



الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

كـــود الطـرق السعودي

٢٠٢٣
الإصدار الأول

إنشاء الطرق والجسور والأنفاق
كود الطرق السعودي ٤٠١ - إنشاء الطرق

رؤيـــة VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA


كـــود الطـرق السعـودي
SAUDI HIGHWAY CODE

القائمة الرئيسة لكود الطرق السعودي			
م	المحور	الكود	العنوان
١	مقدمة	كود الطرق السعودي ١٠١	عام
٢	تخطيط الطرق ودراساتها الأولية	كود الطرق السعودي ٢٠١	عملية التخطيط
٣		كود الطرق السعودي ٢٠٢	الأعمال المساحية ورسم الخرائط
٤		كود الطرق السعودي ٢٠٣	الدراسات الأولية
٥	تصميم الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٣٠١	التصميم الهندسي للطرق
٦		كود الطرق السعودي ٣٠٢	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي
٧		كود الطرق السعودي ٣٠٣	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب
٨		كود الطرق السعودي ٣٠٤	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة
٩		كود الطرق السعودي ٣٠٥	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم منطقة أعمال الطرق
١٠		كود الطرق السعودي ٣٠٦	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة
١١		كود الطرق السعودي ٣٠٧	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - زراعة المسطحات الخضراء، والإعلانات الخارجية
١٢		كود الطرق السعودي ٣٠٨	تصميم الرصف
١٣		كود الطرق السعودي ٣٠٩	مواصفات المواد والاختبارات القياسية
١٤		كود الطرق السعودي ٣١٠	تصميم الجسور والأنفاق
١٥	إنشاء الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٤٠١	إنشاء الطرق
١٦		كود الطرق السعودي ٤٠٢	إنشاء الجسور والانفاق
١٧		كود الطرق السعودي ٤٠٣	إنشاء مرافق الطرق
١٨	نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق و إدارتها	كود الطرق السعودي ٥٠١	نظم إدارة صيانة الرصف
١٩		كود الطرق السعودي ٥٠٢	نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها
٢٠		كود الطرق السعودي ٥٠٣	نظم صيانة مرافق الطرق وإدارتها
٢١	هندسة المرور و سلامة الطرق	كود الطرق السعودي ٦٠١	هندسة المرور
٢٢		كود الطرق السعودي ٦٠٢	الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري
٢٣		كود الطرق السعودي ٦٠٣	سلامة الطرق
٢٤	الجوانب البيئية للطرق	كود الطرق السعودي ٧٠١	الجوانب البيئية للطرق
٢٥	متطلبات المركبات ذاتية القيادة	كود الطرق السعودي ٨٠١	متطلبات المركبات ذاتية القيادة

الهيئة العامة للطرق
المملكة العربية السعودية، الرياض، وادي الحياة، حي المروج-١٢٢٦٤
٠١١٨٧٤٤٤٤٤ هاتف محلي/ ٩٦٦٠١١٨٧٤٤٤٤٤+ خارج المملكة العربية السعودية

© جميع الحقوق محفوظة للهيئة العامة للطرق ١٤٤٥هـ | ٢٠٢٣م

الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

وزارة النقل والخدمات اللوجستية
Ministry of Transport and Logistic Services

وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان
Ministry of Municipal Rural Affairs & Housing

SASO
المواصفات السعودية
Saudi Standards

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure & Projects Efficiency Authority

المملكة العربية السعودية
الهيئة الملكية للجبيل وينبع
Royal Commission for Jubail and Yanbu
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اللجنة الوزارية للسلامة المرورية
الأمانة العامة
The Ministerial Committee of Traffic Safety
General Secretariat

المركز الوطني لسلامة الطرق
National Road Safety Center

مركز دعم هيئات التطوير
DEVELOPMENT AUTHORITIES SUPPORT CENTER

أرامكو
aramco

اللجنة التوجيهية

معالي م. بدر بن عبدالله الدلامي **رئيس اللجنة**		
أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الربيعة **عضو**	م. بدر بن علي الحقباني **عضو**
م. رامي بن إسماعيل جلي **عضو**	م. علي بن سعيد الغامدي **عضو**	أ. طامس بن علي الحمادي **عضو**
م. خالد بن وليد الرشيد **عضو**	م. عبدالله بن محمود كاشغري **عضو**	م. أجدل بن محمد السلمي **عضو**
م. عمر بن عبدالرحمن الضبعان **عضو**	د. خالد بن يحيى القحطاني **عضو**	م. هذلول بن حسين الهذلول **عضو**
م. عبدالله بن سليمان السليمان **عضو**	م. طارق بن زياد الشامي **عضو**	م. سالم بن جبران القحطاني **عضو**
م. نواف بن أحمد الظبياني **سكرتارية اللجنة**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **سكرتارية اللجنة**	

مدير عام مشروع كود الطرق السعودي

أ.د. علي بن سعيد الغامدي

اللجنة المشرفة

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**		
أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**	
م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. محمد بن فايز المنيع **عضو**	

الفريق الفني

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**
م. عثمان بن مختار محمد **عضو**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **عضو**	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **عضو**
م. مشعل بن عبدالله باوزير **عضو**	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة **عضو**	م. فهد بن علي المحمود **عضو**
م. يوسف بن عبدالعزيز العمار **عضو**	م. عمر بن أسامة كبوش **عضو**	م. أوس بن عبدالمنعم بخاري **عضو**

الفريق الإداري

م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. نواف بن أحمد الظبياني **مدير التواصل**	أ. نجلاء بنت سعيد جراد **مشرف تطوير الموقع الإلكتروني**
م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **مشرف الترجمة**	أ. موضي بنت ابراهيم الربيشى **عضو**	أ. شوق بنت خالد الخريجي **عضو**
أ. نادر بن فياض الشراري **عضو**	أ. عبدالله بن محمد العمري **عضو**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الملاحي **عضو**

الفريق القانوني

أ. نجود بنت عبداللطيف بدران **عضو**	أ. أحمد بن مصلح الثقفي **عضو**

اللجنة الفنية (كود الطرق السعودي ٤٠١)

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي	أ.د. حمد بن إبراهيم العبدالوهاب
رئيس	عضو

فريق تدقيق الترجمة الفني

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي	م. تركي بن عبدالله العمودي	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي
رئيس	عضو	عضو
م. مشعل بن عبدالله باوزير	م. عثمان بن مختار محمد	م. مياسم بنت مبارك باجويبر
عضو	عضو	عضو
م. عبدالله بن عبدالعزيز بخش	م. عبدالعزيز بن عبدالله العسكر	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة
عضو	عضو	عضو

فريق تدقيق الترجمة اللغوي

د. هيفاء بنت محمد الفريح	د. فاطمة بنت علي الألمعي	د. نورة بنت عبدالعزيز الشعلان
رئيس	عضو	عضو
أ.د. زاهية بنت سالم جويرو	أ. نوف بنت عيسى المالكي	
عضو	عضو	

جدول المحتويات

جدول المحتويات ..... أ

قائمة الأشكال ..... ي

قائمة الجداول ..... ل

١- مقدمة: ١

١-١ ملخص الأبواب: ١

١-٢ النطاق: ١

١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية: ١

٢- أعمال الحفر: ٦

٢-١ النطاق: ٦

٢-٢ التنظيف وإزالة المواد غير المناسبة: ٦

٢-٢-١ الوصف: ٦

٢-٢-٢ متطلبات الإنشاء: ٦

٢-٢-٣ القياس والدفع: ٧

٢-٣ إزالة المنشآت والعوائق: ٧

٢-٣-١ الوصف: ٧

٢-٣-٢ متطلبات الإنشاء: ٨

٢-٣-٣ القياس والدفع: ٨

٢-٤ حفريات الطرق: ٩

٢-٤-١ الوصف: ٩

٢-٤-٢ متطلبات الإنشاء: ٩

٢-٤-٣ تصنيف حفريات الطريق: ١٦

٢-٤-٤ القياس والدفع: ١٨

٢-٥ أعمال الحفر والردم لخنادق المرافق العامة: ١٩

٢-٥-١ الوصف: ١٩

٢-٥-٢ المواد: ١٩

٢-٥-٣ أساليب الإنشاء: ٢٠

٢-٥-٤ أساليب التقييم: ٢٣

٢-٥-٥ معايير القبول: ٢٣

٢-٥-٦ القياس والدفع: ٢٥

٢-٦ الجسور الترابية: ٢٥

٢-٦-١ الوصف: ٢٥

٢-٦-٢ المواد: ٢٥

٢-٦-٣ أساليب الإنشاء: ٢٩

٢-٦-٤ أساليب التقييم: ٣٢
٢-٦-٥ معايير القبول: ٣٣
٢-٦-٦ القياس والدفع: ٣٤
٢-٧ إنشاء القاعدة الترابية: ٣٤
٢-٧-١ الوصف: ٣٤
٢-٧-٢ المواد: ٣٥
٢-٧-٣ أساليب الإنشاء: ٤٠
٢-٧-٤ أساليب التقييم: ٤٣
٢-٧-٥ معايير القبول: ٤٤
٢-٧-٦ القياس والدفع: ٤٧
٣- أعمال التثبيت: ٤٨
٣-١ النطاق: ٤٨
٣-٢ حماية الميل: ٤٨
٣-٢-١ الوصف: ٤٨
٣-٢-٢ المواد: ٤٨
٣-٢-٣ أساليب الإنشاء: ٥٣
٣-٢-٤ معايير القبول: ٥٦
٣-٢-٥ القياس والدفع: ٥٨
٣-٣ أنظمة الاحتفاظ بالأرض: ٥٨
٣-٣-١ الوصف: ٥٨
٣-٣-٢ المواد: ٥٩
٣-٣-٣ أساليب الإنشاء: ٦٣
٣-٣-٤ معايير القبول: ٦٥
٣-٣-٥ القياس والدفع: ٦٦
٣-٤ أنظمة التسليح: ٦٧
٣-٤-١ الوصف: ٦٧
٣-٤-٢ حقن الصخور: ٦٧
٣-٤-٣ مواجهة الخرسانة المقذوفة: ٧١
٣-٤-٤ البراغي الصخرية والمراسي: ٧٧
٣-٤-٥ المراسي الأرضية: ٨٠
٤- طبقات ما تحت الأساس والأساس الركامية والأساس المعالجة: ٩٣
٤-١ النطاق: ٩٣
٤-١-١ عام: ٩٣
٤-١-٢ إنتاج الركام: ٩٣
٤-٢ طبقات ما تحت الأساس الحُبيْبيّة: ٩٤
٤-٢-١ التفاصيل: ٩٤

٤-٢-٢ المواد: ٩٤
٤-٢-٣ أساليب الإنشاء: ٩٤
٤-٢-٤ أساليب التقييم: ٩٥
٤-٢-٥ معايير القبول: ٩٦
٤-٢-٦ القياس والدفع: ٩٨
٤-٣ طبقة الأساس الركامية: ٩٨
٤-٣-١ التفاصيل: ٩٨
٤-٣-٢ المواد: ٩٨
٤-٣-٣ أساليب الإنشاء: ١٠٠
٤-٣-٤ أساليب التقييم: ١٠١
٤-٣-٥ معايير القبول: ١٠٢
٤-٣-٦ القياس والدفع: ١٠٣
٤-٤ طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المعالجة بالأسمنت: ١٠٤
٤-٤-١ التفاصيل: ١٠٤
٤-٤-٢ المواد: ١٠٤
٤-٤-٣ أساليب الإنشاء: ١٠٥
٤-٤-٤ أساليب التقييم: ١٠٨
٤-٤-٥ معايير القبول: ١٠٩
٤-٤-٦ القياس والدفع: ١١٠
٤-٥ طبقات الأساس المعالجة بالأسفلت: ١١١
٤-٥-١ التفاصيل: ١١١
٤-٥-٢ المواد: ١١١
٤-٥-٣ أساليب الإنشاء: ١١٦
٤-٥-٤ أساليب التقييم: ١١٩
٤-٥-٥ معايير القبول: ١٢٠
٤-٥-٦ القياس والدفع: ١٢١
٤-٦ طبقة الأساس المعاد تدويرها بالأسفلت الرغوي والمستحلب: ١٢٢
٤-٦-١ الوصف: ١٢٢
٤-٦-٢ المواد: ١٢٢
٤-٦-٣ أساليب الإنشاء: ١٣١
٤-٦-٤ أساليب التقييم: ١٣٨
٤-٦-٥ معايير القبول: ١٣٩
٤-٦-٦ القياس والدفع: ١٤٦
٤-٧ طبقة ما تحت الأساس/ الأساس المعالجة بالجير: ١٤٦
٤-٧-١ الوصف: ١٤٦

٤-٧-٢ المواد: ١٤٧
٤-٧-٣ أساليب الإنشاء: ١٤٩
٤-٧-٤ أساليب التقييم: ١٥١
٤-٧-٥ معايير القبول: ١٥٢
٤-٧-٦ القياس والدفع: ١٥٤
٤-٨ ركام طبقة الأساس المعاد تدويره: ١٥٤
٤-٨-١ الوصف: ١٥٤
٤-٨-٢ المواد: ١٥٤
٤-٨-٣ أساليب الإنشاء: ١٥٧
٤-٨-٤ أساليب التقييم: ١٥٨
٤-٨-٥ معايير القبول: ١٥٨
٤-٨-٦ القياس والدفع: ١٦١
٤-٩ التسليح الصناعي الأرضي: ١٦١
٤-٩-١ الوصف: ١٦١
٤-٩-٢ المواد: ١٦٢
٤-٩-٣ أساليب الإنشاء: ١٦٦
٤-٩-٤ أساليب التقييم: ١٦٧
٤-٩-٥ معايير القبول: ١٦٧
٤-٩-٦ القياس والدفع: ١٦٨
٥- طبقات الرصف الأسفلتية: ١٦٩
٥-١ النطاق: ١٦٩
٥-٢ مواد إنشاء الأسفلت: ١٦٩
٥-٢-١ الوصف: ١٦٩
٥-٢-٢ مواد الركام: ١٦٩
٥-٢-٣ ركام خلطات الرصف الأسفلتي: ١٧٠
٥-٢-٤ مواد الأسفلت: ١٧٥
٥-٢-٥ منتجات الأسفلت: ١٧٦
٥-٣ طلاء التأسيس والطلاء اللاصق: ١٩٣
٥-٣-١ الوصف: ١٩٣
٥-٣-٢ المواد: ١٩٣
٥-٣-٣ المعدات: ١٩٤
٥-٣-٤ إنشاء القطاعات التجريبية: ١٩٤
٥-٣-٥ إجراءات التطبيق: ١٩٥
٥-٣-٦ القياس والدفع: ١٩٩
٥-٤ إنشاء الطبقات الأسفلتية: ١٩٩
٥-٤-١ إنتاج الخلطة الأسفلتية: ١٩٩

٥-٤-٢ النقل والتسليم: ٢٠٢
٥-٤-٣ الوضع: ٢٠٤
٥-٤-٤ الدمك: ٢١٠
٥-٥ طبقة الأساس الأسفلتية: ٢١٥
٥-٥-١ الوصف: ٢١٥
٥-٥-٢ المواد: ٢١٦
٥-٥-٣ الإنشاء: ٢١٧
٥-٥-٤ التقييم: ٢١٨
٥-٥-٥ معايير القبول: ٢١٩
٥-٥-٦ القياس والدفع: ٢٢٢
٥-٦ طبقة السطح الأسفلتية: ٢٢٢
٥-٦-١ الوصف: ٢٢٢
٥-٦-٢ المواد: ٢٢٢
٥-٦-٣ الإنشاء: ٢٢٣
٥-٦-٤ التقييم: ٢٢٥
٥-٦-٥ معايير القبول: ٢٢٦
٥-٦-٦ القياس والدفع: ٢٢٩
٥-٧ الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي (SMA): ٢٣٠
٥-٧-١ الوصف: ٢٣٠
٥-٧-٢ المواد: ٢٣٠
٥-٧-٣ الإنشاء: ٢٣٤
٥-٧-٤ التقييم: ٢٣٦
٥-٧-٥ معايير القبول: ٢٣٧
٥-٧-٦ القياس والدفع: ٢٤٠
٥-٨ الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة: ٢٤٠
٥-٨-١ الوصف: ٢٤٠
٥-٨-٢ المواد: ٢٤٠
٥-٨-٣ الإنشاء: ٢٤٢
٥-٨-٤ التقييم: ٢٤٤
٥-٨-٥ معايير القبول: ٢٤٤
٥-٨-٦ القياس والدفع: ٢٤٤
٥-٩ الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة: ٢٤٥
٥-٩-١ الوصف: ٢٤٥
٥-٩-٢ المواد: ٢٤٥
٥-٩-٣ الإنشاء: ٢٥٠

٥-٩-٤ التقييم: ٢٥١
٥-٩-٥ معايير القبول: ٢٥٢
٥-٩-٦ القياس والدفع: ٢٥٣
٥-١٠ طبقة الأسفلت السطحية الرقيقة: ٢٥٤
٥-١٠-١ الوصف: ٢٥٤
٥-١٠-٢ المواد: ٢٥٤
٥-١٠-٣ الإنشاء: ٢٥٧
٥-١٠-٤ التقييم: ٢٥٨
٥-١٠-٥ معايير القبول: ٢٥٩
٥-١٠-٦ القياس والدفع: ٢٦١
٥-١١ طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها: ٢٦١
٥-١١-١ الوصف: ٢٦١
٥-١١-٢ المواد: ٢٦١
٥-١١-٣ الإنشاء: ٢٦٦
٥-١١-٤ التقييم: ٢٦٩
٥-١١-٥ معايير القبول: ٢٧٠
٥-١١-٦ القياس والدفع: ٢٧٦
٥-١٢ كشط طبقات الرصف الأسفلتي على البارد: ٢٧٦
٥-١٢-١ الوصف: ٢٧٦
٥-١٢-٢ المعدات: ٢٧٧
٥-١٢-٣ الإنشاء: ٢٧٧
٥-١٢-٤ ضبط وضمان الجودة: ٢٧٨
٥-١٢-٥ القياس والدفع: ٢٧٨
٦- معالجات أسطح الأسفلت: ٢٧٩
٦-١ النطاق: ٢٧٩
٦-٢ عازل مستحلب الأسفلت المخفف: ٢٧٩
٦-٢-١ الوصف: ٢٧٩
٦-٢-٢ المواد: ٢٧٩
٦-٢-٣ التطبيق: ٢٨٠
٦-٢-٤ الإنشاء: ٢٨١
٦-٢-٥ التقييم: ٢٨٣
٦-٢-٦ معايير القبول: ٢٨٧
٦-٢-٧ القياس والدفع: ٢٨٨
٦-٣ عازل رملي: ٢٨٩
٦-٣-١ الوصف: ٢٨٩

٦-٣-٢ المواد: ٢٨٩
٦-٣-٣ التطبيق: ٢٩٠
٦-٣-٤ الإنشاء: ٢٩١
٦-٣-٥ التقييم: ٢٩٢
٦-٣-٦ معايير القبول: ٢٩٢
٦-٣-٧ القياس والدفع: ٢٩٣
٦-٤ عازل (طلاء) المونة الأسفلتية: ٢٩٤
٦-٤-١ الوصف: ٢٩٤
٦-٤-٢ المواد: ٢٩٤
٦-٤-٣ التطبيق: ٢٩٧
٦-٤-٤ الإنشاء: ٢٩٩
٦-٤-٥ التقييم: ٣٠٣
٦-٤-٦ معايير القبول: ٣٠٣
٦-٤-٧ القياس والدفع: ٣٠٥
٦-٥ عازل تنظيف: ٣٠٥
٦-٥-١ الوصف: ٣٠٥
٦-٥-٢ المواد: ٣٠٦
٦-٥-٣ التطبيق: ٣٠٩
٦-٥-٤ الإنشاء: ٣١٤
٦-٥-٥ التقييم: ٣١٦
٦-٥-٦ معايير القبول: ٣١٧
٦-٥-٧ القياس والدفع: ٣١٨
٦-٦ المعالجة السطحية الرقيقة: ٣١٩
٦-٦-١ الوصف: ٣١٩
٦-٦-٢ المواد: ٣١٩
٦-٦-٣ التطبيق: ٣٢١
٦-٦-٤ الإنشاء: ٣٢٤
٦-٦-٥ التقييم: ٣٢٧
٦-٦-٦ معايير القبول: ٣٢٨
٦-٦-٧ القياس والدفع: ٣٣٠
٧- طبقات الرصف الخرساني: ٣٣١
٧-١ النطاق: ٣٣١
٧-٢ المواد: ٣٣١
٧-٢-١ الأسمنت البورتلاندى: ٣٣١
٧-٢-٢ الرماد المتطاير: ٣٣٥

٧-٢-٣ البوزولان الطبيعي: ٣٣٧
٧-٢-٤ حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة: ٣٣٨
٧-٢-٥ مُضافات: ٣٣٨
٧-٢-٦ الركام لخرسانة المواد الأسمنتية: ٣٤١
٧-٢-٧ المياه: ٣٤٤
٧-٢-٨ قضبان التسليح: ٣٤٤
٧-٢-٩ مواد عازل الفواصل: ٣٤٦
٧-٣ تصميم خلطة الخرسانة: ٣٤٩
٧-٣-١ الوصف: ٣٤٩
٧-٣-٢ المواد: ٣٥١
٧-٣-٣ أساليب التقييم: ٣٥٣
٧-٣-٤ معايير القبول: ٣٥٤
٧-٤ متطلبات الإنشاء: ٣٥٤
٧-٤-١ الخلط أثناء الإنشاء: ٣٥٤
٧-٤-٢ صب الخرسانة: ٣٥٦
٧-٤-٣ صقل الخرسانة ونسيجها: ٣٥٩
٧-٤-٤ صب الخرسانة: ٣٦٠
٧-٤-٥ أساليب الإنشاء: ٣٦١
٧-٤-٦ أساليب التقييم: ٣٦١
٧-٤-٧ معايير القبول: ٣٦١
٧-٤-٨ القياس والدفع: ٣٦٢
٧-٥ الخرسانة ذاتية الدمك: ٣٦٣
٧-٥-١ التعريفات: ٣٦٣
٧-٥-٢ المواد: ٣٦٤
٧-٥-٣ المخاليط الخرسانية: ٣٦٥
٧-٥-٤ أساليب الإنشاء: ٣٦٦
٧-٥-٥ أساليب التقييم: ٣٦٦
٧-٥-٦ معايير القبول: ٣٦٧
٧-٥-٧ القياس والدفع: ٣٦٨
٧-٦ الفواصل: ٣٦٨
٧-٦-١ الوصف: ٣٦٨
٧-٦-٢ الأنواع: ٣٦٨
٧-٦-٣ عازل الفواصل: ٣٧٠
٧-٦-٤ القياس والدفع: ٣٧١
٧-٦-٥ قضبان الدسار وحديد التسليح: ٣٧١
المراجع ٣٧٣

أ- الملحق أ - مواصفات AASHTO و ASTM و SASO: ٣٧٦
ب- الملحق ب – الخرسانة: ٤١١
ج- الملحق ج – قبول العمل: طريقة التقييم الإحصائي: ٤١٢
ج-١ عام: ٤١٢
ج-٢ تحليل مستوى الجودة: ٤١٣
ج-٣ القبول: ٤١٨
ج-٤ تحديد عامل الدفع: ٤٢١
د- الملحق د - مواصفات خندق المياه والصرف الصحي: ٤٢٢
ه- الملحق هـ – تطبيق طبقات الأسفلت السطحية الرقيقة: ٤٢٤
ه-١ تطبيق طبقة 7F-RA-Mega Thin: ٤٢٤
ه-٢ تطبيق طبقة 8F-RA-Medium Thin: ٤٢٤
ه-٣ تطبيق طبقة 9F-RA-Ultra Thin: ٤٢٥
ه-٤ درجة شدة وكثافة نوع ضرر طبقات الأسفلت: ٤٢٦
و- الملحق - مسرد المصطلحات: ٤٢٨
ز- الملحق ز – الاختصارات والرموز: ٤٣٣
ح- الملحق ح – الوحدات: ٤٣٦

قائمة الأشكال

الشكل (٣–١) جدران حجرية (المصدر: Maccaferri)..... ٥٥

الشكل (٣–٢) جدران سريرية الشكل (المصدر: Retaining Solutions)..... ٦٤

الشكل (٣–٣) مكونات المرساة الأرضية (FHWA, 1999)..... ٨٠

الشكل (٣–٤) اختبار حمل المرساة الأرضية (المصدر: Geotech)..... ٨٧

الشكل (٤–١) مخطط محتوى المستحلب الأمثل (Asphalt Institute, 2008)..... ١١٦

الشكل (٤–٢) الكميات الموصى بها من الجير لتثبيت الطبقات والقواعد (AASHTO T220)..... ١٤٨

الشكل (٥–١) راصفة رشاشة (المصدر: Wirtgen Group)..... ٢٠٥

الشكل (٥–٢) راصفة مزودة بنظام رصد درجة الحرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء (المصدر: Wirtgen Group)..... ٢٠٦

الشكل (٥–٣) رصف بعرض كبير (المصدر: Wirtgen Group)..... ٢٠٧

الشكل (٥–٤) الرصف المتدرج الترتيب (OHMPA, 2013)..... ٢٠٧

الشكل (٥–٥) أنواع الفاصل الطولي (FHWA, 2020)..... ٢٠٨

الشكل (٥–٦) أ) قطع المواد عند الإسفين المؤقت، ب) وضع الطلاء اللاصق. (USACE & FAA, 2000)..... ٢٠٩

الشكل (٥–٧) مدحلة اهتزازية بإطارات هوائية (المصدر: Sakai Group)..... ٢١٢

الشكل (٥–٨) مدحلة الدمك الذكي (يمين)؛ تسوية الدمك باستخدام الدمك الذكي (يسار)(Xu & Chang, 2013)..... ٢١٢

الشكل (٥–٩) دحل الفاصل الطولي غير المحصور (الخيار ١)..... ٢١٤

الشكل (٥–١٠) دحل الفاصل الطولي غير المحصور (الخيار ٢)؛ الشوط الأول (على اليمين) والشوط الثاني (على اليسار)..... ٢١٤

الشكل (٥–١١) دحل الفاصل الطولي المحصور..... ٢١٥

الشكل (٥–١٢) قطار إعادة تدوير السطحي باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015)..... ٢٦٨

الشكل (٥–١٣) الشكل قطار إعادة الخلط باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015)..... ٢٦٨

الشكل (٥–١٤) قطار إعادة الرصف باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015)..... ٢٦٩

الشكل (٦–١) تطبيق عازل مستحلب الأسفلت المخفف (Caltrans, 2008)..... ٢٧٩

الشكل (٦–٢) اتجاه فوهة قضيب الرش في قضيب الرش (AASHTO, 2020)..... ٢٨٣

الشكل (٦–٣) خطوط قضيب الرش مرتفعة جدًا للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020)..... ٢٨٤

الشكل (٦–٤) خطوط قضيب الرش منخفضة جدًا للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020)..... ٢٨٤

الشكل (٦–٥) تعديل ارتفاع شريط الرش للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020)..... ٢٨٥

الشكل (٦–٦) تعديل ارتفاع شريط الرش للتداخل الثلاثي (AASHTO, 2020)..... ٢٨٥

الشكل (٦–٧) تطبيق الركام النشاف..... ٢٨٧

الشكل (٦–٨) تطبيق ركام الغطاء (Lee & Shields, 2010)..... ٢٩٢

الشكل (٦–٩) معدات خلط المونة أثناء التطبيق (SDDOT, 2021)..... ٣٠٠

الشكل (٦–١٠) أ) سطح أملس وغير مسامي؛ ب) سطح مسامي ومؤكسد قليلًا؛ ج) سطح مثقوب ومسامي ومؤكسد قليلًا، د) سطح مثقب ومسامي ومؤكسد بشكل سيء (Ulring, et al., 2021)..... ٣١٣

الشكل (٦–١١) مكنسة التنظيف أثناء التشغيل (Caltrans, 2008)..... ٣١٤

الشكل (٦–١٢) معدات المعالجة السطحية الرقيقة أثناء التطبيق (Austroads, 2018)..... ٣٢٤

الشكل (د–١) مواصفات خندق أنابيب المياه والصرف الصحي. ٤٢٢
الشكل (د–٢) مواصفات خندق المياه والصرف الصحي من أنبوبتين. ٤٢٣

قائمة الجداول

الجدول (١–١) مسميات وعناوين إرشادات ISSA الفنية التي تنطبق على المجلد. ٢
الجدول (١–٢) مسميات وعناوين إرشادات جمعية إعادة تدوير وإصلاح الأسفلت التي تنطبق على المجلد. ٣
الجدول (١–٣) مسميات وعناوين المواصفات الأخرى المطبقة على المجلد. ٤
الجدول (٢–١) بنود الدفع الخاصة بالتنظيف والمسح. ٧
الجدول (٢–٢) إزالة عناصر دفع إزالة المنشآت والعوائق. ٩
الجدول (٢–٣) تصنيف التربة وخليط التربة-الركام. ١٧
الجدول (٢–٤) مدفوعات أعمال الحفر العالية. ١٨
الجدول (٢–٥) تدرج مادة الردم لطبقة الحماية حول أنابيب الصرف. ١٩
الجدول (٢–٦) الحد الأدنى لسماكة طبقة الحماية. ٢٢
الجدول (٢–٧) متطلبات ضبط الجودة للأعمال في المرافق العامة. ٢٤
الجدول (٢–٨) بنود الدفع لأعمال الحفر والردم والأعمال التكميلية. ٢٥
الجدول (٢–٩) خصائص ومتطلبات التكسية الارضية لتثبيت التربة. ٢٧
الجدول (٢–١٠) متطلبات وخصائص مقاومة التكسية الأرضية (الفئة ١ إلى الفئة ٣). ٢٨
الجدول (٢–١١) متطلبات تداخل التكسية الأرضية. ٣١
الجدول (٢–١٢) متطلبات ضبط الجودة للجسور الترابية. ٣٣
الجدول (٢–١٣) بنود الدفع لإنشاء الحواجز. ٣٤
الجدول (٢–١٤) المتطلبات الفيزيائية للجير والرماد المتطاير لتثبيت التربة. ٣٨
الجدول (٢–١٥) متطلبات خصائص التكسية الأرضية (الفئة ٤) لتثبيت القاعدة الترابية. ٣٩
الجدول (٢–١٦) متطلبات مراقبة الجدول للقاعدة الترابية غير المعالجة. ٤٤
الجدول (٢–١٧) متطلبات ضبط الجودة للقاعدة الترابية الثابتة. ٤٥
الجدول (٢–١٨) بنود الدفع مقابل القاعدة الترابية. ٤٧
الجدول (٣–١) متطلبات الركام الحجري الخاص بدكة الحجارة. ٤٨
الجدول (٣–٢) توزيع مواد حجر دكة الحجارة. ٤٩
الجدول (٣–٣) متطلبات التدرج لمواد بطانية المرشح. ٤٩
الجدول (٣–٤) متطلبات نسيج المرشح. ٥٠
الجدول (٣–٥) التدرجات الكلية الخشنة للمونة. ٥٢
الجدول (٣–٦) متطلبات خرسانة الأسمنت البورتلاندي لرصف المنحدرات. ٥٢
الجدول (٣–٧) متطلبات ضبط الجودة لأعمال حماية المنحدرات. ٥٦
الجدول (٣–٨) تعمل حماية المنحدرات دفع البنود. ٥٨
الجدول (٣–٩) متطلبات الدرجات لإعادة ملء الهيكل (AASHTO, 2020). ٥٩
الجدول (٣–١٠) متطلبات الدرجات لردم الحفر والجدران المسامية (AASHTO, 2020). ٥٩
الجدول (٣–١١) متطلبات الدرجات لردم جدران الأرض المستقرة ميكانيكيًا (AASHTO, 2020). ٦٠
الجدول (٣–١٢) متطلبات الردم المستخدمة مع حديد التسليح(AASHTO, 2020). ٦٠
الجدول (٣–١٣) متطلبات أنابيب التصريف والأنابيب المثقبة. ٦١
الجدول (٣–١٤) متطلبات ضبط الجودة لأنظمة الاحتفاظ بالأرض. ٦٥

الجدول (٣–١٥) تعمل أنظمة الاحتفاظ بالأرض على بنود الدفع. ٦٧
الجدول (٣–١٦) اختبار الجودة لخلطات المونة. ٦٨
الجدول (٣–١٧) متطلبات ضبط الجودة لخليط المونة الصخري. ٧٠
الجدول (٣–١٨) أعمال الحشو الصخري مدفوعة الأجر. ٧٠
الجدول (٣–١٩) متطلبات التدرج الكلي للخرسانة المقذوفة. ٧١
الجدول (٣–٢٠) متطلبات ضبط الجودة لخلطة الخرسانة المقذوفة. ٧٥
الجدول (٣–٢١) عناصر الدفع في أعمال الخرسانة المقذوفة. ٧٦
الجدول (٣–٢٢) متطلبات الحقن الخرساني للمسامير الصخرية(NYSDOT, 2019). ٧٧
الجدول (٣–٢٣) بنود الدفع الخاصة بصخرة التراس وأعمال التثبيت. ٧٩
الجدول (٣–٢٤) مواد العازل (AASHTO, 2020). ٨٢
الجدول (٣–٢٥) مواد تغليف الأوتار (AASHTO, 2020). ٨٢
الجدول (٣–٢٦) خطوات اختبار الأداء (AASHTO, 2020). ٨٨
الجدول (٣–٢٧) جدول اختبار إثبات (AASHTO, 2020). ٩٠
الجدول (٣–٢٨) جدول اختبار الزحف الممتد (AASHTO, 2020). ٩١
الجدول (٣–٢٩) تعمل المراسي الأرضية على دفع العناصر. ٩٢
الجدول (٤–١) متطلبات ضبط الجودة لطبقة ما تحت الأساس الركامية. ٩٧
الجدول (٤–٢) عناصر الدفع مقابل طبقة ما تحت الأساس الركامية. ٩٨
الجدول (٤–٣) تفاوتات تدرج خليط طبقات الأساس الركامية. ٩٩
الجدول (٤–٤) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس الركامية. ١٠٢
الجدول (٤–٥) بنود الدفع مقابل طبقة الأساس الركامية. ١٠٤
الجدول (٤–٦) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس المعالجة بالأسمنت. ١٠٩
الجدول (٤–٧) بنود دفع مقابل طبقة ما تحت الأساس أو الأساس المعالجة بالأسمنت. ١١١
الجدول (٤–٨) متطلبات التدرج للخلطات المعالجة بالأسفلت. ١١٢
الجدول (٤–٩) درجات حرارة تخزين مواد المستحلب الأسفلتي. ١١٧
الجدول (٤–١٠) متطلبات مراقبة جودة خلطات الأساس المعالجة بالأسفلت. ١٢٠
الجدول (٤–١١) بنود الدفع مقابل الأساس المعالج بالأسفلت. ١٢١
الجدول (٤–١٢) متطلبات رصف الأسفلت المعاد تدويره من أجل إعادة التدوير البارد. ١٢٢
الجدول (٤–١٣) الحد الأدنى لمتطلبات خصائص الأسفلت الرغوي. ١٢٤
الجدول (٤–١٤) خليط معاد تدويره على البارد باستخدام متطلبات تصميم الأسفلت الرغوي. ١٢٥
الجدول (٤–١٥) الخلطات المعاد تدويرها على البارد باستخدام متطلبات تصميم الأسفلت المستحلب. ١٢٨
الجدول (٤–١٦) متطلبات تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق. ١٢٨
الجدول (٤–١٧) متطلبات تصميم خلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق. ١٣١
الجدول (٤–١٨) تخفيف أضرار إعادة التدوير على البارد (ARRA, 2015). ١٣٥
الجدول (٤–١٩) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس المكونة من الأسفلت الرغوي المعاد تدويره. ١٣٩
الجدول (٤–٢٠) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس المكونة من الأسفلت المستحلب المعاد تدويره. ١٤١

الجدول (٤–٢١) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المكونة من الأسفلت المستحلب. ١٤٣
الجدول (٤–٢٢) بنود دفع رسوم طبقة الأسفلت الرغوي والمستحلب المعاد تدويرها/طبقة الأساس المعاد تدويرها. ١٤٦
الجدول (٤–٢٣) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس المعالجة بالجير. ١٥٢
الجدول (٤–٢٤) بنود دفع مقابل طبقة ما تحت الأساس أو الأساس المعالجة بالجير. ١٥٤
الجدول (٤–٢٥) متطلبات ضبط الجودة لقاعدة الركام الخرساني المستصلح. ١٥٩
الجدول (٤–٢٦) متطلبات ضبط الجودة لقاعدة ركام كسارة الزجاج. ١٦٠
الجدول (٤–٢٧) بنود دفع مقابل قاعدة الركام المعاد تدويره. ١٦١
الجدول (٤–٢٨) متطلبات مواد التكسية الأرضية المستخدمة في عملية الفصل. ١٦٢
الجدول (٤–٢٩) درجات الصمود المطلوبة كدالة على ظروف طبقة التأسيس ومعدات الإنشاء وسمك الطبقة (خواص الفئات ١ و٢ و٣ موضحة في جدول ٢ ١١. خواص الفئة ٤ A موضحة في الجدول (٢-١٥))١ ١٦٣
الجدول (٤–٣٠) المراجعة النوعية لإمكانية تسليح الطرق الدائمة المعبدة (Berg, et al., 2000). ١٦٤
الجدول (٤–٣١) عدد الوحدات التي سيتم اختيارها كعينة دفعة. ١٦٧
الجدول (٤–٣٢) بنود الدفع الخاصة بمواد التكسية الأرضية. ١٦٨
الجدول (٥–١) الأحجام القياسية للركام المعالج. ١٧١
الجدول (٥–٢) متطلبات التدرج للركام الناعم. ١٧٢
الجدول (٥–٣) متطلبات التدرج للحشو المعدني. ١٧٣
الجدول (٥–٤) متطلبات الأسفلت المستحلب بطيء الشك (AASHTO M140). ١٧٧
الجدول (٥–٥) متطلبات الأسفلت المستحلب متوسط (AASHTO M140). ١٧٨
الجدول (٥–٦) متطلبات الأسفلت المستحلب سريع الشك (AASHTO M140). ١٧٩
الجدول (٥–٧) متطلبات الأسفلت المستحلب بطيء الشك (ASTM D977). ١٨٠
الجدول (٥–٨) متطلبات الأسفلت المستحلب متوسط الشك (ASTM D977). ١٨١
الجدول (٥–٩) متطلبات الأسفلت المستحلب سريع الشك (ASTM D977). ١٨٢
الجدول (٥–١٠) متطلبات التجميد السريع والمتوسط والبطيء للأسفلت المستحلب الكاتيوني (AASHTO M208). ١٨٣
الجدول (٥–١١) متطلبات التجميد السريع للأسفلت المستحلب الكاتيوني (AASHTO M208). ١٨٤
الجدول (٥–١٢) متطلبات التجميد البطيء والمتوسط والفوري والسريع للأسفلت المستحلب الكاتيوني (ASTM D2397). ١٨٥
الجدول (٥–١٣) متطلبات التجميد السريع والبطيء للأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر. ١٨٧
الجدول (٥–١٤) الحد الأدنى والحد الأقصى لمتطلبات الأسفلت السائل ذي سرعة الجفاف المتوسطة. ١٨٨
الجدول (٥–١٥) الحد الأدنى والحد الأقصى لمتطلبات الأسفلت السائل ذي سرعة الجفاف العالية. ١٩٠
الجدول (٥–١٦) مادة الطلاء اللاصق لنوع/ وقت المشروع. ١٩٤
الجدول (٥–١٧) معدلات تطبيق مواد طلاء التأسيس. ١٩٥
الجدول (٥–١٨) معدلات التطبيق غير المخففة والمخففة والمتخلفة لمواد الطلاء اللاصق من الأسفلت المستحلب. ١٩٥
الجدول (٥–١٩) درجات حرارة تخزين مواد طلاء التأسيس (Mohammad, et al., 2012). ١٩٦
الجدول (٥–٢٠) درجات حرارة تخزين مواد الطلاء اللاصق (Mohammad, et al., 2012). ١٩٦
الجدول (٥–٢١) درجات حرارة تطبيق مواد طلاء التأسيس (Mohammad, et al., 2012). ١٩٧
الجدول (٥–٢٢) درجات حرارة تطبيق مواد الطلاء اللاصق (Mohammad, et al., 2012). ١٩٨

الجدول (٥–٢٣) بنود الدفع مقابل طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق. ١٩٩
الجدول (٥–٢٤) التفاوت المسوح في صيغة خلطة العمل الأساسية للأسفلت (مرحلة الإنتاج). ٢١٨
الجدول (٥–٢٥) متطلبات مراقبة جودة خلطات قاعدة الأسفلت. ٢٢٠
الجدول (٥–٢٦) بنود مدفوعات طبقة قاعدة الأسفلت. ٢٢٢
الجدول (٥–٢٧) التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل الأساسية للأسفلت (مرحلة الإنتاج). ٢٢٤
الجدول (٥–٢٨) متطلبات مراقبة جودة خلطات طبقة سطح الأسفلت. ٢٢٧
الجدول (٥–٢٩) عناصر مدفوعات طبقة سطح الأسفلت. ٢٢٩
الجدول (٥–٣٠) متطلبات جودة الركام الخشن. ٢٣٠
الجدول (٥–٣١) متطلبات جودة الركام الناعم. ٢٣١
الجدول (٥–٣٢) نطاقات مواصفات تدرج الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي. ٢٣٢
الجدول (٥–٣٣) مواصفات الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي لجهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء. ٢٣٣
الجدول (٥–٣٤) التفاوت المسموح في معادلة الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي (مرحلة الإنتاج). ٢٣٥
الجدول (٥–٣٥) متطلبات ضبط الجودة للخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي. ٢٣٧
الجدول (٥–٣٦) بنود الدفع الخاصة بطبقة رصف الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي. ٢٤٠
الجدول (٥–٣٧) نطاقات مواصفات تدرج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة. ٢٤١
الجدول (٥–٣٨) متطلبات أداء مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة. ٢٤٢
الجدول (٥–٣٩) تفاوتات صيغة خلطة العمل لمزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة (مرحلة الإنتاج). ٢٤٣
الجدول (٥–٤٠) عناصر الدفع الخاصة بطبقة رصف مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة. ٢٤٥
الجدول (٥–٤١) مواصفات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الأنيوني. ٢٤٥
الجدول (٥–٤٢) مواصفات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الكاتيوني. ٢٤٦
الجدول (٥–٤٣) متطلبات الجودة للركام الخشن. ٢٤٧
الجدول (٥–٤٤) متطلبات الجودة للركام الناعم. ٢٤٧
الجدول (٥–٤٥) محتوى مادة ترابط الأسفلت وإرشادات تدرج الركام الخاصة بمزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة. ٢٤٨
الجدول (٥–٤٦) متطلبات أداء مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة. ٢٤٩
الجدول (٥–٤٧) تعديلات على معدلات تطبيق طبقة الأسفلت اللاصقة المستحلبة وفقًا لظروف السطح. ٢٤٩
الجدول (٥–٤٨) تفاوتات مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة (مرحلة الإنتاج). ٢٥٠
الجدول (٥–٤٩) متطلبات ضبط الجودة لمزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة. ٢٥٢
الجدول (٥–٥٠) عناصر الدفع الخاصة بطبقة الترصف المقيدة فائقة النحافة. ٢٥٣
الجدول (٥–٥١) متطلبات تدرج الركام الخشن. ٢٥٤
الجدول (٥–٥٢) متطلبات تدرج الركام الناعم. ٢٥٤
الجدول (٥–٥٣) نطاقات مواصفات التدرج لخلطات الأسفلت الرقيقة السطحية. ٢٥٥
الجدول (٥–٥٤) متطلبات تصميم الخلطات الرقيقة السطحية الأسفلتية (طريقة مارشال). ٢٥٦
الجدول (٥–٥٥) متطلبات تصميم الخلطات الرقيقة السطحية الأسفلتية (طريقة سوبربيف). ٢٥٧
الجدول (٥–٥٦) تفاوتات الخلطات الرقيقة السطحية للأسفلت في تركيبة المزيج الوظيفي (مرحلة الإنتاج). ٢٥٨
الجدول (٥–٥٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات أسطح الأسفلت الرقيقة 7F-RA, 8F-RA و 9F-RA. ٢٦٠
الجدول (٥–٥٨) عناصر مدفوعات طبقة سطح الأسفلت الرقيقة. ٢٦١
الجدول (٥–٥٩) الخصائص الفيزيائية لعوامل إعادة تدوير الخلط الساخن. ٢٦٢

الجدول (٥–٦٠) إرشادات اختيار مادة ترابط الأسفلت الخاصة بخلطات الأسفلت المعاد تدويرها (استخدام النسبة المئوية لطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها). ٢٦٥
الجدول (٥–٦١) إرشادات اختيار مادة ترابط الأسفلت الخاصة بخلطات الأسفلت المعاد تدويرها (استخدام نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها)..... ٢٦٥
الجدول (٥–٦٢) تفاوتات صيغة خلطة العمل الخاصة بخلطة الأسفلت الساخنة المعاد تدويرها في المصنع (مرحلة الإنتاج). ٢٦٧
الجدول (٥–٦٣) متطلبات ضبط الجودة الخاصة بخليط الأسفلت المعاد تدويره بالخلط المركزي على الساخن..... ٢٧٠
الجدول (٥–٦٤) متطلبات ضبط الجودة الخاصة بخليط الأسفلت المعاد تدويره بالتسخين في المصنع..... ٢٧٤
الجدول (٥–٦٥) عناصر الدفع الخاصة بطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها. ٢٧٦
الجدول (٥–٦٦) عناصر دفع الكشط على البارد للرصف الأسفلتي..... ٢٧٨
الجدول (٦–١) تدرج الركام النشافة (AASHTO, 2020). ٢٨٠
الجدول (٦–٢) كمية الأسفلت المستحلب لاختبار الحلقة (AASHTO, 2020). ٢٨١
الجدول (٦–٣) متطلبات ضبط الجودة لخلطات الطبقات الضبابية العازلة. ٢٨٨
الجدول (٦–٤) بند الدفع مقابل عازل مستحلب الأسفلت المخفف..... ٢٨٨
الجدول (٦–٥) متطلبات ركام عازل رملي. ٢٨٩
الجدول (٦–٦) تعديل معدل تطبيق الأسفلت المستحلب لحالة سطح الركيزة. ٢٩٠
الجدول (٦–٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات العوازل الرملية. ٢٩٣
الجدول (٦–٨) بند الدفع مقابل عازل رملي. ٢٩٤
الجدول (٦–٩) متطلبات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر والمخلفات لعازل المونة الأسفلتية. ٢٩٤
الجدول (٦–١٠) متطلبات جودة ركام عازل المونة الأسفلتية. ٢٩٥
الجدول (٦–١١) متطلبات تدرج ركام عازل المونة الأسفلتية. ٢٩٦
الجدول (٦–١٢) معايير تقييم أداء عازل المونة الأسفلتية..... ٢٩٨
الجدول (٦–١٣) الحدود المقترحة لمكونات خلطة المونة..... ٢٩٩
الجدول (٦–١٤) معدلات الاستخدام المقترحة لطبقات عازل المونة الأسفلتية. ٣٠٢
الجدول (٦–١٥) متطلبات ضبط الجودة لخلطات طبقات عازل المونة الأسفلتية. ٣٠٣
الجدول (٦–١٦) بند الدفع مقابل عازل المونة الأسفلتية. ٣٠٥
الجدول (٦–١٧) متطلبات الأسفلت المستحلب (مستحلب تجديد البوليمر المعدل) لعازل تنظيف..... ٣٠٦
الجدول (٦–١٨) اختبارات عامل التجديد..... ٣٠٧
الجدول (٦–١٩) اختبارات على المُعدِّل..... ٣٠٧
الجدول (٦–٢٠) متطلبات تدرج ركام عازل تنظيف. ٣٠٨
الجدول (٦–٢١) متطلبات جودة ركام عازل تنظيف. ٣٠٩
الجدول (٦–٢٢) عامل هدر الركام، E. ٣١٠
الجدول (٦–٢٣) عامل التصحيح المروري..... ٣١٢
الجدول (٦–٢٤) عامل حالة السطح..... ٣١٢
الجدول (٦–٢٥) عامل امتصاص الركام. ٣١٣
الجدول (٦–٢٦) معدل تطبيق الأسفلت المستحلب بناءً على شدة ونطاق التكسير. ٣١٣
الجدول (٦–٢٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات عازل التنظيف. ٣١٧
الجدول (٦–٢٨) بند الدفع مقابل عازل تنظيف. ٣١٩
الجدول (٦–٢٩) متطلبات جودة المعالجة السطحية الرقيقة. ٣١٩

الجدول (٦–٣٠) متطلبات تدرج المعالجة السطحية الرقيقة. ٣٢٠
الجدول (٦–٣١) معايير تقييم أداء المعالجة السطحية الرقيقة. ٣٢١
الجدول (٦–٣٢) نظام تصنيف التوافق. ٣٢٣
الجدول (٦–٣٣) الحدود المقترحة لمكونات المعالجة السطحية الرقيقة. ٣٢٣
الجدول (٦–٣٤) معدلات الاستخدام المقترحة لطبقات المعالجة السطحية الرقيقة. ٣٢٦
الجدول (٦–٣٥) معدلات الاستخدام المقترحة عند ملء الفتحات. ٣٢٦
الجدول (٦–٣٦) متطلبات ضبط الجودة لخلطات طبقات المعالجة السطحية الرقيقة. ٣٢٨
الجدول (٦–٣٧) بند الدفع للمعالجة السطحية الرقيقة. ٣٣٠
الجدول (٧–١) أنواع الأسمنت المستخدمة في إنشاء طبقات الرصف الأسمنتي. ٣٣١
الجدول (٧–٢) تصنيف البيئة الكيميائية الضارة في التربة الطبيعية أو المياه الجوفية أو مياه الصرف الصحي ونوع الأسمنت المناسب (وفقًا لمتطلبات المواصفات الأوروبية EN 206). ٣٣٢
الجدول (٧–٣) المتطلبات التكميلية لمواصفات الفئتين (ج) و(و) (DoMaT, 2020). ٣٣٥
الجدول (٧–٤) متطلبات المواصفات الإضافية للرماد المتطاير فائق الدقة (DoMaT, 2020). ٣٣٥
الجدول (٧–٥) متطلبات المواصفات الإضافية للرماد المتطاير المعدل من الفئة (و) (DoMaT, 2020). ٣٣٦
الجدول (٧–٦) متطلبات الخلطات الإضافية للخرسانة. ٣٣٨
الجدول (٧–٧) تقديم متطلبات الخلطات الإضافية لاعتمادها (DoMaT, 2020). ٣٤٠
الجدول (٧–٨) تصنيف الخلطات الإضافية ومتطلبات تحسين الأداء، مقارنة بالخلطات القياسية التي لا تحتوي على خلطات إضافية. ٣٤٠
الجدول (٧–٩) المتطلبات النوعية الإجمالية. ٣٤٣
الجدول (٧–١٠) اختبارات قبول الركام الخشن والناعم. ٣٤٣
الجدول (٧–١١) متطلبات جودة المياه المستخدمة في خلط الخرسانة ومعالجتها. ٣٤٤
الجدول (٧–١٢) مواصفات حشوات الفواصل. ٣٤٧
الجدول (٧–١٣) أحجام القضيب الداعم. ٣٤٧
الجدول (٧–١٤) مانع التسرب المطاطي المصبوب (DoMaT, 2020). ٣٤٨
الجدول (٧–١٥) المتطلبات النوعية للخرسانة الأسمنتية المستخدمة في إنشاء طبقات الرصف الأسمنتي. ٣٥٠
الجدول (٧–١٦) إجراءات مراقبة جودة إنشاء طبقة الرصف الأسمنتي. ٣٦١
الجدول (٧–١٧) بنود عمل طبقة الرصف الخرسانية. ٣٦٣
الجدول (٧–١٨) النطاقات النموذجية لتدفق الهبوط (DoMaT, 2020). ٣٦٥
الجدول (أ–١) مسميات وعناوين معايير AASHTO و ASTM و SASO المطبقة على المجلد. ٣٧٦
الجدول (ب–١) تحديدات فئة الخرسانة. ٤١١
الجدول (ج–١) النسبة المئوية المقدرة ضمن الحدود، n = عدد الحصص الفرعية في الحصة (AASHTO, 2020). ٤١٥
الجدول (ج–٢) عوامل الدفع (AASHTO, 2020). ٤١٨
الجدول (هـ–١) فعالية طبقة 7F-RA-Mega Thin. ٤٢٤
الجدول (هـ–٢) فعالية طبقة 8F-RA-Medium Thin. ٤٢٥
الجدول (هـ–٣) فعالية طبقة 9F-RA-Ultra Thin. ٤٢٥
الجدول (هـ–٤) تعريف درجة شدة وكثافة العيب. ٤٢٦

١- مقدمة:

١-١ ملخص الأبواب:

ينقسم **مجلد كود الطرق السعودي ٤٠١ – إنشاء الطرق** إلى (٧) أبواب. وموضح أدناه عرض موجز لتلك الأبواب:

الباب (١): المقدمة - يقدم هذا الباب المتطلبات العامة والمتطلبات الخاصة بالمشروع، بما في ذلك المواصفات الخاصة بقبول المواد المستخدمة والأعمال المنجزة لإجراء القياس والدفع.

الباب (٢): أعمال الحفر - ويعرض هذا الباب متطلبات أعمال الحفر، ويتناول بنود العمل الخاصة بالحفر، والردم، وإنشاء القاعدة الترابية للرصفيات.

الباب (٣): أعمال التثبيت - ويقدم هذا الباب متطلبات أعمال التثبيت المتعلقة بحماية المنحدرات، وتسليحها، والجدران الاستنادية، ومواصفات المواد لدعم تلك الأعمال.

الباب (٤): طبقة ما تحت الأساس، وطبقة الأساس الركامية، وطبقة الأساس المعالجة – ويعرض هذا الباب متطلبات المواد والإنشاء لكل من طبقات ما تحت الأساس وطبقات الأساس الجديدة، والمعاد تدويرها الحبيبية غير المترابطة، وطبقات الأساس المعالجة بما يشمل دمج التركيبات الجيولوجية.

الباب (٥): طبقات رصف الأسفلت – ويناقش هذا الباب العديد من المتطلبات المتعلقة بالمواد، وإنشاء طبقات الأسفلت المختلفة، وهي القاعدة وطبقة الربط والطبقات السطحية. كما يتناول مواصفات مجموعة متنوعة من خلطات الأسفلت، الجديدة والمعاد تدويرها، بما في ذلك العديد من تقنيات خلطة الأسفلت لطبقة الرصف السطحية.

الباب (٦): المعالجات السطحية للأسفلت – ويتناول هذا الباب المواد، ومتطلبات الإنشاء لإجراء المعالجات السطحية للأسفلت المتعلقة بالحفاظ على الرصف.

الباب (٧): طبقات الرصف الخرساني – ويعرض هذا الباب متطلبات المواد والتناسب، والإنتاج وصب الخرسانة المتعلقة بإنشاء طبقات الرصف الخرساني.

١-٢ النطاق:

أُصدر هذا المجلد "إنشاء الطرق" متضمناً المواصفات العامة المتعلقة بتنفيذ أعمال إنشاء الطرق داخل المملكة العربية السعودية.

يحدد هذا المجلد مواصفات المواد ومواصفات الإنشاء، ويضع معايير قبول الجودة لعناصر العمل اللازمة لإنشاء الطرق الجديدة أو إعادة تأهيل الطرق والرصفيات القائمة. ويجب أن تكون هذه المواصفات جزءًا لا يتجزأ من وثائق عقود إنشاء مشاريع الطرق، وأن تكون بمثابة مرجع أساس لمراجعة وقبول كافة المواد المقدمة من المقاول والأعمال التي أنجزها.

١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية:

إن مواصفات وأكواد جميع المواد والإجراءات يجب أن تكون على النحو المحدد في هذه المواصفات العامة في وثائق العقد -إن وجدت -في طبعتها الأحدث.

- المواصفات القياسية للاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين (AASHTO) لمواد النقل، وطرق أخذ العينات والاختبار.
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM).
- اللائحة الفنية للهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (SASO).
- الإرشادات والنشرات الفنية للجمعية الدولية لتسطيح المونة (ISSA).
- إرشادات جمعية إعادة تدوير الأسفلت واستصلاحه (ARRA).
- مواصفات المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI).
- طرق اختبار برنامج الطرق للأراضي الفيدرالية (FLH)
- مواصفات النظام الأوروبي (EN).
- مواصفات المعهد الوطني الأمريكي (ANSI).

- مواصفات المعهد الأمريكي للبترول (API).

يعرض الملحق (أ) مواصفات (AASHTO)، و(ASTM)، و(SASO) ذات الصلة بالاختبار والمواد، بما في ذلك المسميات والعناوين.

يعرض الجدول (١-١) المبادئ التوجيهية والنشرات الفنية لـ (ISSA) المتعلقة بالأداء والاختبار والمواد الخاصة بمعالجة سطح الأسفلت، بما في ذلك المسميات والعناوين.

الجدول (١–١) مسميات وعناوين إرشادات (ISSA) الفنية التي تنطبق على المجلد.

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	ISSA
Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal	دليل الأداء الموصى به لسدادة مونة الأسفلت المستحلب	A105
Recommended Performance Guideline for Polymer-Modified Emulsified Asphalt Slurry	إرشادات الأداء الموصى بها لمونة الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر	A115
Recommended Performance Guideline for Microsurfacing	إرشادات الأداء الموصى بها للتسطيح الدقيق	A143
Laboratory Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfacing Systems	طريقة الاختبار المعملي للتآكل الرطب لأنظمة تسطيح الطين	TB100
Test Method for Measurement of Slurry Seal Consistency	طريقة الاختبار لقياس تناسق مانع التسرب	TB106
A Method for Unit Field Control of Slurry Seal Quantities	طريقة للتحكم الحقلي للوحدة بكميات سدادة الطين	TB107
Test Method for Measurement of Excess Asphalt in Bituminous Mixtures by Use of a Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion	طريقة الاختبار لقياس فائض الأسفلت في الخلطات البيتومينية باستخدام جهاز اختبار العجلة المحملة والالتصاق بالرمل	TB109
Test Method for Determining Mix Time for Slurry Surfacing Systems	طريقة الاختبار لتحديد وقت الخلط لأنظمة تسطيح الطين	TB113
Test Method for Wet Stripping of Cured Slurry Surfacing Mixtures	طريقة اختبار التقشير الرطب لخلطات تسطيح الطين المعالج	TB114
Test Method to Determine Set and Cure Development of Slurry Surfacing Systems by Cohesion Tester	طريقة الاختبار لتحديد مجموعة وعلاج تطوير أنظمة تسطيح الطين عن طريق اختبار التماسك	TB139

ISSA	ترجمة المسمى إلى العربية	المسمى بالإنجليزية
TB144	طريقة الاختبار لتصنيف توافق مواد تسطيح الطين بواسطة إجراءات Schulze-Breuer وRuck	Test Method for Classification of Slurry Surfacing Materials Compatibility by Schulze-Breuer and Ruck Procedures
TB147	طريقة الاختبار لقياس الاستقرار ومقاومة الانضغاط، والإزاحة الرأسية والجانبية للخلطات الباردة المجمعة الدقيقة متعددة الطبقات	Test Method for Measurement of Stability and Resistance to Compaction, Vertical and Lateral Displacement of Multilayered Fine Aggregate Cold Mixes

يقدم الجدول (١-٢) إرشادات جمعية إعادة تدوير وإصلاح الأسفلت المتعلقة بالأداء والاختبار والمواد لطبقات الأساس الاسفلتية المستحلبة والرغوية المعاد تدويره، بما في ذلك المسميات الوظيفية والعناوين.

الجدول (١–٢) مسميات وعناوين إرشادات جمعية إعادة تدوير وإصلاح الأسفلت التي تنطبق على المجلد.

ARRA	ترجمة المسمى إلى العربية	المسمى بالإنجليزية
CP101	إرشادات الإنشاء الموصى بها للكشط البارد للأسفلت	Recommended Construction Guidelines for Standard Cold Planing
CP102	إرشادات الإنشاء الموصى بها لعمليات هرس الأسفلت	Recommended Construction Guidelines for Micro Milling
CR301	إرشادات أخذ العينات والاختبار الموصى بها لضبط الجودة لإعادة التدوير البارد باستخدام عوامل إعادة تدوير البيتومين	Recommended Quality Control Sampling and Testing Guidelines for Cold Recycling Using Bituminous Recycling Agents
FDR301	إرشادات أخذ العينات والاختبار الموصى بها لضبط الجودة من أجل الاستصلاح الكامل لعمق باستخدام عوامل التثبيت البيتومينية	Recommended Quality Control Sampling and Testing Guidelines for Full Depth Reclamation Using Bituminous Stabilizing Agents

يقدم الجدول (١-٣) مواصفات أخرى تتعلق بالأداء والاختبار والمواد لطبقات الرصف الخرساني، بما في ذلك المسميات والعناوين.

الجدول (١–٣) مسميات وعناوين المواصفات الأخرى المطبقة على المجلد.

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	API	ANSI	EN	FLH	ACI
Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete	الممارسة القياسية لاختيار نسب الخرسانة الطبيعية والثقيلة والغير مسلحة					211.1
Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete	دليل اختيار النسب للخرسانة الخالية من الركود					211.3R
Report on Chemical Admixtures for Concrete	تقرير حول المواد الكيميائية المضافة للخرسانة					212.3R
Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete	دليل تقييم نتائج اختبار مقاومة الخرسانة					214R
Report on the Use of Raw or Processed Natural Pozzolans in Concrete	استخدام البوزولان الطبيعي الخام أو المعالج في الخرسانة					232.1R
Specifications for Concrete Construction	مواصفات صب الخرسانة					301
Specification for Hot Weather Concreting	مواصفات صب الخرسانة في الطقس الحار					305.1
Specification for Curing Concrete	مواصفات معاجلة الخرسانة					308.1
Building Code Requirements for Structural Concrete	متطلبات كود البناء للخرسانة الإنشائية					318M
Guide for Construction of Concrete Pavements	دليل إنشاء الرصفيات الخرسانية					325.9R
Guide for the Design and Construction of Structural Concrete	دليل تصميم وإنشاء الخرسانة الإنشائية المسلحة بقضبان					506.2-13

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	API	ANSI	EN	FLH	ACI
Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars	البوليمر المسلح بالألياف (FRP)					
Construction with Glass Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars - Specification	الإنشاء بقضبان تسليح البوليمر المسلح بالألياف الزجاجية - المواصفات				T508	
Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars - Code and Commentary	متطلبات كود البناء للخرسانة الإنشائية المسلحة بقضبان البوليمر المسلح بالألياف الزجاجية (GFRP) - الكود والتفسير			1744-1		
Specification for Shotcrete	مواصفات الخرسانة المقذوفة			1008		
Flakiness Index Value	قيمة مؤشر التقشر	SDI C				
Tests for Chemical Properties of aggregates - Part 1: Chemical Analysis	اختبارات الخواص الكيميائية للركام -الجزء الأول: تحليل كيميائي	RP 13B-1				

٢- أعمال الحفر:

٢-١ النطاق:

يصف هذا الجزء متطلبات مواد التربة، وأساليب الإنشاء، وإجراءات التقييم وضبط الجودة لأعمال الحفر. وتتكون أعمال الحفر من أعمال التنظيف وإزالة المواد (غير المناسبة) والمخلفات والنباتات والأشجار، وإزالة المنشآت، والعوائق، وحفر الطرق، والحفر النفقي للمرافق العامة، والردم، وإقامة الجسر الترابي وإنشاء القاعدة الترابية.

٢-٢ التنظيف وإزالة المواد غير المناسبة:

٢-٢-١ الوصف:

يصف هذا الجزء أعمال تنظيف وإزالة جميع المخلفات والأشجار، والنباتات وسطح التربة اللازمة لإنشاء الأعمال، والتصرف فيها تصرفًا ملائمًا.

٢-٢-٢ متطلبات الإنشاء:

٢-٢-٢-١ المناطق المراد تمهيدها:

يجب أن تكون المناطق المزمع تنظيفها وحفرها ضمن حدود الإنشاء حسب المخططات ووثائق العقد، أو حسب توجيهات المهندس. ومن ذلك أنه يجب إجراء أعمال التنظيف والحفر وإزالة المخلفات بمسافة ٣ أمتار خارج حدود ميول الردم والحفر؛ لتشمل المناطق التي يجب إنشاء الجسر ووضع رصفيات الطريق عليها، والمناطق التي يجب حفر خنادق المرافق والصرف بها، مع إزالة المواد غير المناسبة منها، أو إنشاء المنشآت بها والمناطق المدعمة لمعالجة المنحدر.

كما يجب على المقاول تنظيف الموقع من جميع الأجسام والنباتات والأشجار والجذوع والجذور، وأشكال الحطام الأخرى المقرر إزالتها من السطح وقصها حسب الحاجة.، ويمكن أن تبقى الجذوع غير المتضررة والسليمة والأجسام الصلبة غير القابلة للتلف التي يزيد طولها عن ١ متر تحت القاعدة الترابية ومنحدرات الجسر في مكانها. ويمكن الإبقاء على الجذوع والأجسام الصلبة غير القابلة للتلف التي تعلو عن مستوى التربة بـ ٧٥ ملم، أو أقل من مستوى المياه، في مكانها إذا كانت خارج مناطق الحفر والجسر الترابي.

أما في المناطق المنشأة، يجب أن تقتصر أعمال التنظيف والحفر على مقدار الردم، أو الحفر المحدد في خطط العقد، أو حسب توجيهات المهندس. ويجب ألا يتم إزالة أي ممتلكات خاصة مثل: المباني واللافتات، والسياجات وغيرها أو نقلها أو تعديلها دون إذن من المهندس.

٢-٢-٢-٢ الأشجار والنباتات:

يجب أن يبدأ المقاول في إزالة النباتات والأشجار المقرر إزالتها، أو تطهيرها في مستندات العقد، أو حسب توجيهات المهندس والمزروعة في المناطق المحددة داخل المشروع وخارجه. ويجب حماية هذه الأشجار من أي ضرر خلال استخراجها، أو نقلها، أو تخزينها أو زرعها، ويجب ألا يقوم بذلك إلا عمال مدربون، وذلك باستخدام المعدات المعتمدة لهذا العمل. كما يجب على المقاول إزالة الجذور المتبقية للأشجار المزالة، أو المستخرجة التي لا يقل عمقها عن ١ متر من أدنى مستوى للقاعدة الترابية.

كما يجب ملء الحفر الناتجة عن إزالة الشجرة بمادة مناسبة تتوافق مع مواد الطبقة التالية في مناطق الردم، يجب أن تُدمك هذه المواد إلى درجة دمك الطبقة التالية.

ويجب إزالة الفروع المنخفضة وغير السليمة من الأشجار أو الشجيرات المتبقية. ويجب على المقاول، باستخدام ممارسات تشذيب الأشجار الملائمة، تقليم فروع الأشجار الممتدة على أساس الطريق؛ لتوفير ارتفاع صافٍ لا يقل عن ٦ أمتار. علاوة على ذلك، يوصى باستخدام طلاء قاعدة أسفلتية مخصص لتشذيب الأشجار؛ لإغلاق الشقوق، أو معالجة الأشجار المقصوص جذعها أو أسطح الشجيرات.

٢-٢-٢-٣ التربة السطحية:

يجب إزالة التربة السطحية إلى عمق حسب تعليمات المهندس داخل المناطق التي تتطلب تنظيفًا وحفراً. في حالة عدم استخدامها على الفور، يجب أن تُنقل التربة السطحية لمناطق التجميعات الجانبية لنواتج الحفر (التشوينات) التي يوفرها المقاول قبل بدء أعمال الحفر في المواقع المعتمدة من جانب المهندس. يجب أن تُوضع أدوات التحكم في الرواسب قبل بدء عمليات استخلاص المتبقي منها، وتخزين التربة السطحية حتى لا تتداخل مع نظام الصرف الطبيعي أو تتسبب في تلف الرواسب خارج الموقع. على وجه الخصوص، يجب أن تقتصر الميول الجانبية للمخزون على درجة انحدار تبلغ ٢: ١ وتحيط بها وسائل التحكم في الرواسب عن طريق زرع البذر المؤقت للتشوينات في غضون ١٥ يومًا من تشكيلها.

ويجب على المقاول أن يجرف أو يحرث المناطق المراد تسويتها على عمق لا يقل عن ٥٠ ملم ويوزع التربة السطحية بالتساوي إلى عمق مضغوط قليلاً لا يقل عن ٥٠ملم على المنحدرات ٣: ١ أو المنحدرة و١٠٠ملم على المنحدرات المستوية. يوصى بوضع التربة السطحية خلال الظروف الملائمة للتدريج أو زراعة العشب أو البذر.

كما يجب مراعاة تصحيح المخالفات السطحية لمنع تكون المنخفضات أو جيوب المياه. علاوة على ذلك، يجب أن تُضغط التربة السطحية بشكل خفيف لضمان ملامستها للتربة الأساسية وإنشاء سطح موحد للبذر.

ويجب التخلص من التربة السطحية الزائدة على النحو المحدد في القسم الفرعي التالي:

٢-٢-٤ التخلص من المواد:

يجب على المقاول التخلص من جميع المواد المُزالة، وغير المرغوب فيها من المحيط الداخلي لأعمال الطريق على الفور. ولا يمكن تخزين هذه المواد داخل حدود المشروع، أو حدود المدينة، أو البلدية، أو الممتلكات العامة/الخاصة. ولهذا الغرض، يجب أن تُحدد مواقع مرافق التخلص من المواد التي تُزال من موقع المشروع، أو معالجتها أو إعادة تدويرها.

ويمكن التخلص من المواد والمخلفات عن طريق الدفن في مواقع محددة مع ما لا يقل عن ٣٠٠ ملم من مواد التغطية، أو وفقًا للمواصفات والشروط والتعليمات ذات الصلة. ويجب على المقاول فصل المواد التي تتطلب شروطًا خاصة للتخلص منها وفقًا لمتطلبات البيئة والدفن .

أما عند الحاجة إلى حرق النفايات والمواد المُزالة، يجب أن يتم ذلك في المواقع التي يحددها المهندس، ويعتمدها وفقًا لخطة معتمدة تفي بمتطلبات السلامة وشروط الحفاظ على البيئة على النحو المحدد في الأحكام القانونية فيما يتعلق بالقيود البيئية وتلوث الهواء. مع العلم أنه يُحظر حرق المواد داخل حدود أعمال المشروع، أو داخل حدود المدينة، أو البلدية، أو بالقرب من المباني والمنشآت. ويتحمل المقاول المسؤولية الكاملة عن أي أضرار تنجم عن ذلك. ولذلك يجب أن يُتخلص من نفايات الحرق وفقًا للمتطلبات القياسية في المواقع المعتمدة.

٢-٢-٣ القياس والدفع:

يجب أن تُقاس أعمال التنظيف وإزالة المواد (غير المناسبة) والمخلفات والنباتات والأشجار التي نفذها المقاول فعليًا واعتمدها المهندس وفقًا لما يلي:

١- تُقاس أعمال تنظيف المخلفات والعشب وإزالتهما بالمتر المربع .
٢- تُقاس أعمال تشذيب الأشجار، أو استخراجها وإعادة زراعتها في مواقع أخرى أو حفظها بالعدد. ويُرجى ملاحظة أن الأشجار تُعد كلها بقطر متوسط أكثر من ١٥٠ ملم. وإن كان القطر أقل من ذلك، تُعد الأشجار نباتات، حتى لو كان مطلوبًا استخراجها وإعادة زراعتها، أو الحفاظ عليها.

يُعد الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد مقابلًا كاملًا عن توفير جميع المواد والمعدات والعمال والمصروفات الثانوية اللازمة لإكمال جميع أعمال التنظيف والمسح كما هو محدد. يتم الدفع وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٢-١) يجب أن تشمل أسعار جميع عمليات التنظيف والمسح وإزالة الأشجار، وردم الحفر على النحو المحدد.

الجدول (٢–١) بنود الدفع الخاصة بالتنظيف والمسح.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,١	تنظيف المخلفات والمواد والنباتات والعشب	م^{٢}
٢,٢	إزالة الأشجار وإعادة غرسها	رقم

٢-٣ إزالة المنشآت والعوائق:

٢-٣-١ الوصف:

يصف هذا الجزء الحفاظ على الأرصفة والمنشآت الصغيرة والعوائق وإزالتها والتخلص منها، مثل الحواجز والدرابزين ,والبردورات والمزاريب، وأرصفة المشاة، والعبّارات، أو المسموح لها بالبقاء داخل حرم الطريق.

٢-٣-٢ متطلبات الإنشاء:

٢-٣-٢-١ إزالة الرصفيات:

بالنسبة للمناطق التي تقع ضمن حدود الأعمال، يجب على المقاول هدم أي طبقات رصف قديمة، وإزالتها والتخلص منها، بما فيها أي طبقات الأساس الحبيبية أو المثبتة، وطبقات الرصف الأسفلتي/ الخرساني المحدد في خطط العقد، أو وفقًا لتوجيهات المهندس. وتشمل الأعمال التخلص من المخلفات، ويجب الحفاظ على المواد المحددة، وردم الحفر الناتجة عنها متى وجّه المهندس بذلك.

أما في حال إزالة الرصف الحالي على طول مقطع من مقاطع الرصف للحفاظ عليه، يجب على المقاول قطعه بالمنشار إلى خطوط منتظمة على طول الخط الفاصل بطريقة تتجنب تلف الرصف المقرر الحفاظ عليه. إضافة إلى ذلك، يجب على المقاول التأكد من اكتمال عمليات إزالة الرصف دون إحداث الاهتزازات الشديدة، والتحميل الثقيل الذي قد يضر بالمرافق الموجودة تحت الأرض. ويجب على المقاول إصلاح أي ضرر يلحق بمناطق الرصف المتبقية والعمل الذي وافق عليه المهندس.

ويفضل إزالة طبقات الأسفلت الخرسانية باستخدام معدات كشط وتفتيت تتيح تفتيت المواد، ونقلها، وتخزينها في المواقع المعتمدة من الوزارة؛ لإعادة استخدامها. كما يجب النظر في إمكانية إعادة التدوير أو إعادة استخدام المواد في الموقع بتطبيق مواصفات AASHTO (R65)، وإذا لم تضع الوزارة أي معيار لاستخدام معين؛ فمثلًا يجب أخذ الخرسانة المكسورة إلى قطع أقل من ٧٠ كجم في الحسبان؛ لاستخدامها في أعمال التكسية الحجرية. ويجب تجميع الحصى السليم، ومواد الأسفلت، والمواد الخرسانية، ومواد الرصف الأخرى وتخزينها في مواقع محددة، مع ضمان أن تكون المواد المخزنة خالية من الأوساخ أو المواد الغريبة.

٢-٣-٢-٢ المنشآت الثانوية:

يجب أن يهدم المقاول ويزيل المنشآت الصغيرة، مثل السياجات والبوابات والخطوط الأرضية للمسارات وعلامات سطح الطريق كعيون القطط، وغيرها من المنشآت الصغيرة التي تتعارض مع تنفيذ العمل وليس من المقرر الحفاظ عليها.

٢-٣-٢-٣ الحواجز والدرابزينات:

يجب أن يزيل المقاول الحواجز المعدنية/الخرسانية والدرابزين وأساساتها ويجب التأكد من استمرار العمل جوار الرصيف دون الإضرار بالرصيف الحالي، ويجب التخلص من الحواجز والسياجات التي تم إزالتها بشكل صحيح، ويجب ألا يمكن للمقاول إعادة استخدامها في المشروع.

٢-٣-٢-٤ البردورات والمزاريب :

عند إزالة البردورات والمزاريب، يجب أن تُنفذ الأعمال بالطرق والمعدات المناسبة لهذه الأعمال. ويجب قطع حواف الأرصفة وقنوات الصرف الجانبية المراد تركها في مكانها بالمنشار على خط عمودي صحيح، أو إزالتها حسب الفاصل الموجود.

ويجب التخلص من حواف الأرصفة وقنوات صرف المياه الجانبية المُزالة تخلصًا سليمًا، ويجب عدم إعادة استخدامها في المشروع.

٢-٣-٢-٥ قنوات الصرف والعبّارات:

يجب عدم إزالة قنوات التصريف والعبارات والمنشآت الفرعية الأخرى حتى يتخذ المقاول ترتيبات مناسبة؛ لاستيعاب حركة المرور وتدفق المياه .

ويجب إزالة المنشآت الفرعية الحالية وصولًا إلى مستوى سطح الأرض الطبيعي. ويجب إزالة تلك الأجزاء التي خارج المسار إلى ٣٠٠ ملم تحت سطح الأرض الطبيعي. كما يجب إزالة أجزاء من المنشآت القائمة ضمن حدود المنشأ الجديد لاستيعاب إنشاء المنشأ المقترح .

في حال الحاجة إلى هدم العوائق أو المنشآت جزئيًا، يجب على المقاول إزالة المنشأ المحدد بعناية وحذر؛ حتى لا تتلف الأجزاء المتبقية من المنشأ الحالي.

٢-٣-٢-٦ التخلص من المواد:

التخلص من المواد الأسفلتية والخرسانية والرصف المحددة والحواجز والدرابزين والبردورات والمزاريب والعبّارات، كما هو محدد في القسم الفرعي (٢-٢-٢-٤). كما يجب التأكد من أن المواد المخزنة خالية من الأوساخ أو المواد الغريبة.

٢-٣-٣ القياس والدفع:

يجب إجراء قياس إزالة المنشآت وأعمال العوائق للأعمال المنفذة فعلياً والمعتمدة فنياً من قبل المهندس وفقاً لما يلي:

١- تقاس أعمال إزالة الرصفيات القائمة بالمتر المكعب.
٢- تقاس أعمال إزالة السياجات والبوابات والحواجز، والدرابزين والبردورات، والمزاريب والعبّارات وأنظمة الصرف بالمتر الطولي.

الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد المقاس هو تعويض كامل عن توفير جميع المواد والأدوات والمعدات، والعمالة والنفقات اللازمة، لاستكمال جميع أعمال إزالة المنشآت وأعمال العوائق على النحو المحدد. ويجب أن يتم الدفع وفقًا لواحد أو أكثر من العناصر الموضحة في الجدول (٢-٢).

الجدول (٢–٢) إزالة عناصر دفع إزالة المنشآت والعوائق.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,٣	إزالة طبقات الرصف	م^{٣}
٢,٤	إزالة السياجات والبوابات	م
٢,٥	إزالة خطوط المسارات والعلامات الأرضية وعيون القطط	م^{٢}
٢,٦	إزالة الحواجز والدرابزين	م
٢,٧	إزالة البردورات والمزاريب	م
٢,٨	إزالة العبارات وأنظمة التصريف	م

٢-٤ حفريات الطرق:

٢-٤-١ الوصف:

يصف هذا الجزء الأعمال المتعلقة بأعمال حفر الطرق، بما في ذلك عمليات الحفر وتفجير الصخور وحفر الاستعارة ومعالجة المنحدرات وأعمال الحفاظ على الحفريات خالية من المياه وإجراءات التحكم بالتعرية والرواسب والتحكم في الغبار والتخلص من المواد المحفورة.

٢-٤-٢ متطلبات الإنشاء:

٢-٤-٢-١ حماية أعمال الحفر:

أثناء الحفر، يجب على المقاول اتخاذ الاحتياطات اللازمة؛ لمنع تفكيك المواد خارج حدود منحدرات الحفر، سواء عن طريق التكسير أو التفجير أو بالوسائل الأخرى. الحفاظ على التحكم المناسب عن طريق إجراء أعمال الاستكشاف والمسح المنتظمة على فترات متقاربة في جميع الأوقات؛ لتجنب القطع السفلي للمنحدرات.

بالإضافة إلى ذلك، يجب تجفيف قاع الحفر دائمًا بشكل كافٍ في جميع مراحل الإنشاء، وإنشاء المزاريب أو الخنادق الجانبية لمنع الأضرار الناجمة عن التعرية. وخلال موسم الأمطار على وجه الخصوص، ينبغي تشكيل سطح منطقة العمل إلى مقطع عرضي منتظم بحيث يمكن تصريف المياه بنهاية عمليات كل يوم، والتخلص من البقاع المنخفضة والأخاديد التي يمكن أن تحتفظ بالمياه.

٢-٤-٢-٢ تفجير الصخور:

٢-٤-٢-١ عام:

تشتمل أعمال تفجير الصخور على أعمال تفتيت الصخور باستخدام تقنيات التفجير الإنتاجي والتفجير المتحكم فيه مسبقاً، لإنشاء حفريات صخرية بأبعاد هندسية محددة.

تعتمد تقنيات التفجير الإنتاجي على ثقوب الانفجار المتباعدة على نطاق واسع والتي تحتوي عادةً على شحنات متفجرة أكبر، لتسريع الحركة والتفتت لإزالة الصخور. ويتضمن تقنيات التفجير المتحكم فيه التقسيم المسبق، والتفجير بالوسادة، ويستخدم الثقوب الانفجار المتقاربة، وتحتوي عادةً على شحنات أخف من ثقوب الإنتاج، لإنتاج أسطح صخرية مستقرة وجذابة، بأقل ضرر ناجم عن الانفجار.

يجب ألا يُسمح باستخدام التفجير لأعمال حفر الصخور في المناطق الحضرية الا عند الضرورة القصوى، وفي الصخور التي لا يمكن حفرها بأي طريقة أخرى.

يجب أن تتم أعمال حفر الصخور بالتفجير وفق ضوابط شراء المواد المتفجرة، ونقلها وتخزينها، واستخدامها في المملكة العربية السعودية ينبغي أن تُنفذ من جانب جهات متخصصة ومؤهلة ومعتمدة وبناءً على دراسة فنية تُعدها جهة متخصصة ومؤهلة.

٢-٤-٢-٢-٢ متطلبات الإنشاء:

يجب أن يُنفذ المقاول أعمال التفجير مع مراعاة ما يلي (FHWA, 2014):

١- الامتثال للوائح السلامة والصحة.

٢- الحفاظ على جميع المتفجرات، وأدوات التفجير ونقلها وتخزينها، وتأمينها وفقًا للمواصفات واللوائح المعمول بها في المملكة العربية السعودية. ويجب تقديم جميع مواد ومعدات التفجير مقرونة بسجلات وبطاقات خاصة بما فيها، تاريخ الإنتاج وتاريخ الصلاحية، ومتطلبات الصيانة والتخزين والنقل، والمتطلبات وطرق الاستخدام.

٣- تعيين مسؤول عن التفجير (مستشار التفجير)، والذي يتمتع بالخبرة الكافية المتصلة بعمله؛ للإشراف على طاقم الحفر والتفجير أثناء تنفيذ عمليات التفجير.

٤- تقديم خطة تفجير عامة يوقعها المسؤول عن التفجير قبل ١٤ يومًا على الأقل من عمليات الحفر والتفجير؛ للمراجعة والموافقة عليها، بما في ذلك ما يلي:

أ- إجراءات واحتياطات السلامة الخاصة بنقل المتفجرات ومعالجتها وتخزينها، وتحميلها وتفجيرها.
ب- خطة نقل المتفجرات، وتخزينها.
ج- خطة تأمين المنطقة بما فيها، المتفجرات وأمن الموقع العام، وطرق الاتصال بالموقع، وأنظمة الإشارات الصوتية قبل التفجير وبعده، ومتطلبات إغلاق الطرق، وإخطار الجهات أو الكيانات المتضررة قبل البدء في أعمال التفجير.
د- أوراق بيانات سلامة المواد الصادرة عن الشركة المصنعة للمتفجرات المقترح استخدامها، وفتائل التفجير، وبادئات التفجير، وغيرها من أجهزة التفجير وملحقاتها.
ه- خطط الحفر وقوائم المعدات لمقياس ما قبل الانفجار، وطرق الوصول الرئيسية، والحواف الناتئة لعمليات الحفر والتفجير.
و- استعراض الخطة المقترحة والمخطط والمقطع النموذجي لتنفيذ تقنية التفجير الإنتاجي والتفجير المتحكم فيه مسبقاً، بما في ذلك موضع التمركز المخصص بكل مخطط نموذجي، والحد الأقصى لطول الانفجار، وسطح ارتطام الشحنة، والحمل، والمباعدة بين الثقوب، وميل الثقب، وعمق الثقب، وقطر الثقب، وعمق الجذع، وعمق الحفر الفرعي، والشحنة لكل تأخير وعامل المسحوق المستخدم.
ز- طريقة البدء المقترحة وتسلسلها وأوقات التأخير.
ح- تدابير التحكم في الضوضاء والحد من الغبار.
ط- خطة مراقبة الحرائق وخطة الطوارئ؛ لاحتواء تطاير شظايا الصخور الناتجة عن التفجير.

٥- تقديم خطة تفجير خاصة بالموقع بعد الموافقة على خطة التفجير العامة، ويمكن تغيير أو مراجعة وتحديث طرق الحفر والتفجير المنصوص عليها في خطة التفجير العامة، ولا يجب البدء في أعمال الحفر والتفجير حتى تتم الموافقة على الخطة. كما يجب أن تتضمن خطة التفجير الخاصة بالموقع على ما يلي:

أ- تسلسل الحفر المقترح.
ب- حدود المحطة، ومخطط الانفجار النموذجي المقترح، وتوضيح طريقة تناسب التفجير المقترح، مع تسلسل أعمال الانفجار الخاصة بالحفر والتفجير.
ج- مناسيب القمة والقاعدة عقب كل عملية انفجار.
د- المخططات والمقاطع التفصيلية لكل انفجار توضح أنماط الحفر، وحدوده، ومواقع ثقب الانفجار، والمباعدة بين ثقوب الانفجار، وأعماق الحفر الفرعية، وارتفاع الرفع، وأقطار ثقب الانفجار، وزوايا ثقب الانفجار، واحتوائها وخطتها واستعراضات مقاطعها. ويجب تضمين موقع الفواصل، والكسور، والتصدعات، ومستوياتها، والمعالم الانشائية الأخرى للكتلة الصخرية حسب خطة التفجير الخاصة بالموقع.
ه- مخطط الأحمال لكل تفجير يوضح نوع المواد المنفجرة التي ستُستخدم وكميتها، بما في ذلك فتائل التفجير، وبادئات التفجير، وعامل المسحوق، والشحنة لكل تأخير، ومواقع التسطيح، ونطاق أعماق الحشو للتغيرات الجوهرية داخل نمط الحفر.
و- طريقة البدء وتسلسل ثقوب التفجير لكل انفجار. وتضمين أوقات التأخير ونظامه، وأوقات إطلاق النار أسفل الثقب.
ز- الحجم التقديري للصخور الموضعية المراد تفجيرها، بما فيه إجمالي طول الإنتاج، وثقب الانفجار المتحكم فيه.

ح- تدابير السيطرة على تطاير شظايا الصخور الناتجة عن الانفجار.
ط- تصميمات احتواء تطاير شظايا الصخور الناتجة عن الانفجار وإجراءاتها.

٦- ويجب تحديد الحاجة إلى مراقبة الاهتزاز اعتمادًا على ظروف التربة والصخور، ومعاملات التفجير كما هو موضح في خطة التفجير، وقرب المباني والمنشآت والمرافق، والمعالم الطبيعية الحساسة التي قد تتضرر من اهتزازات الأرض، أو الانفجار الهوائي. ويكون المقاول مسؤولاً عن الأضرار الناتجة عن الاهتزازات الأرضية المتعلقة بالتفجير والضغوط الزائدة للانفجار الهوائي. وإذا كانت مراقبة الاهتزاز مطلوبة، يجب مراعاة ما يلي:

أ- التحكم في الاهتزازات الأرضية والضغوط الزائدة للانفجار الهوائي مع تسلسل تأخير مصمم تصميمًا صحيحًا، وأوزان الشحنات القصوى المسموح بها لكل تأخير. والتحقق من أوزان الشحنات المسموح بها لكل تأخير عن طريق إجراء انفجارات تجريبية مماثلة، وقياس اهتزازات الأرض، ومستويات الضغط الزائد للانفجار الهوائي. وإجراء اختبارات الانفجارات مع تعديل خطة الانفجار التي تحد من اهتزازات الأرض والضغوط الزائدة للهواء والانفجار إلى مستويات لن تسبب أضرارًا للمباني والمنشآت والمرافق والمعالم الطبيعية القريبة حسبما يُحدد أخصائي الاهتزاز .

ب- عندما يكون الاهتزاز الأرضي أو تلف الانفجار الهوائي ممكنًا، يجب على أخصائي اهتزاز الانفجار مراقبة كل انفجار باستخدام مخططات الزلازل الرقمية المعتمدة، ومعدات مراقبة الاندفاع الهوائي المُعاير خلال العام الماضي والمحدد موقعها؛ وفقًا لتوجيهات أخصائي الاهتزاز. وفيما يخص رصد الاهتزاز الأرضي، يجب استخدام مخططات الزلازل القادرة على تسجيل سرعة الجزيئات، والإزاحة، والتسارع لثلاثة مكونات متعامدة بالتبادل من الاهتزاز، وقادرة على إنتاج ملف زمني رقمي دائم لكل سلسلة حركة أرضية. ويجب على أخصائي الاهتزاز توضيح سجلات جهاز قياس الزلازل والانفجار الهوائي؛ لضمان استخدام البيانات والنتائج المجمعة استخدامًا فعالًا في التحكم في عمليات التفجير.

٧- قبل البدء في الحفر والتفجير على نطاق واسع، يجب على المقاول تنقيب مقطع اختبار تجريبي وتفجيره وحفره، في موقع معتمد داخل منطقة الحفر المخطط لها وحتى ٧٥ متر مكعب، وفقًا لخطة الاختبار المقترحة لإثبات كفايتها. يكون الانفجار التجريبي غير مقبول عندما يؤدي إلى تجزئة كبيرة الحجم، أو صخور متطايرة مفرطة أو غير متحكم بها، أو اهتزازات مفرطة، أو انفجارات هوائية، أو كسر مفرط غير مخطط له، أو تلف مفرط في سطح الصخرة النهائي، أو نتوءات غير مرغوب فيها. وعندما يكون انفجار الاختبار التجريبي غير مقبول، يجب مراجعة خطة التفجير الخاصة بالموقع وإجراء انفجارات اختبار إضافية حتى يؤدي تباعد نمط ثقوب الانفجار ومحاذاة فتحة الانفجار المتحكم به والشحنات معًا إلى نتائج مقبولة.

٨- يجب أن تشمل عمليات التفجير الرئيسة ما يلي:

أ- المتطلبات العامة: الحفر حسب الخطة. ويجب استخدام ثقوب محفورة بزاوية أو اتجاهات مختلفة حسب الحاجة أثناء العمليات الاستكشافية الأولية؛ للحصول على السطح المطلوب. كما يجب تسجيل ثقب انفجار محفور والاحتفاظ بسجل لكل ثقب يحدد عمق الفتحات، ولونها وطبيعتها، ومعدل الاختراق وموقع طوق الثقب، واتجاه الثقب والمعلومات الأخرى ذات الصلة. وقبل بدء التفجير، يجب إعداد خطة التفجير والمخططات النموذجية مع إظهار أرقام الثقوب المحددة جنبا إلى جنب مع سجلات الثقوب الفردية المكتملة، والمؤرخة والموقعة من مسؤول الحفر.

كما يجب التأكد من خلو ثقوب التفجير من العوائق على كامل عمقها قبل وضع الشحنات. ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند وضع الشحنات بحيث لا يحدث تجويف للمواد من جدران الثقوب، وطوق الثقب. ويجب أن يكون الجزء العلوي من ثقوب الانفجار مسدودًا بمادة حبيبية جافة مناسبة تمر من منخل بمقاس ١٢،٥ ملم. ويُحظر سد الثقوب بمخلفات قطع الحفر .

ويكون التفجير وفقا لخطة التفجير المعتمدة الخاصة بالموقع. ويجب حينها استخدام حصائر احتواء التفجير، وأنظمة احتواء الصخور المتطايرة، وأجهزة الحماية الأخرى؛ لمنع تضرر المعالم البيئية المحيطة.

وبعد كل انفجار، يجب إزالة الصخرة المقطوعة السطح السائبة، أو المعلقة، أو التي قد تشكل خطرًا، أو تثبيتها. كما يجب ترك المخلفات الطفيفة، أو الاختلافات السطحية في مكانها إذا لم تشكل خطرًا. ويجب حفر المواد وإزالتها خارج ميول خطوط تحديد الإطار المخططة، وغير المستقرة التي تشكل خطرًا محتملًا. وبعد ذلك يجب حفر مدى الرفع التالي فقط بعد اكتمال أعمال تثبيت الميل، وتنظيف موقع الانفجار .

ويجب على المقاول وقف عمليات الحفر والتفجير، وتقديم خطة تفجير منقحة خاصة بالموقع عند حدوث ما يلي: عندما تكون الميول غير مستقرة. أو تتجاوز الميول تفاوتات الكسر الزائد، أو تظهر نتوءات أو تلال أو حواف غير مرغوب فيها؛ أو ينجم عن الانفجار ضرر مفرط، أو أن يؤدي التشظي الضعيف إلى مواد كبيرة الحجم تتطلب التفجير الثانوي وإعادة المعالجة؛، أو عند تعرض سلامة العامة للخطر، أو تعريض الممتلكات أو المعالم الطبيعية للخطر، أو ظهور صخور متطايرة مفرطة أو غير متحكم بها؛ أو حدوث اهتزاز أرضي مفرط أو الضغوط الزائدة للانفجار الهوائي عند احتمال تضرر المباني أو المنشآت، أو المرافق أو المعالم الطبيعية، أو لا يُتوصل إلى حالات الميل، أو سطح الصخور المرادة.

ب- التفجير المتحكم فيه: عندما تشير خطة الاختبار إلى الحاجة إلى التحكم في التفجير، يجب استخدام ثقوب بزاوية أو محفورة بالمروحة لتتصدر قمم قطع الصخور وتحضير منصات العمل. قبل عملية الحفر، يجب إزالة الأثقال والأتربة

والصخور السائبة أو المتحللة تمامًا على طول الجزء العلوي من الحفر لمسافة لا تقل عن ٩ أمتار بعد نهاية حدود حفر حفرة الإنتاج، أو حتى نهاية القطع.

يجب استخدم التفجير المتحكم فيه؛ لتشكيل سطح القطع النهائي على قطع الصخور عندما يكون ارتفاع الميل أكثر من ٣ أمتار فوق مستوى الخندق ويكون الميل بنسبة ٢: ١ أو أكثر انحدارًا.

كما يجب استخدام معدات الحفر التي تتحكم في زاوية الحفر عند دخولها الصخر بدقة. ويجب تحديد ارتفاع الطبقة، وإجراء عمليات الحفر؛ بحيث لا يختلف تباعد فتحة الانفجار، ومحاذاة الفتحة السفلية أكثر من ٢٠٠ ملم عن التباعد والمحاذاة المقترحة. وعندما يتجاوز أكثر من ٥٪ من الثقوب نسبة التباين، يجب الحد من ارتفاع الطبقة، وتعديل عمليات الحفر حتى تصبح الثقوب ضمن التحمل المسموح به.

ويجب حفر ثقوب لا يزيد قطرها عن ٧٥ ملم، في نطاق ٧٥ ملم من الطوق المثبت، وعلى الأقل ٩ أمتار خارج فتحات الإنتاج المحشوة أو حتى نهاية القطع. عندما يكون أكثر من ٥٪ من أطواق الثقوب التي بالطبقة خارج نسبة سماحية الموقع، ويجب ردم ثقوب الانفجار باستخدام الحجر المكسر وإعادة الحفر.

ويجب ألا يزيد ارتفاع السد أو طول فتحة الحفر عن ٩ أمتار. وأن يقتصر الحفر الفرعي للثقوب على نصف مسافة تباعد الثقوب أو ٦٠٠ ملم أيهما أعمق.

وأن تُرفع الإزاحة حتى ٦٠٠ ملم أفقيًا للسماح بخلوص معدات الحفر. وتُزال الحواف الناتئة الناتجة عن إزاحة الحفر.

ويجب تعويض الانجراف الذي قد يحدث في عمليات المناولة العلوية، وضبط زاوية ميل الحفر أو موقع طوق الحفر الأولي للحصول على الجزء النموذجي المطلوب. ويجب تحديد الحفر بنصف مسافة تباعد الثقب أو ٦٠٠ملم أيهما أعمق.

ويُحظر استخدام نترات الأمونيوم السائبة، وزيت الوقود بالتفجير المتحكم فيه.

وقبل بدء التفجير، يجب إعداد خريطة خطة التفجير وإرسالها مع إظهار أرقام الثقوب المحددة، جنبا إلى جنب مع سجلات الثقوب الفردية المكتملة، والمؤرخة والموقعة من مسؤول الحفر.

لا يمكن أن يزيد الحد الأقصى لقطر المتفجرات المستخدمة في ثقوب الانفجار المتحكم به عن نصف قطر الثقب قبل الانشطار .

عندما تسمح الخطط بالانشطار المسبق - لغير الميول النهائية والأسطح الصخرية - يُستخدم إما الانشطار المسبق على طول سطح الميل قبل الحفر للانفجار، أو الانشطار المسبق لسطح الميل بالتزامن مع الانفجار.

ويجب إجراء التفجير بالوسادة للحصول على منحدرات صخرية خشنة ذات مظهر طبيعي. مع ضرورة الحفاظ على النتوءات الصخرية الموجودة إلى الحد العملي؛ لتغيير سطح وتكوين ولون وملمس المنحدرات الصخرية المقطوعة.

وبعد الموافقة يجب استخدام ٣ ثقوب حفر أفقية بدلًا من ثقوب حفر التفجير بالوسادة الرأسية، أو استخدامهما معًا؛ لإنتاج ميول صخرية ذات مظهر طبيعي، أو تخفيف آثار ثقب الحفر، أو المساعدة في الوصول لحفر ممهد الحواف، أو لحفر قطع الصخور الشظية عندما يتعذر الحفر الرأسي.

ج- التفجير الإنتاجي: حفر ثقوب لا يزيد قطرها عن ١٠٠ ملم إلى عمق التصميم بحيث لا تمتد الصخور غير المكسورة فوق السطح النهائي. أما عندما لا تتوافق أكثر من ٥٪ من فتحات الانفجار في الطبقة مع متطلبات عمق التصميم، قم بإعادة حفر الثقوب المنخفضة بالشكل المناسب. ما عدا عند الحفر الفرعية، لا يجب عمل فتحات انفجار الإنتاج أسفل المستوى الأساسي لثقوب الانفجار المتحكم بها.

ويجب حفر ثقوب انفجار داخل قطرين من ثقب الحفر من موقع الطوق المخطط. وعندما يكون أكثر من ٥٪ من أطواق ثقب الحفر في مدى المناولة خارج مقدار التفاوت، يجب ردم كل حفرة خارج مقدار تفاوت الموقع بالحجر المكسر وإعادة الحفر في المكان المناسب.

يكون تفجير ثقوب الانفجار في تسلسل تأخير متحكم فيه.

٩- خلال ٣ أيام بعد الانفجار، وقبل الحفر للانفجار التالي، يجب أن يقدم المقاول تقارير ما بعد الانفجار، بما في ذلك ما يلي:

أ- نتائج الانفجار (الانكسار المفرط، والضرر الناجم عن الانفجار، ومستويات الضوضاء، والصخور المتطايرة، الاحتفاظ بأثر الحفر، التجزئة، احتواء المواد، متطلبات إعادة مناولة المواد، والاختلالات) وما إذا كانت أهداف التفجير قد تم إنجازها أم لا.

ب- في حالة عدم الوفاء بأهداف التفجير، التغييرات المقترحة لخطط التفجير المستقبلية الخاصة بالموقع والتي ستؤدي إلى نتائج مقبولة والإصلاحات المقترحة أو خطط التثبيت للمنحدرات الخلفية غير المستقرة أو المتضررة بسبب الانفجار.

ج- خطة التفجير المعدلة التفصيلية لإظهار التغييرات الهامة والكبيرة في النمط أو التحميل أو التوقيت.

د- انهاء سجلات الحفر لكل حفرة (مؤرخة وموقعة بواسطة الحفار) تحدد عمق القطع ولونها وخصائصها. قم أيضًا بتضمين معدل الاختراق، وموقع طوق الثقب، واتجاه الفتحة، والظروف التي أثرت سلبًا على عمليات الحفر أو تحميل المتفجرات.

ه- قياسات العمق للإنتاج وفتحات الانفجار المتحكم فيها.

و- رسومات أو مخططات وضح اتجاه الانفجار والوجه أو الوجوه وأرقام الفتحات والتخطيط المادي للانفجار.

ز- قياس كميات الكسر الزائد بعد جرف المناولة.

ح- تاريخ ووقت التحميل والتفجير.

ط- في حالة استخدام أجهزة قياس الزلازل ومعدات مراقبة الانفجار الجوي أو أيًا منهما، يُقدم تقرير الاهتزاز والانفجار الهوائي في غضون ٣ أيام بعد الانفجار، بما في ذلك ما يلي: نوع محطة تسجيل الاهتزاز، أو الانفجار الهوائي المستخدمة وأرقام تعريف الجهاز، واسم أخصائي الاهتزاز الذي يراقب الانفجار ويوضح بيانات الاهتزاز والانفجار الهوائي، والرقم التعريفي للانفجار وموقع الانفجار، ومسافة محطات تسجيل الاهتزاز الأرضي واتجاهها، والضغط الزائد للانفجار الهوائي الناتج من منطقة الانفجار، ونوع المواد التي كانت محطات تسجيل الاهتزاز الأرضي موجودة عليها وقت الانفجار، والحد الأقصى لوزن الشحنة المطبق لكل تأخير، والحد الأقصى للإزاحة وسرعة الجزيئات، والتردد المسجل في كل موقع جهاز استشعار الاهتزاز الأرضي، وأقصى درجات الضغط الزائد المسجلة في كل موقع من مواقع أجهزة استشعار الانفجار الهوائي، ونسخة مؤرخة وموقعة من جميع سجلات المستندات، ومسح حالة ما بعد الانفجار مع ملاحظة التغييرات مقارنة بمسح ما قبل الانفجار، وملاحظات (مرئيات) على نجاح الانفجار من حيث الالتزام بمعايير الاهتزاز الأرضي، أو الانفجار الهوائي والممارسات الإدارية لنجاح الخطط.

٢-٤-٢-٣ إحلال التربة:

يجب أن يستخدم المقاول الحفر العادية والصخرية المناسبة والمتاحة قبل استخدام مواد الاستعارة. ويجب على المقاول تقديم تقييم معتمد لموقع النفايات الخطرة لمناطق الاستعارة الواقعة خارج حرم الطريق، وتوفير مصدر بديل لمواد الاستعارة، أو إجراء اختبار أكثر تفصيلًا في المواقع المشتبه فيها. ويجب أن تعتمد الوزارة والمهندس مصادر مواد تربة الاستعارة التي خارج حرم الطريق أو خارج حدود الحفر، مع مراعاة المعايير مثل الموقع واختبار العينة وتقدير الكميات، وبالتأكيد يجب أن تستوفي جودة المواد المتطلبات المحددة في الأجزاء الفرعية (٢-٦-٢) و(٢-٧-٢).

يجب على المقاول تطوير مواد تربة الاستعارة، واستعادتها وفقًا للطرق التي يعتمدها المهندس. ويجب أن يقتصر الحفر على المحيط الداخلي للمنطقة المعتمدة، ويجب تسوية مناطق الاستعارة بطريقة تضمن التصريف الجيد، ويجب المحافظة على سطح المنحدرات ناعمة، ومستوية، ومستقرة.

٢-٤-٢-٤ معالجة المنحدرات:

يجب أن يتخذ المقاول جميع الاحتياطات والترتيبات اللازمة، لمنع حالات فشل ميول الحفر.

يجب أن تكون الميول الأرضية والصخرية خالية من المخلفات والمواد السائبة، والمواد المكسرة أو المفككة. ويجب تسوية الأسطح النهائية للميول الترابية لتكون منتظمة التدرج ومحددة الحواف إلى ما لا يزيد عن ± ٥٠ ملم. وعند وضع التربة السطحية كمادة تغطية على ميول الحفريات الأرضية، يجب تخشين السطح المحفور حتى تحتفظ بطبقات التربة السطحية.

٢-٤-٢-٥ نزح المياه:

يجب على المقاول توفير جميع المعدات والأجهزة اللازمة للحفاظ على أعمال الحفر خالية من المياه في جميع الأوقات أثناء الإنشاء وتركيبها، وتشغيلها وصيانتها.

ويجب إجراء جميع أعمال نزح المياه باستخدام أنظمة الآبار الإبرية، ما لم يوافق المهندس على خلاف ذلك. كما يجب على المقاول توفير معدات احتياطية كافية؛ لاستمرار عمل أنظمة نزح المياه في جميع الأوقات.

ويجب أن تتطابق أنظمة الآبار الإبرية مع المتطلبات المبينة في هذا الكود مع مواصفات (DoMaT, 2020) ما لم يوجه المهندس بخلاف ذلك.

- يجب أن توضع أنظمة الآبار الإبرية على جانبي الخندق أو حول الحفريات المعزولة تمامًا بطرق النفث.
- يجب أن يكون الحد الأقصى للتباعد بين الآبار الإبرية ١ م.
- يكون الحد الأقصى المسموح به للسحب لنظام أحادي المرحلة ٤ أمتار، وفيما يخص أعمال الحفر التي تتطلب سحبًا يزيد عن ٤ أمتار، يجب استخدام أنظمة الآبار الإبرية متعددة المراحل.
- يجب تركيب الآبار الإبرية على جميع مستويات الأنظمة المتعددة المراحل على جانبي الخندق، أو كليًا حول أعمال الحفر المعزولة.
- إذا لزم الأمر، يجب استخدام بريمة الحفر في التربة الصلبة؛ كما يوجب يجب ردم الآبار الإبرية الموضوعة في الثقوب المحفورة بالرمل الخشن.
- يجب أن تحتوي جميع الآبار الإبرية على صمام مناسب "لتسوية" النظام للحصول على أقصى قدر من السحب .
- يجب استخدام مضخات تعمل بمساعدة الفراغ ذات حجم وكمية مناسبين لصيانة النظام .

يجب أن يتأكد المقاول من سحب منسوب المياه الساكنة إلى عمق كافٍ للحفاظ على جفاف قاع الحفر (على الأقل ٣٠٠ملم تحت مستوى التشكيل). فضلًا عن ذلك، يجب تركيب وتشغيل أنظمة نزح المياه، بحيث لا يتم تقليل مستوى المياه الجوفية خارج الحفريات إلى الحد الذي قد يؤدي إلى إتلاف المنشآت أو الممتلكات المجاورة أو تعرضها للخطر. يجب أن يكون المقاول مسؤولًا عن أي منشآت تتعرض للضغط الهيدروستاتيكي من المياه الجوفية أثناء الإنشاء.

بناءً على توجيهات المهندس، يوفر المقاول عدد محدد من مقاييس ضغط المياه الجوفية ذات الأنبوب المفتوح، ومقاييس التسوية في نقاط محددة لكل موقع، لمراقبة مستوى المياه الجوفية، وتسوية المنشآت والمرافق القائمة.

يجب أن تُضخ المياه الجوفية مرة أخرى إلى مستواها الثابت بشكل صحيح، لمنع حدوث اضطراب في تربة الأساس الطبيعي، أو الردم المدمك أو الردم؛ ولمنع تعويم المنشآت وخطوط الأنابيب والعبّارات أو تحريكها.

يجب إزالة نظام نزح المياه فقط عند عدم الحاجة إليه، والحفاظ على أنظمة قياس المراقبة والتسوية قيد التشغيل؛ وفقًا لتوجيهات المهندس.

٦-٢-٤-٢ التحكم في الانجراف والرواسب

يجب أن يتحكم المقاول في الانجراف والرواسب باستخدام أجهزة، أو طرق التحكم في الانجراف المعتمدة. مع العلم أنه لن يبدأ العمل إلا بعد استلام الموافقة على مخطط المقاول. ويجب أن يحدد المخطط أعمال التحكم في الانجراف المؤقتة والدائمة، ووصف ما يلي:

١- مساحة سطح المواد الأرضية القابلة للتآكل والمزمع كشفها في عملية من عمليات الأعمال الترابية.
٢- الطرق والمواد المقترح استخدامها؛ للحد من التآكل والترسيب واحتوائهما.
٣- الهدف من دمج المعالم الدائمة.
٤- سبل تسهيل أعمال المكافحة المؤقتة للتآكل خارج حرم الطريق -إن لزم الأمر .-

بعد الموافقة على المخطط، يجب أن يدمج المقاول في المشروع جميع تدابير التحكم في الانجراف والرواسب التي تنسق تركيب ميزات التحكم المؤقتة والدائمة.

يجب تنفيذ تدابير فورية للتحكم في الانجراف، مثل: السواتر الترابية المؤقتة، والسدود، والحصائر، والبذر، وغيرها من الأجهزة أو الطرق حسب الاقتضاء؛ لمنع تلوث قنوات التصريف المجاورة، أو العبّارات، أو البحيرات، أو البرك، أو المناطق الأخرى من المياه المحتجزة.

يجب أن يتضمن المشروع ميزات التحكم في التعرية الدائمة في المشروع في أقرب وقت ممكن. كما يجب استخدام تدابير مؤقتة للتحكم في الانجراف؛ لتصحيح الظروف غير المتوقعة أثناء تصميم المشروع، أو للظروف الطارئة التي تظهر أثناء الإنشاء العادي.

يجب تنسيق عمليات التنظيف والمسح والتسوية مع دمج ميزات التحكم في الانجراف، لتوفير تدابير التحكم في الانجراف بين مراحل الإنشاء المتتالية والحد من مساحة سطح الأرض القابلة للانجراف المعرضة في وقت واحد إلى ٧٠,٠٠٠ متر^{٢} لكل توزيع للمعدات.

وعند إقرار عدم كفاية سبل مكافحة التعرية، يجب إيقاف عمليات الحفر، واستئنافها فقط بعد إثبات فعالية سبل مكافحة الانجراف

يجب توفير تدابير مؤقتة للسيطرة على الانجراف على الفور عندما تحظر الحدود الموسمية التدابير الدائمة. علاوة على ذلك، يوفر المقاول أو يستبدل تدابير مؤقتة للتحكم في الانجراف لتعويض الإهمال أو الإهمال أو الفشل في تثبيت ميزات التحكم في الانجراف الدائم دون أي تكلفة على الجهة.

يجب وضع طرق التحكم في الانجراف والرواسب الموصوفة فيما بعد وفقًا لما يلي:

- البذر وتمهيد التربة: تتضمن هذه الطريقة تحضير التربة، ووضع البذور وتمهيد التربة، ومقاومة اليرقات. ويجب زراعة المناطق المراد بذرها على العمق المحدد؛ لتوفير مهد تربة صلب وقابلة للتفتيت، وإخلاء تلك المناطق من نمو النبات والحجارة التي يبلغ قطرها ٥٠ ملم أو أكبر وغيرها من المخلفات. ويجب استخدام الحجر الجيري استخدامًا متساويًا قبل تحضير التربة أو أثنائه وحرثه في التربة؛ لتلبية درجات التشطيب، وذلك إذا حُدد استعماله. ويجب إجراء البذر خلال التواريخ التي تحددها الجهة، أو وفقًا لما يسمح به المهندس، ولكن يُحظر ذلك إن كان الطقس عاصفًا، أو كانت الأرض رطبة بإفراط أو مجمدة أو غير قابلة للحرث. ويمكن وضع البذور والأسمدة والحجر الجيري، وغطاء التربة العضوي إما بالطريقة المائية أو الطريقة الجافة. وفي الطريقة الأولى، تُخلط البذور، والأسمدة أو البذور، والأسمدة وغطاء التربة العضوي مع الكمية المحددة من الماء؛ لتشكيل الطين. وبعد خلط مكونات المونة السابقة تمامًا، تُضاف طبقة من غطاء السليولوز الخشبي. ثم بعد ذلك، يُخلط المزيج جيدًا ويُوضع بالتساوي تحت الضغط بمعدلات محددة. وفي الطريقة الأخيرة، تُوضع البذور الجافة والأسمدة باستخدام آلات بذر ميكانيكية، أو آلات زراعة البذور، أو آلات زراعة البذور بالمناظر الطبيعية أو آلات تفتيت التربة وتنعيمها، أو موزعات الأسمدة، أو غيرها من معدات البذر الميكانيكية. وعوضًا عن ذلك، يمكن استخدام أجهزة البذر اليدوية في المناطق التي يتعذر على آلات البذر الميكانيكية الوصول إليها. وتُوزع الأسمدة الجافة، والحجر الجيري الأرضي كل على حدة بمعدلات محددة، وتُحرث إلى العمق المطلوب، ثم تُدمك المناطق البذرية. ويُوزع القش أو التبن أو أي غطاء حيوي آخر بالتساوي على المناطق المزروعة بمعدل ٩٠٠ كجم / هكتار، أو حسبما تُوصي الشركة المصنعة. ويجب تثبيت الغطاء الحيوي بحراثات غطاء حيوي، أو مستحلب

أسفلت (على سبيل المثال: نوع SS-1، أو مستحلب معادل معتمد)، أو خيوط، أو شبكة، أو مواد رابطة، أو لاصقة أخرى معتمدة. ويجب أخذ منع المواد اللاصقة الأسفلتية من وضع علامات على الهياكل والأرصفة والمرافق، ونمو النبات أو تشويهها، وحماية المنحدرات المتدرجة حديثا بالتبن، أو القش في أوقات أخرى غير موسم البذر العادي في الحسبان. ويجب استخدم مواد محددة، ومعدلات استخدام للمناطق المخصصة المقاومة لليرقات. ويجب على المقاول إصلاح جميع الأضرار التي لحقت بالمناطق المصنفة حتى الموافقة النهائية.

- حصائر التحكم في الانجراف، إذ يمكن استخدام الحصائر المصنوعة من الجوت، أو الخشب، أو الألياف الطبيعية الأخرى، أو من مواد تركيبية قابلة للتحلل الضوئي للتحكم في الانجراف. يجب أن يضع المقاول الحصيرة في اتجاه التدفق، ويوزع الحصيرة توزيعًا متساويًا وسلسًا على التربة، ويُحظر تمديدها. كما يجب توضع طبقة من ألياف الخشب مع شبكة في الأعلى، ويُدفن الطرف المتصاعد لكل شريط بحد أدنى ١٥٠ ملم في فتحة رأسية مقطوعة في التربة. ويجب الضغط على التربة بقوة مقابل النسيج أو الطبقة المدمجة. وعند وضع نسيج الجوت فوق العشب، يجب دفن الطرف المتصاعد على الأقل ١٥٠ ملم تحت طبقة العشب السفلى عند فتحات التقاطع. ويجب دفع الدعامات الرأسية لتثبيت الحصيرة، وإبعاد الدعامات بمسافة ١ متر على طول حواف الحصيرة وتترك على بعد ١ متر بالتناوب على طول المركز. وعند الأطراف أو فتحات الفواصل، تُبعد الدعامات عند مراكز ٢٥٠ ملم.
- نظام الألياف المفتولة. يجب أن يوزع المقاول الألياف الزجاجية المفتولة بالتساوي؛ لتشكيل حصيرة عشوائية من الألياف الزجاجية المستمرة بمعدل ٠,١-٠,١٥ كجم/ م^{٢}، وتثبيت الألياف الزجاجية المفتولة عن طريق وضع الأسفلت المستحلب بالتساوي على الألياف الزجاجية بمعدل ١-١,٥ لتر/م^{٢}. ويجب أن تُدفن الأطراف المتصاعدة ٣٠٠ملم؛ لمنع التقويض. ويجب أن يوسع المقاول ويطبق عملية البرم باستخدام بخاخ هوائي بمعدل ٠,٢ م^{٣}/ ثانية من الهواء عند ٠,٥٥-٠,٧ ميجا باسكال، ويضع الأسفلت باستخدام موزع مزود بخراطيم وملحقات رش مناسبة.
- البالات. توضع البالات من طرف إلى طرف عبر مناطق محددة مباشرة بعد تشكيل الخنادق والمنحدرات. ويجب أن يضع المقاول البالات في زوايا قائمة في اتجاه التدفق، والتضمين، والتثبيت بشكل آمن، ويحفر الأحواض في أعلى المنبع من الحواجز. ويجب إزالة بالات التعرية بعد تثبيت المنحدرات والخنادق، ووضع العشب إلى الحد الذي لا يحتمل حدوث تآكل في المستقبل. ويمكن استخدام البالات كغطاء حيوي للتربة، أو التخلص منها على النحو المحدد في القسم الفرعي (٢-٢-٤). وعلاوة على ذلك، يجب أن يعيد المقاول تشكيل الخندق، وملء الأحواض والخنادق، ويتخلص من المواد المتآكلة الزائدة، ويحرص على إضافة التربة السطحية والأسمدة والبذور.
- زراعة العشب. يمكن وضع العشب بعد تحضير سطح الأرض. ويجب تشذيب الجزء العلوي من النمو إلى حوالي ٥٠ ملم وتشكيل وتخصيب المنطقة التي سيتم استقبال كساء الأرض فيها. يتم تقطيع تكسية الأرض بالماكينة إلى شرائح متساوية بعمق ٢٠ ملم على الأقل وملفوفة بنمو علوي إلى الداخل. توضع تكسية الأرض من نهاية مجرى المياه، في غضون ٣٦ ساعة من الحصاد. يجب أن يأخذ المقاول في الاعتبار دفع قطعتين أساسيتين على شكل حرف U متدفقين مع تكسية الأرض في نهاية المنبع لكل شريط وسقي الأرض العشبية جيدًا لمدة ٣ أسابيع بعد زراعتها.
- سياج الطمي. قبل تقليب التربة المنحدرة، يجب تركيب سياج طمي في المواقع، والأبعاد الموضحة في المخططات. يجب أن يزيل المقاول الرواسب عندما تصل التراكمات إلى نصف ارتفاع الأرض لسور الطمي. وتُستبدل أقسام سياج الطمي التي لم تعد تعمل بسبب التلف أو التدهور، دون أن تتحمل الجهة أي تكلفة.
- السواتر الترابية المؤقتة. يجب أن ينشئ المقاول التربة، ويدمكها للأبعاد الموضحة في المخططات، ويصنفها لتصريفها إلى المخرج المحدد.
- فحوصات التعرية. يمكن إجراء فحوصات التعرية، بما في ذلك فحص الصخور والأسلاك وفحص الصخور المرصوفة وفحص الخرسانة في خنادق الطرق؛ لمكافحة التعرية. ويجب إجراء فحوصات التعرية، بما في ذلك تغطية المنطقة المحددة بمواد نسيج المرشح، وفقًا لما يلي:

  - فحص الصخور والأسلاك. بعد حفر الخندق إلى أبعاد محددة، يجب وضع شبكة سلكية في الخندق، ووضع الصخور في تلامس وثيق متقارب على القماش بالتساوي، وتمديد شبكة سلكية فوق الصخور. ويجب تشكيل حصيرة متماسكة، ومحكمة عن طريق ربط الطبقات العلوية والسفلية من الشبكة السلكية، مع أسلاك ربط فولاذية مجلفنة متوافقة مع مواصفات الصناعة. ويجب ردم المساحات المفتوحة بين جدار الخندق، والحصيرة بمواد أعمال حفر الخندق ودمكها. ويجب التخلص من المواد الفائضة خارج حدود خندق الطريق على النحو المحدد في القسم الفرعي (٢-٢-٤).
  - الشبكات الصخرية المرصوفة. يجب استخدام المونة الذي يتكون من جزء واحد من الأسمنت البورتلاندي وثلاثة أجزاء من الركام الناعم من حيث الحجم. ويجب خلط الأسمنت، والركام الناعم بالماء إلى درجة تناسق يمكن تحريكه عندها يدويًا. ويجب حفر الخندق إلى الأبعاد المحددة، وتغطية القاع بحد أدنى ٥٠ مام من المونة. ويجب تنظيف الصخور الملساء والمبللة الموضوعة يدويًا عن طريق تضمين الصخور، وربطها كليًا في المونة. وبعدها يجب تنعيم سطح الصخر المشطب، والمحشو بالمونة المزمع فحصه إلى الخط والدرجة المحددين. ويجب وضع المونة فقط عندما تكون درجة حرارة الغلاف الجوي أعلى من ٢ درجة مئوية، في حين يجب إزالة المونة المجمد واستبداله. وبعد وضع المونة، يجب ردم المسافات بين جدار الخندق، وفحص الصخور المحشوة بالمونة بمواد

أعمال الحفر ودمكها. ويجب التخلص من فائض مواد أعمال حفر الخندق على النحو المبين في القسم الفرعي (٢-٢-٤-٢).

- الفحوصات الخرسانية. بعد حفر الخندق إلى أبعاد محددة، يجب الردم بالخرسانة والتشكيل والدمج. كما يجب تشطيب سطح فحص الخرسانة بشكل موحد، وترك الخرسانة للمعالجة على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٧-٤-٤). ويكون صب الخرسانة عندما تكون درجة الحرارة المحيطة أعلى من ٢ درجة مئوية؛ بينما يجب إزالة الخرسانة المجمدة واستبدالها.

- مصائد الرواسب والأحواض والسدود. يجب تركيب مصائد الرواسب والأحواض والسدود قبل تقليب التربة في منطقة الصرف. ويجب إنشاء سد على النحو المحدد في الجزء (٢-٦)، وإزالة الرواسب عندما تصل التراكمات إلى نصف عمق التخزين.
- حماية المنحدر. يجب أن يشيد المقاول حماية المنحدرات على النحو المحدد في الجزء (٣-٢).
- المصارف المنحدرة المؤقتة. يمكن تركيب مصارف منحدرة مؤقتة حسب الحاجة؛ لمنع التعرية المفرطة للمنحدر. ويجب أن يثبت المقاول أنبوب الصرف على المنحدر، أو يؤمنه باستخدام طبقة من التكسية الحجرية؛ لمنعها من التحرك. كما يجب إنشاء سواتر ترابية مؤقتة؛ لاعتراض الجريان السطحي، وتوجيه الجريان السطحي إلى الصرف المنحدر، ويجب وضع التكسية الحجرية على طرفي الأنبوب لمنع التقشر.

٢-٤-٢-٧ السيطرة على الغبار

يجب أن يعمل المقاول خلال جميع مراحل على اتخاذ الاحتياطات اللازمة؛ لحماية البيئة من التلوث وصحة الإنسان، والقيام بالأعمال التي تقلل الغبار عن طريق رش الماء أو أي طريقة أخرى (على سبيل المثال، البوليمرات / مثبتات التربة وما إلى ذلك) يوافق عليها المهندس.

٢-٤-٢-٨ التخلص من المواد

يجب التخلص من المواد غير المناسبة، أو الفائضة خارج الموقع في مواقع التخلص، على النحو المحدد في القسم الفرعي (٢-٢-٤-٤). ويجب توزيع النفايات، وتشكيلها، ودمكها في موقعها النهائي.

٢-٤-٣ تصنيف حفريات الطريق:

يجب أن يُعد حفر الطريق مبدئيًا بمثابة "حفر غير مصنف"، ويتألف من جميع المواد من أي نوع، التي حُفرت من داخل حدود الإنشاء المعلقة بما في ذلك الطمي، والطين، والرمل، والحصى، والمواد الحبيبية، وجميع المواد المتماسكة، والمكسورة، والمفصولة غير المتماسكة، وصخور ضخمة أو أيا منهما ومواد غير مناسبة.

ومع ذلك، يجب أن يكون تحديد جودة مواد التربة؛ لاستخدامها في هياكل الأعمال الترابية، ولا سيما الجسور الترابية والقاعدة الترابية، وطبقات ما تحت الأساس والأساس. يمكن تصنيف التربة إلى سبع مجموعات بناءً على التحديد المختبري؛ لتوزيع حجم الجزيئات (لكل من AASHTO T88 أو T11 وT27 أو ASTM D1140) وحد السيولة ومؤشر اللدونة (وفقًا لـ AASHTO T89 وT90 على التوالي أو ASTM D4318). يكون التصنيف باستخدام بيانات الاختبار المطلوبة المتاحة وحدود الاختبار الموضحة في الجدول (٢-٣)، وفقًا لـ (AASHTO M145). يُتوصل إلى المجموعة الصحيحة من خلال عملية الإقصاء، وتكون المجموعة الأولى من اليمين التي تناسب بيانات الاختبار هي التصنيف الصحيح.

الجدول (٢–٣) تصنيف التربة وخليط التربة-الركام.

التصنيف العام	المواد الحبيبية (٣٥٪ أو أقل تشكل ٧٥ ميكرومتر)							مواد الطين الطمي (أكثر من ٣٥٪ تشكل ٧٥ ميكرومتر)			
تصنيف المجموعة	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
تحليل المنخل،٪: ٢ملم (رقم ١٠) ٠,٤٢٥ ملم (رقم ٤٠) ٧٥ ميكرومتر (رقم ٢٠٠)	٥٠ كحد أقصى ٣٠ كحد أقصى ١٥ كحد أقصى	- ٥٠ كحد أقصى ٢٥ كحد أقصى	- ٥١ كحد أدنى ١٠ كحد أقصى	- - ٣٥ كحد أقصى	- - ٣٥ كحد أقصى	- - ٣٥ كحد أقصى	- - ٣٥ كحد أقصى	- - ٣٦ كحد أدنى	- - ٣٦ كحد أدنى	- - ٣٦ كحد أدنى	- - ٣٦ كحد أدنى
خصائص كسر تشكل ٠,٤٢٥ ملم: حد السائل مؤشر الليونة		- ٦ كحد أقصى	- NP	٤٠ كحد أقصى ١٠ كحد أقصى	٤١ كحد أدنى ١٠ كحد أقصى	٤٠ كحد أقصى ١١ كحد أدنى	٤١ كحد أدنى ١١ كحد أدنى	٤٠ كحد أقصى ١٠ كحد أقصى	٤١ كحد أدنى ١٠ كحد أقصى	٤٠ كحد أقصى ١١ كحد أدنى	٤١ كحد أدنى ١١ كحد أدنى
الأنواع المعتادة من المواد المكونة الهامة	شظايا الحجر والحصى والرمل		رمل ناعم	الحصى الطيني أو الطين والرمل				التربة الطينية		التربة الطينية	
التقييم العام كقاعدة ترابية	ممتاز إلى جيد							عادل إلى ضعيف			

فيما يلي تعريف المصطلحات المستخدمة في هذا التصنيف:

- الحجر: الجزيئات أو الصخور المتكسرة أو ذات الزوايا الطبيعية، التي تمر من منخل ٧٥ ميكرومتر، ولا تمر من منخل ٢ ملم.
- الحصى: عبارة عن جزيئات مستديرة من الصخور، التي تمر عبر منخل ٧٥ ميكرومتر، ولا تمر من منخل ٢ ملم.
- الرمل الخشن: الرمال التي تمر بالمنخل ٢ملم، ولا تمر من منخل ٠,٤٢٥ ملم.
- الرمل الناعم: الرمال التي تمر عبر منخل ٠,٤٢٥ ملم ولا تمر من منخل ٧٥ ميكرومتر.
- طين الطمي: جزيئات التربة الدقيقة التي تمر عبر منخل ٧٥ ميكرومتر.
- المواد الحبيبية: تحتوي على ٣٥٪ أو أقل، وتمر من المنخل بمقاس ٧٥ ميكرومتر.
- مواد الطين والطمي: تحتوي على أكثر من ٣٥٪، وتمر من منخل ٧٥ ميكرومتر.

تُعرّف مجموعات التصنيف على النحو التالي:

- المجموعة A-1: المادة النموذجية لهذه المجموعة هي خليط جيد التدرج من شظايا الحجر، أو الحصى، والرمل الخشن، والرمل الناعم، وعلى مادة رابطة التربة اللدنة، أو غير اللدنة الضعيفة. وتشمل هذه المجموعة – أيضًا - شظايا حجرية، وحصى، ورمل خشن، ورماد بركاني، وغير ذلك، دون مواد رابطة التربة.
- المجموعة A-3: المادة النموذجية لهذه المجموعة هي رمال الشاطئ الناعمة، أو رمال الصحراء الناعمة الخالية من الطمي، أو الطين الناعم، أو كمية صغيرة للغاية من الطمي غير اللدن. وتشتمل المجموعة كذلك خلطات مترسبة من الرمل فائقة النعومة، وكميات محدودة من الرمال الخشنة والحصى.
- المجموعة A-2: تشمل هذه المجموعة مجموعةً متنوعةً من المواد "الحبيبية" التي تشكل حدًا بين المواد التي تقع في المجموعتين A-1 وA-3 ومواد الطين الطمي للمجموعات A-4 وA-5 وA-6 وA-7 وهي تشمل جميع المواد التي تحتوي على ٣٥٪ أو أقل، التي تمر عبر منخل ٧٥ ميكرومتر، والذي لا يمكن أن يتجاوز حدود هذه المجموعات.
- المجموعة A-4: المادة النموذجية لهذه المجموعة هي تربة طرية غير لدنة أو متوسطة اللدونة، عادة ما تمر بنسبة ٧٥٪ أو أكثر من المنخل بمقاس ٧٥ ميكرومتر. تضم المجموعة أيضًا خلطات من التربة الطينية الناعمة، وما يصل إلى ٦٤٪ من الرمل والحصى التي لا تمر عبر منخل ٧٥ ميكرومتر.
- المجموعة A-5: تتشابه المادة النموذجية لهذه المجموعة مع تلك الموجودة في المجموعة أ-٤، فيما عدا أنها عادةً ما تكون ذات طابع دياتومي، أو صغري، وقد تكون شديدة المرونة على النحو الموضح من حد السائل المرتفع.
- المجموعة A-6 : المادة النموذجية لهذه المجموعة هي تربة طينية لدنة، عادةً ما تمر بنسبة ٧٥٪ أو أكثر من منخل ٧٥ ميكرومتر. وتضم المجموعة - أيضًا - خلطات من التربة الطينية الناعمة وما يصل إلى ٦٤٪ من الرمل والحصى المحتجزة في منخل ٧٥ ميكرومتر. تحتوي مواد هذه المجموعة عادةً على تغيير كبير الحجم بين الحالات الرطبة والجافة.
- المجموعة A-7: تتشابه المادة النموذجية لهذه المجموعة مع تلك الموجودة في المجموعة A-6، باستثناء أنها تحتوي على خصائص حدود السيولة العالية المميزة للمجموعة أ-٥، وقد تكون مرنة بالإضافة إلى كونها عرضة للتغيير بكميات كبيرة.

تُعد المواد التي تقع ضمن المجموعات A-1-a وA-1-b و A-2-4 و A-2-5 و A-2-3 مناسبة كطبقة قاعدة ترابية، عند تصريفها، ودمكها بشكل صحيح تحت رصف متوسط السماكة وحسب التصميم الإنشائي للرصف. وعلاوة على ذلك، يمكن جعل هذه المواد مرضية عن طريق إضافة كميات صغيرة من مواد الربط الطبيعية أو الاصطناعية.

ستتنوع المواد التي تقع ضمن مجموعات "حبيبات الطين" A-2-6 و A-2-7 ومجموعات "الطمي الطيني" A-4 و A-5 و A-6 وA-7 من حيث الجودة كطبقة ترابية سفلية، من المكافئ التقريبي للدرجات الفرعية الجيدة A-2-4 وA-2-5 إلى الدرجات الفرعية العادلة والفقيرة التي تتطلب طبقة من مادة القاعدة أو زيادة سمك القاعدة الترابية؛ لتوفير الدعم الكافي لمستويات المرور.

وتبلغ النسبة المئوية الدنيا الهامة المفترضة التي تمر عبر المنخل ٧٥ ميكرومتر ٣٥ عند إغفال اللدونة، و١٥ عندما تتأثر بمؤشرات اللدونة الأكبر من ١٠. كما يفترض أن حدود السيولة البالغة ٤٠ فأكثر حرجة. وفقًا لذلك، تكون مؤشرات اللدونة ١٠ فما فوقها.

٢-٤-٤ القياس والدفع:

يجب قياس أعمال حفر الطرق للأعمال التي نفذها المهندس فعليًا واعتمدها تقنيًا وفقًا لما يلي:

١- تقاس أعمال حفر الصخور بالمتر المكعب.
٢- تقاس أعمال محافر الاستعارة بالمتر المكعب.
٣- وتقاس تدابير التحكم في الانجراف والرواسب – أي أسوار الطمي – والسواتر الترابية المؤقتة، ومصارف المنحدرات – بالمتر الطولي، أما مصائد الرواسب، والأحواض، والسدود فتُقاس بالعدد.

يُعد الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد المقياس مقابلًا كاملًا عن توفير جميع المواد، والمعدات والعمال، والمصروفات الثانوية اللازمة؛ لإكمال جميع أعمال الحفر على النحو المحدد. ومن الملاحظ أنه في أعمال الحفر الصخرية أو أعمال حفر مناطق الاستعارة، يشمل السعر أعمال نزح المياه كما هو مطلوب. أما الدفع فيكون وفقًا لواحد أو أكثر من البنود الموضحة في الجدول (٢-٤).

الجدول (٢–٤) مدفوعات أعمال الحفر العالية.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٢,٩	حفر الصخور	م^3
٢,١٠	إحلال التربة	م^3
٢,١١	سياج الطمي	م

رقم البند	العنصر	الوحدة
٢,١٢	سواتر ترابية مؤقتة	م
٢,١٣	المصارف المنحدرة	م
٢,١٤	مصائد الرواسب، والأحواض، والسدود	للوحدة

٢-٥ أعمال الحفر والردم لخنادق المرافق العامة:

٢-٥-١ الوصف:

يتكون هذا الجزء الفرعي من أعمال الحفر والردم لمشاريع المرافق العامة داخل طريق جديد، أو طرق قائمة. ويجب أن يكون المقاول مؤهلًا لنقل المرافق المختلفة مثل خطوط إمداد المياه، ومياه التصريف، والكهرباء والاتصالات، ومكوناتها وملحقاتها، بما في ذلك الأعمال اللازمة مثل: طبقات أساس التربة، وحماية الطبقات حول الأنابيب. أو إزالتها أو توسيعها. ويجب أن تُنفذ هذه الأعمال وفقًا للمواصفات المعتمدة من الجهات المعنية (على سبيل المثال، الشركة السعودية للكهرباء أو شركة الاتصالات السعودية أو غير ذلك) تحت إشراف مباشر من مندوبها، وعلى وجه الخصوص، بالنسبة لخطوط المياه والصرف الصحي، يتم تطبيق المواصفات والمخططات الخاصة بشركة المياه الوطنية، كما هو موضح في الرسومات القياسية في الملحق (د).

وفيما يخص الطرق القائمة بالتحديد، يجب النظر في استخدام تقنيات الحفر النفقي لتثبيت منشآت المرافق العامة تحت الارض بدون خنادق بأقل قدر من الحفر – ما امكن ذلك - مما يسمح بإكمال مثل هذا العمل دون حفر خنادق عبر هيكل الرصف. وبالتالي، يمكن تجنب تدهور الرصف والتأثيرات العامة المحتملة، والتأثيرات على المرافق الأخرى الموجودة في الطريق. وهناك العديد من التقنيات المتاحة للحفر بدون خنادق، مثل: الحفر الموجه الأفقي، وبريمة الحفر، وصب المونة الطيني والحفر النفقي، ووضع الأنابيب باستخدام نظام الدفع، ومد الأنابيب بمطرقة حفر والدمك، وإحلال الأنابيب وغيره. ولاختيار الطريقة المناسبة - بناءً على نوع الإنشاء ونوع المرافق، يجب تقييم المعلومات حول طريقة مختلف تقنيات الحفر النفقي، ومعداتها واستخداماتها العملية، ومواصفاتها وتوجيهاتها، بما في ذلك مميزات كل طريقة وقيودها (Wilde, et al., 2002).

٢-٥-٢ المواد:

يجب أن تُستخدم المواد الحبيبية المصنفة على أنها ضمن المجموعات A-1-a و A-1-b ، ما لم يرد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة – لردم جانبي المواسير والعناصر، وحتى عرض الخندق بالكامل، وتشكيل طبقة حماية من الأنابيب وعناصر المرافق. يجب ألا يزيد الحجم الأقصى لمادة التعبئة عن ١٩ ملم لحماية أنابيب مياه التصريف، ويمكن استخدام مواد الردم المطابقة للتدرج المشار إليها في الجدول (٢-٥).

الجدول (٢–٥) تدرج مادة الردم لطبقة الحماية حول أنابيب الصرف.

حجم المنخل (ملم)	نسبة المرور بالوزن (٪)
١٩	١٠٠
٩,٥	١٠٠-٨٥
٤,٧٥	١٠٠-٧٠
١,١٨	٦٥-٢٠
٠,٦	٤٥-٠

حجم المنخل (ملم)	نسبة المرور بالوزن (٪)
٠,١٥	١٠-٠
٠,٠٧٥	٥-٠

يجب ألا تحتوي المواد المستخدمة في الردم حول الأنابيب على مواد عضوية، أو أملاح تؤثر بشكل ضار على الأنابيب، أو فواصلها، مثل الكبريتات والكلوريد بنسبة تزيد عن ١٪ من حيث الوزن. كما يجب ألا تحتوي المواد على أي مواد طينية يزيد مؤشر اللدونة فيها عن ٦٪.

ويجب ألا تقل مادة الحشو التي سيتم استخدامها فوق طبقة الحماية عن المجموعة أ-٢-٤ وألا يزيد معامل اللدونة عن ١٠٪.

٢-٥-٣ أساليب الإنشاء:

٢-٥-٣-١ حفر الخندق:

٢-٥-٣-١-١ عام:

قبل البدء في تنفيذ الأعمال، يجب أن يحصل المقاول على رخصة الحفر من الجهات المختصة، ويقدم خطة العمل، والجدول الزمني، والتفاصيل والموافقات للمهندس؛ لاعتمادها.

وبناءً على نتائج أعمال الفحص والمسح، يجب أن يحدد المقاول موقع جميع المنشآت والعوائق، والمرافق الموجودة داخل منطقة العمل، ويحدد مسارات الحفر بعلامات الطلاء أو الدعامات. وقبل الشروع في أعمال الحفر؛ ينبغي الانتهاء من أعمال التحكم المروري، والحواجز والإشارات، وأضواء التحذير، واللافتات ذات الحواجز والممرات والمسارات المرورية.

وتبدأ أعمال الحفر للمرافق بعد الانتهاء من أعمال الحفر للطريق وعناصره، ما لم تنص المواصفات الخاصة على خلاف ذلك. ومن الملاحظ أنه عندما يكون المستوى المحدد لخطوط المرافق العامة أسفل الطريق، ومستوى حفر عناصره، تُحسب كميات حفر المرافق بدءًا من قاع حفر الطريق. بينما تُجرى أعمال الحفر للمرافق، وتمديد الخطوط وملحقاتها ومكوناتها، وتُستكمل قبل أعمال الجسر الترابي. وتُنفذ أعمال الردم وفقًا للمواصفات الموضحة في القسم الفرعي (٢-٥-٣-٢).

بالنسبة للطرق القائمة، يجب تقطيع الأسفلت على مرحلتين:

أولًا: يُقطع الأسفلت وفقًا لعرض الحفر المحدد، ويكون مستقيمًا ورأسيًا على سطح الطريق، حتى يصل إلى مادة التربة، بعد ذلك، يتم كشط وإزالة طبقات الرصف أو أيًا منهما. بعد إعداد أساسات المرافق العامة واستكمالها، وتركيب الأنابيب، واستكمال غرف التفتيش والعناصر الأخرى المتعلقة بالمرافق العامة، ووضع الطبقة الواقية حول الأنابيب، والردم، كما هو موضح في الجزء الفرعي (٢-٥-٣-٢)، وقبل إعادة إنشاء القاعدة الترابية، والأساس/ طبقة ما تحت الأساس، والأسفلت، يُقطع لإطالة العرض إلى ما بعد حدود القطع السابقة. ويكون عرض القطع الجديد أكبر بمقدار ١٥٠ملم من كل جانب من جوانب حفر الخندق، أو السماكة الكلية لطبقات الرصف الحالية، يُنظر في أيهما أكبر. غير غافلين عن أنه يجب زيادة هذا العرض بشكل أكبر، عند وجود طبقات رصف داخل منطقة القطع تظهر تشوهات موضعية أو تشققات؛ يجب ألا يقل طول القطع في هذه المناطق عن ٥ أمتار.

وإذا كان عرض الحفر أكبر من نصف عرض المسار، وأقل من العرض الكلي للمسار الكامل، في المرحلة الثانية، يجب إزالة جميع طبقات الأسفلت بعرض كامل للمسار وإعادة انشائها.

يجب إجراء الحفر باستخدام معدات مناسبة، مثل: حفارات الخنادق الخاصة، أو أي معدات أخرى تتوافق مع حالة التربة والموقع، وأعماق الحفر التي يقترحها المقاول ويعتمدها المهندس. وعند إجراء الحفر في تربة صخرية، يجب الانتهاء منه وفقًا لطريقة حفر مناسبة يوافق عليها المهندس. وعندما يكون التفجير مطلوبًا، ينبغي الحصول على جميع الموافقات، واتخاذ جميع ترتيبات الأمن والسلامة كما هو موضح في القسم الفرعي (٢-٥-٣-٢).

وحينها ستُنقل المواد المستخرجة باستخدام شاحنات ذات صناديق معدنية، مع مراعاة حماية طبقات الأسفلت من تأثير سلاسل معدات الحفر، وذلك بتغطيتها بقطع مطاطية، أو بوضع طبقات مطاطية تحتها. مع التنبيه ألا تقترب المعدات والشاحنات من جوانب الحفر، وتكون عجلات وسلاسل المعدات على مسافة لا تقل عن متر واحد من الطرف العلوي للحفر.

ويجب أن يستمر الحفر حتى المستويات والأعماق الموضحة بالرسومات، ويجب أن تكون كافية لتركيب المرافق وأساسات التربة الخاصة بها، ويجب أن توفر الحد الأدنى من سماكة طبقة الحماية تحت الرصف المنصوص عليها في مواصفات المرافق. على وجه الخصوص، يستمر الحفر حتى عمق لا يقل عن ١٥٠ ملم تحت المستوى السفلي للأنبوب عند طرفي الأنبوب، بحيث يتم تثبيت طبقة الأساس المطلوبة للأنبوب، كما هو موضح في القسم الفرعي (٢-٥-٣-٢). ويجب تحديد أبعاد العرض السفلي للحفر بناءً على متطلبات

المواصفات المعتمدة من هيئة المرافق، وألا تقل عن المسافة المطلوبة لتركيب الأنابيب وتنفيذ جميع الأعمال المطلوبة باستخدام الآلات والمعدات المعتمدة.

يجب أن يكون العرض السفلي للحفر أقل من القطر الخارجي للأنبوب بالإضافة إلى ٦٠٠ ملم من كل جانب، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة. ويجب تسوية قاع الحفريات وفقًا للمستويات والمنحدرات المعتمدة. وعلى المقاول أن يحافظ على الجزء السفلي من الحفريات نظيفًا، وخاليًا من المواد غير الملائمة السائبة.

ويلزم تحديد أبعاد الحفر - في مناطق غرف التفتيش - بحيث يمكن تثبيت عناصر غرفة التفتيش مسبقة الصب، أو الشكل المطلوب لصب الخرسانة الأسمنتية في مكانها.

وفي الطرق الحالية أو عند التقاطعات، ينبغي أن يراعي المقاول تنفيذ أعمال التركيب والردم في أقصر وقت ممكن، بما لا يتجاوز المسافة التي يمكن تركيب المرافق العامة فيها خلال يوم عمل واحد أو ١٥٠ مترًا، بالنظر في أيهما أكبر، وتنفيذ الجسور المؤقتة التي تسمح باستمرار المرور، والمشاة إذا كانت ظروف الموقع لا تسمح بتنظيم حركة المرور أو حركة المشاة على جزء من عرض الطريق.

ولا بد من الحذر من أن تؤدي حركة معدات العمل أو حركة المرور العامة إلى الإخلال باستقرار جوانب الخندق، والمنشآت والمباني والمرافق المجاورة، ولو حصل ذلك، فإن المقاول يتحمل مسؤولية أي ضرر أو تأثير يلحق بهذه العناصر ويكون ناشئًا عن هذه الأعمال

٢-٥-٣-١-٢ تدعيم جوانب الحفر:

عند الحاجة، تدعم جوانب الخندق باستخدام الطرق المناسبة التي يوافق عليها المهندس المشرف. وبالنسبة لعمق الحفر الذي يقل عن ١,٢ متر، قد لا تكون هناك حاجة إلى دعم المساند للأرض التي وجد أنها ذاتية الدعم. أما إذا كان من المحتمل وجود أحمال خارجية، أو كان هناك شك بشأن استقرار جوانب الخندق بسبب وجود أرضية ضعيفة أو ارتفاع المياه الجوفية - خاصة في الطقس العاصف - فيجب دعم جوانب الخندق حتى في حالة الحفر العمق أقل من ١,٢ متر، ولا يُسمح بتاتًا للموظفين بحفر خندق أعمق من ١,٢ متر دون دعم.

ويجب إنشاء دعامة خالصة لأكوام الألواح أو دعامة خالصة للألواح الخشبية، بحيث تُدعم جوانب الخندق في جميع الأوقات عندما تكون حالة الأرض سيئة. وذلك حتى الوصول إلى عمق الحفر الكامل، وتركّب الصفائح والحفر، وتُدخل المسامير والدعامات جميعها على مراحل.

ويُفضّل تركيب الدعامات قبل حفر العمق الكامل، حيثما تسمح التربة وطبقات التغطية بذلك. ويجعل استخدام الستائر المعدنية بدلًا من ألواح الخشب من الممكن الوصول إلى العمق الكامل قبل الحفر في معظم الأرض، وإلى أعماق أكبر.

ويُعد هذا مفيدًا عند إنشاء الخندق على تربة سيئة، وعدم توافر العديد من خدمات التقاطعات. وبالنسبة للتدعيم بالألواح الخشبية؛ يجب تمديدها لأقصى قدر ممكن على سطح الحفر المكشوف المحيط بالخدمات القائمة عند كل عبور لخط الخندق. ولإنجاز أعمال التدعيم بشكل مثالي، يجب أن تبرز إطارات التدعيم فوق مستوى الأرض إذا لم تكن تلك الأرض مستخدمة لعبور المشاة أو حركة المرور.

وقد يكون من الضروري إزالة الدعامات، وذلك عند الحد الأدنى عمليًّا وحسب، للسماح بإنزال الأنابيب أو المعدات أو دمك الردم. كما يجب تدعيم الأرض تدعيمًا كافيًا في جميع الأوقات أثناء عمل العمال في الخندق.

٢-٥-٣-١-٣ الصرف:

بصرف النظر عن مدى عمق الحفر، تُنفذ إجراءات التصريف على النحو الواجب لمنع تسريب جريان المياه السطحي من اختراق الأعمال. وتتسم هذه التدابير بأهمية خاصة؛ لضمان استقرار أي منحدر اصطناعي، أو منحدر طبيعي يقع تحت أعمال الحفر النفقي وبالقرب منها وكذلك عندما يكون الخندق مفتوحا خلال أي جزء من موسم الأمطار.

وتهدف تدابير تصريف المياه إلى التحكم في تسرب مياه الأمطار المجمعة، والجريان السطحي من الخندق المفتوح إلى المنحدر، مع تقليل جريان المياه من السطح إلى الخندق المفتوح، وكلاهما قد يؤثر سلبًا على استقرار المنحدر.

وللتعامل مع الجريان السطحي، تكون المرتفعات الموضوعة على أحد جانبي الخندق فعالة. أما بالنسبة للخنادق التي يصل عرضها إلى ٢ متر، يجب استخدام القوائم العلوية مع أغطية الخنادق الصلبة المفضلة مثل: أغطية الألياف الزجاجية، أو أغطية الصلب أثناء عدم سير العمل. وبالنسبة للخنادق الأوسع، قد يكون استخدام ألواح التربولين المشمع المثبتة بشكل صحيح لمقاومة الرياح القوية أكثر جدوى. مع أهمية ردم أي فراغات بين السطح المحفور، والدعامات بمونة الأسمنت لضمان عدم وصول المياه.

ويمكن تطبيق تدابير نزح المياه عند مواجهة منسوب مياه جوفي مرتفع. قد يؤدي نزح المياه إلى خفض المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بالحفر، مما سيزيد من الإجهاد الفعال للتربة، ويسهم ذلك في استقرار الأرض. ويجب تقييم الآثار السلبية المحتملة لنزح المياه في حالات المخاوف الشديدة بشأن الآثار السلبية على الاستقرار الأرضي بالقرب من أعمال الحفر المجاورة للمنشآت الحساسة، مثل: المباني القديمة على الأساسات الضحلة، والطرق المزدحمة ونحو ذلك. ولذلك، يقدم المقاول دراسة فنية تعدها شركة متخصصة معتمدة، توضح الطريقة المقترحة لتصريف المياه، ومواصفات المواد، ومواصفات الإنشاء وطريقته.

من الضروري نزح جميع الخنادق التي تكون مفتوحة خلال موسم الأمطار، والواقعة عند قمة المنحدرات، أو على المنحدرات، أو في أماكن تجمع المياه، وذلك بوساطة مضخات صغيرة ذات سعة كافية. ويفضل أن تكون المضخات مبطنة بالخرسانة، مع عدم إهمال توفير مضخات احتياطية كافية للتعامل مع جميع آلات الضخ التي يمكن أن تتعطل.

٢-٥-٣-٢ الردم:

وبعد مرحلة إعداد أساسات المرافق العامة وإكمالها، وتركيب الأنابيب، واستكمال غرف التفتيش، والعناصر الأخرى المتعلقة بالمرافق العامة، يبدأ تنفيذ أعمال الردم بما في ذلك إنشاء الطبقة الواقية حول الأنابيب، ووضع مادة الردم فوق طبقة الحماية.

وتشمل الاستعدادات للمرافق العامة الدمك الوقائي لقاع الحفريات عن طريق حرث طبقة التربة، أو ترطيبها أو تجفيفها، حتى تصل نسبة الرطوبة فيها إلى ما لا يزيد عن ٢٪ أو أقل من محتوى الرطوبة الأمثل. وعندما يصل الحفر إلى عمق أقل من العمق المعتمد، يجب تصحيح المستوى عن طريق الردم بمادة من المجموعة A-1-a أو A-1-b. ويجب تركيب طبقة الأساس لتربة المرافق العامة؛ وفقًا للسماكة المحددة والمواد المطابقة للمواصفات التي يعتمدها صاحب العمل، بحيث يون السطح الناتج أساسًا سليمًا ومستقرًا لتحمل المواسير والأعمال التالية، وفقًا للمستويات والمنحدرات الموضحة في الرسومات ومستندات العقد الأخرى أو أيًا منهما، وتسويته بحيث تكون الأنابيب ممدودة تمامًا في جميع النقاط.

وقبل وضع الطبقة الواقية للمرافق العامة، يجب أن تُزال جميع المواد السائبة، والمخلفات من قاع الحفر. ويجب أن تُحدد سماكة الطبقة الواقية حول الأنابيب وفوقها وفقًا لمواصفات صاحب العمل، وفي جميع الأحوال، يجب ألا تقل هذه السماكة عن القيم المشار إليها في الجدول (٢-٦)، ما لم يرد خلاف ذلك في المواصفات المعتمدة من صاحب العمل.

كما يجب توزيع مواد طبقة حماية الأنابيب بالتساوي على جانبي الأنبوب في طبقات بسماكة محددة وفقًا لمعدات الدمك، بشرط ألا يزيد سمكها عن ١٥٠ ملم، ولا بد أن تكون هذه المواد مبللة مسبقًا حتى تصل إلى محتوى رطوبة لا تزيد عن ٢٪ عن محتوى الرطوبة الأمثل.

يجرى الدمك باستخدام معدات دمك مناسبة لحماية الأنابيب، أو فتحات غرف التفتيش الخاصة بها من التلف، مثل المداحل الصغيرة، أو مداحل الألواح التي يتم تشغيلها يدويًا. ويصلح المقاول أي ضرر يلحق بالأنابيب، أو عناصرها، أو غرف التفتيش، والعناصر الأخرى نتيجة لهذا العمل دون أي تكلفة.

الجدول (٢–٦) الحد الأدنى لسماكة طبقة الحماية.

قطر الأنبوب (ملم)	السمك الأدنى لطبقة الحماية (ملم)
على الأكثر ٥٠	١٥٠
أكبر من ٥٠	٣٠٠
أنابيب الطين المزجج	٦٠٠

يجب أن تبدأ أعمال الردم حول المنشآت الخرسانية (على سبيل المثال: فحص غرف التفتيش، والأساسات، وغير ذلك)؛ عندما تصل الخرسانة المصبوبة في المكان إلى أكثر من ٨٠٪ من المقاومة المشار إليها في وثائق العقد. وبالتالي، فإن هذه العناصر قادرة على مقاومة الأحمال، والقوى الناشئة عن توزيع مواد الردم ودمكها، وحركات الآلات والمعدات.

كما يجب أن يستخدم المقاول آلات ومعدات قادرة على تنفيذ أعمال الردم؛ حسب المواصفات، وبهدف تحقيق درجة الدمك المطلوبة لكامل عمق الطبقة المدموكة. وعند الضرورة يمكن تعديل سماكة الطبقة؛ للتكيف مع جهد الضغط المستخدم؛ لتحقيق درجة الضغط المطلوبة، مع مراعاة ضرورة ألا تُلحق المعدات، وطريقة الإنشاء أي ضرر للمرافق العامة أو عناصرها. يجب أن ويُصلح المقاول أي ضرر يلحق بالأنابيب، أو عناصرها، أو غرف التفتيش؛ نتيجة لهذا العمل دون أي تكلفة.

كما يجب وضع أي طبقة ردم جديدة فقط بعد الانتهاء من اختبارات الدمك، وموافقة المهندس. ومن المفترض أن تستمر أعمال الردم حتى مستوى القاعدة الترابية، أو طبقات الرصف، أو الجزر، أو مستوى الأرض الطبيعي، ويضع شرائط تحذير على كل طبقة ردم؛ لمنع حدوث أي ضرر لها أثناء الإنشاء.

وقبل البدء في إعادة إنشاء الرصف في مناطق الخنادق، يجب إكمال جميع أعمال تركيب المرافق، وعناصرها، وأعمال الردم، واعتمادها من المهندس. وبعد أن يتلقى المقاول الموافقة على بدء تنفيذ طبقات رصف الطريق، يتم قطع الرصف، كما هو موضح في القسم الفرعي (٢-٥-٣-١)، وإزالة المواد غير الأسفلتية الموجودة والقديمة حتى مستوى القاعدة الترابية. ثم بعد ذلك، تُستبدل بمواد جديدة تتوافق مع المواصفات الخاصة بكل طبقة (طبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس والقاعدة الترابية). كما يمكن السماح بإعادة

استخدام المواد القديمة؛ بشرط أن يتحقق المقاول من مطابقتها لمتطلبات الجودة المنصوص عليها في المواصفات المعتمدة، بناءً على نتائج الاختبار المنقولة على عينات تمثيلية لهذه المواد.

أما طبقات القاعدة الترابية والطبقات الجديدة فتُبنى طبقاً للأبعاد والمنحدرات، والمستويات ومواصفات المواد الموضحة في الجزء (٢-٧)، وهذا ينطبق أيضًا على القاعدة الترابية، والمبينة في الأجزاء (٤-٢) و(٤-٣)، لطبقات ما تحت الأساس والأساس، على التوالي، ما لم يوجه المهندس بخلاف ذلك. وتشكل طبقات الأساس وما تحت الأساس والقاعدة الترابية طبقات سليمة، وقوية، ومرتبطة بالطبقات الحالية المقابلة، ولا ينبغي أن يظهر أي فصل بينها.

إذ يُفترض أن يتكون طلاء التأسيس والطلاء اللاصق من مواد تتوافق مع متطلبات الإنشاء المنصوص عليها في الجزء (٥-٣).

ويجب أن تفي المواد التي ستستخدم في طبقات الأسفلت بالمتطلبات المنصوص عليها في الباب (٥)، ما لم يرد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة. تُعالج الفواصل الطولية، والعرضية بين الطبقة الأسفلتية القديمة والجديدة بتنظيف أوجه القطع من الأسفلت القديم، وتصحيح أوجه القطع، بحيث تصبح مستقيمة ورأسية؛ باستخدام معدات مناسبة. وبعدها تُرش أسطح القطع بالأسفلت السائل قبل وضع طبقات الخرسانة الأسفلتية، ويجب التحكم في كمية المواد لخليط الأسفلت الجديد للوصول إلى سماكة مناسبة وينتج عنه سطح طريق أملس.

٢-٥-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد للاستخدام في أعمال الردم معمليًا؛ عن طريق إجراء اختبار التصنيف، والذي يتضمن اختبارات التدرج وحد السائل واختبار مؤشر اللدونة، واختبار بروكتور المعدل؛ لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى. ويجب اختبار المواد وفقًا لـ AASHTO M145 والمعايير ذات الصلة، وهي (AASHTO T88) أو (AASHTO T11) و(T27) أو (ASTM D1140) أو (AASHTO T89) أو (AASHTO T89)، (AASHTO T90) (أو ASTM D4318) أو (AASHTO T180) (أو ASTM D1557) على التوالي. كما يجب إجراء جميع هذه الاختبارات لضبط الجودة أثناء تنفيذ العمل.

وفي الحقل، يجب اختبار محتوى الرطوبة، ودمك مواد الحشو؛ للتأكد من تحقيق درجة الدمك والدمج الكافية.

أما طبقة الأساس، فيجب ألا يختلف محتوى رطوبة التربة أثناء الدمك عن محتوى الرطوبة الأمثل بأكثر من ± ٢٪، ويستمر الدمك في كل أعمال الطبقات؛ حتى لا تقل نسبة الكثافة الحقلية إلى أقصى كثافة جافة، تُحدد باستخدام اختبار بروكتور المعدل عن ٩٠٪. لذا، فإن طبقة الحماية ونواتج رفع الردم لا يختلف فيها محتوى رطوبة التربة أثناء الدمك عن محتوى الرطوبة الأمثل بأكثر من ٢٪، ويجب دمك كل نواتج رفع؛ لتحقيق كثافة حقلية أكبر من ٩٥٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة المحددة باستخدام اختبار بروكتور المعدل. يجب أن يُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة بوساطة طريقة المخروط الرملي؛ وفقًا للمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، أو بطريقة البالون المطاطي وفقًا للمواصفة ASTM D2167، أو عن طريق طرق الاختبار غير الإتلافية AASHTO T310 (أو ASTM D6938) وASTM D7830. تُستخدم طرق الاختبار غير الإتلافية الأخيرة؛ لتحديد كثافة التربة ورطوبتها، وركام التربة باستخدام مقياس نووي، ومقياس كثافة كهرومغناطيسية. ويجب ألا يقل الحد الأدنى لعدد القراءات عند استخدام طريقة نووية أو غير نووية في كل موقع عن ٤ قراءات في كل منطقة، ويُعد متوسط هذه القراءات الأربع الكثافة الحقلية لذلك الموقع.

٢-٥-٥ معايير القبول:

٢-٥-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجمع ويوثق ويحلل النتائج للتأكد من أن المواد الخام في المصدر والمواد أثناء تنفيذ العمل، والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٢-٧) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماح بها. المقاول يجب أن يقدم نسخًا من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

الجدول (٢–٧) متطلبات ضبط الجودة للأعمال في المرافق العامة.

المواد	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
أعمال الحفر	قياسات	بالموقع	كل ٢٥ م	قياسات المسح للأبعاد والمستويات	
أعمال المرافق العامة	جميع متطلبات ضبط الجودة المعتمدة من صاحب العمل	في الموقع وقبل الردم	حسب مواصفات صاحب العمل أو هذه المواصفات الأكثر صرامة	حسب ما هو مبين في المواصفات الخاصة بالمرافق العامة	القيم التي وافق عليها صاحب العمل
مواد الردم وطبقات التصفية	تصنيفات التربة	من المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة بموافقة كل مصدر، عند إعداد صيغة المزيج الوظيفي وعند ملاحظة التغيير في خصائص المزيج المنتج أو الأعمال المنفذة. وخمسة اختبارات على عينات مختلفة في الوقت المناسب منفصلة لكل ٠,٠٠٥ م^3 من كل مصدر أثناء الإنجاز.	AASHTO M145	الجزء الفرعي (٢-٥-٢)
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T180 ASTM D4254	الجزء الفرعي (٢-٥-٤)
أعمال الفرش والردم	كثافة المجال	بالموقع	اختبار واحد لكل ١٥٠ مترًا أو لكل إنتاج يومي من كل طبقة، بالنظر لأيهما أقل، واختبارًا واحدًا على كل جانب من غرف التفتيش	AASHTO T310 ASTM D6938 ASTM D7830	الجزء الفرعي (٢-٥-٤)
إعادة إنشاء القاعدة الترابية وطبقات الرصف	جميع اختبارات ضبط الجودة للأعمال ذات الصلة		عدد العينات والقياسات المشار إليها في الأقسام والبنود ذات الصلة مع الأخذ في الاعتبار أن دفعة ضبط الجودة تساوي ١٥٠ م	طرق القياس والاختبار الموضحة في الأجزاء (٢-٧) و(٤-٢) و(٤-٣) و(٥-٥)	الأجزاء والبنود المعنية

٢-٥-٥-٢ ضمان الجودة

ستُجري الوزارة أنشطةً تتضمن أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد أن جودة المواد، والقاعدة الترابية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تكلف المقاول، تحت إشرافه المباشر، بإجراء بعض اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأجزاء السابقة أو جميعها، وتقرر ما إن كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتُجري الوزارة هذه الأنشطة عشوائيًا.

٢-٥-٦ القياس والدفع:

يجب أن تُقاس أعمال الحفر النفقي والردم، والقاعدة الترابية وطبقات الركام وطبقات الأسفلت؛ وفقًا للأجزاء ذات الصلة بالمواصفات العامة والاشتراطات الفنية الواردة بكود الطرق السعودي، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة. وتُجرى قياسات أعمال المرافق العامة؛ وفقًا للمواصفات الخاصة، أو وفقًا لما يعتمده صاحب العمل.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر القياس الوارد في العقد تعويضًا كاملًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال الحفر والردم وإنشاء الرصف على النحو المُحدد. ويتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٢-٨).

الجدول (٢–٨) بنود الدفع لأعمال الحفر والردم والأعمال التكميلية.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,١٥	أعمال حفر الخندق	م^3
٢,١٦	أعمال ردم الخندق	م^3
٢,١٧	طبقة القاعدة الترابية	م^3
٢,١٨	طبقة ما تحت الأساس	م^3
٢,١٩	طبقة الأساس الركامية	م^3
٢,٢٠	الطلاء الأولي	م^2
٢,٢١	الخرسانة الأسفلتية	م^3

٢-٦ الجسور الترابية:

٢-٦-١ الوصف:

يصف هذا الجزء إنشاء الجسور الترابية، بما في ذلك إعداد الأساس لها، ووضع المواد المعتمدة داخل المنطقة المبنية ودمكها، بعد إزالة المواد غير المناسبة، وكل ذلك وفقًا للحدود والأبعاد والسماكة، والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية الموضحة في الرسومات ووثائق العقد الأخرى.

٢-٦-٢ المواد:

يجب أن تكون المواد المستخدمة في إنشاء الجسر الترابي قادرة على تشكيل جسر طريق مستقر، ومتوازن ضمن الأبعاد والمنحدرات الجانبية المعتمدة.

ويمكن أن تكون المواد المستخدمة هي المواد المستخرجة ضمن حدود المشروع أو المواد المستعارة، ويجب أن تفي بالمتطلبات المنصوص عليها، ويجب أن تتضمن اختبار مواد الجسر التصنيف وفقًا لمواصفة AASHTO M145، وطريقة اختبار بروكتور؛ لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى رطوبة مثالي؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T180 أو (ASTM D1557)، أو الكثافة النسبية وفقًا لمواصفة ASTM D4254 للمواد غير المتماسكة (مثل الكثبان الرملية)، واختبار نسبة تحمل كالفورنيا وفقًا لمواصفة AASHTO T193 (أو ASTM D1883). يشار إلى عدد الاختبارات المطلوبة في الجدول (٢-١٢).

يمكن تصنيف المواد غير المناسبة للجسر على هذا النحو:

- المواد التي لا يمكن توزيعها ودمكها في طبقات إلى الكثافة المطلوبة بغض النظر عن تصنيفها.
- يجب استخدام مواد رصف الأسفلت المُعاد تدويرها من كشط طبقات الرصف القديمة في المناطق المخصصة للزراعة، أو الردم فوق المرافق العامة، أو بجانب المنشآت.
- يجب استخدام المواد المتأثرة بالمياه التي تحتوي على نسبة عالية من الكبريتات، أو الكلوريدات التي تزيد عن ٠,٥٪ من وزن التربة، وفقًا للمواصفات T290 وAASHTO T291، كمواد ردم للمنشآت الخرسانية.
- المواد المصنفة بوصفها A6 أو A7 لكل AASHTO M145.
- تربة السبخة أو التربة الانتفاخية.

يجب أن يشتبه في أن التربة التي تلبي ما يلي هي تربة سبخة (SBCNC, 2007):

١- لينة جدًا، مع قيم اختبار الاختراق القياسية في النطاق من ٠ إلى ٨، وتُحدّد وفقًا لـ ASTM D1586 (أو AASHTO T206).
٢- أملاح مترسبة بأحجام وأشكال وتركيبات مختلفة داخل الرواسب.
٣- نسبة عالية من الملح القابل للذوبان.
٤- تظهر التربة اختلافات كبيرة في تركيبتها الكيميائية.
٥- تُظهر التربة درجة عالية من التباين في رواسبها في كل من المدى الرأسي والجانبي ضمن مسافة قصيرة إلى حد كبير.
٦- عند ترطيب التربة تصبح غير سالكة.

أيضًا، يجب أن تعتبر التربة التي تلبي جميع المتطلبات الأربعة التالية موسعة. يجب عدم الامتثال للبنود ١ و٢ و٣ في حالة تم إجراء الاختبار المنصوص عليه في البند ٤ (SBCNC, 2007):

١- مؤشر اللدونة ١٥ أو أكثر، محدد وفقًا لـ ASTM D4318 (أو AASHTO T90).
٢- يمر أكثر من ١٠ في المائة من جزيئات التربة بمنخل ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)، حُدّدته وفقًا لـ ASTM D6913 ولـ ASTM D7928.
٣- أكثر من ١٠ في المائة من جزيئات التربة يقل حجمها عن ٥ ميكرومتر، وتُحدّد وفقًا لـ ASTM D6913 ولـ ASTM D7928.
٤- مؤشر التمدد أكبر من ٢٠، محددًا وفقًا لمعيار لـ ASTM D4829 .

يجب معالجة المواد غير الملائمة المذكورة أعلاه إلى العمق المطلوب باستخدام طريقة أو أكثر من الطرق التالية (MoMRAH, 2005)، على النحو المحدد من قبل جهة متخصصة:

١- خلط المواد غير المناسبة بمواد عالية الجودة لتحسين خصائصها.
٢- إزالة المواد غير المناسبة واستبدالها بمواد مناسبة (راجع القسم الفرعي ٢-٦-٢-١).
٣- استخدام المواد الصخرية (راجع القسم الفرعي ٢-٦-٢-٢).
٤- جرف الأرض حتى العمق المناسب والمثبت بالجير أو الأسمنت (راجع القسم الفرعي ٢-٧-٢-٢ أو ٢-٧-٢-٣، وفقًا لذلك).
٥- استخدام مواد التكسية الأرضية (راجع القسم الفرعي ٢-٦-٢-٤).
٦- استخدم جسر التكلفة الإضافية واستنزاف الرمال عندما تسمح الفترة وارتفاع الجسر بذلك.

٢-٦-٢-١ تحمل الأحمال:

يجب أن تتوافق مواد الجسر الحاملة مع ما يلي:

- الحجم الأقصى لا يزيد عن ٨٠ ملم.
- يجب تصنيف المواد في مجموعات A-1 أو A-2-4 أو A-2-5 أو A-3 لمواصفة AASHTO M145.
- يجب أن تكون المواد المستخدمة في إنشاء السدود في المناطق التي غمرتها المياه أو المناطق ذات منسوب المياه الجوفية المرتفعة مواد متينة أو غير بلاستيكية من النوع A-1 أو A-2-4 وفقًا لتصنيف AASHTO M145.
- يجب ان تخضع المواد لنسبة تحمل كالفورنيا للنقع بعد ٤ أيام من النقع بنسبة لا تقل عن ٥٪ عند دمكها إلى ٩٥٪ من أقصى كثافة جافة

٢-٦-٢-٢ ردم الصخور:

يجب أن تتكون المواد المستخدمة في ردم الصخور في الغالب من شظايا صخرية بهذا الحجم بحيث يمكن وضع المادة في طبقات بالسماكة المحددة فيما بعد، بما يتوافق مع المتطلبات التالية:

- الحد الأقصى لحجم الجزيئات: ٣/٢ سمك فضفاض
- مرور ٠,٦ ملم (منخل رقم ٣٠): ٢٥٪ كحد أقصى
- معامل الانتظام 5 :(Cu = D60 / D10) ، الحد الأدنى (حيث، D60: حجم الجسيم الذي يمر عنده ٦٠٪، وD10: حجم الجسيم الذي يمر عنده ١٠٪)

يجب أن تكون مادة الردم المراد دمجها داخل الجسر والتي تم الحصول عليها من الطرف أو حفر المنشآت تحت الأرض أو المحاجر وتكون كثيفة، وصلبة، وسليمة، ومناسبة للتوزيع والدمك. يجب أن تكون القطع الفردية نظيفة وزاوية. تقع على عاتق المقاول مسؤولية استخراج المواد عن طريق الحفر من القطع الصخرية سواء عن طريق التفجير أو بأي طريقة أخرى، بحيث تكون جميع المواد المحفورة ذات حجم مناسب؛ لن يتم دفع ثمن المواد كبيرة الحجم كنفايات، ولكن يجب التخلص منها بطريقة معتمدة دون تعويض إضافي. لاحظ أنه لا يُسمح باستخدام مادة الردم الصخري في الجزء العلوي ٦٠٠ ملم من ردم الجسر أو الهيكل أو ٦٠٠ ملم فوق العبّارات، والمرافق العامة أو تحتها.

يجب أن يسمح التدرج بردم الفجوات بين الصخور الكبيرة بأخرى صغيرة. ولردم سطح الطبقات الصخرية وتسويته، يجب أن تُستخدم تربة مصنفة ضمن المجموعة A-2-4 أو أفضل، ما لم يوجه المهندس، أو يُكتب في وثائق العقد غير ذلك.

٢-٦-٢-٣ الكثبان الرملية:

يمكن تقييم رمال الكثبان الرملية المعالجة بشكل صحيح للاستخدام المحتمل في إنشاء جسر الطرق. تم إثبات أن الأسمنت وغبار فرن القوس الكهربائي والجير والرماد البركاني والجير والبوزولان وغيرها من الإضافات تعزز أداء رمال الكثبان الرملية (Shalabi, et al., 2021) (Al-Homidy, et al., 2017). بناءً على تعليمات من المهندس، يمكن إجراء دراسات معملية و / أو إنشاء شرائط اختبار لتقييم ما إذا كان أداء هذه الخلطات يمكن أن يفي بالمتطلبات لمساعدته في اتخاذ قرار بشأن استخدامها أو عدم استخدامها كمواد إنشاء.

٢-٦-٢-٤ التسليح الصناعي الأرضي:

يمكن استخدام التكسيات الأرضية؛ لتمكين وظيفة تدعيم وتسليح وتثبيت التربة. ويمكن تطبيق هذه المعالجة على أعمال الردم وإنشاء الهياكل الانشائية للرصف التي يتم تنفيذها فوق التربة التي تتراوح نسبة تحمل كالفورنيا فيها ١٪ إلى ٣٪ (مقاومة القص تقريبًا: ٣٠-٩٠ كيلو باسكال).

ويجب أن تفي التكسية الأرضية بمتطلبات الجدول (٢-٩)، لكل AASHTO M288. ومن الملاحظ أن جميع القيم الرقمية بالجدول (٢-٩)، باستثناء خاصية حجم الفتح الظاهري، فهي تمثل الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة في الاتجاه الرئيسي الأضعف. وتمثل قيم حجم الفتح الظاهري الحد الأقصى لمتوسط قيم البكرة.

الجدول (٢–٩) خصائص ومتطلبات التكسية الارضية لتثبيت التربة.

الخصائص	طرق الاختبار	الوحدات	المتطلبات
فئة التكسية الأرضية			الفئة ١ [١] (انظر الجدول ٢-١٠)
السماحية	ASTM D4491	ثانية [-١]	٠,٠٥ [٢]
حجم الفتح الظاهري	ASTM D4751	ملم	٠,٤٣ كحد أقصى لمتوسط قيمة اللفة
استقرار الأشعة فوق البنفسجية (المقاومة المتبقية)	ASTM D4355	%	٥٠٪ بعد ٥٠٠ ساعة من التعرض

ملاحظات:

١ اختيار التكسية الأرضية الافتراضي. يمكن للمهندس تحديد تغطية أرضية من الفئة ٢ أو ٣ من الجدول (٢-١٠) بناءً على واحد أو أكثر من الحالات الموضحة أدناه: ١) إذا وجد المهندس أن فئة التكسية الأرضية تتمتع بقدرة كافية على البقاء بناءً على الخبرة الحقلية، ٢) إذا وجد المهندس أن فئة التكسية الأرضية تتمتع بقدرة كافية على البقاء بناءً على الاختبارات المعملية والفحص البصري لعينة تغطية أرضية تمت إزالتها من جزء اختبار حقلي شيدت في ظل الظروف الحقلية المتوقعة.

٢ القيمة الافتراضية. تكون سماحية التكسية الأرضية أكبر من سماحية التربة ($\Psi_g > \Psi_s$). قد يطلب المهندس أيضًا أن تكون نفاذية التكسية الأرضية أكبر من نفاذية التربة ($k_g > k_s$).

تمثل قيم الخواص في الجدول (٢-٩) القيم الافتراضية لقابلية بقاء واستمرارية التكسية الأرضية في ظل معظم ظروف الإنشاء. وتنص الحاشية (١) من الجدول (٢-٩) على متطلبات تخفيض الحد الأدنى من خصائص التكسية الأرضية لتثبيت التربة حسب الجدول (٢-١٠) وذلك عند توفر معلومات كافية عن قدرة التكسية الأرضية على الصمود ومواصلة العمل جراء الظروف التشغيلية بالموقع. ويمكن للمهندس – أن يحدد خواص مختلفة عن تلك المدرجة في الجدول (٢-٩) على أساس التصميم الهندسي والخبرة.

الجدول (٢–١٠) متطلبات وخصائص مقاومة التكسية الأرضية (الفئة ١ إلى الفئة ٣).

الخصائص	طريقة إجراء الاختبار	الوحدات	فئة التكسية الأرضية (٢،١)					
			فئة ١		فئة ٢		فئة ٣	
			استطالة > ٥٠ % [٣]	استطالة ≤ ٥٠٪ [٣]	استطالة < ٥٠ % [٣]	استطالة ≤ ٥٠٪ [٣]	استطالة > ٥٠ % [٣]	استطالة ≤ ٥٠٪ [٣]
مقاومة النزع	ASTM D4632	N	١,٤٠٠	٩٠٠	١,١٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٥٠٠
مقاومة التماس المخيط (٤)	ASTM D4632	N	١,٢٦٠	٨١٠	٩٩٠	٦٣٠	٧٢٠	٤٥٠
مقاومة القطع	ASTM D4533	N	٥٠٠	٣٥٠	٤٠٠ (٥)	٢٥٠	٣٠٠	١٨٠
مقاومة الثقب	ASTM D6241	N	٢,٧٥٠	١,٩٢٥	٢,٢٠٠	١,٣٧٥	١,٦٥٠	٩٩٠

ملاحظات:

١- تحدد شدة ظروف التثبيت فئة التكسية الأرضية المطلوبة للتطبيق. حُدّدت الفئة ١ لظروف التثبيت الأكثر شدة أو قسوة حيث توجد احتمالية أكبر لتلف التكسية الأرضية، ويُحدّد الفئتين ٢ و٣ للظروف الأقل شدة.

٢- جميع القيم الرقمية تمثل الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة في الاتجاه الأساسي الأضعف.

٣- كما تم قياسه بعد ASTM D4632.

٤- عندما تكون طبقات المخيط مطلوبة.

٥- تبلغ مقاومة تمزق الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة المطلوبة للتغطية الأرضية أحادية الشعيرات المنسوجة ٢٥٠ N.

٢-٦-٢-٥ المواد الأخرى:

الجيوفوم، وهو مصطلح يشير إلى كتل البوليسترين الممتد، هو مادة بديلة للتربة خفيفة الوزن للغاية يمكن أخذها في الاعتبار للحصول على موافقة المهندس واستخدامها في إنشاء الجسور. تشير الدراسات البحثية إلى أن استخدام الجيوفوم في إنشاء السدود يتجنب مشكلة

التسويات المفرطة ويوفر مزايا، منها تقليل الضغط الزائد، وتقليل حجم التسوية النهائية، وتوفير وقت الإنشاء (Stark, et al., 2004).

يجب أن تستوفي مواد الجيوفوم المستخدمة المتطلبات المحددة في ASTM D6817 أو SASO ASTM C578 فيما يتعلق بالأبعاد والكثافة (كما تم اختبارها وفقًا للمواصفة ASTM C303) والخصائص الفيزيائية. يغطي ASTM D7180 بعض الاعتبارات التي يجب تقييمها لاستخدام الجيوفوم ذات كتلة EPS في تصميم مثل هذه المشاريع. تنقسم عملية التصميم الشاملة إلى ثلاث مراحل: أ) التصميم لمنع الاستقرار الخارجي للجسر الترابي، ب) التصميم للاستقرار الداخلي داخل كتلة الجسر الترابي، و ج) تصميم نظام الرصف المناسب للقاعدة الترابية التي توفرها كتل الجيوفوم الأساسية. يمكن العثور على إرشادات التصميم التفصيلية والأمثلة وتفاصيل الإنشاء النموذجية ومخططات التصميم للتصميم الخارجي والداخلي وتصميم الرصف في (Stark, et al., 2004).

البوليمرات، مثل بوليمر الأكريليك أو بوليمر أسيتات الفينيل أو بوليمر بوتادين ستايرين أو غيرها، التي تستوفي متطلبات مواصفة (SASO 3026)، يمكن أخذها في الاعتبار أيضًا للحصول على موافقة المهندس واستخدامها في سدود منحدرات الطريق لتقليل التآكل. تتم إضافة البوليمرات عن طريق الرش وينتج عنها تكوين طبقة داخل التربة تشكل طبقة أو قشرة مقاومة للماء يتراوح سمكها من ١ إلى ٥ سم؛ هذا يتمتع بمقاومة عالية للتآكل ويمكن أن يمنع انهيار الطريق المنحدر. يتم تحديد كمية البوليمر المخفف المطلوبة لملء فراغات التربة حسب نوع التربة.

٢-٦-٢-٦ حماية السطح:

علاوة على ما سبق، يجب أن يتخذ المقاول اتخاذ المتطلبات والترتيبات؛ لحماية الجسر المشيد من التلف الناتج عن مياه الأمطار، أو أي أسباب أخرى. وقبل الانتهاء من الأعمال اليومية، يجب تشكيل سطح الجسر؛ لتصريفه ودمكه في مقطع عرضي موحد، مما يقضي على الشقوق والبقع المنخفضة التي يمكن أن تحتفظ بالمياه. كما يجب إنشاء مصارف مؤقتة؛ لتصريف المياه من الجسر، إذا لزم الأمر. وفقًا لتوجيهات المهندس، يجب تغطية المنحدرات الجانبية لجسور الردم الصخري تمامًا بمادة من المجموعة A-1، A-2-4، ودمكها إلى مستوى دمك محدد.

٢-٦-٣ أساليب الإنشاء:

يشمل إنشاء الجسر الترابي إعداد المناطق التي ستوضع الجسور عليها، ويكون وضع مواد الجسور المعتمدة ودمكها داخل مناطق الطرق لاستبدال المواد غير المناسبة، ووضع مواد الجسر في التجاويف والمنخفضات الأخرى داخل منطقة الطريق ودمكها.

٢-٦-٣-١ إعداد الأساس:

يجب على المقاول قبل البدء في إنشاء الجسر الترابي إجراء الاختبارات المطلوبة؛ للتحقق من ملاءمة التربة المحفورة وقدرتها لاستخدام مادة ردم في الجسر الترابي، بناءً على المتطلبات المحددة في القسم الفرعي (٢-٦-٢-١) وإعداد السطح الذي سيتم إنشاء الجسر عليه وتمهيده. إذا كانت مادة التربة المحفورة غير مناسبة، فيجب معالجتها بالجير أو الأسمنت أو التكسية الأرضية، أو أن يتخلص منها المقاول ويستبدلها بمواد صخرية مناسبة، على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٢-٦-٢).

عندما يكون ارتفاع الجسر الترابي عند مستوى القاعدة الترابية ١,٢ متر أو أقل، يجب إزالة جميع المواد العضوية وغير الصالحة من سطح الأرض الحالي. يجب حرث السطح الذي تم تنظيفه حتى عمق ١٥٠ملم على الأقل، وترطيبه، وتسويته، ودمكه حسب كثافة الجسر المحددة.

أما إذا كان ارتفاع الجسر الترابي أكبر من ١,٢ متر، وجب على المقاول إزالة جميع المواد العضوية من سطح الأرض الحالي قبل إنشاء الجسر الترابي.

ويجب تقييم الطرق الحالية، سواء الأسفلتية أو الخرسانية، قبل إنشاء الجسر، إذا كانت التربة الموجودة أسفل هذه الأسطح تتمتع بقدرة تحمل كافية لتحمل أحمال الإنشاء والمرور، بناءً على المتطلبات المحددة في الجزء الفرعي (٢-٦-٢). وإذا كانت التربة غير مناسبة، فيجب معالجتها بالجير، أو الأسمنت، أو التكسية الأرضية، أو استبدالها بمواد مناسبة أو صخرية. وإذا كانت التربة مناسبة، يجب تحضير السطح الحالي وفقًا لسمك الجسر المطلوب حتى المستوى السفلي للقاعدة الترابية. على وجه التحديد، بالنسبة لارتفاعات الجسور التي تصل إلى ٤٠٠ مم، يجب إزالة السطح الحالي، وحرث المواد المتبقية، وترطيبها، وتسويتها، ودمكها على كثافة الجسر المحددة. وبالنسبة للارتفاعات التي تزيد عن ٤٠٠ ملم، يجب إنشاء الجسر مباشرةً فوق السطح الحالي.

٢-٦-٣-٢ إنشاء جسور الطريق:

يجب أن توضع الجسور الترابية، وتوزع على طبقات منتظمة يقل قياسها عن ٢٥٠ ملم. ويمكن زيادة سماكة الطبقات بعد موافقة المهندس. يجب إجراء عملية الدمك؛ لتحقيق الكثافة المحددة، وبعد ذلك قد يتبعها وضع المصعد التالي. يجب أن يراعي المقاول الحفاظ على محتوى الرطوبة المناسب؛ لتحقيق الكثافة والثبات المطلوبين.

يجب أن يتم الدمك من خلال مداحل نموذجية ذات وزن ونوع مناسب لنوع المادة المستخدمة؛ لتحقيق مستوى الدمك المطلوب. ويجب على المقاول زيادة أو تقليل محتوى الرطوبة في المادة؛ لتحقيق الكثافة المحددة. كما يمكن إجراء دمك الجسر الترابي باستخدام مداحل الدمك الذكي. ويُعرَّف الدمك الذكي على أنه عملية تستخدم مداحل مجهزة بنظام توثيق القياس، الذي يسجل تلقائيًا معلمات الدمك (على سبيل المثال: الموقع المكاني والصلابة ودرجة الحرارة وعدد الاشواط وسعة الاهتزاز والتردد) في الوقت الفعلي أثناء عملية الدمك. تستخدم مداحل الدمك الذكي المزودة بمقاييس تسارع قياسات اهتزاز الأسطوانة لتقييم خصائص المواد الميكانيكية ولضمان تحقيق الدمك والتوحيد الأمثل من خلال المراقبة المستمرة للعمليات، على النحو المنصوص عليه في AASHTO R111.

يجب أن توضع جسور الردم الصخري في طبقات لا تزيد عن ١ متر. ويجب أن تكون سماكة الطبقة القصوى المسموح بها مرتبطة بوزن وحدة الأسطوانة الاهتزازية المستخدمة للضغط كما هو موضح أدناه:

- الوزن الأدنى لكتلة المدحلة على الأسطوانة (٢,٣٠٠ – ٢,٩٠٠ كجم)، يكون سمك الطبقة الأقصى قبل الدمك (٠,٤ متر)
- الوزن الأدنى لكتلة المدحلة على الأسطوانة (٢,٩٠٠ – ٣,٦٠٠ كجم)، يكون سمك الطبقة الأقصى قبل الدمك (٠,٦ متر)
- الوزن الأدنى لكتلة المدحلة على الأسطوانة (٣,٦٠٠ – ٤,٣٠٠ كجم)، يكون سمك الطبقة الأقصى قبل الدمك (٠,٨ متر)
- الوزن الأدنى لكتلة المدحلة على الأسطوانة (٤,٣٠٠ – ٥,٠٠٠ كجم)، يكون سمك الطبقة الأقصى قبل الدمك (١,٠ متر)

يجب وضع مواد الردم الصخري بطريقة يتم فيها توزيع الصخور الكبيرة وتشذيب الأجزاء الناتئة بشكل جيد وملء الفراغات إلى أقصى حد عملي بجزيئات أصغر، وكتل نظيفة ومتجانسة قبل الدمك. يجب إزالة أي صخور بارزة من السطح المستوي واستبدالها بجزيئات أصغر.

يتم تنفيذ عملية دك الردم الصخري الأولي باستخدام الجرافات الثقيلة. اعتمادًا على نوع مادة الردم، يمكن إضافة الماء حسب الطلب والموافقة عليه من قبل المهندس لتحقيق أقصى ضغط. بعد الدمك يجب أن يوافق المهندس على كل طبقة قبل وضع الطبقة التالية.

لضمان الدحرجة المناسب لطبقات ردم الصخور، يجب على المقاول إجراء اختبارات الدحرجة باستخدام المعدات والمواد المتاحة في حضور المهندس لتطوير معايير التحكم في الدحرجة. لإجراء اختبار التحكم في الدحرجة، يجب اتباع الخطوات التالية:

- يجب أن يوضع قسم اختبار ردم الصخور على سطح ثابت معتمد من المهندس باستخدام المادة وسماكة الطبقة المطابقة للمتطلبات المذكورة أعلاه.
- يجب أن يكون قسم الاختبار ذا أبعاد كافية للسماح بإنشاء ما لا يقل عن ٢٠ نقطة تسوية على شبكة مساحتها ٥ أمتار مربعة، وما لا يقل عن ٣ نقاط على أي خط ولا تقل عن ٣ أمتار من حافة الطبقة.
- يجب أن يبدأ الدمك بعد ذلك بثلاثة اشواط على الأقل لأسطوانة اهتزازية، كما هو محدد أعلاه بالنسبة لسمك الطبقة؛ بعد ذلك، يتم إنشاء نقاط التسوية، ويمكن استخدام قطع بأطوال قصيرة من القضبان الفولاذية المطلية المطروقة لتسوية سطح الردم الصخري. يتم أخذ قراءة المستوى عند كل نقطة تسوية أعلى لوح فولاذي مسطح متحرك بحجم ٣٠٠ ملم مربع. سيتيح الثقب الذي تم حفره في وسط اللوحة إجراء فحص بصري للتأكد من أن اللوحة تقع مركزيًا فوق الشريط في كل مرة.
- ثم يتم أخذ المزيد من القراءات عند نقاط التسوية. بعد شوطين إضافيتين للأسطوانة، إذا كان متوسط التسوية أقل من ١٪ من متوسط سماكة الطبقة المدموكة، أو وفقًا لما يحدده المهندس، يتم الانتهاء من اختبار ضغط الصخور.
- إذا كان متوسط التسوية أكثر من ١٪، يلزم وجود تمريرين إضافيين للبكرة ويتم تكرار إجراء التسوية. وإذا كان متوسط التسوية الآن أقل من ١٪، يتم الانتهاء من الاختبار. إذا لم يكن كذلك، يتم تكرار هذه الخطوة.
- سيحدد العدد الإجمالي لممرات المداحل اللازمة للحصول على النتيجة المطلوبة الحد الأدنى لعدد الممرات التي سيتم استخدامها على جسور الردم الصخري. يجب على المقاول بعد ذلك استخدام هذا الإجراء الذي تم التحقق منه (أي المعدات ونمط التدحرج وعدد الاشواط) أثناء إنشاء جسور الردم الصخري. ومع ذلك، يجب ألا يقل عدد الاشواط بأي حال من الأحوال عن ٥.

ولإنشاء الجسور فوق أساسات رطبة أو غير مستقرة، يجب دمك الطبقة الأولى من الردم في طبقات كافية لدعم المعدات. يجب أن يكون الدمك موحدًا عبر المنطقة لإنتاج جسر مضغوط لا يؤدي إلى تشقق معدات السحب المحملة تحت التحميل.

وإضافة لما سبق، يجب دمك الجسور المجاورة للمنشآت دون الدمك المفرط، مع وضع مادة الحشو بجوار الطرف المثني للجسر فقط إلى أسفل الجدار الخلفي حتى توضع المنشأ العلوي في مكانه. ويجب رفع السد بالتساوي على جانبي جدار خرساني أو هيكل صندوقي.

ويجب على المقاول، عند وضع السدود على منحدرات التلال أو على الجسور القائمة مع منحدرات أكثر من ٦: ١، وبشكل مستمر في الروافع السائبة التي تقل عن ٣٠٠ ملم، ويجب أن تكون المساطب قادرة على استيعاب معدات الرص والدمك. ويجب أن يبدأ المقاول جميع عمليات القطع الأفقية عند تقاطع خط الأرض والجانب الرأسي للمقعد السابق، مع التأكيد على أهمية تدرج المنحدرات الحالية؛ لمنع الجسر من الانحناء ضد المنشآت. ويكون الحفر المدمك من الحواف باستخدام مواد الجسر الجديدة.

وعند استخدام مواد التكسية الأرضية، يجب أن يتوافق التعرف على أسطوانة التكسية الأرضية، وتخزينها، ومعالجتها مع ASTM D4873. ويجب تخزين مواد التكسية الأرضية – إن أمكن ذلك - مرتفعة عن الأرض، وتغطيتها؛ لضمان الحماية الكافية من الترسيب (لأن تشبع منتجات لفة التكسية الأرضية يؤدي إلى صعوبات في المناولة)، والأشعة فوق البنفسجية، والمواد الكيميائية غير المرغوب فيها، واللهب، بما في ذلك شرارات اللحام، ودرجات الحرارة التي تزيد عن ٧١ درجة مئوية وأقل من ٠ درجة مئوية، وأي ظروف بيئية أخرى قد تلحق الضرر بقيم الخصائص المادية لأعمال التكسية الأرضية.

أما التكسية الأرضية، فلا بد أن تتم بسلاسة دون طيات أو انثناءات مفرطة في اتجاه حركة الإنشاء، ويجب عدم تركه معرضًا لأشعة الشمس أثناء التركيب لمدة تزيد عن ١٤ يومًا تقويميًا. وأن تكون لفائف التكسية الأرضية المجاورة متداخلة، أو مخيطة، أو متصلة، تظهر متطلبات التداخل في الجدول (٢-١١) حسب AASHTO M288. وعلى المنحنيات، يمكن طي أو قص التكسية الأرضية لتتوافق مع المنحنيات، واستخدام المسامير، أو الدبابيس أو أكوام الحشو أو الصخور لتثبيت التكسية الأرضية في مكانها. وقبل تغطية التكسية الأرضية، يجب فحصها للتأكد من أنها لم تتضرر، ويجب إصلاح مواد التكسية الأرضية التالفة على الفور عن طريق تغطية المنطقة التالفة برقعة تغطية أرضية تمتد بمقدار مساوٍ للتراكب المطلوب خارج المنطقة المتضررة. كما يجب وضع مادة الحشو عن طريق الإغراق النهائي على التكسية الأرضية من حافة التكسية الأرضية أو أي مادة أخرى سبق وضعها. ولا يسمح بمرور معدات الإنشاء مباشرة على التكسية الأرضية؛ كما لا يوصى باستخدام الأسطوانة الاهتزازية مع الطبقات الأولي لمواد التعبئة؛ لتجنب التسبب في أي ضرر للتكسية الأرضية.

الجدول (٢–١١) متطلبات تداخل التكسية الأرضية.

التربة طبقًا لنسبة تحمل كالفورنيا	الحد الأدنى من التداخل (م)
أكبر من ٣	من ٠,٣ إلى ٠,٤٥
من ١ إلى ٣	من ٠,٦ إلى ١
من ٠,٥ إلى ١	١ أو ملحوم
أقل من ٠,٥	ملحوم
جميع أطراف الاسطوانة	١ أو ملحوم

يجب أن يتم الانتهاء من مستوى سطح الجسر الترابي، بحيث لا يتجاوز المستوى المحدد في الرسومات، والمعتمد من المهندس بأكثر من ٢٠ ملم أو أقل من ٤٠ ملم، ويجب أن يتم تعويض أي نقص في مستوى الجسر الترابي في المناطق المعزولة بمواد من مواد الطبقة التالية أثناء تنفيذها.

يجب إنهاء جميع المنحدرات الجانبية للجسر الترابي بدقة كما هو موضح بالرسومات. يجب تسوية الجزء السفلي من المنحدرات الجانبية ليكون متدرجًا ومستديراً لينسجم مع سطح الأرض الطبيعية المجاورة. حسب توجيهات المهندس، يجب تغطية المنحدرات الجانبية لجسور الردم الصخري بالكامل بمادة أ-١، أ-٢-٤، ودمكها إلى مستوى الدمك المحدد.

يجب الانتهاء من منسوب سطح الردم بحيث لا يتجاوز المنسوب المبين في المخططات والمعتمد من قبل المهندس بأكثر من ٢٠ ملم أو أقل من ٤٠ ملم. يتم تعويض أي نقص في منسوب الردم في المناطق المعزولة بمواد من مواد الطبقة التالية أثناء تنفيذه.

يجب أن يتم تشطيب جميع المنحدرات الجانبية للسدود بشكل متقن وفقًا للخطوط وليس أكثر انحدارًا من زوايا المنحدر كما هو موضح في الرسومات. يجب أن يتم تصنيف الجزء السفلي (إصبع القدم) من المنحدرات الجانبية إلى شكل جانبي أملس مستدير جيدًا لينسجم مع التضاريس المجاورة. بناءً على توجيهات المهندس، يجب تغطية المنحدرات الجانبية لسدود الردم الصخري بالكامل بمواد A-1 وA-2-4 وضغطها إلى مستوى الضغط المحدد. في حالة استخدام البوليمرات للتحكم في التآكل، يجب تحديد الظروف الجوية للتطبيق والكميات المناسبة بناءً على (SASO 3026).

في حالة إنشاء سد من مادة EPS-geofoam، يجب أن يكون سطح الطبقة التحتية التي ستوضع كتل EPS عليها مستويًا بدرجة كافية (أي ناعمة) قبل وضع طبقة الكتلة الأولى. علاوة على ذلك، يجب ألا يكون هناك مياه راكدة داخل المنطقة التي يتم فيها وضع

كتل EPS في وقت وضع الكتل. توضع طبقة من الرمل/الحصى بشكل متكرر كدورة تسوية. عند وضع طبقات متعددة من كتل الجيوفوم، يجب وضع الكتل بزوايا قائمة لتجنب المفاصل الرأسية المستمرة وتسليح التشابك. يجب أن يكون هناك طبقتين على الأقل من الكتل المستخدمة. يجب استخدام لوح من اللحاء المجلفن لإنشاء اتصال ميكانيكي بين الكتل لنقل القص. يجب تغطية السطح النهائي لكتل EPS كما هو موضح في رسومات العقد لمنع الإزاحة بسبب الرياح أو الطفو. يجب توخي الحذر أثناء وضع مادة التغطية حتى لا تسبب أي ضرر لكتل EPS. لا يجوز في أي وقت من الأوقات استخدام الحرارة أو اللهب المكشوف بالقرب من كتل EPS بحيث تتسبب في ذوبان أو احتراق EPS

٢-٦-٣-٣ دمك القطاعات التجريبية:

قبل وضع أي مواد، يجب على المقاول إنشاء مقطع تجريبي باستخدام المواد المقترحة، وطريقة الإنشاء، والمعدات. ويجب ألا يقل طول المقطع التجريبي عن ٢٠٠ متر، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. ويمكن الهدف من هذا المقطع التجريبي في تقييم محتوى الرطوبة المناسب للدمك، وتحديد العلاقة بين عدد أشواط معدات الدمك، وكثافة المواد المقترحة.

ويمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة من الناحية الفنية. وإلا، فإن على المقاول استكمال التعديل المناسب لخطة العمل، أو المعدات، وإزالة المقطع التجريبي، أو إعادة انشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي مقاطع تجريبية أخرى عند ملاحظة تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٢-٦-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد للاستخدام في الجسر الترابي معمليًا عن طريق إجراء اختبار التصنيف، والذي يتضمن اختبارات التدرج وحد السائل واختبار مؤشر اللدونة، واختبار بروكتور المعدل؛ لتحديد العلاقة بين الرطوبة، والكثافة القصوى، ونسبة تحمل كالفورنيا. ويجب اختبار المواد وفقًا لمواصفة AASHTO M145، والمواصفات ذات الصلة، وهي AASHTO T88 أو AASHTO T11 وT27 أو ASTM D1140 أو AASHTO T89 أو AASHTO T90 (أو ASTM D4318) وAASHTO T180 (أو ASTM D1557) وAASHTO T193 (أو ASTM D1883)، على التوالي. وتُقاس كثافة مادة التربة غير المتماسكة المفتوحة للتصريف، التي لا يؤدي دمكها إلى تكوين منحنى واضح لعلاقة الرطوبة/ الكثافة، ويتم ذلك عن طريق اختبار الحد الأدنى لكثافة المؤشر، واختبار الثقل النوعي للتربة المتماسكة الخالية من التصريف وفقًا لطريقة الاختبار التي تحددها مواصفة ASTM D4254. كما يجب إجراء جميع هذه الاختبارات لضبط الجودة أثناء تنفيذ العمل. في حالة استخدام التسليح الصناعي الأرضي أو البوليمرات أو الجيوفوم، يجب إجراء مجموعة من الاختبارات قبل الاستخدام لتقييم مدى مطابقتها لمتطلبات المواصفة AASHTO M288 وSASO 3026 وASTM D6817 أو SASO ASTM C578، على التوالي. علاوة على ذلك، في جميع أنحاء بناء كتل الجيوفوم، باستثناء الفحص البصري في الموقع حيث تُسلّم الكتل إلى موقع المشروع، يجب الحصول على عينات لاختبار ضمان الجودة للفحص وقبول الدفعات. يجب أن تتبع إجراءات خطة أخذ العينات والفحص ASTM C390 أو ASTM D7557. يجب أن يعتمد تحديد عدم المطابقة على التفاوتات في قيم الاختبار المنصوص عليها في مواصفات المواد (مثل: ASTM D6817 أو SASO ASTM C578).

وفي العمل الحقلي، يجب اختبار محتوى الرطوبة، ودمك مواد الجسر؛ لضمان تحقيق درجة الدمك والدمج الكافية. يجب ألا يختلف محتوى رطوبة التربة أثناء الدمك عن محتوى الرطوبة الأمثل بأكثر من ± ٢٪. ويجب دمك مواد الطبقات في مناطق الجسور، بخلاف الصخور، بنسبة ٩٥٪ على الأقل من أقصى كثافة، كما هو محدد بمواصفة AASHTO T99 (الطريقة ج). ويجب دمك المواد غير المتماسكة (مثل رمال الكثبان الرملية) أو مواد التصريف الحر إلى ٧٥٪ على الأقل من الكثافة النسبية. وتُحدد الكثافة الموضعية لكل طبقة بواسطة طريقة مخروط الرمل، وفقًا لمعيار AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، باستخدام طريقة البالون المطاطي وفقًا لـ ASTM D2167، أو باستخدام طرق الاختبار غير الإتلافية وفقًا لمعيار AASHTO T310 (أو ASTM D6938) و ASTM D7830. وتستخدم طرق الاختبار غير الإتلافية الأخيرة لتحديد الكثافة والرطوبة الموضعية للتربة وركام التربة باستخدام مقياس نووي ومقياس كثافة كهرومغناطيسية. يجب ألا يقل الحد الأدنى لعدد القراءات عند استخدام طريقة نووية أو غير نووية في كل موقع عن ٤ قراءات في كل منطقة، ويُعد متوسط هذه القراءات الأربع الكثافة الحقلية لذلك الموقع.

ولتقييم مستوى دمك الجسر الذي يتكون من مواد ردم الصخور، يجب تحديد متوسط قيم الاستقرار التفاضلي لعدد كاف من ارتفاعات نقطة الشبكة؛ يتم تطبيق الإجراء الموضح في القسم الفرعي (٢-٦-٣-٢). يجب إجراء إجراء التحقق هذا لكل تغيير في المواد ومرة واحدة على الأقل كل أسبوع خلال المراحل الأولية من الإنشاء حتى يتم إنشاء نمط دمك موثوق. يمكن بعد ذلك تقليل التردد حسب موافقة المهندس. علاوة على ذلك، يوصى بأن يجري المقاول اختبارات تحمل الصفائح وفقًا لمواصفة AASHTO T222 (أو ASTM D1195) لتحديد أفضل معايير التحكم في الدمك (أي الحد الأقصى لنسبة الثانية/ الأولى معامل Ev2/Ev1 والحد الأدنى لمعامل Ev2).

٢-٦-٥ معايير القبول:

٢-٦-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجمع النتائج ويوثقها، ويحللها، للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المستخدمة أثناء تنفيذ العمل، والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٢-١٢) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماح بها. يجب أن يقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

الجدول (٢–١٢) متطلبات ضبط الجودة للجسور الترابية.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
المواد الخام	تصنيفات التربة	المصدَر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	AASHTO M145	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T180 (أو ASTM D4254)	الجزء الفرعي (٢-٦-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T193 (أو ASTM D1883)	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
التسليح الصناعي الأرضي	المقاومة والخصائص الأخرى		مجموعة واحدة من الاختبارات	AASHTO M288	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
البوليمرات والجيوفوم	الخصائص المميزة		شهادة امتثال الشركة المصنعة عند بداية التوريد أو عند تغيير المصدر أو عند ملاحظة تغيير في المواد	SASO 3026 SASO ASTM C578 or ASTM D6817	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
المواد المستخدمة	تصنيفات التربة	بالموقع	اختبار واحد في بداية سحب المواد، ثم اختبار واحد كل أسبوع أو ٥,٠٠٠ م^3 من المواد الموردة أيهما أقل، أو عند ملاحظة تغيير في الأعمال المنفذة أو عند تغيير المصدر.	AASHTO M145	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T180/ ASTM D4254	الجزء الفرعي (٢-٦-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T193 (أو ASTM D1883)	الجزء الفرعي (٢-٦-٢)
طبقة مدموكة	رُطُوبَة		اختبار كل ٢٠٠٠ م^2 أو كل عمل يومي، أيهما أقل	AASHTO ASTM /T310 D6938 ASTM D7830	الجزء الفرعي (٢-٦-٤)
	درجة الدمك			AASHTO T191 / ASTM D1556	الجزء الفرعي (٢-٦-٤)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
				ASTM D2167 AASHTO ASTM /T310 D6938 ASTM D7830	
	مستويات الأعمال وأبعادها		ما لا يقل عن ٥ مقاطع عرضية في كل يوم عمل أو لكل ٢,٠٠٠ م٢، أيهما أقل	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٢-٦-٣)

٢-٦-٥-٢ ضمان الجودة:

ستمارس الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات، والقبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد أن جودة المواد، وطرق الإنشاء، والسدود المشطبة ضمن متطلبات المواصفات، أو تكلف المقاول بإجرائها، تحت إشرافها المباشر، ويبين القسم السابق بعض اختبارات ضبط الجودة أو جميعها، كما تقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه، مع العلم أن هذه الأنشطة ستكون عشوائية.

٢-٦-٦ القياس والدفع:

يجب قياس إنشاء الجسر في موضعه النهائي. وتُقاس كميات الجسور الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب، وتُحسب باستخدام طريقة متوسط المساحة النهائية - مالم تنص المواصفات الخاصة ووثائق العقد على غير ذلك.

ويُعد الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد مقابلًا كاملًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال والمصروفات الثانوية اللازمة؛ لإكمال جميع أعمال الجسور الترابية. ويتم الدفع وفقًا للبنود المبينة في (٢-١٣).

الجدول (٢–١٣) بنود الدفع لإنشاء الحواجز.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,٢٢	جسر ترابي	م٣
٢,٢٣	جيوفوم الجسر الترابي	م٢
٢,٢٤	التكسية الأرضية لتثبيت التربة	م٢
٢,٢٥	البوليمرات لأغراض الانجراف	م٢

٢-٧ إنشاء القاعدة الترابية:

٢-٧-١ الوصف:

تُعرَّف القاعدة الترابية بأنها قاعدة الطريق المعدة لهيكل الرصف، أي أنها أساس طبقات الرصف (الحبيبات أو الأسفلت أو الخرسانة) على النحو الموضح تخطيطيًا في الشكل (٦-١) من الجزء (٦-١) كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف). تتكون هذه الطبقة من مواد التربة المعدة أو المختارة لدعم هيكل الرصف.

ويوضح هذا القسم إنشاء القاعدة الترابية، بما في ذلك وضع مواد التربة المعتمدة ودمكها، ومتى يُحتاج إلى خصائص التربة غير المناسبة أو المحسنة، ووضع خلطات مثبتات التربة، ودمكها، واستخدام التكسية الأرضية؛ كل ذلك ضمن الحدود والأبعاد، والسمك،

والمستويات، والميول، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات ووثائق العقد الأخرى.

٢-٧-٢ المواد:

٢-٧-٢-١ غير المعالجة:

قد تكون المواد المستخدمة في إنشاء القاعدة الترابية هي مواد أعمال الحفر ضمن حدود المشروع، أو مواد التربة الردمية، ويجب أن تفي بالمتطلبات المنصوص عليها في هذه المواصفات. ويجب أن يتضمن اختبار مواد القاعدة الترابية التصنيف وفقًا لمواصفة AASHTO M145، طريقة اختبار بروكتور لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى رطوبة مثالي وفقًا لمواصفة AASHTO T180 (أو ASTM D1557)، وتحديد نسبة تحمل كاليفورنيا في حالة غارقة وفقًا لمواصفة AASHTO T193 (أو ASTM D1883). يشار إلى عدد الاختبارات المطلوبة في الجدول (٢-١٦).

يجب أن تتطابق المواد المستخدمة في تشييد القاعدة الترابية مع ما يلي:

- يجب أن تصنيف المواد في مجموعتي A-1 و A-2-4 لكل AASHTO M145.
- في المناطق ذات منسوب المياه الجوفية المرتفع أو عندما تتكون الطبقات اللاحقة من مواد أسفلتية لاستخدامها، يجب أن تكون من النوع A-1-a أو A-1-b وفقًا لتصنيف AASHTO M145.
- يجب أن يكون للمواد نسبة اختبار تحمل كاليفورنيا عند النقع بعد ٤ أيام من النقع لا تقل عن ٢٥ ٪ عند دمكها بالحد الأقصى للكثافة الجافة (أي ٩٨٪ للطرق شبه السريعة و٩٥٪ للطرق الأخرى).

٢-٧-٢-٢ معالجة الجير:

يعمل الجير الحي والجير المطفأ على تربة الطين، وقد يجعل هذه التربة مناسبة لإنشاء الطرق. وتحتوي الترب المختارة العادية على معادن طينية، وتركيزات كبريتات أقل من ١ ٪ ولها مؤشر لدونة أكثر من أو يساوي ١٠. وفي معظم الحالات، يتسبب الجير في تكتل جزيئات الطين المقسمة إلى أجزاء دقيقة في جزيئات أكثر خشونة؛ مما يحسن خصائص تحمل الحمولة، وبعد ذلك تتصلب التربة المعالجة بالجير بسبب التفاعل الكيميائي.

يجب أن يكون الجير الحي والجير المطفأ عمومًا، سواء كان جيرًا عالي الكالسيوم، أو مدلمت، أو ماغنيسي، المناسب؛ للاستخدام في تثبيت التربة متوافقًا مع المتطلبات المحددة في ASTM C977. على وجه الخصوص، المتطلبات المتعلقة بخصائصها الفيزيائية كما هو موضح أدناه:

- يجب أن يمر الجير الحي كله من منخل ٢٥,٤ مم، وأن يكون ارتفاع درجة حرارته لا يقل عن ٣٠ درجة مئوية في ٢٠ دقيقة؛ ويجب ألا يحتوي الجير الحي لتثبيت التربة على أكثر من ١٠ ٪ من البقايا .
- يجب ألا يحتوي الجير المطفأ على نسبة عدم مرور ٣٪ من منخل ٠,٦ ملم (رقم ٣٠)، ولا تزيد نسبة عدم المرور من منخل ٧٥ ميكرومتر (رقم ٢٠٠) على ٢٥٪.

وعلاوة على ما سبق يجب أن يتوافق الجير الحي، والجير المطفأ المستخدم؛ لتثبيت التربة مع التركيبة الكيميائية التالية:

- أكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم (على أساس غير متطاير، الحد الأدنى ٪): ٩٠
- ثاني أكسيد الكربون (مأخوذ عند نقطة التصنيع، بحد أقصى ٪): ٥
- الرطوبة الحرة (مأخوذة عند نقطة التصنيع، بحد أقصى ٪): ٢

ولتقييم إمكانية تثبيت التربة بالجير، لتحديد الحد الأدنى من كمية الجير المطلوبة للقوة والمتانة الطويلة الأجل، وخصائص التربة المستقرة الأخرى المراد توافرها، يجب تنفيذ تصميم المزيج وإجراءات الاختبار، كما هو موضح أدناه (NLA, 2006):

١- تقييم خصائص التربة الرئيسية، أي النسبة المئوية التي تمر من منخل ٧٥ ميكرومتر وفقًا لمواصفة ASTM C136 ومؤشر لدونة التربة وفقًا لمواصفة ASTM D4318، بوصفه خطوة أولية لتحديد ما إذا كان مناسبًا لتثبيت الجير، وتكون التربة التي تمر بنسبة ٢٥٪ على الأقل عبر منخل ٧٥ ميكرومتر، ولها مؤشر لدونة يبلغ ١٠ أو أكثر مختارة لتثبيت الجير.

٢- يجب تحديد الحد الأدنى من كمية الجير المطلوبة للتثبيت باستخدام طريقة اختبار إيديس-جريم التي يمكن استخدامها وفقًا لمواصفة ASTM D6276. في طريقة الاختبار هذه، تُعد سلسلة من العينات؛ لاحتواء مجموعة من النسب المئوية لمحتوى الجير في التربة، أي ما يعادل ٢ و٣ و٤ و٥ و٦ ٪ من عينة التربة. وتُؤخذ قياسات تركيز الهيدروجين من مونة العينات؛ لتحديد محتوى الجير في خليط الجير بالتربة للحصول على تركيز هيدروجيني لا يقل عن ١٢,٤. وإذا كانت قراءات تركيز الهيدروجين ١٢,٤ أو أعلى، فإن أقل نسبة مئوية تعطي تركيز هيدروجين بنسبة ١٢,٤ هي نسبة الجير ٪ المطلوبة لتثبيت التربة. إذا لم تتجاوز قراءات تركيز الهيدروجين نسبة تركيز ١٢,٣ وتعطي النسبتان المئويتان هذه القراءة، فإن النسبة المئوية الأدنى للوصول إلى تركيز هيدروجين بنسبة ١٢,٣ هي النسبة المئوية المطلوبة لتثبيت التربة. وإذا كانت أعلى

قراءة لتركيز الهيدروجين هي ١٢,٣ وكانت أعلى نسبة مئوية فقط من الجير المستخدم هي تركيز هيدروجيني بنسبة ١٢,٣، يجب إجراء اختبار إضافي باستخدام نسب مئوية أعلى من الجير.

٣- يجب تحديد محتوى الرطوبة الأمثل والحد الأقصى للكثافة الجافة باستخدام طريقة اختبار بروكتور وفقًا لمعيار ASTM D698. ويجب إعداد خليط من التربة والجير، والماء بحد أدنى من الجير على النحو المحدد من الخطوة السابقة باستخدام محتوى مائي من محتوى الرطوبة الأمثل إضافة إلى ٢-٣ ٪، وفقًا لمعيار ASTM D3551، ووضع الخليط في كيس محكم الإغلاق ومقاوم للرطوبة مخزن في درجة حرارة الغرفة لمدة ١-٢٤ ساعة؛ وعند استخدام الجير الحي، يجب تخزين الخليط لمدة ٢٠-٢٤ ساعة لضمان الترطيب.

٤- يجب تصنيع عينتي اختبار على الأقل من الجير والتربة والماء باستخدام الكمية (٪) من الجير المحددة من الخطوة ٢، في بمحتوى رطوبة أمثل (± ١ ٪) على النحو المحدد باستخدام دمك اختبار بروكتور. ويمكن تصنيع عينات إضافية من محتويات جيرية أعلى. تستخدم جميع هذه العينات؛ لاختبار الضغط المحوري.

٥- بعد تصنيع عينات الاختبار، يجب وضع العينات في غلاف بلاستيكي في كيس محكم الإغلاق، ومقاوم للرطوبة؛ لتقريب ظروف المعالجة الحقلية، والرطوبة تقريبًا متسارعًا، وتُعالج العينات لمدة ٧ أيام عند درجة ٤٠ مئوية وتخضع العينات للنقع في وعاء شعري لمدة ٢٤ ساعة قبل الاختبار. ويمكن - خلافًا لما سبق - اختيار فترة معالجة ٢٨ يومًا عند درجة حرارة الغرفة. ويكون النقع في الوعاء الشعري عن طريق إزالة العينات من الكيس المحكم الإغلاق، ثم إزالة الغلاف البلاستيكي. وتُغلف العينات بقماش امتصاصي رطب، وتُوضع على حجر مسامي. إلى أن يصل مستوى الماء إلى الجزء العلوي من الحجر، ويكون ملامسًا للغطاء القماشي طوال عملية النقع في الوعاء الشعري، ويجب التنبه ألا تتلامس عينة التربة مباشرة مع الماء.

٦- تحديد مقاومة الانضغاط المحوري لعينات التربة المثبتة بالجير، والمعالجة والمتكيفة مع الرطوبة، وفقًا لمعيار ASTM D2166 (أو AASHTO T208)، لضمان كفاءة الأداء الحقلي في التجميد، والذوبان الدوري وبيئة نقع ممتدة. وتعد مقاومة الانضغاط المحوري هي متوسط نتائج الاختبار لعينتين على الأقل. ويعتمد الحد الأدنى من مقاومة الانضغاط المحوري المطلوب على الاستخدام المراد للتربة، وكمية مواد التغطية على التربة المثبتة، والتعرض لظروف النقع، والعدد المتوقع لدورات التجميد والذوبان خلال الشتاء الأول من التعرض. ويجب ألا يقل الحد الأدنى المقترح من مقاومة الانضغاط المحوري عن ١ ميجا باسكال بعد ٢٨ يومًا من المعالجة.

٧- أما التربة الانتفاخية، فيجب تحديد التغير في خصائص التمدد بتقييم الأبعاد الرأسية، والمحيطية للعينات المصنعة قبل النقع في الوعاء الشعيري. ثم بعد النقع يجب إجراء قياسات جديدة باستخدام فرجار قياس للبعد الرأسي، وشريط مؤشر اللدونة للمحيط وحساب تغير الحجم بين الحالة الأولية (الجافة) والحالة المنقوعة. أما عن الحساب فيُعد التمدد الأقل من ١ ٪ مقبولًا.

٢-٧-٢-٣ الأسمنت:

يعمل تعديل الأسمنت على تحسين خصائص بعض التربة/الركام من الطمي الطيني غير المناسب للاستخدام في إنشاء القاعدة الترابية (Halsted, et al., 2008) وقد تكون الأهداف الرئيسية هي تقليل تماسك المادة (اللدونة)، أو تقليل خصائص تغير حجم الطين المتوسع، أو زيادة قدرة تحمل التربة/ الركام الضعيف، أو تحويل القاعدة الترابية رطبة وناعمة إلى سطح يدعم معدات الإنشاء.

بالإضافة إلى جميع هذه الفوائد يمكن بإضافة كميات متنوعة من الأسمنت، الحصول على القاعدة الترابية مثبتة بالأسمنت بخصائص أكثر هندسية، بما في ذلك تحسين مقاومة القص، والانضغاط التي قد تسمح بتقليل سُمك الرصف (Gross & Adaska, 2020). وتعتمد درجة التحسن على نوع التربة، وكمية الأسمنت المستخدمة.

ويجب أن يتوافق الأسمنت المستخدم لتثبيت القاعدة الترابية مع المواصفات التالية: مواصفة AASHTO M85 (أو ASTM C150)، ومواصفة ASTM C1157، وAASHTO M240 (أو ASTM C595).

ويعتمد نطاق عملية تصميم الخلطة على معايير الأداء التي يجب استيفاؤها. وإذا كانت الأهداف المهمة الوحيدة هي تجفيف التربة أو تقليل مؤشر اللدونة فحسب، فقد يكون اختبار حدود أتربرج كافيًا. ورغم ذلك، إذا كانت هناك حاجة لضمان القوة والمتانة الطويلة الأجل، والخصائص الأخرى المراد توافرها للتربة المثبتة بالأسمنت، فقد تكون هناك حاجة إلى تصميم مزيج، وبرنامج اختبار أكثر شمولًا، كما هو موضح أدناه:

١- تصنيف التربة عن طريق اختبار تدرج مواد التربة وحدود أتربرج. كما يُوصى بإجراء اختبار بروكتور المعياري (باستخدام مدك ٢,٥ كجم يُسقط من ارتفاع ٣٠٥ مم) وفقًا لمواصفة AASHTO T134.

٢- تحديد نوع الأسمنت والمقدار المقدر. يجب أن يتوافق نوع الأسمنت المستخدم مع أحدث مواصفات الأسمنت البورتلاندي، كما هو مذكور أعلاه. وعادة يُختار الأسمنت بناءً على النوع المتوفر محليًا. وعلى أن محتوى الأسمنت الدقيق في خليط التربة والأسمنت قد لا يكون معروفًا في هذه المرحلة من عملية تصميم الخلطة، فيمكن اختيار المقدار الأولي المقدر لإجراء اختبار لاحق على الخلطة. وعادة ما يتراوح محتوى الأسمنت بين ثلاثة وستة بالمائة من وزن الوحدة الجافة للمادة غير المعالجة. ويمكن استخدام مقدار محتوى الأسمنت هذا للتقديرات الأولية؛ ورغم ذلك، يجب التحقق من النسبة المئوية للأسمنت، أو تعديلها عند توفر بيانات اختبار إضافية.

٣- إذا لزم الأمر، يمكن التحقق من التوافق الكيميائي بين التربة والأسمنت. ويمكن التحقق من خصائص التربة، مثل: الخصائص التوسعية، والثبات، وتركيز الهيدروجين، والكبريتات، والمحتوى العضوي؛ لتحديد توافق التربة مع كمية الأسمنت، ونوعه المختارين لتثبيت التربة. وتعتمد درجة الاختبار على معايير الأداء التي يجب استيفاؤها.

٤- تحديد حدود أتربرج لثلاثة خلطات من التربة والأسمنت بمحتويات أسمنتية متفاوتة، على أن يكون الأسمنت المستخدم من النوع والمصدر ذاته الذي سيُستخدم في الموقع أثناء الإنشاء. ويجب تخزين الأسمنت في بيئة نظيفة، وجافة بحيث لا يتفاعل مع الرطوبة قبل دمكه في خليط التربة والأسمنت. مع مراعاة أنه يجب إكمال الاختبار في غضون ساعة واحدة من الخلط.

٥- باستخدام محتويات الأسمنت ذاتها كما في الخطوة السابقة، يجب تحديد محتوى الرطوبة الأمثل، والحد الأقصى للكثافة الجافة لخلطات التربة والأسمنت، ورغم أنه في معظم الحالات لا يتغير الحد الأقصى للاختبار، والمواد ومحتوى الرطوبة الأمثل تغيرًا ملموسًا مع مختلف محتويات الأسمنت. ويعتمد محتوى الأسمنت المعبر عنه بالوزن على فقط وزن التربة/ الركام بعد التجفيف في الفرن (لا يُتضمن الأسمنت)، بينما يُحدد المحتوى المائي بوزن الماء في الخليط الكلي، بما في ذلك الأسمنت. ويجب إضافة الأسمنت إلى المادة غير المعالجة، وغير المستقرة وخلطه جيدًا قبل إضافة الماء. كما يجب قولبة العينة في غضون مدة من ساعة إلى ساعتين بدءًا من وقت وضع الأسمنت في الخليط. وفي حال إضافة الأسمنت في صورة مونة أثناء الإنشاء، يجب إضافة الأسمنت دون تأخير إلى العينات في صورة مونة؛ لضمان تطابق الظروف المعملية مع الظروف الواقعة أثناء الإنشاء ولاستيعاب تأثيرات تميه الأسمنت، بعد خلط العينات جيدًا مع محتويات الأسمنت والماء الخاصة بها، يجب حساب محتوى الرطوبة الأمثل والحد الأقصى للكثافة الجافة لكل عينة وفقًا لمواصفة AASHTO T134 (أو مواصفة ASTM D558).

٦- تحديد قوة الانضغاط المحوري لخلطات التربة، والأسمنت بثلاثة محتويات أسمنتية مختلفة على الأقل. ويمكن استخدام محتوى الرطوبة الأمثل المحدد في الخطوة السابقة؛ لصب عينات الاختبار عند محتويات الأسمنت المختلفة. ويجب تحضير عينتين على الأقل لكل محتوى أسمنتي. قبل اختبار الضغط المحوري، وغمر العينات في الماء لمدة أربع ساعات. ثم بعد ذلك، يُجرى اختبار عينتين على الأقل لكل محتوى من محتويات الأسمنت وفقًا لمواصفة (ASTM D1633).

٧- تخطيط نتائج اختبار الضغط المحوري؛ لتحديد محتوى الأسمنت الذي يستوفي متطلبات القوة المستهدفة؛ ويجب ألا تقل قوة الانضغاط المحوري بعد ٧ أيام للعينات الأسطوانية المنقوعة من التربة المعالجة بالأسمنت عن ٢,٧٥ ميجا باسكال. وتتمثل الممارسة الشائعة في زيادة محتوى الأسمنت بنسبة ٠,٥-١ ٪ لاستيعاب حالات عدم اليقين في الإنشاء. وعند تحديد محتوى الأسمنت، يوصى بإجراء اختبار كثافة الرطوبة وفقًا لمواصفة (AASHTO T134) على عينة ذات محتوى الأسمنت معين لتحديد ما النسبة الواجب الوصول إليها من محتوى الرطوبة الأمثل، والحد الأقصى للكثافة الجافة أثناء الإنشاء بالضبط.

٤-٢-٧-٢ الرماد المتطاير:

يتألف الرماد الفحمي المتطاير ذاتي التثبيت بالأسمنت من مواد مناسبة يمكن استخدامها؛ لتحسين خواص التربة وتثبيت القاعدة الترابية. وقد أثبت ارتفاع محتوى أكسيد الكالسيوم، وخواص التثبيت الذاتي للرماد الفحمي المتطاير (الرماد المتطاير ذاتي التثبيت بالأسمنت) فاعليتها؛ بوصفها عامل تثبيت لمجموعة من التربة الدقيقة في زيادة قدرة دعم القاعدة الترابية للأرصفة، وفي الحد من احتمال نتوء التربة الموسعة، وفي زيادة مقاومة قص التربة العضوية، والتربة الدقيقة الحبيبات، وفي الحد من قابلية انضغاط مواد الردم ما تحت الأساسات. ويوفر مقطع تثبيت الرماد المتطاير -أيضًا- قاعدة أكثر استقرارًا (قاعدة عمل) أثناء إنشاء الرصف على طبقات سفلية ناعمة للغاية. وتعتمد درجة النجاح المحقق في التثبيت باستخدام الرماد الفحمي المتطاير اعتمادًا كبيرًا على التركيبة الخاصة للتربة، والرماد المتطاير، والإضافات الأخرى، وإجراءات الإنشاء المتبعة.

يمكن تحديد أداء التثبيت الذاتي للرماد المتطاير وفقًا لـ (ASTM D5239)؛ ومع ذلك، يجب ملاحظة أن النتائج المتوصل إليها تميز فقط الخصائص الأسمنتية لخلطات الرماد المتطاير، والمياه، ولا توفر بمفردها أساسًا لتقييم التفاعلات المحتملة بين الرماد المتطاير والتربة.

ويجب تطوير تصميم خليط معملي؛ لإنشاء المحتوى الأمثل من الرماد المتطاير، والمحتوى الأمثل من الرطوبة، والحد الأقصى للكثافة الجافة، والحد الأقصى لزيادة المقاومة، ولأغراض التصميم واختبار الإنشاء، كما هو موضح في مواصفة (ASTM D7762). ويجب أن تتناول إجراءات الاختبار، والتصميم المعدل السريع لترطيب الرماد المتطاير عند التعرض للماء؛ نظرًا لأن ترطيب الرماد يمكن أن يغير خصائص دمك المواد المعالجة بالرماد المتطاير الذاتي التثبيت تغيرًا ملحوظًا.

وتتراوح المعدلات النموذجية لإضافة الرماد المتطاير من ٨ إلى ١٦ ٪ بناءً على الوزن الجاف للتربة. ويعتمد معدل الإضافة على طبيعة التربة، وخصائص الرماد المتطاير، والمقاومة المطلوبة (American Coal Ash Association, 2003). ويجب تحديد معدل الإضافة بوساطة اختبار تصميم الخليط المعملي، فكلما زاد معدل الإضافة زادت مقاومة الانضغاط المحققة.

ومن الملاحظ أن الرماد الذاتي التثبيت بالأسمنت يتميه بمعدل أسرع بكثير من الأسمنت البورتلاندي. ويمكن أن يؤدي وقت التأخير لمدة ساعتين في الدمك، المحدد في صورة الزمن المنقضي المقاس بين أول تلامس للرماد المتطاير مع الماء، والدمك النهائي للتربة

والرماد المتطاير وخليط الماء، إلى تقليل الحد الأقصى للكثافة وتقليل المقاومة. وتُقلل الكثافة والمقاومة؛ لأنه يجب استخدام جزء من طاقة الدمك؛ للتغلب على ترابط جزيئات التربة بالتثبيت الأسمنتي ولأن جزءًا من خصائص التثبيت بالأسمنت مفقود. ويقتضي الأمر أن يكون تأخير الدمك لمدة ساعة إلى ساعتين قابلًا للتطبيق في الموقع، ويجب ذكره في مواصفات المشروع. ويُقاس الحد الأقصى لوقت تأخير الدمك المحدد في مواصفات المشروع من وقت تضمين الرماد المتطاير ذاتي التثبيت في المواد التي تُثبت وتُعرض للماء. ويجب أن تستند الاختبارات المعملية التي أجريت لتحديد معايير الإنشاء والتصميم إلى خصائص المواد المثبتة المدمكة في أقصى وقت تأخير مسموح به.

ولابد أن يراعى فيما يخص طاقة دمك معينة، وجود محتوى الرطوبة الأمثل الذي يُحقق عنده أقصى قدر من المقاومة. فيكون محتوى الرطوبة الأمثل هذا لأقصى مقاومة عمومًا أقل من ١ - ٨ ٪ من محتوى الرطوبة الأمثل لأقصى كثافة، اعتمادًا على معدن الرماد المتطاير ذاتي التثبيت ونوع المادة المثبتة. لذا يمكن أن تنتج مواصفات الإنشاء التي تحدد نطاقات الرطوبة بناءً على خصائص الدمك وحدها مواد ثابتة لها معدلات مقاومة تبلغ ٥٠٪ أو أقل من أقصى قوة محتملة، مما يقلل الفوائد المحققة من عملية التثبيت تقليلًا كبيرًا. لذا يجب التحكم في محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء.

كما يجب تقييم خصائص الدمك باستخدام طرق اختبار بروكتور القياسية (ASTM D698) أو بروكتور المعدلة (ASTM D1557). بعد خلط جميع المكونات، أي التربة والرماد المتطاير والماء، وتُدمك العينات باستخدام تأخير الدمك المحدد. ويجب إعداد ما لا يقل عن خمس عينات اختبار مدمكة على مجموعة واسعة من محتويات الرطوبة لكل سلسلة اختبار لتحديد كل من علاقات الكثافة بالرطوبة والمقاومة بالرطوبة. تخضع عينات الاختبار بعد ٧ أيام من المعالجة (محكمة الغلق بغلاف بلاستيكي في غرفة معالجة ذات رطوبة نسبية تقارب ١٠٠ ٪ عند درجة حرارة الغرفة ٢٣ ± ٢ درجة مئوية) لاختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (وفقًا لمواصفة ASTM D1883) أو مقاومة الانضغاط المحوري (ASTM D2166) الذي يسمح بتحديد محتوى الرطوبة الأمثل لأقصى مقاومة. ربما يتضمن الاختبار الإضافي لتحديد الخواص الميكانيكية والتطورات الخاصة بتثبيت الرماد المتطاير ذاتي التثبيت بالأسمنت لأغراض التصميم اختبار معامل المرونة؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T307 بعد ١٤ يومًا من المعالجة.

٢-٧-٢-٥ أخرى:

٢-٧-٢-٥-١ الرماد المتطاير- الجير:

يمكن الجمع بين الرماد المتطاير والجير؛ لاستخدامهما في الخلطات اللدنة، وغير اللدنة، وغيرها من الخلطات التي تؤثر على تفاعل الجير البوزولاني.

ويُوصى باتباع إجراءات الاختبار؛ لتحديد الجوانب المختلفة للتفاعل البوزولاني المعزز بالجير. وتتضمن الاختبارات الموصى بها، كما يبين مواصفة ASTM C593، حساب الجزء القابل للذوبان في الماء، والنعومة، وتحسين مقاومة الجير والبوزولان، وفقًا للأجزاء القابلة للتطبيق من مواصفة ASTM C109 وASTM C305 (أو AASHTO T162)، وتطوير مقاومة الانضغاط، ومقاومة الذوبان الحرة للخلطات غير اللدنة، وفقًا لمواصفة ASTM C39، ومقاومة التشبع بتفريغ العينات المعالجة والمنقوعة، وفقًا لمواصفة ASTM C39. ويمكن أيضًا تحديد مؤشر الجير المتوفر للرماد المتطاير وفقًا لـ ASTM C25. وتهدف هذه الاختبارات إلى تأهيل مصادر الرماد المتطاير؛ لاستيفاء معايير العمل، أو المشروع المحددة فيما يتعلق بتثبيت التربة.

يجب أن يتوافق الرماد المتطاير للاستخدام مع الجير في الخلطات اللدنة مع المتطلبات المبينة في الجدول (٢-١٤)، فيما يخص الجزء القابل للذوبان في الماء، والنعومة، ومقاومة الجير والبوزولان. وأن يتوافق الرماد المتطاير للاستخدام مع الجير في الخلطات غير اللدنة مع متطلبات الجدول (٢-١٤)، باستثناء متطلبات مقاومة البوزولان والجير.

الجدول (٢–١٤) المتطلبات الفيزيائية للجير والرماد المتطاير لتثبيت التربة.

الخصائص الفيزيائية	الوحدات	المتطلبات
الحد الأقصى للجزء القابل للذوبان في الماء	%	١٠
النعومة، الكمية المتبقية، عند الغربلة الرطبة:		
منخل ٦٠٠ ميكرومتر (رقم ٣٠)، حد أقصى	%	٢
منخل ٧٥ ميكرومتر (رقم ٢٠٠)، حد أقصى	%	٣٠
مقاومة الجير والبوزولان، الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط:		

الخصائص الفيزيائية	الوحدات	المتطلبات
في ٧ أيام، ٥٤ ± ٢ درجة مئوية	ميجا باسكال	٤,١
بعد ٢١ يومًا إضافيًا، ٢٣ ± ٢ درجة مئوية	ميجا باسكال	٤,١
مقاومة الانضغاط، الحد الأدنى	ميجا باسكال	٢,٨
مقاومة التشبع الفراغي، الحد الأدنى	ميجا باسكال	٢,٨

٢-٧-٢-٥-٢ التسليح الصناعي الأرضي:

يمكن استخدام التسليح الصناعي الأرضي، أو التكسيات الأرضية أو الشبكات الجيولوجية؛ لتثبيت القاعدة الترابية في الظروف الرطبة والمشبعة وحيث يشكل عدم الاستقرار باعثًا للقلق. ويُعد استخدام تثبيت القاعدة الترابية هذا مناسبًا للتربة المشبعة؛ بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية، أو فترات الطقس الرطب الطويلة، التي تنطبق على مواد الردم وهياكل الأرصفة المبنية على التربة الناعمة، خاصة في الحالات التي يُستخدم فيها الحد الأدنى من إعداد الموقع، أو معدات الإنشاء ذات الضغط الأرضي العالي.

وتعد الوظيفة الأساسية للتكسية الأرضية أو الشبكة الجيولوجية هي التسليح، الذي يوفر التطويق الجانبي، وتقييد القاعدة الترابية، وزيادة قدرة التحمل الفعالة؛ لتحسين استقرار تربة القاعدة الترابية. كما توفر التكسية الأرضية المستخدمة للتثبيت وظائف فصل وترشيح متزامنة. وفي بعض تركيبات الشبكة الجيولوجية، ربما تُؤخذ إضافة تكسية أرضية؛ لتوفير وظائف متزامنة للفصل، والترشيح بشكل مماثل في الحسبان.

ويجب أن تستوفي التكسيات الأرضية متطلبات الجدول (٢-١٥)، وفقًا لـ (AASHTO M288). ومن الملاحظ أن جميع القيم الرقمية في الجدول (٢-١٥)، باستثناء حجم الفتح الظاهري، ونسبة المساحة المفتوحة، تمثل الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة في أضعف اتجاه رئيسي. بينما تمثل قيم حجم الفتح الظاهري الحد الأقصى لمتوسط قيم البكرة، وتمثل قيم النسبة المئوية للمساحة المفتوحة قيمًا نموذجية.

وتمثل قيم الخصائص المبينة في الجدول (٢-١٥) القيم الافتراضية التي توفر قدرة كافية؛ لاستدامة التكسية الأرضية في ظل ظروف الإنشاء الأكثر شدة. وتنطبق قيم خصائص الشبكة الجيولوجية الواردة في الجدول (٢-١٥) على الشبكات الجيولوجية الثنائية المحورية للطرق العامة غير التجارية، وتعتمد على اعتبارات استدامة الشبكة الجيولوجية.

ويمكن تحديد تكسيات أرضية أخرى، مثل تلك التي لها سمات فريدة، وفقًا لمؤشرها الوصفي وخصائص أدائها، وتقييمها والنظر فيها؛ للسماح بها كبدائل للمنتجات التي تستوفي الفئات الواردة في الجدول (٢-١٥) يجب أن يستند السماح بالبديل إلى الخبرة الحقلية الموثقة، أو تقييم معملي مستقل يحاكي الظروف الحقلية المتوقعة محاكاة معقولة.

كما يمكن أن يحدد المهندس خصائص التكسية الأرضية، وأنواعها المختلفة عن الأنواع المدرجة في الجدول (٢-١٥) بناءً على التصميم والخبرة الهندسية.

الجدول (٢–١٥) متطلبات خصائص التكسية الأرضية (الفئة ٤) لتثبيت القاعدة الترابية.

الخصائص	طرق الاختبار	الوحدات	فئة التكسية الأرضية ١ ٢ ونوعها			
			الفئة ٤أ [١]	الفئة ٤ب [٢]	الفئة ٤ج [٢]	الفئة ٤د [٢]
			تكسية أرضية	شبكة جيولوجية	شبكة جيولوجية	شبكة جيولوجية
مقاومة شد عرض التكسية الأرضية	ASTM D4595	كيلو نيوتن/متر	٧٠	-	-	-
سماحية	ASTM D4491	ثانية-١	٠,٢ [٣]	-	-	-

الخصائص	طرق الاختبار	الوحدات	فئة التكسية الأرضية ١ ٢ ونوعها			
			الفئة ٤أ [١]	الفئة ٤ب [٢]	الفئة ٤ج [٢]	الفئة ٤د [٢]
			تكسية أرضية	شبكة جيولوجية	شبكة جيولوجية	شبكة جيولوجية
حجم الفتح الظاهري	ASTM D4751	مم	الحد الأقصى لمتوسط قيمة البكرة ٠،٤٣	-	-	-
مقاومة شد عرض الشبكة الأرضية العريضة	ASTM D6637 الطريقة ب	كيلو نيوتن/ متر	-	٢٦	١٨	١٢
مقاومة الشد عند ٢ ٪ من الإجهاد			-	٨	٥,٨	٣,٦
مقاومة التقاطع	ASTM D7737 الطريقة أ	نيوتن	-	٢٠٠	١٥٦	١١١
النسبة المئوية للمساحة المفتوحة	المقياس المباشر	%	-	٧٠ (قيمة نموذجية)		
استقرار الأشعة فوق البنفسجية (القوة المتبقية)	ASTM D4355	%	٧٠ % بعد ٥٠٠ ساعة من التعرض			

ملاحظات:

١- تُحدد شدة ظروف التركيب الخاصة بالاستخدام عمومًا نسبة الاستدامة المطلوبة وفئة التكسية الأرضية. وتُحدد التكسية الأرضية من الفئة ٤ أ لظروف التركيب الأكثر شدة أو حدة؛ إذ يزداد احتمال تلف التكسية الأرضية.

٢- يمكن استخدام الشبكة الجيولوجية من الفئة ٤ ب لجميع ظروف الاستدامة؛ ولكنها تمثل الاختيار الافتراضي للشبكة الأرضية لظروف الاستدامة الشديدة. وتمثل الشبكة الجيولوجية من الفئة ٤ ج الاختيار الافتراضي للشبكة الأرضية لظروف الاستدامة المتوسطة. ويمكن أن يحدد المهندس شبكة جيولوجية من الفئة ٤ د لظروف الاستمرارية الطفيفة، بناءً على واحد أو أكثر مما يلي:

إن وجد المهندس أن فئة الشبكة الجيولوجية لديها استدامة كافية بناءً على الخبرة الحقلية.

إن وجد المهندس أن فئة الشبكة الجيولوجية لديها استدامة كافية بناءً على الاختبار المعملي والفحص البصري لعينة الشبكة الجيولوجية المأخوذة من مقطع الاختبار الحقلي المبني في ظل الظروف الحقلية المتوقعة.

٣- القيمة الافتراضية. يجب أن تكون سماحية التكسية الأرضية أكبر من سماحية التربة ($\Psi_g > \Psi_s$) قد يطلب المهندس أيضًا أن تكون نفاذية التكسية الأرضية أكبر من نفاذية التربة. ($k_g > k_s$)

٢-٧-٢-٥-٣ المواد الأسمنتية المحلية:

يمكن أيضًا استخدام المواد المحلية مثل البوزولان الطبيعي (الرماد البركاني) عند تحديد المواد الإسمنتية التكميلية، بعد موافقة المهندس، شريطة أن توضح دراسات التقييم المعملية أو الخبرة الحقلية السابقة أداء مقبولاً للقاعدة الترابية.

٢-٧-٣ أساليب الإنشاء:

٢-٧-٣-١ القاعدة الترابية غير المعالجة:

يمكن توفير المواد لإنشاء القاعدة الترابية إما في الظروف الجافة أو الرطبة. ففي الحالة الأخيرة، يجب إضافة الماء إلى التربة وخلطه؛ حتى لا يختلف محتوى الرطوبة عن محتوى الرطوبة الأمثل المحدد باستخدام اختبار بروكتور المعدل بأكثر من ٢ ٪. وعندما يكون محتوى الرطوبة أعلى من المطلوب، يجب تنعيم التربة، وتجفيفها حتى يصبح محتوى الرطوبة ضمن الحدود المطلوبة للدمك.

ويجب الشروع في عملية الدمك مباشرة بعد الانتهاء من توزيع المواد، وترطيبها، وتسويتها على سطح موحد بالسمك المطلوب، والمنحدرات والقطاعات العرضية التي تبينها الرسومات، أو وثائق العقد الأخرى. ويجب أن يتم الدمك باستخدام المداحل الفولاذية الساكنة، أو اهتزازية، أو مداحل بإطارات هوائية، وليس المداحل المسننة لتحقيق مستوى الدمك المطلوب. ويمكن أيضًا دمك القاعدة الترابية باستخدام مداحل الدمك الذكي المجهزة بمقاييس التسارع التي تستخدم قياسات اهتزاز المدحلة؛ لتقييم خصائص المادة

الميكانيكية، ولضمان تحقيق الدمك، والتوحيد الأمثل من خلال المراقبة المستمرة للعمليات، كما هو موضح في مواصفة AASHTO R111.

ويجب أن يستمر الدمك حتى تحقيق مستوى كثافة الحقلية المحدد، ومقطع عرضي متساوٍ مناسب لتصريف المياه. ويجب أن يتخذ المقاول جميع التدابير، والاحتياطات اللازمة؛ لحماية تساوي الطبقات السفلية المبنية، وأسطحها، ومنحدراتها ومقاطعها العرضية، والحفاظ عليها من أي أضرار، ويجب أن يُبقي الطبقات ضمن مستوى الدمك المطلوب حتى وضع الطبقة اللاحقة.

٢-٧-٣-٢ القاعدة الترابية المثبتة (الجير/ الرماد المتطاير/ الأسمنت):

يتضمن تثبيت القاعدة الترابية تحضير التربة، وتوزيع عامل التثبيت، والخلط (مع الماء المضاف)، والدمك، والتشطيب، والمعالجة. ويمكن توزيع عامل التثبيت إما جافًا أو في صورة مونة، ويمكن وضعه إما بركام الرياح، أو الحقن ويمكن إدخاله في تشغيل الوحدة المركزية.

يجب حرث القاعدة الترابية سطحيًا، أو تنعيمها إلى العمق المطلوب. كما يجب استخدام خلاط دوار مزود بقدرات حقن مياه مباشرة؛ لخلط المادة خلطًا كافيًا، وإنتاج خليط متجانس في حدود ٢ ٪ من محتوى الرطوبة الأمثل. وفي نهاية كل يوم، يجب تسوية سطح القاعدة الترابية؛ لتصريف المياه، زيادة على أنه يجب على المقاول توفير فواصل إنشاء؛ لسد القاعدة الترابية المثبتة الحالية.

ويجب عدم استخدام الجير، أو الرماد المتطاير، أو الأسمنت الهيدروليكي؛ عندما تتسبب الظروف الجوية في فقدان المواد فقدانًا مفرطًا. ويمكن للمقاول استخدام المواد عندما تكون درجة حرارة مادة القاعدة الترابية ٥ مئوية على الأقل وضبط محتوى رطوبة مادة القاعدة الترابية إلى ٢ - ٣ ٪ فوق المستوى الأمثل.

ويُوضع الرماد المتطاير بالطريقة الجافة. ويمكن وضع الجير والأسمنت إما بالطريقة الجافة، أو طريقة المونة.

- الطريقة الجافة: وفيها يجب استعمال المثبتات استعمالًا متساويًا؛ باستخدام موزع مقاس بطريقة تقلل من الغبار والجريان السطحي، وتشكيل البرك إلى أدنى حد. ويوضع الماء بطريقة صحيحة للحصول على محتوى الرطوبة المناسب للخلط، والضغط. وإذا كان الجير الحي، والرماد المتطاير ممزوجين مسبقًا، يجب تقليل الحد الأقصى لحجم الجزيئات في الجير الحي إلى ٣ ملم؛ لتجنب الفصل. وينبغي عدم توزيع الجير الجاف المطفأ أثناء الطقس العاصف؛ بسبب الغبار المفرط؛ وفي مثل تلك الظروف يمكن اللجوء إلى طريقة المونة؛ لتقليل المشاكل المتعلقة بالغبار.
- طريقة المونة: تُخلط المواد والماء، ويُوضع المونة إما باستخدام الشاحنة مع الموزعين المعتمدين، أو الخلاطات الدوارة. ويجب أن تكون شاحنة الموزع أو خزان الخلاط الدوار مجهزًا بوسيلة تقليب للحفاظ على المثبتات معلقة في الماء. ويجب إجراء أشواط متتالية على المادة؛ للحصول على محتوى الرطوبة، والإضافات المناسبة. وفيما يخص وضع المونة على الأسمنت، يجب إجراء عملية التنعيم الأولية؛ لتوفير طريقة لتوزيع المونة بالتساوي على التربة/مادة الركام. ومن الضروري- أحيانًا- إنشاء سواتر ترابية على طول حافة المنطقة المعالجة لحصر المونة.

ولخلط المثبتات ومواد التربة، يجب استخدام خلاطٍ دوّار مع إبقاء حركة المرور بعيدًا عن توزيع المواد. وفيما يلي وصف لعمليات الخلط:

- خلطات الجير: الخلط الأولي مطلوب؛ لتوزيع الجير في جميع أنحاء التربة؛ ولتنعيم التربة في البداية للتحضير لإضافة الماء لبدء التفاعل الكيميائي، وتحقيق الاستقرار، ويجب إضافة الماء خلال هذه العملية، أو بعدها مباشرة. ويجب ضبط محتوى الرطوبة في الخليط إلى المستوى الأمثل بالإضافة إلى المستوى اللازم لضمان الترطيب الكامل ولجعل محتوى رطوبة التربة أعلى بنسبة ٣ ٪ من المستوى الأمثل قبل الدمك. ولترطيب الجير الحي الجاف، وقد تكون هناك حاجة إلى مياه إضافية. وبعد اكتمال الخلط الأولي، يجب تشكيل الطبقة المعالجة بالجير بالقرب من المقطع النهائي -قدر الإمكان- ودمكها خفيفًا بمدحلة؛ لتقليل فقدان التبخر، أو البلل المفرط من الأمطار المحتملة أثناء الترطيب إلى أدنى حد. وفقًا لنوع التربة، وعادة ما يكون نمط الخليط لمدة ١ - ٧ أيام للسماح للتفاعل الكيميائي لتغيير (لتحلل) المادة عند محتوى رطوبة من ٢ - ٣ ٪ فوق المحتوى الأمثل. أما التربة المحتوية على كبريتات قابلة للذوبان، يُقترح أن تكون مدة التذويب يومًا واحدًا للتركيزات التي تتراوح بين ٠,٣ و٠,٥ %، و٢ – ٣ أيام للتركيزات التي تتراوح بين ٠,٥ و٠,٨ %؛ وفيما يخص التركيزات التي تتراوح بين ٠,٨ و١٪ من المعالجة المزدوجة التي تتكون من إضافة نصف النسبة المئوية المحددة من الجير المطفأ، وخلطها مع التربة، وترطيبها لمدة ٥ أيام عند محتوى من الرطوبة أعلى من المحتوى الأمثل للرطوبة ثم إضافة النصف الآخر من الجير السائل المطفأ، والخلط والدمك. لإنجاز التثبيت الكامل، يجب التنعيم وإعادة الخلط حتى ١٠٠ ٪ من الخليط، باستثناء الجزيئات الصلبة والمتينة، الذي يمر من منخل ٢٥,٤ ملم (١ بوصة) ويمر ٦٠ ٪ على الأقل من جزء التربة من الخليط بمنخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) عند اختباره وفقًا لمواصفة AASHTO T27 (أو ASTM C136) في الحالة غير المجففة.
- الأسمنت أو خليط الرماد المتطاير: يجب ضبط محتوى الرطوبة في الخليط على ٢ - ٣ ٪ أعلى من المستوى الأمثل. يجب أن يبدأ الخلط خلال ٣٠ دقيقة من وضع الأسمنت. يجب خلط المادة حتى يمر ٩٥٪ من جزء تربة خليط الجزيئات الصلبة

والمتينة من منخل ٣٧,٥ ملم (١،٥ بوصة) ويمر ٦٠٪ على الأقل من جزء تربة خليط من منخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) عند اختباره وفقًا لمواصفة AASHTO T27 (أو ASTM C136) في الحالة غير المجففة، ويكون المنتج موحد اللون، وعند محتوى رطوبة يسمح بالدمك على الكثافة المطلوبة. يجب أن تؤدي عملية توزيع الأسمنت، واستخدام المياه، والخلط كلها إلى مزيج متساوٍ من التربة/الركام، والأسمنت، والماء لكامل عمق التصميم وعرضه.

- خلطات الجير/ الرماد المتطاير: يجب استخدام إما خلطاً من الجير/الرماد المتطاير الممزوج مسبقًا، أو خليط الجير والرماد المتطاير في عمليات منفصلة. وإذا خُلط الجير والرماد المتطاير كل صنف على حدة، فلا بد من مراعاة خلط الجير أولًا، وخلط الرماد المتطاير خلال يومين من خلط الجير. مع ضبط محتوى الرطوبة في خليط الجير/الرماد المتطاير إلى ٢ - ٣ ٪ فوق المستوى الأمثل. وخلط المواد لمنع تكوين كرات الرماد المتطايرة، وإكمال الخلط خلال ساعتين من إضافة الرماد المتطاير.

بعد الخلط النهائي مباشرةً، يجب توزيع الخليط ودمكه، مع ضرورة تشكيل سطح القاعدة الترابية المستقرة على شكل الخطوط والدرجات، والقطاعات العرضية المحددة، ولابد أن يستمر الدمك حتى الحصول على كثافة متساوية وكافية. لضمان كفاية الدمك، وينبغي مطابقة المعدات مع عمق الطبقات. وبالنسبة لخلطات تربة الجير يمكن تحقيق الدمك في منطقة رفع واحدة باستخدام مداحل بإطارات هوائية، أو ذات حوافر اهتزازية ثقيلة، أو مزيج من المداحل المسننة، والمداحل الاهتزازية الهوائية الخفيفة، أو مداحل بأسنان، لكن تتم أعمال دمك السطح النهائي باستخدام مدحلة ذات عجلات فولاذية. أما فيما يخص التربة الطميية، والطينية المعالجة بالأسمنت، يمكن القيام بالدمك الأولي باستخدام مدحلة اهتزازية بأسنان، أو مدحلة ذات حوافر، ولدمك المواد الرملية أو الحصوية والدمك النهائي للتربة الطينية والطميية، تُستخدم مدحلة أسطوانية اهتزازية ملساء، أو مدحلة بإطارات هوائية. ويكون الدمك والتشطيب بطريقة تنتج سطحًا كثيفًا خاليًا من مستويات الدمك، أو الشقوق، أو النتوءات، أو المواد السائبة. وبالنسبة لخلطات الرماد المتطاير، تُحقق نتائج ضغط أفضل عند استخدام مداحل ذاتية الدفع، أو بإطارات هوائية، ومداحل اهتزازية ذاتية الدفع أو مقطورة.

يجب التأكيد على الحفاظ على القاعدة الترابية المثبتة رطبة باستمرار وفي حدود ٣٪ من محتوى الرطوبة الأمثل حتى وضع الطبقة التالية. ويجب وضع الماء تحت الضغط باستخدام قضيب رش مزود بفوهات تنتج رذاذًا ناعمًا وبنسبة موحدة. وفيما يخص القاعدة الترابية المعالجة بالجير أو الأسمنت، يمكن معالجة الغطاء الذي يتضمن إحكام إغلاق الطبقة المدمكة بطبقة أولية من الأسفلت المستحلب، إما في واحد أو أكثر من الاستخدامات؛ ومعدل الاستخدام النموذجي هو ٠,٤ - ١,٢ لتر/م^{٢}. ويمكن السماح بتثبيت حركة المرور على القاعدة الترابية المثبتة بعد ٢٤ ساعة من الدمك، والتشطيب -إذا وافق المهندس على ذلك-. ويجب وضع الطبقة التالية خلال ١٤ يومًا بعد الدمك والتشطيب. ويجب على المقاول -على نفقته الخاصة- صيانة القاعدة الترابية المستقرة في حالة جيدة حتى الانتهاء من جميع الأعمال وقبولها، على أن تشمل الصيانة الإصلاحات الفورية لأي عيوب قد تحدث.

٢-٧-٣-٣ التسليح الصناعي الأرضي:

يجب أن تكون إجراءات التركيب للتكسيات الأرضية أو الشبكات الجيولوجية على النحو المبين في القسم الفرعي (٢-٦-٣-٢).

ينبغي أن تكون إجراءات التركيب بناءً على تعليمات الشركة المصنعة وعلى النحو التالي.

يجب أن تعتمد إجراءات تركيب الخلايا الأرضية على تعليمات المُصنّع وعلى النحو التالي.

غالبًا ما تُوضع طبقة من التكسية الأرضية تحت الطبقة الحبيبية/الخلية الأرضية لفصل مادة الردم عن التربة التحتية ومنع اندماج التربة الناعمة إلى الطبقة المستقرة أو تثقيب مادة الردم إلى طبقات أكثر ليونة أسفلها، أو كليهما. توفير تداخل لا يقل عن ٣٠٠ ملم بين الطبقات المجاورة ويمتد بما لا يقل عن ١٥٠ ملم خارج المحيط المحدد للخلية الأرضية المثبتة.

قم بتخزين ونقل أجزاء الخلية الأرضية في تكوين غير موسع حتى تصبح جاهزة للتثبيت. أثناء الإنشاء، يجب أولاً تمديد الخلية الأرضية إلى العرض المطلوب وتثبيتها على سطح مستوٍ. ضع أقسام الخلية الجغرافية الهابطة في مكانها وقم بإرساء نقاط التثبيت بدءًا من خلايا الحافة الخارجية. قم بتثبيت المراسي كما هو مطلوب من قبل المصنّع أو كما هو مطلوب لتوسيع لوحة الخلية الأرضية بالكامل إلى أبعاد الخلية المطلوبة وإبقائها في مكانها حتى اكتمال ملء مادة التربة. قم بدَق المراسي بحيث تمتد المرساة بمقدار ٣٠٠ ملم على الأقل أسفل الجزء السفلي من الخلية الأرضية. اترك طولًا كافيًا للمرساة أعلى الجزء العلوي من الخلية الأرضية حتى تتم إزالة المرساة. قم بإزالة المراسي بعد ملء الخلايا بمادة الحشو وقبل الضغط. في المواقف التي لا يكون فيها من العملي استخدام المراسي (على سبيل المثال، فوق التربة الناعمة التي تحتوي على عوائق أمام المراسي الدافعة، والمنافع الضحلة الموجودة، وما إلى ذلك) قد تكون هناك حاجة إلى إطار تثبيت للسماح بتوسيع الخلايا الأرضية دون التثبيت في مكانها. يجب أن يكون إطار التثبيت قادرًا على توسيع الخلايا الأرضية بشكل كامل وتثبيتها في مكانها حتى توضع مادة الحشو في الخلايا.

قم بمحاذاة أقسام الخلية الأرضية المجاورة وتداخل الأطراف الملحومة للخلية المحيطة. احتفظ بالجزء العلوي من أجزاء الخلية الأرضية متساطحًا قبل التثبيت. قم بتوصيل أجزاء الخلية الأرضية المجاورة بمثبتات ميكانيكية، وفقًا لتوصيات الشركة المصنعة. يجب أن تكون أدوات التثبيت الميكانيكية قادرة على تثبيت الألواح الجيولوجية المجاورة بشكل مباشر حتى توضع مادة الحشو. قم بربط جميع الخلايا المجاورة لأقسام الخلية الأرضية المجاورة وجميع الأطراف الملحومة للخلية المحيطة المتاخمة المتداخلة.

ضع مادة الحشو في خلايا أجزاء الخلية الأرضية الموسعة. ينبغي أن تتم عملية التعبئة دون الدق مباشرة على الخلايا الأرضية غير المملوءة لتجنب الضرر. يمكن أن تتقدم معدات واجهزة الإنشاء إلى الخلايا الأرضية بمجرد أن تصبح مادة الردم عميقة بما يكفي لمنع المعدات من الاتصال مباشرة بأعلى الخلية الأرضية. ينبغي أن يكون ارتفاع سقوط مادة الحشو في الخلايا محدودًا لمنع تشويه اللوحة. يجب تحديد سُمك مادة الملء بناءً على التصميم أو الخبرة، أو كليهما، وينبغي دمكها معًا باستخدام مادة حشو الخلية الأرضية.

ينبغي أن تُدمك بطريقة تمنع تلف الخلية الأرضية، ولكن تُكثف مادة الردم بشكل كامل مع طاقة كافية لضمان تقليل التكثيف الإضافي خلال عمر الهيكل الإنشائي إلى الحد الأدنى وتفعيل الإجهادات الحلقية في جدران الخلية الأرضية. يُفضل بشكل عام الدمك الاهتزازي لضمان تكثيف حشوة الخلية الأرضية بشكل كافٍ. لا ينبغي استخدام المداحل ذات البروزات لدمك المواد داخل الطبقة المستقرة بالخلية الأرضية. يمكن أن تختلف متطلبات الدمك اعتمادًا على التطبيق المحدد، وينبغي الرجوع إلى تعليمات المُصنّع.

٢-٧-٣-٤ دمك المقاطع التجريبية:

قبل وضع أي مادة، يجب على المقاول إنشاء مقطع اختبار، بنفس المواد، وطريقة الإنشاء، والمعدات المقترحة. ويجب ألا يقل طول مقطع الاختبار عن ٢٠٠ متر، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. والهدف من المقطع التجريبي هو تقييم محتوى الرطوبة المناسب للدمك، وتحديد العلاقة بين عدد أشواط معدات الدمك، وكثافة المواد المقترحة.

يمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا. وإلا يجب على المقاول استكمال التعديل المناسب لخطة العمل، أو المعدات، وإزالة مقطع الاختبار، أو إعادة انشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي مقاطع اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٢-٧-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد للاستخدام في القاعدة الترابية للطريق معمليًا بوساطة إجراء اختبار تصنيف يتضمن اختبارات التدرج، وحد السوائل، ومؤشر اللدونة، واختبار بروكتور المعدل لتحديد العلاقة بين الرطوبة والحد الأقصى للكثافة ونسبة تحمل كاليفورنيا. ويجب اختبار المواد وفقًا لمواصفة AASHTO M145، ومواصفات AASHTO T88 أو T11 وT27، أو مواصفة ASTM D1140 ومواصفة AASHTO T89 أو T90 (أو مواصفة ASTM D4318) ومواصفة AASHTO T180 (أو مواصفة ASTM D1557) ومواصفة ASTM D1883 ذات الصلة على التوالي.

يجب اختبار مواد التثبيت، أي الجير أو الأسمنت أو الرماد المتطاير؛ لضمان تطابقه مع متطلبات الجودة المحددة في مواصفة ASTM C977؛ وASTM C150 (أو AASHTO M85) وASTM C1157، وASTM C595 (أو AASHTO M240)، و ASTM D5239 على التوالي. ويجب تحديد معدل الإضافة واختبار الخلطات المستقرة لتحديد نسبة تحديد كاليفورنيا ومقاومة الانضغاط المحوري وفقًا لمواصفة ASTM D1883 ومواصفة ASTM D1633 ومواصفة ASTM D2166 أو AASHTO T208على التوالي. كما يجب أن تتوافق أعمال التسليح الصناعي الأرضي المستخدمة مع المتطلبات الواردة في مواصفة AASHTO M288. كما يجب إجراء جميع هذه الاختبارات لضبط الجودة أثناء تنفيذ العمل.

وفي الموقع، يجب اختبار محتوى الرطوبة والدمك في مواد القاعدة الترابية؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. بالنسبة للقاعدة الترابية غير المعالجة، يجب أن يستمر الدمك حتى لا تقل نسبة كثافة المجال المحددة من خلال اختبار مواصفة AASHTO T191 أو مواصفة AASHTO T310، إلى أقصى كثافة جافة محددة من خلال اختبار بروكتور المعدل لمواصفة AASHTO T180، التي لا تقل عن ٩٥٪ إذا كانت الطبقات اللاحقة طبقات مجمعة ولا تقل عن ٩٨٪ (أو ٩٥٪ للطرق شبه السريعة) إذا كانت الطبقات اللاحقة طبقات أسفلتية. وكالمعتاد يجب ضغط خليط التربة والجير إلى ٩٥٪ على الأقل من الحد الأقصى للكثافة التي تم الحصول عليها في اختبار بروكتر القياسي، وفقًا لمواصفة AASHTO T99. ويجب دمك الخلطة للقاعدة الترابية المعالجة بالأسمنت بشكل موحد بحد أدنى ٩٨ ٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة بناءً على متوسط متحرك لخمسة اختبارات متتالية مع عدم وجود اختبار فردي أقل من ٩٦ ٪. بالنسبة لخلطات الرماد المتطاير، ومن الضروري التحكم في محتوى الرطوبة خلال أعمال الإنشاء؛ لضمان أن محتوى الرطوبة في القسم المستقر قريب من المقاومة القصوى المثلى. ويُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة عن طريق مخروط الرمل وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو مواصفة ASTM D1556)، باستخدام طريقة البالون المطاطي وفقًا لمواصفة ASTM D2167، أو باستخدام طرق الاختبار غير الإتلافية وفقًا لمواصفة AASHTO T310 (أو مواصفة ASTM D6938) ومواصفة ASTM D7830. وتستخدم طرق الاختبار غير الإتلافية الأخيرة لتحديد الكثافة والرطوبة الموضعية للتربة، وركام التربة باستخدام مقياس نووي، ومقياس كثافة كهرومغناطيسية. ويجب ألا يقل الحد الأدنى لعدد القراءات عند استخدام طريقة نووية، أو غير نووية في كل موقع عن ٤ قراءات مأخوذة في كل منطقة، ويُعد متوسط هذه القراءات الأربع الكثافة الحقلية لهذا الموقع.

ويخضع سُمك إنشاء القاعدة الترابية للتقييم، بحيث لا يتجاوز الاختلاف بين سمك الطبقة المنفذة، والسماكة المطلوبة ٢٠ ملم أو ١٠٪ من السماكة المعتمدة، بالنظر إلى أيهما أقل.

ويجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم إذا كانت الطبقة اللاحقة طبقة أسفلتية أو ٢٠ ملم إذا كانت الطبقة اللاحقة طبقة من الركام. ويجب قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢,٠٠٠ م^{٢} من الطبقة المبنية.

كما يجب التحقق من التفاوتات المسموحة عن طريق القياس بمسطرة استواء طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. ويجب ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة وسطح الطبقة عند أي نقطتي دعم متجاورتين ٢٠ مم. ويمكن إضافة أو إزالة المواد لتصحيح انحرافات السطح التي تزيد عن ٢٠ ملم في ٣ أمتار بين تلامسين للحافة المستقيمة مع السطح. عند إضافة مادة، يمكن تجريد القاعدة الترابية إلى ١٥٠ ملم على الأقل وإعادة دمك تلك المنطقة لاستعادة الكثافة والمقاومة المطلوبة.

٢-٧-٥ معايير القبول:

٢-٧-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة ويجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها للتأكد من أن المواد الخام في المصدر والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل والعمل المنفذ للقاعدة الترابية غير المعالجة والثابتة ضمن الحدود المقبولة. يُوضح الجدول (٢-١٦) والجدول (٢-١٧) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة وتكرار إجراء هذه الاختبارات والحدود المسموح بها. ويجب يُقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٢–١٦) متطلبات مراقبة الجدول للقاعدة الترابية غير المعالجة.

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	تصنيفات التربة	المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند الموافقة على المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	مواصفة AASHTO M145	القسم الفرعي (٢-٧-٢-١)
	علاقة الرطوبة والكثافة			مواصفة AASHTO T180	الجزء الفرعي (٢-٧-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			مواصفة ASTM D1883	القسم الفرعي (٢-٧-٢-١)
المواد المستخدمة	تصنيفات التربة	في الموقع	ثلاث اختبارات في بداية الإنتاج ثم اختبار واحد عند إنتاج كل ١٠٠٠ م^{٣}، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	مواصفة AASHTO M145	القسم الفرعي (٢-٧-٢-١)
	علاقة الرطوبة والكثافة			مواصفة AASHTO T180	الجزء الفرعي (٢-٧-٢)
طبقة مدموكة	درجة الانضغاط		اختبار كل ٢٠٠٠ م^{٢} من طبقة مبنية أو كل يوم عمل، أيهما أقل	مواصفة AASHTO T191 / مواصفة ASTM D1556 مواصفة ASTM D2167 مواصفة AASHTO T310 / مواصفة ASTM D6938 مواصفة ASTM D7830	الجزء الفرعي (٢-٧-٤)
	السُمك			قياسات المسح	الجزء الفرعي (٢-٧-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		خمسة قياسات لكل ٢٠٠٠ م^{٢}	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٧-٤)

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
	نعومة السطح			مسطرة تقويم	الجزء الفرعي (٢-٧-٤)

الجدول (٢–١٧) متطلبات ضبط الجودة للقاعدة الترابية الثابتة.

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	تصنيفات التربة	المصدر	ثلاثة اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	AASHTO M145	الجزء الفرعي (٢-٧-٢)
	جير/ رماد جير مُتطاير		شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	ASTM C977 ASTM C593	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٥)
	أسمنت			AASHTO M85 AASHTO M240 ASTM C1157	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣)
	رماد متطاير			ASTM D5239	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
المادة المُثبّتة	الكمية المُثبّتة (الجير والرماد المتطاير والأسمنت)		اختبار واحد لكل تصميم خليط مُقدم	ASTM D6276 ASTM D7762	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	علاقة الرطوبة والكثافة		ثلاثة اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	ASTM D698 AASHTO T134 / ASTM D558 ASTM D1557	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			ASTM D1883	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	مقاومة الانضغاط غير المقيدة			ASTM D2216 ASTM D1633	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣)

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
التسليحات الصناعية الأرضية	القوة والخصائص الأخرى		مجموعة واحدة من الاختبارات	AASHTO M288 أو ASTM D8269	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
المواد المستخدمة	تصنيفات التربة	في الموقع	اختبار واحد في بداية سحب المواد، ثم اختبار واحد كل أسبوع أو كل إنتاج ٥٠٠٠ م^3 من المواد الموردة أيهما أقل، أو عند ملاحظة تغيير في الأعمال المنفذة أو عند تغيير المصدر.	AASHTO M145	الجزء الفرعي(٢-٧-٤)
	علاقة الرطوبة والكثافة		ثلاثة اختبارات في بداية الإنتاج واختبار واحد كل ٥٠٠٠ م^3 أو عند ملاحظة تغيير في الأعمال المنفذة	ASTM D698 AASHTO T134 / ASTM D558 ASTM D1557	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			ASTM D1883	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	قوة الانضغاط غير المحصورة			ASTM D2216	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٢) القسم الفرعي (٢-٧-٢-٣)
طبقة مدموكة	رطوبة، نداوة		اختبار كل ٢٠٠٠ م^2 أو كل عمل يومي، أيهما أقل	AASHTO T310 / ASTM D6938 ASTM D7830	الجزء الفرعي (٤-٧-٤)
	درجة الانضغاط			AASHTO T191 / ASTM D1556 ASTM D2167 AASHTO T310 / ASTM D6938 ASTM D7830	الجزء الفرعي (٤-٧-٤)
	السُمك			عينات لبية أو حفر الاختبار	الجزء الفرعي(٢-٧-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		خمسة قياسات لكل ٢٠٠٠ م^2	قياسات المسح	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)
	نعومة السطح			مسطرة تقويم	القسم الفرعي (٢-٧-٢-٤)

٢-٧-٥-٢ ضمان الجودة:

تُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد والقاعدة الترابية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة، وتقرر إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه وتُقام هذه الأنشطة عشوائيًا.

٢-٧-٦ القياس والدفع:

يجب أن تُقاس كميات القاعدة الترابية الفعلية، والمقبولة بالمتر المكعب بعد معالجتها ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس. وعندما تنص المواصفات الخاصة على عنصر خاص للأسمنت، يجب أن تُقاس كمية الأسمنت المستخدمة في القاعدة الترابية المعالجة بالأسمنت بالطن.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء القاعدة الترابية على النحو المُحدد. ويتم دفع المبالغ وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٢-١٨).

الجدول (٢–١٨) بنود الدفع مقابل القاعدة الترابية.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,٢٦	القاعدة الترابية	م^{٣}
٢,٢٧	القاعدة الترابية مُعالجة بالجير	م^{٣}
٢,٢٨	القاعدة الترابية مُعالجة بالأسمنت	م^{٣}
٢,٢٩	أسمنت	طن
٢,٣٠	القاعدة الترابية مُعالجة بالرماد المتطاير	م^{٣}
٢,٣١	القاعدة الترابية مُعالجة بالرماد المتطاير/ الجير	م^{٣}
٢,٣٢	شبكات تدعيم وتثبيت القاعدة الترابية	م^{٢}

٣- أعمال التثبيت:

٣-١ النطاق:

يصف هذا الجزء متطلبات المواد وأساليب الإنشاء وإجراءات التقييم وضبط الجودة لأعمال التثبيت. تتكون أعمال التثبيت من تركيب أنظمة حماية المنحدرات وأنظمة الاحتفاظ بالأرض وأنظمة التسليح.

٣-٢ حماية الميل:

٣-٢-١ الوصف:

يصف هذا الجزء وضع الشقوق الحجرية، والتراب، وأعمال التمزق الخرساني ورصف المنحدرات الخرسانية في المواقع الموضحة على المخططات، أو حسب طلب المهندس، باتباع هذه المواصفات وبما يطابق الخطوط، والدرجات، والسماكة، والقطاعات العرضية النموذجية الموضحة على المخططات أو التي وضعها المهندس.

٣-٢-٢ المواد:

٣-٢-٢-١ ركام التكسية الحجرية:

يجب أن يكون الركام الحجري لمصائد التمزق الرخوة والمونة من الصخور الصلبة المقاومة للماء والعوامل الجوية. يجب أن ويكون الركام الحجري زاويًا وخاليًا من الشقوق والطين والمواد القابلة للذوبان والهشة ويتوافق مع المتطلبات النوعية الموضحة في الجدول (٣-١) ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد. حسب تقديره، يمكن للمهندس أن يوجه المزيد من الاختبارات النوعية وفقًا لمواصفة ASTM D4992.

الجدول (٣–١) متطلبات الركام الحجري الخاص بدكة الحجارة.

الخاصية	طريقة الاختبار	المتطلبات
الكثافة الظاهرية طن/ م^3	AASHTO T85	٢,٥ دقيقة
الامتصاص، ٪	AASHTO T85	٦ كحد أقصى
مؤشر المتانة للمواد الخشنة،٪	AASHTO T210	٥٠ دقيقة

علاوة على ذلك، يجب التأكد من أن المصيدة المفكوكة أو المرصوفة تفي بمتطلبات التوزيع الموضحة في الجدول (٣-٢)، أو يشار إليها بطريقة أخرى في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد. يجب ألا يقل أصغر حجم الحجر عن ٣/١ من أبعاده القصوى.

الجدول (٣–٢) توزيع مواد حجر دكة الحجارة.

معدل المواد للوزن المحدد (٪)	النوع- ١		النوع- ٢		النوع- ٣	
	الوزن (كجم)	الأبعاد المكعبة التقريبية (ملم)	الوزن (كجم)	الأبعاد المكعبة التقريبية (ملم)	الوزن (كجم)	الأبعاد المكعبة التقريبية (ملم)
٢٠	١٥-١٠	٢٠٠-١٥٠	٥٠-٢٥	٢٥٠-٢٠٠	١٥٠-١٠٠	٤٠٠-٣٥٠
٣٠	١٠-٥	١٥٠-١٢٥	٢٥-١٠	٢٠٠-١٥٠	١٠٠-٥٠	٣٥٠-٢٥٠
٤٠	٥-٠,٥	١٢٥-٥٠	١٠-١	١٥٠-٧٥	٥٠-٥	٢٥٠-١٢٥
١٠	أقل من ٠,٥	أقل من ٥٠	أقل من ١	أقل من ٧٥	أقل من ٥	أقل من ١٢٥

يمكن استخدام الركام الحجري المستدير بالنسبة لدكة الحجارة المغلقة بالأسلاك (على سبيل المثال: الجدران الحجرية). يجب أن يتراوح حجم المواد المستخدمة من ١٠٠-٢٠٠ ملم ووزنها من ٢-١٥ كجم ويجب ألا تقل نسبة الأحجار التي يزيد وزنها عن ٥ كجم عن ٥٠٪.

٣-٢-٢-٢ بطانية المرشح

يتم توفير الركام الخشن، سواء الحصى أو الحصى المكسر أو الحجر المكسر أو الخرسانة المطحونة التي تلبي متطلبات التدرج الخاصة بالجدول (٣-٣)، وفقًا لمواصفة AASHTO M43 لبطانية المرشح كالقاعدة الترابية لتمزيق الرصف أو المنحدر.

الجدول (٣–٣) متطلبات التدرج لمواد بطانية المرشح.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن (٪)
٥٠ (٢ بوصة)	١٠٠
٣٧,٥ (١,٥/بوصة)	١٠٠-٩٥
١٩ (٤/٣ بوصة)	٧٠-٣٥
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٣٠-١٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	٥-٠

٣-٢-٢-٣ نسيج المرشح

يجب أن يفي نسيج المرشح للصرف تحت السطحي بالمتطلبات الموضحة في الجدول (٣-٤) وفقًا لمواصفة AASHTO M288.

الجدول (٣–٤) متطلبات نسيج المرشح.

الخصائص	طرق الاختبار	الوحدات	المتطلبات، نسبة مرور التربة في الموقع ٠,٠٧٥ ملم [١]		
			أقل من ١٥	من ١٥ إلى ٥٠	أكبر من ٥٠
فئة التكسية الأرضية			الفئة ٢ [٢] (يرجى الاطلاع على الجدول ٢-١٠)		
السماحية [٣،٤]	ASTM D4491	ثانية -[١]	٠,٥	٠,٢	٠,١
حجم الفتح الظاهري [٣،٤]	ASTM D4751	ملم	٠,٤٣ الحد الأقصى لمتوسط قيمة اللفة	٠,٢٥ الحد الأقصى لمتوسط قيمة اللفة	٠,٢٢ [٥] الحد الأقصى لمتوسط قيمة اللفة
الاستقرار فوق البنفسجي (المقاومة المتبقية)	ASTM D4355	%	٥٠٪ بعد ٥٠٠ ساعة من التعرض		

ملاحظات:

[١] بناءً على تحليل الحبوب للتربة في الموقع لكل AASHTO T88.

[٢] اختيار التكسية الأرضية الافتراضي. يمكن للمهندس تحديد تغطية أرضية من الفئة ٣ من الجدول (٢-١٠) بناءً على واحد أو أكثر من الموضح أدناه:

- وجد المهندس أن التكسية الأرضية من الفئة ٣ تتمتع بقدرة كافية على البقاء على أساس الخبرة الحقلية.
- وجد المهندس أن التكسية الأرضية من الفئة ٣ تتمتع بقدرة كافية على البقاء بناءً على الاختبارات المعملية والفحص البصري لعينة تغطية أرضية تمت إزالتها من جزء اختبار حقلي تم إنشاؤه في ظل ظروف حقلية متوقعة.
- عمق الصرف تحت السطحي أقل من ٢ متر، قطر الركام التصريف أقل من ٣٠ ملم، ومتطلبات الضغط أقل من ٩٥ بالمائة وفقًا لمواصفة AASHTO T99.

[٣] تستند قيم خصائص الترشيح الافتراضية هذه إلى أحجام الجزيئات السائدة للتربة في الموقع. بالإضافة إلى قيمة السماحية الافتراضية، قد يطلب المهندس نفاذية التكسية الأرضية واختبار الأداء أو أيًا منهما بناءً على التصميم الهندسي لأنظمة الصرف في بيئات التربة التي تنطوي على مشاكل.

[٤] تنفيذ تصميم التكسية الأرضية الخاص بالموقع خاصة في حالة مواجهة واحدة أو أكثر من بيئات التربة التالية: التربة غير المستقرة أو شديدة التآكل مثل الطمي غير المتماسك، تربة متدرجة الفجوات بالتناوب بالرمل/التربة المصفحة بالطمي، طين مشتت فتات الصخر أو أيًا منهم.

[٥] بالنسبة للتربة المتماسكة ذات مؤشر اللدونة أكبر من ٧ لكل AASHTO T90، يبلغ الحد الأقصى لمتوسط قيمة لفة التكسية الأرضية لحجم الفتح الظاهري ٠,٣ ملم.

٣-٢-٢-٤ استنزاف التكسية الأرضية:

يجب أن يتكون مصرف المياه المركبة من نواة مصنّعة ذات جانب واحد أو كلا الجانبين مغطى بطبقة من نسيج المرشح (AASHTO, 2020).

يكون الجوهر المصنع إما شبكة بلاستيكية منقوشة مسبقًا، أو حصيرة من ألياف بلاستيكية عشوائية الشكل، أو شبكة تصريف تتكون من نمط موحد من خيوط بوليمرية تشكل مجموعتين من قنوات التدفق المستمر، ونظام من الأعمدة البلاستيكية، والتوصيلات التي تشكل شبه حصيرة صلبة، أو أي نظام آخر اعتمده المهندس، ويُجرى تدفق المياه المحدد في المخططات.

ربط نسيج المرشح بشكل متكامل بالمواد الأساسية، ويجب أن يفي بمتطلبات القسم الفرعي (٣-٢-٢-٢).

يجب أن يقدم المقاولُ للمهندس شهادة موقعة من الشركة المصنعة تفيد بأن الاستخدام المقترح لمصرف تجميع التربة يمكن أن يتحمل أحمال التصميم في جميع المواقع المخطط لها دون تقليل القدرة الامتصاصية لفراغات الصرف المصممة عبر ارتفاع أو طول المصرف بشكل كبير.

٣-٢-٢-٥ شبكة الجدار الحجري وسلك الربط:

يجب أن تفي شبكة الجدار الحجري وأسلاك الربط بالمتطلبات الموضحة أدناه (AASHTO, 2020):

- سلك منسوج. يجب استخدام قماش شبكي بمقاس ٥٠ × ١٠٠ ملم، مع أسلاك قياس ملتوية مكونة من شريطين (١٢ درجة)، تتوافق مع مواصفة AASHTO M279 (أو ASTM A116)، الفئة ١ فئة أفضل.
- أسلاك وشبيكات ربط. يجب استخدام سلك فولاذي أملس مجلفن بمقاس (١٢,٥). بدلاً من شبيكات الربط، ما يجب استخدام حلقات مضخة مجلفنة بمقاس ٩ عند مسافات ١٠٠ ملم.
- أوتاد الصلب. يجب توفير أوتاد من الصلب بطول ١,٥ متر أو أكثر بطول ٧٥ملم من المواسير القياسية ذات القطر الخارجي أو ١٠٠× ١٠٠ × ١٠ ملم.

٣-٢-٢-٦ المونة:

يجب أن يتألف المونة المستخدم من رمل الحجر المرصوف من الرامل والأسمنت والماء المخلوط بنسبة ١: ٣ من الأسمنت إلى الرمل، ويجب أن يفي باشتراطات مواصفة ASTM C270 (AASHTO, 2020).

يجب أن يكون الأسمنت المستخدم من النوع (V) المقاوم للكبريتات، أو الأسمنت البورتلاندي العادي من النوع I، فيما عدا أي نوع آخر محدد في المواصفات الخاصة ومطابق لمتطلبات ASTM C150. يُورَّد الأسمنت من مصادر معتمدة، وتُرفق شهادات ضمان المصدر المعتمدة والمصادق عليها حسب الأصول مع شحنات الأسمنت.

تكون المياه المستخدمة في الخلط خالية من المواد الضارة، مثل: الزيوت، والأحماض، والقلويات، والطين، والطمي، والمواد العضوية. ويجب ألا تحتوي على أكثر من ١,٠٠٠ وحدة في المليون من الكلوريد أو الكبريتات. ولا تتطلب جودة المياه الصالحة للشرب أي اختبار. كما يجب اختبار المياه ذات الجودة المشكوك فيها وفقًا لمواصفة ASTM C1602.

ويجب أن يفي الرمل المستخدم بمتطلبات AASHTO M45 (أو ASTM C144).

ويجب أن يقدم المقاول تصميم الخليط المقترح للمهندس لاعتماده قبل بدء العمل.

٣-٢-٢-٧ خرسانة دكة الحجارة المعزولة:

يجب أن تتكون خرسانة دكة الحجارة المعزولة من الرمل النظيف أو رمل مغسول وحصى وأسمنت وماء (AASHTO, 2020). يحتوي الخليط على الأقل على ٢٢٥ كجم/ م^{٣} من الأسمنت البورتلاندي وماء كافٍ للحصول على منحدر من ٧٥ إلى ١٢٥ ملم، ويجب أن يقدم المقاول تصميم الخلطة المقترح للمهندس لاعتماده قبل بدء العمل.

يجب أن تصنع أكياس دكة الحجارة من الخيش أو أي قماش آخر ذا مقاومة مساوية أو أكبر. تكون الأكياس بمقاس ٥٠٠ × ٩٠٠ ملم تقريبًا داخل اللحامات عند وضع الكيس بشكل مسطح وبسعة تقريبية قدرها ٠,٣٥ م^{٣}. يمكن استخدام أكياس سليمة وأكياس معاد تدويرها.

٣-٢-٢-٨ مونة مطبق بتقنية الهواء المضغوط:

يجب استخدام تصميم للخلط يوفر نسبة لا تقل عن ١: ٥ من أسمنت إلى الإجمالي (AASHTO, 2020).

يمكن للمقاول استبدال ما يصل إلى ٣٠٪ من الركام الخشن الذي يفي بمتطلبات التدرج الواردة في جدول (٣-٥)، وفقًا لمواصفة AASHTO M43، للركام الناعم. كما يمكن للمقاول استخدام المواد المستردة النظيفة والخالية من المواد الغريبة، بكميات لا تزيد عن ٢٠٪ من إجمالي الركام الناعم.

الجدول (٣–٥) التدرجات الكلية الخشنة للمونة.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن (٪)	
	١	٢
١٢,٥ (١/٢ بوصة)	١٠٠	١٠٠
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	من ٨٥ إلى ١٠٠	من ٩٠ إلى ١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	من ١٠ إلى ٣٠	من ٢٠ إلى ٥٥
٢,٣٦ (رقم ٨)	من ٠ إلى ١٠	من ٥ إلى ٣٠
١,١٨ (رقم ١٦)	من ٠ إلى ٥	من ٠ إلى ١٠
٠,٣ (رقم ٥٠)		من ٠ إلى ٥

ويجب تعديل محتوى الماء ليكون منخفضًا - لأقل درجة عملية - لضمان رطوبة الخليط بدرجة كافية للالتصاق على نحو صحيح، ولكن يكون جافًا بدرجة كافية، بحيث لا يتدلى أو يسقط من الأسطح الرأسية أو المائلة أو ينفصل في العمل الأفقي.

يجب أن يقدم المقاول تصميم الخلطة المقترح للمهندس لاعتماده قبل بدء العمل.

٣-٢-٩-٢ الأسمنت البورتلاندي الخرساني

يجب أن تتوافق الخرسانة الأسمنتية البورتلاندية المستخدمة في رصف المنحدرات المصبوبة مع المتطلبات النوعية للجدول (٣-٦)، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد.

الجدول (٣–٦) متطلبات خرسانة الأسمنت البورتلاندي لرصف المنحدرات.

محتوى الأسمنت (كجم/م^3)	نسبة الماء/ الأسمنت (كجم/ كجم)	الانحدار (ملم)	الفراغات الهوائية (٪)	الحد الأقصى لحجم الركام (ملم)	مقاومة الانضغاط المحددة لمدة ٢٨ يومًا (ميجا باسكال)
٣٥٠ دقيقة	٠,٥ كحد أقصى	١٢٥ كحد أقصى	٤ دقائق	١ ٣٧,٥	٢٥ دقيقة
ملاحظة: يجب أن يتوافق التدرج مع AASHTO M43					

يجب أن يقدم المقاول تصميم الخلطة المقترح للمهندس لاعتماده قبل بدء العمل.

٣-٢-١٠-٢ المونة:

يجب أن تضمن المونة المستخدم في رصف منحدرات خرسانية مسبقة الصب مقاومة ضغط لمدة ٢٨ يومًا تبلغ ١٣ ميجا باسكال، وتكون متناسبة على النحو الموضح أدناه: جزء واحد من الأسمنت البورتلاندي، ٠,٢٥ إلى ٠,٥ جزء من الجير المطفأ و٢,٢٥ إلى ٣ أجزاء من الرمل (AASHTO, 2020). ويجب خلط المكونات يدويًا أو آليًا بما يكفي من الماء لتوفير مزيج عملي.

ويجب استخدام المونة في غضون ١,٥ ساعة وقبل الإعداد الأولي.

يقدم المقاول تصميم الخلطة المقترح للمهندس لاعتماده قبل بدء العمل.

٣-٢-١١-٢-٣ كتل الخرسانة الأسمنتية البورتلاندية مسبقة الصب وأشكالها:

يجب استخدام كتل الإنشاء الخرسانية المستطيلة أو المجزأة - وعند التحديد - تُستخدم أطراف التشكيل للتشابك عند الفواصل الرأسية. وتُستخدم الكتل الصلبة التي تلبي متطلبات ASTM C129 أو C139 أو C90، والكتل المجوفة التي تلبي متطلبات ASTM C90، وتتوافق مع الأبعاد المحددة (AASHTO, 2020).

وحدات الصب بأشكال حديدية. يجب استخدام الخرسانة الإنشائية التي تصل إلى مقاومة ضغط تبلغ ٢٨ يومًا، وتبلغ ٢١ ميجا باسكال، على النحو المحدد وفقًا لمواصفة AASHTO T22. ويجب التأكد من احتواء الخرسانة الممتلئة بالهواء على محتوى هواء بنسبة ٦ ± ١,٥٪، ومعالجة الوحدات مسبقة الصب وفقًا لمواصفة AASHTO M170 (أو ASTM C76)، مما يضمن ألا يتجاوز امتصاص الماء في النوى الفردية ٨٪، على النحو المحدد وفقًا لمواصفة ASTM C642. ويجب تأمين حديد تسليح إضافي، حسب الضرورة، لمعالجة الوحدات مسبقة الصب.

يجب توفير الأسطوانات المصبوبة من كل دفعة خرسانية أو حمولة شاحنة خلاطة الخرسانة، لتوفير أسطوانتين على الأقل لاختبارات الضغط خلال ٧ و١٤ و٢٨ يومًا. إذا استوفيت متطلبات المقاومة المحددة خلال ٧ أو ١٤ يومًا، يمكن اعتماد الوحدات للاستخدام لمدة ١٤ يومًا من تاريخ الصب.

ويجب توفير وحدات الرفض ذات المساحات المتشققة، أو التي تشبه خلايا النحل، أو المرقعة التي تزيد مساحتها عن ٢٠,٠٠٠ ملم^{٢}.

كما يجب تأمين أقسام رافعات غرف التفتيش وملحقاتها من الخرسانة المسلحة مسبقة الصب، التي تتوافق مع AASHTO M199 (أو ASTM C478).

٣-٢-١٢-٢-٣ حديد التسليح:

يجب يتوافق التسليح مع الأحكام الواردة في الجزء الفرعي (٧-٢-٨).

٣-٢-١٣-٢-٣ حشو فواصل التمدد:

يجب تتوافق مواد تعبئة الفواصل مع الأحكام الواردة في الجزء الفرعي (٧-٢-٩).

٣-٢-٣ أساليب الإنشاء:

٣-٢-٣-١ تجهيز المنحدر:

يجب تشكيل المنحدرات، بحيث يمكن تثبيت حماية المنحدرات المحددة وأي تغطية مطلوبة أو حصى المرشح بالسمك الكامل. ويجب ألا تكون المنحدرات أكثر انحدارًا من الزاوية الطبيعية لثبات المنحدر، ويجب الانتهاء منها في حدود التفاوت المسموح به في المواصفات الخاصة، أو وثائق العقد. وعندما لا يمكن حفر المنحدرات لمواد غير متضررة، يجب ضغط المادة الأساسية إلى كثافة قياسية ٩٥٪ وفقًا لمواصفة AASHTO T99.

٣-٢-٣-٢ الفرش:

قبل وضع التكسية الوقائية أو الرصف المنحدر؛ توضع طبقة من حصى المرشح أو قماش المرشح، في حال تحديد ذلك على المخططات. ويجب تشكيل طبقة حصى المرشح لتوفير الحد الأدنى من السماكة المحددة.

٣-٢-٣-٣ مرشح النسيج:

عند تحديد ذلك في الرسومات، يجب فرد قماش المرشح بشكل موحد على المنحدر أو السطح المعد. ويجب لف القماش مباشرة على السطح للخطوط والأبعاد الموضحة، لضمان وضع القماش، لتجنب أي تمزق أو ثقب أو إزاحة. ويجب تراكب نسيج المرشح بحد أدنى ٣٠٠ ملم في كل اتجاه، ويُثبت في موضعه بوسائل تثبيت معتمدة. ولن يُسمح باستخدام المعدات المتعقبة أو ذات العجلات على المنحدرات المغطاة بالقماش.

٣-٢-٣-٤ تصريف التكسية الأرضية:

يجب تركيب فتحات تصريف التكسية الأرضية في الأماكن الموضحة بالرسومات، وحيث يوجه المهندس ذلك. وبناءً عليه، يتم تركيب أنظمة التجميع والتفريغ، على النحو الموضح في المخططات، أو حسب توجيهات المهندس.

ويجب وضع التمويجات الموجودة على الأغطية البلاستيكية غير النفاذة، المستخدمة في صنع المادة الأساسية؛ لتصريف الأرض المركبة بشكل عمودي تقريبًا على نظام تجميع التصريف.

عندما يكون هناك نسيج مرشح على جانب واحد فقط في فتحة تصريف التكسية الأرضية، يجب وضع التصريف بحيث يواجه جانب قماش المرشح الجسر الترابي. ويجب أن يتداخل القماش الذي يواجه جانب الجسر الترابي عند كل تقاطع بحد أدنى ٧٥ ملم، وأن يلتف حول الحدود الخارجية بحد أدنى ٧٥ ملم، إذا كانت هناك حاجة إلى مزيد من القماش لتوفير تداخل عند اللحامات، والتفاف حول الحواف، فيجب أن يتداخل مع نسيج التصريف المركب بمقدار ١٥٠ملم على الأقل وأن يتم ربطه به.

في حالة تمزق أو النسيج الموجود على فتحة تصريف التربة أو ثقبه، يجب استبدال الجزء التالف بالكامل، أو إصلاحه من خلال تغطية المنطقة التالفة، ومنطقة التداخل التي يبلغ قطرها ١٥٠ملم بقطعة قماش.

٣-٢-٣-٥ دكة الحجارة بالأحجار:

قبل الشروع في أعمال دكة الحجارة بالأحجار، يجب على المقاول إنشاء خندق عند مستوى اقتران المنحدر مع مستوى الأرض الطبيعي. ما لم ينص على خلاف ذلك في وثائق العقد، يجب ألا يقل عرض الخندق عن سماكة طبقة الحماية المراد بناؤها، ولا يقل عمقها عن ٦٠ سم.

دكة الحجارة بالأحجار الموضوعة باليد. يجب وضع الأحجار الكبيرة أولاً مع فواصل وثيقة، عند تحديد وضع الأحجار باليد. ويجب وضع الحجارة الكبيرة في الخندق السفلي. ويجب وضع الأحجار بحيث يكون محورها الطولي طبيعيًا على جهة الجسر الترابي، وتُملأ الفراغات بين الأحجار الكبيرة بالحجارة الصغيرة والقصاصات.

دكة الحجارة الحجر الموضوعة من خلال آلة. عند تحديد آلة وضع الأحجار، يكون فيما بينها الحد الادنى من الفراغات. ويجب وضع الحجارة الكبيرة في الطبقة الصغرى، وعلى السطح الخارجي لحماية المنحدر. وقد توزع الجرافات أو الآلات المناسبة الأخرى الحجارة في طبقات بمجرد إلقائها في الموقع المطلوب. بعد الانتهاء من أعمال حماية المنحدرات، يتم ملء الخندق السفلي بالمواد المحفورة؛ ولا يتطلب إجراء الدمك.

يوضع الحجر تحت الماء بطرق خاضعة للرقابة باستخدام دلاء التفريغ السفلية، أو سلال الحبال السلكية التي يتم إنزالها عبر الماء إلى نقطة وضعها. ولا يمكن إلقاء الأحجار بحرية، ما لم يأذن المهندس بذلك.

دكة الحجارة بالحجر المونة. يجب وضع الحجارة على المنحدر على النحو المحدد أعلاه. بعد وضع الحجر وتنظيف الحجارة من الطين والمواد الضارة والترطيب المناسب، يُستخدم المونة. يُطبق المونة عندما يكون الحجر رطبًا، ويوضع المونة في الفجوات؛ لملء الفراغات تمامًا.

عندما يكون العمق أكبر من ٣٠٠ ملم، يجب وضع الحجر في روافع ٣٠٠ ملم، ويتم رص كل رافع قبل وضع الرافع التالي. ويجب توخي الحذر عند إنشاء وجص كل رافعة تالية قبل تثبيت المونة في الرافع السابق.

بعد وضع المونة، يجب على المقاول تنفيذ أعمال الترطيب والمعالجة، عن طريق رش الماء والنقع أو تغطيته بأكياس من الجوت المبلل وتغطية تلك الأكياس بأغطية بلاستيكية. كما يجب على المقاول ترطيب أكياس الجوت مرتين على الأقل يوميًا، وإعادة تغطيتها بالبلاستيك، أو يمكن له وضع أغشية المعالجة، وفقًا للمواصفات الخاصة أو تعليمات المهندس. يجب ألا تقل فترة المعالجة عن المدة المحددة في المواصفات الخاصة، أو ثلاثة أيام، بالنظر إلى أيهما أقل.

ويجب حفر فتحات التصريف، من خلال الرافعة حسب توجيهات المهندس، أو الموضح في المخططات.

٣-٢-٣-٦ دكة الحجارة للخرسانة الجاهزة:

يجب تعبئة الأكياس بحوالي ٠,٣ م^{٣} من الخرسانة، وترك مساحة في الأعلى لطيها، وإبقاء الخرسانة في مكانها، ثم وضع الأكياس وتسويتها لتتناسب مع سطح الأرض والأكياس المجاورة.

ويجب توفير أساس بسمك مزدوج من خلال الطبقتين الأوليتين. ويشكل الصف المزدوج من النقالات (أي البعد الطويل للأكياس الموازية لكفاف المنحدر) المستوى والمجاور لبعضهما البعض في خندق مشذب بعناية أول طبقة أساسية. يوضع الخندق كما هو محدد في المخططات أو حسب توجيهات المهندس. يجب قطعه إلى العمق والعرض المناسبين لاستيعاب وضع أول طبقتين أساسيتين في التأسيس وتقليصه إلى المنحدر على مسافة كافية للسماح بوضع اللاحق للشق. وضع صف من الرؤوس (أي أكياس ذات أبعاد طويلة بزوايا قائمة على النقالات) مباشرة فوق الصف المزدوج للنقالات لطبقة الأساس الثانية. وتتكون الطبقات المتبقية من النقالات، وتوضع مع فواصل متداخلة.

قبل إضافة الطبقة التالية، تُنظف أسطح الأكياس من الأوساخ والرواسب. ويجب وضع النقالات بحيث لا تكون نهاياتها المطوية بجانب بعضها البعض، بينما يجب وضع الرؤوس بحيث تواجه ثناياها الأرض. ولا يمكن ترتيب أكثر من أربع طبقات رأسية للأكياس في أي طبقة، حتى توضع المجموعة الأولية في الطبقة الأولى.

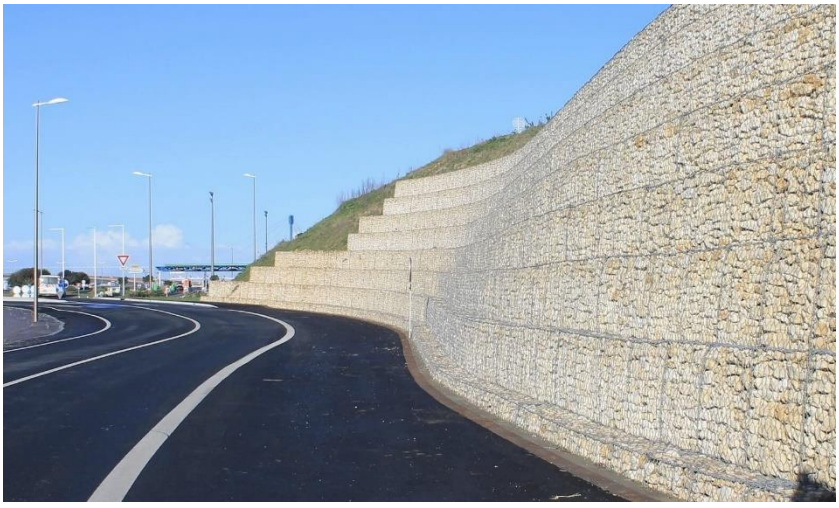
ويجب حفر خندق صغير خلف صف الأكياس وملئه بالخرسانة الجديدة قبل تثبيت الطبقة التالية من الأكياس، إذا لم يكن هناك حمل أو رابطة كافية للخرسانة نتيجة التأخير في وضع الطبقات اللاحقة من الأكياس. في أي مستوى، قد تكون هناك حاجة إلى طبقات أخرى لإضافة المزيد من الاستقرار.

يجب أن يتم معالجة الكسارة الخرسانية المبللة بغطاء من التربة الرطبة أو بالرش برذاذ جيد من الماء كل ساعتين خلال النهار لمدة ٤ أيام.

يجب عمل فتحات سحب من خلال الرافعة كما هو موضح في المخططات، أو حسب توجيهات المهندس.

٣-٢-٣-٧ الجدران الحجرية:

يجب تصنع الجدران الحجرية بحيث يمكن تجميع الجوانب والنهايات والغطاء والأغشية في موقع الإنشاء في سلاسل مستطيلة بالحجم المحدد كما هو موضح في الشكل (٣-١).



الشكل (٣–١) جدران حجرية (المصدر: Maccaferri).

عندما يكون طول الجدران الحجرية أكبر من عرضها الأفقي، يجب استخدام أغشية من نفس الشبكة والمقياس مثل جسم الجدران الحجرية لتقسيم الجدران الحجرية بالتساوي إلى خلايا لا يتجاوز طولها عرضها الأفقي.

يجب تأمين جميع حواف المحيط بحيث تكون للفواصل المتكونة بربط الحواف مقاومة مساوية على الأقل لجسم الشبكة. يجب توفير أسلاك الربط والتوصيل بكميات كافية لربط جميع حواف التراب والأغشية بإحكام. تأكد من توفير ما لا يقل عن أربعة أسلاك توصيل متقاطعة في كل خلية بارتفاع يزيد عن ٣/٢ العرض وسلكين متصالبين على الأقل في كل خلية بارتفاع يتراوح بين ٣/١ وعرض ٣/٢. يجب أن تستخدم أسلاك ربط بمسافات لا تزيد عن ١٥٠ملم لتوصيل السلال المجاورة وتأمين أغطية السلة. ويجب أن تكون الفواصل الرأسية في العمل المنجز متداخلة عند حوالي ٣/١ أو ١/٢ طول السلال الكاملة. ويجب أن تكون أسلاك الربط الداخلية متباعدة بشكل موحد ومثبتة بإحكام في كل خلية من المنشأ.

يجب أن يتم ضبط وحدات الجدران الحجرية الفارغة على الخط والدرجة كما هو موضح في المخططات أو حسب توجيهات المهندس. الحشوة الحجرية الجدران الحجرية بالحجارة الموضوعة باليد أو بالآلة بطريقة تضمن المحاذاة وتجنب الانتفاخات مع الحد الأدنى من الفراغات. تملأ التراب التي يزيد ارتفاعها عن ٦٠٠ملم في طبقات لا يزيد ارتفاعها عن ٣٠٠ ملم، بينما تملأ التراب الأقل ارتفاعًا في طبقتين متساويتين تقريبًا.

بعد ملء الحشوة الحجرية، يجب أن يتم ثني الغطاء حتى يلتقي بالجوانب والحواف. يتم بعد ذلك تثبيت الغطاء على الجوانب والنهايات والأغشية برباط أو أسلاك توصيل للتجميع.

٣-٢-٣-٨ رصف منحدر خرساني:

يتكون هذا العمل من رصف منحدرات خرسانية مسبقة الصب في المكان. يجب أن يتم إنشاء رصف منحدر مصبوب في الموقع باستخدام إما خرسانة الأسمنت البورتلاندي أو مونة مطبقة بالهواء. قبل البدء في أعمال رصف المنحدرات الخرسانية، يجب يقدم المقاول رسومات العمل التي توضح بالتفصيل المواد المقترحة وخصائص الإنشاء والأداء للموافقة عليها. بناءً على تعليمات من المهندس، ينشئ المقاول جزء تجريبي يوضح للموافقة طريقة التركيب وتوزيع الأشكال.

رصف المنحدر المصبوب في المكان. يجب أن يتم خلط الخرسانة الأسمنتية البورتلاندي ووضعها وفقًا للأحكام الواردة في الجزء (٧-٤).

عندما يكون المنحدر شديد الانحدار بحيث لا يسمح باستخدام الخرسانة المبللة بدرجة كافية للتدفق مع الحك، يجب دك الخرسانة حتى تتماسك وسطح المونة بسمك ٦ ملم، ويتم دكه على الفور.

بالنسبة للخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع، يحضر المقاول السطح لتركيب حديد التسليح.

قبل الصب، يجب على المقاول ترطيب القوالب والفولاذ والأسطح التي سيتم تنفيذ الأعمال عليها. يجب صب الخرسانة بطريقة تمنع حدوث الفصل. يجب أن يبدأ الصب من أسفل المنحدر باتجاه القمة. بعد نزع الخرسانة إلى درجة التسوية، يجب أن يتم تعويم الخرسانة يدويًا بعوامات خشبية. تنظيف السطح بالكامل بمكنسة دفع ناعمة الملمس لإنتاج سطح موحد مع وجود علامات مكنسة موازية لحواف اللوحة. قبل عملية الكنس يجب أن يتم تشكيل الحواف والفواصل بحافة نصف قطرها ٦ ملم.

يجب أن تركب فواصل التمدد بشكل عرضي على مسافات ٦ أمتار، ويجب أن يتم تركيب فواصل التمدد الطولية في المواقع الموضحة في المخططات. يجب أن تملأ فواصل التمدد بوصلة حشو بسمك ١٢ ملم.

يجب معالجة المونة المطبقة بالهواء المضغوط بالماء لمدة لا تقل عن ٩٦ ساعة. يجب أن تتوافق معالجة الخرسانة المصبوبة في الموقع مع أحكام الجزء الفرعي (٧-٤-٤).

يجب أن يتم عمل فتحات سحب من خلال رصف المنحدرات مع ٠,٦ م^{٣} من مادة الردم السابقة ملفوفة بقماش المرشح كما هو موضح في المخططات أو حسب توجيهات المهندس.

عند الانتهاء من العمل، تُملئ خنادق الركائز بالمواد المحفورة؛ لن يكون الضغط مطلوبًا.

رصف منحدر مسبق الصب. يجب أن توضع الألواح والكتل والأشكال سابقة الصب على طبقة من الرمل بقطر ٧٥ ملم. يجب أن توضع القوالب والأشكال بشكل جيد لتوفير سطح مستوٍ وبطانة صلبة. عند الحاجة إلى الحشو، يتم رص الكتل في رابطة جارية بطول موازٍ للمنحدر وبفواصل ٦ ملم. في المناطق المراد رصها، بعد وضع الكتل، يجب أن تفرش كمية كافية من رمال المونة على السطح وتندفع في الفواصل لملء الأخير حتى ١٠٠ملم من السطح. قبل وضع أي مونة، يُسمح به عند درجات حرارة أعلى من ٥ درجة مئوية، يجب ترطيب الكتل. تملأ الفواصل بالمونة المتدفق مع قمة البلوك. بعد أعمال الحشو وبعد ضبط المونة مبدئيًا، يجب ترطيب الكتل وتغطيتها ومعالجتها بأغطية أو أغطية معالجة للأيام السبعة الأولى بعد الحشو.

٣-٢-٤ معايير القبول:

٣-٢-٤-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، وعليه يجب جمع وتوثيق ويجب تقييم النتائج للتأكد من أن المواد الخام عند المصدر، والأعمال المنفذة لحماية المنحدرات ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٣-٧) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والأعمال المنجزة، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماحية. يقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبارات وشهادات الشركة المصنِّعة إلى المهندس.

الجدول (٣–٧) متطلبات ضبط الجودة لأعمال حماية المنحدرات.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
المواد الخام	جودة حصى دكة الحجارة وتدرجها	من المصدر	شهادة المطابقة من الشركة الصانعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر أو عند ملاحظة تغيير في المواد	الجودة والتدرج (الجزء ٣-٢-٢-١)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-١)
	تصفية التدرج الكلي الكلي			AASHTO T27	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٢)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
	تصفية مقاومة النسيج وخصائص أخرى		شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	AASHTO M288	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٣)
	خصائص شبكة الجدار الحجري وربط الأسلاك				القسم الفرعي (٣-٢-٢-٥)
	تسليح خصائص جودة الفولاذ			الجودة (الجزء ٣-٢-٢-١٢)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-١٢)
	خصائص جودة حشو فواصل التمدد			الجودة (الجزء ٣-٢-٢-١٣)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-١٣)
خلطات ركام الأسمنت	خصائص جودة المونة	من المصدر	شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	الجودة (الجزء ٣-٢-٢-٦)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٦)
	خصائص جودة المونة			الجودة (الجزء ٣-٢-٢-١٠)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-١٠)
	خصائص جودة المونة المطبق بالهواء المضغوط			الجودة (الجزء ٣-٢-٢-٨)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٨)
الخلطات الخرسانية الأسمنتية البورتلاندي	خصائص جودة الخرسانة المقذوفة	من المصدر	شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	الجودة (الجزء ٣-٢-٢-٧)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٧)
	الكتل الخرسانية الأسمنتية البورتلاندية سابقة الصب وخصائص جودة الأشكال			الجودة (الجزء ٣-٢-٢-١١)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-١١)
	خصائص جودة الأسمنت البورتلاندي	في المصدر وموقع المشروع	شهادة المطابقة من الشركة الصانعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر و اختبار واحد لكل ١,٠٠٠ م^{٣} أو اختبار واحد في كل يوم عمل أيهما أقل	الجودة (الجزء ٣-٢-٢-٩)	القسم الفرعي (٣-٢-٢-٩)
الأعمال المنجزة	جودة العمل	موقع المشروع	كل يوم عمل	الفحص العيني	

٣-٢-٤-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار والفحص للتأكد من أن جودة المواد والقاعدة الترابية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. تُنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من جانب الجهة المسؤولة.

٣-٢-٥ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات المادة المعدة باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع والمعدة باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين بالأمتار المكعبة بعد وضعها ودمكها بالسماكة المحددة وضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس. يجب أن تقاس أعمال الكشط على البارد (بعمق محدد) بالمتر المربع ضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء القاعدة الترابية على النحو المُحدد. يتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٣-٨).

الجدول (٣–٨) تعمل حماية المنحدرات دفع البنود.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,١	دكة الحجارة الحجر	م^{٣}
٣,٢	دكة الحجارة لحجر المونة	م^{٣}
٣,٣	دكة الحجارة للخرسانة الجاهزة	م^{٣}
٣,٤	جداران حجرية	م^{٣}
٣,٥	رصف منحدر خرساني مصبوب في المكان	م^{٣}
٣,٦	رصف منحدر خرساني مسبق الصب	م^{٣}
٣,٧	مرشح النسيج	م^{٢}

٣-٣ أنظمة الاحتفاظ بالأرض:

٣-٣-١ الوصف:

يجب أن يتكون هذا العمل من تجهيز وتركيب أنظمة تثبيت الأرض، بما في ذلك حفر الهيكل، في المواقع الموضحة على المخططات، أو حسب طلب المهندس، باتباع هذه المواصفات ومطابقة للخطوط والدرجات الموضحة في المخططات أو التي وضعها المهندس. تشمل أنظمة الاحتفاظ بالأرض جدران الجاذبية الخرسانية والإنشاء، والجدران الاستنادية الخرسانية المسلحة، والجدران الخلوية، والجدران الأرضية المستقرة ميكانيكيًا. يجب أن يتألف حفر الهيكل من إزالة جميع المواد، مهما كانت طبيعتها، اللازمة لإنشاء أسس للجدران الاستنادية، وإذا لم يُحدّد خلاف ذلك، وضع جميع الردم الضروري.

٣-٣-٢ المواد:

٣-٣-٢-١ مواد ردم الهيكل:

٣-٣-٢-١-١ عام:

يجب أن تتكون مواد ردم الإنشاء من مادة خالية من المواد العضوية أو غيرها من المواد غير المناسبة حسب ما يحدده المهندس. بالنسبة لارتفاعات الجدران التي تزيد عن ٦ أمتار، يجب تتوافق مواد الردم المستخدمة مع متطلبات التدرج الخاصة بالجدول (٣-٩) ما لم ينص على خلاف ذلك. يجب أن يُحدّد التصنيف وفقًا لمواصفة AASHTO T27.

الجدول (٣–٩) متطلبات الدرجات لإعادة ملء الهيكل (AASHTO, 2020).

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن (٪)
٧٥ (٣ بوصة)	١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	من ٣٥ إلى ١٠٠
٠,٦ (رقم ٣٠)	من ٢٠ إلى ١٠٠
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	من ٠ إلى ١٥

٣-٣-٢-١-٢ الجدران الداعمة (Crip wall) والجدران الخلوية:

ويجب أن تتكون مواد الردم الإنشائية للجدران الداعمة والجدران الخلوية من مواد خالية من المواد العضوية أو غيرها من المواد غير المناسبة على النحو الذي يحدده المهندس. بالنسبة لارتفاعات الجدران التي تزيد عن ٦ أمتار، يجب أن تتوافق مواد الردم المستخدمة مع متطلبات التدرج الخاصة بالجدول (٣-١٠) ما لم ينص على خلاف ذلك. يجب أن يُحدّد التصنيف وفقًا لمواصفة AASHTO T27.

الجدول (٣–١٠) متطلبات الدرجات لردم الحفر والجدران المسامية (AASHTO, 2020).

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن (٪)
٧٥ (٣ بوصة)	١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	من ٢٥ إلى ٧٠
٠,٣ (رقم ٥٠)	من ٥ إلى ٢٠
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	من ٠ إلى ٥

٣-٣-٢-١-٣ الجدران الأرضية المستقرة ميكانيكياً:

يجب أن تتكون مواد الردم الإنشائية للجدران الأرضية المثبتة ميكانيكيًا من مواد خالية من المواد العضوية أو غيرها من المواد غير المناسبة على النحو الذي يحدده المهندس. يجب أن تفي مواد الردم المستخدمة بمتطلبات التصنيف للجدول (٣-١١) ما لم ينص على خلاف ذلك. يجب أن يُحدّد التصنيف وفقًا لمواصفة AASHTO T27.

الجدول (٣–١١) متطلبات الدرجات لردم جدران الأرض المستقرة ميكانيكيًا (AASHTO, 2020).

حجم المنخل **ملم**	**نسبة المرور بالوزن (٪)**
١٠٠ (٤ بوصة)	١٠٠
٠,٤٢٥ (رقم ٤٠)	من ٠ إلى ٦٠
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	١٥-٠ [١]
ملاحظة: ١- مؤشر اللدونة (PI) أقل من ٦، كما تم اختباره وفقًا لمواصفة AASHTO T90.	

يجب أن تظهر المادة المستخدمة زاوية احتكاك داخلي لا تقل عن ٣٤ درجة، وفقًا للاختبار وفقًا للمواصفة (AASHTO T236) (أو ASTM 3080). يجب إجراء الاختبار على جزء أدق من منخل ٢ملم (رقم ١٠)، باستخدام عينة من المادة مضغوطة بنسبة ٩٥٪ من (AASHTO T99)، بالطرق ج أو د (مع تصحيح كبير الحجم) عند محتوى الرطوبة الأمثل. لا يلزم إجراء اختبار لعمليات الردم حيث ٨٠٪ من الأحجام أكبر من ٢٠ ملم، علاوة على ذلك، و يجب أن يكون فقدان سلامة كبريتات المغنيسيوم للمادة أقل من ٣٠٪ بعد أربع دورات وأن تكون خالية من الصخر الزيتي أو الجزيئات اللينة الأخرى ضعيفة التحمل.

استخدام تسليح التربة الفولاذية جنبًا إلى جنب مع الردم الذي يلبي المواصفات في الجدول (٣-١٢).

الجدول (٣–١٢) متطلبات الردم المستخدمة مع حديد التسليح(AASHTO, 2020).

خاصية	طريقة اختبار	متطلبات
pH	AASHTO T289	من ٥ إلى ١٠
المقاومة (أوم)	AASHTO T288	٣٠ دقيقة
محتوى الكلوريد (جزء في المليون)	AASHTO T291	١٠٠ كحد أقصى
محتوى الكبريتات (جزء في المليون)	AASHTO T290	٢٠٠ كحد أقصى

٣-٣-٢-٢ مواد منفذة:

يجب أن تكون المواد القابلة للنفاذ لأغراض الصرف خالية من المواد العضوية أو كرات الطين أو المواد الضارة الأخرى. يجب أن تتكون من رمل صلب متين ونظيف أو حصى أو حجارة مكسرة أو خبث مسحوق. يجب أن تُقيّم الصلابة والمتانة والجودة وفقًا للمواصفة ASTM D4992.

٣-٣-٢-٣ مرشح النسيج:

يجب أن يفي نسيج المرشح بمتطلبات الفئة ٢، على النحو المحدد في الجدول (٢-١٠).

٣-٣-٢-٤ مواسير وأنابيب مثقبة:

يجب تحديد أنواع الأنابيب والمواسير المثقبة والأبعاد والفئات المستخدمة في أنظمة الصرف في وثائق العقد أو حسب تعليمات المهندس. الأنواع المحتملة والمتطلبات المقابلة موضحة في الجدول (٣-١٣)، بالنسبة إلى (AASHTO, 2020).

الجدول (٣–١٣) متطلبات أنابيب التصريف والأنابيب المثقبة.

النوع	المتطلبات
أنابيب خرسانية غير مسلحة	AASHTO M86 (أو ASTM C14)
أنابيب خرسانية مسلحة	AASHTO M170 أو AASHTO M242
أنابيب خرسانية مثقبة	AASHTO M175 (أو ASTM C444)
أنابيب صرف مياه خرسانية	AASHTO M178 (أو ASTM C412)
أنابيب خرسانية مسامية	AASHTO M176 (أو ASTM C654)
أنبوب تصريف مموج من البولي إيثيلين	AASHTO M252 أو AASHTO M294
أنبوب بولي بروبيلين مموج	AASHTO M330

٣-٣-٢-٥ المونة:

استخدم مونة من النوع ١-أ، وحبس الهواء، والأسمنت البورتلاندي، والركام الناعم والماء لملء الفراغات التي تقل عن ٢٠ ملم، وتعديل التدرج الرملي بحيث تمر جميع المواد عبر منخل ٢,٣٦ملم (رقم ٨). نسبة الأسمنت إلى الرمل بالحجم السائب باستخدام جزء واحد من الأسمنت إلى جزأين من الرمل. عندما يُحدّد مونة غير قابل للتقلص، استخدم إما خليط غير متقلب أو أسمنت هيدروليكي موسع يتوافق مع ASTM C845. استخدم كمية كافية من الماء فقط بحيث تشكل الهاون كرة عند الضغط عليها برفق في اليد.

تخلط بالطرق اليدوية أو بآلات خلط من نوع مجداف دوار. استمر في الخلط حتى تمتزج جميع المكونات جيدًا. ضع المونة في غضون ساعة واحدة. لا تعيد عن طريق إضافة الماء.

٣-٣-٢-٦ عناصر الخرسانة مسبقة الصنع والصب في المكان:

يجب أن تتوافق المواد المستخدمة في صناعة العناصر الخرسانية مسبقة الصب والصب في مكانها مع متطلبات الجزء ٢-٧(٢-٧). أعضاء فريق التمثيل فقط بعد الموافقة على رسومات العمل. استخدم طرق مسبقة الصب للعناصر المصبوبة في المكان عند الموافقة عليها.

عندما تُصنّع العناصر مسبقة الصب في ساحات الصب المنشأة، يجب أن تكون الشركة المصنعة مسؤولة عن المراقبة المستمرة لجودة جميع المواد ونقاط مقاومة الخرسانة. ويجب إجراء الاختبارات باتباع طرق AASHTO أو ASTM المناسبة.

يجب صب الأعضاء على أسرة صلبة أو منصات نقالة. يجب توخي الحذر الشديد في صب أسطح المحمل بحيث تنضم بشكل صحيح مع العناصر الأخرى للهيكل.

بالنسبة لوحدات مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد، يمكن صب عدة وحدات في خط واحد مستمر والتأكيد عليها في وقت واحد. يجب ترك مساحة كافية بين نهايات الوحدات للسماح بالوصول لقطع الأوتار بعد أن تصل الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة.

يمكن إزالة الأشكال الجانبية بمجرد ألا تؤدي إزالتها إلى تشويه سطح الخرسانة، بشرط عدم انقطاع المعالجة. يجب عدم رفع عناصر الصب إلا بعد أن تكون قوتهم كافية لمنع التلف.

عندما يتم صب الخرسانة المصبوبة في مكانها لاحقًا على الأسطح العلوية لعوارض أو عوارض سابقة الصب، يجب إنهاء هذه الأسطح إلى نسيج خشن عن طريق المكنسة باستخدام مكنسة خشنة صلبة. قبل الشحن، تُنظف هذه الأسطح من الخرسانة أو المواد الغريبة الأخرى عن طريق السفع الرملي أو طرق أخرى معتمدة.

قم بمطابقة كل عنصر مع الأجزاء المجاورة له لضمان الملاءمة المناسبة أثناء التأسيس عندما تُصمّم عناصر مسبقة الصب للتآخم معًا في العمل النهائي. محاذاة المقاطع المصبوبة؛ لتحقيق هندسة المنشأ النهائي. أثناء المحاذاة، يجب أن ُجرى تعديلات لتعويض الانحرافات.

٣-٣-٢-٧ عناصر الحشوة الأرضية:

٣-٣-٢-٧-١ عناصر الفولاذ:

يجب أن تتكون عناصر الحشوة الأرضية من ألواح القاعدة والأعمدة والنقالات والفواصل المصنوعة من ألواح الصلب المطابقة للمواصفة AASHTO M218. يجب أن تُصنع عناصر الحشوة الأرضية بحيث تكون العناصر من الحجم نفسه والسماكة الاسمية قابلة للتبديل بشكل كامل. لا يسمح بالحفر أو التثقيب أو الانجراف لتصحيح عيوب التصنيع. ولا بد من استبدال أي عناصر بها ثقوب مثقوبة بشكل غير صحيح. يجب أن تكون البراغي والصواميل والأجهزة المتنوعة مجلفنة باتباع ASTM A153.

٣-٣-٢-٧-٢ عناصر خرسانية:

يجب أن تتوافق أعضاء الخرسانة المصبوبة في الموقع مع متطلبات القسم الفرعي (٣-٣-٢-٦).

علاوة على ذلك، يجب صب أعضاء الخلية المتجانسة الخرسانية المكونة من خلايا رباعية الجوانب بارتفاع موحد وأعماق مختلفة وفقًا لمتطلبات التصنيع الموضحة في القسم الفرعي (٣-٣-٢-٦). يجب ألا تقل مقاومة الانضغاط الخرسانية لأعضاء الصب عن ٢٨ ميجا باسكال. يكون لوجه الخلية المكشوفة تشطيب من الفئة ١، كما هو محدد فيما بعد. بالنسبة للوجوه غير المكشوفة للعرض، قم بتوفير تشطيب موحد للسطح خالٍ من الجيوب المفتوحة من الركام أو تشوهات السطح التي تزيد عن ٦ ملم.

انتهاء الفئة ١. فور إزالة القوالب والزعانف والنتوءات غير المنتظمة يجب إزالتها من جميع الأسطح المعرضة أو العازلة للماء. يجب إزالة الانتفاخات والانحرافات في هذه الأسطح بأحجار كربيد السليكون أو أقراص. يجب إزالة الجيوب الصخرية الموضعية ضعيفة الترابط أو الخرسانة الخلوية واستبدالها بخرسانة سليمة أو مونة معبأة كما هو محدد في الجزء الفرعي (٣-٣-٢).

إذا كانت الجيوب الصخرية واسعة بما يكفي للتأثير على مقاومة المنشأ ماديًا أو تعريض حياة حديد التسليح للخطر، فقد يتطلب الأمر إزالة واستبدال أجزاء المنشأ المتضررة وفقًا لتعليمات المهندس.

على جميع الأسطح، يجب تنظيف التجاويف الناتجة عن روابط الشكل وجميع الثقوب الأخرى والزوايا أو الحواف المكسورة والعيوب الأخرى تمامًا، وبعد تشبعها تمامًا بالماء يجب أن تكون مدببة ومثبتة بعناية بالمونة، كما هو محدد في الجزء الفرعي (٣-٣-٢). بالنسبة للأسطح المكشوفة، أضف الأسمنت الأبيض إلى المونة للحصول على رقعة، عندما تجف، تتطابق مع الخرسانة المحيطة وتكون صحيحة وموحدة. يجب ألا يزيد عمر المونة المستخدم في التأشير عن ساعة واحدة. فرك الخرسانة إذا لزم الأمر أو استمر في المعالجة. يجب ترك فواصل الإنشاء والتمدد في الأعمال المنجزة بأدوات دقيقة وخالية من المونة والخرسانة. ترك حشو الفاصل مكشوفًا لكامل طوله بحواف نظيفة وحقيقية.

٣-٣-٢-٨ نظام مواجهة الجدار الأرضي ميكانيكيًا:

يجب أن تتكون واجهات جدار الأرض المستقرة ميكانيكيًا من ألواح خرسانية مسبقة الصب أو خرسانة مصبوبة أو قماش سلك ملحوم.

يجب أن تصنع الألواح الخرسانية مسبقة الصب والواجهات المصبوبة حسب القسم الفرعي (٣-٣-٢-٦). يجب تكون أقل مقاومة انضغاط للخرسانة ٢٨ ميجا باسكال. يجب أن يكون للوجه المكشوف تشطيب من الفئة ١، كما هو محدد في القسم الفرعي (٣-٣-٢-٧) أو المعالجة المعمارية المبينة في المخططات أو في المواصفات الخاصة أو رسومات العمل المعتمدة. بالنسبة للوجه غير المكشوف للعرض، قم بتوفير تشطيب موحد للسطح خالٍ من الجيوب المفتوحة من الركام أو تشوهات السطح التي تزيد عن ٦ ملم، يجب تحديد موقع أجهزة توصيل تسليح التربة وتأمينها بدقة أثناء صب الخرسانة ويجب ألا تلامس لوح تسليح اللوحة.

استخدام تسليح نسيج الأسلاك الملحومة المصنعة في المتجر من اجتماع الأسلاك المسحوبة على البارد AASHTO M336، مع النسيج النهائي الذي يجب أن يتوافق أيضًا مع AASHTO M336.

٣-٣-٢-٩ تسليح التربة:

يجب جلفنة تسليح التربة الفولاذية وأجهزة توصيل الصلب المستخدمة وفقًا للمواصفة AASHTO M111 (أو ASTM A123). يجب أن يتم دمك تسليح الشريط الفولاذي على الساخن بالشكل والأبعاد المطلوبة ومطابقة للمواصفة ASTM A36، الدرجة ٦٥ (الدرجة ٤٥٠).

يجب أن يتكون التسليح البوليمري من مواد أرضية صناعية من النوع والحجم المحدد في الخطط أو رسومات العمل المعتمدة والتي يجب أن تتوافق مع متطلبات AASHTO M288.

٣-٣-٣ أساليب الإنشاء:

٣-٣-٣-١ الرسومات الإنشائية للعمل:

قبل ٣٠ يومًا على الأقل من بدء العمل، يجب يقدم المقاول إلى المهندس للمراجعة والموافقة على الرسومات الإنشائية للعمل وحسابات التصميم. يجب مع مراعاة تضمين المعلومات الموضحة أدناه في التقديم:

- حسابات التصميم الكاملة التي تثبت أن التصميمات المقترحة تفي بمعايير التصميم في وثائق العقد.
- متطلبات الأعمال الترابية، بما في ذلك مواصفات المواد وضغط الردم.
- تفاصيل المراجعات أو الإضافات على أنظمة الصرف أو المرافق الأخرى المطلوبة لاستيعاب النظام.
- تفاصيل كاملة عن جميع العناصر المطلوبة للإنشاء المناسب لنظام الجدار الاستنادي، بما في ذلك المواصفات الكاملة للمواد.

يجب ألا يبدأ المقاول العمل في أي نظام تثبيت للأرض حتى تُعتمد الرسومات الإنشائية للعمل من جانب المهندس. لا تعفي الموافقة على تقديم التصميم المقاول من مسؤوليته عن إكمال العمل بنجاح.

٣-٣-٣-٢ أعمال الحفر والردم:

حفر وردم أنظمة الاحتفاظ بالأرض كما هو محدد في الجزء (٢-٤). يجب استبدال المواد المحفورة بمواد ردم المنشأ كما هو محدد في القسم الفرعي (٣-٣-٢-١). ترسيب مواد ردم الهيكل عند الجدران الاستنادية في طبقات أفقية مدمجة جيدًا لا يزيد سمكها عن ١٥٠ ملم، وترفع بشكل موحد على جميع جوانب الهيكل أو المنشأة. يجب ضغط المواد بنسبة ٩٥٪ على الأقل من أقصى كثافة، كما هو محدد وفقًا لمواصفة AASHTO T99 أو الطرق ج أو د (مع تصحيح الحجم الزائد). يجب أن تقييم كثافة المجال الموضعي لكل طبقة بطريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفات AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، أو طريقة الاختبار غير المدمرة AASHTO T310 (أو ASTM D1556).

٣-٣-٣-٣ التصريف:

توفير أعمال المنفذ عند القيعان في القطاع الطولي والأطراف المنخفضة للمزراب.

كوّة تصريف. إذا حُددت كوّات التصريف، يكون الحد الأدنى من ٠,٦ م^{٣} من المواد القابلة للاختراق مغلفة بمواد التكسية الأرضية، كما هو محدد في الأقسام الفرعية (٣-٣-٢-٢) و(٣-٣-٢-٣)، ويجب أن توضع عند كل فتحة صرف. تغطية الفواصل بين ألواح الجدران الاستنادية التي تعمل كفتحات نفاذة بقماش المرشح. يجب ان تكون ألواح الواجهات التي تستقبل التكسية الأرضية جافة وتُنظّف جيدًا من الغبار والمواد السائبة.

بطانيات الصرف. إنشاء بطانيات الصرف تتكون من مادة منفذة مغلفة بنسيج المرشح، وأنابيب التجميع، وأنابيب المخرج، وأنابيب التنظيف، على النحو المحدد في القسم الفرعي (٣-٣-٢-٤).

يجب أن يوضع نسيج المرشح على القاعدة الترابية مضغوطة على أن يكون خاليًا من المواد السائبة أو الخارجية والأشياء الحادة التي قد تتلف نسيج المرشح أثناء التركيب. يجب شد نسيج المرشح ومحاذاته ووضعه بطريقة خالية من التجعد. تتداخل الحدود المتجاورة لأعمال التكسية الأرضية من ٣٠٠ إلى ٤٥٠ ملم، وفي حالة تلف النسيج الأرضي، يجب إصلاح الجزء الممزق أو المثقوب من خلال تغطية المنطقة التالفة بقطعة قماش كبيرة بما يكفي لتغطية المنطقة المتضررة وتلبية متطلبات التداخل.

يجب وضع المادة المنفصلة في طبقات أفقية ودمجها تمامًا مع وبنفس الطرق المحددة لردم الهيكل. لن يُسمح ببركة ونفث المواد القابلة للاختراق أو مواد ردم الهيكل. أثناء انتشار وضغط المواد القابلة للنفاذ والردم أو مادة السد، يجب الحفاظ على ١٥٠ملم من هذه المواد على الأقل بين نسيج المرشح والجهاز.

وضع ماسورة التجميع المثقبة، عند الحاجة، داخل المادة المنفذة إلى ارتفاعات خط التدفق الموضحة. يجب أن توضع مواسير المخرج عند ارتخاء خط التدفق عند النهاية المنخفضة لأنبوب التجميع. تتوافق حماية الانحدار الصخري، عند الحاجة في نهاية مواسير المخرج، مع متطلبات الجزء (٣-٢). يجب أن توضع مواسير التنظيف عند النهايات العليا لأنابيب التجميع.

أنظمة التصريف الجيولوجية المركبة. يجب تركيب أنظمة صرف مركب أرضي في المواقع الموضحة على المخططات أو رسومات العمل المعتمدة. وضع مادة الصرف المركبة مركب أرضي وتثبيتها بإحكام على الوجه المحفور أو التباطؤ أو الجزء الخلفي من الجدار. عند وضع الخرسانة في مواجهة مواد تصريف التربة المركبة، يجب حماية مادة الصرف من التلف المادي وتسرب المونة.

٣-٣-٣-٤ الجدران الاستنادية الخرسانية والإنشاء والجدران الاستنادية من الخرسانة المسلحة:

عناصر الجدار الخرساني العمودي مسبقة الصب مع دعامة قاعدة خرسانية مصبوبة في المكان، كما هو محدد في الجزء الفرعي (٣-٣-٢) ، يجب دعمها وتدعيمها بشكل كافٍ لمنع الهبوط أو الإزاحة الجانبية حتى توضع خرسانة القاعدة وتحقق المقاومة الكافية لدعم عناصر الجدار.

يجب أن يُنهى السطح المكشوف للجدران الخرسانية من الدرجة الأولى، كما هو محدد في القسم الفرعي (٣-٣-٢-٧).

٣-٣-٣-٥ جدران التكسية الأرضية والجدران المسامية

إنشاء وإنهاء الأساس أو مادة طبقة القاعدة إلى الدرجة الدقيقة والمنحدر المتقاطع؛ لتحقيق المحاذاة الرأسية للوجه أو الضرب. وضع الخرسانة لمنصات التسوية أو الدعامات على جوانب الحفريات في مادة الأساس.

إنشاء جدران خرسانية أو فولاذية للمهد وجدران خلية خرسانية متجانسة كاملة مع مواد الردم داخل الخلايا التي شكلتها الأعضاء. يجب وضع عناصر التكسية الأرضية الخرسانية في طبقات متتالية في مسافات تتوافق مع التفاصيل المحددة للارتفاع المعين للجدار الجاري بناؤه. عند تقاطع رأس الخرسانة وأعضاء نقالة، يجب أن تستخدم حشوات لباد أسفلتية أو مواد أخرى معتمدة للحصول على تحمل موحد بين الأعضاء. يجب أن تتوافق أقسام العمود الصلب والنقالات والفواصل مع الطول والوزن المناسبين كما هو محدد. محاذاة هذه الأعضاء بدقة للسماح باستكمال فواصل المسامير بدون تشويه الأعضاء. تُكدّس أعضاء الخلايا المتجانسة الخرسانية ذات الأحجام المناسبة على التوالي وفقًا للتخطيط الموضح في المخططات أو رسومات العمل المعتمدة. توخي الحذر عند وضع الأعضاء لمنع تلف المفاتيح البارزة. يجب أن تُصلح المفاتيح التالفة أو غير الملائمة بالطريقة المعتمدة من المهندس.



الشكل (٣–٢) جدران سريرية الشكل (المصدر: Retaining Solutions).

يجب أن يتقدم الردم بالتزامن مع إقامة الأعضاء المكونة للخلايا. يجب وضع مواد الردم ودكها بحيث لا تزعج الأعضاء أو تتلفهم. توضع الردم في طبقات منتظمة لا يزيد سمكها عن ٣٠٠ملم ما لم يقترح المقاول خلاف ذلك ويعتمده المهندس. يجب يكون الدمك بكثافة لا تقل عن ٩٥٪ من أقصى كثافة كما هو محدد بواسطة AASHTO T99، الطريقة ج.

٣-٣-٣-٦ الجدران الأرضية المستقرة ميكانيكيًا:

يجب أن يتكون إنشاء الجدران الترابية المستقرة ميكانيكيًا من إنشاء نظام مواجه يربط به تسليح التربة من الصلب أو البوليمر (التسليح الصناعي الأرضي) ووضع مواد ردم الهيكل المحيطة بتدعيم التربة.

يجب يتم توفير لوح تسوية خرساني مسلح مسبقًا أو مصبوب في المكان، عند الحاجة، عند مستوى أساس كل لوح.

ألواح خرسانية مسبقة الصب، خرسانية مصبوبة في مكانها وواجهات قماشية ملحومة، كما هو محدد في القسم الفرعي (٣-٣-٢-٨)، يجب وضعها ودعمها حسب الضرورة؛ لتحقيق وضعها النهائي كما هو موضح في المخططات أو رسومات العمل المعتمدة. يتم تركيب حشو الفواصل، وسادات التحميل، ومادة تغطية الفواصل بشكل متزامن مع وضع لوحة الوجه.

يجب تشكيل واجهات السلك الملحوم بانحناء ٩٠درجة من تسليح التربة الأفقية. توصيل الجزء الرأسي من تسليح التربة المكونة للوجه بالمستوى العلوي التالي لتسليح التربة. توضع حصيرة دعم منفصلة وقماش الخردوات مباشرة خلف الجزء الرأسي لتسليح التربة.

عند إنشاء واجهات خرسانية مصبوبة في الموقع، يجب أن يتم ترسيخ تسليح التربة لتمتد إلى ما بعد الواجهة المؤقتة في الخرسانة المواجهة، أيضا، يجب تجهيز وتركيب الأجهزة لمراقبة تآكل الصلب.

مواد الردم المطابقة للمتطلبات المحددة في القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)، يجب أن توضع ودمك في وقت واحد مع وضع البطانة وتسليح التربة. يجب أن تضمن الإجراءات عدم حدوث تشويه أو إزاحة للتكسية أو تسليح التربة. تكون مادة الردم مستوية تقريبًا على ارتفاع حوالي ٣٠ ملم فوق مستوى الوصلة في الواجهة قبل وضع تسليح التربة. شد جميع تسليح التربة بشكل موحد لإزالة أي تراخ في الوصلة أو المادة.

٣-٣-٤ معايير القبول:

٣-٣-٤-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويقوم بجمع وتوثيق ويجب تقييم النتائج للتأكد من أن المواد الخام عند المصدر، والأعمال المنفذة لأنظمة الاحتفاظ بالأرض ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٣-١٤) لاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والأعمال المنجزة، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماحية. يقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبارات وشهادات الشركة الصانعة إلى المهندس.

الجدول (٣–١٤) متطلبات ضبط الجودة لأنظمة الاحتفاظ بالأرض.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
المواد الخام	مرشح النسيج	المصدَر	شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	AASHTO M145	الجزء الفرعي (٣-٣-٢)
	مواسير وأنابيب مثقبة			حسب الجدول (٣-١٣)	الجزء الفرعي (٣-٣-٢)
	جلفنة حديد التسليح للتربة			AASHTO M111 أو ASTM A123	الجزء الفرعي (٣-٣-٢)
	تسليح الطوق الفولاذي			ASTM A36، درجة ٦٥ (درجة ٤٥٠)	الجزء الفرعي (٣-٣-٢)
	تسليح التربة الاصطناعية			AASHTO M288	الجزء الفرعي (٣-٣-٢)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
عناصر خرسانية (سابقة الصب أو مصبوبة في الموقع)	مقاومة الانضغاط	في المصدر وفي الموقع	شهادة المطابقة من الشركة الصانعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر و اختبار واحد لكل ١,٠٠٠ م^{٣} أو اختبار واحد في كل يوم عمل أيهما أقل	ASTM C140	٢٨ ميجا باسكال (متوسط الحد الأدنى)
مواد الردم	تدرج	في المصدر وفي الموقع	اختبار واحد في بداية سحب المواد، ثم اختبار واحد كل أسبوع أو ٢٠٠٠ م^{٣} من المواد الموردة أيهما أقل، أو عند ملاحظة تغيير في الأعمال المنفذة أو عند تغيير المصدر.	AASHTO T27	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	مؤشر الليونة			AASHTO T90	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	pH			AASHTO T289	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	المقاومة النوعية			AASHTO T288	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	محتوى الكلوريد			AASHTO T291	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	محتوى الكبريتات			AASHTO T290	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	الاحتكاك الداخلي		شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	AASHTO T236	القسم الفرعي (٣-٣-٢-١)
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T99	
	محتوى الرطوبة		اختبار لكل عملية رفع أو ٢,٠٠٠ م^{٣} من المواد الموردة أيهما أقل	AASHTO T310	٣٪ أقل من محتوى الرطوبة الأمثل
	درجة الدمك				٩٥٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة (الحد الأدنى للمتوسط)
محتوى الرطوبة الأمثل: محتوى الرطوبة الأمثل، الحد الأقصى للكثافة الجافة: الحد الأقصى للكثافة الجافة					

٣-٣-٤-٢ ضمان الجودة

ستجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار والتفتيش للتأكد من أن جودة المواد وأنظمة الاحتفاظ بالأرض النهائية ضمن متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول بإجراء، تحت إشرافه المباشر، بعض أو كل اختبارات ضبط الجودة التي هي الموضح في الأقسام السابقة ويقرر قبول أو رفض العمل. تُنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من جانب الجهة المسؤولة.

٣-٣-٥ القياس والدفع:

يجب أن تقاس جدران الجاذبية الفعلية والمقبولة من الخرسانة والإنشاء والجدران الاستنادية من الخرسانة المسلحة والجدران الخلوية والأسرة والجدران الأرضية المثبتة ميكانيكياً بالمتر المربع، بناءً على الارتفاع

الرأسي وطول كل جزء مبني. يقوم المهندس بقياس الارتفاع الرأسي لكل جزء على الوجه الخارجي من أسفل عنصر الوجه السفلي إلى أعلى الجدار للأنظمة بدون قواعد.

الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد المقياس هو تعويض كامل لتوفير جميع المواد والمعدات والعمالة والنفقات اللازمة لاستكمال جميع أعمال أنظمة الاحتفاظ بالأرض كما هو محدد. يتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٣-١٥).

الجدول (٣–١٥) تعمل أنظمة الاحتفاظ بالأرض على بنود الدفع.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,٨	جدران الجاذبية الخرسانية والإنشاء	م٢
٣,٩	الجدران الاستنادية من الخرسانة المسلحة	م٢
٣,١٠	الحشوة الأرضية والجدران المسامية	م٢
٣,١١	الجدران الأرضية المستقرة ميكانيكيًا	م٢

٣-٤ أنظمة التسليح:

٣-٤-١ الوصف:

يصف هذا الجزء تقنيات وأنظمة التسليح، بما في ذلك حقن الصخور، وواجهات الخرسانة المقذوفة، وتركيب براغي صخرية ومثبتات أرضية في المواقع الموضحة على المخططات، أو حسب طلب المهندس، باتباع هذه المواصفات ومطابقة للخطوط والدرجات والسماكة والقطاعات العرضية النموذجية الموضحة في المخططات أو التي وضعها المهندس.

٣-٤-٢ حقن الصخور:

٣-٤-٢-١ عام:

يتكون حقن الصخور من إحداث حفرة تتقاطع مع الشقوق الموجودة والشقوق في الصخر، ثم تُضغط المونة السائل ودفعه إلى منطقة من الصخر تحت الضغط. من المتوقع أن يدخل المونة المضغوط إلى الكسر حيث يتقاطع مع الفتحة ويملأ شبكة الكسور المجاورة المرتبطة بالكسر المتقاطع. يشيع استخدام نهج تباعد الانقسام لحفر الثقوب وحشوها حتى يتم تشكيل مناطق ذات تأثير متداخل. عادةً ما يتم اختيار المونة الأسمنتي المستقر لتطبيقات حقن الصخور الشائعة. يُعرَّف المونة المستقر على أنه خليط المونة الذي يظهر أقل من ٥٪ تسييل.

٣-٤-٢-٢ المواد:

يجب أن يتكون المونة من خليط من الأسمنت والماء ومواد مضافة أو أيًا منهما.

يعد الأسمنت البورتلاندي هو المادة الأكثر استخدامًا في حقن الصخور. ومع ذلك، يمكن استخدام أنواع أخرى من الأسمنت والمواد الأسمنتية بما في ذلك: أ) المواد الأسمنتية المطحونة بدقة، والمعروفة باسم الأسمنت متناهية الصغر أو فائقة النعومة؛ لتحقيق اختراق أفضل، ب) المواد الأسمنتية التكميلية، بما في ذلك البوزولان الطبيعي، وخبث الأفران الحبيبية المطحونة (الخبث)، أو ج) الأسمنت الهيدروليكي الممزوج.

على نحو مفضل، يجب استخدام مياه الشرب في خلط المونة، وفي هذه الحالة، لا يلزم إجراء اختبار لتقييم جودته. في حالة عدم توفر مياه الشرب بسهولة، يمكن عادةً استخدام المياه الجوفية أو المياه السطحية بشرط أن يوضح الاختبار أن المياه تفي بمتطلبات ASTM C1602.

يمكن استخدام المواد الإضافية لتحسين خصائص النزف والتماسك وقابلية الاختراق والمتانة وخصائص قابلية تشغيل المونة. تشمل الإضافات والمضافات الشائعة الرماد المتطاير، والبنتونايت، وغبار السيليكا، ومعدلات اللزوجة، والمشتتات، ومخفضات المياه.

ينبغي أن يتم إجراء نسب خليط المونة من قبل فرد متمرس لصياغة خليط يظهر الحد الأدنى من النزف مع الخصائص المرغوبة والخصائص الريولوجية التي تظل ثابتة طوال عملية الحقن. مطلوب برنامج تصميم مزيج مكثف لكل مشروع، بما في ذلك اختبار الجودة. الجدول (٣-١٦) يسرد الاختبارات النموذجية لتقييم انسيابية خلطات المونة (USACE, 2017).

الجدول (٣–١٦) اختبار الجودة لخلطات المونة.

خاصية	طريقة اختبار
اللزوجة الظاهرية	API RP 13B-1
جاذبية معينة	API RP 13B-1
صرف	ASTM C940
معامل ترشيح الضغط	API RP 13B-1
ضبط الوقت	ASTM C191
التماسك ومرات الجل	استخدام مقياس اللزوجة
مقاومة	ASTM C942

٣-٤-٢-٣ أساليب الإنشاء:

يجب أن يبدأ الحقن عادةً من أسفل ميل الصخر إلى أعلى.

قبل البدء في أي حقن بالضغط، يجب الحصول على موافقة المهندس لتسلسل الثقوب، والمسافات بينها، وقطرها، وعمقها، والطرق والمواد التي ستستخدم.

فحص نوع وحجم وحالة وكفاية جميع المعدات التي سيتم استخدامها في العمل لضمان الامتثال لمتطلبات العقد. قبل تسليمها إلى الموقع، يجب فحص جميع شهادات معايرة المعدات المطلوبة للتأكد من أنها قد تمت معايرتها بشكل صحيح ومؤخرًا. قبل بدء العمليات، من الطبيعي مطالبة المقاول بتجميع جميع المعدات في النظام وإثبات أداء النظام بشكل صحيح قبل السماح باستخدامه.

يتأكد المقاول من أن العمال الأكفاء وذوي الخبرة يتحكمون بشكل مباشر في أعمال الحقن في جميع الأوقات. وفقًا لتقديره، يمكن للمهندس أن يأمر بإجراء تعديلات في الطرق أو المواد أو ضغوط الحقن إذا تطلبت الظروف ذلك. تتضمن إجراءات الحقن بالترتيب التسلسلي حفر ثقوب، وغسيل الثقوب، واختبار المياه، والحقن بالضغط. ترقيم جميع الثقوب التي تحتاج إلى حشو حسب التعليمات.

يجب استخدام الماء النظيف كوسيط شطف للحفر، مع تدفقات لا تقل عن ١٥ لتر/دقيقة (Sultanate of Oman, 2010).

يجب أن يكون تباعد الفتحات عادة من ١,٦ إلى ٥,٠ متر مع فتحات إضافية حسب الحاجة لتقاطع المناطق الأضعف الفردية. يجب ان يقتصر عمق الفتحة على مدى يتراوح بين ٣ و ١٠ أمتار ويجب أن يكون قطر الفتحة في حدود من ٥٠ إلى ١٣٠ ملم، ويتم حفرها إما بمعدات الحفر الدوارة أو الدورانية الطرقية. حفر ثقوب المونة بالماء كوسيط الشطف.

تتلقى كل حفرة عملية غسيل منفصلة بالماء الصافي بعد اكتمال الحفر. بمجرد حقن الماء، يجب بعد ذلك حقن الهواء المضغوط، وهكذا، حتى تبدأ فقاعات الهواء في التكون في حفرة قريبة. دفع الماء إلى الحفرة الأولى عن طريق الضغط على جميع الثقوب الأخرى قبل أن تتمكن أي مادة غير مرغوب فيها من الشقوق من الهروب من الفتحة غير المغطاة. ما لم يُحدّد خلاف ذلك، سيستمر هذا الإجراء حتى لا تتم إزالة المزيد من المواد الدقيقة. بعد ذلك، يجب فتح الثقوب الأخرى وتغطية فتحة المنفذ. تكرار العملية حتى تتم إزالة جميع المواد الدقيقة وإنشاء الفواصل بين جميع الثقوب. تغطية جميع الثقوب بعد غسلها.

يتم اختبار الثقوب بالماء على مراحل. يتكون اختبار الماء من عزل جزء من الحفرة بواسطة المعبئين، وحقن الماء بضغط فعال معروف، ومراقبة السلوك أثناء الحقن، وتفسير النتائج، وحساب قيمة النفاذية (على سبيل المثال: قيمة لوجيون) لتلك المرحلة. لاختبار المرحلة، يجب استخدام نظام تعبئة مزدوج وأنبوب فوهة. تكون المعدات المستخدمة في اختبار المياه قادرة على الحفاظ على ضغوط

ثابتة وتوفير ١٠٠ لتر/دقيقة من الماء عند الضغط المحدد. تشتمل المعدات على جميع الخزانات والمقاييس وعدادات المياه اللازمة. ملء الحفرة المراد اختبارها بالماء عند ضغط الحقن الموصى به، ومراقبة التدفق لمدة ٥ أو ١٠ دقائق، حسب التعليمات. لكل مرحلة تم اختبارها، يجب على المقاول الاحتفاظ بسجل لتدفق المياه معبرًا عنه باللتر/الدقيقة. مع تقدم عملية الحشو، قد تكون هناك حاجة إلى مزيد من الاختبارات.

تحضير جميع خلطات المونة باستخدام خلاطات عالية السرعة وعالية القص لضمان الاتساق المنتظم. يمكن استخدام خزانات التقليب المصممة خصيصًا فقط لتخزين خليط المونة مؤقتًا قبل الضخ. عندما يتم دمج الطين أو البنتونايت في المونة، يتم توفير خزانات خلط منفصلة يمكن فيها تحضير خليط الماء والبنتونايت وإبقائه مقلبًا إلى حين الحاجة.

للحشو، يجب استخدام مضخات ضغط من نوع الكبس. التحكم بدقة في ضغط المضخة والتسليم عبر النطاق الكامل للضغوط والأحجام. لتبسيط الصيانة، يجب أن تكون الصمامات سهلة الوصول. لضمان تدفق عالي السرعة بدون فصل، يجب أن يكون قطر جميع الخراطيم والأنابيب صغيرة. يمكن استخدام خط واحد أو نظام دائري للحقن. يكون لكل بئر أنبوب قائم قصير بنهاية ملولبة يمكن أن تستقبل مشعبًا بمقياس ضغط وصمام تنفيس وصمام يسمح بالتوزيع من المضخة من الحفرة. تحتوي المضخات أيضًا على مقاييس ضغط.

بمجرد أن يبدأ الحشو، يجب تنفيذه بشكل مستمر حتى يتم الانتهاء منه. يبدأ الحقن بالحقن بمزيج من ٨: ١ نسبة الماء إلى المواد الصلبة. يلزم تكثيف الخليط تدريجيًا حتى يبدأ الضغط في التراكم. إذا حدث تراكم الضغط بسرعة كبيرة، فقد يتم تخفيف الخليط مرة أخرى. استخدام نسبة ١,٥: ١ من الماء إلى المواد الصلبة للحقن الأخير. في حالة عدم حدوث تراكم للضغط مع مزيج ١,٥:١، فيمكن خلط الرمل مع المونة، بشرط ألا تتجاوز نسبة الرمل: الأسمنت ٢: ١ بالوزن. الحقن النهائي بماء نظيف بنسبة ١: ١: يجب أن يحدث خليط المواد الصلبة بمجرد الوصول إلى ضغط الضخ اللازم مع تدفقات المونة منخفضة للغاية.

للتحقق من ملاءمة خليط المونة الأولي، يجب مراقبة قيمة معلمة لوجيون الظاهرية بشكل روتيني أثناء حقن المونة. تتطابق قيمة لوجيون الظاهرية مع قيمة لوجيون، باستثناء أنه يتم حسابها بناءً على تصحيحات اختلافات اللزوجة بين المونة والماء. تعتبر المقارنة بين قيمة لوجيون التي حُدّدتها بواسطة اختبار المياه مع قيمة لوجيون التي حُدّدتها بواسطة المونة مباشرة بعد بدء الحشو على المرحلة مؤشرًا مهمًا على أن خليط المونة يخترق الكسور بشكل صحيح. عندما تتطابق القيمتان بشكل وثيق، فمن الواضح أن المونة يدخل في البداية في الكسر بنفس سهولة الماء تقريبًا. إذا كان هناك عدم تطابق كبير بين القيمتين، فهذا يشير إلى أن المونة لا يخترق الكسر بحرية في البداية، مما يستلزم إعادة النظر في مكونات أو نسب الخليط. بدون مراقبة العلاقة بين هاتين القيمتين، لن تكون هناك طريقة لمعرفة أن اختراق المونة قد يكون غير كافٍ حتى يتم اكتشاف الأداء النهائي غير المرضي. على هذا النحو، يُعد من الضروري إجراء اختبارات المياه بشكل روتيني بانتظام في جميع المراحل قبل الحقن.

يمكن اعتبار الحشو كاملًا عندما يكون امتصاص المونة عند الضغط المطلوب أقل من ٢ لتر/دقيقة على مدى ١٠ دقائق.

يستمر الحشو بحذر حتى يتم اكتساب خبرة ظروف الأرض. كقاعدة عامة، من المحتمل أن يكون عمق ٢٣ كيلو باسكال/متر دليلًا آمنًا لاستخدامه في معظم الصخور السليمة. بعد ذلك، إذا سمحت الظروف، يجب أن يستمر الحقن بضغط عالٍ (على سبيل المثال: ٣٤ كيلو باسكال/متر أو أكثر)؛ لتحقيق أقصى تدفق من بداية الحقن. تركيب عدادات رفع ومراقبتها باستمرار أثناء عمليات الحشو.

في حالة عدم الوصول إلى ضغط الحقن المطلوب باستخدام خليط الأسمنت الرملي، فيجب إيقاف الحقن مؤقتًا وغسل الحفرة. بعد مرور بعض الوقت يمكن استئناف الحشو باستخدام خليط الأسمنت الرملي حتى يتم الوصول إلى الضغط المطلوب. في حالة تسرب أي جص بين فتحتين، فيجب رصهما في وقت واحد، أو يجب حشو الثقب الأول بينما يتم تغطية الفتحة الثانية. عند إيقاف الحقن قبل انتهائه، يجب غسل الحفرة بما لا يقل عن ٥٠٠ لتر من الماء العذب.

توثيق جميع المعلومات ذات الصلة المتعلقة بأنشطة الحفر واختبار المياه والحشو، بما في ذلك الضغوط والخلطات وأخذ المونة، على أوراق التقدم اليومية. ويجب تمثيل النتائج بيانيًا، ويجب تقديم نسخ من جميع التقارير والسجلات المرحلية للموافقة عليها.

٣-٤-٢-٤ معايير القبول:

٣-٤-٢-٤-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب عليه جمع وتوثيق وتقييم النتائج لضمان جودة مواد خليط المونة. الجدول (٣-١٧) يوضح الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على خليط المونة وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماحية. يقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبارات وشهادات الشركة الصانعة إلى المهندس.

الجدول (٣–١٧) متطلبات ضبط الجودة لخليط المونة الصخري.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
خليط المونة	ضبط الوقت	من المصدر	برنامج اختبار الخلط فقط-لاعتماد المزيج	ASTM C191	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	زمن التماسك والتجميد				الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	مقاومة			ASTM C942	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	اللزوجة الظاهرية	في المصدر وموقع المشروع	برنامج اختبار المزيج-لاعتماد المزيج ومرة واحدة لكل مزيج في يوم العمل	API RP 13B-1	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	جاذبية معينة			API RP 13B-1	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	صرف		برنامج اختبار المزيج-للحصول على موافقة المزيج ومرة واحدة لكل مزيج في الأسبوع	ASTM C940	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)
	معامل ترشيح الضغط			API RP 13B-1	الجزء الفرعي (٣-٤-٢-٢)

٣-٤-٢-٤-٢ ضمان الجودة:

تقوم الجهة المسؤولة بأخذ عينات القبول والاختبار والتفتيش للتأكد من أن جودة مواد حشو الصخور والأعمال النهائية في حدود متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول بإجراء، تحت إشرافه المباشر، بعض أو كل اختبارات ضبط الجودة التي هي الموضح في الأقسام السابقة ويقرر قبول أو رفض العمل. تُنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من جانب الجهة المسؤولة.

٣-٤-٢-٥ القياس والدفع:

يجب أن تقاس أعمال الكشط على البارد (بعمق محدد) بالمتر المربع ضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس. يجب أن يقاس حفر الصخور بالقطر المطلوب بالمتر الطولي أو حسب تعليمات المهندس.

الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد المقياس هو تعويض كامل لتوفير جميع المواد والمعدات والعمالة والنفقات اللازمة لإكمال جميع أعمال حقن الصخور على النحو المحدد. يتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٣-١٨).

الجدول (٣–١٨) أعمال الحشو الصخري مدفوعة الأجر.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,١٢	المونة الصخرية	م^{٣}
٣,١٣	ثقوب محفورة لحشو الصخور	م

٣-٤-٣ مواجهة الخرسانة المقذوفة:

٣-٤-٣-١ عام:

يمكن أن يؤدي تطبيق طبقة من الخرسانة المقذوفة على وجه الصخر إلى حماية مناطق أو طبقات الصخور شديدة التصدع (Andrew, et al., 2011). الخرسانة المقذوفة عبارة عن مونة رطب أو جاف مع ركام ناعم يتم رشه مباشرة على منحدر باستخدام الهواء المضغوط.

يمكن استخدام الخرسانة المقذوفة التي لم يتم تسليحها لإيقاف التآكل التفاضلي بين الوحدات، وتجريف المنحدرات، وتخفيف الكتل. ومع ذلك، فإنه لا يوفر الكثير من الدعم الهيكلي أو الحماية ضد العوامل الجوية. يمكن استخدام الخرسانة المقذوفة غير المسلحة لتغطية شريط محدد جيدًا (أو شرائح) من الصخور بمعدل تآكل أعلى من المحيط (على سبيل المثال: العدسات الصخرية في الحجر الرملي) أو منحدر كامل يتكون من مادة شديدة التآكل.

لزيادة مقاومة الشد والدعم الهيكلي، يجب أن يستخدم المقاول الخرسانة المقذوفة الهيكلية عن طريق تضمين الألياف في خلطة الخرسانة المقذوفة أو تطبيق الخرسانة المقذوفة على شبكة سلكية ملحومة.

عادة، يتم تطبيق الخرسانة المقذوفة الهيكلية على المنحدرات الصخرية إما لتوفير الدعم الهيكلي للصخور السليمة التي إما تقوضت بسبب التآكل أو غير مستقرة بسبب الاتجاهات غير المواتية أو درجة التصدع أو لحماية السطح الذي، إذا ترك دون معالجة، من شأنه أن يتآكل. يمكن تطبيق الخرسانة المقذوفة الهيكلية إما في الإنشاء الأصلي أو كإجراء علاجي لمنحدر صخري غير مستقر قائم.

سيكون الصرف، على شكل ثقوب أو مصارف، مطلوبًا في أي تطبيق الخرسانة المقذوفة لمنع ارتفاع ضغط الماء من التسبب في التصدع وعدم الاستقرار في الخرسانة المقذوفة وكذلك الكتل الموضعية.

٣-٤-٣-٢ المواد:

يجب أن تتوافق الخرسانة المقذوفة والمواد المكونة لها بشكل عام مع (ACI 506.2-13).

٣-٤-٣-٢-١ المواد المكونة:

الأسمنت. يجب أن يتوافق الأسمنت مع (ASTM C150)، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد أو بناءً على تعليمات من المهندس.

المواد الأسمنتية التكميلية. تكون المواد الأسمنتية التكميلية، عند تحديدها، مطابقة لمواصفات (ASTM C618) للرماد المتطاير والبوزولان الطبيعي، و(ASTM C989) لخبث الأسمنت، و (ASTM C1240) لغبار السيليكا.

الركام. يفي الركام الناعم والخشن بمتطلبات القسمين الفرعيين (٣-٧-٢-١) و(٣-٧-٢-٢) على التوالي من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) يجب ان يتوافق تدرج الركام المجمع مع حدود التدرج الخاصة بالجدول (٣-١٩) ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد.

الجدول (٣–١٩) متطلبات التدرج الكلي للخرسانة المقذوفة.

حجم المنخل مم	نسبة المرور بالوزن (٪)
١٢,٥ (٥/١ بوصة)	١٠٠
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	من ٩٠ إلى ١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	من ٦٥ إلى ٨٢
٢,٣٦ (رقم ٨)	من ٤٥ إلى ٦٨

حجم المنخل مم	نسبة المرور بالوزن (٪)
١,١٨ (رقم ١٦)	من ٣٠ إلى ٥٣
٠,٦ (رقم ٣٠)	من ٢٠ إلى ٣٨
٠,٣ (رقم ٥٠)	من ٧ إلى ٢٢
٠,١٥ (رقم ١٠٠)	من ٢ إلى ١٠
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	من ٠ إلى ٣

الماء. يجب استخدام مياه الشرب. عندما يُسمح بالمياه غير الصالحة للشرب في وثائق العقد، يجب أن يتوافق الماء مع متطلبات (ASTM C1602).

المضافات. عندما تكون المواد المضافة مسموحًا بها أو مطلوبة، يجب أن تتوافق المواد المضافة مع (ASTM C1141) أو بالنسبة لمضافات التحكم في الماء، مع (ASTM C494).

الألياف. عندما يُحدّد الخرسانة المقذوفة المسلحة بالألياف (FRS)، يجب ان تكون الألياف هي الأنواع والمواد والأحجام المطلوبة في مستندات العقد. يجب أن تتوافق مع ASTM C1116 ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد.

٣-٤-٣-٢-٢ التسليح:

يجب أن يتوافق تسليح الأسلاك الملحومة مع (ASTM A1064).

٣-٤-٣-٢-٣ خواص الخرسانة المقذوفة:

نسبة خلطة الخرسانة المقذوفة بالكتلة المطابقة للمواصفة (ASTM C94)، أو بالحجم المطابق للمواصفة (ASTM C685)، لتلبية الخصائص المحددة. نسبة الماء إلى الأسمنت النموذجية هي ٠,٤٥.

يجب أن تكون مقاومة الانضغاط لمدة ٢٨ يومًا، كما هو محدد في (ASTM C39)، ٢٨ ميجا باسكال كحد أدنى.

بالنسبة للخرسانة المقذوفة المسلحة بالألياف، يجب أن يتوافق التناسب مع (ASTM C1116).

تكون مقاومة الانحناء للتربة المسلحة بالألياف، كما هو محدد في (ASTM C1609)، ٢,٨ ميجا باسكال كحد أدنى في ٢٨ يومًا.

٣-٤-٣-٣ أساليب الإنشاء:

٣-٤-٣-٣-١ عام:

يجب أن تُنفذ أعمال الخرسانة المقذوفة بواسطة مقاول ذو خبرة وفوهة وطاقم الخرسانة المقذوفة. يجب ان يقدم المقاول للمهندس مؤهلات وخبرات العمال المقترحين وإثبات الخبرة من المشاريع ذات الحجم والتعقيد المماثل.

٣-٤-٣-٣-٢ اختبار ما قبل الإنشاء:

قبل الشروع في أعمال الخرسانة المقذوفة، يلزم إجراء اختبار ما قبل الإنشاء. يتضمن ذلك إنشاء لوحات اختبار باستخدام المواد المقترحة وتصميم المزيج والمعدات واختبار المواد لفحصها من جانب المهندس. تصنيع لوحة منفصلة لكل نسبة خلطة يتم أخذها في الاعتبار، ولكل موقع إطلاق نار يجب مواجهته في الحقل. تحاكي ظروف لوحة الاختبار الظروف الحقلية بأكبر قدر ممكن من الدقة. يتوافق التحضير والاختبار مع (ASTM C1140). اختبار العينات المحفور للتأكد من مطابقتها لمقاومة الانضغاط المحددة التالية

(ASTM C1604)؛ بالنسبة للتربة المسلحة بالألياف، يجب اختبار العوارض المقطوعة من لوحات الاختبار لتقييم الامتثال لمقاومة الانحناء المحددة وفقًا لـ ASTM C1609. إذا كانت نتائج اختبار ما قبل الإنشاء مرضية وتمت الموافقة عليها من جانب المهندس، فيمكن المضي قدمًا في أعمال الخرسانة المقذوفة.

٣-٤-٣-٣ قيود الطقس:

قد يستمر إطلاق الخرسانة المقذوفة عندما تكون درجة الحرارة المحيطة ٥ درجات مئوية وترتفع. يجب ألا تقل درجة حرارة مادة الخرسانة المقذوفة، عند إطلاقها، عن ١٠ درجات مئوية. لا تضع الخرسانة المقذوفة عندما تكون درجة حرارة الخرسانة المقذوفة أعلى من ٣٥ درجة مئوية، ما لم يكن اختبار التأهيل المسبق في القسم الفرعي (٣-٤-٣-٣-٢) يوضح أن الجودة المطلوبة للمواد يمكن تحقيقها في درجات حرارة أعلى. يجب أن تكون درجة حرارة أسطح التسليح والاستقبال أقل من ٣٢ درجة مئوية قبل وضع الخرسانة المقذوفة.

٣-٤-٣-٤ معدات:

يتطلب تركيب الخرسانة المقذوفة ضاغط هواء، وفوهة تطبيق، وخلاط أسمنت. فوهة التطبيق إما محمولة باليد، أو متصلة برافعة أو رافعة.

٣-٤-٣-٥ تحضير السطح:

قبل تطبيق الخرسانة المقذوفة، يجب تحجيم السطح الصخري وتنظيفه لإزالة أي مادة سائبة أو طين أو أي مادة غريبة أخرى تمنع الترابط. إزالة الصخور شديدة الكسر أو الضعيفة لكشف مواد أكثر كفاءة. رطب السطح مباشرة قبل الإطلاق، ولكن يجب عدم رؤية المياه الراكدة. تثبيت أي شبكة سلكية بإحكام في منطقة التطبيق، حيث تعمل كإطار لتثبيت الخرسانة المقذوفة في مكانها.

٣-٤-٣-٦ الدفع والخلط والتسليم

قم بدفع وخلط وتوصيل الخرسانة المقذوفة للخليط الرطب وفقًا لـ ASTM C94 أو ASTM C1116 حسب الاقتضاء. بالنسبة للخليط الجاف، يجب أن يكون الخلط والخلط والتسليم وفقًا للمواصفة ASTM C685 أو ASTM C1116.

٣-٤-٣-٧ طريقة الاستخدام:

استخدم نفس خليط الخرسانة المقذوفة والمعدات التي تم استخدامها أثناء اختبار ما قبل الإنشاء وقبول تصميم الخليط لخرسانة الخرسانة المقذوفة.

يجب على المقاول توفير سطح عمل يسمح للفتحات بالوصول دون عائق إلى سطح الاستقبال. علاوة على ذلك، يجب تركيب إضاءة وتهوية كافيتين لتزويد طاقم الخرسانة المقذوفة برؤية واضحة لمنطقة التصوير. عندما تكون الرؤية غير مناسبة لتطبيق الخرسانة المقذوفة عالية الجودة، يجب تعليق عمل الخرسانة المقذوفة لاعتماد تدابير تصحيحية. إذا اعتبر المهندس أن شكل الصخور المكشوفة غير آمن، فتأكد من حماية طاقم الخرسانة المقذوفة من سقوط الصخور. في هذا الصدد، يُنصح المقاول بالنظر في استخدام آلة رش الخرسانة التي يتم التحكم فيها عن بعد.

يجب أن يكون إمداد مادة الخرسانة المقذوفة وضغط الهواء عند الفوهة منتظمين، مما يوفر تدفقًا ثابتًا ومستمرًا للخرسانة المقذوفة دون حدوث اندفاع أو نبض ضار. المحافظة على معدات الرش في حالة جيدة عن طريق التنظيف المتكرر. يجب أن يتم ذلك مرة واحدة على الأقل لكل وردية. يجب أن تكون فوهة الرش في مثل هذه الحالة التي يتم فيها الحصول على تدفق منتظم ومتواصل للمواد. غيّر غطاء الفوهة بمجرد العثور على تآكل مفرط في الغطاء.

لتحقيق التوحيد المرضي للمواد والحد الأدنى من الارتداد، حافظ على خروج الخرسانة المقذوفة من الفوهة بمعدل موحد مناسب لظروف العمل. ضع الخرسانة المقذوفة عموديًا على السطح المستقبل مع الفوهة المثبتة على هذه المسافة لإنتاج أقصى تماسك للخرسانة المقذوفة وتغليف كامل للتسليح.

للتحكم في سمك ومستوى السطح المطلوب، يجب تركيب أسلاك أرضية مشدودة أو وسائل أخرى لتوجيه الفوهة. ضع الخرسانة المقذوفة باستخدام حركة دائرية أو بيضاوية للفوهة أثناء إنشاء السماكة المطلوبة. يعني التحكم في محاذاة التثبيت في الزوايا أو التعويضات التي لم يتم إنشاؤها بواسطة النماذج.

للتطبيقات الأكثر سمكًا، يجب تطبيق الخرسانة المقذوفة في طبقات متعددة. عند تطبيق أكثر من طبقة واحدة من الخرسانة المقذوفة، قم بإزالة الترسب الذي قد يضر برابطة الطبقات اللاحقة. اسمح للخرسانة المقذوفة أن تتصلب بدرجة كافية قبل تطبيق الطبقات اللاحقة. إذا صلبت الخرسانة المقذوفة، فقم بتنظيف سطح كل المواد السائبة، أو الرش الزائد، أو أي مادة أخرى واجعل السطح في حالة سطح جاف مشبع في وقت تطبيق الطبقة التالية من الخرسانة المقذوفة. يجب ألا يتجاوز الوقت بين تطبيقات الطبقة المتتالية ٢٤ ساعة.

لا يمكن إعادة استخدام الارتداد أو الرش الزائد في العمل.

أطلق مادة الخرسانة المقذوفة للخليط الجاف في غضون ٤٥ دقيقة بعد الخلط والخليط الرطبة من الخرسانة المقذوفة خلال الحدود الزمنية في ASTM C94.

توقف عن وضع الخرسانة المقذوفة إذا تسببت الرياح في فصل المكونات في تيار الفوهة.

٣-٤-٣-٣-٨ الفواصل:

يجب أن تكون فواصل الإنشاء مستدقة عند ٤٥ درجة تقريبًا من سطح الاستقبال. يتم تشكيل الفواصل بقطع الخرسانة المقذوفة البلاستيكية. تخشين الخرسانة المقذوفة في وجه المفصل وهي لا تزال بلاستيكية.

٣-٤-٣-٣-٩ التشطيب:

اترك سطح الخرسانة المقذوفة النهائي كنهاية مسدس. انتقل إلى قضيب، أو عوامة مطاطية، أو عوامة خشبية، أو صقل الرصفة النهائية بالمجرفة فقط بعد ضبط الخرسانة المقذوفة بشكل كافٍ لتجنب التقشر أو الترهل.

٣-٤-٣-٣-١٠ معالجة الخرسانة:

يجب أن يكون معالجة الخرسانة مستمرًا لمدة لا تقل عن ٧ أيام متتالية أو للوقت اللازم للوصول إلى ٧٠٪ من مقاومة الانضغاط أو الانثناء المحددة، أيهما أقل.

ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، أكمل المعالجة الرطبة بإحدى الطرق التالية:

- البرك أو الرش المستمر لمدة لا تقل عن ٧ أيام
- تغطية بساط ماص أو رمل يبقى رطبًا باستمرار
- تغطية بمادة صفيحة غير منفذة تتوافق مع ASTM C171
- استخدام مركبات المعالجة؛ ضع ضعف المعدل للأسطح المشكلة على النحو الموصى به من قبل الشركة المصنعة إذا كان السطح عبارة عن مسدس تشطيب. يجب أن تكون مركبات المعالجة مطابقة لمواصفات SASO ASTM C309 أو SASO ASTM C1315. يجب أن يتوافق محتوى المركبات العضوية المتطايرة مع معايير جودة الهواء المحلية إذا كانت هذه المتطلبات أكثر صرامة.

تجنب استخدام المعالجة الطبيعية بدلًا من الطرق المحددة أعلاه إلا إذا بقيت الرطوبة النسبية للهواء الملامس للخرسانة المقذوفة عند ٨٥ بالمائة أو أعلى، وهذه المعالجة معتمدة من جانب المهندس.

٣-٤-٣-٣-١١ التلوين والقوام:

يمكن تشكيل الخرسانة المقذوفة وتحديد محيطها وتلوينها لتتناسب مع الصخور المحيطة (Andrew, et al., 2011).

عند تحديد ذلك في مستندات العقد، يمكن تطبيق اللون على سطح الخرسانة المقذوفة لمساعدته على الاندماج مع ما يحيط به، وبالتالي تحسين الجماليات. لتحقيق أفضل النتائج، يجب على المصمم والمقاول مراعاة الموضح أدناه:

- يجب على المصممين تجنب تطبيق الخرسانة المقذوفة الخفيفة على الصخور الداكنة أو الخرسانة المقذوفة الداكنة على الصخور الفاتحة، على الرغم من أن الألوان الداكنة تميل إلى أن تكون أقل تداخلًا من الألوان الفاتحة.
- إذا كانت الخرسانة المقذوفة تغطي كل الصخور المكشوفة، فحاول تحديد لون غير مزعج يناسب السياق المحلي.
- ضع في اعتبارك اللون العام والنغمة للتكوينات الصخرية غير المضطربة، وحدد متوسط لون الصخور المحيطة، وقم باستخدام هذا اللون على الخرسانة المقذوفة.
- ابدأ بلون واحد في خلطة الخرسانة المقذوفة وقم بتطبيق لونين مميزين على الأقل كبقع بدلًا من خلط عدة ألوان.

على الرغم من تجاهلها كثيرًا في تطبيقات الخرسانة المقذوفة، فإن نسيج المادة يكاد يكون بنفس أهمية اللون. تحتوي غالبية الصخور الطبيعية على مجموعة من الأسطح المستوية، في حين أن الخرسانة المقذوفة لها تشطيب حُبيبي وغير متبلور. تسمح الخرسانة المقذوفة المصممين بتطبيق مجموعة متنوعة من القوام، بما في ذلك الموضح أدناه:

- مجرفة الخرسانة المقذوفة بنمط يطابق المستويات الطبيعية في الصخر
- ترك مساحات من الركام المكشوف مع لمسة نهائية متواضعة بالمجرفة لتوفير ملمس طبيعي المظهر
- سدادة الخرسانة المقذوفة بألواح أو قوالب خشبية
- تشكيل الخرسانة المقذوفة في شكل رسمي لخلق انطباع عن عنصر هادف، مثل الجدار الاستنادي
- نحت سطح الخرسانة المقذوفة لتقليد الصخور المحيطة، يمكن استخدام شبكة سلكية ملحومة لإنشاء مظهر صخري منحوت.

٣-٤-٣-٤ معايير القبول:

٣-٤-٣-٤-١ ضبط الجودة:

يجب أن يزود المقاول المهندس ببرنامج اختبار الجودة للموافقة عليه، والذي قد يتضمن إنشاء لوحات اختبار أثناء الإنشاء لتحضير العينات للاختبار أو الحصول على العينات الأساسية. يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويقوم بجمع وتوثيق وتقييم النتائج لضمان جودة مواد الخرسانة المقذوفة. يوضح الجدول (٣-٢٠) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على خلطة الخرسانة المقذوفة وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماحية. يقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبارات وشهادات الشركة الصانعة إلى المهندس.

الجدول (٣–٢٠) متطلبات ضبط الجودة لخلطة الخرسانة المقذوفة.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
المواد الخام وخلطة الخرسانة المقذوفة	التدرج الكلي	من المصدر	٣ اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند موافقة المصدر أو صيغة مزيج العمل، عند الموافقة على المصدر أو تغييره، أو ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة	ASTM C136 AASHTO T27	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
	أسمنت		شهادة الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	ASTM C150	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
	الرماد المتطاير/ البوزولان، خبث الأسمنت، غبار السيليكا			ASTM C618 ASTM C989 ASTM C1240	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
	مضافات			ASTM C1141 ASTM C494	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
	ألياف			ASTM C1116	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
	مقاومة الانضغاط		٣ اختبارات بموافقة صيغة مزيج العمل	ASTM C39	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تردد الاختبار	طريقة اختبار	متطلبات
	مقاومة الانحناء (للتربة المسلحة بالألياف)			ASTM C1609	القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢)
خلطة الخرسانة المقذوفة قيد الاستخدام	مقاومة الانضغاط (النوى من لوحات الاختبار أو النوى الموضعية)	في موقع المشروع	٣ اختبارات في لباب الحفر كل ٣٨ م٣أو لكل يوم عمل	ASTM C1140 ASTM C1604	يتجاوز المتوسط ٨٥٪ من المقاومة المحددة ولا يوجد نواة واحدة أقل من ٧٥٪ من المقاومة المحددة (القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢))
	مقاومة الانحناء (لباب الحفر من لوحات الاختبار)		٣ اختبارات في لباب الحفر كل ٣٨ م٣أو لكل يوم عمل	ASTM C1140 ASTM C1609	يساوي متوسط مقاومة الانحناء من لوحة واحدة أو يتجاوز مقاومة الانحناء المحددة (القسم الفرعي (٣-٤-٣-٢))

٣-٤-٣-٤-٢ قبول الجودة:

ستجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار والتفتيش للتأكد من أن جودة مادة الخرسانة المقذوفة والأعمال النهائية ضمن متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول بأداء بعض أو كل اختبارات ضبط الجودة الموضحة تحت إشرافه المباشر في الأجزاء السابقة وتقرر قبول العمل أو رفضه. تُنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من جانب الجهة المسؤولة.

٣-٤-٣-٥ القياس والدفع:

يجب أن تقاس الكميات الفعلية والمقبولة من الخرسانة المقذوفة بالأمتار المكعبة ضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو حسب تعليمات المهندس.

الدفع مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد المقياس هو تعويض كامل لتوفير جميع المواد والمعدات والعمالة والنفقات اللازمة لإكمال جميع أعمال الخرسانة المقذوفة على النحو المحدد. يتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٣-٢١).

الجدول (٣–٢١) عناصر الدفع في أعمال الخرسانة المقذوفة.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,١٤	الخرسانة المقذوفة	م٣
٣,١٥	الخرسانة المقذوفة المُسلحة	م٣
٣,١٦	الخرسانة المقذوفة المسلحة بالألياف	م٣

٣-٤-٤ البراغي الصخرية والمراسي:

٣-٤-٤-١ عام:

تُستخدم البراغي الصخرية، التي تتكون من عناصر فولاذية مشدودة، على كتل صخرية تظهر بالفعل علامات عدم الاستقرار أو على منحدرات صخرية مقطوعة حديثًا لمنع الحركة على طول الكسور. يتم استخدامها لإضافة ضغط على المفاصل داخل كتلة صخرية والتي بدورها تساعد على تقليل حركة الكتلة عن طريق زيادة الاحتكاك على طول مستويات التصدع (Andrew, et al., 2011). يتضمن تركيبها الحفر، وحشو طول الرابطة، وإدخال قضيب فولاذي، ثم شد المرساة وحشو الطول الحر. يمكن تثبيت البراغي الصخرية بمادة الراتنج أو المونة.

٣-٤-٤-٢ المواد:

٣-٤-٤-٢-١ البراغي:

يجب أن تكون المسامير ذات قطر اسمي لا يقل عن ١٥٠ درجة و٣٢ملم (١,٢٥ بوصة) من الصلب المسبق الإجهاد عالي المقاومة المطابق لمواصفات ASTM A722 (أو AASHTO M275). تحتوي البراغي على تشوهات تشبه الخيوط على كامل الطول.

بالنسبة للمسامير الصخرية المرصوفة بالأسمنت، يجب أن تكون المسامير ملولبة بالانصهار مطلية بالإيبوكسي، وفقًا للمواصفة ASTM A775، للحماية من التعرية. يمكن استخدام طرق إضافية للحماية من التعرية، على النحو الموصى به من جانب الشركة المصنعة للمسمار.

بالنسبة لحجم ودرجة التربس المزودة، يجب أيضًا توفير لوح محمل حديدي، وغسالة مقواة، وبراغي مرساة على النحو الموصى به من جانب الشركة المصنعة للمسمار. قد يتطلب الأمر حلقتين مشطوفتين أو إسفين لكل مسمار، حسب طلب المهندس.

بالنسبة للمسامير الصخرية المرصوفة بالأسمنت، يجب أن تكون جميع الألواح والغسالات والصواميل مجلفنة وفقًا للمواصفة ASTM A153. أيضًا، قم بتجهيز الأبواق (للحقن بمرحلة واحدة)، والجدول الزمني ٤٠ غلاف بي في سي، وحماية من التعرية هلام الشحوم/الشمع، والمركزة، وأنابيب المونة، وسدادات المونة، وحماية رأس التثبيت على النحو الموصى به من جانب الشركة المصنعة للمسمار.

٣-٤-٤-٢-٢ مادة الراتنج:

يجب أن تكون مادة الراتينج من النوع المكون من مركبين، ومرتين ضبط مختلفين، وتُصنّعهما خصيصًا لتركيب البراغي على الصخور. توفير خراطيش ذات قطر مناسب، على النحو الموصى به من جانب الشركة المصنعة للمسمار المركب-ثقب الحفر-قطر الخرطوشة المستخدمة. تجهيز كمية كافية من مادة الراتنج سريع التثبيت لملء ٩٠٠ملم من الفراغ الحلقي في قاع الحفرة، أو حسب طلب المهندس. يكون من الضروري وجود كميات أكبر من مادة الراتينج سريع الضبط في بعض أنواع الصخور لتلبية متطلبات اختبار السحب. تزويد مادة الراتنج ذو الإعداد الأبطأ بوقت ضبط لا يقل عن ١٥ دقيقة ليتم تثبيته في باقي الفتحة لتغليف البرغي بالكامل.

٣-٤-٤-٢-٣ المونة:

يجب أن يتألف المونة من مادة مونة خرسانية تتكون من مكون جاف ومعبأ مسبقًا يضاف إليه الماء أو مركب مستحلب، ولا يحتوي على مواد مساعدة للتمدد المعدني، والتي لا يمكن إضافة أي ركام إليها. ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو بتوجيه من المهندس، يجب أن تلبي المواد متطلبات بالجدول (٣-٢٢).

الجدول (٣–٢٢) متطلبات الحقن الخرساني للمسامير الصخرية(NYSDOT, 2019).

خاصية	طريقة اختبار	متطلبات
المجموعة الأولية (دقيقة)	AASHTO T131	٣٠ دقيقة
توسع، (٪)	ASTM C1090	٠,٤ كحد أقصى
مقاومة الانضغاط، يوم واحد، (ميجا باسكال)	AASHTO T106	٢٠,٥ دقيقة

خاصية	طريقة اختبار	متطلبات
مقاومة الانضغاط، ٧ أيام، (ميجا باسكال)	AASHTO T106	٤١ دقيقة
مقاومة الانسحاب (الحمولة القصوى، كجم)	AASHTO T22	٤,٥٣٥ دقيقة
إجمالي محتوى الكلوريد (٪ بالوزن)	AASHTO T260	٠,٠٥ كحد أقصى
إجمالي محتوى الكبريتات (٪ بالوزن)	AASHTO T105 (or ASTM C114)	٥ كحد أقصى

٣-٤-٤-٣ أساليب الإنشاء:

٣-٤-٤-٣-١ مسامير صخرية مثبتة بمادة الراتنج:

تثبيت البراغي الصخرية بدءًا من الجزء العلوي من المنحدر والعمل لأسفل. حفر العدد المناسب من فتحات المسامير في الصخر بالزوايا والمواقع المحددة من جانب المهندس، بعمق ١٥٠ملم أقصر من طول البرغي المطلوب. يجب حفر الثقوب باستخدام طرق الحفر الدوارة أو طرق الحفر. يجب ألا يؤدي نوع طريقة الحفر المختارة إلى كسر أو إتلاف الصخر المثبّت بمسامير. يكون قطر فتحة التربّاس متوافقًا مع أقطار خرطوشة مادة الراتنج ثقب التربّاس، على النحو الموصى به من جانب الشركة المصنعة للمسمار، لا يمكن بأي حال من الأحوال أن يتجاوز قطر فتحة المسامير قطر خرطوشة مادة الراتنج بأكثر من ١٠ ملم، يجب تثبيت صفيحة التحميل عند ٩٠ ± ١٥ درجة على محور مسمار الصخر وأن تكون على اتصال وثيق مع سطح الصخر في جميع أنحاء المنطقة بأكملها. لهذا الغرض، يجب أن يسبق تسوية سطح الصخر بطريقة يعتمدها المهندس.

تشمل الطرق المقبولة، على سبيل المثال لا الحصر، على النحو الموضح أدناه:

- تقطيع سطح الصخر.
- تطبيق الخلطة الخاصة التي توفرها الشركة المصنعة للمسامير لأغراض التسوية.
- استخدام أوتاد فولاذية بالإضافة إلى مزيج التسوية.
- مزيج من التقطيع والتسوية مع أو بدون أوتاد.

يمكن استخدام الهواء أو الماء لتنظيف فتحة المزلاج حتى عمقها الكامل. ضع الكمية المناسبة من مادة الراتنج سريع التثبيت في قاع الحفرة والكمية المناسبة من مادة الراتنج الأبطأ باتجاه الجزء العلوي من الحفرة. استخدم فقط مادة الراتينج الموجود ضمن مدة الصلاحية غير المنتهية المحددة على العبوة من جانب الشركة المصنعة. تجميع البرغي مع الملحقات المناسبة بحيث يمتد ١٠٠ملم منه إلى ما بعد صمولة التثبيت. أدخل البرغي في الفتحة وقم بتدويره بسرعة ١٠٠ طبقة في الدقيقة تقريبًا مع دفع البرغي لأسفل عبر خراطيش الراتنج إلى أسفل الحفرة بواسطة وسيلة معتمدة من المهندس. للتأكد من خلط مواد الراتنج الموجودة في الفتحة، قم بتدوير البرغي في هذا الوضع لمدة ٣٠ إلى ٦٠ ثانية، وقم بتدوير البرغي لمدة لا تزيد عن وقت ضبط مادة الراتنج السريع. اترك المجموعة دون عائق في الفتحة للوقت المطلوب لمادة الراتنج الخاصة بالإعداد السريع لتصلب، ثم شد البرغي قبل الوقت المحدد لراتنج الإعداد الأبطأ.

اختبار سحب البرغي الأول المركب حتى ٦٧٠ كيلو نيوتن (٨٠٪ من المقاومة النهائية للمسمار)، أو حسب طلب المهندس، باستخدام رافعة هيدروليكية مجوفة، أو بواسطة طرق أخرى يعتمدها المهندس. دعم قاعدة الرافعة بزاوية قائمة على محور البرغي. إجراء هذا الاختبار أثناء شد البرغي وقبل تركيب البراغي الأخرى. إغلاق الشد عن طريق شد صامولة التثبيت على لوحة القاعدة. شد البراغي المتبقية حتى ٤٩٠ كيلو نيوتن أو حسب طلب المهندس.

قد تكون هناك حاجة لاختبارات سحب إضافية عند مواجهة أنواع أو ظروف صخور مختلفة، عندما يفشل التربّاس في اختبار السحب، كما هو موضح أعلاه أو لا يمكن شده بالكامل، أو عندما يتم استخدام مادة الراتنج الذي يحمل رقم كود الشركة المصنعة المختلفة لأول مرة.

ينبغي في حالة حدوث عطل في المزلاج أو المرساة، يجب تركيب برغي جديد على نفقة المقاول. بناءً على تحديد سبب العطل، يجب تقديم التعديلات من المقاول لمراجعتها واعتمادها من قبل المهندس.

٣-٤-٤-٣-٢ مسامير صخرية أسمنتية:

حفر ثقوب وتسوية سطح الصخور، كما هو موصوف لمسامير صخرية مثبتة بمادة الراتنج.

يجب تركيب عدد ٢ مركزية على الأقل لكل مسمار على مراكز ٣ أمتار أو أقل. ينبغي أن يكون أدنى موقع مركزي في حدود ٣٠٠ملم من نهاية التربـاس.

قبل البدء في صب أي مسامير ملولبة، يجب تنظيف جميع أنابيب المونة والأنابيب والفواصل لإزالة أي جزيئات أوساخ أو شحوم أو مونة مقوى أو أي مواد غريبة أخرى. يجب شطف أو نفخ جميع المياه الزائدة والمونة المخفف من جميع الخطوط قبل البدء في الحقن.

إنتاج الأسمنت غير المتناثر والمونة الخالي من الكتل بواسطة معدات الحقن. يجب أن تكون معدات الحقن في حجم يسمح بضخ المونة في عملية واحدة مستمرة. تُستخدم مضخة مزودة بمقياس ضغط لمراقبة ضغط المونة. يتم حقن المونة من أدنى نقطة في فتحة الحفر وتغليف المزلاج بالكامل. تسجيل كمية المونة وضغط المونة.

بالنسبة للحشو بمرحلة واحدة، يمكن استخدام غلاف PVC الأملس المستخدم للحماية من التآكل كقاطع للربط. يمتد الغلاف من أعلى منطقة الرابطة عبر منطقة الضغط ولكن يجب ألا يكون طويلًا بما يكفي ليلامس رأس المرساة أو لوحة المحمل أثناء الضغط. إحكام الغلق لمنع تسرب المونة من منطقة الرابطة.

بالنسبة للحشو بمرحلة واحدة، يجب أن يكون البوق طويلاً بما يكفي ليتداخل مع حماية المنطقة غير المربوطة من التآكل بمقدار ١٠٠ملم على الأقل، ويجب أن يملأ بالكامل بالمونة بعد شد المرساة. تكون نهاية البوق مختومة لمنع المونة من الهروب إلى المنطقة غير المربوطة والتسبب في ركود المونة في البوق.

بالنسبة للحشو على مرحلتين، قم بتوفير وسيلة لتحديد مستوى المونة في منطقة الرابطة ووسيلة لحماية مناطق الضغط والتثبيت بين عمليات الحشو.

يختبر الشد والإثبات البرغي الأول والمسامير المتبقية، كما هو موصوف لمسامير الصخور المثبتة بمادة الراتنج.

ينبغي في حالة حدوث عطل في المزلاج أو المرساة، يجب تركيب برغي جديد على نفقة المقاول. بناءً على تحديد سبب العطل، يجب تقديم التعديلات من المقاول لمراجعتها واعتمادها من جانب المهندس.

٣-٤-٤-٤ معايير القبول:

يجب قبول البراغي وملحقاتها ومواد تثبيت الراتينج والمونة بناءً على شهادة صانعيها للامتثال للمواصفات ذات الصلة، كما يتم تقديمها من المقاول إلى المهندس للموافقة عليها قبل تنفيذ الأعمال.

يجب قبول تنظيف المنحدرات والتسوية وحفر فتحات تركيب التسليح عن طريق الفحص البصري.

يجب قبول أعمال التركيب والتثبيت والشد للمسامير الصخرية على الامتثال لمعايير اختبار السحب، كما هو موضح في الأقسام الفرعية (٣-٤-٤-٣-١) و(٣-٤-٤-٣-٢).

٣-٤-٤-٥ القياس والدفع

يجب أن تقاس الأعمال الفعلية والمقبولة لصهر المسامير بالأمتار الطولية للمسامير الصخرية المركبة بشكل مرضٍ ضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء القاعدة الترابية على النحو المُحدد. يتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٣-٢٣).

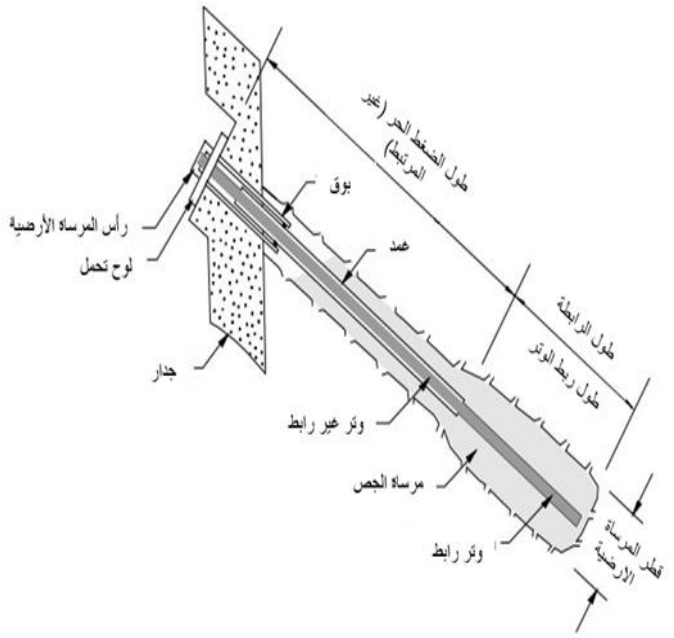
الجدول (٣–٢٣) بنود الدفع الخاصة بصخرة التربـاس وأعمال التثبيت.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,١٧	براغي صخرية مثبتة بمادة الراتنج	م
٣,١٨	براغي صخرية أسمنتية	م

٣-٤-٥ المراسي الأرضية:

٣-٤-٥-١ عام:

تعد المرساة الأرضية المعبأة مسبقًا عنصرًا هيكليًا مثبتًا في التربة أو الصخر، كما هو موضح تخطيطيًا في الشكل (٣-٣)، الذي يستخدم لنقل حمولة الشد المطبقة إلى الأرض.



الشكل (٣–٣) مكونات المرساة الأرضية (FHWA, 1999).

تشمل المكونات الأساسية للمرساة الأرضية المرصوفة المرساة، طول الضغط الحر (غير المرتبط)، وطول الرابطة. غالبًا ما تستخدم المراسي الأرضية جنبًا إلى جنب مع الجدران أو الكتل الخرسانية لتثبيت المنحدرات والانزلاقات الأرضية. تسمح مراسي التربة والصخور بإجراء قطع عميقة نسبيًا لإنشاء طرق جديدة. يمكن استخدام المراسي الأرضية لتوفير مقاومة كبيرة بما يكفي لتثبيت كتلة الأرض فوق الانزلاق الأرضي أو السطح المنزلق.

٣-٤-٥-٢ المواد:

٣-٤-٥-٢-١ فولاذ مسبق الإجهاد:

توفير أوتار المرساة الأرضية المُصنَّعة من عناصر مفردة أو متعددة من أحد أنواع الفولاذ المسبق الإجهاد الموضحة أدناه:

- قضبان فولاذية تتوافق مع AASHTO M275 (أو ASTM A722).
- خيوط ذات سبعة أسلاك منخفضة الاسترخاء تتوافق مع AASHTO M203 (أو ASTM A416).
- خيوط "مضغوطة" بسبعة أسلاك منخفضة الاسترخاء تلبي ASTM A779.
- اجتماع حبلا مطلي بالإيبوكسي ASTM A882.
- قضبان حديد التسليح المطلية بالإيبوكسي تتوافق مع ASTM A775.

تجهيز أجهزة مركزية على فترات أقصاها ٣ أمتار، مع أعمق جهاز مركزي يقع على بعد ٣٠٠ملم من نهاية المرساة والمركزة العلوية لمنطقة الرابطة التي لا تبعد أكثر من ١,٥ متر من أعلى طول رابطة الوتر.

استخدم الفواصل لفصل الخيوط الفولاذية لأوتار الجدائل. يتم تأمين الفواصل على فترات أقصاها ٣ م، ويمكن للمقاول الجمع بين الفواصل والمركزية.

تزويد قارنات قضيب فولاذية مسبقة الإجهاد قادرة على تطوير ١٠٠ في المائة من الحد الأدنى من مقاومة الشد القصوى المحددة لقضيب الصلب المسبق الإجهاد. التأكد من أن خيوط الصلب المستخدمة في تربة أو صخرة ثابتة بدون فواصل ما لم يوافق عليها المهندس.

٣-٤-٥-٢-٢ مرساة المونة:

استخدم المونة لمزيج متقن قابل للضخ من الأسمنت والماء يكون مستقرًا (أي يفيض أقل من ٢ في المائة)، سائل، ويوفر مقاومة ضغط لا تقل عن ٢٨ يومًا لا تقل عن ٢١ ميجا باسكال، كما هو محدد وفقًا لـ ASTM C109 في ذلك الوقت من التأكيد. يجب أن يكون الأسمنت البورتلاندي من النوع I أو II أو V المطابق لـ AASHTO M85. ويجب أن تكون المياه المستخدمة لخلط المونة صالحة للشرب ونظيفة وخالية من الكميات الضارة من المواد المعروف أنها ضارة بالأسمنت البورتلاندي أو الحديد المسبق الإجهاد.

في حالة موافقة المهندس، يمكن للمقاول استخدام مواد إضافية تتحكم في النزف وتحسن قابلية التدفق وتقليل محتوى الماء وتثبيط مجموعة المونة. في هذه الحالة، يجب الحرص على أن المواد المضافة متوافقة مع الفولاذ المسبق الإجهاد ومختلطة وفقًا لتوصيات الشركة الصانعة. يمكن للمقاول إضافة مواد مضافة ممتدة إلى المونة المستخدم لملء العبوات المختومة، والأبواق، وأغطية التثبيت. على العكس من ذلك، يجب عدم استخدام مسرعات.

استخدم أنابيب المونة ذات القطر الداخلي المناسب والتي تسمح بضخ المونة إلى قاع فتحة الحفر، وتكون قوية بما يكفي لتحمل ضغط الحقن الأدنى البالغ ١ ميجا باسكال.

٣-٤-٥-٢-٣ أجهزة التثبيت:

يجب أن تكون أجهزة التثبيت عبارة عن مزيج إما من لوح محمل فولاذي مع لوح إسفين وأوتاد أو لوح محمل فولاذي مع صامولة تثبيت ملولبة. يمكن أيضًا دمج المحمل الفولاذي واللوحة الإسفينية في عنصر واحد. تأكد من أن أجهزة التثبيت قادرة على تطوير ٩٥ في المائة من الحد الأدنى المحدد لمقاومة الشد القصوى لوتر الصلب المسبق الإجهاد.

يجب أن تصنع صفائح التحميل من الصلب المطابق للمواصفة AASHTO M270 (أو ASTM A709)، من الدرجة ٢٥٠، أو تكون مصبوبة من الحديد اللدن المطابق للمواصفة ASTM A536.

يجب أن يصنع البوق المستخدم إما من أنبوب فولاذي أو أنبوب يفي بمتطلبات ASTM A53 أو ASTM A500، على التوالي. الحد الأدنى لسمك جدار الأبواق الفولاذية ٣ملم لأقطار تصل إلى ١٠٠ملم و ٥ملم للأقطار الأكبر.

تكون أغطية التثبيت المستخدمة من الفولاذ أو البلاستيك بسماكة لا تقل عن ٣ملم لضمان أن الوصلة بين الغطاء ولوحة التحميل مانعة لتسرب الماء.

أوتاد مصممة لمنع الفشل المبكر للفولاذ المسبق الإجهاد بسبب آثار الشق أو القرص، لا تعيد استخدام الأوتاد. تصميم أوتاد لخيط مطلي بالإيبوكسي ليكون قادرًا على العض من خلال طلاء الإيبوكسي وفي الخصلة. لا تقم بإزالة طلاء الايبوكسي من الخصلة للسماح باستخدام أوتاد قياسية. تصميم صواميل التثبيت وغيرها من الأجهزة القابلة للربط للقضبان المطلية بالإيبوكسي لتثبيتها فوق الشريط المطلي بالإيبوكسي ولا تزال تفي بمتطلبات القدرة على التحمل.

٣-٤-٥-٢-٤ مركب مانع للتآكل:

للتنسيب في الطول الحر أو منطقة البوق، قم بتوفير مركب عضوي (أي شحم أو شمع) مع إزاحة مناسبة للرطوبة القطبية، وإضافات مانعة للتآكل، وخصائص ذاتية الشفاء. تأكد من أن المركب يظل لزجًا ومستقرًا كيميائيًا وغير متفاعل مع الفولاذ المسبق الإجهاد، ومواد التغليف، والمونة المرساة.

٣-٤-٥-٢-٥ الجلبة القابلة للتقلص بالحرارة:

يجب أن تصنع الجلبة القابلة للتقلص بالحرارة من أنبوب بولي أوليفين متشابك للإشعاع بسمك جدار اسمي ٠,٦ملم ومغطى داخليًا بمادة مانعة للتسرب بسمك اسمي ٠,٥ ملم.

٣-٤-٥-٢-٦ العازل:

استخدم العازل الخارجي كجزء من نظام الحماية من التآكل لجزء الطول غير المرتبط من الوتر، والذي يتكون من إحدى المواد المحددة في الجدول (٣-٢٤).

الجدول (٣–٢٤) مواد العازل (AASHTO, 2020).

المواد	المرجع	سمك الجدار الأدنى (ملم)
أنبوب بولي إيثيلين	ASTM D1248، النوع الثاني، الثالث، أو الرابع	١,٥
أنبوب البولي بروبيلين المبثوق بالذوبان الساخن	ASTM D4101، تصنيف الخلية B55542-11	١,٥
أنبوب البولي إيثيلين المبثوق بالذوبان الساخن	ASTM D1248، النوع الثالث	١,٥
أنابيب فولاذية	ASTM A500	٥
أنبوب فولاذي	ASTM A53	٥
الأنابيب البلاستيكية أو الأنبوب	ASTM D1784، فئة - ب ١٣٤٦٤	جدول ٤٠

٣-٤-٥-٢-٧ مغلفات طول رابطة الوتر:

إذا كانت الخطط تتطلب ذلك، فإن تغليف طول رابطة الوتر يجب أن يتكون من إحدى المواد المحددة في الجدول (٣-٢٥).

الجدول (٣–٢٥) مواد تغليف الأوتار (AASHTO, 2020).

المواد	المرجع	سمك الجدار الأدنى (ملم)
أنابيب البولي إيثيلين المموجة عالية الكثافة	AASHTO M252	١,٥، باستثناء الأوتار مسبقة النمو، والتي قد يكون الحد الأدنى لسمك جدارها ١ ملم
المواسير أو الأنابيب الفولاذية المفتولة	ASTM A500	٥
أنابيب بولي فينيل كلوريد مموجة	ASTM D1784، الفئة-ب ١٣٤٦٤	١,٥
الايبوكسي المرتبط بالانصهار	ASTM A775	٠,٣٨

٣-٤-٥-٢-٨ عناصر متنوعة:

يجب أن تصنع أداة تكسير الوتر من أنبوب أو أنبوب بلاستيكي أملس، ومصنوع من مادة غير ضارة بالأوتار، ومقاومة للهجوم الكيميائي من البيئات العدوانية، أو المونة، أو مركب مانع للتآكل، ومقاومة لعوامل الزمن بواسطة الضوء فوق البنفسجي، وقادرة على تحمل التآكل والصدمات والانحناء أثناء المناولة والتركيب، وتمكن الوتر من الاستطالة أثناء الاختبار والضغط، ويسمح للوتر بالبقاء غير مربوط بعد الانغلاق.

يجب أن تسمح الفواصل لفصل عناصر الوتر متعدد العناصر بالتدفق بحرية حول الوتر وأعلى فتحة الحفر. يجب أن تكون مصنعة من البلاستيك أو الصلب أو مادة لا تضر بفولاذ الإجهاد المسبق. يجب عدم استخدام الخشب.

يجب أن تصنع أجهزة التمركز من البلاستيك أو الصلب أو مادة لا تضر بفولاذ الإجهاد المسبق ولكن ليس من الخشب. يجب أن يكون جهاز التمركز قادرًا على دعم الوتر في فتحة الحفر ووضع الوتر بحيث يتم توفير غطاء مونة لا يقل عن ١٢ ملم. علاوة على ذلك، يجب أن تسمح للجص بالتدفق بحرية حول الوتر وأعلى فتحة الحفر. لا يلزم استخدام أدوات التثبيت المركزية في المراسي المحقونة بالضغط والمثبتة في تربة خشنة الحبيبات عندما يتجاوز ضغط الحقن ١ ميجا باسكال، ولا على المراسي المجوفة ذات السيقان المثقوبة عندما يتم حشوها من خلال المثقاب مع وجود مونة به انخفاض يبلغ ٢٢٥ملم أو أقل.

٣-٤-٥-٣ أساليب الإنشاء:

يجب أن يثبت المقاول مؤهلاته لإجراء مثل هذا العمل من خلال تقديم قائمة بالمشاريع المنجزة في آخر ٥ سنوات التي صمم فيها وتركيب المراسي الأرضية للمهندس للموافقة، وخبرة موظفيه المقترح تصميمها والإشراف عليها، ونظام تثبيت وحفر وتركيب مراسي أرضية دائمة.

٣-٤-٥-٣-١ الرسومات الإنشائية للعمل:

قبل ٣٠ يومًا على الأقل من بدء العمل، يجب أن يقدم المقاول إلى المهندس للمراجعة والموافقة على الرسومات الإنشائية للعمل وحسابات التصميم. مع مراعاة انه يجب تضمين المعلومات الموضحة أدناه في التقديم:

- جدول المرساة الأرضية الذي يوفر: رقم المرساة الأرضية، وتحميل تصميم مرساة الأرض، ونوع وحجم الوتر، والحد الأدنى لطول المرساة الإجمالي، الحد الأدنى لطول الرابطة الحد الأدنى لطول رابطة الوتر، والحد الأدنى للطول غير المربوط.
- رسم لوتر المرساة الأرضية ونظام الحماية من التآكل بما في ذلك التفاصيل الخاصة بما هو موضح أدناه: الفواصل وموقعها، المركزية وموقعها، ونظام الحماية من التآكل غير المربوط، نظام الحماية من التآكل بطول السندات، مرسى وبوق، ونظام حماية التثبيت من التآكل.
- شهادات امتثال للمواد الموضحة أدناه، في حالة استخدامها، تفيد بأن المواد أو التجميعات المقدمة سوف تتوافق تمامًا مع متطلبات العقد: الصلب المسبق الإجهاد، أو حبلًا أو قضيب، الأسمنت البورتلاندي، وأجهزة الإجهاد، ولوحات تحمل ونظام الحماية من التآكل.

يوافق المهندس أو يرفض رسومات عمل المقاول وتقديم التصميم في غضون ٣٠ يوم عمل بعد استلام التقديم. لا تعفي الموافقة على تقديم التصميم المقاول من مسؤوليته عن إكمال العمل بنجاح.

٣-٤-٥-٣-٢ معايير التصميم:

الأوتار. اختر نوع الوتر الذي سيتم استخدامه، ما لم يُنص على خلاف ذلك، بناءً على المعايير الموضحة أدناه. قياس الوتر بحيث لا يتجاوز الحمل التصميمي ٦٠٪ من الحد الأدنى لمقاومة الشد المحددة (SMTS) لفولاذ الإجهاد المسبق. يجب ألا يتجاوز حمل قفل الوتر ٧٠ ٪ من الحد الأدنى لمقاومة الشد المحددة للصلب قبل الإجهاد ويجب اختياره بناءً على الوقت المتوقع أو تغيرات الحمل المعتمدة على النشاط. ينبغي أن يكون حجم الفولاذ المسبق الإجهاد بحيث لا يتجاوز الحمل الاختباري الأقصى ٨٠٪ من الحد الأدنى لمقاومة الشد المحددة الخاص به.

طول الرابطة. تحديد طول الرابطة اللازمة لتطوير الحمل التصميمي الموضح في رسومات العقد أو رسومات العمل المعتمدة. يجب أن يكون الحد الأدنى لطول الرابطة ٣ م لأوتار القضبان في الصخر و٤,٥ م لأوتار السلاسل في الصخر. وفقًا لذلك، يجب أن يكون الحد الأدنى لطول الرابطة ٤,٥ متر لأوتار الجدائل والقضيب في التربة. يجب أن يكون الحد الأدنى لطول رابطة الوتر ٣ أمتار.

طول الضغط الحر. بالنسبة لمراسي الصخور والتربة، يجب أن يكون الحد الأدنى لطول الإجهاد الحر (الطول غير المربوط) ٣ أمتار لأوتار القضبان و٤,٥ متر لأوتار الجدائل. التأكد من أن طول الضغط الحر يمتد خلف سطح الفشل الحرج بما لا يقل عن ١,٥ متر أو ٢٠٪ من ارتفاع الجدار، أيهما أكبر. يمكن استخدام ثبات المنحدر أو طرق أخرى مماثلة لتقييم سطح الانهيار الحرج.

٣-٤-٥-٣-٣ افتعال أدوات التثبيت:

يمكن تصنيع المراسي إما في المحل أو في الحقل باستخدام مواد تتوافق مع القسم الفرعي (٣-٤-٥-٢) ورسومات العمل والجداول المعتمدة.

يمكن للمقاول قطع الفولاذ المسبق الإجهاد إما بمنشار المواد الكاشطة أو، بموافقة مورد الفولاذ المسبق الإجهاد، بشعلة أوكسي أسيتيلين.

تأكد من أن طول رابطة الوتر بالكامل، خاصة بالنسبة للخيط، خالٍ من الأوساخ أو مواد التشحيم الخاصة بالشركة المصنعة أو الطلاءات المانعة للتآكل أو غيرها من المواد الضارة التي قد تؤثر بشكل كبير على رابطة المونة بالوتر أو عمر خدمة الوتر.

يتم تغليف أوتار بريجروت على إطار أو سرير مائل وصلب عن طريق حقن المونة من الطرف السفلي للوتر.

٣-٤-٥-٣-٤ الحماية من التآكل:

ستحدد الجهة متطلبات الحماية من التآكل في رسومات العقد. تصميم وإنشاء أنظمة الحماية من التآكل لتلبية هذه المتطلبات وتوفير مثبتات أرضية موثوقة للمنشآت المؤقتة والدائمة.

حماية أدوات التثبيت . توفير أدوات التثبيت شد التي ستتعرض بشكل دائم للجو بغطاء مملوء بالمونة، باستثناء المراسي القابلة للضغط، باستخدام مركب مانع للتآكل. لا تتطلب أدوات التثبيت المغطاة بالخرسانة بسمك لا يقل عن ٥٠ملم غطاءً.

سدادة البوق على لوحة تحمل. تأكد من تداخل البوق مع الحماية من التآكل غير المرتبط بطول ١٠٠ملم على الأقل، أثناء الاختبار والضغط، قم بتوفير بوق طويل بما يكفي لاستيعاب حركة الأوتار والهيكل. على أوتار الخيوط، تأكد من أن البوق طويل بما يكفي لتمكين الوتر من الانتقال من قطر الوتر على طول الطول غير المربوط إلى قطر الوتر عند الصفيحة الإسفينية دون إتلاف التغليف.

املأ البوق بالمونة، باستثناء استخدام مركبات مانعة للتآكل من أجل المراسي القابلة للضغط. يمكن للمقاول وضع مركبات في أي وقت أثناء الإنشاء. أنشئ سدادة طويل الأمد بين الطول غير المرتبط بالحماية من التآكل والأبواق المملوءة بالمركب. ضع المونة بعد اختبار المرساة الأرضية والتشديد على حمل القفل. بالنسبة للأبواق المملوءة بالمونة، قد يوفر المقاول سدادة مؤقتًا بين البوق والحماية من التآكل غير المرتبط بالطول. بدلاً من ذلك، قد يقوم المقاول بتركيب البوق بإحكام على طول الحماية من التآكل غير المرتبط بحد أدنى ١٠٠ ملم.

حماية طول غير مرتبط. اعتمادًا على فئة الأوتار، استخدم مزيجًا من الأغماد أو غلاف مملوء بالمونة أو مركب مانع للتآكل أو أنبوب قابل للتقلص بالحرارة مغطى داخليًا بمركب مصطكي لحماية الطول غير المرتبط من التآكل. تأكد من أن المركب المثبط للتآكل يكسو عناصر الأوتار بالكامل، ويملأ الفراغ بينها وبين الغلاف، ويملأ الفجوات بين أسلاك خيوط من ٧ أسلاك. تأكد من بقاء المركب داخل الغلاف.

وضع غمد مقاوم للتآكل طويل بما يكفي للوصول إلى البوق ولكنه لا يتلامس مع مرسى الإجهاد أثناء الاختبار حول طول الوتر غير المرتبط. يجب أن يتم قطع طول الحماية الزائد.

تزويد قاطع رابطة منفصل أو غمد مشترك لجميع أوتار الفئة الأولى والتغلفات مسبقة الصنع لحماية إضافية من التآكل أو لمنع الأوتار من الالتصاق بالمونة المحيط بالطول غير المربوط.

طول غير مرتبط/ انتقال طول الفواصل. يجب أن تصمم وتصنع استمرارية الحماية من التآكل عند الانتقال من الطول الملتصق إلى طول الوتر غير المرتبط.

حماية طول رابطة الأوتار للأوتار المحمية بالمونة (الفئة الثانية). يمكن للمقاول استخدام المونة الأسمنتي لحماية طول رابطة الأوتار في الأرض غير العدوانية عندما تضمن طرق التركيب بقاء المونة حول الوتر بالكامل. قم بتداخل غلاف الطول غير المرتبط بالمونة بمقدار ٢٥ملم على الأقل.

استخدام أجهزة مركزية أو تقنيات الحقن التي تضمن ما لا يقل عن ١٢ملم من غطاء المونة على طول رابطة الوتر.

حماية طول رابطة الأوتار للأوتار المغلفة (الفئة الأولى). يجب أن يتم تغليف طول رابطة الوتر بواسطة أنبوب بلاستيكي مموج مملوء بالمونة أو أنبوب فولاذي مشوه. يمكن حشو الوتر داخل الكبسولة قبل إدخال الوتر في فتحة الحفر أو بعد وضع الوتر في فتحة الحفر.

استخدم أجهزة مركزية أو تقنيات حقن تضمن وجود ١٢ملم على الأقل من غطاء المونة فوق الكبسولة.

الإيبوكسي (الفئة الأولى). يمكن للمقاول استخدام الإيبوكسي المرتبط بالانصهار لتوفير طبقة حماية لأوتار الصلب بالإضافة إلى المونة الأسمنتي.

حماية الوصلة. بالنسبة لأوتار الشريط المغلفة (الفئة الأولى)، قم بتغطية المقرن وأي مقاطع شريطية مكشوفة مجاورة بمركب مقاوم للتآكل أو شريط قماش مشبع بالشمع. أنبوب بلاستيكي أملس يلبي متطلبات الأغماد المحددة بالقسم الفرعي (٣-٤-٥-٢)، وينبغي أن تغطي منطقة المقرن وأن تتداخل مع الوتر المغمد المجاور بمقدار ٢٥ملم على الأقل، وينبغي أن يُستخدم غلاف الانكماش الحراري المطلي لا يقل عن ١٥٠ملم أو طول مكافئ معتمد لإغلاق المفصلتين. تأكد من أن المركب المقاوم للتآكل يملأ تمامًا المساحة داخل أنبوب الغطاء.

إذا كانت وثائق العقد تسمح بذلك على وجه التحديد، قم بتقديم تفاصيل الحماية من التآكل لقارنات الجدائل إلى المهندس للموافقة عليها.

٣-٤-٥-٣-٥ تخزين الأوتار والتعامل معها:

يجب تخزين الأوتار والتعامل معها بطريقة تمنع التلف أو التآكل. سيكون سبب رفض المهندس للأضرار التي لحقت بفولاذ الإجهاد المسبق للأوتار نتيجة التآكل والقطع والشقوق واللحام وبقع اللحام. لا يُسمح بتأريض اللحام الذي يؤدي إلى حديد الإجهاد المسبق. الصدأ الخفيف بشرط ألا يكون كافيًا لإحداث حفر مرئية للعين المجردة، يجب ألا يكون سببًا للرفض. قبل إدخال وتر في الحفرة المحفورة، يجب فحص عناصر الحماية من التآكل بحثًا عن التلف. يجب أن تُصلح أي تلف يتم العثور عليه بالطريقة التي يعتمدها المهندس. رفع الأوتار المحصنة مسبقًا بطريقة لا تسبب ثنيًا مفرطًا، مما قد يؤدي إلى إزالة الصلب المسبق الإجهاد من المونة المحيط. لا تعرض حديد الإجهاد المسبق لدرجات حرارة تزيد عن ٢٣٠ درجة مئوية.

٣-٤-٥-٣-٦ حفر:

طريقة الحفر. قد تكون طريقة الحفر المستخدمة هي الحفر الدوراني، أو الإيقاع، أو الحفر الدوراني/ الإيقاعي أو المثقاب، أو الغلاف الذي يتم تحريكه بالطرق أو الاهتزاز. يجب أن تؤسس طريقة الحفر المستخدمة ثقبًا ثابتًا بأبعاد مناسبة، ضمن التفاوتات المسموحة المحددة.

ثقوب أدوات التثبيت. يجب أن يكون موقع الحفرة المحفورة وميلها وطولها وقطرها كما هو موضح في رسومات العقد أو رسومات العمل المعتمدة. يجب استخدام ريشة حفر أو تاج غلاف لا يقل قطره عن ٣ملم عن قطر الفتحة المحدد. حدد موقع فتحة الحفر على سطح الأرض في حدود ٣٠٠ملم من الموقع الموضح في رسومات العقد أو رسومات العمل المعتمدة. حدد موقع فتحة الحفر بحيث يكون المحور الطولي لثقب الحفر والمحور الطولي للوتر متوازيان. لا تقم بحفر ثقوب المرساة الأرضية في مكان يتطلب ثني الوتر لتوصيل لوحة المحمل بالهيكل المدعوم. عند نقطة الدخول، قم بتثبيت المرساة الأرضية في حدود ± ٣ درجات من الميل من الأفقي الموضح في رسومات العقد أو رسومات العمل المعتمدة. عند نقطة الدخول، تأكد من أن الزاوية الأفقية التي تصنعها المرساة الأرضية والهيكل يقعان في حدود ± ٣ درجات من الخط المرسوم بشكل عمودي على مستوى الهيكل ما لم يرد خلاف ذلك في رسومات العقد أو رسومات العمل المعتمدة. تأكد من أن المراسي الأرضية لا تتجاوز حدود حرم الطريق أو حدود التخفيف الموضحة في رسومات العقد.

٣-٤-٥-٣-٧ إدخال الأوتار:

يجب أن يضع المقاول الأوتار وفقًا لرسومات العقد وتفاصيله وتوصيات صانع الأوتار أو مقاول الربط المتخصص. يجب إدخال الوتر في الحفرة المحفورة إلى العمق المطلوب دون صعوبة. عندما يتعذر إدخال الوتر بالكامل، يجب إزالته وتنظيف ثقب الحفر أو إعادة حفره للسماح بإدخاله. يجب عدم دفع الأوتار التي يتم إدخالها جزئيًا أو إدخالها في الحفرة.

أثناء التثبيت في ثقب الحفر أو الغلاف، افحص كل وتر تثبيت. في حالة تلف نظام الحماية من التآكل، قم بإصلاحه، إن أمكن، واستبدل الوتر. أعد توصيل الفواصل السائبة أو أجهزة التمركز لمنع التحول أثناء الإدخال. إصلاح طبقات الطلاء الإيبوكسي التالفة المربوطة بالانصهار وفقًا لتوصيات الشركة الصانعة. حماية المنطقة المرقعة بشريط أو أي وسيلة مناسبة أخرى إذا لم يُسمح للرقعة بالتعافي قبل إدخال الوتر في ثقب الحفر.

تحكم في معدل وضع الوتر في الحفرة لضمان عدم حدوث أي ضرر للبطانة والطلاء وأنابيب المونة أثناء تركيب الوتر. قد يقوم المقاول بتركيب الطرف السفلي من الوتر بغطاء أو بولنوز للمساعدة في إدخاله في الفتحة أو الغلاف أو الغلاف. تأكد من عدم تعرض أوتار المرساة للانحناءات الحادة.

٣-٤-٥-٣-٨ الحشو:

مونة أسمنتي متقن أو رمل أسمنتي مطابق للقسم الفرعي (٣-٤-٥-٢) يجب استخدام هذه المواصفات. تأكد من عدم احتواء المونة على كتل أو مؤشرات أخرى على الترطيب. اخلط المضافات، إن استُخدمت، حسب توصيات الشركة المصنعة.

يجب أن تنتج معدات الحقن مونةا خاليًا من الكتل والأسمنت غير المتناثر. يجب أن تستخدم مضخة المونة ذات الإزاحة الموجبة ومجهزة بمقياس ضغط لمراقبة ضغط المونة. يجب أن يكون مقياس الضغط قادرًا على قياس ضغوط لا تقل عن ١ ميجا باسكال أو ضعف ضغط المونة الفعلي المستخدم، أيهما أكبر. يجب أن تكون معدات الحقن في حجم يسمح بضخ المونة في عملية واحدة مستمرة. استخدم خلاطًا قادرًا على تحريك المونة باستمرار .

يجب حقن المونة من أدنى نقطة في الحفرة. يمكن للمقاول ضخ المونة من خلال أنابيب المونة أو الأغلفة أو المثاقب ذات الجذوع المجوفة أو قضبان الحفر. يمكن وضع المونة إما قبل أو بعد إدخال الوتر. تحكم في ضغوط المونة والمونة لمنع الانكسار المفرط أو التكسير. يجب تسجيل كمية المونة الموضوعة وضغط المونة.

بعد تركيب الوتر، يمكن للمقاول أن يملأ حفرة الحفر في عملية حقن مستمرة واحدة، فيما عدا أنه يجب عدم استخدام الحقن بالضغط في منطقة الطول الحر. تأكد من أن المونة الموجود أعلى فتحة الحفر لا يلامس الجزء الخلفي من الهيكل أو قاع البوق.

إذا تم تركيب المرساة الأرضية في تربة دقيقة الحبيبات باستخدام ثقوب حفر يزيد قطرها عن ١٥٠ ملم، يجب أن يُوضع المونة فوق قمة طول الرابطة بعد الاختبار والضغط على المرساة الأرضية. يسمح المهندس للمقاول بحشو حفرة الحفر بأكملها في الوقت نفسه إذا كان بإمكان المقاول إثبات أن نظام التثبيت الأرضي المعين لا يستمد جزءًا كبيرًا من قدرته على تحمل الأحمال من التربة فوق جزء طول الرابطة من المرساة الأرضية.

في حالة استخدام الأوتار المحمية بالمونة في المراسي الأرضية المثبتة في الصخور، فيجب استخدام تقنيات الحقن بالضغط. يتطلب الحقن بالضغط أن يتم إغلاق ثقب الحفر وأن يتم حقن المونة حتى يمكن الحفاظ على ضغط المونة ٠,٣٥ ميجا باسكال على الأقل (يقاس في أعلى فتحة الحفر) لمدة ٥ دقائق على الأقل.

عند الانتهاء من الحشو، قد يبقى أنبوب المونة في الحفرة إذا كان مملوءًا بالمونة. بعد الحشو، لا تقم بتحميل الوتر لمدة ٣ أيام على الأقل.

٣-٤-٥-٣-٩ تركيب أدوات التثبيت:

يجب تثبيت لوحة محمل المرساة ورأس المرساة أو الصامولة بطريقة عمودية على الوتر، في حدود ± ٣ درجات ومتمركزة على لوحة المحمل، دون ثني أو التواء عناصر الصلب مسبقة الإجهاد. تأكد من أن فتحات الأسافين والأوتاد خالية من الصدأ والمونة والأوساخ.

تنظيف وحماية الذيل المجهد من التلف حتى الاختبار النهائي والإغلاق. بعد موافقة المهندس على المرساة، قم بقطع ذيل الضغط إلى طوله النهائي وفقًا لتوصيات الشركة المصنعة للأوتار.

يجب أن تمتد الحماية من التآكل المحيطة بطول الوتر غير المترابط إلى ما بعد السدادة السفلي للبوق أو ١٠٠ملم في البوق إذا لم يتم توفير سدادة البوق. إذا لم تمتد الحماية إلى ما وراء السدادة أو بعيدًا بما فيه الكفاية في البوق، فقم بتمديد الحماية من التآكل أو إطالة البوق.

تأكد من أن الحماية من التآكل المحيطة بطول الوتر غير المرتبط لا تلامس لوحة التحميل أو رأس المرساة أثناء الاختبار والضغط. إذا كانت الحماية طويلة جدًا، فقم بقص الحماية من التآكل لمنع الاتصال.

٣-٤-٥-٣-١٠ الإجهاد، اختبار قدرة الحمل:

يجب اختبار الحمل على كل مرساة أرضية من جانب المقاول، كما هو موضح في الشكل (٣-٤).



الشكل (٣–٤) اختبار حمل المرساة الأرضية (المصدر: Geotech).

إجراء اختبار الزحف الممتد واختبار الأداء في بداية تركيب المرساة، قبل تركيب مثبتات التربة المتبقية، ما لم يوجه المهندس خلاف ذلك. لا يمكن تحميل أكثر من ١٠٪ من الحمل التصميمي على المرساة الأرضية قبل اختبار الحمل. التأكد من أن الحد الأقصى للحمل الاختباري هو ١,٣٣ مرة على الأقل من الحمل التصميمي، لكنه لا يتجاوز ٨٠ في المائة من الحد الأدنى المحدد لمقاومة الشد القصوى لفولاذ الإجهاد المسبق للوتر. يجب تطبيق حمل الاختبار في وقت واحد على الوتر بأكمله. لا تشدد على العناصر الفردية للأوتار متعددة العناصر.

معدات اختبار. يجب استخدام مقياس قرص أو مقياس رنيه قادر على قياس النزوح إلى أقرب ٠,٢٥ملم لقياس حركة المرساة الأرضية. يجب أن يكون لديه مسافة كافية بحيث يمكن قياس حركة المرساة الأرضية الكلية دون إعادة ضبط الجهاز.

يجب استخدام رافعة هيدروليكية ومضخة لتطبيق حمل الاختبار. يجب استخدام الرافعة ومقياس ضغط معاير لقياس الحمل المطبق. أشراك شركة مستقلة لمعايرة الرافعة ومقياس الضغط الأساسي كوحدة واحدة. لا تبدأ الاختبار حتى يوافق المهندس على المعايرة. استخدام مقياس ضغط أولي متدرج بزيادات قدرها ٠,٦٩ ميجا باسكال أو أقل. التأكد من أن حركة الكبس لا تقل عن ١٥٠ملم ويفضل ألا تقل عن

استطالة الوتر النظري عند أقصى حمل اختبار. إذا تطلب الأمر استطالات أكبر من ١٥٠ ملم، فيمكن للمهندس أن يسمح بإعادة التمليط.

يجب أن يتوفر في الموقع مقياس ضغط مرجعي معاير لفحص مقياس الإنتاج (أي الضغط الأولي) بشكل دوري. يجب معايرة المقياس المرجعي برافعة الاختبار ومقياس الضغط. تخزين مقياس الضغط المرجعي في الداخل ولا تعرضه لمعاملة قاسية.

يجب توفير خلية حمل وقراءة للمقاومة الكهربائية عند إجراء اختبار الزحف.

يجب أن توضع معدات الضغط على وتر المرساة الأرضية بطريقة تجعل الرافعة، ولوحات التحميل، وخلية الحمل، ومرسى الضغط محاذاة محوريًا مع الوتر ويتم توسيط الوتر داخل الجهاز.

اختبار الأداء. يجب اختبار أداء خمسة بالمائة من المراسي الأرضية أو ما لا يقل عن ثلاث مراسي أرضية، أيهما أكبر وفقًا للإجراءات الموضحة أدناه. يجب أن يختار على المهندس المراسي الأرضية لاختبار الأداء. يجب اختبار المراسي المتبقية باتباع إجراءات اختبار الإثبات المحددة فيما بعد.

يجب إجراء اختبار الأداء عن طريق التحميل والتفريغ التدريجي للمرساة الأرضية باتباع الجدول المنصوص عليه في الجدول (٣-٢٦) ما لم يتم الإشارة إلى حد أقصى مختلف للحمل والجدول الزمني للاختبار في الخطط. يجب رفع الحمل من زيادة إلى أخرى فور تسجيل حركة المرساة الأرضية. يجب قياس حركة المرساة الأرضية وتسجيلها لأقرب ٠,٢٥ملم فيما يتعلق بنقطة مرجعية ثابتة مستقلة عند حمل المحاذاة وعند كل زيادة للحمل. يجب مراقبة الحمل بمقياس ضغط. يجب وضع مقياس الضغط المرجعي في سلسلة مع مقياس الضغط أثناء كل اختبار أداء. إذا كان الحمل المحدد بواسطة مقياس الضغط المرجعي والحمل المحدد بواسطة مقياس الضغط يختلف بأكثر من ١٠٪، فيجب إعادة معايرة الرافعة ومقياس الضغط ومقياس الضغط المرجعي. عند زيادات الحمل بخلاف حمل الاختبار الأقصى، يجب الاحتفاظ بالحمل لفترة كافية للحصول على قراءة الحركة.

الجدول (٣–٢٦) خطوات اختبار الأداء (AASHTO, 2020).

خطوة	تحميل	الحمل المسلط	إجمالي حركة التسجيل والتخطيط (δ_{ti})	حركة التسجيل والتخطيط المتبقية (δ_{ri})	حساب الحركة المرنة (δ_{ei})
١	تطبيق حمل المحاذاة (AL)				
٢	**الطبقة الأولى**	0.25DL	δ_{t1}		
		حمل المحاذاة		δ_{r1}	$\delta_{t1}-\delta_{r1}=\delta_{e1}$
٣	**الطبقة الثانية**	0.25DL	٢δ		
		0.50DL	δ_{t2}		
		حمل المحاذاة		δ_{r2}	$\delta_{t2}-\delta_{r2}=\delta_{e2}$
٤	**الطبقة الثالثة**	0.25DL	٣δ		
		0.50DL	٣δ		
		0.75DL	δ_{t3}		
		حمل المحاذاة		δ_{r3}	$\delta_{t3}-\delta_{r3}=\delta_{e3}$
٥	**الطبقة الرابعة**	0.25DL	٤δ		
		0.50DL	٤δ		
		0.75DL	٤δ		
		1.0DL	δ_{t4}		
		حمل المحاذاة		δ_{r4}	$\delta_{t4}-\delta_{r4}=\delta_{e4}$
٦	**الطبقة الخامسة**	0.25DL	٥δ		
		0.50DL	٥δ		
		0.75DL	٥δ		
		1.0DL	٥δ		
		1.2DL	δ_{t5}		
		حمل المحاذاة		δ_{r5}	$\delta_{t5}-\delta_{r5}=\delta_{e5}$

خطوة	تحميل	الحمل المسلط	إجمالي حركة التسجيل والتخطيط (δ_{ti})	حركة التسجيل والتخطيط المتبقية (δ_{ri})	حساب الحركة المرنة (δ_{ei})
٧	**الطبقة السادسة**	0.25DL	$\delta_{٦}$		
		0.50DL	$\delta_{٦}$		
		0.75DL	$\delta_{٦}$		
		1.0DL	$\delta_{٦}$		
		1.2DL	$\delta_{٦}$		
		1.33DL	δ_{t6}، القراءة الصفرية لاختبار الزحف		
٨	الحفاظ على الحمل لمدة ١٠ دقائق أثناء تسجيل الحركة في أوقات محددة. إذا تجاوز إجمالي الحركة المُقاسة أثناء فترة الحمل الحد الأقصى المحدد للقيمة، فقم بتمديد تعليق الحمل إلى إجمالي ٦٠ دقيقة.				
٩	**استمرت الطبقة السادسة.**	حمل المحاذاة		δ_{r6}	$\delta_{tn}- \delta_{r6}= \delta_{e6}$

AL = حمل المحاذاة، DL = حمل التصميم؛ δ_i= الحركة الكلية عند حمل غير الحد الأقصى للطبقةi= رقم يحدد طبقة تحميل محددة.

يجب أن يكون الحمل الاختباري الأقصى في اختبار الأداء لمدة ١٠ دقائق. استخدم خلية تحميل لمراقبة التغيرات الصغيرة في الحمل خلال فترات الحمل المستمر.

يجب تعديل الرافعة حسب الضرورة للحفاظ على حمل ثابت. يجب أن تبدأ فترة تحميل الحمل بمجرد تطبيق أقصى حمل اختبار. قياس وتسجيل حركة المرساة الأرضية، فيما يتعلق بمرجع ثابت، في ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٦ و١٠ دقائق. إذا تجاوزت حركة المرساة الأرضية بين دقيقة واحدة و١٠ دقائق ١ ملم، يجب الاحتفاظ بأقصى حمل اختبار لمدة ٥٠ دقيقة إضافية، وإذا تم تمديد تعليق الحمل، فقم بتسجيل حركة المرساة الأرضية عند ١٥ و ٢٠ و٣٠ و٤٠ و٥٠ و٦٠ دقيقة.

اختبار المقاومة. يجب إجراء اختبارات الإثبات على جميع المراسي الأرضية غير الخاضعة لاختبار الأداء أو اختبار الزحف الممتد. يجب إجراء اختبار الإثبات عن طريق التحميل التدريجي للمرساة الأرضية باتباع الجدول الموضح في الجدول (٣-٢٧) ما لم يتم الإشارة إلى حد أقصى مختلف للحمل والجدول الزمني للاختبار في الخطط. يجب رفع الحمل من زيادة إلى أخرى فور تسجيل حركة المرساة الأرضية. يجب قياس حركة المرساة الأرضية وتسجيلها لأقرب ٠,٢٥ملم فيما يتعلق بنقطة مرجعية ثابتة مستقلة عند حمل المحاذاة وعند كل زيادة للحمل. يجب مراقبة الحمل بمقياس ضغط. عند زيادات الحمل بخلاف حمل الاختبار الأقصى، يجب الاحتفاظ بالحمل لفترة كافية للحصول على قراءة الحركة.

الجدول (٣–٢٧) جدول اختبار إثبات (AASHTO, 2020).

خطوة	حمل
١	حمل المحاذاة
٢	0.25DL
٣	0.50DL
٤	0.75DL
٥	1.0DL
٦	1.20DL
٧	1.33DL
٨	تقليل حمل القفل
٩	تحميل المحاذاة (اختياري)
١٠	الضبط لتأمين الحمل
AL = حمل المحاذاة؛ DL= حمل التصميم	

يجب أن يكون الحمل الاختباري الأقصى في اختبار الإثبات لمدة ١٠ دقائق، ويجب تعديل الرافعة حسب الضرورة للحفاظ على حمل ثابت. يجب أن تبدأ فترة تحميل الحمل بمجرد تطبيق أقصى حمل اختبار. قياس وتسجيل حركة المرساة الأرضية فيما يتعلق بمرجع ثابت في ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٦ و١٠ دقيقة، إذا تجاوزت حركة المرساة الأرضية بين دقيقة واحدة و١٠ دقائق ١ ملم، ويجب الاحتفاظ بأقصى حمل اختبار لمدة ٥٠ دقيقة إضافية، وفي حالة تمديد تعليق الحمل، فقم بتسجيل حركات المرساة الأرضية عند ١٥ و٢٠ و٣٠ و٤٠ و٥٠ و٦٠ دقيقة.

اختبار الزحف الممتد. تحدد الجهة المسؤولة ما إذا كان اختبار الزحف الممتد مطلوبًا، وإذا لزم الأمر، ستختار ما لا يقل عن اثنين من المراسي الأرضية لاختبار الزحف. يجب أن تكون معدات الضغط المستخدمة قادرة على قياس الضغط الهيدروليكي والحفاظ عليه في حدود ٠,٣٥ ميجا باسكال.

يجب إجراء اختبار الزحف عن طريق التحميل والتفريغ التدريجي للمرساة الأرضية وفقًا لجدول اختبار الأداء الموضح في الجدول (٣-٢٦). في نهاية كل طبقة تحميل، يجب أن يظل الحمل ثابتًا لفترة المراقبة الموضحة في جدول اختبار الزحف في الجدول (٣-٢٨) ما لم يتم الإشارة إلى حمل اختبار أقصى مختلف في الخطط. يجب أن تكون أوقات قراءة وتسجيل حركة المرساة الأرضية خلال كل فترة مراقبة ١ دقيقة، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ١٠، ١٥، ٢٠، ٢٥، ٣٠، ٤٥، ٦٠، ٧٥، ٩٠، ١٠٠، ١٢٠ و١٥٠ و١٨٠ و٢١٠ و٢٤٠ و٢٧٠ و ٣٠٠ دقيقة حسب الاقتضاء. يجب أن تبدأ كل فترة حمل بمجرد تطبيق حمل الاختبار. في اختبار الزحف، يتم استخدام مقياس الضغط ومقياس الضغط المرجعي لقياس الحمل المطبق، ويتم استخدام خلية الحمل لمراقبة التغيرات الصغيرة في الحمل خلال فترة حمل ثابتة. يجب إعادة ضخ الرافعة حسب الضرورة للحفاظ على حمولة ثابتة.

الجدول (٣–٢٨) جدول اختبار الزحف الممتد (AASHTO, 2020).

حمل	فترة المراقبة (دقيقة)
حمل المحاذاة	
0.25DL	١٠
0.50DL	٣٠
0.75DL	٣٠
1.0DL	٤٥
1.20DL	٦٠
1.33DL	٣٠٠
AL = حمل المحاذاة؛ DL= حمل التصميم	

يجب إنشاء رسم بياني يوضح قطعة الأرض لحركة المرساة الأرضية والحركة المتبقية المقاسة في اختبار الزحف الممتد. علاوة على ذلك، يجب تقديم رسم بياني يوضح حركة الزحف لكل عقد حمل كدالة لوغاريتم الوقت.

٣-٤-٥-٣-١١ قفل المرساة:

بعد الانتهاء من الاختبار، قم بتحميل الوتر بحيث يتم تطبيق حمل القفل المحدد على وتر المرساة بعد فقد المقعد (على سبيل المثال: وتر أداة التثبيت). يحدد المهندس حجم حمل القفل، والذي لن يتجاوز ٧٠ بالمائة من F_{pu}، وهو أقل مقاومة شد للوتر.

وضع الأوتاد عند حمولة لا تقل عن ٥٠ بالمائة F_{pu}. إذا كان حمل القفل أقل من ٥٠ بالمائة F_{pu}، فاستخدم الحشوات أسفل لوحة الإسفين والأوتاد المثبتة بنسبة ٥٠ بالمائة F_{pu}. ثم إزالة الحشوات لتقليل الحمل في الوتر إلى حمل القفل المطلوب. يمكن للمقاول قفل أوتار القضبان عند أي حمل أقل من ٧٠ بالمائة من F_{pu}.

٣-٤-٥-٣-١٢ اختبار رفع المرساة:

بعد نقل الحمولة إلى المرساة، وقبل إزالة الرافعة، قم بإجراء اختبار رفع لتأكيد حجم الحمل في وتر المرساة. تحدد هذا الحمل عن طريق إعادة تطبيق الحمل على الوتر لرفع اللوح الإسفيني (أو صامولة التثبيت) دون فك الأوتاد (أو قلب صامولة التثبيت). لا تمثل هذه اللحظة أي وقت للمراقبة الطويلة.

٣-٤-٥-٤ معايير القبول:

يجب قبول القضيب أو الخيط الصلب المسبق الإجهاد ولوحة التحميل بناءً على تقارير اختبار المطحنة المقدمة إلى المهندس للمراجعة والموافقة. يجب قبول الأسمنت البورتلاندي وأجهزة الإجهاد المسبق وأنظمة الحماية من التآكل بناءً على شهادة صانعيها بالامتثال للمواصفات ذات الصلة أو رسومات العقد، كما يتم تقديمها من المقاول إلى المهندس للموافقة عليها قبل تنفيذ الأعمال.

يجب اعتماد قبول المراسي الأرضية التي تم اختبارها أو اختبار الأداء على المعايير الموضحة أدناه:

- تُعد المرساة الأرضية التي تم اختبارها أو اختبارها برهانًا مع حمل لمدة ١٠ دقائق مقبولة إذا: ١) تقاوم المرساة الأرضية أقصى حمل اختبار بأقل من ١ملم من الحركة بين دقيقة واحدة و ١٠ دقائق، و ٢) حركة مرنة كلية عند أقصى حمل اختبار تتجاوز ٨٠ بالمائة من الاستطالة النظرية المرنة للطول غير المربوط.
- تُعد المرساة الأرضية التي تم اختبارها أو اختبارها برهانًا مع حمل لمدة ٦٠ دقيقة مقبولة إذا: ١) تقاوم المرساة الأرضية الحمل الاختباري الأقصى بمعدل زحف لا يتجاوز ٢ملم في آخر طبقةلوغاريتمية زمنية، و ٢) حركة مرنة كلية عند أقصى حمل اختبار يتجاوز ٨٠ في المائة من الاستطالة النظرية المرنة للطول غير المربوط .
- يُسمح بمرساة أرضية تخضع لاختبار زحف ممتد إذا: ١) تقاوم المرساة الأرضية الحمل الاختباري الأقصى بمعدل زحف لا يتجاوز ٢ملم في آخر طبقةلوغاريتمية زمنية، و ٢) حركة مرنة كلية عند أقصى حمل اختبار يتجاوز ٨٠ في المائة من الاستطالة النظرية المرنة للطول غير المربوط .

في حالة فشل المرساة، يجب أن يُقدم وصف مع التعديلات إلى المهندس للمراجعة والموافقة. قد تشمل هذه التعديلات تثبيت أدوات تثبيت إضافية، أو تعديل طرق التثبيت، أو تقليل حمل تصميم المرساة عن طريق زيادة عدد المراسي، أو زيادة طول المرساة، أو تغيير نوع المرساة. يجب على المقاول عدم تنفيذ التعديلات المقترحة حتى يقدم المهندس الموافقة الخطية.

٣-٤-٥-٥ القياس والدفع:

تُقاس المراسي الأرضية ودفع ثمنها بعدد الوحدات المركبة والمقبولة كما هو موضح في المخططات أو حسب طلب المهندس. لن يتم إجراء أي تغيير في عدد المراسي الأرضية التي سيتم دفع ثمنها بسبب استخدام المقاول لعدد بديل من المراسي الأرضية.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة لطبقة المعالجة السطحية الرقيقة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء القاعدة الترابية على النحو المُحدد. ويتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٣-٢٩).

الجدول (٣–٢٩) تعمل المراسي الأرضية على دفع العناصر.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٣,١٩	مرساة أرضية	كل
٣,٢٠	اختبار أداء	كل
٣,٢١	اختبار الزحف الممتد	كل

٤- طبقات ما تحت الأساس والأساس الركامية والأساس المعالجة:

٤-١ النطاق:

٤-١-١ عام:

يصف هذا الجزء مواصفات ومتطلبات المواد، وأساليب الإنشاء، وإجراءات تقييم، وضبط الجودة لإنشاء طبقات ما تحت الأساس وطبقات الأساس الركامية. ولتحسين جودة الركام المحلي، يمكن تحسين قوة مواد الرصف المستخدمة في طبقات الأساس تثبيتها ومعالجتها بوساطة الأسمنت، ومستحلب الأسفلت، والجير، وشبكات تثبيت التربة النسيجية والتكسيات الأرضية الاصطناعية. ولأجل تسليح الاستدامة في إنشاء الرصف، تُحدد متطلبات طبقات الأساس الباردة المعاد تدويرها بوساطة الأسفلت المستحلب، والرغوي، وكذلك طبقات الأساس التي تحتوي على الركام الخرساني المستصلح، وكسارة الزجاج كبديل للركام الجديد.

٤-١-٢ إنتاج الركام:

يتحمل المقاول مسؤولية تحديد مصادر، ومصنعي المواد الركامية المطلوبة؛ لتنفيذ المشروع، بالكميات ومعدلات الإنتاج المحددة بحسب المواصفات والبرنامج الزمني المُحدد بوثائق العقد. ويجب -أولًا- الموافقة على جودة المواد قبل البدء في إنتاجها وتوريدها. يجب أن يقدم المقاول تقريرًا إلى المهندس يُوضح فيه مصدر الركام، وموقع المحجر، بالإضافة إلى الأنواع والكميات التقريبية من الصخور الخام، والمواد المتاحة، ونتائج الاختبارات المعملية للعينات؛ والآلات والمعدات والترتيبات اللازمة لإنتاج الركام الطبيعي، أو المكسر، وفحص المواد إلى الأحجام اللازمة؛ لتحقيق التدرجات المطلوبة وتوفير النقل، ومواقع تخزين الركام المنتج المقبول، والتخلص من المواد الإضافية والمواد غير المقبولة. ولا يُسمح للمقاول بالبدء في إنتاج مواد الركام قبل الحصول على موافقة المهندس على المصدر.

ويتعهد المقاول بالالتزام بالمعايير البيئية المعتمدة للضوضاء، وتلوث الهواء، والغبار في جميع مراحل المشروع واتخاذ جميع الترتيبات اللازمة للحد من التلوث البيئي بجميع أشكاله.

ويجب أن يُوفر المقاول الكسارات والغرابيل الهزازة المركزية، أو المتنقلة، والسيور المتحركة، وآلات الحفر، والتحميل والإزاحة والنقل وجميع المعدات اللازمة؛ لإنتاج الركام المطابق لمواصفات أعمال الإنشاء المطلوبة.

وبمجرد الحصول على موافقة المهندس على المصادر، يُزيل المقاول الحمل الزائد والنفايات، والمواد غير المناسبة، التي تغطي طبقات الركام، أو الصخور المقترحة؛ لإنتاج الركام المكسر، وينقلها إلى المواقع التي اعتمدها المهندس. ولن يتم تعويض المقاول عن أعمال النظافة والإزالة.

ويجب أن يُنتج الركام المكسر بطريقة تحقق متطلبات التدرج، وعدد الأوجه المكسرة، وشكل الجزيئات؛ لذا يجب غربلة المواد قبل عملية الكسر من خلال المناخل الاهتزازية، ذات السعة المناسبة؛ للتخلص من التربة والمواد الصخرية ذات الأحجام الصغيرة، ويجب على المقاول معايرة الكسارة؛ لتتناسب مع التدرجات المطلوبة، وفحص جميع المواد المنتجة، وإجراء فحص دوري للمناخل المسدودة، أو البالية والمكسورة. ويجب غسل الركام المنتج إذا أُشير إلى ذلك في المواصفات الخاصة، أو عندما تتجاوز المواد الطينية والغبار الحدود المسموح بها، وتقسيمه إلى أحجام مختلفة لتوفير التدرج المطلوب المطابق لمتطلبات الركام الخاصة بنوع العمل. وفي حال عدم استيفاء عملية الكسر والغربلة معايير ومواصفات الركام، يجب إيقاف عملية الإنتاج. ولا يملك المقاول أي سلطة لبدء إنتاج الركام قبل أن يوافق المهندس على الإصلاحات اللازمة، وخطوات التعديل، والتحقق من جودة الركام المنتج.

ويجب على المقاول نقل وتخزين الركام المنتج في المواقع الموضحة في المخططات، أو وثائق العقد الأخرى، أو المواقع التي اعتمدها المهندس. ويجب أن تكون مناطق التخزين أسطح مستوية؛ تسمح بتصريف المياه في جميع الأوقات كما ينبغي. ويُحذر أن تؤدي إجراءات التخزين إلى خلط أحجام مختلفة، أو تدهور ملحوظ في المواد المخزنة، أو فصلها أو إدخال مواد غريبة في المواد المُخزنة. ولا يمكن أن تتجاوز ارتفاعات المواد الركامية ومخزونات الركام ٨ أمتار.

ويجب أن تُخزّن جميع المواد الفائضة المنتجة المقبولة تقنيًا في مواقع التخزين التي حددها المهندس، أو الموضحة في وثائق العقد أو الرسومات. وعلى النقيض من ذلك، فإن جميع مواد التخليص والنفايات أو أي مواد أخرى غير مناسبة يجب أن تنقل خارج موقع الإنتاج إلى مناطق التخلص التي اعتمدها المهندس.

وبعد الانتهاء من الأعمال في مواقع الإنتاج/ أو التخزين، يجب أن يقوم المقاول بتسوية هذه المواقع، وترتيبها، وتنظيفها من جميع النفايات، والمخلفات، والمنشآت المؤقتة، ومنتجات النقل والنفايات إلى المواقع المعتمدة.

٤-٢ طبقات ما تحت الأساس الحُبيْبيّة:

٤-٢-١ التفاصيل:

يصف هذا الجزء إنشاء طبقة ما تحت الأساس الركامية، شاملًا متطلبات المواد، ووضع المواد المعتمدة ودمكها، وإجراءات ضبط الجودة/ ضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ وذلك ضمن الحدود والأبعاد، والسمكات، والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

٤-٢-٢ المواد:

يجب أن تكون المواد المستخدمة في إنشاء طبقة ما تحت الأساس عبارة عن ركام مُتدرج خاضع لضبط الجودة. ويجب أن يتكون الركام الخشن المحتفظ به في منخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) من جزيئاتٍ متينة من الحجر المكسر أو الحصى، أو الخبث القادر على تحمل آثار المناولة والنشر والضغط دون تحلل ينتج عنه ركام ناعم ضار. ويجب أن يتكون الركام الناعم المار عبر منخل بطول ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) عادة من حبيبات ناعمة ناتجة من عملية تفتيت الركام الخشن. ولابأس من إضافة الرمل الطبيعي، أو المواد المعدنية الدقيقة أو كليهما، متى كان ذلك متاحًا، ومناسبًا.

ويجب أن يفي الركام بمتطلبات الجودة المحددة في الجزء الفرعي (٣-٢-١-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

يجب أن يتوافق تدرج الخليط المركب النهائي، وفقًا لمواصفة ASTM C136 (أو مواصفة AASHTO T27) مع صيغة خلطة العمل، ضمن نطاق التصميم المحدد في الجزء الفرعي (٣-٢-٢-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). ويمكن اختيار أي نوع تدرج بناءً على توافر المواد المحلية. وتُستخدم الدرجات المفتوحة؛ لتصريف المياه لئلا تتراكم تحت الرصف.

يبين الجدول (٤-١) عدد الاختبارات المطلوبة.

عندما يُحدد ذلك أو يُعتمد من قبل المهندس، يمكن استخدام الخلايا الأرضية بشكل أساسي لتحسين معامل مادة الردم، مما يسمح بتقليل سمك طبقة الأساس/الطبقة ما تحت الأساس و/أو زيادة عمر الرصف الاستهلاكي. في هذا الاستخدام التطبيقي، يجب مراعاة اختيار المواد وإرشادات الإنشاءات كما هو موضح في القسمين الفرعيين (٢-٧-٢-٥-٢) و(٢-٧-٣-٣) على التوالي.

٤-٢-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٢-٣-١ إعداد السطح:

يجب فحص القاعدة الترابية، واعتمادها مباشرة قبل بدء إنشاء طبقة ما تحت الأساس. كما يجب إزالة أي مواد سائبة أو عيوب وإصلاحها وفقًا لذلك. ويجب على المقاول إزالة المواد الفائضة، وإعادة تجميعها - حسب الضرورة - أو إضافة مواد جديدة تتوافق مع متطلبات طبقة ما تحت الأساس، وضبط المستويات التي لا تتوافق مع المستويات النهائية للقاعدة الترابية، وإنجاز المنحدرات المتقاطعة المطلوبة.

٤-٢-٣-٢ إنشاء طبقة ما تحت الأساس:

في حالة إنشاء طبقة ما تحت الأساس من الركام، تُنقل المواد المتدرجة إلى الموقع وتوضع مباشرة على الطبقة، وتُفرد بانتظام وبسمك محدد، وتضغط.

ولا بد من توخي الحذر الشديد عند تخزين الركام؛ لتقليل فصله من خلال عملية التخزين المناسبة. ويُعد التخزين بوساطة مفهوم التكويم أكثر الممارسات كفاءة؛ لتقليل فصل الركام. ويمكن إنشاء مخزونات على شكل كومة بفاعلية باستخدام ناقل تلسكوبي قد يتحرك أفقيًا وكذلك على طول اتجاه الناقل؛ لتكوين طبقات من المخزون.

يجب أن تُخلط مواد الركام معًا في وحدات الخلط بالدفعات أو في المخزون، ويُزوّد الموقع بالخليط المُطابق لمتطلبات التدرج المعتمدة في معادلة تصميم المزج. كما تُضبط كمية الماء المضافة ليتم الحصول على خليط موحد بمحتوى رطوبة في حدود ٢٪ من محتوى الرطوبة الأمثل، وذلك على النحو المحدد بوساطة اختبار بروكتور المعدل في وقت الضغط؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T180 (أو مواصفة ASTM D1557). ويجب رصد درجة الرطوبة في مواد طبقة ما تحت الأساس، والحفاظ عليها بدرجة قريبة من محتوى الرطوبة الأمثل قبل عمليات التدرج، وأثنائها، وبعد الانتهاء منها؛ إذ إن الحصول على محتوى الرطوبة الأمثل مباشرة قبل الرصف

مهم للغاية. ويستبدل ذلك -حسب رأي المهندس- ويمكن وضع مادة طبقة ما تحت الأساس باستخدام راصفة ميكانيكة، أو جهاز تحجيم، وعن طريق إضافة المياه، وخلطها تمامًا مع الركام باستخدام وحدة خلط متنقلة، أو خلطها على الطريق باستخدام آلات التمهيد، أو معدات مماثلة، وإضافة المياه أثناء عملية الخلط – تبعًا للحاجة؛ للحصول على محتوى الرطوبة الأمثل.

ينبغي نقل المواد بواسطة شاحنات تحتوي على صناديق معدنية، وتفريغها إلى قمع راصفة الأسفلت، أو ترسيبها على السطح. كما يجب توخي الحذر؛ لتقليل فصل مواد الركام أثناء التحميل والتفريغ. ولتقليل الفصل أو التخلص منه، يُوصى بتقليل عدد نقاط النقل قبل التدرج النهائي (أي تجنب التخزين الوسيط) والإبقاء على المناولة الشاملة للمواد، وتشغيلها بأدنى حدٍ عند محاولة تحقيق التدرج النهائي، ومن المهم تجنب تعرض مواد طبقة ما تحت الأساس إلى التلوث أثناء التحميل والوضع.

ومن الضروري وضع مادة طبقة ما تحت الأساس على القاعدة الترابية بطبقة، أو طبقات مُوحدة لا يزيد سمكها عن ٢٠٠ ملم (بعد الضغط) باستخدام آلة الرصف/ التشطيب، أو التمهيد - حسب رأي المهندس. ويجب على المقاول تسوية المواد، وفردها بحيث يكون السمك قبل الضغط أكبر من السمك المستهدف بنسبة ٢٠ - ٢٥٪ تقريبًا. وعندما يكون السمك المطلوب أكبر من ٢٠٠ ملم ولكن أقل من ٤٠٠ ملم، توضع المادة بطبقات متساوية السمك. ويجب على المقاول ضغط كل طبقة حسب الضرورة، وذلك قبل وضع الطبقة التالية، ومعدات النقل على الطرق بشكل موحد على العرض الكامل للسطح؛ لتقليل التشقق، أو الضغط غير المتكافئ.

ينبغي الشروع في عملية الضغط مباشرة بعد الانتهاء من فرد المواد، وترطيبها، وتسويتها على سطح موحد بالسماكة المطلوبة والمنحدرات والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات أو وثائق العقد الأخرى. وتُجرى عملية الضغط باستخدام معدات الضغط المعتمدة، وعادةً ما تكون ضاغطات اهتزازية ذات أسطوانة ملساء. ويجب أن يبدأ التدحرج من الحافة الخارجية باتجاه الوسط، بالتوازي مع خط وسط الطريق، بحيث يتداخل كل ممر لاحق بشكل موحد مع الممر السابق. مع ضغط كل طبقة من طبقات ما تحت الأساس بكثافة موحدة، مع عدم وجود اختبار فردي أقل من ١٠٠٪ من الحد الأقصى لوزن الوحدة الجافة المحدد وفقًا لمواصفة AASHTO T180 (أو ASTM 1557). ويجب ضغط أي مناطق لا يمكن وصول معدات الضغط العادية إليها باستخدام معدات التشغيل اليدوية، أو لوحة اهتزازية بحيث يمكن الحصول على درجات ضغط موحدة لسماكة الطبقة المبنية، وعرضها بالكامل. ويُمكن -أيضًا- ضغط مادة طبقة ما تحت الأساس باستخدام نهج الدمك الذكي، على النحو الموضح في مواصفة AASHTO R111. ويتضمن نهج الدمك الذكي استخدام الضواغط الهزازة المجهزة بمقاييس التسارع التي تقيس اهتزازات الأسطوانة، ونتائج التصوير بالحاسوب في الوقت الفعلي. وتسمح هذه النتائج لمشغلي الأسطوانات بتقييم خصائص المواد الميكانيكية، وإجراء التعديلات في الوقت المناسب؛ لضمان تحقيق تغطية كافية وموحدة للضغط من خلال المراقبة المستمرة للعمليات.

يجب أن يتخذ المقاول جميع التدابير، والاحتياطات المطلوبة؛ للحفاظ على خطوط طبقات ما تحت الأساس المبنية وتدرجاتها، ومقاطعها العرضية، وتوحيد أسطحها وحمايتها من أي أضرار، ويجب أن يُبقي الطبقات ضمن مستوى الدمك المطلوب حتى وضع الطبقة اللاحقة.

٤-٢-٣-٣ إنشاء قطاعات تجريبية:

قبل وضع أي مواد، يجب على المقاول إنشاء قطاع تجريبي بوساطة المواد المقترحة، وطريقة الإنشاء والمعدات. ويجب ألا يقل طول قسم الاختبار عن ٢٠٠ م، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. ويكمن الهدف من إنشاء هذا القطاع التجريبي في التحقق من كفاءة معدات المقاول، وتحديد قياسات السمك المُفككة، التي سينتج عنها سمك الطبقة المدموكة المحددة، والتحقق من محتوى رطوبة الحقل، وتحديد العلاقة بين عدد أشواط الدمك، والكثافة الناتجة من مادة طبقة ما تحت الأساس إضافة إلي أنه يُمكن تحديد الحد الأقصى لسمك رفع الإنشاء بناءً على المواد والمعدات المحددة.

ويمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا. وإلا فإنه يجب على المقاول المضي قدمًا في إجراء التعديل المناسب لخطة العمل أو المعدات، وإزالة قسم الاختبار، أو إعادة انشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٤-٢-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم مدى ملاءمة المواد للاستخدام في طبقة ما تحت الأساس الركامية معمليًا؛ لإجراء الاختبارات التالية: اختبارات التدرج، وحد السيولة، ومؤشر اللدونة، ومكافئ الرمل، وتقييم الجزئيات المَكْسُورَة واختبار لوس أنجلوس، والأصالة، واختبار تقييم تمدد الركام المحتمل بسبب التميه. ويجب أن يُجرى اختبار المواد وفقًا لمواصفة ASTM C136 (أو AASHTO T27) و ASTM C117 و ASTM D7928؛ و AASHTO T89 و AASHTO T90 (أو ASTM D4318)؛ و ASTM D2419 (أو AASHTO T176) و ASTM D5821 و ASTM C131 (أو AASHTO T96) و AASHTO T104 و ASTM D4792 على التوالي. ويجب -أيضًا- إجراء اختبار بروكتر المعدل؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T180 (أو ASTM D1557)؛ لتحديد العلاقة بين الرطوبة وأقصى كثافة. ومن الملاحظ أن هذه المعايير قد لا تكون كافية للركام الحبيبي الخشن، خاصة مع محتويات الحبيبات القليلة (أقل من ٠,٠٧٥ ملم)؛ وفي هذه الحالة، قد تؤدي إجراءات الاختبار المماثلة لاختبار ASTM D7382، التي تحدد منحنيات

كثافة الرطوبة للركام غير المقيد باستخدام ضاغط اهتزازي إلى تمثيل أفضل للظروف الحقلية في المختبر. ويجب إجراء اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T193؛ لتحديد مقاومة تحمل مادة الركام وتقييم المطابقة للمتطلبات المحددة. ويمكن - أيضًا- إجراء اختبار معامل المرونة (M_r) عند الضرورة وفقًا لمواصفة AASHTO T307 لتحديد معامل المادة؛ للتحقق من متطلبات مدخلات تصميم الرصف.

ينبغي أن يتبع إجراء أخذ عينات المواد التي سيتم اختبارها للامتثال للمتطلبات المحددة مواصفة ASTM D75. لتحديد المكان أو الوقت، أو كليهما، ولأخذ عينات بيانية تؤخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لمواصفة ASTM D3665 لتقليل أي تحيز غير مقصود من طرف الشخص الذي يأخذ العينات. وتستند قرارات القبول إلى متوسط النتائج يُحصل عليها بناءً على عينات مأخوذة من ثلاث وحدات أو دفعات على الأقل تخضع للاختيار العشوائي من كل مجموعة. والدفعة هي كمية المواد اللازمة لملء شاحنة نقل واحدة على الأقل بالحجم العادي. بالنسبة للتدرج، ويجب تحديد المجموعة على أنها لا تزيد عن ٣٠٠٠ طن، على سبيل المثال، ١,٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل للتسليم إلى مشروع معين، ومن أجل تقييم متطلبات الركام بخلاف التدرجات، لابد من تحديد المجموعة على أنها لا تزيد عن ٥,٠٠٠ م^3، ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك.

وينبغي اختبار كل عينة على حدة و - خاصة في حالة التدرج. كما يجب أن يمتثل متوسط قيم جميع تحديدات حجم المنخل لمجموعة معينة لمعادلة المزج.

أما في الحقل، يجب اختبار محتوى الرطوبة وضغط المواد الحبيبية؛ لضمان الحصول على درجة ضغط كافية. يستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة الحقلية إلى الكثافة الجافة القصوى عن ١٠٠٪ عند محتوى رطوبة موحد لا يختلف بأكثر من ٢٪ عن محتوى الرطوبة الأمثل المعتمد. وتتضمن الطرق المباشرة لتحديد محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء طريقة التسخين المباشر وفقًا لمواصفة ASTM D4643 وطريقة اختبار ضغط غاز كربيد الكالسيوم وفقًا لمواصفة ASTM D4944. بالنسبة لطريقة الاختبار الأخيرة، يجب استخدام طريقة الاختبار الجاف النموذجية للفرن وفقًا لمواصفة ASTM D2216 لتفسير النتائج والمقارنة للتحقق من الدقة والتصحيح. وتُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة بطريقة المخروط الرملي؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556). لتحديد كلٍ من الكثافة الموضعية ومحتوى الرطوبة، يجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا لمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310). لاحظ أنه من أجل التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار، يجب إجراؤها وفقًا لمواصفة ASTM D7013 وASTM D7759. تتضمن بدائل اختبار مقياس الكثافة النووية استخدام مقياس الكثافة الكهرومغناطيسية والتفسير الصحيح لنتائج الاختبار؛ وفقًا ASTM D7830.

ويُجرى تقييم السمك المبني لطبقة ما تحت الأساس، بحيث لا يزيد التباين بين سمك الطبقة المنفذة، والسمك المطلوب عن ١٠ ملم و٢٠ ملم في حالة إنشاء الطبقة اللاحقة باستخدام الأسفلت أو الخرسانة والركام على التوالي، أو لا تزيد عن ١٠٪ من السمك المعتمد، بالنظر أيهما أقل.

ويجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم إذا كانت الطبقة اللاحقة طبقة أسفلتية أو ٢٠ ملم إذا كانت الطبقة اللاحقة طبقة من الركام. ويجب قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢,٠٠٠ م^2 من الطبقة المبنية.

يجب التحقق من عدم التكافؤ عن طريق القياس بمسطرة تقويم طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. ومن المهم ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة وسطح الطبقة عند أي نقطتين متجاورتين في أي اتجاه ١٠ ملم.

٤-٢-٥ معايير القبول:

٤-٢-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها، ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل وطبقة ما تحت الأساس الركامية النهائية ضمن الحدود المقبولة. ويُوضح الجدول (٤-١) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة وتكرار إجراء هذه الاختبارات، والحدود المسموح بها. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–١) متطلبات ضبط الجودة لطبقة ما تحت الأساس الركامية.

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	التدرج	في المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	AASHTO T27 /ASTM C136 /ASTM C117 ASTM D7928	الجزء الفرعي (٤-٢-٢)
	جودة الركام			ASTM C136 / AASHTO T27 ASTM C117 ASTM D7928	الجزء الفرعي (٤-٢-٢)
	علاقة الرطوبة والكثافة			AASHTO T89 AASHTO T90 / ASTM D4318 ASTM D2419 / AASHTO T176 ASTM D5821 ASTM C131 / AASHTO T96 AASHTO T104 ASTM D4792	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا و/أو معامل المرونة (M_r)			AASHTO T180 / ASTM D1557 or ASTM D7382	الجزء الفرعي (٤-٢-٢) حسب تصميم الرصف
المواد المستخدمة	التدرج	في الموقع	ثلاث اختبارات لكل ١٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	AASHTO T193 and/or AASHTO T307	الجزء الفرعي (٤-٢-٢)
	جودة الركام		ثلاث اختبارات لكل ٥٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	ASTM C136 / AASHTO T27 ASTM C117/ ASTM D7928	الجزء الفرعي (٤-٢-٢)
	علاقة الرطوبة والكثافة			AASHTO T89 AASHTO T90 / ASTM D4318 ASTM D2419 / AASHTO T176 ASTM D5821 ASTM C131 / AASHTO T96 AASHTO T104 ASTM D4792	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T180 / ASTM D1557 or ASTM D7382	الجزء الفرعي (٤-٢-٢)
	محتوى الرطوبة			AASHTO T193	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)
طبقة مدموكة	درجة الانضغاط			ASTM D4643 or	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
			اختبار واحد كل ٢٠٠٠ م^2 من الطبقة النهائية أو كل يوم عمل، أيهما أقل.	ASTM D4944 or ASTM D6938 / AASHTO T310	
	السُمك			قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		خمسة قياسات كل ٢٠٠٠ م^2	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)
	نعومة السطح			مسطرة تقويم	الجزء الفرعي (٤-٢-٤)

٤-٢-٥-٢ ضمان الجودة:

تُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D75 و D3665) والاختبار والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة ما تحت الأساس الركامية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول- بإشرافه المباشر-، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق وتقرر هل ستقبل العمل، أو ترفضه وتُجرى هذه الأنشطة عشوائيًا.

٤-٢-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات طبقة ما تحت الأساس الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب بعد وضعها، ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة ما تحت الأساس الركامية على النحو المُحدد. ويتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٤-٢).

الجدول (٤–٢) عناصر الدفع مقابل طبقة ما تحت الأساس الركامية.

رقم البند	البند	الوحدة
٤,١	طبقة ما تحت الأساس	م^3

٤-٣ طبقة الأساس الركامية:

٤-٣-١ التفاصيل:

يصف هذا الجزء إنشاء طبقة الأساس الركامية، بما في ذلك متطلبات المواد، ووضع المواد المعتمدة ودمكها وإجراءات ضبط الجودة/ ضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود، والأبعاد، والسمك والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

٤-٣-٢ المواد:

ينبغي أن تكون المواد المُستخدمة في إنشاء طبقة الأساس الركامية عبارة عن ركام متدرج خاضع لضبط الجودة ويجب أن يتكون الركام الخشن المحتفظ به في منخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) من جزيئاتٍ متينة من الحجر المكسر، أو الحصى، أو الخبث القادر على تحمل

آثار المناولة والنشر، والدمك دونن تحلل ينتج عنه ركام ناعم ضار. ويجب أن يتكون الركام الناعم المار عبر منخل بطول ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) عادة من حبيبات ناعمة ناتجة من عملية تفتيت الركام الخشن. ولا بأس من إضافة الرمل الطبيعي أو المواد المعدنية الدقيقة أو كليهما، متى كان ذلك متاحًا ومناسبًا.

ويجب أن يفي الركام بمتطلبات الجودة المحددة في القسم الفرعي (٣-٢-١-٢) من كود الطرق السعودي (تصميم الرصف).

يجب أن يتوافق تدرج الخليط المركب النهائي، وفقًا لمواصفة ASTM C136 (أو مواصفة AASHTO T27) مع صيغة خلطة العمل، ضمن نطاق التصميم المحدد في القسم الفرعي ٣-٢-١-٢ من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) بناء على الاختلافات المناسبة كما هو موضح في الجدول ٤-٣. ويمكن اختيار أي نوع تدرج بناءً على توافر المواد المحلية. عندما تتطلب المواصفات الخاصة استخدام مجموع التدرج المفتوح، ويجب أن يتوافق تدرجها مع نطاق التصميم المنصوص عليه في القسم الفرعي (٣-٢-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

الجدول (٤–٣) سماحية تدرج خليط طبقات الأساس الركامية.

مقاس ورقم المنخل ملم	النسبة المئوية للمار بالوزن [١]
	تفاوتات خلطة العمل
٥٠ (٢ بوصة)	± ٦
٣٧,٥ (١,٥ بوصة)	± ٦
٢٥ (١ بوصة)	± ٦
١٩ (٤/٣ بوصة)	± ٦
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	± ٦
٤,٧٥ (رقم ٤)	± ٦
٠,٤٢٥ (رقم ٤٠)	± ٤
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	± ٣

ملاحظة:

١- نتائج الاختبار خارج نطاق التصميم غير محظورة، بشرط أن تكون ضمن تفاوتات خلطة العمل.

٢- تُحدد بالنخل باستخدام الماء، وفقًا لمواصفة ASTM رقم C117. عند التحديد، يجب ألا تزيد المادة التي يقل قطرها عن ٢٠ ميكرومتر عن ٣٪ كتلة وفقًا لمواصفة ASTM رقم D7928.

٣- يجب ألا تتجاوز نسبة المواد التي تمر بمنخل ٠,٠٧٥ ملم ٥٠٪ من النسبة التي تمر بمنخل ٠,٤٢٥ ملم.

عدد الاختبارات المطلوبة مُوضحة في الجدول (٤-٤).

عندما يُحدّد ذلك أو اعتماده من قبل المهندس، يمكن استخدام الخلايا الأرضية بشكل أساسي لتحسين معامل مادة الردم، مما يسمح بتقليل سمك القاعدة المطلوب و/أو زيادة عمر خدمة الرصف. في استخدام هذا التطبيق، يجب مراعاة اختيار المواد وإرشادات الإنشاء كما هو موضح في القسمين الفرعيين (٢-٧-٢-٥-٢) و(٢-٧-٣-٣) على التوالي.

٤-٣-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٣-٣-١ إعداد السطح:

يجب فحص طبقة ما تحت الأساس الركامية، واعتمادها مباشرة قبل بدء إنشاء طبقة الأساس الركامية. كما يجب التخلص من أي مواد سائبة، أو ركام ناعم ضار، أو عيوب وإصلاحها وفقًا لذلك. ويجب على المقاول إزالة المواد الفائضة وإعادة تجميعها - حسب الضرورة - أو إضافة مواد جديدة تتوافق مع متطلبات طبقة الأساس الركامية، وضبط المستويات التي لا تتوافق مع المستويات النهائية لطبقة ما تحت الأساس، أو القاعدة الترابية، وإنجاز المنحدرات المتقاطعة المطلوبة. قبل وضع مواد الأساس الركامية، كما يجب ترطيب طبقة ما تحت الأساس أو القاعدة الترابية؛ لضمان ترابط الطبقات.

٤-٣-٣-٢ إنشاء طبقة الأساس الركامية:

يتضمن إنشاء طبقة الأساس الركامية خلط مواد الركام في الخلاطة المركزية، ونقلها إلى الموقع، ووضعها في مكان موحد وسمك محدد، ودمكها.

ينبغي توخي الحذر الشديد عند تخزين الركام؛ لتقليل فصله من خلال عملية التخزين المناسبة. ويُعد التخزين باستخدام مفهوم التكويم أكثر الممارسات كفاءة لتقليل فصل الركام. ويمكن إنشاء مخزونات على شكل كومة بفاعلية باستخدام ناقل تلسكوبي يتحرك أفقيًا، وكذلك على طول اتجاه الناقل؛ لتكوين طبقات من المخزون.

وتُخلط جميع مكونات مادة طبقة الأساس مسبقًا مع الماء في خلاطة معايرة وحدة الخلط. أن تكون كمية الماء المُضافة، حسب الكمية المحددة، بحيث تكون المادة مُوحدة وفي حدود ٢٪ من محتوى الرطوبة الأمثل وقت الضغط. ويجب رصد درجة الرطوبة في مواد الركام، والحفاظ عليها بدرجة قريبة من محتوى الرطوبة الأمثل قبل عمليات التدرج وأثنائها، وبعد الانتهاء منها؛ إذ أن الحصول على محتوى الرطوبة الأمثل مباشرة قبل الرصف مهم للغاية.

وبمجرد خلطها، يجب تحميل المادة ونقلها بواسطة شاحنات مغطاة وتفريغها إلى آلة الرصف. مع مراعاة تجنب فصل الجزيئات أثناء النقل، والتحميل، والفرد. ولتحقيق هذا الغرض، يُوصى بتقليل عدد نقاط النقل قبل التدرج النهائي (أي تجنب التخزين الوسيط) والإبقاء على المناولة الشاملة للمواد، وتشغيلها بأدنى حدٍ عند محاولة تحقيق التدرج النهائي. ومن المهم عدم تعرض مواد طبقة الأساس الركامية إلى التلوث أثناء التحميل والوضع.

ويجب وضع مادة طبقة الأساس الركامية على طبقة ما تحت الأساس، أو القاعدة الترابية بطبقة، أو طبقات مُوحدة لا يزيد سمكها عن ٢٠٠ ملم (بعد الدمك) باستخدام آلة رصف أو راصفة ميكانيكية. ويجب أن ينتج عن فرد المواد سطح موحد بالسمك المطلوب، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، أو وثائق العقد الأخرى. وعندما يكون السمك المطلوب أكبر من ٢٠٠ ملم ولكن أقل من ٤٠٠ ملم، يجب وضع المادة بطبقات متساوية السمك.

ثم بعد ذلك يبدأ الضغط. ولابد أن تكون المادة مضغوطة بالكثافة المطلوبة، وبأدنى جهد ضغط؛ لتجنب فصلها. وتُجرى عملية الدمك باستخدام معدات الدمك المعتمدة، وعادةً ما تكون ضاغطات اهتزازية ذات أسطوانة ملساء.

يُعد التحكم في كمية الطاقة المنقولة إلى طبقة الركام أثناء عملية الضغط أمرًا ضروريًا من خلال ضبط سعة وتكرار الصدمات الناتجة عن المداحل الاهتزازية؛ لتجنب تحلل الركام وكسر الجزيئات. ويبدأ التدحرج من الحافة الخارجية باتجاه الوسط، بالتوازي مع خط وسط الطريق، بحيث يتداخل كل ممر لاحق بشكل موحد مع الممر السابق بأقل من ١٥٠ ملم. ويجب أن يستمر التدحرج؛ حتى يتم تحقيق كثافة نسبية لا تقل عن ١٠٠٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة. ويجب على المقاول محاولة ضغط المادة بالكثافة المطلوبة وبأدنى جهد ضغط؛ لتجنب فصلها. ويجب على المقاول ضغط كل طبقة قبل وضع الطبقة التالية، ومعدات النقل على الطرق بشكل موحد على العرض الكامل للسطح؛ لتقليل التخدد، أو الضغط غير المتكافئ. يُمكن أيضًا ضغط مادة طبقة الأساس الركامية باستخدام نهج الدمك الذكي (IC)، على النحو الموضح في AASHTO PP81. ويتضمن نهج الدمك الذكي استخدام الضواغط الهزازة المجهزة بمقاييس التسارع التي تقيس اهتزازات الأسطوانة، ونتائج التصوير بالحاسوب في الوقت الفعلي. وتسمح هذه النتائج لمشغلي الأسطوانات بتقييم خصائص المواد الميكانيكية، وإجراء التعديلات في الوقت المناسب؛ لضمان تحقيق تغطية كافية، وموحدة للضغط من خلال المراقبة المستمرة للعمليات.

ويتخذ المقاول جميع التدابير والاحتياطات المطلوبة للحفاظ على خطوط طبقة الأساس المبنية، وتدرجاتها ومقاطعها العرضية، وتوحيد أسطحها، وحمايتها من أي أضرار، ويجب أن يُبقي الطبقات ضمن مستوى الدمك المطلوب حتى وضع الطبقة اللاحقة.

٤-٣-٣-٣ إنشاء قطاعات تجريبية:

قبل وضع أي مواد، يجب على المقاول إنشاء قسم اختبار باستخدام المواد المقترحة، وطريقة الإنشاء والمعدات. كما يجب ألا يقل طول قسم الاختبار عن ٢٠٠ م ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. ويكمن الهدف من إنشاء هذا القطاع التجريبي في التحقق من كفاءة معدات المقاول، وتحديد قياسات السمك المُفكك التي سينتج عنها سمك الطبقة المدموكة المحددة، والتحقق من محتوى رطوبة الحقل، وتحديد العلاقة بين عدد أشواط الدمك، والكثافة الناتجة من مادة طبقة الأساس الركامية. علاوةً على ذلك، بناءً على المواد والمعدات

المحددة، يمكن تحديد الحد الأقصى لسمك الطبقات الإنشائي لتحسين قابلية الانضغاط.

ويمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا. وإلا فيجب على المقاول المضي قدمًا في إجراء التعديل المناسب لخطة العمل، أو المعدات، وإزالة قسم الاختبار، أو إعادة انشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٤-٣-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم مدى ملاءمة المواد للاستخدام في طبقة الأساس الركامية معمليًا من خلال إجراء الاختبارات التالية: اختبارات التدرج، وحد السيولة، ومؤشر اللدونة، ومكافئ الرمل، وتقييم الجزئيات المَكْسُورَة، واختبار لوس أنجلوس والمتانة، واختبار تقييم تمدد الركام المحتمل بسبب التميه. ويجب اختبار المواد؛ وفقًا لـ ASTM C136 (أو AASHTO T 27) وC117 وD7928 وT89 وT90 (أو ASTM D4318) وD2419 (أو AASHTO T176) وD5821 وC131 (أو AASHTO T 96) وT104 وD4792 على التوالي. يجب أيضًا إجراء اختبار بروكتر المعدل؛ وفقًا لAASHTO T180 (أو ASTM D1557) لتحديد العلاقة بين الرطوبة وأقصى كثافة. ومن الملاحظ أن هذه المعايير قد لا تكون كافية للركام الحبيبي الخشن، خاصة مع محتويات الحبيبات القليلة (أقل من ٠,٠٧٥ ملم)؛ وفي هذه الحالة قد تؤدي إجراءات الاختبار المماثلة لاختبار ASTMD7382 والتي تحدد منحنيات كثافة الرطوبة للركام غير المقيد باستخدام ضاغط اهتزازي إلى تمثيل أفضل للظروف الحقلية في المختبر. ويجب إجراء اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا؛ وفقًا لAASHTO T193 لتحديد مقاومة تحمل مادة الركام، وتقييم المطابقة للمتطلبات المحددة. ويمكن أيضًا إجراء اختبار معامل المرونة (M_r) عند الضرورة وفقًا لAASHTO T307 لتحديد معامل المادة؛ للتحقق من متطلبات مدخلات تصميم الرصف.

يجب أن يتبع إجراء أخذ عينات المواد المعدة للاختبار؛ للامتثال للمتطلبات المحددة: ASTM D75. لتحديد المكان أو الوقت، أو كليهما، ولأخذ عينات بيانية، تؤخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لASTM D3665 لتقليل أي تحيز غير مقصود من طرف الشخص الذي يأخذ العينات. وتستند قرارات القبول إلى متوسط النتائج التي حُصل عليها بناءً على عينات مأخوذة من ثلاث وحدات، أو دفعات على الأقل مُختارة عشوائيًا من كل مجموعة. والدفعة هي كمية المواد اللازمة لملء شاحنة نقل واحدة على الأقل بالحجم العادي. وبالنسبة للتدرج، لابد من تحديد المجموعة على ألا تزيد عن ٣٠٠٠ طن، أي ما يُقابل ١٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل للتسليم إلى مشروع معين، ومن أجل تقييم متطلبات الركام بخلاف التدرجات، يجب تحديد المجموعة على أنها لا تزيد عن ٥٠٠٠ م^3 - ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك.

ويجب اختبار كل عينة على حدة على وجه الخصوص في حالة التدرج. على أن يتوافق متوسط قيم جميع تحديدات حجم المنخل لقطعة معينة مع معادلة المزج ضمن التفاوتات المسموح بها الموضحة في الجدول (٤-٣). وتتوافق نتائج تحديد الدفعات الفردية مع معادلة المزج بالتفاوتات المسموحة الموضحة في الجدول (٤-٣)، وتحملًا إضافيًا قدره ٢ نقطة مئوية لجميع الأحجام بخلاف منخل ٧٥ ميكرومتر؛ ويستلزم عدم الامتثال إعادة أخذ عينات من المجموعة بأكملها أو رفضها.

أما في الموقع، فيجب اختبار محتوى الرطوبة، وضغط المواد الحبيبية؛ لضمان الحصول على درجة ضغط كافية. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة الحقلية إلى الكثافة الجافة القصوى عن ١٠٠٪ عند محتوى رطوبة موحد لا يختلف بأكثر من ٢٪ عن محتوى الرطوبة الأمثل المعتمد. وتتضمن الطرق المباشرة لتحديد محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء طريقة التسخين المباشر وفقًا ASTM D4643 وطريقة اختبار ضغط غاز كربيد الكالسيوم وفقًا ASTM D4944. بالنسبة لطريقة الاختبار الأخيرة، ويجب استخدام طريقة الاختبار الجاف النموذجية للفرن وفقًا ASTM D2216 لتفسير النتائج والمقارنة للتحقق من الدقة والتصحيح. وتُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة بطريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556). لتحديد كلٍ من الكثافة الموضعية ومحتوى الرطوبة، ويجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا لASTM D6938 (أو AASHTO T310). ومن الملاحظ أنه من أجل التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار، يجب إجراؤها وفقًا ASTM D7013 و ASTM D7759. وتتضمن بدائل اختبار مقياس الكثافة النووية استخدام مقياس الكثافة الكهرومغناطيسية والتفسير الصحيح لنتائج الاختبار وفقًا لASTM D7830.

يجب أن يُجرى تقييم السمك المبني للقاعدة الترابية ويجب ألا يتجاوز التباين بين سمك الطبقة المنفذة والسمك المطلوب ١٠ ملم.

ويجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم. كما يجب قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢,٠٠٠ م^2 من الطبقة المبنية.

يجب التحقق من عدم الإستواء عن طريق القياس بمسطرة تقويم طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. وينبغي ألا يتجاوز الانحراف بين قاع سطح الحافة المستقيمة، والسطح بين أي نقطتي تماس في أي اتجاه ١٠ ملم.

٤-٣-٥ معايير القبول:

٤-٣-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجمع النتائج، ويُوثقها، ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل وطبقة ما تحت الأساس الركامية النهائية ضمن الحدود المقبولة. ويُوضح الجدول (٤-٤) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة وتكرار إجراء هذه الاختبارات والحدود المسموح بها. و ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–٤) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس الركامية.

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	التدرج	في المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو عند ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المشيدة.	ASTM C136 / AASHTO T27 ASTM C117 / ASTM D7928	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	جودة الركام			AASHTO T89 AASHTO T90 / ASTM D4318 ASTM D2419 / AASHTO T176 ASTM D5821 ASTM C131 / AASHTO T96 AASHTO T104 ASTM D4792	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	علاقة الرطوبة والكثافة			AASHTO T180 / ASTM D1557 or ASTM D7382	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
	نسبة تحمل كاليفورنيا و/أو معامل المرونة (M_r)			AASHTO T193 and/or AASHTO T307	الجزء الفرعي (٤-٣-٢) حسب تصميم الرصف
المواد المستخدمة	التدرج	في الموقع	ثلاث اختبارات لكل ١٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	ASTM C136 ASTM C117 / ASTM D7928	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	جودة الركام		ثلاث اختبارات لكل ٥٠٠٠ م^3 أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	AASHTO T89 AASHTO T90 / ASTM D4318 ASTM D2419 / AASHTO T176 ASTM D5821 ASTM C131 / AASHTO T96 AASHTO T104 ASTM D4792	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	علاقة الرطوبة والكثافة			AASHTO T180 / ASTM D1557 or ASTM D7382	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)

المادة	الخصائص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
	نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T193	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
	محتوى الرطوبة			ASTM D4643 or ASTM D4944 or ASTM D6938 / AASHTO T310	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
طبقة مدموكة	درجة الانضغاط		اختبار واحد كل ٢٠٠٠ م٢ من الطبقة النهائية أو كل يوم عمل، بالنظر إلى أيهما أقل.	AASHTO T191 / ASTM D1556 or ASTM D6938 / AASHTO T310 or ASTM D7830	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
	السُمك			قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		خمسة قياسات كل ٢٠٠٠ م٢	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)
	نعومة السطح			مسطرة تقويم	الجزء الفرعي (٤-٣-٤)

٤-٣-٥-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لـ ASTM D75 ورقم D3665) والاختبار والفحص للتأكد من أن جودة المواد وطبقة الأساس الركامية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض، أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتُجرى هذه الأنشطة عشوائيًا.

٤-٣-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد طبقة الأساس الركامية الفعلية، والمقبولة بالمتر المكعب بعد وضعها ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد، والمستويات الموضحة، بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة ما تحت الأساس الركامية على النحو المُحدد. ويتم الدفع وفقًا للعنصر الموضح في الجدول (٤-٥).

الجدول (٤–٥) بنود الدفع مقابل طبقة الأساس الركامية.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,٤	طبقة الأساس الركامية	م^{٣}

٤-٤ طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المعالجة بالأسمنت:

٤-٤-١ التفاصيل:

تُشير طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المعالجة بالأسمنت أو طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت إلى مادة مُنتجة خُلطت في المكان، أو في موقع مركزي تتألف من التربة والركام، والأسمنت والماء. وتُنتج هذه المادة طبقة أساس أكثر صلابة وقوة من طبقة الأساس الركامية غير المعالجة التي تتطلب سمكًا أقل لتحمل نفس حركة المرور، وتقليل الضغوط على القاعدة الترابية. وتوضع طبقة سطحية من الأسفلت، أو خرسانة الأسمنت البورتلاندي فوق هذه الطبقة؛ لإكمال الرصف.

ويصف هذا الجزء إنشاء طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المعالجة (المثبتة)، بما في ذلك متطلبات المواد، ووضع المواد المعتمدة ودمكها، وإجراءات ضبط الجودة وضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود والأبعاد والسمك، والمستويات والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

٤-٤-٢ المواد:

٤-٤-٢-١ التربة والمواد الركامية:

قد تتكون التربة والمواد الركامية المستخدمة من أي مزيج من الحصى، والحجر، والرمل، والطمي والطين؛ أو مواد النفايات من مصانع إنتاج الركام؛ أو مواد طبقات الأساس من الحجر المكسر والحصى؛ أو الرصفيات المرنة القديمة، بما في ذلك الطبقة السطحية من الأسفلت المكسر، وطبقة الأساس من الحجر أو الحصى (هالستد وآخرون، ٢٠٠٦).

ويجب ألا تحتوي التربة والمواد الركامية على جذور، أو تربة سطحية، أو أي مادة ضارة بتفاعلها مع الأسمنت. ولابد أن تكون كما تمت مُعالجته للإنشاء بحيث يمر ١٠٠٪ بمنخل ٧٥ ملم ويمر ٩٥٪ على الأقل بمنخل ٥٠ ملم ويمر ٥٥٪ على الأقل بمنخل ٤,٧٥ ملم.

٤-٤-٢-٢ الأسمنت:

يُمكن استخدام الأسمنت البورتلاندي، أو الأسمنت الهيدروليكي الممزوج؛ لتثبيت طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس، ويجب أن يتوافق مع المواصفات التالية: ASTM C150 أو رقم C1157 أو AASHTO M85 وASTM C595 أو رقم C1157 أو AASHTO M240 على التوالي.

٤-٤-٢-٣ المياه:

ينبغي أن تكون المياه المستخدمة في الخلط خالية من المواد الضارة بتصلب المادة المعالجة بالأسمنت. ولا تتطلب المياه الصالحة للشرب أي اختبار. كما يجب اختبار المياه ذات الجودة المشكوك فيها وفقًا لـ ASTM C1602.

٤-٤-٢-٤ الأسمنت البوزولانيّ:

يمكن استبدال الرماد المتطاير، أو حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة بالأسمنت بنسبة استبدال الأسمنت بالوزن (الكتلة) التي لا تتجاوز ٣٥ و٥٠٪ على التوالي، بعد موافقة المهندس. في هذه الحالة، يجب أن يمتثل هذا الأسمنت البوزولانيّ للمواصفات ذات الصلة التالية: ASTM C618 (أو AASHTO M295) وASTM C989 (أو AASHTO M302) على التوالي.

يمكن أيضًا استخدام المواد المحلية مثل البوزولان الطبيعي (الرماد البركاني) عند تحديد المواد الإسمنتية التكميلية، بعد موافقة المهندس، شريطة أن توضح دراسات التقييم المعملية أو الخبرة الحقلية السابقة الأداء المقبول للدورة الأساسية / الأساسية.

٤-٤-٢-٥ مركبات المُعالجة:

يمكن استخدام الأسفلت المستحلب، أو مركبات تشكيل الأغشية السائلة كوسائط معالجة لسطح الطبقات المعالجة بالأسمنت بغية تقليل فقدان المياه خلال فترة التصلب المبكرة، ويجب أن تمتثل لأحدث المواصفات، وهي ASTM D977 (أو AASHTO M140) وASTM C309 على التوالي.

٤-٤-٢-٦ تصميم الخلطة:

يجب أن يتضمن تصميم الخلطة تفاصيل عن تدرج الركام، والمواد الأسمنتية، ومقاومة الانضغاط، والرطوبة والكثافة المطلوبة التي يجب الامتثال لها أثناء الضغط. ويجب استهداف تصميم الخليط المتوازن؛ لضمان قوة طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت بما يكفي لتوفير دعم مناسب للرصف في حالات التحميل المروري الحالي والمستقبلي، وتكون -أيضًا- صلبةً ومتينةً؛ لمقاومة تغيرات الحجم، أو الضغوط الهيدروليكية الناتجة عن التجمد والذوبان؛ إذ قد تؤدي تغيرات الرطوبة إلى انهيار تدريجي للروابط الأسمنتية.

تتمثل الخطوة الأولى في إجراء التصميم في إجراء اختبار كثافة الرطوبة باتباع AASHTO T134 (أو ASTM D558) لتحديد محتوى الرطوبة لتشكيل العينات الحبيبية المعالجة بالأسمنت لاختبار مقاومة الانضغاط. ويحدد الاختبار أقصى كثافة جافة لخليط طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت، ومحتوى الرطوبة الأمثل. وقبل الضغط، يجب إضافة الأسمنت بانتظام؛ لضمان التوزيع المتساوي للأسمنت في جميع أنحاء موقع العينة. وعادةً يتم التعبير عن كمية الأسمنت المضافة بالنسبة المئوية على أساس الوزن؛ ويعتمد على الوزن الجاف في الفرن للتربة والمواد الركامية المراد معالجتها. بما أن محتوى الأسمنت الدقيق غير معروف في هذه المرحلة من التصميم، فيمكن اختيار محتوى أسمنت مفترض عند إجراء الاختبار (على سبيل المثال: نسبة ٥٪) مع العلم أن محتويات الأسمنت التي في حدود واحد أو اثنين في المائة، لن تؤثر تأثيرًا كبيرًا على النتائج.

وباستخدام محتوى الرطوبة الأمثل من الاختبارات الأولية للرطوبة والكثافة، تُحضر سلسلة من عينات طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت بمحتويات أسمنتية مختلفة؛ لتحديد مقاومة الانضغاط. وعادةً يتم اختيار ثلاث محتويات أسمنتية (على سبيل المثال: ٣٪ و٥٪ و٧٪)، مع مراعاة أن محتويات الأسمنت المرتفعة، التي تزيد عن ٨٪، قد تؤدي إلى تشقق انكماشي من شأنه أنه ينعكس عبر سطح الأرصفة المرنة.

ويجب تحضير عينتين-على الأقل- لكل محتوى من الأسمنت. ويتم تصليد هذه العينات لمدة ٧ أيام، ثم يجري اختبارها؛ لمقاومة الانضغاط وفقًا لـ ASTM D1633. وسيمنح هذا مجموعة من نتائج القوة؛ لتحديد محتوى الأسمنت المطلوب.

بصورة عامة، يعد محتوى الأسمنت الذي سيوفر مقاومة انضغاط غير مقيدة لمدة ٧ أيام من ٢,١ إلى ٢,٨ ميجا باسكال مُرضيًا، على أن تتوافر إمكانية تحقيق نقاط قوة أعلى. تهدف القوة المحدودة إلى تقليل التشقق الانكماشي الناجم عن محتوى الأسمنت والمياه المرتفع. يمكن أيضًا إجراء اختبار معامل المرونة - إذا طلب المهندس ذلك - وفقًا ASTM C469، بغية تحديد معامل مرونة مادة طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت للتحقق من متطلبات مدخلات تصميم الرصف.

وبمجرد تحديد محتوى الأسمنت الدقيق، يجب إجراء اختبار الرطوبة والكثافة باستخدام محتوى الأسمنت المحدد لتحديد محتوى الرطوبة الأمثل وأقصى كثافة جافة أثناء الإنشاء.

٤-٤-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٤-٣-١ عام:

يهدف تشييد الأساس المعالج بالأسمنت إلى خلط التربة، أو الركام تماما مع الكمية الصحيحة من الأسمنت البورتلاندي، وكمية كافية من الماء للسماح بأقصى قدر دمك ممكن. ويجب إنضاج طبقة الأساس المعالجة بالأسمنت الناتجة بطريقة مناسبة؛ لتوفير الرطوبة اللازمة لترطيب الأسمنت بما يسمح بالتصلب الكامل لخليط الأساس المعالج بالأسمنت. وتتضمن خطوات الإنشاء تحضير طبقة ما تحت الأساس، والخلط إما في الخلاطة المركزية، أو في الموقع، والدمك، والإنهاء، والمعالجة.

يجب ألا يَحسُن خلط مواد طبقة ما تحت الأساس أو الأساس المعالج بالأسمنت عندما تكون درجة حرارة الهواء أقل من ٤ درجات مئوية؛ كما لا يسمح بتثبيت الطبقة أثناء هطول الأمطار، أو العواصف الترابية، أو عندما تتجاوز سرعة الرياح ٢٥ كم/ ساعة، أو عندما تؤدي سرعة الرياح إلى تناثر الأسمنت أثناء الخلط على الطرق. ويجب ألا تتجاوز الرطوبة في التربة، أو الركام وقت استخدام الأسمنت الكمية، التي تسمح بتكون خليط موحد، ومتماسك من التربة، أو الركام والأسمنت أثناء عمليات الخلط، ويجب أن تكون في حدود ٢٪ من محتوى الرطوبة الأمثل لخليط الأساس المعالج بالأسمنت في بداية الدمك.

كما يجب أن تكون العمليات الخاصة بإضافة الأسمنت، والخلط والفرد والدمك، والإنهاء مستمرة على أن تُنجز في غضون ساعتين من بداية الخلط. مع عدم ترك أي خليط أساس معالج بالأسمنت دون استكمال دمكه، أو إنهائه لمدة تزيد عن ٣٠ دقيقة.

٤-٤-٣-٢ إنشاء طبقة الأساس، أو طبقة ما تحت الأساس معالجة بالأسمنت:

٤-٤-٣-٢-١ تجهيز القاعدة الترابية:

يجب تسوية المنطقة المراد رصفها وتشكيلها إلى خطوط، ودرجات -كما هو موضح في المخططات أو حسب توجيهات المهندس- قبل البدء في عملية المعالجة بالأسمنت. ويجب أن تكون القاعدة الترابية قوية بما يكفي لدعم معدات الإنشاء، ودمك المواد المعالجة بالأسمنت بقوة دون هبوط. وعليه، يجب إزالة أي تربة أو حصى، أو مادة غير مناسبة، واستبدالها بمادة مقبولة مع معالجة مناطق طبقة ما تحت الأساس اللينة، أو القابلة للهبوط، والتحقق من استقرارها قبل بدء الإنشاءات.

٤-٤-٣-٢-٢ طريقة الخلط بالخلاطة المركزية:

ينبغي أن يكون خلط مادة الأساس المعالجة بالأسمنت بالخلاطة المركزية، باستخدام خلاطة من النوع المتقطع (محطة الخلط بالدفعات) أو المستمر أو الخلاطة الأسطوانية. ويجب أن تكون الخلاطة مزودة بأجهزة القياس والتغذية التي ستضيف التربة، أو الحصى، والأسمنت والماء إلى الخلاطة بالكميات المحددة. كما يجب التأكد من أن كمية الأسمنت المضافة في حدود ± ٥ ٪ من النسبة المطلوبة، ورفض أي مواد لا تستوفي نسبة التحمل هذه. ولذلك، يجب معايرة كل خلاطة؛ للتأكد من دخول الكميات المناسبة من المواد إليها. وإذا لزم الأمر يجب استخدام جهاز فحص؛ لإزالة المواد كبيرة الحجم التي تزيد عن ٧٥ ملم من مادة التغذية الخام سواء من الركام، أو التربة قبل الخلط. ويجب خلط التربة/ الركام والأسمنت بما يكفي؛ لمنع تشكل كرات الأسمنت عند إضافة الماء، ولابد من تحديد مدة الخلط؛ للحصول على خليط موحد من التربة/الركام، والأسمنت، والماء.

وبعد ذلك، يجب أن يُسحب خليط طبقة الأساس المعالج بالأسمنت من الخلاطة إلى موقع الإنشاء في شاحنات، أو معدات أخرى ذات صناديق ممهدة، ونظيفة، ومحكمة. وأثناء السحب، يجب توفير غطاء لصندوق الشاحنة واستخدامه، أو اتباع تعليمات المهندس فيما يتعلق بحماية مادة الأساس المعالجة بالأسمنت من اختلافات الرطوبة بسبب الظروف الجوية؛ وتُرفض أي مواد أساس معالجة بالأسمنت رطبة نتيجة التعرض الزائد للأمطار، سواء كان ذلك أثناء النقل، أو بعد فردها.

ويجب أن يكون إجمالي الوقت المنقضي بين إضافة الماء إلى الخليط، وبدء الدمك في الحدود الدنيا الممكنة، ويجب ألا يتجاوز وقت السحب ٣٠ دقيقة، ويجب أن يبدأ الدمك في أقرب وقت ممكن بعد الفرد. ولا يمكن - بأي حال من الأحوال - أن يتجاوز إجمالي الوقت المنقضي ٤٥ دقيقة بين إضافة الماء إلى التربة/ الركام والأسمنت، وبدء الدمك.

أما ترطيب السطح المستَقبِل فيكون قبل وضع مادة الأساس المعالج بالأسمنت مباشرة. ويوضع الخليط بواسطة راصفة ميكانيكية، أو أكثر معتمدين دون الفصل بالكمية لكل متر طولي، والذي من شأنه أن ينتج طبقة مدموكة بشكل موحد؛ تتوافق مع المستوى، والقطاع العرضي المطلوبين. ويجب ألا تنقضي أكثر من ٦٠ دقيقة بين وضع مادة الأساس المعالج بالأسمنت في المسارات المجاورة في أي موقع؛ باستثناء فواصل الإنشاء الطولية والمستعرضة.

٤-٤-٣-٢-٣ طريقة الخلط في الموقع:

يجب أن يكون سطح التربة/ الركام المراد معالجته في الأساس المعالج بالأسمنت على قدر من الارتفاع بحيث يكون الارتفاع النهائي عند خلطه مع الأسمنت والماء ودمكه إلى الكثافة المطلوبة، كما هو موضح في المخططات، أو وفقًا لتوجيهات المهندس مع ضرورة الحصول على اعتماد المهندس للمواد الموجودة، والظروف السطحية قبل بدء المرحلة التالية من الإنشاءات.

قبل وضع الأسمنت، قد تكون هناك حاجة إلى إجراء كشط، أو تشريط مبدئي بعمق الخليط كاملًا. أما بالنسبة للتربة المتماسكة ذات مؤشر لدونة أعلى من ٢٠، فيجب أن تكون التربة رطبة في وقت الكشط؛ لتقليل الغبار والمساعدة في المعالجة. وبالنسبة لوضع المونة على الأسمنت، يجب أن يُجرى كشط أولي؛ لتوفير طريقة لتوزيع المونة بشكل موحد على التربة دون جريان، أو تراكم مياه زائد.

تُستخدم الكمية المحددة من الأسمنت بشكل موحد بطريقة تقلل من الغبار -حسب ما يعتمده المهندس-، والتحقق من أن كمية الأسمنت المدمجة في حدود ± ٥ في المئة من المتطلبات، وللحصول على توزيع أسمنت موحد، تُشغّل راصفة الخرسانة على سرعة بطيئة ثابتة، مع ثبات مستوى الأسمنت في القمع.

وفي حال استخدام الأسمنت كمونة، -ما لم يتم استخدام إضافات تأخير الشك المعتمد-، فينبغي ألا يتجاوز الوقت من أول ملامسة الأسمنت مع الماء إلى وضعه على التربة/ الركام ٦٠ دقيقة، وألا يتجاوز الوقت من وضع المونة على التربة/ الركام إلى بداية الخلط ٣٠ دقيقة.

يجب أن يبدأ الخلط باستخدام خلاطات أحادية، أو متعددة الأعمدة في أقرب وقت ممكن بعد توزيع الأسمنت، ويجب أن يستمر الخلط حتى إنتاج خليط موحد. ويجب أن يخضع الخليط النهائي للتفتيت حتى تصل نسبة مروره ١٠٠٪ من منخل بمقاس ٧٥ ملم، أو على الأقل ٩٥٪ من منخل مقاس ٥٠ ملم أو مرور ما لا يقل عن ٥٥٪ من منخل بمقاس ٤,٧٥ ملم.

يجب يُجرى اختبار التفتيت النهائي بعد عمليات الخلط. ويجب أن يستمر الخلط حتى يكون المنتج موحد اللون، ويستوفي متطلبات التدرج، ويكون في محتوى الرطوبة المطلوب طوال الوقت، ويجب أن تؤدي عملية فرد الأسمنت بالكامل، واستخدام المياه، والخلط إلى مزيج موحد من التربة/ الركام والأسمنت والماء بالعرض والعمق المصممين بالكامل.

٤-٤-٣-٢-٤ الدمك:

يجب أن يبدأ الدمك على الفور بعد خلط مادة الأساس المعالجة بالأسمنت، أو يجب فردها حيث تُدمك المادة المعالجة بواحدة أو أكثر مما يلي: مدحلة شبكية، أو مدحلة دمك، أو مدحلة إطارات هوائية، أو مدحلة ذات عجل فولاذي أو بكرة اهتزازية، أو مدحلة ذات لوحة اهتزازية. ويبدأ الدحل طوليًا على الجانبين متجهًا للمركز، على أن تكون اللفات المتتالية متداخلة بمقدار نصف عرض وحدة البكرة على الأقل. ويبدأ التدحرج من الجانب المنخفض، ويتقدم نحو الجانب المرتفع عند الانحناءات فائقة الارتفاع. مع مراعاة تعويض اللفات الفائتة للمدحلة، ويجب أن تعمل المدحلة بسرعة من ٣ إلى ١٠ كم/ ساعة، أو وفقًا لتوجيهات المهندس.

يجب أن تُدمك مادة الأساس المعالج بالأسمنت بشكل موحد بحد أدنى ٩٨٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة بناءً على متوسط متحرك خمس اختبارات متتالية مع عدم وجود اختبار فردي أقل من ٩٦ ٪. ويجب ملاحظة أن الدمك المناسب على حافة الرصف مهم للغاية. أما في حالة الأساس المعالج بالأسمنت الموزع، والمخلوط في الخلاطة فمن إحدى الطرق التي تسمح بضغط الحافة المناسب هي كشط مادة الكتف مقابل الأساس المعالج بالأسمنت الموزع لحصرها؛ ثم توفر مادة الكتف الدعم؛ لدمك الحافة.

وفي بداية الدمك في الحالتين، سواء الخلط المركزي، أو الخلط في الموقع، يجب أن يكون محتوى الرطوبة في حدود ± ٢ في المائة من الرطوبة المثلى المحددة. ويجب عدم ترك أي قطاع دون استكماله لمدة تزيد عن ٣٠ دقيقة، وأثناء عمليات الدمك يجب ألا تزيد جميع عمليات الدمك عن ساعتين من بدء الخلط.

٤-٤-٣-٢-٥ إنهاء السطح:

يجب الحصول على سطح كثيف خالٍ من أي تدرجات في الدمك، أو الشقوق، أو النتوءات أو المواد السائبة بعد الدحرجة والإنهاء. ولتحقيق ذلك، يُشكّل سطح الأساس المعالج بالأسمنت وفقًا للخطوط والتدرجات، والقطاعات العرضية المحددة كلما اقترب الانتهاء من الدمك. ويجب أن يُشطب السطح قليلًا، أو يُسحب بمكنسة؛ لإزالة أثار المعدات، أو لمنع اختلاف مستويات الدمك -إذا لزم الأمر أو حسب توجيهات المهندس-. وبعد ذلك، يجب يستمر الدمك حتى الوصول إلى كثافة موحدة ومناسبة. وأثناء عملية الإنهاء، يجب يُحافظ على السطح رطبًا باستخدام رشاشات من نوع الضباب. ويجب أن تُنهى جميع عمليات الإنهاء في غضون ٤ ساعات من بدء الخلط.

ويجب من إيلاء عناية خاصة بحماية الأجزاء النهائية من الأساس المعالج بالأسمنت، التي تنتقل مع المعدات المستخدمة في إنشاء قطاع مجاور بطريقة تمنع المعدات من ترك عيوب، أو تشوهات دائمة للأجزاء المنجزة، أو إتلافها.

٤-٤-٣-٢-٦ فواصل الإنشاء:

يجب إنشاء طبقة الأساس المعالج بالأسمنت للمناطق الواسعة الكبيرة على سلسلة من المسارات المتوازية ذات أطوال وعرض مناسبة بعد موافقة المهندس. وفي نهاية كل يوم، يجب يُشكّل فاصل إنشائي، مستعرض مستقيم عن طريق عمل قطع رجعي بالجزء الذي تم انجازه؛ لتشكيل سطح عمودي رأسي. علاوة على ما سبق، يجب أن تُشكّل فواصل طولية مستقيمة عن طريق القطع الرجعي في العمل المنجز؛ لتشكيل سطح عمودي حقيقي خالٍ من المواد السائبة أو المختلطة.

يجب أن تولى عملية الإنشاء رعاية خاصة؛ لضمان وجود فاصل عمودي، وخلط المواد بشكل كافٍ قبل الفاصل. وفي حال تم الخلط في الموقع؛ يجب استخدام أعمدة خلط مستعرضة. ويمكن تشكيل فاصل طولي ملاصق للأساس المعالج بالأسمنت المتصلب جزئيًا، الذي بُني في اليوم السابق عن طريق عمل قص رجعي للمنطقة التي أنشئت مسبقًا أثناء عمليات الخلط.

٤-٤-٣-٢-٧ المعالجة:

بعد استكمال عملية الإنهاء النهائية، يجب إنضاج سطح طبقة الأساس المعالج بإحدى الطرق التالية:

أ) عن طريق وضع الأسفلت، أو أي غشاء مانع للتسرب معتمد آخر يتوافق مع ASTM D977 أو ASTM C309؛ لتقليل فقدان الماء خلال فترة التصلب المبكر.

ب) من خلال الحفاظ على رطوبته بشكل مستمر لمدة ٧ أيام، باستخدام رشاش ماء من نوع الضباب لا يؤدي إلى تآكل سطح.

وبالنسبة لمواد معالجة الأسفلت، يجب تُطبّق بشكل موحد على سطح الأساس المعالج بالأسمنت المكتمل في أسرع وقت ممكن، ولكن في موعد لا يتجاوز ٢٤ ساعة بعد الانتهاء من عمليات التشطيب. ويجب أن يكون سطح الأساس المعالج بالأسمنت كثيفًا وخاليًا من جميع المواد السائبة والدخيلة، وأن يظل رطبًا باستمرار قبل تطبيق مواد المعالجة؛ لمنع الاختراق المفرط لمادة الأسفلت - ما لم ينص على خلاف ذلك - ويجب استخدام مادة الأسفلت كطبقة رئيسية، وتطبيقها بمعدل ٠,٤٥ - ٢,٢٥ لتر/ م٢، وعلى المهندس أن يُحدد المعدل الدقيق لمواد معالجة الأسفلت، ودرجة حرارة التطبيق؛ للحصول على تغطية الكاملة دون حدوث جريان سطحي غير مبرر. وإذا كان من الضروري لمعدات الإنشاء أو غيرها من وسائل حركة المرور يُستخدم السطح المغطى بالأسفلت قبل أن يجف مركب المعالجة بدرجة كافية؛ لمنع التقاطه، فيجب وضع غطاء رملي كاف قبل أي استخدام على هذا النحو.

٤-٤-٣-٢-٨ التحكم المروري:

يمكن فتح الأجزاء المكتملة من الأساس المعالج بالأسمنت على الفور لحركة المرور المحلية منخفضة السرعة، ومعدات الإنشاء؛ بشرط عدم التأثير على مواد المعالجة، أو عمليات المعالجة الرطب، وأن يكون مسار الأساس المعالج بالأسمنت مستقرًا بدرجة كافية؛ لمنع تكون أي عيوب أو تشوهات دائمة. ويمكن فتح هذا القطاع أمام جميع حركة المرور بعد تطبيق مركب معالجة، أو سطح لاحق على الأساس المعالج بالأسمنت، ويكون مستقرًا بدرجة كافية لتحمل العيوب أو التشوهات الدائمة. وإذا استخدم المعالجة الرطب المستمرة بدلًا عن مركب المعالجة، فيمكن فتح طبقة الأساس المعالج بالأسمنت لجميع حركة المرور بعد فترة المعالجة الرطبة التي تستمر ٧ أيام شريطة اكتمال تصلب الأساس المعالج بالأسمنت بدرجة كافية لمنع العيوب، أو التشوهات الدائمة.

٤-٤-٣-٢-٩ التشققات الدقيقة:

نظرًا لتعرض طبقة الأساس المعالج بالأسمنت للتقلص بشكل طبيعي أثناء المعالجة، يُمكن استخدام المدحلة الاهتزازية على الطبقة المعالجة بالأسمنت المنجزة خلال ٢٤ و٤٨ ساعة بعد الإنشاء؛ لحث تكون تشققات دقيقة للتخفيف من التشققات الانكماشية - إذا وافق المهندس على ذلك.

٤-٤-٣-٣ إنشاء قطاعات تجريبية:

قبل وضع أي مواد، يجب على المقاول إنشاء قطاع تجريبي باستخدام المواد، وطريقة الإنشاء والمعدات المقترحة، ويجب ألا يقل طول القطاع التجريبي عن ٢٠٠ م، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. ويكمن الهدف من إنشاء هذا القطاع التجريبي في التحقق من كفاءة معدات المقاول، وتحديد قياسات السمك الحرة التي سينتج عنها سمك الطبقة المدكوكة المحددة؛ للتحقق من محتوى رطوبة الحقل، والتحقق من محتوى ومعدل فرد الأسمنت، ومحتواه، وكفاءة الخلطة، وتحديد العلاقة بين عدد ممرات الدمك، والكثافة الناتجة للمادة المعالجة بالأسمنت. ويُمكن تحديد الحد الأقصى لسمك طبقة الإنشاءات بناءً على المواد والمعدات المحددة.

يمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا. وإلا فيجب على المقاول التوجه لإجراء التعديل المناسب لخطة العمل، أو المعدات، وإزالة قطاع الاختبار، أو إعادة إنشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء، ومعداته.

٤-٤-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد للاستخدام في طبقتي الأساس، وما تحت الأساس المعالجة بالأسمنت معمليًا باستخدام اختبار التدرج وفقًا لمعايير ASTM C136، ASTM C117، D7928 (أو AASHTO T27). ويجب – أيضًا - إجراء اختبار الكثافة والرطوبة وفقًا لمواصفة AASHTO T134 (أو ASTM D558) لتحديد العلاقة بين الرطوبة والحد الأقصى للكثافة. وإضافة لما سبق يُجرى اختبار الضغط المحوري وفقًا لمواصفة ASTM D1633؛ لتحديد خواص مقاومة مادة الأساس المعالج بالأسمنت. ويمكن – أيضًا - إجراء اختبار معامل المرونة الثابت وفقًا لمواصفة ASTM C469 بغية تحديد معامل مرونة مادة طبقة الأساس المُعالجة بالأسمنت.

ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية تُختبرمن حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، ينبغي أخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لمواصفة ASTM D3665. وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات. ويجب أن تستند قرارات القبول إلى متوسط النتائج التي يتم الحصول عليها بناءً على العينات المأخوذة من ثلاث دفعات، أو خلطات متقطعة على الأقل التي يتم اختيارها عشوائيًا من كل مناولة. ويجب أن تتكون الدفعة أو الخلطة المتقطعة الواحدة من كمية المواد اللازمة لملء شاحنة نقل واحدة على الأقل بالحجم العادي. ويجب ان تُعرف المناولة بأنها ٥٠٠٠ م^3 -ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك.

وفي الحقل، يجب الحصول على عينات اختبار الخلط بعد الخلط؛ لتحديد التوافق مع التدرج والقوة، ويجب أن يكون اختبار الضغط المحوري ٨٠٪ على الأقل من القيمة التي حُصل عليها في صيغة خلطة العمل. كما يجب اختبار محتوى الرطوبة (الماء)، ودمك المواد الحبيبية؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة في الموقع بالنسبة للحد الأقصى للكثافة الجافة عن ٩٨٪ بناءً على المتوسط المرجح لخمس اختبارات متتالية مع مراعاة عدم اختلاف أي اختبار فردي تحت ٩٦٪ عند محتوى رطوبة موحد بأكثر من ٢٪ عن محتوى الرطوبة الأمثل المعتمد. ولتحديد محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء، يجب استخدام طريقة اختبار فرن التجفيف النموذجية وفقًا لمواصفة ASTM D2216 أو طريقة اختبار تسخين فرن الميكروويف وفقًا لمواصفة ASTM D4643. تُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة بطريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556). لتحديد كلٍ من الكثافة الموضعية ومحتوى الرطوبة (الماء)، يجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا لمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310). ومن الملاحظ أنهمن أجل التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار، يجب إجراء الاختبار وفقًا لمواصفة ASTM D7013 وASTM D7759. ويجب تحديد محتوى الأسمنت في خليط الركام المعالج بالأسمنت وفقا لمواصفة ASTM ٥٩٨٢ أو ASTM D806 أو AASHTO T211 وأن يكون في حدود ٥٪ ± من نسبة تصميم الخلطة المحددة.

يينبغي تقييم سمك الطبقة المعالجة بالأسمنت المشيدة -إذا تعذر الحصول على عينة لبابية-، وذلك عن طريق حفر، أو ثقب حفرة لاختراق الطبقة الموجودة أسفل الطبقة، التي تُقاس مباشرة بشكل كاف، وتحديد موقع السطح بصريًا، وإجراء قياسات للسمك من الطبقة البينية إلى أعلى الطبقة. مع مراعاة ألا يتجاوز الاختلاف بين سمك الطبقة المنفذة، ويجب ألا يتجاوز السمك المطلوب ١٠ ملم أو ١٠٪ من السمك المعتمد، بالنظر إلى أيهما أقل.

ويجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم، ويُشترط قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد القطاعات عن ٥ لكل ٢٠٠٠ م^{٢} من الطبقة المنشأة.

ولابد من التحقق من التفاوتات المسموحة عن طريق القياس بمسطرة استواء طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع بحيث أنه يجب ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة، وسطح الطبقة عند أي نقطتي دعم متجاورتين في أي اتجاه ٦ ملم.

٤-٤-٥ معايير القبول:

٤-٤-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها، ويُحللها لضمان توفر المواد الخام في المصدر، وخليط الأسمنت والتربة/ الركام في المنبع وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل، وأن تكون طبقتا الأساس وما تحت الأساس المعالجة النهائية ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٤-٦) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقات المدموكة، وعدم تكرار هذه الاختبارات والحدود المسموحة، ويجب على المقاول تصدير نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

الجدول (٤–٦) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس المعالجة بالأسمنت.

المادة	الخواص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسمنت والركام	التدرج الحبيبي للركام	في المنبع	٣ اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو ملاحظة تغيير في خواص المواد أو الأعمال المشيدة.	ASTM C136/ AASHTO T27 ASTM C117 ASTM D7928	القسم الفرعي (٤-٤-٢-١)
	الأسمنت		اعتماد الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	ASTM C150 ASTM C1157 / AASHTO M85 ASTM C595 ASTM C1157 / AASHTO M240	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٢)
	علاقة الرطوبة والكثافة		ثلاثة اختبارات لتصميم الخلطة واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T134 / ASTM D558	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦)
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			ASTM D1633	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦)
	عامل المرونة			ASTM C469	حسب تصميم الرصف
خليط الأسمنت والركام المستخدم	التدرج الحبيبي للركام	في الموقع	٣ اختبارات في بداية توريد المواد اختبار واحد كل ٥,٠٠٠ م^{٣} من المواد الموردة أو	ASTM C136 / AASHTO T27 ASTM C117 ASTM D7928	القسم الفرعي (٤-٤-٢-١)
	علاقة الرطوبة والكثافة			AASHTO T134 / ASTM D558	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦)

المادة	الخواص	موقع أخذ العينة	تكرار الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المتطلبات
	محتوى الرطوبة		عندما يتم تغيير خصائص أعمال الإنشاءات أو اختبار واحد كل أسبوع.	ASTM D2216 or ASTM D4643 or ASTM D6938 / AASHTO T310	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦) الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	المحتوى الأسمنتي			ASTM 5982 or ASTM D806 or AASHTO T211	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦) الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			ASTM D1633	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦) الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
الطبقة المدموكة	المحتوى الأسمنتي		٣ اختبارات عند بداية الإنشاء واختبار واحد لكل ١٠,٠٠٠ م٢	ASTM D806 or AASHTO T211	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦) الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			ASTM D1633	القسم الفرعي (٤-٤-٢-٦) الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	درجة الدمك		اختبار واحد كل ٢,٠٠٠ م٢ من الطبقة المشطبة أو كل يوم عمل، أيهما أقل.	AASHTO T191 / ASTM D1556 or ASTM D6938 / AASHTO T310	الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	السُمك			عينات لبابية أو حُفر الاختبار	الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات كل ٢,٠٠٠ م٢	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٤-٤)
	نعومة السطح			مسطرة تقويم	الجزء الفرعي (٤-٤-٤)

٤-٤-٥-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D3665) والاختبار والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد وطبقة الأساس، أو ما تحت الأساس النهائية المثبتة بالأسمنت تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول - تحت إشرافها المباشر - بإجراء بعض اختبارات ضبط الجودة، أو جميعها - الموضحة في الجزء السابق، وتقرر إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. مع العلم أن هذه الأنشطة تُمارس عشوائيًا.

٤-٤-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس المعالجة بالأسمنت الفعلية، والمقبولة بالمتر المكعب بعد فردها، ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات -أو حسب تعليمات المهندس.

وعندما تتطلب المواصفات الخاصة قياسات منفصلة للأسمنت، يجب أن تُقاس الكمية المستخدمة من الأسمنت بالأطنان (على سبيل المثال: استخدام مونة الأسمنت).

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس المعالج بالأسمنت على النحو المُحدد. ومن الملاحظ أن المستحلب الأسفلتي المستخدم للإنضاج والربط سيُدفع ثمنه بموجب البند ٥-١. تُسدد الدفعات؛ وفقًا لواحد أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-٧).

الجدول (٤–٧) بنود دفع مقابل طبقة ما تحت الأساس أو الأساس المعالجة بالأسمنت.

رقم البند	العنصر	الوحدة
٤,٣	الأساس أو ما تحت الأساس المثبت بالأسمنت	م^{٣}
٤,٤	الأسمنت	الطن
٥,١	طلاء تأسيس	م^{٢}

٤-٥ طبقات الأساس المعالجة بالأسفلت:

٤-٥-١ التفاصيل:

يُشير الأساس المعالج بالأسفلت إلى المادة المخلوطة في الموقع أو مخلوطة مركزيًّا، التي تتكون من الركام والمستحلب الأسفلتي، ويمكن استخدامها في تطبيقات الرصف المختلفة. وتشمل الاستخدامات الرئيسية لخلطات الركام مع المستحلب الأسفلتي ما يلي:

أ) مع السماح باستخدام المواد المحلية أو مواد الموقع (على سبيل المثال: الرمال والرمال الطينية والحصى الرملي الضعيف، ...إلخ)، أو ترقية الركام الهامشي إلى جودة الأساس الحبيبي الجيد غير المعالج.

ب) زيادة قوة مواد الرصف وتقليل سمك هيكل الرصف المطلوب.

ج) إنتاج خليط عالي الجودة، مع مرونة جيدة ومقاوم للتشوه الدائم، لجميع تطبيقات أحمال حركة المرور.

وهناك ثلاث خلطات أساس معالجة بالمستحلب الأسفلتي، التي تصنف وفقًا للتدرج الحبيبي للركام، وهي النوع الأول (تدرج مفتوح)، والنوع الثاني (تدرج كثيف)، والنوع الثالث (تدرج رملي).

ويُنتج خليط الأساس المعالج بالمستحلب الأسفلتي من النوع الأول في درجة الحرارة المحيطة (الخلط البارد) عن طريق الخلط المركزي فقط. ومع ذلك، يمكن إنتاج خلطات الأساس المعالجة بالمستحلب الأسفلتي من النوع الثاني، والنوع الثالث في درجة الحرارة المحيطة (الخلط على البارد) بواسطة إحدى الطرق الثلاث التالية: أ) الخلط المركزي في خلاطات من النوع المستمر، أو ب) خلط مركزي في الخلاطات المتقطعة من نوع الخلطة الواحدة أو ج) الخلط في الموقع باستخدام وحدة خلط متنقلة.

يوضح هذا الجزء طريقة إنشاء طبقة أساس معالجة بالمستحلب الأسفلتي، بما في ذلك متطلبات المواد، ووضع المواد المعتمدة، ودمكها، وإجراءات ضبط الجودة، وضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود، والأبعاد، والسمك، والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

٤-٥-٢ المواد:

٤-٥-٢-١ الركام:

يوضح الجدول (٤-٨) متطلبات التدرج النموذجية لخلطات الركام مفتوحة التدرج، وكثيفة التدرج ورملية التدرج وفقًا لمواصفة AASHTO T27 وT37 وحدود التغييرات المسموحة، حيث تُحدد صيغة خلطة العمل مع بالنظر إلى توافر المواد، ومتطلبات الخدمة للمشروع، أو حسب توجيهات المهندس أو الجهة المسؤولة.

الجدول (٤–٨) متطلبات التدرج للخلطات المعالجة بالأسفلت.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن			
	مفتوح التدرج (النوع الأول)	كثيف التدرج (النوع الثاني)	رملي التدرج (النوع الثالث)	تحمل خلطة العمل
٣٧,٥ (١ بوصة)	١٠٠	١٠٠		±٨
٢٥ (١ بوصة)	١٠٠ - ٩٥	١٠٠ – ٩٠		±٨
١٢,٥(½ بوصة)	٦٠ - ٢٥	٨٠ – ٦٠	١٠٠	±٨
٤,٧٥ (رقم ٤)	١٠ - ٠	٦٠ – ٢٥	١٠٠ – ٧٥	±٧
٢,٣٦ (رقم ٨)	٥ - ٠	٤٥ – ١٥		±٦
٠,٣ (رقم ٥٠)		١٨ – ٥	٣٠ – ٥	±٦
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	٢ - ٠	٧ – ١	١٢ – ٥	±٢

فيما يلي متطلبات جودة الركام فيما يتعلق بالخواص الفيزيائية:

- يجب ألا تزيد نسبة تآكل الركام الخشن، والركام مفتوح التدرج، وكثيف التدرج عن ٤٠ ٪ حسب اختبار لوس أنجلوس؛ طبقًا لمواصفة AASHTO T96 (أو ASTM C131).
- بالنسبة للركام مفتوح التدرج وكثيف التدرج، الذي يمر ٧٥٪ على الأقل من جزيئاته من منخل بمقاس ٢,٣٦ ملم، يجب أن يكون ذا سطحين تشققيين أو أكثر، وفقا لاختبار ASTM D5821.
- يجب ألا تقل نسبة مرور الركام كثيف التدرج، ورملي التدرج والقيمة المكافأة الرملية للركام الناعم من منخل بمقاس ٢,٣٦ ملم عن ٤٠ للركام كثيف التدرج و٤٥ للركام رملي التدرج وفقًا لمواصفة AASHTO T176 (أو ASTM D2419).
- عند إجراء اختبار المتانة، وفقًا لاختبار AASHTO T104 ، يجب ألا تظهر علامات تفكك على مادة الركام الكثيف التدرج، والرملي التدرج، ويجب ألا تتجاوز النسبة المئوية لفقدان الوزن بعد ٥ دورات ١٠٪ في حالة اختبار كبريتات الصوديوم.

٤-٥-٢-٢ المستحلب الأسفلتي:

يمكن استخدام أنواع المستحلبات الأسفلتية بطيئة الشك، ومتوسطة الشك سالبة الشحنة SS-1h أو MS-2 أو MS-2h وأنواع المستحلبات الأسفلتي موجبة الشحنة CSS-1 أو CSS-1h أو CMS-2 أو CMS-2h.

ويُفضّل استخدام لزوجة أعلى أو درجة "٢" (أي CMS-2) للخلطات مفتوحة التدرج نظرًا لتعذر وجود الحبيبات الناعمة في هذه الخلطات؛ لزيادة سمك الطبقة وتحسين متانتها. أما خلطات الركام كثيف التدرج، فيُمكن استخدام المستحلبات متوسطة الشك عادة مع الركام، الذي لا يسمح بمرور كميات مفرطة من المادة، أو في حال الرغبة في تخزين الخلطة. بينما تُستخدم المستحلبات بطيئة الشك -عادة- مع كميات أكبر من المواد التي تمر بمنخل بمقاس ٠,٠٧٥ ملم، وحال عدم الرغبة في التخزين. ولخلطات الركام رملية التدرج، يفضل استخدام درجة أكثر صلابة أو قيمة "h" أعلى (أي CSS-1h)؛ لتسليح ثبات الخلطة؛ لأن هذه الخلطات تفتقر إلى التعشيق الركامي.

ويجب أن تُلبي مادة المستحلب الأسفلتي متطلبات التغطية المطلوبة المحددة في القسم الفرعي (٤-٥-٢-٥).

٤-٥-٢-٣ الماء:

ينبغي أن تكون المياه المستخدمة خالية من المواد الضارة بجودة الخليط المعالج بالمستحلب الأسفلتي.

٤-٥-٢-٤ الإضافات:

الإضافات الأكثر شيوعًا المستخدمة في خلطات المستحلب هي الأسمنت البورتلاندي، والجير المطفأ.

أما الاستخدام المحتمل للأسمنت البورتلاندي من النوع الأول أو الثاني، يجب أن يفي ذلك بمتطلبات اختبار AASHTO M85.

ووفقًا لذلك، يمكن استخدام الجير المطفأ المتوافق مع متطلبات AASHTO M216.

ويمكن أن تكون مواد الإضافة المذكورة فعالة إلى حدٍ ما في زيادة المقاومة المبكرة، وخفض قابلية تأثر خلطات المستحلب بالماء، خاصةً تلك الخلطات التي تتألف من الركام الرملي، والحصى الرملية. وعادة ما تكون كمية الأسمنت، والجير المستخدمة من ١ إلى ٢ في المائة من وزن الركام الجاف. ويمكن إضافة هذه المواد إما جافة أو كمونة؛ للتأكد مما إذا كانت فوائد الإضافات تفوق النفقات الإضافية آم لا، ومن الضروري إجراء اختبار معملي.

٤-٥-٢-٥ تصميم الخلطة:

يلزم تصميم خلطة لخلطات الركام، والمستحلب الأسفلتي؛ لتحديد درجة ونسبة مستحلب الأسفلت، وخصائص الخلطة من حيث قابلية التشغيل، والثبات، والمقاومة.

يجب إعداد تصميم الخلطة، وصيغة خلطة العمل وفقًا لمعهد الأسفلت (معهد الأسفلت، ٢٠٠٨)، بما يعكس المواد والظروف المحلية -حسب توجيه المهندس- ونستعرض فيما يلي طريقتين تصميميتين لتصميم الخلطات التي تحتوي على ركام كثيف التدرج، وللخلطات التي تحتوي على ركام مفتوح التدرج:

٤-٥-٢-٥-١ تصميم خلطة الركام كثيف التدرج:

تنطبق طريقة التصميم هذه على الخلطات المنفذة، إما عن طريق الخلط في الموقع، أو الخلط المركزي في درجات الحرارة المحيطة سواء استخدمت فورًا، أو خزنت لاستخدامها لاحقًا.

وتتمثل الخطوة الأولى من الإجراءات التصميمية في تحديد نقطة بدء تصميم المستحلب التجريبي، أو محتوى الأسفلت المتخلف في الخلطة. ويجب استخدام صيغة ضمن الإجراء التصميمي تعتمد على النسبة المئوية للركام الذي يمر من منخل بمقاس ٤,٧٥ ملم، على النحو التالي:

- تحديد محتوى بقايا مستحلب الأسفلت باستخدام اختبار ASTM D 6997.
- تقدير محتوى المستحلب المبدئي على أساس الوزن الجاف للركام باستخدام المعادلة (٤-١):

$$Percent\ Emulsion = \frac{[(0.06*B)+(0.01*C)]}{A} * 100$$ **المعادلة (٤-١)**

حيث:

Percent Emulsion = النسبة المئوية الأولية المقدرة لمستحلب الأسفلت حسب الوزن الجاف للركام

A = النسبة المئوية لبقايا المستحلب عن طريق التقطير (على النحو المحدد في ASTM D6997)

B = النسبة المئوية لمرور الركام الجاف عبر منخل بمقاس ٤,٧٥ ملم

C = 100 – B = الركام الجاف المتبقي على منخل بمقاس ٤,٧٥ ملم

تتضمن الخطوة التالية التقييم المبدئي لكل مستحلب أسفلتي اختير لتصميم الخليط الذي أُجري بوساطة اختبار التغطية، واختبار الالتصاق على النحو الموضح فيما بعد. وتقدر التغطية بصريًا، وتصنف بأحد التصنيفات التالية: (جيد، أو مقبول، أو ضعيف)؛ وفقًا لاختبار ASTM D244. ويُشير التصنيف "جيد" أنه مغطى بالكامل بمستحلب الأسفلت؛ باستثناء الثقوب والحواف الحادة للركام؛ ويكون

التصنيف "مقبول" عند زيادة المساحة المغطاة عن مساحة المنطقة غير المغطاة، وينطبق التصنيف "ضعيف" عند زيادة المساحة غير المغطاة على مساحة المنطقة المغلفة.

إجراء اختبار الطلاء:

- يحدد محتوى رطوبة الركام في العينة. مع الحفاظ على استقرار مستوى رطوبة العينة الحقلية وإضافة الرطوبة المقدرة للتخزين إلى عينات الركام المختلطة كليًا، أو فرديًا قبل ٢٤ ساعة من إجراء أي اختبارات في حال استلام الركام جافًا، أو مجففًا للربط.
- قم بوزن ما يعادل ٥٠٠ جرام من الركام الجاف (٥٠٠ غرام + رطوبة) في وعاء خلط مناسب.
- نفذ إجراء الوزن في مياه ما قبل الخلط – إذا لزم الزمر-، واخلطها يدويًا لمدة ١٠ ثوانٍ، أو حتى يتم ترسبها بشكل موحد بصريًا.
- أضف محتوى المستحلب التجريبي إلى الركام المبلل مسبقًا عند درجة حرارة الاستخدام المتوقعة، ثم اخلطه بقوة باليد لمدة تصل إلى ٦٠ ثانية، أو حتى يتم تشرب الخلطة بالكامل.
- تقدير كمية الطلاء بصريًا عن طريق وضع الخلطة على سطح مستوٍ فاتح اللون.
- يمكن تقييم خليط المستحلب والركام المتصلد لمقاومة الماء. صب الماء بعد غمر الخلطة بالكامل فيه (حوالي ضعف حجم الماء المراد مزجه). يمكن تقدير كمية التغطية المتبقية بصريًا من خلال وضع الخلطة على سطح مستوٍ فاتح اللون. وإذا كانت التغطية غير مقبولة (أي: تصنيف ضعيف)، فيمكن تغيير نوع، أو صيغة المستحلب المستخدم.

إجراء اختبار الالتصاق:

- في فرن السحب المستحث عند ٦٠ درجة مئوية، يتم شك ١٠٠ جرام من الخليط المنتج أعلاه في حاوية ضحلة لمدة ٢٤ ساعة.
- ضع الخليط المعالج بالفرن في كوب سعة ٦٠٠ مل يحتوي على ٤٠٠ مل من الماء المقطر المغلي.
- أعد الماء إلى الغليان، وقلبه لمدة ٣ دقائق بمعدل دورة واحدة في الثانية.
- أزل الماء، وافرد الخليط على قطعة من ورق ماص فاتح اللون.
- بعد تجفيف الخليط، قيّم بصريًا كمية (النسبة المئوية) وتغطية الأسفلت المتخلف. فإذا كان مناسبًا، استمر في تصميم الخليط. أما إذا كانت التغطية غير مقبولة (أي، تصنيف ضعيف)، فيمكن تغيير نوع أو صيغة المستحلب المستخدم.

يتبع ذلك خلط عينات الاختبار ودمكها. عبر تحضير ثلاث عينات على الأقل تحتوي على ثلاث محتويات مستحلب مختلفة، علىأن تكون إحداها أقل من محتوى المستحلب التجريبي، وأخرى أعلى من محتوى المستحلب التجريبي. ابدأ بمحتوى المستحلب التجريبي، وزد المحتوى لكل من مستويي المحتوى الآخرين إذا ظهر خليط اختبار التغطية جافًا. وإذا كان خليط اختبار التغطية يبدو غنيًا، فقلل المحتوى للمستويات الأخرى. الفرق الطبيعي بين محتويات المستحلب هو ١ في المئة، أو ٠,٦٥ في المئة للمستحلب و٦٥ في المائة لمحتوى الأسفلت المتخلف.

إجراء الخلط::

- قم بوزن الكمية المطلوبة من الركام المبلل مسبقًا (من حوالي ١,٢٠٠ جم من الركام الجاف) في أوعية الخلط المناسبة للحصول على عينة مدموكة بارتفاع يبلغ ٦٣,٥ ± ٦ ملم لكل دفعة خلط. وإذا لزم الأمر، يمكن تجفيف الركام، وفصله حسب الأحجام، ثم إعادة مزجه في دفعات خلط ذات أحجام فردية. وفي هذه الحالة، يجب إضافة ماء مكافئ للمخزون، أو محتوى الرطوبة المطلوب إلى كل دفعة مع مراعاة تغطية دفعة الخلط؛ لمنع فقدان الرطوبة لمدة ٢٤ ساعة تقريبًا قبل الخلط مع المستحلب.
- إذا كانت هناك حاجة إلى الماء لأجل الترطيب المسبق، أضف إلى الركام الكمية المحددة وفقًا لاختبار التغطية، ثم اخلط يدويًا لمدة ١٠ ثوانٍ، أو حتى التخلص من الماء تمامًا. ويجب إكمال ذلك مباشرة قبل إضافة المستحلب وخلطه.
- قم بوضع الكمية المناسبة من المستحلب على الركام المحيط المبلل مسبقًا، ثمّ اخلط بقوة لمدة لا تزيد عن ٦٠ ثانية، أو حتى يتم توزيع المستحلف بالقدر الكافي.

إجراء الدمك:

- بصورة عامة، يُجرى دمك عينة باستخدام مطرقة مارشال، وفقًا لـمواصفة ASTM D692 مع بعض التعديلات.
- وغالبًا يحتاج الخليط كثيف التدرج إلى التهوية، أو التجفيف قبل الدمك، ومن المستحيل إجراء الدمك المناسب إذا تجاوز إجمالي حجم السوائل في الركام (أي المستحلب بالإضافة إلى ماء الركام) فراغات الركام المعدني بالإضافة إلى حجم أي سائل ممتص. وتحدث هذه الحالة إذا ارتدت مطرقة مارشال، ونضح السائل من العينة أو في حال حدوث أي منهما. وفي هذه الحالة ضع الخليط في وعاء ضحل، وقلل من محتوى الرطوبة عن طريق التقليب في بعض الأحيان. مع أهمية التخلص من العينات التي لا يمكن دمكها بشكل مرضٍ، و تجنب إعادة اختبارها.

- ينبغي تنظيف قالب العينة، وتوجيه المطرقة المضغوطة جيدًا. وقبل إضافة الخليط، يُوضع قرصٌ ورقيّ في الجزء السفلي من القالب، ثُمّ توضع الدفعة بأكملها في القالب، وباستخدام عصا فرد، ويفرد الخليط بقوة حول محيط القالب ١٥ مرة وداخله ١٠ مرات. وينعّم سطح الخليط في شكل مستدير قليلًا باستخدام عصا الفرد.
- يوضع وعاء القالب على قاعدة الدمك في حامل القالب، ويُضرب ٥٠ ضربة بمطرقة الدمك مع السماح بالسقوط الحر عند ٤٥٧ ملم. ثم تُزال صفيحة القاعدة، والجلبة وتُقلب العينة من القالب، وتُجمع. وتُضرب العينة ٥٠ ضربة دمك على وجه العينة المقلوبة.
- بعد إزالة صفيحة القاعدة، والجلبة، والأقراص الورقية، يوضع القالب الذي يحتوي على العينة المدموكة على رف مثقوب في فرن السحب المحث عند ٦٠ درجة مئوية لمدة ٤٨ ساعة. مع التأكد من ثبات العينة في الجزء السفلي من القالب؛ بحيث يمكن دعمها برف الفرن أثناء معالجتها.
- يُخرج القالب من الفرن عند ٦٠ درجة مئوية، ويطبّق حمل ثابت قدره ١٧٨ كيلو نيوتن من خلال كباس حر التركيب على الجزء السفلي، والجزء العلوي من عينة القالب. ويجب تطبيق الحمل بمعدل ينتج عنه ضغط يبلغ ١,٣ ملم/ دقيقة تقريبًا، مع الاحتفاظ بالحمل الكامل لمدة دقيقة واحدة، ثم تحريره.
- قبل استخراج العينة للاختبار، يجب ترك العينة المدموكة لتبرد في القالب لمدة ساعة واحدة على الأقل.

تتضمن الخطوة الأخيرة اختبار العينات المدموكة. إذ يُحدد ثبات وتدفق مارشال وفقًا لإجراءات ASTM D6927 (أو AASHTO T245)، باستثناء أنه يجب وضع العينات المدموكة في حمام هواء لمدة ساعتين على الأقل عند درجة حرارة الاختبار ٢٥ ± ١ درجة مئوية. تعتبر قيمة الثبات البالغة ٢,٢٢٤ ٢ نيوتن (٢٢٧ كجم) أو أكثر مرضية. بالنسبة لاختبار الثبات المتبقي لمارشال، بعد تشبع الفراغات يتم النقع في حمام ماء عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية لمدة ٢٣ ساعة ثم يُنقع لمدة ساعة واحدة عند ٤٠ ± ١ درجة مئوية. يجب ألا يقل استقرار مارشال المتبقي عن ٥٠ ٪.

ويمكن تحديد المقاسات الحجمية من العينات المدموكة. بشكل أساسي، وتحدد الكثافة الظاهرية بالتحقق من صحة الدمك و/ أو تركيبة العينات المماثلة. وتتمثل الطريقة الأسهل، والأكثر استخدامًا لتحديد الكثافة الظاهرية بقسمة وزن العينة في الهواء على حجمها على النحو الموضح في المعادلة (٤-٢).

$$D_b = \frac{W_a}{H*A}$$ **المعادلة (٤-٢)**

حيث:

D_b= الكثافة الظاهرية المقاسة لعينة الخليط المدموك

W_a = وزن العينة المدموكة في الهواء

H = ارتفاع العينة المدموكة

A = مساحة القطاع العرضي للعينة المدموكة (πr^2)

نظرًا لإمكانية وجود بعض الرطوبة في العينات المدموكة، يجب حساب الرطوبة في العينات المدموكة عند الحاجة إلى قيم أكثر دقة. وحسب توجيهات المهندس يمكن تحديد القياسات الحجمية الأخرى، مثل: الفراغات والفراغات في الركام المعدني والفراغات المملوءة بالأسفلت من خلال مراعاة الرطوبة بشكل صحيح واتباع إجراءات الاختبار المناسبة، بما في ذلك ASTM D1188، ASTM D2726، ASTM D2041، ASTM D3203 وASTM D70 (أو AASHTO T228).

٤-٥-٢-٥-٢ تصميم خلطة الركام مفتوح التدرج:

تتضمن طريقة تصميم الخلطة تحضير خلطات تجريبية بمحتويات مستحلب متنوعة؛ بهدف إنشاء محتوى مستحلب تصميمي؛ بناءً على تقييم الجريان السطحي. ونوضح فيما يلي وصف الإجراءات المستخدمة لتحضير خلطات المستحلب الأسفلتي مع الركام مفتوح التدرج لأغراض الاختبار، وتحديد محتوى المستحلب الأمثل.

الخطوة الأولى هي تحضير الخلطات، وتتألف من الإجراءات التالية:

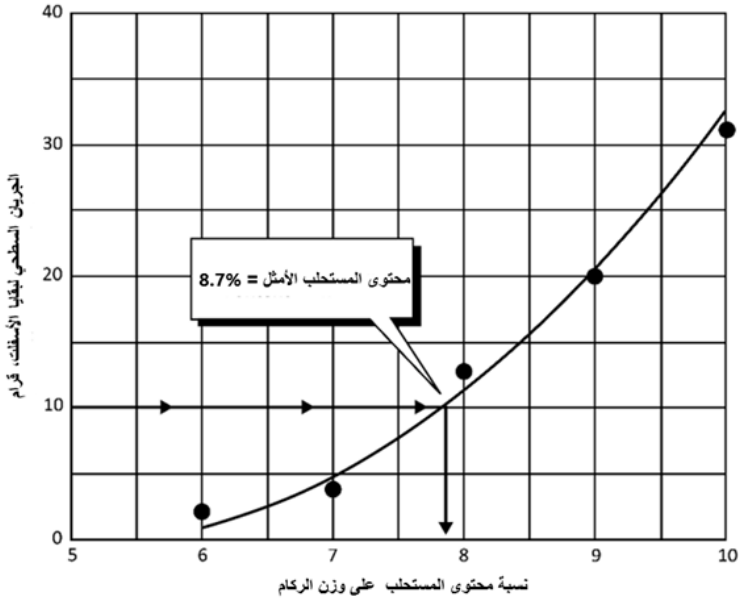
- تجفيف عينة من ركام العمل بوزن ثابت في فرن السحب المستحث عند ٦٠ درجة مئوية. وبعد التجفيف بالفرن، تترك العينة لتبرد لمدة ساعتين -على الأقل- في درجة الحرارة المحيطة.
- باستخدام تدرج المخزون، قم بوزن عدد كافٍ من عينات متقطعة ٢٠٠٠ جم من الركام المجفف.
- يُخلط الركام مع ٤٠ جم من الماء في أوعية خلط مناسبة حتى يصبح الركام رطبًا. وثم توضع قطعة قماش نظيفة فوق الوعاء، ويترك مغطى لمدة ١٥ دقيقة.

- يُمزج الركام المبلل يدويًا لمدة دقيقتين بالكمية المناسبة من مستحلب الأسفلت الذي سُخّن مسبقًا حتى ٦٠ درجة مئوية. ويوصى بزيادة محتويات المستحلب بنسبة ١ في المائة على وزن الركام الجاف. وتراقب وتُسجّل قابلية الخلطة للعمل، مثل: الصلابة، أو الرضا، أو الحرية، ونسبة التغليف.

بعد ذلك، يُجرى الاختبار كما هو موضح أدناه:

- يُرطّب منخل بمقاس ٢,٣٦ ملم بالماء، ثم يُوضع على سطح قياسي مقلوب. مع أهمية نقل الدفعة كاملة إلى المنخل بعد تحضير الخليط مباشرةً.
- تُترك الخلطة لتصريف المياه لمدة ٣٠ دقيقة على السطح القياسي في درجة حرارة الغرفة.
- تُزال الخلطة المصرّفة من منخل الـ ٢,٣٦ ملم ويُفرد الخليط على صينية مبطنة بالورق (بلون فاتح) ويجفف الخليط على السطح بوساطة مروحة، ويُقاس الخليط حجم غطاء الأسفلت.
- يجفف الوعاء القياسي الذي يحتوي على الجريان السطحي إلى كتلة ثابتة في فرن السحب المستحث عند ١١٠ ± ٥ درجة مئوية. وتُحسب كمية الجريان السطحي المتبقي للأسفلت بالجرام (W) عن طريق طرح وزن السطح من وزن الجريان السطحي.

ولتحديد محتوى المستحلب الأمثل، قم بتخطيط محتوى المستحلب % على وزن الركام مع الجريان المتبقي للأسفلت (W) على الرسم البياني وارسم منحنى أملس، مثلما هو موضح في الشكل (٤-١). وبعد ذلك، ارسم خطًا أفقيًا عند ١٠ جم على المحور y ليتقاطع مع المنحنى، واقرأ محتوى المستحلب المناظر على المحور X لأقرب ٠,١ في المائة. وسيكون هذا هو محتوى المستحلب الأمثل.



الشكل (٤–١) مخطط محتوى المستحلب الأمثل (Asphalt Institute, 2008).

عند محتوى مستحلب الأسفلت الأمثل، يجب أن يكون الخليط عمليًا بشكل مرضٍ. علاوة على ذلك، يجب أن تكون التغطية أقرب إلى ١٠٠ في المائة - ما أمكن ذلك - ويعد الحد الأدنى لنسبة التغطية البالغ ٦٠ ٪ مناسبًا لطبقات الأساس.

٤-٥-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٥-٣-١ تحضير المواد:

يجب تُخزّن مادة الأسفلت المستحلب في درجات حرارة تقع ضمن النطاقات الموضحة في الجدول (٤-٩). يجب تدوير مواد الأسفلت المستحلب على فترات منتظمة؛ لضمان اتساقها وتجانسها؛ ويجب عدم استخدام الهواء المضغوط في عملية التقليب.

الجدول (٤–٩) درجات حرارة تخزين مواد المستحلب الأسفلتي.

المستحلب الأسفلتي	درجة حرارة التخزين (درجة سليزيوس)	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى
SS-1h, CSS-1, CSS-1h	١٠	٦٠
MS-S, MS-2h, CMS-2, CMS-2h	٥٠	٨٥

يجب ان يُخزّن الركام ويُنقل من أماكن التخزين.

٤-٥-٣-٢ القيود المناخية:

يجب عدم وضع الخلطات المعالجة بالأسفلت على أي سطح به ماء راكد، أو في أماكن التعرض للغبار، أو العواصف الرملية، أو عندما تكون درجة الحرارة المحيطة أقل من ١٥ درجة مئوية.

٤-٥-٣-٣ طريقة الخلط في الموقع:

يمكن خلط الخلطات المعالجة بالأسفلت كثيف التدرج، ورملي التدرج (أي النوعان الثاني والثالث) في الموقع باستخدام خلاطة متنقلة -عندما ينص على ذلك في المواصفات الخاصة؛ فالخلاطات المتنقلة هي معدات خلط ذاتية الدفع توزع مستحلب الأسفلت، والركام، وتخلطهما في الموقع أثناء تنقلها على طول الطريق. وتستقبل الخلاطة المتنقلة الركام في قمع من شاحنة النقل، وتضيف وتخلط مستحلب الأسفلت في صندوق الخلط، ثُمّ تفرد الخلطة في الخلف بواسطة ذراع التسوية أثناء تحركها إلى الأمام على السطح الذي يتم رصفه. ويمكن إمداد مستحلب الأسفلت من ناقلة مستحلب، أو تخزينه في صهريج داخل الخلاطة المتنقلة.

والغرض من الخلاطة المتنقلة هو: إنتاج خليط مستحلب أسفلتي، وركام متجانس مطابق لمتطلبات صيغة خلطة العمل. ولتحقيق ذلك يجب أن تتضمن الخلاطة المتنقلة الوسائل المناسبة؛ لتعيين حصص كمية الركام والمستحلب المناسبة بغرفة الخلط.

٤-٥-٣-٤ طريقة الخلط المركزي:

يمكن إنتاج الأساس المعالج بالمستحلب الأسفلتي (بأنواعه الأول والثاني والثالث) باستخدام معدات خلط مركزي؛ إذ يسمح خلط المستحلبات المركزي، أو الثابت بإنتاج خلطات عالية الجودة؛ بسبب التحكم الأكثر دقة في المواد. وقد يختلف إعداد الخلط المركزي على البارد حسب نوع الخلطة. ومع ذلك، يوصى -كحد أدنى- بأن تتضمن الخلاطة: حجرة خلط، ومكان تخزين المستحلب، ومضخات معايرة المستحلب، والماء، وصندوق أو أكثر من صناديق التغذية بالركام، وأحزمة نقل. ويمكن استخدام الخلاطات المتقطعة (بنظام الدفعات)، ولكن الخلطات المثالية التي يُمكن إنتاجها تكون باستخدام الخلاطات المستمرة.

ويجب أن يكون الخلط وفق الخطوات التالية:

- يجب تغذية الركام من مكان التخزين إلى حجرة الخلط باستخدام وحدة تغذية ذات حزام مزودة بأجهزة يمكن من خلالها تحديد معدل تغذية الركام أثناء تشغيل المعدة بالكامل. ويجب أن تكون تغذية الركام ومضخة قياس مستحلب الأسفلت متصلتان ميكانيكيًا أو كهربائيًا بطريقة تحافظ على دفع نسبة ثابتة من الركام، ومواد مستحلب الأسفلت المطابقة؛ طبقًا لصيغة خلطة العمل المعتمدة.
- يجب إضافة الأسمنت البورتلاندي - حسب الحاجة - إلى الركام الجاف على حزام التغذية بالركام، ويجب خلطهما جيدًا قبل إضافة الماء، أو الأسفلت المستحلب.
- يجب إضافة ماء الخلط - حسب الحاجة - إلى الركام من خلال قضيب رش مثبت عند نقطة يتم عندها إضافة الماء عند دخول الركام إلى حجرة الخلط.

- يجب إدخال مادة المستحلب الأسفلتي إلى حجرة الخلط من خلال قضيب رش يمكن ضبطه لتغيير أوقات الخلط بين ٥ ثوانٍ و٣٠ ثانية.
- يُخلط الركام والماء والأسمنت البورتلاندي -حسب الحاجة-، ومادة مستحلب الأسفلت حتى يتم تغليف الركام والحصول على خليط موحد، ومتجانس.
- يُفرغ خليط الأساس المعالج بالمستحلب الأسفلتي مفتوح التدرج (أي النوع الأول) مباشرة في معدات النقل، أو يخزن في صناديق أو صوامع؛ ولا ينبغي تخزينه على الأرض.
- تُفرّغ خلطات الأساس المعالج بالمستحلب الأسفلتي مع الركام كثيف التدرج، ورملي التدرج (أي النوعين الثاني والثالث) مباشرة في معدات النقل أو يمكن تخزينها. على ألا تزيد فترة التخزين عن ٤٨ ساعة، ما لم يتم الحصول على موافقة خطية من المهندس.

٤-٥-٣-٥ الوضع والدمك:

يجب تطبيق طبقة التأسيس الأسفلتية الأولية (PC)، وفقًا للمتطلبات الموضحة في الجزء (٥-٣)، على السطح الأساسي عند تطبيق أساس معالج بالمستحلب الأسفلتي على طبقة قاعدة من التربة أو طبقة ما تحت الأساس أو طبقة أساس من الركام، على أن يكون السمك الإجمالي للطبقة أقل من ١٠٠ ملم. ويجب السماح لطبقة التأسيس بالمعالجة لمدة ٤٨ ساعة على الأقل قبل وضع الأساس المعالج بالمستحلب الأسفلتي.

وبالنسبة للخلطات الأسفلتية المخلوطة في الموقع، يجب -دائمًا- فردها بسمك موحد، سواء كقطعة واحدة أو في عدة طبقات أرق، بحيث لا تحتوي الحصيرة النهائية على أي مناطق رقيقة؛ لضمان إجراء الدمك المناسب، على ألا يتجاوز الحد الأقصى لسمك الطبقة ستة أضعاف الحد الأقصى لأبعاد الحجم الكبير من الركام؛ وألا يقل سمك أي طبقة عن ضعف الحد الأقصى لأبعاد الحجم الكبير من الركام. بالإضافة إلى ذلك، أثبتت التجربة السابقة أنه يجب تطبيق خلطات الرمل بسماكات مدموكة لا تزيد عن ٥٠ ملم.

يجب أن يبدأ الفرد، أو الدحل الأولي لخلطات مستحلب الركام الأسفلتي عند الحصول على القطاع العرضي النهائي المطلوب، وقبل أو عندما يبدأ المستحلب في التفكك. في هذه المرحلة، يجب أن يكون الخليط قادرًا على دعم بكرة الدحل دون إزاحة مفرطة. وإذا انحرف الخليط أو دُفع أثناء الدمك، فيجب إيقاف الدحل حتى ينخفض محتوى الرطوبة بما يسمح بتنفيذ الدمك المناسب. وغالبًا ما تكون المداحل ذات الإطارات الهوائية، أو ذات العجلات الفولاذية الملساء الاهتزازية أو ذات العلاجات الفولاذية الثابتة هي الأكثر استخدامًا لدمك خلطات مستحلب الأسفلت والركام. ويمكن في بعض الأحيان إجراء الدحل التفكيكي باستخدام مداحل بكرات مبطنة؛ للحصول على طبقات أكثر سمكًا من الخلطات كثيفة التدرج. وتُستخدم مدحلة ذات عجلات فولاذية للدحرجة النهائية. وتعتمد معدات الدحل وكيفية استخدامها على نوع وخصائص وسمك طبقة خليط المستحلب.

وفي الاستخدامات الأكثر سمكًا، قد يكون من الضروري تهوية الخليط لمنع احتباس الرطوبة فيه. تخديد سطح الخليط المدموك مسبقًا قليلًا، وتسويته أثناء عملية التهوية؛ لخلق فراغات تسمح بخروج الرطوبة. وعندما تتبخر كمية كافية من الرطوبة (الماء) يعاد تشكيل الخليط المهوّى ودمكه. وبعد الخلط، يمكن فرد الخلطات التي لا تحتاج إلى تهوية حسب السمك المطلوب.

وبالنسبة لخلطات مستحلب الأسفلت والركام المخلوطة مركزيًّا، يوصى باستخدام معدات رصف الأسفلت التقليدية، على الرغم من إمكانية وضع الطبقات بأدوات فرد ذاتية الدفع أو حتى باستخدام سكين فرد. وللحصول على حصيرة متجانسة وسلسة، من الضروري تشغيل الراصفة بشكل صحيح. ويستلزم ذلك الحفاظ على سرعة ثابتة للرصف، وعمق ثابت تقريبًا لمستوى الخليط على المثقاب. وإذا التصق الخليط بذراع الرصف أو تمزقت الحصيرة، فقد يؤدي تغيير درجة أو صيغة المستحلب أو محتوى الماء في الخلطة إلى القضاء على المشكلة.

وعادة توضع خلطات مستحلب الأسفلت، والركام المخلوط مركزيًّا على طبقات بسمك ٥٠ - ٧٥ ملم، ولكن يمكن -أيضًا- وضعها على طبقات بسمك يصل إلى ١٠٠ ملم. وبالنسبة للخلطات المفتوحة التدرج، عادة يتم كسر مستحلب الأسفلت بسرعة إلى حد ما، وبناء عليه قد يبدأ الدحل مباشرةً خلف معدة الرصف. وخلاف ذلك، ففي الخلطات كثيفة التدرج يتم كسر المستحلب وإنضاجه بوتيرة أبطأ، وقد تتطلب الخلطات كثيفة التدرج وقتًا إضافيًا للدمك؛ بسبب ارتفاع محتوى الرطوبة. ويعتمد مقدار التأخير على سمك الطبقة، وظروف المعالجة مثل: درجة حرارة الهواء، والرطوبة، والرياح.

وتُقبل المداحل ذات العجلات الثابتة -دائمًا- لأغراض الدحل التفكيكي للخلطات مفتوحة التدرج؛ ويجب تجنب المداحل الاهتزازية بسبب خطر كسر الركام، وفك رابطة الأسفلت. كما تُدمك كل طبقة بلفة واحدة من مدحلة الأسطوانة الفولاذية الترادفية التي لا يقل وزنها عن ١٠,٠٠٠ كجم. وبعد التغطية الأولية، يجب نشر الحشوة الحجرية بشكل موحد في جميع أنحاء سطح الأساس المفتوح التدرج بمعدل يتراوح بين ٣,٥ - ٦,٥ كجم لكل متر مربع باستخدام جهاز فرد ذاتي الدفع. وبعد فرد الحشوة الحجرية مباشرة يجب أن تُغطى طبقة الأساس مفتوح التدرج بتغطية إضافية؛ باستخدام مدحلة الأسطوانة الفولاذية الترادفية حتى الحصول على كثافة نسبية لا تقل عن ١٠٠ ٪ من الكثافة الظاهرية في المختبر. وبعد الانتهاء من الدمك، يجب إزالة الحشو الحجري الفائض عن طريق الكنس.

وبالنسبة للخلطات كثيفة التدرج ورملية التدرج، يجب دمك كل طبقة باستخدام مدحلة أسطوانة فولاذية ترادفية تزن ما لا يقل عن ١٠,٠٠٠ كجم حتى الحصول على كثافة نسبية لا تقل عن ١٠٠ ٪ من الكثافة الظاهرية في المختبر.

وفي حالة حدوث تجريف، يجب كنس المادة الحرة برفق في أقرب وقت ممكن؛ لمنع تضرر السطح بشكل أكبر. وإذا استمر التجريف يجب أن يكون السطح مغطى بعازل مستحلب الأسفلت المخفف بتطبيق خفيف

لمستحلب بطيء الشك (SS أو CSS) مخففًا بالماء. ويمكن أن يختلف معدل التطبيق، وكمية مياه التخفيف -حسب الحاجة- لمنع المزيد من التجريف، أو تكون سطح لاصق يمكن التقاطه مع حركة المرور.

٤-٥-٣-٦ المعالجة:

بالنسبة للخلطات مفتوحة التدرج، يجب السماح لكل طبقة بالمعالجة لمدة لا تقل عن ٧٢ ساعة قبل فرد الطبقات المتتالية.

بالنسبة للخلطات الكثيفة والرملية التدرج، يوصى بفترة إنضاج من ٣ إلى ٥ أيام - ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة. يمكن أن يوافق المهندس على فترة إنضاج أقصر عند إضافة الأسمنت البورتلاندي إلى الخلطة. وفي جميع الحالات، لا ينبغي وضع الطبقة التالية، ويجب عدم السماح بحركة المرور قبل إنضاج الأساس المعالج بالأسفلت المستحلب.

٤-٥-٣-٧ إنشاء قطاعات تجريبية:

خلال اليوم الأول من الإنتاج، يجب على المقاول إنشاء قطاع تجريبي للمهندس؛ لتقييمه والموافقة على ما إذا كانت عملية الإنشاء تلبي متطلبات المواصفات أم لا. ويجب ألا يقل طول القطاع التجريبي عن ١٥٠ م، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. يتمثل الغرض من القطاع التجريبي فيما يلي:

- تحديد عملي للمعدات، والمواد والخطوات المقترحة في إنتاج طبقة رصف معاد تدويرها تلبي متطلبات المواصفات.
- تحديد نمط الدحل (أي تسلسل المداحل وطريقة الدحل) مما يؤدي إلى الدمك الأمثل.

يمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا. وإلا يجب على المقاول التوجه لإجراء التعديل المناسب لخطة العمل أو المعدات وإزالة قطاع الاختبار، أو إعادة إنشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٤-٥-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد، سواء الركام أو مستحلب الأسفلت، للاستخدام في طبقة الأساس المعالج بالأسفلت عن طريق إجراء اختبار الجودة وفقًا للمواصفات AASHTO T27 وAASHTO T37 و AASHTO T96 و ASTM D5821 و AASHTO T176 (أو ASTM D2419) وAASHTO T104 وAASHTO M140 (أو ASTM D2397) و AASHTO M208 (أو ASTM D977). يجب أيضًا تقييم الأسمنت البورتلاند، أو الجير المطفأ، -عند الحاجة- للتأكد من مطابقته لمتطلبات AASHTO M85 و AASHTO M216، على التوالي. ويجب تقييم تغطية خلطات الركام، والمستحلب الأسفلتي وفقًا لمواصفة ASTM D244.

ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية؛ ليتم اختبارها من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، يجب أخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لكود ASTM D3665. وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

وفي الموقع، يجب تأمين عينات خلط حرة؛ لتحديد التوافق مع التدرج، ومحتوى الأسفلت والثبات. علاوة على ذلك، يجب اختبار دمك المواد المعالجة بالأسفلت؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة الحقلية إلى الكثافة المخبرية عن ١٠٠ ٪ بناءً على المتوسط المتحرك لخمس اختبارات متتالية؛ لتحديد الكثافة في الموقع لكل طبقة، ويجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا لمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310). ومن الملاحظ أنه من أجل التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار، يُجرى الاختبار وفقًا لمواصفة ASTM D7013 و ASTM D7759. ويجب تحديد محتوى الأسفلت في خليط الركام، والمستحلب الأسفلتي؛ وفقا لمواصفة AASHTO T164 وأن يكون في حدود تصل ± ٠,٤٪ من نسبة تصميم الخلطة المحددة. وبعد استخراج المادة الرابطة للأسفلت من الخلطة، ويحدد تدرج الركام وفقًا لـ AASHTO T27 وتقييمه وفقًا لمتطلبات الجدول (٤-٨). ولأجل التحديد السريع لمحتوى مادة الربط الأسفلتي، يمكن إجراء الاختبار بمقياس نووي يستخدم تقنيات التعادل الحراري، وفقًا لمواصفة AASHTO T308، على نحوٍ بديل.

ويجب أن يُقيّم السمك النهائي للأساس المعالج بالأسفلت وفقًا لمواصفة ASTM D3549 على أن تكون في حدود ± ٦ ملم من السمك المشار إليه، على ألا يقل متوسط السمك عن السمك التصميمي.

ولا ينبغي أن تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم، وينبغي قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد القطاعات عن ٥ قطاعات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع من الطبقة المشيدة.

ولا بد من التحقق من التفاوتات المسموحة عن طريق القياس بمسطرة استواء طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. على ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة، وسطح الطبقة عند أي نقطتي دعم متجاورتين في أي اتجاه ٦مم.

٤-٥-٥ معايير القبول:

٤-٥-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج، ويُوثقها، ويُحللها؛ لضمان توفر المواد الخام في المنبع، وخليط الركام، ومستحلب الأسفلت في المنبع، وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل وأن تكون طبقتي الأساس وما تحت الأساس المعالجة بالأسفلت النهائية ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٤-١٠) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقات المدموكة، وعدد تكرار هذه الاختبارات والحدود المسموحة. ويجب أن يُقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–١٠) متطلبات مراقبة جودة خلطات الأساس المعالجة بالأسفلت.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	تدرج الركام وخصائص الجودة	في المنبع	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر بعد الموافقة على المصدر أو صيغة خلطة العمل أو تغيير المصدر. خمس اختبارات كحد أدنى على العينات المأخوذة في أوقات مختلفة كل ٥,٠٠٠ م^3 لكل مصدر عند الإنتاج	AASHTO T27 AASHTO T37 AASHTO T96 ASTM D5821 AASHTO T176 or ASTM D2419 AASHTO T104	القسم الفرعي (٤-٥-٢-١)
	مستحلب أسفلتي		شهادة الامتثال عند التوريد وتغيير المصدر	AASHTO M140/ AASHTO M208 or ASTM D2397 (or SASO 2056)/ ASTM D977	الجزء الفرعي (٥-٢-٥)
	الأسمنت			اختبارات متطلبات الجودة	AASHTO M85
	جير مطفأ				AASHTO M216
الخليط المعالج بالأسفلت المستخدم	تدرج الركام (الخلط الجاف)	المواد المشوّنة	ثلاثة اختبارات للموافقة على تصميم الخلطة - صيغة خلطة العمل واختبار واحد كل أسبوع وعندما يتم تغيير المصدر	AASHTO T27	الجدول (٤-٨)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	تغطية الركام		ثلاثة اختبارات لمستحلب الأسفلت والركام لتصميم الخليط واختباره كلما تغير المصدر	ASTM D244	القسم الفرعي ٤-٥-٢-٥
	محتوى الأسفلت وتدرج الركام	معدة الخلط أو خلف أداة الفرد	اختبار واحد كل ٥٠٠ م٣ أو كل يوم عمل، بالنظر إلىأيهما أقل	AASHTO T164 / AASHTO T27	±٠,٤ ٪ من صيغة خلطة العمل (الجدول ٤-٨)
	ثبات مارشال وثبات مارشال المتبقي			ASTM D6927 or AASHTO T245	القسم الفرعي (٤-٥-٢-٥)
الطبقة المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	كل ١,٠٠٠ م٢	AASHTO T310	الجزء الفرعي (٤-٥-٤)
	السُمك		كل ١,٠٠٠ م٢	ASTM D3549	الجزء الفرعي (٤-٥-٤)
	نعومة السطح		اختبار واحد في اليوم	مسطرة تقويم	الجزء الفرعي (٤-٥-٤)
	مستويات الأعمال ومنحدراتها وأبعادها		٥ قياسات كل ٢,٠٠٠ م٢	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٥-٤)

٤-٥-٥-٢ ضمان الجودة:

تأخذ الوزارة عينات لفحص قبولها (وفقًا لمواصفة ASTM D3665)، وإخضاعها للاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة الأساس المعالجة بالأسفلت تستوفي متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتُجري الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

٤-٥-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد طبقة الأساس المعالجة بالأسفلت الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب، بعد وضعها ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة الأساس المعالج بالأسفلت على النحو المُحدد. وتُسدد الدفعات وفقًا لواحد أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-١١).

الجدول (٤–١١) بنود الدفع مقابل الأساس المعالج بالأسفلت.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,٤	طبقات الأساس المعالجة بالأسفلت	م٣

٤-٦ طبقة الأساس المعاد تدويرها بالأسفلت الرغوي والمستحلب:

٤-٦-١ الوصف:

يمكن خلط الرصف الخرساني الأسفلتي المطحون والمكسر (على سبيل المثال، رصف اسفلتي مستصلح RAP) مع عامل إعادة تدوير الأسفلت (أسفلت مستحلب أو رغوي)، وماء ومواد إضافية أخرى (أسمنت أو جير أو ركام تصحيحي) - حسب الضرورة، وحسب الحاجة - في تصميم الخلطة؛ لإنتاج خليط أسفلت معاد تدويره على البارد. ويجب أن خليط الأسفلت المعاد تدويره وتُدمك وفقًا للمخططات والمواصفات. ويعمل الرصف الناتج كطبقة أساس تُغطى بطبقة معالجة سطحية، أو طبقة سطحية من الأسفلت. وقد أدى التقدم التكنولوجي إلى تطوير ثلاث طرق لإنشاء طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويره على البارد: إعادة التدوير على البارد في الموقع، وإعادة التدوير بالخلط المركزي على البارد، وإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق (FDR).

ويوضح هذا الجزء طريقة إنشاء طبقة أساس معاد تدويرها بالأسفلت المستحلب أو الرغوي، بما في ذلك متطلبات المواد، ووضع المواد المعتمدة، ودمكها وإجراءات ضبط الجودة، وضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود والأبعاد والسمك، والمستويات والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات ووثائق العقد الأخرى.

٤-٦-٢ المواد:

٤-٦-٢-١ الأسفلت الرغوي - إعادة تدوير بالخلط المركزي على البارد/ إعادة التدوير في الموقع على البارد:

٤-٦-٢-١-١ طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها:

يجب تفتيت، أو تفتيت طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويره (دون أن تتحول إلى مسحوق)، وتقليل حجمها بحيث تمر جميع الجزيئات من منخل يبلغ قطره ٣٨,١ ملم، ويجب أن تفي طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويره بمتطلبات التدرج الموضحة في الجدول (٤-١٢)، وفقًا لمواصفة AASHTO MP38. كما يجب تحديد صيغة خلطة العمل مع العناية بتوافر المواد، أو حسب توجيهات المهندس، أو الجهة المسؤولة. ويوصى بضبط أشرطة التدرج؛ لتعكس الظروف المحلية، ومعدات الإنشاء.

الجدول (٤–١٢) متطلبات رصف الأسفلت المعاد تدويره من أجل إعادة التدوير البارد.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور بالوزن		
	تدرج ناعم	تدرج متوسط	تدرج خشن
٣١,٥ (٤/١ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٢٥ (١ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠ _ ٨٥
١٩ (٤/٣ بوصة)	١٠٠ - ٩٥	٩٦ - ٨٥	٩٢ _ ٧٥
٤,٧٥ (رقم ٤)	٧٥ _ ٦٥	٦٥ - ٤٠	٤٥ _ ٣٠
٠,٦ (رقم ٣٠)	٣٥ _ ١٥	١٤ - ٤	٧ - ١

يجب أن تفي طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها كحد أدنى بمتطلبات الجودة لمواد ركام طبقة ما تحت الأساس (راجع الجزء ٤-٢).

٤-٦-٢-١-٢ الأسفلت الرغوي:

بالنسبة للأسفلت الرغوي، يجب استخدام رابط أسفلتي من ٦٠ إلى ٧٠ قلمًا تتوافق مع مواصفات منتج أرامكو السعودية 970- A، وفقًا لمواصفة SAES-Q-006- (أرامكو السعودية)، ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك، أو ينص عليه في المواصفات الخاصة.

ستحدد إجراءات تصميم الخلطة، كما هو موضح فيما يلي، المحتوى المائي الأمثل للأسفلت الرغوي؛ لتحقيق متطلبات خليط الأسفلت الرغوي.

٤-٦-٢-١-٣ إضافات أخرى:

عادة، تُستخدم كمية صغيرة من الحشو النشط (الأسمنت أو الجير المطفأ)؛ لتسليح تشتت الأسفلت الرغوي، وتقليل حساسية الرطوبة في خلطات الأسفلت الرغوي.

ويُمكن استخدام النوع الأول، أو الخامس من الأسمنت البورتلاندي، على أن يتوافق مع متطلبات ASTM C150، وينبغي إضافة الأسمنت إلى جميع المواد الأخرى بمعدل استخدام اسمي قدره ١ ٪ (بالكتلة).

ووفقًا لذلك، بالنسبة للاستخدام المحتمل للجير المطفأ، يجب أن يكون هذا الجير عبارة عن جير طريق مخلوط بالماء يتوافق مع المواصفة ASTM C5. ويجب معالجة جميع المواد ذات مؤشر اللدونة فوق ١٦ مسبقًا بالجير المطفأ بمعدل استخدام اسمي قدره ٣ ٪ (بالوزن).

ويجب خلط الركام الجديد مع طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويره متى تطلبت صيغة صيغة خلطة العمل ذلك، أو متى أُشير إلى هذا الأمر في المواصفات الخاصة، وينبغي أن يتوافق الركام حديث التعدين بعد دمجه مع طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويره، مع متطلبات التصدع، والتدرج والجودة اللازمة؛ لإنتاج طبقة الأساس المحددة. ويجب ألا تتجاوز نسبة الركام الجديد المستخدم إضافيًّا إلى الخليط ٥٠ في المائة في حالة مواد إعادة التدوير على البارد المركزي.

٤-٦-٢-١-٤ تصميم الخلطة:

يكمن الهدف الرئيسي من تصميم الخلطات في تحديد الحد الأقصى من المحتوى المائي، والحد الأقصى لمحتوى الأسفلت الرغوي لإنتاج خلطات الأسفلت المعاد تدويره في الموقع على البارد أو المعاد تدويره بالخلط المركزي على البارد بما يلبي متطلبات أداء المقاومة الخاص بتصميم الخلطة.

لاقتراح صيغة مزيج الوظائف، يجب اتباع إجراءات تصميم المزيج المحددة في AASHTO PP94 لاقتراح صيغة مزيج الوظائف، أو استخدامها كمكمل لتحديث وتحسين مواصفات المملكة العربية السعودية الحالية (MoTLS, 1998) ما لم يوجه المهندس خلاف ذلك. يتم تقديم ملخص لإجراء تصميم الخلطة على النحو التالي:

١- معالجة طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، فيجب فرز العينات التمثيلية لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها باستخدام المنخل وفقًا لمواصفة AASHTO T27، باستثناء أنه يجب تجفيف هذه الأرصفة إلى كتلة ثابتة عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية، وإلا يتم إجراء التحليل المنخلي الرطب حسب مواصفة AASHTO T11 على عينة تمثيلية في وجود كمية كبيرة من الجزيئات الدقيقة غير المغلفة. مع ملاحظة أنه يلزم الحصول على عينات منفصلة لكل منطقة؛ لإجراء تصميمات خلط منفصلة لكل عينة وذلك في حال تغير الرصف الحالي داخل حدود المشروع، ويمكن الحصول على عينات تمثيلية من أ) العينات الجوفية التي حُصل عليها من المناطق المراد إعادة تدويرها، وتفتيتها عند درجة حرارة محيطة أو أكثر برودة. ب) قشط طبقة الرصف باستخدام مخطط بارد في المناطق المراد إعادة تدويرها وبوساطة ماكينة الكشط على البارد حتى العمق المحدد.ج) من أخذ عينات من المخزونات الاحتياطية الحالية؛ لإعادة تدوير الخلط المركزي على البارد حسب مواصفة AASHTO R90 وبعد إزالة القشرة في المخزون وفقًا لمواصفة AASHTO R97 . ويجب معالجة مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛ لنمذجة التدرج المتوقع أثناء إعادة التدوير بحيث يُلبي تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، متطلبات التدرج الموضحة في الجدول (٤-١٢)، ويمكن أن يسهم إعداد تصميم الخلطات عند تدرجين في تحديد نطاقًا مقبولًا من محتويات الأسفلت المستحلب للمشروع.

٢- تحديد محتوى الأسفلت، وتدرج الركام المستخرج من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها. ويجب استخدام عينتين ممثلتين من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛ لاستخراج طبقة الربط الأسفلتية من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها وفقًا لمواصفة AASHTO T164 لتحديد متوسط محتوى الأسفلت، كما يمكن إجراء اختبار اللهب وفقًا لمواصفة AASHTO T308 بدلًا من ذلك إذا كان عامل تصحيح المواد الأصلية لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها معروفًا، أو يمكن أن يكون قائمًا على الخبرة في مواد الركام المحلية. بعد ذلك، يُنخل الركام المستخلص حسب مواصفة AASHTO T30 لتحديد التدرج، فإذا كانت الكمية التي تمر عبر منخل بمقاس ٤,٧٥ ملم في تدرج الركام المعدني المستخرج أكبر

بنسبة ٦٥ في المائة أو إذا كان محتوى الأسفلت أكبر من ٥,٥ في المائة، ففكر عندئذٍ في إضافة ركام حديث الاستخراج كما هو موضح في الجزء (٤-٦-٢-١-٣).

٣- تحديد المحتوى المائي الأمثل لطبقات الرصف الأسفلتية المعادة تدويره. إذ تُخلط مواد الرصف الأسفلتي المعاد تدويره المجففة والمكررة مع ثلاثة محتويات لماء الخلط التجريبي على الأقل، التي تختلف عادةً بنسبة ١ في المائة وتقع في حدود ٢ إلى ٦ في المائة، وتدمك باستخدام طريقة اختبار بروكتر المعدلة وفقًا لمواصفة AASHTO T180. ويُختار أقصى محتوى مائي لخلط رصف الأسفلت المعاد تدويره كمحتوى الماء اللازم لرصف الأسفلت المعاد تدويره ذي أقصى كثافة جافة.

٤- اختيار مادة إعادة التدوير. وتحدد مادة الرابط الأسفلتي للإرغاء كما هو موضح في القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٢). يجب استخدام وحدة الإرغاء المعملية، على سبيل المثال (Wirtgen WILB 10S)، لإنتاج مادة ربط مقبولة للأسفلت الرغوي، وتحديد محتوى الماء الأمثل باتباع الخطوات الموصوفة فيما يلي: أ) تسخين المادة الرابطة للأسفلت في وحدة الإرغاء المعملية حتى تحقيق درجة الحرارة المطلوبة والحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة لمدة ٥ دقائق -على الأقل- قبل تصنيع المادة الرابطة للأسفلت الرغوي، وب) اختيار ما لا يقل عن ثلاثة محتويات من الماء المحقون بزيادات تتراوح من ٠,٥٪ إلى ١٪ بحيث يغطي عادةً بين ٢ و٤٪ من وزن المادة الرابطة للأسفلت، وج) تحديد نسبة التمدد ونصف العمر الافتراضي لمادة الرابط للأسفلت الرغوي لكل محتوى من الماء المحقون، ود) اختيار محتوى الماء الأمثل كمتوسط لمحتويَيْن من الماء يفيان بالحد الأدنى من خصائص الأسفلت الرغوي الموضحة في الجدول (٤-١٣). لضمان قابلية العمل الجيد للخلطة المعاد تدويرها على البارد (Wirtgen, 2012). وعلاوةً على ذلك، يقع تحديد أدنى درجة حرارة مطلوبة لرابط الأسفلت للإرغاء ضمن النطاق الذي يتراوح من ١٦٠ إلى ١٩٠ درجة مئوية من خلال تكرار الخطوات الواردة أعلاه.

الجدول (٤–١٣) الحد الأدنى لمتطلبات خصائص الأسفلت الرغوي.

درجة حرارة الركام	من ١٠ إلى ١٥ درجة مئوية	أكبر من ١٥ درجة مئوية
نسبة التمدد (عدد المرات)	١٠	٨
نصف العمر (بالثانية)	٨	٦

إذا لزم الأمر، يجب اختيار الإضافات المعدنية التي تعمل على تحسين المتانة، ومقاومة التمزق والرطوبة. ويتراوح محتوى الجير المضاف عادة بين ١ - ١,٥ في المئة أو الأسمنت بين ٠,٢٥ - ١ في المئة بالنسبة للوزن الجاف للرصف المعاد تدويره. وعلاوة على ذلك، يجب ألا تكون نسبة محتوى الأسمنت إلى محتوى الأسفلت أكبر من ١:٢,٥.

٥- تحديد المقاومة ونسبة المقاومة. فبعد خلط الأسفلت المعاد تدويره مع محتوى الماء الأمثل المحدد والأسفلت الرغوي باختيار ثلاثة محتويات تجريبية على الأقل بزيادات تتراوح بين ٠,٥٪ إلى ١٪ تغطي نطاقًا يتراوح بين ١ و٤٪ من الوزن الجاف لرصف الأسفلت المعاد تدويره، يتم دمك عينات الخلطة المعاد تدويرها على البارد لاختبار مقاومة الشد غير المباشر اللاحق وفقًا لمواصفة AASHTO T283. يتم دمك ست عينات متكررة عند كل محتوى من الأسفلت الرغوي إما في جهاز الدحرجة الدوار للرصف فائق الأداء (وفقًا لمواصفة AASHTO T312) عند ٣٠ دورة أو في جهاز دك مارشال (وفقًا لمواصفة AASHTO T245) عند ٧٥ ضربة لكل جانب لتكوين مجموعتين فرعيتين لاختبار المقاومة؛ وثلاث مجموعات للمقاومة (الجافة) المطلقة على العينات المتضررة (المجموعة الفرعية الجافة) وثلاث مجموعات للمقاومة (الرطبة) الشرطية على العينات المعالجة لتكييف الرطوبة (المجموعة الفرعية الرطبة). ويتضمن المعالجة وضع العينات المدموكة في فرن السحب المستحث عند ٤٠ ± ١ درجة مئوية لمدة ٧٢ ساعة مع التهوية على الجانبين والجانب العلوي ثم تبريد العينات عند ٢٥ ± ٢ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة. وبعد المعالجة، تفرز العينات إلى مجموعتين فرعيتين للتهيئة والاختبار؛ يتم اختبار العينات الجافة بعد تكييف درجة الحرارة لمدة ساعتين -على الأقل- عن طريق غمر كيس مقاوم للتسرب يحتوي على العينات لتجنب أي تلامس مع الماء في حمام ماء عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية، بينما يتم نقع العينات الرطبة في حمام ماء عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة. تُحسب نسبة المقاومة عن طريق قسمة متوسط المقاومة الشرطية (الرطبة) على متوسط المقاومة المطلقة (الجافة) لكل محتوى من محتويات الأسفلت الرغوي.

٦- اختيار محتوى الأسفلت الرغوي الأمثل. ويختار محتوى الأسفلت الرغوي الأمثل لكل تدرج وكل تصميم خلطة بناءً على الامتثال المرضي لمتطلبات تصميم الخلطات الموضحة في الجدول (٤-١٤). ويجب اختيار أي من اختبارات قوة الشد غير المباشر. ويمكن للمصمم اختيار محتوى أعلى من القيمة الدنيا يستوفي جميع المعايير بحكم الإلمام بظروف الإنشاء المحلية، والتقدير الهندسي السليم، والخبرة التي يعتمدها المهندس.

الجدول (٤–١٤) خليط معاد تدويره على البارد باستخدام متطلبات تصميم الأسفلت الرغوي.

طريقة الاختبار	المعايير	الخواص
مقاومة الشد غير المباشر، مجموعة فرعية جافة	الحد الأدنى ٣١٠ كيلو باسكال	مقاومة خاضعة للإنضاج
نسبة مقاومة الشد	الحد الأدنى ٠,٧ (أسمنت) الحد الأدنى ٠,٦ (الجير المطفأ) الحد الأدنى ٠,٦ (بدون مادة مضافة)	مقاومة التلف الناجم عن الرطوبة

٤-٦-٢-٢ الأسفلت المستحلب - إعادة التدوير بالخلط المركزي على البارد/ إعادة التدوير في الموقع على البارد:

٤-٦-٢-٢-١ طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها:

متطلبات طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها موضحة في القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-١)

٤-٦-٢-٢-٢ الأسفلت المستحب:

بالنسبة للأسفلت المستحلب إيجابي الشحنة، استخدام المستحلبات CSS-1 أو CSS-1h تماشيًا مع مواصفة AASHTO M208.
بالنسبة للأسفلت المستحلب سالب الشحنة، استخدم المستحلبات HFMS -2 أو HFMS -2 h أو HFM S -2 s تماشيًا مع مواصفة AASHTO M140.

يجب أن توضح المواصفات الخاصة نوع ودرجة المواد المقرر استخدامها، وتتطلب التوصية العامة لأي نوع من أنواع الأسفلت المستحلب المعاد تدويره بترك بقايا لا تقل عن ٦٤ في المائة.

٤-٦-٢-٢-٣ الإضافات الأخرى:

يمكن استخدام الجير الحي أو الجير المطفأ شريطة استيفاء متطلبات مواصفة AASHTO M216.

وبناءً عليه، يتطلب الاستخدام المحتمل للأسمنت البورتلاندي من النوع الأول أو الثاني استيفاء متطلبات مواصفةAASHTO M85.

يجب خلط الركام الذي تم تعدينه حديثًا مع خلطة الأسفلت المعاد تدويرها متى تطلبت معادلة المزج ذلك، أو متى تمت الإشارة إلى هذا الأمر في المواصفات الخاصة، ويجب أن يمتثل الركام الجديد عند دمجه مع طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لمتطلبات التصدع، والتدرج، والجودة اللازمة، لإنتاج طبقة الأساس المحددة.

٤-٦-٢-٢-٤ تصميم الخلطات الأسفلتية:

يكمن الهدف الرئيسي من تصميم الخلطات الأسفلتية في تحديد كمية وتكوين الأسفلت المستحلب والمواد المضافة الأخرى لإنتاج خلطات الأسفلت من خلال إعادة التدوير بالخلط المركزي على البارد/ إعادة التدوير في الموقع على البارد بما يلبي درجة المتانة المتعلقة بتصميم الخلطات وكذلك متطلبات خصائص الأداء الأخرى.

يلزم اتباع إجراءات تصميم الخلطات الموضحة في مواصفة AASHTO PP86 لطرح معادلة المزج ما لم يصدر المهندس تعليمات بخلاف ذلك، وفيما يلي ملخص لإجراءات تصميم الخلطات:

١- معالجة طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويها يجب فرز العينات التمثيلية لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها باستخدام المنخل وفقًا لمواصفة AASHTO T27، باستثناء أنه يجب تجفيف هذه الأرصفة إلى كتلة ثابتة عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية، ويجب إجراء التحليل المنخلي الرطب حسب مواصفة AASHTO T11 على عينة تمثيلية في وجود كمية كبيرة من الحبيبات

الدقيقة غير المغلفة، مع ملاحظة أنه يلزم الحصول على عينات منفصلة لكل منطقة؛ لإجراء تصميمات خلط منفصلة لكل عينة، وذلك في حال تغير الرصف الحالي داخل حدود المشروع، ويمكن الحصول على عينات تمثيلية من أ) العينات الجوفية التي حُصل عليها من المناطق المراد إعادة تدويرها، وتفتيتها عند درجة حرارة محيطة أو أكثر برودة. ب) قشط طبقة الرصف باستخدام مخطط بارد في المناطق المراد إعادة تدويرها باستخدام ماكينة الكشط على البارد لحين الوصول إلى العمق المحدد. ج) أخذ عينات من المخزونات الاحتياطية الحالية؛ لإعادة التدوير بالخلط المركزي على البارد حسب مواصفة AASHTO R90 بعد إزالة القشرة في المخزون وفقًا لمواصفة AASHTO R97 . ويجب معالجة مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لنمذجة التدرج المتوقع أثناء إعادة التدوير، أو جمع هذه المواد بحيث يقع التدرج المنتج ضمن الحدود الموضحة في الجدول (٤-١٢)، ويمكن أن يُسهم إعداد تصميم الخلطات عند تدرجين في تحديد نطاقًا مقبولًا من محتويات الأسفلت المستحلب للمشروع.

٢- تحديد محتوى الأسفلت وتدرج الركام المستخرج من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها. إذ يجب استخدام عينتين تمثيليتين من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛ لاستخراج طبقة الربط الأسفلتية من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها وفقًا لمواصفة AASHTO T164 وذلك لتحديد متوسط محتوى الأسفلت، كما يمكن إجراء اختبار اللهب وفقًا لمواصفة AASHTO T308، وبدلًا من ذلك إذا كان عامل تصحيح المواد الأصلية لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها معروفًا أو يمكن أن يكون قائمًا على الخبرة في مواد الركام المحلية، وبعد ذلك، ينخل الركام المستخلص حسب مواصفة AASHTO T30 لتحديد التدرج، فإذا كانت الكمية التي تمر عبر المنخل البالغ ارتفاعه ٤,٧٥ ملم في تدرج الركام المعدني المستخرج أكبر بنسبة ٦٥ في المئة، أو إذا كان محتوى الأسفلت أكبر من ٥,٥ في المائة، ففكر عندئذٍ في إضافة الركام الذي تم تعدينه حديثًا كما هو موضح في الجزء (٤-٦-٢-٢-٣).

٣- اختيار الأسفلت المستحلب والمواد المضافة. اختر الأسفلت المستحلب حسب التوجيهات الواردة في الجزء (٤-٦-٢-٢-٢). تُستخدم المواد المضافة في بعض الأحيان؛ لتحسين نسبة المقاومة في وقت مبكر، وزيادة مقاومة التصدع والرطوبة -إذا لزم الأمر-. لمنع السلوك الهش للخلطات المعاد تدويرها على البارد، ويجب ألا تزيد كمية الجير المضافة عن ١,٥ في المئة مع ضرورة الحفاظ على كمية الأسمنت المضافة منخفضة؛ ويجب أن تكون نسبة بقايا الأسفلت الجديد من الأسفلت المستحلب إلى الأسمنت ٣:١ كحد أدنى.

٤- تحديد المقاومة أو الثبات ونسبة المقاومة. يتضمن تقييم خصائص أداء الخلطات المعاد تدويرها على البارد اختبار المقاومة وحساسية الرطوبة الذي يتكون إما من مقاومة الشد غير المباشر (وفقًا لمواصفة AASHTO T283) أو ثبات مارشال (وفقًا لمواصفة AASHTO T245). وتجمع العينات في كتلة تنتج عينات بقطر ١٥٠ ملم وطول ٩٥ ± ٥ ملم لاختبار مقاومة الشد غير المباشر وبقطر ١٠٠ ملم وطول ٦٣,٥ ± ٣ ملم لاختبار ثبات مارشال، وفي البداية، تضبط طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها عند ٤٠ درجة مئوية إذا كان من المتوقع أن تكون درجات حرارة الهواء المحيط في الموقع ٢٩ درجة مئوية أو أكثر؛ وإلا يتم الضبط على درجة حرارة الغرفة بين ٢٠ و٢٥ درجة مئوية، وبعد ذلك توضع مواد عينة واحدة مع خلط طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها تمامًا مع المواد المضافة الجافة، والماء، والأسفلت المستحلب عند درجة حرارة التسليم المتوقعة باستخدام خلاط مزود بدلو ميكانيكي، أو طاحونة بحجم المختبر، ويجب ألا يزيد وقت خلط الأسفلت المستحلب عن ٦٠ ثانية، وعادة ما تتراوح الرطوبة المضافة من ١,٥ إلى ٢,٥ ٪ وتعكس الكمية المتوقع إضافتها عند رأس الطحن. تُختار محتويات عامل إعادة تدوير الأسفلت المستحلب بزيادات تتراوح من ٠,٥ إلى ١٪ لتغطي نطاقًا يتراوح عادةً من ١ إلى ٤٪ بالوزن الجاف (الكتلة) لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وبعد الخلط مباشرة، تدمك العينات عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية أو عند ٢٥ ± ٢ درجة مئوية وفقًا للظروف الجوية وحسبما هو موضح مسبقًا، وتدمك ست عينات مكررة في كل محتوى من محتويات الأسفلت المستحلب لتكوين مجموعتين فرعيتين لاختبار المقاومة بواقع ثلاث عينات للمقاومة غير المكيفة (الجافة) على العينات التي أنضجت (المجموعة الفرعية الجافة) وثلاث عينات للمقاومة المكيفة (الرطبة) على العينات التي أنضجت لتكييف الرطوبة (المجموعة الفرعية الرطبة). بالنسبة لعينات اختبار مقاومة الشد غير المباشر، وتدمك باستخدام أداة الدمك الدوراني بنظام سوبر بيف وفقًا لمواصفة AASHTO T312، في حين تدمك عينات اختبار مارشال للثبات باستخدام مطرقة مارشال وفقًا لمواصفة AASHTO T245. يبلغ جهد الدمك النموذجي ٣٠ دورة باستخدام اداة الدمك الدوراني سوبر بيف أو ٧٥ ضربة لكل جانب باستخدام مطرقة مارشال، وتتضمن عملية المعالجة وضع عينات مدموكة في أفران هوائية ذاتية الهواء عند ٦٠ ± ١ درجة مئوية للحصول على كتلة ثابتة (يتم تعريفها على أنها تغيير بنسبة ٠,٠٥ ٪ في الكتلة أو أقل في ساعتين) لفترة تزيد عن ١٦ ساعة وتقل عن ٤٨ ساعة. وبعد الانتهاء من عملية المعالجة، تبرد العينات عند ٢٥ ± ٢ درجة مئوية لمدة لا تقل عن ١٢ ساعة ولا تزيد عن ٢٤ ساعة. وقبل الشروع في إجراء اختبار المقاومة وحساسية الرطوبة، يحدد ارتفاع العينة، والكثافة النوعية الكتلية لكل عينة مدموكة أنضجت وفقًا للمعايير AASHTO T166 ASTM D3549 (الطريقة A) أو AASHTO T331، على التوالي. وبناءً على الحد الأقصى للكثافة النوعية (كما هو موضح أدناه) لكل محتوى من محتويات الأسفلت المستحلب، تحدد محتويات الفراغ الهوائي لعينات الاختبار المناظرة وفقًا لمواصفة AASHTO T269 لتقسيمها إلى مجموعتين فرعيتين لمتوسط محتويات الفراغات الهوائية المتساوي تقريبًا. ويجرى اختبار مارشال للثبات بشكل روتيني على العينات عند ٤٠ ± ١ درجة مئوية، في حين يُجرى اختبار مقاومة الشد غير المباشر عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية). ويجب جلب العينات الجافة المقرر خضوعها لاختبار درجة الحرارة عن طريق وضعها في كيس مانع للتسرب في حوض ماء لمدة ساعتين في درجة الحرارة المطلوبة، ويتكون تكييف الرطوبة لعينات المجموعة الفرعية الرطبة من التشبع بالتفريغ الهوائي بنسبة تشبع تتراوح من ٥٥ إلى ٧٥ ٪ وذلك على النحو المحسوب وفقًا لمواصفة AASHTO T283. وبالنسبة لاختبار مقاومة الشد غير المباشر، تُتبع طريقة التشبع بالتفريغ الهوائي من خلال النقع في حوض ماء عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة،

وبالنسبة لاختبار المقاومة من خلال طريقة ثبات مارشال، تُتبع طريقة التشبع بالتفريغ الهوائي من خلال النقع في حوض ماء عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية لمدة ٢٣ ساعة ثم النقع بعد ذلك لمدة ساعة واحدة عند ٤٠ ± ١ درجة مئوية، ويُجرى اختبار العينات الجافة في الوقت نفسه الذي يتم فيه اختبار العينات المكيفة مع الرطوبة. وتُحسب نسبة مقاومة الشد عن طريق قسمة متوسط المقاومة المكيفة (الرطبة) على متوسط القوة غير المكيفة (الجافة) لكل محتوى من محتويات الأسفلت الرغوي. وبناء عليه، وتحسب نسبة ثبات مارشال عن طريق قسمة متوسط ثبات مارشال المكيف على متوسط ثبات مارشال الجاف.

٥- تحديد الحد الأقصى للكثافة النوعية. يتم تجميع عينتي خلط مطابقتين لأعلى أسفلت مستحلب للتعرف على الحد الأقصى للكثافة النوعية وفقًا لمواصفة AASHTO T209 (ASTM D2041)، ويجب اللجوء إلى إجراء التجفيف التكميلي حسب مواصفة AASHTO T209 (ASTM D2041) بالنسبة للحبيبات غير المغلفة، وبناء على متوسط الحد الأقصى للكثافة النوعية المقاس احسب الكثافة النوعية الفعالة لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها على النحو التالي:

$$G_{RAP} = \frac{100-P_{br}}{\left(\frac{100}{G_{mm}}\right)-\left(\frac{P_{br}}{G_b}\right)}$$ **المعادلة (٤-٣)**

حيث

G_{RAP} = الكثافة النوعية الفعالة لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها

P_b= النسبة المئوية لمحتوى الأسفلت المتخلف من الأسفلت المستحلب في الخليط

G_b = الكثافة النوعية للأسفلت المتخلف

الحساب الارتجاعي للحد الأقصى للكثافة النوعية النظري للمحتويات الأخرى باستخدام المعادلة (٤-٤):

$$G_{mm} = \frac{100}{\left(\frac{100-P_{br}}{G_{RAP}}\right)+\left(\frac{P_{br}}{G_b}\right)}$$ **معادلة (٤-٤)**

حيث

G_{mm} = الحد الأقصى للكثافة النوعية لمحتوى الأسفلت المستحلب المطلوب

P_{br}= النسبة المئوية لمحتوى الأسفلت المتخلف عند محتوى الأسفلت المستحلب المطلوب

G_b= الكثافة النوعية للأسفلت المتبقي

١- اختبار التآكل: اختبار التآكل (ASTM D7196) عبارة عن مقياس لتطور التماسك ويستخدم لتقييم التكسير والعلاج الأولي لعوامل إعادة تدوير الأسفلت المستحلب، ويُجرى اختبار التآكل على عينتين مجمّعة في التدرج المتوسط، أو أي تدرج آخر مختار، وبعد ذلك يخلط مع محتوى الأسفلت المستحلب المطلوب، وتختار كتلة عينات الاختبار لإنتاج عينات بقطر ١٥٠ ملم وبطول ٧٠ ± ٥ ملم عند دمكها باستخدام أداة الدمك الدوراني سوبر بيف بواقع ٢٠ دورة عند درجة حرارة ٤٠ درجة مئوية أو ٢٥ درجة مئوية، وذلك فيما يتعلق بظروف الطقس المتوقعة المشار إليها في الخطوة ٤، وبعد الانتهاء من الدمك، يتم إنضاب العينات لمدة ٤ ساعات عند درجة حرارة محددة تبلغ ٢٥ درجة مئوية (إذا كان من المتوقع أن تكون درجة الحرارة المحيطة المتوقعة أثناء الإنشاء أعلى من ٢٩ درجة مئوية، وإلا عند ١٠ درجات مئوية ورطوبة نسبية بواقع ٥٠ ٪، تُكشط عينات الاختبار لمدة ١٥ دقيقة وفقًا للمواصفة ASTM D7196 ويتم الإبلاغ عن النسبة المئوية للكتلة المفقودة بعد الكشط.

٢- اختيار محتوى الأسفلت المستحلب الأمثل. بالنسبة لكل تصميم من تصميمات التدرج والخلط، يُختار محتوى الأسفلت المستحلب الأمثل بناءً على الامتثال المرضي لمتطلبات تصميم الخلطات الأسفلتية الموضحة في الجدول (٤-١٥). اختر المعايير المتعلقة إما باختبار مقاومة الشد غير المباشر، أو اختبار ثبات مارشال. ويمكن للمصمم اختيار محتوى أعلى من القيمة الدنيا التي تستوفي جميع المعايير بحكم الإلمام بظروف الإنشاء المحلية، والتقدير الهندسي السليم والخبرة، التي يعتمدها المهندس.

الجدول (٤–١٥) الخلطات المعاد تدويرها على البارد باستخدام متطلبات تصميم الأسفلت المستحلب.

طريقة الاختبار:	المعايير	الخواص
اختبار مقاومة الشد غير المباشر		
مقاومة الشد غير المباشر، مجموعة فرعية جافة	الحد الأدنى ٣١٠ كيلو باسكال	مقاومة خاضعة للإنضاج
نسبة مقاومة الشد	الحد الأدنى ٠,٧	مقاومة التلف الناجم عن الرطوبة
اختبار التآكل لخلطات الأسفلت الباردة	الحد الأقصى للفقدان ٧ ٪	مقاومة التآكل
نسبة الأسفلت المتخلف إلى الأسمنت	الحد الأدنى ٣:١	منع السلوك الجامد
اختبار ثبات مارشال		
ثبات مارشال، مجموعة فرعية جافة	الحد الأدنى ٥٥٦٠ نيوتن	ثبات المعالجة
ثبات مارشال المحتجز [١]	الحد الأدنى ٠,٧	مقاومة التلف الناجم عن الرطوبة
اختبار التآكل لخلطات الأسفلت الباردة	الحد الأقصى للفقدان ٧ ٪	مقاومة التآكل
نسبة الأسفلت المتخلف إلى الأسمنت	الحد الأدنى ٣:١	منع السلوك الجامد
ملاحظات: ١ نسبة المقاومة المتبقية حسب ثبات مارشال = متوسط ثبات مارشال المكيف/ متوسط ثبات مارشال الجاف		

٤-٦-٢-٣ الأسفلت المستحلب - إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق:

٤-٦-٢-٣-١ طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها:

يجب تفتيت أو تفتيت طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها (دون أن تكون أرضية) وتقليل حجمها بحيث تمر جميع الجزيئات من منخل يبلغ قطره ٣٨,١ ملم، وما لم تصدر توجيهات بخلاف ذلك من المهندس أو الجهة المسؤولة، يجب أن تفي طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها والمعالجة بمتطلبات التدرج الموضحة في الجدول (٤-١٦) وفقًا لمواصفة AASHTO M347، ويوصى بضبط أشرطة التدرج لتعكس الظروف المحلية ومعدات الإنشاء.

الجدول (٤–١٦) متطلبات تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق.

مقاس المنخل ملم	النسبة المارة (بالوزن)
٣٨,١ (١,٥ بوصة)	١٠٠
٢٥ (١ بوصة)	١٠٠ – ٨٥
١٩ (٤/٣ بوصة)	٩٥ – ٧٥
٤,٧٥ (رقم ٤)	٥٥ – ٣٠

مقاس المنخل ملم	النسبة المارة (بالوزن)
٠,٦ (رقم ٣٠)	٥ ــ ١٥

يجب أن تستوفي طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها -على الأقل- متطلبات جودة الركام المستخدم في خلطة طبقة الأساس الأسفلتية (راجع الجزء الفرعي ٥-٥-٢)

٤-٦-٢-٣-٢ الأسفلت المستحلب:

بالنسبة لأسفلت المستحلب موجب الشحنة، تُستخدم المستحلبات CSS-1 أو CSS-1h تماشيًا مع مواصفة AASHTO M208.

أما الأسفلت المستحلب سالب الشحنة، تُستخدم المستحلبات HFMS -2 أو HFMS -2 h أو HFM S -2 s تمشيًا مع مواصفة AASHTO M140.

يجب أن توضح المواصفات الخاصة نوع ودرجة المواد المقرر استخدامها، وتتطلب التوصية العامة لأي نوع من أنواع الأسفلت المستحلب المعاد تدويره ترك بقايا لا تقل عن ٦٤ في المائة.

٤-٦-٢-٣-٣ الإضافات الأخرى:

يمكن استخدام الجير الحي أو الجير المطفأ شريطة استيفاء متطلبات مواصفة AASHTO M 216.

وبناءً عليه، يتطلب الاستخدام المحتمل الأسمنت البورتلاندي من النوع الأول أو الثاني استيفاء متطلبات مواصفة AASHTO M85 .

ويجب خلط الركام الذي تم تعدينه حديثًا مع طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها متى تطلبت معادلة المزج ذلك، أو متى أُشير إلى هذا الأمر في المواصفات الخاصة، ويجب أن يمتثل الركام الجديد عند مزجه مع طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لمتطلبات التصدع والتدرج، والجودة اللازمة لإنتاج طبقة الأساس المحددة.

٤-٦-٢-٣-٤ تصميم الخلطات:

يتمثل الهدف الرئيسي لتصميم الخلطات في تحديد كمية وتركيبة الأسفلت المستحلب، ومواد الإضافة الأخرى عند إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق للخلطات الأسفلتية في إنتاج خليط جيد الأداء بناءً على المقاومة، ومتطلبات الخواص الأخرى.

ويلزم اتباع إجراءات تصميم الخلطات الموضحة في مواصفة AASHTO R109 لطرح صيغة خلطة العمل ما لم يوجه المهندس تعليمات بخلاف ذلك. وفيما يلي ملخص لإجراءات تصميم الخلطات:

١- أخذ العينات من الرصف الحالي ومعالجة طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها: احصل على عينات من رصف الأسفلت الحالي والمواد الأساسية وصولًا إلى عمق إعادة التدوير المخطط له عن طريق التجويف، أو حفر الاختبار أو كشط المناطق المراد إعادة تدويرها، مع ملاحظة أنه يلزم الحصول على عينات منفصلة لكل منطقة لإجراء تصميمات خلط منفصلة لكل عينة وذلك في حال تغير الرصف الحالي داخل حدود المشروع، وتُفرز عينات طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها باستخدام المنخل وفقًا لمواصفة AASHTO T27، باستثناء أنه يجب تجفيف هذه الأرصفة إلى كتلة ثابتة عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية، وإلا يتم إجراء التحليل المنخلي الرطب حسب مواصفة AASHTO T11 على عينة تمثيلية في وجود كمية كبيرة من الجزيئات الدقيقة غير المغلفة. يجب معالجة مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لنمذجة التدرج المتوقع أثناء إعادة التدوير، أو جمع هذه المواد بحيث يقع التدرج ضمن حدود الجدول (٤-١٦).
٢- تحديد خصائص مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المجمعة. جمع مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها ثم وضعها في التدرج الموجود في الخطوة ١ مع المادة الأساسية بالنسبة الموجودة في الموقع،

ويجب تجفيف مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المجمعة عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية، وغسلها بالمنخل وفقًا للمعيارين AASHTO T11 وT27، كما يلزم اختبار العينات لتحديد مكافئ الرمل وحد السائل والحد البلاستيكي، ومؤشر اللدونة لمواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المجمعة وفقًا للمعايير AASHTO T176 وT89 وT90 على التوالي. ويمكن لمواد الإضافة، مثل الأسمنت، أو الجير نأن تكون ضرورية إذا تجاوزت النسبة المئوية المارة عبر المنخل مقاس ٠,٠٧٥ ملليمتر ٢٠٪، أو إذا كانت قيم مكافئ للرمل أقل من ٣٠ و/ أو كانت قيم مؤشر اللدونة أكبر من ٦.

وعلاوةً على ذلك، تُخلط مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها مع أربعة على الأقل من محتويات ماء الخلط، تُدمك باستخدام طريقة اختبار بروكتر المعدلة وفقًا لمواصفة AASHTO T180 (الطريقة D)، وما لم يتم تقديم منحنى رطوبة محدد جيدًا لتحديد محتوى الرطوبة الأمثل عند ذروة الكثافة الجافة، يجب اختيار محتوى رطوبة يتراوح بين ٤ إلى ٥ في المائة.

٣- اختيار الأسفلت المستحلب والمواد المضافة. اختر الأسفلت المستحلب حسب التوجيهات الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣-٢)، وتستخدم المواد المضافة في بعض الأحيان؛ لتحسين نسبة المقاومة في وقت مبكر، وزيادة مقاومة التصدع والرطوبة -إذا لزم الأمر-؛ لمنع السلوك الهش لخلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، ويجب ألا تزيد كمية الجير المضافة عن ١,٥ في المئة من وزن المواد المستخدمة في عملية إعادة التدوير هذه، مع ضرورة الحفاظ على كمية الأسمنت المضافة منخفضة؛ ويجب أن تكون نسبة بقايا الأسفلت الجديد من الأسفلت المستحلب إلى الأسمنت ١:٢٫٥ كحد أدنى.

٤- تحديد المقاومة الجافة والمكيفة. يتضمن تقييم خصائص أداء خلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق اختبار مقاومة الشد غير المباشر لعينة بقطر ١٥٠ ملم وطول ٩٥±٥ ملم وفقًا لمواصفة AASHTO T283 ، وفي سبيل القيام بذلك، تُخلط مواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المضبوطة عند درجة حرارة الغرفة بين ٢٠ و٢٥ درجة مئوية والمجمعة لعينة واحدة تمامًا مع مواد الإضافة الجافة -إن وجدت- والماء والأسفلت المستحلب عند درجة حرارة التسليم المتوقعة باستخدام خلاط ميكانيكي مزود بدلو، أو طاحونة بحجم المختبر. وفي البداية، تُخلط مواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق الجافة مع الإضافات الجافة قبل إضافة الماء، وترتبط الرطوبة المضافة بخواص إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المحددة؛ وبالنسبة لقيمة مكافئ الرمل التي تزيد عن ٣٠، استخدم ٤٥ إلى ٦٥ في المئة من محتوى الرطوبة الأمثل المحدد في الخطوة ٢، وبالنسبة لقيمة مكافئ الرمل التي تقل عن أو تساوي ٣٠، استخدم ٦٠ إلى ٧٥ في المئة من محتوى الرطوبة الأمثل. في حال استخدام المونة، أضف محتوى المواد الصلبة المطلوب حسب وزن مواد وخلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق. وتُخلط مواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، ومواد الإضافة بالمياه لمدة ٦٠ ثانية، وتُختار محتويات عامل إعادة تدوير الأسفلت المستحلب بزيادات تتراوح من ٠٫٥ إلى ١٪؛ لتغطي نطاقًا يتراوح عادةً من ١ إلى ٤٪ حسب الوزن الجاف (الكتلة) لطبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، ويجب ألا يتجاوز وقت خلط مواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، وأي إضافات والماء مع الأسفلت المستحلب غن ٦٠ ثانية، وبعد الانتهاء من الخلط، يجب إنضاج العينات السائبة بشكل فردي في حاويات بلاستيكية عند ٤٠ ± ٢ درجة مئوية لمدة ٣٠ ± ٣ دقائق قبل الدمك. وبعد ذلك تُدمك العينات باستخدام أداة الدمك الدوراني سوبر ليف من خلال ٣٠ دورة وفقًا لمواصفة AASHTO T312. وتُدمك ٦ عينات مكررة في كل محتوى من محتويات الأسفلت المستحلب؛ لتكوين مجموعتين فرعيتين لاختبار المقاومة بواقع ثلاث عينات للمقاومة غير المكيفة (الجافة) على العينات التي أُنضجت (المجموعة الفرعية الجافة) وثلاث عينات للمقاومة المكيفة (الرطبة) على العينات التي أُنضجت لتكييف الرطوبة (المجموعة الفرعية الرطبة). وقبل الاختبار، يُنضج الاختبار في أفران هوائية ذاتية الهواء عند ٦٠ ± ١ درجة مئوية؛ للحصول على كتلة ثابتة (تُعرّف على أنها تغيير بنسبة ٠٫٠٥ ٪ في الكتلة أو أقل في ساعتين) لفترة تزيد عن ١٦ ساعة وتقل عن ٤٨ ساعة. وبعد الانتهاء من عملية المعالجة، تبرّد العينات عند ٢٥ ± ٢ درجة مئوية لمدة لا تقل عن ١٢ ساعة، ولا تزيد عن ٢٤ ساعة. وقبل الشروع في إجراء اختبار المقاومة وحساسية الرطوبة، يجب تحديد ارتفاع العينة، والكثافة النوعية الكتلية لكل عينة مدموكة، وأُنضجت وفقًا للمعايير ASTM D3549 AASHTO T166 (الطريقة A) أو AASHTO T331، على التوالي. وبناءً على الحد الأقصى للكثافة النوعية (كما هو موضح أدناه) لكل محتوى من محتويات الأسفلت المستحلب، تُحدد محتويات الفراغ الهوائي لعينات الاختبار المناظرة وفقًا لمواصفة AASHTO T269 لتقسيمها إلى مجموعتين فرعيتين لمتوسط محتويات الفراغات الهوائية المتساوي تقريبًا. ويجب جلب العينات الجافة المقرر خضوعها لاختبار درجة الحرارة عن طريق وضعها في كيس مانع للتسرب في حوض ماء لمدة ساعتين في درجة الحرارة المطلوبة، يتكون تكييف الرطوبة لعينات المجموعة الفرعية الرطبة من التشبع بالتفريغ الهوائي بنسبة تشبع تتراوح من ٥٥ إلى ٧٥ ٪ تشبع والنقع في حوض مياه عند ٢٥ ± ١ درجة حرارة مئوية لمدة ساعة ويجرى اختبار العينات الجافة في الوقت نفسه الذي تُختبر فيه العينات المكيفة مع الرطوبة.

٥- تحديد الحد الأقصى للكثافة النوعية. يتم تجميع عينتي خلط لمواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق لأعلى أسفلت مستحلب في التصميم أو أعلى أو أقل محتويات؛ للتعرف على الحد الأقصى للكثافة النوعية وفقًا لمواصفة AASHTO T209 (ASTM D2041)، مع ضرورة اللجوء إلى إجراء التجفيف التكميلي حسب مواصفة AASHTO T209 (ASTM D2041) بالنسبة للجزيئات غير المغلفة، في الحالة الأولى، اختبر كلتا العينتين، واستخدم متوسط الحد الأقصى للكثافة النوعية لحساب الكثافة النوعية الفعالة لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق (G_{FDR}) باستخدام المعادلة (٤-١)، ثم بعد ذلك، طبق الحساب الارتجاعي للحد الأقصى للكثافة النوعية لمحتويات الأسفلت المستحلب المنخفضة باستخدام المعادلة (٤-٢)، وبالنسبة للحالة الثانية، اختبر العينات عند أعلى وأدنى محتوى مستحلب في التصميم، واستخدام الحشو المستقيم للتعرف على الحد الأقصى للكثافة النوعية عند محتويات المستحلب الأخرى.

٦- اختيار محتوى الأسفلت المستحلب الأمثل بالنسبة لكل تصميم للتدرج والخلطات، يُختار محتوى الأسفلت المستحلب المثلى بناءً على الامتثال المرضي لمتطلبات تصميم الخلطات الموضحة في الجدول (٤-١٧). يمكن للمصمم اختيار محتوى أعلى من القيمة الدنيا التي تستوفي جميع المعايير بحكم الإلمام بظروف الإنشاء المحلية، والتقدير الهندسي السليم والخبرة، التي تكون معتمدة من قبل المهندس.

الجدول (٤–١٧) متطلبات تصميم خلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق.

طريقة الاختبار:	المعايير		الخواص
	نوع إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق [١]	نوع إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق [٢]	
مقاومة الشد غير المباشر، مجموعة فرعية جافة	الحد الأدنى ٢٧٦ كيلو باسكال	الحد الأدنى ٢٤١ كيلو باسكال	مقاومة خاضعة للإنضاج
مقاومة الشد غير المباشر، مجموعة فرعية مكيفة	الحد الأدنى ١٧٢ كيلو باسكال	الحد الأدنى ١٣٨ كيلو باسكال	مقاومة مكيفة
نسبة الأسفلت المستحلب المتبقي إلى الأسمنت	الحد الأدنى ١:٢,٥	الحد الأدنى ١:٢,٥	منع السلوك الجامد

ملاحظات:
١ خلطات تحتوي على < ٨ في المئة تمر عبر منخل بقطر ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠) يُستخدم مع المواد المجمعة
٢ خلطات تحتوي على ≥ ٨ في المئة تمر عبر منخل بقطر ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠) يُستخدم مع المواد المجمعة

٤-٦-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٦-٣-١ الأسفلت المستحلب والرغوي - إعادة التدوير في الموقع على البارد/ إعادة التدوير في الموقع على البارد:

٤-٦-٣-١-١ تجهيز الموقع:

قبل الشروع في تنفيذ عملية إعادة التدوير في الموقع على البارد، قم بإزالة الأنقاض والأوساخ، وأي مياه راكدة وميّز، وحّدد موقع جميع المرافق داخل منطقة العمليات. وفي حالة إعادة التدوير في الموقع على البارد، يجب ضبط المرافق المتأثرة المحددة لأسفل، وتعبئتها بمادة الترقيع المتوافقة مع تصميم الخلطات المعاد تدويرها، أو المطلوب حمايتها من التلف قبل إعادة التدوير بواسطة بعض الوسائل الأخرى.

ويجب أن تكون طبقة التأسيس قوية بما يكفي لدعم معدات الإنشاء، ودمك المواد المعاد تدويرها الباردة بقوة، دون ليونة أو تسوية لاحقة، وعليه يجب أن تكون مناطق طبقة التأسيس الناعمة، أو المطاوعة مستقرة قبل بدء إعادة التدوير على البارد.

٤-٦-٣-١-٢ القيود المناخية:

يجب تجنب خلط المواد، أو فردها أثناء هطول الأمطار، أو العواصف الرملية، أو الترابية أو عندما تكون درجة الحرارة المحيطة أقل من ٥ درجات مئوية، أو عندما تكون الظروف الجوية غير مستوفاة لمتطلبات الخلط والدمك المحددة، وقد تكون هناك حاجة إلى تحديد أدنى درجة حرارة وفقًا للمناخ المحلي، فبالنسبة إلى المواد الرابطة ومواد الإضافة المستخدمة -على سبيل المثال-، فقد تكون هناك حاجة إلى درجة حرارة أعلى في محيط منطقة التشغيل/أو طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، (على سبيل المثال: ١٦ درجة مئوية فما فوق) لبعض مواد ربط الأسفلت المستحلب.

مع العلم أن هطول المطر الغزير أثناء فترة معالجة إعادة التدوير على البارد، أو المعالجة يمكن أن يؤثر سلبًا على سلوك الخلطة المعاد تدويرها على البارد، وبناء عليه، تجنب جدولة العمليات، أو تنفيذ الأعمال اليومية عند توقع هطول أمطار يومية، وما لم يتأثر سلوك الخلطة المعاد تدويرها على البارد، فقد يُسمح بمزاولة الأعمال أثناء هطول الأمطار الخفيفة، ويجب إعادة معالجة الخلطة المعاد تدويرها على البارد الذي يجرف بشكل مفرط، أو يفتقر إلى الثبات بسبب الأمطار؛ لتسهيل تجفيف الخليط؛ ولهذا الغرض يمكن إضافة الأسمنت الجاف.

٤-٦-٣-١-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

يجب على المقاول - خلال اليوم الأول من الإنتاج - إنشاء قطاع تجريبي بطول ١٥٠ مترًا على الأقل؛ حتى يقوم المهندس بالتقييم والموافقة على ما إذا كانت عملية الإنشاء تلبي متطلبات المواصفات، لاسيما أن أغراض القطاعات التجريبية تتمثل في الآتي:

- إظهار المعدات والمواد، والعمليات المقترحة في إنتاج طبقات رصف معاد تدويرها تلبي متطلبات المواصفات.
- التحقق من المعدلات المثلى لعامل إعادة التدوير والماء، وأي إضافات للمادة المعاد تدويرها.
- إنشاء نمط للدحل (أي: تسلسل معدات الدحل وطريقة الدحل) يؤدي إلى الدمك على أتم وجه.

ولتأسيس نمط الدحل، يجب تقييم الاشواط؛ باستخدام مجموعة من معدات الدحل في ظل الأوضاع الثابتة والاهتزازية، وعادة يتم استخدام ما لا يقل عن مدحلة واحدة مطاطية، ومدحلة اهتزازية مزدوجة الأسطوانة لدمك المواد المعاد تدويرها على البارد، وتُدرج مدحلة ثالثة أصغر في بعض الأحيان؛ لإكمال عمليات الدحل النهائية، ويجب أن تبدأ أعمال الدحل عادة في وضع الاهتزاز عالي السعة لحين دمك الجزء السفلي من الطبقة، ثم يُلجأ إلى الوضع منخفض السعة؛ لدمك الجزء العلوي. ويُقطع السطح فقط بواسطة ممهدة بعد الانتهاء من أعمال الدمك عن طريق الاهتزاز عالي السعة، وقبل البدء في أعمال الدمك عن طريق الاهتزاز منخفض السعة، ويجب أن يكون سطح المادة المدموكة متدرجًا عن طريق القشط باستخدام ممهدة مزودة بمحرك، وتم دحله من خلال مدحلة مزودة بأسطوانة ملساء ومدحلة مطاطية مصحوبة بناقلة مياه تضع رذاذ ماء خفيف، وتستمر أعمال الدحل على هذا النحو لحين الحصول على نسيج سطحي متماسك بإحكام. ويجب تقشير المواد المكشوطة بعيدة عن الطريق، كما يجب تحديد الدمك النسبي داخل القطاع التجريبي عادةً باستخدام مقياس الكثافة النووية المعاير. كما يجب دمك المواد المثبتة الأسفلت الرغوي بنسبة ٩٨ ٪ من أقصى كثافة جافة بناءً على اختبار بروكتر المعدل للعمق الكامل للطبقة (راجع الجزء ٤-٦-٢-١-٤)، وبناء على ذلك تُدمك المادة المستحلبة المثبتة بالأسفلت بنسبة ٩٦٪ على الأقل من الكثافة الظاهرية المعملية؛ استنادًا إلى أداة الدمك الدوراني، أو اختبار مارشال للدمك (راجع القسم الفرعي ٤-٦-٢-٢-٤). ويجب اختيار عدد الاشواط التي تؤدي إلى عدم زيادة الكثافة دون تكسير الطبقة المعاد تدويرها بشكل غير ملائم في صورة نمط الدحل، وإذا كان الدمك النسبي داخل القطاع التجريبي لا يلبي متطلبات الكثافة، يجب على المقاول عندئذٍ إنشاء نمط دحل جديد؛ لتحديد الحد الأقصى للكثافة التي يمكن الحصول عليها (الكثافة المستهدفة الجديدة) للمواد المعاد تدويرها التي تُنتجفي ظل ظروف الموقع الحالية.

وفور قبول المهندس للقطاع التجريبي، يجب استخدام المعدات والمواد وطرق الإنشاء نفسها مع بقية عمليات إعادة التدوير على البارد، وفي حال إجراء تعديلات، يجب على المقاول إنشاء قطاع تحكم جديد؛ لتُعتمده من المهندس.

٤-٦-٣-١-٤ استخدام مواد الإضافة في إعادة التدوير:

وفقًا لتصميم الخلطات، يمكن رش مونة الأسمنت، أو الجير على أسنان القطع الخاصة بقشاطة الأسفلت على البارد، أو آلة الكشط في حالة إعادة التدوير في الموقع على البارد، أو تُضاف مباشرة إلى غرفة الخلط في حالة إعادة التدوير في الموقع على البارد، ويجب إنتاج مونة الأسمنت، أو مونة الجير في موقع العمل، ولضمان معدل استخدام دقيق، يجب التحكم في استخدام المونة بواسطة عدادات الكتلة أو الحجم، ويمكن التعرف على الكمية المستهلكة من الأسمنت، أو الجير(والماء) من خلال الكمبيوتر الذي يتحكم في وحدة خلط المونة. يجب أيضًا إجراء التوزيع الحجمي باستخدام وزن الأسمنت الجاف، أو الجير المستخدم في خلاط المونة لكل حمل، على أن تشتمل معدات تخزين وإمداد المونة الأسمنتي، أو الجيري على معدات للتقليب، أو معدات مماثلة للحفاظ على هذا المونة عالقًا عند احتجازه في خزان تغذية المونة، وأثناء النقل، ويجب على المقاول تزويد المهندس بسجلات الدفعات من الكمبيوتر الذي يتحكم في وحدة خلط المونة.

أما بالنسبة لإنشاءات إعادة التدوير في الموقع على البارد، ففي حالة استخدام الأسمنت الجاف، أو الركام الذي تم تعدينه حديثًا (تصحيحي)، يجب عندئذٍ نشر المادة المطلوبة على سطح رصف الأسفلت الحالي قبل عملية الكشط، وإذا كان قطار إعادة التدوير مزودًا بطاحونة، ينشر الأسمنت الجاف، أو الركام الجديد في كومة، وإلا فيجب نشر الأسمنت الجاف، أو الركام الجديد على كامل عرض أسطوانة الكشط؛ لضمان التوزيع الموحد في جميع أنحاء الخليط. وإذا وُضع الأسمنت ككومة أمام قطار إعادة التدوير، فيجب إجراء التوزيع الحجمي -في هذه الحالة- باستخدام وزن الأسمنت في قمع آلة التوزيع لكل حمل (ARRA, 2015).

ويجب اتخاذ إجراءات؛ للحد من الغبار المنتشر الناتج عن حركة المرور، والرياح، فعلى سبيل المثال يجب الالتزام خلال الأيام التي تشهد هبوب العواصف بتقليل المسافة بين آلة التوزيع، وعملية الكشط إلى الحد المناسب، ولا يُسمح بأي حال من الأحوال بترك مواد الإضافة المستخدمة في إعادة التدوير مكشوفة في نهاية يوم العمل، ولا ينبغي السماح بالمرور - بخلاف معدات إعادة التدوير- فوق الأسمنت المنتشر، أو الركام الجديد لحين انتهاء عملية إعادة التدوير.

وبالنسبة لإعادة التدوير في الموقع على البارد، يجب نقل الأسمنت، أو الجير الجاف مباشرة إلى الطاحونة عبر مثقاب صومعة، أو أجهزة نقل منفصلة مربوطة بمقياس الحزام، ويجب -أيضًا- استخدام حاوية تغذية باردة منفصلة معايرة حسب معدل الاستخدام الصحيح؛ لإضافة ركام جديد.

٤-٦-٣-١-٥ إضافة الرطوبة:

ويلزم التحكم في الرطوبة بشكل سليم فيما يتعلق بتشتت عامل إعادة التدوير ودمك الخلطة المعاد تدويرها على البارد، وبالنسبة إلى إعادة التدوير بالخلط المركز على البارد، يُضاف الماء مباشرةً إلى الطاحونة، أما بالنسبة إلى إعادة التدوير في الموقع على البارد، يُضاف الماء إما في أسطوانة القطع الخاصة بقشاطة الأسفلت على البارد/ أو في غرفة الخلط.

وبالنسبة لاستخدام الأسفلت المستحلب، ومن الملاحظ أن الرطوبة مطلوبة في المقام الأول للتشتت وليس للدمك. وعليه فإنه في حالة تطبيق أي تعديلات بالموقع على معدل الأسفلت المستحلب، فهذا يستوجب إدخال تعديلات على معدل الماء المضاف؛ لضمان بقاء إجمالي الموائع المحقونة متوافقة مع تصميم الخلطات.

وبخلاف ذلك تكون هناك حاجة إلى الرطوبة للدمك أكثر من التشتت في حالة الأسفلت الرغوي، وبناء عليه لا ينبغي تعديل معدل حقن الماء ما لم يتطلب تحليل الكثافة القصوى إجراء تغيير لضمان الدمك المناسب لخليط الأسفلت الرغوي.

٤-٦-٣-١-٦ تجهيز ووضع الخلطة المعاد تدويرها:

يجب أن يكون رصف الأسفلت القائم مطحونًا على البارد حسب الطول والعمق والعرض الموضح في المخططات. أما بالنسبة لعمليات إعادة التدوير في الموقع على البارد، يجب على المقاول التأكد من عدم وجود فجوات في مواد الرصف غير المعاد تدويرها بين الأجزاء المقطوعة المتتالية (بطول نفس خط القطع الطولي) ولا أسافين لمواد الرصف غير المعاد تدويرها التي أُنشئت بوساطة دخول أسطوانة الطحن في المواد الموجودة. ويجب أن تتشابك المفاصل الطولية، والمستعرضة بحد أدنى ٧٥ ملم و٠,٦ م، على التوالي (ARRA, 2015).

ويجب تفتيت طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المنتجة، وتحديد حجمها حسب الحد الأقصى المحدد لحجم الجزيئات، ثم مزجها مع المعدل المطلوب لعامل إعادة التدوير والماء والإضافات -إذا لزم الأمر- على النحو المنصوص عليه في تصميم الخلطات، أو على النحو المعدل في الموقع؛ لإنتاج خليط معاد تدويره موحد ومتجانس،

كما يجب إزالة علامات الرصف الأرضية، وحلقات الأسلاك، ومواد حشو الشقوق المعالجة بالمطاط وغيرها من المواد المماثلة من الطريق ومالم يتم ملاحظته أثناء عملية إعادة التدوير، ويلزم التخلص من هذه المواد على النحو الصحيح والمطلوب. ويمكن دمج الكميات الصغيرة من المواد المتبقية، أو مواد التكسية الأرضية المقصوصة التي يعثر عليها أثناء الكشط على البارد، ولا يمكن إزالتها كاملة من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المعالجة في الخلطة المعاد تدويرها إذا كان من الممكن إثبات أن هذه المواد المضافة لن تضر بسلامة الرصف المعاد تدويره، ويجب أن تكون مثل هذه المواد المحتفظ بها في الخلطة ذات حجم، وخليط مناسبين بحيث لا تؤثر سلبًا على مظهر أو متانة الرصف المعاد تدويره، فعلى سبيل المثال، يجب ألا يكون لأي قطعة قماش مدمجة في الخلطة المعاد تدويرها أي بعد يزيد طوله عن ٥٠ ملم.

من الضروري التحقق من تدرج المواد المعاد تدويرها بشكل دوري؛ للتأكد من دقة الافتراضات المستخدمة في تصميم الخلطات، وللتأكد أيضًا من تحديد حجم رصف الأسفلت المعاد تدويره بالتدرج المطلوب، وعادة ما تكون مرات فحص الحد الأقصى لحجم الجزيئات أكثر من مرات تحديد التدرج الكلي للمادة المعاد تدويرها.

ويجب نقل الخلطة المعاد تدويرها على البارد، والمنتج في وحدة مركزية إلى موقع العمل باستخدام شاحنات ذات أسطح نظيفة وناعمة، ويجب تسليم المواد المحملة إلى آلات الرصف في غضون الفترة الزمنية المناسبة التي تضمن الوضع والدمك المناسبين.

كما يجب نشر الخلطة المعاد تدويرها على ارتفاعات التصميم باستخدام ذراع التسوية بطريقة تمنع فصل، أو تمزق أو تندب السطح النهائي المدموك، كما يجب أن يكون العمل اليدوي للخلطات محدودًا مع ضرورة العناية لمنع الفصل.

٤-٦-٣-١-٧ الدمك:

الدمك الأولي

يتوقف بدء دحل الدمك على استخدام الأسفلت الرغوي، أو الأسفلت المستحلب، ونوع عامل إعادة التدوير المستحلب، وإدراج إضافات من الجير، أو الأسمنت -إذا لزم الأمر- وكذلك الظروف المناخية، وبشكل عام، يمكن البدء في دمك الخلطات المعاد تدويرها من الأسفلت الرغوي على الفور، وعلى النقيض من ذلك، لا تبدأ أعمال الدمك في حالة استخدام الأسفلت المستحلب كعامل لإعادة التدوير إلا بعد بدء انكسار الخلطة، وهذا يعني أنه قد يحدث تأخير في الدمك يتراوح من ٣٠ دقيقة إلى ساعتين بالنسبة لبعض عوامل إعادة تدوير الأسفلت المستحلب؛ بسبب خواص تكسير الخلطة.

ويجب اتباع أنماط الدحل المحددة أثناء إنشاء القطاعات التجريبية الموضحة في الجزء (٤-٦-٣-١-٣)، ما لم تطرأ تغييرات على الخلطات المعاد تدويره، أو ظروف الفرد بما يستوجب تحديد نمط جديد للدحل، مع ملاحظة أنه لا ينبغي بدء، أو إيقاف معدات الدحل على المواد المعاد تدويرها غير المدموكة في حين يُسمح بذلك على المواد المدموكة مسبقًا أو السطح المجاور، كما يجب وضع كمية كافية من المياه بشكل موحد على عجلات معدات الدحل، والأسطوانات؛ لمنع التصاق والتقاط الركام، دون أن تُترك برك مياه على السطح المعاد تدويره.

ويجب مراقبة الحصيرة المعاد تدويرها باستمرار أثناء أعمال الدمك. وفي حال وجود تصدع بسبب الرطوبة في وضع الدمك الاهتزازي، يجب إيقاف تشغيل الهزازات، واللجوء إلى الدحل الثابت فقط، وفي حال استمر تصدع الحصيرة بسبب الرطوبة حتى في ظل استخدام طريقة الدحل الثابت، يجب وقف الدمك باستخدام الأسطوانة الفولاذية، والسماح بمعالجة الحصيرة لفترة من الوقت لحين اختفاء الرطوبة و وبدء الدحل باستخدام مدحلة مطاطية متبوعة بالمدحلة الفولاذية؛ لتصحيح المخالفات الناتجة عن الأسطوانة

(الأسطوانات) المطاطية، ويجب الاستمرار في تنفيذ أعمال الدحل حتى لا يصبح هناك أي إزاحة ملحوظة للحصيرة جراء من حركة الأسطوانة على السطح المعاد تدويره (ARRA, 2015).

الدمك الثانوي

قد يكون الدمك الثانوي، أو إعادة الدحل مفيدًا عندما يكون من الصعب تحقيق نسبة الكثافة المطلوبة، على سبيل المثال مع تدرجات طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها والأكثر خشونة، وقد تكون إعادة الدحل مفيدة لعدة أغراض بما في ذلك إزالة علامات العجلات، والتجميع الطفيف الذي أحدثته حركة المرور أثناء تسليح الخلطات، وتغليف الخلطة المعاد تدويرها على البارد؛ مما يقلل من ارتشاح الرطوبة وإضافة كثافة إضافية.

ويكون الدمك الثانوي مطلوبًا في بعض المناطق، حيث يُشاع استخدام عامل إعادة تدوير مستحلب، ولكن نادرًا ما يُستخدم في حالة الأسفلت الرغوي، وتحديدًا عند إضافة الأسمنت. وإذا كان عامل إعادة التدوير أسفلتا مستحلبًا، فيجب إجراء الدمك الثانوي إذا كان مطلوبًا؛ باستخدام معدات دحل مطاطية وأخرى اهتزازية مزدوجة الأسطوانة، وذلك بعد المعالجة، وقبل وضع أي سطح نهائي. كما يجب إكمال الدمك الثانوي بعد شروق شمس الصباح، وعندما تكون درجة حرارة الرصف ٢٧ درجة مئوية على الأقل، مع مراعاة تعليق جميع أعمال الدمك الثانوي إذا لم تصل درجة حرارة الرصف إلى ٢٧ درجة مئوية قبل وضع الطبقة السطحية كما هو مخطط له، وينبغي وضع نمط جديد للدحل؛ باستخدام الإجراءات الموضحة في القسم الفرعي (٤-٦-٣-١-٣) لتحديد الكثافة القصوى للدمك الثانوي، مع ملاحظة أنه يجب تجربة أربعة ممرات على الأقل أثناء إنشاء نمط الدحل للدمك الثانوي إذ قد تنخفض الكثافة أثناء المرور الأولي للمدحلة. وينبغي تكرار اختبار الكثافة النووية طيلة فترة تنفيذ أعمال الدمك الثانوي؛ للتحقق باستمرار من أن الدمك الثانوي يقع ضمن ± ٥ ٪ من الكثافة المستهدفة المحددة، كما يلزم توخي الحذر؛ لتجنب الدمك المفرط للحصيرة. وإذا لم يُلاحظ أي زيادة في الكثافة أو تصدعات، يوقف الدمك الثانوي في تلك المنطقة.

ويجب أن يكون السمك الكامل للقاعدة في حدود ± ٦ ملم من السمك المشار إليه، وألا يقل متوسط السمك عن سمك التصميم.

كما يجب ألا يظهر على السطح أي انحراف يزيد قطره عن ٦ ملم عند اختباره بحافة مستقيمة بقطر ٣ متر.

٤-٦-٣-١-٨ المعالجة:

يجب إنضاج الخلطات المعاد تدويرها على الباردة إنضاجًا صحيحًا؛ للوصول إلى كامل قوتها، ويجب السماح بإنضاج طبقة الرصف المعاد تدويره لفترة زمنية دنيا (عادةً ما تكون ٣ أيام) وبأقصى محتوى من الرطوبة (عادة ما يقل عن ٣ في المائة) قبل وضع الطبقة السطحية أو تنفيذ أعمال الدمك الثانوي، لاحظ أنه بالنسبة لخلطات الأسفلت المعاد تدويرها الرغوية، قد تكون هناك حاجة إلى إضافة الأسمنت البورتلاندي، كما هو محدد أثناء عملية تصميم الخلطة، لتسريع هذه العملية. فوضع الطبقة السطحية على المواد المعاد تدويرها على البارد مع الرطوبة المفرطة سيؤدي إلى تأخير اكتساب الطبقة المعاد تدويرها للقوة، ويمكن أن يتسبب في فشل سابق لأوانه للطبقة السطحية. أما إذا كان محتوى الرطوبة لا يقل عن الحد الأقصى، وكان الطريق خاليًا من الأمطار لفترة زمنية محددة (عادةً ما تكون من ٢ إلى ١٠ أيام في أي مكان)، فيجب السماح للمقاول عندئذٍ بوضع الطبقة السطحية، أو تنفيذ أعمال الدمك الثانوي، ويجب قياس محتوى الرطوبة في الرصف البارد المعاد تدويره قبل الشروع في تنفيذ أعمال الدمك الثانوي/ أو وضع الطبقة السطحية، وعادةً ما يُسمح بحركة المرور فوق الحصيرة خلال هذا الوقت.

٤-٦-٣-١-٩ صيانة السطح:

يجب أن يكون السطح النهائي المعاد تدويره على البارد خاليًا من الشقوق والمطبات، والفجوات العميقة وفصل الركام الناعم والخشن، ومطابقًا للشكل المخطط والمنحدر العرضي.

وبعد فتح الطريق أمام حركة المرور، وقبل وضع الطبقة السطحية، يجب الحفاظ على سطح الرصف المعاد تدويره كما ينبغي حمايته من الماء، والمواد الضارة الأخرى/أو أي ضرر آخر، كما يجب إصلاح أي ضرر يلحق بالمواد المعاد تدويرها المكتملة قبل وضع الطبقة السطحية؛ وفقًا للجدول (٤-١٨). وغالبًا يتم استخدام عازل مستحلب الأسفلت المخفف، ومجفف الرمل للمساعدة في حماية السطح المعاد تدويره على البارد، ويجب أن تتكون عازل مستحلب الأسفلت المخفف من الأسفلت المستحلب المخفف بنسبة تصل إلى ٦٠ في المائة من الحجم مع الماء ويطبق بمعدلات تتراوح بين ٠,٢ إلى ٠,٧ لتر/ متر مربع، وإذا لزم الأمر، يجب -أيضًا- وضع مجفف الرمل على السطح عند ٥ كيلو جرام/ متر مربع تقريبًا؛ لمنع التقاط تسرب الضباب، ويجب أن يكون الرمل خاليًا من الطين، أو المواد العضوية. ويجب أن تكون معدلات استخدام عازل مستحلب الأسفلت المخفف ومجفف الرمل بحيث يمكن الحفاظ على سطح طريق ثابت وآمن لحين وضع الطبقة السطحية، ويلتزم المقاول بالقيام على نفقته الخاصة بإصلاح الأضرار الناجمة عن ضعف الدعم المقدم لطبقة الأساس؛ وفقا لتوجيهات المهندس، أو الجهة المسؤولة.

الجدول (٤–١٨) تخفيف أضرار إعادة التدوير على البارد (ARRA, 2015).

الأضرار	طريقة التخفيف من الأضرار
مناطق معزولة بها تآكل، أو تلف طفيف	المسح والمراقبة. حدد ما إذا كان رش، أو إعادة رش عازل مستحلب الأسفلت المخفف ضروريًا للحماية.
مناطق معزولة بها تآكل، أو تلف جسيم	تطبيق قيود مرورية أفضل في المناطق التي لم يعالجها المسح والمراقبة. حدد ما إذا كان رش أو إعادة رش مانع تسرب الضباب ضروريًا للحماية. الحشو، أو الإزالة، واستبدال المناطق التالفة بخليط أسفلتي (خليط بارد، أو خليط معاد تدويره، أو خليط أسفلتي دافئ، أو خليط أسفلتي ساخن) قبل الطبقة السطحية.
مناطق واسعة النطاق بها تآكل أو تلف، أو تمزق في مناطق المرور المستقيم	إعادة تدوير، أو إزالة واستبدال الخليط الأسفلتتي (خليط بارد أو خليط معاد تدويره، أو خليط أسفلتي دافئ، أو خليط أسفلتي ساخن)
التنقير بسبب مركبات المعدات المتوقفة	الحشو بخليط أسفلتي (خليط بارد، أو خليط معاد تدويره أو خليط أسفلتي دافئ، أو خليط أسفلتي ساخن قبل الطبقة السطحية.
تشوه دائم في إطار مناطق مسار العجلة؛ نتيجة للدمك الثانوي بسبب حركة المرور.	الحشو بخليط أسفلتي خليط بارد، أو خليط معاد تدويره، أو خليط أسفلتي دافئ، أو خليط أسفلتي ساخن) أو تسوية السطح في المناطق المنخفضة، أو الكشط على البارد توفير سطح أملس.

٤-٦-٣-٢ الأسفلت المستحلب - إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق:

٤-٦-٣-٢-١ تجهيز الموقع:

قبل الشروع في تنفيذ عملية إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، قم بإزالة الأنقاض، والأقذار، وأي مياه راكدة وميّز وحدد موقع جميع المرافق داخل منطقة العمليات، ويجب تحديد المرافق المتأثرة، وحمايتها من التلف قبل المعالجة.

ويجب أن تكون طبقة التأسيس قوية بما يكفي لدعم معدات الإنشاء، ودمك المواد المعاد تدويرها، دون ليونة أو تسوية لاحقة، وبعدها يجب أن تكون مناطق طبقة التأسيس الناعمة، أو المطاوعة مستقرة قبل أو أثناء عملية إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق؛ عن طريق ضبط معدل عامل الاستقرار/ أو عمق المعالجة.

٤-٦-٣-٢-٢ القيود المناخية:

عادة ما تكون درجات الحرارة الدنيا المحددة لمعالجة عمليات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق ٧ درجات مئوية أو أعلى.

٤-٦-٣-٢-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

يجب على المقاول خلال اليوم الأول من الإنتاج إنشاء قطاع تجريبي بطول ١٥٠ مترًا على الأقل حتى يقوم المهندس بالتقييم والموافقة على ما إذا كانت عملية الإنشاء تلبي متطلبات المواصفات أم لا. أما أغراض القطاعات التجريبية تتمثل في الآتي:

- إظهار المعدات والمواد، والعمليات المقترحة، في إنتاج طبقات رصف معاد تدويرها تلبي متطلبات المواصفات.
- التحقق من المعدلات المثلى لعامل تثبيت الأسفلت والماء، وأي إضافات للمادة المعاد تدويرها.
- إنشاء نمط للدحل (أي تسلسل معدات الدحل وطريقة الدحل) يؤدي إلى الدمك على أتم وجه.

ولتحديد نمط الدحل، يجب تقييم الاشواط مع مجموعات من معدات الدحل في ظل الأوضاع الثابتة والاهتزازية، وعادة ما يُستخدم مدحلة مطاطية، ومدحلة اهتزازية ذات أقدام بارزة ومدحلة فولاذية اهتزازية مزدوجة الأسطوانة لدمك الخليط المستصلح، ويجب تحديد الدمك النسبي داخل القطاع التجريبي باستخدام مقياس كثافة نووية معاير في وضع الإرسال المباشر وفقًا لمواصفة AASHTO T310 أو طريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191. وما لم تصدر توجيهات من المهندس بخلاف ذلك، فعادة يُحدّد درجة الدمك لتكون في المتوسط ٩٨ ٪ من أقصى كثافة جافة بناءً على اختبار بروكتر المعدل، مع عدم وجود اختبار فردي أقل من ٩٥ ٪. ويمكن تحديد درجة دمك أقل مع العمق؛ إذا كان سمك المنطقة المرتفعة المدموكة أكبر نسبيًا من ٣٠٠ ملليمتر؛ على سبيل المثال، يمكن أن تكون النسبة المئوية لدمك الجزء السفلي من الطبقة أقل من ٢ إلى ٣ نقاط مئوية من الدمك المحدد للطبقة العلوية.

يجب اختيار عدد الاشواط التي تؤدي إلى عدم زيادة الكثافة دون تكسير الطبقة المعاد تدويرها بشكل غير ملائم في صورة نمط الدحل، وإذا كان الدمك النسبي داخل القطاع التجريبي لا يلبي متطلبات الكثافة، يجب على المقاول عندئذٍ إنشاء نمط دحل جديد؛ لتحديد الحد الأقصى للكثافة التي يمكن الحصول عليها (الكثافة المستهدفة الجديدة) للمواد المعاد تدويرها التي تُنتج في ظل ظروف الموقع الحالية.

وفور قبول المهندس للقطاع التجريبي، يجب استخدام المعدات والمواد وطرق الإنشاء نفسها مع بقية عمليات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، وفي حال إجراء تعديلات، يجب على المقاول إنشاء قسم تحكم جديد؛ لتُعتمده من المهندس.

٤-٦-٣-٢-٤ التفتيت:

يجب استخدام خلاط/ أداة استصلاح؛ لتفتيت العمق الكامل المحدد مسبقًا لمادة الأسفلت، والمواد الأساسية (طبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس/أو طبقة التأسيس) إلى خليط موحد وتدرج مطلوب، ويجب أن تتشابك المفاصل بين ممرات التفتيت المتتالية بطول الاتجاه الطولي بمقدار ١٥٠ ملم على الأقل، كما يجب أن تتشابك المفاصل المستعرضة بمقدار ٠,٦٠ متر على الأقل، ومن خلال الاستخدام السطحي، أو آلية حقن السوائل الخاصة بالخلاط/ أداة الاستصلاح المدمجة، ويجب رفع الخليط إلى مستوى الرطوبة المطلوب (جمعية إعادة تدوير واستصلاح الأسفلت، ٢٠١٥)، كما ينبغي أن يكون محتوى الرطوبة للأسفلت المستحلب، أو إضافة الأسفلت الرغوي في حدود ٢ ٪ من المستوى الأمثل المحدد في تصميم الخلطات.

من الضروري التحقق من تدرج المواد المعاد تدويرها بشكل دوري؛ للتأكد من دقة الافتراضات المستخدمة في تصميم الخلطات؛ وللتأكد -أيضًا- من تحديد حجم رصف الأسفلت المعاد تدويره بالتدرج المطلوب، وعادة ما تكون مرات فحص الحد الأقصى لحجم الجزيئات أكثر من مرات تحديد التدرج الكلي للمادة المعاد تدويرها.

ويُلاحظ أن تنوع، أو اتساق الخليط المستصلح سيتأثر أكثر من غيره باتساق، وتنوع الأسفلت القديم، والطبقات الأساسية غير المربوطة، ومن خلال تغيير كيفية تشغيل أداة الاستصلاح، فمن الممكن التحكم جزئيًا في تدرج، أو حجم المادة المعاد تدويرها، بالرغم من وجود حدود عملية حول مدى دقة الرصف الحالي الذي يمكن تفتيته بواسطة وحدة الاستصلاح ولا يزال مجديًا من الناحية الاقتصادية، وقد تكون هناك حاجة إلى الركام التصحيحي؛ للتضمين عندما لا يكون من الممكن إجراء تعديلات على تدرج الخليط المستصلح بواسطة أداة الاستصلاح.

يجب إزالة علامات الرصف الأرضية، وحلقات الأسلاك ومواد حشو الشقوق المعالجة بالمطاط وغيرها من المواد المماثلة من الطريق وفقًا لما لم يتم ملاحظته أثناء عملية إعادة التدوير، ويلزم التخلص من هذه المواد على النحو الصحيح والمطلوب، ويمكن دمج الكميات الصغيرة من المواد المتبقية، أو مواد التكسية الأرضية المقصوصة التي يُعثر عليها أثناء عملية الاستصلاح، ولا يمكن إزالتها بالكامل من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المعالجة في الخلطة المعاد تدويرها إذا كان من الممكن إثبات أن هذه المواد المضافة لن تضر بسلامة عمليات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، ويجب أن تكون مثل هذه المواد المحتفظ بها في الخلطة ذات حجم وخليط مناسبين؛ بحيث لا تؤثر سلبًا على مظهر أو متانة عمليات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق.

٤-٦-٣-٢-٥ استخدام عامل التثبيت ومواد الإضافة:

بعد الانتهاء من أعمال التفتيت والقص اللازمة، يجب رش عوامل التثبيت، والإضافات، أو وضعها على المواد المكسرة باستخدام أدارة رش/ توزيع معتمدة أو المعدات التي تُستخدم مع المونة. وإذا كان القص غير مطلوب، يمكن وضع عوامل التثبيت والإضافات الجافة قبل التفتيت، ويمكن نشر الركام التصحيحي إما قبل التفتيت، أو بعده ولكن قبل إضافة عوامل تثبيت أو إضافات (ARRA, 2015)

يجب اتخاذ تدابير مكافحة الغبار باستخدام عوامل تثبيت، أو إضافات جافة؛ للحد من انتشار الغبار الهارب، مثل: تقصير المسافة بين أداة الفرش، وعملية الاستصلاح في الأيام العاصفة، ويمكن إضافة المونة مباشرةً إلى حجرة خلط أداة الاستصلاح عبر نظام حقن المائع المدمج الخاص بهذه الأداة، أو وضعه على المادة المستصلحة المسحوقة قبل عملية الاستصلاح، ولتجنب جريان المياه أو تجمعها بشكلٍ مفرط، يجب خدش المادة المستصلحة قبل نشر عامل التثبيت إذا ما تم توفيره في شكل مونة قبل عملية الاستصلاح، ويجب إنتاج هذا المونة في موقع العمل، ويحظر ترك أي عامل من عوامل التثبيت أو الإضافات الجافة أو المونة مكشوفًا بعد انتهاء يوم العمل، ولحين الانتهاء من تنفيذ عملية الاستصلاح، لا ينبغي السماح بأي حركة مرور بخلاف مرور معدات الاستصلاح فوق عامل التثبيت أو المادة المضافة.

يجب تحديد مصدر، ومعدل استخدام عوامل التثبيت، والإضافات المعبر عنه كنسبة من وزن الوحدة الجافة (الكتلة) للمادة المسحوقة، ويمكن استخدام تصميم الخلطات مبدئيًا كأساس لوزن الوحدة الجافة، ولكن يجب أن يحدد الإنشاء وزن الوحدة الجافة النهائي للمادة المسحوقة. ويحدد نوع عامل التثبيت، ومادة الإضافة المستخدمة، وكيفية استخدمتها حدود التحمل، وبالنسبة لعوامل تثبيت الأسفلت، فعادةً ما تتطلب المواصفات الاحتفاظ بعامل التثبيت في حدود ٠,٥ إلى ١٪ من معدل استخدام تصميم الخلطات؛ فعلى سبيل المثال إذا كانت هناك حاجة إلى عامل تثبيت الأسفلت المستحلب بنسبة ٤,٠٪، يجب عندئذٍ توصيل عامل التثبيت بين ٣,٩٨٪ و٤,٠٢٪ وبنسبة تسامح قدرها ٠,٥٪، ونظرًا لأن اختلاف معدلات الاستخدام يؤثر على خصائص المواد والمتانة القصوى، فيجب إجراء اختبارات بشكل منتظم.

٤-٦-٣-٢-٦ الخلط:

يجب البدء في أعمال الخلط في أقرب وقت ممكن بعد نشر عامل التثبيت/ أو المادة المضافة، كما يجب استصلاح الطريق الحالي في ممرات منفصلة إذا لم يكن من الممكن إكمال عمليات التفتيت، وقياس نسبة الرطوبة، وخلط عوامل التثبيت في ممر واحد، وقد تكون هناك حاجة إلى ممر للتفتيت، أو معالجة الرطوبة؛ للتحكم في التدرج/أو الرطوبة، ولتحسين نسبة التحكم في العمق، يجب أن يكون الطريق مدموكًا دمكًا خفيفًا باستخدام مدحلة فولاذية مزودة بأسطوانة، وتشبه في شكلها الممهدة المزودة بمحرك بعد اكتمال أعمال الممر الأول (ARRA, 2015).

وفي حال استخدام عوامل تثبيت الأسفلت مع مواد مضافة جافة؛ فعادة ما تتم إضافتها في الممر الأول مع الماء عبر نظام حقن السوائل المدمج في معدات الخلط/ الاستصلاح، وأثناء تنفيذ أعمال هذا الممر الأولي، فقد يستخدم عامل تثبيت الأسفلت الرغوي أولا يستخدم، وعادة يُستخدم عامل تثبيت الأسفلت المستحلب أثناء ممر الخلط الثاني.

يجب أن يستمر الخلط حتى تُفتتيت مواد إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق، أو طبقة الأساس ،أو طبقة التأسيس أو كذلك الخليط بأكمله، ولحين استيفاء متطلبات التدرج، ويجب أن يظل محتوى الرطوبة عند المستوى المطلوب أثناء عملية الخلط، مع ضرورة التحقق من متطلبات التدرج، ومراقبة عمق الاستخلاص المطلوب، ويجب إجراء الفحص النهائي للتدرج فقط بعد الانتهاء من عمليات الخلط.

أما بالنسبة لعمق التصميم وعرضه بالكامل، يجب أن يكون الخليط المستصلح موحدًا بعد استخدام عامل التثبيت، والمادة المضافة ،والمياه وخلطها. قم بإجراء فحص بصري على الخليط المستصلح؛ بحثًا عن مناطق الفصل لضمان التوحيد، ويمكن استخدام معدة الاستصلاح، أو الممهدة المزودة بمحرك؛ لإعادة خلط المناطق المنفصلة حسب الحاجة، وبالإضافة إلى ذلك، يُتحقق من التوحيد من خلال ضمان التداخل الطولي، والمستعرض الكافي بين الممرات المجاورة؛ حيث يُحدد الحد الأدنى للتداخل بين الممرات بواقع ٠,٦ متر للمفاصل المستعرضة و١٥٠ ملم للمفاصل الطولية، ويجب ألا تترك معدة الاستصلاح أي مواد غير معالجة بين الممرات.

٤-٦-٣-٢-٧ الدمك:

يجب دمك الخليط المستصلح لحين الوصول إلى نطاق مقبول من الكثافة المحددة باتباع نمط الدحل المحدد في القطاع التجريبي الوارد في القسم الفرعي (٤-٦-٣-٢-٣)، على أن تكون محتويات الرطوبة لجميع المواد المعالجة في حدود ٢ ٪ من الرطوبة المثلى الموصى بها مع بداية أعمال الدمك، قد يكون التغيير في توحيد الخلطة والحاجة إلى نمط دحل جديد أو كثافة قصوى سببًا في صعوبة تلبية النسبة المئوية الموصى بها للدمك، كما أن الإزاحة الرئيسية تعد بمثابة علامة أخرى على الحاجة إلى إعادة تقييم نمط الدحل، أو الكثافة القصوى، أو متطلبات الدمك (جمعية إعادة تدوير واستصلاح الأسفلت، ٢٠١٥).

يجب تشكيل سطح القاعدة المثبتة؛ لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق حسب الخطوط، والمنحدرات والقطاعات العرضية المحددة مع اقتراب اكتمال أعمال الدمك، وذلك في غضون فترة لا تزيد عن اليوم الأول من إضافة الأسفلت المستحلب، وبعد ذلك يجب تكرار عملية الدمك على سطح رطب مهيأ بشكل صحيح حتى تكون الكثافة المطلوبة متجانسة وكافية، مع مراعاة تنفيذ أعمال التشطيب والدمك بطريقة تضمن الحصول على سطح خالٍ من أي تدرجات في الدمك، أو الشقوق أو النتوءات، أو المواد السائبة.

ومن الضروري تقييم وتأكيد النسبة المئوية للدمك لكل طبقة، وكذلك سمك المعالجة بالكامل، مع العلم بأنه يمكن استخدام الطريقة النووية، لتحديد الكثافة الحقلية للمادة المدموكة في وضع الإرسال المباشر وفقًا لمواصفة AASHTO T355، كما يمكن الحصول على عينة من الخليط المستصلح في جميع مواقع اختبار للدمك، وإجراء اختبارات عليها؛ للتعرف على محتوى الرطوبة في المختبر لتحديد محتوى الرطوبة في الخلطات المستصلحة، وبخلاف ذلك، يمكن استخدام طريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 لتحديد الكثافة الحقلية، كما يمكن تحديد الكثافة الجافة عن طريق قياس محتوى الرطوبة في المعمل.

يجب أن يكون السمك الكامل للقاعدة في حدود ± ٦ ملم من السمك المشار إليها، ويجب ألا يقل متوسط السمك عن سمك التصميم،

كما يجب ألا يظهر على السطح أي انحراف يزيد قطره عن ٦ ملم عند اختباره بحافة مستقيمة بقطر ٣ متر.

٤-٦-٣-٢-٨ المعالجة :

إذا لزم الأمر يجب وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف على السطح بعد اكتمال الدمك، ولكن قبل السماح بالمرور على طبقة الأساس المعالجة، ويجب أن يشكل الأسفلت المستحلب الذي خُفف بالماء حتى ٦٠ ٪ من حجم عازل مستحلب الأسفلت المخفف،

وتتراوح معدلات استخدام عازل مستحلب الأسفلت المخفف عادة من ٠,٢ إلى ٠,٧ لتر/ متر مربع، عند استخدام مجفف الرمل، يجب ألا يكون هناك طين، ومواد عضوية في الرمل المستخدم بمعدلات تتراوح من١ إلى ٥ كجم/متر مربع، ويجب أن تؤمن معدلات عازل مستحلب الأسفلت المخفف، ومجفف الرمل الحصول على سطح طريق مستقر لحين وضع الطبقة السطحية (ARRA, 2015)

وما لم يحدث ضرر للعازل مستحلب الأسفلت المخفف، يمكن فتح الأجزاء المنفذة من طبقة أساس إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق على الفور والسماح بحركة المرور منخفضة السرعة وكذلك معدات الإنشاء، ويجب حماية معدات الإنشاء على نحو يمنع بالتشويه أو إضرار الأجزاء المنفذة من طبقة أساس إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق التي تمر عليها أثناء إنشاء قطاع مجاور، وقد تكون هناك حاجة إلى تقييد حركة مرور الشاحنات الثقيلة على الطبقة سالفة الذكر في حالة حدوث تلف لحين تثبيت السطح النهائي، أو اجتياز عادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق لاختبار الدحل الذي يعكس نوع حركة المرور المتوقعة على الرصف، ويمكن السماح بحركة مرور الشاحنات بسرعات منخفضة لحين تثبيت السطح النهائي وفي حال عدم حدوث التشوه، أما غير ذلك فينبغي منع مرور الشاحنات؛ حتى تتمكن الطبقة من تحمل الأحمال التي تمر فوقها.

٤-٦-٣-٢-٩ صيانة السطح:

بعد فتح الطريق أمام حركة المرور وقبل وضع الطبقة السطحية، يجب الحفاظ على سطح طبقة إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المثبتة، وحمايتها كما ينبغي من الماء، والمواد الضارة الأخرى/أو أي ضرر آخر، ويجب إصلاح أي ضرر يلحق بهذه الطبقة قبل وضع الطبقة السطحية. وإذا كانت هناك حاجة إلى استبدال أي مادة معالجة، فيجب أن يتم ذلك بكامل العمق مع قطع رأسي ومادة معتمدة، بحيث لا يُسمح بوجود ترقيعات في الأسفلت.

وطالما أن قاعدة إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المثبتة مستقرة بما يكفي لدعم معدات الإنشاء دون حدوث ضرر أو تشوه دائم للسطح، يمكن وضع السطح النهائي في أي وقت بعد التشطيب.

٤-٦-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم مواد طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها معمليًا عن طريق إجراء اختبار التدرج وفقًا لـ AASHTO T11 وAASHTO T27 (أو STM C117 وASTM C136)، ويجب أن تمتثل المادة الرابطة المستخدمة مع الأسفلت الرغوي، أو الأسفلت المستحلب للمتطلبات الموضحة في القسم الفرعي (٤-٦-٥-١)، وعندما يتطلب تصميم الخلطات ذلك، يجب أن يفي الركام التصحيحي بالتدرج المنصوص عليه في التصميم وكذلك متطلبات الخصائص الفيزيائية المنصوص عليها في القسم الفرعي (٤-٦-٥-١)، وبناء عليه، يُقيم الأسمنت، أو الجير المطلوب في تصميم الخلطات لتلبية متطلبات المعايير AASHTO M85 (أو ASTM C150) AASHTO M216 (أو ASTM C5)على التوالي، كما يلزم -أيضًا- إجراء اختبار كثافة الرطوبة وفقًا لمواصفة AASHTO T180 لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى، وعلاوة على ذلك، يجب إجراء اختبار الأداء (مقاومة الشد غير المباشر ونسبة مقاومة الشد وثبات مارشال، ثبات مارشال المحتفظ به والتآكل) الموضح في القسم الفرعي (٤-٦-٥-١)؛ لتحديد صيغة خلطة العمل.

يجب معايرة معدات الخلط من خلال تسليم كميات معروفة من طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وعامل إعادة تدوير الأسفلت والماء من خلال معدات إعادة التدوير؛ للتحقق من تسليم المواد حسب معدل الاستخدام المطلوب، وبما لا يتجاوز ١٠ ٪. يجب مراجعة معدل استخدام عامل إعادة تدوير الأسفلت من خلال تقييم كتلة المادة المعاد تدويرها مقابل حجم عامل إعادة التدوير المستخدم في ناقلة واحدة، ويجب أن تكون التعديلات المدخلة على معدل الاستخدام أقل من ٠,٢ ٪ إذا كانت الظروف الحقلية، أو ظروف الأداء تستدعي ذلك. وبالنسبة للأسفلت الرغوي، يجب فحص نسبة التمدد ومتطلبات نصف الوقت باستخدام فوهة الاختبار على وحدة إعادة التدوير؛ لتقييم مدى استيفاء متطلبات تصميم الخلطات الأسفلتية، وقبل توصيل الناقلة بوحدة إعادة التدوير أو الخلاط، يجب فحص درجة حرارة الأسفلت باستخدام مقياس حرارة مستقل عن ذلك المثبت على الناقلة. ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب المورّد إلى الموقع بخواص الاختراق، والنسبة المئوية للمخلفات -كما هو موضح في تصميم الخلطات- وفي حدود التفاوتات المسموحة المحددة في القسم الفرعي (٤-٦-٥-١).

وإضافة لما سبق، يجب التحكم في محتوى الرطوبة بعد الخلط؛ لضمان الانتشار الكافي لعامل إعادة التدوير، وأي إضافات لإعادة التدوير، ولضمان الدمك الأمثل للخلطة المعاد تدويرها على البارد. ولتحديد محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء، ويجب استخدام طريقة اختبار الفرن الجاف النموذجية وفقًا لمواصفة AASHTO T265 أو AASHTO T329 (أو AASTM D2216) أو طريقة اختبار تسخين فرن الميكروويف وفقًا للمعيار ASTM D4643، ولضمان الاتساق الدائم لإجمالي السوائل المحقونة مع تصميم الخلطات، ويجب أيضًا تعديل كمية الماء المضاف إذا ما غُيّرمعدل الأسفلت المستحلب في الموقع. وتحدد نسبة الكثافة المدموكة من خلال تقييم الكثافة المحققة بالنسبة للكثافة المستهدفة المحددة في القطاع التجريبي، وفي حدود التفاوتات المسموحة الموضحة في الجزء الفرعي (٤-٦-٣) وتُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة باستخدام طريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، ولتحديد نسبة الكثافة الموضعية ومحتوى الرطوبة معًا، يجب استخدام مقياس الكثافة النووية في وضع النقل المباشر للتشغيل، وذلك فقًا للمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310)، مع ملاحظة أن التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار يجب أن يتم وفقًا للمعيارين ASTM D7013 وASTM D7759.

لا ينصح باستخدام العينات المنتجة حقليًا، والعينات الحقلية أو المعملية المدموكة لاختبار الأداء (مقاومة الشد غير المباشر ونسبة مقاومة الشد والتآكل وثبات مارشال) كشرط أساسي لاختبار ضبط الجودة للمواد المعاد تدويرها الرغوية/المستحلبة، وتؤدي الاختلافات في الظروف البيئية (درجات الحرارة المحيطة، ومعدلات المعالجة، ومستويات الرطوبة، وتأثير الشمس والرياح، وما إلى ذلك) إلى نتائج اختبار غير متسقة؛ مما يجعل من الصعب تحديد نتائج الاختبار والتحكم فيها، وفي حال طلب المهندس أو الجهة المسؤولة إجراء الاختبار الحقلي، يجب دمك العينات عندئذٍ في نفس الإطار الزمني والظروف المحيطة، مثل: الدمك الحقلي، ويجب استخدامها لأسباب معلوماتية فقط، وعلاوة على ما سبق لا يُنصح بالتجويف الفوري لمواد إعادة التدوير على البارد؛ لأن المواد قد تستغرق أسابيع، أو أشهر حتى تنضج وتقوى بشكل كامل بما يكفي للحفاظ على قوة التجويف.

ويجب أخذ قياسات المجس بعرض الحصيرة، وطول الحافة الخارجية، وبالقرب من الفواصل الطولية لتحديد عمق انتشار المادة التي وُضعت، ويجب فحص سمك الحصيرة المدموكة؛ للتأكد من عمق المجس الحالي، وتعديله -حسب الضرورة-؛ ليتناسب مع السمك المدموك المناسب.

ويجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم، ويجب قياس المنحدر العرضي عبر عرض الحصيرة بعد الانتهاء من الدمك لضمان كون الميل العرضي المطلوب في حدود ± ٠,١ ٪، كما يلزم قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر من الطبقة المبنية.

كما يجب التحقق من عدم التكافؤ عن طريق القياس، عن طريق حافة مستقيمة بطول ٣ أمتار باستخدام مسطرة إسفين يمكن أن تنزلق بين واجهة الرصف/الحافة المستقيمة لقياس الفجوة بدقة، على ألا يزيد الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة وسطح الطبقة عن ٦ ملم.

٤-٦-٥ معايير القبول:

٤-٦-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر والتربة/ خليط الركام-الأسمنت في المصدر والموقع أثناء تنفيذ العمل وطبقة الأساس/ ما تحت الأساس النهائية المثبتة ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٤-١٩) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام وطبقة الأسفلت الرغوي المعاد تدويرها، وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماح بتنفيذها وفقًا لمواصفة ARRA CR301 . يوضح الجدول (٤-٢٠) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، وطبقة الأسفلت المستحلب المعاد تدويرها، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بتنفيذها وفقًا لمواصفة ARRA CR301. يوضح الجدول (٤-٢١) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، وطبقة إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بها وفقًا لمواصفة ARRA CR301. و يجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–١٩) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس المكونة من الأسفلت الرغوي المعاد تدويره.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام والخلطة المعاد تدويرها من الأسفلت الرغوي	تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها	في المصدر	ثلاث اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T11, T27 / or ASTM C117, C136	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-١)
	تدرج الركام الجديد		ثلاث اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T27 / ASTM C136	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	خواص الركام الجديد		مرة قبل وضع طبقات الخرسانة	AASHTO T96 AASHTO T104 AASHTO T176	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
				ASTM D4318 ASTM D4792 ASTM D5821	
	الأسفلت		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى تم تغيير المصدر	مواصفة منتجات أرامكو السعودية A-970	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٢)
	الأسمنت البورتلاندي		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	ASTM C150	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٣)
	الجير		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	ASTM C5	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٣)
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة		ثلاثة اختبارات لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T180	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٤)
	خواص الأسفلت الرغو ي (نسبة التمدد ونصف الوقت)			وحدة الترغية المعملية	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٤)
	مقاومة الشد غير المباشر ونسبة مقاومة الشد			AASHTO T283	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٤)
الخلطة المعاد تدويرها من الأسفلت الرغوي المستخدم	اخترق الأسفلت	موقع المشروع	كل ٢٠ طن	ASTM D5	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٢)
	خواص الأسفلت الرغو ي (نسبة التمدد ونصف الوقت)		طريق ناقلات البضائع الجافة	إجراء اختبار الفوهة في دلو سعة ٢٠ لترًا	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٤)
	الأسمنت البورتلاندي		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	ASTM C150	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٣)
	الجير		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	ASTM C5	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٣)

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
	تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	AASHTO T11, T27 / or	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-١)
	تدرج الركام الجديد		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	ASTM C117, C136	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	نسبة الرطوبة في الخلطة المعاد تدويرها		كل ١ كيلو متر	AASHTO T27 / ASTM C136	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٤)
	عمق المواد المعاد تدويرها		كل ١٠٠ متر	قياس مجس العمق	الحد الأدنى للمخطط والعمق المحدد
	عرض الحصيرة		كل ١٠٠ متر	قياس الشريط	± ١٥٠ مم
	مقاومة الشد غير المباشر، ونسبة مقاومة الشد		كل ٢,٥٠٠ متر مربع	AASHTO T283	< ٨٥٪ من تصميم الخلطات (الجزء ٤-٦-٢-١-٤)
الطبقة المدموكة	درجة الدمك		كل ١٠٠ متر	ASTM D1556 or ASTM D2950	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٧)
	السمك			قياس مجس العمق	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٧)
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-٧)
	مستويات ومنحدرات، وأبعاد العمل		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٦-٤)

الجدول (٤–٢٠) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس المكونة من الأسفلت المستحلب المعاد تدويره.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام والخلطة المعاد تدويرها من الأسفلت المستحلب	درج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها	في المصدر	ثلاثة اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T11, T27 / or ASTM C117, C136	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-١)

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
	تدرج الركام الجديد		ثلاثة اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T27 / ASTM C136	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	خواص الركام الجديد		مرة قبل وضع طبقات الخرسانة	AASHTO T96 AASHTO T104 AASHTO T176 ASTM D4318 ASTM D4792 ASTM D5821	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	الأسفلت المستحلب		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	AASHTO M140 AASHTO M208	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٢)
	الأسمنت البورتلاندي		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيرالمصدر	AASHTO M85	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)
	الجير		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	AASHTO M216	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)
	مقاومة الشد غير المباشر ونسبة مقاومة الشد		مجموعة من الاختبارات لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T283 or AASHTO T245	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٤)
	التآكل			ASTM D7196	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٤)
الخلطة المعاد تدويرها من الأسفلت المستحلب المستخدم	الأسفلت المستحلب	موقع المشروع	كل ٢٠ طن	AASHTO M140 or AASHTO M208	الاختراق: ±٢٥ % النسبة المئوية للمخلفات: ±٢ %
	الأسمنت البورتلاندي		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	AASHTO M85	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)
	الجير		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	AASHTO M216	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
	تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	AASHTO T11, T27 or ASTM C117, C136	القسم الفرعي (٤-٦-٢-١-١)
	تدرج الركام الجديد		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	AASHTO T27 / ASTM C136	الجزء الفرعي (٤-٣-٢)
	نسبة الرطوبة في الخلطة المعاد تدويرها		كل ١ كيلو متر	AASHTO T329 AASHTO T265 ASTM D2216 or ASTM D4643	القسم الفرعي (٤-٦-٢-٢-٤)
	عمق المواد المعاد تدويرها		كل ١٠٠ متر	قياس مجس العمق	الحد الأدنى للمخطط والعمق المحدد
	عرض الحصيرة		كل ١٠٠ متر	قياس الشريط	± ١٥٠ مم
	مقاومة الشد غير المباشر ونسبة مقاومة الشد		كل ٢,٥٠٠ متر مربع	AASHTO T283 or AASHTO T245	> ٨٥٪ من تصميم الخلطات (الجزء ٤-٦-٢-٢-٤)
الطبقة المدموكة	درجة الدمك		كل ١٠٠ متر	ASTM D1556 or ASTM D2950	القسم الفرعي (٤-٦-٣-١-٧)
	السمك			قياس مجس العمق	القسم الفرعي (٤-٦-٣-١-٧)
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	القسم الفرعي (٤-٦-٣-١-٧)
	مستويات ومنحدرات وأبعاد العمل		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٤-٦-٤)

الجدول (٤–٢١) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المكونة من الأسفلت المستحلب.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	عدد مرات إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام والخليط المستصلح لإعادة	درج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها	في المصدر	ثلاثة اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم	AASHTO T11, T27 or ASTM C117, C136	الجزء ٤-٦-٢-٣-١

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	عدد مرات إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المكونة من الأسفلت المستحلب			الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل		
	تدرج الركام الجديد		ثلاثة اختبارات عند بدء الأعمال أو تغيير المصدر لتصميم الخلطات واعتماد صيغة خلطة العمل	AASHTO T27 / ASTM C136	الجزء ٤-٣-٢
	خواص الركام الجديد		مرة قبل وضع طبقات الخرسانة	AASHTO T96 AASHTO T104 AASHTO T176 ASTM D4318 ASTM D4792 ASTM D5821	الجزء ٤-٣-٢
	الأسفلت المستحلب		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	AASHTO M140 AASHTO M208	الجزء ٤-٦-٢-٣-٢
	الأسمنت البورتلاندي		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	AASHTO M85	الجزء ٤-٦-٢-٣-٣
	الجير		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى غُيّرالمصدر	AASHTO M216	الجزء ٤-٦-٢-٣-٣
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة		أربعة اختبارات على الأقل لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T180	الجزء ٤-٦-٢-٣-٤
	قوة الشد غير المباشر المعالجة والمكيفة		مجموعة من الاختبارات لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T283	الجزء ٤-٦-٢-٣-٤
الخلطة المعاد تدويرها بكامل العمق للأسفلت المستحلب المستخدم	الأسفلت المستحلب	موقع المشروع	كل ٢٠ طن	AASHTO M140 or AASHTO M208	الاختراق: ±٢٥ % النسبة المئوية للمخلفات: ±٢ %
	الأسمنت البورتلاندي		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	AASHTO M85	الجزء ٤-٦-٢-٣-٣

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	عدد مرات إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
	الجير		في حال عدم وجود شهادة الجهة المصنعة، تُجرى اختبارات الجودة على كل ٢٠ طن	AASHTO M216	الجزء ٤-٦-٢-٣-٣
	تدرج طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	AASHTO T11, T27 or ASTM C117, C136	الجزء ٤-٦-٢-٣-١
	تدرج الركام الجديد		اختباران لكل ٢٠٠٠ متر مربع أو كل يوم عمل	AASHTO T27 / ASTM C136	الجزء ٤-٣-٢
	نسبة الرطوبة في الخلطة المعاد تدويرها		كل ١ كيلو متر	AASHTO T329 AASHTO T265 ASTM D2216 or ASTM D4643	الجزء ٤-٦-٢-٣-٤
	عمق المواد المعاد تدويرها		كل ١٠٠ متر	قياس مجس العمق	الحد الأدنى للمخطط والعمق المحدد
	عرض الحصيرة		كل ١٠٠ متر	قياس الشريط	± ١٥٠ مم
	قوة الشد غير المباشر المعالجة والمكيفة		كل ٢,٥٠٠ متر مربع	AASHTO T283	> ٨٥٪ من تصميم الخلطات (الجزء ٤-٦-٢-٣-٤)
الطبقة المدموكة	درجة الدمك		كل ١٠٠ متر	AASHTO T310 أو AASHTO T191	الجزء ٤-٦-٢-٣-٧
	السمك			قياس مجس العمق	الجزء ٤,٦,٣,٢,٧
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	الجزء ٤-٦-٢-٣-٧
	مستويات ومنحدرات وأبعاد العمل		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء ٤-٦-٤

٤-٦-٥-٢ ضمان الجودة:

تأخذ الجهة المسؤولة عينات القبول (وفقًا للمواصفتين ASTM D75 وASTM D3665)، وإجراء الاختبارات والفحوصات اللازمة؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة الأسفات الرغوي النهائية/ الأسفلت المستحلب المعاد تدويره، وطبقة الأساس؛ لإعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق المكونة من الأسفلت المستحلب تفي بمتطلبات المواصفات، أو تلزم المقاول بإجراء بعض أو جميع اختبارات

ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق تحت إشرافه المباشر، واتخاذ قرار بشأن قبول، أو رفض الأعمال، وتنفذ الجهة المسؤولة هذه الأنشطة بصورة عشوائية.

٤-٦-٦ القياس والدفع:

قاس كميات المواد الفعلية والمقبولة للأسفلت الرغوي/ المستحلب المعاد تدويره، ومواد الأسفلت المستحلب المعاد تدويره بكامل العمق بالمتر المكعب، وذلك بعد وضعها ودمكها وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات أو حسب تعليمات المهندس، وفي حال اقتضت المواصفات الخاصة عوامل منفصلة لإعادة تدوير الأسفلت، أو قياس المواد المضافة، يجب – حينئذ- قياس الكمية المستخدمة من الأسفلت الرغوي، والأسفلت المستحلب، أو الأسمنت البورتلاندي، والجير بالأطنان.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا مقابل توفير جميع المواد، والمعدات والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع الأعمال الإنشائية المرتبطة بإعادة التدوير على البارد في الوحدة المركزية، والموقع وكذلك حماية وصيانة الطبقة المعاد تدويرها على النحو المُحدد، مع مراعاة أنه ستُدفع الرسوم المستحقة عن عازل مستحلب الأسفلت المخفف موضوع المعالجة بموجب البند ٦,١، حيث تُسدد الدفعات وفقًا لواحد، أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-٢٢).

الجدول (٤–٢٢) بنود دفع رسوم طبقة الأسفلت الرغوي والمستحلب المعاد تدويرها/طبقة الأساس المعاد تدويرها.

رقم البند	البند	الوحدة
٤,٦	طبقة الأسفلت الرغوي المعاد تدويرها	متر مكعب
٤,٧	طبقة الأسفلت المستحلب المعاد تدويرها	متر مكعب
٤,٨	طبقة الأسفلت المستحلب المعاد تدويرها بكامل العمق	متر مكعب
٤,٩	الأسفلت الرغوي	طنِ: ألف كيلو جرام
٤,١٠	الأسفلت المستحلب	طنِ: ألف كيلو جرام
٤,٤	الأسمنت	طنِ
٤,١١	الجير	طنِ
٦,١	عازل مستحلب الأسفلت المخفف	متر مربع

٤-٧ طبقة ما تحت الأساس/ الأساس المعالجة بالجير:

٤-٧-١ الوصف:

يمكن استخدام الجير؛ لتطوير المواد الأساسية للركام الهامشي؛ وتحويلها إلى مواد إنشائية عالية الجودة، حيث يمكن أن يُسهم استخدام الجير في تحسين خواص المقاومة، والاتساق للركام مع الحبيبات البلاستيكية التي كانت ستهدر لولا ذلك (NLA, 2004)، وتُسهم تسليح وتصليب طبقات الأساس، وما تحت الأساس من خلال تثبيت الجير في تحسين القدرة المحسنة على توزيع الحمل على هيكل الرصف، ومن ثم حماية طبقة التأسيس الطبيعية من الإجهاد الزائد بسبب الحمل المروري، كما يُستخدم الخلط الحقلي للركام بوساطة آلة القطع، والكشط بشكل أكثر شيوعًا؛ لتثبيت القاعدة، على أن الخلط بالوحدة المركزية قد يكون أكثر كفاءة متى كان ذلك مسوغًا اقتصاديًا.

ويصف هذا الجزء إنشاء طبقة ما تحت الأساس/ طبقة الأساس الثابتة بالجير، بما في ذلك متطلبات المواد، ووضع ودمك المواد المعتمدة وإجراءات مراقبة/ضمان الجودة لقبول الأعمال ذات الصلة؛ على أن يتم جميع ما سبق ضمن الحدود والأبعاد، والسمك والمستويات والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

٤-٧-٢ المواد:

٤-٧-٢-١ التربة/ الركام:

قد تتكون التربة، ومواد الركام المستخدمة من مواد قاعدة ركام هامشية، لا سيما تلك التي تحتوي على حبيبات طينية زائدة، ويشمل ذلك الركام المشتمل على حبيبات بلاستيكية، مثل الحصى الطيني والحصى "المتسخ"، والأحجار الجيرية، والكاليش، والأساسات الهامشية الأخرى التي تحتوي بشكل عام على كمية زائدة من المواد الدقيقة التي تمر عبر الشبكة رقم ٤٠، ويجب أن تحتوي مواد مثل هذه الطلقات على مادة بحد أدنى ٥٠ ٪ بالإضافة إلى ٠,٤٢٥ ملم (رقم ٤٠) قبل معالجة الجير، ويمكن معالجة مواد التربة المختلفة لقاعدة ما تحت الأساس.

٤-٧-٢-٢ الجير:

يجب أن يتوافق الجير الحي، والجير المطفأ بشكل عام، سواء كان عالي الكالسيوم، أو دولوميت أو ماغنيسي، المستخدم في تثبيت طبقة الأساس مع المتطلبات المحددة في المواصفة ASTM C977 (أو AASHTO M216)، وعلى وجه الخصوص، فإن المتطلبات المرتبطة بخواصها الفيزيائية هي كما يلي:

- يجب أن يمر الجير الحي بالكامل بمنخل مقاس ٢٥,٤ ملم وفي ظل درجة حرارة مرتفعة لا تقل عن ٣٠ درجة مئوية لمدة ٢٠ دقيقة؛ كما يجب ألا يشتمل الجير الحي المستخدم في تثبيت التربة على أكثر من ١٠ ٪ من المخلفات.
- يجب ألا يحتوي الجير المطفأ على أكثر من ٣ ٪ محتفظ بها على منخل ٦٠٠ مايكرومتر (رقم ٣٠) ولا يزيد عن ٢٥ ٪ محتفظ بها على منخل ٧٥ مايكرومتر (رقم ٢٠٠).

وإضافة لما سبق يجب أن يتوافق الجير الحي، والمطفأ المستخدم في تثبيت التربة/ الركام مع التركيبة الكيميائية التالية:

- أكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم (على أساس غير متطاير، الحد الأدنى ٪): ٩٠.
- ثاني أكسيد الكربون (يؤخذ عند نقطة التصنيع، الحد الأقصى ٪): ٥.
- الرطوبة الحرة (تؤخذ عند نقطة التصنيع، الحد الأقصى ٪): ٢.

٤-٧-٢-٣ المياه:

يجب أن تكون المياه المستخدمة في عمليات الخلط نظيفة، وخالية من الكميات الضارة من الزيوت، أو الأحماض أو القلويات، أو المواد العضوية، أو غير ذلك من المواد الضارة، ولا تتطلب المياه الصالحة للشرب أي اختبار. ويجب اختبار المياه المشكوك في جودتها وفقًا لمواصفة ASTM C1602.

٤-٧-٢-٤ مركبات المُعالجة:

باستثناء رش المياه، يمكن استخدام الأسفلت المستحلب كأداة معالجة على سطح الطبقات المعالجة بالجير لتقليل نسبة فقدان المياه، ويجب أن تتوافق عملية المساعدة في كسب القوة مع المواصفة ASTM D977 (أو AASHTO M140).

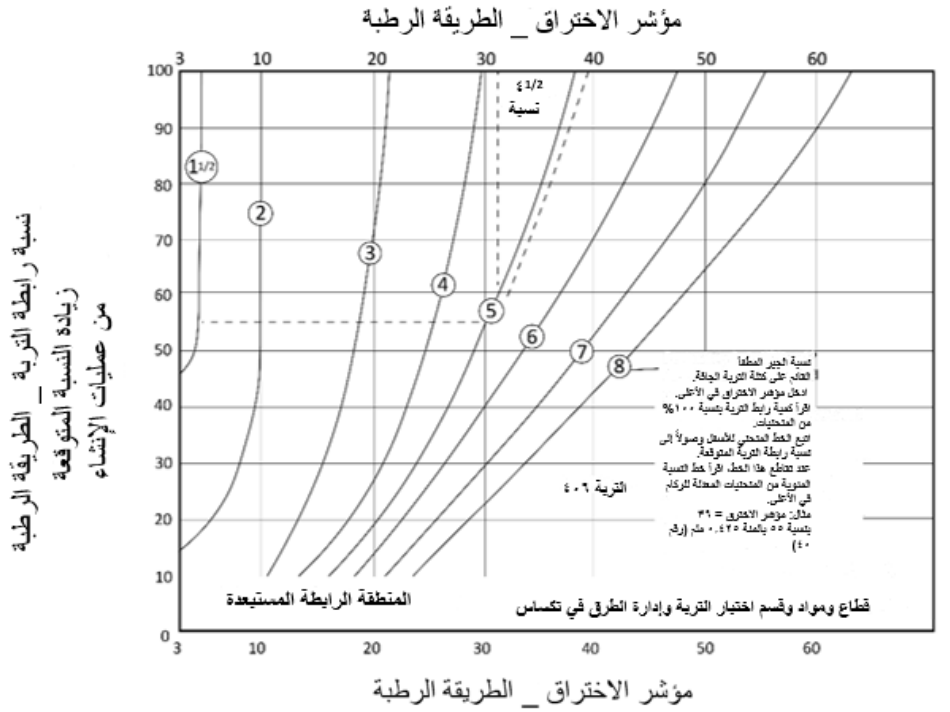
٤-٧-٢-٥ تصميم الخلطات:

يكمن الهدف الأساسي من تصميم الخلطات في تحديد المحتوى الأمثل من الجير المطلوب؛ لتحسين قوة ومتانة التربة/ الركام لإنشاء طبقات الرصف الإنشائي، ويجب إضافة كمية كافية من الجير لتحسين، وتطوير منتجات التفاعلات البوزولانية، وبالتالي زيادة القوة البوزولانية، وبعدها يجب أن يشتمل تصميم خليط التربة والجير -باستثناء تفاصيل تدرج الركام- على مواد الجير، كما يجب أن تشتمل الرطوبة، والكثافة المطلوبة، أثناء الدمك على معيار قوة لتقييم المحتوى الأمثل للمادة الرابطة.

وما لم تصدر تعليمات عن المهندس بخلاف ذلك، يجب اتباع إجراءات تصميم الخلطات الموضحة في المواصفة AASHTO T220 الذي ينص على تحديد مقاومة الانضغاط غير المقيدة لخلطات التربة والجير، وتشير معايير المقاومة إلى أن مقاومة الانضغاط غير المقيدة البالغة ٦٩٠ كيلو باسكال مُرضية لإنشاء طبقة الأساس، في حين تبلغ نسبة المقاومة ما لا يقل عن ٣٤٥ كيلو باسكال لإنشاء طبقة ما تحت الأساس. وفيما يلي عرض لإجراءات تصميم الخلطات:

١- بناءً على حجم الحبوب وبيانات مؤشر الاختراق، تحدد النسبة المئوية للجير باستخدام الشكل ٤-٢. يجب إثبات النسب المئوية في هذا الشكل من خلال طرق اختبار معتمدة تُجرى على أي مادة معينة من مواد التربة. ويحظر استخدام مخطط مواد أقل من ١٠ ٪ عند ٠,٤٢٥ ملم (رقم ٤٠) والمواد غير المتماسكة ($PI < 3$)، ولأغراض التثبيت، يلزم استخدام الجير عالي النقاء نسبيًا، عادةً ما تكون النسبة ٩٠٪ أو أكثر من هيدروكسيدات الكالسيوم والماغنيسيوم أو كليهما، ويمر ما نسبته ٨٥٪ أو أكثر منها بمنخل مقاس ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠). إن النسب المئوية الموضحة تستخدم؛ لتثبيت طبقات التأسيس،

وطبقات الأساس؛ إذ يكون التأثير الدائم مرغوبًا فيه، ويُحصل على نتائج مؤقتة مرضية -في بعض الأوقات- باستخدام نسبة ضئيلة لا تزيد عن نصف النسب المئوية المذكورة أعلاه.



*استبعاد استخدام الرسم البياني للمواد التي تحتوي على أقل من ١٠% - رقم ٤ والمواد غير المتماسكة (مؤشر اختراق أقل من ٣).
** نسبة الجير النقي نسبياً عادة ما تكون ٩٠% أو أكثر من هيدروكسيدات سيريوم و/أو المغنيسيوم و٨٥% أو أكثر منها تمر عبر المنخل رقم ٢٠٠. النسب المئوية الموضحة مخصصة لتثبيت القواعد الترابية وطبقات الأساس حيث تكون التأثيرات الدائمة مرغوبة. يتم الحصول على نتائج مؤقتة مرضية في بعض الأحيان عن طريق استخدام أقل من نصف النسب المذكورة أعلاه. يتم الإشارة ضمنيًا إلى قوة التثبيت عند استخدام مصطلحات مثل "التأثيرات الدائمة" و"النتائج المؤقتة".

]

الشكل (٤–٢) الكميات الموصى بها من الجير لتثبيت الطبقات والقواعد (AASHTO T220).

٢- يتُحدد نسبة الرطوبة المثلى، والكثافة الجافة القصوى للخلطات وفقًا لمواصفة AASHTO T220 (الجزء ٧). قم بإعداد خلطات التربة/الجير - الركام باستخدام خلاط ميكانيكي للدمك والاختبار المعملي وفقًا للمواصفة ASTM D3551. يبلغ جهد الدمك ٥٠ ضربة من مطرقة بوزن ٤,٥٤ كجم مع ارتفاع يبلغ ٤٥٧ ملم حيث تتم أعمال على أربع طبقات.
٣- تدمك ثلاث عينات بقطر ١٥٠ ملم وارتفاع ٢٠٠ ملم بمحتوى الرطوبة الأمثل، والكثافة الجافة القصوى.
٤- بعد الخروج من قالب التشكيل، وفي ظل وجود أحجار مسامية علوية وسفلية، تُدخل عينات الاختبار في خلية ثلاثية المحور، وتُعالج حسب الطريقة التالية (مواصفة AASHTO T220، الجزء ٩):
أ- اترك العينة تبرد لحين الوصول على درجة حرارة الغرفة.
ب- أخرج الخلايا وجففها عند درجة حرارة لا تزيد عن ٦٠ درجة مئوية لمدة ٦ ساعات تقريبًا، أو لحين خروج ثلث إلى نصف رطوبة القالب.
ج- اترك العينات تبرد لمدة ٨ ساعات على الأقل.
د- اجعل العينات تخضع للجاذبية الشعرية لمدة ١٠ أيام (وفقًا لمواصفة AASHTO T220، الجزء ١٠).
٥- يتم بعد ذلك اختبار العينات المعالجة بالانضغاط وفقًا لمواصفة AASHTO T220 (الجزء ١١).

يمكن استخدام نتائج مقاومة الانضغاط؛ للتعرف على محتوى الجير الأمثل.

٤-٧-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٧-٣-١ أحكام عامة:

تشمل خطوات الإنشاء التي تنطوي عليها عملية تثبيت الجير في الموقع إعداد الموقع، ونشر الجير، وإضافة الماء والخلط والدمك حتى أقصى كثافة والمعالجة قبل وضع الطبقة التالية، أو الطبقة السطحية، وعند استخدام خلطات المحطات، تُطبّق الخطوات التالية: نشر الخليط المكون من الماء والركام، والجير والدمك، والمعالجة.

يستغرق تثبيت الجير بعض الوقت، ويتطلب طقس دافئ إلى حد ما؛ لمعالجته بشكل صحيح، وكقاعدة عامة، لا ينبغي البدء في تنفيذ أعمال الجير إلا عندما تكون درجة حرارة الهواء ٤ درجة مئوية -على الأقل- فما فوق.

ويمكن الاستمرار في تنفيذ أعمال نشر الجير، والخلط والدمك بشكل طبيعي أثناء هطول الأمطار الخفيفة، وقد يكون من الصعب نشر الجير الجاف بواسطة ممهدة مزودة بمحرك أثناء هطول المطر في حال عدم القيام بهذا الأمر بسرعة عندما يصبح الجير رطبًا، كما أن المطر ربما يؤدي إلى جريان القلويات في حال عدم احتواء الجير باستخدام التربة المتخدشة، أو الحواجز الترابية مع دمكه بسرعة في التربة. وبمجرد خلط الجير مع التربة، تقلل الأمطار الخفيفة من كمية الرش اللازمة لعملية الدمك.

٤-٧-٣-٢ إنشاء طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس المعالجة بالجير:

٤-٧-٣-٢-١ طريقة الخلط في الموقع:

تجهيز الموقع:

تخلص من الأنقاض الموجودة في المنطقة المراد تثبيتها قبل البدء في المعالجة بالجير، وافحص الأرضية الأصلية للتأكد من ملاءمتها لجهد الدمك القادم لأعمال معالجة الجير، ثم قم بتدريج وتشكيل المنطقة المراد تثبيتها بحيث تتوافق مع الخطوط والدرجات والقطاعات العرضية المشار إليها في المخططات أو وفقًا لتوجيهات المهندس.

نشر الجير:

بعد الحصول على الخط والدرجة المطلوبين، تُخدش وتُفتت المادة الأساسية جزئيًا لنشر الجير، ثم أزل المواد العضوية الموحدة، مثل الجذوع، والجذور، والصخور، التي يزيد حجمها عن ٧٥ ملم، وتأكد من أن كمية الجير المدمج في حدود ± ٠,٥ ٪ من المتطلبات.

- وضع الجير الحي الجاف: يجب نشر الجير الحي، وتوزيعه بمعدل موحد مع حمايته من الرياح، وبعد وضع الجير على القاعدة، امنع الجير الجاف من التطاير عن طريق إضافة الماء إلى الجير، أو باستخدام وسائل أخرى مناسبة، وتجنب استخدام الجير عندما يرى المهندس أن الرياح قد تؤثر على الاستخدام السليم للجير. ويجب أن يوضع الجير على القاعدة بطريقة موحدة ضمن ممارسة الإنشاء العادية، ومعتمدة من المهندس، ولضمان وضع الكمية المناسبة من الجير، يمكن وضع وعاء، أو قطعة قماش من منطقة معروفة على الأرض بين عجلات معدات التوزيع أثناء قيادتها عبر الموقع، ويوزن وعاء التجميع الذي يحتوي على الجير؛ للتأكد من صحة كمية الجير.
- وضع الجير الجاف المطفأ: يجب ألا يوضع الجير الجاف المطفأ مباشرة على الأساس إلا في المناطق النائية -تجب موافقة المهندس-، كما أنه لا يُستخدم في الأجواء العاصفة بسبب الغبار المفرط. ويجب نشر الجير المطفأ بشكل موحد عند النسبة المئوية المحددة من الشاحنات المجهزة بشكل مناسب؛ ويفضل استخدام أداة التوزيع المعتمدة للتوزيع الموحد، ويمكن قياس معدل استخدام الجير الجاف المطفأ من خلال الطريقة ذاتها الموضحة أعلاه للجير الحي.
- وضع مونة الجير المطفأ: يجب تحضير المونة في خزان خلط مركزي مزود بمعدات تقليب للخلط -إذا لزم الأمر؛ للحفاظ على المونة معلقًا لحين وضعه على طبقة الأسفلت، وفي حال استخدام قيمة صنبور المونة للمونة، فقد تكون هناك حاجة إلى التقليب في صهاريج التخزين المركزية، وشاحنات التوزيع. ويجب توزيع مونة الجير بالتساوي؛ لكي يكون الجير موزعًا بشكل موحد في جميع أنحاء منطقة القاعدة المراد معالجتها، ويمكن استخدام شاحنات المياه، أو الأسفلت القياسية المنظفة بشكل صحيح باستخدام موزعات الضغط، أو بدونها لمعالجة الجير.

ويجب توزيع مونة الجير من خلال ممرات متعاقبة فوق المواد الأساسية؛ حتى الانتهاء من نشر محتوى الجير المحدد، على أن تقوم شاحنة التوزيع بتحريك المونة باستمرار؛ للحفاظ على الخليط موحدًا، أو يلتزم المقاول بتقديم دليل على أن المونة سيبقى معلقًا دون تحريكه. وبصورة عامة يحتاج المونة المصنع مباشرة من الجير الجاف المطفأ إلى التقليب، في حين أن المونة المصنع من الجير الحي في خزانات خاصة في موقع العمل قد لا يحتاج إلى التقليب.

وتعتمد النسبة الفعلية المستخدمة على النسبة المئوية للجير المحددة حسب نوع التربة، والنسبة المئوية للمواد الصلبة الجيرية في المونة، وبمجرد معرفة محتوى المواد الصلبة في المونة، يمكن توزيع الأحمال على المناطق المقاسة؛ لضمان الاستخدام بمعدل صحيح.

وبعد الانتهاء من أعمال الخلط الأولي والسقي، شكل القاعدة، وادحلها برفق؛ لإغلاق السطح بهدف تقليل تبخر الرطوبة، وكربونات الجير.

الخلط والسقي:

تُخلط وتُفتت المواد الأساسية خلال هذه الخطوة، إذ يجب إضافة الماء (والحفاظ عليه) حتى محتوى الرطوبة الأمثل؛ وبالنسبة لإضافات الجير الحي، يجب أن تشمل متطلبات المياه أيضا الإطفاء بالماء.

ابدأ الخلط في غضون ٦ ساعات من وضع الجير. لا يُقبل الجير المطفأ المعرض للهواء الطلق لمدة ٦ ساعات، أو أكثر خلال الفترة الواقعة بين وضع الجير، وخلطه أو الجير الذي يتعرض للفقد بنسبة مفرطة بسبب الغسيل، أو هبوب الرياح.

اخلط المواد والجير جيدا باستخدام المعدات المعتمدة، واترك الخليط يترطب لمدة ١-٤ أيام حسب التوجيهات التي تصدر في هذا الشأن، وعند استخدام الجير الحي من الدرجة الحصوية. اترك الخليط يترطب لمدة ٢-٤ أيام حسب التوجيهات التي تصدر في هذا الشأن، رش المواد المعالجة أثناء عملية الخلط والترطيب، حسب التوجيهات الصادرة؛ لتحقيق نسبة الترطيب، والرطوبة الكافية والمناسبة، وبعد الترطيب، استأنف الخلط حتى تحصل على خليط متجانس قابل للتفتيت، ونظرًا لأن المواد الأساسية تكون خشنة تمامًا، فإن متطلبات الخلط تهدف إلى توحيد خليط الجير الأساسي، ويفضل إزالة جميع عناصر الركام الزائدة عن ٥٠ ملم من طبقة الأساس.

الدمك:

يجب البدء في أعمال الدمك الأولي في أقرب وقت ممكن، بعد الخلط باستخدام مدحلة حوافر الغنم، أو مدحلة اهتزازية ذات أقدام بارزة - ما لم تصدر توجيهات من المهندس بخلاف ذلك-. وعلى أي حال، يجب توخي الحذر حتى لا تصبح المادة جافة للغاية خلال فترة الترطيب، وحتى لا تكون هناك نسبة مفرطة من الكربونات. قد يكون رش الماء الخفيف ضروريًا؛ للحفاظ على النسبة المثلى لها بما لا يزيد ١ ٪ دون النسبة المثلى و٢ ٪ زيادة عن هذه النسبة المثلى، واستمر حتى المركز، مع التشابك في الرحلات المتتالية بمقدار نصف عرض وحدة المدحلة على الأقل. وعلى المنحنيات الفائقة الارتفاع، تبدأ عملية الدحل من الجانب المنخفض، ويتقدم نحو الجانب المرتفع مع تعويض الرحلات البديلة للمدحلة. شغل المدحلة بسرعة ٣ - ١٠ كم/ساعة، أو وفقًا لتوجيهات المهندس، ومع تقدم عملية الدمك، حافظ على شكل الطبقة عن طريق الكشط، وخلال عملية الدمك النهائي، يجب تشكيل القاعدة؛ لتتوافق مع الخطوط والدرجة المطلوبة، كما هو موضح في الأقسام النموذجية، مع ضرورة تسوية جميع المخالفات لتشكيل سطح أملس وكثيف، وعادة ما تستخدم المدحلة الفولاذية المزودة بعجل في التشطيب، وبصورة عامة يجب أن تكون المعدات المستخدمة مناسبة لعمق القطاع الذي يتم إنشاؤه.

يجب دمك مادة الأساس المعالج بالجير في المرتفعات المحددة بحد أدنى ٩٨ ٪ من الحد الأقصى للكثافة الجافة؛ بناءً على المتوسط المتحرك لخمسة اختبارات متتالية مع عدم وجود اختبار فردي أقل من ٩٦ ٪. يجب أن تستند اختبارات الكثافة الحقلية على علاقات الرطوبة والكثافة لعينة تمثيلية معالجة بالجير حُصل عليها من الموقع.

ويجب إكمال عملية الخلط والدمك بالكامل في غضون ١٢٠ ساعة من وضع الجير الأولي، ما لم يسمح المهندس بخلاف ذلك.

المعالجة:

قبل وضع الطبقة السطحية، يجب معالجة الطبقة؛ حتى تتمكن معدات الإنشاء المحملة من السير فوقها دون إحداث شقوق أو تصدعات، وخلال هذا الوقت ولمدة لا تقل عن ٢ - ٥ أيام أو وفقًا لتوجيهات المهندس، يجب الحفاظ على رطوبة سطح طبقة الأساس، ويتحقق ذلك إما عن طريق المعالجة الرطبة بالإبقاء على السطح في حالة رطبة عن طريق رش نسبة بسيطة من المياه والدحل عند الضرورة، أو معالجة الغشاء الذي ينطوي على تغطية الطبقة المدموكة بطبقة الصق مستحلب الأسفلت سواء لمرة واحدة، أو لمراتٍ عديدة، ويبلغ معدل الاستخدام النموذجي لطبقة اللصق ٠,٤ - ١,١ لتر/متر مربع، ويجب أن يوافق المهندس على معدل الاستخدام الدقيق.

التحكم في المرور:

يجب منع حركة المرور الثقيلة أثناء المعالجة -متى كان ذلك مسموحًا-، مع ضرورة إصلاح الشقوق بحيث تصبح في حالة جيدة عن طريق الدحل -حسب الضرورة- وقبل تركيب طبقة لصق الأسفلت، يجب أن تكون القاعدة نظيفة ومبللة، ولا يكون ذلك ضروريًا عند الرصف باستخدام الأسمنت البورتلاندي في الخرسانة.

٤-٧-٣-٢-٢ طريقة الخلط في الوحدات:

الخلط المركزي:

يجب تغذية الجير والركام بمعدلات موحدة، ومحددة مسبقًا في الخلاطات المزودة بطاحونة، ويمكن قياس الجير على سير التغذية على البارد الذي ينقل طبقة قاعدة الركام، متبوعًا مباشرة برذاذ من الماء لترطيب الجير (في حالة الجير الحي) وتسليح تفاعله الكيميائي مع الطين، أو المواد الناعمة الأخرى. تأكد أن كمية الجير المدمجة في حدود ± ٠,٥ % من النسبة المطلوبة، وارفض أي مواد لا تستوفي نسبة التحمل هذه. ويجب بعد ذلك نقل الركام إلى طاحونة؛ لضمان المزج الكافي قبل التخزين، كما يجب اعتماد مرافق محطة الخلط المركزية من المهندس، مع ضرورة إجراء فحوصات دورية للتأكد من دقة نسب التغذية.

وضع المواد:

اسحب القاعدة المعالجة بالجير إلى الطريق في شاحنات نظيفة، وابدأ في وضعها على الفور، ويجب نشر مادة طبقة الأساس الكاملة بشكل موحد على السطح المستخدم بالكامل وبالسمك المحدد باستخدام صندوق توزيع ركام معتمد، ولا ينصح بإلقاء المواد من الباب الخلفي، أو النشر باستخدام ممهدة مزودة بمحرك، أو جرافة.

قم بإنشاء فواصل رأسية بين المناطق المجزأة للقاعدة المعالجة بالجير، ويمكن إنشاء الوجه الرأسي باستخدام أنبوب توصيل رئيسي، أو عن طريق خفض الوجه إلى مستوى رأسي تقريبًا. ضع طبقات أساس متتالية باستخدام نفس الطرق المستعملة مع الطبقة الأولى، وأزح مفاصل الإنشاء بما لا يقل عن ١٥٠ ملم.

الدمك:

أنشئ كل طبقة بشكل موحد، واجعلها خالية من المناطق السائبة، أو المنفصلة مع اشتمالها على نسبة الكثافة والرطوبة المطلوبة. وفّر سطح أملس يتوافق مع الأقسام والخطوط، والدرجات النموذجية الموضحة في الخطط، أو وفقًا للتوجيهات التي تصدر في هذا الشأن. نفذ أعمال الوضع والدمك، والتشطيب في غضون ٧٢ ساعة بعد إضافة الجير إلى المادة الأساسية.

التزم لنفس متطلبات، ومعدات الدمك كما هو موضح لعملية تثبيت الجير في الموقع.

المعالجة:

تُتبع نفس متطلبات المعالجة الموضحة لعملية تثبيت الجير في الموقع.

٤-٧-٣-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

قبل وضع أي مواد، يجب على المقاول إنشاء قطاع تجريبي باستخدام المواد، وطريقة الإنشاء والمعدات المقترحة. يجب ألا يقل طول القطاع موضوع الاختبار عن ٢٠٠ متر ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. ويكمن الهدف من إنشاء هذا القطاع التجريبي في التحقق العمق من كفاءة معدات المقاول، وتحديد قياسات السمك الحرة التي سينتج عنها سمك الطبقة المدموكة المحددة؛ للتحقق من محتوى رطوبة الموقع، والتحقق من محتوى ومعدل فرد الجير، وكفاءة الخليط وعمقه وتحديد العلاقة بين عدد ممرات الدحل، والكثافة الناتجة للمادة المعالجة بالأسمنت. إضافة إلى ما سبق يُمكن تحديد الحد الأقصى لسمك ارتفاع الإنشاء بناءً على المواد والمعدات المحددة.

يمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا، وإلا يجب على لمقاول إدخال التعديلات المناسبة على خطة العمل، أو المعدات وإزالة قطاع الاختبار، أو إعادة إنشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. قد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٤-٧-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم مدى ملاءمة المواد للاستخدام في طبقتي الأساس، وما تحت الأساس المعالجة بالجير معمليًا؛ لإجراء اختبار التدرج وفقًا للمعايير ASTM C136, ASTM C117, ASTM D7928 (أو AASHTO T27)، بالإضافة إلى اختبار مؤشر اللدونة وفقًا لمواصفة AASHTO T90 (أو ASTM D4318)، كما يلزم -أيضًا- إجراء اختبار كثافة الرطوبة وفقًا لمواصفة AASHTO T220 لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى، وزيادة على ما سبق يجب إجراء اختبار الضغط المحوري وفقًا لمواصفة AASHTO T220٠ لتحديد خواص مقاومة خلطات التربة والجير، ويمكن أيضًا -عند الضرورة- إجراء اختبار المعامل المرن (M_r) وفقًا لمواصفة AASHTO T307؛ بغية تحديد معامل المادة المثبتة بالجير.

لتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية؛ ليتم اختبارها من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، يجب أخذ عينات عشوائية وفقًا للمواصفة ASTM D3665، وسوف يؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات. وتستند قرارات القبول إلى متوسط النتائج التي يُحصل عليها بناءً على العينات المأخوذة من ثلاث دفعات، أو خلطات متقطعة على الأقل، التي اختيرت عشوائيًا من كل مناولة. والدفعة هي كمية المواد اللازمة لملء شاحنة نقل واحدة على الأقل بالحجم العادي. وتُعرف المناولة بأنها ٥٠٠٠ م^3 -ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك-.

أما في الموقع، يجب تأمين عينات اختبار ما بعد الخلط؛ لتحديد التوافق مع التدرج والقوة -ما لم يصدر المهندس تعليمات بخلاف ذلك- ، ويجب أن يكون اختبار مقاومة الانضغاط المحوري لمواد خلط التربة والجير بالخلاطة بشكل عام في حدود ± ٢٠ ٪ من قيمة تصميم الخليط؛ وبالنسبة لخلطة الموقع يجب ألا تقل نسبة مقاومة الخلطات المخلوطة في الموقع إلى خلطات الخلاطة عن ٦٠ ٪، وعلاوة على ذلك، يجب اختبار محتوى الرطوبة، ودمك المواد المعالجة بالجير لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة في الموقع إلى الحد الأقصى للكثافة الجافة عن ٩٨٪ بناءً على المتوسط المتحرك لخمسة اختبارات متتالية، مع مراعاة عدم اختلاف أي اختبار فردي تحت ٩٦٪ عند محتوى رطوبة موحد بأكثر من ٢ سالب ١٪ أو موجب ٢٪ عن محتوى الرطوبة الأمثل المعتمد. ولتحديد محتوى الرطوبة أثناء الإنشاء، يجب استخدام طريقة اختبار الفرن الجاف النموذجية وفقًا للمواصفة ASTM D2216 أو طريقة اختبار تسخين فرن الميكروويف وفقًا للمواصفة ASTM D4643. وتُحدّد الكثافة الموضعية

لكل طبقة باستخدام طريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، ولتحديد من الكثافة الموضعية ومحتوى الرطوبة معًا، ويجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا للمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310)، مع ملاحظة أن التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار يجب أن يتم وفقًا للمعيارين ASTM D7013 وASTM D7759. ويجب تحديد محتوى الجير في خليط الركام المعالج بالأسمنت وفقا ل أو AASHTO T232وأن يكون في حدود ٠,٥٪ ± من نسبة تصميم الخلطة المحددة.

يجب تقييم سمك الطبقة المعالجة بالجير- إذا تعذر الحصول على مخروط-، وذلك عن طريق حفر حفرة؛ لاختراق الطبقة الموجودة أسفل الطبقة التي تقاس مباشرة بشكل كاف، وتحديد موقع السطح بصريًا، وإجراء قياسات للسمك من الطبقة البينية إلى أعلى الطبقة. ويجب ألا يتجاوز الاختلاف بين سمك الطبقة المنفذة، والسمك المطلوب ١٠ ملم أو ١٠٪ من السمك المعتمد بالنظر إلى أيهما أقل.

لا ينبغي أن تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم. ويجب قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد القطاعات عن ٥ لكل ٢٠٠٠ م^{٢} من الطبقة المبنية.

يجب التحقق من عدم التكافؤ عن طريق القياس بمسطرة تقويم طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. على ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة، وسطح الطبقة عند أي نقطتي دعم متجاورتين في أي اتجاه ٦ ملم.

٤-٧-٥ معايير القبول:

٤-٧-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجمع النتائج ويُوثقها، ويُحللها؛ لضمان توفر المواد الخام في المصدر، وخليط الجير والتربة/ الركام في المصدر وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل، وأن تكون طبقتا الأساس وما تحت الأساس المعالجة النهائية ضمن الحدود المقبولة. ويوضح الجدول (٤-٢٣) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقات المدموكة، وعدد مرات هذه الاختبارات، والحدود المسموحة. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–٢٣) متطلبات ضبط الجودة لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس المعالجة بالجير.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام وخليط الجير والركام	مؤشر تدرج الكرام واللدونة	في المصدر	٣ اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر بموافقة المصدر أو صيغة خلطة العمل عند الموافقة على المصدر أو تغييره أو ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المنفذة	ASTM C136 ASTM C117/ ASTM D7928 AASHTO T90/ ASTM D4318	القسم الفرعي ٤-٧-٢-١ القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥
	الجير		شهادة الجهة المصنعة عند بدء التوريد أو متى تم تغيير المصدر	ASTM C977/ AASHTO M216	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٢
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة		ثلاثة اختبارات لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T220	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			AASHTO T220	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥
	عوامل المرونة			AASHTO T307	حسب تصميم الرصف
خليط الأسمنت والركام المستخدم	تدرج الركام	في الموقع	٣ اختبارات عند بدء توريد المواد، و	ASTM C136 ASTM C117/ ASTM D7928	القسم الفرعي ٤-٧-٢-١

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة		اختبار واحد كل ٥٠٠٠ متر مكعب من المواد الموردة أو عند تغيير خصائص الأعمال المنفذة أو اختبار واحد كل أسبوع.	AASHTO T220	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥
	محتوى الرطوبة			ASTM D2216 أو ASTM D4643 أو ASTM D6938 / AASHTO T310	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥ الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	محتوى الجير			AASHTO T232	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥ الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			AASHTO T220	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥ الجزء الفرعي ٤-٧-٤
الطبقة المدموكة	محتوى الجير		٣ اختبارات عند بداية الإنشاء اختبار واحد لكل ١٠,٠٠٠متر مربع	AASHTO T232	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥ الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	مقاومة الانضغاط اللامحصور			AASHTO T220	القسم الفرعي ٤-٧-٢-٥
	درجة الدمك		اختبار واحد كل ٢,٠٠٠ م٢ من الطبقة المشطبة أو كل يوم عمل، أيهما أقل.	AASHTO T191/ ASTM D1556 أو ASTM D6938 / AASHTO T310	الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	السمك			اللباب أو حُفر الاختبار	الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٤-٧-٤
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	الجزء الفرعي ٤-٧-٤

٤-٧-٥-٢ ضبط الجودة:

تقوم الجهة المسؤولة بتنفيذ أنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D3665) والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة الأساس، أو ما تحت الأساس النهائية المثبتة بالجير تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتنفذ الجهة المسؤولة هذه الأنشطة بصورة عشوائية.

٤-٧-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس المعالجة بالجير الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب، وذلك بعد وضعها ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس. وعندما تتطلب المواصفات الخاصة قياسات منفصلة للجير، يجب قياس الكمية المستخدمة بالفعل من الجير بالأطنان.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس المعالج بالجير على النحو المُحدد. ومن الملاحظ أن المستحلب الأسفلتي المستخدم في المعالجة والربط سيدفع ثمنه بموجب البند ٥-١. حيث تُسدد الدفعات وفقًا لواحد، أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-٢٤).

الجدول (٤–٢٤) بنود دفع مقابل طبقة ما تحت الأساس أو الأساس المعالجة بالجير.

رقم البند	البند	الوحدة
٤,١٢	طبقة ما تحت الأساس/ الأساس المعالجة بالجير	متر مكعب
٤,١١	الجير	طنِ
٥,١	طبقة اللصق	م٢

٤-٨ ركام طبقة الأساس المعاد تدويره:

٤-٨-١ الوصف:

من المتوقع أن يوفر الركام الخرساني المعاد تدويره، وكسارة الزجاج عند معالجتها بشكل صحيح/ أو خلطها مع الركام الطبيعي أو المكسر، ونقلها ونشرها ودمكها بشكل صحيح على درجة معدة، حسب معايير كثافة مناسبة الاستقرار الكافي، ودعم الحمل؛ للاستخدام كطبقة أساس للطرق المراد تغطيتها بطبقة سطحية من الأسفلت. ويجب توخي الحذر؛ لضمان أن استخدام هذه المواد المعاد تدويرها مسموح به وفقًا لقوانين، ولوائح الولاية القضائية المحلية.

ويوضح هذا الجزء متطلبات المواد وطريقة وضع المواد المعتمدة، ودمكها وإجراءات ضبط الجودة، وضمان الجودة لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود والأبعاد، والسمك والمستويات، والمنحدرات والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

ع، إضافة إلى ذلك يُحدد إطار لتقييم جدوى استخدام المواد، والنفايات، والمنتجات الثانوية الأخرى المعاد تدويرها؛ لتسليح الاستدامة في إنشاء طبقة الرصف.

٤-٨-٢ المواد:

٤-٨-٢-١ الركام الخرساني المستصلح:

يجب أن يتكون الركام الخرساني المستصلح من مواد خرسانية مطحونة، وحبيبات ركام طبيعية مشتقة من تفتيت خرسانة الأسمنت البورتلاندي، وهي عبارة عن شظايا صلبة متينة من الحجر، أو الحصى، أو الخبث، أو الخرسانة المطحونة، أو الرمل مطابقة لما يلي ووفقًا لمواصفة AASHTO M319:

- يجب ألا يحتوي الركام الخرساني المستصلح على أكثر من ٥ في المائة من المواد الخرسانية الأسفلتية، والطوب بالكتلة، وفيما يتعلق بالنسب الأعلى من الخرسانة الأسفلتية أو الطوب، فإننا نوصي بإجراء فحص مختبريّ باستخدام نسبة تحمل كاليفورنيا، أو اختبار المعامل المرن وفقًا للمعيارين AASHTO T193 وT 307، على التوالي، أو إجراء تقييم حقلي بدلًا من ذلك. وبخصوص هذا الفحص المختبري، يُقارن خليط الركام الخرساني المستصلح الذي يحتوي على نسبة أعلى من الخرسانة الأسفلتية/ أو الطوب المتوقع استخدامه في المشروع بعينة تحكم من مادة الركام الخرساني المستصلح، التي تتوافق مع مواصفات الأساس الحبيبي. ويمكن استخدام نسبة أعلى من الخرسانة الأسفلتية/ أو مزيج الطوب إذا كانت قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا، أو قيمة المعامل المرن للركام الخرساني المستصلح/ أو الخرسانة الأسفلتية/ أو مزيج الطوب مساوية، أو تتجاوز تلك الخاصة بمادة التحكم. وفيما يتعلق بالتقييم الحقلي الذي يتم من خلال إنشاء شريط اختبار، أو تقديم بيانات

تاريخية، يجب على المهندس إثبات أن دمج النسب المئوية من الخرسانة الأسفلتية/ أو الطوب في الركام الخرساني المستصلح بما يزيد عن النسبة المسموح بها. وبموجب هذه المواصفات لن يؤثر سلبًا على أداء الأساس الحبيبي.

- يجب أن تكون مواد الركام الخرساني المستصلح خالية من جميع المواد التي تندرج تحت فئة النفايات الصلبة، أو المواد الخطرة على النحو المحدد من الدولة، أو السلطة القضائية المحلية، ويمكن اللجوء إلى التخزين للمساعدة في التعرف بشكل نوعي على المواد الضارة وتوحيد المواد.
- يجب أن يكون الركام الخرساني المستصلح خاليًا بنسبة كبيرة من الخشب، والمعادن والمونة، ولوح الجبس عندما لا تُصنف هذه المواد كنفايات صلبة، وتعرّف على أنها تحتوي على متوسط أقل من ٠,١ في المائة بالكتلة.
- يجب أن يكون الركام الخرساني المستصلح محدودًا في التربة اللدائنية؛ بحيث يكون للجزء الذي يمر من منخل ٤٢٥ مايكرومتر (رقم ٤٠) حد سائل لا يزيد عن ٣٠ ومؤشر لدونة لا يزيد عن ٤، وذلك عند إجراء الاختبارات وفقًا للمعيارين AASHTO T89 و90 T، على التوالي.
- وفقًا لتقدير المهندس، يجب ألا تقل قيمة مكافئ الرمل للركام الناعم الذي عبر منخل ٤٢٥ مايكرومتر (رقم ٤٠) عن ٢٥ لكل AASHTO T176.
- يجب ألا تزيد نسبة بلى الركام الخشن عن ٥٠٪ حسب اختبار لوس أنجلوس؛ وفقًا لمواصفة AASHTO T96 أو ASTM C131
- وفقًا لتقدير المهندس، يلزم إجراء اختبار السلامة وفقًا لمواصفة AASHTO T103. ويستخدم هذا النهج إجراء التجميد والذوبان في الماء بواقع ٢٥ دورة ذوبان وتجميد ونسبة فقد ٢٠٪ كحد أقصى.

يجب أن يتوافق الركام الخرساني المستصلح أو الركام الخرساني المستصلح جنبًا إلى جنب مع مواد الركام الطبيعية أو المكسرة الأخرى المعتمدة مع متطلبات التدرج الخاصة بهم والموضحة في القسم (٣-٢-١-٢)من كود الطرق السعودي 308 (تصميم الرصف)، مع مراعاة التفاوتات المسموحة المبينة في الجدول ٤-٣ يجب توخي الحذر عند إزالة أو تعديل الجزء الناعم من الركام الخرساني المستصلح عندما يكون الهدف من طبقة الأساس هو استخدامها كطبقة تصريف، ويكون ذلك بسبب التفاعلات الأسمنتية المتبقية في المادة الخرسانية مما يؤدي إلى فقدان النفاذية.

يجب أيضًا إجراء اختبار بروكتر المعدل وفقًا لمواصفة AASHTO T180 لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى. من المتوقع أن يظهر الركام الخرساني المستصلح نسبة امتصاص أعلى من مواد الركام الطبيعية، ومن ثم إظهار قيم لمحتوى الرطوبة المثلى أعلى بشكل معتدل من مواد الركام الطبيعية.

٤-٨-٢-٢ كسارة الزجاج:

تتكون كسارة الزجاج من أوعية المأكولات والمشروبات المكسورة التي تتوافق مع ما يلي وفقًا لمواصفة AASHTO M318:

تقتصر أطباق الخزف، أو السيراميك، أو زجاج الألواح على ٥٪ كحد أقصى من كتلة كسارة الزجاج.

وتقتصر أسطح الأوعية، والورق والملصقات، وبقايا الطعام، والرقائق المعدنية، والخشب والمواد الضارة الأخرى على ١ في المئة كحد أقصى من كتلة كسارة الزجاج، ولا يُسمح بأكثر من ٠,٠٥ في المئة منها من كتلة الورق، كما تقتصر المواد الغريبة الشبيهة بالتربة على ٢ في المئة كحد أقصى من كتلة كسارة الزجاج. ولتحديد النسب المئوية للمواد الضارة، تؤخذ عينة تمثيلية من كسارة الزجاج، وتُجفف، وتُحول إلى كتلة ثابتة، ثم تُفصل بصريًا إلى أربع فئات: ١) الزجاج، ٢) الورق، ٣) المواد الضارة الأخرى، و٤) التربة، على أن يوزن كل عنصر وتحدد النسبة المئوية من خلال الغوص في كتلته؛ بواسطة كتلة العينة الإجمالية.

يجب أن تكون كسارة الزجاج خالية من الروائح.

يجب أن تكون كسارة الزجاج خالية من أنابيب التلفاز، أو غيرها من أنابيب أشعة الكاثود، والمصابيح الفلورية، وأي مواد سامة أو خطرة -حسبما تحدد الدولة أو السلطة القضائية المحلية-، ويجب على المورد الموافقة على ذلك.

يجب معالجة مادة كسارة الزجاج؛ بحيث لا تحتوي الجزيئات المحتفظ بها على منخل بحجم ٤,٧٥ ملم على أكثر من ١ في المئة من كتلة الجزيئات المسطحة، أو المطولة، أو كليهما بحيث تتجاوز النسبة بين الحد الأقصى والحد الأدنى لأبعاد متوازي المستطيلات المحيط ٥:١ حسب القياس الذي يُجرى وفقًا للمواصفة ASTM D4791. ويهدف هذا التقييم إلى التأكد من احتواء كسارة الزجاج المعالج على الحد الأدنى من جزيئات الزجاج الطويلة والضيقة التي قد تشكل خطرًا على السلامة.

يجب تفتيت الزجاج ونخله عند الضرورة بحيث يمر ١٠٠٪ من المادة من خلال منخل بحجم ٩,٥ ملم.

يُدمج الزجاج حتى ٢٠ في المائة حسب الكتلة مع مواد الركام لتشكيل مادة مخلوطة تتوافق مع متطلبات التدرج الموضحة في في القسم (٣-٢-١-٢)من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف)، مع مراعاة التفاوتات المسموحة المبينة في الجدول (٤-٣).

وفيما يتعلق بتوقع استخدام كسارة الزجاج بما يزيد عن ٢٠٪، فإننا نوصي بإجراء تقييم معملي؛ باستخدام نسبة تحمل كاليفورنيا، أو اختبار المعامل المرن وفقًا للمعيارين AASHTO T193 وT 307، على التوالي، أو إجراء تقييم حقلي بدلًا من ذلك. بالنسبة إلى التقييم المعملي، تتم مقارنة عينة التحكم التي تتكون من مادة الركام – التربة الطبيعية المستخدمة عادة تمشيًا مع مواصفات الأساس الحبيبي بالمزيج المركب من المنتج الزجاجي، وركام التربة الطبيعي المقترح استخدامه في المشروع، وقد يسمح بنسبة أعلى من إجمالي المنتجات الزجاجية بخلاف الأوعية إذا كانت نسبة تحمل كاليفورنيا، أو قيمة معامل المرونة لمزيج المنتج الزجاجي، وركام التربة الطبيعي تساوي أو تزيد عن مادة التحكم. بالنسبة إلى التقييم الحقلي من خلال إنشاء شريط اختبار، أو تقديم بيانات تاريخية، ويجب على المورد إثبات أن دمج نسب من أعلى من منتجات الزجاج غير أوعية المشروبات؛ بخلاف ما هو مسموح به لا يؤثر سلبًا على تصميم الأساس الحبيبي وأدائه، ويُقيم الأداء من خلال إنشاء مراجعات دورية (سنوية على الأقل) للاستخدام الحقلي إلى أن يصبح المهندس راضيًا عن النتائج، مع ملاحظة أن هذا الإجراء يوصى به -أيضًا- لتقييم جدوى استخدام كسارة الزجاج التي تحتوي على أطباق صينية، أو سيراميك، أو صفيحة زجاجية تزيد عن ٥ في المئة بالكتلة.

ويجب أيضًا إجراء اختبار بروكتر المعدل وفقًا لمواصفة AASHTO T180؛ لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى.

٤-٨-٢-٣ المواد والنفايات والمنتجات الثانوية الأخرى المعاد تدويرها:

يمكن استخدام أنواع مختلفة من المواد/ المنتجات الثانوية المعاد تدويرها كمواد حبيبية غير مترابطة، مثل: الرماد السفلي، أو رمل السبك، أو طوب الإنشاء المصنع من الطين، أو خبث فرن الصهر، أو خبث الصلب، أو الرماد المتطاير؛ لتسليح الاستدامة في إنشاء الرصف.

وما لم يتم إصدار المعايير والمواصفات التقنية الدولية ذات الصلة، يكون تواجد إطار التقييم أمرًا بالغ الأهمية؛ لتبرير استخدامها على النحو المناسب في استخدامات الطرق، وبعد ذلك، توضّح النظرة العامة للإطار العام لتقييم الملاءمة الهندسية، والبيئية للمواد المعاد تدويرها في استخدامات الطرق وفقًا لمواصفة AASHTO R65.

ويوفر الإطار عملية تقييم من خمس خطوات وهي كالتالي:

- الخطوة الأولى – تحديد المادة والاستخدام تتمثل الخطوة الأولى في عملية الإطار في اختيار المادة، والاستخدام المحدد (على سبيل المثال: استخدام الخبث الصلب في إنشاء طبقة الأساس) الذي ستُقيّمه.
- الخطوة الثانية – تحديد وتقييم القضايا. تتمثل الخطوة الثانية في جمع جميع المعلومات ذات الصلة التي يمكن أن تسهم في عملية صنع القرار، ويشمل ذلك جميع البيانات التاريخية ذات الصلة بالمواد، واستخدامها المقترح، وبيانات البيئة، والصحة والسلامة، والهندسة والممتلكات المادية، وقيود الإنشاء والقضايا، المتعلقة بإعادة التدوير والقضايا المالية، والغرض من هذه الخطوة هو تحديد جميع القضايا التي قد تتطلب دراسة أكثر تعمقًا، لاسيما تلك التي قد تحول دون الموافقة على استخدام المواد.
- الخطوة الثالثة – المرحلة الأولى – تقييم الفحص. يتمثل الغرض من فحص المرحلة الأولى تحديد ما إذا كانت البيانات التي جُمعت في الخطوة ٢ كافية؛ لاعتماد (أو رفض) الطلب المقترح دون الحاجة لإجراء دراسة إضافية، وعادةً ما يتطلب ذلك إثبات أن المواد المقترحة قابلة للمقارنة بدرجة كافية بالمواد المرجعية التي استخدمت بنجاح لتبرير الموافقة عليها.
- الخطوة الرابعة – المرحلة الثانية- تقييم المختبرات. ويوصى بإجراء تقييم المختبرات للمرحلة الثانية إذا أثبتت المراجعة المنفذة في المرحلة الأولى أن المعلومات الموجودة غير كافية لقبول أو رفض الطلب. ويهدف فحص تقييم في المرحلة الثانية إلى وصف المادة المعاد تدويرها المقترحة وخصائص المنتج المستخدم أ) الهندسية والمادية. ب) خصائص الصحة والسلامة والبيئة، ولتحقيق هذا الهدف، فإننا نوصي بالآتي: ١) إعداد خطة اختبار تحدد العينات التي ستُفحص، والاختبار الذي سيُجرى على العينة. ٢) تحديد المواصفات، أو معايير الأداء المقبولة التي يمكن استخدامها لتقييم نتائج خطة الاختبار. ٣) تحليل البيانات إحصائيًا؛ لتحديد ما إذا كانت المواصفات قد تم استيفاؤها أو ما إذا كان الأداء مشابهًا للمواد المرجعية المعتمدة. ومن الضروري مراجعة الأداء الهندسي، والمادي، والبيئي في سيناريوهات الاستخدام المحتمل لما بعد الخدمة، بما في ذلك المشاكل التي يمكن أن تظهر في حالة إعادة استخدام المواد المعاد تدويرها.
- الخطوة الخامسة – المرحلة الثالثة – الاختبار/ الوصف الحقلي. ويهدف فحص المرحلة الثالثة إلى توفير معلومات حقلية حول المادة المعاد تدويرها المقترحة وخصائص المنتج المستخدم أ) الهندسية والمادية. ب) خصائص الصحة والسلامة والبيئة، تكون المرحلة الثالثة – الاختبار الحقلي هي الأنسب في الحالات التالية: ١) عندما لا يتم استخدام المادة المعاد تدويرها المقترحة تاريخيًا؛ بحيث يكون هناك القليل، أو لا توجد بيانات حقلية ٢) عندما يكون هناك القليل من البيانات التاريخية، أو بيانات تاريخية غير مكتملة للمادة المعاد تدويرها، وهناك حاجة إلى المزيد من البيانات الحقلية. ٣) عندما يُنظر في المادة المعاد تدويرها المقترحة للاستخدام الجديد في التطبيقات، ولا توجد بيانات حقلية ذات صلة. وقد تكون هناك حاجة إلى أنشطة الرصد قصيرة وطويلة الأجل، ويمكن بعد ذلك مقارنة هذه البيانات بمعايير الأداء المعمول بها، أو المواد المرجعية (على سبيل المثال: قسم التحكم) أو مع المعايير، أو الحدود التنظيمية المناسبة.

تعتمد الموافقة، أو الرفض على أداء المادة المعاد تدويرها في الاستخدام المقترح؛ مقارنة بالمعايير، والمواصفات التي يستخدمها صانع القرار. ويمكن تعديل المادة المعاد تدويرها المقترحة؛ لزيادة نسبة ملاءمتها الهندسية، أو البيئية للاستخدام المحدد، وقد يستلزم الأمر النظر في استخدام آخر إذا كان الاستخدام المقصود لا يفي بمتطلبات معينة، ولا يمكن تعديل المادة المعاد تدويرها.

٤-٨-٣ أساليب الإنشاء:

٤-٨-٣-١ تجهيز الموقع:

يجب أن يفحص المهندس طبقة التأسيس، وبجل أن تُعالج أي شقوق، أو مناطق لينة أو قابلة للترييح قبل بدء عمليات الفرد والدمج كما هو موضح في الجزء (٤-٣-٣-١).

٤-٨-٣-٢ مناولة وتخزين المواد:

يمكن تخزين الركام الخرساني المستصلح، وكسارة الزجاج بشكل عام باستخدام نفس المعدات، والطرق المستخدمة مع الركام التقليدي، كما هو موضح في الجزء (٤-٣-٣-٢).
يلزم بذل المزيد من العناية في تخزين، ومناولة الركام الخرساني المستصلح؛ لتجنب فصل الركام الخرساني المستصلح الخشن والناعم.، ويجب خلط كسارة الزجاج بشكل موحد عند دمجه مع الركام العادي.

٤-٨-٣-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

يجب على المقاول خلال اليوم الأول من الإنتاج إنشاء قطاع تجريبي، حتى يقوم المهندس بالتقييم والموافقة على ما إذا كانت عملية الإنشاء تلبي متطلبات المواصفات أم لا، ويجب ألا يقل طول القطاع موضوع الاختبار عن ١٥٠ متر، ويمكن أن يكون جزءًا من المشروع. لاسيما وأن أغراض القطاعات التجريبية تتمثل في الآتي:

- إظهار المعدات، والمواد والعمليات المقترحة في إنتاج طبقات رصف معاد تدويرها تلبي متطلبات المواصفات.
- إنشاء نمط للدحل (أي تسلسل معدات الدحل وطريقة الدحل) يؤدي إلى الدمك على أتم وجه.
- تحديد الحد الأقصى لكثافة الموقع كمتطلب لدمك أعمال الإنشاء الرئيسية.

يمنح المقاول الإذن لبدء أعمال الإنشاء عندما تكون نتائج الاختبار مقبولة فنيًا، وإلا يجب على المقاول إدخال التعديلات المناسبة على خطة العمل أو المعدات وإزالة قطاع الاختبار أو إعادة إنشائه؛ ليتوافق مع المواصفات المطلوبة. وقد يطلب المهندس إنشاء أي قطاعات اختبار أخرى في حالة ملاحظة وجود تغيير كبير في نتائج الاختبار، أو طريقة الإنشاء ومعداته.

٤-٨-٣-٤ الفرد والدمك:

بصورة عامة يمكن فرد ودمك خلطات الركام الخرساني المستصلح، وكسارة الزجاج باستخدام المعدات والطرق نفسها، كما هو موضح في القسم الفرعي (٤-٣-٢-٢) بخصوص الركام التقليدي.

ويجب على المهندس وضع قيود على فرد الركام الخرساني المستصلح بالنسبة للمياه الجوفية، والسطحية؛ بحيث تمنع فرده بالقرب من العبّارات المعدنية (أي الألومنيوم) الحساسة للبيئات القلوية؛ بسبب الطبيعة القلوية العالية للركام الخرساني المعاد تدويره، ودرجة الذوبان العالية نسبيًا، والزيادة المحتملة في الأس الهيدروجيني التي يمكن أن تحدث في المياه التي تتسرب من خلال طبقة الركام الخرساني المستصلح. وبالإضافة إلى ذلك، يصدر تحذيرٌ للمهندس؛ لمنع أو تقليل استخدام الركام الخرساني المعاد تدويره -إن أمكن- على طبقة تصريف النسيج الأرضي، أو مواقع تصريف الحصى، أو أنابيب مواقع التصريف، أو مرافق احتجاز مياه الأمتار المبطنة بالتربة المفتوحة. ويمكن نقل المعادن القابلة للذوبان الغنية بأملاح الكالسيوم، وهيدروكسيد الكالسيوم بطريقة هيدروليكية من مادة الركام الخرساني المستصلح، وتميل المعادن المشار إليها إلى الترسيب خارج المحلول، وربط بنية الصرف عند حدوث ذلك، وعندما يكون الركام الخرساني المستصلح فوق أنظمة الصرف المسامية المذكورة. ويمكن أن تؤثر التكوينات المعدنية الناتجة، المشار إليها بالرواسب الشبيهة بأحجار توفا أو بورتلاند، وتقل نفاذية نظام التصريف بمرور الوقت. ويوصى بالتحقق من نفاذية، وانسداد مواد التكسية الأرضية، وطبقة تصريف ذات الحبيبات الناعمة من خلال الخبرة الحقلية، واستخدام اختبارات النفاذية المماثلة، وفقًا لمواصفة AASHTO M319وذلك عند الرغبة في استخدام الركام الخرساني المستصلح بالقرب من مواد التكسية الأرضية هذه وطبقة تصريف ذات الحبيبات الناعمة.

وعند الفرد، يجب أن تحتوي مادة الركام المعاد تدويرها على رطوبة لا تساوي تقريبًا محتوى الرطوبة الأمثل، ويجب دمك المواد المعاد تدويرها لتحقيق متوسط ٩٨ ٪ من الكثافة الحقلية القصوى لشريط التحكم كما هو موضح في الجزء (٤-٨-٣-٣)، من خلال العمق الكامل للطبقة.

٤-٨-٣-٥ صيانة السطح

ليجب الحفاظ عليها للحفاظ على المنتج النهائي حتى الانتهاء من أعمال طبقة الأساس وقبولها. وتشمل أعمال الصيانة الإصلاحات الفورية لأي عيوب، على أن يعاد تنفيذ العمل في أي منطقة متضررة حسب الضرورة.

٤-٨-٤ أساليب التقييم:

يجب تقييم الركام الخرساني المستصلح، وكسارة الزجاج معمليًا عن طريق إجراء اختبار التدرج وفقًا للمعاييرAASHTO T11 وAASHTO T27 (أو ASTM C117 و ASTM C136)، ويجب أيضًا إجراء اختبارات الجودة وفقًا للمعايير AASHTO T89وAASHTO T90 و AASHTO T96 وAASHTO T103 وAASHTO T176 و. ويجب أن يفي الركام المتدرج الطبيعي أو المكسر المضاف بمتطلبات الخصائص الفيزيائية المنصوص عليها في الجزء (٤-٣-٢)، وعندما يتطلب تصميم الخلطة ذلك. لأغراض اعتماد صيغة خلطة العمل، يجب أن يكون تدرج كلًا من خليط قاعدة الركام الخرساني المستصلح وركام كسارة الزجاجي في الحدود الموضحة في جدول (٤-٣) ، كما يلزم أيضًا إجراء اختبار كثافة الرطوبة وفقًا لمواصفةAASHTO T180 لتحديد العلاقة بين الرطوبة والكثافة القصوى، ويمكن أيضًا عند الضرورة إجراء اختبار معامل المرونة وفقًا لمواصفة AASHTO T307 و/أو اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا؛ لتحديد معامل المادة للتحقق من متطلبات مدخلات تصميم الرصف.

لتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية؛ ليتم اختبارها من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، ويجب أخذ عينات عشوائية وفقًا للمواصفة ASTM D3665، وسوف يؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

يجب اختبار تدرج خليط الركام الخرساني المستصلح، وخليط ركام كسارة الزجاج وقبوله في الموقع عندما يقع ضمن الحدود ونسب التفاوت الموضحة في الجدول (٤-٣)؛ علمًا بأن عدم الامتثال؛ لذلك يستوجب إعادة أخذ عينات من القطعة بأكملها أو رفضها. وعلاوة على ذلك، يجب اختبار نسبة الرطوبة والدمك لمواد خليط الركام الخرساني المستصلح وكسارة الزجاج؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويجب مواصلة الدمك لحين تحقيق متوسط ٩٨ ٪ من الكثافة الحقلية القصوى لشريط التحكم عند محتوى رطوبة موحد يساوي تقريبًا محتوى الرطوبة الأمثل المعتمد وفقًا لمواصفة AASHTO T180. تتضمن الطريقة المباشرة المستخدمة في تحديد نسبة الرطوبة أثناء الإنشاء طريقة اختبار تسخين فرن الميكروويف وفقًا للمعيارASTM D 4643، وتُحدّد الكثافة الموضعية لكل طبقة باستخدام طريقة المخروط الرملي وفقًا لمواصفة AASHTO T191 (أو ASTM D1556)، ولتحديد الكثافة الموضعية، ومحتوى الرطوبة معًا، ويجب استخدام مقياس الكثافة النووية بطريقة النقل المباشر للتشغيل وفقًا للمواصفة ASTM D6938 (أو AASHTO T310)، مع ملاحظة أن التفسير الصحيح لمعايرة مقياس نتائج الاختبار يجب أن يتم وفقًا للمعيارين ASTM D7013 وASTM D7759.

يُجرى تقييم السمك المبني للقاعدة الترابية، ويجب ألا يتجاوز التباين بين سمك الطبقة المنفذة، والسمك المطلوب ١٠ ملم.

يجب ألا تختلف مستويات سطح الطبقة النهائية عن المستويات المحددة بأكثر من ١٠ ملم، ويجب قياس المنحدر العرضي عبر عرض الحصيرة بعد الانتهاء من الدمك؛ لضمان كون الميل العرضي المطلوب في حدود ± ٠,١ ٪، كما يلزم قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢,٠٠٠ m 2 من الطبقة المبنية.

يجب التحقق من عدم التكافؤ عن طريق القياس بمسطرة تقويم طولها ٣ أمتار في خمسة مواقع. ويجب ألا يتجاوز الخلوص بين قاع الحافة المستقيمة، وسطح الطبقة عند أي نقطتي دعم متجاورتين في أي اتجاه ٦ ملم.

٤-٨-٥ معايير القبول:

٤-٨-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجمع النتائج، ويُوثقها، ويُحللها؛ لضمان توفر المواد الخام في المصدر، وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل ووقوع الطبقة النهائية المعاد تدويرها ضمن الحدود المقبولة. ويوضح الجدول (٤-٢٥) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، وطبق الركام الخرساني المستصلح المدموكة، وعدد مرات هذه الاختبارات، والحدود المسموح بها، في حين يوضح الجدول (٤-٢٦) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، وطبقات كسارة الزجاج المدموكة، وعدد مرات هذه الاختبارات، والحدود المسموحة. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٤–٢٥) متطلبات ضبط الجودة لقاعدة الركام الخرساني المستصلح.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام	تدرج وجودة لركام الخرساني المستصلح	في المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر أو تغييره أو ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المنفذة.	AASHTO T11 AASHTO T27 AASHTO T89 AASHTO T90 AASHTO T96 AASHTO T103 AASHTO T176	القسم الفرعي ٤-٨-٢-١
	تدرج وجودة الركام الجديد			AASHTO T11 AASHTO T27 AASHTO T89 AASHTO T90 AASHTO T96 AASHTO T104 AASHTO T176 ASTM D4792 ASTM D5821	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
خليط الركام الخرساني المستصلح	التدرج		٣ اختبارات لاعتماد تصميم الخلطات وصيغة خلطة العمل	AASHTO T11 AASHTO T27	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T180	القسم الفرعي ٤-٨-٢-١
	المعامل المرن، أو نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T307 أو AASHTO T193	حسب تصميم الرصف
خليط الركام الخرساني المستصلح المستخدم	التدرج	في الموقع	ثلاث اختبارات لكل ١٠٠٠ متر مكعب، أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	AASHTO T11 AASHTO T27	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
	محتوى الرطوبة		ثلاث اختبارات لكل ٥٠٠٠ متر مكعب، أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة	ASTM D4643 أو ASTM D6938	القسم الفرعي ٤-٨-٣-٤
الطبقة المدموكة	درجة الدمك		اختبار واحد كل ٢,٠٠٠ A متر مربع من الطبقة	AASHTO T191 أو	الجزء ٤-٨-٣-٤

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
			النهائية أو كل يوم عمل، بالنظر إلى أيهما أقل.	ASTM D6938	
	السمك			قياسات المسح	الجزء الفرعي ٤-٨-٤
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٤-٨-٤
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	الجزء ٤-٨-٤

الجدول (٤–٢٦) متطلبات ضبط الجودة لقاعدة ركام كسارة الزجاج.

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
المواد الخام	تدرج وجود كسارة الزجاج	في المصدر	ثلاث اختبارات على عينات مختلفة من كل مصدر عند اعتماد المصدر، أو تغييره أو ملاحظة تغيير في خصائص المواد أو الأعمال المنفذة.	AASHTO T27 ASTM D4791	القسم الفرعي ٤-٨-٢-٢
	تدرج وجودة الركام الجديد			AASHTO T11 AASHTO T27 AASHTO T89 AASHTO T90 AASHTO T96 AASHTO T104 AASHTO T176 ASTM D4792 ASTM D5821	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
خليط ركام كسارة الزجاج	التدرج		٣ اختبارات لاعتماد تصميم الخلطات، وصيغة خلطة العمل	AASHTO T11 AASHTO T27	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
	العلاقة بين الرطوبة والكثافة			AASHTO T180	القسم الفرعي ٤-٨-٢-٢
	المعامل المرن، أو نسبة تحمل كاليفورنيا			AASHTO T307 أو AASHTO T193	حسب تصميم الرصف
خليط ركام كسارة الزجاج المستخدم	التدرج	في الموقع	ثلاث اختبارات لكل ١,٠٠٠ متر مكعب أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في خصائص الأعمال المنفذة.	AASHTO T11 AASHTO T27	الجزء الفرعي ٤-٣-٢
	محتوى الرطوبة		ثلاث اختبارات لكل ٥,٠٠٠ متر مكعب أو إنتاج يوم كامل، أو عند ملاحظة تغيير في	ASTM D4643 أو ASTM D6938	القسم الفرعي ٤-٨-٣-٤

المواد الخام	الخواص	موقع العينة	تكرار إجراء الاختبار	طريقة الاختبار:	المتطلبات
			خصائص الأعمال المنفذة		
الطبقة المدموكة	درجة الدمك		اختبار واحد كل ٢,٠٠٠ A متر مربع من الطبقة النهائية أو كل يوم عمل، أيهما أقل.	AASHTO T191 أو ASTM D6938	القسم الفرعي ٤-٨-٣-٤
	السمك			قياسات المسح	الجزء الفرعي ٤-٨-٤
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات لكل ٢,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٤-٨-٤
	نعومة السطح			حافة مستقيمة	الجزء الفرعي ٤-٨-٤

٤-٨-٥-٢ ضمان الجودة:

تنفذ الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا للمواصفتين ASTM D75و ASTM D3665) والاختبار والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة الأساس النهائية المعاد تدويرها تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتنفذ الجهة المسؤولة هذه الأنشطة بصورة عشوائية.

٤-٨-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد قاعدة الركام المعاد تدويرها الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب، وذلك بعد وضعها، ودمكها؛ وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة الأساس المعاد تدويرها على النحو المُحدد. حيث تُسدد الدفعات وفقًا لواحد أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-٢٧).

الجدول (٤–٢٧) بنود دفع مقابل قاعدة الركام المعاد تدويره.

رقم البند	البند	الوحدة
٤,١٣	طبق أساس الركام الخرساني المستصلح	متر مكعب
٤,١٤	طبقة أساس ركام كسارة الزجاج	متر مكعب

٤-٩ التسليح الصناعي الأرضي:

٤-٩-١ الوصف:

يمكن دمج مواد التسليح الصناعي الأرضي بغرض فصل وتسليح ركام طبقة الأساس، وتتعلق مواد التكسية الأرضية القابلة للتطبيق على هذا الاستخدام بشكل أساسي بمواد التكسية الأرضية والشبكات الجيولوجية ومركبات الشبكة الجيولوجية/ التكسية الأرضية (أو المركبات الأرضية) مثلما هو موضح في المواصفة ASTM D4439. يوضح هذا الجزء مواصفات الإنشاء، بما في ذلك متطلبات

المواد، وفرد المواد المعتمدة ودمكها وإجراءات ضبط الجودة، وضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويُجمع كل ما سبق ضمن الحدود، والأبعاد، والسمك، والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، ووثائق العقد الأخرى.

ويتعلق تطبيق الفصل باستخدام مواد التكسية الأرضية؛ لمنع خلط تربة طبقة القاعدة الترابية، ومواد الغطاء الركامية لطبقة ما تحت الأساس، أو طبقة الأساس، ويكون هذا الاستخدام مناسبًا عندما تُستوفى الشروط التالية وفقًا لمواصفة AASHTO M288؛ لإنشاء الهياكل الانشائية للرصف المبنية على التربة بنسبة تحمل كاليفورنيا لا تقل عن ٣ (CBR ≥ 3) أو قوة قص أكبر من حوالي ٩٠ كيلو باسكال، وتربة غير مشبعة من طبقة الأساس.

وتقوى طبقة الأساس الركامية من خلال إضافية مواد التكسية الأرضية في القاع، أو داخل طبقة الأساس في الرصف كما هو موضح في مواصفة AASHTO R50، ويهدف هذا التطبيق إلى تحسين عمر خدمة الرصف/ أو الحصول على أداء مكافئ مع هيكل رصف منخفض. ويمكن أن ينعكس هذا التحسين في زيادة عمر الخدمة أو زيادة الموثوقية في الإنشاء مع مراعاة متانة طبقة الأساس في الموقع التي تقل عن قيم التصميم، أو قدرة الحمل الكافية للرصف المشيد؛ للحفاظ على الأحمال الفعلية مقابل الأحمال المكافئة لمحور واحد، مع ملاحظة أن التسليح باستخدام مواد التكسية الأرضية للقاعدة الركامية ستوفر فوائد قيمة مضافة كبيرة في بعض الظروف، ولذلك، ينبغي أن يستند تحديد إمكانية تطبيق دمج مواد التكسية الأرضية لتسليح طبقات الأساس الركامية على التصاميم الهندسية، والفوائد الاقتصادية على حد سواء.

٤-٩-٢ المواد:

يجب أن تتكون الألياف، والخيوط، والأشرطة، والألواح المستخدمة في تصنيع مواد التكسية الأرضية، والشبكات الجيولوجية من بوليمرات اصطناعية طويلة السلسلة تمثل ٩٥ في المئة على الأقل من الوزن، أو من البولي أوليفينات أو البولي إستر، ويجب أن تشكّل في شبكة مستقرة بحيث تحتفظ الخيوط أو الأضلاع بثبات أبعادها بالنسبة لبعضها البعض، بما في ذلك الحاشيات.

٤-٩-٢-١ الفصل:

بالنسبة لتطبيق الفصل، يجب استيفاء مواد التكسية الأرضية للمتطلبات المبنية في الجدول (٤-٢٨) حسب مواصفة AASHTO M288، مع العلم بأن جميع القيم الرقمية المبينة في الجدول (٤-٢٨) باستثناء حجم الفتح الظاهري، تمثل الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة في أضعف اتجاه رئيسي، في حين تمثل قيم حجم الفتح الظاهري الحد الأقصى لمتوسط قيمة البكرة.

الجدول (٤–٢٨) متطلبات مواد التكسية الأرضية المستخدمة في عملية الفصل.

الخواص	طرق الاختبار:	الوحدات	المتطلبات
فئة التسليح الصناعي الأرضي			انظر الجدول (٤-٢٩)
السماحية	ASTM D4491	ثانية-[1]	٠,٠٥ [1]
حجم الفتح الظاهري	ASTM D4751	ملم	الحد الأقصى لمتوسط قيمة البكرة ٠،٦٠
ثبات الأشعة فوق البنفسجية (المقاومة المتبقية)	ASTM D4355	%	٥٠ ٪ بعد ٥٠٠ ساعة من التعرض

ملاحظات:

١ القيمة الافتراضية. يجب أن تكون سماحية التكسية الأرضية أكبر من سماحية التربة ($\Psi g > \Psi s$). قد يطلب المهندس أيضًا أن تكون نفاذية التكسية الأرضية أكبر من نفاذية التربة ($kg > ks$).

الجدول (٤–٢٩) درجات الصمود المطلوبة كدالة على ظروف طبقة التأسيس ومعدات الإنشاء وسمك الطبقة (خواص الفئات ١ و٢ و٣ موضحة في جدول ٢ ١١. خواص الفئة ٤ A موضحة في الجدول (٢-١٥))[١]

ظروف طبقة التأسيس	معدات الضغط الأرضي المنخفض ≥٢٥ كيلو باسكال (≥٣,٦ رطل/بوصة مربعة)	معدات الضغط الأرضي المتوسط ٢٥> كيلو باسكال - ≥٥٠ كيلو باسكال (٣,٦> - ≥٧,٣ رطل لكل بوصة مربعة)	معدات الضغط الأرضي المرتفع ٥٠> كيلو باسكال (٧,٣> رطل لكل بوصة مربعة)
تُنظف القاعدة الترابية من جميع العقبات باستثناء العشب والأعشاب، والأوراق، والمخلفات الخشبي الناعم. السطح أملس ومستوٍ بحيث لا تتجاوز أي انخفاضات ضحلة، ومطبات ٤٥٠ ملم (١٨ بوصة) في العمق أو الارتفاع. تُحشى جميع المناطق المنخفضة الكبيرة، ويمكن وضع طاولة عمل ملساء بدلًا من ذلك	منخفض الفئة الثالثة:	متوسط الفئة الثانية:	مرتفع الفئة الأولى:
تتطهر طبقة التأسيس من العقبات الأكبر من أغصان الأشجار الصغيرة والمتوسطة الحجم والصخور. ويجب إزالة جذوع الأشجار، أو تغطيتها بطاولة عمل جزئية. كما يجب ألا يتجاوز عمق أو ارتفاع الانخفاضات والمطبات ٤٥٠ ملم (١٨ بوصة). ويجب حشو الانخفاضات الكبرى	متوسط (الفئة الثانية)	مرتفع الفئة الأولى:	مرتفع للغاية (الفئة 4A)
يجب توفير الحد الأدنى من تجهيزات الموقع، ويمكن قطع الأشجار وإزالتها وتركها في مكانها. يجب قطع الجذوع بحيث لا يظهر منها ما يزيد عن ± ١٥٠ ملم (± ٦ بوصات) فوق الطبقة الأساسية. ويمكن لف مواد التكسية الأرضية مباشرة فوق جذوع الأشجار، والانخفاضات، والمطبات الكبيرة، والثقوب وقنوات التدفق والصخور الكبيرة. ويجب إزالة العناصر فقط إذا كان وضع مواد التكسية الأرضية، ومواد الغطاء فوقها سوف يؤدي إلى تشويه سطح الطريق النهائي.	مرتفع (الفئة الأولى)	مرتفع للغاية (الفئة الثانية 4A[٢])	مرتفع للغاية (الفئة 4A)

ملاحظات:

١- نوصي بأن يكون سمك الطبقة الأولي من ١٥٠ إلى ٣٠٠ ملم (٦ إلى ١٢ بوصة). بالنسبة لسمك طلاء التأسيس الآخر:

أ- ٣٠٠ إلى ٤٥٠ ملم (١٢ إلى ١٨ بوصة): تقلل متطلبات الصمود لمستوى واحد.

ب- ٤٥٠ إلى ٦٠٠ ملم (١٨ إلى ٢٤ بوصة): تقلل متطلبات الصمود لمستويين.

ج- > ٦٠٠ ملم (٢٤ بوصة): تقلل متطلبات الصمود لثلاثة مستويات من القيمة الافتراضية.

بالنسبة لتقنيات الإنشاء الخاصة مثل مرحلة ما قبل التخدد، يتم بزيادة متطلبات صمود مواد التكسية الأرضية لمستوى واحد. وقد يتسبب السمك المفرط لمادة الغطاء الأولية في تعذر التحمل الخاص بطبقة التأسيس الناعمة.

٢- الاختيار الافتراضي لمواد التكسية الأرضية يمكن للمهندس تحديد الفئة رقم ١ من مواد التكسية الأرضية من الجدول ١وفقًا لواحدة من الحالات الآتية أو أكثر:

أ- إن وجد المهندس أن فئة مادة التكسية الأرضية لديها صمود كافٍ بناءً على الخبرة الحقلية.

ب- إن وجد المهندس أن فئة مادة التكسية الأرضية لديها صمود كافٍ بناءً على الاختبار المعملي، والفحص البصري لعينة مادة التكسية الأرضية المأخوذة من مقطع الاختبار الحقلي المبني في ظل الظروف الحقلية المتوقعة.

تمثل قيم الخصائص المبينة في الجدول (٤-٢٨) القيم الافتراضية التي توفر الصمود كافي لمواد التكسية الأرضية في معظم ظروف الإنشاء. يمكن للمهندس أيضًا تحديد خصائص مختلفة عن تلك المدرجة في الجدول (٤-٢٨) بناءً على التصميم الهندسي والخبرة.

٤-٩-٢-٢ التسليح:

ما لم توضع قائمة بالمنتجات معتمدة من المهندس، أو الجهة وتعتبر مناسبة لهذا الاستخدام بناءً على الاستخدامات السابقة الناجحة التي تمنح المقاول فرصة اختيار المنتجات بناءً على مدى الملاءمة والتوافر والاقتصاد، يجب اتباع إجراء التصميم الملخص أدناه وفقًا لمواصفة AASHTO R50.

١- بدايةً، يجب تقييم قابلية تسليح مواد التكسية الأرضية من خلال فحص ظروف المشروع ومقارنتها بالظروف المواتية أو غير المواتية لتسليح مثل هذه المواد، حيث يجب إيلاء الاهتمام بكل نوع من أنواع مواد التكسية الأرضية المناسب للتركيب. يقدم الجدول (٤-٣٠) ملخصًا نوعيًا لاستخدامات تسليح مواد التكسية الأرضية المحتملة بالنسبة لظروف المشروع ونوع هذه المواد، يقدم هذا الجدول بعض الإرشادات، ويجب استخدامه بحذر؛ لأنه عرضة للتغيير مع اكتمال البحث الإضافي واكتساب الخبرة.

الجدول (٤–٣٠) المراجعة النوعية لإمكانية تسليح الطرق الدائمة المعبدة (Berg, et al., 2000).

شروط تصميم الطريق		نوع مادة التكسية الأرضية					
طبقة التأسيس	سمك طبقة الأساس/ ما تحت الأساس [١] (مم)	التكسية الأرضية (GT)		الشبكة الجيولوجية [٢] (GG)		مركب التكسية الأرضية - الشبكة الجيولوجية	
		غير منسوج	منسوج	منبثق	متشابك/ منسوج	طبقة الأساس مفتوحة الدرجة [٣]	طبقة الاساس المتدرجة بصورة جيدة
منخفض (نسبة تحمل كاليفورنيا ≤٣)	١٥٠ - ٣٠٠	❹	●	●	▢	●	⑤
	أكبر من ٣٠٠	❹	❹	◗	◗	◗	⑤
ثابت إلى صلب جدا (نسبة تحمل كاليفورنيا ≥٣)	١٥٠ - ٣٠٠	⑥	◗	●	▢	●	⑤
	أكبر من ٣٠٠	⑥	⑥	◗ [٧]	▢	▢	⑤
أكثر صلابة (نسبة تحمل كاليفورنيا ≥٨)	١٥٠ - ٣٠٠	○	○	◗	▢	▢	⑤
	أكبر من ٣٠٠	○	○	○	○	○	⑤

الكلمات الدلالية: ● – ينطبق عادة ◗ - ينطبق على بعض (الظروف المختلفة)

○ – عادة لا ينطبق ▢ معلومات غير كافية في هذا الوقت ⑤ - انظر الملاحظة

١. إجمالي سمك طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس مع تسليح مادة التكسية الأرضية يمكن وضع عناصر التسليح في قاع طبقة الأساس أو ما تحت الأساس، أو داخل طبق الأساس للحصول على سمك أكبر (عادةً ما يكون أكبر من ٣٠٠ مم).

لا ينصح بسمك أقل من ١٥٠ ملم للإنشاء على طبقة التأسيس الناعمة. كما لا ينصح بوضع أقل من ١٥٠ ملم فوق مادة التكسية الأرضية

٢. بالنسبة لطبقات الأساس الركامية مفتوحة التدرج، أو طبقات الأساس الرقيقة فوق الطبقات الأساسية الرطبة ذات الحبيبات الناعمة، يجب النظر في مادة التكسية الأرضية الفاصلة مع تسليح الشبكة الجيولوجية.

٣. تفترض الاحتمالية وضع طبقة الأساس على طبقة التأسيس مباشرة، ويمكن أن توفر طبقة ما تحت الأساس أيضًا خاصية الترشيح.

❹ عادة ما تكون التسليح قابلة للتطبيق ولكن عادة يتم التعامل معها كتطبيق لتثبيت طبقة التأسيس.

⑤ من المحتمل ألا يكون مكون مادة التكسية الأرضية من المركب مطلوبًا للترشيح مع طبقة الأساس المتدرجة جيدًا؛ لذلك لا تكون التسليح المركبة قابلة للتطبيق عادةً.

⑥ تطبيق الفصل والترشيح؛ ولا تطبق التسليح عادة.

٧ ينطبق عادة عند وضعه في ركام طبقة الأساس، ولا ينطبق عند وضعه في الجزء السفلي من ركام طبقة الأساس.

٢- تصميم سمك قطاع الرصف غير المقوى؛ بناءً على معلمات المواد التمثيلية؛ لتصميم الرصف بدون مواد التكسية الأرضية.
٣- تحديد فوائد دمج مواد التكسية الأرضية، ونعنى بذلك أ) تحسين أو مد عمر خدمة الرصف، أو ب) انخفاض سمك قطاع الرصف.
٤- يُعبّر عن الفوائد المستهدفة بأنها نسبة فوائد حركة المرور (TBR)، أو خفض طبقة الأساس (BCR) أو كليهما.

يُعرّف معدل فوائد المرور بأنها نسبة عدد دورات الحمل الخاصة بالهيكل الإنشائي للرصف المسلح للوصول إلى حالة تعذر محددة، وعدد الأحمال لنفس القطاع غير المقوى؛ للوصول إلى نفس حالة التعذر المحددة،

ويعرّف خفض طبقة الأساس ع بأنه النسبة المئوية لسُمك طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس في رصف مقوى مقارنةً بسُمك طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس في رصف غير مقوى بنفس المكونات المادية بحيث تكون دورات الحياة المتساوية لحالة ذعر محددة بين الاثنين.

وينبغي العناية بالدرجة الحالية من الخبرة عند اختيار الفائدة المستهدفة؛ وذلك يُعطي الأولوية لتحسين عمر الخدمة بدلا من الحد من سمك الرصف عندما تكون الخبرة محدودة في هذا الشأن، حتى اكتساب المزيد من الخبرة.

٥- إعداد تصميم رصف مسلح تجريبي يعكس الفوائد المستهدفة، ونظرًا لأن فوائد الهياكل الانشائية للرصف المقوى بمواد التكسية الأرضية لا تُشتقّ نظريًا، فيلزم إنشاء ومراقبة قطاعات الاختبار للحصول على تقدير كمي للفوائد على النحو الموضح في الخطوتين ٩ و١٠. وفي هذا الصدد، يجب أن تقوم اختبارات حمل الصفائح الحلقية (CPL) التي تُجرى على قطاعات اختبار الرصف المنشأة معمليًا والمبنية داخل وعاء اختبار صلب بتقييم الأداء الهيكلي؛ لتحديد فوائد مواد التكسية الأرضية في هياكل الرصف من حيث نسبة فائدة حركة المرور الثابتة، وتُعرف نسبة فائدة حركة المرور الثابتة على أنها نسبة عدد دورات الحمل الخاصة ببنية الرصف المزود بمواد التكسية الأرضية إلى عدد دورات الحمل لنفس قطاع الاختبار بدون مواد التكسية الأرضية للوصول إلى نفس حالة التعذر المحددة؛ إذ يطبّق الحمل الدوري باستخدام لوحة ثابتة، ويمكن الحصول على معلومات تفصيلية حول طريقة الاختبار المذكورة، التي تتضمن مواصفات لوعاء الاختبار جهاز التحميل الحلقي، وخواص المواد، وإنشاء قطاع الاختبار، ونمط التحميل الحلقي، وتجميع البيانات في المواصفة ASTM D8462. وينبغي -أيضًا- أن تشتمل سجلات الحالات المماثلة ذات الاستخدامات التي ثبتت فائدتها بالفعل على معلومات تكميلية؛ لتقدير الفائدة المحتملة من تسليح مواد التكسية الأرضية.
٦- ينبغي تقييم الفوائد الموفرة للتكاليف من حيث الكمية باستخدام تحليلات دورة الحياة، وفي سبيل تحقيق هذا الغرض، ثمة حاجة إلى تكاليف للإنشاء الأولى ودورة الحياة لكل من الخيارات المسلحة وغير المسلحة، بالإضافة إلى الفوائد الأخرى التي قد لا يكون من السهل تحديدها كميًا (على سبيل المثال: تقليل اضطرابات طبقة التأسيس، وتحسين نسبة الموثوقية أثناء الإنشاء) لإكمال تحليل تكلفة دورة الحياة.
٧- يجب إعداد مواصفات المواد لخيارات التصميم، ويشمل ذلك متطلبات الخصائص الرئيسية المطلوبة (على سبيل المثال: حجم الفتحة، وسُمك الضلع، ومعاملات القاطع بنسبة ٢ ٪ و٥ ٪، قوة التوصيل وثبات الأشعة فوق البنفسجية وغير ذلك). واستنادًا إلى نتائج العملية المذكورة أعلاه، يمكن للمهندس -أيضًا- إعداد قائمة معتمدة بالمنتجات التي تعدمناسبة لهذا الاستخدام؛ بناءً على الاستخدامات السابقة الناجحة، وسوف يتاح للمقاول بناءً على نتائج التصميم اختيار المنتجات، ومدى الملاءمة والتوافر، والتوفير الاقتصادي.
٨- دمج خواص التصميم في المواصفات، ورسومات الإنشاء، ووثائق العقد، مع بذل اهتمام خاص عند إعداد هذه الوثائق والرسومات بإرشادات التركيب، والموقع داخل قطاع الرصف، وإجراءات مراقبة/ضمان الجودة.
٩- يجب الاطلاع على إجراءات الإنشاء؛ لضمان وضع مواد التكسية الأرضية في المواقع الصحيحة، سواء عموديًا داخل قطاع الرصف، أو أفقيًا بطول المشروع.
١٠- يوصى بمتابعة الأداء على المدى البعيد، وبالتوثيق الجيد على أساس سنوي -إن أمكن-؛ لأداء الرصف الذي يوفر تقييمًا شاملًا لأداء مواد التكسية الأرضية بالنسبة للفوائد التي صُملم القطاع بغرض توفيرها.
١١- يمكن تطوير، أو مراجعة إجراءات التصميم، أو مواصفات المواد، أو كليهما؛ لتعكس نتائج الدراسة بناءً على التقييم أعلاه.

٤-٩-٣ أساليب الإنشاء:

يتضمن الاستخدام السليم لمواد التكسية الأرضية مبدئيًا ممارسات جيدة من حيث التعريف، والتغليف، والشحن والتخزين في موقع العمل، والمناولة في الموقع على النحو الموضح في المواصفة ASTM D4873، مع العلم بأن إغفال الممارسات الجيدة قد يؤدي إلى فشل ذريع لمواد التكسية الأرضية في تطبيق مصمم بشكل صحيح.

ويجب أن تعرض البطاقات الملصقة على المنتج بوضوح اسم الشركة المصنعة، أو المورد، ورقم المنتج، ورقم اللفة الفريد والعرض وطول اللفة، ويجب أن تُغطى كل لفة بمادة غير شفافة، ومقاومة للماء؛ لتعمل على حماية مواد التكسية الأرضية من التلف الذي قد ينتج عن أعمال الشحن، أو الماء، أو أشعة الشمس، أو الملوثات أثناء تخزينها أو مناولتها، ويجب تضمين النوى الداخلية ذات القوة الكافية عند الضرورة في كل لفة؛ لضمان سهولة المناولة. كما يجب توخي الحذر في موقع العمل عند تفريغ أو نقل مواد التكسية الأرضية من موقع إلى آخر؛ لتجنب أي تلف في الغلاف، وفي مواد التكسية الأرضية ذاتها. تجنب تسحب اللفات. يمكن استخدام شاحنات الرافعة الشوكية المجهزة بأعمدة يمكن إدخالها في نوى اللفات عند التأكد من أن طول الأعمدة لا يقل عن ثلثي طول اللفة؛ وهذا يعمل على منع إتلاف النوى، ومواد التكسية الأرضية. ويجب تخزين مواد التكسية الأرضية في مكان مرتفع عن الأرض، وتغطيتها بشكل جيد؛ للحماية من الأمطار، والأشعة فوق البنفسجية والمواد الكيميائية واللهب، بما في ذلك شرر اللحام، ودرجات الحرارة التي تزيد عن ٧١ درجة مئوية، وأي ظروف بيئية أخرى قد تضر بقيم الخواص الفيزيائية لمواد التكسية الأرضية.

ويجب وضع مواد التكسية الأرضية عندما تكون الظروف الجوية أو السطحية مناسبة وملائمة لوضعها حسبما هو معتمد من المهندس.

ويجب أن يكون موقع الإنشاء مجهزًا لاستقبال مواد التكسية الأرضية في حالة سلسة خالية من العوائق والمخلفات التي قد تتسبب في الإضرار بمواد التكسية الأرضية أثناء التركيب. كما يجب تحديد البقع الناعمة، والمناطق غير المناسبة، وحفرها وردمها بمواد محددة بالإضافة إلى دمكها بشكل صحيح.

ويلزم التحقق قبل تركيب مواد التكسية في الموقع من تحديد كل لفة، وفحصها بحثًا عن التلفيات، أو العيوب أثناء الفتح؛ بالإضافة إلى تصليح أي ضرر يحدث وفقًا للتوجيهات الواردة في مواصفات المشروع، والمهندس المسؤول عن التركيب، وبعد ذلك، يتم البدء في تركيب مواد التكسية الأرضية في المواقع الموضحة في المخططات؛ وفقًا للإجراءات الواردة في القسم الفرعي (٢-٦-٣-٢).

وبناء على ذلك، يجب طي الشبكات الجيولوجية التي تعد أكثر ملاءمة؛ لتسليح طبقة الأساس بطول المحاذاة في اتجاه الإنشاء المتقدم، ويجب أن تزال جميع التجاعيد والطيات، كما يلزم وجود تداخل لا يقل عن ٣٠٠ ملم في جميع الفواصل المستعرضة والطولية. ويجب أن يكون مركز الوصلة المتداخلة الطولية في طبقة إحدى الشبكات الجيولوجية متداخلة بما لا يقل عن ٣٠٠ ملم بالنسبة لمركز الوصلة المتداخلة الطولية في أي طبقة أرضية أساسية مباشرة. وتتداخل الطبقة العلوية للشبكة الأرضية عند الفواصل المستعرضة مع القاعدة الترابية للشبكة الأرضية في الاتجاه الذي ستوضع طبقة الأساس الركامية فيه، وتشد الشبكة الجيولوجية باليد، و وتثبت على الأرض باستخدام مسامير تثبيت عند الحواف، بما في ذلك التداخلات، وفي وسط اللفة بمسافة ١ متر بطول اللفة في الزوايا إن وجدت، أو حسب توجيهات المهندس، وينبغي توخي الحذر؛ لضمان عدم انفصال الشبكات الجيولوجية عند التداخلات أثناء الإنشاء، ويتطلب وضع شبكة جيولوجية حول الزوايا قطع منتج الشبكة الجيولوجية، والتداخل القطري لنفس المادة؛ للتأكد من عدم حدوث انبعاج مبالغ فيه لمواد شبكة جيولوجية.

إذا كان من المقرر وضع مادة الشبكة الجيولوجية داخل مواد طبقة الأساس الركامية، فيجب عندئذٍ دمك سطح طبقة الأساس الركامية الذي ستوضع الشبكة الجيولوجية عليه وفقًا لمواصفات الجزء الفرعي (٤-٣-٣) كما تتم عملية التجهيز قبل وضع الشبكة الجيولوجية وفقًا لمواصفات الجزء الفرعي (٤-٣-٤).

اقتصر على وضع مواد التكسية الأرضية التي يمكن تغطيتها بمواد طبقة الأساس في غضون ٧٢ ساعة. ويجب اتباع تسلسل الإنشاء؛ لضمان وضع مواد التكسية الأرضية في المواقع الصحيحة، سواء عموديًا داخل قطاع الرصف، أو أفقيًا بطول المشروع.

وقبل وضع مواد تغطية الركام، يجب على المعاين، أو المهندس المعتمد التحقق من عدم تعرض مواد التكسية الأرضية للتلف أثناء التركيب، ويجب إصلاح مواد التكسية الأرضية التالفة الذي يتعرف عليها المعاين من خلال تغطية المنطقة التالفة برقعة من مادة التكسية الأرضية تمتد حتى التداخل المطلوب كما هو محدد في الجدول (٢-١١) خارج المنطقة التالفة.

وبعد ذلك توضع طبقة الأساس/ ما تحت الأساس بواسطة مادة تغطية للتفريغ الطرفي على مادة التكسية الأرضية من حافة هذه المادة، أو على ركام طبقة ما تحت الأساس الموضوع مسبقًا؛ لمنع انزلاق القماش، ويجب توخي الحذر أثناء وضع مواد التغطية؛ لتجنب إتلاف مواد التكسية الأرضية. لا يُسمح بالاتجار بمواد التكسية الأرضية، بل يجب وضع الحد الأدنى لسمك الطبقة المحددة (على سبيل المثال: ١٥٠ ملم) من مواد الركام بين مواد التكسية الأرضية، وإطارات أو مسارات الإنشاء في جميع الأوقات، وعلاوة على ذلك، لا يُسمح بتدوير مركبات الإنشاء على الطبقة الأولى لمواد الركام المستخدمة في التغطية فوق التكسية الأرضية.

في حال تلف مواد التكسية الأرضية أثناء وضع مواد التغطية، يلزم عندئذٍ إصلاح المنطقة التالفة على النحو الوضح مسبقًا مع إدخال تعديلات على إجراءات الفرد؛ للقضاء على أي ضرر إضافي يحدث؛ فعلى سبيل المثال: يمكن النظر في زيادة سمك طبقة مواد التغطية، أو خفض أحمال المعدات؛ لتحسين إجراءات الفرد.

وينبغي حشو أي شقوق تحدث أثناء الإنشاء بمواد ركام إضافية، ودمكها بالكثافة المحددة.

يجب دمك طبقة الأساس الركامية كما هو موضح في الجزء الفرعي (٤-٣-٣)، ويحظر خلط أو معالجة مواد طبقة الأساس الركامية على الشبكة الجيولوجية، بل يجب خلط مواد طبقة الأساس الركامية المجمعة مسبقًا في منطقة التخزين، أو في موقع آخر بطريقة يوافق عليها المهندس. ويجب أن تتوافق الطبقة النهائية مع المتطلبات المنصوص عليها في الجزء الفرعي (٤-٣-٤).

٤-٩-٤ أساليب التقييم:

يجب أن تتوافق مواد التكسية الأرضية المستخدمة في تطبيقات الفصل والتسليح مع المتطلبات المنصوص عليها في الجزء الفرعي (٤-٩-٢).

كما يجب إجراء جميع الاختبارات المحددة لضبط الجودة أثناء تنفيذ العمل.

٤-٩-٥ معايير القبول:

٤-٩-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أخذ عينات من مواد التكسية الأرضية، واختبارها؛ لتحديد مدى التطابق مع مواصفات المواد، وعادة يتم ذلك لتبرير الدفع عند مواد التكسية الأرضية إلى موقع العمل.

كما يجب على المقاول اتباع إجراءات أخذ العينات؛ لإجراء اختبار المطابقة مع مواصفات المشتري المحددة في المواصفة ASTM D4354، وتشمل هذه الإجراءات تقسيم شحنات مواد التكسية الأرضية إلى دفعات، وتحديد عدد وحدات الإنتاج في عينة الدفعة، وكذلك العينات المعملية وعينات الاختبار، وتعد الدفعة المنفصلة أي جزء من الشحنة يخضع للاختبار، ويختلف عن الأجزاء الأخرى من حيث الخصائص الفيزيائية، أو النمط، أو المواصفات أو يُشحن من مصانع الإنتاج المختلفة، وما لم تصدر تعليمات عن المهندس بخلاف ذلك، حدد حجم عينة الدفعة؛ لاختبار التطابق والامتثال للمواصفات التالية الواردة في الجدول (٤-٣١). وارجع إلى طريقة اختبار خاصية التكسية الأرضية المحددة؛ لتحديد طريقة أو عدد العينات المراد اختبارها من عينة المعمل، وبالنسبة للخواص التي تُقيّم كسمات، تعمل الوحدات في عينة الدفعة كعينات معملية، وعينات اختبار.

الجدول (٤–٣١) عدد الوحدات التي سيتم اختيارها كعينة دفعة.

عدد الوحدات في الدفعة	عدد الوحدات المختارة
١ ـ ٢٠٠	١
٢٠١ ـ ٥٠٠	٢
٥٠١ ـ ١٠٠٠	٣
١٠٠١ أو أكثر	٤

يجب إجراء اختبار المطابقة وفقًا للطرق المنصوص عليها في الجزء الفرعي (٤-٩-٢). ويجب أن يستند قبول، أو رفض منتج التكسية الأرضية إلى أحد الإجراءات المحددة في المواصفات ASTM D4759، ويتخذ قرار قبول المنتجات من خلال مقارنة متوسط نتائج الاختبار لجميع العينات الخاضعة للاختبار، وفقًا للتوجيهات الواردة في طريقة الاختبار المعمول بها، داخل عينة معينة بمواصفات الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة، ما لم يوجد نص يقتضي خلاف ذلك، وعلى وجه التحديد، إذا كان متوسط قيم الاختبار لوحدة أخذ عينات الدفعة الفردية يفي بجميع قيم المواصفات المقبولة، تُقبل الدفعة في هذه الحالة، وفي المقابل، تُرفض الدفعة في حال عدم تلبية جميع وحدات أخذ العينات لقيم المواصفات المقبولة. في حالة عدم تلبية أي وحدة من وحدات أخذ عينات لوت الدفعة الفردية لواحدة، أو أكثر من قيم المواصفات المقبولة، يجب أخذ العينات من جديد واختبارها، وفي هذه الحالة، تُقبل الدفعة إذا كانت جميع وحدات أخذ العينات الفردية من عملية إعادة أخذ العينات تفي بقيم المواصفات المقبولة، وإلا تُرفض الدفعة. انظر المواصفة ASTM D4759 للحصول على مثال رقمي لهذه الممارسة.

وفي حال عدم وجود أي اختبار من جانب المقاول، فيُتحقق من مطابقة المنتجات للمواصفات المطلوبة من خلال شهادات الشركة المصنعة، ما لم تصدر توجيهات من المهندس بخلاف ذلك، على أن توضح هذه الشهادة سالفة الذكر أن مواد التكسية الأرضية المقدمة

تفي بمتطلبات الحد الأدنى لمتوسط قيمة البكرة، باستثناء ما هو محدد خلاف ذلك، وذلك فيما يتعلق بالمواصفات المقيمة بموجب برنامج ضبط الجودة التابع للشركة المصنعة،

علمًا بأن الشركة المصنعة مسؤولة عن إنشاء، وصيانة برنامج ضبط الجودة الذي يتضمن مختبرًا في الموقع معتمدًا من معهد اعتماد مواد التكسية الأرضية، برنامج اعتماد المختبرات (GAL – LAP) لإجراء طرق الاختبار المطلوبة؛ لضمان الامتثال لمتطلبات المواصفات، وإلا، يجب أن تستند هذه الشهادة إلى اختبار المطابقة الذي يجريه مختبر مستقل تابع لطرف ثالث معتمد من GAL – LAP لإجراء طرق الاختبار المطلوبة؛ على أن يُجرى الاختبار على عينات ضمان الجودة التي حُصل عليها باستخدام الإجراء الخاص باختبار ضمان الجودة المطبق لدى الشركة المصنعة حسبما هو محدد في ASTM D4354.

٤-٩-٥-٢ ضمان الجودة:

تتنفذ الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد واستخدامات مواد التكسية الأرضية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وتنفذ الجهة المسؤولة هذه الأنشطة بصورة عشوائية.

٤-٩-٦ القياس والدفع:

تقاس كميات مواد التسليح الصناعي الأرضي الفعلية، والمقبولة بالمتر المربع بعد وضعها ودمكها؛ وفقًا للمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس، علمًا بأنه لا تُقاس المواد المتداخلة والمهدرة للدفع مقابلها.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال تركيب مواد التكسية الأرضية على النحو المُحدد، حيث تُسدد الدفعات وفقًا لواحد أو أكثر من البنود المبينة في الجدول (٤-٣٢).

الجدول (٤–٣٢) بنود الدفع الخاصة بمواد التكسية الأرضية.

رقم البند	البند	الوحدة
٤,١٥	تكسية أرضية فاصلة	متر مربع
٤,١٦	شبكة جيولوجية لتسليح الأساس	متر مربع
٤,١٧	تكسية أرضية لتسليح الأساس	متر مربع
٤,١٨	شبكة جيولوجية لتسليح الأساس/مركب التكسية الأرضية	متر مربع

٥- طبقات الرصف الأسفلتية:

٥-١ النطاق:

يصف هذا الجزء متطلبات مواد التجهيز، وخلطة الأسفلت، وتقنيات الإنشاء، وإجراءات تقييم، ومراقبة جودة إنشاء طبقات رصف الأسفلت.

٥-٢ مواد إنشاء الأسفلت:

٥-٢-١ الوصف:

يتناول هذا الجزء مواصفات ومتطلبات المواد المستخدمة في إنشاء طبقات الرصف الأسفلتية، بما في ذلك الركام الخشن والناعم الطبيعي، وغير التقليدي، والحشو المعدني وكذلك الأسفلت المتدرج، والأسفلت المستحلب، والأسفلت المخفف، والأسفلت المعدل.

٥-٢-٢ مواد الركام:

٥-٢-٢-١ المصادر والإنتاج:

تستخدم مجموعة متنوعة من مواد الركام؛ لإنتاج خلطات أسفلتية مفصولة على النحو التالي:

- يُستخرج الركام الطبيعي، بما في ذلك الرمل، ببساطة من رواسب الأنهار، أو الرواسب الجليدية، ويُستخدم دون مزيد من المعالجة لتصنيع خلطات الرصف الأسفلتية.
- الركام المعالج الذي تم استخراجه، أو تفتيته، أو فصله في أجزاء متميزة الحجم، أو غسله، أو معالجته بطريقة أخرى؛ لتحقيق خصائص أداء معينة لخليط الأسفلت النهائي، مع ملاحظة أن المراحل التي تبدأ من الاستخراج مرورًا بالمعالجة تحدد أشكال الركام وأحجامه، ولكنها قد تؤثر أيضًا على جودة الركام وسلامته.
- الركام المعاد تدويره الناتج عن معالجة المواد غير العضوية أو المعدنية المستخدمة سابقًا في الأعمال الإنشائية (على سبيل المثال: طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها).
- الركام الاصطناعي، أو المنتجات الثانوية أي: الركام غير التقليدي الناتج عن إعادة تكوين المواد الطبيعية وليس عن طريق العمليات الفيزيائية، مثل: التفتيت والفرز، أو عن طريق المعالجة الفيزيائية أو الميكانيكية للمواد الاصطناعية الموجودة مسبقًا؛ لإنتاج الركام لأعمال جديدة. وفيما يلي أمثلة على عمليات إعادة التكوين: (١) المعالجة الحرارية، مثل: التسخين، أو التلبيد، أو التكليس، أو الدمج الجزئي، أو الكامل للصخور البركانية، أو الطين، أو الطفل الصفحي، أو الحجر الصفائحي، بالإضافة إلى ما ينتج عن ذلك من الأعطال الميكانيكية، أو التزجيج، أو إعادة التبلور، أو الانتفاخ، أو تركيبات لهذه الظواهر في سبيل إنتاج ركام خفيفة الوزن، و(٢) تكوين مواد جديدة كنتيجة للعمليات الصناعية، مثل: الخبث الناتج في وقت واحد مع الحديد في فرن الصهر.

وتوجد المزيد من المعلومات المتعلقة بتصنيف الركام في وصف حجم الحبيبات، أي الركام الخشن، والركام الناعم، والحشو المعدني على النحو المحدد أدناه.

٥-٢-٢-٢ التخزين:

يجب قبل معالجة المواد القادمة من أي مصدر الحصول أولًا على موافقة بخصوص جودة مواد الركام، وذلك على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٤-١-٢)، كما يجب إنشاء المخزونات بحيث تمنع الفصل، ويلزم كذلك الحصول على موافقة بخصوص موقع إنشاء المخزونات من الجهة المسؤولة، أو المهندس، وتحديد هذا الموقع بطريقة تضمن عدم تلوث المواد المخزنة بالركام الآخر، أو تتغير بسبب الغبار، أو الكثبان الرملية، أو غيرها من المواد الطبيعية أو المعالجة. ويجب استيفاء المتطلبات التالية عند تخزين الركام:

- قبل وضع الركام في موقع التخزين، يجب تنظيف الموقع من الغطاء النباتي، والصخور والمخلفات، ويجب تسوية الأرض؛ لتوفير سطح أملس، وثابت وموحد؛ مما يسمح بتصريف المياه على النحو المناسب.
- يجب ألا تتجاوز مخزونات الركام ٨ أمتار.
- يجب إنشاء المخزونات التي يزيد ارتفاعها عن ٢٠٠ متر مكعب في طبقات لا يزيد عمقها عن ١,٥ متر باستخدام الطرق والمعدات المعتمدة، ويجب ألا يسمح بدفع الركام في المخزون باستخدام الجرافات. ويجب إكمال كل طبقة على كامل مساحة الكومة قبل وضع الركام في الطبقة التالية، ولا يُسمح باتباع أي طريقة لوضع الركام في المخزون تؤدي إلى الفصل، أو التكسير، أو التحلل، أو التلف.

- يُخزن الركام القادم من مصادر مختلفة، أو بتدرجات مختلفة في مخزونات منفصلة مفصولة بمساحة أو جدران أو أقسام مناسبة لمنع الخلط. ولا يمكن تخزين الركام في الأماكن التي تدور فيها المركبات فوق الأكوام، أو من خلالها وعلى نحو يتسبب في خلط المواد الغريبة مع الركام المخزن. ويجب تمييز نوع وحجم الركام برقم مميز.
- يجب إزالة الركام من المخزونات باستخدام المعدات، والطرق المعتمدة من المهندس، وبطريقة تمنع فصل أحجام الحبيبات، أو التلاعب في التربة الأساسية، أو المجاورة أو المواد الغريبة.

يتعهد المقاول بالالتزام بالمعايير البيئية المعتمدة بخصوص الضوضاء، وتلوث الهواء والغبار في جميع مراحل المشروع.

وبعد الانتهاء من تنفيذ الأعمال في مواقع الإنتاج/ أو التخزين، ويسوّي المقاول هذه المواقع، ويرتبها، وينظفها من جميع النفايات والمخلفات، والمنشآت المؤقتة، ومنتجات النقل، والنفايات إلى المواقع المعتمدة.

٥-٢-٢-٣ أخذ العينات وإجراء الاختبارات:

تخضع جميع مواد الركام المستخدمة في إنتاج الخلطات الأسفلتية لبعض المعالجة متبوعةً بالتقييم والاختبار، وذلك بهدف تقديم منتج نهائي يمكن إثبات أنه يلبي متطلبات المحددة، ويتحمل منتج الركام مسؤولية توفير إمدادات موثوقة من الركام تفي بمتطلبات الأداء اللازمة.

ويتحقق التناسق من خلال تطبيق نظام جودة مناسب، ويمكن التحقق منه بشكل مستقل يدعم المستوى المناسب من المعالجة والمعاينة اللازمة؛ للتحكم في الإنتاج، وتوضع خواص الركام المعلنة عن طريق أخذ العينات، وإجراء الاختبارات على أساس إحصائي.

وتعد عملية أخذ العينات خطوة حاسمة في تحديد جودة المواد الخاضعة للتقييم، ويجب توخي الحذر؛ للتأكد من أن العينات تمثل المادة التي تُقيّمها. ويجب اتباع مواصفة AASHTO R90 (أو ASTM D75) الذي يشمل إجراءات الحصول على عينات تمثيلية من منتجات الركام الخشن أو الناعم، أو مجموعات الركام الخشنة والناعم؛ لتحديد الامتثال لمتطلبات المواصفات التي بموجبها يُقدّم الركام،

ومع ذلك، تتطلب مواصفات الركام أخذ عينات من أجزاء من المادة لاختبارها؛ ولذلك يجب استخدام طرق تهدف إلى تصغير حجم العينة الكبيرة التي حُصل عليها في الموقع أو المنتجة في المختبر إلى حجم مناسب؛ لإجراء عدد من الاختبارات لوصف مادة الركام، وقياس جودتها، ويمكن استخدام طرق مثل استخدام المجزئ الميكانيكي أو التجميع، أو أخذ عينات مخزون مصغر على النحو الموضح في مواصفة AASHTO R76 (أو ASTM C702)، وتُنفذ هذه الطرق بحيث يكون جزء عينة الاختبار الأصغر عبارة عن تمثيل دقيق للعينة الأكبر، وبالتالي لجميع المواد الموردة.

٥-٢-٣ ركام خلطات الرصف الأسفلتي:

٥-٢-٣-١ الركام الخشن:

٥-٢-٣-١-١ الوصف:

يعرف الركام الخشن بأنه الركام المحتفظ به في الغالب على منخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤)، أو جزء الركام المحتفظ به على منخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤). ويجب أن يكون الحجر المكسر، أو الركام المكسر، أو الحصى المكسر، أو الركام الطبيعي المناسب للاستخدام في خلطات رصف الأسفلت (على سبيل المثال، خلطات الأسفلت والأسطح الأسفلتية).

٥-٢-٣-١-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتكون الركام الخشن من قطع صلبة وقوية ومتينة، وخالية من الطلاءات، ومتماسكة، ومطابقة للمتطلبات الموضحة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

وعلاوة على ذلك، يكون الركام الخشن، أو الجزء الأكثر خشونة من الركام المستخدم في خلطات السطح، من النوع المعروف أنه يمتلك مقاومة كافية لعملية التلميع لحركة المرور المتوقعة، ويتوافق مع المتطلبات الموضحة في المواصفات الخاصة أو المنصوص عليها من الجهة المسؤولة أو المهندس.

٥-٢-٣-١-٣ متطلبات التدرج:

يجب أن يتوافق تدرج الركام الخشن مع أحد التدرجات الموضحة في الجدول (٥-١) وفقًا لمواصفة AASHTO M43. ويعتمد الحجم المراد استخدامه على التركيبة المفضلة لخلطة الرصف، والحجم أو الأحجام المطلوبة إما قبل أو بعد الخلط على النحو المحدد في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

الجدول (٥–١) الأحجام القياسية للركام المعالج.

الحجم الاسمي، الفتحات المربعة (ملم)	كميات أدق من كل منخل معملية (فتحات مربعة)، الكتلة ٪										
	٥٠ ملم (٢ بوصة)	٣٧,٥ ملم (١½ بوصة)	٢٥ ملم (١ بوصة)	١٩ ملم (¾ بوصة)	١٢,٥ ملم (½ بوصة)	٩,٥ (٣/٨ بوصة)	٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٠,١٥ملم (رقم ١٠٠)
٣٧,٥ – ١٩	١٠٠	٩٠ – ١٠٠	٢٠ ـ ٥٥	٠ ـ ١٥		٠ ـ ٥					
٢٥ ـ ١٢,٥		١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٢٠ ـ ٥٥	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥					
٢٥ ـ ٩,٥		١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٤٠ ـ ٨٥	١٠ ـ ٤٠	٠ ـ ١٥	٠ – ٥				
١٩ ـ ٩,٥			١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٢٠ ـ ٥٥	٠ ـ ١٥	٠ – ٥				
١٩ ـ ٤,٧٥			١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠		٢٠ ـ ٥٥	٠ – ١٠	٠ ـ ٥			
١٩ ـ ٢,٣٦			١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠		٣٠ ـ ٦٥	٥ – ٢٥	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥		
١٢,٥ ـ ٤,٧٥				١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٤٠ ـ ٧٠	٠ – ١٥	٠ ـ ٥			
١٢,٥ ـ ٢,٣٦				١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٤٠ ـ ٧٥	٥ – ٢٥	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥		
٩,٥ ـ ٢,٣٦					١٠٠	٨٥ ـ ١٠٠	١٠ ـ ٣٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥		
٩,٥ ـ ١,١٨					١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٢٠ ـ ٥٥	٥ ـ ٣٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥	
٤,٧٥ ـ ١,١٨						١٠٠	٨٥ – ١٠٠	١٠ ـ ٤٠	٠ ـ ١٠	٠ ـ ٥	
٤,٧٥						١٠٠	٨٥ – ١٠٠				١٠ ـ ٣٠

يمكن استخدام تدرجات الركام الخشنة الأخرى، في حالة وافق المهندس عليها، بشرط أن ينتج الركام والحشو المجمع، عند استخدامه، خليط رصف يوفر الخصائص المطلوبة.

٥-٢-٣-٢ الركام الناعم:

٥-٢-٣-٢-١ الوصف:

يعرف الركام الناعم على أنه الركام الذي يمر في الغالب بالمنخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤)، أو جزء الركام الذي يمر بالمنخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤). ويجب أن يتكون من رمل طبيعي، أو رمل معد من الحجر، أو من ركام مسحوق، أو حصى، أو توليفات منها للاستخدام في خلطات رصف الأسفلت (على سبيل المثال، قاعدة الأسفلت وخلطات الأسطح الأسفلتية). وعندما تسمح المواصفات الخاصة، يجب ألا يقل الركام المكسر عن ٧٥ في المئة. وعلاوة على ذلك، لا يمكن استخدام الرمال الطبيعية دون موافقة خطية مسبقة من المهندس.

٥-٢-٣-٢-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتكون الركام الناعم من حبيبات صلبة، خالية من الكميات الضارة من الطفال الرملي، أو الطين، أو المواد الضارة الأخرى، وتتوافق مع المتطلبات الموضحة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٢-٣-٢-٣ متطلبات التدرج:

يجب أن يتوافق تدرج الركام الناعم مع أحد التدرجات المحددة الجدول (٥-٢) وفقًا لـ AASHTO M29.
الجدول (٥–٢) متطلبات التدرج للركام الناعم.

قياس المنخل	كميات أدق من كل منخل معملية (فتحات مربعة)، الكتلة ٪				
ملم	التدرج رقم ١	التدرج رقم ٢	التدرج رقم ٣	التدرج رقم ٤	التدرج رقم ٥
٣١,٥ (٤/١بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠		
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠			١٠٠	١٠٠
٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	١٠٠ – ٩٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠ – ٨٠	١٠٠ – ٨٠
٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	١٠٠ – ٧٠	١٠٠ – ٧٥	١٠٠ – ٩٥	١٠٠ – ٦٥	١٠٠ – ٦٥
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٨٠ – ٤٠	٧٤ – ٥٠	١٠٠ – ٨٥	٨٠ – ٤٠	٨٠ – ٤٠
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٦٥ – ٢٠	٥٢ – ٢٨	٩٠ – ٦٥	٦٥ – ٢٠	٦٥ – ٢٠
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٤٠ – ٧	٣٠ – ٨	٦٠ – ٣٠	٤٠ – ٧	٤٦ – ٧
٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠)	٢٠ – ٢	٢١- ٠	٢٥ – ٥	٢٠ – ٢	٣٠ – ٢
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	١٠ – ٠	٥ – ٠	٥ – ٠	١٠ – ٠	

يجب تقييم تباين التدرج من خلال اختبار معامل الدقة وفقًا لـ AASHTO T27. ولا يمكن أن ينحرف معامل الدقة عن معامل الجودة الأساسي بأكثر من ٠,٢٥ للشحنات اللاحقة من الركام الناعم من مصدر محدد. يجب أن يكون معامل دقة القاعدة هو القيمة المميزة للمصدر. وفي حالة لم تكن هناك اختبارات سابقة، فيجب حساب معامل نقاء القاعدة باستخدام متوسط القيم للعينات العشر الأولى (أو جميع العينات السابقة إذا كانت أقل من عشر) على الترتيب. ويجب ألا يمكن تغيير معامل نقاء القاعدة إلا عندما يوافق عليه المشتري.

ومن الملاحظ أن معامل نقاء الركام الناعم المستخدم يمكن أن يكون له تأثير على كيفية تناسب خلطة الأسفلت. وعليه فقد تكون هناك حاجة إلى ضبط مناسب على الخلطة إذا ظهر أن معامل نقاء القاعدة يختلف بشكل كبير عن القيمة المستخدمة في تصميم خلطة الأسفلت.

٥-٢-٣-٣ مادة الحشو المعدني:

٥-٢-٣-٣-١ الوصف:

تعرّف مادة الحشو المعدني على أنها المادة المعدنية المقسمة بدقة التي تمر عبر منخل ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠). وفي وقت الاستخدام، يجب أن يكون جافًا بما يكفي؛ للتدفق بحرية، وخاليًا بشكل أساسي من التكتل. وفي حال نصت المواصفات الخاصة على ذلك، أو تطلبت ظروف العمل استخدامه، أو كان الحشو المعدني المستخدم غير مناسب، يجب استخدام مسحوق الحجر المكسر، أو الغبار، أو مسحوق الركام الصلب، أو الغبار، أو الأسمنت البورتلاندي، أو الأسمنت الهيدروليكي، أو الجير، أو أي مسحوق معدني كحشو معدني، شريطة أن يتوافق مع متطلبات الجودة.

٥-٢-٣-٣-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتوافق الحشو المعدني لخلطة رصف الأسفلت مع AASHTO M17.

يجب أن يكون الحشو المعدني خاليًا بشكل أساسي من الشوائب العضوية، وأن يكون له مؤشر مرونة لا يزيد عن ٤، عند اختباره وفقًا لـ AASHTO T90. لا تكون حدود مؤشر اللدونة مناسبة للجير المطفأ والأسمنت الهيدروليكي.

يجب أن يكون للرماد المتطاير المستخدم كحشو معدني خسارة قصوى عند الاشتعال بنسبة ١٢ في المائة عند اختباره وفقًا لمواصفة ASTM C311.

٥-٢-٣-٣-٣ متطلبات التدرج:

يجب أن يكون تدرج مادة الحشو المعدني ضمن حدود الجدول (٥-٣):

الجدول (٥–٣) متطلبات التدرج للحشو المعدني.

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	١٠٠
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٩٧ - ١٠٠
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٩٥ - ١٠٠
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	٧٠ - ١٠٠

لتقييم المطابقة مع المتطلبات المذكورة أعلاه، خذ عينة من الحشو المعدني وفقًا لمواصفة ASTM C50 أو AASHTO R71 أو مواصفة ASTM C311، أيهما أنسب للمادة التي يؤخذ عينات منها. والحصول على عينات على فترات عشوائية لا تتجاوز كل ٣٠٠ طن من المواد عند تسليمها. كما يجب أن يكون الحد الأدنى لحجم العينات الحقلية ٥ كجم. قلّل عينة الحقل إلى حجم لا يقل عن ٢,٥ كجم للاختبار؛ لتحديد التدرج ومؤشر اللدونة، والخسارة عند الاشتعال للرماد المتطاير؛ وفقًا AASHTO T37 وAASHTO T90 ومواصفة ASTM C311 على التوالي.

٥-٢-٣-٤ الركام المُعاد تدويره:

٥-٢-٣-٤-١ الوصف:

ويشمل رصف أسفلتي مستصلح (RAP)، أي مواد رصف الأسفلت المعالجة، أو المكشوطة، أو المفتتة، أو المكسورة، أو المسحوقة.

ويستخدم رصف الأسفلت المستصلح حاليًا بالكامل أو مجتمع مع الركام المعدني الآخر، مثل تلك التي يغطيها الأقسام الفرعية (٥-٢-٣-١) و(٥ -٢-٣-٢)، لإنتاج خلطات الرصف.

٥-٢-٣-٤-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتوافق رصف الأسفلت المستصلح مع متطلبات زاوية الركام الخشن، وزاوية الركام الناعم، والجزيئات المسطحة والمطولة الموضحة في الجزء (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). وفقًا لـ AASHTO M323، ويجب التنازل عن متطلبات مكافئ الرمل لركام رصف الأسفلت المستصلح.

٥-٢-٣-٤-٣ متطلبات التدرج:

يجب تفتيت رصف الأسفلت المستصلح أو يكسر بحيث يمر ١٠٠ في المائة من الجزيئات عبر المنخل ٥٠ ملم.

٥-٢-٣-٥ خبث الحديد:

٥-٢-٣-٥-١ الوصف:

يعرف خبث الحديد بأنه منتج غير معدني يتكون أساسًا من سيليكات، والفريتات مجتمعة مع أكاسيد مدمجة من الحديد والألومنيوم، والمنجنيز والكالسيوم، والمغنيسيوم، والتي تُطوّر بالتزامن مع الفولاذ في أفران الأكسجين الأساسية، أو الكهربائية، أو المواقد المفتوحة.

ويستخدم خبث الحديد، والركام الناعم -كليًا أو مدمجًا- مع مجاميع معدنية أخرى، مثل تلك المغطاة في الأقسام الفرعية (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٢) لإنتاج خلطات الرصف.

وتتضمن السمات الإيجابية للركام الفولاذي في خلطات الأسفلت، من بين أمور أخرى، خصائص احتكاكية جيدة، ومقاومة نزع، واستقرار عالٍ، ومقاومة التشقق/البلاستيكي، وعليه يُعدّ خبث الحديد بديلًا قابلًا للتطبيق؛ إما لجزء الركام الناعم، أو الخشن.

٥-٢-٣-٥-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتوافق خبث الحديد الخشن والركام الناعم لخلطات رصف الأسفلت مع المتطلبات الموضحة في الجزء (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ تصميم الأسفلت(. ويجب أن تلبى المتطلبات الإضافية كما هو موضح فيما يلي وفقًا لـ ASTM D5106.

يكون الركام الخشن، أو الجزء الأكثر خشونة من الركام المستخدم في خلطات السطح، من النوع الذي يُعرف بامتلاكه مقاومة كافية لعملية التلميع لحركة المرور المتوقعة، ويجب أن يتوافق مع المتطلبات الموضحة في المواصفات الخاصة أو المنصوص عليها من الجهة المسؤولة أو المهندس. وقد كان AASHTO T279 مفيدًا في تقييم المقاومة الصقل النسبية بين عينات الركام، أو الخلطات المختلفة التي تحتوي على ركام مختلف.

يجب الحصول على الركام الذي يحتوي على مكونات حساسة للترطيب، مثل الجير الحر (أكسيد الكالسيوم)، من المصادر المعتمدة من قبل المهندس؛ بناءً على سجل الأداء المرضي، أو التقادم أو العوامل الأخرى المعروفة بتقليل التمدد المحتمل إلى مستوى مرضٍ على النحو الذي قُيّم وفقًا لـ ASTM D4792.

وعلاوة على ذلك، يجب تقييم الركام؛ لتلبية جميع المتطلبات البيئية المعمول بها (من حيث جودة الهواء، وجودة المياه والتخزين) باستخدام طرق الاختبار المحلية المطلوبة السارية في وقت الاستخدام. ويجب استخدام إجراءات الرشح المميزة للسمية (EPA, 1992) أو أي طريقة اختبار ذات صلة لاختبار الركام، التي تظهر إمكانية إنتاج مواد الترشيح. ويجب أن تظهر جميع الأقسام التي اختُبرت مثل: (المعادن، المواد المتطايرة، المواد شبه المتطايرة، والمواد العضوية) نتائج أقل من العتبات التنظيمية.

٥-٢-٣-٥-٣ متطلبات التدرج:

يجب أن يتوافق تدرج الركام الخشن مع أحد التدرجات الموضحة في الجدول (٥-١)، وفقًا لما هو منصوص عليه في مواصفة ASTM D5106.

وفقًا لذلك، يجب أن يتوافق تصنيف الركام الناعم مع التصنيف الوارد في الجدول (٥-٢).

ويعتمد حجم الكسر الخشن والناعم المراد استخدامه على التركيبة المفضلة لخلطة الرصف، والحجم أو الأحجام المطلوبة إما قبل أو بعد الخلط على النحو المحدد. ويمكن استخدام تدرجات الركام الخشنة والناعم الأخرى، في حالة وافق المهندس عليها، بشرط أن ينتج الركام والحشو المجمع -عند استخدامه- خليط رصف يوفر الخصائص المطلوبة.

ويجب تقييم تباين التدرج للركام الناعم من خلال اختبار معامل الدقة وفقًا لـ AASHTO T27. ولا يمكن أن ينحرف معامل الدقة عن معامل الجودة الأساسي بأكثر من ٠,٢٥ للشحنات اللاحقة من الركام الناعم من مصدر محدد. ويجب أن يكون معامل دقة القاعدة هو القيمة المميزة للمصدر. وفي حالة لم تكن هناك اختبارات سابقة، فيجب حساب معامل نقاء القاعدة باستخدام متوسط القيم للعينات العشر الأولى (أو جميع العينات السابقة إذا كانت أقل من عشر) على الترتيب. ويجب ألا يمكن تغيير معامل نقاء القاعدة إلا عندما يوافق عليه المهندس.

٥-٢-٣-٦ الركام الخشن غير التقليدي:

٥-٢-٣-٦-١ الوصف:

يمكن وصف الركام الخشن غير التقليدي على أنه أي مجموعة غير تلك الموضحة في الأقسام الفرعية (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٤) و(٥-٢-٣-٥)، والتي تمتلك فوائد هندسية وبيئية تعزز الاستدامة في إنشاء الرصف. ولاختيار الركام غير التقليدي المرشح (على سبيل المثال: زجاج النفايات، خبث النحاس وما إلى ذلك) للاستخدام في خلطات رصف الأسفلت، ويوصى باستخدام إطار التقييم المبين في القسم الفرعي (٤-٨-٢-٣).

٥-٢-٣-٦-٢ متطلبات الجودة:

يجب أن يتوافق الركام غير التقليدي لخلطات رصف الأسفلت مع المتطلبات الموضحة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). ويجب أن تلبى المتطلبات الإضافية كما هو موضح فيما يلي وفقًا لـ ASTM D6155.

يكون الركام الخشن، أو الجزء الأكثر خشونة من الركام المستخدم في خلطات السطح، من النوع المعروف أنه يمتلك مقاومة كافية لعملية التلميع لحركة المرور المتوقعة، ويتوافق مع المتطلبات الموضحة في المواصفات الخاصة، أو المنصوص عليها من الجهة المسؤولة أو المهندس. وقد كان AASHTO T279 مفيدًا في تقييم المقاومة الصقل النسبية بين عينات الركام، أو الخلطات المختلفة التي تحتوي على ركام مختلف.

ويجب الحصول على الركام غير التقليدي الذي يحتوي على مكونات حساسة للترطيب من المصادر المعتمدة من قبل المهندس بناءً على سجل الأداء المرضي أو التقادم أو العوامل الأخرى المعروفة بتقليل التمدد المحتمل إلى مستوى مرضٍ على النحو الذي قُيّم وفقًا لـ ASTM D4792.

علاوة على ذلك، يجب تقييم الركام غير التقليدي؛ لتلبية جميع المتطلبات البيئية المعمول بها (من حيث جودة الهواء، وجودة المياه، والتخزين) باستخدام طرق الاختبار المحلية المطلوبة السارية في وقت الاستخدام. ويجب استخدام إجراءات الرشح المميزة للسمية (EPA, 1992)، أو أي طريقة اختبار ذات صلة لاختبار الركام، التي تظهر إمكانية إنتاج مواد الترشيح. ويجب أن تظهر جميع الأقسام التي اختُبرت مثل: (المعادن، المواد المتطايرة، المواد شبه المتطايرة، والمواد العضوية) نتائج أقل من الحدود التنظيمية.

٥-٢-٣-٦-٣ متطلبات التدرج:

يجب أن يتوافق تدرج الركام الخشن مع أحد التدرجات الموضحة في الجدول ٥-١ وفقًا لما هو منصوص عليه في مواصفة ASTM D6155.

يعتمد الحجم المراد استخدامه على التركيبة المفضلة لخلطة الرصف، والحجم أو الأحجام المطلوبة إما قبل أو بعد الخلط على النحو المحدد.

٥-٢-٤ مواد الأسفلت:

٥-٢-٤-١ الوصف:

تُستخدم مجموعة متنوعة من مواد الأسفلت؛ لإنتاج خلطات الأسفلت، واستخدامها في عمليات معالجة الأسفلت، وعمليات الإنشاء المفصولة على النحو التالي:

- رصف الأسفلت، بما في ذلك درجة الاختراق، ودرجة اللزوجة، ودرجة الأداء.
- الأسفلت المستحلب، بما في ذلك الأسفلت الأنيوني، والكاتيوني، والبوليمري المعدل، وأنواع التجميد المرتبطة به.
- الأسفلت السائل، بما في ذلك أنواع المعالجة المتوسطة والسريعة.
- الأسفلت المعدل، المصملم لتغيير خصائص أداء الأسفلت التقليدي باستخدام واحدة أو أكثر من المواد المضافة.

٥-٢-٤-٢ تخزين الأسفلت وتجهيزه:

يجب تخزين المواد الرابطة للأسفلت في صهاريج مصممة خصيصًا. وأن يكون الخزان مجهزًا بمستشعرات درجة حرارة، ومقاييس دقيقة؛ لتقليل أي تصلب محتمل لرابط الأسفلت أثناء التخزين. وعند التعامل مع الأسفلت بشكل صحيح، قد يُسخّن مرة أخرى أو يُحتفظ به في درجات حرارة مرتفعة لفترة طويلة دون التأثير سلبًا على جودته. ومع ذلك، فإن إساءة تجهيز الأسفلت عن طريق تسخينه بشكل مفرط، أو تعريضه لظروف تعزز الأكسدة، ويمكن أن تؤثر سلبًا على خصائصه، وتؤثر على الأداء طويل الأجل للخلطات المرتبطة به.

ولضمان الاستخدام الفعال، يجب دائمًا تخزين المواد الرابطة للأسفلت، وتجهيزها عند أدنى درجة حرارة ممكنة. وينصح بدرجات حرارة من ١٠ إلى ٥٠ درجة مئوية فوق الحد الأدنى لدرجة حرارة الضخ للأنشطة الروتينية، مثل: خلط ونقل الأسفلت السائل، ولكن يجب عدم تجاوز الحد الأقصى لدرجة حرارة المناولة الآمنة ٢٣٠ درجة مئوية. ولتجنب تصلب الأسفلت، يجب الحفاظ على مقدار الوقت الذي يتعرض فيه الأسفلت لدرجات حرارة مرتفعة أثناء تدويره في خزان التخزين عند الحد الأدنى. وفي حالة كان من اللازم

تخزين الأسفلت لفترة طويلة (على سبيل المثال: أطول من أسبوع) دون إضافة مادة جديدة، فيجب خفض درجة الحرارة إلى ما يقرب من ٢٠ إلى ٢٥ درجة مئوية فوق نقطة تليين الأسفلت، وإذا أمكن، يجب إيقاف إعادة التدوير. وعلاوة على ذلك، يجب اختبار المادة الرابطة للأسفلت قبل الاستخدام؛ لضمان استمرار ملاءمتها للتطبيق المقترح.

٥-٢-٤-٣ أخذ العينات والاختبار:

أخذ العينات هي خطوة حاسمة في تقييم وتحديد جودة المواد. ويجب أن يُتوخّى الحذر للتأكد من أن العينات تمثل المادة التي قُيّمت. كما يجب اتباع AASHTO R66 (أو ASTM D140)، التي تغطي إجراءات الحصول على عينات تمثيلية من مواد الأسفلت في مرافق الإنتاج، أو في مرافق التخزين، أو في النقطة أو التسليم. ويمكن أخذ العينات من الخزانات، أو المخزونات، أو المركبات، أو الحاويات المستخدمة؛ لتخزين أو شحن مواد الأسفلت.

ويجب أن تطبق الاختبارات للتأكد من أن جميع مواد الأسفلت الموضحة أعلاه تفي بالمتطلبات المنصوص عليها في المواصفات المرتبطة بها.

ويجب اعتماد موردي المواد الرابطة للأسفلت والأسفلت المستحلب وفقًا لمواصفة AASHTO R26وAASHTO R77، على التوالي.

٥-٢-٥ منتجات الأسفلت:

٥-٢-٥-١ أسفلت الرصفيات:

٥-٢-٥-١-١ أسفلت حسب درجة الاختراق:

ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يجب أن تكون المادة الرابطة للأسفلت مطابقة لمتطلبات الجودة الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٣-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٢-٥-١-٢ أسفلت حسب درجة اللزوجة:

ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يجب أن تكون المادة الرابطة للأسفلت من درجة AC -40 المطابقة لمتطلبات الجودة الموضحة في الجزء (٥-٣-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٢-٥-١-٣ أسفلت حسب درجة الأداء:

يجب أن يتوافق الأسفلت ذو درجة الأداء المختارة للاستخدام مع الظروف المناخية المتوقعة، وسرعة المرور، والحجم المطابق لمتطلبات الجودة الموضحة في الجزء (٥-٣-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٢-٥-٢ الأسفلت المستحلب:

٥-٢-٥-٢-١ الوصف:

يُسمّى الأسفلت المستحلب باستخدام بادئة، ولاحقة. وتحدد البادئة نوع وفئة الأسفلت المستحلب، وتحدد اللاحقة الدرجة، وفقًا AASHTO R5.

وفيما يتعلق بالنوع، يميز الأسفلت المستحلب من خلال مدى سرعة الأسفلت المستحلب في التجمد، أو الاندماج في أربعة أنواع. وتُخصص الأنواع الأربعة مع البادئة SS: تجميد بطيء، MS: تجميد متوسط، RS: تجميد سريع، وQS: تجميد فوري.

وفيما يتعلق بالفئة، يُصنّف الأسفلت المستحلب؛ بناءً على شحنة الجزيئات لقطرات الأسفلت داخل مرحلة الماء من التعليق. ويحتوي الأسفلت المستحلب الأنيوني على شحنة سالبة ويكون للأسفلت المستحلب الكاتيوني شحنة موجبة. ويُعيّن الأسفلت المستحلب سالب الشحنة موجب الشحنة (الكاتيوني)، بواسطة تضمين الحرف "C" قبل البادئة (على سبيل المثال، CRS -2). كما يُعيّن الأسفلت المستحلب سالب الشحنة (الأنيوني) دون تضمين حرف أو رقم إضافي في البادئة (على سبيل المثال، RS -2).

يعرف الأسفلت المستحلب عالي الطفو بأنه فئة من الأسفلت المستحلب التي يمكن أن تكون إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة. ويركب الأسفلت المستحلب عالي الطفو ببنية هلامية؛ لإنتاج طلاء أسفلت أكثر سمكًا على الركام. ويعين بالحروف "HF" قبل البادئة (أي HFRS -2).

وينتج الأسفلت المستحلب في درجتين من درجات اللزوجة. وتشير اللاحقة "١" إلى الأسفلت المستحلب منخفض اللزوجة، وتشير اللاحقة "٢" إلى الأسفلت المستحلب عالي اللزوجة.

أيضًا، يُحدد الأسفلت المستحلب في ثلاث فئات صلابة:

- يجب بقايا الأسفلت الصلب (الاختراق المنخفض) بحرف "h" (أي، CRS -1 h).
- تُعيّن بقايا الأسفلت الرخو (اختراق أعلى) بحرف "s" (أي، CRS -1 s).
- يجب فئة الصلابة الوسيطة، بين الصلبة والناعمة، دون حرف أو رقم إضافي (أي، CRS -1).
- يستخدم "P" للإشارة إلى الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر (أي CRS -2 P). ويمكن أن يكون المُعدِّل إما بوليمر صلب أو بوليمر اللاتكس. ويمكن إضافة المُعدِّل إما إلى المادة الرابطة للأسفلت، أو محلول مستحلب قبل عملية الاستحلاب.

٥-٢-٥-٢-٢ أسفلت مستحلب سالب الشحنة(أيوني):

يجب أن يتوافق الأسفلت المستحلب سالب الشحنة مع متطلبات AASHTO M140 أو ASTM D977.

يتُعرض AASHTO M140 للتجميد البطيء والتجميد المتوسط، والتجميد السريع للأسفلت المستحلب في الجدول (٥-٤) والجدول (٥-٥) والجدول (٥-٦)، على التوالي.

الجدول (٥–٤) متطلبات الأسفلت المستحلب بطيء الشك (AASHTO M140).

النوع	بطيء الشك			
الدرجة	SS-1 ساعة		SS-1	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب				
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠
أو				
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١،٢] %		١,٠		١,٠
اختبار المنخل، [١،٢] %		٠,١		٠,١
اختبار خلط الأسمنت، ٪		٢,٠		٢,٠
التقطير				
بقايا، [٣] %	٥٧		٥٧	
اختبارات على بقايا من التقطير				
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠,١ مم	٤٠	٩٠	٩٠	٢٥٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠	
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠
ملاحظة:				

النوع	بطيء الشك			
الدرجة	SS-1 ساعة		SS-1	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى

١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

٢- يُتنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.

الجدول (٥–٥) متطلبات الأسفلت المستحلب متوسط (AASHTO M140).

النوع	متوسط الشك													
الدرجة	MS-1		MS-2		MS-2 ساعة		HFMS-1		HFMS-2		MS-2 ساعة		HFMS-2 ثانية	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب														
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٢٠	١٠٠					٢٠	١٠٠						
أو														
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٤٠	٢٠٠					٤٠	٢٠٠						
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]			١٠٠		١٠٠				١٠٠		١٠٠		١٠٠	
أو														
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]			٢٠٠		٢٠٠				٢٠٠		٢٠٠		٢٠٠	
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [٢،١] %		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠
اختبار المنخل، [٢،١] %		٠،١		٠،١		٠،١		٠،١		٠،١		٠،١		٠،١
التقطير:														
نواتج تقطير الزيت، حسب حجم الأسفلت المستحلب، ٪													١،٠	٧،٠
بقايا، [٣] %	٥٥		٦٥		٦٥		٥٥		٦٥		٦٥		٦٥	
اختبارات على بقايا من التقطير														
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠،١ مم	٩٠	٢٥٠	٩٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٩٠	٢٥٠	٩٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٢٥٠	
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
محتوى الرماد، %		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠		١،٠
اختبار الطفو، ٦٠ درجة مئوية، ثانية							١٢٠٠		١٢٠٠		١٢٠٠		١٢٠٠	

النوع	متوسط الشك											
الدرجة	MS-1		MS-2		MS-2 ساعة		HFMS-1		HFMS-2		MS-2 ساعة		HFMS-2 ثانية	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى

ملاحظة:

١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

٢- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.

الجدول (٥–٦) متطلبات الأسفلت المستحلب سريع الشك (AASHTO M140).

النوع	سريع الشك											
الدرجة	RS-1 ساعة		RS-1		RS-1 ثانية		SS-2 ساعة		RS-2		RS-2 ثانية		HFRS-2	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب														
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠								
أو														
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠								
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]							٧٥		٧٥	٤٠٠	٧٥	٤٠٠	٧٥	٤٠٠
أو														
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]							١٥٠	٨٠٠	١٥٠	٨٠٠	١٥٠	٨٠٠	١٥٠	٨٠٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [٣،٢] %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، ٠,٠٢ نيوتن كلوريد الكالسيوم ٢ % [١]	٦٠		٦٠		٦٠		٦٠		٦٠		٦٠		٥٠	
اختبار المنخل، [٢،١] %		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
التقطير:														
بقايا، [٣] %	٥٥		٥٥		٥٥		٦٥		٦٥		٦٥		٦٥	
اختبارات على بقايا من التقطير														
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠,١ مم	٤٠	٩٠	٩٠	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٩٠	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
اختبار الطفو، ٦٠ درجة مئوية، ثانية													١٢٠٠	

النوع	سريع الشك													
الدرجة	RS-1 ساعة		RS-1		RS-1 ثانية		SS-2 ساعة		RS-2		RS-2 ثانية		HFRS-2	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى

ملاحظة:

١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

٢- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حَقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.

وفقًا لذلك، يتم عرض متطلبات ASTM D977 في الجدول (٥-٧) والجدول (٥-٨) والجدول (٥-٩).

الجدول (٥–٧) متطلبات الأسفلت المستحلب بطيء الشك (ASTM D977).

النوع	بطيء			
الدرجة	SS-1		SS-1 ساعة	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب				
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية SFS[٢]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية[٢]	٤٥	٢٢٠	٤٥	٢٢٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١] %		١,٠		١,٠
اختبار خلط الأسمنت، ٪		٢,٠		٢,٠
اختبار المنخل، %[١A]		٠,١		٠,١
المخلفات عن طريق التقطير، ٪	٥٧		٥٧	
اختبارات على بقايا من اختبار التقطير				
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ	١٠٠	٢٠٠	٤٠	٩٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠	
نسبة الذوبان في ثلاثي كلورو الإيثيلين أو بروميد البروبيل %[٣]	٩٧,٥		٩٧,٥	
محتوى الرماد، %[٣]		١,٠		١,٠
ملاحظة:				

١- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٢- للزوجة، حدد إما طريقة الاختبار ASTM دي ٧٢٢٦ أو ASTM دي ٧٤٩٦.

٣- حدد إما محتوى الرماد (طريقة الاختبار ASTM دي ٨٠٧٨) أو اختبارات الذوبانية (طريقة الاختبار ASTM دي ٢٠٤٢ أو دي ٧٥٥٣).

الجدول (٥–٨) متطلبات الأسفلت المستحلب متوسط الشك (ASTM D977).

النوع	متوسط الشك													
الدرجة	MS-1		MS-2		MS-2 ساعة		HFMS-1		HFMS-2		MS-2 ساعة		HFMS-2 ثانية	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب														
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية [٢] **SFS**	٢٠	١٠٠	١٠٠		١٠٠		٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠		٥٠	
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية [٢]	**٤٥**	**٢٢٠**	**٢٢٠**		**٢٢٠**		**٤٥**	**٢٢٠**	**٢٢٠**	**٢٢٠**	**٢٢٠**		**١١٠**	
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١] %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
القدرة على الطلاء ومقاومة الماء														
طلاء، الركام الجاف	جيد		جيد		جيد		جيد		جيد		جيد		جيد	
الطلاء، بعد الرش	مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول	
طلاء، الركام الجاف	مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول	
الطلاء، بعد الرش	مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول		مقبول	
اختبار المنخل، [١A]%		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
المخلفات عن طريق التقطير، ٪	٥٥		٦٥		٦٥		٥٥		٦٥		٦٥		٦٥	
اختبارات على بقايا من اختبار التقطير														
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوان	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	٤٠	٩٠	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	٤٠	٩٠	٢٠٠	
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
نسبة الذوبان في ثلاثي كلورو الإيثيلين أو بروميد البروبيل % [٣]	٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥	
محتوى الرماد، % [٣]		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
اختبار الطفو، ٦٠ درجة مئوية، ثانية							١٢٠٠		١٢٠٠		١٢٠٠		١٢٠٠	

ملاحظة:
١- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.
للزوجة، حدد إما طريقة الاختبار ASTM دي ٧٢٢٦ أو ASTM دي ٧٤٩٦.
حدد إما محتوى الرماد (طريقة الاختبار ASTM دي ٨٠٧٨) أو اختبارات الذوبانية (طريقة الاختبار ASTM دي ٢٠٤٢ أو دي ٧٥٥٣).

الجدول (٥–٩) متطلبات الأسفلت المستحلب سريع الشك (ASTM D977).

النوع	سريع الشك		سريع الشك					
الدرجة	QS-1 ساعة		RS-1		RS-2		HFRS-2	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية SFS A	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠				
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية SFS A					٧٥	٤٠٠	٧٥	٤٠٠
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية A	٤٥	٢٢٠	٤٥	٢٢٠				
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية A					١٦٥	٨٨٠	١٦٥	٨٨٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١] %				١,٠		١,٠		١,٠
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، ٠,٠٢ نيوتن كلوريد الكالسيوم ٢ %			٦٠		٦٠		٦٠	
اختبار المنخل، % [A]		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
المخلفات عن طريق التقطير، ٪	٥٧		٥٥		٦٣		٦٣	
اختبارات على بقايا من اختبار التقطير								
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ	٤٠	٩٠	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
نسبة الذوبان في ثلاثي كلورو الإيثيلين أو بروميد البروبيل %	٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥	
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
اختبار الطفو، ٦٠ درجة مئوية، ثانية							١٢٠٠	

ملاحظة:

١- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

للزوجة، حدد إما طريقة الاختبار ASTM دي ٧٢٢٦ أو ASTM دي ٧٤٩٦.

حدد إما محتوى الرماد (طريقة الاختبار ASTM دي ٨٠٧٨) أو اختبارات الذوبانية (طريقة الاختبار ASTM دي ٢٠٤٢ أو دي ٧٥٥٣).

٥-٢-٥-٢-٣ أسفلت مستحلب موجب الشحنة (كاتيوني):

يجب أن يتوافق الأسفلت المستحلب موجب الشحنة مع متطلبات AASHTO M208 أو ASTM D2397 (أو SASO 2056).

تُعرض متطلبات AASHTO M208 للتجميد السريع والتجميد المتوسط والتجميد البطيء للأسفلت المستحلب في الجدول (٥-١٠) والجدول (٥-١١) على التوالي.

الجدول (٥–١٠) متطلبات التجميد السريع والمتوسط والبطيء للأسفلت المستحلب الكاتيوني (AASHTO M208).

النوع	تجميد سريع				تجميد متوسط				تجميد بطيء			
الدرجة	CQS-1 ساعة		CQS-1		CMS-2 ساعة		CMS-2		CSS-1 ساعة		CSS-1	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب												
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠					٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠
أو												
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠					٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [١،٢]					٥٠	٤٥٠	٥٠	٤٥٠				
أو												
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [١،٢]					١٠٠	٩٠٠	١٠٠	٩٠٠				
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١،٢] %						١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
اختبار شحن الجزيئات [١]	إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي	
اختبار المنخل، [١،٢] %		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١

اختبار خلط الأسمنت											٢,٠
التقطير:											
نواتج تقطير الزيت، حسب حجم الأسفلت المستحلب، ٪											
بقايا، [٣] %	٦٢		٦٢		٦٥		٦٥		٥٧		٥٧
اختبارات على بقايا من التقطير											
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠,١ مم	٤٠	٩٠	٩٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٩٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٩٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جرام، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠	

ملاحظة:

١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

٢- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.

الجدول (٥–١١) متطلبات التجميد السريع للأسفلت المستحلب الكاتيوني (M208 AASHTO).

النوع	**تجميد سريع**											
الدرجة	**CRS-1 ساعة**		**CRS-1**		**CRS-1 ثانية**		**CRS-2 ساعة**		**CRS-2**		**CRS-2 ثانية**	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب												
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	١٠٠	٤٠٠	١٠٠	٤٠٠	١٠٠	٤٠٠
أو												
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية [٢،١]	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٢٠٠	٨٠٠	٢٠٠	٨٠٠	٢٠٠	٨٠٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [٢،١] %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، ٠,٠٨ ٪ سلفات ثنائي أوكتيل الصوديوم، [١] ٪	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
اختبار شحن الجزيئات [١]	**إيجابي**		**إيجابي**		**إيجابي**		**إيجابي**		**إيجابي**		**إيجابي**	
اختبار المنخل، [٢،١] %		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
التقطير												
نواتج تقطير الزيت، حسب حجم الأسفلت المستحلب، ٪		٣		٣		٣		٣		٣		٣
بقايا، [٣] %	٦٠		٦٠		٦٠		٦٥		٦٥		٦٥	
اختبارات على بقايا من التقطير												

النوع	تجميد سريع											
الدرجة	CRS-1 ساعة		CRS-1		CRS-1 ثانية		CRS-2 ساعة		CRS-2		CRS-2 ثانية	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠,١ مم	٤٠	٩٠	٩٠	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٩٠	١٥٠	١٥٠	٢٥٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جرام، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
ملاحظة: ١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف. ٢- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل. ٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.												

وفقًا لذلك، يتم عرض متطلبات ASTM D2397 في الجدول (٥-١٢).

الجدول (٥–١٢) متطلبات التجميد البطيء والمتوسط والفوري والسريع للأسفلت المستحلب الكاتيوني (ASTM D2397).

النوع	تجميد سريع				تجميد متوسط				تجميد بطيء				تجميد سريع	
الدرجة	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2 ساعة		CSS-1		CSS-1 ساعة		CQS-1 ساعة	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب														
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية SFS									٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية SFS	٢٠	١٠٠	١٠٠	٤٠٠	٥٠	٤٥٠	٥٠	٤٥٠						
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية									٤٥	٢٢٠	٤٥	٢٢٠	٤٥	٢٢٠
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٥٠ درجة مئوية، ميجا باسكال* ثانية	٤٥	٢٢٠	٢٢٠	٨٨٠	١١٠	٩٩٠	١١٠	٩٩٠						
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [١] %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، ٠,٠٢ نيوتن كلوريد الكالسيوم ٢ %	٤٠		٤٠											
القدرة على الطلاء ومقاومة الماء														

النوع	تجميد سريع				تجميد متوسط				تجميد بطيء				تجميد سريع	
الدرجة	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2 ساعة		CSS-1		CSS-1 ساعة		CQS-1 ساعة	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
طلاء، الركام الجاف					جيد		جيد							
الطلاء، بعد الرش					مقبول		مقبول							
طلاء، الركام الجاف					مقبول		مقبول							
الطلاء، بعد الرش					مقبول		مقبول							
اختبار شحن الجزيئات	إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي		إيجابي	
اختبار المنخل، %[A]		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
اختبار خلط الأسمنت، ٪										٢,٠		٢,٠		غير محدد
التقطير:														
نواتج تقطير الزيت، حسب حجم المستحلب، ٪		٣		٣		١٢		١٢						
المخلفات عن طريق التقطير، ٪	٦٠		٦٥		٦٥		٦٥		٥٧		٥٧		٥٧	
اختبارات على بقايا من اختبار التقطير														
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ	١٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	١٠٠	٢٥٠	٤٠	٩٠	٤٠	٩٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠		٤٠	
محتوى الرماد، %[٣]		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠
قابلية الانحلال في ثلاثي كلورو إيثيلين درجة%[٣]	٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥		٩٧,٥	

ملاحظة:

١- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٢- للزوجة، حدد إما طريقة الاختبار ASTM دي ٧٢٢٦ أو ASTM دي ٧٤٩٦.

٣- حدد إما محتوى الرماد (طريقة الاختبار ASTM دي ٨٠٧٨) أو اختبارات الذوبانية (طريقة الاختبار ASTM دي ٢٠٤٢ أو دي ٧٥٥٣).

٤-٢-٥-٢-٥ الأسفلت المعدل بالبوليمر:

يجب أن يتوافق الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر مع متطلبات AASHTO M316، كما هو موضح في الجدول (٥-١٣).

الجدول (٥–١٣) متطلبات التجميد السريع والبطيء للأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر.

النوع	تجميد سريع				تجميد بطيء			
الدرجة	CQS-1hP		CQS-1P		SS-1hP		CSS-1hP	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب								
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠	٢٠	١٠٠
أو								
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [١،٢]	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠	٤٠	٢٠٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [٢] %						١,٠		١,٠
اختبار شحن الجزيئات [١]	إيجابي		إيجابي				إيجابي	
اختبار المنخل، [١،٢] %		٠,١		٠,١		٠,١		٠,١
وقت خلط الأسمنت، [١] ٪						٢,٠		٢,٠
التقطير								
بقايا، [٣] %	٦٢		٦٢		٥٧		٥٧	
اختبارات على بقايا من التقطير								
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ، ٠,١ مم	٤٠	٩٠	٩٠	٢٠٠	٤٠	٩٠	٤٠	٩٠
الاستعادة المرنة، ١٠ درجة مئوية، مستقيم الجانب، ٥ سم/دقيقة، استطالة ٢٠ سم، ٥ دقائق، ٪	٥٠		٦٠		٢٥		٢٥	
نقطة التليين، درجة°	٥٧		٥٣					
محتوى الرماد، %		١,٠		١,٠		١,٠		١,٠

ملاحظة:

١- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه وحدود المواصفات المرتبطة بها لمنتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

٢- يمكن التنازل عن شرط الاختبار هذا على العينات التمثيلية إذا حُقق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

النوع	تجميد سريع				تجميد بطيء			
الدرجة	CQS-1hP		CQS-1P		SS-1hP		CSS-1hP	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
٣- بالنسبة للأسفلت المستحلب المخفف، يجب تعديل النسبة المئوية لمتطلبات البقايا وفقًا لذلك.								

٥-٢-٥-٣ أسفلت سائل أو مخفف:

٥-٢-٥-٣-١ الوصف:

تتكون مركبات الأسفلت السائل من أسفلت قاعدي ذي صلابة، أو لزوجة منتقاة مذابة في مذيب مرتفع، أو متوسط، أو منخفض التطاير؛ لتوفير اختلافات مميزة لأغراض الإنشاء بين الأنواع.

ويتكون الأسفلت ذو سرعة الجفاف العالية من أسفلت قاعدي صلب لزج؛ ليعمل مع الركام في الطريق الناتج عن التبخر السريع لمذيب من نوع النفث شديد التطاير في خلطات عند التعرض للظروف الجوية. ويتكون الأسفلت ذو سرعة الجفاف المتوسطة من أسفلت قاعدي متوسط الصلابة أو اللزوجة ناتج عن التبخر البطيء للمذيب من نوع الكيروسين الأقل تطايرًا في خلطات فور التعرض للظروف الجوية.

٥-٢-٥-٣-٢ أسفلت ذو سرعة جفاف متوسطة:

يجب أن يتوافق الأسفلت ذو سرعة الجفاف المتوسطة مع متطلبات AASHTO M82، كما هو موضح في الجدول (٥-١٤).

الجدول (٥–١٤) الحد الأدنى والحد الأقصى لمتطلبات الأسفلت السائل ذي سرعة الجفاف المتوسطة.

الخواص	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة الحركية عند ٦٠ درجة مئوية، ملم²/ثانية [١]	٣٠	٦٠	٧٠	١٤٠	٢٥٠	٥٠٠	٨٠٠	١٦٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠
نقطة الوميض (علامة مفتوحة)، درجة°	٣٨		٣٨		٦٦		٦٦		٦٦	
المياه، %		٠,٢		٠,٢		٠,٢		٠,٢		٠,٢
اختبار التقطير: التقطير، النسبة المئوية حسب حجم إجمالي ناتج التقطير إلى ٣٦٠ درجة مئوية										
إلى ٢٢٥ درجة مئوية		٢٥	٠	٢٠	٠	١٠				
إلى ٢٦٠ درجة مئوية	٤٠	٧٠	٢٠	٦٠	١٥	٥٥	٠	٣٥	٠	١٥
إلى ٣١٥ درجة مئوية	٧٥	٩٣	٦٥	٩٠	٦٠	٨٧	٤٥	٨٠	١٥	٧٥
المخلفات من التقطير إلى ٣٦٠ درجة مئوية، النسبة المئوية لحجم العينة حسب الفرق	٥٠		٥٥		٦٧		٧٥		٨٠	

الخواص	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على بقايا من التقطير:										
اللزوجة الحركية عند ٦٠ درجة مئوية، بسكال ثانية ٢	٣٠	١٢٠	٣٠	١٢٠	٣٠	١٢٠	٣٠	١٢٠	٣٠	١٢٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	١٠٠		١٠٠		١٠٠		١٠٠		١٠٠	
قابلية الانحلال في ثلاثي كلورو إيثيلين %	٩٩,٠		٩٩,٠		٩٩,٠		٩٩,٠		٩٩,٠	
اختبار سبوت [٣] مع:										
نافتا قياسية	سلبي لجميع الدرجات									
مذيب نافتا- زيلين، % زيلين	سلبي لجميع الدرجات									
مذيب هيبتان- زيلين، % زيلين	سلبي لجميع الدرجات									

ملاحظة:

١- كبديل، يمكن تحديد لزوجة سايبولت فورول على النحو التالي:

أ- الدرجة MC-30 - لزوجة الفيول عند ٢٥ درجة مئوية - ٧٥ إلى ١٥٠ ثانية.

ب- الدرجة MC-70 - لزوجة الفيول عند ٥٠ درجة مئوية - ٦٠ إلى ١٢٠ ثانية.

ج- الدرجة MC-250 - لزوجة الفيول عند ٦٠ درجة مئوية - ١٢٥ إلى ٢٥٠ ثانية.

د- الدرجة MC-800 - لزوجة الفيول عند ٨٢,٢ درجة مئوية - ١٠٠ إلى ٢٠٠ ثانية.

هـ- الدرجة MC-3000 - لزوجة الفيول عند ٨٢,٢ درجة مئوية - ٣٠٠ إلى ٦٠٠ ثانية.

٢- بدلًا من لزوجة المادة المتبقية، يمكن أن يحدد المهندس الاختراق عند ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ عند ٢٥ درجة مئوية من ١٢٠ إلى ٢٥٠ للدرجات MC-30، وMC-70، MC-250، MC-800 وMC-3000. ومع ذلك، لن تكون هناك حاجة بأي حال من الأحوال إلى كل من اللزوجة والاختراق.

٣- استخدام الاختبار الموضعي اختياري. عندما يُحددذلك، يجب على المهندس تحديد ما إذا كان سيتم استخدام مذيب النفث القياسي، أو مذيب النفث- زيلين، أو مذيب هبتان- زيلين في تحديد الامتثال للمتطلبات، وكذلك، في حالة مذيبات الزيلين، النسبة المئوية للزيلين الذي سيُستخدم.

٥-٢-٥-٣-٣ أسفلت ذو سرعة جفاف عالية:

يجب أن يتوافق الأسفلت ذو سرعة الجفاف العالية مع متطلبات AASHTO M81، كما هو موضح في الجدول (٥-١٥).

الجدول (٥–١٥) الحد الأدنى والحد الأقصى لمتطلبات الأسفلت السائل ذي سرعة الجفاف العالية.

الخواص	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة الحركية عند ٦٠ درجة مئوية، ملم٢/ثانية [١]	٧٠	١٤٠	٢٥٠	٥٠٠	٨٠٠	١٦٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠
نقطة الوميض (علامة مفتوحة)، درجة°			٢٧		٢٧		٢٧	
المياه، %		٠,٢		٠,٢		٠,٢		٠,٢
اختبار التقطير: النقطير، النسبة المئوية حسب حجم إجمالي ناتج التقطير إلى ٣٦٠ درجة مئوية								
إلى ١٩٠ درجة مئوية	١٠							
إلى ٢٢٥ درجة مئوية	٥٠		٣٥		١٥			
إلى ٢٦٠ درجة مئوية	٧٠		٦٠		٤٥		٢٥	
إلى ٣١٥ درجة مئوية	٨٥		٨٠		٧٥		٧٠	
المخلفات من التقطير إلى ٣٦٠ درجة مئوية، النسبة المئوية لحجم العينة حسب الفرق	٥٥		٦٥		٧٥		٨٠	
اختبارات على بقايا من التقطير:								
اللزوجة الحركية عند ٦٠ درجة مئوية، بسكال ثانية ٢	٦٠	٢٤٠	٦٠	٢٤٠	٦٠	٢٤٠	٦٠	٢٤٠
الليونة، ٢٥ درجة مئوية، ٥ سم/ دقيقة، سم	١٠٠		١٠٠		١٠٠		١٠٠	
قابلية الانحلال في ثلاثي كلورو إيثيلين %	٩٩,٠		٩٩,٠		٩٩,٠		٩٩,٠	
اختبار سبوت [٣] مع								
نافتا قياسية	سلبي لجميع الدرجات							
مذيب نافتا- زيلين، % زيلين	سلبي لجميع الدرجات							
مذيب هيبتان- زيلين، % زيلين	سلبي لجميع الدرجات							

ملاحظة:

١- كبديل، يمكن تحديد لزوجة سايبولت فورول على النحو التالي:

الدرجة RC-70 - لزوجة الفيول عند ٥٠ درجة مئوية - ٦٠ إلى ١٢٠ ثانية.

الدرجة RC-250 - لزوجة الفيول عند ٦٠ درجة مئوية - ١٢٥ إلى ٢٥٠ ثانية.

الدرجة RC-800 - لزوجة الفيول عند ٨٢,٢ درجة مئوية - ١٠٠ إلى ٢٠٠ ثانية.

الدرجة RC-3000- لزوجة الفيول عند ٨٢,٢ درجة مئوية - ٣٠٠ إلى ٦٠٠ ثانية.

٢- بدلًا من لزوجة المادة المتبقية، يمكن أن يحدد المهندس الاختراق عند ١٠٠ جم، ٥ ثوانٍ عند ٢٥ درجة مئوية من ٨٠ إلى ١٢٠ للدرجات RC-70، و RC-800 RC-250، و RC-3000. ومع ذلك، لن تكون هناك حاجة بأي حال من الأحوال إلى كل من اللزوجة والاختراق.

الخواص	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
٣- استخدام الاختبار الموضعي اختياري. عندما يحدد ذلك، يجب على المهندس تحديد ما إذا كان سيتم استخدام مذيب النفث القياسي، أو مذيب النفث- زيلين، أو مذيب هبتان- زيلين في تحديد الامتثال للمتطلبات، وكذلك، في حالة مذيبات الزيلين، النسبة المئوية للزيلين الذي سيُستخدم .								

٥-٢-٥-٤ الأسفلت المعدل:

٥-٢-٥-٤-١ الوصف:

عندما لا تفي المادة الرابطة للأسفلت المتاحة بمتطلبات الأداء، يجب تعديل الأسفلت باستخدام إضافات الأسفلت والمعدلات تستخدم المصطلحات مادة "إضافة" و"مُعدّل" بالتبادل وتُفسّر بوجهٍ عام بكونها تتضمن أية مواد مضافة إلى المادة الرابطة للأسفلت بكميات طفيفة، بخلاف مواد الحشو المعدنية، الرمل، والركام، مثل: البوليمرات، العوامل المضادة للتجريد، أو مواد إضافة أخرى. ويتمثل النطاق المقصود من استخدام هذه التعديلات في تغيير درجة الأداء الفعال للمادة الرابطة للأسفلت، أو تحسين الأداء، وفترة الخدمة للأرصفة، أو مواد الصيانة من خلال تحسين خصائص المادة الرابطة للأسفلت، أو خلطة الأسفلت أو كليهما.

٥-٢-٥-٤-٢ إضافات البوليمر:

تصنف إضافات البوليمر التي يمكن استخدامها على النحو التالي:

- بوليمرات لدائنية مرنة تتضمن ستيرين- بيوتادايين- ستيرين، مطاط ستيرين- بيوتادايين، وبولي بيوتادايين. تكون المواد الرابطة المعدلة ببوليمر لدائني مرن بمرونة أو مرونة محسنة، وتكون أقل حساسية للحرارة.
- البوليمرات اللدائنية بما في ذلك أسيتات إيثيلين فينيل، إيثيلين ميثاكريلات، بولي بروبيلين رنحي، وبولي بروبيلين. وتزيد المواد الرابطة المعدلة بالبوليمر اللدائني من الصلابة.

يجب توثيق التعديل المقترح، ونسبته، وطريقة الإضافة ونتائج الاختبار من قبل المقاول بناءً على إجراء تصميم مختبري شامل. وتستوفي المادة الرابطة للأسفلت المعدلة المواصفات القائمة على الأداء الواردة في الجزء (٣-٥-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٢-٥-٤-٣ عوامل مضادة للتعرية (مضادات التقشر):

يمكن استخدام مضافات كيميائية؛ لتحسين التصاق ركام الأسفلت. ولهذه العوامل أثران رئيسيان: ١) يمكن أن تغير الظروف عند السطح البيني للأسفلت- الركام، مما يتسبب في ترطيب الأسفلت بشكل مفضل، وتحسين الالتصاق؛ و٢) يمكن أن تقوي الرابطة اللاصقة بين الأسفلت والركام، مما يزيد من المقاومة طويلة الأمد لانفصال الأسفلت بسبب الماء.

وعادةً، فإن الأمينات الدهنية هي النوع الرئيسي من المواد المضافة المستخدمة؛ لتحسين الالتصاق.

٥-٢-٥-٤-٤ الألياف:

يمكن استخدام الألياف بهدف تسليح الأداء الميكانيكي لخلطة الأسفلت كتغيير المرونة اللزجة، وتحسين المعامل الديناميكي، وقابلية الرطوبة، والتوافق مع زحف الخرسانة الأسفلتية، ومقاومة التشقق، ومقاومة التدهور بفعل تمدد الماء المتجمّد، والحد من التكسير العاكس لخلطات الأسفلت والأرصفة. وإضافة لما سبق تسمح الألياف بمحتويات أسفلت أعلى (على سبيل المثال: الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي) من الأسفلت المخلوط الساخن التقليدي دون أي مشكلات تصريف كبيرة.

وتتوفر أنواع مختلفة من الألياف، مثل: المعادن، السليلوز، البولي بروبيلين، البوليستر، الألياف الزجاجية.

وتعرف العملية الرطبة والعملية الجافة بأنهما: الطريقتان المحتملتان لإدخال الألياف. ويمزج الإجراء الجاف الألياف أولًا مع الركام قبل إضافة الأسفلت، بينما تمزج العملية الرطبة أولًا الألياف مع المادة الرابطة للأسفلت قبل إضافة المادة الرابطة إلى الخلطة.

٥-٢-٥-٤-٥ خفض درجات حرارة إنتاج الخلطات الأسفلتية الساخنة:

من خلال استخدام التقنيات المتقدمة التي تعدل خصائص الأسفلت مؤقتًا، أو بشكل دائم، أو تؤثر على التفاعل بين الأسفلت والركام، ويمكن تحقيق انخفاض في درجات حرارة إنتاج الأسفلت المخلوط على الساخن بمقدار ٣٠ درجة مئوية أو أكثر. ويشير المنتج النهائي إلى خلطة الأسفلت الدافئ (WMA) ويُعدّ خطوة رئيسية لـ "الطرق الخضراء". وتنقسم هذه التكنولوجيات إلى ثلاث فئات: (أ) إضافة مضافات عضوية، (ب) إضافة مضافات كيميائية، (ج) عمليات الإرغاء (تنقسم إلى عمليات تحتوي على الماء وعمليات قائمة على الماء).

تُستخدم مواد الإضافة العضوية (UGN Sعلى سبيل المثال، شمع تخليق فيشر- تروبش، وأميدات الحمض الدهني، وشمع مونتان) لتقليل لزوجة المادة الرابطة للأسفلت عند درجات حرارة أعلى من حوالي ٩٠ درجة مئوية. ويمكن إضافة المواد المضافة العضوية إما إلى الأسفلت، أو إلى الخلطة.

لا تغير مواد الإضافة الكيميائية، وعادةً ما تكون عوامل استحلاب أو بوليمرات، لزوجة الأسفلت. وبوصفها مواد خافضة للتوتر السطحي، فإنها تعمل عند الواجهة المجهرية للركام والأسفلت. وهي تنظم، وتقلل القوى الاحتكاكية عند تلك الواجهة البينية عند نطاق من درجات الحرارة، عادة بين ١٤٠ و٨٥ درجة مئوية. ولذلك من الممكن خلط الأسفلت والركام، وضغط الخليط عند درجة حرارة أقل.

وتُستخدم أساليب الإرغاء؛ لتقليل لزوجة المادة الرابطة للأسفلت. وتستخدم التقنيات التي تحتوي على الماء الزيوليت الاصطناعي لإنتاج عملية الإرغاء. وتستخدم التكنولوجيات القائمة على المياه استخدامًا مباشرًا بدرجة أكبر. وهذا يعني أنه عادة باستخدام الفوهات المتخصصة، يُحقن الماء المطلوب؛ لإنشاء تأثير الرغوة مباشرة في تدفق الأسفلت الساخن. ومع تبخر الماء بسرعة، ينتج عن ذلك كمية كبيرة من الرغوة التي تنهار ببطء.

٥-٢-٥-٤-٦ الكبريت الممدد:

يعمل الكبريت كعامل تمديد المادة الرابطة للأسفلت وعامل تسليح للخلطة. يجب أن تتكون كريات الكبريت من عنصر الكبريت المطابق لمواصفات منتج أرامكو السعودية 102- A، وفقًا لـ SAES-Q-006 (Saudi Aramco, 2012).

٥-٢-٥-٤-٧ الهيدروكربونات:

يمكن تعديل الأسفلت عن طريق إضافة مواد هيدروكربونية أكثر نعومة أو صلابة.

على سبيل المثال، في إعادة تدوير طبقات الرصف الأسفلتية، من الضروري استخدام عوامل إعادة التدوير. تحاول عوامل إعادة التدوير إما عوامل تخفيف أو عوامل تجديد تقليل لزوجة المادة الرابطة للأسفلت القديمة، أو استعادة الخصائص الفيزيائية الكيميائية للمادة الرابطة للأسفلت القديمة إلى تلك الخاصة بالأسفلت الجديد. ويمكن استخدام مواصفة ASTM D4552 لتحديد الدرجة المطلوبة لعامل إعادة التدوير التي ينتج عنها خليط الأسفلت المعاد تشكيله الذي يتوافق مع مواصفات الأسفلت.

يمكن استخدام عوامل تصلب الهيدروكربونات، مثل: الأسفلت الطبيعي (على سبيل المثال: جيلسونيت)، لتعديل الخواص الفيزيائية لرابطات الأسفلت التقليدية لاستخدامات محددة، على سبيل المثال في المناطق مرتفعة الإجهاد.

٥-٢-٥-٤-٨ المواد المعاد تدويرها:

يُخلط المطاط المتفتت، الذي يمكن وصفه أيضًا باسم "المطاط المطحون"، بشكل نمطي؛ إما مع المادة الرابطة للأسفلت، أو خلطة الأسفلت؛ لتحسين خصائص المادة الرابطة للأسفلت التي ستجعلها أكثر مقاومة للشقوق/ أو التشققات المماثلة للبوليمرات مثل: ستيرين- بيوتادايين- ستيرين. ويُنتج المطاط المتفتت بوساطة تمزيق، وطحن الإطارات القديمة المستصلحة من الشاحنات أو سيارات الركاب أو كليهما إلى جزيئات صغيرة جدًا. ويعتمد إجراء الطحن الناعم للإطارات الخردة المستخدمة؛ إما على الطريقة المحيطة، أو الطريقة المبردة. ويستلزم النهج المحيط استخدام محبب أو مطحنة التكسير؛ لتأريض المطاط عند درجة حرارة محيطة أو أعلى منها بقليل. وعند طحن الإطارات المبردة، تُجمّد الإطار الخردة أولًا في النيتروجين السائل حتى يصبح هشًا، ثم يُقسّم إلى قطع أصغر في مطحنة المطرقة.

يمكن استخدام ألواح الأسفلت؛ إما في تصنيع نفايات الألواح، أو إزالتها من أسطح المساكن السكنية، أو المباني التجارية بعد اعتمادها على أنها تتوافق مع المتطلبات البيئية المتعلقة بالأسبستوس، ومعالجتها في منتج يفي بمتطلبات AASHTO MP23، التي تُعرّف على أنها ألواح الأسفلت المستصلحة كمكون في خلطات الأسفلت.

يُبحث في المواد البلاستيكية المعاد تدويرها، مثل: البولي إيثيلين عالي الكثافة، والبولي إيثيلين منخفض الكثافة، والبولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة، والبولي إيثيلين تيريفثالات، والبولي بروبيلين، خلال العقود الماضية في صورة مادة إضافة، أو مادة معدلة للمادة الرابطة للأسفلت. وقد أثبتت الدراسات المعملية إمكانية إعادة استخدام النفايات البلاستيكية، بيد أن المبادئ التوجيهية للتوحيد القياسي لا تزال غير متاحة؛ لتسليح تنفيذها على نطاق واسع.

٥-٢-٥-٤-٩ تقييم إضافات الأسفلت:

ينبغي أن تنتج معدّلات الأسفلت المعدل التي يتوافق كلاها مع الغرض المطلوب للتعديل (أي: مضاد القطع، ومضاد التكسير، ومضاد التعرية، ومساعدة الضغط وما إلى ذلك)، ويلبي متطلبات الأداء الموافق المرتبط بخريطة درجة حرارة المنطقة.

لذلك، يجب اختبار الأسفلت المعدل؛ لتقييم والتأكد من أنه لا يؤثر سلبًا على متطلبات الجودة القياسية لرابط الأسفلت أو خليط الأسفلت. ولهذا الغرض، يجب استخدام إطار اختبار أثناء عملية تصميم الخليط، وفقًا لـAASHTO R15 ، والذي ينقسم إلى مرحلتين. وتختبر المرحلة الأولى المادة الرابطة المعدلة (مع اختبارات الضوابط المناسبة غير المعدلة)، بينما تختبر المرحلة الثانية خليط الأسفلت المعدل. وتعمل المرحلة ١ كطريقة فحص؛ لأن الاختبارات أسرع وأسهل.

قد لا تكون المرحلة ٢ ضرورية إذا كانت إضافة، أو تعديل الأسفلت لا يبشر بالخير في المرحلة ١. ولن ينطبق هذا إذا تفاعلت مادة الإضافة/ المُعدِّل على وجه التحديد مع الركام، على سبيل المثال، في حالة العوامل المضادة للتجريد.

يتم التأكيد على الاختبار القائم على الأداء. علاوة على ذلك، يجب أن يعتمد ترتيب الاختبار على ما تم تصميم مادة إضافة الأسفلت لإنجازه ويجب إجراء الاختبارات الأكثر أهمية والمرتبطة أولًا.

ويمكن العثور على قائمة بالاختبارات المحتملة لكلا المرحلتين ١ و٢ في AASHTO R15. يجب على المهندس تحديد الاختبار الذي يحتاج إلى إجرائه.

٥-٣ طلاء التأسيس والطلاء اللاصق:

٥-٣-١ الوصف:

يُعرَّف طلاء التأسيس بأنه تطبيق ووضع طبقة من مواد الأسفلت المخفف، أو المستحلب على سطح التربة غير المعالجة، أو الركام أو أي نوع أسطح أخرى على النحو الموضح في المخططات، والمحدد في المواصفات الخاصة. وتُستخدم طلاء التأسيس لمنع تجريف سطح طبقة الأساس بفعل حركة الإنشاء، وملء الفراغات السطحية، وتثبيت مواد السطح الدقيقة، والحفاظ على حالة الرطوبة المناسبة وحماية طبقة الأساس من العوامل الجوية، وكذلك تسليح الالتصاق بطبقة الرصف الأولى. يستخدم رمل التجفيف؛ لتصحيح المناطق التي تحتوي على مواد طلاء التأسيس الزائدة.

وتُعرَّف الطلاء اللاصق بأنها تطبيق ووضع طبقة من الأسفلت المخفف، أو المستحلب أو طبقة ربط الأسفلت من درجة الرصف على سطح الرصف الحالي قبل وضع طبقة التكسية الأسفلتية. وتُستخدم الطلاء اللاصق لإنشاء رابطة قوية بين رصف أسفلتي، أو خرساني قائم وطبقة تكسية أسفلتية، وذلك بين الطبقات الرصف الإنشائي، وعلى أي سطح رأسي توضع طبقات رصف جديدة بجواره، مثل: البردورات والحواجز وقنوات التصريف الجانبية، والمرافق، وفواصل الإنشاء.

٥-٣-٢ المواد:

٥-٣-٢-١ طلاء التأسيس:

يجب أن تكون مواد الأسفلت من النوع MC- 70 أو MC- 250 مطابقة لمتطلبات الجدول (٥-١٤) للأسفلت المخفف أو SS -1 h أو CSS -1 h ومطابقة لمتطلبات الأسفلت المستحلب في الجدول (٥-٤) أو الجدول (٥-١٢) الخاصة بالأسفلت المستحلب، ما لم تُحدَّد درجة مختلفة في المواصفات الخاصة أو يصدر المهندس تعليمات بشأنها. ويمكن تخفيف الأسفلت المستحلب بكمية معادلة من الماء؛ لزيادة معدل الرش، والحفاظ على ثبات الأسفلت المتخلف على السطح. ويجب أن يختار الأسفلت المخفف إذا كانت القيود والقوانين البيئية تسمح باستخدامه.

أما إذا كان استخدام ركام التجفيف مطلوبًا، فيجب أن يكون من الرمل الطبيعي، أو الرمل المصنّع أو خلطة من كليهما خالٍ من المواد العضوية، أو الطين وبتدرج يتكون من ١٠٠٪ يمر بالمنخل بمقاس ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) ولا يزيد عن فترة مرور ٥٪ بالمنخل بمقاس ٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠).

٥-٣-٢-٢ الطلاء اللاصق:

يجب أن تكون مواد الأسفلت من النوع RC- 70 مطابقة لمتطلبات الجدول (٥-١٥) للأسفلت المخفف أو SS -1 h أو CSS -1 h ومطابقة لمتطلبات الجدول (٥-٤) أو الجدول (٥-١٢) للأسفلت المستحلب أو طبقة الربط للأسفلت ذا تدرج الأداء/ تدرج الاختراق

المطابقة للمواصفات الواردة في الجزء (٣-٥) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف)، ما لم تُحدَّد درجة مختلفة في المواصفات الخاصة، أو يصدر المهندس تعليمات بشأنها. وعند استخدام الأسفلت المستحلب بطيء الصب، يمكن تخفيفه بإضافة جزء واحد من الماء الإضافي (١:١)، ما لم يحدد المورد خلاف ذلك. ويجب أن يختار الأسفلت المخفف إذا كانت القيود، والقوانين البيئية تسمح باستخدامه. وينطوي اختيار طبقة ربط الأسفلت المطبقة على الساخن للطبقات اللاصقة على بعض الفوائد مثل: التبريد السريع، وعدم التتبع، وتأخيرات أقل واستخدام مواد أقل، على أنه يجب النظر في مشاكل أخرى مثل: السلامة، وتكاليف الطاقة، ووقت إعادة تسخين المواد.

ويمكن استخدام الجدول (٥-١٦) لاختيار مادة الطلاء اللاصق بناءً على نوع المشروع ووقت الرصف، وفقًا لمواصفة AASHTO PP93.

الجدول (٥–١٦) مادة الطلاء اللاصق لنوع/ وقت المشروع.

نوع/ وقت المشروع	مادة الطلاء اللاصق الموصى بها
حجم حركة المرور القياسي (المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية ≥٥٠٠٠) والرصف النهاري، أو الليلي في وقت معالجة مناسب	الأسفلت المستحلب
ارتفاع كثافة حركة المرور (المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية > ٥٠٠٠)	طبقة ربط الأسفلت بتدرج الأداء/ تدرج الاختراق
الرصف الليلي بنوافذ قصيرة المدى (أقل من ٨ ساعات)	طبقة ربط الأسفلت بتدرج الأداء/ تدرج الاختراق
المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية = المتوسط السنوي للحركة اليومية	

٥-٣-٣ المعدات:

يجب على المقاول توفير، وتشغيل المعدات الكافية؛ لإنجاز العمل خلال فترة العقد؛ وفقًا لبرنامج العمل على النحو الذي اعتمده المهندس. وتشمل تلك الأنواع من المعدات مكانس كهربائية من النوع الدوار؛ لتنظيف موزعات الركام الموجودة لامتصاص الرمال عند الحاجة، وموزعات مواد الأسفلت، وعصي الرش؛ لرش مواد الأسفلت بشكل موحد بالعرض الكامل للمسار.

وتطبق موزعات الأسفلت معظم مواد الطلاء اللاصق، ولكن تُستخدم عصي الرش في المناطق التي لا يمكن لقضيب الرش بتلك الموزعات الوصول إليها. ويكون الموزع مجهزًا بخزان لتخزين مواد الأسفلت، ونظام تسخين للحفاظ على درجة الحرارة المناسبة، ومضخة الأسفلت، ونظام التقليب، وقضيب رش لتوزيع السوائل بالتساوي عبر الطريق، ونظام الغسل والتنظيف المطلوب، ونظام طاقة للمضخات، وسائقين، ونظام القياس والتحكم؛ ليسمح بمعدلات تطبيق مختلفة.

٥-٣-٤ إنشاء القطاعات التجريبية:

يجب على المقاول إنشاء قطاعين تجريبيين أو أكثر لكل درجة من مواد الأسفلت المحددة للاستخدام أو المستخدمة ولكل نوع من أنواع المواد. ويجب أن يكون القطاع التجريبي بعرض ٣ أمتار على الأقل وبطول ١٠٠ متر. ويجب على المقاول تحديد معدلات تطبيق مواد طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق بناءً على نتائج القطاعات التجريبية.

كما يلتزم المقاول، في التاريخ المقرر أو في أي يوم قبل بدء تطبيق طلاء التأسيس والطلاء اللاصق، تطبيق نسبتين أو أكثر من مادة الأسفلت على القطاعات التجريبية المتتالية. وعند اكتمال القطاعات التجريبية، يجب أن يوقف العمل في تلك الطبقة لمدة ٤ ساعات - على الأقل-؛ للسماح للمهندس بتقييم مدى ملاءمة المواد، والمعدلات المطبقة. وتُعمل طبقة تأسيسية، وطبقة لاصقة إضافية على القطاعات التجريبية التي لا يوجد طبقةٍ كافية عليها، وكذلك يجب تنشيف القطاعات التجريبية التي وُضع عليها طبقة تأسيسية، وطبقة لاصقة زائدة بالرمل، على النحو الذي يطلبه المهندس.

٥-٣-٥ إجراءات التطبيق:

٥-٣-٥-١ معدل التطبيق:

أما بالنسبة للطبقة التأسيسية، يجب أن يكون معدل التطبيق هو المعدل المحدد من خلال إنشاء القطاعات التجريبية، ويقع ضمن الحدود الموضحة في الجدول (٥-١٧). كما يجب استخدام رمل التجفيف -حسب الحاجة؛ لامتصاص مواد طلاء التأسيس التي تزيد عن الكمية المحددة في القطاعات التجريبية.

الجدول (٥–١٧) معدلات تطبيق مواد طلاء التأسيس.

المواد	معدل التطبيق (لتر/م٢)
MC-70, MC-250	من ٠,٥٠ إلى ١,٧٥
SS-1h, CSS-1h	من ٠,٢٠ إلى ٠,٥٠

وبالنسبة للطبقة اللاصقة، يجب أن يكون معدل تطبيق مادة الأسفلت المخفف (أي RC -70) في حدود ٠,١ -٠,٣ لتر/م٢.

سيتأثر معدل تطبيق الطبقات اللاصقة من الأسفلت المستحلب بالسطح الذي توضع عليه. وبشكل عام، يتطلب السطح الضيق، أو الكثيف طبقة لاصقة أقل من السطح مفتوح النسيج أو المكشوط أو المسحوق. ويتطلب السطح القائم الذي به تدفق، أو نزف أسفلتي، أو الجديد تطبيق طبقة لاصقة أقل من السطح القائم الجاف. يلخص الجدول (٥-١٨) معدلات التطبيق الموصى بها لتطبيقها على الأسفلت الجديد والحالي/ القديم والسطح المكشوط، وعلى سطح خرسانة الأسمنت البورتلاندي الحالي، وفقًا لـ AASHTO PP93، ما لم يحدد المورد أو المهندس خلاف ذلك. كما يختلف معدل التطبيق المناسب مع نوع مادة الطلاء اللاصق المستخدمة، وخلطة الأسفلت الذي سيُصب في وضع طبقة التكسية. فعلى سبيل المثال، تتطلب عمليات تراكب الطبقات الأسفلتية ذات التدرج الكثيف، والخلطات ناقصة التدرج طبقة لاصقة أقل من عمليات تراكب الخلطات ذات التدرج المفتوح.

الجدول (٥–١٨) معدلات التطبيق غير المخففة والمخففة والمتخلفة لمواد الطلاء اللاصق من الأسفلت المستحلب.

المواد	معدل التطبيق غير المخفف [١] (لتر/م٢)	معدل التطبيق المخفف ١:١ [١] (لتر/م٢)	معدل الأسفلت المتخلف (لتر/م٢)
خليط الأسفلت الجديد	٠,١٥ - ٠,٣٤	٠,٣ - ٠,٦٨	٠,٠٩ - ٠,٢
خليط الأسفلت الموجود	٠,٣ - ٠,٥٣	٠,٦ - ١,٠٦	٠,١٨ - ٠,٣٢
الأسطح المكشوطة	٠,٣ - ٠,٦	٠,٦ - ١,٢	٠,١٨ - ٠,٣٦
خرسانة الأسمنت البورتلاندي	٠,٢٣ - ٠,٣٨	٠,٤٥ - ٠,٧٥	٠,١٤ - ٠,٢٣

ملاحظة:

[١] الأسفلت المستحلب بطيء التصلب المفترض عند استخدام ٤٣ % من الماء و٥٧٪ من الأسفلت.

يجب أن يتطابق معدل الاستخدام الموصى به للطبقة اللاصقة من الأسفلت ذا تدرج الأداء، مع معدلات الأسفلت المتخلف الموضحة في الجدول (٥-١٨)، ما لم يحدد المورد أو المهندس خلاف ذلك.

٥-٣-٥-٢ التخزين:

يجب على المقاول النظر في كل من منطقة التخزين المادي، وطريقة التعامل مع مواد الأسفلت أثناء تخزينها. وتتألف منطقة التخزين المادي من صهاريج للتخزين طويل الأجل، وشاحنات ذات صهاريج؛ للتخزين قصير الأجل، وموزعات الأسفلت للتخزين قصير الأجل. ويجب عزل صهاريج التخزين للاستخدام الفعال للحرارة. وبالنسبة للأسفلت المستحلب، يمكن أن تتكون قشرة الأسفلت على سطحه عندما يتعرض للهواء. وعلى هذا النحو، تكون الخزانات الرأسية الطويلة عادةً مفضَّلةً على الخزانات الأفقية، حيث إنها تُعرض أقل قدر من مساحة السطح للهواء. ومع ذلك، يمكن أن تقلل الخزانات الأفقية من كمية السطح المعرض للهواء عندما تكون ممتلئة.

وقد عُرضت درجات حرارة التخزين الموصى بها لمواد طلاء التأسيس والطلاء اللاصق في الجدول (٥-١٩) والجدول (٥-٢٠) على التوالي.

الجدول (٥–١٩) درجات حرارة تخزين مواد طلاء التأسيس (Mohammad, et al., 2012).

المواد	درجة حرارة التخزين (درجة مئوية)
MC-70	٧٠
MC-250	٩٠
SS-1h	١٠ - ٦٠
CSS-1h	١٠ ٦٠-

الجدول (٥–٢٠) درجات حرارة تخزين مواد الطلاء اللاصق (Mohammad, et al., 2012).

المواد	درجة التخزين (درجة مئوية)
RC-70	٧٠
SS-1h	١٠ - ٦٠
CSS-1h	١٠ - ٦٠
الاختراق ٤٠ ٤٠- ٥٠	١٧٧

يجب توخي الحذر؛ لتجنب تحميل الأسفلت المستحلب على شاحنة ذات صهريج، أو موزع أسفلتي كان يحمل من قبل مستحلبًا غير متوافق (كتحميل مستحلب أيوني على شاحنة كانت تحتوي من قبل على مستحلب موجب الشحنة). وهذا من شأنه أن يتسبب في كسر الأسفلت المستحلب في وقت مبكر للغاية. ويُنصح بتنظيف جميع الصهاريج، والمركبات، والخراطيم، وخطوط الأنابيب مرة واحدة على الأقل سنويًا.

٥-٣-٥-٣ إعداد السطح:

قبل وضع طلاء التأسيس، يجب أن يكون السطح الذي ستوضع عليه تلك الطبقة متوافقًا مع الدمك المحدد وتحمل الارتفاع، وأن يكون خاليًا من المواد العضوية وغيرها من المواد الضارة، وأن يعتمده المهندس. وفي حالة الضرورة وقبل تطبيق طلاء التأسيس مباشرةً، يجب رش الأسطح الجافة للتربة، والركام بالقليل من الماء؛ لتقليل التوتر السطحي، وتحسين تغلغل طلاء التأسيس في السطح.

يجب وضع الطلاء اللاصق على سطح نظيف، وخالٍ من الغبار والأوساخ، وذلك عن طريق تنشيف السطح ميكانيكيًا، أو غسل السطح بالماء، أو استخدام تقنية نفخ الهواء عالي الضغط. علاوة على ذلك، عند استخدام طبقة ربط الأسفلت المطبقة على الساخن، يجب أن يكون سطح الطريق جافًا تمامًا. وقبل تطبيق طلاء التأسيس، يجب توخي الحذر؛ لحماية المرافق المجاورة، مثل: الأرصفة، وقنوات التصريف الجانبية، والخرسانة.

٥-٣-٥-٤ القيود المناخية:

لا ينبغي وضع مواد طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق على أي سطح عندما تكون درجة حرارة الهواء والسطح أقل من ١٥ درجة مئوية، أو أثناء هطول الأمطار، أو انتشار الغبار، أو العواصف الرملية.

٥-٣-٥-٥ التطبيق:

٥-٣-٥-١ طلاء التأسيس:

تُطبق طلاء التأسيس بالمعدل المحدد من خلال تطبيق القطاعات التجريبية، على النحو الموضح في الجزء الفرعي (٥-٣-٤). وتتمثل الخطوة الأولى لتطبيق طلاء التأسيس في استخدام معدات التطبيق التي تمت معايرتها بشكل صحيح. للتحقق من أن جميع الفوهات مفتوحة، وتعمل بشكل صحيح، ويلتزم المشغل بوضع طبقة تأسيسية تجريبية على منطقة سهلة الاستخدام وغير مستخدمة، في حال عدم استخدام الموزع لبعض الوقت.

يجب أن تضمن سرعة موزع الأسفلت، وارتفاع القضيب، وضغط القضيب، ونوع الفوهة، وزاويتها، وتكوينها وأن تكون تغطية طلاء التأسيس موحدة، وخالية من أي بقع مقطعة، أو غير مطلية. وعند وجود بقع مقطعة، يجب إيقاف تطبيق مواد الأسفلت، على الوجه الذي يحدده المهندس، حتى تُجرى تعديلات على الموزع، وإجراءات التطبيق التي ستؤدي إلى التخلص من التقطيع. ويجب طلاء البقع غير المطلية بمادة الأسفلت باستخدام عصي الرش.

ويبين الجدول (٥-٢١) درجات حرارة مواد طلاء التأسيس أثناء تطبيقها.

الجدول (٥–٢١) درجات حرارة تطبيق مواد طلاء التأسيس (Mohammad, et al., 2012).

المواد	درجة حرارة التطبيق (درجة مئوية)
MC-70	أقل من ٥٠
MC-250	أقل من ٧٥
SS-1h	٢٠ - ٧٠
CSS-1h	٢٠ - ٧٠

يجب أن تكون المنطقة المقذوفة أوسع بمقدار ٠,٣ متر من الطبقة المراد طلاؤها بطبقة تأسيسية، أو داخل بردورات الأرصفة، أو الأكتاف.

وعند استخدام كمية زائدة من المادة التأسيسية، حتى بعد انتهاء فترة التصليد القياسية (من ٢٤ إلى ٧٢ ساعة، على سبيل المثال) يمكن ألا تُمتص كل المادة التأسيسية في طبقة الأساس؛ لمنع التصاق المواد الزائدة بإطارات شاحنات النقل، أو تسربها عبر سطح الأسفلت، ويجب نشر رمل التجفيف من قمع مثبت على شاحنة مزود بعناصر تحكم؛ لتوصيل الرمل في تطبيق موحد بمعدلات محددة، والانتظار حتى امتصاص طلاء التأسيس بتلك المادة. ويمكن نشر الرمل يدويًا على بقع التسرب المعزولة. وقد يتطلب الأمر مسح المنطقة مرة أخرى قبل نشر خلطة الأسفلت الجديد. كما يجب كنس طبقة الأساس المطلية بطلاء التأسيس -بشكل خفيف جدًا – بمكنسة كهربائية قبل وضع خلطة الأسفلت، حيث يمنع الرمل الزائد المتبقي في الموقع من تكوين رابطة قوية بين طبقة الأساس، وطبقات الأسفلت.

ولا ينبغي السماح بحركة المرور على الأسطح التي طُليت بطلاء التأسيس حتى يعتمدها المهندس.

٥-٣-٥-٢ الطلاء اللاصق:

عمومًا، يجب على المقاول أن ينفذ متطلبات طلاء التأسيس الواردة في القسم الفرعي (٥-٣-٥-١) بشأن معدات التطبيق، والاستخدام الأمثل لها.

ويعتمد معدل التطبيق – كما هو مبين- على نوع سطح الرصف الموجود وحالته.

ويبين درجات حرارة مواد الطلاء اللاصق أثناء استخدامها.

الجدول (٥–٢٢) درجات حرارة تطبيق مواد الطلاء اللاصق (Mohammad, et al., 2012).

المادة	درجة التخزين (مئوية)
RC-70	أكثر من ٥٠
SS-1h	٢٠ – ٧٠
CSS-1h	٢٠ – ٧٠
Pen 40-50	أكثر من ١٧٧

وللحد من كسح الطلاء اللاصق، يجب على الشاحنات التراجع للوراء على الطلاء اللاصق، وتتقدم للأمام مرة أخرى عندما تغادر. وزيادة على ذلك، يجب على سائقي شاحنات التسليم تلقي تعليمات بكيفية الخروج من الحركة المرورية المزدحمة، والدخول إليها بأمان في مناطق الإنشاء وتعليمات بشأن كيفية تجنب القيادة على الطلاء اللاصق المستخدمة مؤخرًا كذلك.

يجب السماح بوضع الطلاء اللاصق قبل الرصف؛ لضمان تحقيق أفضل درجات الربط الممكنة بين الطبقات. وعند استخدام الأسفلت المستحلب، يجب أن تكون باللون الأسود ممزوجة فقط بمستحلب الأسفلت المتخلف مما يبين أن النظام تخلص من جميع المياه. ورغم ذلك، يجب تقليل المدة الزمنية التي يتعرض فيها الأسفلت المتخلف إلى أدنى حد؛ تجنبًا للكسح، وضمانًا لعملها عملًا جيدًا. وعند استخدام ماردة رابطة أسفلتية مثبتة بالتسخين، تبرد المادة الأسفلتية الرابطة خلال دقيقة واحدة من تعرضها للبيئة المحيطة؛ لذا يمكن تغطية الطلاء اللاصق فورًا في أغلب الأحوال.

٥-٣-٥-٦ ضبط الجودة:

٥-٣-٥-٦-١ قبول المواد:

يجب توفير مواد طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق من الموردين المعتمدين، بما في ذلك موردي الأسفلت المستحلب، والمواد الرابطة للأسفلت المصنفة الأداء؛ وفقًا لمواصفة AASHTO R77 و AASHTO R26.

كما يجب أخذ عينات من طلاء التأسيس، واللاصقة؛ وفقًا لمواصفة زAASHTO R66 بتغطية قصوى مقدارها ٣١،٥٠٠ متر مربع قبل وضعها واختبارها؛ لتقييم مطابقتها لمتطلبات المواصفات ذات الصلة (على سبيل المثال: AASHTO M81، وM140 وغيرها).

ويُوصى أيضًا، لتقييم مواد الطلاء اللاصق، بتقييم قوة ترابط الطلاء اللاصق، إما بالاختبار المعملي، أو الحقلي بتطبيق AASHTO TP114. وللحصول على أداء رصف مرضٍ، يجب مراعاة معيار الحد الأدنى لقوة قص الطبقة البينية الذي يبلغ ٠,٢٥ ميجا باكسال (محمد وآخرون، ٢٠١٨). ويمكن تطبيق AASHTO TP115 كأداة في تمييز العديد من مواد الطلاء اللاصق المحتملة نسبيًا في الحقل، وتحديد جودة التصاق الطلاء اللاصق على نحو قياسه بمقاومة الشد.

٥-٣-٥-٦-٢ قبول الوضع:

من الضروري التحقق من معدل التطبيق النهائي للطبقة التأسيسية، والطلاء اللاصق المستعملة؛ لمقارنتها بالمعدل المحدد. ويكون معدل التطبيق مقبولًا عندما يكون المعدل المقاس في حدود ١٠ ٪ من المعدل المطلوب، ويُطبق تطبيقًا متساويًا.

٥-٣-٥-٦-٣ معايرة المعدات:

تُعد معايرة شاحنات الموزع أمرًا مهمًا لوضع طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق المناسبة. ولا بد من معايرة معدل استعمال الموزع، في كل من الاتجاه العرضي، والاتجاه الطولي، بتطبيق الإجراء المبين في D2995 ASTM.

وتحدد D2995 ASTM طريقتين لمعايرة موزعات الأسفلت. وتتضمن كلتا الطريقتين تثبيت سنادات تكسية أرضية على الطريق. ويُحدد معدل التطبيق بمقياس لتر/ متر مكعب بوزن السندات قبل تثبيت الموزع للسنادات وبعده. وتقدر الطريقة الأولى معدل التطبيق العرضي والطولي والتغير في معدل وضع مادة الأسفلت المطبقة على سطح الرصف باستخدام موزع الأسفلت. أما الطريقة الثانية فتقدر معدل التطبيق المتبقي المستعرض والطولي، والتغير في معدل التطبيق المتبقي من استخدامات الأسفلت المستحلب على سطح الرصف باستخدام موزع الأسفلت.

٥-٣-٦ القياس والدفع:

يجب قياس كل من طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق بالمتر المربع للمناطق التي تُرش ضمن الحدود الموضحة في المخططات، أو التي يحددها المهندس أو يطلبها. ويجب ألا يمكن قياس طلاء التأسيس، ومواد الطلاء اللاصق الموضوعة خارج الحدود المصرح بها. ويجب أن يُعد رمل التجفيف مادة فرعية ولا يُقاس لأغراض الدفع.

ويكون الدفع مقابل طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق للعمل المنجز والمقبول بسعر وحدة العقد، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في جداول الكميات.

ويُعد الدفع مقابل الكميات المقبولة من طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق بسعر قياس العقد مقابلًا كاملًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال، والمصروفات الثانوية اللازمة؛ لإكمال جميع أعمال إنشاء طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق؛ وقبولها على النحو المبين. ويسدد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٥-٢٣).

الجدول (٥–٢٣) بنود الدفع مقابل طلاء التأسيس، والطلاء اللاصق.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,١	طلاء التأسيس الأسفلتية	متر مربع
٥,٢	الطلاء اللاصق الأسفلتية	متر مربع

٥-٤ إنشاء الطبقات الأسفلتية:

٥-٤-١ إنتاج الخلطة الأسفلتية:

إنتاج الخلطات الأسفلتية هو الإجراء الذي يُخلط فيه الركام، والمادة الرابطة الأسفلتية خلطًا متساويًا في درجات حرارة عالية.

وتُعد الخلاطات النوع المتقطع أو الخلطة الواحدة (محطات الخلط بالدفعات) ومصنع الخلط الأسطواني النوعان الرئيسيان من الخلاطات المستخدمة لإنتاج خلطات الأسفلت. وتنتج الخلاطات النوع المتقطع الخلطة الأسفلتية على دفعات. تتراوح أحجام الدفعات من ٢ إلى ٨ أطنان لكل دفعة، اعتمادًا على سعة خلاطة العجن. تنتج مصنع الخلط الأسطواني خليطاً أسفلتيًا في أسطوانة خلط تُسخن الركام، وتجففه في الوقت ذاته مع خلط المادة الرابطة للأسفلت. بخلاف محطات الخلط بالدفعات، تنتج مصنع الخلط الأسطواني الخليط الأسفلتي باستمرار وثبات. وتُحدد AASHTO M156 متطلبات خلاطات خلطات الرصف على الساخن. قبل كل مشروع، يجب على المهندس جدولة معاينة معدات انتاج الخلطة الأسفلتية لتقييم مطابقتها للمواصفات المذكورة أعلاه. يجب توخي الحذر بشكل خاص لضمان معايرة واعتماد نظام قياس وزن الخلاطات بشكل دوري.

٥-٤-١-١ محطات الخلط بالدفعات:

في محطة الخلط بالدفعات، يُخلط الركام، ويُسخن ويُجفف، وتُحدد نسبه، ويُخلط مع المادة الرابطة للأسفلت؛ لإنتاج خلطة الأسفلت. وقد تكون محطة الخلط بالدفعات إما متحركة أو ثابتة. العمليات الأساسية التي ينطوي عليها إنتاج خليط أسفلتي في محطات الخلط بالدفعات هي كما يلي:

- تخزين الركام البارد وإدخاله.
- تجفيف الركام وتسخينه بفاعلية.
- فحص الركام الساخن وتخزينه.
- تخزين المادة الرابطة للأسفلت وتسخينها.
- تناسب الركام والمادة الرابط للأسفلت وخلطها.
- تحميل خلطة الأسفلت.

تُسحب الكميات المعينة من التخزين، أو المخزونات، وتُوضع في المجفف حيث تُسخن وتُجفف. وبعد فصلها إلى أجزاء متعددة الأحجام باستخدام وحدة الغربلة، ويُرسب الركام لاحقًا في حاويات التخزين الساخن. وتُسحب المعينة من الركام والردم المعدني (إذا أُستخدم) من حاويات التخزين الساخنة، وتُنقل إلى خلاطة العجن، حيث تُمزج مع المادة الرابطة للأسفلت وتُخلط جيدًا. يُحدد زمن الخلط؛ لضمان طلاء الركام الخشن بالكامل بنسبة ٩٠ في المئة على الأقل و٩٥ في المئة للخلطات الأساسية والسطحية، على التوالي، عند اختباره وفقًا AASHTO T195 و أخيرًا، تُستخدم الشاحنات لنقل خلطة الدفعات إلى موقع المشروع.

وتتضمن محطة الخلط بالدفعات النموذجية المكونات الرئيسة التالية:

- الحاويات الباردة: الحاويات المستخدمة؛ لتخزين الركام غير المسخن.
- بوابات التغذية الباردة: جهاز ميكانيكي يستخدم لتحديد نسب الركام البارد.
- الرافعة الباردة: نظام توصيل الركام البارد إلى المجفف.
- المجفف: حيث يُجفف الركام البارد ويُسخن.
- جامع الغبار: حيث يُزال الغبار من عادم التجفيف.
- مدخنة العادم: حيث يُتخلص من غازات العادم المتبقية.
- الرافعة الساخنة: نظام توصيل الركام المجفف والمسخن إلى وحدة الفحص.
- وحدة الفرز: الركام الساخن مفصول إلى أجزاء مختلفة الحجم.
- الحاويات الساخنة: التخزين المؤقت للركام الساخن صغير الحجم.
- صندوق الوزن: تحديد نسبة الركام الساخن صغير الحجم.
- خلاطة العجن: غرفة خلط للركام الساخن، والحشو المعدني المحددة نسبته. كما يُفرغ خليط الأسفلت من خلاطة العجن في شاحنة توصيل، أو حاوية تخزين.
- تخزين الأسفلت الساخن: تخزين المادة الرابطة للأسفلت المسخن.
- صندوق وزن الأسفلت: مادة رابطة للأسفلت الساخن متناسبة قبل الخلط مع الركام في خلاطة العجن.

٥-٤-١-٢ مصنع الخلط الأسطواني:

في مصنع الخلط الأسطواني، لا يوجد فاحصات تدرج، أو حاويات ساخنة، أو أقماع وزن، أو خلاطات عجن. تُحدد نسب الركام عند التغذية الباردة قبل إضافته إلى الخلاطة الأسطوانية مع المادة الرابطة للأسفلت. ويقوم دوران الأسطوانة بالخلط الذي يمزج المادة الرابطة للأسفلت والركام تمامًا. وعند تفريغ الخليط من الأسطوانة، يُرفع إلى حاوية تجميع أو صومعة تخزين، ثم تحميله في الشاحنات.

تتضمن الخلاطة الأسطوانية النموذجية المكونات الرئيسة التالية:

- حاويات تخزين الركام البارد التغذية: حيث تُرسب مقادير تدرج الركام المتحكم بها في حاويات التخزين.
- نظام النقل والوزن المستمر للركام: تُحدد نسب ركام التغذية الباردة، وتُوزن عبر نظام وزن تلقائي، وتنقل إلى الخلاطة الأسطوانية.
- خزان تخزين الأسفلت ونظام القياس: تُضخ المادة الرابطة للأسفلت في الخلاطة الأسطوانية؛ وفقًا لنظام وزن الركام.
- الخلاطة الأسطوانية: أسطوانة خلط حيث تُخلط المادة الرابطة الأسفلتية والركام تمامًا، وذلك بفعل دوران الأسطوانة.
- نظام جمع الغبار: يلتقط الغبار الزائد الخارج من الخلاطة الأسطوانية.
- ناقل خلطة الأسفلت: يُنقل خليط الأسفلت الساخن إلى صومعة تخزين من الخلاطة الأسطوانية.
- صومعة تخزين الخلطة: تخزين خليط الأسفلت الساخن، وتفريغه في شاحنات التسليم.
- مركز التحكم: تُراقب جميع عمليات الخلاطة والتحكم فيها من الأدوات المثبتة في مركز التحكم.

٥-٤-١-٣ إعادة التدوير باستخدام محطة الخلط بالدفعات:

في محطة الخلط بالدفعات، تعتمد جميع طرق إعادة التدوير على نقل الحرارة الموصلة بدلاً من نقل الحرارة الحرارية. وتُنقل الحرارة الموصلة بوساطة خلط المواد الباردة المعاد تدويرها مع الركام الساخن، بينما تُنقل حرارة الحمل الحراري بوساطة تعريض الركام البارد للغازات الساخنة. وبصرف النظر عن طريقة إعادة التدوير المستخدمة في المرافق، يُسخن رصف الأسفلت البارد

والرطب المعاد تدويره باستخدام الركام الساخن الجديد فائق الحرارة. موضح أدناه طرق نقل الحرارة وإعادة التدوير في محطات الخلط بالدفعات الشائعة (Asphalt Institute , 2020).

٥-٤-١-٣-١ طريقة إعادة تدوير صندوق الوزن:

في هذه الطريقة، يُضاف رصف اسفلتي مستصلح (RAP) البارد (غير المسخن)، والرطب إلى قمع الوزن، حيث تزنه عوامل ضبط الدفعة بوصفها موادًا ركامية إضافية. وتحتوي حاوية تغذية الرصف الأسفلتي المعاد تدويره والناقل المرتفع المطلوب للوصول إلى قمع الوزن عادةً على محركات كبيرة، وقوابض هوائية بمكابح بحيث يمكن تشغيلها وإيقافها على الفور. ويسهل هذا تغذية الكمية المناسبة من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره في صندوق الوزن.

أما في قمع الوزن، يُخلط الرصف الأسفلتي المستصلح بعد ذلك مع الركام الجديد الفائق التسخين. وطوال مرحلة الخلط الجاف، يختبر كل من قمع الوزن، وخلاطة العجن نقل الحرارة الموصلة، وتنتج رطوبة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره كمية كبيرة من البخار. وللتحكم في هذا الحجم الكبير من البخار والغبار على الفور، يجب أن تكون منطقة خلاطة العجن، وقمع والوزن مغلقة، وبها نظام تهوية موصل بنظام التحكم في الانبعاثات.

إن طريقة نقل الحرارة في صندوق الوزن يمكن أن تُنتج نظريًا خلطات معاد تدويرها بنسبة تصل إلى ٥٠ ٪ من محتوى الرصف الأسفلتي المعاد تدويره، فمن غير المعتاد تحقيق نسب مئوية أعلى من ٢٥ ٪ من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره في ظل الممارسة النموذجية. ويرجع ذلك إلى أن محتويات رطوبة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره عادة ما تعمل في نطاق ٣-٥ في المائة، ومن الصعب رفع درجة حرارة الركام إلى ما يزيد عن ٣١٥ درجة مئوية بسبب قيود المجفف. ويضاف إلى ذلك أنه إذا كانت الخلاطة تستخدم حجرة مرشحات كيسية، فقد تفرض درجات حرارة الغاز الخارج من المجفف حدًا عمليًا. ولضبط درجة حرارة الركام، يجب أن يكون منتج الخلطة على دراية بحدود درجة حرارة نسيج المرشح المستخدمة في أكياس غرفة المرشحات الكيسية، والزيادة الكبيرة في استهلاك الوقود المطلوب.

٥-٤-١-٣-٢ طريقة إعادة غرفة الخلط وقمع الوزن:

في هذه الطريقة، يستخدم قمع وزن منفصل لدفعة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره (RAP)؛ لتفريغ دفعة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره في خلاطة العجن. ويُنقل الرصف الأسفلتي المعاد تدويره عادة من قمع وزن الرصف الأسفلتي المعاد تدويره إلى خلاطة العجن عبر سير ناقل عالي السرعة، رغم توفر إمكانية استخدام سير ناقل لولبي، أو سير نقل مسايرعالي السرعة. وعلى أن هذه الطريقة لها نفس القيود العملية مثل طريقة إعادة تدوير صندوق الوزن من حيث نقل الحرارة، وإخراج البخار، ونقل الحرارة، فهي لها المزايا التالية:

- يُنقل الرصف الأسفلتي المعاد تدويره، بإضافة قمع وزن إلى محطة الخلط بالدفعات، إلى القمع الخاص به ويُوزن هناك، في حين تُوزن المادة الرابطة للأسفلت والركام الجديد على حدة. لذا، يقصر وقت الخلط قليلاً.
- يسمح وقت دورة الدفعة الأقصر قليلاً بزيادة معدل الإنتاج في الساعة أثناء فترات الإنتاج الطويلة للرصف المعاد تدويره.
- يكون معدل تآكل معدات الخلاطة الداخلية وتلفها أقل من معدلات التشغيل، والتوقف المفاجئ.
- يمكن إجراء عملية الوزن بعناية ودقة أكبر؛ باستخدام قمع وزن منفصل لا يتأثر بإخراج البخار فورًا.

٥-٤-١-٣-٣ طريقة إعادة تدوير رافعة الدلو:

في هذه الطريقة يُخلط الرصف الأسفلتي المعاد تدويره البارد والرطب (RAP) ، مع الركام الجديد الفائق التسخين عندما يخرج الركام من المجفف، ويدخل في رافعة الدلو، مما يؤدي إلى التخلص من إطلاق البخار المعتاد الناجم عن الخلاطة، ووسائل نقل حرارة خلاطة العجن.

يحدث إخراج البخار المستمر الناتج عن نقل الحرارة الموصلة في الدلاء عندما يتجه خليط الركام/الرصف الأسفلتي المعاد تدويره الجديد نحو سطح المنخل. وتنقل شبكة أنابيب الغبار المنتشرة والمركبة بالفعل في رافعة الدلو، وسطح المنخل البخار الناجم عن الرصف الأسفلتي المعاد تدوره بعيدًا.

ونظرًا لخلط الرصف الأسفلتي المعاد تدويره المستمر بالركام الجديد، تُستخدم مقاييس السير على كل من السير الناقل المغذي للركام الجديد إلى المجفف، والسيل الناقل المغذي للرصف الأسفلتي المعاد تدويره إلى رافعة الدلو. وتضمن المقاييس ثبات نسبة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره إلى الركام الجديد.

وتُستخدم إحدى الطريقتين، كل منهما مختلفة عن الطريقة المستخدمة في محطة الخلط بالدفعات التي تنتج خلطات جديدة بالكامل؛ للتحكم في تدرج الخلطات.

في الطريقة الأولى، يُغربل كل من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره، والركام الجديد معًا على سطح المنخل، ويُفصل الخليط المركب في حاويات ساخنة مختلفة في البرج. وتُؤخذ عينات من كل حاوية ساخنة لمحتوى المادة الرابطة للأسفلت والتدرج. ويجب إجراء عمليات الاستخراج؛ لتحديد محتوى المادة الرابطة في كل حاوية ساخنة. كما يجب بعد ذلك تقييم تدرجات عينات الحاوية الساخنة، وبناءً على التدرجات الناتجة من كل حاوية تغذية، يجب حساب نسب الحاوية الساخنة الفردية. وبناءً على نتائج الاستخراج، يُحدد بعد ذلك محتوى المادة الرابطة للأسفلت المستخلص من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره، وتُحدد متطلبات المادة الرابطة السائلة الجديدة لكل دفعة. ويجب افتراض تناسق الرصف الأسفلتي المعاد تدويره ليس من حيث التدرج الصخري الناتج وحسب، بل -أيضًا- من حيث محتوى المادة الرابطة للأسفلت، وحجم جزيئات الرصف الأسفلتي المعاد تدويره نفسه.

ويعد هذا النوع من تصنيع الخلطة أكثر صعوبة من استخدام طريقة حقن صندوق الوزن، أو خلاطة العجن، لذا، عادةً ما يُستخدم ممر منخلي كاستراتيجية احتياطية. على غرار مصنع الخلط الأسطواني، ويتحكم هذا النهج في التدرج في حاويات التغذية الباردة التي تغذي المجفف. ويُوزن الخليط المسبق المزج المكون من الركام الجديد والرصف الأسفلتي المعاد تدويره في قمع وزن الركام بعد الاحتفاظ به في صندوق ساخن واحد في البرج. يُحول الخليط إلى حاوية واحد، وعادة ما تكون حاوية رقم ١، باستخدام مجرى جانبي بين الرافعة؛ لتجاوز سطح المنخل. وفيما يخص هذه الطريقة، يلزم -أيضًا- وجود مغذيات تعمل بالسير ذات محركات سرعة متغيرة، وشاشات عرض السرعة، وتحكم كامل ومتناسب لكل حاوية تغذية.

وفي هذه الطريقة عمومًا، نادرًا ما تتجاوز نسب الرصف الأسفلتي المعاد تدويره ٢٠ بالمائة؛ لأن شوط الرافعة قصير نسبيًا، ويجب أن يكون الرصف الأسفلتي المعاد تدويره جافًا قبل تمريره من المنخل أو يُخزن في حاوية الركام/ الرصف الأسفلتي المعاد تدويره المجمعة.

٥-٤-١-٣-٤ إدخال الرصف الأسفلتي المعاد تدويره إلى غرفة نقل الحرارة أو المجفف:

طريقة الرصف الأسفلتي المعاد تدويره هذه هي في الأساس طريقة رافعة الدلو ذاتها مع استثناءين:
أ) يُضاف الرصف الأسفلتي المعاد تدويره إلى منطقة احتراق المجفف، ولكنه يُحمى من اللهب باستخدام غطاء أو من خلال تمديد أنبوب الحارق.
ب) ويبدأ إطلاق البخار أيضًا في غلاف المجفف. وتتمثل إحدى فوائد هذا النهج في أن الركام الجديد والرصف الأسفلتي المعاد تدويره مترابطان بالفعل عند خروجهما من المجفف ودخولهما إلى الرافعة.
ونظرًا لأن الرصف الأسفلتي المعاد تدويره يتطلب مدة زمنية أطول لإكمال نقل الحرارة، فيمكن تضمين نسب مئوية أعلى من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره (عادة ما تكون ٢٥-٣٥٪) مقارنةً بطرق رافعة الدلو التقليدية.

٥-٤-١-٤ إعادة التدوير باستخدام مصنع الخلط الأسطواني:

إعادة تدوير الرصف الأسفلتي المستصلح بطريقة مصنع الخلط الأسطواني مختلفة تمامًا عن طريقة محطات الخلط بالدفعات. ويُضاف الرصف الأسفلتي المعاد تدويره عند درجة الحرارة المحيطة إلى الخلاطة الأسطوانية؛ بحيث يمكن أن يتلقى الحرارة، ويُخلط مع الركام الفائق التسخين قبل إضافة المادة الرابطة للأسفلت؛ مما ينعم المادة الرابطة للأسفلت القديمة أثناء تسخين الرصف الأسفلتي المعاد تدويره. ويُحافظ على نقطة دخول الرصف الأسفلتي المعاد تدويره بعيدًا عن اللهب بقدر المستطاع عمليًا. ويمكن أن تتألف الخلاطة الأسطوانية من بنيات تدفق متوازٍ، وتدفق عكسي. يعني التدفق المتوازي تدفق الهواء، ويتحرك الركام عبر الأسطوانة في نفس الاتجاه. وتُحرك مصنع الخلط الأسطواني ذات التدفق المعاكس الركام وتدفق الهواء في اتجاهات متعاكسة. وعندما يتلامس الرصف الأسفلتي المعاد تدويره مع الركام الفائق التسخين، يُطلق البخار اعتمادًا على كمية الرصف الأسفلتي المعاد تدويره ورطوبته، التي تُزال بواسطة عادم المجفف. وتعتمد جودة الخلطة المعاد تدويرها على جودة جميع المواد المستخدمة (بما في ذلك الرصف الأسفلتي المعاد تدويره)، والنسب المستخدمة والطريقة التي يُخلط بها.

٥-٤-٢ النقل والتسليم:

بعد إنتاج خلطة الأسفلت في الخلاطة، تتمثل الخطوات التالية في تحميل الخلطة تحميلًا صحيحًا في مركبات النقل، ونقل المواد إلى عملية الرصف، ونقل خلطة الأسفلت من شاحنات النقل إلى قمع الفرادة. ويُعد النقل والتسليم الذي يطلق عليه في كثير من الأحيان النقل، مرحلة حاسمة في عملية الإنشاء. ولتقليل عدد محطات الراصفة خلال يوم العمل، يجب أن تضمن عملية النقل تدفقًا ثابتًا ومتسقًا لخلطة الأسفلت من الخلاطة إلى الفرادة. وسيؤدي بدء تشغيل الراصفة وإيقافها عند وصول كل شاحنة إلى المشروع إلى تقليل سلاسة الرصف المشطب، وجودته بالإضافة إلى التأثير على كثافة الحصيرة.

والمشكلة الأكثر شيوعًا أثناء النقل هي فصل خليط الأسفلت، الذي قد يكون الفصل المادي لجزيئات الركام، أو الفصل الحراري حسب درجة الحرارة.

الفصل المادي (الميكانيكي) هو: التوزيع أو الفصل غير المنتظم بالركام الخشن والناعم على كامل كتلة الخليط. وعادةً ما يظهر تركيز واضح من الركام الخشن، أو الناعم بدلاً من التوزيع المنتظم المطلوب لجميع جزيئات الركام في الخليط. ويحدث الفصل المادي عندما

يُسمح للخليط بالتدفق لمسافة كبيرة متتابعًا أو السماح بتراكمه. ويميل هذا الإجراء إلى تحريك الجزيئات الخشنة إلى حواف كومة الخليط. وتزداد هذه المشكلة سوءًا في خلطات الأسفلت الكثيفة التدرج ذات الركام الأكبر.

ويعرف الفصل الحراري أنه: توزيع درجة الحرارة غير المنتظمة في جميع أنحاء كتلة الخليط. ولا يمكن الكشف عن الفصل الحراري، بخلاف الفصل المادي، دون استخدام تكنولوجيا التصوير الحراري. والمؤشر البصري الوحيد للفصل الحراري هو وجود قطع باردة في خلطة الأسفلت تُنقل من شاحنة النقل إلى القمع، أو العلامات المتتالية التي خلف الفرادة.

وفيما يلي عرض لأفضل الممارسات للتخفيف من الفصل خلال مراحل عملية النقل، وهي: تحميل الشاحنات، ونقل خلطة الأسفلت، وتفريغ الشاحنات في موقع العمل (Asphalt Institute , 2020).

٥-٤-٢-١ تحميل الشاحنات:

طريقة تحميل الخلطة الأسفلتية في مركبة النقل مهمة للغاية لتقليل فصل الخلطة. وفي محطات الخلط بالدفعات، تُحمل الشاحنات مباشرة من بوابة التفريغ، لكن في مصنع الخلط الأسطواني تُحمل من بوابة تفريغ في الجزء السفلي من صوامع التخزين.

ويمكن منع الفصل بوساطة تقليل مسافة السقوط الحر كلما كان ذلك ممكنًا. ويجب تفريغ الخلطة دائمًا في صورة كتلة عمودية على الشاحنة. وكذلك تجنب التحميل على دفعة واحدة؛ لأنه يمكن أن يؤدي إلى فصل المواد، وتدحرج الركام الأكبر حجماً إلى مقدمة صندوق الشاحنة وخلفه. وعوضًا عن ذلك، فإن أفضل ممارسة هي تحميل الشاحنة على دفعات متعددة، متساوية في الحجم تقريبًا، لتقليل طول سطح الكومة، مما يقلل مسافة التدحرج، وعليه يقل الفصل المادي.

تُحرك الشاحنة للأمام وللخلف بحيث تُحمل كتل الخلطة في تسلسل محدد مع الدفعة الأولى في مقدمة صندوق الشاحنة، والدفعة الثانية عند الباب الخلفي، والدفعات اللاحقة في منتصف الصندوق. أما شاحنات التفريغ النهائي القياسية، فعادة ما تكون ثلاث دفعات كافية؛ وستكون هناك حاجة إلى المزيد من الدفعات لصناديق الشاحنات الأطول للحد من الفصل. ويمكن وضع علامة على المحطات على جانبي منطقة التحميل؛ لتسهيل التحميل، بحيث يمكن لمشغل المحطة توجيه الشاحنة إلى مكان الوقوف.

وبعد التحميل، تُوزن الشاحنة على موازين الشاحنات المعايرة، والمعتمدة في المصنع.

٥-٤-٢-٢ نقل الخلطة الأسفلتية:

يجب أن تنتقل مركبات النقل الخلطة الأسفلتية مباشرة إلى موقع الرصف بعد تحميلها في الخلاطة. ويُعد التسليم الآمن وفي الوقت المناسب لخلطة الأسفلت عنصرًا رئيسيًا في إنشاء رصف أسفلتي عالي الجودة.

وأثناء النقل، يمكن أن يحدث الفصل الحراري؛ بسبب التبريد السريع للخارج لحمولة من خليط الأسفلت أثناء نقل الخلطة. ويكون التبريد الأسرع من سطح الخلطة في الجزء العلوي من الحمل. خلال المسافات الطويلة والطقس البارد، خاصة، يمكن أن تتشكل قشرة كبيرة على الجزء الخارجي من الحمل. وعند نقل حمل منفصل حراريًا مباشرةً إلى الفرادة، عادة لا يُعاد خلط الأجزاء المبردة من الحمل مع المواد الأكثر دفئًا؛ مما يؤدي إلى وجود تفاوتات كبيرة في درجة الحرارة في الحصيرة الموضعية. وقد تؤدي التفاوتات المفرطة في درجة الحرارة إلى تكثيف غير متسق للحصيرة الأسفلتية (ويلوبي وآخرون، ٢٠٠١). إذا لم تكن القشرة المبردة للخلطة سميكة للغاية، ولم يكن فرق درجة الحرارة كبيرًا جدًا، فقد يتجمع الخليط إلى حد ما عند تفريغه من الشاحنة، وتحريكه عبر الفرادة.

ويمكن التخفيف من التبريد المفرط باستخدام الشاحنات ذات الصناديق المعزولة، والغطاء العازل، المقاوم للماء، والمعروف أيضًا باسم البلاستيك المشمع، الذي يتداخل مع جانبي الصندوق، وخلفه؛ لإبقاء تدفق الهواء، ومياه الأمطار بعيدًا عن خليط الأسفلت. وهي تحمي الحمل من الرياح والأمطار، وتساعد على تقليل فقدان الحرارة من خلطة الأسفلت. فضلًا عن استخدام هياكل الشاحنات المعزولة، والبلاستيك المشمع الجيد، ويمكن الحد من الفصل الحراري عن طريق تقليل وقت النقل. كما سيؤدي ضمان وصول الشاحنات، واستخدامها حسب ترتيب التحميل في الخلاطة إلى درجات حرارة أكثر اتساقًا بالفرادة. ويجب استخدام طرق لتقليل وقت النقل، خاصة إذا كان عمل الرصف هو مصدر الازدحام المروري. وقد تكون هناك حاجة إلى مسار مروري مخصصة لمعدات الإنشاء على الطرق ذات حركة المرور الكبيرة الحجم.

٥-٤-٢-٣ تفريغ الشاحنة في موقع العمل:

أثناء عملية تفريغ الخلطة الأسفلتية في موقع العمل، يجب اتباع أفضل الممارسات والأساليب لنقل ومناولة الخلطة الأسفلتية من شاحنات النقل إلى الفرادة. ويمكن استخدام طرق تشمل التغذية المباشرة إلى الفرادة، أو استخدام مركبات نقل المواد ويجب ضمان استمرار أن يكون تشغيل الراصفة مستمرًا، وأن الخلطة الأسفلتية غير منفصلة أثناء عملية التفريغ.

في الطريقة الأولى، يتضمن الإجراء المناسب لتحميل الخلطة مباشرة في قمع الراصفة باستخدام شاحنة تفريغ خلفي قيادة وحدة النقل في مساحة ٣٠٠-٤٥٠ ملم من الفرادة، وإيقاف الشاحنة، وإفلات المكابح، وانتظار الراصفة للاتصال. وتسهل مداحل الدفع الموجودة

في الجزء الأمامي من الراصفة تحريك الشاحنة للأمام بعد ملامسة الراصفة لوحدة النقل دون التداخل مع دوران إطارات الشاحنة. وإذا استُخدم جهاز قفل العجلات، فإنه يقفل وحدة النقل على الراصفة منعًا للفصل، والانسكاب على المنحدر، وتبسيط التشغيل على التضاريس المتدحرجة. وعند تشغيل جهاز قفل العجلات، يجب توجيه السائق لرفع صندوق التفريغ إلى الوضع المتمدد كليًا، وفك الباب الخلفي في أسرع وقت ممكن لرفع قمع الفرادة. وقبل السحب من قمع الفرادة، يجب توجيه سائق الشاحنة إلى إنزال الصندوق عندما يكون فارغًا؛ لمنع المواد من السقوط على المنحدر أمام الفرادة.

ويُحقق استخدام مركبات نقل المواد (التي تسمى أيضًا أجهزة نقل المواد) العديد من الفوائد، مثل: الرصف المستمر، وارتفاع الإنتاج، وإعادة مزج الخلطة والرصف خارج الموقع، وتسليح السلامة. وتُستخدم مركبات نقل المواد في الأساس لنقل المواد من شاحنة النقل إلى قمع الفرادة. ويمكن أن تحمل حاوية، أو سير تحميل المواد بمركبات نقل المواد ما يصل إلى ٢٥ طنًا من الخلطة، وتعمل كقمع احتياطي. ويسمح هذا التخزين الكبير للمواد في الموقع بالرصف المستمر حتى عند تأخر عمليات تسليم الشاحنات من الخلاطة، وإضافة لما سبق يمكن لمركبات نقل المواد تفريغ شاحنة محملة بالكامل في بضع دقائق، مما يمكّن الشاحنة من العودة إلى الخلاطة فورًا في أغلب الأحيان لحمولة أخرى؛ وقد تُستبعد شاحنة أو شاحنتان من عملية النقل نتيجة لهذا التحول السريع. مع العلم أن أنواع مركبات النقل يمكنها أن تعيد مزج الخليط الأسفلتي؛ لتقليل مقدار تفاوتات درجة الحرارة، مما يُقلل الفصل الحراري. فضلًا عن ذلك، يمكن أن تعمل مركبات نقل المواد من المسار المجاور وأن تغذي الفرادة؛ وهذه الطريقة قد تكون مفيدة لتوسيع مشاريع أكتاف الطريق، كما يحمي الطلاء اللاصق من التمزق بفعل إطارات الشاحنات ومركبات نقل المواد. ويمكن أيضًا استخدام مركبات نقل المواد لنقل الخلطة إلى المنحدرات، والمنحنيات الفائقة الارتفاع، والمناطق التي يتعذر على الشاحنات الوصول إليها، مما يسمح للشاحنات بالبقاء في مناطق مفتوحة ومسطحة؛ للتفريغ دون التعرض لخطر الانقلاب.

٥-٤-٣ الوضع:

يعد وضع مواد الخلطة الأسفلتية جزءًا مهمًا للغاية من مراحل إنشاء رصف أسفلت عالي الجودة وطويل الأمد. وفيما يلي أساليب الإنشاء والتشغيل السليم لمعدات الرصف، وأفضل الممارسات والأساليب للحصول على رصف متين وناعم يفي بجميع معايير الإنشاء العالي الجودة (Asphalt Institute , 2020).

٥-٤-٣-١ المعدات:

٥-٤-٣-١-١ الراصفات الأسفلتية:

توزع الراصفة الأسفلتية الخليط في طبقة متساوية، يشار إليها عمومًا باسم الحصيرة أو طبقات المناولة، عند السمك المطلوب، والقطاع العرضي، والارتفاع قبل الدمك، التي تكون جاهزة للدمك. وتتميز راصفة الأسفلت بأنها قائمة بذاتها، وذاتية الدفع، وأنها آلة تشطيب تتكون من ثلاث مكونات أساسية: الجرار، ونظام معالجة المواد، وذراع التسوية. ويحتوي جرار راصفة الأسفلت على وحدة الطاقة، بما في ذلك المكونات الكهربائية، والمائية الثلاثة، بالإضافة إلى مجموعة نقل الحركة التي تدفع الآلة. وتُشغل راصفات الأسفلت؛ إما بنظام دفع المسار، أو نظام دفع الإطارات المطاطية لآليات التشغيل. واعتمادًا على نوع الرصف، ومعدل الإنتاج المتوقع، ويمكن للمقاول الاختيار بين رصف الإطارات المطاطية، أو المثبتة على المسار، ولكن يمكن لكلا النوعين أن يضعا حصيرة ناعمة ومتساوية ضمن تفاوتات المشروع المطلوبة إذا أُعدت وشُغلت على نحو صحيح. وينقل نظام مناولة المواد مادة الأسفلت من القمع إلى بريمة الحفر الموضوعة أمام ذراع التسوية. وتطفو ذراع التسوية أساسًا على الخليط السائب؛ لتسويته وتنعيمه إلى سطح متساوٍ، بالإضافة إلى توفير بعض الدمك الأولي.

٥-٤-٣-١-٢ راصفات رشاشة:

على عكس الرصف التقليدي، حيث يطبق موزع الأسفلت الطلاء اللاصق التي تُرصف بعد تكسيرها، تعمل الراصفة الرشاشة في نفس الوقت كموزع للطبقة اللاصقة وكراصفة أسفلتية، إذ أنها تحمل خزان مستحلب، وتضع الطلاء اللاصق أثناء رصفها.

ويطبق قضيب الرش المثبت أسفل الفرادة، أمام ذراع التسوية، وخلف مسارات الفرادة، الطلاء اللاصق بالتساوي بعرض الفرادة. يُرسب خليط الأسفلت الساخن على سطح المستحلب غير المكسور على الفور مع تحرك الراصفة إلى الأمام (). ويتحول محتوى الماء في المستحلب على الفور إلى بخار؛ مما يتسبب في تمدد الأسفلت المتخلف في المستحلب لأعلى في خليط الأسفلت الموضوع حديثًا، وغير المدمك.



الشكل (٥–١) راصفة رشاشة (المصدر: Wirtgen Group).

يوجد العديد من الأسباب التي قد تؤدي إلى استخدام الراصفة الرشاشة لتسليح قوة الربط؛ نظرًا لأن الطلاء اللاصق تُرش أمام ذراع التسوية مباشرةً. وتُصنف على هذا النحو:
ارتفاع معدل تطبيق الأسفلت المتخلف المتمدد بالخليط غير المدمك. ب) ضعف احتمال تلوث الغبار والمخلفات الآخر لسطح الطلاء اللاصق. ج) التصاق الطلاء اللاصق بإطارات المركبات وتتبعها. وتتضمن العيوب المحتملة حقيقة عدم توفير وقت كافٍ للمستحلبات المتخصصة للتكسر كليًا تغطيتها الأسفلت. إضافة إلى ذلك، لا يمكن للمفتشين رؤية الفوهات الموجودة تحت الفرادة، أو السطح بوضوح من حيث يجدر بهم تحديد ما إذا كانت الطلاء اللاصق تُوضع بالتساوٍ أم لا. وعلى هذا النحو، يمكنهم الاعتماد على معايرة دقيقة لقضيب الرش قبل بدء الرصف وحسابات التطبيق وحسب (أي: اللترات المستخدمة مقسومة على عدد الأمتار المربعة المغطاة)؛ للتحقق من تغطية الطلاء اللاصق تغطية كافية.

يجب أن تقوم الراصفة بالرش بعمليات التخزين، والتدفئة والدوران، والضخ والرش والقياس نفسها؛ كموزع أسفلت نموذجي اعتمادًا على الشركة المصنعة ورقم الطراز. فضلًا عن ذلك، يجب إجراء ترتيبات لإعادة شحن خزان مستحلب الراصفة بالرش، دون التدخل في عملية رصف الأسفلت.

٥-٤-٣-١-٣ رصد درجة حرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء:

كما هو مبين سابقًا، يُعد الفصل الحراري لخليط الأسفلت -عند وضعه- سببًا معروفًا لمشاكل الكثافة المرتبطة بالدمك التي قد تؤدي إلى تسرب الرطوبة، وتجريف الخلطة. كما طُور التصوير الحراري باستخدام كاميرات الأشعة تحت الحمراء؛ لقياس درجات حرارة السطح أثناء وضع الأسفلت وتسجيلها. وتستخدم المقاطع الحرارية لمراقبة فروق درجة الحرارة الفعلية في الحصيرة الموضوعة حديثًا () وفقًا PP80 AASHTO. يمكن لتقنية الأشعة تحت الحمراء، بفضل استخدامها إلى جانب نظام تحديد المواقع العالمي الدقيق للغاية، تحديد ملامح عرض الرصف بالكامل، وجمع قراءات درجة الحرارة، وعرضها، وتخزينها، وتحليلها أثناء التشغيل، مما يسمح باتخاذ إجراء تصحيحي أثناء وضع الحصيرة. ويمكن للنظام حتى مشاركة هذه المعلومات مع الأفراد خارج الموقع في الوقت الفعلي.



الشكل (٥–٢) راصفة مزودة بنظام رصد درجة الحرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء (المصدر: Wirtgen Group).

لتحسين الأداء العام للرصف، بات الطلب على استخدام تقنية الأشعة تحت الحمراء ملحاً، خاصة عند رصف الخلطات السطحية (وزارة النقل في تكساس، ٢٠٢١). وعادة، تبين المواصفات وجوب اتخاذ إجراء تصحيحي إذا كانت درجات حرارة الحصيرة تتذبذب ما بين ± ١٢ – ٢٥ مئوية، لكن إذا كان تذبذب درجات الحرارة أكبر من ٢٥ مئوية، وجب تعليق عمليات الراصفة حتى اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة. كما يوجد العديد من الطرق؛ لاتخاذ الإجراء التصحيحي، مثل: استخدام مركبات نقل المواد المزودة بتقنية إعادة مزج الخلطة، أو الحد من تقلب درجة الحرارة في المواد المغذاة في الفرادة، أو تعديل الخلاطة، وإجراءات النقل؛ للحد من تقلب درجة حرارة الخليط المكون.

٥-٤-٣-١-٤ متغيرات التشغيل:

يجب ضبط متغيرات التشغيل مثل: سمك الطبقة، وسرعة الرصف، ودرجة حرارة ذراع التسوية؛ ضمانًا لوضع خليط أسفلتي يوفر سمك هيكلي كافٍ ونعومة السطح عند الارتفاع الصحيح، والمنحدر المتقاطع.
ويجب تسخين ذراع التسوية خاصة قبل وضع الخلطة في قمع الراصفة إلى درجة حرارته المناسبة بحد أدنى ١٢٠ درجة مئوية؛ لمنع الخلطة من الالتصاق والتمزق. فضلًا عن ذلك، يجب رش جميع المناطق المعدنية غير المسخنة بنظام مناولة المواد التي تلامس الخليط الحديث بعامل إطلاق قبل ملء القمع. سيحافظ هذا على الخلطة من الالتصاق بالأسطح المعدنية، ويساعد الخليط الأسفلتي على التدفق عبر الفرادة.
كما يجب أن يكون سمك الخليط السائب بعد وضعه كافيًا؛ ليكون موحدًا أثناء الدمك، وذلك فيما يخص السمك النهائي؛ حتى يستوفي السمك المبين في مخططات المشروع؛ لذا يجب أخذ معامل التدحرج في الحسبان لكل مادة. ويُعد معامل التدحرج بنسبة ٢٥٪ تقريبًا المعامل النموذجي الأمثل للخلطات النموذجية المتدرجة الكثافة، بينما يكون المعامل بقيمة ١٥٪ أكثر دقة للخلطات المتدرجة الفراغات. والممارسة الأفضل لمشغل ذراع التسوية هي قياس سمك الحصيرة السائبة خلف الراصفة مباشرة بانتظام أثناء استمرار عمليات الرصف. ويجب إجراء تعديلات للسمك -إن لزم الأمر- للتحقق من وضع الكميات الصحيحة.
ويجب، زيادة على ذلك، تحديد سرعة رصف مناسبة تضمن التوازن بين سرعة الفرادة، ومعدل الإنشاء، أو معدل الدمك. ويمكن إضافة مداحل أخرى إلى وحدة الدمك، على سبيل المثال، إذا كانت عملية الدمك أكثر بطئًا. وسيسرع هذا عملية الدمك، وتتمكن الراصفة من التحرك أسرع. وعلى خلاف ذلك يجب زيادة إنتاج الخلاطة في حال تبين أن الإنشاء يتحكم في سرعة الرصف، بيد أنه سيلزم زيادة قدرة الدمك؛ لتوافق ارتفاع معدل الإنتاج والإنشاء. ونظرًا لاتساق تدفق الإنتاج والإنشاء، ستختلف سرعة الراصفة باختلاف سمك الطبقة مناولة، وعرض شوط الراصفة أي: الطبقة مناولة أكثر سمكًا يتطلب سرعة أقل؛ في حين أن الطبقة مناولة الأكثر رقة يتطلب سرعة أكبر. ولذا، يتطلب الشوط الأكثر عرضًا سرعة أقل؛ في حين أن الشوط الأضيق يتطلب سرعة أكبر.

٥-٤-٣-٢ إنشاء الفواصل:

إن تصميم الفواصل وإنشاؤها عاملان متداخلان في كل عملية رصف. وتعرف الفواصل بأنها مناطق التلاحم وأسطح التماس الطولية والعرضية بين الطبقات الأسفلتية الجديدة، والأسفلت القائم، والمنشآت الأخرى المتاخمة لها.

٥-٤-٣-٢-١ الفواصل الطولية:

قد يتأثر العمر الافتراضي للرصف الأسفلتي تأثرًا كبيرًا بفعل الفواصل الطولية الرديئة الإنشاء. ويبدأ تدهور الفاصل عندما يتسرب الهواء والمياه، والملوثات، إما بسبب الفصل والكثافة الرديئة، أو رداءة الترابط بين الحصيرتين. كما سيجب إجراء صيانة إضافية مثل

إغلاق الفاصل، أو ترميمه، أو التجديد المبكر للسطح عند تدهور الفاصل. ونظرًا لتعرض الفواصل الطولية للتدهور المبكر، لابد من تقليل عددها بالمشروع ما أمكن ذلك.

ممارسات تقليل الفواصل الطولية:

قد يؤدي رصف المسارات المرورية المتعددة، أو أكتاف الطريق في شوط واحد باستخدام تمديدات ذراع التسوية، عندما تسمح مراقبة حركة المرور، وظروف المشروع بذلك، إلى إزالة الفواصل الطولية (الشكل ٥-٣).



الشكل (٥–٣) رصف بعرض كبير (المصدر: Wirtgen Group).

كما أن استخدام الرصف المتدرج الترتيب ممارسة أخرى جيدة للحد من عدد الفواصل الطولية التقليدية (الباردة). ويحدث الرصف المتدرج الترتيب عند استخدام راصفات متعددة عادة ما تبعد عن بعضها بمسافة أقل من ٣٠ مترًا، لإنشاء مسارات متجاورة في الوقت ذاته كما هو مبين في الشكل (٥-٤). ويُسمى الفاصل الطولي المنشأ بين الراصفات هذه فاصل ساخن، بسبب سخونة كلا الجانبين عند الإنشاء. إضافة إلى ذلك، تسمح المسافة القصيرة بين الراصفات بلحم الحصائر بفاعلية مع وحدة الدمك قبل أن يبرد الخليط على كلا جانبي الفاصل. وأثبتت الفواصل الساخنة بالرصف المتدرج الترتيب أداءً طويل الأجل للغاية؛ مقارنة بالفواصل التقليدية.

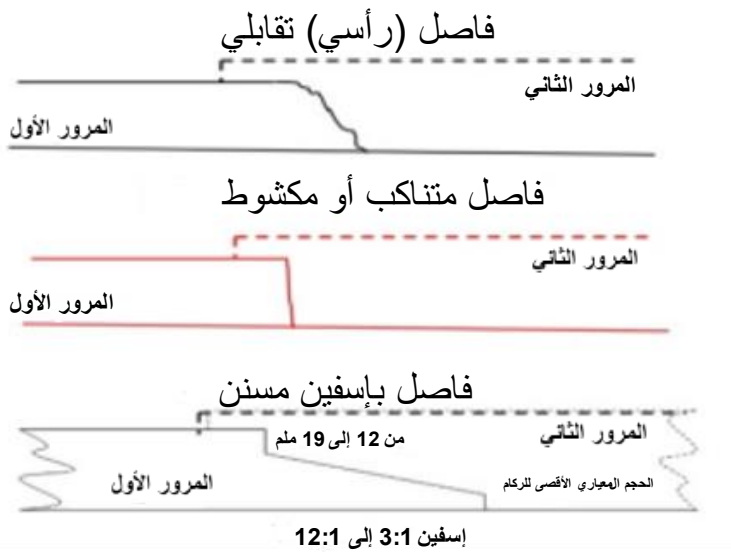


الشكل (٥–٤) الرصف المتدرج الترتيب (OHMPA, 2013).

ويجب أخذ الرصف المتدرج الترتيب في الحسبان لعدة استخدامات بما فيها إنشاء الطرق الجديدة، ومواقف السيارات التجارية الكبيرة. ورغم ذلك، تحول الحاجة إلى الحفاظ على تدفق حركة المرور بمستوى مقبول، دون الرصف المتعدد المسارات في الوقت ذاته. وفي أغلب المشاريع، يمكن رصف مسار واحد في كل مرة، مما يُلزم إنشاء الفواصل التقليدية. ويُبنى الفاصل التقليدي براصفة أحادية مجاورة لمسار مسبق الرصف مبردة، ويوضح أدناه إنشاء أنواع الفواصل التقليدية.

الأنواع التقليدية للفواصل الطولية:

يوجد ثلاثة أنواع من إنشاء الفواصل الطولية التقليدية (الباردة) كما هو مبين تخطيطيًا في الشكل (٥-٥).



الشكل (٥–٥) أنواع الفاصل الطولي (FHWA, 2020).

النوع الأكثر شيوعًا هو الفاصل المتراكب؛ حيث يمكن للمواد في الشوط الأول (المُشار إليها أيضًا بلفظ "الجانب البارد") أن تصل إلى زاوية استقراره، أو انحداره إلى السطح السابق.

والنوع الثاني هو الفاصل المتناكب أو المكشوط، أو المخفف المصنوع بالنشر الفعلي باستخدام أداة قطع، أو الدق في الجانب البارد للحصيرة السابقة. يتميز الفاصل المتناكب المخفف بميزتين: إزالة المواد المنخفضة الكثافة عند حافة الحصيرة الأولى، وتوفير حافة شبه عمودية التي يمكن الدمك مقابلها.

ويُسمى النوع الثالث فاصل بإسفين مسنن. وفي هذا النوع، يكون بالشوط الأولى غطاء مستدق يصل عرضه إلى ٣٠٠ ملم وانحدار يتراوح بين ٣:١ إلى ١٢:١. إضافة إلى ذلك، يجب وجود فوهة بأعلى هيكل الإسفين ونموذجيًا، بأسفله، ويكون بعمق من المقاس الاعتباري الأكبر للركام على الأقل. ويحقق فاصل الإسفين المسنن المزايا الآتية: أ) توفير نقل أكثر أمانًا للمركبات للانتقال من الأسطح المرصفة حديثًا إلى مغادرة الأسطح في المسارات المجاورة، دون الاضطرار إلى التعامل مع تغيرات الارتفاع العمودي المفاجئة. ب) تسليح الإنتاج بتمكين مواصلة الرصف في مسار واحد لمدة تغير الرصف بدلًا من الرجوع إلى نقطة منتصف الطريق، وتغيير مراقبة حركة المرور لرصف المسارات المرورية المجاورة عرضيًا حتى قبل إتاحة كلا الحارتين لحركة المرور. ج) تطوير هيكل الفاصل بتوفير دعم جانبي للحافة غير المثبتة من الشوط الأول قيد الدمك، وتزويد منطقة السطح الرابطة بين الحصيرتين.

ويتطلب إنشاء فاصل طولي عالي الجودة تحديد عمق متناسق ومتساوٍ على كل جانبي الفاصل. وموضح أدناه الاعتبارات الإضافية الواجب أخذها في الحسبان؛ لإنشاء فاصل طولي خالٍ من الفصل، ومدمك إلى كثافة معينة، ومربوط جيدًا بالرصف الأسفلتي الموضوع (Asphalt Institute , 2020):

- يُرجى التحرك بخط مستقيم عند وضع الشوط الأول (الجانب البارد)؛ ضمانًا لتداخل متناسق مقاس ٢٥ ملم مع الشوط الثاني (الجانب الساخن)، والتحرك حركة نصف قطرية متناسقة في الشوط الأولى عند المقاطع المنحنية.
- إنشاء حافة عمودية بالقرب من الجانب البارد للفاصل بأقصى درجة ممكنة.

- تقليل الفصل على كلا حافتي ذراع التسوية الخارجيتين بتثبيت بريمة حفر، وتمديدات خندقية تثبيتًا صحيحًا في مسافة ٣٠٠-٤٥٠ ملم من اللوح الطرفي.
- تطبيق الطلاء اللاصق أو طبقة غيرها مانعة للتسرب على جانب الفاصل.
- وجوب تميز الجانب الساخن من الفاصل (الشوط الثاني) بالسمك الكافي؛ للسماح بالتدحرج الصحيح دون مرور المدحلة الفولاذية العجلات في الشوط السابق.
- تقليل عمل عامل التسوية أو الملاحظ إلى أدنى حد. ويُحظر نشر المواد الزائدة الموضوعة عند الفاصل لفردها بالشوط الثاني. إذ يحول هذا الفاصل دون المواد اللازمة للحصول على كثافة جيدة بعد دمك الفاصل لا أكثر.
- الدمك وفقًا لمتطلبات النعومة والكثافة. ويبين الجزء (٥-٤-٤-٢-٢) توصيات إجراءات الدحل.
- رصد الكثافة بمقياس كثافة نووي وغير نووي.

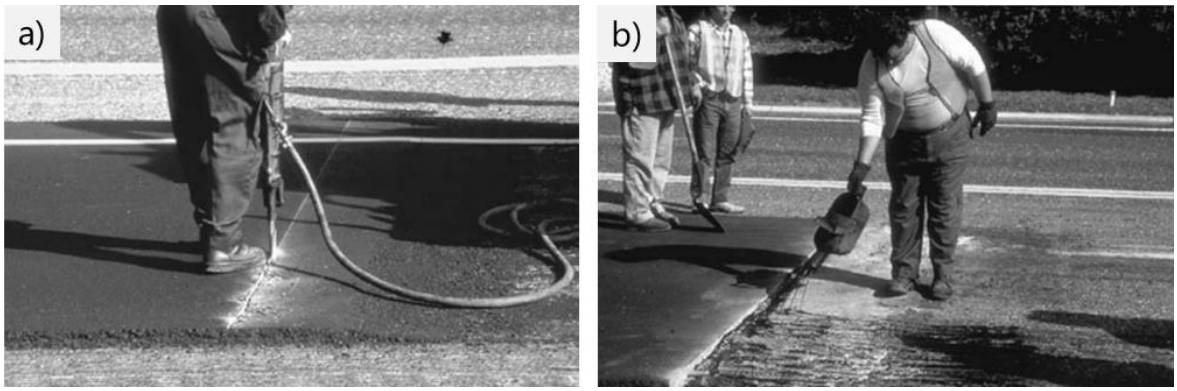
يجب العناية بمشاريع الرصف المتعددة الروافع؛ لتعويض الفواصل الطولية رأسيًا بين الطبقات المتتابعة على الأقل بمقاس ١٥٠ ملم. فضلًا عن ذلك، يجب تخطيط موقع الفاصل الطولي في رافع السطح؛ ليتماشى مع خطوط المسارات المرورية، وتجنب الإجهادات العالية في مسارات العجلات.

٥-٤-٣-٢-٢ الفواصل العرضية:

يلزم إنشاء فاصل عرضي جيد الأداء الإنشاء على مراحل عند بدء عملية الرصف. وبعد الفحص لمعاينة التمزق/ أو الانثناء، ويجب محاذاة ذراع التسوية، وإنزالها على الكتل، أو الشرائح الخشبية المتراكمة بسمك الحصيرة الجديدة بتفاوت تدحرج إضافي بنسبة ٢٥٪ (أو ١٥-٢٠٪ للخلطات الأكثر صلابة). ويجب وضع نقاط سحب على كلا جانبي الراصفة بحيث يكون لهما الضبط الأكثر تعامدًا لتصحيح العمق. ويُرجى التأكد من استواء ذراع التسوية عند مساند البداية وذلك بفحص كلا الجانبين، وتوجيه براغي العمق إلى الاتجاه الصحيح؛ لضبط زاوية الهجوم. مراقبة الخليط عند تعبئة السير الدوار، وبريمات الحفر المنقطة التي أمام ذراع التسوية بعد ملء قمع التعبئة. وبمجرد تحديد الميل، والتدرج الصحيح والتأكيد عليهما، تتحكم الضوابط في المقطع المراد وتحافظ عليه.

كما يلزم إنشاء فاصل عرضي عند إيقاف الرصف في منتصف المشروع سواء ليلة واحدة أو لمدة طويلة. وإذا كان الفاصل متاحًا لاستخدامه في الحركة المرورية، ويجب التأكد من انتقال الحركة المرورية بسلاسة وأمان من مستوى السطح الجديد إلى مستوى السطح الموجود. كما أن إنشاء إسفين مؤقت للمواد لتوجيه الحركة المرورية نحو الاتجاه للسطح الأساسي هي الطريقة الأبسط والأفضل من حيث التكلفة. ويظل هذا الإسفين في موضعه حتى إزالته عند استئناف العمل.

وعند استئناف العمل، يجب وضع غطاء عمودي غالبًا على الجانب البارد من الفاصل. ويجب استخدام منشار يعمل بالطاقة مزود بشفرة تجليخ، أو شفرة تقطيع جاف ماسية للقطع أو لتشغيل آلة الكشط على البارد عرضيًا بطول الرصف كما هو مبين في الشكل (٥-٦). ويجب إيلاء العناية بذلك؛ تجنبًا لاستخدام النشر المبرد بالمياه الذي ينتج مونة رطبًا. وبعد إزالة الإسفين، يجب تطهير المنطقة السفلية وتجفيفها. ويجب تطبيق الطلاء اللاصق على الغطاء العمودي للفاصل والسطح الأفقي لمنطقة الإسفين (الشكل ٥-٦). سيسمح الغطاء العمودي على الطلاء اللاصق بالتصاق الجانب الساخن من الفاصل بالجانب البارد، ومنع تسرب الرطوبة والملوثات التي يمكنها فك الفاصل.



الشكل (٥–٦) أ) قطع المواد عند الإسفين المؤقت، ب) وضع الطلاء اللاصق. (USACE & FAA, 2000).

عند إنشاء فاصل عرضي، يُوصى باستخدام حافة مستقيمة بمقاس ٣ أمتار لتقييم سلاسة توجيه الرصف إلى الفاصل وبعيدًا عنه قبل بدء الدمك. سيسمح هذا بإجراء التصحيحات، إن لزم الأمر، بإضافة مواد، أو إزالتها للوصول إلى مستوى مقبول من النعومة عندما تكون المواد ساخنة. ويبين الجزء (٥-٤-٤-٢-٣) إجراءات الدحل لإنشاء الفاصل العرضي.

عند رصف المشاريع برافعات متعددة، يجب تعويض الفواصل المستعرضة في الطبقات المتتالية أفقياً بمقدار ٢ متر على الأقل.

٥-٤-٤ الدمك:

الخطوة الأخيرة في عملية الدمك هي إنشاء طبقات الرصف الأسفلتي. إذ يجب توفر الدمك الكافي للأسفلت ضمانًا لتحقيق أداء تصميم الخلطة ومدة الخدمة المتوقعة. وسيكون أداء الخليط الأسفلتي الذي يتميز بجميع خصائص تصميم الخلطة رديئًا في ظل ظروف الحركة المرورية إذا لم يُدمك إلى مستوى الكثافة المناسب. وحقيقة الأمر، أن الخليط المدمك دمكًا مناسبًا، والمتميز بالخصائص الهامشية، سيتفوق غالبًا على الخليط الذي به جميع الخصائص المرغوب فيها، وغير المدمك دمكًا كافيًا.

والعوامل الرئيسة التي تؤثر على نجاح دمك الأسفلت هي:

- نوع المداحل، ومعدات الدمك الأخرى، وعددها: إذ تختلف المتطلبات باختلاف معدل توزيع خليط الأسفلت وسمك طبقته، ومعدل تبريده، وصلاحيته للعمل.
- إجراءات الدحل وتقنياته: أي تسلسل الدحل، وسرعته، وعدد الأشواط.
- درجة حرارة الخلطة: عنصر أساسي في قابلية دمك خليط الأسفلت وتعتمد على درجة الحرارة الأولية للتوزيع ومعدل التبريد. ويجب إتمام الدمك أثناء مدة صلاحية الأسفلت. وستزداد سرعة تبريد الأسفلت في الطبقات الخفيفة، وظروف المحيطة الباردة.
- خصائص الخلطة: صلاحية العمل هي وظيفة الأجسام الداخلية للخليط وصلابة المادة الرابطة.
- سلامة القاعدة الأساسية وصلابتها: يجب دعم معدات الدمك دعمًا كافيًا دون تشويه طبقة الأسفلت.

وفيما يلي المزيد من المعلومات حول معدات الدمك، وأفضل الممارسات المتبعة بإجراءات الدمك (Asphalt Institute , 2020).

٥-٤-٤-١ المعدات:

٥-٤-٤-١-١ المداحل الثابتة فولاذية العجلات (المداحل الحديدية):

تتضمن المداحل الثابتة فولاذية العجلات أسطوانات بهيكلين مختلفين؛ أي: أسطوانة مزدوجة وهيكل ثلاثي العجلات. وإحدى الخصائص التي يتسم بها الهيكل الثلاثي العجلات وهيكل الأسطوانة المنفصلة هي إمكانية تغير سرعة الدوران من جانب للآخر عند التوجيه؛ تجنبًا للتمزق أو التشقق. عادةً يتراوح قطر المداحل الثابتة من ١,٠ تقريبًا إلى ١,٥ متر ويتراوح وزنها من ٣ إلى ١٤ طنًا. ويمكن تغيير الوزن الكلي للمدحلة بإضافة ثقل الموازنة. ينتقل وزن المدحلة إلى الخليط من خلال ضغط التلامس الناجم عن الأسطوانات. ويُعد ضغط التلامس الفعال متغيرًا أساسيًا لهذا النوع من المعدات، ويعتمد على عمق اختراق الأسطوانات للخليط، أي: كلما زاد عمق الاختراق، زادات منطقة التلامس، وقل ضغط التلامس.

٥-٤-٤-١-٢ مداحل الإطارات الهوائية (المداحل المطاطية):

مداحل الإطارات الهوائية هي: أجهزة دمك ذاتية الدفع تستخدم الإطارات الهوائية لدمك خليط الأسفلت الساخن الأساسي. وتستخدم مداحل الإطارات الهوائية مجموعة من الإطارات الملساء (بدون مداس) على كل محور، وعادة ما تكون أربعة على محور واحد وخمسة على المحور الآخر. ويجب محاذاة العجلات الموجودة على المحور الأمامي بحيث تتماشى مع الفجوات بين العجلات على المحور الخلفي؛ بحيث يحقق تغطية دمك كاملة ومتساوية على عرض المدحلة. يؤثر كل من حمل العجلة في الآلة وضغط الإطار وتصميمه (مقاس الإطار وتصنيف الطيات) وعمق اختراق الإطار للخليط على مقدار القوة الضاغطة الموضوعة على الخلطة.

وتؤدي العجلات المتذبذبة، والإطارات المطاطية المضبوطة على ضغط مستمر تمارسه جميع نقاط الحصيرة الجديدة، وحركة العجن التي تحرك الخلطة، وتدمكه على نحو يختلف عن المدحلة الفولاذية العجلات. وتوفر المداحل المطاطية الإطارات المزايا التالية متفوقة على المداحل الفولاذية العجلات:

- تمارس الإطارات ضغطًا ثابتًا، ولا تعبر فوق البقع المنخفضة مثل: المداحل الأسطوانية الفولاذية، بالأسطح غير المستوية مثل طبقات التسوية.
- يميل تأثير العجن إلى إحكام السطح وتكثيفه أكثر من المداحل الأسطوانية الفولاذية، مما يقلل من النفاذية.
- توفر كثافة متزايدة غالبًا.

- غالبًا ما يكون أكثر فاعلية في ضغط الخلطات الرقيقة.
- وعلى خلاف ذلك فإن استخدام الإطارات المطاطية له العيوب التالية:
- يمكن أن تترك تشوهًا كبيرًا عند استخدامها خلال طور الدحل الأولي؛ ويمكن إزالة هذا التشوه بالدحل المتوسط والنهائي الفعال.
- لا ينصح باستخدامه للدحل الأولي على منحدرات حادة.
- يجب أن تبقى الإطارات المطاطية نظيفة، وبنفس درجة سخونة الخلطة قيد الدمك، وإلا فإنها تميل إلى التقاط المواد الناعمة من السطح. وقد يشكل المطاط مشكلة خطيرة خاصة مع الخلطات التي تحتوي على المطاط، المواد الرابطة المعدلة بالبوليمر.

٥-٤-٤-١-٣ المداحل الحديدية الاهتزازية:

المداحل الاهتزازية هي النوع الأكثر تنوعًا وانتشارًا من المداحل المستخدمة في دمك الأسفلت. عادة، تُستخدم مداحل اهتزازية مزدوجة الأسطوانة. وعادة توفر كلتا الأسطوانتين الدفع ويتراوح القطر بين ٠,٩ – ١,٥ متر والعرض بين ١,٢ – ٢,١ متر. وهي تدمك باستخدام خليط من الوزن والاهتزاز في الأسطوانات الفولاذية. تحقق المداحل الاهتزازية الدمك من خلال مجموعة من هذه العوامل: أ) الوزن الثابت. ب) التردد. ج) السعة. د) تأثير التباعد.

وعندما تدور الأسطوانة وتهتز، فإنها تكرر تأثيرها على الحصيرة الجديدة. ويمكن استخدام تأثير التباعد والاهتزاز، والسعة؛ لضبط جهد الدمك للمدحلة الاهتزازية. ويؤدي إبطاء السرعة الأمامية للأسطوانة إلى تقليل تأثير التباعد، مما يتسبب في زيادة عدد الاصطدامات لكل قدم. مع زيادة سرعة المدحلة لتردد اهتزاز معين، ويزداد التباعد بين الاصطدامات.

أما أوضاع التشغيل الأربعة لهذه المداحل هي: أ) ثابت (مع إيقاف تشغيل الهزاز). ب) اهتزاز الأسطوانة الأمامية الثابتة والأسطوانة الخلفية. ج) اهتزاز الأسطوانة الأمامية والأسطوانة الثابتة. د) اهتزاز كلتا الأسطوانتين. في الوضع الأول، الذي يُستخدم عادةً لإنهاء الدحل والروافع الرقيقة، تعمل المدحلة كأسطوانية مزدوجة ثابتة. وقد يفضل الوضع الثاني في الخلطات الأقل استقرارًا. يُستخدم الوضع الثالث؛ لتحقيق الدمك باستخدام الأسطوانة الأمامية بينما توفر الأسطوانة الخلفية في الحالة الثابتة لمسة نهائية أكثر نعومة. ويُستخدم الوضع الرابع عادة لتحقيق أقصى طاقة دمك على الخلطات الثابتة. ويجب أن يكون اختيار وضع التشغيل مصممًا خصيصًا للخلطة، وسُمك الحصيرة، والمداحل الأخرى المستخدمة في سلسلة المداحل، والتسلسل داخل سلسلة المداحل، وظروف المشروع.

٥-٤-٤-١-٤ المداحل الحديدية التذبذبية:

المداحل التذبذبية، التي تبدو مشابهة للمداحل الاهتزازية، هي مداحل فولاذية مزدوجة الأسطوانة يمكن استخدامها أيضًا بفاعلية إما في طور الدحل الأولي أو المتوسط. تُزود المداحل التذبذبية بأوزان مزدوجة، ومتعارضة ولامركزية تدور حول محور الأسطوانة في الاتجاه ذاته، مما يتسبب في تحرك الأسطوانة بسرعة في حركة اهتزازية للأمام والخلف، ولكنها تظل على في تلامس مستمر مع سطح الرصف. وتتسبب حركة الاهتزاز هذه في قوة قص أفقية تعيد رصف الركام مع استمرار تحرك الركام المستمر للحمل الثابت رأسيًا. على هذا النحو، تمارس المداحل التذبذبية قوى اصطدام عمودية أقل من المداحل الاهتزازية التي قد تكون مفضلة في الحالات التي بها مخاوف بشأن التسبب في تلف البنية التحتية في المنطقة المحيطة.

٥-٤-٤-١-٥ مداحل الإطارات الهوائية الاهتزازية:

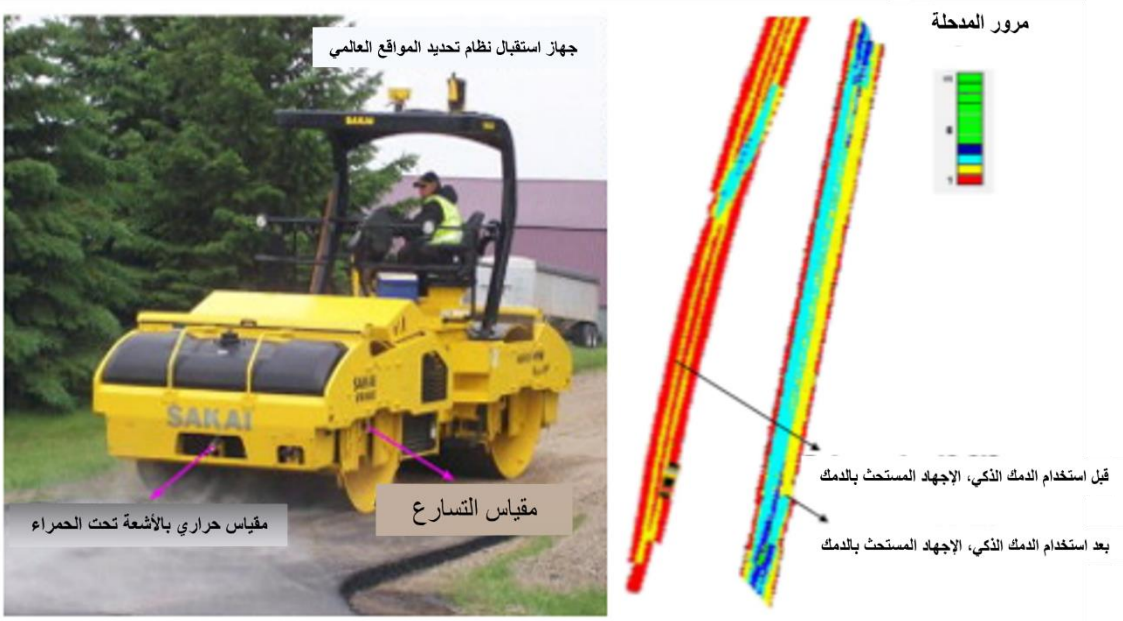
المداحل الاهتزازية المطاطية الإطارات هي مداحل بإطارات هوائية لها قدرة على اهتزاز الإطارات الأمامية (الشكل ٥-٧). تُولد الاهتزازات بطول المحور الأمامي بواسطة وزن لامركزي دوار على الأعمدة، كما هو الوضع في المداحل الاهتزازية الفولاذية العجلات. ويخضع تردد الاهتزازات، وسعتها للتحكم المنفصل عن سرعة المحرك وحركة المدحلة. ويوفر هذا النوع من المداحل مزايا كل من حركة العجن من الإطارات المطاطية إضافة إلى القوى الحركية من الدمك الاهتزازي. ويُعد استخدامه مفيدًا خاصة للدحل والدمك المتوسط على طول الفواصل المحصورة.



الشكل (٥–٧) مدحلة اهتزازية بإطارات هوائية (المصدر: Sakai Group).

٥-٤-٤-١-٦ معدات الدمك الذكية:

يشير الدمك الذكي إلى دمك مواد الطريق، مثل: مواد الرصف الأسفلتي، أو قواعد الركام أو الترب، باستخدام مداحل اهتزازية حديثة مزودة بمقاييس تسارع مثبتة على محور المدحلة وأجهزة استشعار درجة الحرارة بالأشعة تحت الحمراء (الأمامية والخلفية) للقياسات في الموقع، والتحكم في التغذية الراجعة. ويتضمن رسم الخرائط القائم على النظام العالمي لتحديد المواقع، بالإضافة إلى البرامج التي تعمل على أتمتة توثيق النتائج. ويمكن إقران بيانات النظام العالمي لتحديد المواقع ببيانات درجة حرارة الحصيرة، ومقياس التسارع. ومن خلال دمج أنظمة القياس والتوثيق والتحكم، تسمح مداحل الدمك الذكي بالمراقبة الفعلية وتصحيح عملية الدمك. تحتفظ مداحل الدمك الذكي بسجل مستمر في شكل خرائط ومخططات مرمزة بألوان متباينة تشير إلى عدد أشواط المداحل، وقياسات صلابة المواد الناتجة عن المدحلة، والموقع الدقيق للمدحلة الشكل (٥-٨). يمكن الاطلاع على متطلبات تدريب المعدات والأفراد في AASHTO R111.



الشكل (٥–٨) مدحلة الدمك الذكي (يمين)؛ تسوية الدمك باستخدام الدمك الذكي (يسار)(Xu & Chang, 2013).

أظهرت الأبحاث والخبرة الحقلية أن تقنية الدمك الذكي ستحسن اتساق أشواط المداحل، وتسوية الدمك ببساطة من خلال توفير هذه المعلومات المهمة في الوقت الفعلي للمشغل، وموظفي المشروع الآخرين (شو وتشانغ، ٢٠١٣). وتشمل الفوائد الإضافية من استخدام مداحل الدمك الذكي بالأسفلت الدحل الاختباري (رسم الخرائط) للسطح قبل وضع خلطة الأسفلت الساخن؛ بحيث يمكن اتخاذ التدابير

التصحيحية المناسبة لمعالجة أي نقاط لينة، أو مناطق ضعيفة، وتطوير منحنيات الدمك، وتحديد العدد الأمثل من أشواط المداحل، ومراقبة درجة حرارة سطح الأسفلت (لمواكبة الفرادة) ومستويات الدمك لمنطقة تغطية ١٠٠ ٪.

٥-٤-٤-٢ إجراءات الدمك:

٥-٤-٤-٢-١ تحديد نمط الدحل:

يمكن تقسيم التسلسل الأساسي لدحل مشروع نموذجي إلى ثلاث مراحل، على النحو التالي:

- الدحل الأولي (المبدئي): التسلسل الأول من أشواط المدحلة (المداحل) المخصصة للدحل الأولي للحصيرة الموضوعة حديثًا.
- الدحل المتوسط: جميع الأشواط اللاحقة بواسطة المدحلة (المداحل) واللازمة للحصول على الكثافة المطلوبة قبل أن يبرد الخليط إلى ٨٠ درجة مئوية.
- الدحل النهائي: يتم الدحل لتحسين السطح في حين لا يزال الخليط دافئًا بما يكفي للسماح بإزالة أي آثار مداحل. عمومًا، لا يُتوقع زيادة الكثافة نتيجة للدحل النهائي.

ويفضل استخدام نمط دحل يوفر التغطية الأكثر تساويًا لجميع المواقع المرادة في الحصيرة. ونظرًا للعديد من المتغيرات، فمن المستحيل في البداية تحديد العدد الدقيق لتغطية المدحلة أو المداحل التي ستكون مطلوبة لتحقيق كثافة كافية. وقد تتطلب الخلطات المختلفة مستويات مختلفة اختلافًا كبيرًا عن جهد الدمك، مما يتطلب معدات دمك وإجراءات دحل مختلفة. يجب تحديد هذه المعلومات في بداية المشروع من خلال إنشاء مقطع تجريبي واحد أو أكثر (يُطلق عليه أيضًا شرائط الاختبار). وشرائط الاختبار هي أفضل طريقة لتحديد: أ) عدد المداحل المطلوبة ونوعها. ب) سرعة الدحل لكل مدحلة. ج) عدد الأشواط لكل مدحلة. د) منطقة العمل لكل مدحلة للحصول على الكثافة المطلوبة. ويجب وضع الشريط (الشرائط) في نقطة مناسبة حيث ستظل طبقة الرصف الموضوعة جزءًا من هيكل الرصف النهائي، ويجب أن يكون الخليط ممثلاً للمواد المزمع إنتاجها للمشروع.

واختبار الكثافة هو جزء رئيسي من مقطع (مقاطع) تجريبية. الطريقة الأكثر شيوعًا لمراقبة التغيرات في الكثافة في أشواط المدحلة هي استخدام مقياس الكثافة النووية، أو باستخدام مقياس الكثافة غير النووية. ويجب أخذ القراءات بعد كل شوط لكل مدحلة، ومعدل الزيادة في الكثافة بعد تحديد كل شوط. عادة ما تتحقق أقصى كثافة نسبية عندما لا ينتج عن أشواط المدحلة الإضافية زيادة كبيرة في الكثافة. وإذا لم تتحقق الكثافة الكافية، يجب إجراء تعديلات في نمط الدحل حتى تحقيق الكثافة المطلوبة.

٥-٤-٤-٢-٢ دحل الفواصل الطولية:

عادة ما تنطوي عمليات الرصف على وضع مسار واحد في كل مرة وتُوضع المسارات المجاورة لاحقًا؛ لذا، يُنتج فاصلًا باردًا. ويسمى باردًا لأن الحار المثبت في بداية الأمر قد برد قبل وضع المسار المجاور. الاستثناء هو عند الرصف في ترتيب متدرج، حيث يُوضع فاصل ساخن ينتج أفضل فاصلة طولية؛ لأن كلا الحارتين عند نفس درجة الحرارة عند الدحل، أو بالقرب منهما، كما هو مبين في الجزء (٥-٤-٣-٣-١). غالبًا ما توجد حافتان "غير محصورتان"، تُعرفان أيضًا باسم الفواصل أثناء الدمك، في المسار الأول الموضوع والمدمك. وتسمى الفواصل غير المحصورة؛ نظرًا لعدم وجود مسار، أو رصف؛ لتقييد الحركة الجانبية لحصيرة الأسفلت الساخن أثناء الدمك. وعادة تحتوي المسارات اللاحقة على فاصل طولي "محصور" واحد على الأقل، حيث تُقيد حصيرة الأسفلت بطول الفاصل من خلال مسار، أو حافة موضوعة مسبقًا. لذا يمكن تصنيف إنشاء الفواصل الطولية إلى محصورة، وغير محصورة التي يتطلب كل منها إجراء دمك مختلف (Asphalt Institute , 2020).

هناك خياران يُوصى بهما لنمط الدحل للفاصل غير المقيد لتحسين الكثافة. الخيار رقم ١ هو دحل الشوط الأول مع تجاوز الأسطوانة الفولاذية لحافة الحصيرة بمسافة ١٠٠ – ١٥٠ ملم، كما هو موضح في شكل رقم ٥-٩. ومن الملاحظ أن التجاوز لأكثر من ١٥٠ ملم قد يؤدي إلى فرط التدحرج والقوة على حافة الحصيرة، لكن إن كان أقل من ١٠٠ ملم، فقد يؤدي إلى قطع الأسطوانة أحيانًا في حافة الفاصل غير المحصور. يتضمن الخيار رقم ٢ الشوط الأول للبقاء داخل حافة الحصيرة بمسافة ١٠٠-١٥٠ ملم، والشوط اللاحق الذي يتجاوز الحافة بـ ١٠٠-١٥٠ ملم، كما هو موضح في الشكل (٥-١٠).



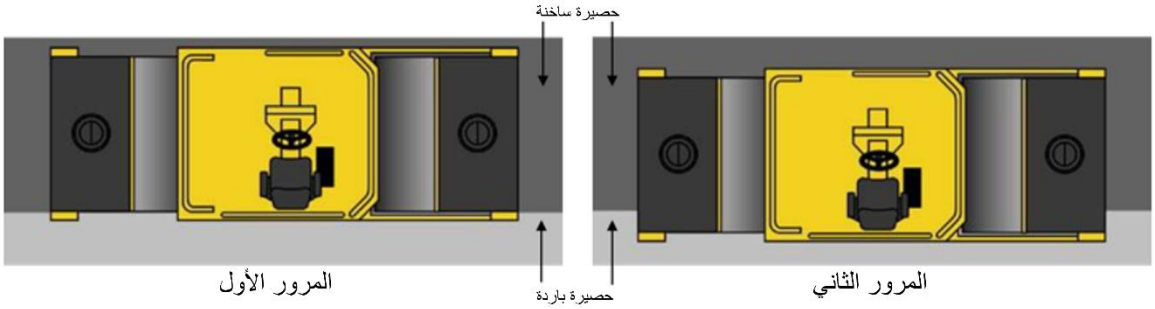
الشكل (٥–٩) دحل الفاصل الطولي غير المحصور (الخيار ١).



الشكل (٥–١٠) دحل الفاصل الطولي غير المحصور (الخيار ٢)؛ الشوط الأول (على اليمين) والشوط الثاني (على اليسار).

العوامل التي يجب مراعاتها عند التقرير بين الخيار الأول والثاني هي: أ) قياسات الكثافة القريبة من الحافة غير المدعومة. ب) أي حركة جانبية مفرطة. ج) التدحرج المفرط عند حافة الحصيرة. د) ظهور تشققات الإجهاد عند استخدام الخيار ٢؛ فإذا حدثت، يُرجى الانتقال إلى الخيار ١.

يُدمك الفاصل المحصورة بالشوط الأول من المدحلة الأسطوانية الفولاذية على الحصيرة الساخنة، مع الحفاظ على حافة الأسطوانة بالقرب من الفاصل الطولي بمسافة ١٥٠ – ٣٠٠ ملم تقريبًا. ويُنفذ الشوط الثاني من خلال تداخل الحصيرة الباردة بمقدار ٧٥ – ١٥٠ ملم، مثلما هو مصور تخطيطيًا في الشكل (٥-١١). يُنشأ شريط غير مدمك أثناء الشوط الأول، وتدفع أي حركة جانبية خلطاً إضافيًا في هذا الشريط. بعد ذلك، يُضغط هذا الشريط غير المدمك في الشوط الثاني باستخدام الوزن الكلي للمدحلة. والهدف الأساسي من الابتعاد عن المفصل أثناء الشوط الأولي هو منع مرور المدحلة الأسطوانية على الحافة الباردة، فلن يؤدي هذا إلى بذل المزيد من جهد الدمك المطبق على الحصيرة الساخنة في الجانب المحصور من الفاصل. كما يؤدي الابتعاد عن المفصل بمسافة ١٥٠-٣٠٠ ملم خلال الشوط الأول إلى إنشاء تطويق على جانبي الشريط غير المدمك، وتحريك الخليط نحو المفصل؛ مما يؤدي إلى كثافة أعلى في هذه المنطقة. بالإضافة إلى ذلك، يضمن نمط الدحل الموصى به وجود غالبية هيكل المدحلة على الحصيرة الساخنة أثناء الشوطين الأول والثاني.



الشكل (٥–١١) دحل الفاصل الطولي المحصور.

كما أثبتت المداحل المطاطية الإطارات، وخاصة المداحل الاهتزازية المطاطية الإطارات، أنها فعالة للغاية في تحسين الكثافة على الجانب المحصور من الفاصل.

وعند الرصف بترتيب متدرج، تُدمج المادة على كل جانب في كتلة واحدة تحت المدحلة، ويكون فرق الكثافة بين الحارتين ضئيلًا، ويصل إلى درجة الانعدام. ولتسليح الكثافة في الفاصل الساخن، يجب أن تترك مدحلة الرصف الأولي المخصصة للراصفة الرئيسية مسافة حوالي ١٠٠ إلى ١٥٠ ملم من المفصل غير المدحل؛ ويُدمك هذا المفصل المشترك في الشوط الأول من مدحلة الطور الأولي المخصصة للراصفة الثانية؛ لذا يجب أن تظل الراصفة الثانية قريبة من الراصفة الأولى قدر الإمكان؛ لتقليل أي اختلافات في درجات الحرارة بين جانبي المفصل.

٥-٤-٤-٢-٣ دحل الفواصل العرضية:

كما هو سالف البيان في الجزء (٥-٤-٣-٣-٢)، عند تعليق الرصف (إما في نهاية تغيير الرصف، أو عند تأخر الرصف لمدة طويلة)، يجب إنشاء فاصل عرضي مؤقت سيبقى في مكانه حتى إزالتها عند استئناف عملية الرصف.

وعند استئناف الرصف، سيعتمد إجراء الدحل؛ لإنشاء الفاصل العرضي على حالة الفاصل الطولي؛ إما محصور، أو غير محصور بالمسار المجاور (Asphalt Institute , 2020).

وفي حالة التطويق يتم الدحل الأولي بمدحلة أسطوانية فولاذية ثابتة تتحرك بالتوازي مع الفاصل الطولي؛ ولكنها تكون على الجانب البارد من الفاصل، وتتداخل مع الحصيرة الجديدة بمسافة حوالي ١٠٠ – ١٥٠ ملم. وبعد فحص السطح بحافة مستقيمة، تتم أي تغييرات ضرورية. بعد ذلك يُدحل المفصل العرضي عرضيًا بكامل عرض الأسطوانة الذي يصل لحوالي ١٥٠ ملم على المادة الموضوعة حديثًا لعدة أشواط، يغطي كل منها ١٥٠ – ٢٠٠ ملم إضافية على الحصيرة حتى يكون عرض المدحلة كليًا على المادة الساخنة.

وعندما يكون الفاصل الطولي غير محصور، يجب حماية هذا الفاصل (الحافة) من المداحل. أثناء الدحل العرضي، كما يجب وضع الألواح الخشبية بسمك الحصيرة المدمكة على حافة (حواف) الرصف؛ لتزويد المدحلة بسطح يمكن القيادة عليه داخل الحصيرة وخارجها دون تشويه الحافة. يُقترح استخدام الألواح لتسريع عملية الدمك، ومنع الدفع المفرط للخليط. وإذا لم تُستخدم الألواح، يجب إيقاف الدحل العرضي بمسافة ١٥٠ – ٢٠٠ ملم عن الحافة الخارجية؛ لمنع تلفها، ويجب دمك الحافة -لاحقًا- أثناء الدحل الطولي.

كما يجب أن تضمن عمليات الرصف والدمك أن الفاصل العرضي المنجز يوفر انتقالاً سلساً على جانبي الفاصل وأن الكثافة تفي بالمتطلبات المحددة.

٥-٥ طبقة الأساس الأسفلتية:

٥-٥-١ الوصف:

يمكن إنشاء طبقات الأساس الأسفلتية مباشرة على القاعدة الترابية المدمكة، أو طبقة ما تحت الأساس الركامية، أو طبقة الأساس الركامية. وتتميز خلطات طبقة الأساس الأسفلتية بأحجام ركام أكبر، مقارنة بخلطات الأسفلت السطحية. لذلك، يقل محتوى الأسفلت

النسبي؛ بسبب ازدياد صغر مساحة السطح، ورغم أن خلطات القاعدة عادة ما تُصمم لتناسب فراغات هوائية أقل بعض الشيء من الطبقات العليا؛ لضمان كمية أكبر من المادة الرابطة للأسفلت في الخلطة للمساعدة في مقاومة الشد التي ستواجهه أثناء الخدمة.

وغالبًا ما تُستخدم خلطات القاعدة كمادة رابطة أو كطبقة متوسطة بين طبقات السطح وطبقات الأساس الأسفلتية. وفي هذه المواصفات، تُستخدم خلطات المادة الرابطة (طبقة القاعدة) وطبقة الأساس الأسفلتي بالتبادل في أعمال تصميم الرصف وانشائه.

يبين هذا الجزء وضع مواد طبقات الأساس الأسفلتية المعتمدة، ودمكها، وإجراءات ضبط الجودة/ ضمان الجودة؛ لقبول الأعمال ذات الصلة؛ ويتم جميع ما سبق ضمن الحدود، والأبعاد، والسمك، والمستويات، والمنحدرات، والقطاعات العرضية المبينة في الرسومات ووثائق العقد الأخرى.

٥-٥-٢ المواد:

٥-٥-٢-١ الأسفلت:

يجب أن تكون مواد الأسفلت من درجة اختراق أو درجة لزوجة أو أسفلت الجيد الأداء المحدد؛ لاستيفاء الظروف المناخية، وسرعة المرور، والحجم، أو الأسفلت المعدل، وكلها تتوافق مع متطلبات الجودة الموضحة في الجزء (٥-٢-٦).

٥-٥-٢-٢ الركام:

يجب أن يتوافق الركام الخشن، والناعم المراد استخدامه مع متطلبات الجودة، والتدرج المذكورة في الأقسام (٥-٢-٣-١) و (٥-٢-٣-٢)على التوالي.

٥-٥-٢-٣ الحشو المعدني:

يجب أن يتوافق الحشو المعدني -إذا لزم الأمر-، مع متطلبات الجودة والتدرج المذكورة في الجزء رقم (٥-٢-٣-٣).

٥-٥-٢-٤ الإضافات:

يجب أن تتوافق قائمة المواد المضافة المحتملة، أو أنواع المحسنات الأسفلتية، إذا تطلب تصميم الخلطة ذلك، مع المتطلبات التي ينص عليها الجزء رقم (٥-٢-٥-٤).

٥-٥-٢-٥ تصميم الخلطة:

يجب تصميم خلطات القاعدة الأسفلتية إما بطريقة تصميم مارشال أو طريقة تصميم السوبربيف الموضحة في الجزء رقم (٣-٦) من كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف). ويجب توضيح طريقة تصميم الخلطة المراد استخدامها في المواصفات الخاصة، أو حسب توجيهات المهندس.

ويجب أن يتطابق خليط الركام بتصميم الخلطة (إما بقياس ٢٥ أو ٣٧،٥ ملم من المقاس الاعتباري الأكبر للركام) مع متطلبات التدرج المبينة في الجزء (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف).

كما يجب تحديد درجات حرارة الخلط باستخدام اختبار لزوجة المادة الرابطة للأسفلت، والمعايير المبينة في الجزء (٣-٦-١-٣) من كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف).

وعند اختيار طريقة مارشال لتصميم الخلطة، يجب تحديد محتوى الأسفلت الأمثل على أنه النوع المتوافق مع خليط يتضمن فراغات هوائية بنسبة ٤ ٪ التي تفي بمعايير مارشال، ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في الجزأين (٣-٦-١-٥) و(٣-٦-٢-٥) من كود الطرق السعودية رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف).

وعند اختيار طريقة تصميم السوبربيف، يجب تحديد محتوى الأسفلت الأمثل على أنه ذلك النوع المتوافق مع خليط يتضمن فراغات هوائية بنسبة ٤٪ عند N_{des} ولكنه يلبي معايير الحجم، ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في الجزأين رقم (٣-٦-٢-٤) و(٣-٦-٢-٥) من كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (تصميم الرصف).

يجب توخي الحذر في حال اتباع الطريقة الميكانيكية – التجريبية لتصميم الرصف. ففي هذه الحالة، وللموافقة على صيغة خلطة العمل، يوصى بالنظر في كل من خصائص المواد، بما في ذلك اختبار الأداء الموضح في الجزء رقم (٥-٣-٧-١) من كود الطرق السعودي رقم ٣٠٨ (وزرة النقل والخدمات اللوجستية، ٢٠٢٣) والتقييم القائم على متطلبات مدخلات تصميم الرصف ما لم تنص المواصفات الخاصة أو توجيهات المهندس على غير ذلك.

ويجب على المقاول تقديم صيغة خلطة العمل كتابيًا؛ لاعتمادها من المهندس قبل ٣٠ يومًا على الأقل من الإنتاج. ويجب أن يتضمن تقرير صيغة خلطة العمل جميع المعلومات التالية:

- مصادر الركام وتدرجاته، والخصائص الفيزيائية إضافة إلى شهادة الامتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر مواد الأسفلت، وخصائص الأسفلت إضافة إلى شهادة الامتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر المواد الإضافية، والمحسنات الأسفلتية، وخصائصها.
- نسب جميع مكونات خلطة الأسفلت.
- بيانات الاختبار المعملي لخلطة الأسفلت، وشهادة الامتثال لجميع متطلبات الجودة.
- نطاق درجة الحرارة للخلط والدمك.
- نوع الخلاطة المزمع استخدامها، وموقعها لإنتاج خلطة الأسفلت، وشهادة الامتثال للمتطلبات التي يحددها AASHTO M156

في حالة رفض صيغة خلطة العمل أو تغيير مصدر المادة، يجب تقديم نقطة معادلة خلط جديدة؛ لاعتمادها.

٥-٥-٣ الإنشاء:

٥-٥-٣-١ المعدات:

يجب أن يلتزم المقاول بتوفير وتشغيل معدات كافية لتنفيذ أعمال الأسفلت، بما في ذلك إنتاج خلطة الأسفلت، والسحب والتوزيع، ودمك الخليط على سطح مجهز خلال مدة العقد مع اتباع خطة العمل التي يعتمدها المهندس، ويجب أن تشمل هذه المعدات، -على سبيل المثال لا الحصر- ما يلي: مصنع الخلط وشاحنات النقل، والمكانس الآلية، والأدوات اليدوية لأغراض التنظيف، والتدفئة، ورصف الأسفلت، والمداحل لدمك الأسفلت، كما هو موضح في الجزء (٥-٤).

٥-٥-٣-٢ القيود المناخية:

يجب عدم وضع خلطات قاعدة الأسفلت على أي سطح رطب، أثناء العواصف الترابية أو الرملية، عندما يكون متوسط درجات حرارة السطح أقل من ٢٠ درجة مئوية، أو عندما تحول رافعات الأسفلت الرقيق، أو الرياح القوية أو ظروف الرطوبة العالية دون المناولة السليمة لخلطات الأسفلت، وتقلل من وقت الدمك المتاح.

تتوفر أدوات حديثة ومجانية وسهلة الاستخدام لتقدير معدل التبريد، وبالتالي فقد تساعد المقاولين في تخطيط عمليات الدحرجة الخاصة بهم بشكل أكثر كفاءة؛ لتحقيق الكثافة المستهدفة.

٥-٥-٣-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

قبل البدء في الرصف المنتظم لإنتاج كل خليط أسفلت، يجب على المقاول إنشاء قطاعين تجريبيين أو أكثر لكل خليط أسفلت محدد للاستخدام، ويجب إنشاء تلك الأقسام على القطاع العرضي الحالي النموذجي باستخدام نفس المعدات والمواد على غرار بقية المشروع، وغالبًا ما تتطلب المشاريع ذات مواصفات كثافة الفواصل الباردة إنشاء وصلة باردة كجزء من القطاع التجريبي، وتتألف من أطوال أقصر من الرصف، تتراوح عادة ما بين ١٥٠ إلى ٣٠٠ متر، أو حسبما يحدده المهندس وتعتبر جزءًا من الرصف العادي إذا كانت نتائج الاختبار ممتثلة للمواصفات القياسية.

وعلى وجه التحديد، إذا أشارت نتائج الاختبار الخاصة بالقطاع التجريبي إلى أن صيغة خلطة العمل مناسبة لإنتاج مواد ممتثلة ويمكن تحقيق التوزيع والصب والدمك المناسب، ويمكن المضي قدمًا في رصف الإنتاج. إذا كانت نتائج شريط الاختبار لا تلبي مواصفات المشروع، أو إذا تغير القطاع العرضي الحالي النموذجي، يجب على المقاول حينها تركيب شريط اختبار جديد، واتخاذ إجراءات تصحيحية؛ من أجل جلب المواد المستخدمة، وطرق إنتاج الأسفلت المخلوط على الساخن ومعدات الإنشاء، والتقنيات؛ للامتثال للمواصفات.

٥-٥-٣-٤ تجهيز السطح:

عند وضع خليط الأسفلت على طبقة أساسية مجهزة، أو طبقة أساس من الركام، ويجب أن يتلقى السطح طلية أولية على النحو المحدد في الجزء (٥-٣)، وبخلاف ذلك، في حالة تغطية طبقة أسفلتية موجودة، يجب وضع طبقة لاصقة على سطحها قبل وضع خليط الأسفلت الجديد، ولا يسمح بحركة المرور على السطح بعد تجهيزه لاستلام خليط قاعدة الأسفلت.

٥-٥-٣-٥ الإنتاج والنقل والصب والدمك:

يجب إنتاج خلطات الأسفلت إما في محطات الخلط بالدفعات، أو مصنع الخلط الأسطواني المطابقة للمتطلبات الموضحة في الجزء (٥-٤-١)، كما يجب العناية بتلبية القوانين البيئية، ومتطلبات الحماية فيما يتعلق بجمع الغبار والتخلص منه، ويجب أن يكون الركام، والمواد الأسفلتية لخلطات قاعدة الأسفلت متناسبة وفقًا لمتطلبات صيغة خلطة العمل المعتمدة، وأن تُخلط باستخدام المعدات التي ستنتج خلطاً يتوافق مع هذه المواصفات، كما يجب أن يتوافق خلط الركام؛ لتصميم الخلطة، ومحتوى مادة الربط الأسفلتية مع صيغة خلطة العمل المعتمدة ضمن التفاوت المسموح في الإنتاج الموضحة في الجدول (٥-٢٤).

الجدول (٥–٢٤) التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل الأساسية للأسفلت (مرحلة الإنتاج).

حجم المنخل ملم	التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل	
	طبقة الأساس الأسفلتية	
	١	٢
١٩,٠ (٤/٣ بوصة)	٪٦,٠ ±	٪٦,٠ ±
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	-	-
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٪٦,٠ ±	٪٨,٠ ±
٤,٧٥ (رقم: ٤)	٪٦,٠ ±	٪٧,٠ ±
٢,٣٦ (رقم: ٨)	٪٥,٠ ±	٪٦,٠ ±
٠,١٥ (رقم: ١٠٠)	-	-
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	٪١,٥ ±	% ٢,٠ ±
محتوى مادة الربط الأسفلتية	٪٠,٤ ±	٪٠,٤ ±

ملاحظات:

١- صيغة خلطة العمل والتفاوت المسموح في نتائج اختبار القبول.

٢- حسب التفاوت المسموح في نتائج الاختبارات التي تم إنشاؤها.

يجب أن تتم عملية السحب باستخدام شاحنات ذات أسطح فولاذية ملساء يمكن رشها، عند الضرورة، بطبقة رقيقة من مادة التشحيم؛ لمنع الخلطة من الالتصاق بالأسطح، كما يجب اتخاذ تدابير؛ للتخفيف من فصل خلطة الأسفلت، على النحو الذي تمت مناقشته في الجزء (٥-٤-٢)، يجب أن يضمن عدد الشاحنات المستخدمة عملية رصف ثابتة ومتسقة.

ويوضع خليط الأسفلت كطبقة أساس باستخدام آلة رصف أسفلتي؛ وفقًا لسمك وأبعاد ومنحدرات الطبقات الفردية الموضحة في المخططات، ولتوفير احتمالية عالية للدمك الكافي في ظل جهد ضاغط معقول، يوصى بأن يكون الحد الأدنى لسمك الطبقة مناولة الواحدة لخلطات الأسفلت ذات الدرجات الخشنة الكثيفة أربعة أضعاف الحد الأقصى للحجم الاسمي للركام، باستثناء الخلطات ذات الدرجات الدقيقة، التي يمكن صبها عند ثلاثة أضعاف الحد الأقصى للحجم الاسمي للركام (Asphalt Institute , 2020)، وعلاوة على ذلك، يجب وضع متغيرات تشغيل الرصف المناسبة، مثل الدحرجة، وسرعة الرصف، ودرجة حرارة ذراع التسوية، كما يجب اتباع الممارسات التي تقلل من عدد الفواصل الطولية على المشروع حيثما أمكن، على النحو الذي نوقش في الجزء (٥-٤-٣)، وذلك لضمان سمك مضغوط ونعومة سطح كافيين عند الارتفاع، والانحدار الصحيحين.

يتُوفر معدات ضغط كافية، ويجب دك الفواصل الطولية أولاً؛ وتناقش ممارسات الدحرجة المناسبة للفواصل في الجزء (٥-٤-٤-٢)، وبعد ذلك، يبدأ الدحرجة عند الحافة السفلية، ويتجه نحو أعلى جزء من الحصيرة باتباع نمط الدحرجة المحدد أثناء إنشاء القطاع التجريبي، ويجب إنجاز دك الدمك قبل أن تنخفض درجة حرارة الخليط الداخلي إلى أقل من ٨٠ درجة مئوية.

٥-٥-٤ التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد، الركام والأسفلت، من حيث الاستخدام في خلطة قاعدة الأسفلت معمليًا من خلال إجراء اختبار الجودة، كما هو محدد في الجزأين ٥-٢-٣ و٥-٢-٥، كما يجب أيضًا تقييم الحشو المعدني الإضافي، عند الحاجة، للتأكد من مطابقته لمتطلبات AASHTO M17، وأثناء تصميم الخلطة ولاعتماد صيغة خلطة العمل، يجب إجراء اختبار مارشال للاستقرار والتدفق طبقًا لـAASHTO T245، إذا اتُبع تصميم خلطة مارشال، بالإضافة إلى اختبار لتقييم الحساسية للرطوبة، ومقاومة التشقق طبقًا لـAASHTO T283 وT324، على التوالي، وعند اتباع الطريقة الميكانيكية – التجريبية لتصميم الرصف، يجب أيضًا اختبار خصائص الأداء، مثل: المعامل الديناميكي، وقوة الإجهاد وما إلى ذلك، للتحقق من متطلبات تصميم الرصف.

وتتضمن مراقبة جودة إنتاج المصنع اختبار خليط الأسفلت، ومكوناته في البداية؛ للتحقق من صيغة خلطة العمل ثم لمراقبة الإنتاج، ويهدف اختبار خصائص المادة الرابطة للأسفلت والركام، كما هو موضح في الجدول (٥-٢٥)، إلى التحكم والتحقق من المطابقة لمتطلبات الجودة، ويتضمن اختبار خليط الأسفلت طلاء الجزيئات، ومحتوى مادة الربط الأسفلتية، وتدرج الركام، وأقصى ثقل نوعي نظري، والثقل النوعي الكتلي (من الخليط المنتج في المحطة والمضغوط في المعمل) والفراغات الهوائية، والفراغات في الركام المعدني، وقابلية الرطوبة ومقاومة التشقق، ويجب أن يستخدم اختبار فرن الإشعال وفقًا لمواصفة AASHTO T308 (أو ASTM D6307) لتحديد محتوى رابط الأسفلت؛ يجب أن يكون ضمن ± ٠,٤ في المائة من صيغة خلطة العمل. بدلاً من ذلك، يمكن أن توفر طريقة الاختبار النووي وفقًا لمواصفة AASHTO T287 (أو ASTM D4125) أيضًا قياسات محتوى رابط الأسفلت على الخليط المنتج. بعد حرق فرن رابطة الأسفلت لتحديد محتوى المادة الرابطة، يُحدّد تدرج مواد الركام المتبقية وفقًا لمواصفة AASHTO T30؛ ويجب أن تتوافق مع التفاوتات المسموحة المحددة في الجدول (٥-٢٤) ، ويُحدّد الثقل النوعي للسوائب في العينات المدموكة في المعمل باستخدام جهاز مارشال أو جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء باستخدام AASHTO T166 (أو ASTM D2726)، وبالنسبة للعينات التي تحتوي على أكثر من ٢,٠٪ من امتصاص الماء على النحو المحدد باستخدام AASHTO T166، يجب اتباع طريقة الاختبار طبقًا لAASHTO T331 لتحديد الثقل النوعي للسوائب في العينات المدموكة بدقة، ويحدد أقصى ثقل نوعي نظري؛ طبقًا لAASHTO T209(أو ASTM D2041)؛ يتم استخدام قيم الاختبار المذكورة مع الثقل النوعي للسوائب لتحديد الفراغات الهوائية طبقًا لAASHTO T269 (أو ASTM D3203) والفراغات في الركام المعدني، كما يجب إجراء اختبارات مقاومة الرطوبة والتشقق طبقًا لAASHTO T283 وT324، على التوالي، بشكل روتيني، بما يتجاوز الاختبار المطلوب أثناء تصميم الخلطة؛ لضمان الأداء الكافي لخليط الأسفلت المنتج في المصنع، ويجب أن تتبع طريقة أخذ العينات لأخذ العينات من خليط المصنع السائب إما في المصنع، أو من خلف آلة الرصف أو وفقًا لتوجيهات المهندس المختلفة الإجراءات الموضحة في AASHTO R97 (أو ASTM D979)، ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية؛ ليتم اختبارها من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، ويجب أخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لASTM D3665، وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

في الحقل، يجب اختبار دمك خلطة قاعدة الأسفلت؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة في الموقع إلى الكثافة المعملية للسوائب عن ٩٧٪ أو تقل الفراغات الهوائية الموجودة عن ٧٪، ويُحدّد الكثافة في الموقع من الأنوية التي حُصل عليها باتباع AASHTO R67 في مواقع مختارة عشوائيًا؛ طبقًا لASTM D3665 واختبارها في المعمل طبقًا لAASHTO T166 (أو طرق أخرى قابلة للتطبيق) بعد التجفيف بالتفريغ طبقًا لAASHTO R97، وتُقارن بعد ذلك هذه البيانات بكثافة السوائب في العينات المدموكة في المعمل (إما باستخدام ضاغط مارشال طبقًا لAASHTO R68 أو جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء طبقًا لAASHTO R83) من عينات أسفلت الإنتاج كل يوم، وطبقًا لذلك، يجب أن يعتمد حساب الفراغات الهوائية في الموقع على أقصى ثقل نظري نوعي لخليط المنتج المحدد على أساس يومي، وبدلًا من ذلك، يمكن استخدام تقنيات غير إتلافية لتحديد الكثافة في الموقع باستخدام مقياس كثافة نووية في نمط التشتت العكسي طبقًا لAASHTO T355 أو مقياس كثافة غير نووية طبقًا لAASHTO T343؛ ويجب أخذ ثلاثة قياسات -على الأقل- عند موقع فردي وحساب متوسط للحصول على متوسط قراءة الكثافة، وللتفسير الصحيح لهذه الاختبارات، يجب إجراء معايرة البيانات باستخدام بيانات كثافة السوائب من الأنوية المعالجة طبقًا لAASHTO T166 أو طرق الاختبار الأخرى المعمول بها، وينطبق الاختبار غير الإتلافي على تقييم كثافة الحصيرة والوصلة، كما يجب ألا يختلف الحد الأدنى لمتطلبات الفواصل عن ٢ في المائة مقارنة بالكثافة/ أو الفراغات الهوائية في الحصيرة.

ويقاس سمك طبقة قاعدة الأسفلت المنجزة كما تم صبها ودمكها، من الأنوية التي حُصل عليها من مواقع عشوائية، وتُقاس العينات المجوفة المثبتة؛ لتقييم الدمك للسُمك قبل اختبار كثافة السوائب، ويُحدد سمك كل نواة باستخدام مجموعة من الفرجار، مقربة لأعلى إلى أقرب ١ ملم، باتباع ASTM D3549، على ألا يزيد سمك الطبقة عن ٣ ملم عن السمك المحدد في المخططات، أو المواصفات الخاصة، أو وثائق العقد.

وألا تزيد التفاوت المسموح على ارتفاعات السطح النهائي عن ٦ ملم عند مقارنتها بالمستويات المحددة الموضحة في الرسومات، وتُقاس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر مربع من الطبقة المبنية.

٥-٥-٥ معايير القبول:

٥-٥-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج، ويُوثقها ويُحللها؛ لضمان توفر المواد الخام في المنبع، وخليط قاعدة الأسفلت في المنبع وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل، وأن تكون طبقة الأساس النهائية ضمن الحدود المقبولة، ويوضح الجدول (٥-٢٥) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقات المدموكة، وعدد تكرار هذه الاختبارات والحدود المسموحة، ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

وتجدر الإشارة إلى أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لخليط الأسفلت، ومكوناته على يد معمل معتمد ومصدق، سواء كان تابعًا للمقاول أو معملًا مستقلًا معتمدًا من الجهة المسؤولة، يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة، ويعمل فيه فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٢٥) متطلبات مراقبة جودة خلطات قاعدة الأسفلت.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت	مواد الأسفلت	في المنبع	شهادة امتثال الجهة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	متطلبات الجودة (الجزء ٥-٢-٥)	الجزء الفرعي ٥-٢-٥
	الركام			متطلبات الجودة والتدرج في الركام الخشن والناعم (الجزء ٥-٢-٣-١ والجزء ٥-٢-٣-٢)	القسم الفرعي ٥-٢-٣-١ القسم الفرعي ٥-٢-٣-٢
	الحشو المعدني			AASHTO M17	القسم الفرعي ٥-٢-٣-٣
	اختبار مارشال للاستقرار والتدفق		بالنسبة لتصميم الخلطة واعتماد صيغة خلطة العمل، أو عندما يُغيرالمصدر	AASHTO T245	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٥
	الحساسية للرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٥
	مقاومة التشقق			AASHTO: T324	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٥
	خصائص الأداء			الجزء ٥-٥-٢-٥	حسب تصميم الرصف
المواد الخام وخليط الأسفلت المستخدم	مادة الربط الأسفلتية	مصنع الأسفلت المخلوط على الساخن	شهادة امتثال الجهة المصنعة في كل تسليم، واختبار الاختراق ١ لكل يوم إنتاج أسفلت مخلوط على الساخن	AASHTO: T49	القسم الفرعي ٥-٥-٢-١
	كثافة السوائب في الركام		تقييم بدء الإنتاج وإجراء اختبار واحد (١) في الأسبوع أو عند تغيير خصائص الخلطة	AASHTO: T84 وAASHTO T85	
	زاوية الركام الخشن			AASHTO: T335	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢
	زاوية الركام الناعم			AASHTO: T304	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢
	المُعادل الرملي			AASHTO: T176	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢
	الجزيئات المسطحة والممدودة			ASTM D4791	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			AASHTO T96	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	الصلابة أو الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم			AASHTO T104	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٢
	طلاء الجزيئات			T195 :AASHTO	القسم الفرعي ٥-٤-١-١
	الحساسية للرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٥
	مقاومة التشقق			T324 :AASHTO	القسم الفرعي ٥-٥-٢-٥
	محتوى طبقة الربط الأسفلتية	مصنع الأسفلت المخلوط على الساخن	تقييم بدء الإنتاج، اختبار واحد (١) كل ٥٠٠ م٣ أو ١ كل يوم على الأقل	T164 :AASHTO (أو ASTM: D2172) T308 :AASHTO (أو AASHTO (D6307 :ASTM: T287 (أو ASTM: D4125)	الجدول ٥-٢٤
	تدرج الركام			T30 :AASHTO	الجدول ٥-٢٤
	الحد الأقصى للثقل النوعي للخليط	الخليط السائب من خلف آلة الرصف،		AASHTO T209 (أو ASTM D2041)	
	الثقل النوعي للسوائب في الخليط			AASHTO T166 (أو ASTM D2726) AASHTO T331	
	الفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني			AASHTO T269 (أو ASTM D3203)	
الطبقة المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد (١) كل ١,٠٠٠ م٢ من الطبقة النهائية على الأقل	AASHTO T166 AASHTO T343 AASHTO T355	الجزء الفرعي ٥-٥-٤
	السُمك			ASTM D3549	الجزء الفرعي ٥-٥-٤
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات كل ١,٠٠٠ م٢	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٥-٥-٤

٥-٥-٢ ضمان الجودة:

تأخذ الجهة المسؤولة عينات لفحص قبولها (وفقًا لـASTM D3665) وإخضاعها للاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة قاعدة الأسفلت النهائية تستوفي متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وستُمارس الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

ويجب على الجهة المسؤولة ضمان جودة الإنتاج من خلال التحقق من أن المقاول يؤدي إجراءات ضبط الجودة طبقًا للمواصفات، وفي هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة فحص معمل المقاول، وأجهزته، وموظفيه الفنيين، وطرق الاختبار؛ لضمان الكفاية، والقدرة الكاملة للمقاول في تنفيذ الأعمال؛ طبقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-٥-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد قاعدة الأسفلت الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب بعد وضعها، ودمكها وفقًا للسمك المحدد والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات أو حسب تعليمات المهندس، ولا يُقاس السمك الإضافي، أو المناطق التي وُضع الرصف فيها خارج الحدود المصرح بها.

ويجب أن تُقاس طلاء التأسيس أو الطلاء اللاصق، عند وضعها، ودفع مقابلها على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٥-٣-٦).

يجب أن تُعد مادة الربط الأسفلتية، أو مادة الربط الأسفلتية المعدلة فرعًا في إنشاء طبقة قاعدة الأسفلت ما لم ينص على وجه التحديد في المواصفات الخاصة، والمدرجة في جدول الكميات، وفي الحالة الأخيرة، يجب تُقاس كمية مواد الأسفلت المستخدمة باللترات، وطبقًا لذلك، يُقاس الحشو المعدني، المحسنات الأسفلتية، والمضافات الكيميائية عند اعتبارها عناصر منفصلة بالكيلو جرام (أو الطن) على النحو المحدد في المواصفات الخاصة، والمدرج في جدول الكميات.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر القياس الوارد في العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة قاعدة الأسفلت على النحو المُحدد، وتُسدد الدفعات وفقًا لواحد أو أكثر من العناصر المبينة في الجدول (٥-٢٦).

الجدول (٥–٢٦) بنود مدفوعات طبقة قاعدة الأسفلت.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,٣	طبقة قاعدة الأسفلتية	م^{٣}
٥,٤	مادة الربط الأسفلتية	لتر
٥,٥	المحسنات الأسفلتية	كجم
٥,٦	المضافات الكيميائية	كجم
٥,٧	مادة الحشو المعدني	كجم

٥-٦ طبقة السطح الأسفلتية:

٥-٦-١ الوصف:

تتكون طبقة السطح الأسفلتية عادةً من مواد على أعلى جودة، وتوفر خصائص مثل: الاحتكاك، والسلاسة، ومقاومة التشقق، والدفع. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تعمل على منع دخول كميات مفرطة من المياه السطحية إلى طبقات الأسفلت المخلوط على الساخن الأساسية، وطبقات الركام، والقاعدة الترابية.

ويصف هذا الجزء متطلبات المواد، ووضع ودمك المواد المعتمدة لطبقات سطح الأسفلت، وإجراءات ضمان/ ضبط الجودة لقبول الأعمال ذات الصلة؛ وكل ذلك ضمن الحدود والأبعاد، والسمك والمستويات، والمنحدرات والقطاعات العرضية المشار إليها في الرسومات، وغيرها من وثائق العقد.

٥-٦-٢ المواد:

٥-٦-٢-١ الأسفلت:

يجب أن تكون المواد الأسفلتية عبارة عن درجة اختراق أو درجة لزوجة أو أسفلت من درجة أداء تُختار لتلبية الظروف المناخية، وسرعة حركة المرور، وحجمها أو الأسفلت المعدل، على أن تتوافق جميعها مع متطلبات الجودة الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٢-٥).

٥-٦-٢-٢ الركام:

يجب أن يكون الركام الخشن والناعم المستخدم مطابقًا لمتطلبات الجودة والتدرج المذكورة في الجزأين (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٢)، على التوالي.

ويجب اختيار الركام الخشن المقاوم للصقل (مثل: ركام خبث الصلب)؛ لضمان كفاية مقاومة الانزلاق في خلطة سطح الأسفلت. وما لم تنص المواصفات الخاصة، أو تعليمات المهندس على خلاف ذلك، يجب أن تكون قيمة الحجر المصقول في الركام الخشن ٥٠ أو أعلى عند اختباره باستخدام جهاز اختبار البندول البريطاني طبقًا ASTM: D3319 وE303 (أو AASHTO T278).

٥-٦-٢-٣ الحشو المعدني:

يجب أن يكون الحشو المعدني، حسب الاقتضاء، مطابقًا لمتطلبات الجودة، والتدرج الواردة في القسم الفرعي (٥-٢-٣-٣).

٥-٦-٢-٤ المواد المضافة ومُعدلات الأسفلت:

يجب أن تكون قائمة الأنواع المحتملة من المواد المضافة ومُعدلات الأسفلت، حسبما يقتضيه تصميم الخلطة، مطابقة للمتطلبات الواردة في القسم الفرعي (٥-٢-٥-٤).

٥-٦-٢-٥ تصميم الخلطة الأسفلتية:

يجب أن تُستخدم طريقة تصميم خلطة مارشال أو طريقة تصميم خلطة سوبربيف في الجزء (٣-٦) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ في تصميم خلطات قاعدة الأسفلت، ويجب يُشار إلى طريقة تصميم الخلطة المقرر استخدامها في المواصفات الخاصة، أو تعليمات المهندس.

يجب أن يكون خليط الركام في تصميم الخلطة (ذات الحجم الاسمي الأقصى للركام الذي يتراوح ما بين ٤,٧٥ حتى ١٩ ملم) مطابقًا لمتطلبات التدرج المحددة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨.

وعند اختيار طريقة تصميم خلطة مارشال، يُحدد محتوى الأسفلت الأمثل على أنه المطابق لخلطة تتضمن فراغات هوائية تصميمية بنسبة ٤٪ التي تلبي معايير مارشال، ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في القسمين الفرعيين (٣-٦-١-٥) و(٣-٦-٢-٥) من كود الطرق السعودي ٣٠٨.

وعند اختيار طريقة تصميم خلطة سوبربيف، يحدد محتوى الأسفلت الأمثل على أنه المطابق لخليط يتضمن فراغات هوائية بنسبة ٤٪ في عدد مرات الدحرجة المحوري؛ بل ويلبي معايير الحجم، ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في القسمين الفرعيين (٣-٦-٢-٤) و(٣-٦-٢-٥) من كود الطرق السعودي ٣٠٨.

كما يجب توخي الحذر إذا اتُبع الطريقة الميكانيكية – التجريبية لتصميم الرصف، وفي هذه الحالة، وبالنسبة لاعتماد صيغة خلطة العمل، يوصي بمراعاة خصائص المواد بما في ذلك اختبار الأداء الموضح في الجزء (٣-٥-٧-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ والتقييم حسب متطلبات مدخلات تصميم الرصف ما لم يُحدد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، أو تعليمات المهندس.

ويجب أن يلتزم المقاول بتقديم صيغة خلطة عمل خطية؛ لاعتمادها من المهندس قبل الإنتاج بمدة لا تقل عن ثلاثين (٣٠) يومًا، يجب أن يتضمن تقرير خلطة العمل جميع المعلومات التالية:

- مصادر الركام وتدرجه وخصائصه الفيزيائية مع شهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر مواد الأسفلت وخصائصها الفيزيائية مع شهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر المواد المضافة ومُعدلات الأسفلت وخصائصها.
- نسب جميع مكونات خلطة الأسفلت.
- بيانات اختبار معمل خلطة الأسفلت وشهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- نطاق درجة الحرارة للخلط والدمك.
- نوع وموقع المصنع المقرر استخدامه في إنتاج خلطة الأسفلت، وشهادة الامتثال للمتطلبات المحددة فيAASHTO M156.

وفي حال رفض صيغة خلطة العمل، أو تغيير مصدر المواد، يجب تقديم صيغة خلطة عمل جديدة للموافقة عليها.

٥-٦-٣ الإنشاء:

٥-٦-٣-١ المعدات:

يجب أن يلتزم المقاول بتوفير وتشغيل معدات كافية؛ لتنفيذ أعمال الأسفلت، بما في ذلك إنتاج خلطة الأسفلت، والسحب والتوزيع، ودمك الخلطة على سطح مجهز خلال مدة العقد مع اتباع خطة العمل التي يعتمدها المهندس، ويجب أن تشمل هذه المعدات، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي: مصنع الخلط وشاحنات النقل، والمكانس الآلية، والأدوات اليدوية لأغراض التنظيف، والتدفئة ورصف الأسفلت والمداحل؛ لدمك الأسفلت، كما هو موضح في الجزء (٥-٤).

٥-٦-٣-٢ القيود المناخية:

يجب عدم وضع خلطات سطح الأسفلت على أي سطح رطب، أثناء العواصف الترابية أو الرملية، عندما يكون متوسط درجات حرارة السطح أقل من ٢٠ درجة مئوية، أو عندما تحول رافعات الأسفلت الرقيق، أو الرياح القوية، أو ظروف الرطوبة العالية دون المناولة السليمة لخلطات الأسفلت، وتقلل من وقت الدمك المتاح.

تتوفر أدوات حديثة ومجانية وسهلة الاستخدام لتقدير معدل التبريد، وبالتالي فقد تساعد المقاولين في تخطيط عمليات الدحرجة الخاصة بهم بشكل أكثر كفاءة؛ لتحقيق الكثافة المستهدفة.

٥-٦-٣-٣ إنشاء المقاطع التجريبية:

قبل البدء في الرصف المنتظم لإنتاج الخلطة الأسفلتية، يجب على المقاول إنشاء قطاعين تجريبيين، أو أكثر لكل خليط أسفلت محدد للاستخدام، ويجب إنشاؤها على القطاع العرضي الحالي النموذجي؛ باستخدام نفس المعدات، والمواد على غرار بقية المشروع. وغالبًا ما تتطلب المشاريع ذات مواصفات كثافة الفواصل الباردة إنشاء وصلة باردة كجزء من القطاع التجريبي، وتتألف من أطوال أقصر من الرصف، تتراوح عادة ما بين ١٥٠ إلى ٣٠٠ متر أو حسبما يحدده المهندس، وتعتبر جزءًا من الرصف العادي إذا كانت نتائج الاختبار ممتثلة للمواصفات القياسية.

وعلى وجه التحديد، إذا أشارت نتائج الاختبار الخاصة بالقطاع التجريبي إلى أن صيغة خلطة العمل مناسبة لإنتاج مواد ممتثلة ويمكن تحقيق التوزيع والصب، والدمك المناسب، ويمكن المضي قدمًا في الإنتاج، وإذا لم تلب نتائج شريط الاختبار مواصفات المشروع، أو إذا تغير المقطع العرض الحالي النموذجي، يجب على المقاول تركيب شريط جديد، واتخاذ الإجراءات التصحيحية؛ لتصبح المواد المستخدمة، وطرق إنتاج الأسفلت المخلوط على الساخن، ومعدات وتقنيات الإنشاء ممتثلة للمواصفات.

٥-٦-٣-٤ تجهيز السطح:

يجب أن توضع طبقة لاصقة على سطح طبقة الأسفلت الحالية قبل وضع خلطات الأسفلت الجديدة ما لم يوجه المهندس إلى خلاف ذلك، ويجب ألا يسمح بالمرور على سطح الأسفلت بعد تجهيزه لاستلام خلطة سطح الأسفلت.

٥-٦-٣-٥ الإنتاج والسحب والصب والدمك:

يجب إنتاج خلطات الأسفلت إما في محطات الخلط بالدفعات، أو مصنع الخلط الأسطواني المطابقة للمتطلبات الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٤-١). كما يجب مراعاة القوانين البيئية، ومتطلبات الحماية فيما يتعلق بجمع الغبار والتخلص منه. ويجب أن يكون الركام والمواد الأسفلتية لخلطات قاعدة الأسفلت متناسبة وفقًا لمتطلبات صيغة خلطة العمل المعتمدة، وأن تُخلط باستخدام المعدات، التي ستنتج خليطاً يتوافق مع هذه المواصفات. كما يجب أن يتوافق خلط الركام لتصميم الخلطة، ومحتوى مادة الربط الأسفلتية مع صيغة خلطة العمل المعتمدة ضمن التفاوت المسموح في الإنتاج الموضحة في الجدول (٥-٢٧).

الجدول (٥–٢٧) التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل الأساسية للأسفلت (مرحلة الإنتاج).

حجم المنخل ملم	التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل	
	طبقة السطح الأسفلتية	
	١	٢
١٩,٠ (٤/٣ بوصة)	± ٤,٠٪	± ٥,٠٪
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	± ٤,٠٪	± ٥,٠٪
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	-	-
٤,٧٥ (رقم: ٤)	± ٥,٠٪	± ٧,٠٪
٢,٣٦ (رقم: ٨)	± ٤,٠٪	± ٥,٠٪
٠,١٥ (رقم: ١٠٠)	± ٢,٠٪	± ٣,٠٪
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	± ١,٥٪	± ٢,٠٪

حجم المنخل ملم	التفاوت المسموح في صيغة خلطة العمل	
	طبقة السطح الأسفلتية	
	١	٢
محتوى مادة الربط الأسفلتية	± ٠,٤٪	± ٠,٤٪

ملاحظات:

٢- صيغة خلطة العمل والتفاوت المسموح في نتائج اختبار القبول.

٢- حسب التفاوت المسموح في نتائج الاختبارات التي أُنشئت.

يجب أن تتم عملية السحب باستخدام شاحنات ذات أسطح فولاذية ملساء يمكن رشها، عند الضرورة، بطبقة رقيقة من مادة التشحيم؛ لمنع الخليط من الالتصاق بالأسطح. كما يجب اتخاذ تدابير؛ للتخفيف من فصل خلطة الأسفلت، على النحو الذي نُوقش في الجزء الفرعي (٥-٤-٢). على أن يضمن عدد الشاحنات المستخدمة عملية رصف ثابتة ومتسقة.

ويجب أن توضع الخلطة الأسفلتية كطبقة سطح باستخدام آلة فرد أسفلت؛ وفقًا لسمك وأبعاد، ومنحدرات الطبقات الفردية الموضحة في المخططات. ولتوفير احتمالية عالية للدمك الكافي في ظل جهد ضاغط معقول، يوصى بأن يكون الحد الأدنى لسمك الطبقة مناولة الواحدة لخلطات الأسفلت ذات الدرجات الخشنة الكثيفة أربعة أضعاف الحد الأقصى للحجم الاسمي للركام، باستثناء الخلطات ذات الدرجات الدقيقة، التي يمكن صبها عند ثلاثة أضعاف الحد الأقصى للحجم الاسمي للركام (Asphalt Institute , 2020)، وعلاوة على ذلك، يجب وضع متغيرات تشغيل الرصف المناسبة، مثل: الدحرجة، وسرعة الرصف، ودرجة حرارة ذراع التسوية، كما يجب اتباع الممارسات التي تقلل من عدد الفواصل الطولية على المشروع حيثما أمكن، على النحو الذي نوقش في الجزء (٥-٤-٣)، وذلك لضمان سمك مدموك ونعومة سطح كافيين عند الارتفاع، والانحدار الصحيحين.

يجب توفر معدات ضغط كافية، ويجب دك الفواصل الطولية أولاً؛ وتُناقش ممارسات الدحرجة المناسبة للفواصل في القسم الفرعي (٥-٤-٤-٢). بعد ذلك، يجب أن يبدأ الدحرجة عند الحافة السفلية، ويتجه نحو أعلى جزء من الحصيرة باتباع نمط الدحرجة المحدد أثناء إنشاء القطاع التجريبي. ويجب إنجاز دك الدمك قبل أن تنخفض درجة حرارة الخليط الداخلي إلى أقل من ٨٠ درجة مئوية.

٥-٦-٤ التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد، الركام والأسفلت، من حيث الاستخدام في خلطة سطح الأسفلت معمليًا من خلال إجراء اختبار الجودة، كما هو محدد في الجزأين الفرعيين (٥-٢-٣) و(٥-٢-٥). كما يجب أيضًا تقييم الحشو المعدني الإضافي، عند الحاجة، للتأكد من مطابقته لمتطلبات AASHTO M17. أثناء تصميم الخلطة؛ ولاعتماد صيغة خلطة العمل، كما يجب إجراء اختبار مارشال للاستقرار والتدفق؛ طبقًا لـ AASHTO T245، إذا اتُبع طريقة مارشال لتصميم الخلطة، بالإضافة إلى اختبار لتقييم الحساسية للرطوبة، ومقاومة التشقق طبقًا لـ AASHTO T283 وT324، على التوالي. وعند اتباع الطريقة الميكانيكية – التجريبية لتصميم الرصف، يجب أيضًا اختبار خصائص الأداء، مثل المعامل الديناميكي وما إلى ذلك، للتحقق من متطلبات تصميم الرصف.

وتتضمن مراقبة جودة إنتاج المصنع اختبار خلطة الأسفلت، ومكوناته في البداية؛ للتحقق من صيغة خلطة العمل ثم لمراقبة الإنتاج. يهدف اختبار خصائص المادة الرابطة للأسفلت والركام، كما هو موضح في الجدول (٥-٢٨)، إلى التحكم والتحقق من المطابقة لمتطلبات الجودة. ويتضمن اختبار خلطة الأسفلت طلاء الجزيئات، ومحتوى مادة الربط الأسفلتية، وتدرج الركام، وأقصى ثقل نوعي نظري والثقل النوعي الكتلي (من الخلطة المنتجة في المصنع المدموكة في المعمل) والفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني وقابلية الرطوبة، ومقاومة التشقق. ويستخدم اختبار فرن الإشعال وفقًا لمواصفة AASHTO T308 (أو ASTM D6307) لتحديد محتوى رابط الأسفلت؛ يجب أن يكون ضمن ± ٠,٤ في المائة من صيغة خلطة العمل. بدلاً من ذلك، يمكن أن توفر طريقة الاختبار النووي وفقًا لمواصفة AASHTO T287 (أو ASTM D4125) أيضًا قياسات محتوى رابط الأسفلت على الخليط المنتج. بعد حرق فرن رابطة الأسفلت لتحديد محتوى المادة الرابطة، يُحدّد تدرج مواد الركام المتبقية وفقًا لمواصفة AASHTO T30؛ يجب أن تتوافق مع التفاوت المسموح المحدد في الجدول (٥-٢٧). ويحدد الثقل النوعي للسوائب في العينات المدموكة في المعمل باستخدام جهاز مارشال، أو جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء باستخدام AASHTO T166 (أو ASTM D2726). وبالنسبة للعينات التي تحتوي على أكثر من ٢,٠٪ من امتصاص الماء على النحو المحدد باستخدام AASHTO T166، يجب اتباع طريقة الاختبار طبقًا لـ AASHTO T331 لتحديد الثقل النوعي للسوائب في العينات المدموكة بدقة. ويحدد أقصى ثقل نوعي نظري طبقًا لـ AASHTO

T209 (أو ASTM D2041)؛ وتستخدم قيم الاختبار المذكورة مع الثقل النوعي للسوائب؛ لتحديد الفراغات الهوائية طبقًا لـ AASHTO T269 (أو ASTM D3203) والفراغات في الركام المعدني. ويجب إجراء اختبارات مقاومة الرطوبة والتشقق طبقًا لـ AASHTO T283 وAASHTO T324، على التوالي، بشكل روتيني، بما يتجاوز الاختبار المطلوب أثناء تصميم الخلطة، لضمان الأداء الكافي لخليط الأسفلت المنتج في المصنع. يجب أن تتبع طريقة أخذ العينات لأخذ العينات من خليط المصنع السائب إما في المصنع، أو من خلف آلة الرصف، أو وفقًا لتوجيهات المهندس المختلفة الإجراءات الموضحة في AASHTO R97 (أو ASTM D979). ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية لتختبر من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، ويجب أخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لـ ASTM D3665. وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

في الميدان، يجب اختبار دمك الخلطة الأسفلتية لطبقة السطح؛ لضمان الحصول على درجة دمك مناسبة. ويستمر الدمك حتى لا تقل نسبة الكثافة في الموقع إلى الكثافة المعملية للسوائب عن ٩٧٪ أو تقل الفراغات الهوائية الموجودة عن ٧٪. وتحدد الكثافة في الموقع من الأنوية التي حُصل عليها باتباع AASHTO R67 في مواقع مختارة عشوائيًا طبقًا لـ ASTM D3665 واختبارها في المعمل طبقًا لـ AASHTO T166 (أو طرق أخرى قابلة للتطبيق) بعد التجفيف بالتفريغ طبقًا لـ AASHTO R97. وتقارن بعد ذلك هذه البيانات بكثافة السوائب في العينات المدموكة في المعمل (إما باستخدام ضاغط مارشال طبقًا لـ AASHTO R68 أو جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء طبقًا لـ AASHTO R83) من عينات أسفلت الإنتاج كل يوم. وطبقًا لذلك، ويجب أن يعتمد حساب الفراغات الهوائية في الموقع على أقصى ثقل نظري نوعي للخلطة المنتجة المحددة على أساس يومي. وبدلًا من ذلك، يمكن استخدام تقنيات غير إتلافية لتحديد الكثافة في الموقع باستخدام مقياس كثافة نووية في نمط التشتت العكسي طبقًا لـ AASHTO T355 أو مقياس كثافة غير نووية طبقًا لـ AASHTO T343 (أو ASTM D7113)؛ ويجب أخذ ثلاث قياسات على الأقل عند موقع فردي وحساب متوسط للحصول على متوسط قراءة الكثافة. وللتفسير الصحيح لهذه الاختبارات، يجب إجراء معايرة البيانات باستخدام بيانات كثافة السوائب من الأنوية المعالجة طبقًا لـ AASHTO T166 أو طرق الاختبار الأخرى المعمول بها. وينطبق الاختبار غير الإتلافي على تقييم كثافة الحصيرة والوصلة. يجب ألا يختلف الحد الأدنى لمتطلبات الفواصل عن ٢ في المئة مقارنة بالكثافة/ أو الفراغات الهوائية في الحصيرة.

ويقاس سمك طبقة سطح الأسفلت المنجزة كما صُبت ودمكت، من الأنوية التي حُصل عليها من مواقع عشوائية. وتُقاس العينات المجوفة المثبتة؛ لتقييم الدمك للسُمك قبل اختبار كثافة السوائب. ويحدد سمك كل نواة باستخدام مجموعة من الفرجار، مقربة لأعلى إلى أقرب ١ ملم، باتباع ASTM D3549. على ألا يزيد سمك الطبقة عن ٣ ملم عن السمك المحدد في المخططات أو المواصفات الخاصة أو وثائق العقد. وعلى أي حال، يجب ألا يقل إجمالي سمك طبقة قاعدة وسطح الأسفلت عن ١٠ ملم من إجمالي قيمة سمك طبقات الأسفلت الموجودة في المخططات، أو المواصفات الخاصة، أو وثائق العقد.

وتُقاس سلاسة الرصف لأغراض القبول بعد الدمك إما بمسطرة مستقيمة مقاس ٣ أمتار، أو جهاز رسم المقطع الجانبي بالقصور الذاتي. وحين يكون طول رصف المشروع أقل من ٥٠٠ م، وتُجرى عمليات فحص عشوائية في مواقع عشوائية بمسطرة مستقيمة مقاس ٣ أمتار توضع على الرصف، ويُقاس انحراف السطح ويسجل. على ألا تكون هناك أي نتوءات أو منحدرات أكبر من ٣ ملم في أي اتجاه عند قياسها من الحواف الخارجية للمسطرة المستقيمة. وإلا يجب اختبار السطح باستخدام جهاز رسم المقطع الجانبي بالقصور الذاتي الذي يلبي متطلبات AASHTO M323 بعد معايرتها طبقًا لـ AASHTO R57. ويُقاس شكل إنتاج الرصف في كل يوم في مسارات العجلات اليمنى واليسرى باتباع الإجراءات الموضحة في AASHTO R54. ويُحسب متوسط مؤشر الخشونة الدولي لكل ١٠٠ م ويجب ألا تزيد عن ١,٥ م/ كم وما لم يُحدّد تعديل في الدفع، تتخذ الإجراءات التصحيحية مثل الكشط/ التفتيت على البارد، أو طبقة التكسية، أو الإزالة، أو الاستبدال.

علاوة على ذلك، يجب ألا يقل عمق نسيج سطح الأسفلت عن ٠,٨ ملم عند اختباره باتباع اختبار البقعة الرملية؛ طبقًا لـ ASTM E965. ويجب إجراء اختبار واحد كل ١٠٠ م من طول الطريق المبنية.

وألا تزيد التفاوتات المسموحة على ارتفاعات السطح النهائي عن ٦ ملم عند مقارنتها بالمستويات المحددة الموضحة في الرسومات. ويتم قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر مربع من الطبقة المبنية.

٥-٦-٥ معايير القبول:

٥-٦-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج، ويُوثقها، ويُحللها؛ لضمان توفر المواد الخام في المنبع خلطة القاعدة الأسفلتية في المنبع وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل، وأن تكون طبقة الأساس النهائية ضمن الحدود المقبولة. ويوضح الجدول (٥-٢٨) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقات المدموكة، وعدد تكرار هذه الاختبارات، والحدود المسموحة. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

وتجدر الإشارة إلى أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة للخلطة الأسفلتية، ومكوناتها على يد معمل معتمد ومصدق، سواء كان تابعًا للمقاول، أو معملًا مستقلًا معتمدًا من الجهة المسؤولة، يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل فيه فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٢٨) متطلبات مراقبة جودة خلطات طبقة سطح الأسفلت.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت	مواد الأسفلت	في المنبع	شهادة امتثال الجهة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	متطلبات الجودة (الجزء ٥-٢-٥)	الجزء الفرعي (٥-٢-٥)
	الركام			متطلبات الجودة والتدرج في الركام الخشن والناعم (الجزء ٥-٢-٣-١ والجزء ٥-٢-٣-٢)	القسم الفرعي (٥-٢-٣-١) القسم الفرعي (٥-٢-٣-٢)
	الحشو المعدني			AASHTO M17	القسم الفرعي (٥-٢-٣-٣)
	اختبار مارشال للاستقرار والتدفق		بالنسبة لتصميم الخلطة واعتماد صيغة خلطة العمل، أو عندما يغير المصدر	AASHTO T245 (or ASTM D6927)	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)
	الحساسية للرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)
	مقاومة التشقق			AASHTO T324	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)
	خصائص الأداء			القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)	حسب تصميم الرصف
المواد الخام وخليط الأسفلت المستخدم	مادة الربط الأسفلتية	مصنع الأسفلت المخلوط على الساخن	شهادة امتثال الجهة المصنعة في كل تسليم، واختبار الاختراق ١ لكل يوم إنتاج أسفلت مخلوط على الساخن	AASHTO T49	القسم الفرعي (٥-٦-٢-١)
	كثافة السوائب في الركام		تقييم بدء الإنتاج وإجراء اختبار واحد (١) في الأسبوع أو عند تغيير خصائص الخلطة	AASHTO T84 & AASHTO T85	
	زاوية الركام الخشن			AASHTO T335	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	زاوية الركام الناعم			AASHTO T304	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	المُعادل الرملي			AASHTO T176	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	الجزيئات المسطحة والممدودة			ASTM D4791	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	قيمة الحجر المصقول			ASTM D3319 and ASTM E303 (or AASHTO T278)	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			AASHTO T96	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	الصلابة أو الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم			AASHTO T104	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٢)
	طلاء الجزيئات			AASHTO T195	القسم الفرعي (٥-٤-١-١)
	الحساسية للرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)
	مقاومة التشقق			AASHTO T324	القسم الفرعي (٥-٦-٢-٥)
	محتوى طبقة الربط الأسفلتية	مصنع الأسفلت المخلوط على الساخن	تقييم بدء الإنتاج، اختبار واحد (١) كل ٥٠٠ م٣ أو ١ كل يوم على الأقل	AASHTO T308 (or ASTM D6307) AASHTO T287 (or ASTM D4125)	الجدول (٥-٢٧)
	تدرج الركام	الخليط السائب من خلف آلة الرصف،		AASHTO T30	الجدول (٥-٢٧)
	الحد الأقصى للثقل النوعي للخلطة			AASHTO T209 (or ASTM D2041)	
	الثقل النوعي للسوائب في الخلطة			AASHTO T166 (or ASTM D2726) AASHTO T331	
	الفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني			AASHTO T269 (or ASTM D3203)	
الطبقة المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد (١) كل ١,٠٠٠ م٢ من الطبقة النهائية على الأقل	AASHTO T166 AASHTO T355 AASHTO T343 (or ASTM D7113)	الجزء الفرعي (٥-٦-٤)
	السُمك			ASTM D3549	الجزء الفرعي (٥-٦-٤)
	سلاسة السطح		كل يوم عمل	AASHTO R54	الجزء الفرعي (٥-٦-٤)

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	دهانات زخرفية		اختبار واحد (١) كل ١٠٠م من الطبقة النهائية	ASTM E965	الجزء الفرعي (٥-٦-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات كل ١,٠٠٠ م٢	قياسات المسح	الجزء الفرعي (٥-٦-٤)

٥-٦-٥-٢ ضمان الجودة:

تأخذ الجهة المسؤولة عينات؛ لفحص قبولها (وفقًا لـ ASTM D3665) وإخضاعها للاختبار والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة سطح الأسفلت النهائية تستوفي متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وستُمارس الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

ويجب على الجهة المسؤولة ضمان جودة الإنتاج من خلال التحقق من أن المقاول يؤدي إجراءات ضبط الجودة طبقًا للمواصفات. وفي هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة فحص معمل المقاول، وأجهزته، وموظفيه الفنيين، وطرق الاختبار؛ لضمان الكفاية، والقدرة الكاملة للمقاول في تنفيذ الأعمال طبقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-٦-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مواد سطح الأسفلت الفعلية والمقبولة بالمتر المكعب، بعد وضعها ودمكها وفقًا للسمك المحدد والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات، أو حسب تعليمات المهندس. ولا يُقاس السمك الإضافي، أو المناطق التي وُضع الرصف فيها خارج الحدود المصرح بها.

ويجب أن تُقاس الطلاء اللاصق، عند وضعها، ودفع مقابلها على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٥-٣-٦).

ويجب أن تعتبر مادة الربط الأسفلتية، أو مادة الربط الأسفلتية المعدلة فرعًا في إنشاء طبقة سطح الأسفلت -ما لم ينص على وجه التحديد في المواصفات الخاصة والمدرجة في جدول الكميات-. وفي الحالة الأخيرة، تُقاس كمية مواد الأسفلت المستخدمة باللترات، وطبقًا لذلك، يجب أن يُقاس الحشو المعدني، والمحسنات الأسفلتية، والمضافات الكيميائية عند اعتبارها عناصر منفصلة بالكيلو جرام (أو الطن) على النحو المحدد في المواصفات الخاصة، والمدرج في جدول الكميات.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر القياس الوارد في العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة سطح الأسفلت على النحو المُحدد. وتُسدد الدفعات وفقًا لواحد أو أكثر من العناصر المبينة في الجدول (٥-٢٩).

الجدول (٥–٢٩) عناصر مدفوعات طبقة سطح الأسفلت.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,٨	طبقة السطح الأسفلتية	م٣
٥,٤	مادة الربط الأسفلتية	لتر
٥,٥	المحسنات الأسفلتية	كجم
٥,٦	المضافات الكيميائية	كجم

٥,٧	مادة الحشو المعدني	كجم

٥-٧ الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي (SMA):

٥-٧-١ الوصف:

تعد الخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي مع الحجارة خليطاً من الأسفلت يتكون من جزأين: هيكل من الركام الخشن، ومونة طبقة الربط الأسفلتية الغنية. ويجب أن تحتوي الخلطة على هيكل ركام مع ركام خشن على ركام خشن (يشار إليه عمومًا باسم تلامس الحجر على الحجر). ويعد الركام الخشن بوجهٍ عام هو ذلك الجزء من الركام المحتجز على المنخل مقاس ٤,٧٥ مم؛ ولكن يمكن تعيينه كأحجام أخرى، بناءً على الحجم الاسمي الأقصى للركام في الخلطة. وتأتي القوة الداخلية للخلطة من تلامس الحجر إلى الحجر. ويهدف مونة مادة الربط الأسفلتية الغنية، وهو خليط من الحشو المعدني، والألياف المثبتة، ومادة الربط الأسفلتية، إلى ملء الفراغات جزئيًا في هيكل الركام الخشن، ومنع تصريف مادة الربط الأسفلتية، وكذلك تحسين متانة الخلطة.

وتستخدم الخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي بشكل روتيني كطبقة سطحية في الطرق، والتقاطعات ذات حجم حركة المرور الكبير.

٥-٧-٢ المواد:

تتطلب الخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي مع الحجارة مواد عالية الجودة بمتطلبات أكثر صرامة عادةً من خلطات الأسفلت التقليدية، على النحو المحدد في AASHTO M325.

٥-٧-٢-١ الأسفلت:

يجب أن تكون مادة الربط الأسفلتية عبارة عن أسفلت من درجة أداء تلبي متطلبات AASHTO M325، وأن يكون مناسبًا للمناخ، وظروف التحميل المروري في الموقع، أو مشروع الرصف. وتوفر إرشادات؛ لاختيار مادة الربط الأسفلتية المناسبة في الجزء الفرعي (٣-٥-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٥-٧-٢-٢ الركام:

يجب أن يكون الركام الخشن والناعم مسحوقًا بنسبة ١٠٠ في المئة، ومطابقًا لمتطلبات الجودة الواردة في الجدول (٥-٣٠) والجدول (٥-٣١).

الجدول (٥–٣٠) متطلبات جودة الركام الخشن.

الخصائص	طريقة الاختبار	الحد الأدنى	الحد الأقصى
كشط بطريقة لوس أنجلوس، % خسارة	AASHTO T96	-	٣٠
الجزيئات المسطحة والممدودة، % [١] **٣ إلى ١** **٥ إلى ١**	ASTM D4791	- -	٢٠ ٥
الامتصاص، %	AASHTO T85	-	٢,٠
الصلابة (٥ دورات)، % [٢] **كبريتات الصوديوم أو** **كبريتات المغنيسيوم**	AASHTO T104	- -	١٥ ٢٠

المحتوى المسحوق، % **وجه واحد** **وجهان**	ASTM D5821	١٠٠ ٩٠	- -
مقاومة الصقل، قيمة الحجر المصقول	ASTM D3319 & ASTM E303 (or AASHTO T278)	٥٠	
ملاحظات: [١] تنطبق معايير الجزيئات المسطحة والممدودة على خلطة ركام التصميم. [٢] يمكن استخدام كبريتات الصوديوم، أو كبريتات المغنيسيوم. ولا يُشترط تنفيذ الطريقتين.			

الجدول (٥–٣١) متطلبات جودة الركام الناعم.

الخصائص	طريقة الاختبار	الحد الأدنى	الحد الأقصى
الصلابة (٥ دورات)، % [١] **كبريتات الصوديوم أو** **كبريتات المغنيسيوم**	AASHTO T104	- -	١٥ ٢٠
حد السوائل، %	AASHTO T89	-	٢٥
مؤشر اللدونة، %	AASHTO T90	غير بلاستيكي	
ملاحظات: يمكن استخدام كبريتات الصوديوم، أو كبريتات المغنيسيوم. ولا يُشترط تنفيذ الطريقتين.			

٥-٧-٢-٣ الحشو المعدني:

يجب أن يتكون الحشو المعدني من مادة معدنية مقسمة بدقة مثل: مواد التفتيت الدقيقة، أو الرماد المتطاير، أو غيرها من المنتجات المعتمدة من المهندس. وفي وقت الاستخدام، يجب أن يكون جافًا بما يكفي؛ للتدفق بحرية، وخاليًا بشكل أساسي من الكتل.

كما يجب أن يكون الحشو في أي حالة خاليًا من الشوائب العضوية، وأن يكون له مؤشر لدونة لا يزيد عن أربعة. وبالإضافة إلى ذلك، يحظر استخدام حشو به فراغات ريجدين أكبر من ٤٥٪، كما هو محدد في AASHTO TP117، لأن التجربة أثبتت أنها تزيد من تصلب مونة الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي.

٥-٧-٢-٤ المواد المضافة المثبتة:

تُستخدم المواد المضافة المثبتة عادةً في الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي؛ للعمل كمثبطات تصريف لمادة الربط الأسفلتية من الركام أثناء الإنتاج، والتخزين، والنقل، والرصف. ولا تتوفر متطلبات موحدة للمواد المضافة المثبتة، وتقيم فعاليتها بشكل تجريبي من خلال إجراء اختبار التصريف. وقد استخدم نوعان من الألياف، الألياف السليولوزية، والألياف المعدنية بنجاح. وعادةً ما تكون الألياف المعدنية أثقل من ألياف السليولوز وبالتالي تُضاف بنسبة مئوية أعلى، وعادةً ما تكون نسبة ٠,٤٪ مقابل ٠,٣٪ من إجمالي كتلة الخلطة، أو أكثر كافية للحد من أن يكون التصريف أقل من ٠,٣٪.

٥-٧-٢-٥ تصميم الخلطة:

تتكون عملية تصميم الخلطة من الخطوات الخمس التالية، على النحو المحدد في AASHTO R46: أ) اختيار المواد. ب) اختيار التدرج الأمثل. ج) اختيار محتوى مادة الربط للتصميم. د) تقييم الحساسية للرطوبة. هـ) تقييم التصريف. ويعتمد تصميم الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي على استخدام جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء.

وبمجرد اختيار المواد المرضية، يجب تحديد تدرج الركام الأمثل، ومحتوى مادة الربط. وتمزج ثلاث تدرجات لمجموع تجريبي من الركام المحدد؛ لتكون ضمن نطاق الجدول (٥-٣٢).

الجدول (٥–٣٢) نطاقات مواصفات تدرج الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي.

حجم المنخل ملم	الحجم الاسمي الأقصى للركام					
	١٩ ملم (¾ بوصة)		١٢,٥ ملم (½ بوصة)		٩,٥ (٨/٣ بوصة)	
	أقل	أعلى	أقل	أعلى	أقل	أعلى
٢٥ (١ بوصة)	١٠٠					
١٩ (٤/٣ بوصة)	٩٠	١٠٠	١٠٠			
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	٥٠	٨٨	٩٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٢٥	٦٠	٥٠	٨٠	٧٠	٩٥
٤,٧٥ (رقم: ٤)	٢٠	٢٨	٢٠	٣٥	٣٠	٥٠
٢,٣٦ (رقم: ٨)	١٦	٢٤	١٦	٢٤	٢٠	٣٠
١,١٨ (رقم: ١٦)						٢١
٠,٦ (رقم: ٣٠)						١٨
٠,٣ (رقم: ٥٠)						١٥
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	٨	١١	٨	١١	٨	١٢

يُختار محتوى مادة ربط أسفلتية تجريبية (كنقطة بداية، يجب اختيار مادة ربط بنسبة ٦,٠ بالمائة أو أكثر)، وتُضغط العينات المكررة؛ طبقًا AASHTO T312 في ١٠٠ دورة. ومن بين التدرجات الثلاثة، يُختار النوع الذي يلبي، أو يتجاوز الحد الأدنى لمتطلبات فراغات الركام المعدني، ويكون فيه الحجم بين جزيئات الركام الخشن (أي: فراغات في جزء الركام الخشن من الخليط المضغوط) أقل من الحجم بين جزيئات الركام الناعم (أي: فراغات في الركام الخشن بعد ضغطها؛ باستخدام تقنية القضبان الجافة طبقًا AASHTO T19) في صورة التدرج الأمثل. وبمجرد اختيار التدرج الأمثل، قد يكون من الضروري ضبط محتوى مادة الربط الأسفلتية؛ للحصول على الكمية المناسبة من الفراغات الهوائية (أي، ٤ ٪) في الخلطة. وفي هه الحالة، تجهز عينات إضافية باستخدام التدرج الأمثل، ومحتوى مادة الربط الأسفلتية المتنوع؛ للحصول على الكمية المناسبة من الفراغات الهوائية (أي، ٤ ٪) في الخلطة. وتحدد خصائص الخليط، واختيار محتوى الأسفلت الأمثل؛ لتوفير الفراغ الهوائي المطلوب. وبعد ذلك، يجب تقييم الحساسية للرطوبة للخليط المحدد طبقًا AASHTO T312 وحساسية التصريف عند درجة حرارة إنتاج المصنع المتوقعة طبقًا AASHTO T305. ,بالإضافة إلى ذلك، يوصى باختبار مسار عجلة هامبورغ؛ لتقييم مقاومة التشقق في الخليط المحدد.

كما يجب أن تلبي الخلطة النهائية المختارة المتطلبات الموضحة في الجدول (٥-٣٣).

الجدول (٥–٣٣) مواصفات الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي لجهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء.

الخصائص	طريقة الاختبار	المتطلبات
الفراغات الهوائية، %	AASHTO T269	٤,٠ [١]
فراغ الركام المعدني، %		١٧,٠ حد أدنى
الحجم بين جزيئات الركام الخشن، %	AASHTO R46	أقل من الحجم بين جزيئات الركام الناعم
نسبة مقاومة الشد [٢]	AASHTO T283	٠,٨ حد أدنى
التصريف في درجة حرارة الإنتاج، %	AASHTO: T305	٠,٣ حد أقصى
مقاومة التخدد	AASHTO: T324	١٢,٥ ملم حد أقصى [٣]
محتوى طبقة الربط الأسفلتية		٦,٠٪ حد أدنى [٤]

ملاحظات:

١) بالنسبة للطرق ذات حجم الحركة المرورية الكبير، يمكن استخدام محتويات فراغات هوائية مستهدفة تقل عن ٤,٠ بالمائة، على ألا تقل عن ٣,٠ بالمائة.

٢) يجب دمك العينات تبعًا لAASHTO: T312 لمحتوى الفراغات الهوائية الذي يساوي ٦,٠ ± ١ بالمائة.

٣) في عدد الدورات استنادًا إلى درجة أداء مادة الربط المستخدمة، على النحو المحدد في الجزء ٦-٢-٥ من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٤) أظهرت التجربة أن محتويات طبقة الربط يجب أن تتراوح من ٦,٠ إلى ٧,٠ بالمائة. وقد يؤثر تقليل محتوى طبقة الربط لأقل من ٦,٠ بالمائة بشكل ضار على متانة الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي. وحين لا يكون من الممكن تصميم الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي ضمن الحد الأدنى لمتطلبات محتوى طبقة الربط الواردة في الجدول ٥-٣٣، يجب التعديل في تدرج الخلطة لزيادة فراغ الركام المعدني (على سبيل المثال: من خلال زيادة النسبة المئوية للركام الخشن).

كما يجب توخي الحذر إذا اتُبع الطريقة الميكانيكية – التجريبية لتصميم الرصف. وفي هذه الحالة، وبالنسبة لاعتماد صيغة خلطة العمل، يوصي بمراعاة خواص المواد بما في ذلك اختبار الأداء الموضح في القسم الفرعي (٥-٣-٧-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) والتقييم حسب متطلبات مدخلات تصميم الرصف ما لم يُحدد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو تعليمات المهندس.

ويجب أن يلتزم المقاول بتقديم صيغة خلطة عمل خطية؛ لاعتمادها من المهندس قبل الإنتاج بمدة لا تقل عن ثلاثين (٣٠) يومًا. يجب أن يتضمن تقرير خلطة العمل جميع المعلومات التالية: (تصحح الأرقام)

- مصادر الركام وتدرجه، وخصائصه الفيزيائية مع شهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر المواد الأسفلتية، وخصائصها الفيزيائية مع شهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر المواد المضافة، ومُعدلات الأسفلت وخصائصها.
- نسب جميع مكونات خلطة الأسفلت.
- بيانات اختبار معمل خلطة الأسفلت، وشهادة امتثال لجميع متطلبات الجودة.
- نطاق درجة الحرارة للخلط والدمك.
- نوع وموقع المصنع المقرر استخدامه في إنتاج خلطة الأسفلت، وشهادة الامتثال للمتطلبات المحددة في AASHTO M156.

وفي حال رفض صيغة خلطة العمل أو تغيير مصدر المواد، يجب تقديم صيغة خلطة عمل جديدة للموافقة عليها.

٥-٧-٣ الإنشاء:

٥-٧-٣-١ المعدات:

يجب على المقاول تجهيز وتشغيل المعدات الكافية؛ لتنفيذ أعمال الأسفلت، بما في ذلك إنتاج خلطة الأسفلت والسحب والنشر، وكبس الخلطة على سطح مُجهز خلال فترة العقد؛ وفقًا لخطة العمل التي يعتمدها المهندس. ويجب أن تقتصر هذه المعدات، على سبيل المثال لا الحصر، على ما يلي: مصنع الخلط، وعربات النقل، والمكانس الكهربائية والأدوات اليدوية، لأغراض التنظيف والتسخين، وراصفات الأسفلت، وبرات دمك الأسفلت؛ كما هو موضح في الجزء (٥-٤).

٥-٧-٣-٢ القيود المناخية:

يجب عدم وضع خلطات الأسطح الأسفلتية على أي سطح رطب أو أثناء هطول الأمطار أثناء العواصف الترابية أو الرملية؛ وعندما يكون متوسط الهواء، ودرجات حرارة السطح الحالية أقل من ١٠درجات مئوية، أو عند رفع طبقة الأسفلت الرقيقة، فإن الرياح الشديدة أو ظروف الرطوبة العالية تمنع التعامل الصحيح مع خلطات الأسفلت، وتقصر وقت الدمك المتاح.

وتتوفر أدوات مجانية سهلة الاستخدام التي تقدر معدل التبريد بالنسبة لدرجة برودة الحصيرة الموضوعة حديثًا، وبالتالي يمكن أن تساعد المقاولين في تخطيط عمليات الدمك بشكل أكثر كفاءة لتحقيق الكثافة المستهدفة.

٥-٧-٣-٣ إنشاء القطاعات التجريبية:

قبل البدء في رصف الإنتاج المنتظم لكل خليط أسفلتي، يجب على المقاول إنشاء قطاعين تجريبيين أو أكثر لكل خليط أسفلتي محدد للاستخدام. ويجب أن يتم إنشائهما على القطاع العرضي النموذجي الموجود باستخدام المعدات والمواد نفسها مثل باقي المشروع. وعند إنشاء نمط التدحرج والتمليس، يجب عدم استخدام مداحل الإطارات الهوائية نظرًا لخطر التصاق الأسفلت المصطكي بالإطارات، وسحب الجزيئات خارج طبقة السطح. وعادة، يجب استخدام مداحل ثابتة؛ فيجب استخدام المداحل الاهتزازية بوعي وعناية. ويكون الحد الأدنى لعدد الدرافيل المستخدمة لدمك طبقة واحدة بعرض مسار واحد هو اثنان أو ثلاثة تزن أكثر من ٩-١٠ أطنان لكل منهما. وغالبًا تتطلب المشاريع ذات مواصفات كثافة الفواصل الباردة إنشاء فاصل باردة كجزء من القطاع التجريبي. وتتكون من أطوال أقصر من الرصف، عادةً ١٥٠-٣٠٠ متر، أو كما يحدده المهندس، وتعد جزءًا من الرصف العادي إذا كانت نتائج الاختبار مطابقة للمواصفات القياسية.

وعلى وجه التحديد، إذا أشارت نتائج الاختبار للقطاع التجريبي إلى أن صيغة خلطة العمل مناسبة لإنتاج مواد متوافقة، ويمكن تحقيق الانتشار، والوضع والدمك المناسبين، فيمكن عندئذٍ المضي قدمًا في الرصف. أما إذا كانت نتائج شريط الاختبار لا تفي بمواصفات المشروع، أو إذا تغير القطاع العرضي النموذجي الحالي، فيجب عندئذٍ تركيب شريط اختبار جديد، ويجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية من قبل المقاول من أجل جعل المواد المستخدمة، وطرق إنتاج الخلط الأسفلتي على الساخن ومعدات وتقنيات الإنشاء تتوافق مع المواصفات.

٥-٧-٣-٤ إعداد السطح:

يجب أن توضع طبقة لاصقة على سطح طبقة الأسفلت الحالية، قبل صب خليط الأسفلت الجديد -ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك-. ويجب توخي الحذر عند وضع طبقة الطلاء بشكل صحيح في طبقة رصف الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت. وإذا كان السطح الحالي غير مستوٍ، مع وجود جيوب تجمع رابط الطلاء اللاصق، يجب إزالة الجزء الزائد منها تمامًا، وإلا فقد تظهر البقع الدهنية على سطح طبقة رصف الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت. ويجب ألا يسمح بحركة المرور على سطح الأسفلت الحالي بعد أن يكون قد جهز لاستقبال خليط سطح الأسفلت.

٥-٧-٣-٥ الإنتاج والسحب والتنسيب والدحرجة:

يجب إنتاج الخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي في مصنع خلط أو مصنع خلط أسطواني، مطابق للمتطلبات الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٤-١) على النحو التالي.

يجب توفير مخزن جاف كافٍ لمادة الحشو المعدني ومضافات الألياف، كما يجب عمل الترتيبات اللازمة لتواجدها بالتناسب بشكل دقيق في الخليط بشكل موحد وبالكميات المرغوبة.

ستضاف مادة الحشو المعدني الموجودة في الخلاطة من النوع المتقطع مباشرة إلى قمع الوزن؛ أما في مصنع خلط الخرسانة، فستضاف مادة الحشو المعدني مباشرة إلى خلاطة الخرسانة.

وعادةً ما يتم إضافة الألياف تلقائيًا باستخدام معدات الجرعات المقابلة. من أجل التوزيع المتساوي لمضافات التثبيت وإنتاج الخلطة المتجانسة، وينبغي العناية الخاصة بمعلومات الشركات المصنعة الخاصة

بالإضافات إذا كانت متوفرة. ومن الملاحظ أن التمديد المفرط لوقت الخلط الجاف باستخدام أداة تثبيت في شكل فضفاض قد يتسبب في تدميره (تفتيته)، أو طحنه، وتحويله إلى شكل حشو. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي التمديد المفرط لوقت الخلط الرطب إلى معدل تقادم أعلى بالنسبة لمادة الترابط.

يجب الانتباه، وتوخي العناية؛ لاستيفاء القوانين البيئية، ومتطلبات الحماية فيما يتعلق بجمع الغبار، والتخلص منه. يجب أن يكون الركام والمواد الأسفلتية لمزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت متناسبة مع متطلبات صيغة خلطة العمل المعتمدة، وخلطها باستخدام المعدات التي ستنتج خلطاً مطابقًا لهذه المواصفات. يجب أن يتوافق المزيج الكلي لتصميم الخلطة ومحتوى رابط الأسفلت مع صيغة خلطة العمل المعتمدة ضمن تفاوتات الإنتاج الموضحة في الجدول (٥-٣٤). ومن الملاحظ أن الاختلافات في التدرج الكلي عن صيغة خلطة العمل المحددة تكون أكثر أهمية لأداء مزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت مما هي عليه بالنسبة للخليط الأسفلتي الساخن التقليدي؛ لذلك، يجب مراعاة التفاوت المسموح للتدرج الأكثر إحكامًا لمزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت.

الجدول (٥–٣٤) التفاوت المسموح في معادلة الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي (مرحلة الإنتاج).

حجم المنخل ملم	تفاوتات صيغة خلطة العمل		
	الحجم الأقصى الاسمي للركام		
	١٩ملم (¾ بوصة)	١٢,٥ملم (½ بوصة)	٩,٥ملم (٨/٣ بوصة)
١٩,٠ (¾/ بوصة)	± ٤,٠ %		
١٢,٥ (½ بوصة)	± ٤,٠ %	± ٤,٠ %	
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	± ٤,٠ %	± ٤,٠ %	± ٤,٠ %
٤,٧٥ (رقم ٤)	± ٣,٠ %	± ٣,٠ %	± ٣,٠ %
٢,٣٦ (رقم ٨)	± ٣,٠ %	± ٣,٠ %	± ٣,٠ %
١,١٨ (رقم ١٦)			± ٣,٠ %
٠,٦ (رقم ٣٠)			± ٣,٠ %
٠,٣ (رقم ٥٠)			± ٣,٠ %
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	± ٢,٠ %	± ٢,٠ %	± ٢,٠ %
محتوى الرابط الأسفلتي	± ٠,٣ %	± ٠,٣ %	± ٠,٣ %

يجب سحب الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت إلى موقع الرصف في غضون فترة زمنية معقولة بعد الإنتاج. كما يجب تجنب التخزين في مستودع بسبب مخاطر تجفيف المواد الرابطة. إذا لزم الأمر، ويجب تخزين الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت الساخنة في مستودع معزول حرارياً لمدة لا تزيد عن ٢-٣ ساعات.

تتم عملية السحب باستخدام شاحنات ذات أسطح فولاذية ملساء يمكن رشها، عند الضرورة، بطبقة رقيقة من مادة تزليق زيتية؛ لمنع الخليط من الالتصاق بالأسطح. ويجب اتخاذ التدابير؛ للتخفيف من فصل خليط الأسفلت بالشكل الذي نوقش في الجزء الفرعي (٥-٤-٢). ويجب تغطية أسطح الشاحنات، وعزلها -إذا لزم الأمر- لتقليل فقدان حرارة الخليط وتصلب المادة الرابطة من الأكسدة. ويجب تقليل وقت السفر من مصنع الخلط إلى موقع الرصف إلى ما لا يزيد عن ساعة واحدة. يجب أن يحقق عدد الشاحنات المستخدمة عملية رصف ثابتة ومتسقة.

يتم تثنيت الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت باستخدام راصفة الأسفلت؛ وفقًا لسمك وأبعاد ومنحدرات طبقات الرصف الفردية الموضحة في المخططات. يجب ألا تقل درجة حرارة الخلطة، عند تسليمه إلى الفرادة، عن ١٥٠ درجة مئوية. لتوفير احتمالية عالية للدمك الكافي تحت جهد دمك معقول، ويوصى بأن يكون سمك الحصيرة للصبة الفردية أربعة أضعاف الحد الأقصى لحجم الركام الاسمي. علاوة

على ذلك، يجب تحديد متغيرات عملية الرصف المناسبة، مثل التدحرج لأسفل (بشكل إجمالي، ١٠-١٥٪)، وسرعة الرصف، ودرجة حرارة ذراع التسوية، والممارسات التي تقلل عدد الفواصل الطولية في المشروع حيثما أمكن ذلك، بالشكل الذي نوقش في الجزء الفرعي (٥-٤-٣)؛ ويجب اتباعها بهدف ضمان سماكة مضغوطة مناسبة، ونعومة السطح عند الارتفاع الصحيح، والمنحدر المتقاطع.

يجب توفير معدات دمك كافية. كما ينبغي أن تسير الدرافيل خلف الراصفة بأقل مسافة ممكنة. ولمنع التصاق الخليط بالدرافيل، من الضروري إبقاء العجلات مبللة بشكل صحيح بالماء المخلوط بكميات صغيرة جدًا من المنظفات، أو أي مادة أخرى معتمدة. ويجب دمك الفواصل الطولية أولاً؛ ثم مناقشة ممارسات الدحرجة المناسبة للفواصل في القسم الفرعي (٥-٤-٤-٢) في هذه المواصفات. وبعد ذلك، يجب أن يبدأ التدحرج من الحافة السفلية، ويتجه نحو أعلى جزء من الحصيرة متبعًا نمط الدمك الذي حُدد أثناء إنشاء القطاع التجريبي. ويجب إكمال دحرجة الدمك قبل أن تنخفض درجة حرارة الخليط الداخلي إلى أقل من ١٠٠ درجة مئوية.

ولزيادة مقاومة الانزلاق الأولية، يوصى بتنفيذ إجراءات الصنفرة/ التحصيب. وتتكون مواد الحبيبات (التحصيب) من ركام ناعم نظيف، وساخن يتراوح حجمه عادة بين ٢ إلى ٤ ملم. وعادةً ما يكون مقدار مادة الحبيبات ١ إلى ٢ كجم/ متر مربع. ويمكن تطبيق مادة الحبيبات بعد مرور الدرفيل الأول عندما يكون السطح ساخنًا، ولاصقًا بشكل كافٍ من أجل الدمك عليه من خلال التدحرج في مزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت.

يجب ترك الرصف المضغوط يبرد إلى ٦٠ درجة مئوية، أو أقل قبل فتح الطريق أمام حركة المرور ما لم يوجه المهندس بخلاف ذلك؛ لضمان منع التخدد المبكر والضغط على الأسفلت المصطكي.

٥-٧-٤ التقييم:

يجب أن تُقيّم مدى ملاءمة المواد، أي: الركام، والحشو المعدني، والأسفلت، للاستخدام في إنتاج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت معمليًا من خلال إجراء اختبار الجودة، على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٥-٧-٢). وأثناء تصميم المزيج، والحصول على الموافقة على صيغة خلطة العمل، يجب إجراء اختبار لتقييم قابلية التأثر بالرطوبة والتجفيف ومقاومة التخدد وفقًا لمواصفات AASHTO T283 وAASHTO T305 وAASHTO T324، على الترتيب. عندما يُتّبع المنهج القائم على الطريقة التجريبية الآلية في تصميم الرصف، يجب أيضًا اختبار خصائص الأداء، مثل: المعامل الديناميكي وغير ذلك، للتحقق من متطلبات تصميم الرصف.

وتتضمن مراقبة جودة إنتاج المصنع اختبار مزيج الأسفلت، ومكوناته مبدئيًا؛ للتحقق من صيغة خلطة العمل ثم للتحكم في الإنتاج. ويهدف اختبار خصائص مواد ترابط الأسفلت والركام، كما هو موضح في الجدول (٥-٣٥)، إلى التحكم في متطلبات الجودة، والتحقق من مدى التوافق معها. ويشمل اختبار مزيج الأسفلت تغطية الجزيئات، ومحتوى مواد ترابط الأسفلت، وتدرج الركام وأقصى الثقل النوعي النظري، والثقل النوعي السائب (للخليط المنتج من المصنع والمختبر المدموك)، وفراغات الهواء والفراغات في الركام المعدني، وقابلية التأثر بالرطوبة، ومقاومة التجفيف والتخدد. ولتحديد محتوى مواد ترابط الأسفلت، يُفضل اختبار فرن الإشعال وفقًا لمواصفة AASHTO T308 (أو ASTM D6307) لتحديد محتوى رابط الأسفلت؛ يجب أن يكون ضمن ± ٠,٣ في المائة من صيغة خلطة العمل. بعد حرق فرن رابطة الأسفلت لتحديد محتوى المادة الرابطة، يُحدّد تدرج مواد الركام المتبقية وفقًا لمواصفة AASHTO T30؛ يجب أن تتوافق مع التفاوتات المسموحة المحددة في الجدول (٥-٣٥). تحدد الثقل النوعي السائب للعينات المعملية المدموكة باستخدام ضاغطة أرصفة محورية باستخدام AASHTO T166 (أو ASTM D2726). بالنسبة للعينات التي تزيد نسبة امتصاص الماء فيها عن ٢,٠٪ على النحو المحدد باستخدام AASHTO T166، يجب اتباع طريقة الاختبار AASHTO T331 من أجل التحديد الدقيق للثقل النوعي السائب للعينات المدموكة. يُحدّد الثقل النوعي النظري الأقصى وفقًا لـ AASHTO T209 (أو ASTM D2041)؛ وتُستخدم قيم الاختبار هذه جنبًا إلى جنب مع الثقل النوعي السائب لتحديد الفراغات الهوائية لكل من AASHTO T269 (أو ASTM D3203) والفراغات في الركام المعدني. ويجب إجراء اختبارات التجفيف، والرطوبة، ومقاومة التآكل وفقًا لـ AASHTO T305 و AASHTO T283 و AASHTO T324، على الترتيب، بشكل نمطي، إلى جانب الاختبار المطلوب أثناء تصميم الخلطة، وذلك لضمان الأداء المناسب لخليط الأسفلت المنتج في المصنع. ويجب أن تتبع طريقة أخذ العينات لأخذ العينات من خليط المصنع السائب؛ إما في المصنع، أو من خلف الفرادة، أو وفقًا لتوجيهات المهندس المختلفة الإجراءات الموضحة في AASHTO R97 (أو ASTM D979). ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية لفحصها من أجل الامتثال للمتطلبات المحددة، يجب تنفيذ إجراء أخذ عينات عشوائي طبقي وفقًا لمواصفة ASTM D3665. وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

أما في الحقل، يجب اختبار ضغط مزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت؛ للتأكد من تحقيق درجة ضغط مناسبة. ويجب أن يستمر الدمك حتى تصبح فراغات الهواء في المكان أقل من 6%. كما يجب أن يعتمد حساب الفراغات الهوائية في المكان على الثقل النوعي النظري الاقصى لخليط المنتج المحددة على أساس يومي والكثافات الموضعية المرتبطة بها. ويجب تحديد الكثافة الموضعية من النوى/ اللبابات التي حُصل عليها وفقًا لـ AASHTO R67 في مواقع مختارة عشوائيًا حسب ASTM D3665 واختبارها في المختبر بواسطة AASHTO T166 (أو طرق أخرى قابلة للتطبيق) بعد التجفيف بتفريغ الهواء وفقًا لـ AASHTO R97 . بدلاً من ذلك، يمكن استخدام تقنيات غير إتلافية لتحديد الكثافة الموضعية باستخدام مقياس الكثافة النووية في وضع التبعثر المرتد حسب AASHTO T355 أو مقياس الكثافة غير النووية حسب AASHTO T343(أو ASTM D7113)؛ ويجب أخذ ثلاث قياسات -على الأقل- في موقع فردي، ويُحسب متوسطها للحصول على قراءة متوسط الكثافة. نظرًا لوجود بنية سطحية خشنة بالخلطة الحجرية بمعجون

الأسفلت، ويمكن النظر في استخدام الرمل كعامل مساعد في تثبيت أجهزة القياس بشكل صحيح؛ لتحسين دقة القياسات. بالإضافة إلى ذلك، ومن أجل التفسير الصحيح لهذه الاختبارات، يجب إجراء معايرة للبيانات باستخدام بيانات الكثافة الظاهرية من النوى/اللبابات المعالجة؛ وفقًا لـ AASHTO T166، أو أي طرق اختبار أخرى قابلة للتطبيق. ويمكن تطبيق الاختبار غير الإتلافي لكل من تقييم كثافة الحصيرة، والفواصل. ويجب ألا يختلف الحد الأدنى المطلوب للفواصل بأكثر من ٢ في المئة مقارنة بفراغات الهواء في الحصيرة. وعلاوة على ذلك، يجب أن يعتمد حساب الفراغات في الركام المعدني على الكثافة الظاهرية للعينات المدموكة في المختبر حسب AASHTO R83 من عينات الأسفلت التي تُنتج يوميًا.

يجب قياس سمك طبقة الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي المدموكة بشكل كامل، عند وضعه ودمكه، من النوى المحفورة التي تم الحصول عليها من مواقع عشوائية. وتُقاس العينات اللبابية المؤمنة؛ لتقييم الدمك بشكل عام لمعرفة السمك قبل اختبار الكثافة الظاهرية. ويحدد سمك كل لب باستخدام مجموعة من الفرجار، تُقرّب لأعلى إلى أقرب ١ ملم، وفقًا ASTM D3549. ويجب ألا تنحرف سماكة الطبقة عن ٣ ملم عن السماكة المحددة في المخططات، أو المواصفات الخاصة، أو في وثائق العقد.

تقاس نعومة الرصف لأغراض القبول بعد الدمك؛ إما باستقامة ٣ أمتار، أو جهاز تقييم القصور الذاتي المقطع الطولي. عندما يكون طول الرصف بالمشروع أقل من ٥٠٠ متر، وتُجرى الفحوصات الموضعية في مواقع عشوائية عادةً باستخدام أداة تقويم تبلغ ٣ أمتار موضوعة على الرصف، ويُقاس انحراف السطح ويسجل. كما يجب ألا تكون هناك نتوءات، أو انحدار أكبر من ٣ ملم في أي اتجاه عند قياسها من الحافتين الخارجيتين لمسطرة المحاذاة المستقيمة. وبخلاف ذلك، يجب اختبار السطح باستخدام جهاز تقييم القصور الذاتي المقطع الطولي عالي السرعة يلبي متطلبات AASHTO M323 بعد معايرتها وفقًا لمواصفة AASHTO R57. ويجب قياس موجز بيانات الرصف لكل يوم في كل من طبقات الرصف اليمنى، واليسرى؛ باتباع الإجراءات الموضحة في AASHTO R54. ويجب حساب متوسط معدل الخشونة الدولي لكل ١٠٠ م ولا يجب أن يكون أكبر من ١,٥ م/ كم. ما لم يُحدّد تعديل الدفع، يجب القيام بإجراءات تصحيحية، مثل: الطحن/التجليخ على البارد، أو طبقة التكسية، أو الإزالة، والاستبدال.

يجب ألا تزيد السماحية المسموحة على ارتفاعات السطح النهائي عن ٦ ملم مقارنة بالمستويات المحددة الموضحة في الرسومات. تقاس مستويات القطاع العرضي على مسافات ٢٥ م، على ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر مربع من الطبقة المبنية.

٥-٧-٥ معايير القبول:

٥-٧-٥-١ ضبط الجودة:

يجب على المقاول إجراء جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، وأن يجمع ويوثق، ويحلل النتائج للتأكد من أن جميع المواد الخام من المصدر، ومزيج الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت من المصدر والموقع أثناء تنفيذ العمل وطبقة رصف الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت النهائي في نطاق الحدود المقبولة. ويوضح الجدول (٥-٣٥) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات وحدود التخصيص. ويجب على المقاول تقديم نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

كما يجب ملاحظة أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لمزيج الأسفلت، ومكوناته بواسطة مختبر موافق عليه ومعتمد، إما مختبر المقاول أو مختبر مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، والذي يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل به فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٣٥) متطلبات ضبط الجودة للخلطات الحجرية بالأسفلت المصطكي.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخلطة الأسفلت	مواد الأسفلت	في المصدر	شهادة امتثال الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر.	متطلبات الجودة (الجزء ٥,٢,٥)	الجزء الفرعي ٥-٢-٥
	الركام			متطلبات الجودة والتدرج للركام الخشن والناعم (الجزء ٥,٢,٣,١ والجزء ٥,٢,٣,٢)	القسم الفرعي ٥-٢-٣-١ القسم الفرعي ٥-٢-٣-٢
	الحشو المعدني			متطلبات الجودة	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٣

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	قابلية التأثر بالرطوبة		بالنسبة لتصميم الخلطة والموافقة على صيغة خلطة العمل JMF، أو كلما غُيّر المصدر	AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٥
	التجفيف			AASHTO T305	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٥
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٥
	خصائص الأداء			الجزء ٥,٢,٣,٥	حسب تصميم الرصف
المواد الخام وخلطة الأسفلت المستخدمة	الكثافة الظاهرية للركام	مصنع الخلط الأسفلتي على الساخن	تقييم بدء الإنتاج وإجراء اختبار واحد كل أسبوع أو عند تغير خصائص الخلطة	T84 AASHTO & T85 AASHTO	
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			T96 AASHTO	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	الجزيئات المسطحة والطويلة			D4791 ASTM	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	الامتصاص			T85 AASHTO	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	الصلابة أو الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم			T104 AASHTO	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	المحتوى المسحوق			D5821 ASTM	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	مقاومة الصقل، قيمة الحجر المصقول			D3319 ASTM & E303 ASTM (أو T278 آشتم)	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	حد السوائل			AASHTO T89	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	مؤشر اللدونة			AASHTO T90	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	فراغات ريجدين			TP117 AASHTO	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	تغطية الجزيئات			T195 AASHTO	القسم الفرعي ٥-٤-٤-١
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	التجفيف			AASHTO T305	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-٧-٢-٢
	محتوى مادة ترابط الأسفلت	مصنع الخلط الأسفلتي على الساخن، خلطة سائبة من خلف الفرادة	تقييم بدء الإنتاج، اختبار واحد لكل ٥٠٠ متر مكعب أو ١ يوميًا كحد أدنى	AASHTO T308 (أو ASTM D6307) AASHTO T164 (أو ASTM D2172)	الجدول ٥-٣٤
	تدرج الركام			AASHTO T30	الجدول ٥-٣٤
	الجاذبية النوعية القصوى للخلطة			AASHTO T209 (أو ASTM D2041)	
	الجاذبية النوعية الظاهرية للخلطة			AASHTO T166 (أو ASTM D2726) AASHTO T331	
	الفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني			AASHTO T269 (أو ASTM D3203)	
طبقة الرصف المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد لكل ١,٠٠٠ متر مربع من الطبقة النهائية على الأقل	AASHTO T166 AASHTO T355 AASHTO T343 (أو ASTM D7113)	الجزء الفرعي ٥-٧-٤
	السماكة			ASTM D3549	الجزء الفرعي ٥-٧-٤
	نعومة السطح		كل يوم عمل	AASHTO R54	الجزء الفرعي ٥-٧-٤
	مستويات وأبعاد الأعمال		٥ قياسات لكل ١,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٥-٧-٤

٥-٧-٥-٢ ضبط الجودة:

ستقوم الجهة المسؤولة بأنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D3665)، وإجراء أنشطة الاختبار والتفتيش؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة رصف الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت المنجزة ضمن متطلبات المواصفات أو تأمر المقاول بالقيام، تحت إشرافها المباشر، ببعض أو كل اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرير قبول العمل أو رفضه. وستنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من قبل الجهة المسؤولة.

ويجب أن تضمن الجهة المسؤولة جودة الإنتاج عن طريق التحقق من أن المقاول ينفذ إجراءات ضبط الجودة بدقة وفقًا للمواصفات. وفي هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة تفتيش مختبر المقاول والأجهزة، والموظفين الفنيين، وطرق الاختبار؛ للتأكد من كفاية وقدرة المقاول الكاملة على تنفيذ العمل؛ وفقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-٧-٦ القياس والدفع:

تقاس كميات مادة الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت الفعلية والمقبولة بالأمتار المكعبة بعد وضعها، ودمكها بالسماكة المحددة، وضمن الأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس. لن يتم إجراء قياس للسمك الإضافي، أو مناطق الرصف الموضوعة خارج الحدود المصرح بها ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك.

كما يجب قياس الطلاء اللاصق ودفع مقابلها كما هو محدد في الجزء (٥-٣-٦).

ويعتبر دفع مقابل الكميات المقبولة، حسب سعر القياس المذكور في العقد حسب المبين في فاتورة الكميات، تعويض كامل لتوريد جميع المواد والمعدات، والعمالة، والنفقات اللازمة؛ لإكمال جميع أعمال إنشاء طبقة رصف الخلطة الحجرية بمعجون الأسفلت كما هو محدد. وسيتم الدفع وفقًا للبنود الموضحة في الجدول (٥-٣٦).

الجدول (٥–٣٦) بنود الدفع الخاصة بطبقة رصف الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,٩	طبقة رصف الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي	م^{٣}

٥-٨ الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة:

٥-٨-١ الوصف:

الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة عبارة عن مزيج يتكون من الركام المكسر، والركام الناعم والمواد المضافة، المضادة للشرائط عند الحاجة، ومواد ترابط الأسفلت، وحبيبات الكبريت تُمزج داخل مصنع للخلطات الساخنة. وتعمل كريات الكبريت كمعدل/ ممد للأسفلت؛ وبالتالي، فإن استخدامها يتيح استبدال نسبة من مادة ترابط الأسفلت في خلطات الأسفلت التقليدية. ويمكن وضع الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة طبقة رصف أسفلتية تحتية وطبقة رصف أسفلتية سطحية (Al-Mehthel, et al., 2010).

ويجب عدم استخدام الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة في أعمال الإنشاء الجديدة، أو أعمال الصيانة في الرصف داخل مناطق المصنع المباشرة، والمناطق السكنية المأهولة بالسكان، وأعمال الصيانة التي تشمل الأعمال اليدوية.

٥-٨-٢ المواد:

٥-٨-٢-١ الأسفلت:

يجب استخدام مواد ترابط الأسفلت حسب ٦٠-٧٠ ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك، أو تنص عليه المواصفات الخاصة.

٥-٨-٢-٢ حبيبات الكبريت:

يجب أن يكون الكبريت عبارة عن حبيبات من الكبريت الأولي (Alyami & Toyogon, 2020)، مع كل شحنة كبريت يجب تقديم شهادة المطابقة. يجب أن تتضمن شهادة المطابقة منشأ المادة ونتائج الاختبار لمحتوى الكبريت الحر والرماد غير العضوي والكربون والرطوبة.

٥-٨-٢-٣ الركام:

يجب أن يتوافق الركام الخشن والناعم الذي سيستخدم مع متطلبات الجودة، والتدرج المنصوص عليها في الأقسام الفرعية (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٢)، على التوالي.

٥-٨-٢-٤ الحشو المعدني:

يجب أن تتوافق مادة الحشو المعدني، إذا لزم الأمر، مع متطلبات الجودة، والتدرج المنصوص عليها في القسم الفرعي (٥-٢-٣-٣). ولا ينصح باستخدام الجير المطفأ في خلطات الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة؛ نظرًا لخطر التفاعل مع الكبريت، لتكوين ملح قابل للذوبان في الماء.

٥-٨-٢-٥ تصميم الخلطة:

يجب استخدام طريقة مارشال لتصميم الخلطة الموضحة في الجزء (٦-٣) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) في تصميم مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة مع بعض التعديلات -ما لم يرد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو بتوجيه من المهندس-.

ويتكون الإجراء من الخطوات التالية (Saudi Aramco , 2010): أ) التدرج الكلي للمزيج. ب) اختيار نسبة الكبريت/الأسفلت. ج) تحديد درجات حرارة الخلط والضغط. د) تحضير الخلطة باستخدام كريات الكبريت. هـ) تحديد خصائص مارشال.

يجب أن يتوافق الركام المجمع مع متطلبات التدرج الموضحة في الجدول (٥-٣٧).

الجدول (٥–٣٧) نطاقات مواصفات تدرج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة.

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن				
	طبقة الرصف الأسفلتية التحتية		طبقة الرصف الأسفلتية السطحية		
	الفئة أ	الفئة ب	الفئة أ	الفئة ب	الفئة ج
٣٧,٥ (١½ بوصة)	١٠٠	١٠٠			
٢٥ (١ بوصة)	من ٧٥ إلى ٩٠	١٠٠			
١٩ (٤/٣ بوصة)	من ٦٥ إلى ٨٠	من ٨٠ إلى ١٠٠	١٠٠	١٠٠	
١٢,٥ (٥/١ بوصة)	من ٥٥ إلى ٧٠	من ٦٨ إلى ٨٨	من ٧٦ إلى ٩٢	من ٨٠ إلى ١٠٠	١٠٠
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	من ٤٥ إلى ٦٠	من ٦٠ إلى ٨٠	من ٦٤ إلى ٧٩	-	من ٨٠ إلى ١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	من ٣١ إلى ٤٦	من ٤٥ إلى ٦٥	من ٤١ إلى ٥٦	من ٥٠ إلى ٧٠	من ٥٥ إلى ٧٥
٢,٠٠ (رقم ١٠)	من ١٨ إلى ٣٣	من ٣٠ إلى ٥٠	من ٢٣ إلى ٣٧	من ٣٢ إلى ٤٧	من ٣٢ إلى ٤٧
٠,٤٢٥ (رقم ٤٠)	من ٥ إلى ١٨	من ١٥ إلى ٣٢	من ٧ إلى ٢٠	من ١٦ إلى ٢٨	من ١٦ إلى ٢٦
٠,١٨ (رقم ٨٠)	من ٣ إلى ١٣	-	من ٥ إلى ١٣	من ١٠ إلى ١٨	من ١٠ إلى ١٨
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	من ٢ إلى ٩	من ٣ إلى ١٠	من ٣ إلى ٨	من ٤ إلى ١٠	من ٤ إلى ١٠

يوصى باختيار نسبة الكبريت/ الأسمنت الأسفلتي المناسبة؛ لتحسين أداء مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة بناءً على قوة هيكل الطريق، مع الحد الأدنى للنسبة وهو ٣٠٪ كبريت/ ٧٠٪ مواد ربط أسفلت.

وبعد مزج حبيبات الكبريت، ومواد ترابط الأسفلت بالنسب المحددة باستخدام خلاط عالي القص (عند ٢٥٠٠ طبقة في الدقيقة لمدة ١٠ دقائق)، تُقاس لزوجة الخلطة عند درجتي حرارة، عادةً عند ١٢٠ درجة مئوية و١٤٠ درجة مئوية، باستخدام مقياس اللزوجة الدوراني حسب AASHTO T316. تُستخدم البيانات لتخطيط رسم بياني للعلاقة بين اللزوجة، ودرجة الحرارة، وتحديد درجات حرارة الخلط، والدمك بما يعادل ٠,١٧ ± ٠,٠٢ باسكال · ثانية و ٠,٢٨ ± ٠,٠٣ باسكال · ثانية، على الترتيب.

ويُحضّرمزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة بشكل مفضل تحت غطاء دخان، أو في منطقة جيدة التهوية. في البداية، ويُخلط الركام والأسفلت لمدة ٣٠ ثانية، ثم يتوقف الخلاط، وتُضاف كريات الكبريت. ويستمر الخلط لمدة دقيقتين أو أكثر، ثم يتبع الضغط باستخدام مطرقة مارشال وفقًا لمواصفة ASTM D6926. كما يجب استخدام جهد ضغط ٧٥ ضربة لتصميم الخلطة لجميع الطرق ومواقف السيارات.

بينما يمكن اختبار عينات مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة؛ لتحديد خصائصها الأولية، ويوصى أيضًا بإعداد مجموعة إضافية من العينات، واختبارها بعد فترة معالجة مدتها ١٤ يومًا على الأقل، على الرف، لتقييم المدى الطويل لاستقرار وقوة مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة في الرصف. باستثناء اعتبار وقت معالجة المزيج، يمكن تحديد خصائص اختبار مارشال لمزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة والمحتوى الأمثل للكبريت/ الأسفلت من خلال تقييم البيانات المقاسة بالنسبة للمعايير الموضحة في الجدول (٥-٣٨).

الجدول (٥–٣٨) متطلبات أداء مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة.

معايير طريقة مارشال	طبقة الرصف الأسفلتية التحتية	طبقة الرصف الأسفلتية السطحية
التدفق، ملم	٢,٤ - ٥,٠	٢,٤ - ٤,٠
الثبات، كجم	٧٠٠ دقيقة	٧٠٠ دقيقة
فقدان استقرار مارشال [1]	٢٥٪ حد أقصى	٢٥٪ حد أقصى
النسبة المئوية للفراغات الهوائية	٣,٠ - ٧,٠	٣,٠ - ٥,٠
النسبة المئوية للفراغات في الركام المعدني (VMA) [2]	الفئة أ: ١٣٪ الدقيقة الفئة ب: ١٢٪ الدقيقة	الفئة أ: ١٤٪ الدقيقة الفئة ب: ١٥٪ الدقيقة الفئة ج: ١٦٪ الدقيقة
النسبة المئوية للفراغات المملوءة بالأسفلت (VFA)	٦٠ – ٧٥	٧٠ - ٨٠

ملاحظات:

[1] بغمر العينات في الماء عند ٦٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة؛ يتم قياس الثبات بعد النقع مقارنة بالثبات الذي تم قياسه وفقًا لمواصفة D6927 ASTM.

[2] تم القياس وفقًا لمواصفة D2041 ASTM.

يجب توخي الحذر إذا اتُبع المنهج القائم على الطريقة التجريبية الآلية في تصميم الرصف. وفي هذه الحالة، بالنسبة للموافقة على صيغة خلطة العمل، يوصى بأن كلا التوصيفين الماديين بما في ذلك اختبار الأداء الموضح في القسم الفرعي (٥-٣-٧-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) والتقييم المستند إلى متطلبات مدخلات تصميم الرصف يجب وضعها في الاعتبار ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو بتوجيه من المهندس.

كما يجب على المقاول تقديم نموذج صيغة خلطة العمل مكتوب للموافقة عليه من قبل المهندس قبل ٣٠ يومًا على الأقل من الإنتاج. كما ينبغي أن يتضمن تقرير صيغة خلطة العمل جميع المعلومات التالية:

- مصادر الركام والتدرجات الإجمالية والخصائص الفيزيائية جنبًا إلى جنب مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر مواد الأسفلت وخصائص الأسفلت مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- خصائص حبيبات الكبيرت.
- نسب جميع مكونات خلطة الأسفلت بشكل تناسبي.
- بيانات اختبار معمل خلط الأسفلت وشهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- معدل درجة الحرارة للخلط والضغط.
- نوع وموقع المصنع الذي سيستخدم لإنتاج مزيج الأسفلت، وشهادة المطابقة للمتطلبات المحددة في AASHTO M156.

٥-٨-٣ الإنشاء:

٥-٨-٣-١ القيود المناخية:

لا ينبغي وضع مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة على أي سطح رطب، أثناء العواصف الترابية أو الرملية، عندما تكون درجة الحرارة المحيطة أقل من ٤ درجة مئوية أو عندما يكون الطقس ضبابيًا أو ممطرًا.

٥-٨-٣-٢ إنشاء القطاعات التجريبية:

يجب إنشاء القطاعات التجريبية في موقع المشروع الفعلي، على غرار الخلطات التقليدية لرصف الأسفلت. ويجب إزالة هذه القطاعات على نفقة المقاول إذا لم تتحقق المتطلبات. لا تعفي الموافقة على الشرائط التجريبية المقاول من مسؤولياته عن استيفاء المواصفات أثناء تنفيذ العمل الفعلي.

٥-٨-٣-٣ إعداد السطح:

يجب وضع طبقة لاصقة بين صبات الرصف باستخدام مواد وإجراءات محددة، كما هو موضح في الجزء (٥-٣).

٥-٨-٣-٤ الإنتاج والسحب والوضع والدرجة:

أما بالنسبة إلى إنتاج مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة، يجب إعادة تجهيز مصنع الخلط عن طريق إضافة صندوق تغذية بارد مزود بوحدة تغذية بالحزام، أو وحدة تغذية مستودعات؛ لنقل كريات الكبريت في الخلاطة. ويجب ربط نظام التغذية بنظام وزن الدُفعات الآلي، وأن يكون قادرًا على قياس حبيبات الكبريت بدقة. وتُضاف الكريات خلال فترة عملية التجميع عندما تحدث إضافة مادة ترابط الأسفلت بشكل طبيعي. ويُخلط البيتومين مع الركام الساخن في الخلاطة لمدة تقل عن ٢٠ ثانية، ثم تضاف كريات الكبريت في الخلاطة وتخلط لمدة ١٠ ثوانٍ. كما يجب ملاحظة أنه يجب الحفاظ على مستوى الركام في الحاويات الساخنة للمصنع مملوءة حتى ثلثيها ٣/٢ تقريبًا أثناء إنتاج مزيج الكبريت؛ لتقليل انبعاثات الدخان والروائح. يجب أن يكون الركام وحبيبات الكبريت والمواد الأسفلتية لمزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة متناسبة مع صيغة خلطة العمل المعتمدة؛ موضح تفاوتات مزيج الإنتاج في الجدول (٥-٣٩).

الجدول (٥–٣٩) تفاوتات صيغة خلطة العمل لمزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة (مرحلة الإنتاج).

قياس المنخل ملم	تفاوتات صيغة خلطة العمل	
	طبقة الأساس الأسفلتية	طبقة السطح الأسفلتية
٢٥ (١ بوصة)	± ٦,٠ %	± ٦,٠ %
١٩ (٤/٣ بوصة)	± ٦,٠ %	± ٦,٠ %
١٢,٥ (١/٢ بوصة)	± ٥,٠ %	± ٦,٠ %
٩,٥ (٣/٨ بوصة)	± ٥,٠ %	± ٥,٠ %
٤,٧٥ (رقم ٤)	± ٥,٠ %	± ٤,٠ %
٢ (رقم ٨)	± ٤,٠ %	± ٤,٠ %
٠,٤٢٥ (رقم ٤٠)	± ٤,٠ %	± ٤,٠ %
٠,١٨ (رقم ٨٠)	± ٣,٠ %	± ٣,٠ %
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	± ١,٥ %	± ١,٥ %
محتوى الأسفلت الموثق	± ٠,٤ %	± ٠,٤ %
محتوى الكبريت	± 2.0 %	± 2.0 %

يجب أن تكون درجة حرارة المزيج عند التفريغ من الخلاط في نطاق درجة الحرارة المقابلة للزوجة تبلغ ٠,١٧ ± ٠,٠٢ باسكال · ثانية، ولكن لا بد من الحذر بأي حال أن تتجاوز درجة الحرارة ١٤٥ درجة مئوية لتجنب إنتاج وانبعاث كبريتات الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت.

ويتشابه النقل، والتنسيب، والضغط لمزيج مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة الساخنة جدًا مع الخلطات التقليدية لرصف الأسفلت. وتُستخدم معدات وعملية الإنشاء نفسها دون تعديل.

يجب نثر خلطة الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة بسمك طبقة الصبة؛ يجب ألا تزيد السماكة الاسمية للمادة البيتومينية المدموكة بعد الدمك عن ٧٠ ملم لكل طبقة ما لم يوضح المقاول من خلال إنشاء القطاعات التجريبية أن هذه المتطلبات قد حُققت أيضًا بسماكة أكبر.

يجب تحقيق الضغط عندما تكون لزوجة مادة ترابط الأسفلت ٠,٢٨ ± ٠,٠٣ باسكال/ ثانية. ويجب اتباع نمط الدمك الذي تم إنشاؤه أثناء إنشاء القطاعات التجريبية. كما ينبغيإكمال دحرجة الدمك قبل أن تنخفض درجة حرارة المزيج الداخلي إلى أقل من ٩٠ درجة مئوية.

وبعد الدمك والدحرجة النهائية، يجب عدم السماح بحركة المرور لمدة ٢٤ ساعة على الأقل، وحتى يجف الرصف بدرجة كافية. كما يجب حماية الأقسام الموضوعة حديثًا من حركة المرور بواسطة الحواجز، أو الطرق المناسبة الأخرى.

٥-٨-٤ التقييم:

بصورة عامة يجب اتباع اختبار تقييم المواد وطبقة الرصف المدموكة، كما هو موضح في الأجزاء الفرعية (٥-٥-٤) و(٥-٦-٤)، اعتمادًا على طبقة رصف التي ستوضع مزيجًا للخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة.

٥-٨-٥ معايير القبول:

٥-٨-٥-١ ضبط الجودة:

يجب على المقاول إجراء جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، وأن يجمع، ويوثق ويحلل النتائج للتأكد من أن جميع المواد الخام من المصدر ومزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة الأسفلت من المصدر والموقع أثناء تنفيذ العمل وطبقة رصف مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة النهائي في نطاق الحدود المقبولة. كما يجب أن يكون مخطط الاختبار الذي يجب على المقاول تنفيذه على المواد الخام وطبقة مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة المدموكة وتكرار هذه الاختبارات وحدود التخصيص وفقًا لما هو محدد في القسمين الفرعيين (٥-٥-٥-١) و (٥-٦-٥-١)بناءً على على طبقة الرصف التي ستوضع مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة عليها. يجب على المقاول تقديم نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

ومن الملاحظ أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لمزيج الأسفلت ومكوناته بواسطة مختبر موافق عليه ومعتمد، إما مختبر المقاول أو مختبر مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، والذي يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل به فنيين مؤهلين.

٥-٨-٥-٢ ضمان الجودة:

ستقوم الجهة المسؤولة بأنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D3665) وإجراء أنشطة الاختبار والتفتيش للتأكد من أن جودة المواد وطبقة رصف مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة المنجزة ضمن متطلبات المواصفات أو تأمر المقاول بالقيام، تحت إشرافها المباشر، ببعض أو كل اختبارات ضبط الجودة الموضحة في القسم السابق وتقرير قبول العمل أو رفضه. سيتم تنفيذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من قبل الجهة المسؤولة.

يجب أن تضمن الجهة المسؤولة جودة الإنتاج عن طريق التحقق من أن المقاول ينفذ إجراءات ضبط الجودة بدقة وفقًا للمواصفات. في هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة تفتيش مختبر المقاول والأجهزة والموظفين الفنيين وطرق الاختبار للتأكد من كفاية وقدرة المقاول الكاملة على تنفيذ العمل وفقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-٨-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مادة مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة الفعلية والمقبولة بالأمتار المكعبة بعد وضعها ودمكها بالسماكة المحددة وضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس. لن يتم إجراء قياس للسمك الإضافي أو مناطق الرصف الموضوعة خارج الحدود المصرح بها ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك.

يجب قياس الطلاء اللاصق ودفع مقابلها كما هو محدد في الجزء (٥-٣-٦) في هذه المواصفات.

ويعتبر دفع مقابل الكميات المقبولة، حسب سعر القياس المذكور في العقد حسب المبين في فاتورة الكميات، تعويض كامل لتوريد جميع المواد والمعدات والعمالة والنفقات اللازمة لإكمال جميع أعمال إنشاء طبقة رصف مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة كما هو محدد. وسيتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٥-٤).

الجدول (٥–٤٠) عناصر الدفع الخاصة بطبقة رصف مزيج الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة.

رقم العنصر	العنصر	الوحدة
٥,١٠	طبقة رصف الخرسانة الأسفلتية الكبريتية الممدة	متر مكعب

٥-٩ الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة:

٥-٩-١ الوصف:

الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة هي خليط أسفلتي ساخن متدرج الفجوات توضعه في طبقة رقيقة فوق غشاء مستحلب دافئ معدل بالبوليمر. يغلق غشاء المستحلب الأسفلتي الرصف الموجود ويربط المزيج متدرج الفجوات بالسطح.

تُستخدم هذه الخلطات بشكل أساسي في المناطق ذات الازدحام المروري الشديد كمعالجة سطحية فوق الأسفلت وأسطح الرصف الخرساني. وتتمثل فوائد الأداء الرئيسية المرتبطة باستخدامها في تحسين مقاومة الانزلاق وتقليل ضوضاء المرور وتقليل الرذاذ والقدرة على تأخير تكسير الانعكاس.

٥-٩-٢ المواد:

٥-٩-٢-١ الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر:

يمكن استخدام أسفلت مستحلب معدّل بالبوليمر أنيوني أو كاتيوني وفقًا لمواصفة AASHTO MP44، وذلك على النحو الذي يختاره المهندس أو المذكور في المواصفات الخاصة.

يجب أن يفي الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الأنيوني بمتطلبات الجدول (٥-٤١).

الجدول (٥–٤١) مواصفات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الأنيوني.

الاختبارات على الأسفلت المستحلب	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة، سايبولت فيوريل عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية	٢٠	١٠٠
اختبار ثبات التخزين، ٢٤ ساعة، %	-	١,٠
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، $CaCl_2$ 0.02 N، %	٤٠	-
اختبار المنخل، %	-	٠,٠٥
مخلفات التبخر، %[3]	٦٣	-
اختبارات على المخلفات من التبخر		
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ٠,١ مم	٨٠	١٥٠

الاختبارات على الأسفلت المستحلب	الحد الأدنى	الحد الأقصى
الاسترداد المرن، ٢٥ درجة مئوية, %	٥٠	-

يجب أن يفي الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الكاتيوني بمتطلبات الجدول (٥-٤٢).

الجدول (٥–٤٢) مواصفات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الكاتيوني.

الدرجة	[1] CRS-1p	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى
الاختبارات على الأسفلت المستحلب		
اللزوجة، سايبولت فيوريل عند ٢٥ درجة مئوية، ثانية [٢،٣]	٢٠	١٠٠
أو		
اللزوجة، مجداف الدوران عند ٢٥ درجة مئوية، ملي باسكال *ثانية [٢،٣]	٤٠	٢٠٠
اختبار ثبات التخزين، 24 ساعة، %[2،3]		١,٠
اختبار شحن الجزيئات [2]	إيجابي	
اختبار المنخل، لا يمر عبر منخل ٨٥٠ ميكرومتر (رقم ٢٠)،% [٢،٣]		٠,٠٥
القابلية للاستحلاب		
35 مل، 0.08% صوديوم ديوكتيل سلفوسينات،% 2 [2]	٤٠	
المخلفات, % [2]	٦٣	
اختبارات على المتبقي من التقطير		
الاختراق، ٢٥ درجة مئوية، ١٠٠ جرام، ٥ ثوانٍ، ٠,١ ملم	٩٠	١٥٠
الاسترداد المرن، ١٠ درجة مئوية، جانب مستقيم، ٥ سم / دقيقة، استطالة ٢٠ سم، تعليق لمدة ٥ دقائق،%	٦٠	
محتوى الرماد،%		١,٠

ملاحظات:

[١] باستثناء اختبار المنخل.

[٢] يتم التنازل عن متطلبات هذا الاختبار وقيود المواصفات المرتبطة بها فيما يخص منتجات الأسفلت المستحلب بعد التخفيف.

[٣] يمكن التنازل عن متطلبات هذا الاختبار على العينات التمثيلية إذا تم تحقيق التطبيق الناجح للمادة في الحقل.

٥-٩-٢-٢ الأسفلت:

يجب اختيار أسفلت بدرجة الأداء للاستخدام الذي يلبي الظروف المناخية المتوقعة وسرعة حركة المرور وحجمها ويتوافق مع متطلبات الجودة الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٢-٥).

٥-٩-٢-٣ الركام:

يجب أن تفتيت الركام المعدني بنسبة ٩٠ في المائة على وجهين أو أكثر بالنسبة لمواد الركام الخشنة التي لا تمر من المنخل بحجم ٢,٣٦ ملم. بالنسبة للركام الناعم المصنوع فقط، يسمح بمرور المواد عبر المنخل حجم ٢,٣٦ ملم.

يجب أن تكون متطلبات الجودة للركام الخشن وفقًا للجدول (٥-٤٣)، وفقًا للمواصفة AASHTO MP44 أو وفقًا لما يحدده المهندس.

الجدول (٥–٤٣) متطلبات الجودة للركام الخشن.

الخصائص	طريقة الاختبار	المتطلبات، %
الكشط بطريقة لوس أنجلوس، خسارة % [1]	AASHTO رقم T96	أقل من ٤٠
مسطحة وممدودة، 3: 1	ASTM D4791	أقل من ٢٥
مؤشر تآكل الركام	AASHTO رقم T210	٢٦٠ بحد أدنى
الجزيئات المكسرة، ذات وجهين،٪	AASHTO رقم T335	٩٠
الجزيئات الضارة	AASHTO رقم T112	١,٠ كحد أقصى
امتصاص المياه، %	AASHTO T85	٣,٠ كحد أقصى
مايكرو ديفال، فقدان %	AASHTO رقم T327	١٨,٠ كحد أقصى
الجاذبية النوعية الظاهرية	AASHTO رقم T331	٢,٥ بحد أدنى
سلامة كبريتات المغنيسيوم، أقصى خسارة،% 5 دورات	AASHTO رقم T104	٢٠
أو		
سلامة كبريتات الصوديوم، أقصى خسارة،% 5 دورات	AASHTO رقم T104	١٥
ملحوظة: [1] يجب إجراء اختبار الكشط على الركام الأصلي الذي اشتُق منه.		

يجب أن تكون متطلبات الجودة للركام الناعم وفقًا للجدول (٥-٤٤)، وفقًا للمواصفة AASHTO MP44 أو وفقًا لما يحدده المهندس.

الجدول (٥–٤٤) متطلبات الجودة للركام الناعم.

الخصائص	طريقة الاختبار	المتطلبات
مكافئ الرمل	AASHTO رقم T176	أكبر من ٤٥

محتوى الفراغ غير المضغوط، %	AASHTO رقم T304	أكبر من ٤٠
امتصاص المياه، %	AASHTO T85	٣,٠ كحد أقصى

٥-٩-٢-٤ الحشو المعدني:

يتم استخدام الجير والرماد المتطاير وذرات الرماد الناعم المجمعة أثناء عملية الخلط أو مواد الحشو الأخرى المعتمدة التي تفي بمتطلبات AASHTO M17، أو AASHTO M295 أو AASHTO M303 إذا كان ذلك مطلوبًا في تصميم الخلطة.

٥-٩-٢-٥ تصميم الخلطة:

يجب تحديد صيغة خلطة العمل لمزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة من المختبر المعتمد من الجهة المسؤولة.

يجب أن يكون محتوى مادة ترابط الأسفلت وتدرج مزيج الركام متوافقًا مع المتطلبات الواردة في الجدول (٥-٤٥)، وفقًا لمواصفة AASHTO PP100، ما لم يحدد المهندس خلاف ذلك أو يكن مذكورًا في المواصفات الخاصة.

الجدول (٥–٤٥) محتوى مادة ترابط الأسفلت وإرشادات تدرج الركام الخاصة بمزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة.

قياس المنخل ملم	**الحجم الأقصى الاسمي للركام**		
	١٢,٥ ملم (½ بوصة)	**٩,٥ ملم (٨/٣ بوصة)**	**٤,٧٥ ملم (رقم ٤)**
١٩ (¾ بوصة)	١٠٠	-	-
١٢,٥ (½ بوصة)	٨٥ - ١٠٠	١٠٠	-
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٥٥ - ٨٠	٨٥ - ١٠٠	١٠٠
٤,٧٥ (رقم ٤)	٢٢ - ٣٨	٢٢ - ٣٨	٤٠ - ٥٥
٢,٣٦ (رقم ٨)	١٩ - ٣٢	١٩ - ٣٢	٢٠ - ٣٢
١,١٨ (رقم ١٦)	١٥ - ٢٤	١٥ - ٢٤	١٥ - ٢٤
٠,٦ (رقم ٣٠)	١١ - ١٨	١١ - ١٨	١١ - ١٨
٠,٣ (رقم ٥٠)	٨ - ١٤	٨ - ١٤	٨ - ١٤
٠,١٥ (رقم ١٠٠)	٥ - ١٠	٥ - ١٠	٥ - ١٠
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	٤,٠ - ٥,٥	٤,٠ - ٥,٥	٤,٠ - ٥,٥
محتوى مادة ترابط الأسفلت، %	٤,٦ - ٦,١	٤,٨ - ٦,١	٥,٠ - ٦,٣
معدل التنسيب الموصى به (كجم / م ^{2}) [1]	٥٠	٤٠	٣٥

ملحوظة:

[1] تعتمد معدلات التنسيب على ٥٤ كجم / م ^{2} باستخدام خلطة بجاذبية نوعية ٢,٥. سوف تتطلب الخلطات ذات الجاذبية النوعية المختلفة معدل تنسيب مكافئ معدل.

علاوة على ذلك، يجب تقييم خلطة الأسفلت من خلال مقاومة التجفيف والرطوبة وتلبية متطلبات الجدول (٥-٤٦).

الجدول (٥–٤٦) متطلبات أداء مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة.

الخصائص	طريقة الاختبار	المتطلبات
التجفيف عند درجة حرارة للإنتاج، %	AASHTO T305	٤,٠
نسبة قوة الشد	AASHTO T283 [١،٢]	٠,٨ دقيقة

ملاحظات:

[١] يجب أن تكون العينات الخاصة بنسبة قوة الشد بقطر ١٥٠ مم) بارتفاع ٩٥ ملم ± ٦ ملم ومضغوطة وفقًا لمواصفة AASHTO T312، وهذا باستثناء العينات حيث يجب أن تكون مضغوطة إلى ١٠٠ تذبذبات و يتم الإبلاغ عن الفراغات الهوائية الناتجة لأغراض إعلامية فقط. يجب أن تكون درجة حرارة الضغط في المختبر ١٥٠ ± ٥ درجة مئوية أو على النحو الموصى به من قبل مورد مواد ترابط الأسفلت.

[٢] يجب اتباع AASHTO T283 مع الاستثناءات التالية:

تكييف الخلطة لمدة ساعتين وفقًا لمواصفة AASHTO R30، القسم ٧,١.

بثق العينات في أسرع وقت ممكن دون الإضرار بالعينة.

استخدام AASHTO T269 لتحديد محتوى الفراغ بناءً على الجاذبية النوعية القصوى لكتلة مزيج طبقة الترصف المقيدة فائقة النحافة المترابطة والمحددة في الماء وفقًا لمواصفة AASHTO T209.

قيد المحتوى الفارغ للعينات.

إذا تم تحقيق نسبة أقل من 55 بالمائة من التشبع، فلن يلزم تكرار الإجراء ما لم يكن الفرق في قوة الشد بين العينات المكررة أكبر من 0.17 ميجا باسكال.

معدلات الاستخدام الموصى بها للأسفلت المستحلب هي عادة ٠,٩ لتر / م٢، ٠,٨ لتر / م٢ و ٠,٦ لتر / م٢ للخلطات ذات الحد الأقصى لحجم الركام الاسمي ١٢,٥ ملم و ٩,٥ و٤,٧٥ ملم على الترتيب. سيقوم المهندس بإجراء تعديلات حقلية على معدل التطبيق الموصى به بناءً على حالة السطح الحالية كما هو موضح في الجدول (٥-٤٧) وفقًا لمواصفة AASHTO PP100. بمجرد تحديد معدل التطبيق المستهدف النهائي، يجب أن يكون التفاوت ٠,٠٩ لتر/م٢.

الجدول (٥–٤٧) تعديلات على معدلات تطبيق طبقة الأسفلت اللاصقة المستحلبة وفقًا لظروف السطح.

حالة السطح الحالية	تعيين الخلطة		
	١٢,٥ملم (½ بوصة)	**٩,٥ملم (٨/٣ بوصة)**	**٤,٧٥ ملم (رقم ٤)**
سطح خرساني أسفلتي مُخدَم	- ٠,٠٩ لتر/م٢	- ٠,١٤ لتر/م٢	- ٠,١٤ لتر/م٢
خرسانة أسفلتية كثيفة غير معتقة	٠	٠	٠
مخلط بشكل مفتوح، جاف، معتق أو مؤكسد	+ ٠,٠٩ لتر/م٢	+ ٠,٠٥ لتر/م٢	+ ٠,٠٥ لتر/م٢
سطح خرساني أسفلتي مكشوط	+ ٠,٠٩ لتر/م٢	+ ٠,٠٥ لتر/م٢	+ ٠,٠٥ لتر/م٢
رصف خرساني من الأسمنت البورتلاندي، أملس أو مصقول	- ٠,١٤ لتر/م٢	- ٠,١٤ لتر/م٢	- ٠,١٤ لتر/م٢
رصف خرساني من الأسمنت البورتلاندي، مكنوس أو محكم	٠	٠	٠

يجب على المقاول تقديم نموذج صيغة خلطة العمل مكتوب للموافقة عليه من قبل المهندس قبل ٣٠ يومًا على الأقل من الإنتاج. يجب أن يتضمن تقرير صيغة خلطة العمل لجميع المعلومات التالية:

- خصائص الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- خصائص مصادر الركام والتدرجات الإجمالية جنبًا إلى جنب مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر مواد الأسفلت وخصائص الأسفلت مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- نسب جميع مكونات خلطة الأسفلت بشكل تناسبي.
- بيانات اختبار معمل خلط الأسفلت وشهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- نوع وموقع المصنع الذي سيتم استخدامه لإنتاج مزيج الأسفلت وشهادة المطابقة للمتطلبات المحددة في AASHTO M156.

٥-٩-٣ الإنشاء:

٥-٩-٣-١ القيود المناخية:

يجب عدم وضع مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة على أي سطح رطب أو أثناء هطول الأمطار أو أثناء العواصف الترابية أو الرملية عندما يكون متوسط درجات الهواء ودرجات حرارة السطح الحالية أقل من ١٠ درجات مئوية.

٥-٩-٣-٢ إنشاء القطاعات التجريبية:

قبل البدء في رصف الإنتاج المنتظم، يجب على المقاول إنشاء أقسام تجريبية للتحقق من كفاءته في إنتاج المواد المطابقة، ويمكن تحقيق الانتشار المناسب ووضع مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة. إذا كانت نتائج الاختبار تتوافق مع المواصفات، فيمكن أن يستمر رصف الإنتاج. وبخلاف ذلك، يجب تركيب شريط اختبار جديد ويجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية من قبل المقاول من أجل جعل المواد المستخدمة وطرق الإنتاج ومعدات وأساليب الإنشاء متوافقة مع المواصفات.

٥-٩-٣-٣ إعداد السطح:

قبل التطبيق، يجب ملء الشقوق التي يزيد عرضها عن ٦ ملم أو سدها، كما يجب ملء أي اختلالات سطحية أعمق من ٢٥ ملم بمزيج ساخن. كما يجب أن يتم تنظيف السطح بالمكنسة الدوارة.

٥-٩-٣-٤ الإنتاج والسحب والتنسيب والدحرجة:

يمكن استخدام مرافق الخلط الساخن القياسية لإنتاج مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة . يتم عرض تفاوتات مزيج الإنتاج في الجدول (٥-٤٨).

الجدول (٥–٤٨) تفاوتات مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة (مرحلة الإنتاج).

قياس المنخل ملم	تفاوتات صيغة خلطة العمل
١٢,٥ (½ بوصة)	± ٥,٠ %
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	± ٥,٠ %
٤,٧٥ (رقم ٤)	± ٥,٠ %
٢,٣٦ (رقم ٨)	≤ ٥,٠ %
١,١٨ (رقم ١٦)	≤ ٥,٠ %

قياس المنخل ملم	تفاوتات صيغة خلطة العمل
٠,٦ (رقم ٣٠)	≤ ٥,٠ %
٠,٣ (رقم ٥٠)	≤ ٥,٠ %
٠,١٥ (رقم ١٠٠)	± ٥,٠ %
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	± ١,٥ %
محتوى مادة ترابط الأسفلت	± ٠,٣ %

يتم تطبيق مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة في مسار واحد ويتطلب استخدام وحدة رصف متخصصة (على سبيل المثال، وحدة رصف بالرش)، كما هو موضح في القسم الفرعي (٥-٤-٣-١-٢). أداة تطبيق المستحلب هي جزء من معدات الرصف وتطبق غشاء المستحلب المعدل بالبوليمر عند درجة حرارة تتراوح بين ٥٠ درجة مئوية و٨٠ درجة مئوية بمعدل التطبيق المحدد. يتم رش غشاء المستحلب أمام ذراع التسوية مباشرة ويوضع الخليط في الأعلى. ويتم مراقبة معدل التطبيق بدقة وباستمرار لضمان تطبيق الغشاء بمعدل التطبيق المحدد وبشكل موحد عبر عرض الرصف بالكامل. ولإنتاج سطح سلس للقيادة وبدون أي مطبات، يجب أن تتحرك شاحنات النقل التي تخدم وحدة الرصف بسلاسة وتسمح باستمرار الرصف بشكل مستمر.

ويجب أن يتكون الضغط من كل منطقة من الحصيرة مع تلقي ما لا يقل عن ممرين باستخدام درفيل أسطواني، الأولى قبل أن تنخفض درجة حرارة الحصيرة إلى أقل من ١١٥ درجة مئوية والثانية قبل أن تنخفض ٩٠ درجة مئوية. تهدف عملية الدمك إلى تثبيت الركام وتوفير سطح أملس. لا توجد متطلبات كثافة سارية.

يمكن السماح بالمرور على السطح الجديد بمجرد اكتمال عملية الدمك وانخفاض درجة حرارة المزيج إلى أقل من ٧٠ درجة مئوية. عادةً ما يتم فتح مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة لحركة المرور في غضون ١٥ دقيقة من التنسيب.

٥-٩-٤ التقييم:

يجب أن تُقيّم مدى ملاءمة المواد، أي الركام والحشو المعدني والأسفلت، للاستخدام في مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة معمليًا من خلال إجراء اختبار الجودة، على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٥-٩-٢). أثناء تصميم المزيج والحصول على الموافقة على صيغة خلطة العمل، يجب إجراء اختبار لتقييم قابلية التأثر بالرطوبة والتجفيف وفقًا لمواصفة AASHTO T283 و AASHTO T305 على الترتيب.

تتضمن مراقبة جودة إنتاج المصنع اختبار مزيج الأسفلت ومكوناته مبدئيًا للتحقق من صيغة خلطة العمل JMF ثم للتحكم في الإنتاج. يهدف اختبار خصائص مواد ترابط الأسفلت والركام، كما هو موضح في الجدول (٥-٤٩)، إلى التحكم في متطلبات الجودة والتحقق من مدى التوافق معها. يشتمل اختبار مزيج الأسفلت على محتوى مادة ترابط الأسفلت وتدرج الركام وقابلية التأثر بالرطوبة والتجفيف. لتحديد محتوى مادة ترابط الأسفلت، يجب إجراء اختبار فرن الإشعال وفقًا لمواصفة AASHTO T308 (أو ASTM D6307) يجب أن تكون في حدود ± ٠,٣ بالمائة من صيغة خلطة العمل JMF. بعد الإذابة بالحرق في الفرن (أو الاستخلاص بالمذيب) لرابط الأسفلت، يُحدّد تدرج مواد الركام المتبقية وفقًا لمواصفة AASHTO T30؛ يجب أن يتوافق مع التفاوتات المسموحة المحددة في الجدول (٥-٤٨). يجب إجراء اختبارات التجفيف والرطوبة ومقاومة التآكل وفقًا لمواصفة AASHTO T305 و AASHTO T283، بشكل نمطي، إلى جانب الاختبار المطلوب أثناء تصميم الخلطة، وذلك لضمان الأداء المناسب لخليط الأسفلت المنتج في المصنع. يجب أن تتبع طريقة أخذ العينات لأخذ العينات من خليط المصنع السائب إما في المصنع أو من خلف الراصفة أو وفقًا لتوجيهات المهندس المختلفة الإجراءات الموضحة في AASHTO R97 (أو ASTM D979). لتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية لفحصها من أجل الامتثال للمتطلبات المحددة، يجب تنفيذ إجراء أخذ عينات عشوائي طبقي وفقًا لـ ASTM D3665. سيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

وفي الحقل، يجب التحقق من معدل تطبيق غشاء المستحلب المعدل بالبوليمر عن طريق قسمة حجم الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر على مساحة الرصف.

إضافة إلى ذلك، يتم قياس نعومة الرصف لأغراض القبول بعد الدمك إما باستقامة ٣ أمتار أو بمحدد بالقصور الذاتي. عندما يكون طول الرصف بالمشروع أقل من ٥٠٠ متر، يتم إجراء الفحوصات الموضعية في مواقع عشوائية عادةً باستخدام أداة تقويم تبلغ ٣ أمتار موضوعة على الرصف ويتم قياس انحراف السطح وتسجيله. يجب ألا تكون هناك نتوءات أو انحدار أكبر من ٣ ملم في أي اتجاه عند قياسها من الحافتين الخارجيتين لمسطرة المحاذاة المستقيمة. وبخلاف ذلك، يجب اختبار السطح باستخدام محدد بالقصور الذاتي عالي السرعة يلبي متطلبات AASHTO M323 بعد معايرتها وفقًا لمواصفة AASHTO R57. يجب قياس موجز بيانات الرصف لكل يوم في كل من طبقات الرصف اليمنى واليسرى باتباع الإجراءات الموضحة في AASHTO R54. يجب حساب متوسط معدل الخشونة الدولي IRI لكل ١٠٠ م ولا يجب أن يكون أكبر من ١,٥ م / كم. ما لم يُحدّد تعديل الدفع، يجب القيام بإجراءات تصحيحية مثل الطحن/التجليخ على البارد أو طبقة التكسية أو الإزالة والاستبدال.

يجب ألا تزيد التفاوتات المسموحة على ارتفاعات السطح النهائي عن ٦ ملم مقارنة بالمستويات المحددة الموضحة في الرسومات. تقاس مستويات القطاع العرضي على مسافات ٢٥ م، على ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر مربع من الطبقة المبنية.

٥-٩-٥ معايير القبول:

٥-٩-٥-١ ضبط الجودة:

يجب على المقاول إجراء جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع ويوثق ويحلل النتائج للتأكد من أن جميع المواد الخام من المصدر ومزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة من المصدر والموقع أثناء تنفيذ العمل ومزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة النهائي في نطاق الحدود المقبولة. الجدول (٥-٤٩) يوضح الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة وتكرار هذه الاختبارات وحدود التخصيص. يجب على المقاول تقديم نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

يجب ملاحظة أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لمزيج الأسفلت ومكوناته بواسطة مختبر موافق عليه ومعتمد، إما مختبر المقاول أو مختبر مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، والذي يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل به فنيين مؤهلين.

الجدول (٥–٤٩) متطلبات ضبط الجودة لمزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت	مواد الأسفلت	في المصدر	شهادة امتثال الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر.	متطلبات الجودة (الجزء ٥,٢,٥)	الجزء الفرعي ٥-٢-٥
	الركام			متطلبات الجودة للركام الخشن والناعم (الجزء ٥,٩,٢,٣)	القسم الفرعي ٥-٩-٢-٣
	الحشو المعدني			AASHTO M17 أو AASHTO M295أو AASHTO M303	القسم الفرعي ٥-٩-٢-٤
	الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر (الغشاء)			AASHTO رقم MP44	القسم الفرعي ٥-٩-٢-١
	قابلية التأثر بالرطوبة		بالنسبة لتصميم الخلطة والموافقة على صيغة خلطة العمل JMF، أو كلما تم تغيير المصدر	AASHTO رقم T283	القسم الفرعي ٥-٩-٢-٥
	التجفيف			AASHTO رقم T305	القسم الفرعي ٥-٩-٢-٥
خليط الأسفلت قيد الاستخدام	محتوى مادة ترابط الأسفلت		تقييم بدء الإنتاج،	AASHTO T308 (أو ASTM D6307)	الجدول ٥-٤٨

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	تدرج الركام	وحدة الخلط الأسفلتي على الساخن، خلطة سائبة من خلف الفرادة	اختبار واحد لكل ٥٠٠ متر مكعب أو ١ يوميًا كحد أدنى	AASHTO رقم T30	الجدول ٥-٤٨
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO رقم T283	القسم الفرعي ٥-٩-٥-٢
	التجفيف			AASHTO رقم T305	القسم الفرعي ٥-٩-٥-٢
	معدل تطبيق الغشاء	موقع المشروع	كل يوم عمل	الجزء ٥,٩,٤	القسم الفرعي ٥-٩-٥-٢
طبقة الرصف المدموكة	نعومة السطح	موقع المشروع	كل يوم عمل	AASHTO رقم R54	الجزء الفرعي ٥-٩-٤
	مستويات وأبعاد الأعمال		٥ قياسات لكل ١,٠٠٠ متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٥-٩-٤

٥-٩-٥-٢ ضمان الجودة:

ستقوم الجهة المسؤولة بأنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لـ ASTM D3665) وإجراء أنشطة الاختبار والفحص للتأكد من أن جودة المواد والطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة المنجزة ضمن متطلبات المواصفات أو تأمر المقاول بالقيام، تحت إشرافها المباشر، ببعض أو كل اختبارات ضبط الجودة الموضحة في القسم السابق وتقرير قبول العمل أو رفضه. سيتم تنفيذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من قبل الجهة المسؤولة.

ويجب أن تضمن الجهة المسؤولة جودة الإنتاج عن طريق التحقق من أن المقاول ينفذ إجراءات ضبط الجودة بدقة وفقًا للمواصفات. في هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة تفتيش مختبر المقاول والأجهزة والموظفين الفنيين وطرق الاختبار للتأكد من كفاية وقدرة المقاول الكاملة على تنفيذ العمل وفقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-٩-٦ القياس والدفع:

يجب أن تقاس كميات مادة مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة الفعلية والمقبولة بالأمتار المكعبة بعد وضعها ودمكها بالسماكة المحددة وضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو وفقًا لتعليمات المهندس. يقاس غشاء الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر بالمتر المربع للمناطق التي يتم رشها ضمن الحدود الموضحة في المخططات والتي يحددها أو يطلبها المهندس. لن يتم إجراء قياس للسمك الإضافي أو مناطق الرصف الموضوعة خارج الحدود المصرح بها ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك.

ويعتبر الدفع مقابل الكميات المقبولة، حسب سعر القياس المذكور في العقد حسب المبين في فاتورة الكميات، تعويض كامل لتوريد جميع المواد والمعدات والعمالة والنفقات اللازمة لإكمال جميع أعمال إنشاء مزيج الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة كما هو محدد. وسيتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٥-٥٠).

الجدول (٥–٥٠) عناصر الدفع الخاصة بطبقة الترصف المقيدة فائقة النحافة.

رقم العنصر	العنصر	الوحدة
٥,١١	الطبقة السطحية المترابطة فائقة النحافة	م^{٣}
٥,١٢	الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر	م^{٢}

٥-١٠ طبقة الأسفلت السطحية الرقيقة:

٥-١٠-١ الوصف:

يصف هذا القسم ثلاثة أنواع من خلطات الأسفلت الساخنة التي تم تطويرها للتنفيذ في طبقات رقيقة ضمن أعمال صيانة الطرق (MoTLS, 2021). تم تعيين هذه الخلطات على أنها (7F-RA-Mega Thin, 8F-RA-Medium Thin and 9F-RA-Ultra Thin)، حيث يرمز F إلى مجموع الاحتكاك، و RA يرمز إلى تجنب الأخاديد و ميجا / متوسط / رقيق للغاية لسمك الطبقة (أي ٣٠ ± ٥ ، ٢٠ ± ٥ ، ٢٠ ± ٥ مم، وفقًا لذلك). يمكن استخدام الخلطات المذكورة أعلاه بشكل انتقائي وفقًا لظروف السطح من حيث ضائقة السطح الحالية (النوع والخطورة والكثافة)، كما هو موضح في الملحق هـ، ولا يتم حسابها ضمن تقييم السعة الإنشائية الإجمالية لقسم الرصف.

٥-١٠-٢ المواد:

٥-١٠-٢-١ الركام:

يجب إنتاج الركام الخشن (بحد أقصى ٦,٣ ملم و٩,٥ مم) من الصخور النارية ثنائية القاعدة والمطابقة لمتطلبات الجودة الموضحة في القسم (٣-٦-١-٢ من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). علاوة على ذلك، يجب أن يكون للركام الخشن قيمة حجر مصقول تبلغ ٣٥ أو أعلى عند اختباره باستخدام جهاز اختبار البندول البريطاني وفقًا للمواصفة D3319 ASTM وE303 ASTM (أو AASHTO T278). يجب أن يتوافق تدرج الركام الخشن مع متطلبات الجدول (٥-٥١).

الجدول (٥–٥١) متطلبات تدرج الركام الخشن.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور			
	٩,٥ (٨/٣ بوصة)		٦,٣ ملم (¼ بوصة)	
	أقل	أعلى	أقل	أعلى
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	١٠٠	١٠٠		
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٨٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٦,٣ (¼ بوصة)			٨٥	١٠٠
٤,٧٥ (رقم: ٤)	٥	٢٠	٥٠	٧٠
٢,٣٦ (رقم: ٨)	٠	١٠	١٠	٢٥
١,١٨ (رقم: ١٦)			٠	١٠
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)				

يجب اختيار الركام الناعم من المصادر المعتمدة وإنتاجه من خلال تفتيت الصخور العادية القوية الخالية من المواد الضعيفة والتربة السطحية. يجب أن يتوافق الركام الناعم مع متطلبات الجودة الموضحة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) ومتطلبات التدرج في الجدول (٥-٥٢).

الجدول (٥–٥٢) متطلبات تدرج الركام الناعم.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور	
	أقل	أعلى
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	١٠٠	١٠٠

حجم المنخل ملم	نسبة المرور	
	أقل	أعلى
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠	١٠٠
٤,٧٥ (رقم: ٤)	٩٠	١٠٠
٢,٣٦ (رقم: ٨)	٥٠	٧٥
١,١٨ (رقم: ١٦)	٣٠	٥٠
٠,٦ (رقم: ٣٠)	١٥	٤٠
٠,٣ (رقم: ٥٠)	١٠	٢٥
٠,١٥ (رقم: ١٠٠)	٥	١٥
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	٢	١٠

٥-١٠-٢-٢ الحشو المعدني:

يجب أن يكون الحشو المعدني، حسب الاقتضاء، مطابقًا لمتطلبات الجودة والتدرج الواردة في القسم الفرعي (٥-٢-٣-٣).

٥-١٠-٢-٣ الأسفلت:

يجب اختيار درجة الأسفلت بناءً على مناطق درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية، كما هو محدد في الجزء الفرعي (٣-٥-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). بالنسبة للطرق والطرق المزدوجة، يجب استخدام أسفلت معدل باستخدام ستايرين-بيوتادين- ستايرين، SBS (نوع شعاعي) مطابق لمتطلبات الجودة المحددة في القسم الفرعي (٥-٢-٥-٤-٢).

٥-١٠-٢-٤ تصميم الخلطة:

يجب استخدام طريقة تصميم خلطة مارشال أو طريقة تصميم خلطة سوبربيف في الجزء (٣-٦) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) في تصميم خلطات 7F-RA و8F-RA و9F-RA. وتتم الإشارة إلى طريقة تصميم الخلطة المقرر استخدامها في المواصفات الخاصة أو تعليمات المهندس.

يجب أن يكون محتوى المادة الرابطة للأسفلت وتدرج مزيج الركام وفقًا للمتطلبات الواردة في الجدول (٥-٥٣).

الجدول (٥–٥٣) نطاقات مواصفات التدرج لخلطات الأسفلت الرقيقة السطحية.

حجم المنخل ملم	نسبة المرور (%)					
	7F - RA - Mega Thin		8F-RA-Medium Thin		9F-RA-Ultra Thin	
	أقل	أعلى	أقل	أعلى	أقل	أعلى
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠		
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	٩٠	١٠٠	٩٨	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤,٧٥ (رقم: ٤)	٥٠	٧٠	٦٥	٨٥	٨٠	٩٥

حجم المنخل ملم	نسبة المرور (%)					
	7F - RA - Mega Thin		8F-RA-Medium Thin		9F-RA-Ultra Thin	
	أقل	أعلى	أقل	أعلى	أقل	أعلى
٢,٣٦ (رقم: ٨)	٢٥	٥٠	٣٠	٥٥	٥٠	٨٥
١,١٨ (رقم: ١٦)	٢٠	٤٠	٢٠	٤٥	٤٠	٦٥
٠,٦ (رقم: ٣٠)	١٢	٣٠	١٢	٣٠	٢٥	٥٠
٠,٣ (رقم: ٥٠)	٨	٢٢	٨	٢٢	١٥	٣٥
٠,١٥ (رقم: ١٠٠)	٥	١٤	٥	١٤	٧	٢٢
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	٢	١٠	٢	١٠	٤	١٢
محتوى طبقة الربط الأسفلتية (%)	٦-٥		٧-٥		٨-٥	

عند اختيار طريقة مارشال، يجب أن يفي تصميم المزيج الأمثل بمعايير مارشال ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في الجدول (٥-٥٤).

الجدول (٥–٥٤) متطلبات تصميم الخلطات الرقيقة السطحية الأسفلتية (طريقة مارشال).

الخصائص	متطلبات التصميم		
	7F - RA - Mega Thin	8F-RA-Medium Thin	9F-RA-Ultra Thin
عدد الضربات	٧٥	٧٥	٧٥
الاستقرار، كجم	١,٠٠٠، كحد أدنى	١,٠٠٠، كحد أدنى	١,٠٠٠، كحد أدنى
التدفق (مم)	٤-٢	٤-٢	٤-٢
نسبة الفراغات الهوائية (٪)	٦-٤	٦-٤	٦-٤
النسبة المئوية للفراغات في ركام مينيرال (VMA)	١٦، كحد أدنى	١٧، كحد أدنى	١٨، كحد أدنى
نسبة الفراغات المملوءة بالأسفلت (VFA)	٧٥-٦٥	٨٠-٦٥	٨٥-٦٥
نسبة قوة الشد (٪)، الرطوبة ITS	٨٠، كحد أدنى	٨٠، كحد أدنى	٨٠، كحد أدنى
عمق الروت (مم)، ١٥٠٠٠ التكرار @ مسار عجلة هامبورغ	١٢,٥، كحد الأقصى	١٢,٥، كحد الأقصى	١٢,٥، كحد الأقصى

عند اختيار طريقة سوبربيف، يجب أن يفي تصميم المزيج الأمثل بمعايير مارشال والحجم ومتطلبات اختبار الأداء المحددة في الجدول (٥-٥٥).

الجدول (٥–٥٥) متطلبات تصميم الخلطات الرقيقة السطحية الأسفلتية (طريقة سوبربيف).

الخصائص		متطلبات التصميم		
		F - RA - Mega Thin[٧]	8F-RA-Medium Thin	9F-RA-Ultra Thin
نسبة الجاذبية النوعية القصوى النظرية (G_{mm}) %	عدد الدورانات			
	٨ (N_{ini})	≥ ٨٩	≥ ٨٩	≥ ٨٩
	١٠٠ (N_{des})	٩٦	٩٦	٩٦
	١٦٠ (N_{max})	≥ ٩٨	≥ ٩٨	≥ ٩٨
نسبة الفراغات الهوائية (٪)		٦-٤	٦-٤	٦-٤
النسبة المئوية للفراغات في ركام مينيرال (VMA)		١٦، كحد أدنى	١٧، كحد أدنى	١٨، كحد أدنى
نسبة الفراغات المملوءة بالأسفلت (VFA)		٨٠-٦٥	٨٠-٦٥	٨٠-٦٥
نسبة الغبار		٢-١,٥	٢-١,٥	٢-١,٥
نسبة قوة الشد (٪)، الرطوبة ITS		٨٠، كحد أدنى	٨٠، كحد أدنى	٨٠، كحد أدنى
عمق الروت (مم)، ١٥٠٠٠ التكرار @ مسار عجلة هامبورغ		١٢,٥، كحد الأقصى	١٢,٥، كحد الأقصى	١٢,٥، كحد الأقصى

٥-١٠-٣ الإنشاء:

٥-١٠-٣-١ القيود المناخية:

يجب وضع خلطات سطح الأسفلت الرقيقة عندما تكون درجة حرارة الهواء أعلى من ٥ درجات مئوية.

٥-١٠-٣-٢ إنشاء قطاعات تجريبية:

قبل البدء في رصف الإنتاج المنتظم، يجب على المقاول إنشاء أقسام تجريبية للتحقق من كفاءتها في إنتاج المواد المتوافقة، ويمكن تحقيق الانتشار المناسب ووضع خلطات السطح الرقيق (7F-RA, 8F-RA and 9F-RA). إذا كانت نتائج الاختبار تتوافق مع المواصفات، فيمكن أن يستمر الرصف. وخلاف ذلك، يجب تركيب شريط اختبار جديد ويجب اتخاذ إجراءات تصحيحية من قبل المقاول من أجل جلب المواد المستخدمة وطرق الإنتاج ومعدات الإنشاء والتقنيات للامتثال للمواصفات. لا تعفي الموافقة على الشرائط التجريبية المقاول من مسؤولياته عن تلبية المواصفات أثناء تنفيذ العمل الفعلي.

٥-١٠-٣-٣ إعداد السطح:

عادة ما يتم تنفيذ أعمال الأسفلت دون الحاجة إلى إزالة الأسفلت القديم، تتم إزالة عيون القطة فقط. تتم أعمال الإصلاح والمعالجة لطبقات الأسفلت القديمة فقط داخل المناطق التي تحتوي على اضطرابات سطح معتدلة إلى عالية الخطورة والكثافة، كما هو محدد في

الملحق هـ. قبل نشر وضغط خلطة سطح الأسفلت الرقيق (مثل: 7F-RA, 8F-RA, or 9F-RA)، يُنظف سطح الأسفلت الحالي وتُرش طبقة لاصقة من الأسفلت المخفض السريع المعالجة، كما هو محدد من قبل المهندس.

٥-١٠-٣-٤ الإنتاج والسحب والصب والضغط:

يمكن استخدام مرافق الخلط الساخن القياسية لإنتاج خلطات (7F-RA, 8F-RA and 9F-RA). يتم عرض تفاوتات مزيج الإنتاج في الجدول (٥-٥٦).

الجدول (٥–٥٦) تفاوتات الخلطات الرقيقة السطحية للأسفلت في تركيبة المزيج الوظيفي (مرحلة الإنتاج).

حجم المنخل ملم	نسبة المرور (%)		
	7F-RA-Mega Thin	8F-RA-Medium Thin	9F-RA-Ultra Thin
١٢,٥ (٢/١ بوصة)			
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	± ٤	± ٤	± ٤
٤,٧٥ (رقم: ٤)	± ٤	± ٤	± ٣
٢,٣٦ (رقم: ٨)	± ٤	± ٣	± ٣
١,١٨ (رقم: ١٦)	± ٣	± ٣	± ٣
٠,٦ (رقم: ٣٠)	± ٣	± ٣	± ٣
٠,٣ (رقم: ٥٠)	± ٢	± ٢	± ٣
٠,١٥ (رقم: ١٠٠)	± ٢	± ٢	± ٣
٠,٠٧٥ (رقم: ٢٠٠)	± ٢	± ٢	± ٢
محتوى البيتومين (%)	± ٠,٤	± ٠,٤	± ٠,٤

يشبه سحب هذه الخلطات ووضعها ودمكها إلى حد كبير خلطات رصف الأسفلت التقليدية. يتم استخدام نفس معدات الإنشاء والعملية دون أي تعديل.

يتم الدمك مباشرة خلف الرصف باستخدام مداحل ثابتة ذات عجلات فولاذية فقط. يجب اتباع نمط التدحرج الذي تم إنشاؤه أثناء إنشاء الأقسام التجريبية.

٥-١٠-٤ التقييم:

يجب تقييم ملاءمة المواد، أي الركام والحشو المعدني والأسفلت للاستخدام في خلطات الأسطح الرقيقة (7F-RA, 8F-RA و-9F RA) من خلال إجراء اختبار الجودة، كما هو محدد في الجزء الفرعي (٥-١٠-٢). أثناء تصميم المزيج ولموافقة JMF، يجب إجراء اختبار لتقييم قابلية الرطوبة ومقاومة التآكل لكل من AASHTO T283 و AASHTO T324، على التوالي.

وتتضمن مراقبة جودة إنتاج المصنع اختبار خليط الأسفلت ومكوناته في البداية للتحقق من صيغة خلطة العمل ثم لمراقبة الإنتاج. يهدف اختبار خصائص المادة الرابطة للأسفلت والركام ، كما هو موضح في الجدول (٥-٥٧)، إلى التحكم والتحقق من المطابقة لمتطلبات الجودة. ويتضمن اختبار خلط الأسفلت محتوى المادة الرابطة للأسفلت وتدرج الركام وتلف الرطوبة ومقاومة التآكل. ولتحديد محتوى المادة الرابطة الأسفلتية، يجب إجراء اختبار فرن الإشعال وفقًا لـ AASHTO T308 (أو ASTM D6307). ويجب أن يكون ضمن ± ٠,٤ في المئة من JMF. وبعد احتراق الفرن من مادة الربط الأسفلتية يُحدّد تدرج مواد الركام المتبقية طبقًا لـ (AASHTO T30)؛ يجب أن تتوافق مع التفاوتات المسموحة المحددة في الجدول (٥-٥٦). يجب إجراء اختبارات مقاومة الرطوبة والتشقق طبقًا لـ (AASHTO T305 وAASHTO T324)، على التوالي،

بشكل روتيني، بما يتجاوز الاختبار المطلوب أثناء تصميم الخلطة ، لضمان الأداء الكافي لخليط الأسفلت المنتج في المصنع. يجب أن تتبع طريقة أخذ العينات لأخذ العينات من خليط المصنع السائب إما في المصنع أو من خلف آلة الرصف أو وفقًا لتوجيهات المهندس المختلفة الإجراءات الموضحة في AASHTO R97 (أو ASTM D979). ولتحديد الموقع أو الوقت، أو كليهما، لأخذ عينات تمثيلية ليتم اختبارها من حيث الامتثال للمتطلبات المحددة، يجب أخذ عينات عشوائية طبقية وفقًا لـ ASTM D3665. وسيؤدي ذلك إلى تقليل أي تحيز غير مقصود من جانب الشخص الذي يأخذ العينات.

في هذا المجال، يجب اختبار ضغط خلطات الأسطح الرقيقة 7F-RA و 8F-RA و 9F-RA لضمان تحقيق درجة ضغط مناسبة. يجب أن يستمر الدمك حتى تكون الفراغات الهوائية في مكانها ضمن النطاق ٤ - ٧ ٪. ويُحدّد الكثافة في الموقع من الأنوية التي تم الحصول عليها باتباع AASHTO R67 في مواقع مختارة عشوائيًا طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لاختبار المواد رقم: D3665 واختبارها في المعمل طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: T166 (أو طرق أخرى قابلة للتطبيق) بعد التجفيف بالتفريغ طبقًا لAASHTO R97. وتتم بعد ذلك مقارنة هذه البيانات بكثافة السوائب في العينات المدموكة في المعمل (إما باستخدام ضاغط مارشال طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: R68 أو جهاز الدحرجة المحوري فائق الأداء طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: R83) من عينات أسفلت الإنتاج كل يوم. وطبقًا لذلك ، يجب أن يعتمد حساب الفراغات الهوائية في الموقع على أقصى ثقل نظري نوعي لخليط المنتج المحدد على أساس يومي. وبدلًا من ذلك، يمكن استخدام تقنيات غير إتلافية لتحديد الكثافة في الموقع باستخدام مقياس كثافة نووية في نمط التشتت العكسي طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: T355 أو مقياس كثافة غير نووية طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: T343 (أو ASTM D7113؛ ويجب أخذ ثلاثة قياسات على الأقل عند موقع فردي وحساب متوسط للحصول على متوسط قراءة الكثافة. وللتفسير الصحيح لهذه الاختبارات، يجب إجراء معايرة البيانات باستخدام بيانات كثافة السوائب من الأنوية المعالجة طبقًا لمعيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: T166 أو طرق الاختبار الأخرى المعمول بها. وينطبق الاختبار غير الإتلافي على تقييم كثافة الحصيرة والوصلة. يجب ألا يختلف الحد الأدنى لمتطلبات الفواصل عن ٢ في المائة مقارنة بالكثافة و/أو الفراغات الهوائية في الحصيرة.

ويقاس سمك طبقة سطح الرقيقة الأسفلت المنجزة كما تم صبها ودمكها، من الأنوية التي تم الحصول عليها من مواقع عشوائية. ويتم بوجهٍ عام قياس العينات المجوفة المثبتة لتقييم الدمك للسُمك قبل اختبار كثافة السوائب. ويُحدّد سمك كل نواة باستخدام مجموعة من الفرجار، مقربة لأعلى إلى أقرب ١ مم، باتباع معيار الجمعية الأمريكية لاختبار المواد رقم: D3549. على ألا يزيد سمك الطبقة عن ٣ ملم عن السمك المحدد في المخططات أو المواصفات الخاصة أو وثائق العقد.

بالإضافة إلى ذلك، يتم قياس سلاسة الرصف لأغراض القبول بعد الدمك إما بمسطرة مستقيمة مقاس ٣ أمتار أو جهاز رسم المقطع الجانبي بالقصور الذاتي. وحين يكون طول رصف المشروع أقل من ٥٠٠ م، يتم إجرا عمليات فحص عشوائية في مواقع عشوائية بمسطرة مستقيمة مقاس ٣ أمتار توضعها على الرصف ويتم قياس انحراف السطح وتسجيله. على ألا تكون هناك أي نتوءات أو منحدرات أكبر من ٣ ملم في أي اتجاه عند قياسها من الحواف الخارجية للمسطرة المستقيمة. وإلا، يجب اختبار السطح باستخدام جهاز رسم المقطع الجانبي بالقصور الذاتي الذي يلبي متطلبات معيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: M323 بعد معايرتها طبقًا لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: R57. ويتم قياس شكل إنتاج الرصف في كل يوم في مسارات العجلات اليمنى واليسرى باتباع الإجراءات الموضحة في معيار الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل رقم: R54. ويتم حساب متوسط مؤشر الخشونة الدولي لكل ١٠٠ م ويجب ألا تزيد عن ١,٥ م/ كم وما لم يُحدّد تعديل في الدفع، يتم اتخاذ الإجراءات التصحيحية مثل الطحن/ التفتيت عل البارد أو طبقة التكسية أو الإزالة أو الاستبدال.

ويجب ألا تزيد التفاوتات ارتفاعات السطح النهائي عن ٦ ملم عند مقارنتها بالمستويات المحددة الموضحة في الرسومات. ويتم قياس مستويات القطاع العرضي كل ٢٥ م، شريطة ألا يقل عدد المقاطع عن ٥ لكل ٢٠٠٠ متر مربع من الطبقة المبنية.

٥-١٠-٥ معايير القبول:

٥-١٠-٥-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها لضمان توفر المواد الخام في المنبع وخليط 7F-RA أو 8F-RA أو 9F-RA في المنبع وفي الموقع أثناء تنفيذ العمل وأن تكون طبقة الأساس النهائية ضمن الحدود المقبولة. الجدول (٥-٥٧) يوضح الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقات المدموكة وعدد تكرار هذه الاختبارات والحدود المسموحة. يجب أن يُقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

وتجدر الإشارة إلى أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لخليط الأسفلت ومكوناته على يد معمل معتمد ومصدق، سوا كان تابعًا للمقاول أو معمل مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، على أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل فيه فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٥٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات أسطح الأسفلت الرقيقة 7F-RA, 8F-RA و 9F-RA.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت	مواد الأسفلت	في المنبع	شهادة امتثال الجهة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر	متطلبات الجودة (القسم الفرعي ٥-٢-٥-٤-٢)	القسم الفرعي (٥-٢-٥-٤-٢)
	الركام			متطلبات الجودة والدرجات للركام الخشن والناعم (القسم الفرعي ٥-١٠-٢-١)	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-١)
	الحشو المعدني				القسم الفرعي (٥-٢-٣-٣)
	الحساسية للرطوبة		بالنسبة لتصميم الخلطة واعتماد صيغة خلطة العمل، أو عندما يتم تغيير المصدر	AASHTO T283	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
	مقاومة التخدد			AASHTO T324	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
الخليط بالأسفلت المستخدم	محتوى الربط الأسفلتي	مصنع الأسفلت المخلوط على الساخن الخليط السائب من خلف آلة الرصف،	تقييم بدء الإنتاج، اختبار واحد (١) كل ٥٠٠ م٣ أو ١ كل يوم على الأقل	AASHTO T308 (or ASTM D6307)	الجدول (٥-٥٦)
	تدرج الركام			AASHTO T30	الجدول (٥-٥٦)
	الحساسية للرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
	مقاومة التشقق			AASHTO T324	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
الطبقة المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد (١) كل ١,٠٠٠ م٢ من الطبقة النهائية على الأقل	AASHTO T166 AASHTO T355 AASHTO T343 (or ASTM D7113)	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
	السُمك			ASTM D3549	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
	نعومة السطح		كل يوم عمل	AASHTO R54	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)
	مستويات الأعمال وأبعادها		٥ قياسات كل ١,٠٠٠ م٢	قياسات المسح	القسم الفرعي (٥-١٠-٢-٤)

٥-١٠-٥-٢ ضمان الجودة:

تأخذ الجهة المسؤولة عينات لفحص قبولها (وفقًا لـ ASTM D3665) وإخضاعها للاختبار والفحص للتأكد من أن جودة المواد (أي 7F-RA أو 8F-RA أو 9F-RA) وطبقة قاعدة الرقيقة الأسفلت النهائية تستوفي متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، تحت إشرافها المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة المحدد في القسم السابق وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. ستُمارس الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

ويجب على الجهة المسؤولة ضمان جودة الإنتاج من خلال التحقق من أن المقاول يؤدي إجراءات ضبط الجودة طبقًا للمواصفات. وفي هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة فحص معمل المقاول وأجهزته وموظفيه الفنيين وطرق الاختبار لضمان الكفاية والقدرة الكاملة للمقاول في تنفيذ الأعمال طبقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-١٠-٦ القياس والدفع:

تقاس كميات مواد سطح الأسفلت الفعلية والمقبولة 7F-RA أو 8F-RA أو 9F-RA بالمتر المربع بعد وضعها ودمكها وفقًا للسمك المحدد والأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات أو حسب تعليمات المهندس. ولا يتم قياس السمك الإضافي أو المناطق التي تم وضع الرصف فيها خارج الحدود المصرح بها، ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك.

تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة بسعر القياس الوارد في العقد كما هو مدرج في فاتورة الكميات تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات والعمال والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء طبقة سطح الرقيقة الأسفلت على النحو المُحدد. يتم الدفع وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٥-٥٨).

الجدول (٥–٥٨) عناصر مدفوعات طبقة سطح الأسفلت الرقيقة.

رقم البند	البند	الوحدة
٥,١٣	طبقة سطح الأسفلت الرقيقة F - RA - Mega٧	م٢
٥,١٤	طبقة سطح الأسفلت الرقيقة 8F-RA-Medium	م٢
٥,١٥	طبقة سطح الأسفلت الرقيقة 9F-RA-Ultra	م٢

٥-١١ طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها:

٥-١١-١ الوصف:

تشير طبقات الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها إلى طبقات الرصف التي تتكون من مزيج الأسفلت الساخن المعاد تدويرها والتي تتضمن استخدام طبقات الرصف الأسفلتية والاستفادة منها، ويتم إنتاجها في مصانع الخلط (إعادة تدوير الخلط المركزي على الساخن) أو في الموقع باستخدام تقنيات ومعدات مناسبة (إعادة التدوير في الموقع على الساخن).

تتضمن عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع العملية التي يتم فيها دمج طبقات الرصف الأسفلتية المعالجة (أو المجزأة) مع الركام الأولي ومواد ترابط الأسفلت الجديد في مصنع خلط مركزي لإنتاج خلطات رصف جديدة ذات مزيج ساخن.

أما إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، فهو عبارة عن طريقة تتم في الموقع تعمل على إعادة تأهيل طبقات الرصف الأسفلتية المتدهورة. تتكون هذه الطريقة من التسخين والتليين والخدش والخلط ووضع وضغط الرصف الحالي، وبالتالي تقليل استهلاك المواد الأولية الجديدة. إنها طريقة إعادة تأهيل فعالة يتم استخدامها لتصحيح ضغوط السطح، مثل التجريف والحفر والتحلب وفقدان الاحتكاك والتشققات الطفيفة والتمويج والدفع البسيط والانزلاق والتكسير الطولي والعرضي والانعكاس ونوعية الطرق الرديئة. تتمثل مزايا إعادة التدوير بالتسخين في الموقع في الحفاظ على الارتفاعات كما أنها قليلة التكلفة نسبيًا وتحتاج إلى قدر أقل من التحكم المروري بخلاف طرق إعادة التأهيل الأخرى. يمكن أيضًا استخدام هذه العملية لإعادة طلاء الركام المنزوع وإعادة إنشاء نقاط مرتفعة والصرف وتعديل تدرج الركام ومحتوى الأسفلت وتحسين مقاومة الاحتكاك السطحي. تجدر الإشارة إلى أنه لكي تكون عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع مجدية وناجحة، يجب أن يكون رصف الأسفلت الحالي قادرًا على دعم معدات إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، وعادة ما يكون الحد الأدنى لسمك طبقات الأسفلت ٨٠ ملم. هناك ثلاث عمليات أساسية من إعادة التدوير بالتسخين في الموقع: إعادة تدوير السطح وإعادة المزج وإعادة الرصف (ARRA, 2015).

٥-١١-٢ المواد:

٥-١١-٢-١ الأسفلت:

يجب أن تكون درجة اختراق المواد الأسفلتية أو درجة لزوجة أو درجة أداء يتم اختيارها لتلبية الظروف المناخية وسرعة حركة المرور وحجمها أو الأسفلت المعدل، على أن تتوافق جميعها مع متطلبات الجودة الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٢-٥).

٥-١١-٢-٢ طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها:

يتم إنشاء طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها عادةً من خلال عمليتين للاستخلاص: الكشط البارد والإزالة بعمق كامل. يتم استخدام الكشط البارد، كما تمت مناقشته في الجزء (٥-١٢)، بشكل متكرر في برنامج إعادة التأهيل حيث تتم إزالة الطبقة العليا من الرصف الحالي واستبدالها بطبقة أسفلت جديدة لإطالة العمر التشغيلي للرصف. أما عملية الإزالة كاملة العمق فتتضمن تكسير الرصف إلى بلاطات يمكن التحكم فيها باستخدام الجرافات أو اللوادر الأمامية، وتحميلها في شاحنات لنقلها إلى موقع إعادة المعالجة حيث يتم تفتيتها بعد ذلك إلى أحجام قابلة للاستخدام لإعادة التدوير.

يجب تقييم طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛ لتحديد خصائص الركام ومادة الترابط كما هو مطلوب في تصميم الخلطة.

٥-١١-٢-٣ الركام:

يجب أن يتوافق الركام الخشن والناعم الذي سيتم استخدامه مع متطلبات الجودة والتدرج المنصوص عليها في الأقسام الفرعية (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٢)، على التوالي.

إذا لزم الأمر لضمان مقاومة الانزلاق الكافية لخليط سطح الأسفلت المعاد تدويره، يجب اختيار الركام الخشن المقاوم للمعان (على سبيل المثال، ركام خبث الصلب). ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو حسب تعليمات المهندس، يجب أن يكون قيمة الحجر المصقول للركام الخشن ٥٠ أو أكثر عند اختباره باستخدام جهاز اختبار البندول البريطاني وفقًا للمواصفات ASTM D3319 وASTM E303 (أو AASHTO T278).

بعد إنشاء صيغة خلطة العمل، يجب تطبيق متطلبات الجودة على مزيج الركام والمواد الأولية وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.

٥-١١-٢-٤ عوامل إعادة التدوير:

يتم تصنيف عوامل إعادة التدوير التي سيتم استخدامها في إعادة التدوير الساخنة بناءً على ASTM D4552. وتصنيفات عوامل التدوير هي اللزوجة المتدرجة مع تعيين رقم أقل يمثل أقل لزوجة. تم تصميم معدلات اللزوجة لتجنب التداخل ولتوفير مرونة كافية لتلبية مجموعة واسعة من المنتجات. يجب أن تكون جميع عوامل إعادة التدوير المصنفة متجانسة وتتدفق بحرية عند درجة حرارة الضخ، ويجب أن تتوافق مع المتطلبات الموضحة في الجدول (٥-٥٩).

الجدول (٥–٥٩) الخصائص الفيزيائية لعوامل إعادة تدوير الخلط الساخن.

الاختبار	ASTM	٠ RA		١ RA		٥ RA		٢٥ RA	
	طريقة الاختبار	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة ٦٠ درجة مئوية، م٢/ثانية	D2170	١٠	٤٩	٥٠	١٧٥	١٧٦	٩٠٠	٩٠١	٤٥٠٠
نقطة الوميض COC, درجة مئوية	D92	٢١٩		٢١٩		٢١٩		٢١٩	
درجة التشبع، وزن [١]	D2007		٣٠		٣٠		٣٠		٣٠
اختبارات على المخلفات من RTFO 163 درجة مئوية	D2872								
معدل اللزوجة [٢]	D2872		٣		٣		٣		٣

الاختبار	ASTM	٠ RA		١ RA		٥ RA		٢٥ RA	
	طريقة الاختبار	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
تغيير وزن، ±،٪	D2872		٤		٤		٤		٤
الثقل النوعي عند ٢٥ درجة مئوية	D70 أو D1298	٠,٩	١,١	٠,٩	١,١	٠,٩	١,١	٠,٩	١,١

ملاحظات:

[١] لم يتم إثبات ملاءمة طريقة الاختبار D2007 لقياس محتوى التشبع وتحديد مدى توافق عوامل إعادة التدوير غير البترولية. قد يلزم إجراء اختبارات إضافية لتقييم مدى توافق عوامل إعادة التدوير غير البترولية.

[٢] نسبة اللزوجة = لزوجة المخلفات من اختبار RTFO عند ٦٠ درجة مئوية / اللزوجة الأصلية عند ٦٠ درجة مئوية.

الجدول (٥--٥٩) الخصائص الفيزيائية لعوامل إعادة تدوير الخلط الساخن.

الاختبار	ASTM	٧٥ RA		٢٥٠ RA		٥٠٠ RA	
	طريقة الاختبار	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اللزوجة ٦٠ درجة مئوية، ملم ٢ /ثانية	D2170	٤٥٠١	١٢٥٠٠	١٢٥٠١	٣٧٥٠٠	٣٧٥٠١	٦٠٠٠٠
نقطة الوميض COC, درجةمئوية	D92	٢١٩		٢١٩		٢١٩	
درجة التشبع، وزن [١]	D2007		٣٠		٣٠		٣٠
اختبارات على المخلفات من RTFO 163 درجة مئوية	D2872						
معدل اللزوجة [٢]	D2872		٣		٣		٣
تغيير وزن، ±،٪	D2872		٤		٤		٤
الثقل النوعي عند ٢٥ درجة مئوية	D70 أو D1298	٠,٩	١,١	٠,٩	١,١	٠,٩	١,١

ملاحظات:

[١] لم يتم إثبات ملاءمة طريقة الاختبار D2007 لقياس محتوى التشبع وتحديد مدى توافق عوامل إعادة التدوير غير البترولية. قد يلزم إجراء اختبارات إضافية لتقييم مدى توافق عوامل إعادة التدوير غير البترولية.

[٢] نسبة اللزوجة = لزوجة المخلفات من اختبار RTFO عند ٦٠ درجة مئوية / اللزوجة الأصلية عند ٦٠ درجة مئوية.

يعتمد اختيار درجة عوامل إعادة التدوير على كمية وصلابة الأسفلت في الرصف القديم. بشكل عام، يمكن استخدام أنواع عوامل التدوير ذات اللزوجة المنخفضة لاستعادة الأسفلت العتيق ذا اللزوجة العالية والعكس صحيح. تُستخدم المنتجات التي تفي بتحديدات عوامل إعادة التدوير من RA 1 حتى RA 75 عادةً مع الخلطات المعاد تدويرها، مع أكثر من ٧٠٪ من طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها في الخلطات. عند استخدام أكثر من ٣٠٪ من الركام الجديد، تكون الدرجات RA 250 و RA 500 أكثر ملاءمة.

يجب ملاحظة أنه يمكن أيضًا تصنيف الأسفلت الناعم كأحد عوامل إعادة التدوير، حيث يمكن أن يؤدي استخدامه إلى استعادة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة الأسفلت العتيقة إلى خصائص الأسفلت الجديد.

٥-١١-٢-٥ تصميم الخلطة:

في عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع، تتكون مخاليط الأسفلت المعاد تدويرها من أربعة مكونات رئيسية،وهي طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛ والركام الأولي؛ ومادة ترابط الأسفلت الأولي، وفي بعض الحالات، عامل إعادة التدوير. أما الخطوتان المتبعتان في إجراء تصميم المزيج فهما تقييم المواد وتصميم المزيج. فيما يلي الخطوات المحددة لتقييم المواد وعملية تصميم المزيج:

١- الحصول على عينات حقلية تمثيلية لمواد طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.
٢- إجراء التحاليل المخبرية من اجل ما يلي:
أ- تحديد تكوين وخصائص طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها؛
ب- تحديد الكميات المناسبة من الركام الأولي المراد إضافته؛
ج- اختيار نوع وكمية خليط الأسفلت الأولي؛
د- ضغط واختبار الخلطات التجريبية.
٣- تحديد التركيبة المثلى لمكونات المزيج التي تلبي معايير تصميم الخلطة.

يجب ملاحظة أن طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها التي سيتم استخدامها في خليط الأسفلت المعاد تدويره قد يأتي من طبقات مختلفة من خلطة الأسفلت الساخن بتركيبات أو مخزونات مختلفة مبنية بمواد من مصادر مختلفة. وبالتالي، واعتمادًا على العينات التمثيلية لمصدر طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، يجب الحصول عليها من الأرصفة الحالية من حيث النوى والشاحنات التي تنقل طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها من موقع الخلط إلى مصنع الخلط الأسفلتي على الساخن للتخزين أو المخزونات الإحتياطية من طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها لتقييم أي تباين في الخصائص الهامة المختلفة. يجب تقييم احتياجات ركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها ومواد ربط الأسفلت قبل إجراء تصميم الخلطة.

ويجب استخدام إما طريقة تصميم الخلطات عند مارشال أو طريقة سوبربيف المبينة بالوصف في الجزء (٣-٦) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) عند تصميم الخلطة، في تصميم خلطات الأسفلت المعاد تدويرها مع بعض التعديلات.

لاختيار الدرجة أو النسبة المئوية لمادة ترابط الأسفلت الجديدة و/ أو عامل إعادة التدوير، يجب استخدام مخططات المزج.

عند استخدام تصميم الخلط عند مارشال، يجب استخدام مخطط المزج بناءً على نتائج لزوجة الأسفلت وفقًا للإجراء المنصوص عليه في ASTM D4887. يتكون الإجراء من تحديد درجة مادة ترابط الأسفلت الخاصة بمادة ترابط الأسفلت المستصلحة، وتقدير الخلطة بالطرق الرسومية، وإعداد مزيج من مادة ترابط الأسفلت الخام ومادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها في المختبر. تتم مقارنة الخصائص المقاسة للمزج بالقيم المستهدفة. وعادةً ما تكون اللزوجة المستهدفة هي اللزوجة ذات النطاق المتوسط لدرجة مادة ترابط الأسفلت المستخدمة عادةً اعتمادًا على نوع الإنشاء والظروف المناخية وحجم وطبيعة حركة المرور. وإذا كانت خصائص المزج لا تفي بالمتطلبات، يتم تحضير مزيج تجريبي آخر باستخدام نسب معدلة من نفس أو مادة ترابط الأسفلت الأولي البديلة، أو كليهما، ومادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.

عند استخدام تصميم الخط سوبربيف، يوصى باستخدام إجراء صف مستوى الطبقة لتحديد درجة أداء سوبربيف لمادة ترابط الأسفلت الجديد الذي يعتمد على مراعاة نسبة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها أو نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وفقًا لمواصفة AASHTO M323. يختلف إجراء صف مستوى الطبقة اعتمادًا على استخدام نسبة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها أو نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها (المُعرَّفة على أنها نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها في الخلطة مقسومة على إجمالي محتوى مادة ترابط المزيج) وهي موضحة في الجدول (٥-٦٠) والجدول (٥-٦١) على التوالي. ولتطوير مخططات مزج درجة الحرارة الخاصة بدرجة الأداء، يجب اتباع الإجراءات المنصوص عليها في AASHTO M323.

الجدول (٥–٦٠) إرشادات اختيار مادة ترابط الأسفلت الخاصة بخلطات الأسفلت المعاد تدويرها (استخدام النسبة المئوية لطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها).

النسبة المئوية لطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها	درجة مادة ترابط الأسفلت الأولي الموصى بها
أقل من ١٥	عدم التغيير في اختيار مادة ترابط الأسفلت
من ١٥ إلى ٢٥	تحديد مادة ترابط الأسفلت الأولي بدرجة ليونة واحدة أكثر من العادي
أكبر ٢٥	تطوير مخطط مزج (AASHTO M323، الملحق ١)

الجدول (٥–٦١) إرشادات اختيار مادة ترابط الأسفلت الخاصة بخلطات الأسفلت المعاد تدويرها (استخدام نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها).

نسبة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها	درجة مادة ترابط الأسفلت الأولي الموصى بها
أقل من ٠,٢٥	عدم التغيير في اختيار مادة ترابط الأسفلت
أكبر من أو يساوي ٢٥	تطوير مخطط مزج (AASHTO M323، الملحق ٢)

يجب أن يتوافق مزيج الركام لتصميم الخلطة (إما لطبقة الرصف الأسفلتية التحتية أو طبقة الرصف السطحي الأسفلت) مع متطلبات التدرج المحددة في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). علاوة على ذلك، يجب أن يتوافق مزيج الركام والمواد الأولية وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها مع متطلبات الملكية المجمع عليها المبينة في الأقسام الفرعي (٥-٢-٣-١) و(٥-٢-٣-٢).

يُحدد محتوى الأسفلت الأمثل الذي يتوافق مع مزيج به ٤٪ فراغات هوائية، ويلبي جميع المعايير المطبقة على الخلطات الأولية بنسبة ١٠٠٪ المحددة في الأقسام الفرعية (٣-٦-١-٥) و (٣-٦-٢-٥) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

يجب توخي الحذر إذا اتُبع المنهج القائم على الطريقة التجريبية الآلية في تصميم الرصف. في هذه الحالة، بالنسبة للموافقة على صيغة خلطة العمل، يوصى بأن كلا التوصيفين الماديين بما في ذلك اختبار الأداء الموضح في الجزء (٥-٣-٧-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف). والتقييم المستند إلى متطلبات مدخلات تصميم الرصف يجب وضعها في الاعتبار ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، أو بتوجيه من المهندس. علاوة على ذلك، ونظرًا لقابلية التكسير لخلطات الأسفلت المعاد تدويرها، يوصى بتضمين اختبارات التكسير، كما هو محدد في AASHTO MP46، لضمان تصميم خلطة متوازنة.

وفي حالة إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، هناك حاجة إلى وجود اختلافات طفيفة في إجراءات تصميم الخلطة للعمليات الثلاث مع عدم إغفال المكونات المرتبطة لخلطات الأسفلت المعاد تدويرها. على سبيل المثال، يستخدم إعادة التدوير السطحي من خلال عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع وإعادة الرصف بنسبة ١٠٠٪ من طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها وعامل إعادة تدوير، وبالتالي لا يمكن إجراء تعديلات على تدرج الخلطة الحالي وفراغات الهواء. يمكن تصميم إعادة الخلط باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع لاستعادة التدرجات والفراغات و/ أو زيادة الهيكل. ومع ذلك، وبصرف النظرعن هذه العملية، فيجب مناقشة ما يلي ما خطوات:

١- الحصول على نواة/لبابات حقلية تمثيلية للرصف.
٢- إجراء التحاليل المخبرية من أجل ما يلي:
أ- تحديد خصائص الخلطة الموجودة.
ب- اختيار نوع وكمية عامل إعادة التدوير.
ج- ضغط واختبار الخلطات التجريبية.
د- تحديد التركيبة المثلى لمكونات المزيج التي تلبي معايير تصميم الخلطة.

لاختيار نوع عامل إعادة التدوير، يُلاحظ أن مواد ترابط الأسفلت اللينة عادة ما تكون أقل تكلفة، ولكنها ليست بنفس كفاءة عوامل إعادة التدوير متدرجة اللزوجة (على سبيل المثال: أنواع عوامل إعادة التدوير). تحدد كمية عامل إعادة التدوير المطلوبة باستخدام مخطط المزج، كما هو محدد في ASTM D4887. تحدد النسبة المئوية لعامل التجديد المطلوب؛ لتلبية اللزوجة المستهدفة أو الاختراق في البداية على أساس الوزن. تحدد القيمة المستهدفة لمادة ترابط الأسفلت التي جددت لمطابقة خصائص مادة ترابط الأسفلت المطلوبة؛ لأداء الرصف وقد تعتمد على بيئة المشروع وحركة المرور المتوقعة والأداء السابق للرصف الحالي. يمكن استخدام مخططات المزج باستخدام درجة أداء سوبربيف بنفس طريقة اللزوجة. تستخدم معلمات اختبار مادة ترابط الأسفلت التي حُصل عليها من اختبار DSR بدلاً من اللزوجة.

بعد ذلك، يمكن تحضير عينات خلطة إعادة التدوير بالتسخين في الموقع ودمكها باستخدام طريقة مارشال أو ضاغطة أرصفة محورية لإجراء اختبارات الأداء، على غرار خلطات الأسفلت التقليدية لإنشاء صيغة خلطة العمل.

ويجب على المقاول تقديم نموذج صيغة خلطة العمل مكتوب؛ للموافقة عليه من قبل المهندس قبل ٣٠ يومًا على الأقل من الإنتاج. يجب أن يتضمن تقرير صيغة خلطة العمل جميع المعلومات التالية:

- محتوى مادة ترابط الأسفلت والخصائص الانسيابية لقطاع الرصف الحالي المعاد تدويره، أو مصدر طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.
- خصائص التدرج والركام لقطاع الرصف الحالي الذي يعاد تدويره، أو مصدر طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.
- نوع وكمية عامل إعادة التدوير إلى جانب شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر الركام والتدرجات الإجمالية، والخصائص الفيزيائية جنبًا إلى جنب مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- مصادر مواد الأسفلت الأولية، وخصائص الأسفلت مع شهادة المطابقة لجميع متطلبات الجودة.
- محتوى مادة ترابط الأسفلت، والخصائص الانسيابية لخليط الأسفلت المعاد تدويره.
- خصائص التدرج والركام لخليط الأسفلت المعاد تدويره.
- الخصائص المتعلقة بأحجام خليط الأسفلت المعاد تدويره والخصائص الفيزيائية.
- نتائج اختبار أداء خليط الأسفلت المعاد تدويره.
- نوع وموقع المصنع الذي سيستخدم لإنتاج مزيج الأسفلت، وشهادة المطابقة للمتطلبات المحددة في AASHTO M156.

٥-١١-٢-٦ الخلط الأسفلتي على الساخن الجديد:

إذا كانت العملية تتطلب خلطاً أسفلتيًا ساخنًا إضافيًا، فيجب تجهيز الخلط الأسفلتي على الساخن الجديد بشكل يفي بمتطلبات الجزء (٥-٦).

٥-١١-٣ الإنشاء:

٥-١١-٣-١ إعادة التدوير بالتسخين في المصنع:

بشكل عام، لا تختلف مواصفات الإنشاء لخلطات الأسفلت الساخن المعاد تدويرها في المصنع عن الخلطات الساخنة المطبقة على خلطات الأسفلت المختلطة بالمصانع التقليدية، حسبما نوقش في القسمين الفرعية (٥-٥-٣-٥) و(٥-٦-٣-٥). ليست هناك حاجة إلى معدات، أو تقنيات خاصة لسحب وتنسيب، وضغط الخلطات المحتوية على طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.

يجب مراعاة اعتبارات إضافية فقط لإنتاج الخلطات. فعلى وجه الخصوص، تعد معالجة وتخزين طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المناسبة أمرًا بالغ الأهمية؛ لضمان إنتاج خليط متسق. ويوصى بتفتيت وغربلة وتجزئة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها باستخدام معدات متخصصة؛ لتقليل الحد الأقصى لمقدار التباين، وإنتاج مواد طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها بتدرج موحد، ومحتوى ترابط وخصائص أخرى. ويجب وضع مخزونات طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، المقسمة إلى كسور خشنة ودقيقة، على أرض ذات تصريف مناسب، ومبنية على شكل طبقات؛ لتقليل الفصل وضمان سطح عملي. يمكن النظر في إنشاء مخزونات منفصلة لكل مصدر من مصادر طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها بناءً على فئة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وحجم المواد المعالجة، وجودة الركام، ونوع وكمية مادة ترابط الأسفلت. بالإضافة إلى ذلك، يجب تعديل مصانع الخلط للسماح بدمج طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، حسبما تم مناقشته في الأقسام الفرعية (٥-٤-١-٣) و(٥-٤-١-٤). يجب الانتباه وتوخي العناية الفائقة أثناء عملية إنتاج الخليط؛ لاستيفاء القوانين البيئية، ومتطلبات الحماية فيما يتعلق بجمع الغبار والتخلص منه.

يجب أن يكون طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، والركام الأولي وعوامل إعادة التدوير (إذا لزم الأمر) والمواد الأسفلتية متناسبة مع متطلبات صيغة خلطة العمل المعتمدة، وخلطها باستخدام المعدات التي ستنتج خلطاً مطابقًا لهذه المواصفات. يجب أن يتوافق المزيج الكلي؛ لتصميم الخليط ومحتوى مادة ترابط الأسفلت، مع صيغة خلطة العمل المعتمدة ضمن تفاوتات الإنتاج الموضحة في الجدول (٥-٦٢).

الجدول (٥–٦٢) تفاوتات صيغة خلطة العمل الخاصة بخلطة الأسفلت الساخنة المعاد تدويرها في المصنع (مرحلة الإنتاج).

قياس المنخل ملم	تفاوتات صيغة خلطة العمل JMF
١٩,٠ (¾ بوصة)	± ٥,٠ %
١٢,٥ (½ بوصة)	± ٥,٠ %
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	± ٥,٠ %
٤,٧٥ (رقم ٤)	± ٣,٠ %
٢,٣٦ (رقم ٨)	± ٣,٠ %
١,١٨ (رقم ١٦)	± ٣,٠ %
٠,٠٧٥ (رقم ٢٠٠)	± ٢,٠ %
محتوى مادة ترابط الأسفلت	± ٠,٣ %

٥-١١-٣-٢ إعادة التدوير بالتسخين في الموقع:

تستخدم جميع عمليات إعادة التدوير بالتسخين في الموقع معدات مماثلة التي قد تشمل بعض، أو كل المعدات التالية: وحدات التسخين المسبق، ووحدات تخديش السخانات/ التثقيب/ الكشط، ووحدات الخلط، ومعدات الرصف، والدمك (ARRA, 2015) يُشار إلى المعدات المجمعة دائمًا بقطار إعادة التدوير بالتسخين في الموقع.

في اليوم الأول من الإنتاج، يجب إنشاء قطاع تجريبي بالحجم المناسب؛ لإثبات أن المعدات والمواد، والعمليات المقترحة يمكنها تسخين الرصف الحالي، وإنتاج طبقة مواد معاد تدويرها تتوافق مع متطلبات المواصفات. ويجب التحقق من المعدلات المثلى لعامل التجديد وأي إضافات للمواد المعاد تدويرها. ويجب إنشاء نمط متدحرج؛ لتحديد الإجراءات التي تؤدي إلى الدمك الأمثل.

قبل أي عمل من أعمال إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، يجب إزالة الأوساخ الزائدة، والطين والنباتات، والمياه الراكدة، والمواد القابلة للاحتراق، والزيوت، وعلامات الطرق المرتفعة، وغيرها من المواد غير المقبولة عن طريق الكنس، أو الكشط بالمكاشط الآلية، أو أي طريقة أخرى معتمدة. ويجب إزالة علامات اللدائن الحرارية، وحشو الشقوق المطاطي الزائد عن طريق الكشط البارد، أو أي طريقة أخرى معتمدة.

يجب عدم أخذ أي ظروف جوية إضافية في الاعتبار خلال عمليات إعادة التدوير بالتسخين في الموقع مقارنةً بالظروف المحيطة بخلطات الرصف التقليدية، حسب المبين في القسمين الفرعية (٥-٥-٣-٢) و(٥-٦-٣-٢).

في إعادة التدوير السطحي، تحقق تليين سطح رصف الأسفلت بالحرارة من خلال سلسلة من وحدات التسخين المسبق. بعد ذلك، تسخن الطبقة السطحية المُسخنة، والمُلطفة بشكل أكبر وخدشها إلى عمق المعالجة المطلوب إما بسلسلة من الأسنان التي تنشط بزنبرك أو "أسنان"، أو رأس طحن دوار صغير القطر، أو مثقب ولوحة تشكيل. تتراوح أعماق المعالجة المحددة بشكل عام من ٢٠ إلى ٥٠ ملم. لا يتم إضافة أي مواد مضافة (خليط أو ركام جديد) أثناء عملية إعادة التدوير السطحي، لذلك يظل سمك الرصف الكلي كما هو. عندما يخدش السطح، يضاف عامل تجديد وخلطه، وإذا لزم الأمر، ثم يُنشرالخليط السائب المعاد تدويره، باستخدام ذراع تسوية حر الطفو متصل بوحدة خدش السخان. ويضاف عامل التجديد بالمعدل الذي تحدده تصميمات الخلطة المعتمدة في حدود ٥٪ إلى رصف الأسفلت المخفف بواسطة نظام يتحكم فيه بواسطة الكمبيوتر، والمرتبط بسرعة تشغيل الجهاز. عادةً ما يتم تسخين أذرعة/ قدد التسوية واهتزازها؛ لزيادة الدمك الأولي للخلطة. ثم يدمك الخليط بشكل نهائي باستخدام معدات دمك الأسفلت. وتنفذ خلطة سطحية معاد تدويرها من خلال عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع باستخدام أي مجموعة من المداحل الهوائية المطاطية، والمداحل الأسطوانية الفولاذية الثابتة/ أو الاهتزازية. بوجه خاص، يجب اتباع نمط الدمك الذي تم إنشاؤه أثناء إنشاء القطاعات التجريبية. وتوضع طبقة رصف سطحية تتكون من طبقة أسفلتية، أو معالجة سطحية، من خلال عملية لاحقة، على الرغم من أنه يمكن ترك الخليط السطحي المعاد تدويره باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع كطبقة رصف سطحية على الطرق منخفضة الحجم. الشكل (٥-١٢) يوضح قطار إعادة التدوير السطحي باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع.



الشكل (٥–١٢) قطار إعادة تدوير السطحي باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015).

في عملية إعادة الخلط، يتم تسخين رصف الأسفلت الحالي أو تليينه، أو خدشه، أو ثقبه، أو طحنه، وإعادة مزجه في أسطوانة خلط أو طاحونة، عادةً باستخدام عامل تجديد، في مجموعة من المعدات كما هو موضح في الشكل (٥-١٣). يمكن إضافة الركام الجديد بشكل منفصل ولكن يُدخل عادةً كمضافات (أسفلت مخلوط في المصنع)؛ لتقليل الغبار، والتكاليف المرتبطة بتسخين الركام الجديد، ولتحسين الإنتاجية. يضاف مزيج إضافي وعامل التجديد إلى المعدل الذي تحدده تصميمات الخلطة المعتمدة في حدود ٥٪ إلى رصف الأسفلت المخفف بواسطة أنظمة يُتحكم فيها بواسطة الكمبيوتر، والمرتبطة بسرعة تشغيل قطار إعادة الخلط باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع. وتضاف الكمية المقاسة من عامل التجديد، والخلطة المضافة قبل مرحلة الخلط. وتورد المواد الإضافية إلى قطار إعادة الخلط باستخدام عملية إعادة التدوير السخان في الموقع بواسطة شاحنات النقل إلى قمع أمام إحدى الوحدات قبل غرفة الخلط. ويجب أن يتراوح متوسط درجة حرارة مادة الأسفلت المعاد تدويرها السائبة عند دخولها غرفة الخلط ما بين ١٢٠ إلى ١٥٠ درجة مئوية. وتوضع مادة الأسفلت المعاد تدويرها باستخدام ذراع تسوية حر الحركة متصل بشكل متكامل بوحدة الخلط، أو راصفة أسفلت تقليدية منفصلة. وتدمك خلطة سطحية معاد تدويرها من خلال عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع باستخدام أي مجموعة من المداحل الهوائية المطاطية، والمداحل الأسطوانية الفولاذية الثابتة/ أو الاهتزازية. وبوجه خاص، يجب اتباع نمط الدمك الذي تم إنشاؤه أثناء إنشاء القطاعات التجريبية. ويُترك الخلطة المعاد تدويرها كطبقة رصف سطحية ولكن يغطى عادةً بمزيج أسفلت، أو معالجة سطحية اعتمادًا على احتياجات الرصف. ويُترك الخلطة المعاد تدويرها كطبقة رصف سطحية ولكن يغطى عادةً بالخلط الأسفلتي على الساخن أو معالجة سطحية اعتمادًا على احتياجات الرصف.



الشكل (٥–١٣) الشكل قطار إعادة الخلط باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015).

تجمع عملية إعادة الرصف باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع بين تنسيب غطاء أسفلت متكامل في كتلة واحدة. ومن خلال عملية إعادة الرصف باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، تستخدم راصفة سخان مفردة مزودة بذراعي تسوية. ويضع ذراع التسوية الأول خلطة إعادة التدوير بالتسخين في الموقع المعاد تدويره بينما يضع ذراع التسوية الثاني غطاء الأسفلت الجديد فوق الخلطة المعاد تدويرها. ويوفر خلطة الغطاء إلى قطار إعادة الرصف باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع بواسطة شاحنات النقل، ويُنقل من القمع عبر الجهاز، ويُوزع أعلى الخلطة المعاد تدويرها باستخدام الذراع أمام ذراع التسوية الثاني، أو ذراع التسوية النهائي. تدمك بعد ذلك الطبقتان في وقت واحد باستخدام معدات الدمك التقليدية، مما يؤدي إلى إنشاء رابطة حرارية بين الخليطين، وبالتالي التخلص من الحاجة إلى طبقة لاصقة. يتحقق الدمك عادةً باستخدام مدحلة الإطارات الهوائية المطاطية، ومدحلة اهتزازية مزدوجة ونمط التدحرج الذي تم إنشاؤه أثناء إنشاء القطاعات التجريبية. موضح قطار إعادة الرصف؛ باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع في الشكل (٥-١٤). في عملية إعادة الرصف، يعمل الخلطة المعاد تدويرها كطبقة رصف أسفلتي تحتية أو طبقة رصف بمستوى السطح؛ بينما يكون الغطاء الأسفلتي الجديد هوطبقة الرصف السطحية. ويمكن أن تتراوح سماكة طبقة الرصف الأسفلتية السطحية الجديدة من ٢٠ إلى ٥٠ ملم، مع سماكة مجمعة للغطاء المتكامل والمزيج الأساسي المعاد تدويره محددًا بـ ٧٥ ملم. وعليه يمكن زيادة سمك الرصف الكلي بمقدار كبير في عملية إعادة الرصف؛ باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع.



الشكل (٥–١٤) قطار إعادة الرصف باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع (ARRA, 2015).

يجب السماح للرصف المضغوط بالتبريد حتى ٧٠ درجة مئوية، أو أقل قبل فتح الطريق أمام حركة المرور -ما لم يوجه المهندس بخلاف ذلك-. ويجب الحفاظ على سطح الرصف المعاد تدويره بحالة مناسبة لحركة المرور الآمنة. كما يجب كنس سطح الرصف بمكنسة كهربائية؛ لإزالة جميع الجزيئات السائبة -إذا لزم الأمر-.

٥-١١-٤ التقييم:

٥-١١-٤-١ إعادة تدوير الخلط المركزي على الساخن:

بشكل عام، يجب اتباع اختبار تقييم المواد وطبقة الرصف المدموكة، كما هو موضح في الأجزاء الفرعيو (٥-٥-٤) و(٥-٦-٤)، اعتمادًا على طبقة الرصف التي سيوضع عليها خليط الأسفلت باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع عليها.

بالإضافة إلى ذلك، يجب إجراء تقييم مواد طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها قبل تصميم الخلطة. ويتضمن التقييم الحصول على عينات تمثيلية من مخزونات طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها حسب AASHTO R90 واختبار ركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها RAP وخصائص مادة ترابط الأسفلت. ويجب استخدام ما لا يقل عن ٥ عينات، ولكن يفضل ١٠ أو أكثر، لتحديد مدى اتساق مخزون طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها. ويتضمن مخطط الاختبار تحديد محتوى مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها بعد الاستخراج وفقًا لـ AASHTO T164 وتحليل الركام المستخرج بالمنخل لتحديد التدرج حسب AASHTO T30، والثقل النوعي لكل AASHTO T84 و AASHTO T85 واستعادة مادة ترابط الأسفلت حسب AASHTO T319 وتحديد اللزوجة حسب AASHTO T202 أو الخصائص الانسيابية باستخدام DSR حسب AASHTO T315 وتحديد محتوى رطوبة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها حسب AASHTO T329.

بعد إنشاء مزيج الركام، يجب اختبار كل من المواد الأولية، وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وتلبية متطلبات الجودة لخصائص التوافق.

٥-١١-٤-٢ إعادة تدوير بالخلط المركزي في الموقع:

بشكل عام، يجب اتباع اختبار تقييم المواد وطبقة الرصف المدموكة، كما هو موضح في الجزء الفرعي (٥-٦-٤). أما بالنسبة لعملية إعادة الرصف حيث يوضع الخلط الأسفلتي على الساخن جديد فوق خليط الأسفلت المعد باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، يجب أن تفي بالمتطلبات المحددة في الجزء الفرعي (٥-٦-٤).

بالإضافة، يجب إجراء تقييم مواد طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها قبل تصميم الخلطة. ويتضمن التقييم الحصول على النوى/اللبابات الحقلية من الرصف الحالي (على الأقل عمق الخدوش) حسب AASHTO R67 واختبار خصائص ركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، وخصائص مادة ترابط الأسفلت. ويُحصل على العينات بشكل نمطي مع التكرار بموقع واحد تقريبًا لكل كيلومتر واحد لكل مسار. ويختلف تكرار أخذ العينات الحقلية حسب حجم المشروع، وحجم مناطق المواد المماثلة أو الأداء، وتنوع المواد الموجودة على النحو المحدد من مراجعة البيانات الموجودة. ويهدف مخطط الاختبار إلى تحديد ما إذا كانت هناك حاجة إلى أي تعديلات ضرورية لتدرج الركام واختيار الكمية المطلوبة من عامل التجديد المراد إضافته إلى الخليط من أجل تحقيق اللزوجة المرغوبة للمزيج المعاد تدويره. ويتضمن مخطط الاختبار تحديد محتوى مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها بعد الاستخراج وفقًا لـ AASHTO T164 وتحليل الركام المستخرج بالمنخل لتحديد التدرج حسب AASHTO T30، والثقل النوعي حسب AASHTO T84 و AASHTO T85 واستعادة مادة ترابط الأسفلت حسب AASHTO T319 وتحديد اللزوجة حسب AASHTO T202.

علاوة على ذلك، يجب أن تشمل ضبط الجودة الحقلية أيضًا مراقبة عمق الخدش (على سبيل المثال: عن طريق فحص الخليط غير المضغوط خلف ذراع تسوية الرصف) على كل من الوجوه الرأسية الخارجية، وفي وسط المنطقة المعاد تدويرها، ودرجات الحرارة (على سبيل المثال: من خلال جهاز قياس درجة الحرارة بالأشعة تحت الحمراء باليد) بعد كل وحدة تسخين مسبق، وقبل التسخين النهائي، وقبل الخلط النهائي، وخلف ذراع تسوية الخلطة المعاد تدويرها، وفحص النوى/اللبابات؛ للتحقق من أن طبقة الرصف المعاد تدويرها مرتبطة بالطبقة الأساسية.

٥-١١-٥ معايير القبول:

٥-١١-٥-١ ضبط الجودة:

٥-١١-٥-١-١ إعادة تدوير الخلط المركزي على الساخن:

يجب على المقاول إجراء جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع ويوثق ويحلل النتائج؛ للتأكد من أن المواد الخام من المصدر، وخلطة الأسفلت المعدة باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع من المصدر، والموقع أثناء تنفيذ العمل، وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها النهائية متوافقة مع الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٥-٦٣) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة وتكرار هذه الاختبارات وحدود التخصيص.

يجب على المقاول تقديم نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

كما يجب ملاحظة أنه يجب إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لمزيج الأسفلت، ومكوناته بواسطة مختبر موافق عليه ومعتمد، إما مختبر المقاول، أو مختبر مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، الذي يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل به فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٦٣) متطلبات ضبط الجودة الخاصة بخليط الأسفلت المعاد تدويره بالخلط المركزي على الساخن.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت المعاد تدويره	مواد الأسفلت	في المصدر	شهادة امتثال الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر.	متطلبات الجودة (الجزء 5.2.5)	الجزء الفرعي ٥-٢-٥
	الركام			متطلبات الجودة والتدرج للركام الخشن والناعم (الجزء 5.2.3.1 والجزء 5.2.3.2)	القسم الفرعي ٥-٢-٣-١ القسم الفرعي ٥-٢-٣-٢

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	الحشو المعدني			AASHTO M17	القسم الفرعي ٥-٢-٣-٢
	عامل إعادة التدوير			ASTM D4552	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٤
	محتوى مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها		بالنسبة لتصميم الخلطة والموافقة على صيغة خلطة العمل JMF، أو كلما تغير المصدر	AASHTO T164	
	تدرج ركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			AASHTO T30	
	الجاذبية النوعية الظاهرية لركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			AASHTO T84 & AASHTO T85	
	لزوجة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			/AASHTO T319 AASHTO T202	
	الخصائص الانسيابية لمادة الترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			AASHTO T319/ AASHTO T315	
	محتوى رطوبة طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			AASHTO T329	
	الثبات والتدفيق حسب طريقة مارشال			AASHTO T245	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التكسير			AASHTO MP46	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	خصائص الأداء			الجزء 5.10.2.5	حسب تصميم الرصف
المواد الخام وخليط الأسفلت	مادة ترابط الأسفلت		شهادة المطابقة الخاصة بالشركة المصنّعة في	AASHTO T49	القسم الفرعي ٥-١١-٢-١

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المعاد تدويره قيد الاستخدام			كل عملية تسليم واختبار الاختراق مرة واحدة في كل يوم من إنتاج الخلط الأسفلتي على الساخن HMA		
	الكثافة الظاهرية للركام	مصنع الخلط الأسفلتي على الساخن	تقييم بدء الإنتاج وإجراء اختبار واحد كل أسبوع أو عند تغير خصائص الخلطة	AASHTO T84 & AASHTO T85	
	تزوي الركام الخشن			AASHTO T335	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	تزوي الركام الناعم			AASHTO T304	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	مكافئ الرمل			AASHTO T176	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	الجزيئات المسطحة والطويلة			ASTM D4791	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			AASHTO T96	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	مقاومة اللمعان، PSV			ASTM D3319 & ASTM E303 (أو AASHTO T278)	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	الصلابة أو الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم			AASHTO T104	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٣
	تغطية الجزيئات			AASHTO T195	القسم الفرعي ٥-٤-١-١
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التكسير			AASHTO MP46	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	محتوى مادة ترابط الأسفلت	مصنع الخلط الأسفلتي على الساخن، خلطة سائبة من خلف الفرادة	تقييم بدء الإنتاج، 1 اختبار واحد لكل 500 متر مكعب أو 1 يوميًا كحد أدنى	AASHTO T164 (أو ASTM D2172) AASHTO T308 (أو ASTM D6307) AASHTO T287 (أو ASTM D4125)	الجدول ٥-٦٢

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	تدرج الركام			AASHTO T30	الجدول ٥-٦٢
	الجاذبية النوعية القصوى للخلطة			AASHTO T209 (أو ASTM D2041)	
	الجاذبية النوعية الظاهرية للخلطة			AASHTO T166 (أو ASTM D2726) AASHTO T331	
	الفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني			AASHTO T269 (أو ASTM D3203)	
طبقة الرصف المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد لكل 1,000 متر مربع من الطبقة النهائية على الأقل	AASHTO T166 AASHTO T355 AASHTO T343(أو ASTM D7113)	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	السماكة			ASTM D3549	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	نعومة السطح		كل يوم عمل	AASHTO R54	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	البنية السطحية		اختبار واحد لكل 100 متر مربع من الطبقة النهائية	ASTM E965	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	مستويات وأبعاد الأعمال		5 قياسات لكل 1,000 متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٥-١١-٤

٥-١١-٥-١-٢ إعادة التدوير بالتسخين في الموقع:

يجب على المقاول إجراء جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويوثقها ويحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام من المصدر، وخلطة الأسفلت المعدة باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع من المصدر والموقع أثناء تنفيذ العمل، وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها النهائية، متوافقة مع الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٥-٦٤) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات وحدود التخصيص. يجب على المقاول تقديم نسخ من جميع نتائج الاختبارات إلى المهندس.

يجب ملاحظة أنه ينبغي إجراء جميع الاختبارات المطلوبة لمزيج الأسفلت، ومكوناته بواسطة مختبر موافق عليه ومعتمد، إما مختبر المقاول، أو مختبر مستقل معتمد من الجهة المسؤولة، الذي يجب أن يكون مجهزًا بمعدات معايرة ويعمل به.فنيون مؤهلون.

الجدول (٥–٦٤) متطلبات ضبط الجودة الخاصة بخليط الأسفلت المعاد تدويره بالتسخين في المصنع.

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام وخليط الأسفلت المعاد تدويره	عامل إعادة التدوير	في المصدر	شهادة امتثال الشركة المصنعة في بداية التوريد أو عند تغيير المصدر.	D4552 ASTM	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٤
	الركام			متطلبات الجودة والتدرج للركام الخشن والناعم (القسم الفرعي ٥-٢-٣-١ والقسم الفرعي ٥-٢-٣-٢)	القسم الفرعي ٥-٢-٣-١ القسم الفرعي ٥-٢-٣-٢
	محتوى مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها		بالنسبة لتصميم الخلطة والموافقة على صيغة خلطة العمل JMF، أو كلما تغير المصدر	T164 AASHTO	
	تدرج ركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			AASHTO T30	
	الجاذبية النوعية الظاهرية لركام طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			T84 AASHTO & T85 AASHTO	
	لزوجة مادة ترابط طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها			T319 AASHTO/ T202 AASHTO	
	الثبات والتدفيق حسب طريقة مارشال			T245 AASHTO	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	مقاومة التكسير			MP46 AASHTO	القسم الفرعي ٥-١١-٢-٥
	خصائص الأداء			الجزء ٥,١٠,٢,٥	حسب تصميم الرصف
الخليط الأسفلتي المعاد تدويره في الموقع	محتوى مادة ترابط الأسفلت	خلطة سائبة من خلف الفرادة	1 اختبار واحد لكل 500 متر مكعب أو 1 يوميًا كحد أدنى	T164 AASHTO (أو D2172 ASTM) AASHTO T308 (أو ASTM D6307)	± ٠,٣ % من صيغة خلطة العمل

المواد	الخصائص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
				AASHTO T287 (أو D4125 ASTM)	
	لزوجة مادة ترابط الأسفلت			T319 AASHTO/ T202 AASHTO	القسم الفرعي ٥-١١-٥-٢
	الجاذبية النوعية القصوى للخلطة			T209 AASHTO (أو D2041 ASTM)	
	الجاذبية النوعية الظاهرية للخلطة			T166 AASHTO (أو D2726 ASTM T331 AASHTO	
	الفراغات الهوائية والفراغات في الركام المعدني			T269 AASHTO (أو D3203 ASTM)	
	قابلية التأثر بالرطوبة			AASHTO T283	القسم الفرعي ٥-١١-٥-٢
	مقاومة التخديد			AASHTO T324	القسم الفرعي ٥-١١-٥-٢
	مقاومة التكسير			MP46 AASHTO	القسم الفرعي ٥-١١-٥-٢
طبقة الرصف المدموكة	درجة الدمك	موقع المشروع	اختبار واحد لكل 1,000 متر مربع من الطبقة النهائية على الأقل	T166 AASHTO T355 AASHTO T343 AASHTO (أو ASTM D7113)	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	السماكة			D3549 ASTM	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	نعومة السطح		كل يوم عمل	AASHTO R54	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	البنية السطحية		اختبار واحد لكل 100 متر مربع من الطبقة النهائية	E965 ASTM	الجزء الفرعي ٥-١١-٤
	مستويات وأبعاد الأعمال		5 قياسات لكل 1,000 متر مربع	قياسات المسح	الجزء الفرعي ٥-١١-٤

٥-١١-٥-٢ ضمان الجودة:

ستقوم الجهة المسؤولة بأنشطة أخذ عينات القبول (وفقًا لمواصفة ASTM D3665)، وإجراء أنشطة الاختبار والتفتيش؛ للتأكد من أن جودة المواد، وطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها المنجزة ضمن متطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول بالقيام - تحت إشرافها المباشر- ببعض أو كل اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الجزء السابق، وتقرير قبول العمل أو رفضه. وستنفذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من قبل الجهة المسؤولة.

يجب أن تضمن الجهة المسؤولة جودة الإنتاج عن طريق التحقق من أن المقاول ينفذ إجراءات ضبط الجودة بدقة وفقًا للمواصفات. وفي هذا الصدد، يحق للجهة المسؤولة تفتيش مختبر المقاول والأجهزة والموظفين الفنيين وطرق الاختبار؛ للتأكد من كفاية وقدرة المقاول الكاملة على تنفيذ العمل؛ وفقًا للطرق القياسية المعتمدة.

٥-١١-٦ القياس والدفع:

يجب قياس كميات مواد إعادة التدوير بالتسخين في المصنع، الفعلية والمقبولة وإعادة التدوير بالتسخين في الموقع بالمتر المكعب بعد وضعها ودمكها حتى السمك المحدد وضمن الأبعاد والمناسيب الموضحة في المخططات أو حسب تعليمات المهندس. عند إعادة التدوير بالتسخين في المصنع لن يُجرى قياس للسمك الإضافي، أو مناطق الرصف الموضوعة خارج الحدود المصرح بها ما لم يأمر المهندس بخلاف ذلك.

وما لم يُنص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو مستندات العقد، فإن عامل التجديد والركام الجديد (أو المزيج) و الخلط الأسفلتي على الساخن الجديد عادةً ما تكون عناصر دفع منفصلة. ويعتمد قياسها بالأطنان على تذاكر وزن التسليم المعتمدة، ويُنقص من القياس أي جزء غير مستخدم.

يجب قياس الطلاء اللاصق، ودفع مقابلها كما هو محدد في الجزء الفرعي (٥-٣-٦).

ويعد دفع مقابل الكميات المقبولة، حسب سعر القياس المذكور في العقد وحسب المبين في فاتورة الكميات، تعويضًا كاملًا؛ لتوريد جميع المواد والمعدات، والعمالة والنفقات اللازمة؛ لإكمال جميع أعمال إنشاء طبقة المعدة باستخدام عملية إعادة التدوير بالتسخين في الموقع، وعملية إعادة التدوير بالتسخين في المصنع حسب المحدد. وسيتم الدفع وفقًا لعناصر أو أكثر من العناصر الموضحة في الجدول (٥-٦٥).

الجدول (٥–٦٥) عناصر الدفع الخاصة بطبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها.

رقم العنصر	العنصر	الوحدة
٥,١٦	إعادة التدوير بالتسخين في المصنع	م^{٣}
٥,١٧	طبقة الرصف الأسفلتية المعدة بإعادة التدوير بالتسخين في الموقع	م^{٣}
٥,١٨	عامل إعادة التدوير	طن
٥,١٩	الركام (أو الخليط)	طن
٥,٢٠	الخلط الأسفلتي على الساخن الجديد	طن

٥-١٢ كشط طبقات الرصف الأسفلتي على البارد:

٥-١٢-١ الوصف:

الكشط على البارد (يُطلق عليه أيضًا الكشط البارد) هو: عملية إزالة سطح الرصف إلى العمق المطلوب. كما برز الكشط كطريقة مفضلة للتصحيح السريع، والاقتصادي للقطاعات الطولية والعرضية، وإزالة عوائق السطح قبل وضع طبقة رصف جديدة لرصف الأسفلت. ويمكن إعادة تدوير طبقة الرصف الأسفلتية المعاد تدويرها، الناتج الثانوي الناتج عن عملية الكشط، إلى طبقات الرصف الأسفلتية المستقبلية، كما هو موضح في الجزء (٥-١١)، مع الحفاظ على كل من مواد ترابط الأسفلت والركام.

وهناك عدة أسباب لكشط الرصف الحالي قبل الرصف بدلاً من مجرد وضع غطاء على الرصف الحالي. ويستخدم الكشط على البارد لتحقيق ما يلي: أ) إزالة الرصف المتدهور إلى العمق المطلوب؛ للتخلص من المواد التالفة. ب) استعادة المظهر الجانبي لسطح الرصف. ج) السماح بالسماكة المتسقة للغطاء الجديد اللاحق. د) استعادة أو الحفاظ على تدفق الصرف وكبح الكشف على طول حواجز الشوارع. هـ) توفير سطح محكم؛ لتحسين الترابط بين كل غطاء أسفلتي.

٥-١٢-٢ المعدات:

يجب أن تكون آلة الكشط على البارد ذاتية الدفع، وتتمتع بقدرة حصانية كافية وجر وثبات؛ للحفاظ على عمق القطع بشكل دقيق. ويجب أن تحتوي معدات الكشط الأساسية على قاطع يمكنه إزالة الرصف الموجود إلى الأعماق الموضحة في المخططات. وتتراوح المعدات ما بين آلات كبيرة عالية القدرة قادرة على الكشط حتى ٥ أمتار، وعمق ٣٥٠ ملم إلى آلات أصغر يمكنها كشط الفتحات والصمامات. كما يمكن تجهيز آلات الكشط بأسطوانات كشط مختلفة اعتمادًا على الغرض من الكشط، والملمس السطحي المطلوب للسطح المكشوط. فعلى سبيل المثال: عندما تكون هناك حاجة إلى أعماق كشط ضحلة فقط ويكون التنميط مطلوبًا، تُستخدم أسطوانة كشط دقيقة، أو صغيرة مزودة بمزيد من أسنان القطع (على سبيل المثال: ثلاثة أضعاف عدد أسطوانة الكشط القياسية) لإنتاج نسيج سطحه أكثر دقة، ويشار إليه بعملية الكشط الناعم.

ويجب التحكم في المنحدر المتقاطع بشكل فعال؛ كما ينبغي أن تحتوي آلة الكشط على البارد على أدوات تحكم في العمق يمكنها الحفاظ على عمق القطع في حدود ٦ ملم (وفقًا لذلك، ملم للكشط الناعم) من العمق المحدد. ويجب ألا تؤدي عملية الكشط إلى الإضرار بالمادة الأساسية، أو إتلافها.

أيضًا، يجب أن تكون آلة الكشط على البارد قادرة على التقاط المواد المزالة في عملية واحدة. ويوصى باستخدام ناقل ذاتي التحميل؛ ليكون جزءًا لا يتجزأ من آلة الكشط على البارد. ويجب أن يكون الناقل قادرًا على التحميل الجانبي، أو الأمامي؛ لنقل المواد المكشوطة من الطريق إلى شاحنة النقل.

بالإضافة إلى ذلك، يجب توفير المكانس الكهربائية، أو المكانس الفراغية، أو أجهزة النفخ الكهربائية ،أو غيرها من الوسائل؛ لإزالة المخلفات أو الغبار السائب.

٥-١٢-٣ الإنشاء:

خلال اليوم الأول من عملية الإنتاج، يجب على المقاول إنشاء قطاع تجريبي بطول ٣٠٠ متر -على الأقل- لإثبات كفاءته؛ لتلبية متطلبات المواصفات من حيث تكوين بنية السطح، والمظهر الجانبي الطولي. وإذا كانت نتائج الاختبار مطابقة للمواصفات، فيمكن للمقاول المضي قدمًا في بقية عمليات الكشط على البارد. وبخلاف ذلك، يجب إنشاء شريط اختبار جديد؛ بحيث يوفر المقاول خطة عمل تصحيحية؛ لتحسين العمليات؛ لتتوافق مع المواصفات. وبناءً على قبول المهندس لشريط الاختبار الجديد، يجب على المقاول استخدام المعدات وطرق الإنشاء نفسها؛ لتنفيذ أعمال الكشط على البارد للمشروع بالكامل.

ولتنفيذ عمليات الكشط على البارد بشكل صحيح، يجب على المقاول اتباع الخطط والمواصفات لكشط المناطق المحددة إلى الأعماق المحددة، حسب المطلوب، والتأكد من تلبية المتطلبات التالية وفقًا لـ ARRA CP101 و ARRA CP102:

- يجب أن تستخدم عملية الكشط على البارد طرق كشط تنتج سطحًا منتهيًا منتظمًا، وتحافظ على انحدار متقاطع ثابت بين الحدود في كل مسار.
- يكشط الرصف الحالي حتى المنحدر المتقاطع المبين في المخططات، ويكون تشطيب سطحه لا يختلف طوليًا أو عرضيًا بأكثر من ٩ ملم.
- يؤمن الصرف الإيجابي؛ لمنع تراكم المياه على الرصف المكشوط كما هو موضح في المخططات والمواصفات.
- يتُصلح أي مناطق متعثرة، أو غير مستوية توجد في السطح المكشوط، ولا تتوافق مع مخططات المشروع ومواصفاته - حسب تعليمات المهندس-.
- تُزال قشور السطح بالكشط إلى العمق الذي يوجه به المهندس. ويُعرّف تقشر السطح على أنه تجريف المواد التي قد تكون ناتجة إما عن حالة الطبقات الأساسية الحالية لخليط الأسفلت، والسرعة التشغيلية لآلة القشط على البارد، التي تقع على عاتق المقاول.
- شطف الحواف العمودية الطولية التي يزيد ارتفاعها عن 25 ملم التي تنتج عن عملية الإزالة، وتترك معرضة لحركة المرور. شطف الحافة بما لا يقل عن 75 ملم لكل 25 ملم من المواد التيأزيلت .
- حماية الحواف الرأسية المستعرضة بمعدلات إنزال أكبر من 12.5 ملم التي تُترك مفتوحة لحركة مرور المركبات في مناطق أخرى، مثل: بلاطات الاقتراب من جهة الجسر، ومنشآت الصرف، وملحقات المرافق باستخدام روابط مؤقتة لمواد الأسفلت، أو حسبما يحدد المهندس. مع وضع أربطة مؤقتة بمعدل تفتق لا يقل عن ١٠: ١ من حيث المسافة.
- فواصل مستعرضة مستدقة بمنحدر مؤقت من خلطة الأسفلت. إذا كانت الفواصل المستعرضة مستدقة بمنحدر مؤقت لخلطة الأسفلت، فإن السطح المكشوط عند الفاصل يجب أن يبنى كوصلة تقابلية للعمق الكامل لطبقة مناولة خليط الأسفلت الموضوع على السطح المكشوط. ويجب أن يكون المقاول مسؤولاً عن صيانة منحدرات الأسفلت هذه حتى تثبت جميع المصاعد الأسفلتية المطلوبة في المشروع.
- يجب صيانة الفواصل العرضية الأخرى المعتمدة على نفقة المقاول، ويجب على الأقل دمج فاصل تقابلي لمزيج الأسفلت بعمق كامل ليوضع على السطح المكشوط قبل بدء إعادة الصقل.

- يُزال الغبار والمخلفات، والمواد المكشوطة السائبة المكشوطة من السطح المكشوط؛ وفقًا لمتطلبات المخططات والمواصفات. ويجب ألا يُسمح بحركة المرور على السطح المكشوط، ولا يوضع خليط الأسفلت على السطح المكشوط حتى يُنظف السطح المكشوط جيدًا.
- يجب على المقاول اتخاذ الاحتياطات اللازمة؛ لمنع تجمع المياه، أو الاحتفاظ بها على الأسطح المكشوطة.
- في نهاية كل يوم عمل، يجب أن يكون الطريق في حالة تسمح بالتدفق السلس لحركة المرور. وفي حالة السماح بمرور المركبات بشكل مؤقت، يجب الحفاظ على سطح الرصف في حالة مناسبة لحركة المرور الآمنة. وتقع مسؤولية صيانة السطح المؤقت على عاتق المقاول.

٥-١٢-٤ ضبط وضمان الجودة:

يجب التحقق من متطلبات التدرج والمنحدرات المتقاطعة المبينة عادةً في الرسومات، أو في المواصفات الخاصة في كل يوم عمل باستخدام المسح الدقيق/ أو خطوط السلسلة/ أو مستويات المسطرة العدلة. أما درجة التفاوت النموذجية تكون الدرجة ± ٥ ملم. وعادةً ما تكون درجة تفاوت المنحدرات المتقاطعة ± ٠,٢٪.

تتُحدد نعومة السطح المكشوط تقليديًا من خلال متطلبات التسوية بتفاوت قدره ± ٦ ملم لمدى ٣ أمتار، أو حسبما يحدد المهندس وحسب المبين في المواصفات الخاصة. إذا لوحظ وجود ارتفاعات أو انخفاضات، فعادةً ما تتطلب تصحيح التفاوت المحدد قبل إجراء عمليات إضافية.

يوصى أيضًا بإجراء اختبار البنية الكلية للسطح المكشوط -إن أمكن- لتقييم البنية السطحية الخاصة بالسطح المكشوط. ويجب إجراء الاختبار باستخدام طريقة اختبار رقعة الرمل المعدلة، كما هو محدد بواسطة إدارة النقل في انديانا Indiana DOT (ITM No. 812-13T) والموضحة في ARRA CP101 لتحديد مؤشر نسبة البنية الكلية. ويجب ألا يقل تكرار الاختبار عن مرة واحدة في كل يوم عمل. وبالنسبة للأسطح المكشوطة على البارد النموذجية، كما يجب أن تكون نسبة البنية الكلية مساوية أو أكبر من 1.8، وفقًا لـ ARRA CP101. بالنسبة للأسطح الدقيقة المكشوطة، ويجب أن تكون نسبة البنية الكلية مساوية أو أكبر من 5.0، وفقًا لـ ARRA CP102.

٥-١٢-٥ القياس والدفع:

حسب نطاق التطبيق يجب أن تقاس أعمال الكشط على البارد إما بالمتر المربع أو بالمتر المكعب حسب تعليمات المهندس، ضمن الأبعاد والمستويات الموضحة بالرسومات. ولن يُجرى قياس للسمك الإضافي، أو مناطق الرصف الموضوعة خارج الحدود المصرح بها -ما لم يوجه المهندس بخلاف ذلك-.
ويعد الدفع مقابل الكميات المقبولة، حسب سعر القياس المذكور في العقد حسب المبين في فاتورة الكميات، تعويضًا كاملًا لتوريد جميع المواد والمعدات، والعمالة والنفقات اللازمة، لإكمال جميع أعمال الكشط على البارد بالعمق المحدد. وسيتم الدفع وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٥-٦٦).

الجدول (٥–٦٦) عناصر دفع الكشط على البارد للرصف الأسفلتي.

رقم العنصر	العنصر	الوحدة
٥,٢١	الكشط على البارد للرصف الأسفلتي (بالعمق المحدد)	م٢
٥,٢٢	الكشط على البارد لطبقات الرصف الأسفلتية	م٣

٦- معالجات أسطح الأسفلت:

٦-١ النطاق:

يصف هذا الجزء متطلبات تجهيز المواد، وأساليب الإنشاء، وإجراءات التقييم، وضبط الجودة لمعالجات سطح الأسفلت التي ستطبق من حيث الحفاظ على الرصف. وتشمل المعالجات السطحية عازل مستحلب الأسفلت المخفف وعازل رملي، وطبقة عازل المونة الأسفلتية ، وعازل تنظيف، والمعالجة السطحية الرقيقة.

٦-٢ عازل مستحلب الأسفلت المخفف:

٦-٢-١ الوصف:

تكون عازل مستحلب الأسفلت المخفف عبارة عن تسليط أسفلت مستحلب، إما مخفف، أو غير مخفف، على سطح رصف مجهز، ويمكن أن يتبعه مباشرة تسليط خفيف من ناتج تكتل النشافة، مثلما هو موضح في الشكل (٦-١)



الشكل (٦–١) تطبيق عازل مستحلب الأسفلت المخفف (Caltrans, 2008).

يتطبق عازل مستحلب الأسفلت المخفف؛ لتوفير حاجز لتسلل الهواء، والماء لسطح الرصف، ولمنع التطاير منخفض الخطورة، أو لخلق تباين الألوان بين ممرات المرور، والأكتاف لتحسين الرؤية. ويجب تجنب تطبيق عازل مستحلب الأسفلت المخفف إذا كانت تتسبب في فقدان، أو تقليل مقاومة الانزلاق.

٦-٢-٢ المواد:

٦-٢-٢-١ الأسفلت المستحلب:

تكون مركبات الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخففبشكل نمطي عبارة عن أسفلت مستحلب بطيء التجميد بدون بوليمر، بما في ذلك SS -1 h، SS -1 أو CSS -1 h، CSS -1، مثلما هو محدد في AASHTO M343. ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بمتطلبات AASHTO M140 أو AASHTO M208، على التوالي. ويجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع، والدرجة المراد استخدامها.

يمكن استخدام الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر الذي يستوفي متطلبات AASHTO M316 للاسدامات مثل: عمليات معالجة الضباب على خلطات السطح مفتوحة التدرج. وعادةً ما تُصنّع مركبات الأسفلت المستحلب المذكورة باستخدام مستحلبات بطيئة، أو سريعة التجميد. يجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع، والدرجة المراد استخدامها.

يحدد تصنيف الصلابة المتبقية من قبل الجهة المسؤولة، أو المهندس باستخدام الظروف المناخية وحركة المرور الإقليمية.

يمكن تخفيف الأسفلت المستحلب الخاص بعازل مستحلب الأسفلت المخفف بالماء قبل التطبيق، ولكن يجب تخفيفه في محطة الأسفلت المستحلب، وعدم تخفيفه في مجال الإنشاء. قبل التخفيف، ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بالمتطلبات المحددة في AASHTO M140 أو AASHTO M208أو AASHTO M316 حسب الاقتضاء. ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يخفف الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بشكل نمطي ١:١ بالوزن مع الماء، أو محلول متوافق من المادة الخافضة للتوتر السطحي قبل التطبيق. ويمكن تخفيف الأسفلت المستحلب البطيء التجميد بالماء. كما تخفف جميع أنواع الأسفلت المستحلب الأخرى باستخدام محلول خافض للتوتر السطحي متوافق مع الأسفلت المستحلب. ويكون المنتج النهائي المخفف عبارة عن خليط سائل، ومتجانس يمكن رشه بالتساوي بواسطة موزع ضغط.

٦-٢-٢-٢ ركام النشافة:

ولزيادة الاحتكاك أو للسماح بمرور المرور قبل معالجة الأسفلت المستحلب، يمكن إضافة كميات صغيرة من الركام الناعم مباشرة خلف موزع الأسفلت المستحلب. وعلاوة على ذلك، يستخدم -أحيانًا- ناتج ركام النشافة؛ لامتصاص أي أسفلت مستحلب زائد قد يحدث على سطح الرصف بسبب الاستخدام المفرط أو بسبب التجميع في مناطق منخفضة من الرصف.

يجب أن يكون ركام النشافة المستخدم في موانع تسرب الضباب من الرمل الطبيعي، أو الرمل المصنّع أو توليفة من كليهما خالٍ من المواد العضوية أو الطين وبتدرج يتكون من ١٠٠٪ يمر بالمنخل ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) ولا يزيد عن فترة مرور ٥٪ بالمنخل ٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠). في حالة توجيه درجات أكثر تحكمًا من قبل المهندس، فيجب أن يفي حجم الركام، ودرجات الركام بالمتطلبات الموضحة في الجدول (٦-١). ويجب أن يكون للركام الناعم المستخدم للاحتكاك زاوية لا تقل عن ٤٥ على النحو الذي تحدده AASHTO T304. ولا ينطبق هذا الشرط على الركام الناعم المستخدم فقط كمواد للتنقيط.

الجدول (٦–١) تدرج الركام النشافة (AASHTO, 2020).

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن
٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	١٠٠
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٥٠ ـ ٨٥
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٢٥ ـ ٦٠
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٥ ـ ٣٠
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	٠ ـ ١٠

٦-٢-٣ التطبيق:

يجب تحديد معدلات تطبيق الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بواسطة شريط اختبار أو بواسطة اختبار الحلقة. ويرد تفصيل لكلا النهجين في الأقسام الفرعية (٦-٢-٣-١) و(٦-٢-٣-٢)، وفقًا لمواصفة (AASHTO R105).

ويجب أن يأخذ حساب معدل عازل مستحلب الأسفلت المخفف المتبقي في الاعتبار كلا مصدري الماء، أي: الماء الموجود في الأسفلت المستحلب الأصلي، وكذلك الماء المضاف عن طريق التخفيف.

ستنفذ جميع أعمال التصميم لتحديد معدل الاستخدام الأمثل باستخدام عينات من الأسفلت المستحلب المراد استخدامه في موقع العمل، أو من مادة مكافئة من نفس المصدر، ولها نفس خواص المادة إلى حدٍ كبير.

٦-٢-٣-١ شريط الاختبار

يتم تركيب شريطي اختبار ١٠٠ متر من عازل مستحلب الأسفلت المخفف، بعرض ٣ أمتار على الأقل في التاريخ المحدد أو في أي يوم قبل بدء وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف. ويجب على المقاول تطبيق معدلين، أو أكثر من مواد الأسفلت على قطاعين متتاليين من قطاعات الاختبار. بشكل عام، تستخدم معدلات استخدام أخف للأسطح الضيقة والسلسة، ومعدلات استخدام أثقل للأسطح المفتوحة والخشنة. ضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف؛ لتقليل كمية الرذاذ الزائد، ولا تسمح بحركة المرور على عازل مستحلب

الأسفلت المخفف حتى يشفى. ويجب على المقاول تحديد معدل تطبيق لمواد ختم الضباب؛ لضمان تطبيق موحد للأسفلت المستحلب دون أي خط. ويجب توخي الحذر؛ للتأكد من أن معدل تطبيق عازل مستحلب الأسفلت المخفف لا يؤثر سلبًا على نسيج السطح. كما يجب تطبيق طبقة إضافية للمقاطع التجريبية التي تكون بها عازل مستحلب الأسفلت المخفف غير كافية؛ ويجب نقع المقاطع التجريبية التي بها عازل مستحلب الأسفلت المخفف مع الرمل.

٦-٢-٣-٢ اختبار الحلقة

بعد مسح قسم الطريق المراد إغلاقه بالضباب، وتنظيف الأنقاض والغبار، اتبع إجراء الاختبار كما هو موضح أدناه:

- ارسم ثلاث دوائر بقطر ١٥٠ ملم على الرصف المكسور.
- حدد ثلاث معدلات تطبيق مستهدفة وترجمها إلى الحجم المطلوب من الأسفلت المستحلب من الجدول (٦-٢).
- قم بتسمية كل دائرة بمعدل تطبيقها.
- استخدم أسطوانة متدرجة سعة ١٠ مل؛ لصب الكمية المطلوبة من الأسفلت المستحلب في مركز كل دائرة وتوزيع المواد بالتساوي داخل الدائرة.
- سيغطي معدل الاستخدام المثالي الرصف بشكل متساوٍ وكامل داخل الدائرة، مع عدم تصريف الأسفلت المستحلب في الخارج.
- سجل معدل التطبيق الأمثل.

الجدول (٦–٢) كمية الأسفلت المستحلب لاختبار الحلقة (AASHTO, 2020).

ل/م^{٢}	مل (دائرة ١٥٠ مم)
٠,٢٣	٤,٢
٠,٢٧	٥
٠,٣٢	٥,٨
٠,٣٦	٦,٦
٠,٤١	٧,٤
٠,٤٥	٨,٣
٠,٥٠	٩,١
٠,٥٤	١٠,٠
٠,٥٩	١٢,٨

بالنسبة لأسطح المزيج الساخن مفتوحة الدرجة، يمكن وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف بمعدل استخدام أعلى، أو بمحتوى متبقٍ أعلى. وغالبًا يطبق اختبار الحلقة فقط عندما يكون سطح الرصف منخفض النفاذية نسبيًا، حيث يمكن أن يتسبب ذلك في انزلاق الرصف بعد التطبيق.

٦-٢-٤ الإنشاء:

٦-٢-٤-١ المعدات:

يجب على المقاول توفير المعدات، والأدوات والأجهزة المناسبة؛ لتنفيذ أعمال سطح عازل مستحلب الأسفلت المخفف خلال وقت العقد. ويجب أن تكون هذه المعدات دائمًا في حالة تشغيلية جيدة، وتشمل المكانس، وموزعات الأسفلت، وموزعات ركام النشاف والشاحنات.

يجب استخدام المكنسة الآلية ذات الوسيلة الإيجابية للتحكم في الدمك الرأسي لتنظيف سطح الطريق قبل رش الأسفلت المستحلب. ويفضل استخدام المكانس الفراغية في المناطق الحضرية أو السكنية، ولكن المكانس الدافعة مقبولة في المناطق الريفية حيث لا يشكل الحطام المتناثر على الطريق خطرًا على المشاة أو المركبات.

يجب أن يكون لدى موزع الأسفلت جهاز تحكم في سرعة الأرض متصل بمضخة الأسفلت المستحلب بحيث يوفر معدل التطبيق المحدد بأي سرعة. ويجب أن يكون موزع الأسفلت قادرًا على الحفاظ على الأسفلت المستحلب عند درجة الحرارة المحددة. كما تنتج فوهات قضيب الرش رذاذًا موحدًا مزدوجًا للمروحة، ويجب أن يكون الإغلاق فوريًا، دون تقطير. توجه جميع الفوهات بنفس الزاوية عند نطاق ١٥ - ٣٠ درجة، باستخدام مفتاح الربط الذي توفره الشركة المصنعة للموزع.

وفي حالة استخدام موزع ركام نشافة، يجب أن يكون موزع ركام ميكانيكي ذاتي الدفع مع تحكم محوسب في الانتشار، قادر على توزيع ركام النشافة بشكل موحد على العرض المطلوب، وبالسعر المصمم. ويجب أن يركب الموزع على عجلات معبئة بالهواء المضغوط.

وتستخدم شاحنات ذات قدرة موحدة لتسليم الركام.

وفي حالة استخدم ركام نشاف على عازل مستحلب الأسفلت المخفف، فيجب على المقاول إظهار الوثائق التي تثبت معايرة موزع الأسفلت، وموزع الركام. تتم المعايرة في موعد لا يتجاوز خمسة أيام قبل عمليات عازل مستحلب الأسفلت المخفف، ويجب على المقاول تزويد المهندس بنتائج المعايرة.

٦-٢-٤-٢ القيود المناخية:

يجب أن تُطبق عازل مستحلب الأسفلت المخفف عندما تكون درجات حرارة سطح المحيط أو الرصف ١٦ درجة مئوية وأعلى، ويكون سطح الطريق جافًا. ويجب أن تطبق عازل مستحلب الأسفلت المخفف فقط خلال ساعات النهار، ويجب إكماله قبل غروب الشمس بساعتين على الأقل.

أثناء الغبار، أو العواصف الرملية، أو المطر أو عندما يكون من المتوقع هطول المطر قبل أن يثبت الأسفلت المستحلب للعازل مستحلب الأسفلت المخفف، يجب عدم وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف.

٦-٢-٤-٣ إعداد سطح الطريق:

امسح سطح الطريق باستخدام مكنسة تعمل بمحرك؛ لإزالة المواد السائبة في مدة لا تزيد عن ٣٠ دقيقة قبل وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف المستحلب. وفي حالة وافق المهندس على ذلك، يمكن تمديد هذا الإطار الزمني البالغ ٣٠ دقيقة إذا كان القيام بذلك لا يخاطر بسطح نظيف قبل إجراءات منع تسرب الضباب. ويجب أن تُنظف مناطق الانخفاضات التي لا تصل إليها المكنسة الآلية بمكنسة يدوية. نظف الحواف الخارجية للرصف لإغلاقها، بما في ذلك الكتف المرصوف المجاور.

يجب تغطية مسبوكات المرافق (على سبيل المثال: غرف التفتيش، أغطية صمامات البوابة، أحواض الالتقاط، المستشعرات)؛ وذلك لمنع الطلاء بالأسفلت المستحلب. ويمكن استخدام أغطية مناسبة بما في ذلك أقراص الخشب الرقائقي، ورق كرافت، أو مواد أخرى معتمدة. وتزال هذه الأغطية قبل فتح الطريق أمام حركة المرور.

٦-٢-٤-٤ تطبيق الأسفلت المستحلب:

يُطبّق الأسفلت المستحلب بالمعدل المحدد بواسطة شريط الاختبار، أو اختبار الحلقة في غضون ± ٥ ٪. تكون تغطية المواد البيتومينية بدون خطوط، أو بقع غير مطلية. وعند إجراء التخطيط، يجب إيقاف تطبيق المواد البيتومينية حتى تُجرى تعديلات على الموزع، وإجراءات التطبيق التي ستؤدي إلى التخلص من الخطوط. تُطلى البقع غير المطلية باستخدام الفوهة اليدوية.

في وقت التطبيق، يجب أن تكون درجة حرارة الأسفلت المستحلب أعلى من ٥٠ درجة مئوية. وإذا كانت درجة الحرارة أقل من ٥٠ درجة مئوية، فهناك خطر من استخدام مواد أقل من المطلوب بسبب اللزوجة العالية.

يجب السماح للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بالعلاج دون عائق -لمدة ساعتين على الأقل- حتى ينكسر الأسفلت المستحلب، ويمتص إلى حد كبير في السطح الحالي، أو يكون خاليًا من اللواصق إلى حد كبير. لاحظ أن عازل مستحلب الأسفلت المخفف عادة ما يتم معالجته، أو تثبيته في غضون ساعتين في ظل الظروف الجافة، ودرجات الحرارة فوق ١٦ درجة مئوية. قم بتغطية الأسفلت غير الممتص بركام النشاف؛ لحماية حركة المرور، أو تقليل أضرار الأمطار. قم بإزالة ركام النشاف الزائد بعد امتصاص الأسفلت عن طريق الكنس.

قم بوضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف– عندما يُتاح ذلك بحيث يُحكم إغلاق الممرات المجاورة في وقت واحد. وقبل السماح بحركة المرور على السطح دون التحكم المروري، قم بمسح جميع الركام السائب من المسار (المسارات) المفتوحة إذا لم تكن مغلقة.

يجب النظر في وصلة الإنشاء الطولية بحيث تتوافق مع خط المسار المطلي، أو الحافة الخارجية للكتف. وينبغي ألا تتداخل وصلة الإنشاء الطولية.

يجب استخدام وصلة ورقية مستعرضة عند بدء تطبيق جديد للعازل مستحلب الأسفلت المخفف الذي يرتكز بشكل عرضي على عازل مستحلب الأسفلت المخفف الذي طبق سابقًا؛ لمنع تراكم الأسفلت المفرط (والركام) في الوصلة. ولهذا الغرض، يجب إنشاء وصلة ورقية مستعرضة عن طريق وضع ورقة كرافت بعرض ١ متر فوق عازل مستحلب الأسفلت المخفف الذي طُبق مسبقًا. وتحاذى حافة الورقة مع الوصلة التي ستشكل عندما تلتقي عازل مستحلب الأسفلت المخفف التي طبقت مسبقًا مع عازل مستحلب الأسفلت المخفف التي تطبق الآن. كما يوضع الأسفلت المستحلب بواسطة موزع الأسفلت بدءًا من أعلى ورق كرافت. بعد أن يتحرك الموزع إلى الأمام وفوق الوصلة، يجب إزالة الورق. يجب وضع الورقة بشكل مثالي في خاتمة لقطة الموزع أيضًا. ينتج عن ذلك حافة ملساء مع الكمية المناسبة من عازل مستحلب الأسفلت المخفف في المفصل.

لا يمكن وضع علامات الرصف الدائمة لمدة ثلاثة أيام بعد وضع عازل مستحلب الأسفلت المخفف لعلامات الرصف المحمولة بالماء أو عشرة أيام للأنواع الأخرى.

٦-٢-٤-٥ تطبيق ركام النشاف:

بعد رش الأسفلت المستحلب والبدء في التجميد، ضع ركام النشاف بمعدل يغطي الأسفلت المستحلب فقط، أو يكفي لبقع الأسفلت المستحلب الزائد. ضع ركام النشافة مع موزع الركام إذا كان التطبيق العرضي والطولي الموحد على الرصف ضروريًا. وعندما تكون هناك أماكن محددة تحتاج إلى مسح الأسفلت المستحلب الإضافي، يمكن وضع الرمل باليد.

٦-٢-٤-٦ التحكم بالمرور:

بعد تجميد الأسفلت المستحلب بالكامل، وبعد تطبيق ركام النشاف، يجب ألا يُسمح بحركة المرور على عازل مستحلب الأسفلت المخفف الموضوع حديثًا إلا بعد موافقة المهندس.

٦-٢-٥ التقييم:

٦-٢-٥-١ تعديلات على تطبيق موزع الأسفلت:

٦-٢-٥-١-١ زاوية الفوهة:

يجب أن ترش جميع الفوهات الملحقة بقضيب الرش بمروحة كاملة، باستثناء الفوهات الموجودة على الحافتين اليمنى واليسرى التي يجب أن تكون عبارة عن فوهات نصف مروحة؛ بحيث يظل الرش داخل قضيب الرش. ويجرى تعديلات على زوايا فوهة قضيب الرش؛ لضمان الاتساق في تغطية الرش للرصف.

تحتوي كل فوهة على فتحة مقطوعة على وجه الفوهة. وعند إدخال الفوهة في قضيب الرش، يجب وضع جميع الفتحات بزاوية تتراوح من ١٥ إلى ٣٠ درجة في اتجاه قضيب الرش، كما هو موضح في الشكل (٦-٢).



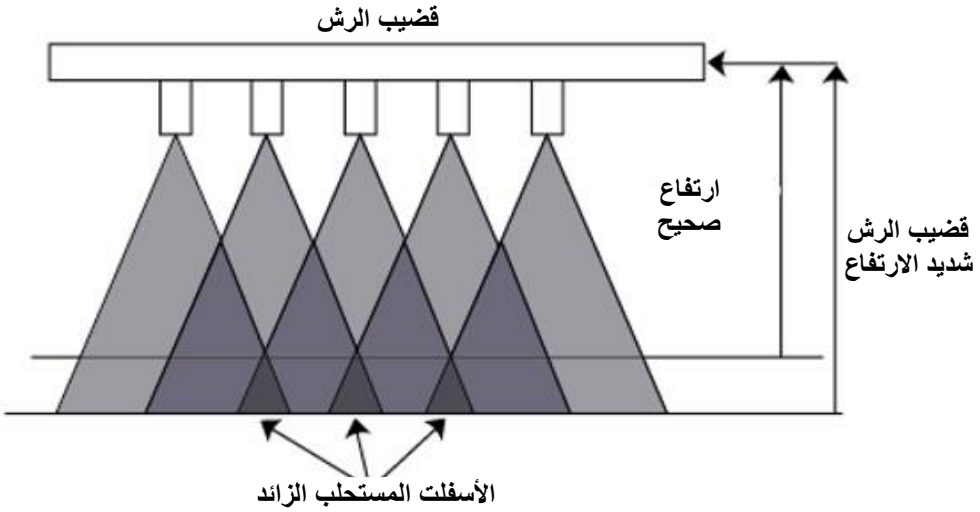
الشكل (٦–٢) اتجاه فوهة قضيب الرش في قضيب الرش (AASHTO, 2020).

يجب ضبط الزاوية التي توضع فيها الفوهات باستخدام مفتاح الربط الذي يوفره الموزع. وقد صُمم مفتاح الربط هذا، عند استخدامه بشكل صحيح، لضبط الزوايا الصحيحة لكل فوهة. ويمكن لأي مفتاح ربط يناسب الفوهة السداسية ضبط زاوية الفوهة، ولكن يجب التحقق من صحة الزاوية بصريًا. ومع ذلك، في حالة عدم توفر مفتاح الربط هذا، يكفي مفتاح ربط يناسب الفوهة السداسية، ولكن يجب الحكم على الزاوية بصريًا.

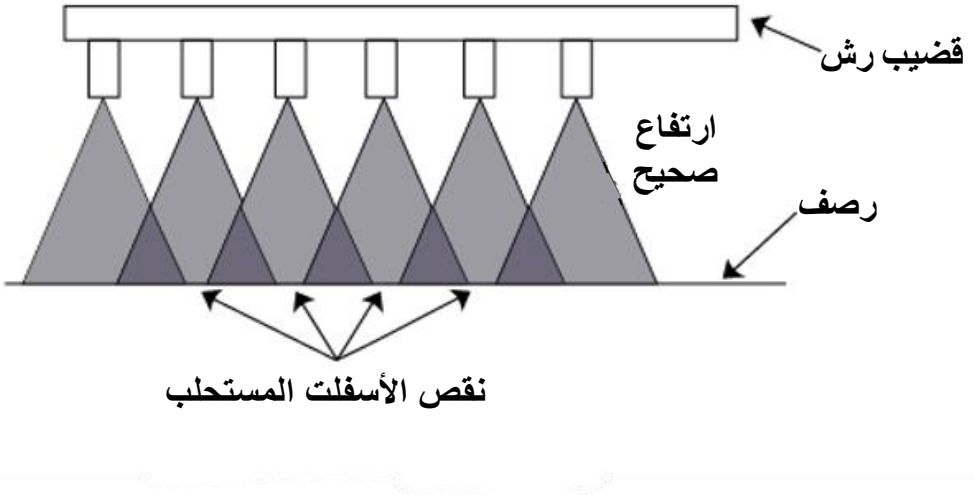
٦-٢-٥-١-٢ ارتفاع قضيب الرش:

يعد ضبط ارتفاع قضيب الرش ضروريًا؛ لضمان أن الأسفلت المستحلب يغطي عرض الرش بالكامل في تداخلين أو ثلاثة.

يحدث تمزق للأسفلت المستحلب إذا ضُبط قضيب الرش على مرتفع جدًا، أو منخفض جدًا، كما هو موضح في الشكل (٦-٣) والشكل (٦-٤).



الشكل (٦–٣) خطوط قضيب الرش مرتفعة جدًا للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020).

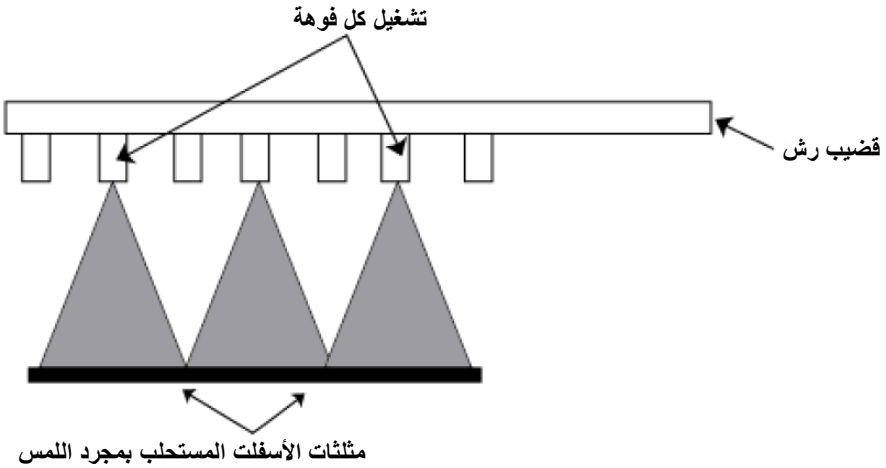


الشكل (٦–٤) خطوط قضيب الرش منخفضة جدًا للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020).

يجب رفع القضيب إلى الارتفاع المناسب لمنع التقطيع. تتضمن عملية الضبط إغلاق الفوهات لتحديد مكان ملامسة نمط الرش للرصف، كما هو موضح في الشكل (٦-٥) والشكل (٦-٦).

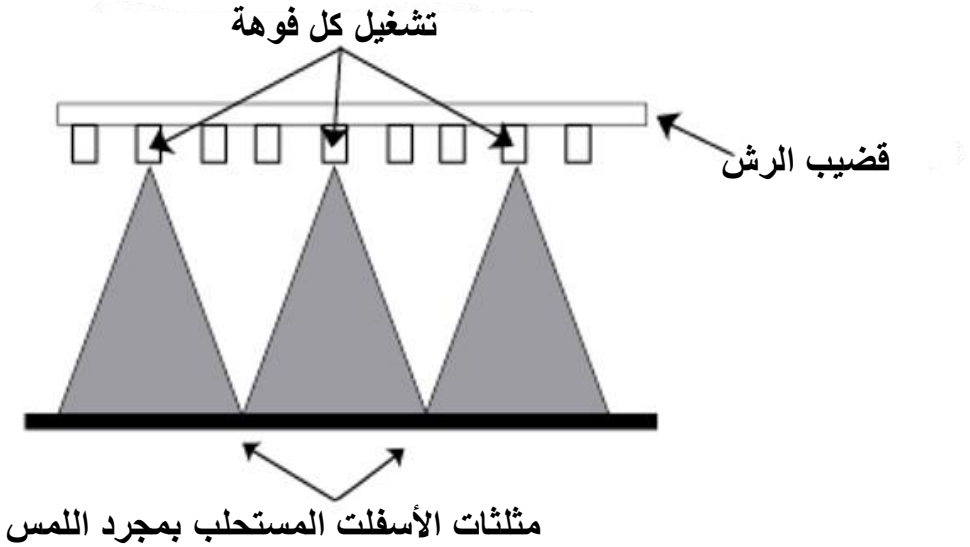
وعند الرغبة في استخدام لفة مزدوجة، يجب إيقاف تشغيل كل فوهة أخرى، كما هو موضح في الشكل (٦-٥)، بينما يراقب المراقب المكان الذي يضرب فيه الأسفلت المستحلب الرصف من كل فوهة مفتوحة، يجب على مشغل الموزع رش الأسفلت على سطح الرصف لأقل وقت ممكن. ويكون القضيب مرتفعًا جدًا إذا كان هناك تداخل للأسفلت المستحلب من الفوهات المجاورة، وبخلاف ذلك إذا كان هناك نقص في الاستحلاب من الفوهات المجاورة، فإن القضيب منخفض جدًا. عندما يُتأكد من صحة ارتفاع القضيب، يمكن إعادة

تشغيل الفوهات التي أوقف تشغيلها، وسيؤدي ذلك إلى استخدام مزدوج للأسفلت المستحلب عند استئناف الرش.



الشكل (٦–٥) تعديل ارتفاع شريط الرش للتداخل المزدوج (AASHTO, 2020).

عند الرغبة في استخدام لفة ثلاثية، يجب إيقاف تشغيل كل فوهة ثالثة، كما هو موضح في الشكل (٦-٦). بينما يراقب المراقب المكان الذي يضرب فيه الأسفلت المستحلب الرصف من كل فوهة مفتوحة، يجب على مشغل الموزع رش الأسفلت على سطح الرصف لأقل وقت ممكن. كما هو الحال في اللفة المزدوجة، يشير أي تداخل للمستحلب من الفوهات المجاورة إلى أن القضيب مرتفع جدًا. على العكس من ذلك، يشير نقص الأسفلت المستحلب من الفوهات المجاورة إلى أن القضيب منخفض جدًا. وبمجرد تقييم من صحة ارتفاع القضيب، يمكن إعادة تشغيل الفوهات التي أوقف تشغيلها، وسيؤدي ذلك إلى استخدام ثلاثي للأسفلت المستحلب عند استئناف الرش.



الشكل (٦–٦) تعديل ارتفاع شريط الرش للتداخل الثلاثي (AASHTO, 2020).

ضع في الحسبان أن ارتفاع القضيب سيرتفع مع ملء الموزع أثناء الرش. ومع ذلك، فإن هذا لا يكفي عادة لضمان ضبط قضيب الرش لمنع التقطيع الكبير.

٦-٢-٥-٢ معدل التدفق المستعرض لموزع الأسفلت:

يجب أن يكون معدل التدفق عبر قضيب الرش موحدًا مع رش كل فوهة في حدود ± ١٠ ٪ من متوسط معدل التدفق.

يستخدم قطر الفتحة، وعرض الفتحة الموجودة في الفوهة؛ لقياس وتقييم معدل التدفق المنتظم. وقبل بدء عمليات عازل مستحلب الأسفلت المخفف، يوصى بفحص جميع الفوهات؛ للتأكد من معدل التدفق. يجمّع حجم مقاس من الأسفلت المستحلب في حاويات تحت كل فوهة؛ لتحديد التدفق الجانبي المنتظم من قضيب الرش. ولهذا الغرض، يستخدم جهاز التدفق الذي يتكون من أنبوب. ويمكن تركيب كل فوهة عليه من طرف واحد، ويمكن تركيب مصدر للمياه على الطرف الآخر. ويقاس تدفق الماء خلال كل فوهة بملء وعاء سعته ٤ لترات في فترة محددة. ويتم ذلك لكل فوهة تستخدم في المشروع. وقد تتكون الحاويات من قوالب أسطوانية خرسانية قياسية ١٥٠ ملم × ٣٠٠ ملم، يمكن إعادة استخدامها، ومبطنة بأكياس مجمدة قابلة لإعادة الإغلاق بسعة ٤ لترات ليتخلص منها بشكل مناسب مع المحتويات. وفي حالة كان معدل التدفق لأي فوهة أكبر من ± ١٠٪ من متوسط جميع الفتحات المستخدمة، فيجب التخلص من الفوهات غير المتوافقة، أو تعديلها لتتدفق ضمن تفاوت ± ١٠٪.

٦-٢-٥-٣ معدل التدفق الطولي لموزع الأسفلت:

يجب تقييم معدل التدفق الطولي من خلال قياس حجم الأسفلت المستحلب في الموزع قبل، وبعد رش الأسفلت المستحلب الكافي؛ لتقليل حجم الأسفلت المستحلب في الموزع بنسبة ٧٠ - ٩٠ ٪ شريطة أن تدخل جميع الفوهات في قضيب الموزع.

يتحدد كمية الأسفلت المستحلب في الشاحنة باستخدام عصا القياس التي يوفرها الموزع. وعادة ما يتم حمل عصا القياس هذه على الجزء العلوي من الخزان بالقرب من فتحة الفحص. انتبه لكيفية استخدام عصا القياس. ولاحظ أنه لا يقصد بالعديد من أعواد الغمس أن تغمر في الأسفلت المستحلب، ولكن بدلًا من ذلك، تدخل في الجزء العلوي من الخزان فقط حتى يلامس طرف عصا الغمس سطح الأسفلت المستحلب. وبعد ذلك، يقرأ مستوى الحجم في الخزان عن طريق فهرسة الجزء العلوي من غطاء الفحص؛ للقراءة على عصا القياس.

يكون إجراء قياس معدل التدفق الطولي كما يلي:

- قبل إطلاق الأسفلت المستحلب، خذ قراءة الحجم مع عصا القياس. سجل وحدة التخزين هذه باسم "الحجم في البداية".
- قم بإعداد الشاحنة لوضع الأسفلت المستحلب، ووضع ما لا يقل عن ١٠٠٠ متر في ٣,٦ متر من الأسفلت المستحلب بمعدل التصميم باستخدام حجم تدفق المضخة باللتر في الدقيقة، وسرعة الشاحنة المطلوبة من قبل الشركة المصنعة لتحقيق معدل التدفق هذا.
- خذ قراءة عصا القياس الثانية.
- سجل هذه القراءة على أنها "الحجم في النهاية".
- اطرح الحجم في النهاية من الحجم في البداية، وسجله على أنه "الحجم المستخدم".
- تحديد مساحة الأسفلت المستحلب المرشوش، وتقسيم الحجم المستخدم في المساحة المقذوفة بالمتر المربع. ويكون هذا هو عدد اللترات في المتر المربع المطبقة على الرصف.

قارن هذه القيمة بجهاز حاسوب الموزع -إذا كان مجهزًا- لتقييم دقة جهاز الحاسوب. وإذا لزم الأمر، يجب تطبيق عامل تصحيح على ناتج الحاسوب، واستخدامه طوال اليوم. وينبغي إجراء هذه المعايرة كل يوم.

٦-٢-٥-٤ معدل الانتشار المستعرض الكلي للرشاشات:

يجب توزيع ركام النشاف بالتساوي للمساعدة في منع تتبع الأسفلت المستحلب، مثلما هو موضح في الشكل (٦-٧).



الشكل (٦–٧) تطبيق الركام النشاف.

يضع صندوق الرشاش حجابًا من ركام النشاف على الرصف من الخلف، مع تحرك الرشاش بعيدًا عن المراقب، أو من الأمام. ويمكن للمراقب أن يرى مدى انتظام سقوط نشافة الركام من صندوق الرشاش من أي من الموقعين. ومع ذلك، سيكون المراقب أكثر أمانًا إذا شاهد الفاصل من أي من الربعين الأماميين؛ لأنه سيكون لديه رؤية أفضل للعرض بأكمله. ويشير أي تغيير في معدل التطبيق إلى أي اختلاف في مقدار الضوء الذي يمر عبر حجاب ركام النشاف. يُقلل ركام النشاف عندما يكون هناك المزيد من الضوء. وفي هذه الحالة، يجب إيقاف الماكينة، وتعديل البوابات الموجودة على الرشاش وذلك يسهم في عدم الانتظام، وإعادة التشغيل التجريبي. ويمكن تعديل معدل الانتشار العرضي باستخدام هذه الطريقة. يوفر هذا الإجراء التجريبي التكيف مع معدل الانتشار العرضي.

٦-٢-٥-٥ معدل الانتشار الطولي:

يجب أن يكون معدل الانتشار الطولي موحدًا وأن يكون في حدود ± ١٠ ٪ من معدل انتشار التصميم.

وبمجرد ضبط معدل الانتشار المستعرض، يمكن ضبط المعدل الطولي. ويعتمد التقييم الأولي على الفحص البصري، ويجب أن يتم قبل فترة طويلة من بدء الأسفلت المستحلب في الانكسار أو الثبات، ولكن ليس مباشرة بعد الرش ما لم تتطلب ذلك درجة الحرارة أو الرياح، أو قابلية إزالة المستحلبات العالية.

يجرى التقييم الكمي لركام النشاف الذي وضع من خلال وزن رشاش الركام قبل وبعد تطبيق ركام النشاف، وحساب معدل الانتشار بناءً على المنطقة المشمولة. ويعد ذلك أمرًا غير عمليًا في كثير من الأحيان. لذلك، فإن تقدير وزن الإنتشار على مساحة معروفة من خلال قسمة الوزن المقدر للإنتشار على المنطقة المغطاة بالحمولة، ومعرفة وزن كل شاحنة نقل تمد المنشور هو بديل مقبول.

على أي حال، يجب أن يكون معدل تطبيق ركام النشاف مشابهًا لمعدل التصميم. كما يجب ألا يكون معدل الانتشار منخفضًا بما يكفي للتسبب في مشاكل في الالتقاط بالنسبة للمداحل ذات الإطارات المطاطية. ومع ذلك، يجب أن يكون المعدل بحيث يؤدي حتى الانخفاض الطفيف في المعدل إلى الاستلام. وعند السقوط وقبل إجراء الدحرجة، يجب أن يكون الأسفلت المستحلب مرئيًا بين الركام. ويتولى مراقب الإنشاء مسؤولية تحقيق معدل التطبيق هذا.

٦-٢-٦ معايير القبول:

يتحمل المقاول مسؤولية أخذ عينات، واختبار ضبط الجودة، ويجب أن يقدم خطة ضبط الجودة بما في ذلك المواد والإجراءات؛ للتحقق من جودة ركام عازل مستحلب الأسفلت المخفف، والأسفلت المستحلب المطابق لهذه المواصفات العامة ووثائق العقد الأخرى.

يجب على الجهة المسؤولة ضمان جودة الإنتاج من خلال التحقق من أن المقاول يؤدي إجراءات ضبط الجودة بدقة.

٦-٢-٦-١ ضبط الجودة:

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٦-٣) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة وتكرار هذه الاختبارات وحدود السماح بها. و يجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٦–٣) متطلبات ضبط الجودة لخلطات الطبقات الضبابية العازلة.

المواد	الممتلكات	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
ركام النشافة	التدرج	المخزون الاحتياطي	في بداية العمل أو تغيير المصدر	AASHTO T27	القسم الفرعي ٦-٢-٢-٢
	التدرج	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T27	القسم الفرعي ٦-٢-٢-٢
الأسفلت المستحلب	الجودة	المورد	شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO: M140 أو AASHTO M208 أو AASHTO: إم ٣١٦	الجزء الفرعي ٥-٢-٥
	معدل التطبيق	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم		الجزء الفرعي ٦-٢-٣ ± ٥ ٪ من معدل التصميم

٦-٢-٦-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد ومعدلات التطبيق الصحيحة، والكنس، ومراقبة حركة المرور تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وستُجري الجهة المسؤولة هذه الأنشطة عشوائيًا.

يتقيّم جميع المعدات التي ستستخدم في المشروع من قبل الجهة المسؤولة؛ للتأكد من أنها في حالة تشغيل مقبولة، وأنه تمت معايرتها بشكل صحيح، وأنها ستوفر كميات من المواد المحددة.

بالنسبة للسطح النهائي، سيجرى فحص نهائي؛ للتأكد من عدم حدوث أي تفوير، أو تدفق للسطح، أو فقدان مفرط للضباب أو تفتيت الركام. كما ستفحص المفاصل الطولية، والمستعرضة؛ للتأكد من عدم حدوث تداخل مفرط.

٦-٢-٧ القياس والدفع:

يجب أن تقاس عازل مستحلب الأسفلت المخفف بالمتر المربع للمنطقة التي وضعت عليها عازل مستحلب الأسفلت المخفف ضمن الخطوط الموضحة في المخططات، المحددة أو المطلوبة من قبل المهندس. ويجب عدم قياس رمال النشاف لأغراض الدفع.

يجب الدفع مقابل عازل مستحلب الأسفلت المخفف المكتمل حسب منطقة الرصف التي جهز المانع فيها بسعر وحدة العقد، أو سعر وحدة العقد المعدل، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في فاتورة الكميات.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة للعازل مستحلب الأسفلت المخفف بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال الإنشاء على النحو المُحدد. يتم السداد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٦-٤).

الجدول (٦–٤) بند الدفع مقابل عازل مستحلب الأسفلت المخفف.

رقم البند	البند	الوحدة
١,٦	عازل مستحلب الأسفلت المخفف	م^{٢}

٦-٣ عازل رملي:

٦-٣-١ الوصف:

عازل رملي هي: طبقة من الأسفلت المستحلب يتم تطبيقها، ويتبعها مباشرة تطبيق طبقة واحدة من ركام الغطاء الناعم، والذي يتم دكه بعد ذلك. واعتمادًا على متطلبات المرور، والحالة الحالية لسطح الطريق، يمكن وضع الختم في طبقات متعددة.

تتعد عازل رملي علاجًا اقتصاديًا؛ للحفاظ على الطرق منخفضة الحجم. وللاستخدام على القواعد المدموكة، يجب وضع طبقة أولية على القاعدة قبل وضع عازل رملي. كطبقة عازلة أولية على قاعدة الطريق، قد يكون من الضروري استخدام أكثر من عازل رملي واحد؛ للحصول على العمر المتوقع للطبقة العازلة.

٦-٣-٢ المواد:

٦-٣-٢-١ الأسفلت المستحلب:

يكون الأسفلت المستحلب للعازل الرملي في الغالب عبارة عن أسفلت مستحلب كاتيوني سريع، أو متوسط، أو بطيئة التجميد. ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب للعازل الرملي بمتطلبات AASHTO M140 أو AASHTO M208. ويجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع، والدرجة المراد استخدامها. يحدد تصنيف صلابة مخلفات الأسفلت المستحلب من قبل الجهة المسؤولة، أو المهندس باستخدام الظروف المناخية، و المرورالإقليمي.

٦-٣-٢-٢ غطاء الركام:

يجب أن يتكون الركام الخاص بأختام الرمل من مادة حبيبية دقيقة، تتكون من جزيئات صلبة، ومتينة، ومتجانسة في الجودة وخالية من المواد الضارة. ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يجب أن يفي حجم الركام والدرجات بالمتطلبات الموضحة في الجدول (٦-٥)، وفقًا لـ AASHTO M344؛ وتكون جميع النسب المئوية حسب الكتلة. وعلاوة على ذلك، يجب أن يكون للركام ما يعادل ٤٥ رملًا كحد أدنى، على النحو الذي يحدده AASHTO T176.

الجدول (٦–٥) متطلبات ركام عازل رملي.

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن		
	النوع ١	النوع ٢	النوع ٣
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	١٠٠	١٠٠ ـ ٩٠	٩٠ ــ ٧٠
٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	١٠٠ ـ ٩٠	٩٠ ـ ٦٥	٧٠ ــ ٤٥
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٩٠ ـ ٦٥	٧٠ ـ ٤٥	٥٠ ــ ٢٨
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٦٥ ـ ٤٠	٥٠ ـ ٣٠	٣٤ ــ ١٩
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٤٢ ـ ٢٥	٣٠ ـ ١٨	٢٥ ــ ١٢
٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠)	٣٠ ـ ١٥	٢١ ـ ١٠	١٨ ــ ٧
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	٢٠ ـ ١٠	١٥ ـ ٥	١٥ ــ ٥
اختبار مكافئ الرمل: ٤٥ كحد أدنى لجميع أنواع الركام			

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن		
	النوع ١	النوع ٢	النوع ٣
ملاحظة: يمكن تحديد تفاوتات المخزون من قبل الجهة المسؤولة أو المهندس المسؤول.			

موانع تسرب الرمل مخصصة للطرق منخفضة السرعة ومنخفضة الحجم، بشكل عام أقل من ٧٥٠ متوسط حركة المرور اليومية السنوية. واعتمادًا على أنواع وسرعات حركة المرور المتوقعة، قد يلزم استخدام الركام الزاوي عالي الاحتكاك. وسيكون نوع التدرج الذي سيستخدم كما هو محدد من قبل الجهة المسؤولة، أو المهندس مع الأخذ في الاعتبار المواد المحلية المتاحة المطابقة لمتطلبات الجدول (٦-٥) وأن ارتفاع عدد حركة المرور سيتطلب استخدام تدرجات ركام أكثر خشونة (على سبيل المثال: النوع ٣).

٦-٣-٣ التطبيق:

يُقصد بعازل رملي أن يكون بديلًا اقتصاديًا وبسيطًا؛ للحفظ للطرق منخفضة الحجم حيث قد لا تتوفر مواد عالية الجودة. وبالتالي، فإن طريقة التصميم لاختيار معدلات التطبيق شبه تجريبية. وستؤثر العديد من العوامل، كما هو موضح فيما يلي، على اختيار معدلات رش الأسفلت المستحلب، وتغطي معدلات استخدام الركام.

يجب أن تلتصق بقايا المادة الرابطة بالركام. وتكون فئة المستحلب المحددة متوافقة مع مصدر ركام المشروع. ويعد النوع الأنيوني من الأسفلت المستحلب ضروريًا للركام الذي يأتي في الغالب من مصدر معدني كلسي، مثل: الحجر الجيري، أو الدولوميت. وبخلاف ذلك يكون الأسفلت المستحلب الكاتيوني ضروريًا لركام به محتوى سيليكا سائد. وفي حال لم تُطابق معادن الركام، وفئة الأسفلت المستحلب على النحو الموضح، فيجب تضمين مادة إضافة للالتصاق في صيغة الأسفلت المستحلب للتعويض.

يجب على المقاول استخدام الاختبارات المعملية لتصميم كميات محددة من المواد؛ لتلبية الظروف الحقلية الحالية.

يجب أن يعتمد الاختيار المبدئي للأسفلت المستحلب، ومعدلات تطبيق ركام التغطية على نوع التدرج الركام المختار الجدول (٦-٥). استخدم قيم النقطة المركزية، كما هو موضح أدناه، لكل نوع تدرج لتحديد قيم البدء:

- بالنسبة للتدرجات الأصغر (النوع ١ و٢): ٠,٤ – ٠,٦ لتر/م^2 معدل استخدام الأسفلت المستحلب و٦ – ٩ كجم/م^2 يغطي معدل استخدام الركام.
- بالنسبة للتدرجات الأكبر (النوع ٢ و٣): ٠,٦ – ٠,٨ لتر/م^2 معدل استخدام الأسفلت المستحلب و٩ – ١٢ كجم/م^2 يغطي معدل استخدام الركام.

ويجب أن تعدل هذه القيم مع مراعاة العوامل التالية:

سيؤثر تدرج الركام على الطلب على المادة الرابطة؛ نظرًا لأن التدرج يكون أكثر دقة، ويلزم معدل أعلى لاستخدام الأسفلت المستحلب. ويجب تقليل معدل استخدام الأسفلت المستحلب إذا كان الركام يحتوي على كمية كبيرة من الجزيئات المسطحة أو المطولة. ويتطلب الركام الذي يحتوي على نسبة مئوية عالية يمر من منخل ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠) أو بقيم مكافئة رملي منخفضة زيادة معدلات استخدام الأسفلت المستحلب.

يعتمد معدل صب الأسفلت المستحلب على حالة السطح الذي توضع عليه عازل رملي. سيتطلب السطح المسامي معدل أعلى، بينما سيتطلب السطح الأملس معدلًا أقل. يوضح الجدول (٦-٦) يشير إلى التعديلات على معدلات استخدام الأسفلت المستحلب التي يمكن إجراؤها على توصيات معدل استخدام الأسفلت المستحلب العامة المذكورة سابقًا بناءً على الحالة الملحوظة للركيزة، وفقًا لـ AASHTO R106.

الجدول (٦–٦) تعديل معدل تطبيق الأسفلت المستحلب لحالة سطح الركيزة.

حالة سطح الركيزة	معامل التصحيح (لتر/م^2)
تفوير - تدفق للسطح [١]	- ٠,٢٧
ناعم، غير مسامي [٢]	- ٠,١٤
مسامي قليلًا، مؤكسد قليلًا [٣]	٠

حالة سطح الركيزة	معامل التصحيح (لتر/م٢)
مثقب قليلًا، مسامي، مؤكسد [٤]	+ ٠,١٤
مثقب بشكل سيئ، مسامي، مؤكسد [٥]	+ ٠,٢٧

ملاحظة:

١- تفوير - تدفق للسطح: الأسفلت الحر على سطح الرصف، مع القليل من القوام أو بدونه.

٢- ناعم، غير مسامي: أسفلت حر كبير على سطح الرصف، ولكن بملمس ملحوظ ولكن منخفض.

٣- مسامي قليلًا، مؤكسد قليلًا: القليل من الأسفلت الحر، أو لا يوجد على السطح بملمس ملحوظ ولكن منخفض.

٤- مسامي ومؤكسد: يبدأ التجديف في الظهور بقوام معتدل.

٥- مثقب بشكل سيء، مسامي، مؤكسد: تجريف شديد للسطح مع الكثير من القوام.

بشكل عام، يجب أن يتراوح معدل تطبيق الأسفلت المستحلب بين ٠,٩ – ١,٣٥ لتر/م٢. يجب نشر ركام الغطاء في نطاق ٦,٥ – ١٣,٦ كجم/م٢.

٦-٣-٤ الإنشاء:

٦-٣-٤-١ المعدات:

يجب على المقاول توفير المعدات والأدوات والأجهزة المناسبة؛ لتنفيذ أعمال سطح عازل رملي خلال وقت العقد. ويجب أن تكون هذه المعدات دائمًا في حالة تشغيلية جيدة، وتشمل المكانس، وموزعات الأسفلت، وموزعات الركام المغطاة والشاحنات، كما هو موضح في الجزء الفرعي (٦-٢-٤).

علاوة على ذلك، يجب استخدام دكاك ذو إطار هوائي ذاتي الدفع واحد (١) -على الأقل- على كل سطح معالج فور وضع الرمل. ويجب ألا يقل عرض أسطوانة الدحرجةاك عن ١,٥ متر. كما يجب أن يكون لكل بكرة وزنًا إجماليًا لا يقل عن ٧ أطنان.

يجب الحفاظ على جميع المعدات، والأدوات، والآلات المستخدمة في أداء هذا العمل في حالة عمل مرضية في جميع الأوقات.

كما يجب على المقاول تقديم دليل على معايرة موزع الأسفلت، وموزع الركام. يجب إجراء المعايرة في موعد لا يقل عن خمسة أيام قبل عمليات منع تسرب الضباب. وينبغي على المقاول تقديم نتائج إجراء المعايرة إلى المهندس.

٦-٣-٤-٢ القيود المناخية:

يجب تطبيق عازل رملي في ظل الظروف الجوية الموضحة في القسم الفرعي (٦-٢-٤-٢).

٦-٣-٤-٣ إعداد سطح الطريق:

يجب تنظيف السطح الحالي قبل وضع عازل رملي.

٦-٣-٤-٤ تطبيق الأسفلت المستحلب:

تطبيق الأسفلت المستحلب بمعدل التصميم المحدد في ± ٥ ٪.

يجب العناية بتركيب الفواصل الطولية بشكل صحيح، وتجنب وضع الأسفلت الزائد، والركام عند المفاصل المستعرضة، وإغلاقها في نفس اليوم -عندما يكون ذلك ممكنًا -في الممرات المجاورة، كما هو مفصل في القسم الفرعي (٦-٢-٤-٤).

٦-٣-٤-٥ تطبيق ركام الغطاء:

بعد رش الأسفلت المستحلب والبدء في التجميد، ضع ركام الغطاء مع موزع الركام، كما هو موضح في الشكل (٦-٨). يمكن تطبيق ركام الغطاء يدويًا عند وجود مناطق محلية.



الشكل (٦–٨) تطبيق ركام الغطاء (Lee & Shields, 2010).

٦-٣-٤-٦ الدمك:

يجب أن تتم الدحرجة الأولي مباشرة بعد وضع الرمل. كما يجب استخدام الدحرجة بسرعة لا تؤدي إلى إزاحة الركام.

٦-٣-٤-٧ التحكم المروري:

يمكن السماح بحركة المرور على عازل رملي الموضوع حديثًا بعد تجميد الأسفلت المستحلب بالكامل، وبعد تطبيق ركام الغطاء.

أما بالنسبة للتطبيق متعدد الطبقات لموانع التسرب الرملي، يجب أن يظل الطريق مفتوحًا لحركة المرور لمدة ٤ - ٨ أسابيع بين التطبيقات المتتالية.

٦-٣-٥ التقييم:

اضبط زاوية الفوهة، وارتفاع القضيب الخاص بموزع الأسفلت؛ لتحقيق تطبيق مزدوج، أو ثلاثي اللفة للأسفلت المستحلب ومعدل تطبيق مستعرض وطولي موحد.

علاوة على ذلك، تأكد من الانتشار المستعرض والطولي الموحد لكتل الغطاء.

يتفصّل الأساليب التي يمكن اتباعها؛ لتقييم توحيد معدل تطبيق الأسفلت المستحلب، وتغطية معدل انتشار الركام في الجزء الفرعي (٦-٢-٥).

٦-٣-٦ معايير القبول:

٦-٣-٦-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل، والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة.

يوضح الجدول (٦-٧) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بها. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٦–٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات العوازل الرملية.

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
غطاء الركام	التدرج، مكافئ الرمل	المخزون الاحتياطي	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T27 (or ASTM C136) AASHTO T176 (or ASTM D2419)	الجدول (٦-٥)
	التدرج، مكافئ الرمل	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T27 (or ASTM C136) AASHTO T176 (or ASTM D2419)	الجدول (٦-٥)
الأسفلت المستحلب	الجودة	المورد	شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO M140 (or ASTM D977) or AASHTO M208 (or ASTM D2397 or SASO 2056)	الجزء الفرعي (٥-٢-٥)
	معدل التطبيق	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم		± ٥٪ من معدل التصميم

٦-٣-٦-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد والطبقة السفلية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. ستُمارس الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

يجب أن يتقيّم جميع المعدات التي ستستخدم في المشروع من قبل الجهة المسؤولة؛ للتأكد من أنها في حالة تشغيل مقبولة، وأنه تمت معايرتها بشكل صحيح، وأنها ستوفر كميات من المواد المحددة.

بالنسبة للسطح النهائي، سيجرى فحص نهائي؛ للتأكد من عدم حدوث أي تفوير، أو تدفق للسطح، أو تفتيت الركام. كما ستفحص المفاصل الطولية، والمستعرضة؛ للتأكد من عدم حدوث تداخل مفرط.

٦-٣-٧ القياس والدفع:

يجب أن تقاس عازل رملي بالمتر المربع للمنطقة التي وضعت عازل رملي عليها ضمن الخطوط الموضحة في المخططات، المحددة أو المطلوبة من قبل المهندس.

ويجب الدفع مقابل عازل رملي المكتمل حسب منطقة الرصف، التي جهز المانع فيها بسعر وحدة العقد، أو سعر وحدة العقد المعدل، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في فاتورة الكميات.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة للعازل الرملي بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء الطبقة السفلية على النحو المُحدد. يتم السداد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٦-٨).

الجدول (٦–٨) بند الدفع مقابل عازل رملي.

رقم البند	البند	الوحدة
٢,٦	طبقة الرمال العازلة	م^{٢}

٦-٤ عازل (طلاء) المونة الأسفلتية:

٦-٤-١ الوصف:

يجب أن يتكون عازل (طلاء) المونة الأسفلتية من خليط من الأسفلت المستحلب، والركام المعدني والماء، والمواد المضافة، متناسب ومختلط ومنتشر بشكل منتظم على سطح معد بشكل صحيح. يهدف استخدام طبقة عازل المونة الأسفلتية إلى العزل وملء الفراغات السطحية، ومعالجة عيوب السطح. كما يجب وضع طبقة عازل المونة الأسفلتية كحصيرة متجانسة، والتصاق بقوة بالسطح المجهز، ولها نسيج مقاوم للانزلاق طوال فترة تواجدها على السطح.

٦-٤-٢ المواد:

٦-٤-٢-١ الأسفلت المستحلب:

تكون مركبات الأسفلت المستحلب لطبقة عازل المونة الأسفلتية بشكل نمطي عبارة عن أسفلت مستحلب من نوع بطيء التجمد، أو سريع التجمد، بما في ذلك SS -1، SS -1h، CSS -1، CSS -1h ، و CSS -1 h أو CQS -1h، QS -1 h ، و CQS -1h، وفقًا لمواصفة ASTM D3910. ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب لطبقة عازل المونة الأسفلتية بمتطلبات مواصفة ASTM D977 أو متطلبات AASHTO M140. ويجب أن يفي الأسفلت المستحلب لطبقة عازل المونة الأسفلتية بمتطلبات مواصفة ASTM D2397 أو متطلبات AASHTO M208. ويجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع والدرجة المراد استخدامها.

يمكن أيضًا استخدام الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، بما في ذلك CQS -1 h، CQS -1 hp ، أو CQS -1 P، لاستخدامات طبقة عازل المونة الأسفلتية، وفقًا لمواصفة أسا إيه ١١٥. ويجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع والدرجة المراد استخدامها. قبل بدء عملية الاستحلاب، كما يجب طحن مادة البوليمر، أو مزجها في محلول الأسفلت أو المستحلب. وبناءً على وزن الأسفلت، تعد ٣٪ من المواد الصلبة البوليمرية نمطية؛ ومع ذلك، يمكن النظر في خيارات أخرى بناءً على توقعات أداء المشروع. ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يجب أن يفي الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، وبقايا الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، بمتطلبات AASHTO M208 أو AASHTO M316 أو مواصفة ASTM D2397 مع الاستثناءات الموضحة في الجدول (٦-٩).

الجدول (٦–٩) متطلبات الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر والمخلفات لعازل المونة الأسفلتية.

الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر			
الخواص		طريقة الاختبار	المواصفات
استقرار الترسيب والتخزين، ٢٤ ساعة		AASHTO T59 أو ASTM D6930	١٪ كحد أقصى
استعادة الأسفلت المتخلف	الخيار رقم ١: بطريقة التقطير	AASHTO T59 أو ASTM D6997	٦٢ % كحد أدنى

الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر				
الخواص		طريقة الاختبار	المواصفات	
	الخيار رقم ٢: بقايا بطريقة التبخير	AASHTO T59 أو ASTM D6934		
بقايا الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر				
نقطة التليين		AASHTO T53، أو ASTM D36	CQS-1hp: *٥٧ درجة مئوية، دقيقة*	CQS-1P: *٥٣ درجة مئوية، دقيقة*
الاختراق إلى ٢٥ درجة مئوية		AASHTO T49، أو ASTM D5	CQS-1hp: ٩٠ - ٤٠	CQS-1P: ٢٠٠ - ٩٠

لومن الملاحظ أنه لمنع تحلل البوليمر في المستحلبات المعدلة بالبوليمر، هناك خياران يجب مراعاتهما؛ إما لاستخلاص الأسفلت المتخلف بواسطة التقطير عند ١٧٧ درجة مئوية، مع الحفاظ على درجة الحرارة لمدة ٢٠ دقيقة لكل AASHTO T59 أو ASTM D6997 (الخيار رقم ١)، أو لاستخلاص الأسفلت المتخلف بواسطة تبخير الفرن، وفقًا لـ AASHTO T59 أو مواصفة ASTM D6934 (الخيار رقم ٢).

أعد إجراء الاختبارات باستخدام الأسفلت المتخلف الذي حُصل عليه من طريقة التقطير ١٧٧ درجة مئوية إذا كانت النتائج من طريقة تبخير الفرن لا تفي بالمواصفات.

٦-٤-٢-٢ الركام:

يجب أن يكون الركام المعدني المستخدم في طبقات عازل المونة الأسفلتية من الحجر المكسر، أو الخبث، أو الرمل المصنع، أو المواد الناعمة المسحوقة، أو الركام المعدني الآخر.

يجب اتباع متطلبات الجودة الخاصة بمجموعات مونة الأسفلت المستحلب، وطبقة مونة الأسفلت المستحلب العازلة المعدل بالبوليمر الجدول (٦-١٠)، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة.

الجدول (٦–١٠) متطلبات جودة ركام عازل المونة الأسفلتية.

الخواص	طريقة الاختبار	المتطلبات	
		المونة المستحلب	المونة المستحلب المعدل بالبوليمر

اختبار مكافئ الرمل، حد أدنى	AASHTO T176 أو مواصفة ASTM دي 2419	٤٥	٦٠
سلامة كبريتات المغنيسيوم (٥ دورات)،٪ أقصى خسارة	AASHTO T104	٢٥	٢٥
سلامة كبريتات المغنيسيوم (٥ دورات)،٪ أقصى خسارة	AASHTO T104	١٥	١٥
كشط بطريقة لوس أنجلوس [١], % كحد أقصى	AASHTO T96	٣٥	٣٠
ملاحظة: يجب إجراء اختبار التآكل على الركام الأصلي الذي اشتُقت منه.			

يجب أن يكون تدرج ركام تصميم المزيج، عند اختباره وفقًا لـ AASHTO T11 وT27، ضمن أحد النطاقات الموضحة في الجدول (٦-١١).

الجدول (٦–١١) متطلبات تدرج ركام عازل المونة الأسفلتية.

قياس المنخل	النسبة المئوية للمرور بالوزن			
ملم	النوع ١	النوع ٢	النوع ٣	تحمل المخزون
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠	-
٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	١٠٠	١٠٠ - ٩٠	٩٠ - ٧٠	٥ ±
٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	١٠٠ - ٩٠	٩٠ - ٦٥	٧٠ - ٤٥	٥ ±
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٩٠ - ٦٥	٧٠ - ٤٥	٥٠ - ٢٨	٥ ±
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٦٥ - ٤٠	٥٠ - ٣٠	٣٤ - ١٩	٥ ±
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٤٢ - ٢٥	٣٠ - ١٨	٢٥ - ١٢	٤ ±
٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠)	٣٠ - ١٥	٢١ - ١٠	١٨ - ٧	٣ ±
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	٢٠ - ١٠	١٥ - ٥	١٥ - ٥	٢ ±

توصف التوصيات الخاصة باختيار نوع التدرج المناسب على النحو التالي:

- النوع الأول مناسب لإغلاق الشقوق، وملء الفراغات، وتصحيح ظروف تآكل السطح. توفر دقة هذا الخليط القدرة على اختراق بعض الشقوق. يستخدم هذا النوع في مواقف السيارات، والشوارع الحضرية والريفية حيث تكون الحاجات الأساسية هي منع التسرب السطحي، ومقاومة الانزلاق.

- النوع الثاني مناسب لملء الفراغات السطحية، وتصحيح ظروف التعرية السطحية الشديدة، وتوفير سطح تآكل متين. ويستخدم هذا النوع على الأرصفة المتآكلة بشدة أو التي بها العديد من الشقوق. يمكن استخدامه أيضًا كسطح ترصف على طبقات قاعدة الأسفلت، أو قواعد أسمنت التربة، أو كمادة عازلة على طبقات قاعدة مستقرة.
- النوع الثالث مناسب لتوفير أقصى مقاومة للانزلاق، وسطح تآكل جديد، أو إنشاء تاج.

كما يجب مزج المواد المطابقة لمتطلبات الجودة الموضحة في الجدول (٦-١٠) بطريقة لإنتاج تدرج متسق. قد يتطلب مزج الركام تصميمًا جديدًا للخلطة. إذا تسببت المواد كبيرة الحجم في الخلطة في أي مشكلات، فسيكون الفحص مطلوبًا في المخزن.

٦-٤-٢-٣ الحشو المعدني:

يمكن استخدام مادة الحشو المعدني؛ لتحسين تماسك الخليط، وضبط خصائص تكسير الخليط وتصليده. الحشوات المعدنية مكونة من نوعين: نشط كيميائيًا، وغير نشط كيميائيًا. ويجب أن يتوافق كلاهما مع ASTM D242.

تستخدم مواد الحشو المعدنية النشطة كيميائيًا مثل: الأسمنت البورتلاندي، والجير المطفأ، وسلفات الألومنيوم؛ لتحسين قابلية العمل، والتحكم في زمن التجميد، وفي بعض الحالات، تعديل تدرج ناتج التكتل.

تستخدم مواد الحشو المعدنية غير النشطة كيميائيًا مثل: غبار الحجر الجيري، والرماد المتطاير، والغبار الصخري بشكل أساسي؛ لتعديل تدرج الركام.

٦-٤-٢-٤ المياه:

يجب أن تكون المياه خالية من الأملاح الضارة والملوثات. كما يجب أن يكون الماء بجودة عالية؛ بحيث لا تنفصل المادة الأسفلتية عن المستحلب قبل وضع طبقة عازل المونة الأسفلتية على موقع العمل. وفي حالة كان هناك أي تجميد فيما يتعلق بجودة المياه، فيجب إرسالها إلى المختبر مع المواد الخام الأخرى التي ستستخدم في تصميم المزيج للتقييم.

٦-٤-٢-٥ الإضافات:

يمكن تسريع، أو إبطاء كسر، أو تجميد مادة طبقة عازل المونة الأسفلتية بمساعدة مواد الإضافة. كجزء من عملية تصميم المزيج، يجب التوصية بالإضافات المناسبة ونطاق استخدامها القابل للتطبيق من قبل المختبر الذي يقوم بتصميم المزيج. وتقتصر المواد المضافة المستخدمة على تلك المدرجة في المواصفات الخاصة، أو المقترحة من قبل المقاول، والمعتمدة من قبل الوزارة.

٦-٤-٣ التطبيق:

قبل بدء العمل، يجب على المقاول تقديم تصميم مزيج يغطي المواد المحددة التي سيستخدمها في المشروع. وسينفذ هذا التصميم من قبل مختبر مؤهل، ومختبر محدد من قبل الوزارة. وبعد الموافقة على تصميم المزيج، لن يُسمح باستبدال المواد.

ويجب أن يكون المخلوط أحد الأنواع الثلاثة التي يتطابق تدرج الركام المشترك فيها مع اشتراطات الجدول (٦-١١). يقيم توافق الركام، والأسفلت المستحلب، والماء والحشو المعدني، والمواد المضافة الأخرى في تصميم المزيج. كما يجب تقييم تركيبات المزيج؛ لتحديد نسب الأسفلت المستحلب، والركام المعدني والماء، والحشو المعدني، والمواد المضافة؛ لإنتاج تركيبة خلطة عمل طبقة عازل المونة الأسفلتية . ويجب اختيار خليط وظيفي يتوافق مع حدود المواصفات، ويكون مناسبًا لحركة المرور، والظروف المناخية، وظروف المعالجة، والاستخدام النهائي. يجب تقييم أداء نظام المونة؛ باستخدام الاختبارات، والطرق، والمتطلبات الموضحة في الجدول (٦-١٢).

الجدول (٦–١٢) معايير تقييم أداء عازل المونة الأسفلتية.

الاختبار		طريقة الاختبار (النشرة الفنية ISSA)	المتطلبات	
			المونة المستحلب	المونة المستحلب المعدل بالبوليمر
وقت الخلط ٢٥ درجة مئوية		TB113	يمكن التحكم فيها حتى ١٨٠ ثانية، دقيقة	يمكن التحكم فيها حتى ١٥٠ ثانية، دقيقة
تناسق عازل المونة الأسفلتية		TB106	٢٠ - ٣٠ مم	-
التماسك الرطب (لأنظمة المرور السريعة)	عند ٣٠ دقيقة	TB139	١٢ كجم·سم، دقيقة	١٢ كجم سم، دقيقة
	عند ٦٠ دقيقة (حركة المرور)		٢٠ كجم·سم أو قرب الدوران، دقيقة	٢٠ كجم·سم أو قرب الدوران، دقيقة
التعرية الرطبة		TB114	مرور (٩٠ دقيقة)	مرور (٩٠ دقيقة)
فقدان الكشط الرطب، ١ ساعة من النقع		TB100	٨٠٧ جم/م^{٢} كحد أقصى	٦٤٧ جم/م^{٢} كحد أقصى
الأسفلت الزائد بواسطة التصاق الرمل LWT		TB109	٥٣٨ جم/م^{٢} كحد أقصى	٥٣٨ جم/م^{٢} كحد أقصى

حدد وقت الخلط بحسب ISSA TB113 ومتطلبات الجدول (٦-١٢). يستخدم اختبار الخلط؛ للتنبؤ بالوقت الذي يمكن فيه خلط المادة قبل أن تبدأ في الانكسار. ويمكن أن يكون فحصًا مرجعيًا مفيدًا لتأكيد مصادر المواد المتسقة. ويجب فحص أوقات الخلط، والمجموعة من قبل المختبر؛ للتأكد من أنها مناسبة للمناخ المتوقع أثناء المشروع.

حدد اتساق الخلطة باتباع ISSA TB 106. تستخدم طريقة الاختبار هذه لتحديد التماسك المناسب (صيغة المزيج) لخلطة طبقة عازل المونة الأسفلتية بطيء التجميد. ويجب استخدام اختبار الاتساق؛ لتحديد التركيبة المثلى للخلطة (النسب المناسبة من الركام، والحشو، والماء، والأسفلت المستحلب) فيما يتعلق باتساق الخليط المناسب لوضع سطح الرصف. وتحضر العديد من الخلطات باستخدام ركام مجفف، وهي كميات مختلفة من الأسمنت البورتلاندي، وجير مميه، مُعدِّل كيميائي، أو كليهما، وماء، وأسفلت مستحلب. ويعد نطاق التدفق الخاص بمزيج حقلًا قابلًا للتطبيق يتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ ملم.

تتحدد خصائص تطوير المجموعة الأولية والعلاج باتباع ISSA TB 139 ومتطلبات الجدول (٦-١٢).

- تعرّف المجموعة المبدئية للمونة بكونها الزمن المطلوب؛ للحصول على بقعة خالية من البقع باستخدام طريقة البقعة الورقية. ويصب خلطة المونة، أو الخلطات التي تجتاز اختبار الاتساق على وسادة من اللباد الأسفلتي ١٥٠ × ١٥٠ ملم، وتسوى بسمك ٦ ملم باستخدام قالب ٦ ملم. بعد ١٥ دقيقة، ويضغط سطح الخليط برفق أو نقعه بمنشفة، أو منديل ورقي أبيض عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٥٠ ± ٥ ٪. ويعد الخليط قد تجمد إذا لم يترك أي أثر للبقعة البنية على الورقة. كرر طريقة النقع كل ١٥ دقيقة إذا كانت البقعة البنية تتكون بالفعل. ستكون فترات البقع لمدة ٣٠ دقيقة (أو أكثر) مناسبة بعد ٣ ساعات من البقع. كما يجب ملاحظة مقدار الوقت اللازم؛ للحصول على لطخة خالية من البقع والإبلاغ عنها كوقت محدد.
- يُحصل على التصليد الكلي لحصيرة خليط المونة عند حدوث التماسك الكامل بين جزيئات الركام المغلفة بالأسفلت. ويسوى خليط المونة ذا التصميم الأمثل الذي حُصل عليه من استخدام اختبار الاتساق على وسادة لباد الأسقف بسمك لا يتجاوز ارتفاع أكبر جزء من الركام الموجود في الخلطة. وللتأكد من أن حصيرة المونة بنفس السمك في جميع الأنحاء، يُنصح باستخدام قالب. ولحساب زمن التصليد، يستخدم جهاز اختبار التماسك. أما زمن التصليد فهو: مقدار الوقت اللازم للوصول إلى أقصى

عزم دوران ثابت، أو حتى تتمكن القدم المطاطية من التحرك بحرية فوق حصيرة الخليط دون أن تصبح أي جزيئات ركام مفكوكة.

تُقيّم قدرة الخليط على التجريد وفقًا لنتائج اختبار الرابطة ISSA TB 114 ومتطلبات الجدول (٦-١٢). توضع عينة من خليط المونة المتصلد في ماء مغلي لبعض الوقت، ويقيّم الطلاء.

يحدد الحد الأدنى لمحتوى الرابط من خلال فقد المزيج المفرط، واتباع ISSA TB100 ومتطلبات الجدول (٦-١٢). في اختبار تآكل المسار الرطب، يحضر خليط من المونة المتدفق المتجانس (انظر اختبار الاتساق) من الحصى الناعم، والأسفلت المستحلب، ويُحضّر الماء. ويُشَكّل الخليط في قرص عن طريق صب الفتحة الدائرية لقالب العينة أو قالب يرتكز على حلقة دائرية أكبر يبلغ وزنها ١٣,٦ كجم لباد تسقيف. وتجفف العينة على شكل قرص إلى وزن ثابت عند ٦٠ درجة مئوية بعد إزالة القالب. ويكشط الخليط المتصلد ميكانيكيًا تحت الماء بخرطوم مطاطي لمدة ٥ دقائق بعد وجوده في حمام ماء لمدة ساعة واحدة. وتنظف العينة التي كشطت من أي حطام، وتجفف عند ٦٠ درجة مئوية. وتوزن.

يتم الإبلاغ يبلغ عن الفقد في الوزن المعبر عنه بالجرامات لكل متر مربع كقيمة التآكل (فقدان اختبار تآكل المسار الرطب). لاحظ أن اختبار تآكل المسار الرطب لا يوصى به كاختبار حقلي لضبط الجودة أو القبول.

ويحدد الحد الأقصى لمحتوى الرابط؛ وفقًا لـ ISSA TB109 ومتطلبات الجدول (٦-١٢). يهدف اختبار العجلة المحملة إلى ضغط طبقة عازل المونة الأسفلتية من خلال عجلة ترددية مطاطية محملة ومرهقة. ويستخدم الاختبار لوضع حدود قصوى لمحتوى الأسفلت؛ لتجنب شطف الأسفلت الشديد تحت أحمال المرور الثقيلة.

يجب أن يبلغ تصميم المزيج المختبري أيضًا عن التأثيرات الكمية لمحتوى الرطوبة على وزن الوحدة من الركام (تأثير الكتلة) وفقًا لمواصفة AASHTO T19. وعلاوة على ذلك، يجب توضيح نسب الركام، والماء، والحشو المعدني، والإضافات (في حالة استخدامها) والأسفلت المستحلب بناءً على الوزن الجاف للركام في تقرير تصميم الخلطة المعملية. وبناءً على الظروف الحقلية، قد تكون هناك حاجة إلى تعديلات تقع ضمن النطاقات المحددة لتصميم المزيج.

يجب تصميم المواد المكونة في حدود الجدول (٦-١٣).

الجدول (٦–١٣) الحدود المقترحة لمكونات خلطة المونة.

المواد المكونة	الحدود المقترحة
الأسفلت المتخلف	النوع ١: ١٠ - ١٦ % النوع ٢: ٧,٥ - ١٣,٥ % النوع ٣: ٦,٥ - ١٢ % (استنادًا إلى الركام الجاف)
الحشو المعدني	٠ - ٣ % (استنادًا إلى الركام الجاف)
الإضافات	حسب الحاجة
المياه	كما هو مطلوب لإنتاج تناسق مناسب للخلطة

٦-٤-٤ الإنشاء:

٦-٤-٤-١ المعدات:

٦-٤-٤-١-١ معدات خلط المونة:

يتم استخدام ماكينة خلط طبقة عازل المونة الأسفلتية ذاتية الدفع ذاتية التسلسل لخلط المواد. ويجب أن تكون ماكينة خلط المونة وحدة خلط تدفق مستمر قادرة على توصيل نسبة محددة مسبقًا من الركام، والماء، والأسفلت المستحلب إلى غرفة الخلط بدقة وتفريغ المنتج المختلط بدقة على أساس مستمر، كما هو موضح في الشكل (٦-٩). يجب أن تكون المعدات قادرة على الترطيب المسبق للركام مباشرة

قبل خلطه مع الأسفلت المستحلب. وتخلط جميع المواد بالكامل دون أن يتم خلطها بعنف بواسطة وحدة الخلط في غرفة الخلط. وتحتوي جميع مكونات المزيج على مساحة تخزين كافية؛ لضمان إمدادات كافية لعناصر التحكم في التناسب. لتناسب مكونات الخلط بدقة، كما يجب توفير أدوات التحكم في الحجم، أو الوزن الفردي؛ وتستخدم أجهزة التناسب هذه لتحديد ناتج المواد في أي وقت.



الشكل (٦–٩) معدات خلط المونة أثناء التطبيق (SDDOT, 2021).

كلما كان الحشو المعدني المضاف جزءًا من خليط الركام، يجب تضمين مغذي مواد دقيقة معتمد مع جهاز قياس دقيق، أو طريقة لإدخال كمية محددة مسبقًا من الحشو المعدني في الخلاط في آلة الخلط. ويجب أن تغذى مادة الحشو المعدني في الوقت والموقع نفسه مثل الركام.

ويجب أن تكون آلة خلط المونة قادرة على تناسب، وخلط المواد الفردية ضمن التفاوتات المسموحة التالية: أ) محتوى المادة الأسفلتية المستحلبة في حدود ± ١ ٪. ب) يجب ألا تختلف النسبة المئوية للركام الذي يمر عبر كل منخل محدد عن صيغة خلط الوظائف المعتمدة بأكثر من ± ٤ ٪. ج) يجب ألا تنتقل النسبة المئوية للركام الذي يمر عبر كل منخل من الحد الأعلى إلى الحد الأدنى لأي منخلين متتاليين. د) يجب ألا يختلف اتساق المونة، كما هو محدد وفقًا لـ ISSA TB106 عن تصميم الخلط المعتمد بأكثر من ٥ ملم بعد التعديلات الحقلية المعتمدة من قبل المهندس.

يجب أيضًا تضمين قضيب رش من نوع الضباب، ونظام ضغط ماء في ماكينة الخلط؛ لرش المادة العازلة بالكامل على السطح الذي يستقبل معالجة طبقة عازل المونة الأسفلتية .

٦-٤-٤-١-٢ معدات توزيع المونة:

يجب أن تكون ماكينة التوزيع مزودة بصندوق متصل بماكينة الخلط؛ لمنع فقدان طبقة عازل المونة الأسفلتية من الموزع. وإذا لزم الأمر، يجب أن يكون صندوق الموزع مجهزًا ميكانيكيًا لتقليب الخليط، وتوزيعه بالتساوي في جميع أنحاء الصندوق. لاحظ أن التقليب الميكانيكي يمكن أن يزيد من زمن الخلط باستخدام بعض الأنظمة سريعة الضبط. وعندما يصل إلى صندوق الموزع، يجب أن يكون خليط طبقة عازل المونة الأسفلتية متماسكًا بشكل صحيح. ولن يُسمح برش مياه إضافية في صندوق الموزع. تكون آلة التوزيع قادرة على نشر المعدل المحدد من مواد المونة في حدود ± ١٥ ٪ من وزن الركام الجاف.

يجب استخدام طبقة عازلة أمامية؛ لمنع فقدان طبقة عازل المونة الأسفلتية عند نقطة اتصال الطريق. وتكون الطبقة العازلة الخلفية بمثابة الإجراء النهائي، ويجب أن يكون قابلًا للتعديل. كما يجب إنشاء وتشغيل الطبقة العازلة الخلفية وصندوق الفاصل؛ لضمان

وجود مزيج متسق خلف الصندوق. أيضًا، يجب أن يكون لصندوق الفاصل وسائل مناسبة للإزاحة الجانبية؛ لتعويض الاختلافات في عرض الرصف. ويجب الحفاظ عليه بطريقة تضمن أن تعديلات ضمان الانتشار الموحد تمنع فقدان طبقة عازل المونة الأسفلتية على مختلف الدرجات والتيجان. ويحافظ على نظافة الصندوق وعدم السماح بتراكم الأسفلت، والركام على الصندوق، أو في الزوايا. كما يجب أن يوافق المهندس على استخدام آلات سحب الخيش أو السحب الأخرى. إن السحب الذي يقوى بواسطة المونة المتصلب غير فعال، ويجب استبداله على الفور.

٦-٤-٤-١-٣ المعدات المساعدة:

في حالة تطلب العمل ذلك، يجب توفير المجارف، وعصارات اليد، والأدوات الأخرى.

٦-٤-٤-١-٤ معدات التنظيف:

المكنسة الكهربائية، المكنسة اليدوية، المنفاخات الكهربائية، ضواغط الهواء، ومعدات غسل المياه، مناسبة لتنظيف السطح والشقوق من السطح القديم.

يجب الحفاظ على جميع المعدات والأدوات والآلات المستخدمة في أداء هذا العمل في حالة عمل مرضية في جميع الأوقات.

٦-٤-٤-٢ القيود المناخية:

يجب عدم تطبيق طبقة عازل المونة الأسفلتية في حالة كانت درجة حرارة الرصف، أو الهواء أقل من ١٣ درجة مئوية وتنخفض، ولكن يمكن تطبيقه عندما تكون درجة حرارة الهواء، والرصف ٧ درجة مئوية أو أعلى وترتفع. أثناء الغبار أو العواصف الرملية، عندما يكون هناك احتمال هطول أمطار في غضون ساعتين، إذا كانت الرطوبة النسبية العالية تطيل فترة المعالجة بعد فترة زمنية معقولة، فلا ينبغي تطبيق طبقة عازل المونة الأسفلتية .

٦-٤-٤-٣ تجهيز سطح الطريق:

نظف سطح جميع المواد السائبة، وبقع المونة، وبقع الزيت، والمواد النباتية وغيرها من المواد غير المرغوب فيها مباشرة قبل وضع طبقة عازل المونة الأسفلتية . وستكون أي طريقة تنظيف قياسية تستخدم لتنظيف سطح الرصف مقبولة (على سبيل المثال: التنظيف، النفخ بالهواء عالي الضغط، أو باستخدام مكنسة كهربائية مناسبة)؛ ولن يُسمح بشطف المياه في المناطق التي تحدث فيها تشققات على سطح الرصف. وفي حالة وجود تشققات أكبر من ٦,٤ ملم في سطح الرصف، يجب إصلاحها باستخدام طبقة عازلة معتمدة للشقوق قبل وضع طبقة عازل المونة الأسفلتية، وفقًا لـ ISSA A105. أيضًا، يجب حماية مداخل الخدمة (على سبيل المثال: غرف التفتيش، وصناديق الصمامات، وما إلى ذلك) من طبقة عازل المونة الأسفلتية بطريقة مناسبة.

عادة، لا تكون هناك حاجة لطبقة لاصقة، ما لم توضع طبقة عازل المونة الأسفلتية على سطح جاف، ومجفف للغاية، أو سطح أسفلتي عالي الامتصاص، أو على سطح أصبح فيه الركام مكشوفًا، ومصقولًا، ومزلقًا. وعندما ينص على ذلك في المواصفات الخاصة، يجب نشر الأسفلت المستحلب المكون من جزء واحد، وطبقة لاصقة مائية مكونة من ثلاثة أجزاء من درجة الأسفلت المستحلب نفسها، كما هو محدد لعازل المونة الأسفلتية. ويمكن وضع الطلاء اللاصق مع موزع الأسفلت أو شاحنة مياه مناسبة. ويجب أن يكون الموزع قادرًا على تطبيق التخفيف بالتساوي بمعدل ٠,٢٣ – ٠,٤٥ لتر/م^{٢}؛ على أن يُحدد المهندس معدل التطبيق الدقيق. قبل وضع عازل المونة الأسفلتية ، ويجب السماح للطبقة اللاصقة بالعلاج الكافي.

٦-٤-٤-٤ التطبيق:

وصى بوضع شريط اختبار في ظروف (أي الوقت من اليوم، ودرجة الحرارة، والرطوبة) مماثلة لتلك المتوقع مواجهتها أثناء المشروع. ويجب أن يقيم شريط الاختبار من قبل المهندس، أو الجهة المسؤولة؛ لتحديد ما إذا كانت المواصفات مستوفاة؛ وإذا لم يكن الأمر كذلك، ستبنى شرائط اختبار إضافية حتى تستوفى المواصفات، دون أي تكلفة إضافية على الجهة.

ويمكن ترطيب السطح مسبقًا بواسطة الضباب أمام صندوق الموزع بمعدل يكون فيه السطح بأكمله رطبًا. ولا يسمح بتدفق المياه، أو بقائها أمام صندوق الحلاقة. وتتغير الوتيرة التي يُرش بها الماء طوال اليوم؛ لمراعاة التغيرات في درجة الحرارة، وملمس سطح الرصف، والرطوبة، وجفاف الرصف.

تكون كمية الأسفلت المستحلب المراد مزجه مع الركام، وتطبيقه على النحو الذي يحدده تصميم المزيج المختبري بعد التعديل النهائي في الحقل. وتضاف أقل كمية من الماء -حسب الضرورة؛ للحصول على خليط سائل ومتجانس.

ويجب أن يكون خليط طبقة عازل المونة الأسفلتية من الاتساق المناسب في جميع الأوقات؛ لتوفير معدل التطبيق المطلوب من قبل حالة السطح. وتحمل كمية كافية من المواد في جميع أجزاء صندوق الموزعة في جميع الأوقات بحيث يحقق التغطية الكاملة. يجب تجنب التحميل الزائد للموسع. يجب أن يكون متوسط معدل التطبيق وفقًا للجدول (٦-١٤) كما هو محدد في مواصفة ASTM D3910.

الجدول (٦–١٤) معدلات الاستخدام المقترحة لطبقات عازل المونة الأسفلتية.

نوع التدرج	الموقع	معدل الاستخدام المقترح (كجم/م٢)
النوع ١	مناطق وقوف السيارات الشوارع الحضرية والسكنية.	٣,٣ - ٥,٤ [١]
النوع ٢	الشوارع الحضرية والسكنية.	٥,٤ - ٨,٢ [٢]
النوع ٣	الطرق الرئيسية والمشتركة بين الولايات	> ٨,٢ [٣]

ملاحظة:

١- معدل الاستخدام المقترح هو ٤,٣ - ٦,٥ كجم/م٢ عند استخدام مونة الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر

٢- معدل الاستخدام المقترح هو ٧,٦ - ٩,٨ كجم/م٢ عند استخدام مونة الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر

٣- معدل الاستخدام المقترح هو ٩,٨ - ١٣ كجم/م٢ عند استخدام مونة الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر

تستند معدلات الاستخدام المقترحة إلى وزن الركام الجاف في الخلطة. وتتأثر معدلات الاستخدام بوزن الوحدة، وتدرج الركام، وطلب السطح الذي تطبق طبقة عازل المونة الأسفلتية عليه.

يجب ألا يُسمح بالتكتل، أو التكوير، أو الركام غير المخلوط.

لا يُسمح بفصل الأسفلت المستحلب، ودقائق الركام، عن الركام الخشن. ويجب إزالة طبقة عازل المونة الأسفلتية من الرصف إذا استقر الركام الخشن في الجزء السفلي من الخلطة.

يجب ألا يُسمح بالكسر المفرط للأسفلت المستحلب في صندوق الموزع.

كما يجب ألا يحتوي السطح النهائي على أي خطوط كبيرة، مثل تلك التي تسببها الركام كبير الحجم، أو مزيج مكسور. وفي حالة حدوث تمزق مفرط، ستوقف المهمة حتى يصحح سبب المشكلة. وفي بعض الظروف، قد يلزم فرز الركام قبل تحميله في الوحدات التي ستنقله من منطقة التخزين إلى موقع العمل.

وفي الفواصل الطولية أو المستعرضة، لا يُسمح بالتراكم المفرط، والمناطق المكشوفة، والمظهر غير اللائق. طوال فترة المشروع، ويتحمل المقاول مسؤولية توفير المعدات اللازمة لإنتاج أقل عدد ممكن من الفواصل الطولية. وعندما يكون ذلك ممكنًا، يجب عدم وضع وصلة طولية في مسار العجلة. ولن يتم استخدام الممرات التي يقل عرضها عن مربع كامل إلا عند الضرورة القصوى. وإذا استخدمت ممرات أقل من عرض الصندوق الكامل، فيجب ألا تكون آخر ممر لأي منطقة ممهدة. ويجب السماح بحد أقصى ١٥٠ ملم لتداخل الفواصل الطولية.

كما يلزم توخي الحذر؛ لتطبيق خطوط مستقيمة على طول الأرصفة، والكتفين، والتقاطعات. ولن يسمح بالجريان السطحي في هذه المناطق. كما يمكن استخدام لباد التسقيف، أو البلاستيك الثقيل؛ لبدء أو إنهاء السحب بشكل نظيف. ويوفر هذا -أيضًا- سهولة إزالة المونة الزائد.

ويجب أن تظهر المناطق التي لا يمكن الوصول إليها بواسطة آلة الخلط باستخدام الضغطات اليدوية؛ لتوفير تغطية كاملة وموحدة. وإذا لزم الأمر، يجب أن تكون المنطقة المراد تصنيعها يدويًا مبللة قليلًا قبل وضع المزيج. وتظهر الأعمال اليدوية نفس التشطيب الذي يطبقه صندوق الموزع، ويجب أن تكتمل قبل التسطح النهائي.

٦-٤-٤-٥ الدحرجة:

عادة ما لا يكون الدحرجة ضروريًا لطبقة عازل المونة الأسفلتية على الطرق.

٦-٤-٤-٦ التحكم المروري:

ينبغي استخدام طرق مناسبة؛ لحماية طبقة عازل المونة الأسفلتية من جميع أنواع حركة المرور، حتى تثبت بشكل كافٍ لقبول حركة المرور عليها. ويجب ألا يُسمح بحركة المرور على طبقة عازل المونة الأسفلتية لمدة ٣ ساعات -على الأقل- بعد وضعها. ويعتمد طول الوقت قبل السماح لحركة المرور باستخدام السطح على نوع الأسفلت المستحلب، وخصائص الخلطة، والظروف الجوية.

ولتصلد طبقة عازل المونة الأسفلتية بشكل شامل لمنع تلفها، قد تكون هناك حاجة إلى وقت إضافي في المواقع التي بها معدل أعلى من المركبات التي تمر بمنعطفات شديدة. وبعد الفتح، قد تكون علامات الإطارات مرئية في هذه المناطق، ولكن الدحرجة بفعل حركة المرور المتكررة يُقلل تلك العلامات عادة بمرور الوقت.

الفتح للمرور لا يعني قبول العمل.

٦-٤-٥ التقييم:

يتم التحكم في كميات المواد الحقلية ومعدلات التطبيق، وتقييمها بحيث يُحصل على نتائج التصميم. ومن الضروري ترجمة تصميم المختبر إلى وحدات حقلية، وقياسها أثناء التطبيق. ويلزم العناية بالأمور الموضحة أدناه، وفقًا لـ ISSA TB107 :

- من خلال تقدير حجم محدد من الركام غير المتحرك وتحويله إلى وزن لكل متر مكعب، يمكن التحقق من تأثير "تضخم" محتوى الرطوبة على الوزن المحدد للركام (كيلوجرام لكل متر مكعب من الركام الجاف) في الحقل. ويمكن تقدير محتوى الرطوبة، وضبط إعدادات الماكينة -حسب الحاجة- من خلال مقارنتها بالمخطط المعملي. ومن الملاحظ أن لكل ركام خصائصه الضخمة.
- يتم معايرة كل آلة ستستخدم في موقع العمل. ويجب وزن كل مادة أثناء تفريغها في مواطن مختلفة أثناء المعايرة. ثم يستخدم مخطط مرجعي؛ لعرض نتائج كل آلة؛ لاستخدامها في موقع العمل. يتم هذا الإجراء عادة من قبل المقاول باتباع تعليمات الشركة المصنعة.
- يتطلب أي استبدال للمعدات يؤثر على تناسب المواد إعادة معايرة الماكينة.
- يجب أن تحتوي خزانات آلة المونة على مقاييس مستوى سائل معايرة، أو مجموعة متنوعة من مقاييس الرؤية بحيث يمكن قراءتها بسهولة في حدود ٥٠ لترًا من منصة المشغل، أو الأرض.
- يجب وضع علامة واضحة على محتوى الأسفلت المتخلف الدقيق لكل حمولة ناقلة من المستحلب على تذاكر الحمل بحيث يمكن إجراء التغييرات التي تؤثر على التصميم في إعدادات الماكينة.
- يجب التحكم في اتساق خليط المونة وفقًا لـ ISSA TB106.

٦-٤-٦ معايير القبول:

٦-٤-٦-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل، وطبقة عازل المونة الأسفلتية الناتجة، والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة.

الجدول (٦-١٥) يوضح الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام، والطبقة المدموكة، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بها. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٦–١٥) متطلبات ضبط الجودة لخلطات طبقات عازل المونة الأسفلتية.

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	مواد الأسفلت	المصدَر	شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO M140 أو AASHTO 208 أو AASHTO M316 أو ASTM D2397 (or SASO 2056)	الجزء الفرعي (٥-٢-٥)

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
	الركام		في بداية العمل أو تغيير المصدر	AASHTO T11 AASHTO T27 AASHTO T176 AASHTO T104 AASHTO T96	الجدول (٦-١٠)، الجدول (٦-١١)
	الحشو المعدني		شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	ASTM D242	الجزء الفرعي (٥-٢-٢)
	الإضافات		شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر		وثائق العقد
الركام المخزون الاحتياطي	التدرج	منشأة، مصنع	في الاختبار كل شهر أو عندما تتغير خصائص المزيج	AASHTO T11 AASHTO T27	الجدول (٦-١١)
	مُعادل الرمال			AASHTO T176 أو ASTM D2419	الجدول (٦-١٠)
	فقدان صلابة كبريتات المغنيسيوم			AASHTO T104	الجدول (٦-١٠)
	سلامة كبريتات الصوديوم			AASHTO T104	الجدول (٦-١٠)
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			AASHTO T96	الجدول (٦-١٠)
خليط المونة	التدرج	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T164 / AASHTO T27 AASHTO T11	الجدول (٦-١١)، صيغة خلطة العمل وتحمل المخزون
	المحتوى الأسفلتي			AASHTO T164	± ١ %، صيغة خلطة العمل
	معدل التطبيق				± ١ كجم/م٢ من معدل التصميم
	تطابق			ISSA TB106	± ٥ ملم، صيغة خلطة العمل

يجب ألا يختلف تدرج الركام أثناء الإنشاء عن تدرج تصميم المزيج بأكثر من تحمل المخزون، المشار إليه في الجدول (٦-١١)، بينما يظل -أيضًا- ضمن نطاق تدرج المواصفات.

وفي حالة فشل أي اختبارين متتاليين على ركام المخزون، يجب إيقاف العمل. وفي حالة فشل أي اختبارين متتاليين على المزيج من نفس الماكينة، يجب وقف استخدام الماكينة.

ويعد اتساق المزيج المناسب أمرًا ضروريًا، ويجب تقييمه. يجب إجراء هذا الاختبار فور أخذ العينة. ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن اختبار الاتساق قد لا ينطبق على بعض أنظمة الضبط السريع، والمرورالسريع؛ بسبب النتائج غير المنتظمة بسبب خصائص الضبط.

٦-٤-٦-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول، والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، والطبقة السفلية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض، أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. وستُمارس الجهة هذه الأنشطة عشوائيًا.

يجب أن يقيّم جميع المعدات التي ستستخدم في المشروع من قبل الجهة المسؤولة؛ للتأكد من أنها في حالة تشغيل مقبولة، وأنه تمت معايرتها بشكل صحيح، وأنها ستوفر كميات من المواد المحددة.

أما بالنسبة للسطح النهائي، يجب إجراء فحص نهائي؛ للتأكد من عدم وجود خطوط، أو تكتل، أو خشونة في سطح الحصيرة، أو حدوث سطح غني بالأسفلت مع الفصل.

٦-٤-٧ القياس والدفع:

يجب أن تقاس طبقة عازل المونة الأسفلتية بالمتر المربع للمنطقة التي وضعت طبقة عازل المونة الأسفلتية عليها ضمن الخطوط الموضحة في المخططات، المحددة أو المطلوبة من قبل المهندس.

يجب دفع مقابل طبقة عازل المونة الأسفلتية المكتمل حسب منطقة الرصف التي جُهزالمانع فيها بسعر وحدة العقد، أو سعر وحدة العقد المعدل، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في فاتورة الكميات.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة لطبقة عازل المونة الأسفلتية بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء الطبقة السفلية على النحو المُحدد. يتم السداد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٦-١٦).

الجدول (٦–١٦) بند الدفع مقابل عازل المونة الأسفلتية.

رقم البند	البند	الوحدة
٦,٣	طبقة عازل المونة الأسفلتية	م^{٢}
٦,٤	عازل الشقوق	م
٦,٥	أسفلت مستحلب مخفف لطبقة لاصقة	طن

٦-٥ عازل تنظيف:

٦-٥-١ الوصف:

عازل تنظيف هي عملية من أربع خطوات يتبع فيها تطبيق الأسفلت المستحلب، ويتبعه على الفور مكنسة نظافة لدفع المستحلب في الشقوق في الرصف، ثم تطبيق طبقة واحدة من ركام الغطاء، ثم دكه مع ضاغط الإطارات الهوائي. هناك خيار تضمين عازل مستحلب الأسفلت المخفف؛ للمساعدة في الاحتفاظ بالرقائق.

يمكن تطبيق المعالجة كسطح متآكل، أو كطبقة متداخلة.

٦-٥-٢ المواد:

٦-٥-٢-١ الأسفلت المستحلب:

غالبًا يستخدم مستحلب تجديد معدل بالبوليمر؛ لاستخدام عازل تنظيف، ولتليين سطح الرصف الأكثر هشاشة، وعكس تأثيرات الأكسدة. ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، كما يجب أن يفي الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر لعازل تنظيف بمتطلبات الأسفلت المستحلب الكاتيوني من النوع المتوسط، وعامل التجديد، والمعدل الوارد في الجدول (٦-١٧) عبر الجدول (٦-١٩)، وفقًا لـ AASHTO MP43.

يتضمن الجدول (٦-١٧) طرق اختبار بديلة ومتطلبات المواصفات لمختلف الاختبارات. أما بالنسبة لاختبار الشهادة والقبول، يمكن استخدام أحدهما أو كليهما.

الجدول (٦–١٧) متطلبات الأسفلت المستحلب (مستحلب تجديد البوليمر المعدل) لعازل تنظيف.

الدرجة	الأسلوب	مستحلب تجديد البوليمر المعدل [١]	
		الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات على الأسفلت المستحلب			
اللزوجة، سايبولت فورول عند ٥٠ درجة مئوية، ثانية	AASHTO T59	٥٠	٦٠٠
اللزوجة، مقياس اللزوجة الدوراني عند ٥٠ درجة مئوية، سنتيبواز	AASHTO T382	١١٠	١,٣٢٠
اختبار استقرار التخزين، ٢٤ ساعة، [٢] %	AASHTO T59		١
قابلية الاستحلاب، ٣٥ مل، ٠,٨ % سلفات ثنائي أوكتيل الصوديوم (%)	AASHTO T59	٥	٤٠
اختبار المنخل (%)	AASHTO T59	-	٠,١
شحنة الجزيئات	AASHTO T59	إيجابي	
التقطير [٣]			
نواتج تقطير الزيت، حسب حجم الأسفلت المستحلب (%)	AASHTO T59	٦٥	١
البقايا (%)	AASHTO T59	٤٠	-
اختبارات البقايا من التقطير [٤]			
الاختراق، ٤ درجة مئوية، ٢٠٠ جم، ٦٠ ثوانٍ، ٠,١ مم	AASHTO T49	٤٠	-
أو جي*، ٤ درجة مئوية، ١٠ راديان في الثانية (ميجاباسكال)	AASHTO T315	-	٢٠
الاستعادة المرنة، ١٠ درجة مئوية (٪)	AASHTO T301	٤٠	-
أو النسبة المئوية للاستعادة عند ٠,١ كيلو باسكال، ٥٢ درجة مئوية (٪)	AASHTO T350	٢٠	-
محتوى الرماد (%)	ASTM D8078	-	١
اللزوجة عند ٦٠ درجة مئوية، بسكال ثانية	AASHTO T202	-	٥٠٠

أو J_{nr} عند ٣,٢ كيلو باسكال، ٥٢ درجة مئوية، (كيلو باسكال$^{-1}$)	AASHTO T350	١	-

ملاحظة:

١- ستؤخذ عينات من الأسفلت المستحلب؛ وفقًا لAASHTO آر ٦٦ وM140 وإم ٢٠٨ وإم ٣١٦. يجب تخزين العينات في درجة حرارة لا تقل عن ٤ درجات مئوية حتى.تُختبر.

٢- يُتنازل عن متطلبات الاختبار هذه، وحدود المواصفات المرتبطة بها إذا حُققت التطبيقات الناجحة للمادة في الحقل.

٣- التقطير إلى ١٧٥ درجة مئوية.

٤- يمكن أن يستخدم تحضير البقايا للاختبار الطرق البديلة، AASHTO آر ٧٨، ASTM دي ٧٤٠٣، أو ASTM دي ٧٩٤٤، بحيث لا يؤثر بالسلب على خواص أيٍ من مُعدّلات البوليمر المتضمنة فيه.

التقطير مطلوب لتحديد النسبة المئوية للمخلفات وناتج تقطير الزيت. ويمكن استخدام طرق الاستخلاص البديلة على النحو المحدد في الجدول (٦-١٧) (انظر للملاحظة ٤ أسفل الجدول) لتحضير بقايا الأسفلت المستحلب للاختبار بعد الجدول (٦-١٧) في حالة موافقة المهندس.

لاحظ أن خواص البقايا المستخلصة قد تختلف عن تلك التي تم الحصول عليها من خلال التقطير. عند مقارنة نتائج الاختبار من البقايا، يجب استخدام نفس طريقة التحضير.

يُنتج AASHTO R78 و ASTM D7944 بقايا بكميات مناسبة لاختبار مقياس القص الديناميكي؛ وفي هذه الحالة، يتم الحد من الوقت بين استرداد البقايا والاختبار إلى ٢٤ ساعة. وعلى العكس من ذلك، لا يوصى باستخدام تقنيات الاستخلاص المذكورة لاستعادة المرونة، اللزوجة، أو الاختراق.

الجدول (٦–١٨) اختبارات عامل التجديد.

	الأسلوب	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اختبارات عامل التجديد			
اللزوجة عند ٦٠ درجة مئوية، كم/س	AASHTO: تي ٢٠١	١٥	٣٠٠
النقطة المضيئة، درجة مئوية	AASHTO: تي ٤٨	١٨٢	-
المواد المشبعة (%)	ASTM: دي ٤١٢٤	-	٣٠
اختبارات على بقايا فرن بطبقة رقيقة أو فرن بطبقة رقيقة دائري			
التغير الكتلي (%)	AASHTO: تي ١٧٩، أو AASHTO: تي ٢٤٠	-	٦,٥
نسبة اللزوجة	AASHTO: تي ١٧٩، أو AASHTO: تي ٢٤٠	-	٣
فرن بغشاء رقيق؛ فرن بغشاء رقيق متداول			

الجدول (٦–١٩) اختبارات على المُعدِّل.

اختبارات على المُعدِّل	الأسلوب	الحد الأدنى	الحد الأقصى

التغير الكتلي (%)	ASTM: دي ٤٧١ (معدل)		٥٠

لتقييم تغير كتلة المعدِّل، ينبغي تعديل إجراء الاختبار ASTM: دي ٤٧١ على النحو التالي:

- ضع ٠,٨ جم من المُعدِّل في قالب مقياس القص الديناميكي بقطر ١٨ ملم.
- إذا لزم الأمر، يجف في ظروف المختبر المحيطة لمدة ٧٢ ساعة.
- قم بإزالة المُعدِّل من القالب وضع العينة في فرن سحب مستحث على ورق الإطلاق لمدة ٤٨ ساعة عند ٤٠ درجة مئوية.
- بعد ٤٨ ساعة، قم بتبريد العينة ووزنها لأقرب ٠,٠٠٠١ جم. سجل الوزن.
- صب ٣٠ جرامًا من عامل التجديد في وعاء معدني سعة ٩٠ مل.
- ضع عينة التعديل في الحاوية وأضف ٣٠ جم أخرى من عامل التجديد. تأكد من تغطية عينة التعديل بالكامل؛ وأضف المزيد من عوامل التجديد -إذا لزم الأمر-.
- قم بتغطية الحاوية بغطاء معدني وضعها في فرن ٤٠ درجة مئوية لمدة ٤٨ ساعة.
- أزل العينة من الحاوية. استخدم منشفة ورقية لطمس سطح العينة لإزالة الزائد. اترك العينة لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة وزن إلى أقرب ٠,٠٠٠١ جم.
- احسب التغير الكتلي، المعبر عنه في المعادلة ٦-١. التغيير الشامل سيكون إيجابيًا.

المعادلة (٦-١)

$$\boldsymbol{Mass\ change}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{M_2 - M_1}}{\boldsymbol{M_1}} \times \mathbf{100}$$

حيث:

M_1 = كتلة عينة التعديل قبل تكييفها في عامل التجديد (جم).

M_2 = كتلة عينة التعديل بعد التكييف في عامل التجديد (جم).

٦-٥-٢-٢ ركام الغطاء:

يجب أن يكون ركام غطاء عازل تنظيف متينًا وخاليًا من المواد الضارة. تحدد متطلبات التدرج في الجدول (٦-٢٠)؛ وفقًا لـ AASHTO MP43، وتكون جميع النسب المئوية بالوزن. ويحدد نوع الركام من قبل المهندس، أو الجهة المسؤولة. يجب تفتيت الركام المحتفظ به على شاشة ٤,٧٥ ملم (رقم ٤) بالوسائل الميكانيكية التي تفي بالمتطلبات الموضحة في الجدول (٦-٢١)، وفقًا ل AASHTO MP43، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة.

الجدول (٦–٢٠) متطلبات تدرج ركام عازل تنظيف.

قياس المنخل ملم	النسبة المئوية للمرور بالوزن		
	النوع ١	النوع ٢	النوع ٣
١٢,٥ (٢/١ بوصة)	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠
٧,٩ (١٦/٥ بوصة)	-	-	١٠٠ - ٩٠
٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	٢٠ - ٥	٣٠ - ١٠	٨٠ - ١٠

٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	٥ - ٠	١٠ - ٠	٣٠ - ٥
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٥ - ٠	٥ - ٠	١٥ - ٠
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	٣ - ٠	٣ - ٠	٣ - ٠

الجدول (٦–٢١) متطلبات جودة ركام عازل تنظيف.

الخواص	طريقة الاختبار	تطبيق عازل تنظيف	
		طبقة بينية	المعالجة السطحية
كسر، وجه واحد، ٪ دقيقة	AASHTO: تي ٣٣٥	٧٠	٨٥
كسر، وجهين، ٪ دقيقة	AASHTO: تي ٣٣٥	٦٠	٨٠
كشط بطريقة لوس أنجلوس، الحد الأقصى % خسارة	AASHTO T96	٣٧	٣٥
قيمة مؤشر التقلب، بحد أقصى % [١]	طريق الأراضي الفيدرالية السريع تي ٥٠٨ [٢] (تم تعديل MnDOT)	٣٥	٣٠

ملاحظة:
١- يجب الحفاظ على درجة حرارة الاختبار عند ١٧٧ درجة مئوية لمدة ٢٠ دقيقة.
٢- يمكن العثور على وصف طريقة الاختبار هذه في (Ulring, et al., 2021).

٦-٥-٢-٣ عازل مستحلب الأسفلت المخفف:

إذا لزم الأمر، تتضمن درجات الأسفلت المستحلب الشائعة للعازل مستحلب الأسفلت المخفف1- CSS وh 1- CSS و1- SS و SS h 1- وh 1- CQS المطابقة لمتطلبات AASHTO M140 أو M208 أو M316. يتم تخفيف الأسفلت المستحلب بشكل نمطي بنسبة ١:١ باستخدام ماء الشرب.

٦-٥-٣ التطبيق:

يمكن اتباع طريقة تصميم McLeod لاختيار معدلات استخدام المستحلب، والركام المبدئية. ستنفذ جميع أعمال التصميم باستخدام الركام؛ إما مباشرة من مخزون موقع العمل، أو مادة مكافئة من نفس المصدر، ولها خصائص المواد نفسها إلى حد كبير.

يستند إجراء McLeod إلى مبدأين أساسيين:

١- تحديد معدل تطبيق ركام غطاء معين؛ بحيث يكون طبقة معالجة لسطح الرصف ناتجة بسمك حجر واحد فقط. وستظل هذه الكمية من الركام ثابتة، بصرف النظر عن نوع الرابط، أو حالة الرصف.
٢- تكون الفراغات في هذه الطبقة الركامية ٧٠ ٪ مملوءة بالأسمنت الأسفلتي لأداء جيد على الأرصفة مع مستويات معتدلة من حركة المرور.

وفي هذه الطريقة، يعتمد معدل استخدام الركام على تدرج الركام، والشكل، والثقل النوعي. يعتمد معدل استخدام المادة الرابطة على تدرج الركام، والامتصاص، والشكل، وحجم حركة المرور، وحالة الرصف الحالية، ومحتوى الأسفلت المتخلف من المادة الرابطة.

٦-٥-٣-١ معدل تطبيق الركام

ولتحديد معدل تطبيق الركام الأولي، يجب إجراء الاختبارات المعملية، وفقًا AASHTO R107، كما هو موضح فيما يلي.

قياس التدرج (AASHTO T11 و T27)، وزن الوحدة (AASHTO T19)، والثقل النوعي (AASHTO T84 وتي T85) من ركام الغطاء.

تقدير متوسط حجم الجسيم (M) من خلال تحديد موقع ٥٠ ٪ مرورًا على تدرج الركام (النسبة المئوية للمرور مقابل حجم المنخل) منحنى ورسم خط رأسي إلى المحور س.

حدد مؤشر التقلب الكلي باستخدام الإجراء المشار إليه في طريقة اختبار FLH T508 (Ulring, et al., 2021).

تحديد أقل بعد لمتوسط الركام (H) باستخدام المعادلة ٦-٢. يمثل متوسط أقل بعد سمك الطبقة العازلة في مسار العجلة حيث تتراكم قوى حركة المرور بشكل مسطح لتوجيهها على الجانب الأكثر تسطحًا.

المعادلة (٦-٢)

$$H = \frac{M}{1.139285+(0.011506\times FI)}$$

حيث:

H = متوسط أقل بعد، ملم.

M = متوسط حجم الجزيئات، ملم.

FI = مؤشر التقلب، بالنسبة المئوية (أي ٢٠ وليس ٠,٢).

حدد الفراغات في الركام السائب وفقًا لـAASHTO T19.

حدد معدل تطبيق ناتج ركام الغطاء باستخدام المعادلة ٦-٣.

المعادلة (٦-٣)

$$C = (1 - 0.4 \times V) \times H \times G \times E$$

حيث:

C = معدل الاستخدام الكلي للغطاء، كجم/م^2.

V = الفراغات في الركام السائبة، في المئة، معبرًا عنها في صورة عدد عشري.

H = متوسط أقل بعد، ملم.

G = الثقل النوعي الكتلي للركام.

E = عامل الهدر لحركة المرور (الجدول ٦-٢٢).

الجدول (٦–٢٢) عامل هدر الركام، E.

النسبة المئوية للهدر المسموح بها	عامل الهدر، ه
١	١,٠١
٢	١,٠٢
٣	١,٠٣
٤	١,٠٤
٥	١,٠٥
٦	١,٠٦
٧	١,٠٧

النسبة المئوية للهدر المسموح بها	عامل الهدر، ه
٨	١,٠٨
٩	١,٠٩
١٠	١,١
١١	١,١١
١٢	١,١٢
١٣	١,١٣
١٤	١,١٤
١٥	١,١٥

لاحظ أنه يجب توزيع بعض الركام الإضافي أثناء وقع عازل تنظيف؛ باستخدام المستحلبات اللازمة بالفعل لإنتاج طبقة أحادية الحجر. وتستخدم هذه المادة الإضافية؛ للمساعدة في تقليل احتمالية رفع طبقات معالجة سطح الرصف بواسطة مركبات الدحرجة أثناء الإنشاء. ستتنوع كمية المادة الزائدة ولكن يجب أن تكون حوالي ٥-١٠٪ ولا تزيد أبدًا عن ١٠٪ من معدل التطبيق، على النحو المحدد باستخدام المعادلة (٦-٣). يعد التعديل لأعلى أو لأسفل ضروريًا؛ استنادًا إلى الوقت الذي تبدأ فيه المداحل في رفع طبقات معالجة السطح.

٦-٥-٣-٢ معدل استخدام الأسفلت المستحلب:

احسب معدل استخدام الأسفلت المستحلب المبدئي لمناطق مسار العجلة، ومناطق المسار الأخرى باستخدام المعادلة (٦-٤) والمعادلة (٦-٥)، على التوالي.

المعادلة (٦-٤)

$$EAR = \frac{(0.4 \times H \times T \times V) + S + A}{R}$$

المعادلة (٦-٥)

$$EAR = \frac{(0.4 \times M \times T \times V) + S + A}{R}$$

حيث:

EAR = معدل تطبيق الأسفلت المستحلب، لتر/ م^{٢}.

H = متوسط إجمالي أقل بعد، مم؛ يستخدم لحساب EAR لمناطق مسار العجلة.

M = متوسط أقل بعد للركام، مم؛ يستخدم لحساب EAR لمناطق المسارات الأخرى

T = عامل تصحيح حركة المرور (على أساس المركبات المتوقعة في اليوم. الجدول (٦-٢٣)).

V = الفراغات في الركام السائبة، في المئة، معبرًا عنها في صورة عدد عشري.

S = عامل حالة السطح، لتر/م^{٢} (بناءً على السطح الحالي. الجدول (٦-٢٤)).

A = عامل امتصاص الركام، لتر/م^{٢} (الجدول ٦-٢٥).

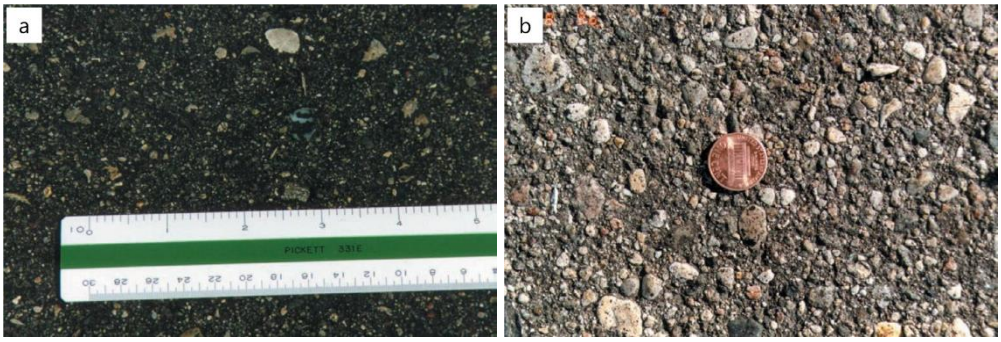
R = محتوى الأسفلت المتخلف من المادة الرابطة، في المائة، معبرًا عنه بالرقم العشري.

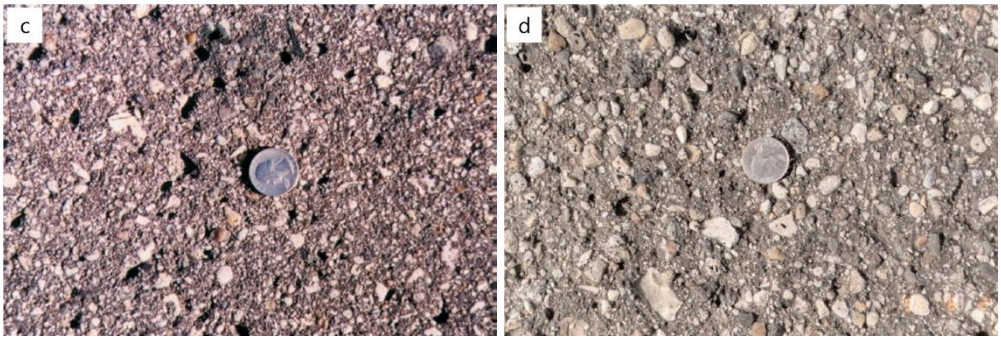
الجدول (٦–٢٣) عامل التصحيح المروري.

المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية	عامل المرور T
١٠٠<	٠,٨٥
٥٠٠ - ١٠٠	٠,٧٥
١٠٠٠ - ٥٠٠	٠,٧
٢٠٠٠ - ١٠٠٠	٠,٦٥
٢٠٠٠<	٠,٦

الجدول (٦–٢٤) عامل حالة السطح.

حالة السطح الحالية	التصحيح (لتر/م^2)
أسود، أسفلت متدفق	من -٠,٠٤ إلى -٠,٢٧
ناعم، غير مسامي	٠
مسامي ومؤكسد قليلًا	+ ٠,١٤
مسامي ومؤكسد ومثقوبة قليلًا	+ ٠,٢٧
مثقب ومسامي ومؤكسد بشكل سيء	+ ٠,٤٠
ملاحظة: ١- يتم عرض أمثلة على بعض ظروف الرصف هذه في الجدول (٦-١٠).	





الشكل (٦–١٠) أ) سطح أملس وغير مسامي؛ ب) سطح مسامي ومؤكسد قليلًا؛ ج) سطح مثقوب ومسامي ومؤكسد قليلًا، د) سطح مثقب ومسامي ومؤكسد بشكل سيء (Ulring, et al., 2021).

الجدول (٦–٢٥) عامل امتصاص الركام.

امتصاص الركام	معامل التصحيح، A
< ١,٥ %	٠
≤ ١,٥ %	٠,٠٩

تحديد معدل تطبيق الأسفلت المستحلب للتصميم، المحدد على أنه متوسط معدلات تطبيق مستحلب مسار العجلة، والمسارات الأخرى.

زيادة معدل تطبيق الأسفلت المستحلب للتصميم عن طريق ضرب معدل تطبيق التصميم في العوامل الواردة في الجدول (٦-٢٦). حدد مستوى العيوب بناءً على ممارسة جهة الطريق السريع الحكومية لموقع المشروع.

الجدول (٦–٢٦) معدل تطبيق الأسفلت المستحلب بناءً على شدة ونطاق التكسير.

نوع التكسير ومقداره	أسفلت مستحلب مضاف
طفيف	١,٠٦
متوسط	١,١
شديد [١]	١,٢

ملاحظة:
١ يشير التكسير الشديد إلى مشكلة هيكلية في الرصف لن يتم معالجتها بالكامل من خلال اختيار علاج الصيانة. تقليل توقعات التمديد في عمر الرصف عند وضع علاجات الصيانة على الأرصفة ذات مدى/شدة تشقق عالية.

معدل التطبيق الحقلي النموذجي يقع ضمن نطاق ١,٤٥ لتر/م^2 ± ٠,٢٣ لتر/م^2. يمكن إجراء تعديلات حقلية على معدل التطبيق لضمان بقاء كمية مستحلب تبلغ ١٠٠ ملم على الأقل أمام المكنسة.

٦-٥-٤ الإنشاء:

٦-٥-٤-١ المعدات:

٦-٥-٤-١-١ موزع مستحلب الأسفلت:

وظيفة موزع الأسفلت هي: تطبيق المستحلب بشكل موحد وبكميات محددة. موزع الأسفلت هو أكثر المعدات تعقيدًا المستخدمة في أعمال وضع عازل تنظيف؛ لأنه يحتوي على العديد من المكونات، ويجب أن تعمل جميعها بشكل صحيح.

والمكونات الرئيسية هي:

- خزان الأسفلت: يمكن أن يتكون الموزع من خزان معزول مثبت على شاحنة، أو مقطورة، بسعة تتراوح من ٣٥٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ لتر. يجب أن يحتوي الخزان أيضًا على حواجز، أو صفائح مفاجئة؛ لتثبيت الحمل أثناء الحركة.
- نظام التسخين: يجب أن يحتوي الخزان على واحد أو اثنين من شعلات البروبان، أو الديزل التي توجه الحرارة إلى المداخن التي تمر عبر الخزان. ويسمح ذلك بتسخين محتويات الخزان إلى درجة حرارة التطبيق الصحيحة. كما يجب تركيب مقياس حرارة على جانب الخزان؛ بحيث يمكن ملاحظة درجة الحرارة الصحيحة.
- نظام التدوير والضخ: مضخة الأسفلت، والرادار، وصمام التحكم، والمصفاة، هي: أجزاء مهمة من نظام التدوير والضخ. يجب فحص هذه الأجزاء؛ للتأكد من ضبطها بشكل صحيح، وعدم وجود تسرب.
- قضيب الرش والفوهات: تأكد من أن قضيب الرش على الارتفاع الصحيح، وأن فوهات الحجم المناسب مثبتة بالزاوية الصحيحة.
- ضوابط ومقاييس الموزع: تشمل مقياس الحرارة، ومقياس الحجم، وضغط مضخة عصا الحزام، ولوحة التحكم. يجب أن يكون مشغل الموزع على دراية بتلك الضوابط، والمقاييس؛ لضمان تطبيق كمية موحدة، ودقيقة من المادة الرابطة للأسفلت على الطريق.

٦-٥-٤-١-٢ مكنسة التنظيف:

يجب تنظيف مستحلب الأسفلت بمكنسة تنظيف خاصة؛ لكسح مستحلب الأسفلت بلطف إلى شقوق، ومسام سطحية في الطريق، كما هو موضح في الشكل (٦-١١). يجب أن تكون رؤوس المكنسة نظيفة، وغير تالفة، أو مثنية بشكل دائم.



الشكل (٦–١١) مكنسة التنظيف أثناء التشغيل (Caltrans, 2008).

٦-٥-٤-١-٣ موزع الركام:

يطبق موزع الركام غطاء ركام موحد بمعدل محدد على المادة الرابطة التي رُشت حديثًا. وقد تتكون موزعات ركام من موزعات باب خلفي، ولكن للحصول على معدل مستمر، وموحد لتطبيق ركام الغطاء، ولمواكبة موزع الأسفلت، يفضل أن تكون من النوع الميكانيكي ذاتي الدفع.

٦-٥-٤-١-٤ شاحنات النقل:

تُستخدم شاحنات النقل لنقل ركام الغطاء، وإلقائه في موزع الركام. وهي عادة إما شاحنات ثنائية المحور، أو أحادية المحور.

٦-٥-٤-١-٥ مركبات الدحرجة:

تستخدم مركبات الدحرجة هدفًا لضغط ركام الغطاء بقوة في مستحلب الأسفلت. وهذا يحسن تضمين الجزيئات، ويعزز الترطيب الأكثر شمولًا والالتصاق الأفضل بين مستحلب الأسفلت، وركام الغطاء، ويحقق تغطية أفضل لتشابك الركام. ويوصى باستخدام دكاك يعمل بالهواء المضغوط لجميع أعمال عازل تنظيف، وتعمل على الإطارات المطاطية المنفوخة بالهواء. ويجب أن تكون الأسطوانة الهوائية ذاتية الدفع، وقادرة على العمل إلى الأمام والعكس.

٦-٥-٤-١-٦ معدات التنظيف:

المكانس الدوارة، ومكانس الالتقاط، ومكانس التفريغ مناسبة لتنظيف الطريق الحالي من الغبار/أو المواد الغريبة قبل وقع عازل تنظيف، وإزالة الركام الزائد من عازل التنظيف الموضوعة.

يجب الحفاظ على جميع المعدات، والأدوات، والآلات المستخدمة في أداء هذا العمل في حالة عمل مرضية في جميع الأوقات.

٦-٥-٤-٢ القيود المناخية:

يجب ألا تقل درجة حرارة السطح الذي ستوضع طبقة نظافة واحدة عليه عن ١٠ درجات مئوية وترتفع. استشر مورد المستحلب؛ لمعرفة درجات الحرارة الموصى بها. وتعد الرياح القليلة أو عدم وجود رياح ورطوبة بنسبة ٥٠ ٪ أو أقل هي ظروف مناسبة. علاوة على ذلك، من الضروري توقع الطقس بحيث لا يتوقع هطول أمطار لمدة لا تقل عن ٢٤ ساعة.

٦-٥-٤-٣ تجهيز سطح الطريق:

يجب أن يكون السطح المنرصوف موحدًا -قدر الإمكان- قبل وضع طبق النظافة؛ لمنع النزيف اللاحق، ويجب إزالة جميع البقع الغنية، وإصلاح جميع الثقوب، والعيوب وغيرها من المناطق المعيبة. ولا يمكن المبالغة في التأكيد على أنه ما لم توضع عازل تنظيف على سطح موحد، فإن مظهر عازل تنظيف بعد عدة أسابيع من حركة المرور لن يكون موحدًا.

لاحظ أن الرقع الجديدة المثبتة على سطح المرصوف ستكون مسامية، ويمكن أن تمتص بعض مستحلب الأسفلت المطبق على عازل تنظيف. ويجب رش هذه الرقع بـ ٠,٤٥ لتر/متر مربع من مستحلب أسفلت SS -1 h أو CSS -1 h الذي تم تخفيفه بنسبة ٥٠ ٪ (١:١) بالماء، وتغطيته بـ ٣,٢ - ٥,٤ كجم/متر مربع من الرمل الخشن النظيف، وفتحه لحركة المرور لمدة أسبوعين قبل عازل تنظيف.

تصمم عازل تنظيف؛ لاستيعاب هذه الأنواع من العيوب السطحية، ويجب أن تؤدي إلى سطح محكم الإغلاق، ومنتظم بشكل معقول.

وقبل وقع عازل تنظيف مباشرة، يجب تنظيف السطح الحالي تمامًا بمكنسة دوارة؛ لإزالة جميع الغبار، والمواد الغريبة الأخرى. ويمكن إزالة الرقع المتصلبة من الطين، أو الوحل، باستخدام ملتقط ومجرفة.

٦-٥-٤-٤ التطبيق:

يتكون تطبيق عازل تنظيف من العمليات التالية: أ) رش مستحلب الأسفلت. ب) تنظيف مستحلب الأسفلت. ج) وضع ركام الغطاء. د) دك ركام الغطاء في عازل تنظيف. هـ) كنس ركام الغطاء الزائد. ويرد فيما يلي وصف لهذه العمليات.

يجب أن يكون موزع مستحلب الأسفلت قادرًا على رش كمية مستحلب الأسفلت بالمعدل المحدد. وقبل بدء الرش، يجب وضع خط على طول حافة واحدة من الطريق كدليل. ويمكن أن يتألف هذا الخط من خيط، أو حتى صخور صغيرة متباعدة بشكل مناسب. لحماية الأرصفة الخرسانية في المناطق الحضرية، ويمكن إرفاق درع قابل للإزالة بالطرف ذي الصلة من قضيب الرش. ولا ينبغي السماح للموزع بالبدء في الرش حتى تكون مكنسة مستحلب الأسفلت، وموزع الركام، ومكنسة الركام، والشاحنات المحملة، والمداخل في خط مستقيم، وجاهزة للمضي قدمًا. ويفضل رش مستحلب الأسفلت بكامل عرضه. أفضل الممارسات هي ترك شريط داخلي من مستحلب الأسفلت غير المغطى بعرض ٧٥ - ١٠٠ ملم عند وضع النصف الأول، لتوفير تداخل مفصل مركزي عند وضع النصف الثاني من طبق النظافة. وللحصول على فواصل مستعرضة سلسة وجيدة، يجب أن يبدأ الموزع دائمًا، ويفضل أن يتوقف عن الرش على شريط من ورق الكرافت، أو الإنشاء الموضوع عبر المسار قيد الإنشاء بزوايا قائمة باتجاه حركة المرور.

يجب أن تتبع مكنسة غسل مستحلب الأسفلت التي يسحبها الجرار، أو الموزع مباشرة خلف موزع مستحلب الأسفلت؛ لتنظيف مستحلب الأسفلت في الشقوق والفراغات. ويمكن إضافة الوزن إلى مكنسة التنظيف؛ لضمان التعبئة الكافية، والموحدة للشقوق، والفراغات بمستحلب الأسفلت.

وعندما يبدأ تنظيف مستحلب الأسفلت، يجب أن يتبعه موزع الركام على مسافة ١٥ - ٥٠ مترًا؛ كما يجب أن تكون حمولات الشاحنات من ركام الغطاء في مكانها. وهذه المسافة مطلوبة لطبقة من مستحلب الأسفلت بسمك أكثر انتظامًا لتتطور تحت تأثير الجاذبية. يجب أن يقوم موزع الركام ذاتي الدفع بسحب الشاحنة، التي يجب أن تكون في العتاد المحايد. ويساعد استخدام مقياس سرعة الدوران في الحفاظ على سرعة أمامية موحدة للموزع الكلي. ويجب ضبط فتحات بوابة موزع الركام؛ لإنتاج معدل التطبيق المطلوب. وقد يكون ركام الغطاء رطبًا عند وضعه، ولكن يجب ألا يكون مبللًا أبدًا. وعند انسكاب ركام الغطاء على عازل تنظيف، يجب إزالته باستخدام المجارف اليدوية. في المناطق الصغيرة التي يطبق فيها ركام الغطاء بكل كافٍ، ويمكن استخدام ركام غطاء منثور، مع المجارف اليدوية من الشاحنة لتعويض النقص.

يجب أن يبدأ الدحرجة في أقرب وقت ممكن بعد تنظيف، أو تطبيق ركام الغطاء؛ توصف التوصيات الخاصة بممارسات الدحرجة في القسم الفرعي (٦-٥-٤-٥).

وبمجرد اكتمال عملية الدحرجة، تمسح المرحلة التالية لإزالة الركام الزائد. وعند تحديد كمية ركام الغطاء المراد تطبيقها، يجب تخصيص بعض الوقت لفقدان ركام الغطاء؛ بسبب الهدر، وعدم تكافؤ التوزيع. وبالتالي، فإن كمية ركام الغطاء المطبقة تتجاوز ٢ - ١٠ ٪ من الكمية التي ستبقى في عازل تنظيف. ويمكن إزالة هذا الركام الفائض عن طريق المكنسة الخفيفة باستخدام مكنسة كهربائية أثناء الصباح البارد بعد الوضع عندما تكون المادة الرابطة للأسفلت صلبة بشكل معقول. ويجب أن تبدأ عملية الكنس من خط المنتصف، وتكنس الركام الزائد باتجاه الحافة الخارجية للطريق. ويجب توخي الحذر؛ لتجنب قلب أي من جزيئات ركام الغطاء المضمنة في الأسفلت.

٦-٥-٤-٥ الدحرجة:

يجب أن تبدأ أعمال الدحرجة بعد تطبيق ركام الغطاء، ويجب إجراء تمرير واحد للأسطوانة قبل انكسار مستحلب الأسفلت.

يجب أن تقوم اثنتان من الدحرجةاكات المضغوطة بالهواء المضغوط بمرور أولي واحد أو اثنين فوق ركام الغطاء قبل انكسار مستحلب الأسفلت. ويجب القيام بتمرير ثالث بعد انكسار مستحلب الأسفلت من أجل التثبيت المنتظم لجزيئات ركام الغطاء. وستساعد شاحنات الزلط أيضًا في دك ركام الغطاء في الرصف؛ يجب أن تكون هذه الشاحنات متداخلة لتحسين أنماط الدحرجة على الرصف.

يجب أن يتابع الدحرجة من الحافة الخارجية إلى المركز، مع تداخل كل ممر مع الممر السابق بمقدار النصف.

٦-٥-٤-٦ التحكم المروري:

ينبغي استخدام طرق مناسبة لحماية عازل تنظيف من جميع أنواع حركة المرور، حتى تثبت بشكل كافٍ؛ لقبول حركة المرور عليها. لتجنب الضرر الناجم عن حركة المرور عالية السرعة لعازل تنظيف المفتوح حديثًا، يلزم التحكم المروري خلال هذه الفترة الأولية الحرجة. الطريقة الأكثر فعالية هي: نقل حركة المرور فوق عازل تنظيف الجديدة، مع شاحنة نصف طن بسرعة لا تتجاوز ٣٠ كم/ساعة.

٦-٥-٥ التقييم:

يجب معايرة موزع الأسفلت لرش الكمية المحددة من مستحلب الأسفلت بشكل موحد لكل وحدة مساحة، ويجب معايرة موزع الركام؛ لتطبيق كمية ركام الغطاء بشكل موحد في الاتجاه الطولي، والمستعرض لكل وحدة مساحة محددة (AEMA, 2017).

ولتجنب التقطيع، يجب أن تكون لزوجة مستحلب عازل تنظيف ضمن المواصفة المحددة. ويجب تدوير كل فوهة في قضيب الرش الخاص بموزع الأسفلت؛ لعمل زاوية ثابتة مع المحور الطولي لقضيب الرش. ويجب أن تكون جميع الفوهات في قضيب الرش من نفس الحجم وتفحص؛ للتأكد من عدم وجود انسداد أو تلف. كما يجب أن يوفر ارتفاع قضيب الرش تداخلًا مزدوجًا أو ثلاثيًا لمستحلب الأسفلت الذي طبق بواسطة فوهات الرش؛ وفقًا لما توصي به الشركة المصنعة. يجب أن يكون الموزع قادرًا على رش مستحلب الأسفلت بنسبة ± ٧,٥ ٪ من متوسط معدل التطبيق في الاتجاه الطولي بنسبة ± ١٠ ٪ من متوسط معدل التطبيق لأي عرض ١٠٠ ملم في الاتجاه المستعرض. وتوفر طريقة بسيطة وعملية جدًا لفحص معدل استخدام مستحلب الأسفلت في كل من الاتجاهين الطولي والمستعرض من خلال ASTM D2995.

ومن أجل الاستخدام المرضي لمستحلب الأسفلت، يجب الحفاظ على ضغط منتظم في قضيب الرش. ويقوم الدمك الأمثل بتصريف مستحلب الأسفلت بمعدل ثابت من خلال كل فوهة رش (على سبيل المثال: ١٥,١ لتر/دقيقة). وعند معدل التفريغ الثابت هذا فقط، يستخرج مستحلب الأسفلت بانتظام من كل فوهة رذاذ. لذلك يجب تحقيق معدلات مختلفة من تطبيق مستحلب الأسفلت في لتر/متر مربع عن طريق تغيير السرعة الأمامية للموزع وليس عن طريق تغيير معدل التفريغ في لتر/دقيقة من كل فوهة رش.

ولضمان الانتشار المستعرض والطولي الموحد لركام الغطاء، يجب معايرة موزع الركام لركام الغطاء المحدد المراد تطبيقه. ويجب أن تقارب السرعة الأمامية للموزع الكلي أثناء المعايرة السرعة المطلوبة للبقاء بالقرب من الموزع. ويساعد استخدام مقياس سرعة الدوران في الحفاظ على سرعة أمامية موحدة للموزع الكلي. وعليه فإن هدف المعايرة هو فتح البوابة بهذه السرعة مما يؤدي إلى

تطبيق ركام الغطاء بواسطة موزع عازل تنظيف بالمعدل المحدد. خلف الموزع، يجب فحص سطح الرصف بحثًا عن الملوثات وخطوط الصفوف الرقيقة، أو السميكة من الركام. وفي حالة كان هناك دليل على وجود خطوط متناوبة سميكة ورقيقة تعمل بشكل مستعرض أو تبدو وكأنها ذات تأثير مضاعف، فهذا يشير إلى أن سرعة الموزع عالية جدًا.

٦-٥-٦ معايير القبول:

٦-٥-٦-١ ضبط الجودة:

يجب اختبار ركام الغطاء والأسفلت المستحلب؛ للتأكد من مطابقتهما للمواصفات، كما هو موضح أدناه.

يجب أن يجري المقاول جميع الاختبارات والقياسات المطلوبة، ويجب أن يجمع النتائج ويُوثقها ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل، وعازل تنظيف الناتجة، والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة. يوضح الجدول (٦-٢٧) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدمكة وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بها. ويجب أن يُقدم المقاول نسخًا من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٦–٢٧) متطلبات ضبط الجودة لخلطات عازل التنظيف.

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
ركام الغطاء	التدرج	المخزون الاحتياطي	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T27	الجدول (٦-٢٠)
	كسر كشط بطريقة لوس أنجلوس مؤشر التقشر			AASHTO: تي ٣٣٥ AASHTO T96 طريق الأراضي الفيدرالية السريع رقم: تي ٥٠٨	الجدول (٦-٢١)
	التدرج	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T27	الجدول (٦-٢٠)
	كسر كشط بطريقة لوس أنجلوس مؤشر التقشر			AASHTO: تي ٣٣٥ AASHTO T96 طريق الأراضي الفيدرالية السريع رقم: تي ٥٠٨	الجدول (٦-٢١)
الأسفلت المستحلب	الجودة	المورد	شهادة الامتثال	AASHTO T59، أو	الجدول (٦-١٧)

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
(مستحلب تجديد البوليمر المعدل)			والعرض وتغيير المصدر	AASHTO تي ٣٨٢ AASHTO تي ٤٩ أو AASHTO: تي ٣١٥ AASHTO: تي ٣٠١، أو AASHTO: تي ٣٥٠ ASTM: دي ٨٠٧٨ AASHTO: تي ٢٠٢، أو AASHTO: تي ٣٥٠	
عامل التجديد	الجودة	المورد	شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO: تي ٢٠١ AASHTO: تي ٤٨ ASTM: دي ٤١٢٤ AASHTO: تي ١٧٩، أو AASHTO: تي ٢٤٠ AASHTO: تي ١٧٩، أو AASHTO: تي ٢٤٠	الجدول (٦-١٨)
المعامل	الجودة	المورد	شهادة الامتثال	ASTM: دي ٤٧١ (معدل)	الجدول (٦-١٩)
خليط عازل تنظيف	معدل التطبيق	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم		± ٥ ٪ من معدل التصميم

٦-٥-٦-٢ ضمان الجودة:

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار والفحص للتأكد من أن جودة المواد والطبقة السفلية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. سيتم تنفيذ هذه الأنشطة بشكل عشوائي من قبل الجهة المسؤولة.

يجب أن تُقيّم جميع المعدات التي سيتم استخدامها في المشروع من قبل الجهة المسؤولة للتأكد من أنها في حالة تشغيل مقبولة، وأنه تمت معايرتها بشكل صحيح، وأنها ستوفر كميات من المواد المحددة.

٦-٥-٧ القياس والدفع:

يجب أن تقاس عازل تنظيف بالمتر المربع للمنطقة التي وضعت عازل تنظيف عليها ضمن الخطوط الموضحة في المخططات، المحددة، أو التي طلبها المهندس.

يجب أن يُدفع مقابل عازل تنظيف المكتمل -حسب منطقة الرصف- التي جهزالمانع فيها بسعر وحدة العقد، أو سعر وحدة العقد المعدل، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في فاتورة الكميات.

وتُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة لعازل تنظيف بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة؛ لإنجاز جميع أعمال إنشاء الطبقة السفلية على النحو المُحدد. يتم السداد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٦-٢٨).

الجدول (٦–٢٨) بند الدفع مقابل عازل تنظيف.

رقم البند	البند	الوحدة
٦,٦	عازل تنظيف	م^{٢}

٦-٦ المعالجة السطحية الرقيقة:

٦-٦-١ الوصف:

يجب أن تكون المعالجة السطحية الرقيقة من خليط من الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، والركام المعدني والماء والمواد المضافة، متناسب ومختلط ومنتشر بشكل منتظم على سطح معد بشكل صحيح. ويجب أن تكون المعالجة السطحية الرقيقة قادرة على الأداء في المقاطع العرضية ذات السمك المتغير مثل: الشقوق، ومسارات الخدش، والأسطح المكشوطة. بعد المعالجة وتوحيد حركة المرور الأولي، يجب أن تقاوم المزيد من الضغط. يجب وضع المعالجة السطحية الرقيقة كحصيرة متجانسة، والتصاق بقوة بالسطح المجهز، ولها نسيج مقاوم للانزلاق طوال فترة تواجدها على السطح.

يجب أن يكون المزيج عبارة عن نظام مرور سريع، ويجب أن يكون قادرًا على قبول مرور الدحرجةاكات على سطح سمكه ١٢,٧ ملم في غضون ساعة واحدة بعد الوضع. قد يتطلب إيقاف حركة المرور، وبدء تشغيلها وقتًا إضافيًا للعلاج.

٦-٦-٢ المواد:

٦-٦-٢-١ الأسفلت المستحلب:

يجب تعديل الأسفلت المستحلب للمعالجة السطحية الرقيقة، بما في ذلك CQS -1 P أو CQS -1 hp بحسب AASHTO M341، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة. يمكن أن يكون المُعدِّل إما بوليمرًا صلبًا، أو مادة لثية، ويجب إضافته إما إلى محلول الأسفلت، أو المستحلب قبل عملية الاستحلاب. يجب أن يفي الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، وبقايا الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، بمتطلبات AASHTO M316. ويجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع والدرجة المراد استخدامها.

٦-٦-٢-٢ الركام:

يجب أن يكون الركام المعدني المستخدم في المعالجة السطحية الرقيقة عبارة عن حجر مكشوط مثل: الجرانيت أو الخبث، أو الحجر الجيري، أو غيرها من الركام عالي الجودة، أو مزيج منها.

ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، فيجب اتباع متطلبات الجودة لركام المعالجة السطحية الرقيقة الجدول (٦-٢٩). وعلاوة على ذلك، يجب على الجهة المسؤولة والمهندس تحديد قيم الصقل بناءً على ظروف الموقع والمرور.

الجدول (٦–٢٩) متطلبات جودة المعالجة السطحية الرقيقة.

الخواص	طريقة الاختبار	المتطلبات
اختبار مكافئ الرمل، حد أدنى	AASHTO T176 أو ASTM D2419	٦٥

الخواص	طريقة الاختبار	المتطلبات
سلامة كبريتات المغنيسيوم (٥ دورات)،٪ أقصى خسارة	AASHTO T104	٢٥
سلامة كبريتات المغنيسيوم (٥ دورات)،٪ أقصى خسارة	AASHTO T104	١٥
كشط بطريقة لوس أنجلوس [١], % كحد أقصى	AASHTO T96	٣٠
ملاحظة: ١- يجب إجراء اختبار التآكل على الركام الأصلي الذي اشتق منه.		

يجب أن يكون تدرج ركام تصميم الخليط، عند اختباره وفقًا لـAASHTO T11 وتي ٢٧، ضمن أحد النطاقات الموضحة في الجدول (٦-٣٠).

الجدول (٦–٣٠) متطلبات تدرج المعالجة السطحية الرقيقة.

قياس المنخل	النسبة المئوية للمرور بالوزن		
ملم	النوع ٢	النوع ٣	تحمل المخزون
٩,٥ (٨/٣ بوصة)	١٠٠	١٠٠	-
٤,٧٥ ملم (رقم ٤)	١٠٠ - ٩٠	٩٠ - ٧٠	± ٥
٢,٣٦ ملم (رقم ٨)	٩٠ - ٦٥	٧٠ - ٤٥	± ٥
١,١٨ ملم (رقم ١٦)	٧٠ - ٤٥	٥٠ - ٢٨	± ٥
٠,٦ ملم (رقم ٣٠)	٥٠ - ٣٠	٣٤ - ١٩	± ٥
٠,٣ ملم (رقم ٥٠)	٣٠ - ١٨	٢٥ - ١٢	± ٤
٠,١٥ ملم (رقم ١٠٠)	٢١ - ١٠	١٨ - ٧	± ٣
٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)	١٥ - ٥	١٥ - ٥	± ٢

توصف التوصيات الخاصة باختيار نوع التدرج المناسب على النحو التالي:

- يستخدم النوع الثاني لملء الفراغات السطحية، ومعالجة مشاكل السطح، والعزل، وتوفير سطح متين. هذا النوع مناسب للشوارع الحضرية والسكنية.
- يوفر النوع الثالث أقصى مقاومة للانزلاق والسطح المحسَّن الجديد. هذا النوع من الأسطح الرقيقة مناسب لتطبيقات حركة المرور الكثيفة، وملء الشقوق، أو لوضعه على الأسطح عالية النسيج التي تتطلب ركامًا أكبر حجمًا لملء الفراغات. هذا النوع مناسب للطرق الأساسية، والطرق بين البلاد.

يجب مزج المواد المطابقة لمتطلبات الجودة الموضحة في الجدول (٦-٢٩) بطريقة مناسبة لإنتاج تدرج متسق. قد يتطلب مزج الركام تصميمًا جديدًا للخلطة. إذا تسببت المواد كبيرة الحجم في الخليط في أي مشكلات، فسيكون الفحص مطلوبًا في المخزن.

٦-٦-٢-٣ الحشو المعدني:

يمكن استخدام مادة الحشو المعدني؛ لتحسين تماسك الخليط، وضبط خصائص تكسير الخليط وتصليده. يجب استخدام الأسمنت البورتلاندي، أو الجير المطفأ، أو غبار الحجر الجيري، أو الرماد المتطاير، أو أي مادة حشو معتمدة أخرى تفي بمتطلبات AASHTO M17, M85, M295 أو M303 إذا لزم الأمر من قبل تصميم المزيج.

٦-٦-٢-٤ المياه:

يجب أن تكون المياه خالية من الأملاح الضارة والملوثات. وفي حالة كان هناك أي تجميد فيما يتعلق بجودة المياه، فيجب إرسالها إلى المختبر، مع المواد الخام الأخرى التي ستستخدم في تصميم المزيج للتقييم.

٦-٦-٢-٥ الإضافات:

يمكن استخدام مواد إضافية، مثل: محاليل المستحلب، أو كبريتات الألومنيوم، أو كلوريد الألومنيوم، لتعجيل أو تأخير انكسار أو تجميد مادة المعالجة السطحية الرقيقة. كجزء من عملية تصميم المزيج، يجب التوصية بالإضافات المناسبة، ونطاق استخدامها القابل للتطبيق من قبل المختبر الذي يقوم بتصميم المزيج. وتقتصر المواد المضافة المستخدمة على تلك المدرجة في المواصفات الخاصة، أو المقترحة من قبل المقاول، والمعتمدة من قبل الوزارة.

٦-٦-٣ التطبيق:

قبل بدء العمل، يجب على المقاول تقديم تصميم مزيج يغطي المواد المحددة التي ستستخدم في المشروع. سينفذ هذا التصميم من قبل مختبر مؤهل، ومختبر محدد من قبل الوزارة. وبعد الموافقة على تصميم الخليط، لن يُسمح باستبدال المواد.

ويجب أن يكون المخلوط أحد الأنواع ثلاثية المسار التي يتطابق تدرج الركام المشترك فيها مع اشتراطات الجدول (٦-٣٠). ويتوافق الركام والأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، والماء، والحشو المعدني، والمواد المضافة الأخرى في تصميم الخليط. يجب تقييم تركيبات المزيج لتحديد نسب الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر، والركام المعدني، والماء، والحشو المعدني، والمواد المضافة؛ لإنتاج تركيبة خلطة المعالجة السطحية الرقيقة. ويجب اختيار خليط وظيفي يتوافق مع حدود المواصفات، ويكون مناسبًا لحركة المرور، والظروف المناخية، وظروف المعالجة، والاستخدام النهائي. يجب تقييم أداء نظام المعالجة السطحية الرقيقة باستخدام الاختبارات والطرق والمتطلبات الموضحة في الجدول (٦-٣١).

الجدول (٦–٣١) معايير تقييم أداء المعالجة السطحية الرقيقة.

الاختبار		طريقة الاختبار (النشرة الفنية ISSA)	المتطلبات
وقت الخلط عند ٢٥ درجة مئوية		TB113	يمكن التحكم فيها حتى ١٢٠ ثانية، دقيقة
التماسك الرطب	عند ٣٠ دقيقة	TB139	١٢ كجم سم، دقيقة
	عند ٦٠ دقيقة (المرور)		٢٠ كجم-سم أو قرب الدوران، دقيقة
التعرية الرطبة		TB114	مرور (٩٠ دقيقة)
فقدان الكشط الرطب،	نقع لمدة ساعة واحدة	TB100	٥٣٨ جم/م^2 كحد أقصى
	نقع ٦ أيام		٨٠٧ جم/م^2 كحد أقصى
إزاحة جانبية		TB147	٥ % كحد أقصى

الاختبار	طريقة الاختبار (النشرة الفنية ISSA)	المتطلبات
الثقل النوعي بعد ١٠٠٠ دورة من ٥٦,٧ كجم		٢,١، كحد الأقصى
الأسفلت الزائد بواسطة اختبار العجلة المحملة لالتصاق الرمل	TB109	٥٣٨ جم/م^{٢} كحد أقصى
توافق التصنيفات	TB144	١١ درجة كحد أدنى (AAA، BAA)

حدد وقت الخلط بحسب ISSA TB113 ومتطلبات الجدول (٦-٣١). يستخدم اختبار الخلط للتنبؤ بالوقت الذي يمكن فيه خلط المادة قبل أن تبدأ في الانكسار. ويمكن أن يكون فحصًا مرجعيًا مفيدًا؛ لتأكيد مصادر المواد المتسقة. ويجب فحص أوقات الخلط والمجموعة من قبل المختبر؛ للتأكد من أنها مناسبة للمناخ المتوقع أثناء المشروع.

تحديد أوقات تجميد مختلفة من خلطة المعالجة السطحية الرقيقة باستخدام اختبار التماسك الرطب بحسب ISSA TB139 ومتطلبات الجدول (٦-٣١). يقيس هذا الاختبار عزم دوران خلطة المعالجة السطحية الرقيقة عندما يتماسك ويطور قوة متماسكة. يوضح مقدار عزم الدوران الذي تم تطويره والمخطط بمرور الوقت.

كيفية تطوير الخلطة لمقاومة الحركة. يتم تعريف قيم العزم والوقت المحددة على أنها "وقت الضبط" و"وقت حركة المرور المتداول المبكر":

- يتم تعريف زمن الضبط بأنه الزمن المطلوب بعد صب عينة من خلطة المعالجة السطحية الرقيقة الذي لا يمكن بعده إعادة خلطه بشكل متجانس (هناك أي مستحلب حر لتزليق النظام) ولا يمكن الإزاحة الجانبية عند ضغطه. ويعرف -أيضًا- على أنه الوقت الذي لا توجد فيه علامات على المستحلب الحر عند ضغطه بمنشفة ورقية ممتصة، ولا يوجد مستحلب حر مخفف ومغسول عند شطفه بالماء. ولتحديد الوقت المحدد، يُسكب خليط السطوح الدقيقة، أو الخلطات على وسادة من اللباد الأسفلتي مقاس ١٥٠ × ١٥٠ ملم وتسوى إلى سمك ٦ ملم باستخدام قالب ٦ ملم. بعد ١٥ دقيقة، يضغط سطح الخليط برفق، أو نقعه، بمنشفة أو منديل ورقي أبيض عند ٢٥ ± ١ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٥٠ ± ٥ ٪. ويعد الخليط قد تجمد إذا لم يترك أي أثر للبقعة البنية على الورقة. كرر طريقة النقع كل ١٥ دقيقة إذا كانت البقعة البنية تتكون بالفعل. ستكون فترات البقع لمدة ٣٠ دقيقة (أو أكثر) مناسبة بعد ٣ ساعات من البقع. يجب ملاحظة مقدار الوقت اللازم للحصول على لطخة خالية من البقع والإبلاغ عنها كوقت محدد.
- يعرّف وقت المرور المتدحرج أنه الوقت الذي يقبل فيه خليط المعالجة السطحية الرقيقة المرور المتدحرج دون تثبيت أو تفكيك. لتحديد وقت المرور المبكر، ويسوى خليط المعالجة السطحية الرقيقة على وسادة لباد التسقيف بسمك لا يتجاوز ارتفاع أكبر جزء من الركام الموجود في المزيج. يوصى باستخدام قالب للحصول على السمك المنتظم لطبقة المعالجة السطحية الرقيقة. ويستخدم جهاز اختبار التماسك؛ لقياس وقت المرور المتداول المبكر. ويسجل الوقت اللازم للوصول إلى أقصى عزم دوران ثابت، أو حتى تركب القدم المطاطية بحرية فوق حصيرة الخلطة دون إزاحة أي جزيئات ركام، على أنه وقت المرور المبكر.

تقييم قدرة الخلطة على التجريد وفقًا لنتائج اختبار ISSA TB114 ومتطلبات الجدول (٦-٣١). وتوضع عينة من خلطة المعالجة السطحية الرقيقة في ماء مغلي لبعض الوقت، ويقيم الطلاء.

يُحدّد الحد الأدنى لمحتوى الرابط باستخدام اختبار الكشط الرطب ومتطلبات الجدول (٦-٣١). يحدد هذا الاختبار، الذي يجرى وفقًا للنشرة الفنية ISSA TB100، الحد الأدنى من محتوى المستحلب المسموح به لنظام المعالجة السطحية الرقيقة المحدد، وقابلية الرطوبة طويلة الأجل للنظام. بمزيدٍ من التفصيل، يحضر خليط المعالجة السطحية الرقيقة متجانسًا ومتدفقًا (راجع اختبار الاتساق) من ناتج تكتل دقيق التدرج، وأسفلت مستحلب معدل بالبوليمر، وماء. يتشكل الخليط في قرص عن طريق صب الفتحة الدائرية لقالب أو قالب يرتكز على حلقة دائرية أكبر حجمها ١٣,٦ كجم لباد تسقيف. وتجفف العينة على شكل قرص إلى وزن ثابت عند ٦٠ درجة مئوية بعد إزالة القالب. ويكشط الخليط المتصلد ميكانيكيًا تحت الماء بخرطوم مطاطي لمدة ٥ دقائق بعد وجوده في حمام ماء لمدة ساعة واحدة. وتنظف العينة التي وتكشط من أي حطام، وتجفف عند ٦٠ درجة مئوية، ووزنها. ويبلغ عن الفقد في الوزن المعبر عنه بالجرامات لكل متر مربع كقيمة التآكل (فقدان اختبار تآكل المسار الرطب). لاحظ أن اختبار تآكل المسار الرطب لا يوصى به كاختبار حقلي لضبط الجودة أو القبول.

يحدد الحد الأقصى لمحتوى الرابط باستخدام اختبار تحميل العجلة ومتطلبات الجدول (٦-٣١). يقيس اختبار تحميل العجلة، الذي يُجرى وفقًا للنشرة الفنية ISSA TB109 ، مقدار خصائص الدمك، والإزاحة لخلطات المعالجة السطحية الرقيقة متعددة الطبقات تحت ضغط المرور المتدحرج. يصب الخليط في قالب بحجم ١٢,٧ × ٥٠,٨ ملم × ٣٨١ ملم يتمركز على لوحة تركيب ٠,٦ ملم ويجهز- مباشرة- بشكل موحد بدعامة خشبية، أو ذراع تسوية خشبية على شكل U باستخدام إجراء النشر. وبمجرد ضبط الخليط بشكل كافٍ؛ لمنع التدفق الحر، يزال القالب بعناية دون إزعاج العينة. تصلد العينة بالهواء لمدة ٢٤ ساعة، ثم تجفف إلى وزن ثابت في فرن السحب

المستحث عند ٦٠ درجة مئوية لمدة ١٨ - ٢٠ ساعة. بعد التبريد، تقاس العينة مركزيًا للعرض والسمك الصافي. ويُحصل على الوزن الصافي للعينة وتسجيله. ثم تركب العينة في آلة مسار العجلة المحملة بوزن ٥٦,٧ كجم وتخضع إلى ١٠٠٠ دورة من الدمك. ثم تزال العينة ويعاد قياسها مباشرة بشكل جانبي في مسار العجلة، وتسجل النتائج. يعبر عن الإزاحة الجانبية كزيادة النسبة المئوية للعرض الأصلي. ويجب التعبير عن الثقل النوعي بالزيادة بنسبة مئوية بعد ضغط العينة.

يغطي تصنيف مواد المعالجة السطحية الرقيقة بواسطة إجراءات Schulze-Breuer وRuck تحديد التوافق النسبي بين مادة حشو الركام لتدرج محدد وبقايا الأسفلت المستحلب. ويوفر إجراء الاختبار هذا، كما هو موضح في النشرة الفنية ISSA TB144، نظام تصنيف أو قيم درجات لفقدان التآكل، والالتصاق، وخصائص التماسك في درجات الحرارة العالية لتركيبة الأسفلت والركام المحددة؛ للمقارنة مع قيم اختبار التوليفات المرجعية. وتخلط العينات الرباعية المربعة من الركام الناعم الممزوج بالأسفلت المستحلب ومعالجته وضغطه في أقراص، وتقيم من حيث الامتصاص، وفقدان التآكل، والالتصاق، والنسبة المئوية للطلاء والنزاهة في النسبة المئوية للكتلة المحتجزة. يتم الإبلاغ عن متوسط النتائج وتصنيفها من خلال مقارنتها بالقيم الواردة في الجدول (٦-٣٢).

الجدول (٦–٣٢) نظام تصنيف التوافق.

تصنيف التدرج (لكل اختبار)	تصنيف النقطة (لكل اختبار)	فقدان التآكل (جرام)	الالتصاق (٪) مغطى	النزاهة (%) المتبقي
A	٤	٠,٧ - ٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠
B	٣	١ - ٠,٧١	٩٠ - ٧٥	٩٠ - ٧٥
C	٢	١,٣ - ١,٠١	٧٥ - ٥٠	٧٥ - ٥٠
D	١	٢ - ١,٣١	٥٠ - ١٠	٥٠ - ١٠
٠	٠	+ ٢,٠١	٠	٠

يجب أن يبلغ تصميم المزيج المختبري أيضًا عن التأثيرات الكمية لمحتوى الرطوبة على وزن الوحدة من الركام (تأثير الكتلة) وفقًا لمواصفة AASHTO T19 أو ASTM C29. وعلاوة على ذلك، يجب توضيح نسب الركام، والماء، والحشو المعدني، والإضافات (في حالة استخدامها) والأسفلت المستحلب بناءً على الوزن الجاف للركام في تقرير تصميم الخلطة المعملية. وبناءً على الظروف الحقلية، قد تكون هناك حاجة إلى تعديلات تقع ضمن النطاقات المحددة لتصميم المزيج.

يجب أن يبلغ تصميم المزيج المختبري أيضًا عن التأثيرات الكمية لمحتوى الرطوبة على وزن الوحدة من الركام (تأثير الكتلة) وفقًا لمواصفة AASHTO T19. وعلاوة على ذلك، يجب توضيح نسب الركام، والحشو المعدني، والإضافات (في حالة استخدامها) والأسفلت المستحلب بناءً على الوزن الجاف للركام في تقرير تصميم الخلطة المعملية. وبناءً على الظروف الحقلية، قد تكون هناك حاجة إلى تعديلات تقع ضمن النطاقات المحددة لتصميم المزيج.

يجب تصميم المواد المكونة في حدود الجدول (٦-٣٣).

الجدول (٦–٣٣) الحدود المقترحة لمكونات المعالجة السطحية الرقيقة.

المواد المكونة	الحدود المقترحة
الأسفلت المتخلف	١٠,٥ - ٥,٥ ٪ (بناءً على الركام الجاف)
الحشو المعدني	٣ - ٠,٥ % (بناءً على الركام الجاف)
الإضافات	حسب الاقتضاء

المواد المكونة	الحدود المقترحة
المياه	كما هو مطلوب لإنتاج تناسق مناسب للخلطة

٦-٦-٤ الإنشاء:

٦-٦-٤-١ المعدات:

٦-٦-٤-١-١ معدات خلط المعالجة السطحية الرقيقة:

يجب خلط المواد في ماكينة رصف مصممة خصيصًا، سواء كانت محمولة على شاحنة، أو آلات تشغيل مستمرة، كما هو مطلوب من قبل الجهة المسؤولة. وتُستخدم الآلات المحمولة على الشاحنات بشكل عام للشوارع السكنية، والمواقع التي لا تكون فيها فواصل الإنشاء غير مرغوب فيها. وتُستخدم الآلات ذات التشغيل المستمر بشكل عام في الطرق الفرعية والطرف المجمعة والطرق السريعة. يوضح الشكل (٦-١٢) المعدات أثناء تطبيق المعالجة السطحية الرقيقة.



الشكل (٦–١٢) معدات المعالجة السطحية الرقيقة أثناء التطبيق (Austroads, 2018).

يجب أن تكون آلة الرصف وحدة خلط ذات تدفق مستمر قادرة على تناسب وتسليم الركام، والأسفلت المستحلب، والحشو المعدني، والماء، والإضافات بدقة من خلال خلاط دوار متعدد الشفرات مزدوج اللحمة. ويجب أن يكون لدى الماكينة سعة تخزين كافية للركام، والأسفلت المستحلب، والحشو المعدني، ومادة إضافة للتحكم والماء؛ للحفاظ على إمدادات كافية لعناصر التحكم في التناسب. كما يجب أن يكون للراصفة ضوابط لقياس كل مادة في غرفة الخلط. يجب أن تكون معدلات إضافة الأسفلت المستحلب ومادة الحشو المعدني مترابطة، أو مرتبطة بنظام توصيل الركام؛ بحيث تظل نسب هذه المواد ثابتة مع صيغة المزيج الوظيفي أثناء المشروع.

وفي حالة كانت الجهة بحاجة إلى آلة تعمل بشكل مستمر لتقليل فواصل الإنشاء، فاستخدم راصفة قادرة على تحميل المواد، مع الاستمرار في تطبيق المعالجة السطحية الرقيقة.

وأثناء التطبيق، يجب أن تكون الماكينة ذات التشغيل المستمر مجهزة؛ لمنح المشغل التحكم الكامل في سرعات التقدم والعكس. كما يجب أن تكون مجهزة بمحطات قيادة على الجانب الآخر للمساعدة في المحاذاة. ويجب أن يكون جهاز التحميل الذاتي، ومحطات القيادة المقابلة، وأجهزة التحكم في السرعة الأمامية والعكسية من تصميم الشركة المصنعة للمعدات الأصلية.

يجب أن تكون آلة خلط طبقة المعالجة السطحية الرقيقة قادرة على تناسب وخلط المواد الفردية ضمن التفاوتات المسموحة التالية: أ) محتوى المادة الأسفلتية المستحلبة المعدلة بالبوليمر في حدود ± ١ ٪. ب) يجب ألا تختلف النسبة المئوية للركام الذي يمر عبر كل منخل محدد عن صيغة خلط الوظائف المعتمدة بأكثر من ± ٤ ٪. ج) يجب ألا تنتقل النسبة المئوية للركام الذي يمر عبر كل منخل من الحد الأعلى إلى الحد الأدنى لأي منخلين متتاليين. د) يجب ألا يختلف اتساق المونة، كما هو محدد وفقًا ISSA TB106 ، عن تصميم الخلط المعتمد بأكثر من ٥ ملم بعد التعديلات الحقلية المعتمدة من قبل المهندس.

٦-٦-٤-١-٢ معدات توزيع طبقة المعالجة السطحية الرقيقة:

يجب أن تحتوي الماكينة على صندوق سطحي مزود بمجدافين مزدوجين، أو مثقاب حلزوني مثبت في صندوق الموزعة. ويلزم وجود طبقة عازلة أمامية، وطبقة عازلة خلفية قابل للتعديل في صندوق الموزعة؛ للتحكم في معدل استخدام المادة ومنع أي فقدان للمزيج. يجب تصميم صندوق الموزع والسدادة الخلفية لضمان توصيل خليط موحد إلى التسوية الثانوي. ويجب أن يكون الصندوق قادرًا على الإزاحة أفقيًا؛ لتعويض التباين في هندسة الرصف.

لضمان ملمس سطح مُرضٍ، يجب أن يكون لمعدات النشر تسوية ثانوية بنفس قدرات ضبط التسوية التي يتمتع بها صندوق الموزع. يجب أن تكون التسوية الثانوية من مطاط النيوبرين، أو سحب الخيش -حسب نوع الملمس الذي تتطلبه الجهة المسؤولة-.

٦-٦-٤-١-٣ معدات حشو الشقوق:

يلزم وجود صندوق موزع حشو الشقوق بعرض ١,٥ أو ١,٨ متر لملء الشقوق بعمق لا يقل عن ١٢,٥ ملم. يجب أن يكون صندوق الشق مصممًا بحيث يتضمن حجرة مزدوجة وتكوين "V" داخلي للمثقاب لتوجيه الزلط الكبير نحو مركز الشق والمواد الناعمة إلى حواف الشق. وللتحكم في عرض، وعمق حشو الشقوق، يجب أن يحتوي الصندوق على لوحة تسوية مزدوجة.

عندما تتجاوز الشقوق ٢٥ ملم، قد تكون هناك حاجة إلى عدة ممرات مع صندوق الشق. وعندما يكون عمق الشق أقل من ١٢,٥ ملم، يمكن استخدام ذراع تسوية من المطاط المعدني أو الصلب للتطبيق على دورة خدش بعرض كامل مع صندوق الموزع.

لاحظ أنه لا يوصى بحشو الشقوق إذا كانت الشقوق ناتجة عن فشل القص في طبقات الأسفلت، وتكون هذه العملية مُجدية إذا كانت الشقوق ناتجة عن تكثيف تربة القاعدة الترابية.

٦-٦-٤-١-٤ المعدات المساعدة:

يجب توفير ممسحات يدوية ومجارف ومعدات أخرى حسب الضرورة لأداء العمل.

٦-٦-٤-١-٥ معدات التنظيف:

المكانس الكهربائية، و منافخ الطاقة، وضواغط الهواء، ومعدات غسل المياه، ومكانس اليد، مناسبة لتنظيف سطح، وتشققات السطح القديم.

ويجب الحفاظ على جميع المعدات، والأدوات، والآلات المستخدمة في أداء هذا العمل في حالة عمل مرضية في جميع الأوقات.

٦-٦-٤-٢ القيود المناخية:

يجب ألا تُعمل طبقة المعالجة السطحية الرقيقة في حالة كانت درجة حرارة الرصف أو الهواء أقل من ١٠ درجة مئوية وتنخفض، ولكن يمكن تطبيقها عندما تكون درجة حرارة الهواء والرصف ٧ درجة مئوية أو أعلى وترتفع. أثناء الغبار أو العواصف الرملية، عندما يكون هناك احتمال هطول أمطار في غضون ساعتين، إذا كانت الرطوبة النسبية العالية تطيل فترة المعالجة بعد فترة زمنية معقولة، فلا ينبغي تطبيق طبقة المعالجة السطحية الرقيقة. علاوة على ذلك، لا ينبغي وضع المعالجة السطحية الرقيقة عندما يتأخر فتح حركة المرور؛ بسبب الطقس لفترة زمنية غير معقولة.

٦-٦-٤-٣ تجهيز سطح الطريق:

نظف سطح جميع المواد السائبة، وبقع المونة، وبقع الزيت، والمواد النباتية، وغيرها من المواد غير المرغوب فيها مباشرة قبل وضع طبقة المعالجة السطحية الرقيقة. وستكون أي طريقة تنظيف قياسية تستخدم لتنظيف سطح الرصف مقبولة (على سبيل المثال: التنظيف، النفخ بالهواء عالي الضغط أو باستخدام مكنسة كهربائية مناسبة)؛ ولن يُسمح بشطف المياه في المناطق التي تحدث فيها تشققات على سطح الرصف. وفي حالة وجود تشققات أكبر من ٦,٤ ملم في سطح الرصف، يجب إصلاحها باستخدام طبقة عازلة معتمدة للشقوق قبل وضع طبقة عازل المونة الأسفلتية . أيضًا، يجب حماية مداخل الخدمة (على سبيل المثال: غرف التفتيش، وصناديق الصمامات، وما إلى ذلك) من طبقة عازل المونة الأسفلتية بطريقة مناسبة.

عادة، لا يلزم وجود طبقة لاصقة. في حال وضعت طبقة المعالجة السطحية الرقيقة على سطح جاف ومجفف للغاية، أوعلى سطح أسفلت عالي الامتصاص، أو على سطح أصبح فيه الركام مكشوفًا، ومصقولًا، ومزلقًا، يوصى باستخدام أسفلت مستحلب مكون من جزء واحد وطبقة لاصقة مائية مكونة من ثلاثة أجزاء. يجب أن يكون الأسفلت المستحلب بتدرج SS أو CSS أو بتدرج المعالجة السطحية الرقيقة. ويمكن وضع الطلاء اللاصق مع موزع الأسفلت. يجب أن يكون الموزع قادرًا على تطبيق التخفيف بالتساوي بمعدل

٠,٢٣ - ٠,٤٥ لتر/م٢؛ يجب أن يُحدد المهندس معدل التطبيق الدقيق. قبل وضع طبقة المعالجة السطحية الرقيقة، يجب السماح للطبقة اللاصقة بالعلاج الكافي.

٦-٦-٤-٤ التطبيق:

وصى بوضع شريط اختبار في ظروف (أي الوقت من اليوم، ودرجة الحرارة، والرطوبة) مماثلة لتلك المتوقع مواجهتها أثناء المشروع. ويجب أن يقيم شريط الاختبار من قبل المهندس، أو الجهة المسؤولة؛ لتحديد ما إذا كانت المواصفات مستوفاة؛ وإذا لم يكن الأمر كذلك، ستبنى شرائط اختبار إضافية؛ حتى تستوفى المواصفات، دون أي تكلفة إضافية على الجهة.

وعندما تتطلب الظروف المحلية ذلك، يجب أن يكون السطح ضبابيًا بالماء قبل صندوق الموزعة. يمكن ضبط معدل استخدام رذاذ الضباب مع تغير درجة حرارة الرصف، وملمسه السطحي، ورطوبته، وجفافه، ولكن يجب ألا يؤدي ذلك إلى تجميع المياه على السطح المراد تعبيده.

يجب أن تكون كمية الأسفلت المستحلب المراد مزجه مع الركام، وتطبيقه على النحو الذي يحدده تصميم المزيج المختبري بعد التعديل النهائي في الحقل. يجب أضافة أقل كمية من الماء حسب الضرورة للحصول على خليط سائل ومتجانس.

يجب أن يكون خليط طبقة المعالجة السطحية الرقيقة من الاتساق المناسب في جميع الأوقات؛ لتوفير معدل التطبيق المطلوب من قبل حالة السطح. وتُحمل كمية كافية من المواد في جميع أجزاء صندوق الموزعة في جميع الأوقات؛ بحيث يتم تحقيق التغطية الكاملة. يجب تجنب التحميل الزائد للموسع. يجب أن يكون متوسط معدل التطبيق وفقًا للجدول (٦-٣٤)، كما هو محدد في مواصفة ASTM D6372.

الجدول (٦–٣٤) معدلات الاستخدام المقترحة لطبقات المعالجة السطحية الرقيقة.

نوع التدرج	الموقع	معدل الاستخدام المقترح (كجم/م٢)
النوع ٢	الشوارع الحضرية والسكنية. دورة الخدش أو التسوية	٥,٤ - ١٠,٨ حسب الحاجة
النوع ٣	الطرق الرئيسية والمشتركة بين الولايات فتحات العجلات دورة الخدش أو التسوية	٨,١ - ١٦,٣ إذا كان مطلوبًا [١] حسب الحاجة
ملاحظة: ١- يظهر معدل التطبيق المقترح في الجدول (٦-٣٥) ، وفقًا للنشرة الفنية ISSA A143.		

الجدول (٦–٣٥) معدلات الاستخدام المقترحة عند ملء الفتحات

عمق الفتحات (ملم)	الكمية المطلوبة للمعالجة السطحية الرقيقة (كجم/م٢)
١٢,٧ - ١٩,١	١٠,٨ - ١٦,٣
١٩,١ - ٢٥,٤	١٣,٦ – ١٩
٢٥,٤ - ٣١,٧٥	١٥,٢ - ٢٠,٦
٣١,٧٥ - ٣٨,١	١٧,٤ - ٢١,٧

تستند معدلات الاستخدام المقترحة إلى وزن الركام الجاف في الخلطة. وتتأثر معدلات الاستخدام بوزن الوحدة، وتدرج الركام، وطلب السطح الذي تطبق طبقة المعالجة السطحية الرقيقة عليه. لاحظ أن حشو الفتحات باستخدام المعالجة السطحية الرقيقة يجب أن يستخدم

فقط على الشقوق المستقرة التي نتجت عن تسوية التربة من الباطن، أو تكثيف حركة المرور. إذا كانت الشقوق ناتجة عن فشل القص في طبقات الأسفلت وبالتالي قد يكون الشق مستمرًا، فلن يفيد المعالجة السطحية الرقيقة ويمنع استمرار تطورها.

يمكن أن تتطلب الشقوق التي يزيد عمقها عن ٣٨ ملليمتر استخدامات متعددة مع صندوق تعبئة الشقوق لاستعادة القطاع العرضي. وعندما يكون التشقق أو التشوه أقل من ١٢,٥ ملم، يمكن تطبيق دورة خدش كاملة العرض مع صندوق الفاصل باستخدام ذراع تسوية معدني أو مطاطي صلب. يوضع بمعدل كافٍ لمستوى سطح الرصف. قد تستوفي دورة التسوية، أو قد لا تستوفي، معدل التطبيق المقترح في الجدول (٦-٣٥). وعلاوة على ذلك، لكل ٢٥,٤ ملم من مزيج المعالجة السطحية الرقيقة، أضف ٣,٢ - ٦,٤ ملم من المواد كتاج للسماح بالدمك تحت حركة المرور. يجب السماح لجميع مواد الردم والتسوية بالمعالجة تحت حركة المرور لمدة أربع وعشرين ساعة على الأقل قبل وضع مواد إضافية.

يجب ألا يُسمح بالتكتل أو التكوير أو الركام غير المخلوط.

يجب عدم ترك أي خطوط، مثل تلك التي تسببها الركام كبير الحجم، أو مزيج مكسور، على السطح النهائي. في حالة تطور الخطوط المفرطة، ستوقف الوظيفة حتى يصحح المقاول الموقف. وتعرّف الخطوط المفرطة على أنها أكثر من أربع علامات سحب أكبر من ١٢,٥ ملم عرضًا و١٠١ ملم طولًا، أو ٢٥,٤ ملم عرضًا و٧٦ ملم طولًا، في أي منطقة من ٢٥ م^{٢}. ولن يُسمح بأي تموجات عرضية أو خطوط طولية بعمق ٦,٤ ملم عند قياسها بوضع حافة مستقيمة بطول ٣ أمتار على السطح.

لا يُسمح بالتراكم الزائد أو المناطق المكشوفة، أو المظهر القبيح، على المفاصل الطولية أو المستعرضة. ويجب على المقاول توفير معدات توزيع بالعرض المناسبة؛ لإنتاج الحد الأدنى من الفواصل الطولية في جميع أنحاء المشروع. عند الإمكان، توضع فواصل طولية على خطوط المسار المروري. ستستخدم تمريرات العرض الجزئي فقط -عند الضرورة-، ويجب ألا تكون آخر تمرير لأي منطقة معبدة. يجب السماح بحد أقصى ٧٦ ملم لتداخل الفواصل الطولية. كما يجب ألا يكون للوصلة أكثر من فرق ٦ ملم في الارتفاع عند قياسها عن طريق وضع ٣ أمتار مستقيمة على الوصلة وقياس فرق الارتفاع.

قم بتركيب الأسطح الدقيقة بحيث توضع الممرات المجاورة في نفس اليوم عندما يكون ذلك ممكنًا. ضع علامات رصف مؤقتة بعد المعالجة السطحية الرقيقة. يجب عدم وضع علامات الرصف الدائمة لمدة ١٠ - ١٤ يومًا لعلامات الرصف المحمولة بالماء أو وفقًا لتوصيات الشركة المصنعة للأنواع الأخرى.

سيتم الحفاظ على الخطوط عند التقاطعات والأرصفة والكتفين بشكل مستقيم؛ لتوفير مظهر جيد. -إذا لزم الأمر-، سيتم استخدام مادة مناسبة؛ لإخفاء نهاية الشوارع، ولتوفير خطوط مستقيمة. يجب ألا تختلف خطوط الحافة الطولية بأكثر من ± ٥٠ ملم التباين الأفقي في أي ٣٠ م من الطول.

لتوفير تغطية كاملة ومتسقة، يجب أن تظهر المناطق التي لا يمكن لآلة الخلط الوصول إليها باستخدام ضغطات اليد. قبل وضع المزيج، يجب أن تكون المنطقة التي سيعمل عليها يدويًا -إذا لزم الأمر- مبللة قليلًا. يجب أن تكون نهاية العمل اليدوي -قدر الإمكان- مشابهة لتلك الخاصة بتطبيق صندوق الموزع. يجب الانتهاء من جميع الأعمال اليدوية قبل التسطيح النهائي.

٦-٦-٤-٥ الدحرجة:

عادة ما لا يكون الدحرجة ضروريًا لطبقة المعالجة السطحية الرقيقة على الطرق. ومع ذلك، في مناطق حركة المرور البطيئة، على سبيل المثال، مناطق وقوف السيارات، أو عندما تسبب الحرارة الشديدة طبقة، فيجب تنفيذ الدحرجة بمركبة دك ذات إطار هوائي ١٠ طن (كحد أقصى) مزودة بنظام رش الماء. ويجب نفخ جميع الإطارات؛ وفقًا لمواصفات الشركة المصنعة. يجب ألا يبدأ الدحرجة حتى تصلد الأسطح الدقيقة بما يكفي لتجنب التلف من قبل الأسطوانة؛ ويكون هذا عادة في الصباح التالي للتطبيق. يجب أن تخضع المنطقة المرصوفة لتغطيتين كحد أدنى.

٦-٦-٤-٦ التحكم المروري:

ينبغي استخدام طرق مناسبة لحماية طبقة المعالجة السطحية الرقيقة من جميع أنواع حركة المرور حتى يتم تثبيتها بشكل كافٍ لقبول حركة المرور عليها. قد يتطلب إيقاف حركة المرور، وبدء تشغيلها وقتًا إضافيًا للعلاج.

لا يشكل الانفتاح على حركة المرور قبولًا للعمل.

٦-٦-٥ التقييم:

يجب أن يتم التحكم في كميات المواد الحقلية، ومعدلات التطبيق، وتقييمها بحيث يُحصل على نتائج التصميم. ومن الضروري ترجمة تصميم المختبر إلى وحدات حقلية، وقياسها أثناء التطبيق. ويجب العناية بالأمور، الموضحة أدناه، وفقًا لـ ISSA TB107 :

- من خلال تقدير حجم محدد من الركام غير المتحرك، وتحويله إلى وزن لكل متر مكعب، ويمكن التحقق من تأثير "تضخم" محتوى الرطوبة على الوزن المحدد للركام (كيلوجرام لكل متر مكعب من الركام الجاف) في الحقل. ويمكن تقدير محتوى الرطوبة، ويمكن ضبط إعدادات الماكينة -حسب الحاجة- من خلال مقارنتها بالمخطط المعملي. لاحظ أن لكل ركام خصائصه الضخمة.
- يتم معايرة كل آلة سيتم استخدامها في موقع العمل. يجب وزن كل مادة أثناء تفريغها في مواطن مختلفة أثناء المعايرة. ثم يتم استخدام مخطط مرجعي لعرض نتائج كل آلة لاستخدامها في موقع العمل. ويجري ذلك المقاول باتباع تعليمات الشركة المصنعة.
- يتطلب أي استبدال للمعدات يؤثر على تناسب المواد إعادة معايرة الماكينة.
- تحقق من معدل تطبيق الركام، والمستحلب على منطقة معروفة باستخدام عدادات جهاز الرصف، ووثائق المعايرة. ولكل حمولة من الأسفلت المستحلب المستخدم في المشروع، قدم نتائج اختبارات ضبط الجودة بالإضافة إلى شهادة المواد.

٦-٦-٦ معايير القبول:

٦-٦-٦-١ ضبط الجودة:

يجب أن يُجري المقاول جميع الاختبارات، والقياسات المطلوبة، ويجب يجمع النتائج، ويُوثقها، ويُحللها؛ للتأكد من أن المواد الخام في المصدر، والمواد المُستخدمة أثناء تنفيذ العمل، وطبقة المعالجة السطحية الرقيقة الناتجة والعمل المنفذ ضمن الحدود المقبولة.

يوضح الجدول (٦-٣٦) الاختبارات التي يجب على المقاول إجراؤها على المواد الخام والطبقة المدمكة، وتكرار هذه الاختبارات، وحدود السماح بها. ويجب أن يُقدم المقاول نسخ من جميع نتائج الاختبار إلى المهندس.

الجدول (٦–٣٦) متطلبات ضبط الجودة لخلطات طبقات المعالجة السطحية الرقيقة.

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
المواد الخام	مواد الأسفلت	المصدَر	شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO M208	الجزء الفرعي (٥-٢-٥)
	الركام		في بداية العمل أو تغيير المصدر	AASHTO T27 AASHTO T176 AASHTO T104 AASHTO T96	الجدول (٦-٢٩)، الجدول (٦-٣٠)
	الحشو المعدني		شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر	AASHTO M17 أو AASHTO M85 أو AASHTO M295 أو AASHTO M303	الجزء الفرعي (٥-٢-٢)
	الإضافات		شهادة الامتثال والعرض وتغيير المصدر		وثائق العقد

المواد	الخواص	موقع العينة	تكرار الاختبار	طريقة الاختبار	المتطلبات
الركام المخزون الاحتياطي	التدرج	منشأة، مصنع	في الاختبار كل شهر أو عندما تتغير خصائص المزيج	AASHTO T27	الجدول (٦-٣٠)
	مُعادل الرمال			AASHTO T176 أو ASTM D2419	الجدول (٦-٢٩)
	فقدان صلابة كبريتات المغنيسيوم			AASHTO T104	الجدول (٦-٢٩)
	سلامة كبريتات الصوديوم			AASHTO T104	الجدول (٦-٢٩)
	كشط بطريقة لوس أنجلوس			AASHTO T96	الجدول (٦-٢٩)
مزيج المعالجة السطحية الرقيقة	التدرج	الإنشاء	اختبار واحد في اليوم	AASHTO T164 / AASHTO T27 AASHTO T11	الجدول (٦-٣٠)، صيغة خلطة العمل وتحمل المخزون
	المحتوى الأسفلتي			AASHTO T164	± ١ %، صيغة خلطة العمل
	معدل التطبيق				± ١ كجم/م٢ من معدل التصميم

يجب ألا يختلف تدرج الركام أثناء الإنشاء عن تدرج تصميم المزيج بأكثر من تحمل المخزون، المشار إليه في الجدول (٦-٣٠)، بينما يظل أيضًا ضمن نطاق تدرج المواصفات.

في حالة فشل أي اختبارين متتاليين على ركام المخزون، يجب إيقاف العمل. في حالة فشل أي اختبارين متتاليين على المزيج من نفس الماكينة، يجب وقف استخدام الماكينة.

٦-٦-٦-٢ ضمان الجودة:

بالنسبة للسطح النهائي، يجب إجراء فحص نهائي للتأكد من عدم وجود خطوط، أو تكتل، أو خشونة في سطح الحصيرة، أو حدوث سطح غني بالأسفلت مع الفصل.

ستُجري الجهة المسؤولة أنشطة أخذ عينات القبول والاختبار، والفحص؛ للتأكد من أن جودة المواد، والطبقة السفلية النهائية تفي بمتطلبات المواصفات، أو تأمر المقاول، بإشرافه المباشر، بإجراء بعض أو جميع اختبارات ضبط الجودة الموضحة في الأقسام السابقة، وتقرر ما إذا كانت ستقبل العمل أو ترفضه. ستُجري الجهة المسؤولة هذه الأنشطة عشوائيًا.

يجب أن تُقيّم جميع المعدات التي ستستخدم في المشروع من قبل الجهة المسؤولة؛ للتأكد من أنها في حالة تشغيل مقبولة، وأنه تمت معايرتها بشكل صحيح، وأنها ستوفر كميات من المواد المحددة.

بالنسبة للسطح النهائي، يجب إجراء فحص نهائي للتأكد من عدم وجود خطوط، أو تكتل، أو خشونة في سطح الحصيرة، أو حدوث سطح غني بالأسفلت مع الفصل.

٦-٦-٧ القياس والدفع:

يجب أن تقاس طبقة المعالجة السطحية الرقيقة بالمتر المربع للمنطقة التي وضعت عازل رملي عليها ضمن الخطوط الموضحة في المخططات، المحددة أو المطلوبة من قبل المهندس.

يُدفع مقابل طبقة المعالجة السطحية الرقيقة المكتمل حسب منطقة الرصف التي جهز المانع فيها بسعر وحدة العقد، أو سعر وحدة العقد المعدل، لكل متر مربع مقاس كما هو موضح في فاتورة الكميات.

يجب أن تُعد المبالغ المدفوعة مقابل الكميات المقبولة لطبقة المعالجة السطحية الرقيقة بسعر العقد تعويضًا تامًا عن توفير جميع المواد، والمعدات، والعمال، والمصروفات العرضية اللازمة لإنجاز جميع أعمال إنشاء الطبقة السفلية على النحو المُحدد. ويكون السداد وفقًا للبنود المبينة في الجدول (٦-٣٧).

الجدول (٦–٣٧) بند الدفع للمعالجة السطحية الرقيقة.

رقم البند	البند	الوحدة
٦,٧	المعالجة السطحية الرقيقة	م^{٢}
٦,٤	عازل الشقوق	م
٦,٥	أسفلت مستحلب مخفف لطبقة لاصقة	طن

٧- طبقات الرصف الخرساني:

٧-١ النطاق:

لا يعتمد الأداء طويل الأجل للرصف الصلب على التصميم المناسب للرصف، واختيار المواد فحسب بل على تقنيات الإنشاء الجيدة أيضًا، ويمكن أن تؤدي ممارسات الإنشاء السيئة إلى أعطال سابقة لأوانها في هياكل الأرصفة الصلبة، ويعد إنشاء الرصف الصلب عملية معقدة تنطوي على مجموعة متنوعة من الأعمال، بما في ذلك الإعداد السليم للقاعدة الترابية، وطبقة الأساس، ووضع قضبان، أو دعامات التسليح، واختيار ومعالجة الركام، والمواد الأخرى، وتطوير تصميم خلطة الخرسانة، وإنتاج ونقل الخرسانة، والوضع والتشطيب، والمعالجة والقطع المشترك بالمنشار.

يجب أن تكون طبقات الرصف الأسمنتي عالية الجودة، وأن تكون مقاومة للأحمال المرورية الثقيلة والأحمال الناشئة عن البيئة وتقلباتها، كما يجب أن تكون ذات درجة استمرارية كبيرة تمنحها طبقات الرصف المتينة المميزة، كما يجب أن يكون سطحها مقاومًا للصقل تحت تأثير إطارات المركبات بحيث تحافظ على عامل احتكاك مناسب، كما يجب أن تكون خالية من التشوهات التي تؤثر على القيادة الآمنة والقيادة السلسة على الطريق.

ويصف هذا الفصل إنشاء طبقات الرصف الصلب، ويجب أن يشمل الأنشطة التالية:

١- تجهيز خلطات الخرسانة والخرسانة المقذوفة والمونة والمونة.
٢- نقل الخرسانة ووضعها على الأسطح المجهزة أو في القوالب المجهزة.
٣- توريد حديد التسليح، وقطعه وثنيه ووضعه.
٤- صب الخرسانة وتجميعها ومعالجتها.
٥- توريد وتركيب المنشآت الجاهزة أو أجزاء المنشآت، بما في ذلك التراصف والوصل.

٧-٢ المواد:

٧-٢-١ الأسمنت البورتلاندى:

٧-٢-١-١ الوصف:

يعد الأسمنت البورتلاندي هو النوع الأكثر شيوعًا من الأسمنت في الاستخدام العام في جميع أنحاء العالم كمكون أساسي للخرسانة، والمونة، ومونة الجبس، والمونة غير المتخصص، ويعرّف ASTM C150 الأسمنت البورتلاندي بأنه أسمنت هيدروليكي (أسمنت لا يتصلب بالتفاعل مع المياه فحسب، بل يُشكل أيضًا منتجًا مقاومًا للمياه) ينتج من خلال تفتيت المواد التي تتألف بشكل أساسي من سيليكات الكالسيوم الهيدروليكية، وعادةً ما يحتوي على واحدة أو أكثر من أشكال كبريتات الكالسيوم كإضافة تحت الأرض.

٧-٢-١-٢ المواد:

٧-٢-١-٢-١ الخصائص والمواصفات العامة للمواد الأسمنتية:

يجب أن تتمثل المواد الأسمنتية في الأسمنت البورتلاندي المتوافق مع متطلبات الجدول (٧-١).

الجدول (٧–١) أنواع الأسمنت المستخدمة في إنشاء طبقات الرصف الأسمنتي.

نوع الأسمنت	متطلبات المواصفات
الأسمنت البورتلاندي العادي من النوع الأول والثاني والرابع والثالث	ASTM C150
الأسمنت البورتلاندي العادي من النوع الخامس مضاد للكبريتات	ASTM C150
الأسمنت البورتلاندي البوزولاني من النوع آي بي الأسمنت البورتلانديي بوزولاني معدل	ASTM: C1157 أو AASHTO: M240

يجب أن يكون نوع الأسمنت المختار مناسبًا للبيئة المحلية السائدة من حيث التعرض للمواد الكيميائية الضارة في التربة الطبيعية، أو المياه الجوفية، أو مياه الصرف الصحي، كما يجب أن تشير المواصفات الخاصة إلى النوع المراد استخدامه، ومن الممكن أيضًا، ما لم تحدد المواصفات الخاصة خلاف ذلك، اختيار نوع الأسمنت من الجدول (٧-٢)، على أساس تصنيف مستويات تأثير البيئة الكيميائية، ويجب أن يلتزم المقاول بتقديم شهادة بنتائج اختبار الأسمنت، التي تؤكد تلبية متطلبات الجدول (٧-١)، إذا كان مصدر الأسمنت غير معروف، أو عندما يكون هناك شك في أن يكون قد تم تخزين الأسمنت بشكل غير صحيح.

الجدول (٧–٢) تصنيف البيئة الكيميائية الضارة في التربة الطبيعية أو المياه الجوفية أو مياه الصرف الصحي ونوع الأسمنت المناسب (وفقًا لمتطلبات المواصفات الأوروبية EN 206).

الخواص الكيميائية	مستوى تأثير البيئة الكيميائية الضارة		
	منخفض	متوسطة	مرتفع
	نسبة الشوائب في المياه		
محتوى الكبريت حمض الكبريتيك (مجم/ لتر)	٢٠٠ – ٦٠٠	٦٠١ – ٣,٠٠٠	٣,٠٠١ – ٦,٠٠٠
محتوى الأمونيوم (مجم/ لتر)	١٥ – ٣٠	٣١ – ٦٠	٦١ – ١٠٠
الأس الهيدروجيني	٥,٥ – ٦,٥	٤,٥ – ٥,٤	٤ – ٤,٤
نسب المواد في التربة الطبيعية الملامسة			
محتوى حمض الكبريتيك (مجم/ لتر)	٢,٠٠٠ – ٣,٠٠٠	٣,٠٠١ – ١٢,٠٠٠	١٢,٠٠١ – ٢٤,٠٠٠
نوع الأسمنت المناسب	الأسمنت البورتلانديي عادي من النوع الأول أو خلطة من الأسمنت والبوزولان من النوع آي بي، الأسمنت البورتلانديي بوزولاني معدل	الأسمنت البورتلانديي مقاوم للكبريتات، من النوع الخامس (وفقًا للجدول ٧-١)، ومن الممكن إضافة البوزولان إليه بموافقة المهندس.	

يمكن للمقاول -بعد حصوله على موافقة المهندس-، خلط الأسمنت البورتلاندي مع البوزولان في موقع خلط الخرسانة، بعد التأكد من توفر القدرات المطلوبة، والأحكام، والتحكم في تحقيق معدلات الخلط ضمن الاختلافات المسموح بها، وعلى أساس امتثال نتائج الاختبارات المعملية لمتطلبات الجدول (٧-١) التي تعزز ملاءمة الخلطة لإنتاج الخرسانة الأسمنتية المطلوبة.

وعند الضرورة، يمكن طلب الخرسانة المقاومة للكبريتات في بيئة ضارة كيميائيًا، سواء كانت متوسطة، أو عالية المستوى، وفي حالة عدم توفر الأسمنت المقاوم للكبريتات من النوع الخامس، يمكن تحضير تركيبة خليط خرساني مقاوم للكبريتات باستخدام الأسمنت البورتلاندي العادي من النوع الأول أو خليط من الأسمنت، والبوزولان من النوع (IP) أو الأسمنت البورتلاندى البوزولاني شريطة أخذ الأحكام التالية:

- زيادة محتوى الأسمنت إلى ٤٠٠ كجم/ م٣ من الخرسانة.
- تقليل نسبة المياه إلى الأسمنت إلى ٠,٣٥.
- الاستعانة بالاستخدامات المعدنية المناسبة عند استخدام الأسمنت البورتلاندي العادي من النوع الأول وفقًا لمواصفات ASTM C1240 وطريقة الاختبار ASTM C1012.
- تطبيق تقنيات المعالجة اللازمة؛ لتجنب التشققات العشوائية الناتجة عن استخدام نسب أسمنت عالية.

يجب على المقاول، في جميع الحالات، التحقق من مقاومة الخلطة ضد الكبريتات من خلال تطبيق طريقة الاختبار ASTM C1012 والتحقق من استيفاء متطلبات ASTM C618، يجب أن تنص تركيبة خليط وظيفة التصميم على نوع الأسمنت المقرر استخدامه والحصول على موافقة المهندس على ذلك.

وعندما تكون هناك حاجة كبيرة للوصول إلى مستوى عالٍ من المقاومة في فترة مبكرة، وبموافقة المهندس، يمكن استخدام الأسمنت البورتلاندى سريع التصلب المتوافق مع ASTM C150 من النوع الثالث، وفي مثل هذه الحالات، يجب اتخاذ التدابير اللازمة؛ لتجنب تأثير النقص الكبير في الوقت المتاح لصب الخرسانة، وتشغيلها وتشطيبها؛ لتجنب زيادة إمكانية التشقق العشوائي للخرسانة بسبب استخدام هذا النوع من الأسمنت.

يحظر استخدام الأسمنت الذي يحتوي على كتل مخففة، أو أسمنت بدأ التخفيف فيه، كما يجب تخزين الأسمنت بعيدًا عن الرطوبة بحيث يمكن استخدامه -مباشرة-، ويجب كتابة نوع الأسمنت بوضوح على صومعة التخزين، مع ترك الأسمنت السائب لفترة كافية في صومعة التخزين حتى يبرد وصولًا لدرجة حرارة مناسبة، لاسيما عند خلطه في الطقس الحار.

٧-٢-١-٢-٢ الأسمنت منخفض القلويات:

عندما تتطلب المواصفات المحددة أسمنت منخفض القلويات، يجب ألا تتجاوز النسبة المئوية للقلويات في الأسمنت ٠,٦٪ حسب الوزن، ويجب أن ينطبق هذا القيد على جميع أنواع الأسمنت البورتلاندي.

٧-٢-١-٢-٣ الأسمنت الهيدروليكي الممزوج:

يمكن استخدام الأسمنت الهيدروليكي الممزوج عند تحديده في المواصفات المحددة أو مخططات العقد، كما يمكن استخدامه كخيار في الاستخدامات المحدودة من المقاول -إذا وافق المهندس على اقتراح المقاول على وجه التحديد-، وكبديل لاستخدام الرماد المتطاير، وحبيبات خبث الفرن العالي المطحونة، والأسمنت كمكونات منفصلة، يمكن استخدام مادة أسمنتية هيدروليكية مخلوطة.

وعند إدراج حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة، والرماد المتطاير في الخليط الخرساني، يحدد الوزن الإجمالي لهاتين المادتين بنسبة ٣٥٪ حسب الوزن من إجمالي المادة الأسمنتية.

على أي حال، يجب أن يتوافق الأسمنت الهيدروليكي الممزوج مع مواصفات ASTM C595.

٧-٢-١-٢-٤ التعبئة ووضع العلامات:

يجب تسليم المواد الأسمنتية إلى موقع الأعمال في أكياس مغلقة، أو براميل مانعة للمياه، تحمل اسم الجهة المصنعة ونوع الأسمنت، وتاريخ التصنيع، ورقم تقريرالاختبار.

٧-٢-١-٢-٥ التخزين:

أثناء النقل والتخزين، يجب حماية المادة الأسمنتية بالكامل من المطر، والرطوبة، أو أي شكل من أشكال الرطوبة.

كما يجب تخزين المواد الأسمنتية في موقع الأعمال بطريقة تسمح بالوصول السهل للفحص والتحديد، ويجب أن تكون مناطق التخزين والمرافق المرتبطة بها:

- جافة تمامًا ومقاومة للمياه، لتوفير حماية دائمة من المطر، والجو عالي الرطوبة وغير ذلك من العوامل التي قد تعزز تدهور المواد الأسمنتية.
- مزودة بأجهزة التحكم في درجة الحرارة والرطوبة.
- كبيرة بما يكفي لاحتواء كمية المواد الأسمنتية المطلوبة لأكبر وحدة من المقرر صبها.
- مرتفعة مع أرضيات مرتفعة كثيرًا فوق الأرض.
- مستخدمة حصرًا لتخزين المواد الأسمنتية.
- موجودة في موقع الأعمال أو بالقرب منه.
- مكدسة بأكياس مواد أسمنتية في أكوام لا يزيد ارتفاعها عن ثمانية أكياس.
- سهولة الوصول، مع ممر حر لا يقل عن متر واحد (١) بين المواد الأسمنتية والجدران الجانبية وطرق الوصول بين الحاويات، بحيث تكون كل حاوية مرئية.
- منظمة بحيث يتم تخزين كل شحنة من المواد الأسمنتية بشكل منفصل:
  - يتم استخدام الشحنات حسب ترتيب تسليمها.
  - يجب وضع كل نوع ولون وعلامة تجارية من المواد الأسمنتية في صومعة تخزين منفصلة.
  - يجب أن تكون معدات النقل مطلوبة لكل نوع/ أو لون من المواد الأسمنتية.
- مجهزة بشكل دائم بآلات الوزن المقدمة من المقاول التي يجب أن تكون لفحص وزن حاويات المواد الأسمنتية.
- يسهل للمهندس الوصول إليها في جميع الأوقات.
- يلتزم المقاول بتفكيكها، وإزالتها، وتكسير الأساسات، وإعادة الموقع إلى حالته الأصلية عند إنجاز الأعمال.
- الاحتفاظ بممتلكات المقاول عند إنجاز الأعمال.

يجب رفض المواد الأسمنتية التي يرى المهندس أنها تحتوي على كتل لا يتم تفتيتها في الخلاط وإزالتها من الموقع على نفقة المقاول، كما يجب الاحتفاظ بالأسمنت البورتلاندي من النوع الثاني الذي خزنه المقاول لأكثر من ٦٠ يومًا لإعادة اختباره، وإذا أظهرت

الاختبارات أن الأسمنت قد فقد قوته خلال فترة التخزين، يمكن رفضه، أو يجب إضافة أسمنت إضافي كافي، على النحو الذي يحدده المهندس، إلى الخلطة على نفقة المقاول؛ للتغلب على هذه الخسارة.

يجب تخزين المواد الأسمنتية التي سلّمت بواسطة ناقلات السوائب، في صوامع تخزين مصنوعة؛ لتخزين المواد الأسمنتية، ومناسبة للظروف المناخية للمنطقة، كما يجب مناولة المواد الأسمنتية السائبة باستخدام ناقلات الهواء، أو الناقلات الحلزونية (البرغي)، أو الأقماع المغلقة، أو ناقلات الحزام المغلقة، وأن تتم جميع عمليات مناولة المواد الأسمنتية السائبة بواسطة طرق تمنع تلوث المواد الأسمنتية، كما يجب تزويد صوامع تخزين المواد الأسمنتية بأجهزة التحكم في الرطوبة الداخلية التي تحافظ على المواد الأسمنتية جافة، وتمنع الترطيب المبكر في الصوامع، وتوفر صوامع ذات سلالم وصول، ومداخل بحيث يمكن استخراج العينات من مستويات مختلفة من كل صومعة لأغراض الاختبار.

٧-٢-١-٣ أساليب التقييم:

يجب على المقاول تقديم عينات تمثيلية من كل مادة، بحجم لا يقل عن ١ كجم من كل لون ونوع من المواد الأسمنتية مع شهادات المصنع المقابلة وصحائف بيانات سلامة المواد للاختبار، والتقييم المعملي إلى المهندس لاعتمادها، ويجب اختبار الأسمنت البورتلاندى على النحو المذكور في معيار الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة رقم: ١٤٢ ويجب أن تكون له مقاومة ضغط في عينات مونة الأسمنت القياسي طبقًا لمعيار الأمريكية لاختبار المواد رقم: ASTM C150أو AASHTO M240، ويحتفظ المهندس بالحق في طلب إعادة اختبار الأسمنت في أي وقت.

ويجب أن تكون كل منشأة، أو محطة خلط تستخدم الأسمنت البورتلاندى مجهزة بوسائل أو أجهزة مناسبة؛ للحصول على عينة تمثيلية من المواد الأسمنتية، يجب أن يسمح هذا الجهاز بأخذ العينة بسهولة بالقرب من قمع وزن المواد الأسمنتية ومن حاوية، أو ناقل يحتوي على مواد أسمنتية فقط.

يجب أن يلتزم المهندس بأخذ عينات من المواد الأسمنتية أثناء المشروع؛ لضمان استمرار الامتثال، ويمكن له أخذ عينة المواد من المصنع، والمحطة، وحاويات النقل ومصانع الخرسانة، وموقع الأعمال؛ للتحقق من الامتثال لهذه المواصفات العامة، ويجب أن يتحمل المقاول تكاليف أخذ العينات، والاختبار، والمعالجة.

ووتؤخذ العينات على النحو المحدد في ASTM C150 وفقًا لممارسة ASTM C183، ويجب اختبار الأسمنت للتأكد من صلابته بواسطة جهاز نفاذية الهواء وفقًا لـ ASTM C204 لتلبية متطلبات ASTM C150، وللحفاظ على سلامته وفقًا لـ ASTM C151 (AASHTO T107).

٧-٢-١-٤ معايير القبول:

يجب قبول المواد الأسمنتية على أساس موافقة المهندس على تقديم المقاول للمواد، كما يمكن للمهندس رفض أي شحنة مواد أسمنتية كليًا، أو جزئيًا إذا رأى أنها غير مناسبة للاستخدام في الأعمال.

ويجب أن تخضع مصادر المواد الأسمنتية لموافقة المهندس، التي يجب أن تستند إلى العناصر التالية، التي يستوفيها المقاول في جميع دفعات المواد الأسمنتية التي تسلم إلى الموقع:

١- رقم تقرير اختبار المصنع من الجهة المصنعة الذي يشير إلى المطابقة الكاملة لهذه المواصفات العامة.
٢- تاريخ الصنع، معتمد من جهة مستقلة في بلد المنشأ.

يجب تعريف جميع شحنات المواد الأسمنتية برقم تقرير اختبار المصنع المعمول به.

يجب أن يلتزم المقاول بتقديم عينات شهرية من جميع المواد الأسمنتية المعتمدة إلى المهندس لقبولها، يجب أن يتم تلقي العينات الشهرية بحلول اليوم الخامس عشر (١٥) من كل شهر، ويمكن للمهندس أخذ عينات عشوائية من المواد؛ للاختبار والتدقيق العشوائي لتقارير الاختبار، ويجب أن يلتزم المقاول بتقديم ما يلي إلى المهندس بخصوص كل نوع من المواد الأسمنتية:

شهادة المصنع الشهرية التي توضح ما يلي:

١- تلبية المواد الأسمنتية لمتطلبات هذه المواصفات.
٢- قيم الحد الأدنى والأقصى والمتوسط للقلويات المكافئة التي حصل عليها من اختبارات ضبط الجودة أو القيمة المحسوبة للحد الأقصى لإجمالي القلويات، بناءً على مستوى ثقة ٩٥٪.
٣- تلبية متوسط محتوى ألومينات ثلاثي الكالسيوم للمواد الأسمنتية من النوع الثالث (الأسمنت البورتلانديي بوزولاني معدل) لمتطلبات ASTM C150 - الجدول ٢.
٤- الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد الأسمنتية على النحو المحدد في ASTM C150 - الجدول ٤ لكل نوع أسمنت.

إخطار خطي بالتغييرات في مصدر الأسمنت غير المسحوق أو تغييرات الإنتاج الرئيسية الأخرى.

تقارير الاختبار السنوية، إن وجدت، طبقًا لما يلي:

١- ASTM C563.
٢- ASTM C1038.

٣- ASTM C1157.

تقارير الاختبار، إن وجدت، لمعالجة المواد المضافة باستخدام ASTM C465.

٧-٢-٢ الرماد المتطاير:

٧-٢-٢-١ الوصف:

الرماد المتطاير هو مسحوق رمادي ناعم يتكون في الغالب من جزيئات كروية زجاجية تُنتج بوصفها منتجًا ثانويًا في محطات الطاقة التي تعمل بالفحم، ويحتوي الرماد المتطاير على خواص بوزولانية، مما يعني أنه يتفاعل مع الجير لتكوين مركبات أسمنتية، ويستخدم بشكل شائع كمواد أسمنتية مكملة.

٧-٢-٢-٢ المواد

تم الإبلاغ عن التوصيات والمبادئ التوجيهية لاستخدام البوزولان في الخرسانة في استخدام البوزولان الخام أو المعالج الطبيعي في الخرسانة (ACI 232.1R, 2012).

وف أي حالة، يجب ألا تتجاوز نسبة الرماد المتطاير، إذا استُخدم، ٣٠ ٪ بالوزن من إجمالي المواد الأسمنتية في أي تصميم خليط خرساني معين، كما يجب أن يتوافق الرماد المتطاير مع متطلبات AASHTO M295 من الفئة (ج) أو الفئة (و)، بما في ذلك المتطلبات الكيميائية الاختيارية على النحو المنصوص عليه في الجدول ٢ من المعيار، ومع قيود أخرى على أن يكون الحد الأقصى للخسارة عند الإشعال ١,٥٪، ويجب إضافة الرماد المتطاير، والأسمنت بشكل منفصل إلى خليط الخرسانة في مصنع الخلط الدفعي، يجب أن يكون الأسمنت المستخدم الأسمنت البورتلانديي من النوع الأول ما لم يُحدد خلاف ذلك في (DoMaT, 2020).

٧-٢-٢-١ الفئة (ج) والفئة (و):

يجب أن يجرى تصنيف الرماد المتطاير بناءً على التركيب الكيميائي، يجب أن تلبي فئتا الرماد المتطاير جميع المتطلبات الفيزيائية والكيميائية لـASTM C618 والجدول (٧-٣) التالي.

الجدول (٧–٣) المتطلبات التكميلية لمواصفات الفئتين (ج) و(و) (DoMaT, 2020).

العنصر	الحد
يجب ألا يتجاوز تباين أكسيد الكالسيوم بالنقاط المئوية لأكسيد الكالسيوم من متوسط العينات العشرة (١٠) الأخيرة (أو أقل، إذا لم يتم اختبار ١٠)	± ٤
الحد الأقصى لمحتوى الرطوبة	٪٢
الحد الأقصى للفقدان بالاشتعال	٪٣
الزيادة القصوى في انكماش قضبان المونة عند ٢٨ يومًا	٪٠,٠٣

٧-٢-٢-٢ الرماد المتطاير فائق الدقة:

يجب أن يتوافق الرماد المتطاير فائق الدقة مع المتطلبات المذكورة أعلاه للرماد المتطاير من الفئة (و)، مع الاستثناءات والإضافات المدرجة في الجدول (٧-٤).

الجدول (٧–٤) متطلبات المواصفات الإضافية للرماد المتطاير فائق الدقة (DoMaT, 2020).

العنصر	الحد
مؤشر النشاط البوزولاني	

العنصر	الحد
٧ أيام، حد أدنى	٨٥٪ من السيطرة
٢٨ أيام، حد أدنى	٩٥٪ من السيطرة
توزيع حجم الجزيئات، حسبما تم قياسه بواسطة محلل حجم الجزيئات بالليزر	
جزيئات أقل من ٣,٢٥ ميكرون، حد أدنى	٥٠٪
جزيئات أقل من ٨,٥ ميكرون، حد أدنى	٩٠٪
الحد الأقصى للدقة، الكمية المحتفظ بها عند النخل الرطب على منخل ٤٥ ميكرومتر	٦٪
الحد الأقصى لمحتوى الرطوبة	١٪
الحد الأقصى للفقدان بالاشتعال	٢٪

٧-٢-٢-٣ الرماد المتطاير المعدل من الفئة (و):

يجب أن يتكون الرماد المتطاير المعدّل من الفئة (و) من الرماد المتطاير المخلوط بطحن بما لا يزيد عن ١٠ ٪ من المواد الأسمنتية، مع أو بدون خلطات إضافية معجلة ومختزلة للماء ومطابقة للمتطلبات المذكورة أعلاه للرماد المتطاير من الفئة (و)، مع الاستثناءات والإضافات المدرجة في الجدول (٧-٥).

الجدول (٧–٥) متطلبات المواصفات الإضافية للرماد المتطاير المعدل من الفئة (و) (DoMaT, 2020).

العنصر	الحد
مؤشر النشاط البوزولاني	
٣ أيام، حد أدنى	٧٠ % من السيطرة.
٢٨ أيام، حد أدنى	٩٥ % من السيطرة.
الحد الأقصى لمحتوى القلويات	١,٥٪

٧-٢-٢-٤ التخزين في موقع الأعمال:

يجب تخزين الرماد المتطاير وفقًا للقسم الفرعي (٧-٢-١-٢-٥).

٧-٢-٢-٣ أساليب التقييم:

يجب أن يلتزم المقاول بتقديم عينات تمثيلية لا يقل حجمها عن ١ كجم، من كل لون ونوع من المواد للاختبار، والتقييم المعملي، مع معلومات صحيفة بيانات سلامة المواد المصاحبة، يجب أن تؤخذ العينات على النحو المحدد في ASTM C311.

ويجب أن يلتزم المهندس بأخذ عينات من الرماد المتطاير أثناء العمل؛ لضمان استمرار الامتثال، ويمكن له أخذ عينة المواد من المصنع، والمحطة، وحاويات النقل، ومصانع الخرسانة، وموقع الأعمال؛ للتحقق من الامتثال لهذه المواصفات العامة.

كما يجب على الجهات المنتجة تقديم عينات شهرية من جميع أنواع الرماد المتطاير، يجب أن يتم تلقي العينات الشهرية بحلول اليوم الخامس عشر (١٥) من كل شهر، ويحتفظ المهندس بالحق في إجراء عينات عشوائية من المواد للاختبار وإجراء عمليات تدقيق عشوائية لتقارير الاختبار. ويجب أن يتحمل المقاول تكاليف أخذ العينات والاختبار والمعالجة.

٧-٢-٢-٤ معايير القبول:

يجب أن يُقبل الرماد المتطاير على أساس موافقة المهندس على طلب الموافقة على المواد، كما يمكن للمهندس رفض أي شحنة رماد متطاير كليًا أو جزئيًا -إذا رأى أنها غير مناسبة للاستخدام في الأعمال-، وتخضع مصادر الرماد المتطاير لموافقة المهندس، التي يجب أن تستند إلى العناصر التالية، ويكملها المقاول في جميع الأوقات:

١- اسم المورد وعنوانه ومعلومات الاتصال به.
٢- اسم وموقع محطة الطاقة.
٣- منشأ الفحم والتصنيف الذي يستخدمه المصنع.
٤- فئة الرماد المتطاير الذي يتم جمعه.

يجب أن يتوافق الرماد المتطاير مع ASTM C618وهذه المواصفات العامة.

ويجب تقديم عينات مركبة شهرية إلى المهندس من كل نوع من أنواع الرماد المتطاير، يجب أن يتم تلقي العينات الشهرية بحلول اليوم الخامس عشر (١٥) من كل شهر، ويحتفظ المهندس بالحق في إجراء عينات عشوائية من المواد للاختبار وإجراء عمليات تدقيق عشوائية لتقارير الاختبار، كما يجب أن يلتزم المقاول بتقديم ما يلي إلى المهندس:

- شهادة مصنع شهرية تبين أن الرماد المتطاير يتوافق مع هذه المواصفات العامة.
- تقرير اختبار شهري يتضمن المعلومات التالية:
  - منشأ الفحم.
  - تاريخ الاختبار.
  - نتائج جميع المتطلبات الفيزيائية والكيميائية المحددة، باستثناء القلويات المتاحة، على أن يشمل ذلك "متطلبات المواصفات التكميلية" الواردة في المعايير المشار إليها.
- عينة شهرية مقسمة من نفس المادة المستخدمة في إنشاء تقرير الاختبار الشهري.

يجب على المقاول إخطار المهندس عند حدوث تغيير في الإنتاج. ويشمل ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التغيرات في مصدر الفحم أو التغيير الرئيسي في عمليات المصنع.

٧-٢-٣ البوزولان الطبيعي:

٧-٢-٣-١ الوصف:

البوزولان الطبيعي عبارة عن مواد سيليسية أو سيليسية وشبيهة تتفاعل كيميائيًا مع هيدروكسيد الكالسيوم والماء لتشكيل مركبات ذات خصائص اسمنتية، مما يحسن بشكل كبير من متانة الخرسانة وأدائها. يقيس نشاطها البوزولاني قدرتها على التفاعل، وهي مستدامة ومن أصل صهاري.

٧-٢-٣-٢ المواد:

تم الإبلاغ عن التوصيات والمبادئ التوجيهية لاستخدام البوزولان في الخرسانة في استخدام البوزولان الخام أو المعالج الطبيعي في الخرسانة (ACI 232.1R, 2012).

في أي حال، يمكن أن يحل البوزولان الطبيعي، إذا تم أستخدم ، محل ١٠٪ إلى ٣٠٪ بالوزن من إجمالي المواد الأسمنتية في أي تصميم لخلطة خرسانية معينة. يجب أن يُحدّد الكمية الدقيقة من البوزولان الطبيعي من خلال تصميم المزيج وفقًا لمتطلبات المشروع والمواصفات الخاصة. يجب أن تتوافق المتطلبات الكيميائية للبوزولان الطبيعي مع ASTM C618 (الجدول ١) للفئة N. يجب أن تتوافق المتطلبات الفيزيائية للخصائص الطبيعية مع ASTM C618 (الجدولان ٢ و٣).

٧-٢-٣-٣ أساليب التقييم:

لأخذ العينات واختبار البوزولان الطبيعي، تنطبق متطلبات الرماد المتطاير الموضحة في القسم الفرعي (٧-٢-٢-٣).

٧-٢-٣-٤ معايير القبول:

بالنسبة لقبول البوزولان الطبيعي، يتم تطبيق الإجراء الموضح في القسم الفرعي (٧-٢-٢-٤).

٧-٢-٤ حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة:

٧-٢-٤-١ الوصف:

يُحصل على حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة عن طريق تبريد خبث الحديد المنصهر من فرن الصهر في الماء أو البخار، لإنتاج منتج حبيبي زجاجي ليجفف بعد ذلك ويتفتت ليصبح مسحوقًا ناعمًا، وتعد حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة أسمنتية للغاية، وتحتوي على نسبة كبيرة من هيدرات سيليكات الكالسيوم، وهو مركب معزز لقوة الخرسانة ومتانتها ومظهرها.

٧-٢-٤-٢ المواد:

يجب أن تمثل نسبة حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة، عند استخدامها، ٦٥٪ بالوزن من إجمالي المواد الأسمنتية في أي تصميم خليط خرساني معين، كما يجب اعتماد درجات حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة ومصدر، ونوع منشأة التصنيع على شهادة اختبار مصنع حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة، ويجب أن يضاف الأسمنت وحبيبات خبث الفرن العالي المطحونة بشكل منفصل إلى خلطة الخرسانة في مصنع الخلط الدفعي، يجب أن يكون الأسمنت المستخدم الأسمنت البورتلانديي من النوع الأول ما لم يُحدد خلاف ذلك، يجب ألا يتجاوز محتوى الألومينا في حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة نسبة ١٤٪ (DoMaT, 2020).

٧-٢-٤-٣ أساليب التقييم:

يجب أن يلبي أخذ العينات متطلبات أخذ عينات الرماد المتطاير الواردة في القسم الفرعي (٧-٢-٢-٣)، باستثناء أنه يجب طلب عينتين (٢)، لا يقل حجم كل منهما عن ١ كجم.

٧-٢-٤-٤ معايير القبول:

يجب أن يقبل حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة على أساس موافقة المهندس على طلب الموافقة على المواد، يجب أن تلبي حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة متطلبات AASHTO M302 من الدرجة ١٠٠ أو الدرجة ١٢٠، ويجب أن تتضمن متطلبات الإبلاغ تقديم الجهة المنتجة لما يلي:

١- شهادة المصنع الشهرية التي تثبت أن حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة تلبي متطلبات AASHTO M302 من الدرجة ١٠٠ أو الدرجة ١٢٠.
٢- إخطار خطي بأي تغيير كبير في الإنتاج.

٧-٢-٥ مُضافات:

٧-٢-٥-١ الوصف:

الخلطات الإضافية الخرسانية هي: مواد كيميائية طبيعية، أو مصنعة، أو إضافات تضاف أثناء خلط الخرسانة؛ لتسليح الخصائص المحددة للخرسانة الجديدة أو الصلبة، مثل قابلية العمل، أو المتانة، أو القوة المبكرة، والنهائية.

٧-٢-٥-٢ المواد:

تمثل الخلطات الإضافية جزءًا من تصميم الخلطة، ويجب إجراء جميع الاختبارات، بما في ذلك اختبارات مقاومة الانضغاط لجميع الخرسانة ذات الخلطات الإضافية، ويقتضي أي تغيير في العلامة التجارية، أو نوع المواد الأسمنتية إعادة اختبار خلطة الخرسانة؛ لضمان الامتثال لهذه المواصفات العامة، ويجب أن تكون الخلطات الإضافية المستخدمة في الخرسانة مطابقة للمواصفات الموضحة في الجدول (٧-٦)، كما يجب أن تتوافق الخلطات الإضافية المقرر استخدامها في الخرسانة مع المتطلبات المحددة العامة والمواصفات الخاصة وحسبما يعتمده المهندس، ويمكن للمقاول أن يقدم خلطات إضافية مكملة على نفقته الخاصة عندما لا يُحدّد الخلطات الإضافية، يجب على المهندس النظر في العرض والموافقة على أو عدم الموافقة على الاستخدام.

الجدول (٧–٦) متطلبات الخلطات الإضافية للخرسانة.

الخليط الإضافي	المواصفات (تلبية متطلبات AASHTO أو ASTM)	
الخلطات الإضافية الحابسة للهواء	AASHTO M154	ASTM C260
الخلطات الإضافية الكيميائية	AASHTO M194	ASTM C494
كلوريد الكالسيوم	AASHTO M144	ASTM D98
خلطات معدنية مضافة	AASHTO M295	ASTM C618

الخليط الإضافي	المواصفات (تلبية متطلبات AASHTO أو ASTM)
يجب ألا تتجاوز نسبة الفقدان بالاشتعال أربعة في المئة (٤٪)	

يجب عدم استخدام الخلطات الإضافية الحابسة للهواء والكيميائية التي تحتوي على الكلوريدات على النحو المحدد في ASTM C1152 في الخرسانة المسلحة أو مسبقة الإجهاد، كما يجب عدم استخدام كلوريد الكالسيوم في الخرسانة التي تحتوي على أي معادن مدمجة، بما في ذلك حديد التسليح، ما لم يُحدد خلاف ذلك.

وفي حالة استخدام أكثر من خليط إضافي واحد، يجب أن تكون الخلطات الإضافية متوافقة في التركيب كما هو مستخدم في الخرسانة،

ويُسمح للمقاول باستخدام الخلطات الإضافية المطابقة للمتطلبات الواردة في AASHTO M194 للنوع أ - تقليل المياه أو النوع ب - إبطاء التماسك أو النوع د - تقليل المياه وإبطاء التماسك في النوع و- تقليل المياه، النطاق المرتفع، والنوع ز - تقليل المياه، النطاق المرتفع، وإبطاء التماسك؛ لتسهيل العمل، مع مراعاة أنه عند تحديد الخرسانة بواسطة مقاومة الانضغاط، لن يُسمح بتقليل الحد الأدنى من الأسمنت المطلوب.

عندما يحدد المهندس أو يطلب الاستخدام المطلوب للخليط الإضافي الحابس للهواء، يجب استخدام العامل الحابس للهواء بالكميات المطلوبة لإنتاج الخرسانة التي تتضمن محتوى الهواء المحدد حسبما هو محدد في مواصفات AASHTO أرقام: T121 أو T152 أو T196.

يُسمح بالاستخدام الاختياري للخليط الإضافي الحابس للهواء بالكميات التي ستؤدي إلى إنتاج خرسانة بمحتوى هواء لا يتجاوز أربعة بالمائة (٤٪)، ويجب على المقاول إدراج الخليط الإضافي الحابس للهواء، ومحتوى الهواء كما هو محدد.

يجب أن تسلم المواد إلى موقع الأعمال في حاويات مغلقة تحمل اسم الجهة المصنعة، والاسم التجاري للمنتج، ورقم القطعة، والعمر التخزيني للمنتج ونسبة الخلط إن وجدت، ويجب إبقاء الحاويات مغلقة بإحكام حين لا تكون قيد الاستخدام.

كما يجب أن تخزن الخلطات الإضافية؛ وفقًا لتوصيات الجهة المصنعة، ويجب عدم تخزين الخلطات الإضافية في ضوء الشمس المباشر، ويجب تفادي تجمدها.

عند تحديد استخدام الخلطات الإضافية المعدنية أو وافق المهندس على استخدامها، سيُحدّد أو طلب الحد الأدنى من كمية الخليط الإضافي، وكمية ونوع الأسمنت البورتلاندي، وفي حال عدم تحديد الحد الأدنى من الكميات، يجب أن تكون الخرسانة تناسبية لتطابق المعايير التالية بناءً على سلسلة من الخلطات التجريبية:

١- يجب أن تحتوي الخرسانة على محتوى الأسمنت المحدد باستخدام نوع الأسمنت البورتلاندي البوزولاني المعدل المطابق للقسم الفرعي (٧-٢-١-٢) العامة.
٢- يجب أن تحتوي الخرسانة على محتوى الأسمنت المحدد الذي لا يقل عن ٨٥٪ من النوع البوزولاني الثاني بالإضافة إلى ما لا يقل عن ١٥٪ بالوزن من الخليط الإضافي المعدني المعتمد المطابق لمتطلبات ASTM C618، باستثناء أن الخليط المعدني من النوع (ج) لن يُسمح به بالاقتران مع الركام التفاعلي من السيليكا القلوية، على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٧-٢-٦) العامة.
٣- يجب أن تمتثل الخلطات الإضافية ذات النطاق المرتفع للإجراءات الخاصة الواردة في الجزء الفرعي (٧-٢-٥) العامة.

٧-٢-٥-٣ أساليب التقييم:

يجب تقديم عينة سعة ٥٠٠ مل إلى المهندس؛ لاختبارها واعتمادها، مع صحائف بيانات السلامة كمواد مصاحبة، قبل ١٠ أيام على الأقل من الاستخدام.

تؤخذ عينات عشوائية من المواد المعتمدة للاختبار، وإجراء عمليات تدقيق عشوائية لتقارير الاختبار وفق تقدير المهندس، والذي يمكن له أخذ عينات من المواد من مصنع التصنيع، وموقع الأعمال، والمستودع، ويجب أن يتحمل المقاول تكاليف أخذ العينات، والاختبار، والمعالجة.

٧-٢-٥-٤ معايير القبول:

يجب أن يستند قبول المخاليط الإضافية إلى شهادة امتثال الجهة المصنعة التي تثبت المطابقة لهذه المواصفات العامة وتلبية متطلبات الجدول (٧-٧)، وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن تحقق المتطلبات المشار إليها في الجدول (٧-٨)، قبل استخدام أي خليط إضافي، يجب على المقاول أن يقدم دليلًا على أن جميع الخلطات الإضافية متوافقة ولن تؤثر سلبًا على نظام الفراغ الهوائي للخرسانة الصلبة إلى المهندس للموافقة عليه عندما يقترح المقاول استخدام الخلطات الإضافية من مختلف الجهات المصنعة، أما إذا كانت

الخرسانة تتطلب حبس الهواء، يجب على المقاول أن يقدم إلى المهندس دليلًا على أن الخليط الإضافي لن يؤثر سلبًا على نظام الفراغ الهوائي للخرسانة الصلبة، كما يجب تقديم نتائج الاختبار المتوافقة مع ASTM C457 كدليل على تلبية هذا الشرط.

تختبر العينات؛ للتحقق من الامتثال لهذه المواصفات -وفق تقدير المهندس-، وفي حالات وجود تباين يجب أن تسود اختبارات المهندس.

كما يجب أن يكون للخرسانة المصنوعة من خلطات إضافية مقاومة للمياه نسبة امتصاص مئوية بعد الغمر والغليان أقل من ٥٪ في سبعة (٧) أيام وحجم فراغات نفاذة أقل من ١١٪ في سبعة (٧) أيام، وفقًا ASTM C642.

الجدول (٧–٧) تقديم متطلبات الخلطات الإضافية لاعتمادها (DoMaT, 2020).

المتطلبات	بالنسبة للمواد باستثناء اللاتكس	بالنسبة للاتكس
اسم ومعلومات موظفي الاتصال بالشركة	√	√
اسم المنتج	√	√
وصف البوليمر		√
محتوى الكلوريد في المنتج مع بيان أنه لم تتم إضافة أي كلوريد أثناء تصنيعه	√	
نسخة من الإجراء الخطي للجهة المصنعة	√	√
أي انحرافات مقترحة عن الإجراءات الخطية للجهة المصنعة	√	√
تقرير اختبار مكتمل حسب ASTM C494 أو C260 من معمل مستقل معتمد	√	
أهداف المواصفات وتفاوتات الإنتاج بالنسبة للخصائص التالية		
اللزوجة (بما في ذلك طريقة الاختبار ومرجع درجة الحرارة)		√
نسبة المواد الصلبة	√	√
الأس الهيدروجيني	√	√
الجاذبية النوعية	√	√
اللون والمظهر	√	
مسح القياس الطيفي بالأشعة تحت الحمراء	√	
نسبة الستيرين/ البيوتادين		√

الجدول (٧–٨) تصنيف الخلطات الإضافية ومتطلبات تحسين الأداء، مقارنة بالخلطات القياسية التي لا تحتوي على خلطات إضافية.

نوع الخليط الإضافي	الخصائص المطلوبة	متطلبات ASTM C494
مخفض مياه عادي	أقل انخفاض في كمية المياه	٥٪
	أقل مقاومة ضغط في عمر ٢٨ يومًا	١١٠٪

نوع الخليط الإضافي	الخصائص المطلوبة	متطلبات ASTM C494
مخفض مياه عالي	أقل انخفاض في كمية المياه	٪١٢
	أقل مقاومة ضغط في عمر يوم واحد (١)	٪١٤٠
	أقل قوة ضاغطة في عمر ٢٨ يومًا	٪١١٥
إبطاء التماسك	الزيادة في وقت التماسك الأساسي	٦٠ دقيقة - ٩٠ دقيقة
	الزيادة في وقت التماسك الأساسي	< ٢١٠ دقيقة
	أقل مقاومة ضغط في عمر ٢٨ يومًا	٪٩٠
مسرع التماسك	التقليل في وقت التماسك النهائي	الحد الأدنى ٦٠ دقيقة
	أقل مقاومة ضغط في عمر يوم واحد (١)	٪١٢٠
	أقل مقاومة ضغط في عمر ٢٨ يومًا	٪١٠٠ - ٩٠
الفراغات الحابسة للهواء	حجم الفراغات الحابسة للهواء	٪٧ - ٣,٥
	أقل مقاومة ضغط في عمر ٢٨ يومًا	٪٧٥

للحفاظ على حالة الاعتماد، يلتزم المقاول بتقديم ما يلي إلى المهندس لاعتماده:

- شهادات موثقة نصف سنوية في شهري يونيو، وديسمبر، تفيد بأنه لم يُجرى أي تغيير كيميائي في المنتج منذ تقديمه الأصلي لاعتماده.
- أي تغيير في عملية التركيب أو التصنيع، الذي يتطلب إعادة الاعتماد.

٧-٢-٦ الركام لخرسانة المواد الأسمنتية:

٧-٢-٦-١ الوصف:

يجب أن يكون الركام خاليًا من الطلاء الطيني، وكرات الطين، والمواد الغريبة الأخرى، ويجب أن يكون مناسبًا لإنتاج خرسانة قابلة للعمل تلبي جميع المتطلبات المحددة، ويجب ألا يحتوي على مواد قد تضر بالتسليح، أو المواد بالشكل أو الكمية التي تقلل من قوة الخرسانة ومتانتها، وإذا تبين أن الركام ضار أو من المحتمل أن يكون ضارًا، كما هو محدد في AASHTO T380، يمكن للمقاول أن يعرض إضافة خليط إضافي معدني في محاولة لاستخدام مصدر الركام، كما يجب اختبار أداء الخليط الإضافي المعدني المحدد طبقًا ASTM C441 قبل الاعتماد النهائي من المهندس.

يجب أن يكون الركام متوافقًا مع متطلبات المواصفات القياسية ASTM C33، إلا إذا كان ذلك يتعارض مع المواصفات الخاصة أو هذه المواصفات العامة أو وثائق العقد الأخرى، كما يجب تقييم إمكانية تفاعل الركام مع القلويات وفقًا ASTM C1260.

٧-٢-٦-٢ المواد:

٧-٢-٦-٢-١ الركام الناعم:

يجب أن يلبي الركام الخرساني الناعم متطلبات القسم الفرعي (٣-٧-٢-١) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٧-٢-٦-٢-٢ الركام الخشن:

يجب أن يلبي الركام الخشن متطلبات القسم الفرعي (٣-٧-٢-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٧-٢-٦-٢-٣ تدرج الركام المشترك لخرسانة المواد الأسمنتية:

يجب الجمع بين الركام الخشن والركام الناعم المعتمد في كل دفعة من الخرسانة بالنسب التي يعتمدها المهندس، كما يجب أن يلبي الركام الخشن متطلبات القسم الفرعي (٣-٧-٢-٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

ويجب عدم تجاوز إجمالي محتوى الكلوريد القابل للذوبان في الماء (T260 AASHTO) في أي خليط من جميع المصادر، بما في ذلك أي كلوريد موجود في مواد أخرى وماء الخليط، الحدود التالية كنسبة مئوية من وزن الأسمنت في الخليط:

- الخرسانة المسلحة في بيئة رطبة ومعرضة للكلوريد ٠,١٠٪.
- الخرسانة المسلحة في بيئة رطبة ولكن غير معرضة للكلوريد ٠,١٥٪.
- الخرسانة سابقة الإجهاد ٠,٠٦٪.

وفي حالة وجود أي احتمالية للتفاعل القلوي، يجب إجراء الاختبارات الإضافية التالية، في أقرب وقت ممكن عمليًا بعد ترسية العقد على المقاول.

١- اختبارات التفاعلية المحتملة:
أ- اختبار بات الهلامي
ب- C1260 ASTM
ج- T380 AASHTO
٢- الانكماش:

يجب أن تسمح خصائص الركام بأن لا يتجاوز الانكماش بالجفاف للخرسانة المجهزة والمختبرة وفقًا C157 ASTM (أو AASHTO T160) نسبة ٠,٠٤٥٪.

ويجب عدم تجاوز الانكماش الأولي بالجفاف لجميع خلطات الخرسانة المقترحة نسبة ٠,٠٦٪.

٣- التفاعل:

يجب ألا يحتوي الركام المستخدم في الخرسانة أو المونة التي ستكون عرضة للتبلل، أو التعرض الممتد لجو رطب أو تلامس الأرض الرطبة على أي مواد متفاعلة بشكل ضار مع القلويات في الأسمنت، أو أي مواد قد تكون موجودة بشكل إضافي في الركام، ومياه الخلط، أو المياه الملامسة للخرسانة أو المونة، بكميات كافية بحيث تؤدي إلى التمدد الموضعي أو العام المفرط للخرسانة أو المونة.

ويحظر على المقاول -تحت أي ظرف من الظروف- استخدام صخور الداسيت، أو الأنديزايت، أو الهيوليث، أو الأوبال، أو الصوان، أو الأحجار البركانية.

ويختبرالركام الخشن والناعم؛ لمعرفة إمكانية التفاعل وفقًا للطرق المذكورة أعلاه، على أن يلبي المعايير المختلفة الواردة بشأن الركام غير الضار في المعايير السابقة.

ويجب الإشارة إلى أن ما سبق ينطوي على فترة اختبار تتراوح بين ٨ أسابيع إلى ٢١ أسبوعًا.

٤- الفحص والوصف الصخري، بما في ذلك التركيب التقريبي بـASTM C295.

ويحظر التنازل عن الاختبارات الإضافية المذكورة أعلاه إلا بموافقة خطية من الجهة المختصة، حيث يمكن تقديم دليل على أن نتائج الاختبار المرضية متاحة بالفعل للمواد الناشئة من نفس المصادر التي سيتم استخدامها.

٧-٢-٦-٢-٤ الركام خفيف الوزن:

يجب أن يتوافق الركام خفيف الوزن مع M195 AASHTO أو(ASTM C330) .

٧-٢-٦-٢-٥ مواد النفايات:

يتحمل المقاول المسؤولية عن الإبلاغ عن الانسكابات المرتبطة بإنشاء المشروع وتنظيفها، ويجب عليه الإبلاغ عن انسكابات المواد الخطرة مثل البنزين والديزل وزيوت المحركات والمذيبات والمواد الكيميائية والمواد السامة والتآكل وما إلى ذلك، والتي قد تشكل تهديدًا للصحة العامة أو البيئة والاستجابة لها، كما يكون المقاول مسؤولًا عن الإبلاغ عن اكتشافات الانسكابات السابقة والانسكابات الحالية غير المرتبطة بالإنشاء، ويتم تقديم التقارير على الفور إلى إدارة الإنشاء في الوكالات.

٧-٢-٦-٣ أساليب التقييم ومعايير القبول:

يجب أن يحقق الركام المستخدم في الخرسانة الأسمنتية المتطلبات النوعية الموضحة في الجدول (٧-٩) باستثناء ما هو مشار إليه في المواصفات الخاصة.

الجدول (٧–٩) المتطلبات النوعية الإجمالية.

المؤشر	المواصفة	الحد
اختبار تآكل لوس أنجلوس ٥٠٠ دورة	C131 :ASTM	الحد الأقصى ٤٠٪
الصلابة بواسطة محلول كبريتات الصوديوم (٥ دورات)	AASHTO T104	الحد الأقصى ١٢٪
نسبة كتل الطين والجزيئات القابلة للتفتيت في الركام الخشن	C33 :ASTM	الحد الأقصى ٣٪
نسبة كتل الطين والجزيئات القابلة للتفتيت في الركام الناعم		
النسبة المئوية للمرور من المنخل رقم ٢٠٠ في الركام الخشن		الحد الأقصى ١٪
النسبة المئوية للمرور من المنخل رقم ٢٠٠ في الركام الناعم		الحد الأقصى ٣٪
المعادل الرملي للركام الناعم	T176 :AASHTO	الحد الأدنى ٧٥٪
نسبة الوجوه المسحوقة للوجه الواحد	ASTM D5821	الحد الأدنى ٥٠٪
نسبة المواد العضوية	T21 :AASHTO	الحد الأقصى ٢٪
عامل الاستطالة (الجزيئات المطولة والمسطحة)	ASTM D4791	الحد الأقصى ٤٠٪
نسبة الكبريتات	T290 :AASHTO	الحد الأقصى ١٪

يجب اختبار الركام المستخدم في الخرسانة الأسمنتية الهيدروليكية وفقًا للمعايير التالية – الجدول (٧-١٠).

الجدول (٧–١٠) اختبارات قبول الركام الخشن والناعم.

خاصية المادة	المواصفة
الشوائب العضوية	C40 :ASTM أو T21 :AASHTO
قوة المونة	C87 :ASTM أو T71 :AASHTO
السلامة والمتانة والصحة	C88 :ASTM أو AASHTO T104
الفحم والليجنيت	C123 :ASTM أو T113 :AASHTO
تحليل المنخل	C136 :ASTM أو T27 :AASHTO
ملاحظة:	

خاصية المادة	المواصفة
	يجب أن يتحمل الركام الخشن خمس دورات على الأقل من الغمر، والتجفيف في كلٍ من محاليل كبريتات الصوديوم وكبريتات الماغنسيوم، على النحو الموضح في اختبار الصلابة، على أن يظهر متوسط فقدان وزن لا يزيد عن ١٢٪.

قد يتم رفض المواد المعتمدة مسبقًا إذا كانت الاختبارات اللاحقة لا تعكس الامتثال لمتطلبات المعايير المحددة.

٧-٢-٧ المياه:

يجب أن تكون المياه المستخدمة في خلط الخرسانة الأسمنتية ومعالجتها وفي تبريد الركام نظيفة، وشفافة، وخالية من المواد الضارة بخصائص الخرسانة الأسمنتية الضعيفة والمتصلبة، مثل الزيوت، والقلويات، والمواد الحمضية، كما يجب أن تكون خالية من المزروعات والمواد العضوية، وأن تستوفي الشروط المشار إليها في الجدول (٧-١١) بغض النظر عن مصدرها، ولا يتم إجراء اختبار وقت التماسك إلا عند استخدام مياه غير عذبة أو مياه صالحة للشرب بلون أو طعم متغير أو مياه عبّارات المعالجة الثانوية.

الجدول (٧–١١) متطلبات جودة المياه المستخدمة في خلط الخرسانة ومعالجتها.

نوع التركيب		المواصفات	الحد
أيونات الكلور		T260 :AASHTO	الحد الأقصى ١٠٠٠ جزء في المليون
أيونات حمض الكبريتيك		D516 :ASTM	الحد الأقصى ٣,٠٠٠ جزء في المليون
القلويات (أكسيد الصوديوم + ٠,٦٥٨ أكسيد البوتاسيوم)			الحد الأقصى ٦٠٠ جزء في المليون
إجمالي المواد الصلبة المذابة.		المعيار البريطاني رقم: EN 1008	الحد الأقصى ٢,٠٠٠ جزء في المليون
مقاومة الانضغاط في عمر ٧ أيام		C109 :ASTM	الحد الأدنى ٩٠٪
وقت التماسك	أساسي	C191 :ASTM	الفرق لا يزيد عن ٦٠ دقيقة
	ثانوي		الفرق لا يزيد عن ٩٠ دقيقة

يجب ألا يظهر على المونة المجهز بالماء المقدم من المقاول للاختبار أي تغيير ملحوظ في وقت التماسك، وألا يظهر أي مؤشر على عدم الصلابة مع انخفاض لا يزيد عن ١٠٪ في قوة المونة عند مقارنته بالمونة المصنوع من مياه ذات جودة مرضية معروفة.

٧-٢-٨ قضبان التسليح:

٧-٢-٨-١ الوصف:

يجب أن يتكون هذا العمل من توفير ووضع حديد التسليح وفقًا للمواصفات وبما يتوافق مع المخططات، ويشمل حديد التسليح في الرصفيات الصلبة قضبان الدسار، وقضبان الربط، وشبكات الصلب، وما إلى ذلك.

٧-٢-٨-٢ المواد:

٧-٢-٨-٢-١ حديد التسليح العالي:

يجب تصنيع حديد التسليح بما يتوافق مع متطلبات A615 ASTM للنوع والدرجة المحددة في المخططات على النحو التالي.

يجب أن يكون حديد التسليح من نوع محزز وأن يكون متوافقًا مع متطلبات مواصفات A615 ASTM أو A706 من الفئة (٦٠ أو ٤٠)، على النحو المحدد في المواصفات الخاصة أو الموضح في الرسومات.

عندما تنص المواصفات الخاصة على استخدام حديد تسليح مطلي بمادة الإيبوكسي المقاوم للصدأ، ويجب أن يكون متوافقًا مع مواصفات ASTM 775، يجب على المقاول التأكد من عدم وجود خدوش، أو ثقوب في الإيبوكسي تتجاوز الحدود المسموح بها في المواصفات الخاصة.

٧-٢-٨-٢-٢ حصائر القضبان المُصنعة:

يجب أن تحقق حصائر القضبان المُصنعة متطلبات مواصفات ASTM A184 (أو AASHTO M54).

٧-٢-٨-٢-٣ تسليح نسيج الأسلاك الفولاذية:

يجب أن تحقق تسليح نسيج الأسلاك الفولاذية مواصفات ASTM A1064 وأن تطابق متطلبات ASTM A884 بشأن حصائر القضبان المطلية بالإيبوكسي.

٧-٢-٨-٢-٤ قضبان الربط:

يجب أن تحقق قضبان الربط المصنوعة من الفولاذ المحزز الامتثال لمواصفات ASTM A615، من الفئة ٦٠ أو ٤٠، على النحو المحدد في المواصفات والرسومات الخاصة.

وباستثناء ما هو مسموح به في المواصفات الخاصة، يجب استخدام قضبان بأقطار ١٤ ملم للألواح بسمك ٢٠٠ ملم أو أقل، ويجب استخدام قضبان بقطر ١٦ ملم للألواح التي يزيد سمكها عن ذلك، ومن الممكن، عند الضرورة وبعد الحصول على موافقة خطية من المهندس، استخدام قضبان قطرها ١٢ ملم في ألواح بسمك أقل من ٢٠٠ ملم.

٧-٢-٨-٢-٥ القضبان الدسارية:

ما لم تسمح المواصفات بخلاف ذلك، يجب أن تكون القضبان الدسارية ذات مقطع عرضي دائري، وسطح أملس مستوٍ خالٍ من الشقوق والحزوز، ويجب أن تكون مصنوعة من الفولاذ الذي يحقق مواصفات ASTM A615، الفئة ٦٠. ويُوصى باستخدام القضبان الدسارية بقطر يبلغ ٣٢ ملم وبطول لا يقل عن ٥٠٠ ملم ويجب ألا تتجاوز مسافة تباعد القضبان الدسارية ٤٠٠ ملم حسبما هو محدد في المواصفات الخاصة.

٧-٢-٨-٢-٦ قبضان مسلحة بالألياف الزجاجة:

٧-٢-٨-٢-٧ عندما يكون استخدام القضبان المسلحة بالألياف الزجاجية ممكناً ومتوافق مع الكود وممارسات معايير التصميم الحالية (على سبيل المثال ACI 440.1R) والمتوقعة في التصميم التفصيلي، يجب أن تستوفي قبضان التسليح المتطلبات الموضحة في SASO ASTM D7957.ألياف التسليح:

عندما تنص المواصفات الخاصة، أو وثائق العقد الأخرى على استخدام ألياف التسليح، أو الزجاج، أو البلاستيك، يجب أن تكون هذه الألياف من النوع المحدد في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد الأخرى، ويجب أن تحقق ألياف التسليح الفولاذية مواصفات ASTM A820، ويجب استخدامها بنسبة ٠,٢٪ على الأقل من حجم الخرسانة، يجب أن تحقق الألياف الزجاجية للتسليح مواصفات ASTM C1116 من النوع الثاني، في حين يجب أن تحقق الألياف البلاستيكية مواصفات ASTM C1116 من النوع الثالث ويتم استخدامها بنسبة ١٪ على الأقل من وزن الخرسانة، باستثناء ما ينص على خلاف ذلك المواصفات الخاصة أو وثائق العقد الأخرى، ويُرفض أي عمل ينفذ عند طلب الوصول ورفضه تلقائيًا.

٧-٢-٨-٣ أساليب التقييم:

يعتمد القبول على شهادة ضمان من الجهة المصنعة بناءً على نظام اختبار، وفحص داخلي فعال، أو شهادة اختبار من معمل، أو خدمة اختبار مستقلة معتمدة، يجب أن يكون المعمل المستقل معتمدًا من المهندس قبل تقديم أي مواد لإجراء الاختبارات، ويجب على الجهة المصنعة تقديم وثائق نظام الاختبار والفحص مع شهادة ضمان تنص على أن العمل يمتثل لمتطلبات العقد المحددة.

كما يجب أن تكون الجهة المصنعة مطالبة باستكمال "شهادة المنتج" للمواد المنتجة تجاريًا بمواصفات قياسية، ويجب عليها كذلك وضع علامة واضحة على المادة، أو العبوة، مع تعريف فريد للمنتج، وقد تنطبق "شهادة منتج" واحدة على جميع الأعمال المتضمنة في المشروع.

كما تكون الجهة المصنعة مطالبة باستكمال "شهادة المنتج" للمواد التي:

١- أُنتجت وصُنعت خصيصًا للمشروع.
٢- تنتج وتُشحن بكميات كبيرة وعليه لا يمكن التعرف عليها بسهولة فيما يتعلق بالجهة المصنعة والمنتج.
٣- لها متطلبات عقد محددة.

يجب أن تُرفق "شهادة المنتج" بكل شحنة من المواد، ويجب أن تحدد تاريخ ومكان الجهة المصنعة بالإضافة إلى رقم القطعة أو غيرها من وسائل الإحالة المرجعية إلى نظام الفحص والاختبار، ويجب أن يلتزم المقاول باستكمال نتائج اختبار محددة على المواد من نفس الدفعة عند الطلب.

وعلى الرغم من ذلك، تخضع جميع المواد التي تُسلم إلى الموقع لاختبار معملي إضافي عندما يطلب المهندس ذلك، على الرغم من أن المواد مصحوبة بشهادة ضمان، أو شهادة اختبار معملي، ويتحمل المقاول جميع التكاليف المتعلقة بشهادات الضمان/ أو الاختبارات المعملية والشهادات.

يؤدي إصدار شهادة ضمان دون إجراء الاختبارات المطلوبة مؤخرًا على عينات تمثيلية من المواد المعنية إلى أن تصبح الشهادة غير صالحة.

ويعد إصدار شهادة ضمان غير صالحة، أو خاطئة سببًا عادلًا؛ لرفض المواد دون المزيد من الاختبار، ويجب أن يكون المقاول وحده مسؤولًا عن جميع تكاليف نقل، ومناولة المواد المرفوضة.

علو وجه التحديد، يجب أن تتبع عملية تأهيل القضبان مسلحة بالألياف الزجاجة طرق الإختبار ويجب أن تستوفي المتطلبات الواردة في الجدول (١) من SASO ASTM D7957. ويجب أن تستوفي عملية ضبط الجودة حسب المتطلبات الواردة في الجدول (٢) من SASO ASTM D7957.

٧-٢-٨-٤ معايير القبول:

يجب تقديم ثلاث نسخ من تقرير اختبار المصنع إلى المهندس لكل دفعة من قضبان التسليح المصنوعة من كتل الفولاذ المقترح استخدامها في المشروع، ويجب أن يلتزم شخص يتمتع بالسلطة القانونية؛ لإلزام الجهة المصنعة بالإدلاء بالقَسَم على تقرير اختبار المصنع ويجب أن يوضح التقرير المعلومات التالية:

١- العملية أو العمليات المستخدمة في تصنيع الفولاذ الذي تمت دلفنة القضبان منه.
٢- تحديد كل حرارة للفرن المفتوح أو الأكسجين الأساسي أو الفرن الكهربائي/أو كل قطعة من حديد بسمر الحمضي الذي تمت دلفنة القضبان منه.
٣- الخصائص الكيميائية والفيزيائية للحرارة التي تمت دلفنة القضبان منها.

يجب على الجهة المصنعة وضع بطاقات مقروءة على القضبان في كل دفعة قبل تقديم الدفعة للفحص، يجب أن توضح البطاقة رقم اختبار الجهة المصنعة ورقم القطعة أو أي تسمية أخرى تحدد المادة مع الشهادة الصادرة لتلك القطعة من الفولاذ.

كما يجب على الجهة الصانعة استكمال ثلاث نسخ من شهادة تبين رقم أو أرقام الحرارة التي صُنّع كل حجم من القضبان الموجودة في الشحنة منها، ويمكن أخذ عينات من قضبان التسليح، واختبارها في مصدر التوريد عندما تستدعي الكمية المقرر شحنها أو ظروف أخرى هذا الفحص، وستفحص القضبان التي لم تفحص قبل الشحن بعد الوصول إلى العمل، يجب ألا يقل طول قضبان العينة عن متر واحد (١)، ويجب على المقاول استبدال القضبان التي أُخذت عينات منها في موقع العمل دون الحصول على أجر إضافي، ويحتفظ المهندس بالحق في إعادة أخذ العينات وفحص جميع حديد التسليح عند وصوله إلى موقع العمل.

٧-٢-٩ مواد عازل الفواصل:

٧-٢-٩-١ الوصف:

يجب أن يصد مانع تسرب الفواصل تداخل الحجارة والأوساخ والمواد الأخرى في الفواصل أو في المادة نفسها، ويجب أن يكون مانع تسرب الفواصل من النيوبرين، من النوع سابق التشكيل أو المقذوف، بالحجم والشكل المشار إليهما في مخططات العقد، كما يجب أن تتوافق مانع تسرب في الفواصل بشكل عام مع متطلبات ASTM C1193 وC1472.

٧-٢-٩-٢ المواد:

٧-٢-٩-٢-١ مانع تسرب الفواصل الثابتة:

يجب أن تتوافق مادة مانع تسرب الفواصل مسبقة التشكيل مع متطلبات ASTM D2628، كما يجب أن تتوافق مادة التشحيم اللاصقة، للاستخدام مع مانع التسرب سابق التشكيل، مع ASTM D4070.

يجب أن يلبي شكل مانع التسرب وعرضه وعمقه المتطلبات التالية:

١- يجب أن يكون مضغوطًا بدرجة تجعله صلبًا إلى حد كبير مع الحد الأدنى من المساحات الهوائية عند تركيبها عند الحد الأدنى من فتحة الوصلة.
٢- يجب أن يكون المركز العلوي للسطح المكشوف مقعرًا تحت سطح حواف مانع التسرب عند الضغط.
٣- أن يكون معتمدًا من المهندس قبل تقديمه.

يجب أن يكون مانع التسرب مرنًا، وقابلًا للطي، ويحتفظ بمرونته عند درجات حرارة تتراوح من - ٢٨ درجة مئوية إلى ٥٤ درجة مئوية، وألا يحصل على تماسك دائم ملحوظ بعد الضغط الكامل لشكل الوصلة المعتمد للعمر الفعال الكامل للمادة، كما يجب أن يكون

متوافقًا مع المادة التي تتكون منها أسطح الفواصل وألا يتأثر نسبيًا بالرطوبة العادية في المادة، ولا يمكن تضفير مانع تسرب الفواصل في الحقل، إلا عندما يسمح المهندس بذلك على وجه التحديد.

ويجب تسليم كل دفعة من المواد اللاصقة في حاويات تحمل علامات واضحة مع شهادة الجهة المصنعة التي تصدق على الامتثال لهذه المواصفات.

٧-٢-٩-٢-٢ حشوات الفواصل مسبقة التشكيل:

يجب أن يتقدم حشوات الفواصل مسبقة التشكيل في قطعة واحدة بالعمق والعرض المطلوبين للوصلة بسمك لا يقل عن ١٣ ملم، ويتم عرض المواصفات في الجدول (٧-١٢).

الجدول (٧–١٢) مواصفات حشوات الفواصل.

النوع	المواصفات
حشوة وصلة التمدد مسبقة التشكيل (نوع الأسفلت)	AASHTO M33 أو ASTM D1751
حشوات وصلة التمدد مسبقة التشكيل من المطاط الإسفنجي والفلين	AASHTO M153* النوع الأول – مطاط إسفنجي النوع الثاني - فلين النوع الثالث – فلين ذاتي التمدد
حشوات وصلة التمدد مسبقة التشكيل (أنواع الأسفلت غير القابلة للقذف والمرنة)	AASHTO M213
موانع التسرب في الفواصل المطاطية المفلكنة مسبقة التشكيل	SASO ISO 4635
حشوة الوصلة الخلوية المرنة	ASTM D1056، النوع ٢، من الدرجة ٤ أو ٥
حشوات فواصل مطاطية مفلكنة مسبقة التشكيل	SASO ISO 4635

٧-٢-٩-٢-٣ القضيب الداعم:

يجب أن يكون القضيب الداعم، أو مواد الدعم متوافقة مع متطلبات ASTM D5249، ويجب أن تكون المادة المانعة للتسرب متوافقة مع توصيات الجهة المصنعة للقضيب، كما يجب أن تتوافق أحجام القضيب الداعم مع الجدول (٧-١٣).

الجدول (٧–١٣) أحجام القضيب الداعم.

عرض الوصلة بعد التجهيز (ملم)	قطر القضيب (ملم)
٨	٩
٩	١٣
١٣	١٦
١٦	١٩
١٩	٢٥

عرض الوصلة بعد التجهيز (ملم)	قطر القضيب (ملم)
٢٥	٣٢
٣٢	٣٨
٣٨	٥٠

يجب عدم استخدام المواد التي تحتوي على أسفلت، أو مذيبات مع مواد منع التسرب المعالجة كيميائيًا التي تتصلد بالحرارة.

٧-٢-٩-٢-٤ موانع تسرب الفواصل:

يجب أن تكون موانع تسرب الفواصل التي لا تلامس مواد الأسفلت في شكل بوليمر سائل متعدد الكبريتيد معالج على البارد مكوّن من مكونين -كما هو معتمد من المهندس- أو كما هو موضح في مخططات العقد، كما يجب أن يكون مانع التسرب مناسبًا للفواصل الأفقية والرأسية، وفي حالة استخدام طلاء أولي مع مانع التسرب، يجب أن يكون من المواد مسجلة الملكية.

بالنسبة لمنتجات مطاط الأسفلت مسجلة الملكية، يجب على المقاول تقديم ما يلي:

١- مصدر ودرجة مادة الربط الأسفلتية.
٢- إجمالي محتوى المطاط المحبب وكتلته، كنسبة مئوية من خليط مطاط الأسفلت.
٣- أنواع المطاط المحبب ومحتوى كل نوع، إذا خُلط.
٤- الكتلة كنسبة مئوية من المطاط المجمّع.
٥- تدرج المطاط المحبب.
٦- نوع معدّل الأسفلت -إن وجد.
٧- كمية معدّل الأسفلت وكتلته كنسبة مئوية من مادة الربط الأسفلتية.
٨- درجات حرارة التدفئة والاستخدام.
٩- إجراءات الاستخدام الموصى بها من الجهة المصنعة.
١٠- المواد المضافة الأخرى.

يجب أن تتوافق موانع التسرب المعالجة كيميائيًا التي تتصلد بالحرارة مع متطلبات ASTM C290، ويجب أن تكون درجة صلابة المطاط الدولية النهائية لمانع التسرب ٢٠ + ٥، كما يجب أن تمتثل موانع التسرب المصنوعة من السيليكون مع متطلبات المواصفات الخاصة بالمشروع، ويمكن استخدام موانع تسرب أخرى، إذا وافق عليها المهندس، بعد أن يكون المقاول قد زوّد المهندس بالمعلومات والمواصفات الكاملة.

٧-٢-٩-٢-٥ موانع تسرب الفواصل المصبوبة على الساخن:

يجب أن تلبي موانع تسرب الفواصل المصبوبة على الساخن متطلبات ASTM D6690 ويتم أخذ عينات منها واختبارها وفقًا ASTM D5167 و ASTM D5329، وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن يكون لمانع التسرب نقطة وميض طبقًا لمعيار AASHTO T48 بحد أدنى ٢٠٥ درجة مئوية.

كما يجب أن تكون الخصائص الفيزيائية لمانع تسرب الفواصل، عند خلطه وفقًا لتوصيات الجهة المصنعة مطابقة لما ورد في الجدول (٧-١٤).

الجدول (٧–١٤) مانع التسرب المطاطي المصبوب (DoMaT, 2020).

الخاصية	المعايير
اللون	رمادي أو أسود
اللزوجة*	قابل للصب وذاتي التسوية عند ١٠ درجة مئوية
عمر الاستخدام*	≤ ٣ ساعات عند ٢٢ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٥٠٪
التماسك للمس	≥ ٢٤ ساعة عند ٢٢ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٥٠٪

الخاصية	المعايير
وقت المعالجة	≥ ٩٦ ساعة عند ٢٢ درجة مئوية ورطوبة نسبية ٥٠٪
المحتوى غير المتطاير	أكثر من أو يساوي ٩٢٪
تصنيف الصلابة (مقياس التحمل "شور (أ)")	٥ ــ ٣٥
المرونة	أكثر من أو يساوي ٨٠٪
طرق اختبار الالتصاق	طبقا لهذا الجزء من المواصفات العامة

* ملاحظة:

١. يمكن التنازل عن اللزوجة وعمر الاستخدام إذا خُلطت المادة ووضعت بواسطة مضخة وخلاط معتمدين من المهندس، كما يجب وضع طلاء أولي مناسب، إذا لزم الأمر من قبل الجهة المصنعة، مع كل مانع تسرب فواصل، على أن يكون الطلاء الأولي مناسبًا للاستخدام بالفرشاة أو الرذاذ عند درجة حرارة ١٠ درجة مئوية أو أعلى ويجب أن يعالج بدرجة كافية عند درجة حرارة ١٠ درجة مئوية لصب الوصلة في غضون ٢٤ ساعة، ويعتبر جزءًا لا يتجزأ من نظام مانع التسرب، ويشكل عدم اجتياز مانع التسرب للاختبار الموضح هنا، بسبب الطلاء الأولي، سببًا للرفض أو إعادة الاختبار.

٧-٢-٩-٢-٦ الصفيحة البلاستيكية:

تشمل الأنواع التالية، باستثناء ما تنص عليه المواصفات الخاصة أو وثائق العقد الأخرى بخلاف ذلك:

١- صفائح بلاستيكية قاطعة للالتصاق بين طبقة الرصف الأسمنتي وطبقة ما تحت الأساس السفلية.
٢- صفائح بلاستيكية لاحتجاز مياه الترطيب المستخدمة في معالجة الخرسانة الأسمنتية.

يجب أن تكون الصفيحة البلاستيكية مصنوعة من البولي فينيل كلوريد المتوافقة مع متطلبات مواصفات D1593 ASTM، من النوع الثاني، أو من نوع البولي إيثيلين المتوافق مع متطلبات مواصفات D2103 ASTM، من النوع الثاني، ويجب أن يتراوح السمك الاسمي لهذه الصفائح بين ٠,١٥ و٠,٢ ملم.

٧-٢-٩-٣ أساليب التقييم:

يجب إجراء اختبارات الالتصاق لمانع تسرب في الفواصل كما هو موضح في C910 ASTM.

٧-٢-٩-٤ معايير القبول:

يجب قبول مركب عازل الفواصل للاستخدام في المشروع على أساس الاختبارات المعملية للعينات التمثيلية لكل دفعة من المواد المستخدمة في المهمة، ويجب أن يُسمح بفترة لا تقل عن أسبوعين (٢) لإنجاز الاختبارات، ويجب تعريف كل حاوية من المركب بوضوح برقم الدفعة الخاص بها.

٧-٣ تصميم خلطة الخرسانة:

٧-٣-١ الوصف:

قبل الخلط الدفعي للخرسانة، يجب على المقاول أن يقدم تصميم خلطة الخرسانة المقترح خطيًا، بما في ذلك جميع الخلطات الإضافية وجميع خصائص المكونات كما هو مؤكد في تجربة معملية، إلى المهندس لاعتمادها، ويجب عدم صب الخرسانة إلا بعد مراجعة المهندس لها وتقديم موافقة خطية إلى المقاول على تصميم الخلطة استنادًا إلى تجربة المصنع، ويجب أن يلتزم المقاول باتخاذ ترتيبات الحصول على الموافقة على تصميم الخلطة في أقرب وقت ممكن، ولا يُنظر في أي مطالبات عن التأخير، أو التعويض على خلفية انتظار الموافقة أو التعليمات الخطية للمهندس.

ما لم تنص المواصفات الخاصة، أو وثائق العقد الأخرى على خلاف ذلك، فإنه يجب تصميم الخليط الخرساني عن طريق الاستفادة من المواد الخام المناسبة المتاحة، وما لم تنص المواصفات الخاصة أو وثائق العقد الأخرى على خلاف ذلك، فإنه يجب إنتاج الخرسانة الأسمنتية باستخدام مواد مقبولة فنيًا تلبي متطلبات المواد المحددة في الجزء (٧-٢)، وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن تحقق الخرسانة المتطلبات النوعية المدرجة في الجدول (٧-١٥) وأن تلبي متطلبات القوة والصلابة من حيث متانتها في البيئة التي يتم فيها تنفيذ أعمال

طبقة الرصف الأسمنتي، وفي هذه البيئة، يجب مراعاة نوع التربة وملوحتها ومنسوب المياه الجوفية ونوع هذه المياه والبيئة الكيميائية بشكل عام.

ما لم تنص المواصفات الخاصة على خلاف ذلك، يجب تصميم الخرسانة الأسمنتية من الأنواع (أ) و(ب) و(ج) و(د) عن طريق تطبيق طريقة المعهد الأمريكي للخرسانة رقم: ٢١١,١، وعلى الرغم من ذلك، يجب تصميم الخرسانة المضغوطة بالبكرة من النوعين (M1 وM2) عن طريق تطبيق طريقة المعهد الأمريكي للخرسانة رقم: 211.3 R-A3.

الجدول (٧–١٥) المتطلبات النوعية للخرسانة الأسمنتية المستخدمة في إنشاء طبقات الرصف الأسمنتي.

الرقم	المتطلبات	الخرسانة من النوع (أ)	الخرسانة من النوع (ب)	الخرسانة من النوع (ج)	الخرسانة من النوع (د)	الخرسانة من النوع (M1)	الخرسانة من النوع (M2)
١	**نوع الأسمنت طبقًا لمواصفات ASTM C150**	أسمنت من النوع الأول أو آي بي أو الأسمنت البورتلاندي البوزولاني المعدل	أسمنت من النوع الأول أو آي بي أو الأسمنت البورتلاندي البوزولاني المعدل	النوع الخامس	النوع الخامس	أسمنت من النوع الأول أو آي بي أو الأسمنت البورتلاندي البوزولاني المعدل	النوع الخامس
٢	**كمية الأسمنت (كجم/ م٣) (الحد الأدنى)[١]**	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٣٥٠	٤٠٠
٣	**الحد الأقصى لحجم الركام (مم) طبقًا لASTM: C33**	٣٧,٥	٣٧,٥	٣٧,٥	٣٧,٥	٢٥	٢٥
٤	**نسبة الأسمنت إلى المياه (الحد الأقصى)**	٠,٥٥	٠,٤٥	٠,٤٥	٠,٣٨	٠,٥	٠,٤
٥	**الهبوط، ملم، AASHTO: T119**	١٠ – ٧٥	١٠ – ٧٥	١٠ – ٧٥	١٠ – ٧٥	٠	٠
٦	**محتوى الفراغات الهوائية، نسبة مئوية، AASHTO: T152 أو T196**	٣<	٥ – ٨	٣ – ٥	٥ ٧-	لا يوجد	لا يوجد
٧	**مقاومة الانضغاط (في عمر ٢٨ يومًا)، الحد الأدنى، (ميجا باسكال) AASHTO: T22**	٢٨	٣٥	٣٥	٤٠	٢٨	٤٠
٨	**قوة الانثناء (في عمر ٢٨ يومًا)، الحد الأدنى، (ميجا باسكال) AASHTO: T97**	٣,٥	٤,٥	٤,٥	٥	٣,٥	٥

ملاحظة:

[١] ما لم ينص على خلاف ذلك في التصميم التفصيلي أو المواصفات العامة.

أثناء تصميم الخليط الخرساني، يجب مراعاة المواصفات التالية.

٧-٣-١-١-١ قابلية الخرسانة للعمل:

يجب أن تحقق الخرسانة المنتجة قابلية العمل المطلوبة؛ لنقل الخرسانة، وتفريغها، وتوزيعها بحيث تُنشأ طبقات رصف موحدة تلبي السمك والسلاسة والكثافة المطلوبة، ويتحكم في ذلك من خلال القيم المناسب لنسبة الأسمنت إلى المياه ونوع الأسمنت، وكميته، والحد الأقصى لحجم الركام، وتدرجه، وشكل الجزيئات، ونسيجها، واستخدام المواد المضافة، والخلطات الإضافية المناسبة عند الحاجة.

٧-٣-١-١-٢ قوة الخرسانة:

يجب أن تحقق الخرسانة المنتجة القوة المحددة في صيغة خلطة العمل للتصميم المعتمد، ضمن الحدود المشار إليها في المواصفات الخاصة ووثائق العقد الأخرى، ويُتحكم في ذلك من خلال وضع حدود لمقاومة الانضغاط وقوة الانثناء، باستخدام كمية الأسمنت المناسبة وأقل قيمة ممكنة من نسبة الأسمنت إلى المياه والحد الأقصى لحجم الركام واستخدام طريقة المعالجة المناسبة.

يجب التركيز على قوة انثناء الخرسانة حيث إنها تمثل العامل الرئيسي الذي يتحكم في قدرة طبقات الرصف الأسمنتي على تحمل الأحمال المرورية وتأثيرات التغيرات في درجات الحرارة، ويجب الحصول على قيمة قوة انثناء الخرسانة المطلوبة للتصميم الهيكلي لطبقات الرصف الأسمنتي بموثوقية لا تقل عن ٩٥٪ بالنسبة للطرق الشريانية الحضرية والطرق الريفية وطرق المناطق الصناعية أو في طبقات الرصف الأخرى التي تتعرض لحركة مركبات ثقيلة، وبموثوقية لا تقل عن ٨٥٪ في طبقات الرصف الأخرى.

يجب استخدام مقاومة الانضغاط بغرض تصميم الخلطة ومتابعة الإنتاج وضبط الجودة، وفي حال وجود تناقض بين متطلبات قوة انثناء الخرسانة ومقاومتها للضغط، تكون قوة انثناء الخرسانة هي العامل الحاسم.

٧-٣-١-١-٣ متانة الخرسانة:

يجب أن تكون الخرسانة المستخدمة شديدة المتانة، ومناسبة لظروف عمل طبقة الرصف والبيئة المحيطة، ويمكن التحكم في ذلك عن طريق اختيار أقل قيم ممكنة من نسبة الأسمنت إلى المياه ونوع الأسمنت، وكميته ونسبة الفراغات الحابسة للهواء، واستخدام المواد المضافة المعدنية، شريطة ألا تؤثر على النسب المطلوبة من الفراغات الحابسة للهواء بأي حال من الأحوال.

٧-٣-١-١-٤ التحكم في الشقوق العشوائية:

يجب أن يُتحكم في الشقوق العشوائية عن طريق اختيار أقل قيمة ممكنة من نسبة الأسمنت إلى المياه، واستخدام أسمنت من النوع آي بي أو الأسمنت البورتلاندي البوزولاني المعدل -عند الإمكان- والتحكم في نسبة تبخر المياه من سطح الخرسانة، وصب الخرسانة في أوقات تناقص درجات الحرارة، كلما أمكن ذلك.

٧-٣-١-١-٥ مقاومة الصقل:

يمكن التحكم في ذلك عن طريق استخدام ركام يتمتع بمقاومة عالية للصقل مع الشكل، والحجم المناسبين للجزيئات.

٧-٣-٢ المواد:

٧-٣-٢-١ التوزيع التناسبي للمواد:

يجب أن يقوم المقاول باختيار التوزيع التناسبي للمواد في الخرسانة حسب معايير الأداء المحددة، ويشار إلى تسميات الطبقة الخرسانية في الملحق ٩,٢. ويجب اعتماد المواد الأسمنتية وغيرها من الكميات الإضافية المستخدمة في الخلط من المهندس على أساس الاختبارات الأولية والخلطات التجريبية، ويجب أن يؤدي التوزيع التناسبي للمواد في الخرسانة إلى إنتاج خليط بلاستيكي يعمل بسهولة في جميع زوايا، وأركان القوالب وحول حديد التسليح والفولاذ مسبق الإجهاد بالكامل والعناصر التي يجب أن تكون مدمجة في الخرسانة، دون فصل المواد أو تجمع المياه الزائدة على السطح.

ما لم يُحدد خلاف ذلك، يجب أن يلتزم المقاول باستخدام الأسمنت البورتلاندى من النوع الأول أو الثاني أو الخامس في جميع الخرسانة على النحو المحدد في الجزء (٧-٢-١)، ويجب أن يكون نوع الأسمنت كما هو موضح في مخططات العقد، وعلى النحو الذي قد يكون مدرجًا في المواصفات الخاصة، وعلى النحو الذي تقتضيه هذه المواصفات القياسية بخلاف ذلك، وبوجه عام، يجب استخدام النوعين الأول والثاني في المنشآت الفوقية فحسب، والنوع الخامس في المنشآت التحتية التي تلامس الأرض.

ويجب أن يستخدم الرماد المتطاير، وحبيبات خبث الفرن العالي المطحونة -إذا اقتضت المواصفات الخاصة ذلك- أو كانت موضحة في مخططات العقد أو معتمدة من المهندس لجميع فئات الخرسانة، ويجب عدم استخدام الرماد المتطاير من الفئة (ج) في الخرسانة المقاومة للكبريتات.

كما يجب ألا تتجاوز نسبة الرماد المتطاير، إذا استخدم، ٣٠٪ بالوزن من إجمالي المواد الأسمنتية ويجب أن يتوافق مع الجزء (٧-٢-٢)، كما يجب ألا تتجاوز نسبة حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة، إذا تم استخدامها، ٦٥٪ بالوزن من إجمالي المواد الأسمنتية ويجب أن تتوافق مع الجزء (٧-٢-٤)، وعند إدراج حبيبات خبث الفرن العالي المطحونة والرماد المتطاير في الخليط الخرساني، يُحدّد الوزن الإجمالي لهاتين المادتين بنسبة ٣٥٪ من وزن إجمالي المواد الأسمنتية.

كبديل لاستخدام الرماد المتطاير وحبيبات خبث الفرن العالي المطحونة والأسمنت كمكونات منفصلة، يمكن استخدام الأسمنت الهيدروليكي الممزوج الذي يلبي متطلبات الجزء (٧-٢-١-٢-٣) إذا وافق عليه المهندس بشكل محدد.

يجب عدم استخدام المواد الأسمنتية المكملة عند تحديد الأسمنت الهيدروليكي الأبيض، ويجب استخدام الركام ذي اللون الفاتح حين يكون الأسمنت الهيدروليكي الأبيض مطلوبًا.

ينبغي ألا تزيد نسبة الخرسانة المسحوقة المُعاد استخدامها كركام دقيق عن ٢٠٪ من الركام الناعم، ولا يتم استخدام الخرسانة الأسمنتية المسحوقة المُعاد استخدامها إلا إذا وافق عليها المهندس على وجه التحديد.

وقبل البدء في عمل الخرسانة، يلتزم المقاول بتقديم عينات اعتماد جميع مواد عمل الخرسانة إلى المهندس لاختبارها، ويجب عدم تسليم أي مواد تشكل أي جزء من الخليط الخرساني إلى الموقع.

٧-٣-٢-٢ نسبة المياه إلى الأسمنت:

يجب تنظيم كمية الماء في الخلطات الخرسانية بحيث يكون تناسق الخرسانة (الهبوط)، كما هو محدد حسب AASHTO T119، ضمن نطاق الهبوط الاسمي المدرج في الجدول (٧-١٥) أعلاه.

وحين يتجاوز هبوط الخرسانة تلك الحدود، يجب تعديل محتوى المياه في الدفعات اللاحقة لتقليل الهبوط وصولًا للنطاق المحدد، ويجب عدم استخدام دفعات الخرسانة ذات الهبوط الذي يتجاوز الحد الأقصى للهبوط في العمل ويجب التخلص منها في المواقع التي يعتمدها المهندس.

ينبغي ألا تزيد كمية المياه الحرة المستخدمة في الخرسانة الهيكلية عن نسبة المياه الحرة إلى الأسمنت بقيمة ٠,٤٥ بالوزن، ويُعرف مصطلح المياه الحرة بأنه إجمالي المياه في الخلطة ناقص المياه التي يمتصها الركام للوصول إلى حالة السطح الجاف.

تتعد الأعضاء الخرسانية التي يزيد سمكها عن ٧٥٠ ملم كأعضاء خرسانية ضخمة؛ ويجب تطبيق توصيات وأحكام المعهد الأمريكي للخرسانة رقم: ٣٠١، الفصل ١٤ - الخرسانة الضخمة، وتقلل نسبة المياه إلى الأسمنت في الخرسانة الضخمة إلى ٠,٣٥ - ٠,٤ بالوزن.

يجب استخدام الخرسانة التي تلامس مواد الطرق الركامية/ أو التربة التي تحتوي على أملاح الكلوريدات، أو الكبريتات القابلة للذوبان في المياه التي تزيد عن ٠,٢٪ أو في المياه التي تحتوي على ما يزيد عن ١٠٠٠ جزء في المليون من الكلوريدات أو الكبريتات، على النحو المحدد في AASHTO T260 والمعيار EN 1744-1، الأسمنت من النوع الخامس المطابق للجزء (٧-٢-١) في المواصفات الحالية ويجب ألا تزيد نسبة وزن المياه الحرة إلى نسبة وزن الأسمنت عن ٠,٤، في حين يجب إنشاء الخرسانة التي تلامس التربة التي تحتوي على أملاح الكلوريدات أو الكبريتات القابلة للذوبان في المياه والتي تزيد عن ٠,٥٪ أو في المياه التي تحتوي على ما يزيد عن ٣٠٠٠ جزء في المليون وفقًا للمعالجات الخاصة الموضحة بالتفصيل في المواصفات الخاصة.

وحين يشمل تصميم الخليط خلطاً إضافيًا مخفضًا للمياه على نطاق مرتفع يلبي متطلبات AASHTO M194 من النوع (و) أو النوع (ز)، يجب اتباع الإجراءات التالية:

١- يجب ألا تتجاوز الجرعة الإجمالية (الأولية بالإضافة إلى جميع الجرعات اللاحقة) من مخفض المياه على نطاق مرتفع المئوية الموصى بها من الجهة المصنعة لوزن الأسمنت على أساس المواد الصلبة، ويُحدّد المواد الصلبة حسب الجزء ١٨-٢ من AASHTO M194، بقايا التجفيف بالفرن، وقد يتطلب أي تغيير في مصدر أو نوع المواد في خلطة العمل تحديدًا جديدًا للجرعات الإجمالية.
٢- يجب تصميم الخلطة للحفاظ على الهبوط المحدد في الجدول (٧-١٥)، أثناء التفريغ والصب.
٣- يجب أن يلتزم المقاول بالتحقق من نسب الخلطة وجرعات الخليط الإضافي مع الخلطات التجريبية قبل بدء الإنتاج، ويتم إنتاج الخلطات التجريبية في درجة الحرارة التقريبية للخلطة ودرجة حرارة الهواء وظروف الفاصل الزمني المتوقعة أثناء الإنتاج، على أن تكون قوة أسطوانة الخليط التجريبي في عمر ٢٨ يومًا متاحة قبل بدء الإنتاج.
٤- يجب تحديد الخصائص التالية من خلال إجراءات الخلط التجريبي الحقلي في كل مرة يتم فيها إدخال مادة جديدة أو خلط دفعي أو إجراء خلط:
أ- تكون نسبة المياه إلى الأسمنت وجرعات الخليط الإضافي مخفض المياه على نطاق مرتفع لازمة لتحقيق الهبوط المطلوب في درجات الحرارة المتوقعة في موقع المشروع.
ب- الوقت إلى تماسك الخرسانة (AASHTO T197).
ج- مقاومة الانضغاط في الخرسانة (AASHTO T22) في عمر يوم واحد (١) و٣ أيام و٧ أيام و٢٨ يومًا.
د- الفقدان المتوقع للهبوط أثناء صب الخرسانة في ظل ظروف المشروع.
٥- في حال استخدام الخلط الدفعي المستمر في الموقع، يجب معايرة المعدات كليًا طبقًا لتعليمات الجهة المصنعة باستخدام خلطة التصميم بحضور المهندس، ويلتزم المقاول بإجراء التعديلات في يجب جرعات الخلطات الإضافية أثناء الإنتاج للحفاظ على الهبوط المحدد في الجدول (٧-١٥) أثناء التفريغ والصب.
٦- في حالة استخدام الخلط في شاحنة التوصيل، يجب اتخاذ إجراءات اختبار الدفعة التالية، إجراءات الاختبار:
أ- الحجم التجريبي للدفعة – الحد الأدنى ٢ م٣.
ب- يجب أن تُعدل أعداد الأسطوانات للسماح باختبار ٣ أسطوانات في كل مرة.

ج- وتؤخذ القياسات والأسطوانات في الموقع لكل دفعة تجريبية.
الجرعات الأولية وعند الوصول في الموقع وقبل الجرعات: يكون الهبوط ودرجة الحرارة والأسطوانات بقيمة ١٢ بالنسبة للاختبار في عمر يوم واحد (١) و٣ أيام و٧ أيام و٢٨ يومًا؛ وبقيمة ٩ في الظروف الخاضعة للرقابة، وبقيمة ٣ في الظروف الحقلية، يجب أن يتم اختبار الأسطوانات الثلاث الخاضعة للظروف الحقلية بعد ٧ أيام أو حسب توجيهات المهندس.

د- بعد الجرعات والخلط مباشرةً: يكون الهبوط ودرجة الحرارة والأسطوانات بقيمة ١٢ بالنسبة للاختبار في عمر يوم واحد (١) و٣ أيام و٧ أيام و٢٨ يومًا؛ وبقيمة ٩ في الظروف الخاضعة للرقابة، وبقيمة ٣ في الظروف الحقلية، يجب أن يتم اختبار الأسطوانات الثلاث الخاضعة للظروف الحقلية بعد ٧ أيام أو حسب توجيهات المهندس.

ه- يكون بقيمة (٥) في خمس عشرة (١٥ دقيقة) وخمسة وأربعين (٤٥ دقيقة) وستين (٦٠ دقيقة) وخمسة وسبعين (٧٥ دقيقة) وتسعين (٩٠ دقيقة)، وبعد الجرعات والخلط: يكون الهبوط ودرجة الحرارة مع الأسطوانات بقيمة اثنا عشر (١٢) في نقاط جمع العينات عند ثلاثين (٣٠) وستين (٦٠) وتسعين (٩٠) دقيقة بالنسبة للاختبار في عمر يوم واحد (١) و٣ أيام و٧ أيام و٢٨ يومًا؛ وبقيمة (٩) في الظروف الخاضعة للرقابة، وبقيمة (٣) في الظروف الحقلية، يجب أن يتم اختبار الأسطوانات الثلاث (٣) الخاضعة للظروف الحقلية بعد سبعة (٧) أيام أو حسب توجيهات المهندس.

٧-٣-٣ أساليب التقييم:

قبل بدء أعمال إنشاء طبقة رصف الخرسانة الأسمنتية، يجب أن يلتزم المقاول بتقديم تقرير فني كامل أعدته جهة متخصصة معتمدة إلى المهندس، يجب أن يتضمن التقرير صيغة خلطة العمل للتصميم، ويجب أن يستند التقرير إلى نتائج الاختبارات المعملية باستخدام العينات التمثيلية من الركام، أو الأسمنت، أو المياه، أو الخلطات الإضافية أو المواد المضافة المحددة للاستخدام في تنفيذ العمل، كما يجب أن يشمل التقرير المعلومات التالية على الأقل:

١- نوع الأسمنت والخلطات الإضافية والمواد المضافة وشهادة المصدر لكلٍ منها.
٢- نتائج الاختبارات الأصلية التي تثبت امتثال الأسمنت لمتطلبات المواصفات الموقعة والمختومة من المقاول والمعمل المعتمد من الجهة.
٣- مصدر المياه المستخدمة في عملية الخلط والمعالجة بالإضافة إلى أصل جميع نتائج الاختبارات التي توضح امتثال المياه لمتطلبات المواصفات العامة أو الخاصة الموقعة والمختومة من المقاول.
٤- مصدر الركام الخشن والناعم وأصل جميع نتائج الاختبارات التي توضح امتثال المياه لمتطلبات هذه المواصفات العامة أو المواصفات الخاصة الموقعة والمختومة من المقاول، بالإضافة إلى نتائج الاختبارات التالية على الركام، والتي تكون لازمة لعملية تصميم الخلطة الموضحة في الجدول (٧-٢٠)، بالإضافة إلى ما يلي:
   أ- الحد الأقصى لحجم الركام (المطلق والاسمي).
   ب- عامل سلاسة الركام الناعم.
   ج- الكثافة الكمية للركام ونسبة امتصاصه للمياه طبقًا لمتطلبات ASTM C128وC127.
   د- وزن الوحدة الجافة من الركام الخشن طبقًا لمتطلبات ASTM C29.
٥- نسب المواد المتضمنة في تركيب الخلطة وحدود التفاوت المسموح بها لكل مادة.
٦- أصل نتائج الاختبارات التي تثبت امتثال الخصائص النوعية للخلطة للمتطلبات المُشار إليها في المواصفات الخاصة ووثائق العقد أو النوع المقترح من المقاول والمعتمد من المهندس، ما لم تنص المواصفات الخاصة ووثائق العقد على خلاف ذلك بالنسبة لنوع معين، مثل قيم هبوط الخرسانة وكثافتها ومقاومتها للضغط وقوة انثنائها ومؤشر مرونتها عند عمر ٢٨ يومًا أو أي عمر آخر يحدده المهندس، ويجب أن يكون التقرير موقعًا ومختومًا من المقاول.
٧- نوع وموقع الخلاط المقرر استخدامه مع نتائج اختبار الخرسانة المنتجة.
٨- أحوال الطقس وأحكام الإنشاء في الطقس الحار.
٩- التاريخ المقترح للبدء في إنتاج الخرسانة الأسمنتية.

يجب أن يلتزم المقاول بتقديم المواد الكافية المتضمنة في تركيب خلطة التصميم مثل الركام، والأسمنت، والمياه، والخلطات الإضافية والمواد المضافة إلى المهندس؛ للتحقق من نتائج اختبار خلطات التصميم وما إذا كانت صيغة الخلطة قد حققت متطلبات المواصفات، كما يجب أن يلتزم بتوفير الوصول لممثلي الوزارة إلى مواقع تخزين المواد وأخذ العينات، والاختبار، والإنتاج ومحطات الإنشاء في جميع الأوقات.

يجب أن يلتزم المقاول بتوفير الوصول للمهندس في جميع الأوقات إلى المنشآت المعملية والموظفين أثناء إعداد الخلطات التجريبية، كما يجب أن تؤدي الخلطات التجريبية التي أعدها المقاول إلى إنتاج خلطات خرسانية كثيفة تحتوي على الحد الأدنى من محتوى الأسمنت وتتسم بالتناسق المحدد والحد الأدنى من مقاومة الانضغاط لكل فئة من الخرسانة المدرجة في جدول الكميات وتكون مقاومة الانضغاط المبلغ عنها هي متوسط قوة الأسطوانة في نتائج اختبار ٣ أو ٢ من الأسطوانات الفردية طبقًا لإجراءات المعهد الأمريكي للخرسانة رقم: 214R.

كما يجب اختبار الخلطات الخرسانية طبقًا لـAASHTO T152 بشأن محتوى الهواء، وعند تصميم الخلطات الخرسانية، يراعي المقاول الإرشادات التالية:

يجب ألا يكون الحد الأقصى لحجم الركام في جميع فئات الخرسانة المتضمنة في المواصفات، باستثناء خرسانة التمهيد، أكبر من خُمس أضيق بُعد بين جوانب القوالب أو ثلث عمق البلاط أو ثلثي الحد الأدنى للتباعد الواضح بين قضبان التسليح الفردية أو حزم القضبان.

بعد إنجاز المقاول للاختبار اللازم لتصميم الخليط وحصوله على موافقة المهندس على نسب خلطة العمل لكل فئة من الخرسانة، يلتزم بأخذ عينات من جميع المواد المستخدمة في تصميم خلطات الخرسانة مع نسخة من تقارير خلطة العمل المعتمدة وتقديمها إلى جزء المواد لدى الجهة المسؤولة لمراجعتها، كما يجب اعتماد جميع عينات المواد من المهندس بوصفها تمثيلية لتلك المستخدمة في إجراء الاختبار وأن تكون بكميات كافية لإجراء جميع الاختبارات الفيزيائية والكيميائية المحددة وإعداد عينات الاختبار المطلوبة لأغراض تقييم المقاومة.

حين تكون المواد المقترحة من المقاول للاستخدام ذات طبيعة أو تدرج لا يمكن معهما استخدام النسب المستندة إلى الحد الأدنى من محتوى الأسمنت دون تجاوز الحد الأقصى المسموح به لمحتوى المياه، يجب تعديل النسب لإنتاج خرسانة تتسم بالاتساق المطلوب وقابلية العمل دون تجاوز محتوى المياه المسموح به، ولا يُسمح بأي زيادة في المدفوعات حين تؤدي هذه التغييرات إلى زيادة في محتوى الأسمنت.

ويجب تجهيز ست (٦) أسطوانات اختبار لكل خليط تجريبي وكل فئة من الخرسانة، ويلتزم المقاول بتوفير منشآت للمعالجة المناسبة لأسطوانات الاختبار، ويلتزم المقاول، بعد تقديم إخطار إلى المهندس وإتاحة الفرصة له للحضور، باختبار ثلاث (٣) أسطوانات بعد سبعة (٧) أيام من المعالجة والأسطوانات الثلاث (٣) المتبقية بعد المعالجة لمدة ثمانية وعشرين (٢٨) يومًا.

بعد تلقي تقرير تصميم الخليط الخاص بالمقاول، يلتزم المهندس بمراجعة المعلومات، وحين لا تلبي معلومات الخليط التجريبي لأي فئة من الخرسانة المواصفات، يوجه المهندس المقاول إلى تجهيز خلطات تجريبية إضافية، وحين يقرر المهندس أن مواد الخرسانة ونسب الخليط الموصى بها من المقاول مطابقة للمواصفات، يُسمح بالبدء في إنتاج الخرسانة، ويحظر إنتاج أو صب أي فئة من فئات الخرسانة إلا بعد مراجعة المهندس لمعلومات الخليط التجريبي والسماح بالبدء في الإنتاج.

ولا يؤدي اعتماد المهندس لنسب الخلطة، للمقاول في مسار الوقوف على تلك النسب، إلى إعفاء المقاول من المسؤولية عن إنتاج خرسانة مطابقة للمواصفات.

ويجب يتحمل المقاول جميع تكاليف تجهيز المنشآت المعملية والموظفين واختبار جميع المواد وتجهيز كل خليط تجريبي مطلوب وتقديم تقرير بالمعلومات إلى المهندس وجميع المهام الأخرى المرتبطة بتجهيز خلطات التصميم الخاصة بجميع فئات الخرسانة المحددة.

٧-٣-٤ معايير القبول:

يجب يلتزم المقاول بتقديم صيغة خلطة العمل للتصميم مع جميع ملاحقها على النحو المشار إليه في العنصر السابق، ويجب أن تلتزم الجهة المسؤولة بمراجعة صيغة خلطة العمل طبقًا للخطوات التالية:

يجب على المقاول التأكد من أن التقرير يشمل جميع المعلومات المطلوبة، وفي حالة اكتشاف نقص في المعلومات المطلوبة، تتم إعادة التقرير إلى المقاول في غضون سبعة (٧) أيام؛ لاتخاذ الإجراء اللازم وإعادة تقديمه.

في حال إنجاز التقرير غير إنه لا يمتثل للمتطلبات المحددة، يتم رفضه وإعادته إلى المقاول في غضون أربعة عشر (١٤) يومًا، وفي هذه الحالة، يجب يلتزم المقاول بإعداد صيغة خلطة تصميم جديدة وتقديمها، على أن تمتثل للمتطلبات المحددة للجهة المسؤولة.

ويجب التحقق من إمكانية تنفيذ الخلطة استنادًا إلى إنتاج أول يوم عمل من حيث الإنشاء والانضغاط.

ويحظر تغيير مصدر المواد وطرق تقسيمها وفحصها وخلطها وتخزينها (تكديسها)، كما لا يُسمح بتغيير طرق إنتاج خلطة الأسمنت عن الطرق المطبقة في إنتاج المواد المستخدمة في صيغة خلطة التصميم المعتمدة، حيث يقتضي أي تغيير من هذا النوع إعادة تقييم للخلطة، كما يحظر كذلك إجراء أي تغييرات في صيغة خلطة التصميم المعتمدة دون إعادة تقديم صيغة خلطة العمل المقترحة (الصيغة المُعدلة) طبقًا للخطوات المُشار إليها في الجزء الحالي.

٧-٤ متطلبات الإنشاء:

٧-٤-١ الخلط أثناء الإنشاء:

٧-٤-١-١ المواصفات العامة للخلاطات ومصانع الخلط الدفعي:

باستثناء ما ينص على خلاف ذلك في المواصفات الخاصة، يجب أن ينتج الخليط الخرساني الأسمنتي في خلاطات مركزية ذات سعة مناسبة، كما يمكن استخدام مصنع خلط دفعي أو خلاطات الخلط المستمر، وفي الحالتين، يجب أن تكون الخلاطات المستخدمة قادرة

على استخدام المياه واستكمال عملية الخلط في الخلاط من خلال استخدام صيغة الخلطة المصممة، كما يجب أن تكون قادرة على إنتاج خليط موحد متوافق مع المتطلبات المشار إليها في المواصفات الحالية أو المواصفات الخاصة، ويجب أن تتوافق الخلاطات مع AASHTO M157 أو ASTM C685.

كما يجب معايرة هذه الخلاطات وتزويدها بجميع أجهزة التحكم التي تسمح بتغذية الركام وفقًا للوزن والتدرج المعتمدين بالإضافة إلى تغذية الأسمنت والمياه ضمن حدود التفاوت المسموح بها.

يُسمح، عند الضرورة وبعد الحصول على الموافقة الخطية للمهندس، بإجراء الخلط الجاف مع خلط جميع المكونات ووضع المياه في شاحنة الخلط أثناء رحلتها إلى الموقع، شريطة ألا يؤدي ذلك إلى تدهور جودة الخرسانة أو زيادة عدم انتظامها، ويحق للمهندس زيادة عدد العينات أو تكرار أخذ العينات للتحقق من سلامة هذه الخرسانة.

باستثناء ما يتعارض مع المواصفات الحالية أو المواصفات الخاصة، يجب أن تحقق مصانع الخلط الدفعي متطلبات مواصفات ASTM C94 التي تتحكم في الخرسانة الجاهزة، كما يجب أن تحقق الخلاطات المستمرة متطلبات مواصفات ASTM C685 التي تتحكم في الخرسانة المنتجة عن طريق التصنيف الحجمي والخلط المستمر.

يجب مراعاة القدرة الإنتاجية العالية المطلوبة من خلال تنفيذ أعمال الخرسانة المضغوطة ببكرة عند اختيار نوع الخلاط الذي سيتم استخدامه، ويوصى باستخدام الخلاطات المستمرة بالنظر إلى قدرتها العالية وقدرتها على خلط المكونات الخرسانية المضغوطة بطريقة أكثر اتساقًا، كما يجب أن يكون موقع الخلاط أقرب ما يمكن إلى موقع العمل، ويفضل استخدام الخلاطات المتنقلة المقطورة كلما كان ذلك ممكنًا.

يجب أن يلتزم المقاول بأن يقدم مع تصميمه نوع صيغة الخلطة وموقع الخلاط المخصص للاستخدام، ويتم التحقق من إمكانية إنتاج خليط يتوافق مع المواصفات بناءً على إنتاج اليوم الأول، ولا يُسمح للمقاول ببدء الإنتاج قبل قبول المهندس للخلاط المخصص للاستخدام، ويتم إيقاف الإنتاج واتخاذ الإجراءات اللازمة لمعايرة الخلاط أو تعديل صيغة عمل التصميم إذا تبين أن الخليط المنتج لا يحقق المتطلبات المحددة.

يجب أن تُقاس المواد التي يتم دمجها لإنتاج الخرسانة بالوزن، باستثناء المياه التي يمكن قياسها بالوزن أو الحجم، يجب أن تكون الأوزان أو الأحجام مطابقة لخليط التصميم المقبول.

كما يجب أن يكون وزن الأسمنت دقيقًا بنسبة ٠,٥٪، وأن يكون وزن الركام الخشن والناعم دقيقًا بنسبة ٠,٥٪، ويجب أن يكون وزن المياه أو قياسها حجميًا دقيقًا بنسبة ١,٥٪.

قبل كل مشروع، يجب على المهندس جدولة معاينة منشآت المصنع لتقييم مطابقتها للمواصفات المذكورة أعلاه. يجب توخي الحذر بشكل خاص لضمان معايرة واعتماد نظام قياس وزن المصنع بشكل دوري.

٧-٤-١-٢ النقل:

يجب أن يلتزم المقاول بإعداد خطة لنقل الخليط الخرساني، وفقًا لجدول زمني للإنتاج والنقل حيث تكون الفترة الفاصلة بين وضع المياه على خلطة الركام والأسمنت وتوزيعه وبدء/ إنهاء الدمك أكثر من الفترات المنصوص عليها، كما يمكن نقل الخرسانة الأسمنتية (العادية) في شاحنات العربات القلابة المزودة بعربة قلابة مانعة للتسرب أو في شاحنة خلط، ويجب نقل الخرسانة الأسمنتية المضغوطة في شاحنات عربة قلابة، يجب أن يتم تنظيف الشاحنات بعد كل حمولة مع التأكد من عدم وجود مواد عالقة على الأسطح أو مناوبات الخلط في شاحنات الخلط، ويتم تفريغ الخليط من الخلاط إلى الشاحنات ونقله بطريقة تضمن عدم حدوث فصل للجزيئات، كما يجب تغطية شاحنات العربة القلابة أثناء النقل لمنع تبخر ماء الخلطة.

ويجب أن تتوافق الخرسانة التي يتم تسليمها في شاحنات الأسمنت (شاحنات خلطة العبور) مع جميع المتطلبات المحددة للخرسانة الجاهزة في AASHTO M157 ، ويجب عدم استخدام شاحنات خلط عابرة يكون فيها أي قسم من الشفرات باليًا بمقدار خمسة وعشرين (٢٥) ملم أو أكثر تحت الارتفاع الأصلي المُصنَع أو مع الخرسانة الصلبة المتراكمة أو المونة في أسطوانة الخلط.

٧-٤-١-٣ المناولة:

يجب القيام بمناولة الخرسانة أثناء جميع العمليات (الخلط والنقل والتوزيع والتشطيب) بالطريقة المناسبة لنوع طبقة الرصف وطريقة إنشائها، يجب ألا يؤدي ذلك إلى تلف الأسطح التي يتم إنشاء طبقة الرصف عليها، ويجب عدم تفريغ الخرسانة بطريقة حرة فوق قضبان حديد التسليح أو من ارتفاع يزيد عن ١ متر، حيث قد يؤدي ذلك إلى فصل الجزيئات، كما يجب ألا تؤثر طريقة مناولة الخرسانة على مواد التسليح للفواصل أو البلاط أو الطبقات عند استخدام طبقات الرصف المقوى.

٧-٤-١-٤ القيود المناخية:

يجب عدم تنفيذ أعمال الخرسانة الأسمنتية عندما تكون درجة الحرارة أقل من ٥ درجات مئوية أو حين يكون من المتوقع أن تنخفض في غضون ٤٨ ساعة، وعندما تتجاوز سرعة الرياح ٢٥ كم/ ساعة، وعلاوة على ذلك، يحظر تنفيذ أعمال الخرسانة الأسمنتية أثناء هطول الأمطار أو الغبار أو العواصف الرملية.

يجب إيلاء اهتمام خاص عند تنفيذ أعمال الخرسانة أثناء الطقس الحار (أكثر من ٣٨ درجة مئوية)، ويُحدّد التدابير المطلوبة في القسم الفرعي (٧-٤-٢-٣-١).

٧-٤-٢ صب الخرسانة:

يجب تنفيذ أعمال طبقة الرصف الأسمنتي وفقًا لطريقة المعهد الأمريكي للخرسانة رقم: 325.9R، باستثناء ما يتعارض مع المواصفات العامة أو المواصفات الخاصة أو وثائق العقد.

٧-٤-٢-١ تجهيز السطح:

يجب أن تتكون الطبقة الأساسية التي سيتم إنشاء طبقات الرصف الخرساني عليها من طبقة ما تحت الأساس أو طبقة أساس معالجة/ غير معالجة والتي يجب أن تلبي متطلبات الفصل ٤، أو من طبقة تحتية معالجة بالأسمنت/ غير معالجة والتي يجب أن تلبي متطلبات الجزء (٢-٧)، أو من أسطح الخرسانة الأسفلتية التي تلبي متطلبات الباب (٥) من متطلبات المواصفات الخاصة ووثائق العقد.

وقبل البدء في إنشاء طبقة الرصف الأسمنتي، يجب أن يكون السطح الذي سيتم إنشاء هذه الطبقة عليه سليمًا وممتثلًا للرسومات والمواصفات المعتمدة، من حيث المستويات والمنحدرات الطولية/ الجانبية ضمن التفاوت المسموح به لتلك الطبقة، ويجب أن يكون خاليًا من المواد السائبة أو أي تشوهات سطحية أخرى قد تؤثر على أداء الطبقة الجديدة.

يجب على المقاول إجراء مسح لسطح الطبقة الأساسية بالكامل والحصول على موافقة المهندس على ذلك، وإذا كان هناك تفاوت غير مسموح به، يجب على المقاول تعديل مستويات السطح لتصبح ممتثلة للمستويات الموضحة في الرسومات أو في المواصفات الخاصة، يجب أن يتم ذلك بطريقة تضمن الحصول على سطح ممتثل للمواصفات بعد الحصول على الموافقة الخطية للمهندس على طريقة المعالجة.

قبل البدء في صب الخرسانة، يجب ترطيب سطح الطبقة الأساسية بشكل موحد بالمياه، دون أن يؤدي ذلك إلى تشكيل مناطق تجميع مياه أو أجزاء ضعيفة.

٧-٤-٢-٢ القوالب المصبوبة:

يجب يلتزم المقاول بتجهيز القالب المصبوب وفقًا للخطوات التالية:

- تحديد نقاط التحكم في المسح المطلوبة لضبط المستويات والمحاذاة بالطريقة التي يقبلها المهندس.
- تثبيت الحبال الدليلية وضبط المستويات وإجهادها بالقوة المناسبة.
- تزويد الموزعات بوحدات استشعار أوتوماتيكية تمكن المعدات من اتباع الخطوط المرجعية تلقائيًا عند استخدام نموذج الانزلاق.

وعند استخدام قوالب ثابتة، يجب تركيب القوالب وفقًا للخطوط والمستويات المحددة في الرسومات بالطريقة التي يقبلها المهندس، قبل توزيع الخرسانة.

كما يجب أن يكون القالب الثابت من الصلب مع قسم معتمد وبعرض قاعدة لا يقل عن ١٠٠ ملم وبعمق مساوي لسمك طبقة الرصف. ويتم تثبيت القوالب بدعامات معدنية جانبية بطول مناسب، على أن يكون لكل مقطع من القالب ثقب في كل طرف مع فواصل على مسافات لا تزيد عن ٦٥٠ ملم، كما يجب دعم القالب الثابت بانتظام على الطبقة الأساسية، والتي يجب تعديلها وفقًا للمستوى والتخطيط المطلوبين، يجب أن يتم دعم القالب بطريقة تمنع انحرافه بأكثر من ٤ ملم عن المستوى الصحيح أثناء عمليات الرصف.

كما يجب الاحتفاظ بالقالب الثابت في مكانه لمدة يوم واحد بعد صب الخرسانة ويجب أن يتم فكه بطريقة لا تلحق الضرر بطبقة الرصف الأسمنتي، ولا يُسمح على الإطلاق باستخدام الأذرع الفولاذية بين القالب وطبقة الرصف المبنية لفك تعشيق القالب.

٧-٤-٢-٣ الصب:

٧-٤-٢-٣-١ المتطلبات العامة للصب:

يجب يلتزم المقاول بالتحقق، قبل صب الخرسانة مباشرةً، من صحة مستوى سلك الدرجة الذي يتحكم في معدات الصب مع الأرصفة ذات القالب المنزلق وارتفاع القالب الثابت، بحيث يكون سمك الطبقة ومستوى سطحها متوافقين مع متطلبات الرسومات والمواصفات الحالية، ويجب أن يستمر صب الخرسانة بين فواصل التمدد أو فواصل الإنشاء، كما يجب صب الخرسانة باستخدام طرق تقلل من فصل الجزيئات أو عدم انتظامها.

ويجب عدم البدء في صب الخرسانة لحين توافر كمية كافية من المواد المعتمدة لضمان استمرارية التشغيل، كما يجب عدم البدء في العمل لحين توافر معدات كافية في الاحتياطي في حالة التعطل.

يجب صب الخرسانة في أي جزء أو قسم من العمل في عملية واحدة مستمرة ويجب ألا يسمح بانقطاع في أعمال الخرسانة لمدة تزيد عن ٣٠ دقيقة ما لم يوافق المهندس على مدة أطول، ويجب صب كل طبقة وتوحيدها قبل أن تصل الطبقة السابقة إلى التماسك الأولي.

ويجب ألا يتم وضع الخرسانة الجديدة مقابل الخرسانة التي كانت في موضعها لأكثر من ٣٠ دقيقة، ما لم يتم تشكيل وصلة إنشاء، وفي حالة السماح بانقطاع أطول، يحظر ترسيب الخرسانة الجديدة على أو مقابل الخرسانة الموضوعة قبل الانقطاع لحين تماسك الأخيرة بما يكفي لمقاومة الإصابة، لمدة ساعة واحدة على الأقل، وينطبق الأمر

نفسه على الصب المجاور عند حدوث تغييرات مفاجئة في المقاطع، ويجب توخي الحذر بشكل خاص لضمان عدم تلف الخرسانة المتماسكة جزئيًا بفعل الصدمة أو أي سبب آخر على الإطلاق.

وبناءً على توجيهات المهندس أو ما تقتضيه المواصفات الخاصة أو على النحو الموضح في مخططات العقد، يجب أن يلتزم المقاول بصب الخرسانة في أي قسم معين من الأعمال دون أي انقطاع من أي نوع من بداية العملية إلى نهايتها.

تتم تسوية الخرسانة وتكثيفها وتشطيبها بالطرق الميكانيكية، ويمكن استخدام الطرق اليدوية لتشطيب سطح البلاط الخرساني حين يكون استخدام الطرق الميكانيكية غير عملي وعندما يكون عرض قالب الخرسانة أقل من ١,٣ متر، ولا يمكن إيقاف الصب إلا في وصلة التمدد أو وصلة الإنشاء.

يجب ألا يقل سمك طبقة الرصف الخرساني الأسمنتي عن سمك التصميم المعتمد عند استخدام طريقة العينة الواحدة، ويعتبر الحد الأدنى للسُمك المقبول لتحديد عامل الدفع بالطريقة الإحصائية هو سُمك التصميم المعتمد ناقص ١٠ ملم أو ١٠٪ من سُمك التصميم، أيهما أقل.

ويجب أن يتم اتخاذ الاحتياطات التالية أثناء تنفيذ أعمال الخرسانة الأسمنتية في الطقس الحار:

١- يجب ألا تتجاوز درجة حرارة الخرسانة ٣٨ درجة مئوية عند توريدها إلى الموقع.
٢- يجب استخدم الماء المثلج أو مكعبات الثلج في خلط الخرسانة لتقليل درجة الحرارة.
٣- يجب تبريد الركام من خلال إبقائه في مناطق مظللة ورشه بالمياه شريطة ألا يؤدي ذلك إلى زيادة في مياه الخلط أو معدلات تفاوتها.
٤- يحظر استخدام الأسمنت المورَّد من المصنع مباشرةً بل يُترك لبعض الوقت بما يكفي ليبرد بعد تخزينه في الصوامع.
٥- يجب استخدام نوع أسمنت مناسب لتنفيذ أعمال الخرسانة الأسمنتية في الطقس الحار.
٦- يجب القيام بالتخطيط المسبق لعملية نقل خلطة الأسمنت من موقع الخلط إلى موقع الصب بحيث يتم تنفيذها في أقصر وقت، كما يجب استخدام مثبطات التماسك عندما تتجاوز فترة النقل ٤٥ دقيقة.
٧- يجب تنفيذ الأعمال ليلًا عندما تنخفض درجة الحرارة، إذا لزم الأمر.
٨- يُرطب سطح الخرسانة باستمرار باستخدام قطرات المياه.
٩- ترش قضبان التسليح بقطرات المياه للتبريد قبل الصب مباشرةً دون أن يؤدي ذلك إلى ترطيب مفرط للسطح اللاحق الذي يجب صب طبقة الرصف الأسمنتي فوقه.
١٠- تُسجل التدابير التي يجب اتخاذها أثناء الطقس الحار عند تقديم صيغة الخلطة، والحصول على موافقة هندسية مسبقة.
١١- يحافظ على معدل تبخير مياه الخلط من سطح الخرسانة بحيث لا يتجاوز ١ كجم/ م^{٢} في الساعة، ويُحدّد معدل التبخير من خلال مؤشر رطوبة الهواء النسبي، ودرجة حرارة الخرسانة، وسرعة الرياح السائدة وفقًا لطريقة (ACI 305.1).

ويمكن تنفيذ الصب بأيٍ من الطرق التالية.

٧-٤-٢-٣-٢ رصف القوالب المنزلقة:

عندما تنص المواصفات الخاصة على استخدام طريقة القالب المنزلق، يجب على المقاول استخدام معدات صب متنقلة مجهزة بقوالب جانبية تتحرك مع حركة المعدات ومصممة لتوفير الحماية الجانبية للخرسانة أثناء الصب وطوال الفترة المطلوبة لإنتاج الطبقة وفقًا للمقطع المطلوب، بحيث يظل المقطع دون تغيير بعد مغادرة المعدات.

كما يجب على المقاول توفير المعدات القادرة على توزيع الخرسانة الجديدة، وتدرجها، وتسويتها، وتشطيبها، في جميع أنحاء الطبقة في دورة واحدة وبأقل قدر ممكن من التداخل اليدوي بحيث يكون من الممكن الحصول على رصف ثابت وموحد، ويجب أن يتم تشغيل المعدات بشكل مستمر دون توقف طوال مدة وردية العمل، يجب أن يتم توفير المزيد من العمالة والمعدات إذا كان الرصف يتطلب الإنشاء خارج حدود القالب الجانبي، بعد الترتيب لذلك مسبقًا بموافقة المهندس.

ويجب أن تقوم المعدات بتكثيف الخرسانة على كامل عرض الطبقة وعمقها، ويجب أن تتم عملية التكثيف هذه باستخدام الهزازات الداخلية التي تعمل بتردد لا يقل عن ٦٠٠٠ اهتزاز في الدقيقة، ويجب إيقاف صب الخرسانة عند توقف الهزازات عن العمل واستخدام الهزازات الاحتياطية مباشرة؛ لإنجاز عملية تكثيف الخرسانة المصبوبة، وتشغل المعدات في شكل حركة مستمرة إلى الأمام -قدر الإمكان-؛ بحيث تنفذ جميع عمليات الخلط والنقل والتوزيع بطريقة منسقة لتحقيق تقدم منتظم للعمل، وإذا تبين (لأي سبب) أنه من الضروري إيقاف حركة آلة الرصف إلى الأمام، يجب إيقاف الهزازات ووحدات الضغط تلقائيًا في نفس الوقت.

يبصحح الهبوط والانبعاج عند حواف الرصف التي تتجاوز ٦ ملم أثناء تنفيذ العمل، إن أمكن، وإذا لم يكن ذلك ممكنًا عندما تكون الخرسانة جديدة، يجب إزالة الهبوط المفرط على جانب البلاط عن طريق القطع بمنشار بما لا يقل عن ١٣٠ ملم من حافة طبقة الرصف واستبدال الجزء الذي أزيل وفقًا للطريقة المعتمدة من المهندس، ويمكن للمقاول إزالة البلاط بأكمله واستبداله بدلًا من اللجوء إلى عملية القطع بالمنشار، ولا تُدفع أي تكاليف إضافية للمقاول مقابل الإصلاحات.

عندما تصب الخرسانة بالتوازي مع رصف نفذ مسبقًا، يمكن إنشاء منصات لتكون قادرة على صب الخرسانة وتشطيبها، كما يُسمح لمعدات السلسلة بالمرور فوق الرصف، من جانب واحد من آلة الرصف، شريطة أن:

١- يكون قد مر ما لا يقل عن ٧٢ ساعة منذ صب الرصف.
٢- لا يتجاوز الضغط الناجم عن آلة الرصف على الرصف المبني ٢٠٠ كيلو باسكال.
٣- يجب أن تكون سلاسل معدات الصب (الموزع) مزودة بوسادات حماية من المطاط أو البلاستيك، وإلا، يجب حماية أسطح الرصف الحالية من التلف.
٤- يحظر تشغيل أي جزء من معدات السلسلة على مسافة ٣٣٠ ملم من طبقة الرصف المبنية.

كما يجب إصلاح أي جزء من طبقة الرصف المبنية التي تضررت أثناء العمل بسبب معدات المقاول بالطريقة التي يقبلها المهندس وعلى نفقة المقاول.

باستثناء المناشير الميكانيكية المستخدمة في إنشاء فواصل الانكماش، لا يُسمح لأيٍ من معدات المقاول بالمرور فوق طبقة الرصف إلا بعد ١٤ يومًا من الصب أو عندما تحصل الخرسانة على ٨٠٪ من قوتها، أيهما أقل، شريطة ألا يتجاوز إهلاك طبقة الرصف الناشئ عن مرور المعدات نسبة ٥٪ من عمرها التصميمي بأي شكل من الأشكال.

٧-٤-٢-٣-٣ الرصف بالقوالب الثابتة:

عندما تشير المواصفات إلى استخدام طريقة القوالب الثابتة، يجب توفير المعدات اللازمة، أي الموزع وآلة الصقل وذراع التسوية، ويمكن استخدام آلة واحدة تقوم بتنفيذ اثنتين أو أكثر من تلك العمليات إذا ثبت أنها تحقق نتائج مقبولة، يجب أن تكون الآلات آلية ويجب تكون عجلاتها مزودة بإطارات مطاطية.

يجب أن توزع الخرسانة بانتظام بين جانبي القالب مباشرةً بعد صبها باستخدام موزع، ويلي الموزعُ آلة الصقل المزودة بما لا يقل عن حافتين مستقيمتين اهتزازيتين، ويتم تزويد الموزع أو آلة الصقل بمعدات اهتزازية لتكثيف الخرسانة في جميع أنحاء عرض الرصف بينما يتم تركيب الهزازات في الجزء الخلفي من الموزع أو آلة الصقل.

ويحظر أن تستند أجهزة الاهتزاز على طبقات الرصف الجديدة أو القالب الجانبي، ويجب ألا تلامس أي قضبان ربط أو مسامير تثبيت، ويتم التحكم في تشغيل الهزازات بحيث تتوقف عملية التكثيف عند توقف الآلة عن الحركة، وتشغل الهزازات بمعدل ٥٠٠٠ اهتزاز على الأقل في الدقيقة.

يتوزع الخرسانة على كامل عرض طبقة الرصف قبل تسوية السطح بآلة الصقل، وتسوى الخرسانة ودمكها بحيث يصبح سطحها ممتثلًا لمستوى السطح المبني، والقطاع العرضي الموضح في رسومات المشروع مع ترك كمية كافية من خليط الخرسانة لعملية ذراع التسوية، ويجب أن يتحرك الموزع أو آلة الصقل فوق الرصف (لعدة مرات) على المسافات المطلوبة لتحقيق التكثيف المتكامل.

وبعد التشطيب وتكثيف طبقة الرصف، يجب التحقق من مستوى السطح وضبطه، وبعد ذلك، يجب مسحها بذراع تسوية طولي معتمد، ويمكن للمقاول استخدام ذراع تسوية طولي يتكون من واحد أو أكثر من أذرع تسوية القطع والتشطيب المعلقة والموجهة من إطار صلب محمول على أربع عجلات على الأقل.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن للمقاول استخدام ذراع تسوية طولي يعمل في حركة نشر تحمل في وضع عائم موازي للخط المركزي للطريق أثناء مروره المنتظم من جانب إلى الجانب الآخر من جوانب الرصف، على أن تكون الحركات الأمامية على طول الخط المركزي للطريق بأكمله في شكل حركات أمامية متتالية لا يزيد طولها عن نصف طول ذراع التسوية، وبدلًا من استخدام أي نوع من أذرع التسوية الطولية المذكورة أعلاه، يمكن استخدام آلة واحدة تكون قادرة على تنفيذ أعمال الدمك والتسوية وذراع التسوية، ويمكن سحب هذه الآلة في الجزء الخلفي من الموزع بحيث تكون الآلة قادرة على تنفيذ أعمال التسوية وذراع التسوية، كما يجب أن تكون مجهزة بحواف تسوية مستقيمة وهزازات كما هو مذكور أعلاه، ويتم تنفيذ عملية ذراع التسوية باستخدام ذراع تسوية غير اهتزازي محمول بطريقة معلقة على الإطار.

وإذا ثبت أن أيًا من معدات التوزيع والتسوية والتشطيب المستخدمة غير كافية لتحقيق النتائج المطلوبة، يجب إصلاح تلك المعدات أو استبدالها بمعدات أخرى مناسبة أخرى أو تكملتها بمزيد من المعدات.

٧-٤-٢-٣-٤ الطرق اليدوية:

لا يمكن استخدام الطرق اليدوية إلا في الأماكن التي يستحيل فيها استخدام المعدات الميكانيكية، بموافقة المهندس، وعندما يُسمح بالطرق اليدوية، يجب صب الخرسانة وتوزيعها وتسويتها بحيث يكون مستوى السطح ممتثلًا للخطوط والمستويات المطلوبة، ويتم تحريك لوح الصقل للأمام في حركة طولية وجانبية مع الضغط بحيث لا يكون مستوى سطح الخرسانة أعلى من مستوى أيٍ من نهايات القالب الجانبي، وأثناء عملية الصقل، يجب الحفاظ على كمية صغيرة من الخرسانة أمام حافة القطع للوح الصقل دائمًا.

كما يجب هز الخرسانة ودمكها بواسطة هزاز داخلي يعمل بحد أدنى يساوي ٥٠,٠٠٠ اهتزاز في الدقيقة، ويُسمح باستخدام الهزازات في دفع الكتلة الخرسانية؛ وبعد الانتهاء من عملية التكثيف، يجب تسوية الخرسانة إلى المستوى الصحيح والقطاع العرضي للسطح باستخدام المكثف أو آلة الصقل أو باستخدام هزاز ميكانيكي يمتد على العرض الكامل بين جانبي القالب، كما يجب ترك كمية صغيرة من الخرسانة أمام المكثف أو الهزاز، ويستمر التكثيف لحين الحصول على القطاع العرضي المطلوب ودفع المونة قليلًا نحو السطح، كما يمكن استخدام طرق أخرى معتمدة لصقل الخرسانة.

أثناء صب الخرسانة في تدرجات تزيد عن ٥٪، قد تكون هناك حاجة إلى لوح صقل سطحي ثاني لتمريره خلف معدات الدمك أو الهزاز، ويتم استخدامه بنفس الطريقة التي يستخدم بها معدات الدمك لإزالة أي انبعاجات ناشئة عن تدفق الخرسانة.

وبغض النظر عن الطريقة المستخدمة، من المهم ضمان الحصول على السمك المطلوب للطبقة وسلاسة سطحها ضمن حدود التفاوت المسموح بها والتي يتم قياسها في اتجاهين عموديين باستخدام حافة مستقيمة معدنية بطول ٣ أمتار.

٧-٤-٢-٤ أبعاد البلاط:

يجب تجنب أبعاد البلاط التي تزيد عن ٥ م × ٥ م بسبب فرص زيادة التشقق غير المراقب.

وتميل الشقوق أيضًا إلى التكوّن على ألواح الرصف ذات الأشكال الغريبة أو غير المنتظمة وفي الألواح التي تتضمن المنشآت والتضمينات الأخرى، ولتقليل احتمالية التشقق يكون للألواح مربعة الشكل تقريبًا أو مستطيلة الشكل أداء أفضل على المدى البعيد، شريطة أن تكون نسبة الطول الطولي إلى الطول المستعرض بترتيب يتراوح من ٠,٨ إلى ١,٢٥. وإذا كان من المستحيل تجنب البلاط ذي الشكل الغريب، يجب تقويته في الاتجاهين مع التسليح المناسبة (شبكة فولاذية وحصائر قضبان ونسيج سلكي ملحوم وما إلى ذلك).

٧-٤-٣ صقل الخرسانة ونسيجها:

حماية السطح من التلف بفعل الأمطار.

بعد ذراع التسوية، يتم فحص سطح الخرسانة الجديدة بمسطرة مستقيمة مقاس ٣ أمتار، وتتم إزالة المناطق المرتفعة المشار إليها بالمسطرة المستقيمة، ويتم لف كل فحص متتالي بالمسطرة المستقيمة مقاس ١,٥ متر فوق مسار الفحص السابق.

كما يصحح انحدار حافة الرصف الذي يزيد عن ٦ ملم في ٣ م قبل تصلب الخرسانة، وإذا تجاوز هبوط الحافة ٢٥ ملم على أي مسافة بطول ٠,٣ متر أو أكثر من الخرسانة الصلبة، تتم إزالة اللوح بالكامل واستبداله بين الفواصل العرضية والطولية.

قبل تماسك الخرسانة بشكل مبدئي، يتم العمل على حواف الرصف على كل جانب من فواصل التمدد المستعرضة والفواصل المُشكّلة وفواصل الإنشاء المستعرضة وفواصل الإنشاء في حالات الطوارئ لإنتاج نصف قطر مستمر ٦ ملم وتشطيب مونة سلس وكثيف، ويحظر استخدام المونة المتراكم لتدوير الحواف.

وفي حالة ظهور تشققات دقيقة أو فحص الشعر في الخرسانة الموضوعة حديثًا قبل صبها جيدًا، توضع المياه على سطح الخرسانة، في شكل ضباب ناعم لحين إنجاز عمليات التشطيب وتطبيق المعالجة.

ويوضع الضباب على المنطقة بين آلة الصقل، وآلة التشذيب، وإذا لم يكن الجمع بين استخدام مركب الضباب والمعالجة فعالًا أو لن يكون فعالًا في منع تشقق الانكماش البلاستيكي، توقف عمليات الرصف لحين تحسن الظروف البيئية بشكل كبير أو لحين الموافقة خطيًا على التدابير الوقائية الأخرى، ويجب أن يلتزم المقاول باستخدام إحدى طرق الصقل التالية، على النحو الموضح في مخططات العقد أو المدرج في المواصفات الخاصة أو حسب توجيهات المهندس:

١- طريقة التشذيب: قبل عمليات المعالجة، يتم أولًا بتركيب الرصف الخرساني بشريط سحب من الخيش ثم باستخدام جهاز شوكة فولاذية زنبركية ميكانيكي والذي سيشكل حزوزًا موازية للخط المركزي، ولا يتم إجراء التشذيب في وقت مبكر جدًا، حيث قد تغلق الحزوز، بل يتم عمل شوكات من مقطع عرضي مستطيل وسمك ومرونة كافيين لتؤدي إلى حزوز متباعدة ١٩ ملم في المنتصف، وعرض ٢ – ٣ ملم، وعمق ٣ – ٥ ملم في الرصف الخرساني المصقول.

يتم تشغيل الآلة بسرعة تتماشى مع عمليات الرصف، وتُترك فجوة قدرها ٢٥ ملم بين كل شريط متدرج لمنع تداخل السطح المشذب بالشوكة وإنتاج مساحة سطح ضعيفة.

ويربط الرصف في حدود ٧٥ ملم ولكن ليس أقرب من ٥٠ ملم إلى حواف الرصف.

ويحظر رصف السطح المجاور للفواصل الطولية الضعيفة للمستوى، بل يجب أن تمتد المنطقة غير المشذبة إلى ما لا يقل عن ١٩ ملم ولا يزيد عن ٥٠ ملم من الخط المركزي للوصلة الطولية الضعيفة للمستوى.

ويتم إغفال التشذيب في هذا الموقع بعرض إجمالي لا يقل عن ٣٨ ملم ولا يزيد عن ١٠٠ ملم بشكل موحد طوال مدة العقد.

ويحافظ على جهاز التشذيب نظيفًا وخاليًا من المونة والحطام المغطى؛ لضمان أبعاد حزوز موحدة.

وولا يُشذب الرصف الذي تماسك، بينما تعمل العملية على رفع الركام من الرصف مما يؤدي إلى تمزيقه أو التسبب في خشونة مفرطة لسطح الرصف، وفي مثل هذه الحالة، يحزز الرصف المتصلد، حسب التوجيهات، على نفقتكم.

٢- طريقة ذراع التسوية المتأرجح: يوفر جهاز ذراع تسوية متأرجح طليق متصل بآلة رصف القوالب المنزلقة، خلف الوعاء المتوافق، القادر على إجراء الصقل النهائي على السطح الخرساني.

يجب أن يكون للآلة ذراع تسوية من الألمنيوم خفيف الوزن بعرض ٣٠٠ ملم وطول لا يقل عن ٣,٦ متر، والذي يتأرجح من الأمام والخلف في اتجاه حركة المرور، ويتم توفير ذراع تسوية قادر على اجتياز البلاط الخرساني بأكمله من حافة إلى أخرى.

وويوصل ذراع التسوية بطريقة تجعله مدفوعًا (متأرجحًا)، ومع ذلك فهو يطفو بحرية على سطح الخرسانة.

وويعدل حركات ذراع التسوية وضبطها؛ وفقًا لظروف السطح الخرساني وسرعة الرصف الأمامية.

٣- طريقة ذراع التسوية اليدوي: يتم صقل سطح الخرسانة بسلاسة وبشكل صحيح مستوي مع وجود ذراعي تسوية خشبيين بطول ٤,٨ م وسمك ٢٥ ملم وعرض ١٠٠ ملم، ومضلعين بشكل محكم وبمسامير ضبط بين الضلع وقضبان ذراع التسوية فيما لا يزيد عن ٦٠٠ ملم، لضمان توافر سطح صحيح ومسطح على الجانب السفلي في جميع الأوقات، ويتم تشغيل كل ذراع تسوية من جانب الرصف وبموازاة ذراع التسوية مع الخط المركزي للرصف، كما يتم استخدام حافة ذراع التسوية لقطع جميع المناطق المرتفعة، وتتم تسوية المادة التي تمت إزالتها إلى الانخفاضات حتى يتم الحصول على سطح صحيح، ويتم لف كل مرور متتالي لذراع التسوية فوق المسار السابق مباشرة، وعند الانتهاء من المرور، تتم إعادة ذراع التسوية ويتم تمليس التداخل بين الممرين.

يتم تشغيل أذرع التسوية في الجزء الخلفي من ماكينة الدمك بحيث تظل الخرسانة صالحة للعمل مع استخدم عدد كافي من التمريرات لإزالة جميع المناطق غير المنتظمة.

ويتم دائمًا توفير ذراع تسوية احتياطي واحد على الأقل بحالة جيدة.

الصقل النهائي: بعد الانتهاء من الصقل الأولي، يتم تدوير حواف مسار الرصف الأولية إلى نصف قطر ١٣ ملم، كما يتم تدوير فواصل التلامس المستعرضة وفواصل التمدد والفواصل المجاورة لرصف موجود بنصف قطر ٦ ملم.

وقبل عمليات المعالجة، أو حسب التوجيهات، يتم تركيب الرصف بشريط سحب من الخيش أو غيره من الأجهزة التي ستحقق تحزيزًا موازيًا للخط المركزي، يجب أن تتكون سحابات الخيش من قطعة واحدة أو أكثر من الخيش مثبتة على عضو عرضي يركب على القاعدة الترابية أو القوالب الجانبية عن طريق العجلات أو الانزلاقات لتشكيل شريط مستمر من الخيش بالعرض الكامل للرصف، ويجب الحفاظ على السحابات نظيفة وخالية من المونة المغطى.

ويتم التخلص من السحابات التي لا يمكن تنظيفها وتُستبدل بأخرى جديدة، ويتم طحن أو تحزيز الرصف الخرساني المكتمل، والذي لا يتضمن نسيج سطح مقاوم للانزلاق، عن طريق وسائل كاشطة لتوفير نسيج سطح مُرضي، ويجب أن يتم تشكيل سطح الطبقة لحين الحصول على عامل احتكاك مناسب لسطح الطبقة.

٧-٤-٤ صب الخرسانة:

يجب تنفيذ معالجة الخرسانة بعد الانتهاء من عملية التشكيل مباشرةً ولمدة لا تقل عن ٧ أيام، وإذا لاحظ المهندس أن المقاول لم يواظب على معالجة الخرسانة بالطريقة المطلوبة، يمكن له وقف تنفيذ أعمال الخرسانة في الموقع، ويتحمل المقاول المسؤولية كاملةً في هذه الحالة، ويُسمح ببدء العمل بعد أن يتعامل المقاول مع العيب وبعد موافقة المهندس، وفي حالة بدء تجفيف سطح الخرسانة قبل إنجاز عملية الصقل، يجب الحفاظ على رطوبته عن طريق رشه بالمياه دون التسبب في أي ضرر للسطح.

وإذا لزم الأمر، يمكن إزالة مواد المعالجة (مثل قطع وصلة الانكماش)، شريطة إعادتها إلى حالتها السابقة بعد إنهاء السبب مباشرةً.

ويمكن معالجة الخرسانة بأيٍ من الطرق التالية:

١- الغشاء البلاستيكي: يجب ترطيب سطح الطبقة بأكملها وجوانبها بقطرات مياه وتغطيتها بغشاء بلاستيكي بسمك كافي وخالي من الشقوق، كما يجب أن يتداخل طرفي الغشاء بطول ٥٠٠ ملم، وأن يتجاوز طول الغشاء جانب الطبقة بما لا يقل عن ضعف سمكه، ويتم التأكد من بقاء الغشاء ملامسًا لسطح الطبقة طوال فترة المعالجة، ويمكن استخدام أوزان مناسبة لمنع الرياح من إزالة الغشاء.

٢- مركبات الغشاء السائل: يمكن استخدام الغشاء الكيميائي السائل عن طريق رشه على السطح والجوانب لمنع مياه الخليط من التبخر وبالتالي استمرار عملية معالجة الخرسانة، يجب أن تتبع المركبات المكونة للأغشية السائلة متطلبات المواصفة SASO ASTM C309. يتم قياس فقدان الماء طبقاً للمواصفة SASO ASTM C156. عندما تتطلب وثائق العقد خصائص خاصة، يجب أن تتوافق مركبات المعالجة مع متطلبات SASO ASTM C1315.

٣- يجب أن يلتزم المقاول بتزويد المهندس بالمصادر وشهادة امتثال المواد المستخدمة للمواصفات، يجب رش الغشاء الكيميائي السائل على السطح بالكمية التي تضمن تغطيته بالكامل، شريطة ألا يقل معدل الرش عن القيمة الموصى بها من الجهة المصنعة، وإذا لزم الأمر، يمكن ترطيب السطح الخرساني بالمياه بعد رش الغشاء للفترة التي يحددها المهندس.

يجب رش مركب الغشاء السائل على سطح الخرسانة المنفذ في غضون ١٥ دقيقة بعد إنجاز عمليات تشكيل السطح وقبل الانكماش بسبب الجفاف، أو قبل أن تبدأ تشققات الشعر العشوائية في التكون، وإذا بدأ السطح في الجفاف أو بدأت الشقوق في الحدوث، يجب رش الخرسانة بالمياه على الفور باستخدام فوهة رذاذ، على أن يستمر ذلك لحين وضع المركب الكيميائي للمعالجة، ويحظر وضع مركب المعالجة على سطح تتجمع فيه المياه في حالة حرة، ويرش مركب المعالجة السائل بشكل موحد بمعدل يتراوح بين ١ – ١,٥ لتر لكل متر مربع، ويحدد المهندس معدل الرش الدقيق على أساس التجارب التي أجراها المقاول وما يضمن تحقيق تغطية موحدة دون وجود مناطق رقيقة أو تدفقات أو هبوط أو مناطق مكشوفة، ويتم تزويد وعاء مركب المعالجة السائل بزجاج متدرج للمراقبة للتحقق من الكميات المستخدمة.

وحين تزيد درجة الحرارة المحيطة عن ٣٠ درجة مئوية، يجب على المقاول رش سطح الخرسانة باستخدام جهاز رش مياه ضبابي.

وحين تستدعي الحاجة الرش الضبابي، يجب ترك السطح بأكمله مبللًا عن طريق إضافة المياه مع فوهة رذاذ بطريقة تتجنب حدوث تآكل بسبب كسح المياه أو غسل الخرسانة، على أن تستمر عملية ترطيب الخرسانة لمدة لا تقل عن ٧ أيام مع الإصلاح الفوري لأي ضرر قد يلحق بمركبات غشاء المعالجة.

٧-٤-٥ أساليب الإنشاء:

وُصفت جميع المتطلبات في الجزأين الفرعيين (٧-٤-١) و(٧-٤-٢).

٧-٤-٦ أساليب التقييم:

يجب أن يلتزم المقاول بمراقبة جودة أعمال طبقة الرصف الأسمنتي من جميع الأنواع من خلال تنفيذ جميع الإجراءات المطلوبة لضمان تحقيق المواد والطرق المستخدمة والأعمال المنفذة لمتطلبات الجودة المنصوص عليها في المواصفات الحالية ووثائق العقد.

تلتزم الوزارة بالتأكد من جودة المنتج من خلال التحقق من أن المقاول قد نفذ إجراءات ضبط الجودة بشكل مستقل على عينات تمثيلية وبأعداد كافية للحكم على معايير الإنشاء واتخاذ قرار بشأن قبول العمل المنفذ أو رفضه على النحو الموضح في الملحق ٢-٩ من المواصفات الحالية، باستثناء ما يشير إلى المواصفات الخاصة ووثائق العقد بخلاف ذلك.

٧-٤-٧ معايير القبول:

يتحكم المقاول في جودة المواد والأعمال المنفذة ويرصد النتائج ويُحللها ويستخلص بيانات الجودة للخصائص الهامة. يجب عليه أيضًا إجراء جميع الاختبارات والقياسات الموضحة في الجدول (٧-١٦).

يجب على المقاول تزويد المهندس بنسخ من جميع الاختبارات على الفور وتنفيذ جميع الخطوات المُوضحة في الملحق ٢-٩ من المواصفات الحالية.

الجدول (٧–١٦) إجراءات مراقبة جودة إنشاء طبقة الرصف الأسمنتي.

العمل	الخصائص	طريقة إجراء الاختبار	موقع أخذ العينات	إعادة أخذ العينات	المتطلبات
العمل أثناء الإنشاء	معايرة الخلاطات	ASTM C94	في الخلاطة	عند إعداد معادلة خلط التصميم قبل بدء العمل وبشكل دوري أسبوعيًا	الجزء ٧-٣
	محاذاة البلاطات المصبوبة ومستوياتها وسمكها	قياسات المسح	في الموقع	عند تسليمها من المهندس	الجزء الفرعي ٧-٤-٢
	قضبان تسليح البلاطة.	قياسات المسح	في الموقع	أثناء التسليم من المهندس	الجزء الفرعي ٧-٢-٧
	مواقع قضبان التسليح المفصلية ومستوياتها وقطرها	قياسات المسح	في الموقع	أثناء التسليم من المهندس	الجزء ٧-٦
	القوة الضاغطة *	AASHTO T22	في الموقع	اختبار واحد لكل ١٠٠٠ م^2 أو يوم عمل واحد أيهما أقل، وتحضير العينات وفقًا ل ASTM C617	الجزء ٧-٢
	مقاومة الثني *	AASHTO T97		اختبار واحد لكل ١٠٠٠ م^2 أو كل يوم عمل واحد أيهما أقل، وتحضير العينات وفقًا ASTM C42J	
	الهبوط	AASHTO T119		اختبار واحد من كل حمولة	
	كمية الأسمنت	ASTM C1084		عندما يطلب المهندس	

العمل	الخصائص	طريقة إجراء الاختبار	موقع أخذ العينات	إعادة أخذ العينات	المتطلبات
الأعمال المنفذة	كثافة الطبقة غير المترابطة في الحقل	AASHTO T310 أو أي طريقة غير إتلافية مُعتمدة.		اختبار واحد كل ٥٠٠ م٢ مباشرة بعد الضغط	
	مواقع الفواصل وأحجامها	رسومات العقد ووثائقه		عند التسليم من المهندس	
	مقاومة الانزلاق	ASTM E274 أو رقم E2340		اختبار واحد لكل ١٠٠٠ م٢ أو كل يوم عمل واحد أيهما أقل	
	السُمك	عينات جوفية محفورة في الخرسانة الأسمنتية وفقًا لـAASHTO T24		خمسة عينات لكل ١٠٠٠ م٢ أو كل يوم عمل واحد أيهما أقل	
	المستويات والأبعاد	قياسات المسح		مقاطع عرضية لكل ٢٥ م أو ٥ مقاطع عرضية لكل ١٠٠٠ م٢ أيهما أكبر	
	نعومة السطح	مسطرة تقويم		خمسة قياسات لكل ١٠٠٠ م٢ أو القياس بين كل مقطعين عرضيين معتمدين أيهما أكبر	الجزء ٧-٢
	خشونة سطح الطريق	ASTM E1274 أو رقم E1363 أو رقم E1926		أثناء إعداد شهادات الدفع الدورية	

ملحوظة:

١- يجب تحضير ثلاث عينات من كل خلطة مختبرة لقياس مقاومة الانضغاط وقوة الانحناء. يعتبر متوسط نتائج العينات الثلاث بمثابة القوة المعتمدة للتقييم.

يحق للجهة المسؤولة في أي وقت التأكد من جودة الأعمال المُنفذة والمواد من خلال تنفيذ أو طلب – بإشرافها المباشر – إجراء اختبار مواد طبقة الرصف الأسمنتي وفحص الأعمال المنفذة أو بعض عناصر ضبط الجودة المشار إليها في هذه الفقرة.

يحق للوكالات أيضًا مُراجعة سجلات المقاول لضبط الجودة، ومقارنة تلك السجلات إحصائيًا بالنتائج التي تحصل عليها بالطريقة التي تحددها لضمان الجودة، على النحو المُحدد في الملحق (ج) من المواصفات الحالية. كما يمكنها فحص معمل المقاول ومعداته وموظفيه التقنيين، وطرق الاختبار، والمواقع، وطرق الإنتاج، والإنشاء، التي يطبقها المقاول لضمان كفاءة موظفيه التقنيين، ومعداته، والامتثال للطرق المطبقة للاختبار، والإنشاء، والفحص بالطرق المعتمدة.

٧-٤-٨ القياس والدفع:

تُقاس طبقات الرصف من الخرسانة العادية، أو الخرسانة المسلحة، أو المضغوطة في الموقع أو الخرسانة مسبقة الصب بالمتر المكعب أو وفقًا لمواصفات خاصة. ومع ذلك، تُقاس طبقات الرصف من البلاط الخرساني المتداخل بالمتر المربع. تُقاس الأعمال المنفذة والمقبولة فنيًا بعد وضع الخرسانة؛ وفقًا للسمك المحدد، والأبعاد، والمستويات الموضحة بالرسومات أو حسب تعليمات المهندس. لا يسمح بإجراء أي قياس لغرض الدفع للمواد الموضوعة خارج حدود العمل الموضحة في الرسومات أو المواصفات الخاصة أو التي يحددها المهندس.

يجب تكون المبالغ المدفوعة مقابل الأعمال المنفذة والمقبولة فنيًا ضمن الحدود والأبعاد المعتمدة وفقًا لمعدلات العقد، أو الأسعار المخفضة بسبب أعمال ضمان الجودة عندما تنص وثائق العقد على ذلك.

تُعد المبالغ المدفوعة تعويضًا تامًا عن استخراج المواد، وتوريدها، وخلطها، ونقلها، وفردها، وترطيبها، وتكثيفها، ودمكها أو أيّ منها وتشطيب العمل، وتنفيذ جميع أنواع الفواصل بما في ذلك المواد اللازمة لتعبئتها، كل ذلك وفقًا لهذه المواصفات والمواصفات الخاصة ووثائق العقد. وتُعد أيضًا تعويضًا تامًا عن تشغيل وتوفير الآلات والمعدات والعمالة وإجراء الاختبار والقياس وجميع متطلبات تنفيذ الأعمال وفقًا للرسومات والمواصفات الخاصة والمواصفات العامة والفوائد والإيرادات ومدفوعات الغير. تكون المبالغ المدفوعة وفقًا للعناصر الموضحة في الجدول (٧-١٧)، شريطة ألا تتعارض مع وثائق العقد.

الجدول (٧–١٧) بنود عمل طبقة الرصف الخرسانية.

رقم البند	بند العمل	وحدة القياس
١,٧	تجهيز السطح (عندما تنص وثائق العقد على الدفع بشكل منفصل)	م^{٢}
٢,٧	حديد التسليح (عندما تنص وثائق العقد على الدفع بشكل منفصل)	طن
٣,٧	خرسانة أسمنتية عادية	م^{٣}
٤,٧	خرسانة مسلحة	م^{٣}
٥,٧	خرسانة مضغوطة ببكرة	م^{٣}
٦,٧	خرسانة مسبقة الصب	م^{٣}
٧,٧	بلاط خرساني متداخل	م^{٢}
٨,٧	فرش طبقة رملية للبلاط الخرساني المتداخل (عندما تنص وثائق العقد على الدفع بشكل منفصل)	م^{٢}

٧-٥ الخرسانة ذاتية الدمك:

٧-٥-١ التعريفات:

الخرسانة ذاتية الدمك، هي خرسانة قابلة للانسياب للغاية وغير منفصلة يمكن فردها في مكانها وتملأ كل ركن من القوالب وتغلّف حديد التسليح دون أي دمج ميكانيكي.

١- قدرة التمرير: قدرة الخرسانة ذاتية الدمك على التدفق تحت وزنها (دون اهتزاز) وملء جميع المساحات بالكامل داخل القوالب المُتشابكة، والتي تحتوي على عقبات، مثل حديد التسليح.
٢- اختبار J-Ring: يستخدم الاختبار لتحديد قدرة مرور الخرسانة ذاتية الدمك أو الدرجة التي يتم بها تقييد مرور الخرسانة عبر قضبان جهاز J-Ring.
٣- اختبار تدفق J-Ring: مسافة التدفق الجانبي للخرسانة باستخدام جهاز J-Ring مع المخروط المنخفض.
٤- تدفق الهبوط: طريقة الاختبار المستخدمة لقياس التدفق غير المقيد وثبات الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام مخروط منخفض (بوضع رأسي أو مقلوب).
٥- فرد التدفق الهابط: تُحدد القيمة العددية للتدفق بالملليمتر على أنها متوسط قطر الترسيب الدائري للخرسانة ذاتية الدمك في ختام اختبار الهبوط.
٦- قيمة T50: الزمن (بالثواني) الذي تستغرقه حافة الكتلة الخرسانية للوصول إلى قطر ٥٠٠ ملم من وقت رفع القالب لأول مرة في اختبار التدفق الهابط.
٧- الثبات: قدرة الخليط الخرساني على مقاومة انفصال المعجون عن الركام.
٨- الفصل الاستاتيكي (عامل الفصل): فصل المونة عن الركام الخشن الذي يحدث بعد صب الخرسانة بينما لا تزال الخرسانة في حالة اللدائن.

٩- تصنيف مؤشر الاستقرار البصري (VSI): تقييم تجانس الخرسانة بناءً على الفحص البصري لعينة الخرسانة في نهاية اختبار التدفق الهابط.

٧-٥-٢ المواد:

يجب أن تكون المواد مناسبة للاستخدام المقصود في الخرسانة ويجب ألا تحتوي على مكونات ضارة بكميات قد تضر بجودة أو متانة الخرسانة أو تسبب تآكل حديد التسليح.

١- يجب أن يتوافق الأسمنت البورتلاندي مع ASTM C150، النوع الأول، والثاني، والأول/الثاني، والثالث، والخامس.
٢- يجب أن يتوافق الركام الناعم والخشن مع ASTM C33.
٣- يجب أن تتوافق المياه مع ASTM C1602.
٤- يُفضل توفير الخلطات من جهة تصنيع واحدة معتمدة، ويمكن توفيرها، عند الاقتضاء، من مصادر مختلفة إذا ثبت للمقاول توافق المواد. تم الإبلاغ عن التوصيات والمبادئ التوجيهية لاستخدام المضافات في SCC في الفصل ١٨ من تقرير المضافات الكيميائية للخرسانة (ACI 212.3R، ٢٠١٦). في أي حال، مضافات SCC، حيث يجب أن تتوافق الخلطات مع ما يلي:
أ- الخصائص: متوافقة مع بعضها البعض وخالية من الكلوريدات المضافة عن قصد.
ب- الخلطات الإضافية الحابسة للهواء: يجب أن تتوافق مع ASTM C260.
ج- خليط مخفض للمياه: يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع أ.
د- خليط إضافي مخفض للمياه على نطاق متوسط: يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع أ.
ه- خليط إضافي مخفض للمياه على نطاق مرتفع: يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع و.
و- خليط إضافي مُعجل: يجب أن يتوافق مع ASTM C494 أو النوع ج أو ه.
ز- خليط إضافي لتأخير الشك: يجب أن يتوافق مع ASTM C494 أو النوع ب أو د.
ح- خليط إضافي للتحكم في الترطيب: يجب أن يتوافق مع ASTM C494 أو النوع ب أو د.
ط- خليط إضافي للاحتفاظ بقابلية العمل: يجب الاحتفاظ بقابلية عمل الخرسانة دون التأثير على وقت التماسك أو تطوير القوة في مرحلة مبكرة. يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع ق.
ي- خليط إضافي مخفض للنفاذية: يجب أن يكون خلطاً بلوريًا متكاملًا مانعًا لتسرب المياه للخرسانة. يجب أن يستوفي المتطلبات التالية، عند استخدامه بالكمية التي توصي بها الشركة المصنعة:
i. انخفاض الامتصاص الشعري: ما لا يقل عن ٤٠٪ بالنسبة لخليط خرساني مصاحب غير معالج، عند اختباره وفقًا ASTM C1585.
ii. يجب ألا يؤثر الخليط على وقت التماسك أو القوة أو خصائص المتانة للخرسانة.
ك- خليط إضافي لتعديل اللزوجة: يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع ق.
ل- خليط إضافي مثبط للتآكل: يجب أن يكون محلولًا اسميًا بنسبة ٣٠٪ من نترات الكالسيوم أو خلطاً عضويًا مثبطًا للتآكل يعتمد على الأمين/الإستر.
م- خليط إضافي يُقليل الانكماش: يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع ق.
ن- خليط تثبيط تفاعل القلويات - السيليكا: يجب أن يحتوي على نسبة ٣٠٪ من نترات الليثيوم الاسمية. يجب أن يتوافق مع ASTM C494، النوع ق.
س- يجب أن يوافق المهندس على الخلطات الإضافية الأخرى.
٥- المواد الأسمنتية التكميلية (SCM): يتم استبدال الأسمنت بالمواد الأسمنتية التكميلية على أساس الكتلة:
أ- الرماد المتطاير: يجب أن يتوافق مع ASTM C618.
ب- أسمنت الخبث: يجب أن يتوافق مع ASTM C989.
ج- دخان السيليكا: يجب أن يتوافق مع ASTM C1240.
د- الميتاكولين: يجب أن يتوافق مع مواصفة ASTM C618، الفئة ن.
٦- الألياف:
أ- الألياف الاصطناعية الدقيقة: يجب أن تتوافق مع ASTM C1116. يجب توفير حد أدنى لنسبة تقليل التشققات (CRR) بنسبة ٤٠٪ عند الاختبار وفقًا ASTM C1579.
ب- الألياف الاصطناعية الكبيرة:
i. يجب أن تتوافق مع ASTM C1116؛
ii. يجب أن تكون لها نسبة قوة ثني مكافئة حسب توصيات الشركة المصنعة ومعتمدة من المهندس ومختبرة وفقًا لـASTM C1609؛ أو

iii. يجب أن تكون متينة حسب توصيات الشركة المصنعة ومعتمدة من المهندس ومختبرة وفقًا ASTM C1550.

ج- الألياف الفولاذية:

i. يجب أن تتوافق مع ASTM A820؛

ii. يجب أن تكون لها نسبة قوة ثني مكافئة حسب توصيات الشركة المصنعة ومعتمدة من المهندس ومختبرة وفقًا ل ASTM C1609؛ أو

iii. يجب أن تكون متينة حسب توصيات الشركة المصنعة ومعتمدة المهندس ومختبرة وفقًا ASTM C1550.

يجب ألا تقل كمية الألياف للأسطح الفولاذية المركبة عن ٢,٤ كجم/م^٣ للألياف الاصطناعية الكبيرة و١٤,٨ كجم/م^٣ للألياف الفولاذية، على النحو الموصى به في معايير المعهد الأمريكي للمعايير الوطنية/المواصفة القياسية لبلاطة السطح الخرسانية المركبة الفولاذية.

٧- مخفض التبخر: يجب أن يكون سائلًا أحادي الجزيء لتكوين طبقية رقيقة لتطبيقه على الخرسانة الطازجة لمنع التجفيف السريع للسطح. لا يمكن استخدام مخفض التبخر كمساعد تشطيب.

٧-٥-٣ المخاليط الخرسانية:

يجب على المقاول تزويد المهندس بنسبة خليط لاستخدام الخرسانة ذاتية الدمك. يكون خلطة التناسب وفقًا للمواصفات المحددة (القوة الضاغطة ومحتوى الهواء والتدفق الهابط وقيمة T50 ومؤشر الاستقرار البصري وقيمة اختبار J-Ring، وعامل الفصل).

يستخدم المقاول نفس المكونات في الدفعات التجريبية التي سيتم استخدامها في المشروع بما في ذلك الركام الخشن والناعم والحشوات الخاملة غير الأسمنتية والمياه ومصدر الأسمنت ونوعه والمواد الأسمنتية التكميلية والخلطات الإضافية شاملةً أي خلطات مضافة إلى الموقع ومخصصة للاستخدام.

يجب ألا تزيد نسبة الماء إلى المواد الأسمنتية عن ٠,٤٥ بالكتلة. المواد الأسمنتية التكميلية: يجب ألا يشكل الرماد المتطاير أو أنواع مواد البوزولان الأخرى ودخان السيليكا أكثر من ٢٥٪ و١٠٪ على التوالي من إجمالي كتلة المادة الأسمنتية.

يجب قياس تدفق الهبوط وفقًا لـASTM C1611. يُحدّد النطاقات النموذجية للتدفق الهابط في الجدول ٧-١٨. يجب تحديد تدفق الهبوط التصميمي لخلطة الخرسانة ذاتية الدمك بعد النظر في متطلبات المشروع. يجب أن يكون تدفق هبوط الخرسانة ذاتية الدمك المستخدمة في المشروع هو تدفق الهبوط التصميمي زائد أو ناقص ٥٠ ملم.

الجدول (٧–١٨) النطاقات النموذجية لتدفق الهبوط (DoMaT, 2020).

نوع الإنشاء	نطاق قيم التدفق الهابط (ملم)
البلاطات	٥٠٠ ـ ٧٥٠
أعضاء معماريون	٦٠٠ ـ ٧٥٠
جدار مسلح بشكل طفيف	٥٠٠ ـ ٧٥٠
عمود أو جدار مسلح بكثافة	٦٠٠ ـ ٧٥٠
أعمدة محفورة	٥٠٠ ـ ٦٠٠

يجب ألا يتجاوز تقييم مؤشر الاستقرار البصري (VSI) (وفقًا لـASTM C1611) 1.

يجب ألا يتجاوز الفرق بين تدفق الهبوط وتدفق J-Ring (كما تم قياسه وفقًا لـASTM C1621) 50 ملم.

يجب تحديد ثبات الخرسانة في المختبر قبل الموافقة على خلطة الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام طريقة اختبار ASTM C1610.
يجب أن يكون للخلطات الخرسانية الحد الأقصى للفصل الاستاتيكي (عامل الفصل) بنسبة ١٥٪.

يجب أن يكون محتوى الهواء أقل من ٣٪، حسب توصيات الشركة المصنعة وفقًا لاعتماد المهندس.

يكون الحد الأقصى للحجم الاسمي للركام الخشن على النحو التالي:

١- لا يزيد عن ١/٥ أضيق بُعد بين جوانب القوالب.
٢- لا يزيد عن ١/٣ عمق البلاطات.
٣- لا يزيد عن ٣/٤ الحد الأدنى للبعد الواضح بين قضبان التسليح الفردية أو الأسلاك أو حزم القضبان أو الأوتار الفردية أو الأوتار المجمعة أو القنوات.
٤- يجب أن يكون الحد الأقصى لحجم الركام ٢٠ ملم.

٧-٥-٤ أساليب الإنشاء:

يجب أن تكون القوالب الخرسانية وفقًا للأقسام الفرعية (٧-٤-٢-٢) و(٧-٤-٢-٣). يجب اتخاذ تدابير إضافية لإغلاق القوالب منعًا لتسرب معجون الأسمنت أو المونة.

يجب أن يتم تجميع المواد وفقًا لـASTM C94 وC1116. بالإضافة إلى استخدام مسبار الرطوبة، يجب تحديد محتوى الرطوبة في الركام مرة واحدة في اليوم قبل الخلط وفقًا لـASTM C70 أو C566. يجب أخذ عينات الركام في أقرب مكان ممكن من المنطقة التي يوجد فيها مسبار الرطوبة. يسمح باستخدام فرن الميكروويف أو لوحة التسخين لتجفيف الركام بالإضافة إلى استخدام الفرن. يجب أن يكون حجم الخرسانة المجمعة بحيث لا يحدث أي انسكاب أثناء النقل.

يتنقل الخرسانة وفقًا لـASTM C94 وC1116.

يجب وضع الخرسانة وحمايتها من ظروف الطقس الحار وفقًا لـ ACI 305.1.

وعادةً لا يكون الدمك ضروريًا بالنسبة للخرسانة ذاتية الدمك. ومع ذلك، يجب أن يكون لدى المقاول هزازات داخلية حسب توصيات معيار المعهد الأمريكي للخرسانة رقم ٣٠١ في الموقع في حالة الحاجة إلى اهتزاز داخلي بسبب التأخير في الوضع أو أن تدفق هبوط الخرسانة أقل من المتوقع ويجب وضعها لمنع تكون مفصل باردة.

يجب الحصول على موافقة مسبقة من المهندس إذا كان الحد الأدنى من الاهتزازات (الخارجية أو الداخلية) مطلوبًا للدمج المناسب بسبب ازدحام التسليح، أو قيود المساحة.

يكون تشطيب الخرسانة وفقًا للجزء الفرعي (٧-٤-٣). يجب أن يكون تصليد الخرسانة وحمايتها وفقًا لـ ACI 308.1.

٧-٥-٥ أساليب التقييم:

يجب على المقاول توفير ما يلي:

١- منشآت كافية للتخزين الآمن، والمعاجلة المناسبة لأسطوانات الاختبار الخرسانية في الموقع لأول ٢٤ ساعة أو لوقت إضافي حسب الحاجة قبل نقل العينات إلى معمل الاختبار.
٢- الخرسانة لإجراء اختبار تدفق الهبوط ومحتوى الهواء والكثافة (وزن الوحدة) ودرجة الحرارة ولصنع الأسطوانات.
٣- لا يمكن إضافة الماء إلى الخرسانة في موقع العمل.
٤- يجب أن يوافق المهندس على الإضافة الحقلية للخلطات، إذا لزم الأمر لأسباب لوجستية.

يجب على المقاول التشاور مع الشركة المصنعة للخلطة في تطوير عمليات ضبط الجودة المناسبة للمشروع.

يجب إجراء الاختبار الحقلي والفحص باتباع معيار المعهد الأمريكي للخرسانة رقم ٣٠١.

يُجري فني اختبار الخرسانة الحقلية من الدرجة الأولى التابع للمعهد الأمريكي للخرسانة الاختبارات الخرسانية، أو ما يعادلها، وأن يكون على دراية باختبار الخرسانة ذاتية الدمك.

تُجرى الاختبارات على الدفعة الأولى من اليوم ولكل ٥٠ م^3 أو جزء منها لكل خليط خرساني يوضع في أي يوم.

تقدم جهة الاختبار التي يقدمها المقاول ويوافق عليها المالك والمهندس الخدمات التالية:

١- فحص موضع الخرسانة.
٢- أخذ عينات من الخرسانة وفقًا لـ ASTM C172.
٣- يجب قياس تدفق الهبوط وفقًا لـ ASTM C1611. يمكن استخدام المخروط إما رأسيًا أو مقلوبًا. يجب اتباع نفس الإجراء خلال مراحل تنفيذ المشروع.

٤- تسجيل مؤشر الاستقرار البصري
٥- القدرة على اجتياز الاختبار وفقًا C1621 ASTM. يجب استخدام المخروط بنفس الطريقة المستخدمة في اختبار تدفق الهبوط.
٦- تحديد محتوى الهواء في العينة الخرسانية لكل اختبار مقاومة C231 ASTM أو C173، باستثناء أنه يجب ملء الخرسانة برافعة واحدة وعدم دمجها. يُسمح بدكٍ خفيفٍ على جانبي عداد الهواء.
٧- تحديد كثافة (وزن الوحدة) العينة الخرسانية لكل اختبار مقاومة C138 ASTM، باستثناء أنه يجب ملء الخرسانة برافعة واحدة وعدم دمجها.
٨- تسجيل درجة حرارة الخرسانة لكل اختبار مقاومة وفقًا C1064 ASTM.
٩- صب عينات الخرسانة لإجراء اختبار مقاومة الانضغاط على النحو التالي: صب ومعالجة ما لا يقل عن ثلاث أسطوانات ١٥٠ ملم في ٣٠٠ ملم أو أربع أسطوانات ١٠٠ ملم في ٢٠٠ ملم وفقًا C31 ASTM، باستثناء أنه يجب وضع الخرسانة في رافعة واحدة وعدم دمجها. ومع ذلك، يُسمح بالنقر الخفيف على جانبي الأسطوانات بيد مفتوحة. يمكن تعديل عدد الأسطوانات المراد صبها إذا كانت اختبارات المقاومة في غير الأعمار القياسية مطلوبة.
١٠- تسجيل بيانات الخرسانة الطازجة لكل مجموعة. يجب أن تشمل ورقة البيانات المعلومات التالية:
أ- رقم الخلطة
ب- القوام المحدد لمدة ٢٨ يومًا
ج- تاريخ الخلط ووقته
د- وقت الاختبار
ه- موضع الخرسانة
و- رقم الشاحنة
ز- رقم التذكرة
ح- تدفق الهبوط ومؤشر الاستقرار البصري وقدرة الاجتياز ومحتوى الهواء والكثافة (وزن الوحدة) ودرجة حرارة الخرسانة
ط- درجة الحرارة المحيطة
ي- أسماء وكميات الخلطات المضافة في الموقع واسم ولقب الشخص الذي صُرّح له بالإضافة
ك- تحديد العدد إذا تم صب أكثر من مجموعة واحدة من الأسطوانات في يوم واحد
ل- اسم جهة الاختبار
م- اسم وتوقيع المفتش الذي أجرى الاختبار.
ن- أي ملاحظات أو تعليقات إضافية
١١- وضع علامة على الأسطوانات وكتابة تاريخ الصب على كل أسطوانة.
١٢- تخزين وحماية الأسطوانات في موقع العمل فورًا بعد الصب وفقًا C31 ASTM.
١٣- نقل الأسطوانات من موقع العمل إلى المختبر وفقًا C31 ASTM بعد أن تكون مقاومة الأسطوانات مقبولة.
١٤- معالجة الأسطوانات في المختبر وفقًا C31 ASTM.
١٥- تكون أسطوانات اختبار مقاومة الانضغاط وفقًا لC39 ASTM.
أ- اختبار ثلاث أسطوانات في ٧ أيام للحصول على معلومات وثلاث أسطوانات في ٢٨ يومًا للقبول عند اختبار أسطوانات ١٥٠ ملم × ٣٠٠ ملم ما لم ينص على خلاف ذلك.
ب- اختبار ثلاث أسطوانات في ٧ أيام للحصول على معلومات وثلاث أسطوانات في ٢٨ يومًا للقبول عند اختبار أسطوانات ١٠٠ ملم × ٢٠٠ ملم ما لم ينص على خلاف ذلك.
ج- يمكن تحديد الاختبارات في الأعمار الأخرى حسب الضرورة.
١٦- متوسط قيمة مقاومة الأساس لأسطوانتين على الأقل ١٥٠ ملم في ٣٠٠ ملم أو ثلاث أسطوانات ١٠٠ ملم في ٢٠٠ ملم تم اختبارها في ٢٨ يومًا.
١٧- يجب أن يتضمن تقرير الاختبار جميع المعلومات الواردة في البند ١٠ أعلاه وبيانات مقاومة الانضغاط ويجب أن يوقعها مدير المختبر.

٦-٥-٧ معايير القبول:

تعد مقاومة الخرسانة مرضية إذا استوفي الشرطان التاليان (معيار المعهد الأمريكي للخرسانة رقم ٣١٨ M):

إذا كان كل متوسط حسابي لأي ثلاثة اختبارات متتالية لمقاومة الانضغاط يساوي أو يتجاوز مقاومة الانضغاط المحددة، ولا يكون أي اختبار لمقاومة الانضغاط أقل من مقاومة الانضغاط المحددة بأكثر من ٣,٥ ميجا باسكال عندما تكون المقاومة المحددة ٣٥ ميجا باسكال أو أقل؛ أو بأكثر من ١٠٪ من المقاومة المحددة عندما تكون المقاومة المحددة أعلى من ٣٥ ميجا باسكال.

إذا انخفض أي اختبار مقاومة للأسطوانات المعالجة في المختبر عن مقاومة الانضغاط المحددة بأكثر من القيم المحددة أعلاه، فيجب اتخاذ تدابير علاجية سب توصيات المهندس.

بشكل عام، يجب أن يستوفي جزء ضمان الجودة المواصفات التالية:

- معيار ACI 301 لخلط الخرسانة ونقلها ووضعها.
- معيار ACI 301 لوضع الخرسانة في الطقس الحار وحمايتها.
- معيار ACI 301 للتصلد.
- معيار ACI 301 لدمك الخرسانة.

مؤهلات جهة الفحص والاختبار: جهة مستقلة تتوافق مع متطلبات ASTM E329.

٧-٥-٧ القياس والدفع:

يتم القياس والدفع وفقًا للجزء الفرعي (٧-٤-٨).

٧-٦ الفواصل:

٧-٦-١ الوصف:

تخضع الخرسانة لتغييرات في الحجم بسبب تغيرات درجة الحرارة والرطوبة. إذا لم يتم التحكم في تغيرات الحجم هذه بشكل صحيح، ستتطور الضغوط المفرطة، مما يؤدي إلى تشققات لا يمكن التحكم فيها. قد تكون هذه التشققات مصادر خطر يمكن تجنبها إذا تم التحكم فيها بشكل صحيح. يمكن اعتبار الفواصل على أنها تشققات متعمدة ويتم توفيرها في الأماكن الأكثر احتمالية للتشقق. تخفف هذه الفواصل من الإجهاد، وبالتالي تمنع التشققات التي لا يمكن التحكم فيها. توضع مخصصات عند الفواصل لتوفير نقل حمل العجلات (TxDoT, 2021).

٧-٦-٢ الأنواع:

هناك ثلاثة أنواع من الفواصل في الأرصفة الصلبة:

١- فواصل الانكماش.
٢- فواصل الإنشاءات.
٣- فواصل التمدد.

٧-٦-٢-١ فواصل الانكماش:

تُستخدم فواصل الانكماش لتخفيف ضغوط الشد الناتجة عن انخفاضات درجة الحرارة واختلافات الرطوبة في الخرسانة. قد تكون فواصل الانكماش عبارة عن فواصل انكماش طولية أو عرضية.

يلزم وجود فاصل انكماش طويل عندما يكون عرض وضع الخرسانة أكثر من ٥ متر نظرًا لزيادة فرص التشقق، في الاتجاه الطولي. يتم نشر فاصل انكماش عرضية كل ٥ أمتار.

٧-٦-٢-٢ فواصل الإنشاءات:

من الممكن أن تكون فواصل الإنشاءات طولية أو عرضية. يتم تشكيل فاصلة إنشاء عرضية عند توقف عملية الرصف بسبب نهاية يوم العمل أو بسبب عطل ميكانيكي. يتم تشكيل فاصلة إنشاء طولية عند وضع حارتين متجاورتين في مواضع خرسانية منفصلة.

٧-٦-٢-٣ فواصل التمدد:

تواجه الخرسانة تغيرات في الحجم بسبب تغيرات درجة الحرارة والرطوبة. عندما تتغير درجة الحرارة، تنكمش الخرسانة وتتمدد. يجب أن يؤخذ في الاعتبار التمدد الناتج في الرصف الخرساني. الفرضية الأساسية لفاصل التمدد هي أن عرض فاصل التمدد سيكون قادرًا على امتصاص أي تمدد للرصف الخرساني دون نقل قوى الانضغاط إلى بنية متاخمة.

ومع ذلك، يجب استخدام فواصل التمدد بحذرٍ ولحماية المنشآت المجاورة المهمة فقط لأن إغلاقها التدريجي يميل إلى التسبب في فتح فواصل الانكماش تدريجيًا. تتسبب فتحات فواصل الانكماش الموسمية المتقدمة أو حتى الكبيرة في فقدان نقل الحمل لا سيما بالنسبة للفواصل التي لا تحتوي على القضبان الدسارية.

٧-٦-٢-٤ أساليب الإنشاء:

لا تُغير الفواصل الطولية أكثر من ١٣ ملم والفواصل العرضية أكثر من ٦ ملم من المحاذاة الحقيقية. عندما يتم إنشاء حواف الأرصفة أو والمناطق الوسيطة بشكل متكامل مع الرصف، تُشيد فواصل عرضية مستمرة من خلال حافة الرصف أو المنطقة الوسيطة. حماية جميع الفواصل من تسلل المادة الضارة حتى إحكام إغلاقها.

تشكيل فواصل معزولة في المنشآت عن طريق وضع حشو فاصل التمدد بمقدار ٢٥ ملم حول كل هيكل يمتد داخل أو عبر الرصف قبل وضع الخرسانة.

إزالة واستبدال جميع الأرصفة الخرسانية الموضوعة حديثًا حيث يحدث تشقق لا يمكن التحكم فيه.

٧-٦-٢-٤-١ الفواصل الطولية:

إنشاء الفواصل الطولية عن طريق التشكيل أو المنشار. إنشاء الفواصل الطولية بالمنشار (مع قضبان الربط) عندما يتجاوز عرض وضع الرصف الخرساني ٥ أمتار. إنشاء الفاصل الطولي المستمر مع عدم وجود فجوات في أي من الفواصل العرضية أو الطولية عند التقاطعات.

وضع قضبان الربط، كما هو موضح في الأقسام النموذجية، بشكل عمودي على الفواصل الطولية بمعدات ميكانيكية أو كراسي مثبتة بإحكام دون الإضرار بالخرسانة. يجب عدم طلاء قضبان الربط بأي مادة أو وضعها في أنابيب أو أكمام.

عند إنشاء ممرات رصف مجاورة بشكل منفصل، استخدم آلات الرصف ذات الشكل الانزلاقي أو الأشكال الجانبية الفولاذية لتشكيل ممر رئيسي على طول فاصل الإنشاء. يمكن ثني قضبان الربط بزاوية قائمة على شكل الممر الأول الذي تم تشييده وتقويمه إلى الموضع النهائي قبل صب الخرسانة في الممر المجاور. إصلاح أو استبدال قضبان الربط المكسورة أو التالفة بشدة.

يمكن استخدام براغي الخطاف الملولبة بدلًا من قضبان الربط. اربط براغي الخطاف على شكل فاصل إنشاء طولي. في حالة الرصف المنزلق، يمكن إدخال قضبان الربط هيدروليكيًا من خلال ممرات رئيسية معدنية:

١- فواصل مشكلة. تشكيل الفواصل باستخدام جهاز معتمد غير معدني أو قابل للإزالة بينما لا تزال الخرسانة في حالة اللدائن. عند إنشاء ممرات مجاورة بشكل منفصل، قم بتشكيل خزان مانع التسرب في آخر ممر
٢- فواصل بالمنشار. بعد صب الخرسانة، يجب أن يتم تنفيذ فواصل المنشار بمجرد تزويد المعدات وقبل حدوث التشققات داخل نافذة النشر. لا تنتقل بين الفواصل أثناء النشر. نشر الفواصل الطولية مباشرة بعد نشر المفاصل العرضية. حماية الأسطح الخرسانية المنشورة من الجفاف أثناء فترة المعالجة. استمر في النشر ليلًا ونهارًا إذا لزم الأمر، بغض النظر عن الأحوال الجوية. نظف قطعية المنشار والسطح الخرساني المجاور من بقايا المونة بعد نشر كل فاصل.
٣- لا تنشر فاصلًا إذا حدث تشقق في موقع الفواصل أو بالقرب منه قبل النشر.
٤- توقف عن النشر عند ظهور تشققات أمام المنشار
٥- إذا ظهر تشقق في الرصف الخرساني المسلح، فقم بإزالة واستبدال ما لا يقل عن ٣ أمتار من البلاطة ذات العرض الكامل والمثبتة بشكل صحيح على البلاطات المجاورة
٦- إذا ظهر تشقق كامل في رصف خرساني عادي، فقم بإزالة واستبدال بلاطة كاملة مثبتة بشكل صحيح على البلاطات المجاورة.

٧-٦-٢-٤-٢ فواصل التمدد العرضية:

تتعرض فواصل التمدد العرضية في خطط العقد، أووفقًا لتوجيهات المهندس. توضع القضبان الدسارية عبر الفواصل العرضية. ثبت الدسائر موازية للسطح والخط المركزي للبلاطة بواسطة جهاز معدني يبقى في الرصف.

يمكن استخدام غرسات وضع الدسار عندما تكون الخرسانة في حالة اللدائن، شريطة أن تتوافق مع تحمل الدسار المحدد. قم بإزالة جميع الخرسانة التي تتسرب إلى منطقة تمدد المفصل.
قم بتثبيت حشو المفصل مسبق التشكيل بعمق كامل، عموديًا على القاعدة الترابية، وبشكل مستمر عبر عرض الرصف الكامل. لا تستخدم حشوة مفصل تالفة أو تم إصلاحها. إذا تم تجميع حشوة المفصل في قطاعاتٍ، قم بالإنشاء دون إزاحة بين القطاعات المتجاورة.

٧-٦-٢-٤-٣ فواصل الانكماش العرضية:

ضع قضبان الدسار وفقًا للتفاصيل الموضحة في خطط العقد. أكمام قضيب الدسار وأغطية التشطيب غير مطلوبة. تتكون فواصل الانكماش بأداة مفصلية أو منشار، وتتألف مما يلي:

١- شيدت عموديًا.
٢- يتركب في المواقع الموضحة في مخططات العقد أو التي يحددها المهندس.
٣- تتنشر على عمق ٥٠ ملم أو ثلث سمك الخرسانة، أيهما أكبر.
٤- تشكلت عن طريق فصل الركام الكبير في الخرسانة الطازجة مع استقامة تصل إلى عمق ٥٠ ملم.
٥- شيدت على مسافات أقصاها ٥ أمتار.
٦- توضع في مواقع تتطابق مع تباعد فواصل التمدد في البردورة المجاورة أو الرصف.

بالنسبة للممرات المجاورة الموضوعة بشكل منفصل، قم بإنشاء الفواصل باستمرار عبر العرض الكامل للرصف.

قد تكون الحواف الخرسانية المجاورة للمفصل مستديرة أو مائلة إلى نصف قطر أو طول على النحو المعتمد. أعد نشر أو طحن أي مفصل ذات فتحة غير كافية. عندما يكون المفصل أكبر من المطلوب، قم بتوفير مانع تسرب أكبر حجمًا للمفصل على النحو معتمد.

٧-٦-٢-٤-٤ فواصل الإنشاءات العرضية:

ما لم تحدث فاصلة تمدد في نفس الموقع، قم بإنشاء فاصلة إنشائية عرضية في نهاية كل يوم عمل أو حيث يتوقف صب الخرسانة لأكثر من ٣٠ دقيقة. لا تقم بإنشاء فاصلة عرضية على مسافة ٣ أمتار من أي فاصلة متوازية.

إذا لم يتم خلط الخرسانة الكافية لتشكيل بلاطة بطول ٣ أمتار على الأقل عند حدوث انقطاع، فقم بإزالة الخرسانة الزائدة وتخلص منها حتى آخر فاصلة سابقة.

استخدم حاجزًا معدنيًا أو خشبيًا لتشكيل الفاصل، على شكل مقطع عرضي للرصف، ومصمم للسماح بتركيب قضبان الدسار.

قم بتركيب قضبان الدسار في جميع فواصل الإنشاءات العرضية التي لا تتوافق موقعها مع موقع فاصلة التمدد أو الانكماش العرضية.

٧-٦-٣ عازل الفواصل:

٧-٦-٣-١ الأنواع:

أنواع ومواصفات عازل الفواصل مُوضحة في الجزء الفرعي (٧-٢-٩).

٧-٦-٣-١-١ موانع تسرب في الفواصل:

مواصفات مانع تسرب في الفواصل مُوضحة في القسم الفرعي (٧-٢-٩-٢-٤)

٧-٦-٣-١-٢ موانع تسرب في الفواصل المصبوبة على الساخن:

مواصفات مانع تسرب في الفواصل المصبوبة على الساخن مُوضحة في القسم الفرعي (٧-٢-٩-٢-٥).

٧-٦-٣-١-٣ أخرى:

مواصفات المواد الأخرى المستخدمة في ربط خرسانة الرصف مُوضحة في القسم الفرعي (٧-٢-٩-٢).

٧-٦-٣-٢ أساليب الإنشاء:

قطعية المنشار والفواصل المانعة للتسرب قبل فتح الرصف للإنشاء، أو حركة المرور العامة. لا تستخدم المنشار للخزانات المانعة للتسرب خلال ٧٢ ساعة بعد صب الخرسانة.

قم بتنظيف كل فاصلة من جميع المواد الغريبة، بما يشمل مركب معالجة الغشاء والمونة الخرساني مباشرة بعد نشر الفاصلة. تجفيف الفواصل بالهواء المضغوط. لا تضع مواد مانعة للتسرب ما لم تكن أوجه الفاصلة نظيفة والسطح جاف.

استخدم مانع تسرب في الفواصل مسبقة التشكيل، أو مانع التسرب المصنوع من السيليكون، أو مانع تسرب مصبوب على الساخن لفواصل التمدد. استخدم موانع التسرب المصنوعة من السيليكون، أو المصبوبة على الساخن للفواصل الانكماشية الطولية والعرضية.

١-٢-٣-٦-٧ موانع التسرب المصنوعة من السيليكون أو المصبوبة على الساخن:

قم بتركيب قضيب داعم بعجلة فولاذية إلى العمق المطلوب. لا تقم بشد أو لف القضيب الداعم أثناء التركيب. حدد طول القضيب الداعم المثبت بحيث يمكن منع تسربه خلال نفس يوم العمل.

ضع مادة عازل الفواصل المصبوبة. قم على الفور بإزالة أي مواد زائدة أو مسكوبة ونظف سطح الرصف. لا تستخدم الرمل أو المواد المماثلة لتغطية مانع التسرب.

٢-٢-٣-٦-٧ مانع تسرب في الفواصل مسبقة التشكيل:

توفير مانع تسرب في قطعة واحدة بالحجم المحدد لفتح الفاصلة. قم بتركيب موانع التسرب بمادة لاصقة مزلقة تغطي جانبي الفاصلة الخرسانية. اضغط على مانع التسرب حتى ٢٠ - ٥٠٪ من عرضه الاسمي. قم بتركيب الجزء العلوي من مانع التسرب أسفل سطح الرصف بحوالي ٦ ملم.

قم بإزالة واستبدال موانع التسرب التالفة أو الملتوية أو الموضوعة بشكل غير صحيح أو المشدودة بأكثر من ٣٪.

٧-٦-٣-٣ أساليب التقييم:

يجب أن يجري التقييم وفقًا للقسم الفرعي (٧-٢-٩-٣).

٧-٦-٣-٤ معايير القبول:

يحب أن يتم القبول وفقًا للقسم الفرعي (٧-٢-٩-٤).

٧-٦-٤ القياس والدفع:

يجب أن يتم قياس قطع الفواصل ودفع المبالغ لكل نوع من أنواع الفواصل بالمتر. يتضمن هذا العنصر قطعية المنشار والتشكيل ومنع التسرب.

٧-٦-٥ قضبان الدسار وحديد التسليح:

٧-٦-٥-١ الوصف:

يتم توفير قضبان الدسار في الفواصل المناسبة لتوفير نقل الحمل، مما يقلل من الانحرافات والإجهادات بسبب تطبيقات حمل العجلات. للسماح للبلاطات بالتحرك بحرية في الاتجاه الطولي بسبب تغيرات درجة الحرارة والرطوبة أثناء توفير نقل الحمل الفعال، يتم تشحيم قضبان الدسار بنصف طولها على الأقل. تمنع قضبان الربط البلاطتين المتجاورتين من الابتعاد عن بعضها البعض وتحافظ على السطح مستويًا عبر الفواصل.

تقنيات التسليح والمواد الأخرى المستخدمة في الأرصفة الخرسانية هي قضبان حديد التسليح عالية الصلابة وحصائر قضبان مصنعة وتسليح نسيج الأسلاك الفولاذية وألياف التسليح وما إلى ذلك.

٧-٦-٥-٢ الأنواع:

أنواع حديد التسليح مُوضحة في القسم الفرعي (٧-٢-٨-٢).

٧-٦-٥-٣ أساليب الإنشاء:

عادة توضع قضبان الدسار في سلال سلكية ملحومة ثقيلة تحمل القضبان بتباعد وعمق ومحاذاة مناسبة. عادة يتم استخدام سلال عرض المسار الكامل، على الرغم من استخدام السلال التي تمثل نصف عرض المسار. تُصنّع هذه السلال السلكية في المتاجر. عادة يتم لحام أحد أطراف قضيب الدسار بسلة الأسلاك. يتم تثبيت السلة السلكية بالقاعدة لمنع دفع السلة على طول القاعدة بمجرد غمرها تحت الخرسانة وتحت ماكينة الرصف.

وبدلًا من ذلك، يمكن وضع القضبان الدسارية ميكانيكيًا بواسطة ماكينة الرصف. عند استخدام هذه الطريقة، من المهم التأكد من محاذاة القضبان ووضعها بشكل صحيح. عند استخدام هذه المعدات لأول مرة، يجب الكشف عن عدد قليل من القضبان بعناية باستخدام مجرفة صغيرة للتحقق من المحاذاة والموضع. ويتم ذلك من جسر عمل خلف ماكينة الرصف. سواء تم استخدام سلال سلكية أو أدوات إدخال ميكانيكية، فمن المهم للغاية أن تكون القضبان الدسارية متوازية حتى تعمل الفاصلة بشكل صحيح.

تدخل قضبان الربط يدويًا أو ميكانيكيًا في الخرسانة التي لا تزال محصورة بواسطة الراصفة ذات الشكل الانزلاقي. تتمتع آلات التشطيب الأكبر بالقدرة على إدخال قضبان الربط ميكانيكيًا دون حدوث تهيج للخرسانة اللدنة أو قد يتم تثبيت قضيب الربط في موضعه بواسطة أجهزة الدعم. يجب تجنب الإدخال اليدوي إذا لم يكن ذلك ضروريًا.

عند توقع تسليح خفيف (شبكات صلب/ شبكات وما إلى ذلك)، يجب وضع الشبكة على السطح العلوي للبلاطة مع طبقة الخرسانة الأسمنتية اللازمة المحددة في التصميم. يجب قطع التسليح الفولاذي على مسافة ٥٠ - ١٥٠ ملم من الفواصل. يجب أن تتداخل حصائر تسليح الحديد مع بعضها البعض بما لا يقل عن ٣٠٠ ملم وما لا يقل عن ١٥ ضعف قطر القضيب في الاتجاه الطولي. يجب أن يكون التداخل العرضي على الأقل ١٥٠ ملم ولا يقل عن ٢٠ ضعف قطر القضيب. يجب وضع تسليح الحديد قبل رصف الخرسانة وسيتم تثبيته في مكانه باستخدام نظام دعم مناسب.

٧-٦-٥-٤ أساليب التقييم:

يجب أن يجري التقييم وفقًا للقسم الفرعي (٧-٢-٨-٣).

٧-٦-٥-٥ معايير القبول:

يجب أن يتم القبول وفقًا للقسم الفرعي (٧-٢-٨-٤).

٧-٦-٥-٦ القياس والدفع:

يجب أن يتم القياس ودفع المبالغ مقابل حديد تسليح الفواصل والبلاطة لكل فئة حديد بالكيلوجرام (كجم) من الحديد المُستخدم.

يجب أن يتم قياس ودفع حديد التسليح GFRP لكل طول خطي بالمتر (م) لكل قطر قضيب بالمليمتر (مم).

المراجع

AASHTO (2020) *Guide Specifications for Highway Construction*. 10th ed. s.l.:American Association of State Highway and Transportation Officials.

AEMA (2017) *Recommended performance guidelines*. 5th ed. s.l.:Asphalt Emulsion Manufacturers Association.

Al-Homidy, A. A., Al-Amoudi, O., Maslehuddin, M. & Saleh, T. A. (2017) *Stabilisation of dune sand using electric arc furnace dust*. International Journal of Pavement Engineering, 18(6), pp. 513-520.

Al-Mehthel, M., Al-Abdul Wahhab, H., Al-Idi, S. & Baig, M. (2010). *Sulfur-Extended Asphalt as a Major Outlet for Sulfur that Outperformed Other Asphalt Mixes in the Gulf*. Doha, Qatar, In Proc., Sulfur World Symposium.

Alyami, A. & Toyogon, L. (2020). *Field performance experience of Sulfur Extended Asphalt (SEA) pavement in Saudi Arabia*. San Antonio, In Proc., 2nd International Conference on Advances in Materials and Pavement Performance Prediction, AM3P 2020.

American Coal Ash Association (2003) *Fly ash facts for highway engineers,* Washington, DC: Federal Highway Administration.

Andrew, R. D., Bartingale, R. & Hume, H. (2011) *Context Sensitive Rock Slope Design Solutions*. Lakewood, CO : Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division.

ARRA (2015) *Basic Asphalt Recycling Manual*. Annapolis, MD 21401 USA: Asphalt Recycling & Reclaiming Association.

Asphalt Institute (2020) *Construction of Quality Asphalt Pavements*. MS-22. 3rd ed. Lexington, Kentucky: Asphalt Institute.

Asphalt Institute (2008) *Basic Asphalt Emulsion Guide. MS-19, 4th Edition,* s.l.: Asphalt Institute, Inc..

Austroads (2018) *Guidelines and Specifications for Microsurfacing*. AP-R569-18, Sydney NSW 2000 Australia: Austroads Ltd.

Berg, R., Christopher, B. & Perkins, S. (2000) *Geosynthetic reinforcement of the aggregate base/subbase courses of pavement structures*. Roseville: Geosynthetic Materials Association.

Caltrans (2008) *Maintenance Technical Advisory Guide, Volume I - Flexible Pavement Preservation. 2nd Edition,* Sacramento, CA 95814: State of California Department of Transportation.

Chang, G., Xu, Q., Rutledge, J., Horan, B., Michael, L., White, D. & Vennapusa, P. (2011) *Accelerated Implementation of Intelligent Compaction Technology for Embankment Subgrade Soils, Aggregate Base, And Asphalt Pavement Materials*. Austin, TX: The Transtec Group, Inc.

DoMaT (2020) *Standard Construction Specifications*. Abu Dhabi: Department of Municipalities and Transport.

EPA (1992) *SW-846 Test Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure*. s.l.: United States Environmental Protection Agency.

FHWA (1999) *Geotechnical Engineering Circular No. 4 - Ground anchors and anchored systems. FHWA-IF-99-015,* Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

FHWA (2014) *Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects.* FP-14, s.l.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

FHWA (2020) *Improving Longitudinal Joint Performance.* s.l.: Federal Highway Administration, FHWA-HIF-21-023.

Gross, J. & Adaska, W. (2020) *Guide to cement-stabilized subgrade soils.* Washington, DC: Portland Cement Association.

Halsted, G., Adaska, W. & McConnell, W. (2008) *Guide to cement-modified soil.* Skokie, Illinois, USA: Portland Cement Association.

Halsted, G., Luhr, D. & Adaska, W. (2006). *Guide to Cement-Treated Base (CTB).* Skokie, Illinois, USA: Portland Cement Association.

Lee, J. & Shields, T. (2010). *Treatment Guidelines for Pavement Preservation. FHWA/INDOT/SPR-3114,* West Lafayette, IN 47906: Indiana Department of Transportation.

Mohammad, L., Elseifi, M., Bae, A., Patel, N., Button, J. & Scherocman, J. (2012) *Optimization of Tack Coat for HMA Placement. NCHRP Research Report 712,* Washington, DC: The National Academies Press.

Mohammad, L., Elseifi, M., Das, R. & Cao, W. (2018) *Validation of the Louisiana Interlayer Shear Strength Test for Tack Coat. NCHRP Research Report 878,* Washington, DC: The National Academies Press.

MoMRAH (2005) *General Specifications of Urban Roads Construction.* s.l.: Kingdom of Saudi Arabia.

MoTLS (1998) *General Specifications for Road and Bridge Construction.* s.l.: Kingdom of Saudi Arabia.

MoTLS (2021) *Technical Manual for the developed asphalt mixtures used within the layers of thin surface treatments for road maintenance.* s.l.: Ministry of Transport, Center for Innovation, Quality and Environment, Kingdom of Saudi Arabia.

NLA (2004) *Lime treated soil construction manual: Lime stabilization & lime modification.* s.l.: National Lime Association.

NLA (2006) *Mixture design and testing procedures for lime stabilized soil,* s.l.: National Lime Association,

NYSDOT (2019) *Standard Specifications- Construction and Materials.* Albany, NY: New York State Department of Transportation.

OHMPA (2013) *The ABCs of Longitudinal Joints.* Mississauga, ON: Ontario Hot Mix Producers Association.

SBCNC (2007) *Saudi Building Code 303: Soils and Foundations.* s.l.: Kingdom of Saudi Arabia.

SDDOT (2021) *Pavement Preservation Guidelines.* s.l.: South Dakota Department of Transportation.

Shalabi, F., Mazher, J., Khan, K., Amin, M. N., Albaqshi, A., Alamer, A., Barsheed, A. & Alshuaibi, O. (2021) I*nfluence of Lime and Volcanic Ash on the Properties of Dune Sand as Sustainable Construction Materials*. Materials, 14(645).

Stark, T. D., Arellano, D., Horvath, J. S. & Leshchinsky, D. (2004). *Guideline and Recommended Standard for Geofoam Applications in Highway Embankments*. NCHRP Research Report 712, Washington, DC: The National Academies Press..

Sultanate of Oman (2010) *Standard Specifications for Road and Bridge Construction*. s.l.: The Ministry of Transport and Communications, Directorate General of Roads and Land Transport.

TxDoT (2021) *Pavement Manual*. s.l.:Texas Department of Transportation.

Ulring, J. D., Wood, T. J., Blanchette, A. & Lee, S. T. (2021) *Minnesota Seal Coat Handbook*. s.l.:Minessota Department of Transportation, Office of Materials and Road Research.

USACE & FAA (2000) *Hot-Mix Asphalt Paving Handbook 2000*. s.l.: US Army Corps of Engineers, Federal Aviation Administration.

USACE (2017) *Engineering and Design: Grouting Technology*. Washighton, DC: U.S. Army Corps of Engineers, EM 1110-2-3506.

Wilde, J., Grant, C. & Nelson, P. (2002) *Manual for controlling and reducing the frequency of pavement utility cuts*. Washington, D.C. 20590: Federal Highway Administration.

Willoughby, K. A., Mahoney, J. P., Pierce, L. M., Uhlmeyer, J. S., Anderson, K. W., Read, S. A., Muench, S. T., Thompson, T. R. & Moore, R. (2001) *Construction-Related Asphalt Concrete Pavement Temperature Differentials and the Corresponding Density Differentials*. Olympia, WA: Washington State Department of Trasportation.

Wirtgen (2012) *Wirtgen Cold Recycling Technology,* Windhagen: s.n.

Xu, Q. & Chang, G. (2013) *Evaluation of intelligent compaction for asphalt materials*. *Automation in Construction,* 30(2013), pp. 104-112.

الملحق أ - مواصفات AASHTO و ASTM و SASO:

الجدول (أ–١) مسميات وعناوين مواصفات AASHTO و ASTM و SASO المطبقة على المجلد.

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
		M6	المواصفة القياسية للركام الناعم للخرسانة الأسمنتية الهيدروليكية	Standard Specification for Fine Aggregate for Hydraulic Cement Concrete
	D242	M17	المواصفة القياسية للحشو المعدني لخلطات الأسفلت	Standard Specification for Mineral Filler for Asphalt Mixtures
	D1073	M29	المواصفة القياسية للركام الناعم لخلطات الرصف البيتومينية	Standard Specification for Fine Aggregate for Bituminous Paving Mixtures
٦١٥	A615	M31	المواصفة القياسية لقضبان الحديد المحززة والعادية المصنوعة من الكربون منخفض السبائكية للتسليح الخرساني	Standard Specification for Deformed and Plain Carbon and Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement
	D994	M33	المواصفة القياسية لمادة حشو فاصلة التمدد مسبقة التشكيل للخرسانة (نوع البيتومين)	Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete (Bituminous Type)
	D448	M43	المواصفة القياسية لأحجام الركام لإنشاء الطرق والجسور	Standard Specification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction
	C144	M45	المواصفات القياسية للركام لمونة (مونة) الإنشاء	Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar
	A184	M54	المواصفة القياسية لحصائر القضبان الفولاذية المحززة الملحومة لتسليح الخرسانة	Standard Specification for Welded Deformed Steel Bar Mats for Concrete Reinforcement
	C33	M80	المواصفة القياسية للركام الخرساني	Standard Specification for Concrete Aggregates
	D2028	M81	المواصفة القياسية للأسفلت المخفف (نوع المعالجة السريعة)	Standard Specification for Cutback Asphalt (Rapid-Curing Type)
	D2027	M82	المواصفة القياسية للأسفلت المخفف (نوع المعالجة المتوسطة)	Standard Specification for Cutback Asphalt (Medium-Curing Type)

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
٥٧٠	C150	M85	المواصفة القياسية للأسمنت البورتلاندي	Standard Specification for Portland Cement
	C14	M86	مواصفات المجاري الخرسانية، وتصريف الأمطار، وأنبوب المجاري (Culvert Pipe)	Standard Specification for Nonreinforced Concrete Sewer, Storm Drain, and Culvert Pipe
	A123	M111	المواصفات القياسية لطلاء الزنك (المجلفن بالغمس الساخن) على منتجات الحديد والصلب	Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products
	D977	M140	المواصفة القياسية للأسفلت المستحلب	Standard Specification for Emulsified Asphalt
	D98	M144	المواصفة القياسية لكلوريد الكالسيوم	Standard Specification for Calcium Chloride
	D3282	M145	المواصفة القياسية لتصنيف التربة وخلطات ركام التربة لأغراض إنشاء الطرق	Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
	D1752	M153	المواصفة القياسية للحشوات المطاطية الإسفنجية مسبقة التشكيل والفلين وفاصل توسيع المطاط المعاد تدويره لرصف الخرسانة والإنشاء الهيكلي	Standard Specification for Preformed Sponge Rubber, Cork, and Recycled Rubber Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction
	C260	M154	المواصفة القياسية لمضافات دخول الهواء للخرسانة	Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
		M156	المواصفة القياسية لمحطات الخلط لخلطات الرصف البيتومينية المخلوطة على الساخن والموضّعة على الساخن	Requirements for Mixing Plants for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures
٩٤	C94	M157	المواصفة القياسية للخرسانة المخلوطة الجاهزة	Standard Specification for Ready-Mixed Concrete
	C76	M170	مواصفات المجاري الخرسانية، وتصريف الأمطار، وأنبوب المجاري	Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C444	M175	المواصفات القياسية لأنابيب الخرسانة المثقبة	Standard Specification for Perforated Concrete Pipe
	C654	M176	المواصفات القياسية لأنابيب الخرسانة المسامية	Standard Specification for Porous Concrete Pipe
	C412	M178	المواصفات القياسية لبلاط الصرف الخرساني	Standard Specification for Concrete Drain Tile
	C494	M194	المواصفة القياسية للخلطات الكيميائية المضافة للخرسانة	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
	C330	M195	المواصفة القياسية للركام خفيف الوزن للخرسانة الهيكلية	Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
	C478	M199	المواصفات القياسية لأقسام غرف تفتيش للخرسانة المسلحة مسبقة الصب	Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Manhole Sections
	A416	M203	المواصفات القياسية للحبال الفولاذية، سبعة أسلاك غير مطلية لتسليح الخرسانة	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Concrete Reinforcement
	D2397	M208	مواصفة الأسفلت المستحلب موجب الشحنة	Specification for Cationic Emulsified Asphalt
	D1751	M213	المواصفة القياسية لمادة حشو فاصلة التمدد مسبقة التشكيل لرصف الخرسانة والإنشاء الهيكلي (أنواع البيتومين غير المقذوفة والمرنة)	Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types)
	C977	M216	المواصفة القياسية للجير الحي والجير المطفأ لتثبيت التربة	Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization
		M218	المواصفات القياسية للصفائح الفولاذية، المغلفة بالزنك (المجلفن)، لأنابيب الصلب المموج	Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized), for Corrugated Steel Pipe
٥٩٥	C595	M240	المواصفة القياسية للأسمنت الهيدروليكي الممزوج	Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C685	M241	المواصفة القياسية للخرسانة المصنوعة عن طريق الخلط الحجمي على دفعات والخلط المستمر	Standard Specification for Blended Hydraulic Cement
	C655	M242	المواصفات القياسية للقنوات الخرسانية المسلحة على شكل حرف D، وتصريف العواصف، وأنابيب الصرف الصحي	Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing
		M252	المواصفات القياسية لأنابيب الصرف البولي إيثيلين الممووجة	Standard Specification for Reinforced Concrete D-Load Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe
	A709	M270	المواصفات القياسية للصلب الإنشائي للجسور	Standard Specification for Corrugated Polyethylene Drainage Pipe
	A722	M275	المواصفات القياسية لقضبان الصلب عالية القوة للخرسانة مسبقة الإجهاد	Standard Specification for Structural Steel for Bridges
	A116	M279	المواصفات القياسية لنسيج سياج من الأسلاك الفولاذية المغلفة بالمعدن	Standard Specification for High-Strength Steel Bars for Prestressed Concrete
		M288	المواصفات القياسية لمواصفات التسليح الصناعي الأرضي لتطبيقات الطرق	Standard Specification for Metallic-Coated, Steel Woven Wire Fence Fabric
		M294	المواصفات القياسية لأنابيب البولي إيثيلين الممووج، قطر ٣٠٠ إلى ١٥٠٠ ملم (١٢ إلى ٦٠ بوصة)	Standard Specification for Geosynthetic Specification for Highway Applications
	C618	M295	المواصفة القياسية لرماد الفحم المتطاير والبوزولان الطبيعي الخام أو المكلس للاستخدام في الخرسانة	Standard Specification for Corrugated Polyethylene Pipe, 300- to 1500-mm (12- to 60-in.) Diameter
	C989	M302	المواصفة القياسية لأسمنت الخبث للاستخدام في الخرسانة والمونة	Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C1097	M303	المواصفة القياسية للجير لخلطات الأسفلت	Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars
١٢٤٠	C1240	M307	المواصفة القياسية لدخان السيليكا المستخدم في الخلطات الأسمنتية	Standard Specification for Lime for Asphalt Mixtures
		M316	الأسفلت المستحلب المعدل بالبوليمر	Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures
		M318	المواصفة القياسية لاستخدام كسارة الزجاج لطبقات الأساس من التربة والركام	Polymer-Modified Emulsified Asphalt
		M319	المواصفة القياسية للركام الخرساني المستصلح لطبقة الأساس غير المترابطة من التربة والركام	Standard Specification for Glass Cullet Use for Soil-Aggregate Base Course
		M320	المواصفات القياسية لمثبت الأسفلت المتدرج الأداء	Standard Specification for Reclaimed Concrete Aggregate for Unbound Soil-Aggregate Base Course
		M323	المواصفة القياسية لتصميم خلطات الرصف عالي الأداء بالطريقة الحجمية	Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder
		M325	المواصفات القياسية لمصفوفة الحجر الأسفلت	Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design
		M330	المواصفات القياسية لأنابيب البولي بروبلين ، بقطر ٣٠٠- إلى ١٥٠٠ ملم (١٢-٦٠ بوصة)	Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA)
		M336	المواصفة القياسية للأسلاك الفولاذية والملحومة والعادية والمحززة لتسليح الخرسانة	Standard Specification for Polypropylene Pipe, 300- to 1500-mm (12- to 60-in.) Diameter
		MP28	المواصفة القياسية لمواد المعالجة السطحية الدقيقة	Standard Specification for Steel Wire and Welded Wire, Plain, and Deformed, for Concrete Reinforcement

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
		MP33	المواصفة القياسية لمواد عازل مستحلب الأسفلت المخفف بالأسفلت المستحلب	Standard Specification for Materials for Microsurfacing
		MP34	المواصفة القياسية لمواد طبقات الغطاء الرملي	Standard Specification for Materials for Emulsified Asphalt Fog Seal
		MP38	المواصفة القياسية لتصميم مزيج الخلطة المعاد تدويرها على البارد مع الأسفلت الرغوي	Standard Specification for Materials for Sand Seals
		MP43	المواصفة القياسية لمواد ملء الشقوق بالأسفلت المستحلب	Standard Specification for Materials for Full-Depth Reclamation Mixtures with Emulsified Asphalt
		MP44	المواصفات القياسية لمواد الطبقة الترابية	Standard Specification for Mix Design of Cold Recycled Mixture with Foamed Asphalt
		MP45	المواصفة القياسية لمواد خلطات إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق مع الأسفلت المستحلب	Standard Specification for Materials for Emulsified Asphalt Scrub Seal
		MP46	المواصفات القياسية لتصميم الخلط المتوازن	Standard Specification for Materials for Ultrathin Bonded Wearing Course
		PP80	الممارسة القياسية للملف الحراري المستمر لبناء خلطة الأسفلت	Standard Specification for Balanced Mix Design
		PP81	الممارسة القياسية لتقنية الدمج الذكي لتطبيقات الردميات ورصف الأسفلت	Standard Practice for Continuous Thermal Profile of Asphalt Mixture Construction
		PP86	الممارسة القياسية لمحتوى الأسفلت المستحلب لتصميمات الخلطة المعاد تدويرها على البارد	Standard Practice for Emulsified Asphalt Content of Cold Recycled Mixture Designs
		PP88	الممارسة القياسية لتصميم عازل مستحلب الأسفلت المخفف بالأسفلت المستحلب	Standard Practice for Asphalt Tack Coat Design
		PP90	الممارسة القياسية لتصميم الغطاء الرملي	Standard Specification for Determination of Optimum Asphalt

المُسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	AASHTO	ASTM	SASO
Content of Cold Recycled Mixture with Foamed Asphalt				
Standard Practice for Ultrathin Bonded Wearing Course Design	الممارسة القياسية لتصميم مواد ملء الشقوق بالأسفلت المستحلب	PP91		
Standard Practice for Selection and Use of Emulsified Asphalts	الممارسة القياسية لتصميم معطف الأسفلت	PP93		
Standard Practice for Evaluation of Asphalt Additives and Modifiers	المواصفة القياسية لتحديد المحتوى الأمثل للأسفلت في الخلطة المعاد تدويرها على البارد مع الأسفلت الرغوي	PP94		
Standard Practice for Certifying Suppliers of Performance-Graded Asphalt Binders	الممارسة القياسية لتصميم دورة ارتداء التراثية الرقيقة	PP100		
Standard Practice for Mixture Conditioning of Asphalt Mixtures	الممارسة القياسية لمحتوى الأسفلت المستحلب لتصميم خلطة إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق	PP101		
Standard Practice for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA)	الممارسة القياسية لاختيار الأسفلت المستحلب واستخدامه	R5		
Standard Practice for Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures	الممارسة القياسية لتقييم إضافات الأسفلت ومعدّلاته	R15		
Standard Practice for Accepting Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems	الممارسة القياسية لاعتماد موردي مواد ربط الأسفلت المتدرجة حسب الأداء	R26		
Standard Practice for Operating Inertial Profiling Systems	الممارسة المعيارية لتكييف خلطة خلطات الأسفلت	R30		
Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete	الممارسة القياسية لتصميم أسفلت المصفوفة الحجرية (SMA)	R46		
Standard Practice for Evaluating the Engineering and Environmental Suitability of Recycled Materials	الممارسة القياسية للتسليح التسليح الصناعي الأرضي لركام طبقة الأساس بهياكل الرصف المرنة	R50		

المُسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	AASHTO	ASTM	SASO
Standard Practice for Sampling Asphalt Materials	الممارسة القياسية لقبول جودة ركوب الرصيف عند قياسها باستخدام أنظمة التنميط بالقصور الذاتي	R54		
Standard Practice for Sampling Asphalt Mixtures after Compaction (Obtaining Cores)	الممارسة القياسية لتشغيل أنظمة التنميط بالقصور الذاتي	R57		
Standard Practice for Sampling and Amount of Testing of Hydraulic Cement	الممارسة القياسية لأخذ عينات الخرسانة المخلوطة حديثًا	R60	C172	
Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size	الممارسة القياسية لتقييم الملاءمة الهندسية والبيئية للمواد المعاد تدويرها	R65		
Standard Practice for Certifying Suppliers of Emulsified Asphalt	الممارسة القياسية لأخذ عينات المواد الأسفلتية	R66		
Standard Practice for Recovering Residue from Emulsified Asphalt Using Low-Temperature Evaporative Techniques	الممارسة القياسية لأخذ عينات من خلطات الأسفلت بعد الضغط (الحصول على النوى)	R67		
Standard Practice for Preparation of Cylindrical Performance Test Specimens Using the Superpave Gyratory Compactor (SGC)	الممارسة القياسية لأخذ العينات وتحديد كمية اختبار الأسمنت الهيدروليكي	R71	C183	
Standard Practice for Sampling Aggregate Products	الممارسة القياسية لتقليص عينات الركام إلى حجم الاختبار	R76	C702	
Standard Practice for Sampling Asphalt Mixtures	الممارسة القياسية لاعتماد موردي الأسفلت المستحلب	R77		
Standard Method of Test for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field	الممارسة القياسية لاستعادة البقايا من الأسفلت المستحلب باستخدام تقنيات التبخير منخفضة الحرارة	R78		
Standard Practice for Emulsified Asphalt Fog Seal Design	الممارسة القياسية لإعداد عينات اختبار الأداء الأسطواني باستخدام الضاغطة الدورانية للرصف فائق الأداء	R83		

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
		R90	الممارسة القياسية لأخذ عينات من منتجات الركام	Standard Practice for Sand Seal Design
		R97	الممارسة القياسية لأخذ عينات من خلطات الأسفلت	Standard Practice for Emulsified Asphalt Scrub Seal Design
	C117	T11	طريقة الاختبار القياسية للمواد الأنعم من ٧٥ ميكرومتر (رقم ٢٠٠) من المنخل في الركام المعدني عن طريق الغسيل	Standard Practice for Emulsified Asphalt Content of Full-Depth Reclamation Mixture Design
	C29	T19	طريقة الاختبار القياسية للكثافة السائبة ("وزن الوحدة") والفراغات في الركام	Standard Practice for Intelligent Compaction Technology for Embankment and Asphalt Pavement Applications
	C40	T21	طريقة الاختبار القياسية للشوائب العضوية في الركام الناعم للخرسانة	Standard Method of Test for Materials Finer Than 75 µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
١٢٥٣	C39	T22	طريقة الاختبار القياسية لاختبار مقاومة عينات الخرسانة الإسطوانية للضغط	Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate
١١٣٣	C31	T23	طريقة الاختبار القياسية لصنع ومعالجة عينات اختبار الخرسانة في الموقع	Standard Method of Test for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
	C42	T24	طريقة الاختبار القياسية للحصول على لباب الحفر وعوارض الخرسانة المنشورة واختبارها	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
	C136	T27	طريقة الاختبار القياسية للتحليل المنخلي للركام الناعم والخشن	Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
	D5444	T30	طريقة الاختبار القياسية لإجراء التحليل الميكانيكي للركام المستخرج	Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
	D546	T37	طريقة الاختبار القياسية للتحليل المنخلي للحشو المعدني لخليط الأسفلت الساخن	Standard Method of Test for Mechanical Analysis of Extracted Aggregate

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D92	T48	طريقة الاختبار القياسية لدرجة وميض طبقة ربط الأسفلت بطريقة طبق كليفلاند المفتوح	Standard Method of Test for Sieve Analysis of Mineral Filler for Hot Mix Asphalt (HMA)
	D5	T49	طريقة الاختبار القياسية لاختراق المواد البيتومينية	Standard Method of Test for Flash Point of Asphalt Binder by Cleveland Open Cup
	D36	T53	طريقة الاختبار القياسية لنقطة تليين البيتومين (جهاز الكرة والحلقة)	Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials
	D244	T59	طريقة الاختبار القياسية للأسفلت المستحلب	Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)
	C87	T71	طريقة الاختبار القياسية لتأثير الشوائب العضوية في الركام الناعم على قوة المونة	Standard Method of Test for Emulsified Asphalts
	C128	T84	طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي وامتصاص الركام الناعم	Standard Method of Test for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar
	C127	T85	طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي وامتصاص الركام الخشن	Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate
		T88	طريقة الاختبار القياسية لتحليل حجم الجزيئات في التربة	Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate
		T89	طريقة الاختبار القياسية لتحديد حدود السوائل في التربة	Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils
	D4318	T90	طريقة الاختبار القياسية لتحديد حدود ومؤشر اللدونة في التربة	Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils
	C131	T96	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الركام الخشن صغير الحجم للكشط عن طريق التآكل والتأثير عليه باستخدام آلة لوس أنجلوس	Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C78	T97	طريقة الاختبار القياسية لاختبار مقاومة الثني للخرسانة (باستخدام شعاع بسيط مع النقطة الثالثة للتحميل)	Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
	D698	T99	طريقة الاختبار القياسية للعلاقات بين الرطوبة والكثافة للتربة باستخدام مدك ٢,٥ كجم (٥,٥ رطل) وانخفاض ٣٠٥ ملم (١٢ بوصة)	Standard Method of Test for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
		T103	طريقة الاختبار القياسية لسلامة الركام عن طريق التجميد والذوبان	Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 2.5-kg (5.5-lb) Rammer and a 305-mm (12-in.) Drop
	C88	T104	طريقة الاختبار القياسية لسلامة الركام باستخدام كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم	Standard Method of Test for Soundness of Aggregates by Freezing and Thawing
	C114	T105	الطريقة القياسية لاختبار التحليل الكيميائي للأسمنت الهيدروليكي	Standard Method of Test for Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
	C109	T106	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة انضغاط المونة الأسمنتي الهيدروليكي [باستخدام عينة مكعب ٥٠ ملم (٢ بوصة)]	Standard Method of Test for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
	C151	T107	طريقة الاختبار القياسية لتوسيع الأسمنت الهيدروليكي عن طريق جهاز الأوتوكلاف	Standard Method of Test for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar [Using 50 mm (2 in) Cube Specimens]
	C142	T112	طريقة الاختبار القياسية للكتل الطينية والجزيئات الهشة في الركام	Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement
	C123	T113	طريقة الاختبار القياسية للجزيئات خفيفة الوزن في الركام	Standard Method of Test for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregate
٣٧٩	C143	T119	طريقة الاختبار القياسية لهبوط خرسانة الأسمنت الهيدروليكي	Standard Method of Test for Lightweight Particles in Aggregate

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C138	T121	طريقة الاختبار القياسية لكثافة الخرسانة (وزن الوحدة) والعائد ومحتوى الهواء (قياس الوزن)	Standard Method of Test for Slump of Hydraulic Cement Concrete
	C191	T131	طريقة الاختبار القياسية لزمن شك الأسمنت الهيدروليكي باستخدام إبرة فيكات	Standard Method of Test for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
	D558	T134	طريقة الاختبار القياسية للعلاقة بين الرطوبة والكثافة لخلطات التربة والأسمنت	Standard Method of Test for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
	C231	T152	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الهواء للخرسانة المخلوطة حديثًا بطريقة الضغط	Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soil-Cement Mixtures
	C204	T153	طرق الاختبار القياسية لنعومة الأسمنت الهيدروليكي عن طريق جهاز نفاذية الهواء	Standard Method of Test for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
	C157	T160	طريقة الاختبار القياسية لتغيير طول مونة أسمنت هيدروليكي صلب وخرسانة	Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus
	C305	T162	الممارسة القياسية للخلط الميكانيكي للمعجون الأسمنتي الهيدروليكي ومونة التثبيت اللدن	Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
	D2172	T164	طريقة الاختبار القياسية للاستخراج الكمي لطبقة ربط الأسفلت من الأسفلت المخلوط على الساخن	Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency
		T166	طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي للسوائب لخلطات الأسفلت المضغوط باستخدام عينات مشبعة ذات سطح جاف	Standard Method of Test for Quantitative Extraction of Asphalt Binder from Hot Mix Asphalt (HMA)
	D2419	T176	طريقة الاختبار القياسية لحبيبات البلاستيك في الركام المتدرج والتربة باستخدام اختبار مكافئ الرمل	Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity of Compacted Asphalt Mixtures Using Saturated Surface-Dry Specimens

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C1084	T178	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الأسمنت البورتلاندي في الخرسانة الهيدروليكية المتصلبة	Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of the Sand Equivalent Test
	D1754	T179	طريقة الاختبار القياسية لتأثير الحرارة والهواء على مواد الأسفلت (اختبار فرن الطبقات الرقيقة)	Standard Method of Test for Portland Cement Content of Hardened Hydraulic-Cement Concrete
	D1557	T180	طريقة الاختبار القياسية للعلاقات بين الرطوبة والكثافة للتربة باستخدام مدك ٤,٥٤ كجم (١٠ رطل) وانخفاض ٤٥٧ ملم (١٨ بوصة)	Standard Method of Test for Effect of Heat and Air on Asphalt Materials (Thin-Film Oven Test)
	D1556	T191	طريقة الاختبار القياسية لكثافة التربة في الموقع باستخدام طريقة المخروط الرملي	Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop
	D1883	T193	طريقة الاختبار القياسية لاختبار تحميل كاليفورنيا	Standard Method of Test for Density of Soil In-Place by the Sand-Cone Method
		T194	طريقة الاختبار القياسية لتحديد المواد العضوية في التربة باستخدام الاحتراق الرطب	Standard Method of Test for The California Bearing Ratio
	D2489	T195	الطريقة القياسية للاختبار لتحديد درجة طلاء الجزيئات لخلطات الأسفلت	Standard Method of Test for Determination of Organic Matter in Soils by Wet Combustion
	C173	T196	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الهواء للخرسانة المخلوطة حديثًا بالطريقة الحجمية	Standard Method of Test for Determining Degree of Particle Coating of Asphalt Mixtures
	C403	T197	طريقة الاختبار القياسية لزمن شك الخلطات الخرسانية باستخدام مقاومة الاختراق	Standard Method of Test for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
	D2170	T201	طريقة الاختبار القياسية للزوجة الحركية للأسفلت (البيتومين)	Standard Method of Test for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D2171	T202	طريقة الاختبار القياسية للزوجة الأسفلت بواسطة مقياس اللزوجة الشعرية للفراغ	Standard Method of Test for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumens)
	D1586	T206	الطريقة القياسية لاختبار اختبار الاختراق وأخذ عينات من التربة ذات سبليت باريل	Standard Method of Test for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer
	D2166	T208	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الانضغاط اللامحصور للتربة المتماسكة	Standard Method of Test for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils
	D2041	T209	الحد الأقصى النظري للثقل النوعي وكثافة خلطات الأسفلت	Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
	D3744	T210	الطريقة القياسية لاختبار مؤشر المتانة الإجمالية	Theoretical Maximum Specific Gravity (Gmm) and Density of Asphalt Mixtures
		T211	تحديد المحتوى الأسمنتي في الركام المعالج بالأسمنت عن طريق المعايرة.	Standard Method of Test for Aggregate Durability Index
	D4944	T217	تحديد نسبة الرطوبة في التربة عن طريق جهاز اختبار رطوبة غاز كربيد الكالسيوم	Determination of Cement Content in Cement-Treated Aggregate by the Method of Titration
		T220	طريقة الاختبار القياسية لتحديد مقاومة خلطات التربة والجير	Determination of Moisture in Soils by Means of a Calcium Carbide Gas Pressure Moisture Tester
	D1195	T221	طريقة الاختبار القياسية للوح الاستاتيكي المتكرر للتربة ومكونات الرصف المرنة للاستخدام في تقييم وتصميم أرصفة المطارات والطرق	Standard Method of Test for Determination of the Strength of Soil-Lime Mixtures
	D1196	T222	طريقة الاختبار القياسية لاختبار لوح التحميل الثابت غير المتكرر للتربة ومكونات الرصف المرنة للاستخدام في تقييم وتصميم أرصفة المطارات والطرق	Standard Test Method for Repetitive Static Plate Tests of Soils and Flexible Pavement Components for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D70	T228	طريقة الاختبار القياسية للثقل والكثافة النوعية للمواد الأسفلتية شبه الصلبة (باستخدام مقياس البكنومتر)	Standard Method of Test for Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements
	C617	T231	الممارسة القياسية لتغطية العينات الخرسانية الأسطوانية	Standard Test Method for Specific Gravity and Density of Semi-Solid Asphalt Binder (Pycnometer Method)
		T232	طريقة الاختبار القياسية لتحديد محتوى الجير في التربة المعالجة بالجير عن طريق المعايرة	Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
	D3080	T236	الطريقة القياسية لاختبار القص المباشر للتربة في ظل ظروف التصريف الموحدة	Standard Method of Test for Determination of Lime Content in Lime-Treated Soils by Titration
	D2872	T240	طريقة الاختبار القياسية لتأثير الحرارة والهواء على رقاقة متحركة من المادة الرابطة للأسفلت (اختبار فرن الرقاقة الرقيقة الدوّارة)	Standard Method of Test for Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions
	E274	T242	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الانزلاق للأسطح المرصوفة باستخدام عجلة هوائية بمقياس كامل	Standard Method of Test for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder (Rolling Thin-Film Oven Test)
		T245	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة التدفق اللدائني لخلطات الأسفلت باستخدام جهاز مارشال.	Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire
	C566	T255	طريقة الاختبار القياسية لإجمالي محتوى الرطوبة القابلة للتبخر من الركام عن طريق التجفيف	Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus
		T260	طريقة الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار أيونات الكلوريد في الخرسانة والمواد الخام الخرسانية	Standard Method of Test for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
		T265	طريقة الاختبار القياسية للتحديد المختبري لمحتوى الرطوبة في التربة	Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials
	D3203	T269	طريقة الاختبار القياسية لنسبة فراغات الهواء في خلطات الأسفلت المدموكة والكثيفة والمفتوحة	Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soils
	E303	T278	طريقة الاختبار القياسية لقياس الخصائص الاحتكاكية السطحية باستخدام جهاز اختبار البندول البريطاني	Standard Method of Test for Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Asphalt Mixtures
	D3319	T279	طريقة الاختبار القياسية للصقل المسرَّع للركام باستخدام العجلة البريطانية	Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester
		T283	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة خلطات الأسفلت المضغوط للأضرار الناجمة عن الرطوبة	Standard Method of Test for Accelerated Polishing of Aggregates Using the British Wheel
		T287	الطريقة القياسية لاختبار محتوى رابط الأسفلت لخلطات الأسفلت بالطريقة النووية	Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage
		T288	الطريقة القياسية لاختبار تحديد الحد الأدنى لمقاومة التربة المعملية	Standard Method of Test for Asphalt Binder Content of Asphalt Mixtures by the Nuclear Method
		T289	الطريقة القياسية للاختبار لتحديد الرقم الهيدروجيني للتربة لاستخدامها في اختبار التآكل	Standard Method of Test for Determining Minimum Laboratory Soil Resistivity
		T290	طريقة الاختبار القياسية لتحديد محتوى أيونات الكبريتات القابلة للذوبان في الماء في التربة	Standard Method of Test for Determining pH of Soil for Use in Corrosion Testing
		T291	طريقة الاختبار القياسية لتحديد محتوى أيونات الكلوريد القابلة للذوبان في الماء في التربة	Standard Method of Test for Determining Water-Soluble Sulfate Ion Content in Soil

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D6084	T301	طريقة الاختبار القياسية لاختبار الاستخلاص المرن لمواد الأسفلت عن طريق الدحرجةتيلومتر	Standard Method of Test for Determining Water-Soluble Chloride Ion Content in Soil
	C1252	T304	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الفراغ غير المضغوط من الركام الناعم	Standard Method of Test for Elastic Recovery Test of Asphalt Materials by Means of a Ductilometer
		T305	الطريقة القياسية للاختبار لتحديد خصائص التجفيف في خلطات الأسفلت غير المدموكة	Standard Method of Test for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate
		T307	طريقة الاختبار القياسية لتحديد معامل مرونة التربة ومواد الركام	Standard Method of Test for Determination of Draindown Characteristics in Uncompacted Asphalt Mixtures
	D6307	T308	طريقة الاختبار القياسية لتحديد محتوى طبقة ربط الأسفلت في خلطات الأسفلت عن طريق الحرق	Standard Method of Test for Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials
	D6938	T310	طريقة الاختبار القياسية للكثافة والرطوبة في الموقع بالتربة والتربة إلى الركام بالطرق النووية (العمق الضحل)	Standard Method of Test for Determining the Asphalt Binder Content of Asphalt Mixtures by the Ignition Method
	D6925	T312	طريقة الاختبار القياسية لإعداد وتحديد كثافة عينات خلطة الأسفلت عن طريق جهاز الدحرجة المحوري عالي الأداء	Standard Method of Test for In-Place Density and Moisture Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth)
	D7175	T315	طريقة الاختبار القياسية لتحديد الخصائص الجريانية لطبقة ربط الأسفلت باستخدام مقياس القص الديناميكي	Standard Method of Test for Preparing and Determining the Density of Asphalt Mixture Specimens by Means of the Superpave Gyratory Compactor
		T316	الطريقة القياسية لاختبار تحديد لزوجة مادة رابطة الأسفلت باستخدام مقياس اللزوجة الدوراني	Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
		T319	الطريقة القياسية لاختبار الاستخراج الكمي واستعادة المادة الرابطة للأسفلت من خلطات الأسفلت	Standard Method of Test for Viscosity Determination of Asphalt Binder Using Rotational Viscometer
		T324	الطريقة القياسية لاختبار هامبورغ عجلة المسار لخلطات الأسفلت المضغوط	Standard Method of Test for Quantitative Extraction and Recovery of Asphalt Binder from Asphalt Mixtures
	D6928	T327	الطريقة القياسية لاختبار مقاومة الركام الخشن للتحلل عن طريق التآكل في جهاز - Micro Deval	Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures
		T329	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الرطوبة في خلطات الأسفلت عن طريق الفرن	Standard Method of Test for Resistance of Coarse Aggregate to Degradation by Abrasion in the Micro-Deval Apparatus
	D6752	T331	طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي للسوائب (Gmb) وكثافة خلطات الأسفلت المدموكة باستخدام طريقة الطبقة العازلة التلقائية للفراغ	Standard Method of Test for Moisture Content of Asphalt Mixtures by Oven Method
	D5821	T335	طريقة الاختبار القياسية لتحديد نسبة الجزيئات المتكسّرة في الركام الخشن	Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity (Gmb) and Density of Compacted Asphalt Mixtures Using Automatic Vacuum Sealing Method
	D7113	T343	الطريقة القياسية لاختبار كثافة رصيف الأسفلت الساخن في الموقع (HMA) بواسطة أجهزة الاتصال السطحية الإلكترونية	Standard Method of Test for Determining the Percentage of Fracture in Coarse Aggregate
		T350	طريقة الاختبار القياسية لاسترجاع وضع المادة بعد الإجهاد المتكرر لطبقة ربط الأسفلت باستخدام مقياس القص الديناميكي	Standard Method of Test for Density of In-Place Hot Mix Asphalt (HMA) Pavement by Electronic Surface Contact Devices
		T355	طريقة الاختبار القياسية لكثافة خلطات الأسفلت في الموقع بالطرق النووية	Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
				Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)
		T380	طريقة الاختبار القياسية للتفاعل القلوي المحتمل للركام وفعالية تدابير تخفيف تفاعل القلويات- السيليكا (اختبار منشور الخرسانة المصغر)	Standard Method of Test for In-Place Density of Asphalt Mixtures by Nuclear Methods
	D7226	T382	طريقة الاختبار القياسية لتحديد لزوجة الأسفلت المستحلب عن طريق مقياس اللزوجة المحوري الدوار	Standard Method of Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregates and Effectiveness of ASR Mitigation Measures (Miniature Concrete Prism Test, MCPT)
		TP114	الطريقة القياسية لاختبار تحديد مقاومة القص البيني (ISS) لطبقات رصف الأسفلت	Standard Method of Test for Determining the Viscosity of Emulsified Asphalt by a Rotational Paddle Viscometer
		TP115	الطريقة القياسية لاختبار تحديد جودة التصاق طبقة اللصق بسطح رصيف الأسفلت في الحقل أو المختبر	Standard Method of Test for Determining the Interlayer Shear Strength (ISS) of Asphalt Pavement Layers
		TP117	الطريقة القياسية للاختبار لتقدير فراغات الحشو الجاف المضغوط	Standard Method of Test for Determining the Quality of Tack Coat Adhesion to the Surface of an Asphalt Pavement in the Field or Laboratory
		TP142	المواصفة القياسية للتحديد السريع للتوسع الضار المحتمل في الخرسانة الاسطوانية بسبب تفاعل القلويات- السيليكا (اختبار الخرسانة الاسطوانية السريع)	Standard Method of Test for Determination of the Voids of Dry Compacted Filler
	A36		المواصفات القياسية للصلب الكربوني الإنشائي	Standard Specification for Accelerated Determination of Potentially Deleterious Expansion of Concrete Cylinder Due to Alkali–Silica Reaction (Accelerated Concrete Cylinder Test, ACCT)
	A53		الجمعية الأمريكية لاختبار المواد -.A53M المواصفات القياسية للأنابيب والفولاذ الأسود بالغمس	Standard Specification for Carbon Structural Steel

المُسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	AASHTO	ASTM	SASO
	الساخن والمطلي بالزنك والملحوم وغير الملحوم			
Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless	المواصفات القياسية لطلاء الزنك (الغمس الساخن) لأجهزة الحديد والصلب		A153	
Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes	المواصفات القياسية للأنابيب الهيكلية المصنوعة من الصلب الكربوني الملحومة وغير الملحومة على البارد في الجولات والأشكال		A500	
Standard Specification for Ductile Iron Castings	المواصفات القياسية لمسبوكات الحديد اللدن		A536	
Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement	المواصفة القياسية لقضبان الحديد منخفض السبائكية المحززة و العادية للتسليح الخرساني		A706	٧٠٦
Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars	المواصفات القياسية لقضبان الصلب عالية القوة للخرسانة مسبقة الإجهاد		A722	
Standard Specification for Steel Strand, Seven-Wire, Uncoated, Compacted for Prestressed Concrete	المواصفة القياسية لقضبان التسليح الفولاذية المطلية بالإيبوكسي		A775	
Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete	المواصفات القياسية لحبل الصلب، سبعة أسلاك، غير مصقول، مضغوط للخرسانة مسبقة الإجهاد		A779	
Standard Specification for Filled Epoxy-Coated Seven-Wire Steel Prestressing Strand	المواصفة القياسية للألياف الفولاذية للخرسانة المسلحة بالألياف		A820	
Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Wire and Welded Wire Reinforcement	المواصفات القياسية لملء الايبوكسي المغلفة سبعة أسلاك الصلب الإجهاد حبلا		A882	
Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete	المواصفة القياسية للأسلاك الفولاذية المغلفة بالإيبوكسي وتسليح الأسلاك الملحومة		A884	

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	A1064		المواصفة القياسية لتسليح الخرسانة بالأسلاك الفولاذية الكربونية والأسلاك الملحومة، العادية والمحززة	Standard Specification for Quicklime for Structural Purposes
	C5		المواصفة القياسية للجير الحي للأغراض الإنشائية	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime
	C25		طريقة الاختبار القياسية للتحليل الكيميائي للحجر الجيري والجير الحي والجير المطفأ	Standard Practice for Sampling, Sample Preparation, Packaging, and Marking of Lime and Limestone Products
	C50		الممارسة القياسية لأخذ العينات وتحضيرها من منتجات الجير والحجر الجيري وتغليفها ووضع علامات عليها	Standard Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
	C70		طريقة الاختبار القياسية للرطوبة السطحية في الركام الناعم	Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units
	C90		المواصفات القياسية لوحدات الإنشاء الخرسانية الحاملة	Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units
	C129		المواصفات القياسية لوحدات الإنشاء الخرسانية غير الحاملة	Standard Specification for Concrete Masonry Units for Construction of Catch Basins and Manholes
	C139		المواصفات القياسية لوحدات الإنشاء الخرسانية لبناء أحواض الصيد وغرف التفتيش	Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units
	C140		طرق الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار وحدات الإنشاء الخرسانية والوحدات ذات الصلة	Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete
	C171		المواصفات القياسية لمواد الألواح لمعالجة الخرسانة	Standard Specification for Mortar for Unit Masonry
	C270		المواصفات القياسية للمونة لوحدة الإنشاء	Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C295		الدليل القياسي للفحص البتروغرافي (الصخري) للركام بالخرسانة	Standard Test Method for Dimensions and Density of Preformed Block and Board–Type Thermal Insulation
	C309		المواصفة القياسية للمركبات المكونة لغشاء الترطيب لمعالجة الخرسانة	Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete
	C311		طرق الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار الرماد المتطاير أو البوزولان الطبيعي للاستخدام في خرسانة الأسمنت البورتلاندي	Standard Practice for Sampling and Acceptance of Thermal Insulation Lots
	C441		طريقة الاختبار القياسية لفعالية البوزولان أو خبث الصهر المطحون في منع التوسيع المفرط للخرسانة بسبب تفاعل القلويات- السيليكا	Standard Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction
	C457		طريقة الاختبار القياسية للتحديد المجهري لمعلمات نظام الفراغ الهوائي في الخرسانة الصلبة	Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete
	C469		طريقة الاختبار القياسية لمعامل المرونة الثابت ونسبة بواسون للخرسانة عند الانضغاط	Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression
	C563		طريقة الاختبار القياسية لتقريب نسبة ثالث أكسيد الكبريت المثلى في الأسمنت الهيدروليكي باستخدام مقاومة الانضغاط	Standard Test Method for Approximation of Optimum SO3 in Hydraulic Cement Using Compressive Strength
	C593		المواصفة القياسية للرماد المتطاير ومواد البوزولان للاستخدام مع الجير لتثبيت التربة	Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation
	C642		طريقة الاختبار القياسية للكثافة والامتصاص والفراغات في الخرسانة الصلبة	Standard Specification for Fly Ash and Other Pozzolans for Use With Lime for Soil Stabilization

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C845		المواصفة القياسية للأسمنت الهيدروليكي الممزوج	Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete
	C910		طريقة الاختبار القياسية لربط وتماسك المواد المانعة للتسرب من نوع المذيب اللدائني المرن أحادي الجزء	Standard Specification for Expansive Hydraulic Cement
	C920		المواصفات القياسية لمانعات التسرب المرنة للفواصل	Standard Test Method for Bond and Cohesion of One-Part Elastomeric Solvent Release-Type Sealants
	C940		طريقة الاختبار القياسية لتمدد ونزيف المونة المخلوط حديثًا للخرسانة الجاهزة في المختبر	Standard Specification for Elastomeric Joint Sealants
	C942		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة انضغاط المونة للخرسانة الجاهزة في المختبر	Standard Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
	C1012		طريقة الاختبار القياسية لتغيير طول مونة الرصيف الهيدروليكي المعرض لمحلول الكبريتات	Standard Test Method for Compressive Strength of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
	C1038		طريقة الاختبار القياسية لتمدد قضبان المونة الأسمنتية الهيدروليكية المخزنة في الماء	Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution
	C1064		طريقة الاختبار القياسية لقياس درجة حرارة الخرسانة الإسمنتية الهيدروليكية المخلوطة حديثًا	Standard Test Method for Expansion of Hydraulic Cement Mortar Bars Stored in Water
	C1090		طريقة الاختبار القياسية لقياس التغيرات في ارتفاع العينات الأسطوانية للجص الهيدروليكي الأسمنتي	Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic Cement Concrete
	C1116		المواصفة القياسية للخرسانة المسلحة بالألياف	Standard Test Method for Measuring Changes in Height of Cylindrical Specimens of Hydraulic-Cement Grout

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	C1140		الممارسة القياسية لإعداد واختبار العينات من لوحات اختبار الخرسانة المقذوفة	Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete
	C1141		المواصفات القياسية لمضافات الخرسانة المقذوفة	Standard Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels
	C1152		طريقة الاختبار القياسية للكلوريد القابل للذوبان في الأحماض المستخدم في المونة والخرسانة	Standard Specification for Admixtures for Shotcrete
	C1157		مواصفة الأداء القياسية للأسمنت الهيدروليكي	Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete
	C1193		الدليل القياسي لاستخدام مانع تسرب في الفواصل	Standard Performance Specification for Hydraulic Cement
	C1218		طريقة الاختبار القياسية للكلوريد القابل للذوبان في الأحماض المستخدم في المونة والخرسانة	Standard Guide for Use of Joint Sealants
	C1260		طريقة الاختبار القياسية للتفاعل القلوي- السيليكا للركام (طريقة قضبان المونة)	Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete
	C1315		المواصفات القياسية لمركبات تشكيل الأغشية السائلة التي لها خصائص خاصة لمعالجة الخرسانة وختمها	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)
	C1472		الدليل القياسي لحساب الحركة والآثار الأخرى عند تحديد عرض فاصل مانع التسرب	Standard Guide for Calculating Movement and Other Effects When Establishing Sealant Joint Width
	C1550		طريقة الاختبار القياسية لصلابة ثني الخرسانة المسلحة بالألياف (باستخدام لوحة دائرية محملة مركزيًا)	Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)
	C1579		طريقة الاختبار القياسية لتقييم تكسير الانكماش اللدائني للخرسانة المسلحة بالألياف المقيدة (عن طريق إدخال جسم فولاذي)	Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
				Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)
	C1585		طريقة الاختبار القياسية لقياس معدل امتصاص الخرسانة الهيدروليكية للمياه	Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes
	C1602		المواصفة القياسية لخلط المياه المستخدمة في إنتاج الخرسانة الاسمنتية الهيدروليكية	Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete
	C1604		طريقة الاختبار القياسية للحصول على الخرسانة المقذوفة واختبارها	Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete
	C1609		طريقة الاختبار القياسية للأداء المرن للخرسانة المسلحة بالألياف (عن طريق الشعاع مع النقطة الثالثة للتحميل)	Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading)
	C1610		طريقة الاختبار القياسية للفصل الاستاتيكي للخرسانة ذاتية الدمك باستخدام تقنية العمود	Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique
	C1611		طريقة الاختبار القياسية لتدفق هبوط الخرسانة ذاتية الدمك	Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete
	C1621		طريقة الاختبار القياسية لاجتياز قدرة الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام الجلقة J	Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring
	D75		الممارسة القياسية لأخذ عينات الركام	Standard Practice for Sampling Aggregates
	D471		طريقة الاختبار القياسية لخاصية المطاط وتأثير السوائل	Standard Test Method for Rubber Property Effect of Liquids
	D516		طريقة الاختبار القياسية لأيونات الكبريتات في الماء	Standard Test Method for Sulfate Ion in Water
	D698		طرق الاختبار القياسية لخصائص الدمك المختبري للتربة باستخدام الجهد القياسي	Standard Test Method for Cement Content of Hardened Soil-Cement Mixtures

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
			(١٢,٤٠٠ قدم - رطل/قدم^{٣} (٦٠٠ كيلو نيوتن- م/م^{٣})	
	D806		طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الأسمنت في خلطات التربة والأسمنت المتصلبة	Standard Specification for Flexible Cellular Materials—Sponge or Expanded Rubber
	D979		الممارسة القياسية لأخذ عينات من خلطات الأسفلت	Standard Test Methods for Determining the Amount of Material Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Soils by Washing
	D1056		المواصفة القياسية للمواد الخلوية المرنة - الإسفنج أو المطاط المتمدد	Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Asphalt Mixtures Using Coated Samples
	D1140		طرق الاختبار القياسية لتحديد كمية المادة الأنعم في المنخل من ٧٥ ميكرومتر (رقم ٢٠٠) في التربة عن طريق الغسل	Standard Specification for Polyethylene Plastics Extrusion Materials for Wire and Cable
	D1188		طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي للسوائب وكثافة الخلطات البيتومينية المضغوطة باستخدام العينات المغطاة	Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method
	D1248		المواصفات القياسية لمواد بثق البلاستيك من البولي إيثيلين للأسلاك والكابلات.	Standard Specification for Nonrigid Vinyl Chloride Plastic Film and Sheeting
	D1298		طريقة الاختبار القياسية للكثافة أو الكثافة النسبية أو جاذبية API للبترول الخام والمنتجات البترولية السائلة بواسطة طريقة الهيدرومتر	Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders
	D1593		المواصفات القياسية للأغشية والأغطية البلاستيكية غير الصلبة المصنوعة من كلوريد الفينيل	Standard Classification System and Basis for Specification for Rigid Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Compounds and Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Compounds

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D1633		طرق الاختبار القياسية لمقاومة الانضغاط لقوالب اسطوانات التربة - الرصيف	Standard Test Method for Characteristic Groups in Rubber Extender and Processing Oils and Other Petroleum-Derived Oils by the Clay-Gel Absorption Chromatographic Method
	D1784		المواصفات القياسية لمركبات البولي الصلبة (كلوريد الفينيل) (PVC) ومركبات البولي المكلور (كلوريد الفينيل) (CPVC)	Standard Specification for Polyethylene Film and Sheeting
	D2007		طريقة الاختبار القياسية للمجموعات المميزة في موسع المطاط وزيوت المعالجة والزيوت الأخرى المشتقة من البترول بواسطة طريقة الاستشراب بامتصاص الطين والهلام	Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method
	D2103		المواصفات القياسية لأغشية وأغطية البولي إيثيلين	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
	D2167		طريقة الاختبار القياسية لكثافة ووزن وحدة التربة في الموقع بطريقة البالون المطاطي	Standard Specification for Preformed Polychloroprene Elastomeric Joint Seals for Concrete Pavements
	D2216		طرق الاختبار القياسية لتحديد محتوى الماء (الرطوبة) في التربة والصخور حسب الكتلة	Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Asphalt Mixtures
	D2628		المواصفة القياسية لمانع تسرب في الفواصل اللدائنية المرنة من البولي كلوروبرين مسبقة التشكيل للأرصفة الخرسانية	Standard Specification for Graded Aggregate Material for Bases or Subbases for Highways or Airports
	D2726		طريقة الاختبار القياسية للثقل النوعي للسوائب وكثافة الخلطات البيتومينية المضغوطة غير الامتصاصية	Standard Test Method for Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Methods
	D2940		المواصفة القياسية للمادة المتدرجة طبقات الأساس أو ما	Standard Practice for Estimating Application Rate and Residual

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
			تحت الأساس للطرق أو المطارات	Application Rate of Bituminous Distributors
	D2950		طريقة الاختبار القياسية لكثافة الخرسانة البيتومينية في الموقع بالطرق النووية	Standard Test Method for Thickness or Height of Compacted Asphalt Mixture Specimens
	D2995		الممارسة القياسية لتقدير معدل التطبيق ومعدل الاستخدام المتبقي لموزعات البيتومينيين	Standard Practice for Laboratory Preparation of Soil-Lime Mixtures Using Mechanical Mixer
	D3549		طريقة الاختبار القياسية لسمك أو ارتفاع عينات خليط الأسفلت المضغوط	Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials
	D3551		الممارسة القياسية للتحضير المختبري لخلطات التربة والجير باستخدام جهاز الخلط الميكانيكي	Standard Practices for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal
	D3665		الممارسة القياسية لأخذ العينات العشوائية من مواد الإنشاء	Standard Specification for Adhesive Lubricant for Installation of Preformed Elastomeric Bridge Compression Seals in Concrete Structures
	D3910		الممارسات القياسية لتصميم واختبار وإنشاء المونة الأسفلتي	Standard Classification System and Basis for Specification for Polypropylene Injection and Extrusion Materials
	D4070		المواصفة القياسية لمادة التشحيم اللاصقة لتركيب طبقات ضغط الجسر اللدائني المرن مسبقة التشكيل في المنشآت الخرسانية	Standard Test Method for Separation of Asphalt into Four Fractions
	D4101		نظام التصنيف القياسي وأساس مواصفات مواد حقن وقذف البولي بروبلين	Standard Test Methods for Asphalt Content of Asphalt Mixtures by the Nuclear Method
	D4124		طريقة الاختبار القياسية لفصل الأسفلت إلى أربعة أجزاء	Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D4125		طرق الاختبار القياسية لمحتوى الأسفلت لخلطات الأسفلت بالطريقة النووية	Standard Practice for Sampling of Geosynthetics and Rolled Erosion Control Products (RECPs) for Testing
	D4254		طرق الاختبار القياسية للحد الأدنى لمؤشر الكثافة ووزن وحدة التربة وحساب الكثافة النسبية	Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles by Exposure to Light, Moisture, and Heat in a Xenon Arc-Type Apparatus
	D4354		الممارسة القياسية لأخذ عينات من التسليح الصناعي الأرضي ومنتجات التحكم في الانجراف الدوار لاختبارها	Standard Terminology for Geosynthetics
	D4355		طريقة الاختبار القياسية لتلف التكسية الأرضية عن طريق التعرض للضوء والرطوبة والحرارة عن طريق جهاز من نوع قوس الزينون	Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity
	D4439		المصطلح القياسي للتركيب الجيولوجي	Standard Test Method for Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles
	D4491		طرق الاختبار القياسية لنفاذية المياه في التكسية الأرضية وفقًا للسماحية	Standard Classification for Hot-Mix Recycling Agents
	D4533		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة التكسية الأرضية للتمزق شبه المنحرف	Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method
	D4552		التصنيف القياسي لعوامل إعادة تدوير الخلطات الساخنة	Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles
	D4595		طريقة الاختبار القياسية لخصائص الشد للتكسيات الأرضية بطريقة الشريط العريض	Standard Test Method for Determination of Water Content of Soil and Rock by Microwave Oven Heating
	D4632		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة نزع حمل الكسر وتطويل التكسيات الأرضية	Standard Test Methods for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D4643		طريقة الاختبار القياسية لتحديد محتوى الماء في التربة والصخور عن طريق التسخين بفرن الموجات القصيرة	Standard Practice for Determining the Specification Conformance of Geosynthetics
	D4751		طرق الاختبار القياسية لتحديد حجم الفتح الظاهري للتكسية الأرضية	Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate
	D4759		الممارسة القياسية لتحديد مدى مطابقة مواصفات التسليح الصناعي الأرضي	Standard Test Method for Potential Expansion of Aggregates from Hydration Reactions
	D4791		طريقة الاختبار القياسية للجزيئات المسطحة أو الجزيئات المتطاولة أو الجزيئات المسطحة والمتطاولة في الركام الخشن	Standard Test Method for Expansion Index of Soils
	D4792		طريقة الاختبار القياسية للتوسع المحتمل للركام نتيجة تفاعلات الترطيب	Standard Guide for Identification, Storage, and Handling of Geosynthetic Rolls and Samples
	D4829		طريقة الاختبار القياسية لمؤشر توسع التربة	Standard Practice for Preparation of Viscosity Blends for Hot Recycled Asphalt Materials
	D4873		الدليل القياسي لتحديد وتخزين ومناولة بكرات وعينات التسليح الصناعي الأرضي	Standard Practice for Evaluation of Rock to be Used for Erosion Control
	D4887		الممارسة القياسية لإعداد خلطات اللزوجة لمواد الأسفلت المعاد تدويرها الساخنة	Standard Specification for Steel Slag Aggregates for Asphalt Paving Mixtures
	D4992		الممارسة القياسية لتقييم الصخور لاستخدامها في مكافحة التآكل	Standard Practice for Melting of Hot-Applied Joint and Crack Sealant and Filler for Evaluation
	D5106		المواصفة القياسية لركام خبث الصلب لخلطات الرصف الأسفلتية	Standard Practice for Characterizing Fly Ash for Use in Soil Stabilization
	D5167		الممارسة القياسية لتذويب الفاصل المطبق على الساخن	Standard Specification for Backer Material for Use with Cold- and

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
			ومانع تسرب الشقوق والحشو إجراء التقييم	Hot-Applied Joint Sealants in Portland Cement Concrete and Asphalt Joints
	D5239		الممارسة القياسية لتوصيف الرماد المتطاير للاستخدام في تثبيت التربة	Standard Test Methods for Sealants and Fillers, Hot-Applied, for Joints and Cracks in Asphalt Pavements and Portland Cement Concrete Pavements
	D5249		المواصفة القياسية للمواد الداعمة للاستخدام مع مانع تسرب في الفواصل المطبقة على البارد والساخن في فواصل الأسمنت البورتلاندي والأسفلت	Standard Specification for Nontraditional Coarse Aggregates for Asphalt Paving Mixtures
	D5329		طرق الاختبار القياسية لموانع التسرب والحشوات المطبقة على الساخن للفواصل والشقوق في طبقات الرصف الأسفلتية وأرصفة الأسمنت البورتلاندي الخرساني	Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile Related Products Using a 50-mm Probe
	D6155		المواصفات القياسية للركام الخشن غير التقليدي لخلطات رصف الأسفلت	Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization
	D6241		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الثقب الثابت للتكسية الأرضية والمنتجات المتعلقة بالتكسية الأرضية باستخدام مسبار بمقاس ٥٠ مم	Standard Practice for Design, Testing, and Construction of Microsurfacing
	D6276		طريقة الاختبار القياسية لاستخدام الأس الهيدروجيني لتقدير متطلبات نسبة التربة إلى الجير لتثبيت التربة	Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Geogrids by the Single or Multi-Rib Tensile Method
	D6307		طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الأسفلت لمزيج الأسفلت بطريقة الاشتعال	Standard Specification for Joint and Crack Sealants, Hot Applied, for Concrete and Asphalt Pavements
	D6372		الممارسة القياسية لتصميم واختبار وبناء التسطيح الدقيق	Standard Specification for Rigid Cellular Polystyrene Geofoam

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D6637		طريقة الاختبار القياسية لتحديد خواص الشد للشبكات الأرضية بطريقة الشد أحادية أو متعددة الأضلاع	Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
	D6690		المواصفة القياسية لمانع تسرب في الفواصل والشقوق، المطبقة على الساخن، لأرصفة الخرسانة والأسفلت	Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus
	D6913		طرق الاختبار القياسية لتوزيع حجم الحبيبات (التدرج) للتربة باستخدام تحليل الغربال	Standard Test Method for Settlement and Storage Stability of Emulsified Asphalts
	D6926		الممارسة القياسية لإعداد عينات خلطات الأسفلت باستخدام جهاز مارشال	Standard Test Method for Residue by Evaporation of Emulsified Asphalt
	D6927		طريقة الاختبار القياسية لثبات مارشال وتدفق الخلطات الأسفلتية	Standard Test Method for Distillation of Emulsified Asphalt
	D6930		طريقة الاختبار القياسية لاستقرار وثبات تخزين الأسفلت المستحلب	Standard Guide for Calibration Facility Setup for Nuclear Surface Gauges
	D6934		طريقة الاختبار القياسية للبقايا عن طريق تبخر الأسفلت المستحلب	Standard Guide for Use of Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam in Geotechnical Projects
	D6997		طريقة الاختبار القياسية لتقطير الأسفلت المستحلب	Standard Test Method for Raveling Test of Cold-Mixed Emulsified Asphalt Samples
	D7013		الدليل القياسي لإعداد مرفق المعايرة لمقاييس السطح النووي	Standard Test Methods for Determination of Maximum Dry Unit Weight of Granular Soils Using a Vibrating Hammer
	D7196		طريقة الاختبار القياسية لاختبار تجفيف عينات الأسفلت المستحلب المخلوطة على البارد	Standard Test Method for Determination of Residue of Emulsified Asphalt by Low-Temperature Vacuum Distillation
	D7382		طرق الاختبار القياسية لتحديد الحد الأقصى لوزن الوحدة	Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR)

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
			الجافة للتربة الحبيبية عن طريق المطرقة الاهتزازية	of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer
	D7403		طريقة الاختبار القياسية لتحديد بقايا الأسفلت المستحلب عن طريق التقطير التفريغي على حرارة منخفضة	Standard Practice for Sampling of Expanded Polystyrene Geofoam Specimens
	D7405		طريقة الاختبار القياسية لوضع المادة بعد الإجهاد المتكرر لطبقة ربط الأسفلت باستخدام مقياس القص الديناميكي	Standard Test Method for Individual Geogrid Junction Strength
	D7737		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة تقاطع الشبكة الجيولوجية الفردية	Standard Guide for Nuclear Surface Moisture and Density Gauge Calibration
	D7759		الدليل القياسي لمعايرة مقياس الرطوبة والكثافة للسطح النووي	Standard Practice for Design of Stabilization of Soil and Soil-Like Materials with Self-Cementing Fly Ash
	D7762		الممارسة القياسية لتصميم تثبيت التربة والمواد الشبيهة بالتربة باستخدام الرماد المتطاير ذاتي الالتصاق	Standard Test Method for In-Place Density (Unit Weight) and Water Content of Soil Using an Electromagnetic Soil Density Gauge
	D7830		طريقة الاختبار القياسية للكثافة في الموقع (وزن الوحدة) ومحتوى الماء في التربة باستخدام مقياس كثافة التربة الكهرومغناطيسية	Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis
	D7928		طريقة الاختبار القياسية لتوزيع (تدرج) حجم الجزيئات في التربة ذات الحبيبات الناعمة عن طريق تحليل الترسيب (مقياس الهيدروجين)	Standard Practice for Recovery of Emulsified Asphalt Residue Using a Vacuum Oven
	D7944		الممارسة القياسية لاستعادة بقايا الأسفلت المستحلب باستخدام فرن التفريغ	Standard Test Method for Ash Content of Asphalt and Emulsified Asphalt Residues
	D8078		طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الرماد من الأسفلت وبقايا الأسفلت المستحلب	Standard Guide for the Use of Geocells in Geotechnical and Roadway Projects

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
	D8462		طريقة الاختبار القياسية لاختبارات حمل الصفائح الحلقية لتقييم الأداء الهيكلي لأقسام اختبار الطرق عن طريق التسليح الصناعي الأرضي	Standard Test Method for Cyclic Plate Load Tests to Evaluate the Structural Performance of Roadway Test Sections with Geosynthetics
	E329		المواصفات القياسية للجهات المشاركة في فحص عمليات الإنشاء أو الاختبار أو الفحص الخاص	Standard Specification for Agencies Engaged in Construction Inspection, Testing, or Special Inspection
	E965		طريقة الاختبار القياسية لقياس عمق الملمس الكلي للرصيف باستخدام تقنية الحجم	Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique
	E1274		طريقة الاختبار القياسية لقياس خشونة الرصيف باستخدام المخطط البياني	Standard Test Method for Measuring Pavement Roughness Using a Profilograph
	E1363		طريقة الاختبار القياسية لمعايرة درجة حرارة المحللات الميكانيكية الحرارية	Standard Test Method for Temperature Calibration of Thermomechanical Analyzers
	E1926		الممارسة القياسية لحساب مؤشر الخشونة الدولي للطرق من قياسات المقطع الطولي	Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements
	E2340		طريقة الاختبار القياسية لقياس مقاومة الانزلاق للأرصفة وأسطح المرور الأخرى عن طريق تقنية القراءة المستمرة والانزلاق الثابت	Standard Test Method for Measuring the Skid Resistance of Pavements and Other Trafficked Surfaces Using a Continuous Reading, Fixed-Slip Technique
١٤٢			طرق الاختبار الفيزيائي والميكانيكي للأسمنت البورتلاندي	Physical and mechanical testing methods of Portland cement
3026			مواصفات البوليمرات في التربة لأغراض التآكل	Specification for Polymers in Soils for Erosion Purposes
ASTM C156			طريقة الاختبار القياسية لفقد الماء (من عينة الملاط) من	Standard Test Method for Water Loss (from a Mortar Specimen) Through Liquid Membrane-

SASO	ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المُسمى بالإنجليزية
			خلال مركبات المعالجة المكونة للأغشية السائلة للخرسانة	Forming Curing Compounds for Concrete
ASTM C309			المواصفة القياسية للمركبات المكونة للأغشية السائلة المستخدمة في معالجة الخرسانة	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
ASTM C1315			المواصفة القياسية للمركبات المكونة للأغشية السائلة ذات الخصائص الخاصة لمعالجة عزل الخرسانة	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds Having Special Properties for Curing and Sealing Concrete
ASTM D7957			المواصفة القياسية لقضبان البوليمر الصلبة والمقواة بالألياف الزجاجية المستديرة لتقوية الخرسانة	Standard Specification for Solid Round Glass Fiber Reinforced Polymer Bars for Concrete Reinforcement
ISO 4635			مطاط مفلكن - أختام فواصل مسبقة التشكيل للاستخدام بين أقسام الرصف الخرسانية للطرق - المواصفات	Rubber, Vulcanized - Preformed Joint Seals for Use between Concrete Paving Sections of Highways – Specification

الملحق ب – الخرسانة:

يجب أن تتكون خرسانة الأسمنت البورتلاندي من خليط من الأسمنت البورتلاندي والركام الناعم والركام الخشن والمياه بكميات متناسبة ومخلوطة ويتم نقلها ووضعها ودمجها وتجهيزها على النحو المحدد في المواصفات العامة والمواصفات الخاصة. يجب أن تكون الخلطات عند استخدامها في خرسانة الأسمنت البورتلاندي على النحو المحدد في المواصفات العامة والمواصفات الخاصة.

يجب أن تكون الخرسانة لكل جزء من العمل من الفئة والحد الأدنى من محتوى الأسمنت بالكيلوجرام/م^3، ومقاومة للانضغاط لمدة ثمانية وعشرين يومًا وحجم الركام كما هو موضح في الجدول (ب-١)، أو بخلاف ذلك كما هو محدد في المواصفات العامة أو المواصفات الخاصة.

الجدول (ب–١) تحديدات فئة الخرسانة.

الفئة المحددة	أدنى محتوى من الأسمنت (كجم/م^3)	أدنى مقاومة ضاغطة في عمر ٢٨ يوم ميجا باسكال	حجم الركام الخشن المحدد (مم)	حجم الركام الخشن البديل
أ	٣٣٥	٢٠,٦	أ-٥٠ (٢ بوصة)	ب
ب	٣١٠	١٦,٧	ب-٦٢,٥ (٢½ بوصة)	أ
ج	٣٧٥	٢٤,٥	ج-٢٥ (١ بوصة)	د
د	٣٧٥	٢٤,٥	د-١٩ (¾ بوصة)	
ه	٣٧٥	٢٧,٥	د-١٩ (¾ بوصة)	
ك	٣٩٠	٣٠,٩	د-١٩ (¾ بوصة)	
ق	٤١٠	٣٤,٣	د-١٩ (¾ بوصة)	

يجب أن يتوافق محتوى الأسمنت بالكيلوجرام/م^3 للخرسانة في المنشآت أو أجزاء من المنشآت، ما لم ينص على خلاف ذلك في المواصفات العامة أو المواصفات الخاصة، مع ما يلي:

١- الجسور وقسم السقف العلوي المكشوف للعبّارات الصندوقية الخرسانة: ٣٧٥ كحد أدنى، ٤٥٠ كحد أقصى.
٢- أجزاء أخرى من العبّارات الصندوقية الخرسانة: ٣٣٥ كحد أدنى، ٤٥٠ كحد أقصى.
٣- الخرسانة مسبقة الإجهاد: ٣٧٥ كحد أدنى.
٤- الخرسانة العازلة: ٣١٠ كحد أدنى.
٥- المنشآت الثانوية: ٣١٠ كحد أدنى.

الملحق ج – قبول العمل: طريقة التقييم الإحصائي:

ج-١ عام:

التقييم الإحصائي للعمل هو طريقة لتحليل نتائج الفحص أو الاختبار بغية تحديد مستوى التوافق مع متطلبات المواصفات (AASHTO, 2020).

يجب أن تقوم الجهة المسؤولة، عند تحديدها، بأخذ عينات قبول العمل واختبارها والذي يجرى عندئذ تقييمها إحصائيًا للقبول وفقًا لهذه المواصفات. ستفحص عمليات تحليل مستوى الجودة جميع نتائج الاختبار لحصة ما بشكل جماعي وإحصائي لحساب إجمالي النسبة المئوية لها والتي تقع ضمن حدود المواصفات ولتحديد عامل دفع مناسب. يُحدّد الحصص والحصص الفرعية بشكل عام في المواصفات المقابلة للمادة التي يجرى تقييمها إحصائيًا.

يعد تحليل مستوى الجودة طريقة إحصائية تستخدم لحساب مدى تقيد المادة بالمواصفات. مستوى الجودة هو النسبة المئوية المحسوبة للمواد التي تفي بهذه المواصفات وتُحدّد من المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري للعينة لكل مكون من مكونات الحصة.

بالنسبة للعمل الذي جرى تقييمه بناءً على التقييم الإحصائي، تتحمل كل من الجهة المسؤولة والمقاول مسؤولية حدوث بعض المخاطر.

واحتمال الموافقة على العمل بمستوى جودة يمكن رفضه يشكل مخاطرة بالنسبة للجهة. تتمثل المخاطر التي يتعرض لها المقاول في احتمال رفض العمل المنتج بمستوى جودة مقبول (AQL) أو احتمال قبول العمل بسعر أقل من سعر عرض وحدة العقد.

بالنسبة للعمل الذي يجرى تقييمه وقبوله من خلال التقييم الإحصائي، إذا تحققت الجهة المسؤولة من اختبار وفحص المقاول للعينات يمكن للجهة، استخدام نتائج المقاول لتقييم العمل من أجل قبوله. سيتم التحقق من بيانات المقاول باستخدام إحصائيات اختبار *F* و T مقارنة بنتائج اختبار الجهة المسؤولة عند مستوى دلالة ٠,٠١.

إذا لم يتم التحقق من بيانات المقاول وقرر المهندس أنها مناسبة، ستقوم الجهة بإجراء الاختبارات المرتبطة بذلك الجزء المنفصل من العمل. وفي هذه الحالة، ستتحكم نتائج اختبار الجهة المسؤولة في تحديد عامل قبول العمل وسعره.

يُعد مستوى الجودة المقبول أدنى نسبة مئوية للعمل ضمن حدود المواصفات التي تعتبر مقبولة للدفع بسعر عرض وحدة العقد. وهناك فئتان:

- فئة أولى تستند إلى مستوى الجودة المقبول بنسبة ٩٥ في المئة.
- فئة ثانية تستند إلى مستوى الجودة المقبول بنسبة ٩٠ في المئة.

يمكن تطبيق عامل دفع أكبر من ١,٠٠ على سعر الوحدة للمادة بعامل دفع أقصاه ١,٠٥. وسيكون هذا بمثابة حافز لإنتاج مواد عالية الجودة. سيتم قبول الحصة التي تحتوي على مواد غير محددة بشرط أن يكون عامل الدفع المركب أكبر من الحد الأدنى لعامل الدفع. سيرفض المهندس الحصة التي تحتوي على مواد غير محددة إذا لم تحقق على الأقل الحد الأدنى المطلوب لعامل الدفع المركب. عندما يتم دمج المواد المرفوضة في العمل، سيقوم المهندس بواحد أو أكثر مما يلي:

- المطالبة بالإزالة الكاملة للمواد واستبدالها بمواد المواصفات دون تحمل الجهة المتعاقدة أي تكلفة إضافية.
- بناءً على طلب خطي من المقاول، السماح بإجراء العمل التصحيحي دون تحمل الجهة المتعاقدة أي تكلفة إضافية مع تخفيض مناسب للسعر قد يتراوح من عدم التخفيض إلى عدم الدفع.

يتم سرد خصائص الجودة التي سيجري تقييمها وحجم الحصة وتكرار أخذ العينات وموقعها وطرق الاختبار وحدود المواصفات في الجزء الفرعي للقبول لكل مادة وعمل معني. تنطبق الأوصاف العامة التالية:

١- خصائص الجودة. خصائص الجودة والكمية المراد قياسها وتقييمها إحصائيًا لأغراض القبول، مثل مستوى الدمك والسماكة ونعومة السطح وما إلى ذلك.
٢- *حجم الحصة*. تعتبر الحصة كمية منفصلة من العمل يتم تطبيق إجراء التقييم الإحصائي عليها. تمثل الحصة عادة الكمية الإجمالية للعمل المنتج في فترة الإنتاج أو اليوم، ما لم يُحدد خلاف ذلك في المواصفات الخاصة أو وثائق العقد. ولأغراض التحليل، يجب تقسيم كل حصة إلى ما لا يقل عن ثلاثة وما لا يزيد عن ثمانية حصص فرعية من المساحة المتساوية. قد تنتج أكثر من حصة واحدة إذا تم طلب إجراء تغييرات على القيم المستهدفة أو مصادر المواد أو صيغة خلطة العمل خطيًا والموافقة عليها.
٣- *تكرار أخذ العينات*. يتطلب معدل تكرار أخذ العينات الموضح عادة ٥ مرات على الأقل. الحد الأدنى المطلوب لإجراء تقييم إحصائي هو ٣ عينات. الحد الأقصى لعامل الدفع الذي يمكن الحصول عليه مع ٣ أو ٤ أو ٥ عينات هو ١,٠١. يلزم ما لا يقل عن ٨ عينات للحصول على عامل دفع ١,٠٥. إذا كان تكرار أخذ العينات وكمية العمل ستؤدي بخلاف ذلك إلى أقل من ٨ عينات، يُقدم طلب خطي لزيادة تكرار أخذ العينات لتوفير ٨ عينات على الأقل. تقديم طلب زيادة تكرار أخذ العينات قبل ٤٨ ساعة على الأقل من بدء الإنتاج. قد تؤدي الزيادة في تكرار أخذ العينات إلى انخفاض عامل الدفع.

٤- *موقع أخذ العينة*. سيُحدد المهندس الموقع الدقيق لأخذ العينات بناءً على أرقام عشوائية، وفقًا لمعيار D3665 ASTM.
٥- *طريقة إجراء الاختبار*. يجب تطبيق طرق الاختبار المعتمدة على المواد والعمل في التقييم الإحصائي، على النحو المحدد في جزء القبول الفرعي لكل مادة أو عمل معني.
٦- *حدود المواصفات*. حدود مواصفات خصائص الجودة المنصوص عليها لكل مادة أو عمل معني. قد يكون لبعض الخصائص حدود دنيا وقصوى أو واحدة من هذه الحدود.
٧- *فئة عامل الدفع*. تُحدد مستوى الجودة المستهدف ويرتبط بمستوى مخاطر المقاول والجهة المسؤولة وفقًا لأهمية العمل أو الخاصية المراد تقييمها. ما لم تحدد المواصفات الخاصة أو وثائق العقد فئة مستوى الجودة، فإن الفئة الرئيسية (١) هي الفئة التي يجب استخدامها للتقييم عندما يكون موظفو الإشراف المقيمين متاحين باستمرار للإشراف على تنفيذ العمل وفحص المواد في موقع المشروع. وبخلاف ذلك، عندما لا يتوفر موظفو الإشراف على المشروع بدوامٍ كاملٍ، فإن النتائج المستقلة التي تحصل عليها الجهة المسؤولة تعتبر فئة ثانوية (٢) تستخدم في التقييم وفي حساب عامل الدفع.

أي حصة تم الحصول على ثلاث عينات منها على الأقل، وتستوفي جميع نتائج الاختبار أحد المعايير المناسبة المدرجة أدناه، ستحصل على عامل دفع مركب ١,٠٠ على الأقل إذا كانت:

- جميع نتائج الاختبار ضمن الحدود المسموح بها المحددة لهذا العنصر،
- جميع نتائج الاختبار التي تحتوي فقط على حد أقل من المواصفات أكبر من أو يساوي هذا الحد، أو
- جميع نتائج الاختبار التي تحتوي فقط على حد أعلى من المواصفات على الأكثر هذا الحد.

سيكون حساب مستوى الجودة في هذه الحالات لتحديد مقدار أي حافز جودة قد يكون مضمونًا. لن تستخدم الحصص الممثلة بأقل من ثلاث عينات أو الحصص التي لم تؤخذ منها العينات القبول الإحصائي.

ج-٢ تحليل مستوى الجودة:

يجب أن يستند قبول المواد والعمل إلى طريقة تقدير النسبة المئوية ضمن الحدود (PWL) ما لم يُذكر خلاف ذلك. سيتم تحليل جميع قيم نتيجة اختبار الحصة الفرعية الناتجة عن حصة ما إحصائيًا لتحديد إجمالي النسبة المئوية ضمن الحدود المقدرة. يتم حساب النسبة المئوية ضمن الحدود باستخدام قيمة متوسط عينة الحصة X، والانحراف المعياري لعينة الحصة S_n، لعدد الحصص الفرعية المحدد n، وحدود قبول الجودة للمواصفات، حيث تمثل LQL حد الجودة الأدنى، وتمثل UQL حد الجودة الأعلى، حيث تنطبق على كل معلمة قبول معينة. من هذه القيم، يتم حساب مؤشر الجودة المعني (المؤشرات)، Q_L لمؤشر الجودة الأدنى و/أو Q_u لمؤشر الجودة الأعلى. ثم يُحدّد النسبة المئوية ضمن الحدود للحصة لعدد الحصص الفرعية المحددة n من الجدول (ج-١).

تحديد النسبة المئوية ضمن الحدود المقدرة أو النسبة المئوية للعمل الذي يقع ضمن حدود المواصفات لكل خاصية جودة على النحو التالي:

١- تحديد مواقع أخذ العينات، والحصول على عينة الاختبار، وعمل العينات، وإجراء الاختبار.

٢- حساب المتوسط الحسابي ($\bar{X}$) لقيم الاختبار:

المعادلة (ج-١)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

حيث إن:

Σ = جمع x، و

n = إجمالي عدد قيم الاختبار

٣- حساب الانحراف المعياري لعينة الحصة (S_n):

المعادلة (ج-٢) $S_n = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$

حيث إن:

S_n = الانحراف المعياري لقيم اختبار الحصة الفرعية

x_i = قيم اختبار الحصة الفرعية الفردية

$\bar{X}$ = متوسط قيم اختبار الحصة الفرعية

n = عدد الحصص الفرعية

٤- حساب مؤشر الجودة الأدنى (Q_L) بطرح حد الجودة الأدنى (LQL) من متوسط القيمة ($\bar{X}$,) وقسمة النتيجة على الانحراف المعياري لعينة الحصة الفرعية: S_n

المعادلة (ج-٣) $Q_L = \frac{\bar{X} - LQL}{S_n}$

ملاحظة: حد الجودة الأدنى يساوي حد مواصفات العقد أو القيمة المستهدفة مطروحًا منه الانحراف المسموح به.

٥- حساب مؤشر الجودة الأعلى (Q_u) بطرح متوسط قيمة عينة الحصة ($\bar{X}$,) من حد الجودة الأعلى (LQL) وقسمة النتيجة على الانحراف المعياري لعينة الحصة: S_n

المعادلة (ج-٤) $Q_u = \frac{UQL - \bar{X}}{S_n}$

ملاحظة: حد الجودة الأعلى يساوي حد مواصفات العقد أو القيمة المستهدفة مُضافًا إليه الانحراف المسموح به.

٦- بالنسبة لكل خاصية جودة، تحديد النسبة المئوية للمادة التي تزيد عن الحد الأدنى للتحمل، P_L، والنسبة المئوية للمادة التي تقل عن الحد الأعلى للتحمل، P_u، عن طريق إدخال مؤشر الجودة الأدنى أو مؤشر الجودة الأعلى في الجدول (ج-١) أو كليهما، باستخدام العمود المناسب للعدد الإجمالي للحصص الفرعية، n، وقراءة الرقم المناسب تحت عنوان العمود "النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_L أو P_u)".

٧- بالنسبة لخصائص الجودة ذات حد الجودة الأعلى فقط، فإن النسبة المئوية ضمن حدود تساوي الحد الأعلى للتحمل P_u. أما بالنسبة للخصائص ذات حد الجودة الأدنى فقط، فإن النسبة المئوية ضمن حدود تساوي الحد الأدنى للتحمل P_L. بالنسبة للخصائص الجودة ذات حدود الجودة الأعلى والأدنى على حدٍ سواء، قم أولًا بحساب مؤشر الجودة الاعلى Q_U، ومؤشر الجودة الأدنى Q_L، باستخدام حد الجودة الأعلى UQL، وحد الجودة الأدنى LQL، على التوالي. الحدود التي سيتم استخدامها منصوص عليها في مواصفات المواد المعمول بها. ثم تحديد النسبة المئوية ضمن حدود باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة (ج-٥) $PWL = (Pu + P_L) - 100$

٨- تعتبر النسبة المئوية ضمن حدود الموضحة في الجدول (ج-١) والتي يجب استخدامها العدد الصحيح الأكبر من ذلك والذي تم العثور عليه باستخدام مؤشر الجودة الاعلى Q_u أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L في الجدول. على سبيل المثال، النسبة المئوية ضمن الحدود التي سيتم استخدامها لعدد الحصص الفرعية n = 4 ومؤشر الجودة الأعلى Q_u الخاص بعدد ١,٤٢ سيكون ٩٨.

الجدول (ج–١) النسبة المئوية المقدرة ضمن الحدود، n = عدد الحصص الفرعية في الحصة (AASHTO, 2020).

النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_L أو P_u)	مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L							
	العدد = ٣	العدد = ٤	العدد = ٥	العدد = ٦	العدد = ٧	العدد = ٨	العدد = ٩	العدد = ١٠ حتى العدد = ١١
١٠٠	١,١٦	١,٤٩	١,٧٢	١,٨٨	١,٩٨	٢,٠٧	٢,١٣	٢,٢٠
٩٩	-	١,٤٦	١,٦٤	١,٧٥	١,٨٢	١,٩٨	١,٩١	١,٩٦
٩٨	-	١,٤٣	١,٥٨	١,٦٦	١,٧٢	١,٧٥	١,٧٦	١,٨١
٩٧	١,١٥	١,٤٠	١,٥٢	١,٥٩	١,٦٣	١,٦٦	١,٦٨	١,٧١
٩٦	-	١,٣٧	١,٤٧	١,٥٢	١,٥٦	١,٥٨	١,٦٠	١,٦٢
٩٥	١,١٤	١,٣٤	١,٤٢	١,٤٧	١,٤٩	١,٥١	١,٥٢	١,٥٤
٩٤	-	١,٣١	١,٣٦	١,٤١	١,٤٣	١,٤٦	١,٤٦	١,٤٧
٩٣	١,١٣	١,٢٨	١,٣٣	١,٣٦	١,٣٨	١,٣٩	١,٤٠	١,٤١
٩٢	١,١٢	١,٢٥	١,٢٨	١,٣١	١,٣٣	١,٣٣	١,٣٤	١,٣٥
٩١	١,١١	١,٢٢	١,٢٦	١,٢٧	١,٢٨	١,٢٨	١,٢٩	١,٢٨
٩٠	١,١٠	١,١٩	١,٢١	١,٢٣	١,٢٣	١,٢٤	١,٢٤	١,٢٤
٨٩	١,٠٩	١,١٦	١,١٨	١,١٨	١,١٩	١,١٩	١,١٨	١,١٩
٨٨	١,٠٧	١,١٣	١,١٤	١,١٤	١,١٥	١,١٦	١,١٥	١,١٥
٨٧	١,٠٦	١,١٠	١,١٠	١,١٠	١,١٠	١,١٠	١,١٠	١,١٠
٨٦	١,٠٤	١,٠٧	١,٠٧	١,٠٧	١,٠٧	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦
٨٥	١,٠٣	١,٠٤	١,٠٣	١,٠٣	١,٠٣	١,٠٣	١,٠٢	١,٠٢
٨٤	١,٠١	١,٠١	١,٠٠	٠,٩٩	٠,٩٩	٠,٩٩	٠,٩٩	٠,٩٨
٨٣	٠,٩٩	٠,٩٨	٠,٩٧	٠,٩٦	٠,٩٦	٠,٩٥	٠,٩٥	٠,٩٦
٨٢	٠,٩٧	٠,٩٥	٠,٩٣	٠,٩٢	٠,٩٢	٠,٩٢	٠,٩١	٠,٩١
٨١	٠,٩٥	٠,٩٢	٠,٩٠	٠,٨٨	٠,٨٩	٠,٨٨	٠,٨٨	٠,٨٧
٨٠	٠,٩٣	٠,٨٩	٠,٨٧	٠,٨٦	٠,٨٦	٠,٨٥	٠,٨٤	٠,٨٤
٧٩	٠,٩١	٠,٨٦	٠,٨٤	٠,٨٢	٠,٨٢	٠,٨١	٠,٨١	٠,٨١
٧٨	٠,٨٨	٠,٨٣	٠,٨١	٠,٧٩	٠,٧٩	٠,٧٦	٠,٧٦	٠,٧٧
٧٧	٠,٨٦	٠,٨٠	٠,٧٧	٠,٧٦	٠,٧٦	٠,٧٥	٠,٧٤	٠,٧٤
٧٦	٠,٨٣	٠,٧٧	٠,٧٤	٠,٧٣	٠,٧٢	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧١
٧٥	٠,٨١	٠,٧٤	٠,٧١	٠,٧٠	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٨
٧٤	٠,٧٨	٠,٧١	٠,٦٨	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٦	٠,٦٦	٠,٦٦
٧٣	٠,٧٥	٠,٦٨	٠,٦٥	٠,٦٤	٠,٦٣	٠,٦٢	٠,٦٢	٠,٦٢
٧٢	٠,٧٣	٠,٦٥	٠,٦٢	٠,٦١	٠,٦٠	٠,٥٨	٠,٥٩	٠,٥٩
٧١	٠,٧٠	٠,٦٢	٠,٥٩	٠,٥٨	٠,٥٧	٠,٥٧	٠,٥٦	٠,٥٦
٧٠	٠,٦٧	٠,٥٩	٠,٥٦	٠,٥٥	٠,٥٤	٠,٥٤	٠,٥٣	٠,٥٣
٦٩	٠,٦٤	٠,٥٦	٠,٥٣	٠,٥٢	٠,٥١	٠,٥١	٠,٥٠	٠,٥٠
٦٨	٠,٦١	٠,٥٣	٠,٥٠	٠,٤٩	٠,٤٨	٠,٤٨	٠,٤٨	٠,٤٧
٦٧	٠,٥٨	٠,٥٠	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٤٥	٠,٤٥	٠,٤٦	٠,٤٤
٦٦	٠,٥٥	٠,٤٧	٠,٤٥	٠,٤٣	٠,٤٣	٠,٤٢	٠,٤٢	٠,٤٢
٦٥	٠,٥١	٠,٤٤	٠,٤٢	٠,٤٠	٠,٤٠	٠,٣٩	٠,٣٨	٠,٣٩
٦٤	٠,٤٨	٠,٤١	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٧	٠,٣٧	٠,٣٦	٠,٣٦
٦٣	٠,٤٥	٠,٣٨	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٤	٠,٣٤	٠,٣٤	٠,٣٣

النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_L أو P_u)	مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L							
	العدد = ٣	العدد = ٤	العدد = ٥	العدد = ٦	العدد = ٧	العدد = ٨	العدد = ٩	العدد = ١٠ حتى العدد = ١١
٦٢	٠,٤١	٠,٣٥	٠,٣٣	٠,٣٢	٠,٣٢	٠,٣١	٠,٣١	٠,٣١
٦١	٠,٣٨	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨
٦٠	٠,٣٤	٠,٢٨	٠,٣٨	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦
٥٩	٠,٣١	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣
٥٨	٠,٣٠	٠,٢٥	٠,٢٣	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠
٥٧	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨
٥٦	٠,٢٠	٠,١٨	٠,١٦	٠,١٥	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٦
٥٥	٠,١٨	٠,١٥	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣
٥٤	٠,١٥	٠,١٣	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠
٥٣	٠,١٠	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨
٥٢	٠,٠٨	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٦
٥١	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣
٥٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠

إذا كانت قيمة مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L لا تتوافق مع قيمة موضحة في الجدول، فاستخدم قيمة الجودة الأدنى التالية. وإذا كانت قيمة مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L قيمتين سالبتين، فإن P_u أو P_L يساوي ١٠٠ مطروحًا منه قيمة P_u أو P_L الموضحة في الجدول.

تابع الجدول (ج-١)

النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_L أو P_u)	مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L						
	العدد = ١٢ حتى العدد = ١٤	العدد = ١٥ حتى العدد = ١٧	العدد = ١٨ حتى العدد = ٢٢	العدد = ٢٣ حتى العدد = ٢٩	العدد = ٣٠ حتى العدد = ٤٢	العدد = ٤٣ حتى العدد = ٦٦	العدد = ٦٧ حتى العدد = ١٠٠
١٠٠	٢,٢٨	٢,٣٤	٢,٣٠	٢,٤٤	٢,٤٨	٢,٥١	٢,٥٤
٩٩	٢,٠١	٢,٠٤	٢,٠٧	٢,٠٩	٢,١٢	٢,١٤	٢,١٦
٩٨	١,٨٤	١,٨٧	١,٨٨	١,٩١	١,٨٣	١,٨٤	١,٩٦
٩٧	١,٧٣	١,٧٥	١,٧٦	١,٧٦	١,٧٩	١,٨٠	١,٩١
٩٦	١,٦٤	١,٦٥	١,٦٦	١,٦٧	١,٦٥	١,٦٨	١,٧٠
٩٥	١,٥٥	١,٥٦	١,٥٧	١,٥٨	١,٥٩	١,٥٩	١,٦٠
٩٤	١,٤٨	١,٤٩	١,٥٠	١,٦٠	١,٦١	١,٥١	١,٥٢
٩٣	١,٤١	١,٤٢	١,٤٣	١,٤٣	١,٤٤	١,٤٤	١,٤٤
٩٢	١,٣٥	١,٣٦	١,٣٦	١,٣٧	١,٣٧	١,٣٧	١,٣٨
٩١	١,٣٠	١,٣٠	١,٣٠	١,٣١	١,٣١	١,٣١	١,٣١
٩٠	١,٢٦	١,٢٦	١,٢٦	١,٢٦	١,٢٦	١,٢٦	١,٢٦
٨٩	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٠
٨٨	١,١٥	١,١٥	١,١٥	١,١٥	١,١٥	١,١٥	١,١٥
٨٧	١,١١	١,١١	١,١١	١,١١	١,١١	١,١١	١,١١
٨٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦

النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_U أو P_L)	مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L						
	العدد = ١٢ حتى العدد = ١٤	العدد = ١٥ حتى العدد = ١٧	العدد = ١٨ حتى العدد = ٢٢	العدد = ٢٣ حتى العدد = ٢٩	العدد = ٣٠ حتى العدد = ٤٢	العدد = ٤٣ حتى العدد = ٦٦	العدد = ٦٧ حتى العدد = ١٠٠
٨٥	١,٠٢	١,٠٢	١,٠٢	١,٠٢	١,٠٢	١,٠٢	١,٠٢
٨٤	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٨
٨٣	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤
٨٢	٠,٩١	٠,٩١	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٩٠
٨١	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٨٧
٨٠	٠,٨٤	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٨٣
٧٩	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٩٠	٠,٨٠	٠,٧٨
٧٨	٠,٧٧	٠,٧٧	٠,٧٦	٠,٧٦	٠,٧٦	٠,٧٦	٠,٧٦
٧٧	٠,٧٤	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧٣
٧٦	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٧٠
٧٥	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٧	٠,٦٦
٧٤	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٤	٠,٦٣
٧٣	٠,٦١	٠,٦١	٠,٦١	٠,٦١	٠,٦١	٠,٦١	٠,٦٠
٧٢	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٥٧
٧١	٠,٥٦	٠,٥٥	٠,٥٥	٠,٥٥	٠,٥٥	٠,٥٦	٠,٥٤
٧٠	٠,٥٥	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,٥٢	٠,٥٢
٦٩	٠,٥٠	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٨	٠,٤٩	٠,٤٨	٠,٤٩
٦٨	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٤٦	٠,٤٦	٠,٤٦	٠,٤٦
٦٧	٠,٤٤	٠,٤٤	٠,٤٤	٠,٤٣	٠,٤٣	٠,٤٣	٠,٤٣
٦٦	٠,٤١	٠,٤١	٠,٤١	٠,٤١	٠,٤١	٠,٤١	٠,٤٠
٦٥	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٨	٠,٣٨
٦٤	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٣٦
٦٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٢
٦٢	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠
٦١	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨
٦٠	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٦
٥٩	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣
٥٨	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠
٥٧	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨	٠,١٨
٥٦	٠,١٦	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٦	٠,١٥	٠,١٦
٥٥	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٣
٥٤	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,١٠
٥٣	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٠٨
٥٢	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٦
٥١	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣
٥٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠

إذا كانت قيمة مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L لا تتوافق مع قيمة موضحة في الجدول، فاستخدم قيمة الجودة الأدنى التالية. وإذا كانت قيمة مؤشر

النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات (P_L أو P_U)	مؤشر الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L						
	العدد = ١٢ حتى العدد = ١٤	العدد = ١٥ حتى العدد = ١٧	العدد = ١٨ حتى العدد = ٢٢	العدد = ٢٣ حتى العدد = ٢٩	العدد = ٣٠ حتى العدد = ٤٢	العدد = ٤٣ حتى العدد = ٦٦	العدد = ٦٧ حتى العدد = ١٠٠
الجودة الأعلى Q_U أو مؤشر الجودة الأدنى Q_L قيمتين سالبتين، فإن P_U أو P_L يساوي ١٠٠ مطروحًا منه قيمة P_U أو P_L الموضحة في الجدول.							

كرر الخطوات من ١ إلى ٨ لكل خاصية جودة مدرجة لإجراء التقييم الإحصائي.

ج-٣ القبول:

سيتم دفع تكاليف العمل في الدفعة بمعامل دفع نهائي عند الانتهاء من جميع عمليات الفحص أو نتائج الاختبار وتقييمها.

قبل تحديد عامل الدفع النهائي، يمكن إدراج العمل ضمن المشروع بشرط ألا يقل عامل الدفع الحالي عن ٠,٩٠. إذا تم الانتهاء من الحصة بأخذ أقل من ٣ عينات، فلن يجرى تقييم المادة باستخدام تحليل مستوى الجودة الإحصائي.

إذا انخفض عامل الدفع الحالي للحصة إلى ما دون ٠,٩٠، فقم بإنهاء الإنتاج. قد يستأنف الإنتاج بعد أن يتخذ المقاول إجراءات فعالة ومقبولة لتحسين جودة الإنتاج.

يتم قبول الحصة التي تحتوي على نسبة مئوية غير مرضية من المواد غير المحددة (أقل من ١,٠٠ عامل دفع) بشرط ألا يقع أدنى عامل دفع منفرد في الجزء المرفوض من الجدول (ج-٢).

الجدول (ج–٢) عوامل الدفع (AASHTO, 2020).

عامل الدفع	الحد الأدنى المطلوب للنسبة المئوية للعمل ضمن حدود المواصفات لعامل دفع معين (- (١٠٠P_U + P_L)							
الفئة								
الأولى	الثانية	العدد = ٣	العدد = ٤	العدد = ٥	العدد = ٦	العدد = ٧	العدد = ٨	العدد = ٩	العدد = ١٠ حتى العدد = ١١
١,٠٥		١٠٠	١٠٠	١٠٠			١٠٠	١٠٠	١٠٠
١,٠٤		١٠٠	١٠٠	١٠٠		١٠٠	٩٩	٩٧	٩٥
١,٠٣		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٦	٩٤	٩٢
١,٠٢		١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٩	٩٧	٩٤	٩١	٨٩
١,٠١		١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٥	٩٢	٨٩	٨٧
١,٠٠		٦٩	٧٥	٧٨	٨٠	٨٢	٨٣	٨٤	٨٥
٠,٩٩		٦٦	٧٢	٧٦	٧٨	٨٠	٨١	٨٢	٨٣
٠,٩٨		٦٤	٧٠	٧٤	٧٦	٧٨	٧٩	٨٠	٨١
٠,٩٧		٦٣	٦٨	٧٢	٧٤	٧٦	٧٧	٧٨	٧٩
٠,٩٦		٦١	٦٧	٧٠	٧٢	٧٤	٧٥	٧٦	٧٨
٠,٩٥	١,٠٠	٥٩	٦٥	٦٨	٧١	٧٢	٧٤	٧٥	٧٦
٠,٩٤	٠,٩٩	٥٨	٦٣	٦٧	٦٩	٧١	٧٢	٧٣	٧٥
٠,٩٣	٠,٩٨	٥٧	٦٢	٦٥	٦٧	٦٩	٧١	٧٢	٧٣
٠,٩٢	٠,٩٧	٥٥	٦٠	٦٣	٦٦	٦٨	٦٩	٧٠	٧٢
٠,٩١	٠,٩٦	٥٤	٥٩	٦٢	٦٤	٦٦	٦٨	٦٩	٧٠
٠,٩٠	٠,٩٥	٥٣	٥٧	٦١	٦٣	٦٥	٦٦	٦٧	٦٩

عامل الدفع	الحد الأدنى المطلوب للنسبة المئوية للعمل ضمن حدود المواصفات لعامل دفع معين (- (100P_U + P_L)							
الفئة								
الأولى	الثانية	العدد = ٣	العدد = ٤	العدد = ٥	العدد = ٦	العدد = ٧	العدد = ٨	العدد = ٩	العدد = ١٠ حتى العدد = ١١
٠,٨٩	٠,٩٤	٥١	٥٦	٥٩	٦٢	٦٣	٦٥	٦٦	٦٨
٠,٨٨	٠,٩٣	٥٠	٥٥	٥٨	٦٠	٦٢	٦٤	٦٥	٦٦
٠,٨٧	٠,٩٢	٤٩	٥٣	٥٧	٥٩	٦١	٦٢	٦٣	٦٥
٠,٨٦	٠,٩١	٤٨	٥٢	٥٥	٥٨	٥٩	٦١	٦٢	٦٤
٠,٨٥	٠,٩٠	٤٦	٥١	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠	٦١	٦٢
٠,٨٤	٠,٨٩	٤٥	٤٩	٥٣	٥٥	٥٧	٥٨	٦٠	٦١
٠,٨٣	٠,٨٨	٤٤	٤٨	٥١	٥٤	٥٦	٥٧	٥٨	٦٠
٠,٨٢	٠,٨٧	٤٣	٤٧	٥٠	٥٣	٥٤	٥٦	٥٧	٥٩
٠,٨١	٠,٨٦	٤١	٤٦	٤٩	٥١	٥٣	٥٥	٥٦	٥٨
٠,٨٠	٠,٨٥	٤٠	٤٤	٤٨	٥٠	٥٢	٥٤	٥٥	٥٦
٠,٧٩	٠,٨٤	٣٩	٤٣	٤٦	٤٩	٥١	٥٢	٥٤	٥٥
٠,٧٨	٠,٨٣	٣٨	٤٢	٤٥	٤٨	٥٠	٥١	٥٢	٥٤
٠,٧٧	٠,٨٢	٣٦	٤١	٤٤	٤٦	٤٨	٥٠	٥١	٥٣
٠,٧٦	٠,٨١	٣٥	٣٩	٤٣	٤٥	٤٧	٤٩	٥٠	٥٢
٠,٧٥	٠,٨٠	٣٣	٣٨	٤٢	٤٤	٤٦	٤٨	٤٩	٥١
رفض	٠,٧٩	٣٢	٣٧	٤٠	٤٣	٤٥	٤٧	٤٨	٤٩
	٠,٧٨	٣٠	٣٦	٣٩	٤٢	٤٤	٤٥	٤٧	٤٨
	٠,٧٧	٢٨	٣٤	٣٨	٤١	٤٣	٤٤	٤٦	٤٧
	٠,٧٦	٢٧	٣٣	٣٧	٣٩	٤٢	٤٣	٤٥	٤٦
	٠,٧٥	٢٥	٣٢	٣٦	٣٨	٤٠	٤٢	٤٣	٤٥
	رفض	قيم أقل من تلك الموضحة أعلاه							

ملاحظة:
إذا كانت قيمة 100 - (P_u + P_L) لا تتوافق مع قيمة 100 – (P_u + P_L) الموضحة في هذا الجدول، فاستخدم القيمة الأصغر التالية 100 - (P_u + P_L)

تابع الجدول (ج-٢)

عامل الدفع	الحد الأدنى المطلوب للنسبة المئوية للعمل ضمن حدود المواصفات لعامل دفع معين (- (100P_U + P_L)						
الفئة							
الأولى	٢	العدد = ١٢ حتى العدد = ١٤	العدد = ١٥ حتى العدد = ١٧	العدد = ١٨ حتى العدد = ٢٢	العدد = ٢٣ حتى العدد = ٢٩	العدد = ٣٠ حتى العدد = ٤٢	العدد = ٤٣ حتى العدد = ٦٦	العدد = ٦٧ حتى العدد = ١٠٠
١,٠٥		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١,٠٤		٩٦	٩٦	٩٦	٩٧	٩٧	٩٧	٩٧
١,٠٣		٩٣	٩٣	٩٤	٩٥	٩٥	٩٦	٩٦
١,٠٢		٩٠	٩١	٩٢	٩٣	٩٣	٩٤	٩٤
١,٠١		٨٨	٨٩	٩٠	٩١	٩٢	٩٢	٩٣
١,٠٠		٨٦	٨٧	٨٨	٨٩	٩٠	٩١	٩٢

عامل الدفع	الحد الأدنى المطلوب للنسبة المئوية للعمل ضمن حدود المواصفات لعامل دفع معين ($100P_U + P_L$ -)						
الفئة							
الأولى	٢	العدد = ١٢ حتى العدد = ١٤	العدد = ١٥ حتى العدد = ١٧	العدد = ١٨ حتى العدد = ٢٢	العدد = ٢٣ حتى العدد = ٢٩	العدد = ٣٠ حتى العدد = ٤٢	العدد = ٤٣ حتى العدد = ٦٦	العدد = ٦٧ حتى العدد = ١٠٠
٠,٩٩		٨٤	٨٥	٨٦	٨٧	٨٩	٩٠	٩١
٠,٩٨		٨٢	٨٤	٨٥	٨٦	٨٧	٨٨	٩٠
٠,٩٧		٨١	٨٢	٨٣	٨٤	٨٦	٨٧	٨٨
٠,٩٦		٧٩	٨١	٨٢	٨٣	٨٤	٨٦	٨٧
٠,٩٥	١,٠٠	٧٨	٧٩	٨٠	٨٢	٨٣	٨٤	٨٦
٠,٩٤	٠,٩٩	٧٦	٧٨	٧٩	٨٠	٨٢	٨٣	٨٥
٠,٩٣	٠,٩٨	٧٥	٧٦	٧٨	٧٩	٨٠	٨٢	٨٤
٠,٩٢	٠,٩٧	٧٣	٧٥	٧٦	٧٨	٧٩	٨١	٨٢
٠,٩١	٠,٩٦	٧٢	٧٤	٧٥	٧٦	٧٨	٧٩	٨١
٠,٩٠	٠,٩٥	٧١	٧٢	٧٤	٧٥	٧٧	٧٨	٨٠
٠,٨٩	٠,٩٤	٦٩	٧١	٧٢	٧٤	٧٥	٧٧	٧٩
٠,٨٨	٠,٩٣	٦٨	٧٠	٧١	٧٣	٧٤	٧٦	٧٨
٠,٨٧	٠,٩٢	٦٧	٦٨	٧٠	٧١	٧٣	٧٥	٧٧
٠,٨٦	٠,٩١	٦٦	٦٧	٦٩	٧٠	٧٢	٧٤	٧٦
٠,٨٥	٠,٩٠	٦٤	٦٦	٦٧	٦٩	٧١	٧٢	٧٥
٠,٨٤	٠,٨٩	٦٣	٦٥	٦٦	٦٨	٧٠	٧١	٧٣
٠,٨٣	٠,٨٨	٦٢	٦٤	٦٥	٦٧	٦٩	٧٠	٧٢
٠,٨٢	٠,٨٧	٦١	٦٢	٦٤	٦٦	٦٧	٦٩	٧١
٠,٨١	٠,٨٦	٥٩	٦١	٦٣	٦٤	٦٦	٦٨	٧٠
٠,٨٠	٠,٨٥	٥٨	٦٠	٦٢	٦٣	٦٥	٦٧	٦٩
٠,٧٩	٠,٨٤	٥٧	٥٩	٦١	٦٢	٦٤	٦٦	٦٨
٠,٧٨	٠,٨٣	٥٦	٥٨	٥٩	٦١	٦٣	٦٥	٦٧
٠,٧٧	٠,٨٢	٥٥	٥٧	٥٨	٦٠	٦٢	٦٤	٦٦
٠,٧٦	٠,٨١	٥٤	٥٦	٥٧	٥٩	٦١	٦٣	٦٥
٠,٧٥	٠,٨٠	٥٣	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠	٦٢	٦٤
رفض	٠,٧٩	٥٢	٥٣	٥٥	٥٧	٥٩	٦٠	٦٣
	٠,٧٨	٥٠	٥٢	٥٤	٥٦	٥٧	٥٩	٦٢
	٠,٧٧	٤٩	٥١	٥٣	٥٥	٥٦	٥٨	٦١
	٠,٧٦	٤٨	٥٠	٥٢	٥٣	٥٥	٥٧	٦٠
	٠,٧٥	٤٧	٤٩	٥١	٥٢	٥٤	٥٦	٥٩
	رفض	قيم أقل من تلك الموضحة أعلاه						

ملاحظة:
إذا كانت قيمة $100 - (P_u + P_L)$ لا تتوافق مع قيمة $100 - (P_u + P_L)$ الموضحة في هذا الجدول، فاستخدم القيمة الأصغر التالية $100 - (P_u + P_L)$

يتم رفض الحصة التي تحتوي على نسبة مئوية غير مرضية من المواد غير المحددة مع أدنى عامل دفع فردي يقع في الجزء المرفوض من الجدول (ج-٢). إزالة المواد المرفوضة من العمل.

عند الموافقة، يمكن إزالة المواد غير المحددة طواعية واستبدالها بمواد جديدة لتجنب أو تقليل عامل دفع أقل من ١,٠٠. ستُأخذ عينات من المواد الجديدة وسيجرى اختبارها وتقييمها وفقًا لخطة القبول.

قد يتم رفض أي كمية من المواد بناءً على الفحص البصري أو نتائج الاختبار. عدم إدراج المواد المرفوضة ضمن العمل. سيتم استبعاد نتائج الاختبارات التي يتم إجراؤها على المواد المرفوضة من الحصة.

ج-٤ تحديد عامل الدفع:

سيُحدّد عامل الدفع للقطعة على النحو التالي:

- سيُحدّد عامل الدفع لكل خاصية جودة من الجدول(ج-٢) باستخدام إجمالي عدد قيم الاختبار وإجمالي النسبة المئوية المقدرة ضمن حدود المواصفات المحسوبة.
- عندما تكون جميع خصائص الجودة لحصة ما من الفئة الأولى، يعتمد عامل دفع الحصة على أدنى عامل دفع واحد لأي خاصية جودة من الفئة الأولى. الحد الأقصى لعامل الدفع الذي يمكن الحصول عليه هو ١,٠٥.
- عندما تكون خصائص الجودة لحصة ما من الفئات الأولى والثانية على حد سواء، يستند عامل دفع الحصة على ما يلي:
  - عندما تكون جميع خصائص الجودة من الفئة الثانية هي ١,٠٠، يعتمد مبلغ الحصة على أدنى عامل دفع واحد لجميع خصائص الفئة الأولى. الحد الأقصى لعامل الدفع الذي يمكن الحصول عليه هو ١,٠٥.
  - عندما تكون أي خاصية من خصائص الجودة من الفئة الثانية أقل من ١,٠٠، فإن مبلغ الحصة يعتمد على أدنى عامل دفع واحد لأي خاصية من خصائص الجودة من الفئة الأولى أو الثانية.
- عندما تكون جميع خصائص الجودة لحصة ما من الفئة الثانية، يعتمد عامل دفع الحصة على أدنى عامل دفع واحد لأي خاصية جودة من الفئة الثانية. الحد الأقصى لعامل الدفع الذي يمكن الحصول عليه هو ١,٠٠.
- وبدلًا من ذلك، تحدد عامل الدفع المركب (CPF) لكل حصة على النحو التالي:

$$CPF = \frac{f_1 * PF_1 + f_2 * PF_2 + \cdots f_J * PF_J}{\Sigma f_i}$$ **المعادلة (ج-٦)**

حيث إن:

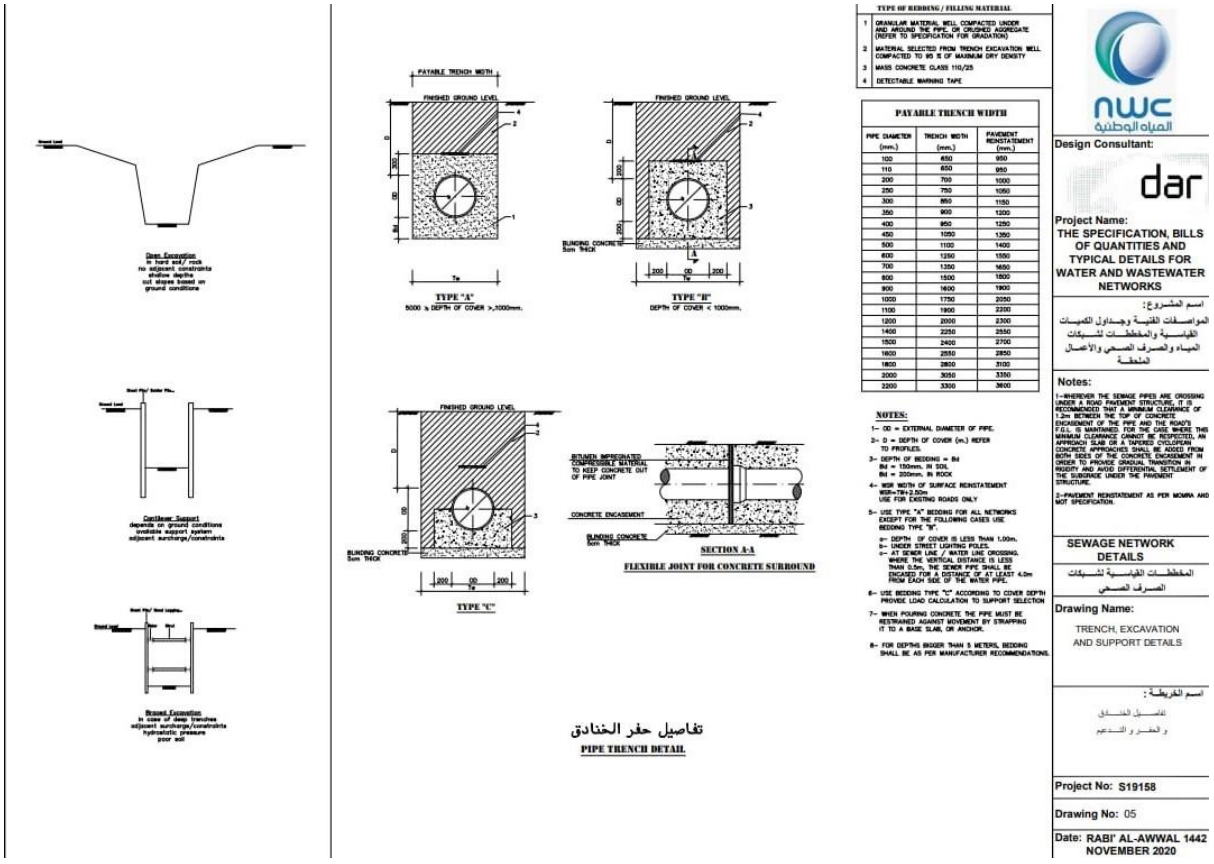
رمز i = 1 إلى J

f_i = عامل تعديل السعر المدرج للمواد المستخدمة، و

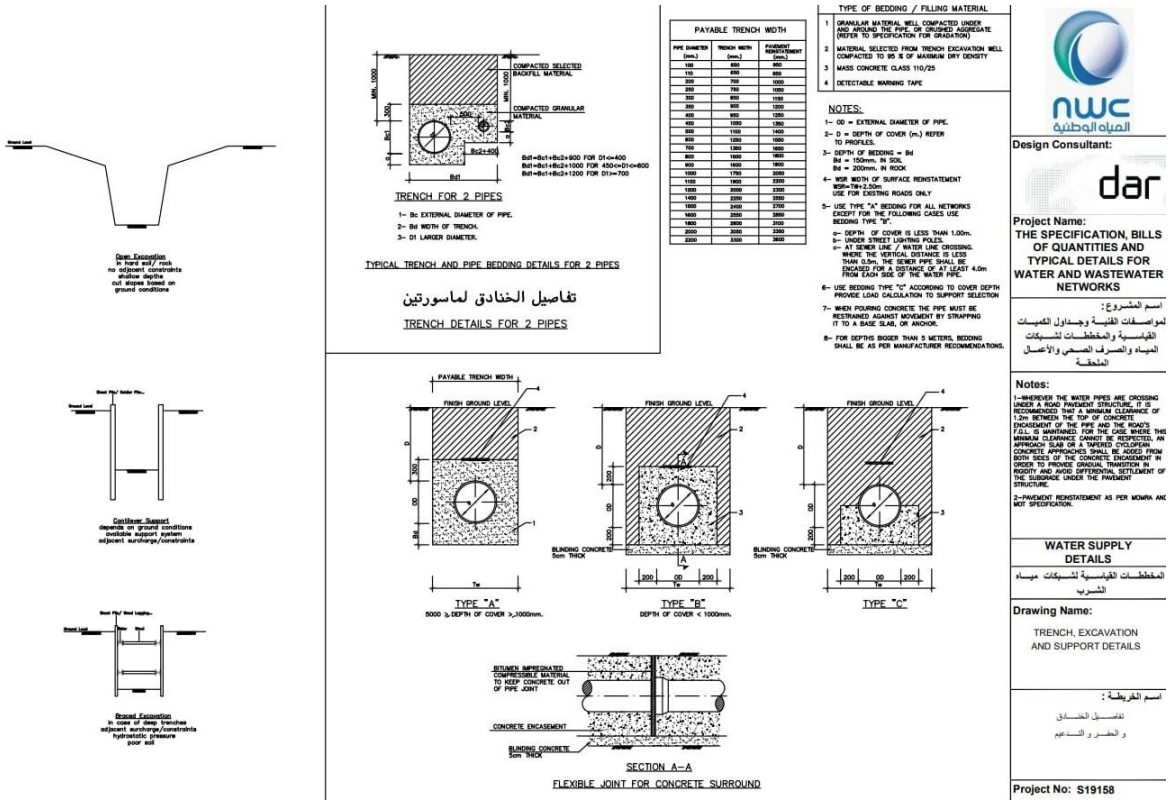
J = عدد خصائص الجودة التي تُقيّمها

- سيتم دفع الدفعة المعدلة للمواد المستخدمة في الحصة بسعر يُحدّده بضرب سعر عرض وحدة العقد في عامل دفع الحصة كما هو موضح أعلاه، أو على النحو الموضح في جزء الدفع الفرعي للعقد الخاص بنوع العمل.

الملحق د - مواصفات خندق المياه والصرف الصحي:



الشكل (د–١) مواصفات خندق أنابيب المياه والصرف الصحي.



الشكل (د–٢) مواصفات خندق المياه والصرف الصحي من أنبوبتين.

الملحق هـ – تطبيق طبقات الأسفلت السطحية الرقيقة:

هـ-١ تطبيق طبقة 7F-RA-Mega Thin:

تُستخدم هذه الطبقة كجزء من أعمال المعالجة السطحية الرقيقة ذات السماكة العالية ٣٠ ± ٥ مم. الجدول (هـ -١) وتُظهر فعالية هذه الدورة داخل أضرار سطحية متعددة، من حيث جودة وشدة وكثافة هذه الضائقة، حيث من الواضح أن هذه الطبقة فعالة عندما تكون الأضرار السطحية الحالية منخفضة الشدة والكثافة. تنخفض فعالية هذا العلاج مع زيادة شدة وكثافة الضرر.

الجدول (هـ–١) فعالية طبقة 7F-RA-Mega Thin.

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	مدى المشكلة		
	خطورة منخفضة [١]	خطورة متوسطة [١]	خطورة عالية [١]
الشقوق الكلالية			
الشقوق الخطية أو الكتلية			
التخدد			
التطاير			
النزف			
الخشونة			
فقدان القوام			
تلف الرطوبة			
ملاحظة: ١- تم تعريف شدة الضرر في الجزء (هـ -٤).			
مفتاح الشكل	ساري، نافذا، معمول به	هَامِشِيّ	غير مناسبة

هـ-٢ تطبيق طبقة 8F-RA-Medium Thin:

تُستخدم هذه الطبقة كجزء من أعمال المعالجة السطحية الرقيقة ذات السماكة العالية ٢٠ ± ٥ مم. الجدول (هـ -٢) وتُظهر فعالية هذه الدورة داخل أضرار سطحية متعددة، من حيث جودة وشدة وكثافة هذه الضائقة، حيث من الواضح أن هذه الطبقة فعالة عندما تكون الأضرار السطحية الحالية منخفضة الشدة والكثافة. تنخفض فعالية هذا العلاج مع زيادة شدة وكثافة الضائقة.

الجدول (ه–٢) فعالية طبقة 8F-RA-Medium Thin.

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	مدى المشكلة		
	خطورة منخفضة [١]	خطورة متوسطة [١]	خطورة عالية [١]
الشقوق الكلالية.			
الشقوق خطية أو كتلية			
التخدد			
التطاير			
النزف			
الخشونة			
فقدان القوام			
تلف الرطوبة			
ملاحظة: ١- تم تعريف شدة الضرر في الجزء (هـ -٤).			
مفتاح الشكل	سار، نافذا، معمول به	هَامِشِيّ	غير مناسبة

ه-٣ تطبيق طبقة 9F-RA-Ultra Thin:

تُستخدم هذه الطبقة كجزء من أعمال المعالجة السطحية الرقيقة ذات السماكة العالية ٢٠ ± ٥ مم. الجدول (هـ -٣) وتُظهر فعالية هذه الدورة داخل أضرار سطحية متعددة، من حيث جودة وشدة وكثافة هذه الضائقة، حيث من الواضح أن هذه الطبقة فعالة عندما تكون الأضرار السطحية الحالية منخفضة الشدة والكثافة. تنخفض فعالية هذا العلاج مع زيادة شدة وكثافة الضائقة.

الجدول (ه–٣) فعالية طبقة 9F-RA-Ultra Thin.

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	مدى المشكلة		
	خطورة منخفضة [١]	خطورة متوسطة [١]	خطورة عالية [١]
الشقوق الكلالية.			
الشقوق خطية أو كتلية			
التخدد			

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	مدى المشكلة		
	خطورة منخفضة [1]	خطورة متوسطة [1]	خطورة عالية [1]
التطاير			
النزف			
الخشونة			
فقدان القوام			
تلف الرطوبة			
ملاحظة: ١- تم تعريف شدة الضرر في الجزء (هـ -٤).			
مفتاح الشكل	ساري نافذا، معمول به	هَامِشِيّ	غير مناسبة

هـ-٤ درجة شدة وكثافة نوع ضرر طبقات الأسفلت:

الجدول (هـ-٤) تعريف درجة شدة وكثافة العيب.

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	الشدة والكثافة		
	منخفض	متوسط	مرتفع
الشقوق الكلالية	تشققات شعرية طولية موازية لبعضها البعض مع تدخلات بسيطة	تشققات في شكل شبكة، بدأ عرضها في الزيادة، ولكن داخل الجزء السطحي من الطبقة.	العديد من الشقوق تتداخل مع بعضها البعض وتكون عميقة. تنقسم طبقة الرصف إلى أجزاء منفصلة متحركة عند تعرضها لحركة المرور.
الشقوق خطية أو كتلية	أقل من ٦ ملم.	من ٦ إلى ١٢ ملم.	أكثر من ١٢ ملم.
التخدد	من ٦ إلى ١٣ ملم.	من ١٣ إلى ٢٥ ملم.	أكثر من ٢٥ ملم.
التطاير	تجريف الحصى الناعمة ومواد الترابط ويبدأ السطح في الحصول على الساخن.	تجريف الحصى والمواد الناعمة وظهور الانتفاخات على السطح.	تجريف الحصى الخشنة ومواد الترابط والسطح يبدو خشنا جدا.
النزف	تنضح خفيف ولا يلتصق بإطارات السيارات أو الأحذية.	يلتصق النضح بالإطارات والأحذية في فترة زمنية قصيرة من السنة.	يغطي النضح السطح بأكمله ويلتصق بالسطح خلال فترة طويلة من السنة.

أنواع ضرر طبقات الأسفلت	الشدة والكثافة		
	منخفض	متوسط	مرتفع
الخشونة	خشونة طفيفة في سطح الأسفلت.	خشونة متوسطة في سطح الأسفلت.	خشونة عالية في سطح الأسفلت.
فقدان القوام	أقل ٤٠		
تلف الرطوبة	حفر صغيرة في طبقة الأسفلت السطحية.	خشونة متوسطة في سطح الأسفلت.	حفر كبيرة في طبقة الأسفلت السطحية.

الملحق - مسرد المصطلحات:

الأسفلت – عبارة عن بقايا شبيهة بالأسمنت ذات لون بني غامق إلى أسود يتم الحصول عليها من تقطير الزيوت الخام المناسبة، أو من المصادر الطبيعية أو خليط منهما معًا.

الأسفلت الرغوي - خليط من الهواء والماء والأسفلت الساخن. تتعرض طبقة لأسفلت الساخن الرابطة لكمية صغيرة من الماء بطريقة متحكم بها، مما يسبب تمدد الأسفلت بسرعة كبيرة ليصبح حجمًا كبيرًا من الفقاعات أو رغوة. تقل لزوجة الطبقة الرابطة بشكل كبير وتتزايد مساحة سطحها، مما يسمح بانتشارها بسهولة عبر الركام، أو خلطة رصف الأسفلت المعاد تدويره (RAP).

الأسفلت المستحلب - انظر: مستحلب الأسفلت.

الأسفلت المستحلب غير المخفف - مستحلب يتكون بشكل أساسي من مادة رابطة للرصف والماء وعامل استحلاب.

الأسفلت المستحلب موجب الشحنة (المستحلب موجب الشحنة) - نوع من الأسفلت المستحلب بحيث أن عامل استحلاب معين يعمل على غلَبة الشحنات الموجبة على الطور المتقطع.

أسفلت متخلف - الأسفلت المتبقي بعدما يشك (يتماسك) الأسفلت المُستحلب، عادة ما يكون بنسبة ٥٧ - ٧٠ % من الأسفلت المُستحلب غير المُخفف.

أسفلت مستحلب مخفف - مستحلب يضاف إليه ماء إضافي. معدل التخفيف الأكثر شيوعًا هو ١:١ (جزء واحد من المستحلب غير المخفف، وجزء واحد من الماء الإضافي).

أسمنت الأسفلت - انظر الأسفلت.

الأسمنت هيدروليكي - أسمنت يشك (يتماسك) ويتصلب عن طريق التفاعل الكيميائي مع الماء وقادر على فعل ذلك تحت الماء.

أسمنت هيدروليكي ممزوج – أسمنت هيدروليكي يتكون من اثنين أو أكثر من المكونات غير العضوية (أحدها على الأقل ليس أسمنتا بورتلانديًّا أو كلنكر الأسمنت البورتلاندي) والتي تساهم بشكل منفصل أو مجتمعة في الحصول على خواص الأسمنت (المصنوع مع أو بدون مكونات أخرى، أو إضافات المعالجة والإضافات الوظيفية، من خلال الطحن البيني، أو مزج آخر).

الإطفاء بالماء - تفاعل كيميائي ينتج الجير المُطفأ عند خلط الجير الحي بالماء.

إعادة التدوير في الموقع على البارد - عملية إعادة التدوير في الموقع الذي يُعاد فيه تدوير الرصف الأسفلتي القائم باستخدام معدات متخصصة (مثل: شاحنات الصهاريج وآلات الكشط على البارد ووحدات التكسير/ الفرز أو وحدات تحديد المقاس، والخلاطات، وآلات فرد الرصف، ومداحل الدمك). تستخدم عملية إعادة التدوير على البارد في الموقع ١٠٠٪ من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره الذي أُنتج في الموقع، وعادةً ما تعالج الرصف الأسفلتي بعمق يتراوح من ٧٥ إلى ١٠٠ ملم.

إعادة تدوير الخلط المركزي على البارد - العملية التي يُعاد فيها تدوير الأسفلت في موقع مركزي باستخدام محطة خلط على البارد.

إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق - تقنية إعادة التدوير في الموقع، حيث تُسحَق جميع طبقات رصف الأسفلت وجزء محدد مسبقًا من المواد الأساسية (طبقة الأساس وما تحت الأساس والقاعدة الترابية أو مزيج من الثلاث طبقات) بشكل موحد ومزجه مع عامل تثبيت، مع إضافة مزيج من المواد المضافة أو الاستغناء عنها، وإنتاج وإعادة استخدام ١٠٠٪ من المواد المعاد تدويرها.

انفصال الطبقة اللاصقة - اللحظة التي ينفصل فيها الماء بما يكفي عن الأسفلت لإظهار تغير اللون من البني إلى الأسود.

أنواع الركام - تتمثل أنواع الركام فيما يلي: ١) الركام الخشن، ٢) الركام الناعم، ٣) مادة الحشو المعدنية.

بوزولان - مادة سيليسية، أو مادة سيليسية وألومينية تحتوي في حد ذاتها قيمة أسمنتية قليلة أو بدون قيمة أسمنتية ولكنها ستتفاعل كيميائيًا مع هيدروكسيد الكالسيوم في درجات الحرارة العادية؛ لتكوين هيدرات أسمنتية في شكل مقسم بدقة وفي وجود الرطوبة.

تحكم مروري - طريقة التحكم في مرور المركبات والمشاة حول منطقة الإنشاء أو غيرها من اضطرابات الطرق، وبالتالي ضمان سلامة فرق الاستجابة للطوارئ وعمال الإنشاء وعامة الناس. تُستخدَم أجهزة التحكم المروري مثل اللافتات والإشارات والإشارات وغيرها مما يوضَع على شارع أو طريق أو بجواره.

تخدد - هبوط طولي متلاصق ينحرف عن سطح مستوي محدد عن طريق ميل عرضي وقطاع طولي.

تدرج الركام - توزيع حبيبات الركام بين الأحجام، التي يحددها التحليل المنخلي، ويعبَّر عنها من حيث النسب المئوية التراكمية الأكبر أو الأصغر من كل من سلسلة من فتحات المنخل.

التربة الانتفاخية - التربة التي لديها احتمالية للانتفاخ أو الانكماش في ظل ظروف الرطوبة المتغيرة.

التسليح الصناعي الأرضي - منتج سطحي مصنوع من مادة بوليميرية تستخدم مع التربة أو الصخور أو الأرض أو غيرها من المواد المتعلقة بالهندسة الجيوتقنية كجزء لا يتجزأ من مشروع أو هيكل إنشائي أو نظام من صنع الإنسان.

التطاير - فقدان مادة سطح الرصف التي تشتمل على إزاحة جزيئات الركام وتدهور الرابط الأسفلتي.

تفاعلية - المعدل الذي تدخل خلاله مادة كيميائية في تفاعل كيميائي، إما من تلقاء نفسها أو مع مواد أخرى، مع إطلاق الطاقة بشكل كلي.

التكسية الأرضية - إحدى مواد التسليح الصناعي الأرضي القابلة للنفاذ، وتتألف فقط من المنسوجات.

جدول الكميات – وثيقة مستخدمة في المناقصات في مجال الإنشاءات، تتضمن جدولًا فيه تفصيل المواد وبنود العمل والكميات المقدرة والوحدات والتكاليف الفردية والإجمالية، ويوضَع الجدول بعد اكتمال التصميم.

الجير المطفأ - مسحوق يمكن الحصول عليه عن طريق معالجة الجير الحي بالماء بما يكفي؛ لتحقيق تقاربه الكيميائي للماء في ظل ظروف ترطيبه.

جير حي - حجر جيري مكلس، يتكون الجزء الأكبر منه من أكسيد الكالسيوم أو هيدروكسيد الكالسيوم بالإضافة إلى أكسيد المغنيسيوم، يتميز بقابلية الإطفاء بالماء.

حاشية - جزء الحافة المنسوج من القماش الموازي للسدادة.

حجم الفتح الظاهر – خاصية تشير إلى أكبر جسيم تقريبًا يمكن أن يمر بفاعلية عبر النسيج الأرضي.

حد أقصى اسمي لحجم الركام (NMAS) - محدد على أنه حجم منخل واحد أكبر من المنخل الأول للاحتفاظ بأكثر من ١٠٪ في سلسلة مناخل قياسية.

الحد الأقصى لحجم الركام - أصغر فتحة منخل يلزم أن تمر من خلالها كمية الركام بالكامل.

حصة – وحدة إنتاج، أو مجموعة من الوحدات أو الحُزم الأخرى، تؤخذ للمُعاينة أو إجراء الفحص الإحصائي، وتتمتع بإحدى الخصائص الشائعة أو العديد منها، ويمكن فصلها بسهولة عن الوحدات المماثلة الأخرى.

الحصى - خليط طبيعي وغير مدمج من شظايا الصخور التي تتراوح أحجامها بين الحصوات أو الجلمود والرمال.

خبث الجديد - منتج غير معدني يتكون بشكل أساسي من سيليكات الكالسيوم والفريتات مع أكاسيد الحديد والألمنيوم والمنغنيز والكالسيوم والمغنيسيوم المنصهرة المُطورة بالتزامن مع الفولاذ في أفران أكسجين أساسية، أو الأفران الكهربائية، أو أفران المجمرة المفتوحة.

خرسانة - مادة مركبة تتكون أساسًا من وسيط رُبِط بداخله جسيمات أو شظايا مدمجة من الركام. وفي الخرسانة الهيدروليكية-الأسمنتية تتكون طبقة الربط من خليط من الأسمنت الهيدروليكي والماء.

الخرسانة الأسفلتية - يشار إليها أيضًا باسم الأسفلت أو السطح الأسفلتي، وهي عبارة عن خليط مركب يتكون من الركام ومواد ربط الأسفلت. وهي المواد السطحية الأكثر استخدامًا لإنشاء الطرق، والمطارات، وساحات وقوف السيارات، وأنواع الرصف الأخرى.

خرسانة مدموكه بمدحلة - خرسانة مرصوصة عن طريق الرص بمدحلة؛ وهي خرسانة ستدعم، في حالتها غير المتصلبة، مدحلة في أثناء الدمك.

خرسانة مُسبقة الإجهاد - خرسانة يُدخل بها إجهادات داخلية بمقدار وتوزيع معينين، بحيث تُواجه إجهادات الشد الناتجة عن أحمال الخدمة حتى الوصول إلى الدرجة المطلوبة. وفي الخرسانة المُسلحة يُدخل الإجهاد المُسبق -بشكل شائع- عن طريق شد الكابلات.

خرسانة مقذوفة - تُنقل الخرسانة أو المونة عبر خرطوم وتُقذف هوائيًا بسرعة عالية على سطح؛ لتحقيق الضغط.

خرسانة مقذوفة إنشائية - خرسانة مقذوفة عادية أو مقواة في جزء يُعد جزءًا من نظام إنشائي مطلوب لنقل أحمال الجاذبية و/أو الأحمال الجانبية على طول مسار إلى الأرض.

الخشونة - هي إحدى عناصر نسيج السطح، وتُعرف بأنها تعبير عن عدم انتظام سطح الرصف الذي يؤثر سلبًا على ديناميكيات المركبات وجودة الركوب، والأحمال الديناميكية، والصرف، والقطاع الطولي، والقطاع العرضي، والميل العرضي، وتكاليف تأخر المركبات، واستهلاك الوقود، وتكاليف الصيانة ونحو ذلك.

خلايا أرضية – بنية بوليمرية ثلاثية الأبعاد مجزأة، لها خلايا منفصلة تتشكل من خلال توسيع الهيكل الإنشائي، تُملأ لاحقًا بالتربة أو الركام أو مواد حشو أخرى للتطبيقات الجيوتقنية مثل: دعم الحمل للطرق غير المعبدة والمعبدة.

خليط خشن متدرج - خليط بتدرج يقع تحت خط الكثافة القصوى.

خليط ناعم متدرج - خليط بتدرج يقع فوق خط الكثافة القصوى.

دفع - إزاحة أفقية لمنطقة محددة من سطح الرصف، وقد تتضمن أيضًا بعض الإزاحات الرأسية.

ردم - المواد المستخدمة لاستبدال المواد التي أُزيلت في أثناء الإنشاء أو عملية الاستبدال نفسها، وقد تشير أيضًا إلى المادة الموضوعة أو عملية وضع مواد بجوار المنشئات.

رصف أسفلتي – هيكل إنشائي يتكون من طبقة واحدة أو أكثر مجهزة من خلطة أسفلتية فوق طبقة داعمة واحدة أو أكثر من طبقات القاعدة الترابية أو طبقة ما تحت الأساس أو طبقة الأساس المكونة من مواد غير مترابطة أو مُحسنة أو مُعالجة.

ركام - المواد الحبيبية المستخدمة كمواد إنشاء، والتي تفي بمتطلبات الطرق وتطبيقات الرصف.

ركام خرساني مُستصلح - مادة ركام مُصنعة ومشتقة من تكسير ومعالجة وتصنيف مخلفات إنشاء خرسانة الأسمنت البورتلاندي المستخرجة من الطرق وأرصفة المشاة والمباني والجسور ومصادر أخرى.

ركام ناعم - جسيمات الركام التي تمر بمنخل مقاسه ٤,٧٥ مم (رقم ٤)، ولا يمكنها المرور من فتحات المنخل بمقاس ٠,٠٧٥ مم (رقم ٢٠٠)، مثل الرمل.

رماد متطاير - بقايا دقيقة مقسمة ناتجة عن عملية احتراق الفحم الأرضي أو المسحوق، وتنتقل عبر غازات المداخن.

سبخة - منطقة مسطحات ساحلية أو رملية أو طينية تتراكم فيها المعادن المتبخرة والمالحة نتيجةً للمناخ شبه الجاف إلى الجاف، وتوجد في شمال أفريقيا والمملكة العربية السعودية.

سماحية (Ψ) - معدل التدفق الحجمي للمياه لكل وحدة منطقة مقطعية لكل وحدة رأس في ظل ظروف التدفق الصفائحي، في الاتجاه الطبيعي من خلال تكسية أرضية.

شبكة جيولوجية - تركيبات أرضية تتكون من شبكات منتظمة من العناصر المتصلة المتكاملة بفتحات أكبر من ٦,٣٥ مم (٤/١ بوصة)؛ لتمكنها من التشابك مع التربة والصخور والأرضية وغيرها من المواد المحيطة؛ لتكون بمثابة تسليح.

شك (تماسك) الطبقة اللاصقة - عندما يتبخر كل الماء، ويترك الأسفلت المتبقي فقط.

ضبط الجودة - وتُعرف أيضًا باسم مراقبة العمليات، وهي نظام أو عملية إجراء القياسات، وأخذ العينات، وإجراء الاختبار وتقييم نتائج الاختبارات والقياسات التي تحدد مستوى مطابقة مادة أو عملية أو منتجٍ ما لمتطلبات جودة محددة.

ضمان الجودة - مجموعة من الإجراءات المخططة والمنهجية (مثل: التخطيط، والتصميم، ووضع الخطط والمواصفات، والإعلان عن العقود ومنحها، والإنشاء، والصيانة، وتفاعلات هذه الأنشطة) اللازمة لضمان أداء منتج أو مرفق أو خدمة وفقا لمتطلبات محددة للجودة أو الخصائص بأكثر الطرق الممكنة كفاءةً واقتصادا وملاءمةً.

طبقة أساس – طبقة المواد التي تقع أسفل السطح أو طبقة متوسطة مباشرةً. يمكن أن تتكون من حجارة مكسرة وخَبَث مكسر وحصى مكسر أو غير مكسر ورمل، أو من خلطة أسفلتية ساخنة، وعادة ما يكون بركام من حجم أكبر.

طبقة رابطة أسفلتية – يشار إليها أيضًا باسم طبقة الأسمنت الأسفلتي الرابطة، أو الأسمنت الأسفلتي، وتُنتَج من البقايا السميكة التي تبقى بعد تقطير النفط. وتشمل الأسمنت الأسفلتي المعدل أو غير المعدل، والأسفلت السائل، ومواد الأسفلت المستحلب المستخدمة في إنتاج الخرسانة الأسفلتية؛ لتلبية المواصفات لأغراض الرصف.

طلاء تأسيس - استخدام مادة أسفلتية منخفضة اللزوجة على سطح ماص، مُصممة؛ لاختراق هذا السطح القائم وربطه وتثبيته ولتعزيز الالتصاق بينه وبين طبقة الإنشاء التي تليها.

طلاء لاصق - تطبيق مادة أسفلتية على سطح قائم غير ماص نسبيًا؛ لتوفير رابطة شاملة بين طبقة السطح القديمة والجديدة.

عقد ومستندات العقد - الاتفاقية المكتوبة بين وزارة النقل والخدمات اللوجستية والمقاول، والتي تحدد التزامات الأطراف بموجب هذه الاتفاقية؛ لأداء العمل المحدد. ويتضمن العقد العرض، ونماذج العقد ومستنداته، والمواصفات، والمواصفات التكميلية، والشروط الخاصة، والشروط العامة والتفصيلية، وإشعار بالبدء في العمل، بالإضافة إلى أي أوامر تغيير واتفاقيات تكميلية مطلوبة؛ لإكمال إنشاء العمل بطريقة مقبولة، بما في ذلك التمديدات المصرح بها، وتُصنف هذه المستندات الأخرى بموجب النظام أو المراجع على أنها جزء من العقد، وتشكل كلها أداة واحدة.

فاصل الانكماش - أخدود مُشكل، أو منشور، أو مُعالج بأدوات في بنية خرسانية؛ لإنشاء مستوى ضعيف؛ لتنظيم موقع التكسير الناتج عن التغير البُعدي لأجزاء مختلفة من الهيكل الإنشائي.

فترة العقد - الوقت المسموح به لإتمام العقد، بما في ذلك تمديدات الوقت المصرح بها. وعندما يُعرَض تاريخ تقويمي للإتمام في العطاء بدلاً من عدد أيام العمل أو الأيام التقويمية، تكون فترة العقد هي الفترة بين العملية اللفظية لتسليم الموقع إلى تاريخ الإتمام.

فواصل التمدد - نوع من الفواصل المبنية في الاتجاه العرضي للرصفيات الخرسانية؛ للسماح للبلاطة بالتمدد دون حدوث تشقق بسبب الإجهاد الانضغاطي الحاصل.

قابلية التشغيل - خاصية الخرسانة المخلوطة حديثًا أو المونة التي تحدد مدى سهولة خلطها، وصبها، وتصلبها، وتشطيبها في حالة متجانسة.

قضبان الدسار - قضبان فولاذية قصيرة تستخدم في الرصفيات الخرسانية؛ لإجراء التوصيل الميكانيكي المناسب، ونقل الحمل بين البلاطات الخرسانية، ولمنع الانتفاخ والتصدع.

قوة التّماس المخيط - أقصى مقاومة، تقاس بالكيلو نيوتن لكل متر، للتقاطع الذي يتشكل عن طريق رتق هيكلين إنشائيين مستويين.

كثافة – ١. عدد المركبات في جزء من الطريق في لحظة زمنية مقسومًا على طول الجزء معبرًا عنه بالمركبات لكل كيلومتر (لكل مسار). ٢. الوزن لكل حجم وحدة لمادة معبر عنها بالكيلوجرامات لكل متر مكعب أو الجرامات لكل سنتيمتر مكعب.

كسارة الزجاج - مادة زجاجية مسحوقة تُفرَز وتصنَّف للاستخدام المحتمل كمادة بديلة للتربة والركام بطبقات الأساس.

اللزوجة- مقياس لمقاومة تدفق مائع، مثل الأسفلت، يقاس بوحدة بويز باختبارات مباشرة باستخدام مقياس اللزوجة أو بإجراءات غير مباشرة. ويُعرَّف على أنه نسبة إجهاد القص المُطبّق إلى انفعال القص المُطبّق.

مادة حشو معدني - منتج معدني مُقسم بدقة ويمر في منخل بحجم ٠,٠٧٥ ملم (رقم ٢٠٠)، مثل الحجر الجيري المسحوق والأنواع الأخرى من الغبار الحجري والجير المُطفأ والأسمنت البورتلاندي والرماد المتطاير ورواسب طبيعية معينة من مواد معدنية مُقسمة بدقة.

مانع تسرب في الفواصل – المادة القابلة للانضغاط المستخدمة لإبعاد المياه، والمواد الغريبة الصلبة عن الفواصل.

متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) – إجمالي حجم المرور الذي يمر بنقطة أو مقطع من طريق في كلا الاتجاهين لمدة عام مقسومًا على عدد أيام السنة.

محطة الخلط بالدفعات – مرفق تصنيع لإنتاج خلطات الرصف الأسفلتية على دفعات إنتاج منفصلة. وتتضمن كل دفعة نسبًا محددة، بالوزن، من الركام، ومادة الربط الأسفلتية، والمواد المضافة الأخرى المختارة. وتُخلَط كل دفعة منفصلة ثم تُفرَّغ.

مستحلب الأسفلت - خليط من الأسمنت الأسفلتي المعالج والماء المخلوط بعامل استحلاب ينتج معلقًا من كريات دقيقة من مادة الأسفلت المنغمسة في الماء أو في محلول مائي، أو (٢) معلقًا من كريات دقيقة من الماء أو من محلول مائي في مادة الأسفلت السائل.

مصنع الخلط الاسطواني - مرفق تصنيع لإنتاج خلطات رصف الأسفلت التي تتناسب باستمرار مع الركام، وتسخنه وتجففه في أسطوانة دوارة، وتضيف أي مواد مضافة مختارة، وتخلط المواد في الوقت نفسه بكمية محكومة من مادة الربط الأسفلتية.

مُضاف (المادة المضافة) - مادة أو عامل يستخدم في خلطة، مثل: الخرسانة أو خلطات الأسفلت أو الطين؛ لتوفير خاصية محددة وتكثيف أداء الخلطة. قد تكون تلك المادة بوزوليث أو مادة مضادة لعوامل التعرية أو كلوريد الكالسيوم أو كلوريد الصوديوم أو أي مواد أخرى.

مضافات حبس الهواء - إضافة وظيفية لحبس الهواء في المونة أو الخرسانة.

معادلة الخلط – النتيجة النهائية للتصميم الناجح لعملية الخلط، والتي تشمل تدرج الركام، ونوع طبقة ربط الأسفلت ونِسَبها.

المعالجة - الإجراء المتخذ للحفاظ على ظروف الرطوبة ودرجة الحرارة في خليط أسمنتي مصبوب حديثًا؛ للسماح بتشبع الأسمنت الهيدروليكي بالماء وحدوث التفاعلات البوزولانية (إذا أمكن ذلك) بحيث يمكن أن تتطور الخواص المحتملة للخليط.

معالجة سطحية أسفلتية – وضع مادة الأسفلت وعليها طبقة من الركام المعدني. يمكن استخدام العديد من تطبيقات مادة الأسفلت والركام المعدني.

مقاول - الفرد أو الشراكة أو الشركة أو المشروع المشترك المتعاقد مع الجهة المتعاقدة أو المالك لأداء العمل الوارد في وثائق العقد.

مقاومة الانحناء - أقصى مقاومة لعينة معرضة للثني.

مقاومة الانزلاق (رقم الانزلاق - رقم الاحتكاك) - قدرة سطح الرصف على توفير مقاومة الانزلاق عند تطبيق قوى الكبح بواسطة إطارات المركبة وتتحقق من خلال اختيار مادة الأسفلت المناسبة والركام المناسب مع نسيج السطح الخشن.

المهندس - الشخص المفوض رسميًّا من الوزارة، ويعمل مباشرةً أو من خلال ممثلين مفوضين رسميًّا، ويتحمل مسؤولية الإشراف على تنفيذ الأعمال المدرجة في العقد وملاحقه. وتعني كلمة (المهندس) أينما وردت ممثل الوزارة المعتمد بالموقع.

مواصفات إضافية - إضافات ومراجعات على المواصفات العامة تُعتمَد بعد إصدار الكتاب المطبوع.

المواصفات العامة - المواصفات الحالية.

مواصفات خاصة - هي إضافات ومراجعات المواصفات العامة والتكميلية التي تغطي شروط مشروع فردي.

نسبة التمدد - النسبة بين الحد الأقصى للحجم المتحقق في أثناء الحالة الرغوية والحجم النهائي للطبقة الرابطة بمجرد انتهاء الرغوة.

نسبة الماء إلى الأسمنت - نسبة ماء الخلط إلى الأسمنت في خلطة خرسانية معبراً عنه بالحجم أو الوزن، محسوبة من أجل تحديد قوة ومتانة الخرسانة عند معالجتها بشكل صحيح.

نسيج السطح - انحراف سطح الرصف عن سطح مستو حقيقي.

نصف العمر - الوقت فيما بين اللحظة التي تصل فيها الرغوة إلى الحجم الأقصى حتى الوقت الذي تتشتت فيه وتتقلص إلى نصف الحجم الاقصى.

نفاذية - معدل تدفق سائل تحت ضغط تفاضلي عبر مادة ما.

هبوط - مقياس اتساق الخرسانة المخلوطة حديثًا، مونة تساوي الهبوط الذي يُقاس على الفور بعد إزالة مخروط الهبوط.

الملحق ز – الاختصارات والرموز:

AASHTO	الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين
ACI	المعهد الأمريكي للخرسانة
AADT	المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية
ANSI	المعهد الأمريكي للمعايير الوطنية
API	المعهد الامريكي للبترول
ARRA	جمعية إعادة تدوير الأسفلت واستصلاحه
ASTM	الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد
CALTRANS	وزارة النقل، كاليفورنيا (الولايات المتحدة الأمريكية)
CBR	نسبة تحمل كاليفورنيا
DSR	مقياس القص الديناميكي
EAR	معدل تطبيق الأسفلت المستحلب
EN	المواصفات الأوروبية
FDR	استصلاح كامل العمق
FLH	برنامج الطرق للأراضي الفيدرالية
FRS	الخرسانة المقذوفة المسلحة بالألياف
G_{mb}	الكثافة النوعية الكلية
G_{mm}	الكثافة النوعية النظرية القصوى
GPS	نظام تحديد المواقع العالمي
HMA	خلطة الأسفلت الساخن
IC	الدمك الذكي
IR	الأشعة تحت الحمراء

ISSA	الجمعية الدولية لتسطيح المونة
JMF	صيغة خلطة العمل
KSA	المملكة العربية السعودية
LQL	حدود الجودة المنخفضة
LWT	اختبار العجلات المحملة
MCPT	اختبار منشور الخرسانة المصغر
MoMRAH	وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان
MoTLS	وزارة النقل والخدمات اللوجستية
M_r	المعامل المرن
NMAS	الحجم الاسمي الأقصى للركام
QA	ضمان الجودة
QC	ضبط الجودة
PI	مؤشر اللدونة
PWL	في المائة ضمن الحدود
RAP	رصف الأسفلت المستصلح
RTFO	فرن الطبقات الرقيقة الدوارة
SASO	الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة
SBS	ستيرين - بوتادين - ستايرين
SCC	خرسانة ذاتية الدمك
SGC	جهاز الدمك المحوري فائق الأداء
SMA	الخلطة الحجرية بالأسفلت المصطكي
UQL	حد الجودة الأعلى
VMA	فراغات الركام المعدني

VSI	مؤشر الثبات البصري
WMA	خلطة الأسفلت الدافئ

الملحق ح – الوحدات:

وحدات النظام الدولي		الوحدات البريطانية	
الطول			
nm	نانومتر		
µm	ميكرومتر		
mm	ملليمتر	in	بوصة
cm	سنتيمتر	ft	قدم
m	متر	yd	ياردة
km	كيلو متر	mi	ميل
المساحة			
mm^2	مليمتر مربع (ملم٢)	$in2in^2$	بوصة مربعة
cm^2	سنتيمتر مربع	$ft2ft^2$	قدم مربعة
m^2	متر مربع	yd^2	ياردة مربعة
ha	هكتار		
km^2	كيلومتر مربع		
الحجم			
mm^3	ملليمتر مكعب		
cm^3	سنتيمتر مكعب	in^3	بوصة مكعبة
m^3	متر مكعب	ft^3	قدم مكعب
l	لتر		
ML	ملليمتر		
الوزن			
mg	ملليجرام		
gr	جرام		
kg	كيلو جرام	lb	رطل
t	طن		
القوة			
N	نيوتن	lbf	قوة الرطل
kN	كيلو نيوتن	kip	كيلو رطل

الضغط			
Pa	باسكال	psi	رطل لكل بوصة مربعة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
KPa	كيلو باسكال		
MPa	ميجاباسكال		
الوقت			
s	ثانية		
min	دقيقة		
h	ساعة		
d	يوم		
week	أسابيع		
month	شهر		
yr	سنة		
درجة الحرارة			
C°	درجة مئوية	F°	درجة فهرنهايت
الزوايا			
°	درجة		
g	جراد		
التوصيل الحراري			
W/m•K	واط لكل متر كلفن	BTU/h·ft·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة-قدم-فهرنهايت
السعة الحرارية			
J/kg·K	جول لكل كيلو جرام كلفن	BTU/lb·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة رطل - فهرنهايت
غير ذلك			
km/h	كيلومترات لكل ساعة	mph (mi/h)	ميل في الساعة

m/s	متر في الثانية		
m/s^2	متر في الثانية المربعة		
m^3/s	متر مكعب في الثانية		
cm/min	سنتيمتر في الدقيقة		
mm^2/s	مليمتر مربع لكل ثانية		
Hz	هرتز		
kHz	كيلو هرتز		
MHz	ميجا هرتز		
GHz	جيجا هرتز		
dB	ديسيبل		
kJ	كيلوجول		
J	جول		
V	فولت		
W	واط		
C	كولوم		
Ω	أوم		
Ω·m	أوم . متر		
h/º	درجة لكل ساعة		
lm	لومن		
lx	لوكس		
cd	كانديلا		
cd/m^2	كانديلا لكل متر مربع		
$mcd/m^2/lx$	مللي كانديلا لكل متر مربع لكل لكس		
nit	نيت (كانديلا لكل متر مربع)		
l/m^2	لتر لكل متر مربع		

kg/m^2	كيلو جرام لكل متر مربع		
gr/m^2	جرام لكل متر مربع		
t·km	طن. كيلو متر		
ميجاباسكال	ملي باسكال ثانية		
Pa·s	باسكال ثانية		
cPs	سنتي بواز		
cST	سنتي ستوك		
Kg/ha	كيلوجرام لكل هكتار		
KPa/m	كيلوباسكال في المتر		
mg/l	ملليجرام/ لتر		
kg/m^3	كيلو جرام لكل متر مكعب	pci	رطل لكل بوصة مكعبة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
t/m^3	طن لكل متر مكعب		
kN/m	كيلو نيوتن لكل متر		
kg·cm	كيلو جرام - سم		
l/min	لتر في الدقيقة		
MPa/m	ميجا باسكال/ متر		
Pa·s	باسكال ثانية		
$kN-m/m^3$	كيلو نيوتن متر لكل متر مكعب	$ft-lbf/ft^3$	قدم- رطل لكل قدم مكعب
m/km	متر /كيلومتر	ft/mi	قدم لكل ميل
		in/mi	بوصة لكل ميل
mm/km	ميلليمتر/ كيلومتر		
mm/m	ميلليمتر/ متر		

rad/s	راديان في الثانية		
kg/cm^2	كيلو جرام لكل سنتيمتر مربع		
με	ميكروسترين		
		in/in/ºF	بوصة لكل بوصة لكل درجة فهرنهايت

غير ذلك	
pass/trip	عدد الركاب لكل رحلة
PC	سيارة ركاب
pc/hr	سيارات ركاب في الساعة
pc/h/ln	مركبات ركاب في الساعة لكل مسار
pc/km	مركبة ركاب لكل كيلومتر
pc/km/ln	مركبات ركاب لكل كيلومتر لكل مسار
pc/pm/pl	مركبات الركاب في الميل لكل مسار
pcu/h	سيارات ركاب في الساعة
ped	المشاة
s/veh	الثواني لكل مركبة
veh	المركبة
veh/d	مركبة لكل يوم
veh/km	مركبة لكل كيلومتر
veh/km/ln	مركبة لكل كيلومتر لكل مسار
veh/h	مركبة لكل ساعة
veh/h/ln	مركبة في الساعة لكل مسار
veh/ln/cycle	مركبة في المسار لكل دورة
veh- km	مركبة كيلو متر
vpmpl	مركبة في الساعة لكل مسار
rpm	دورة في الدقيقة
ppm	أجزاء في المليون
pphm	جزء لكل مائة مليون
dpi	نقطة لكل بوصة
SAR	ريال سعودي
SAR/veh-km	ريال سعودي لكل مركبة - كيلومتر

SAR/VKT	ريال سعودي لكل مركبة لكل كيلومتر تقطعها
SAR/h	ريال سعودي في الساعة
mmhos/cm	ملليموزلكل سم



كـــود الطـرق السعودي

إنشاء الطرق والجسور والأنفاق
كود الطرق السعودي ٤٠١ - إنشاء الطرق

٢٠٢٣
الإصدار الأول