



الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

كود الطرق السعودي

٢٠٢٣
الإصدار الأول

نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها
كود الطرق السعودي ٥٠٢ - نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها

رؤية VISION
2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

كود الطرق السعودي
SAUDI HIGHWAY CODE

القائمة الرئيسية لكود الطرق السعودي			
م	المحور	الكود	العنوان
١	مقدمة	كود الطرق السعودي ١٠١	عام
٢	التخطيط والدراسات 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		كود الطرق السعودي ٤٠١	إنشاء الطرق
١٦		كود الطرق السعودي ٤٠٢	إنشاء الجسور والأنفاق
١٧		كود الطرق السعودي ٤٠٣	إنشاء مرافق الطرق
١٨	نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها	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
٠١١٨٧٤٤٤٤٤٤ هاتف محلي / +٩٦٦٠١١٨٧٤٤٤٤٤٤ 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



المواصفات السعودية
Saudi Standards

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture



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



المركز الوطني
للسلامة الطرق
National Road Safety Center



مركز دعم هيئات التطوير
DEVELOPMENT AUTHORITIES SUPPORT CENTER



اللجنة التوجيهية

معالي م. بدر بن عبدالله الدلامي
رئيس اللجنة

م. بدر بن علي الحقباني
عضو

م. عبدالله بن عبدالرحمن الربيعه
عضو

أ.د. علي بن سعيد الغامدي
مدير عام المشروع

أ. طامس بن علي الحمادي
عضو

م. علي بن سعيد الغامدي
عضو

م. رامي بن إسماعيل جلي
عضو

م. أجدر بن محمد السلمي
عضو

م. عبدالله بن محمود كاشغري
عضو

م. خالد بن وليد الرشيد
عضو

م. هذلول بن حسين الهذلول
عضو

د. خالد بن يحيى القحطاني
عضو

م. عمر بن عبدالرحمن الضبعان
عضو

م. سالم بن جبران القحطاني
عضو

م. طارق بن زياد الشامي
عضو

م. عبدالله بن سليمان السليمان
عضو

م. مياسم بنت مبارك باجوير
سكرتارية اللجنة

م. نواف بن أحمد الظبياني
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

م. تركي بن عبدالله العمودي

المدير الفني

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي

المدير الفني العام

م. محمد بن فايز المنيع

عضو

م. عبدالعزيز بن علي السحيباني

المدير الإداري

الفريق الفني

م. تركي بن عبدالله العمودي

المدير الفني

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي

المدير الفني العام

أ.د. علي بن سعيد الغامدي

مدير عام المشروع

م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي

عضو

م. مياسم بنت مبارك باجوير

عضو

م. عثمان بن مختار محمد

عضو

م. فهد بن علي المحمود

عضو

م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة

عضو

م. مشعل بن عبدالله باوزير

عضو

م. أوس بن عبدالمنعم بخاري

عضو

م. عمر بن أسامة كبوش

عضو

م. يوسف بن عبدالعزيز العمار

عضو

الفريق الإداري

أ. نجلاء بنت سعيد جراد

مشرف تطوير الموقع الإلكتروني

م. نواف بن أحمد الظبياني

مدير التواصل

م. عبدالعزيز بن علي السحيباني

المدير الإداري

أ. شوق بنت خالد الخريجي

عضو

أ. موزي بنت ابراهيم الرييشي

عضو

م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي

مشرف الترجمة

م. عبدالله بن عبدالرحمن الملاحي

عضو

أ. عبدالله بن محمد العمري

عضو

أ. نادر بن فياض الشاربي

عضو

الفريق القانوني

أ. أحمد بن مصلح الثقفي

عضو

أ. نجود بنت عبداللطيف بدران

عضو

اللجنة الفنية (كود الطرق السعودي ٥٠٢)

أ.د. ايمن بن حسين خليل	م. سعود إبراهيم الثنيان	أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي
عضو	عضو	رئيس

فريق تدقيق الترجمة الفني

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

فريق تدقيق الترجمة اللغوي

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

جدول المحتويات

أ.....	جدول المحتويات
ي.....	قائمة الأشكال
م.....	قائمة الجداول
١.....	١- مقدمة
١.....	١-١ ملخص الأبواب:
١.....	٢-١ النطاق:
٢.....	٣-١ المواصفات والأكواد المرجعية:
٦.....	٢- إطار عمل إدارة صيانة الجسور
٦.....	١-٢ مقدمة:
٧.....	٢-٢ الجسور والأنفاق والمرافق ذات الصلة:
٧.....	١-٢-٢ تصنيف الجسور والممرات السفلية:
٨.....	٢-٢-٢ تصنيف الأنفاق:
٨.....	٣-٢-٢ تصنيف العبّارات:
٨.....	٤-٢-٢ المرافق الأخرى ذات الصلة بالطرق:
٨.....	٣-٢ نظام إدارة الجسور وصيانتها (BMSS):
٩.....	١-٣-٢ نظام المعلومات:
٩.....	٢-٣-٢ نظام دعم القرارات:
٩.....	٤-٢ التكامل مع نظام إدارة الرصف وصيانتته وأنظمة إدارة الأصول الأخرى:
١٠.....	٥-٢ التخطيط للصيانة وإدارتها:
١١.....	٦-٢ عملية تقييم الحالة:
١٢.....	٧-٢ الدراسة المسحية لتقييم الحالة:
١٢.....	١-٧-٢ النظام المرجعي:
١٢.....	٢-٧-٢ تحديد موقع الجسر القائم في شبكة الطرق:
١٣.....	٣-٧-٢ جرد الجسور في المناطق الريفية والحضرية:
١٣.....	٤-٧-٢ سجلات الجسور:
١٣.....	٥-٧-٢ بيانات الفحص:
١٤.....	٦-٧-٢ بيانات الصيانة:
١٤.....	٨-٢ تحليل الحالة وإعداد التقارير بشأنها:
١٤.....	١-٨-٢ تحليل البيانات:
١٤.....	٢-٨-٢ تقييم المخاطر:
١٥.....	٣-٨-٢ بيانات تقييم الحالة والحمل:
١٥.....	٤-٨-٢ تقييم الحالة العامة:
١٥.....	٥-٨-٢ تصنيفات عناصر الجسور:

١٦.....	مقاييس أداء الهيئة:	٦-٨-٢
١٦.....	بيانات إجراء الحفظ والتحسين:	٧-٨-٢
١٧.....	بيانات التكلفة والخطط المالية:	٨-٨-٢
١٧.....	القواعد الخاصة بالهيئة:	٩-٨-٢
١٧.....	تحليل التكاليف/ الفوائد:	١٠-٨-٢
١٨.....	تحليل التكاليف/ الفوائد القائم على الحالة:	١١-٨-٢
١٨.....	تحليل التكاليف/ الفوائد لدورة الحياة:	١٢-٨-٢
١٩.....	تحديد الأولويات والتحسين optimization:	١٣-٨-٢
١٩.....	التحسين متعدد الأهداف:	١٤-٨-٢
٢٠.....	أولويات الصيانة:	١٥-٨-٢
٢١.....	٣- فحص تقييم حالة الجسر	
٢١.....	١-٣ مقدمة:	
٢١.....	٢-٣ طرق الفحص:	
٢١.....	القياسات الميدانية:	١-٢-٣
٢٣.....	التنظيف:	٢-٢-٣
٢٣.....	فحص تقييم حالة الجسور:	٣-٢-٣
٢٤.....	نتائج الفحص الحرج:	٤-٢-٣
٢٤.....	٣-٣ إجراءات الفحص:	
٢٥.....	الفحص الأولي:	١-٣-٣
٢٥.....	الفحص الدوري:	٢-٣-٣
٢٥.....	الفحص الطارئ:	٣-٣-٣
٢٦.....	الفحص المتعمق:	٤-٣-٣
٢٦.....	فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر:	٥-٣-٣
٢٧.....	الفحص الخاص:	٦-٣-٣
٢٧.....	فحص الأضرار:	٧-٣-٣
٢٨.....	الفحص أسفل الماء:	٨-٣-٣
٢٩.....	٤-٣ التخطيط والجدولة والمعدات:	
٢٩.....	التخطيط:	١-٤-٣
٢٩.....	الجدولة:	٢-٤-٣
٢٩.....	المعدات:	٣-٤-٣
٢٩.....	طرق ومعدات الوصول:	١-٣-٤-٣
٣٠.....	طرق ومعدات الفحص:	٢-٣-٤-٣
٣٠.....	٥-٣ تكرار الفحص:	
٣٠.....	تكرار الفحص الأولي:	١-٥-٣
٣١.....	تكرار الفحص الدوري:	٢-٥-٣

٣١	تكرار الفحص المتعمق:	٣-٥-٣
٣١	تكرار فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر:	٤-٥-٣
٣١	تكرار الفحص الخاص:	٥-٥-٣
٣١	تكرار فحص الأضرار:	٦-٥-٣
٣١	تكرار الفحص أسفل الماء:	٧-٥-٣
٣٢	٦-٣ الاختبار الميداني للمواد:	
٣٢	الاختبارات الميدانية للخرسانة:	١-٦-٣
٣٢	طرق القوة:	١-١-٦-٣
٣٣	الطرق الصوتية:	٢-١-٦-٣
٣٣	تقنيات الموجات فوق الصوتية:	٣-١-٦-٣
٣٤	الطرق المغناطيسية:	٤-١-٦-٣
٣٤	الطرق الكهربائية:	٥-١-٦-٣
٣٤	التصوير الحراري:	٦-١-٦-٣
٣٤	الرادار:	٧-١-٦-٣
٣٥	التصوير الإشعاعي:	٨-١-٦-٣
٣٥	المناظير الداخلية:	٩-١-٦-٣
٣٥	الاختبارات الميدانية للحديد:	٢-٦-٣
٣٦	التصوير الإشعاعي:	١-٢-٦-٣
٣٦	المعاينة بالجسيمات المغناطيسية	٢-٢-٦-٣
٣٧	المعاينة بالتيار الدوامي:	٣-٢-٦-٣
٣٧	المعاينة بالنافذ الصبغي:	٤-٢-٦-٣
٣٨	المعاينة بالموجات فوق الصوتية:	٥-٢-٦-٣
٣٨	اختيار عينات المواد:	٣-٦-٣
٣٩	الاختبارات العملية:	٤-٦-٣
٣٩	تفسير نتائج الاختبار وتقييمها:	٥-٦-٣
٤٠	تقرير الاختبار:	٦-٦-٣
٤١	٧-٣ نماذج وتقارير الفحص:	
٤١	دفاتر الملاحظات الميدانية:	١-٧-٣
٤١	التقارير:	٢-٧-٣
٤١	٨-٣ ضمان الجودة وضبطها:	
٤١	إدارة جودة الفحص:	١-٨-٣
٤٢	إجراءات ضبط الجودة/ ضمان الجودة:	٢-٨-٣
٤٢	٩-٣ احتياطات السلامة:	
٤٢	سلامة المفتشين:	١-٩-٣

٤٣	 السلامة العامة:	٢-٩-٣
٤٣	 كفاءات فريق الفحص:	١٠-٣
٤٣	 مدير البرنامج:	١-١٠-٣
٤٣	 قائد فريق الفحص:	٢-١٠-٣
٤٤	 مدير تقييم الأحمال:	٣-١٠-٣
٤٤	 غَوَاص فحص أجزاء الجسر المغمورة بالماء:	٤-١٠-٣
٤٥	 ٤- فحص عناصر الجسر وتقييمها	
٤٥	 ١- مقدمة:	١-٤
٤٥	 ٢- بلاطات سطح الجسور:	٢-٤
٤٥	 الأسطح الخرسانية:	١-٢-٤
٤٦	 ألواح السطح من الخرسانة مسبقة الإجهاد:	٢-٢-٤
٤٧	 الأسطح الحديدية:	٣-٢-٤
٤٧	 ٣- البنية الفوقية:	٣-٤
٤٨	 الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية الحديدية:	١-٣-٤
٤٨	 الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية من الخرسانة المسلحة:	٢-٣-٤
٤٩	 الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية من الخرسانة مسبقة الإجهاد:	٣-٣-٤
٥٠	 أنظمة الأرضيات:	٤-٣-٤
٥٠	 الجمالونات/ الأقواس:	٥-٣-٤
٥١	 العوارض العرضية والإطارات المتقاطعة:	٦-٣-٤
٥١	 ٤- البنية السفلية:	٤-٤
٥١	 الركائز الوسطية:	١-٤-٤
٥٢	 الركائز الطرفية:	٢-٤-٤
٥٢	 ٥- المحامل:	٥-٤
٥٤	 ٦- الفواصل:	٦-٤
٥٥	 ٧- حواجز الحماية:	٧-٤
٥٦	 ٨- بلاطات الاقتراب:	٨-٤
٥٦	 ٩- طبقات الرصف السطحي والطلاء الواقي:	٩-٤
٥٧	 ١٠- التعرية بالجرف (النحر):	١٠-٤
٥٨	 ٥- طرق إصلاح الجسر وتقويته	
٥٨	 ١- الهياكل الخرسانية:	١-٥
٥٨	 إصلاح الشقوق:	١-١-٥
٥٨	 حقن الإيبوكسي:	١-١-٥
٥٨	 ملء الشقوق:	٢-١-٥
٥٨	 رتق الشقوق:	٣-١-٥
٥٨	 الثقب والحشو:	٤-١-٥

٥٩	 مانع التسرب المرن	٥-١-١-٥
٥٩	 الحشو بالمونة:	٦-١-١-٥
٥٩	 الحشو بالمونة الأسمنتية:	١-٦-١-١-٥
٥٩	 الحشو بالمونة الكيميائي:	٢-٦-١-١-٥
٥٩	 التعبئة الجافة:	٧-١-١-٥
٥٩	 كبح الشقوق:	٨-١-١-٥
٥٩	 تشريب البوليمر:	٩-١-١-٥
٥٩	 الإصلاح:	١٠-١-١-٥
٦٠	 إصلاح الخرسانة:	٢-١-٥
٦٢	 الطلاءات الواقية:	٣-١-٥
٦٢	 الحماية الكاثودية:	٤-١-٥
٦٣	 الهياكل الحديدية	٢-٥
٦٣	 تحديد أضرار الهيكل الحديدي:	١-٢-٥
٦٣	 إصلاح العنصر:	٢-٢-٥
٦٣	 المحامل:	٣-٥
٦٥	 إصلاح المحمل:	١-٣-٥
٦٦	 التنظيف والطلاء:	٢-٣-٥
٦٦	 التعديل التحديثي:	٣-٣-٥
٦٦	 الاستبدال:	٤-٣-٥
٦٧	 الرفع:	٥-٣-٥
٦٨	 إجراءات الرفع:	٦-٣-٥
٦٩	 خيارات إصلاح الفواصل:	٤-٥
٦٩	 خيارات الإصلاح:	١-٤-٥
٦٩	 فواصل مصنوعة من وصلات معدنية متداخلة:	١-١-٤-٥
٦٩	 الفواصل الصلبة:	٢-١-٤-٥
٦٩	 الفواصل المرنة:	٣-١-٤-٥
٦٩	 حواجز الحماية:	٥-٥
٦٩	 خيارات الإصلاح:	١-٥-٥
٦٩	 تقوية الجسر:	٦-٥
٦٩	 الحاجة إلى التقوية:	١-٦-٥
٧٠	 طرق التقوية:	٢-٦-٥
٧١	 فحص تقييم حالة الأنفاق	٦-٥
٧١	 مقدمة:	١-٦
٧١	 أنواع فحص الأنفاق:	٢-٦

٧٢.....	الفحص الأولي:	١-٢-٦
٧٢.....	الفحص الدوري:	٢-٢-٦
٧٢.....	الفحص المتعمق:	٣-٢-٦
٧٣.....	الفحص الخاص:	٤-٢-٦
٧٣.....	فحص الأضرار:	٥-٢-٦
٧٣.....	طرق الفحص:	٣-٦
٧٣.....	إجراءات الفحص:	٤-٦
٧٤.....	ممارسات الفحص:	٥-٦
٧٤.....	التنظيف:	١-٥-٦
٧٥.....	القياسات الميدانية:	٢-٥-٦
٧٥.....	ضبط المسح:	٣-٥-٦
٧٧.....	تخطيط عمليات الفحص وجدولتها:	٦-٦
٧٧.....	الاعتبارات المعنية بالصحة والسلامة:	٧-٦
٧٨.....	الشواغل الرئيسية فيما يتعلق بالسلامة في أثناء فحص الأنفاق:	١-٧-٦
٧٨.....	بيئة العمل الآمنة:	٢-٧-٦
٧٩.....	السلامة الشخصية:	٣-٧-٦
٨١.....	الوقاية من الحوادث:	٤-٧-٦
٨٢.....	المواد الخطرة:	٥-٧-٦
٨٣.....	وضع الأقفال / اللافتات التحذيرية:	٦-٧-٦
٨٣.....	خطوات إيقاف التشغيل:	١-٦-٧-٦
٨٤.....	إعادة المعدات إلى الخدمة:	٢-٦-٧-٦
٨٤.....	دخول الأماكن الضيقة:	٧-٧-٦
٨٥.....	السلامة العامة:	٨-٧-٦
٨٥.....	معدات الفحص:	٨-٦
٨٦.....	معدات الوصول:	١-٨-٦
٨٦.....	الاختبار غير الإتلافي:	٢-٨-٦
٨٧.....	الفحص الآلي:	٣-٨-٦
٨٨.....	فحص عناصر الأنفاق وتقييمها	٧-٦
٨٨.....	العناصر الإنشائية:	١-٧
٨٨.....	المواد الإنشائية:	١-١-٧
٨٩.....	الهياكل الحديدية:	١-١-١-٧
٨٩.....	التآكل نتيجة الصدأ:	١-١-١-٧
٨٩.....	الشقوق:	٢-١-١-٧
٨٩.....	الانبعاثات والفتلات:	٣-١-١-٧
٨٩.....	تسرب المياه:	٤-١-١-٧

٩٠	٥-١-١-١-٧ نظام الحماية:	٩٠
٩٠	٢-١-١-٧ الهياكل الخرسانية:	٩٠
٩٠	١-٢-١-١-٧ التقشير:	٩٠
٩٠	٢-٢-١-١-٧ التشقق:	٩٠
٩١	٣-٢-١-١-٧ انفصال الطبقات:	٩١
٩١	٤-٢-١-١-٧ حالات التشطي:	٩١
٩٢	٥-٢-١-١-٧ تشطي الفواصل:	٩٢
٩٢	٦-٢-١-١-٧ اقتلاع السطح الخرساني:	٩٢
٩٢	٧-٢-١-١-٧ الكريّات الطينية:	٩٢
٩٢	٨-٢-١-١-٧ التزهير:	٩٢
٩٣	٩-٢-١-١-٧ الصبغ:	٩٣
٩٣	١٠-٢-١-١-٧ التعشيش:	٩٣
٩٣	١١-٢-١-١-٧ تسرب المياه:	٩٣
٩٣	٣-١-١-٧ الهياكل الحجرية:	٩٣
٩٣	١-٣-١-١-٧ وحدات البناء:	٩٣
٩٣	٢-٣-١-١-٧ المونة:	٩٣
٩٣	٣-٣-١-١-٧ الشكل:	٩٣
٩٤	٤-٣-١-١-٧ المحاذاة:	٩٤
٩٤	٥-٣-١-١-٧ تسرب المياه:	٩٤
٩٤	٢-١-٧ بطانات النفق:	٩٤
٩٩	٣-١-٧ عوارض السقف:	٩٩
١٠٠	٤-١-٧ الأعمدة والخوازيق:	١٠٠
١٠١	٥-١-٧ ممرات الطوارئ:	١٠١
١٠٢	٦-١-٧ الجدران الداخلية:	١٠٢
١٠٣	٧-١-٧ البوابات:	١٠٣
١٠٤	٨-١-٧ هياكل سقف النفق:	١٠٤
١٠٩	٩-١-٧ هياكل النفق المقلوبة - البلاطات، والعوارض والبلاطات الأرضية:	١٠٩
١١٠	١٠-١-٧ الفواصل والحشيات:	١١٠
١١٠	١١-١-٧ الفحوصات الإنشائية المتنوعة:	١١٠
١١٣	٢-٧ العناصر المدنية:	١١٣
١١٤	١-٢-٧ طبقات الرصف السطحية:	١١٤
١١٥	٢-٢-٧ الحواجز المرورية:	١١٥
١١٥	٣-٢-٧ حواجز المشاة:	١١٥
١١٦	٤-٢-٧ الفحوصات المدنية المتنوعة:	١١٦
١١٧	٣-٧ الأنظمة الميكانيكية:	١١٧

١١٧.....	تهوية الأنفاق:	١-٣-٧
١١٧.....	صرف النفق:	٢-٣-٧
١١٨.....	نظام مولدات الطوارئ:	٣-٣-٧
١١٨.....	فحوصات الأنظمة الميكانيكية المتنوعة:	٤-٣-٧
١١٩.....	أنظمة الكهرباء والإضاءة:	٤-٧
١١٩.....	الوقاية من الحرائق والحفاظ على الأرواح وأنظمة الطوارئ والتشغيل:	٥-٧
١٢٠.....	أنظمة اتصالات الطوارئ:	١-٥-٧
١٢١.....	أنظمة تشغيل وسلامة الأنفاق:	٢-٥-٧
١٢٢.....	التشطيبات وطلاءات الحماية:	٦-٧
١٢٣.....	نماذج وتقارير الفحص:	٧-٧
١٢٣.....	النتائج المهمة:	١-٧-٧
١٢٤.....	تقديرات وضع الحالة:	٢-٧-٧
١٢٤.....	موظفو فحص الأنفاق:	٨-٧
١٢٥.....	مدير البرنامج:	١-٨-٧
١٢٥.....	قائد الفريق:	٢-٨-٧
١٢٦.....	المساعدة في عمليات الفحص من متخصصين ومفتشين ميدانيين كفاء:	٣-٨-٧
١٢٧.....	المقاولون المتخصصون:	٤-٨-٧
١٢٩.....	٨- طرق إصلاح الأنفاق.....	
١٢٩.....	١-٨ مقدمة:	
١٢٩.....	٢-٨ تلفيات الممرات السفلية:	
١٢٩.....	١-٢-٨ تشقق الجدران الداعمة للممرات السفلية:	
١٣٠.....	٢-٢-٨ فشل تصريف مياه الأمطار في الممرات السفلية:	
١٣٠.....	٣-٢-٨ الهبوط غير المنتظم في الطبقة الإسفلتية في الطرق الموازية للجدران الداعمة:	
١٣١.....	٣-٨ إصلاحات الخرسانة الإنشائية:	
١٣١.....	١-٣-٨ الطلاءات الأسمنتية:	
١٣٣.....	٢-٣-٨ فواصل الانشاء:	
١٣٣.....	٣-٣-٨ الشقوق الجافة:	
١٣٤.....	٤-٣-٨ إعادة ربط المناطق المفككة:	
١٣٤.....	٤-٨ الأسقف / حوامل التعليق والمثبتات:	
١٣٦.....	٩- إدارة صيانة العبّارات الخرسانية.....	
١٣٦.....	١-٩ مقدمة:	
١٣٧.....	٢-٩ فحص العبّارات ونظام تقييم الحالة:	
١٣٧.....	٣-٩ تقييم العبّارة / تقييم الحمل:	
١٣٧.....	٤-٩ تخطيط الصيانة:	
١٣٨.....	١-٤-٩ الصيانة الدورية:	

١٣٨.....	الصيانة الوقائية:	٢-٤-٩
١٣٨.....	إعادة التأهيل:	٣-٤-٩
١٣٨.....	الترقية إلى البديل المكافئ:	٤-٤-٩
١٣٩.....	الاستبدال:	٥-٤-٩
١٣٩.....	الصيانة التفاعلية / الطارئة:	٦-٤-٩
١٤٠.....	قرارات صيانة العبارة:	٥-٩
١٤١.....	إصلاحات الخرسانة:	٦-٩
١٤٢.....	طرق إعادة التأهيل / التقوية:	٧-٩
١٤٣.....	عيوب الفواصل:	١-٧-٩
١٤٣.....	التشقق:	٢-٧-٩
١٤٣.....	إصلاح التشطي:	٣-٧-٩
١٤٣.....	إصلاح التبلط:	٤-٧-٩
١٤٣.....	تدهور مقلوب العبارة:	٥-٧-٩
١٤٣.....	إصلاح الخرسانة:	٦-٧-٩
١٤٤.....	حوض تحييد التدفق:	٧-٧-٩
١٤٤.....	تدهور تاج العبارة:	٨-٧-٩
١٤٥.....	المراجع	
١٤٧.....	أ- الملحق أ – مسرد المصطلحات:	
١٤٩.....	ب- الملحق ب – الاختصارات والرموز:	
١٥٣.....	ج- الملحق ج – الوحدات:	

قائمة الأشكال

الشكل (١-٢) تراكب نظام إدارة الجسور وصيانتها ونظام إدارة الجسور (الدليل الوطني لإدارة الأصول والمرافق – المجلد ٦، الباب ١٤ – خطة صيانة الجسور، ٢٠٢٠)	٧
الشكل (٢-٢) تفاعل التخطيط لصيانة الجسور وإدارة الجسور في النظام المتكامل (Mashroat, 2020)	١١
الشكل (٣-٢) تدفق عملية تقييم الحالة (Mashroat, 2020)	١٢
الشكل (١-٤) التصريف من خلال سطح الجسر من الخرسانة المسلحة.	٤٦
الشكل (٢-٤) تصريف نظام السطح.	٤٦
الشكل (٣-٤) الشقوق الملحوظة في أسفل الكمرة الخرسانية.	٤٩
الشكل (٤-٤) الشقوق الملحوظة في أسفل الكمرة الخرسانية.	٤٩
الشكل (٥-٤) المحامل الناقصة.	٥٣
الشكل (٦-٤) المحامل الناقصة.	٥٣
الشكل (٧-٤) المحامل الناقصة.	٥٤
الشكل (٨-٤) المحامل الناقصة.	٥٤
الشكل (٩-٤) الفواصل الناقصة.	٥٥
الشكل (١٠-٤) الفواصل الناقصة.	٥٥
الشكل (١١-٤) الشقوق الملحوظة في بلاطات الاقتراب.	٥٦
الشكل (١-٥) مثال لتقييم محامل الجسر.	٦٤
الشكل (٢-٥) رفع سطح الجسر لتنفيذ استبدال المحمل.	٦٧
الشكل (٣-٥) استبدال محامل الجسر.	٦٧
الشكل (٤-٥) رفع عوارض الجسر في نفس الوقت باستخدام عارض إضافي.	٦٨
الشكل (١-٦) نموذج لمسميات نظام الساعة المستخدمة مع النفق الدائري.	٧٥
الشكل (٢-٦) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق دائري الشكل.	٧٦
الشكل (٣-٦) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق على شكل حدوة حصان.	٧٦
الشكل (٤-٦) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق مستطيل الشكل.	٧٧
الشكل (٥-٦) معدات الحماية الشخصية: الجزء العلوي، حماية العينين؛ الجزء السفلي، جهاز التنفس.	٨٠
الشكل (١-٧) التآكل البسيط على طول عوارض السقف.	٨٩
الشكل (٢-٧) شقوق على شكل نمط أو خريطة على الجانب السفلي للبلاطات الخرسانية المقلوبة.	٩١
الشكل (٣-٧) حالة التشطي للخرسانة مع حديد التسليح المكشوف.	٩٢
الشكل (٤-٧) التشقق والتزهر المتوسط الموجود على الجانب السفلي من بطانة النفق.	٩٣
الشكل (٥-٧) ألواح البطانة الحديدية الموجودة أعلى خط الينابيع.	٩٤
الشكل (٦-٧) أمثلة على قطاعات بطانات النفق مسبقة الصب.	٩٥
الشكل (٧-٧) الجزء الأمامي لبطانة النفق للخرسانة المقذوفة مع الجزء الخلفي للبطانة الخرسانية المجاورة المصبوبة في المكان.	٩٦
الشكل (٨-٧) الشقوق بجانب بُعْص الصدأ.	٩٧
الشكل (٩-٧) الشقوق ذات العرض المتوسط في البطانة الخرسانية.	٩٧
الشكل (١٠-٧) تسربات المياه من خلال بطانة النفق وبلاط الجدران المفقود.	٩٧
الشكل (١١-٧) شقوق الرطوبة في بطانة القطاعية بسبب تقنيات التركيب الخاطئة.	٩٨

الشكل (١٢-٧) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنة.....	٩٨
الشكل (١٣-٧) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنة.....	٩٩
الشكل (١٤-٧) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنة.....	٩٩
الشكل (١٥-٧) فتحة عارضة السقف النموذجية.....	١٠٠
الشكل (١٦-٧) عوارض السقف المكشوفة.....	١٠٠
الشكل (١٧-٧) الأعمدة ذات الرؤوس المنحنية.....	١٠١
الشكل (١٨-٧) ممر للطوارئ به تسرب بسيط.....	١٠٢
الشكل (١٩-٧) عرض ممر الطوارئ السفلي (الجدار الداخلي على اليمين وبطانة النفق على اليسار).....	١٠٣
الشكل (٢٠-٧) صورة لنفق مشطب بألواح معدنية تغطي بطانة الخرسانة.....	١٠٣
الشكل (٢١-٧) هيكل بوابة النفق.....	١٠٤
الشكل (٢٢-٧) يجب فحص العناصر العلوية مثل ألواح السقف لمنع وقوع حوادث مميتة.....	١٠٥
الشكل (٢٣-٧) علاقة بلاطة السقف المنحنية.....	١٠٦
الشكل (٢٤-٧) تُظهر حوامل التعليق وعوارض السقف صدأ متوسط إلى شديد وانهيار طفيف في القطاع.....	١٠٦
الشكل (٢٥-٧) خرسانة منشطية ومنفصلة إلى طبقات بالإضافة إلى انكشاف حديد تسليح وتعرضه للتلف على الجانب السفلي من بلاطة السقف الخرسانية.....	١٠٨
الشكل (٢٦-٧) أمثلة على التشطيبات المعمارية التالفة والبالية على الجانب السفلي من الأسقف - ألواح السقف المعدنية التالفة.....	١٠٩
الشكل (٢٧-٧) أمثلة على التشطيبات المعمارية التالفة والبالية على الجانب السفلي من الأسقف - بلاط السيراميك التالف.....	١٠٩
الشكل (٢٨-٧) الأبواب.....	١١١
الشكل (٢٩-٧) السلالم.....	١١١
الشكل (٣٠-٧) دعامة لافقة بها فراغات في مناطق التوصيل.....	١١٢
الشكل (٣١-٧) مسمار مفقود في دعامة المروحة الطولية.....	١١٣
الشكل (٣٢-٧) الآلات المتشقة.....	١١٣
الشكل (٣٣-٧) العناصر المدنية النموذجية بما في ذلك طبقة الرصف السطحية وحاجز المرور وحاجز المشاة والممر الخاص بهم.....	١١٤
الشكل (٣٤-٧) حفرة أرضية بها تشقق في طبقة الرصف السطحية الخرسانية.....	١١٥
الشكل (٣٥-٧) حواجز مرورية تشير إلى انتشار الرطوبة والبقع الناتجة عن التآكل.....	١١٥
الشكل (٣٦-٧) دعامة منحنية وحاجز مفقود في المنتصف.....	١١٦
الشكل (٣٧-٧) حاجز مشاة منحنى مع مكونات مفقودة من الحاجز.....	١١٦
الشكل (٣٨-٧) مولد الطوارئ.....	١١٨
الشكل (٣٩-٧) طفاية حريق مفقودة.....	١٢٠
الشكل (٤٠-٧) اختبار نظام الرش بالرغوة.....	١٢٠
الشكل (٤١-٧) أمثلة على أنظمة كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة.....	١٢١
الشكل (٤٢-٧) معدات الكشف.....	١٢١
الشكل (٤٣-٧) شاشة الكشف عن الارتفاع الزائد.....	١٢٢
الشكل (٤٤-٧) بلاط سيراميك يعكس الضوء.....	١٢٢
الشكل (١-٨) تشقق الجدران الداعمة.....	١٢٩
الشكل (٢-٨) فشل تصريف مياه الأمطار.....	١٣٠
الشكل (٣-٨) التسوية في الطبقة الإسفلتية الموازية للجدار الداعم.....	١٣١

الشكل (٨-٤) منظر لطلاء أسمنتني مطبق على ممر مقوس (NCHRP, 2010)	١٣٢
الشكل (٨-٥) تسرب في فواصل الانشاء من خلال الطلاء الأسمنتني (NCHRP, 2010)	١٣٢
الشكل (٨-٦) توجيه فاصل الانشاء	١٣٣
الشكل (٨-٧) تفاصيل إصلاح شقوق السطح الأفقي (للشقوق بعرض ٠,٨ ملم وأكبر) (FHWA, 2005)	١٣٣
الشكل (٨-٨) الحث الفراغي بميثيل ميثاكريلات (NCHRP, 2010)	١٣٤
الشكل (٨-٩) أجهزة الاستبدال النموذجية (يسار)؛ تحجيم المثبتات الميكانيكية (يمين)	١٣٥
الشكل (٩-١) عمليات إدارة صيانة العبارة (Mashroat, 2020)	١٣٦
الشكل (٩-٢) عمليات تخطيط صيانة العبارة (Mashroat, 2020)	١٤٠
الشكل (٩-٣) عملية إصلاح العبارة (Mashroat, 2020)	١٤٢

قائمة الجداول

الجدول (١-١) المسميات والألقاب لمواصفات الجمعية الأمريكية لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين والجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد المطبقة على كود الطرق السعودي ٥٠٢	٢
الجدول (٢-١) المسميات والألقاب المرتبطة بالمواصفات الأخرى المطبقة على كود الطرق السعودي المجلد ٥٠٢	٥
الجدول (١-٣) حدود دقة القياس الميدانية.	٢٢
الجدول (٢-٣) إمكانية تقنيات التحقيق للكشف عن العيوب في الهياكل الخرسانية في الاستخدام الميداني:	٣٢
الجدول (٣-٣) إمكانية تقنيات الفحص غير التدميرية على الكشف عن العيوب في الهياكل الحديدية في الاستخدام الميداني.	٣٥
الجدول (٤-٣) طرق (AASHTO and ASTM) القياسية لاختبار عينة المواد.	٣٨
الجدول (٥-٣) طرق اختبار (ASTM and AASHTO) القياسية للخرسانة للاستخدام في المختبر.	٣٩
الجدول (٦-٣) طرق اختبار (AASHTO and ASTM) القياسية للحديد للاستخدام في المختبر.	٤٠
الجدول (١-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكلوريدات.	٦١
الجدول (٢-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكربون.	٦١
الجدول (٣-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكلوريدات.	٦٢
الجدول (٤-٥) منهجية تقييم المحامل.	٦٤
الجدول (٥-٥) أكثر العيوب شيوعاً التي تشهدها محامل الجسور وطرق الإصلاح الملائمة.	٦٥
الجدول (١-٦) أنواع عمليات فحص أنفاق الطرق.	٧١
الجدول (٢-٦) الفترة الزمنية الفاصلة الواردة في المعايير الوطنية لفحص الأنفاق.	٧٢
الجدول (١-٧) مثال على ترميز عنصر الحاجز.	١٢٤
الجدول (٢-٧) أفراد فريق الفحص.	١٢٥
الجدول (١-٨) مزايا الطلاءات الأسمنتية وعبوبها.	١٣١
الجدول (١-٩) جدول تقييم الحالة والإجراء المصاحب له (Mashroat, 2020).	١٣٧



١- مقدمة

١-١ ملخص الأبواب:

ينقسم مجلد كود الطرق السعودي ٥٠٢ - أنظمة إدارة الجسور والأنفاق وصيانتها- إلى تسعة أبواب. وفيما يلي عرض موجز لتلك الأبواب:

الباب (١). المقدمة - يعرض هذا الباب نطاق هذا الجزء من المجلد المواصفات والأكواد المرجعية.

الباب (٢). إطار عمل إدارة صيانة الجسور - يعرض هذا الباب نظرة عامة على نظام إدارة صيانة الجسور (BMMS)، وتكامله مع أنظمة إدارة صيانة الرصف (PMMS)، وأنظمة إدارة الأصول الأخرى (AMS)، وتصنيف الجسور والأنفاق والمرافق ذات الصلة، وإطار عمل تخطيط الصيانة وإدارتها، ونظرة عامة على عملية تقييم الحالة، بما في ذلك تخطيط تقييم الحالة، والدراسة المسحية لتقييم الحالة (CAS)، وتحليل تقييم الحالة، وإعداد التقارير بشأنها (CAA).

الباب (٣). فحص تقييم حالة الجسر - يعرض هذا الباب إرشادات أكثر تفصيلاً عن تخطيط والدراسة المسحية لتقييم الحالة للجسور القائمة ومرافقها فيما يتعلق بإجراءات عمليات الفحص وجمع البيانات. كما أنه يصف طرق إجراء عمليات الفحص، وأنواعها، والتخطيط لها، وعملية التوظيف والجدولة، ومعدل تكرارها وكذلك الاختبار الميداني والإرشادات العامة حول خطة ضبط الجودة/ضمان الجودة، واحتياجات السلامة لفرق الفحص والمخرجات.

الباب (٤). فحص عناصر الجسور وتقييمها - يتناول هذا الباب إجراءات فحص عناصر الجسر المحددة الخرسانية والحديدية، والمكونات المختلفة للبنية الفوقية والتحتية، مثل البلاطات والمحمل والفواصل والحواجز الفاصلة وما إلى ذلك.

الباب (٥). طرق إصلاح الجسور وتقويتها - يتناول هذا الباب طرق إصلاح عناصر الجسور، بما في ذلك العناصر الخرسانية/الحديدية والمحمل والحواجز. كما يوفر هذا الباب إرشادات عامة حول احتياجات تقوية الجسور والطرق التقليدية والحديثة.

الباب (٦). فحص تقييم حالة الأنفاق - يعرض هذا الباب إرشادات أكثر تفصيلاً عن التخطيط لتقييم الحالة لعناصر الأنفاق القائمة الدراسة المسحية. ويوضح أنواع عمليات الفحص، وممارسات وإجراءات الفحص اللازمة، للاستفادة من جودة برامج فحص الأنفاق والحفاظ عليها.

الباب (٧). فحص عناصر الأنفاق وتقييمها - يتناول هذا الباب إجراءات الفحص المحددة لأوجه القصور في عناصر الأنفاق التي تؤثر في الأنظمة الإنشائية والمدنية والميكانيكية والكهربائية وغيرها من الأنظمة الوظيفية.

الباب (٨). طرق إصلاح الأنفاق - يتناول هذا الباب أنواع التلف التي تلحق بعناصر الأنفاق، وطرق إصلاحها بما في ذلك العناصر الإنشائية وغير الإنشائية.

الباب (٩). إدارة صيانة العبارات الخرسانية - يعرض هذا الباب إرشادات عامة حول عمليات إدارة صيانة القنوات الخرسانية، مثل فحص تقييم الحالة، وتصنيف أحمال العبارات، وتقييمها وتخطيط الصيانة، كما يتناول هذا الباب الإصلاحات الخرسانية وطرق ترميم العبارات وتقويتها.

٢-١ النطاق:

يستهدف نطاق هذا المجلد من كود الطرق السعودي توفير إرشادات تستخدم كموارد؛ لاستعمالها في إعداد سياسات وإجراءات محددة لفحص الجسور والأنفاق والعبارات الخرسانية الموجودة حالياً على الطرق، وتقييمها، وصيانتها وإدارتها. كما يشمل هذا المجلد على إرشادات معترف بها لتصنيف حمولة جسور الطرق. وينبغي توضيح الآتي:

- يمكن تطبيق هذه الأحكام على الهياكل الأصغر حجماً التي لا تعد جسوراً حسب تقدير المنطقة.
- ينبغي أن تطبق هذه المواصفات على جميع جسور الطرق التي يزيد طولها عن ٥٠ متراً والموجودة على الطرق العامة.

يجب أن تطبق هذه الأحكام على جميع هياكل الطرق التي تعد جسوراً وفقاً للتعريف الوارد في الملحق ب-.

من الجدير بالملاحظة أيضاً أنه يجب استخدام هذا المجلد إلى جانب المجلدات الأخرى المقابلة، وتحديداً كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)، وكود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة صيانة وإدارة الرصف)، وكود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة صيانة مرافق الطرق وإدارتها)، وكذلك أي مجلد ذي صلة من كود الطرق السعودي وكود البناء السعودي حيثما كان ذلك مناسباً/قابلاً للتطبيق.

٣-١ المواصفات والأكواد المرجعية:

يجب أن تكون مواصفات وأكواد جميع المواد والإجراءات على النحو المحدد في هذه المواصفات العامة وفي مستندات العقد- إن وجدت- وفي المصادر الآتية، في أحدث إصدار لها:

- المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق، والنقل لمواد النقل، وطرق أخذ العينات والاختبار.
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM).
- المعهد الأمريكي للمعايير الوطنية (ANSI).
- الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA).

يعرض الجدول (١-١) وثائق الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق والنقل (AASHTO) والجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) المأخوذة في الاعتبار في هذا المجلد.

الجدول (١-١) المسميات والألقاب لمواصفات الجمعية الأمريكية لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين والجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد المطبقة على كود الطرق السعودي ٥٠٢.

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	AASHTO	ASTM
Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة انضغاط عينات الخرسانة الأسطوانية	T٢٢	C٣٩
Standard Method of Test for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete	طريقة الاختبار القياسية لأخذ العينات اللبية المحفورة وعينات العوارض المنشورة من الخرسانة واختبارها	T٢٤	C٤٢
Standard Method of Test for Tension Testing of Metallic Materials	الطريقة القياسية لاختبار شد المواد المعدنية	T٦٨	E٨
Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials	طريقة الاختبار القياسية للصلادة البرينيلية للمواد المعدنية	T٧٠	E١٠
Standard Method of Test for Measuring Length of Drilled Concrete Cores	طريقة الاختبار القياسية لقياس طول عينات الخرسانة اللبية المحفورة	T١٤٨	C١٧٤
Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الخرسانة للتجمد والذوبان السريعين	T١٦١	C٦٦٦
Standard Method of Test for Portland Cement Content of Hardened Hydraulic-Cement Concrete	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الأسمنت البورتلاندي في خرسانة الأسمنت الهيدروليكي المتصلبة	T١٧٨	C١٠٨٤
Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens	الممارسة القياسية لتغطية عينات الخرسانة الأسطوانية	T٢٣١	C٦١٧
Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products	طرق الاختبار القياسية وتعريفاته للاختبار الميكانيكي للمنتجات الحديدية	T٢٤٤	A٣٧٠



ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المسمى بالإنجليزية
	T٢٥٩	طريقة اختبار مقاومة الخرسانة لاختراق أيونات الكلوريد	Method of Test for Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration
	T٢٦٠	طريقة الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار أيونات الكلوريد في الخرسانة والمواد الخام الخرسانية	Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials
	T٢٧٧	طريقة الاختبار القياسية للإشارة الكهربائية إلى قدرة الخرسانة على مقاومة اختراق أيونات الكلوريد	Standard Method of Test for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration
A٦١٠		طرق الاختبار القياسية لأخذ عينات السبائك الحديدية لتحديد الحجم	Standard Test Methods for Sampling Ferroalloys for Size
A٦٧٣		المواصفة القياسية لأخذ العينات لاختبار تأثير الحديد الإنشائي (اختبار شاربي)	Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel (Charpy Test)
C٤٥٧		طريقة الاختبار القياسية للتحديد المجهرى لمعاملات نظام الفراغات الهوائية في الخرسانة المتصلبة	Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete
C٤٦٩		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
C٤٩٦		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الشد الانفلاقية لعينات الخرسانة الأسطوانية	Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
C٦٤٢		طريقة الاختبار القياسية للشد والامتصاص والفراغات في الخرسانة الصلبة	Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete
C٨٠٣		طريقة الاختبار القياسية لمقاومة اختراق الخرسانة المتصلبة	Standard Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete
C٨٠٥		طريقة الاختبار القياسية لعدد الارتدادات على سبيل الخرسانة المتصلبة	Standard Test Method for Rebound Number for Hardened Concrete
C٨٢٣		الممارسة القياسية لفحص الخرسانة المتصلبة المستخدمة في الإنشاءات وأخذ عينات منها	Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions



ASTM	AASHTO	ترجمة المسمى إلى العربية	المسمى بالإنجليزية
C٨٥٦		الممارسة القياسية للفحص البتروجرافي (الصخري) للخرسانة المتصلبة	Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete
D٣٦٣٣		طريقة الاختبار القياسية للمقاومة الكهربائية للأنظمة الرصفية العشائية	Standard Test Method for Electrical Resistivity of Membrane-Pavement Systems
D٤٥٨٠		الممارسة القياسية لقياس الانحرافات في أسطح الجسور الخرسانية عن طريق السبر	Standard Practice for Measuring Delaminations in Concrete Bridge Decks by Sounding
D٤٧٨٨		طريقة الاختبار القياسية لاكتشاف الانحرافات في طوابق الجسر باستخدام التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء	Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography
E٣		الدليل القياسي لتحضير عينات من التركيبات المعدنية	Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens
E٩٢		طريقة الاختبار القياسية لاختباري صلادة المواد المعدنية بمقياس فيكرز ونوب	Standard Test Method for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials
E١٠٣		الممارسة القياسية للاختبارات السريعة لقياس صلادة تلم المواد المعدنية	Standard Practice for Rapid Indentation Hardness Testing of Metallic Materials
E١١٠		طريقة الاختبار القياسية لاختباري صلادة المواد المعدنية بمقياس فيكرز ونوب:	Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers
E١١٢		طرق الاختبار القياسية لتحديد متوسط الحجم الحبيبي	Standard Test Methods for Determining Average Grain Size
E٣٤٠		الممارسة القياسية للتنميش الظاهري للمعادن والسبائك	Standard Practice for Macroetching Metals and Alloys
E٣٨٤		طريقة الاختبار القياسية للصلادة البرينيلية للمواد	Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials
E٤٠٧		الممارسة القياسية للتنميش الظاهري للمعادن والسبائك	Standard Practice for Microetching Metals and Alloys
E٨٨٣		الدليل القياسي للتصوير المجهرى للضوء المنعكس	Standard Guide for Reflected-Light Photomicrography



ورد ذكر جميع المواصفات الأخرى المستخدمة في كود الطرق السعودي ٥٠٢ في الجدول (٢-١).

الجدول (٢-١) المسميات والألقاب المرتبطة بالمواصفات الأخرى المطبقة على كود الطرق السعودي المجلد ٥٠٢

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	ANSI NETA	NFPA
Standard For Maintenance Testing Specifications for Electrical Power Distribution Equipment and Systems	معيان مواصفات اختبار صيانة معدات وأنظمة توزيع الطاقة الكهربائية	MTS ٢٠١١	
Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems	معيان فحص واختبار وصيانة أنظمة الحماية من الحرائق القائمة على الماء		25
Standard for Emergency and Standby Power Systems	معيان أنظمة الطاقة الاحتياطية والطوارئ		110

٢- إطار عمل إدارة صيانة الجسور

٢-١ مقدمة:

من الواجب أن تقوم هيئات الطرق بإدارة الجسور والأنفاق من بين الأصول والمرافق الأخرى المتعلقة بالطرق عن طريق أنشطة التخطيط والتصميم والانشاء والصيانة. ويمكن أن يؤدي الاتجاه الحالي لإدارة كل مكّون على حدة من خلال أنظمة منفصلة إلى تضارب الجهود ومضاعفتها، ومن ثمّ يلزم توفير نهج شامل لتحسين إدارة نظام الطرق بأكمله. ويتمثل الهدف من صيانة الطرق والمرافق المرتبطة بها في توفير طرق مناسبة للحفاظ على كل هيكل ومرافق للأصول كما شُيّدت في الأصل أو حُسِّنت لاحقاً -إذا لزم الأمر- وفقاً للمتطلبات الجديدة. وتشمل الصيانة أيضاً التدابير التي يلزم اتخاذها للحفاظ على سير المرور بطريقة آمنة وبأقل قدر ممكن من التعطل أو التأخير. و يجب تصميم أنظمة إدارة الطرق وصيانتها لتحقيق أهداف مختلفة مثل تقديم خدمة مقبولة، وصيانة البنية السفلية، وتعزيز السلامة، وتعزيز النمو الاقتصادي، من بين أمور أخرى.

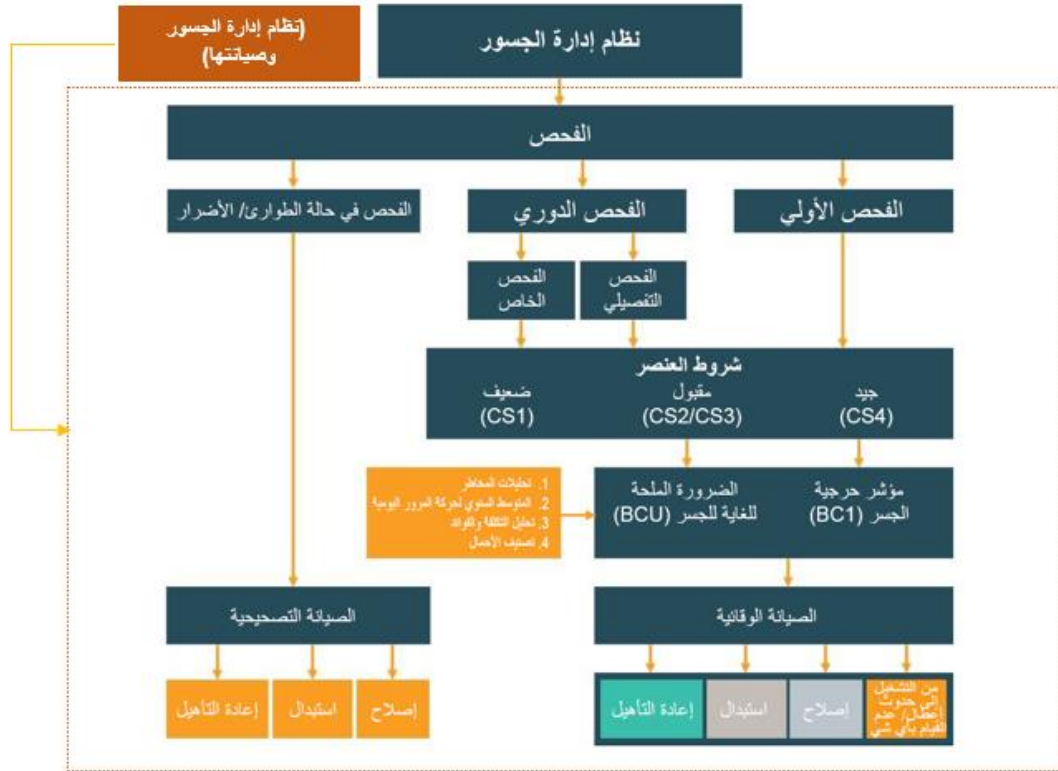
"نظام إدارة الجسور (BMS)" هو أدوات محوسبة تحافظ على جميع البيانات الخاصة بأصول الجسور وتُتيح إمكانية اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن إدارة هذه الجسور في أثناء مراحل التصميم والانشاء والفحص، والمراقبة والصيانة والاستبدال. وعند تنفيذه، يفترض أن يساعد نظام إدارة الجسور على إدارة السمات المادية والتشغيلية للهيكـل بكفاءة حتى يعمل لفترة طويلة، مع الحفاظ على مستويات محددة من الخدمة. "نظام إدارة صيانة الجسور (BMMS)" هو مجموعة أخرى من الأدوات التي تساعد صانع القرار على تحديد الاستراتيجيات المثلى لحالة الجسر الحالي من خلال تقييم وصيانة الجسر؛ لتوفير إمكانية تقديم خدمة مقبولة للفترة المطلوبة. يجب أن يكون نظام إدارة صيانة الجسور جزءاً من برنامج نظام إدارة الجسور، وينبغي استخدامها معاً بدلاً من استبدال أحدهما بالآخر.

تتمثل وظيفة نظام إدارة صيانة الجسور في توفير بيانات الملاحظات؛ لتحسين كفاءة اتخاذ القرار. يحتاج نظام إدارة صيانة الجسور إلى مرافق تخزين بيانات ضخمة لقاعدة البيانات، ثم سيقوم النظام-من خلال المعالجة- بتحويل هذه البيانات إلى معلومات يمكن استخدامها. وبعد معالجة المعلومات، تُستخدم في دعم القرار وعملية التخطيط. ويعرض الشكل (٢-١) مخططاً توضيحياً لمكونات العلاقة المترابطة بين نظام إدارة الجسور وصيانتها ونظام إدارة الجسور.

بالإضافة إلى ذلك، يهدف هذا المجلد إلى وصف إطار عمل لـ (نظام إدارة الجسور وصيانتها)؛ من أجل استخدامه كأداة مرجعية للطرق السعودية وغيرها من الجهات (المرافق) المعنية.

وفي هذا المجلد، يجب تطبيق نظام إدارة الجسور وصيانتها على مرافق الطرق الآتية:

- الجسور والممرات السفلية في المناطق الريفية والحضرية (المركبات والمشاة).
- الأنفاق في المناطق الريفية والحضرية (المركبات والمشاة).
- معابر الجمال والحياة البرية على مستويات مختلفة.
- المجاري الخرسانية في الشوارع والطرق الريفية والحضرية.



الشكل (١-٢) تراكب نظام إدارة الجسور وصيانتها ونظام إدارة الجسور (الدليل الوطني لإدارة الأصول والمرافق - المجلد ٦، الباب ١٤ - خطة صيانة الجسور، ٢٠٢٠)

٢-٢ الجسور والأنفاق والمرافق ذات الصلة:

هناك انتشار واسع النطاق في المملكة العربية السعودية للجسور والأنفاق الخرسانية مع بعض الجسور الحديدية؛ كي تستخدمها المركبات أو المشاة. ويلاحظ عدم وجود جسور حجرية أو خشبية. ومن ثم، فإن تصنيف الجسور والأنفاق لأغراض هذا المجلد يجب أن يشمل هذه النقاط. ويعتمد التصنيف الآتي للجسور والمرات السفلية والمعابر والأنفاق حسب الشكل ومواد الانشاء والاستخدام والنظام الإنشائي على الممارسات الحالية في المملكة العربية السعودية.

١-٢-٢ تصنيف الجسور والمرات السفلية:

الجسر عبارة عن هيكل يُستخدم للانتقال من مكان إلى آخر عند وجود عائق ما بين المكانين. وقد تكون العوائق عبارة عن مسطح مائي أو أرض وعرة أو وادٍ شديد الانحدار أو طريق أو سكة حديدية أو بنية مماثلة. ويجب تصنيف الجسور والمرات السفلية حسب الشكل ومواد الانشاء والاستخدام والنظام الإنشائي للبنية الفوقية للجسر.

وجدير بالذكر أنه يجب تطبيق هذا المجلد على الأنواع الآتية من هياكل الجسور:

- جسور فوق الطرق.
- جسور فوق السكك الحديدية.
- جسور فوق قنوات الصرف / التضاريس.
- جسور فوق خطوط الأنابيب.
- جسور المشاة.
- معايير الجمال والحياة البرية.

٢-٢-٢ تصنيف الأنفاق:

النفق عبارة عن ممر تحت الأرض. وتُحفر الأنفاق عبر التلال والجبال وأسفل المدن وتحت الممرات المائية وحتى تحت الطرق في المدن، كما توفر الأنفاق طرقاً وسكناً حديدية ذات ممرات آمنة ومريحة لاجتياز العوائق الطبيعية والصناعية. ويشير مصطلح النفق إلى الممرات السفلية التي يبلغ طولها عدة أضعاف عرضها وتُنشأ لاجتياز العوائق.

يجب ان تصنف الأنفاق حسب الاستخدام أكثر من أي تصنيف آخر. ويجب تطبيق هذا المجلد على الأنواع الآتية من هياكل الأنفاق الإنشائية:

- أنفاق المركبات.
- أنفاق السكك الحديدية.
- أنفاق المشاة.

٣-٢-٢ تصنيف العبارات:

العبرة عبارة عن هيكل يوجد أسفل طريق به فتحات غير مسدودة فقط تبلغ ثلاثة أمتار أو تقل عن ذلك، وتقاس بين أوجه ركانز و/ أو دعائم وهيكل أنبوبية الشكل بأي قطر. تُصمم لتصريف مياه الأمطار والفيضانات. وتُعد العبارات أحد المكونات المهمة في شبكة الطرق. ومقارنةً بالجسور؛ فإن العبارات عبارة عن هياكل أصغر وأقل خطورة ومدفونة تحت جسر الطريق. ومع ذلك، فإن عدم وجود العبارات يمكن أن يشكل خطرًا على حركة المرور. كما أنها تمثل أحد الأصول المعرضة للتدهور، وبالتالي يجب إدارتها بشكل مناسب.

وتجدر الإشارة إلى أنه يجب تصنيف العبارات حسب الشكل الهندسي، ونوع المواد المستخدمة في الانشاء وفقًا لموقعها في شبكة الطرق والطبيعة الجغرافية للمنطقة. ويجب تطبيق هذا المجلد على الأنواع الآتية من هياكل العبارات:

- العبارات الصندوقية (صناديق فردية أو متعددة).
- القنطرة ثلاثية الجوانب (تُستخدم لتمرير المياه وتتميز بقاع طبيعي بوصفه الطبقة السفلية).
- القنوات المائية الواسعة.
- ممر المشاة والماشية والمركبات.
- خفض/ تقليل منسوب المياه الجوفية.

٤-٢-٢ المرافق الأخرى ذات الصلة بالطرق:

يتكون نظام إدارة الأصول والمرافق ذات الصلة بالطرق وصيانتها من العديد من الخصائص (الرصف والطرق والجسور والأنفاق والمرافق على جانب الطريق والصرف وأنظمة التحكم بالمرور وخصائص المسطحات الخضراء وما إلى ذلك). وتتوفر الإرشادات المتعلقة بالصيانة والإدارة في مجلدات أخرى ذات صلة من كود الطرق السعودي على النحو الآتي:

- تتوفر المعلومات المتعلقة بصيانة أسطح وهياكل الرصف في كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها).
- تتوفر المعلومات المتعلقة بصيانة العبارات الدائرية ومصارف مياه الأمطار والخنادق والقنوات والمصارف السفلية والمرافق الأخرى ذات الصلة في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة إدارة مرافق الطرق وصيانتها).
- تتوفر المعلومات المتعلقة بصيانة حواجز المرور والجدران الساندة وغيرها من أجهزة التحكم بالمرور في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة إدارة مرافق الطرق وصيانتها).
- تتوفر المعلومات المتعلقة بصيانة المرافق العامة والمرافق الأخرى ذات الصلة في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة إدارة مرافق الطرق وصيانتها).

٣-٢ نظام إدارة الجسور وصيانتها (BMSS):

يتكون نظام إدارة الجسور وصيانتها من نوعين من الأنظمة الفرعية. ويتمثل النوع الأول في نظام المعلومات الذي يعمل على جمع وتنظيم وتخزين بيانات المرافق ومعلوماتها، مثل مراجع الشبكة والخرائط الأساسية وبيانات الجرد والسجلات وما إلى ذلك، بينما يتمثل النوع الثاني في أنظمة دعم القرار التي تشمل الوحدات النمطية للتطبيقات؛ لمعالجة البيانات وتوفير المعلومات التي يمكن أن تستند إليها القرارات وتنفيذها بناءً عليها في نهاية المطاف. ويتضمن إعداد نظام إدارة الجسور وصيانتها أربع مراحل: وهي التخطيط، والبرمجة، والتحضير والعمليات. وتنفذ مرحلة التخطيط لنظام دعم القرارات بغرض وضع خطط استراتيجية طويلة المدى لشبكة الطرق بأكملها؛ وعادةً ما يبلغ وقت التخطيط خمس سنوات أو أكثر. ويُنفذ لتحديد احتياجات الميزانية المستقبلية وظروف الجسور اللاحقة وتكاليف المستخدم. وبالنسبة إلى شبكات المدن الصغيرة أو الطرق الريفية، فيمكن يكفي استخدام نظام بسيط قائم على الفحص البصري. ومن ناحية أخرى، يجب استخدام نظام مراقبة آلي في شبكة المدن الكبيرة أو الطرق الحضرية.



١-٣-٢ نظام المعلومات:

يتطلب نظام إدارة الجسور وصيانتها قواعد بيانات ارتباطية شاملة ومتصلة وجيدة التنظيم، ويمكنها دعم التحليلات المتنوعة المستخدمة في إدارة الجسور، وإعداد تقارير عن هذه المعلومات بطريقة يمكن أن تفهمها الأطراف المعنية بسهولة. وتوجد أربعة أنواع رئيسة من البيانات التي يطلبها نظام إدارة الجسور وصيانتها:

- جرد الجسور، وتقييمات الحالة العامة، وتقييمات عناصر الجسور.
- مقاييس أداء الهيئة.
- بيانات نشاط الحفظ والتحسين.
- بيانات التكلفة والخطط المالية.

كما تجدر الإشارة إلى أن معظم هيئات النقل والطرق في المملكة العربية السعودية تستخدم حالياً نظام المعلومات الجغرافية أو تقنيات مكانية أخرى أو تخطط لاستخدامها من أجل دعم أنشطة إدارة الطرق والمرافق ذات الصلة بها وصيانتها. وتستخدم أيضاً التقنيات المكانية بشكل متزايد؛ لجمع البيانات، وتصفيته ودمجها وصيانتها. وينبغي ربط بيانات نظام إدارة الجسور وصيانتها بنظام المعلومات الجغرافية ودمجها معاً وفقاً للخطوات والمتطلبات الواردة في الباب ٨ من كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها).

٢-٣-٢ نظام دعم القرارات:

تهتم مرحلة البرمجة التكتيكية من نظام دعم القرارات بتحديد الحاجة في سنة الميزانية، ويشمل ذلك تحديد الأجزاء من الشبكة التي تتطلب المعالجة والتوقيت المناسب للمعالجات، كما أنها تهتم بتقدير التكلفة، وتحديد الأولويات وإعداد الميزانية والمراقبة. وبناءً على نتائج تقدير حالة المرفق وتقييمها، يمكن تقديم توصيات لتصميم الصيانة وإدارتها. ويجب أن تراعي هذه التوصيات الاحتياجات والأهداف المحددة للمرافق المعنية، بالإضافة إلى نتائج التحليل الإحصائي ومؤشرات الأداء. كما يجب أن تكون التوصيات قائمة على الأدلة ومناسبة للاحتياجات المحددة لبرامج وخطط صيانة المدخلات. وبعد تقييم أداء المرافق، يمكن أن يتضمن إجراء اتخاذ القرار للصيانة الخطوات الآتية:

- يجب تحديد أولويات المرافق بناءً على مستوى حاجتها للصيانة أو التحسين.
- يجب تحديد الميزانية لصيانة المرافق وتحسينها.
- يجب وضع خطة تفصيلية لصيانة المرافق وتحسينها، ويجب أن تراعي هذه الخطة الميزانية والجدول الزمني لإنجاز العمل والمخاطر ذات الصلة والأثر المحتمل على المجتمع والبيئة المحيطين.
- يجب تحديد إجراءات محددة، مثل إصلاح المكونات التالفة أو استبدالها أو ترقية المرافق لتلبية المواصفات الحالية أو تحسين إمكانية الوصول إلى المرافق أو توافرها.
- هذا مخطط عام لإجراء اتخاذ القرار بشأن صيانة المرافق المتعلقة بالطرق. وستختلف الخطوات والتفاصيل المحددة للعملية اعتماداً على أهداف الصيانة وغاياتها.

٢-٤ التكامل مع نظام إدارة الرصف وصيانتها وأنظمة إدارة الأصول الأخرى:

من الناحية العملية، تُعد الجسور والأنفاق والمرافق الأخرى ذات الصلة مجرد جزء خاص من نظام الطرق الكلي في شبكة النقل بالمملكة العربية السعودية. ومع ذلك، فإنها تمثل حلقة وصل مهمة في شبكة الطرق، ومن ثم يُنظر إليها بشكل منفصل عن صيانة الطرق القريبة منها. ولأن الجسور تُعد أيضاً استثماراً كبيراً في رأس المال لكل وحدة طول من الطريق، يمكن تبرير مستوى عالٍ من التطور في صيانتها. ويمكن إنشاء نظام إدارة الجسور وصيانتها كجزء من نظام إدارة الصيانة أو كجزء من نظام إدارة الأصول. وبغض النظر عن كيفية تنظيم نظام معلومات الإدارة الشامل، يجب أن يتفاعل نظام إدارة الجسور وصيانتها مع جميع أنظمة معلومات الإدارة الأخرى؛ لتجنب تكرار جمع البيانات وتكرار معالجاتها التي توفر مدخلات لأنظمة معلومات الإدارة. كما يجب أن يتفاعل نظام إدارة الجسور وصيانتها مع الأنظمة الرئيسية مثل: نظام إدارة الجسور، ونظام إدارة الصيانة، ونظام إدارة الأصول، وكذلك الأنظمة المرتبطة بالطرق مثل نظام إدارة الرصف وصيانتها ونظام المعلومات الجغرافية (إذا لم يكن هذا النظام متكاملًا بشكل مباشر مع نظام إدارة الجسور وصيانتها)؛ وذلك لاستخدام الخطط الأساسية للصيانة وبيانات المراقبة المالية ومراقبة الجرد.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تعمل جميع الهيئات من أجل التكامل الكامل بين أنظمة إدارة قواعد البيانات هذه، كما يجب أن يحقق التفاعل البشري الكثير من هذا التكامل بدلاً من روابط الاتصال الآلية عبر الحاسوب.

وجدير بالذكر أنه يجب تصميم نظام إدارة الجسور وصيانتها كأداة متكاملة أو مجموعة أدوات من خلال عملية تهدف إلى مساعدة الهيئة العامة للطرق على تحقيق الأهداف الاستراتيجية الموضوعية من خلال عملية قائمة على البيانات.

ويجب تصميم نظام إدارة الجسور وصيانتها لمساعدة المهندسين وصانعي القرارات على تحديد أفضل الإجراءات المقيدة ماليًا لاتخاذها بشأن الصيانة كبرامج تحسين رأس المال على المدى القصير والمتوسط والطويل. ويتمثل الغرض من هذا النظام في تحديد الاستخدام الأمثل للتمويل من خلال تمكين صانعي القرارات من فهم نتائج أفعالهم واستراتيجياتهم.

كما تتوفر المفاهيم والإرشادات المتعلقة بأنظمة إدارة الصيانة للرصف والمرافق الأخرى المتعلقة بالطرق في كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها) وكود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة إدارة مرافق الطرق وصيانتها) على التوالي وتجب مراعاتها.

٥-٢ التخطيط للصيانة وإدارتها:

يمكن تنفيذ عمليات إدارة الجسور وصيانتها على مستويي: المشروع والشبكة. وتهتم إدارة الصيانة على مستوى الشبكة بتقييم جميع الأصول والمرافق ذات الصلة في إطار مسؤولية إحدى الجهات. ويتمثل الهدف الرئيسي لإدارة الصيانة على مستوى الشبكة في إعداد برنامج إصلاح المرافق ذي الأولوية على مستوى الجهة والذي سيحقق أكبر فائدة أو أقل تكلفة إجمالية في ظل قيود الميزانية العامة. بالإضافة إلى ذلك، تعتمد إدارة الصيانة على مستوى الشبكة على بيانات تقريبية أكثر من إدارة الصيانة على مستوى المشروع. وعلى مستوى الشبكة يُجاب عن الأسئلة المتعلقة باحتياجات الميزانية على المدى القصير والطويل والحالة العامة للشبكة (الحالية والمستقبلية). فضلاً عن ذلك، تساعد إدارة الصيانة على مستوى الشبكة على تحديد أولويات الجزء أو الموقع (ويشمل ذلك العديد من المرافق) الذي ينبغي ترميمه أو إعادة بنائه أو صيانته. كما يكون مستوى الفحص المستخدم في هذا النوع من التقييم أساسياً بشكل عام، ويتكون بصورة رئيسة من الفحص البصري لجزء من الحالة الحالية لجميع المرافق الموجودة داخل الشبكة.

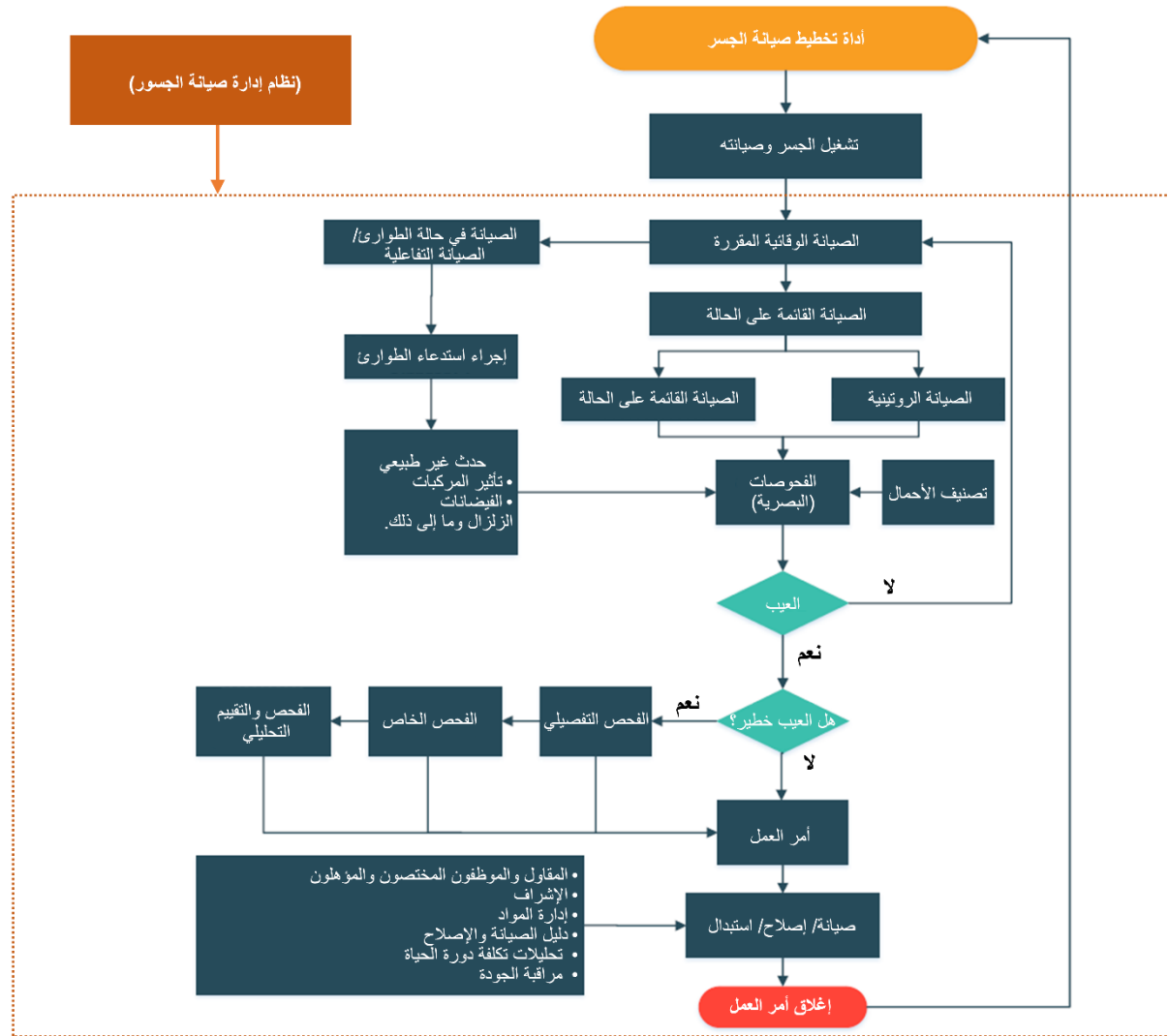
وعلى العكس من ذلك، تهتم إدارة الصيانة على مستوى المشروع بمرفق معين، وتتم عادةً بعد تحليل مستوى الشبكة في البرامج المحلية. وبمجرد تحديد جسر للإصلاح على مستوى الشبكة، يُجرى تحليل هندسي على مستوى المشروع. ويلزم إجراء تقييم أكثر تفصيلاً من خلال هذا التحليل؛ لأن المعلومات التي تُجمع على مستوى الشبكة لا تحتوي عادةً على نوع البيانات المطلوب لاتخاذ قرارات تفصيلية لمشروع صيانة فردي. وفي أثناء التحليل على مستوى المشروع، تُجرى -غالبًا- اختبارات إضافية مثل اختبار الفحص البصري والاختبار غير الإتلافي واختبار الحفر لتقديم معلومات إضافية حول حالة الجسور وسبب التدهور.

علاوة على ذلك، يجب اعتماد نهج منظم لصيانة الجسور في أي إجراء مخطط له؛ لتنفيذ الصيانة الدورية الرئيسية أو الثانوية للجسور وجميع المرافق ذات الصلة. كما ينبغي أن يوفر هذا النهج أولويات بشأن استبدال الجسور، والتي من شأنها تحسين التكاليف الإجمالية لدورة حياة الجسور بوصفها أحد المكونات الرئيسية للشبكة بأكملها. وينبغي أن تضمن العملية تنظيم صيانة الجسور في مجالات عامة تشمل عمليات الفحص، والتخطيط وإعداد الميزانية والجدولة. وتتضمن مجموعة عملية التخطيط لإدارة صيانة الجسور اختيار الأهداف، وتحديد السياسات والبرامج والإجراءات المقرر استخدامها؛ لتحقيق تلك الأهداف. ومن بين جميع وظائف الإدارة، يُعد التخطيط الوظيفة ذات التأثير الأكثر إنتاجية على استخدام الموارد المتاحة (العمالة والمعدات والمواد والأموال وما إلى ذلك). وغالبًا ما يكون التخطيط غير الملائم هو السبب الجذري للعديد من الصعوبات التي تواجه الحفاظ على الجسور والتي يمكن أن تثير الانتقادات ضد الممارسات الحالية في صيانة الجسور.

كما تجدر الإشارة إلى أنه يجب التخطيط لصيانة الجسور من أجل تحسين استخدام الموارد المطلوبة للحفاظ في نهاية المطاف على الأصول والمرافق طوال دورة حياتها. ويجب أن تبدأ عملية التخطيط بتحليل قاعدة بيانات الجسور الحالية التي تتكون من الجرد والتاريخ والخطط ومتطلبات الصيانة؛ لتحديد الاحتياجات والأولويات والكميات. وتمثل خطة عمل صيانة الجسور الشرط الأساسي للنظام. وبمجرد وضع خطة العمل وإعداد ميزانية لها، يجب أن تكون بمنزلة الخطة الأساسية التي يتم من خلالها وضع أوامر عمل محددة وجدولتها وتنفيذها وضبط الأداء والتحكم فيه. كما ينبغي على الجهة المعنية مراعاة ما يأتي:

- على الجهات المعنية (المالك) المسؤولة عن إدارة صيانة الجسور والأنفاق والأصول والمرافق الأخرى ذات الصلة، سواء كانت ممولة من الحكومة أو خاصة، إنشاء وإعداد عمليات وإجراءات محددة لمجالات إدارة الصيانة القائمة على الأداء المتكامل والفعال للمكونات الإنشائية.
- يجب على الجهة المعنية إنشاء وإعداد عمليات وإجراءات محددة؛ لضمان الكفاءة المستمرة من حيث الصيانة والأداء فيما يتعلق بالمكونات الإنشائية للمرفق.
- يجب أن تستخدم الخطة الشاملة لإدارة الجسور وصيانتها إجراءات واستراتيجيات؛ للحفاظ على عمر الخدمة للجسر والأصول والمرافق ذات الصلة، ويجب على الجهة المعنية مراعاة هذا الشرط كجزء من إعداد خططها الأساسية.
- يجب على الجهة المعنية (المالك) مراعاة الشكل (٢-٢) بوصفه جزءًا من إعداد الخطة.
- يجب على الجهات المعنية (المالكين) إعداد نظام إدارة الجسور وصيانتها وفقًا للمفاهيم والإرشادات الواردة في كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها) وكود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة إدارة مرافق الطرق وصيانتها).
- يجب أن تتوافق إجراءات الاختبار ومتطلبات أخذ العينات ومعدات الاختبار المستخدمة لتقييم الحالة والفحص مع المواصفات والمعايير الواردة في كود الطرق السعودي ٣٠٩ (مواصفات المواد والاختبار المعياري).
- يجب أن تتوافق مواصفات المواد ومواصفات الإنشاء ومعايير قبول الجودة لبنود العمل المتعلقة بتحسين هياكل الجسور والأنفاق الحالية وإصلاحها وإعادة إنشائها وترميمها بما يتوافق مع متطلبات كود الطرق السعودي ٤٠١ (إنشاء الطرق) وكود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق) وكود الطرق السعودي ٤٠٣ (إنشاء مرافق الطرق).

- على الجهة المعنية (المالك) تقييم التأثيرات البيئية المرتبطة بأعمال الصيانة، أو استخدام الأصول المادية والإبلاغ عنها وإدارتها، كما يجب أن يكون التخلص من النفايات واستعادتها وفقاً للباب ١٠ من كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق).
- يجب على الجهة المعنية (المالك) توفير بيئة عمل آمنة وفقاً لـ (المتطلبات العامة لمنطقة العمل) الواردة في كود الطرق السعودي ٣٠٥ (تصميم مرافق الطرق ومنشآتها - تصميم منطقة العمل) والأجزاء ٣-٤-٧ و ٦-٤-٧ من كود الطرق السعودي ٦٠٣ (السلامة على الطرق).
- يجب أن تُطبّق الإرشادات والمتطلبات الفنية ذات الصلة الواردة في كود البناء السعودي ٤٠١ (الكود الكهربائي) وكود البناء السعودي ٥٠١ (الكود الميكانيكي) وكود البناء السعودي ٨٠١ (كود الحماية من الحرائق) من كود البناء السعودي عند الحاجة.



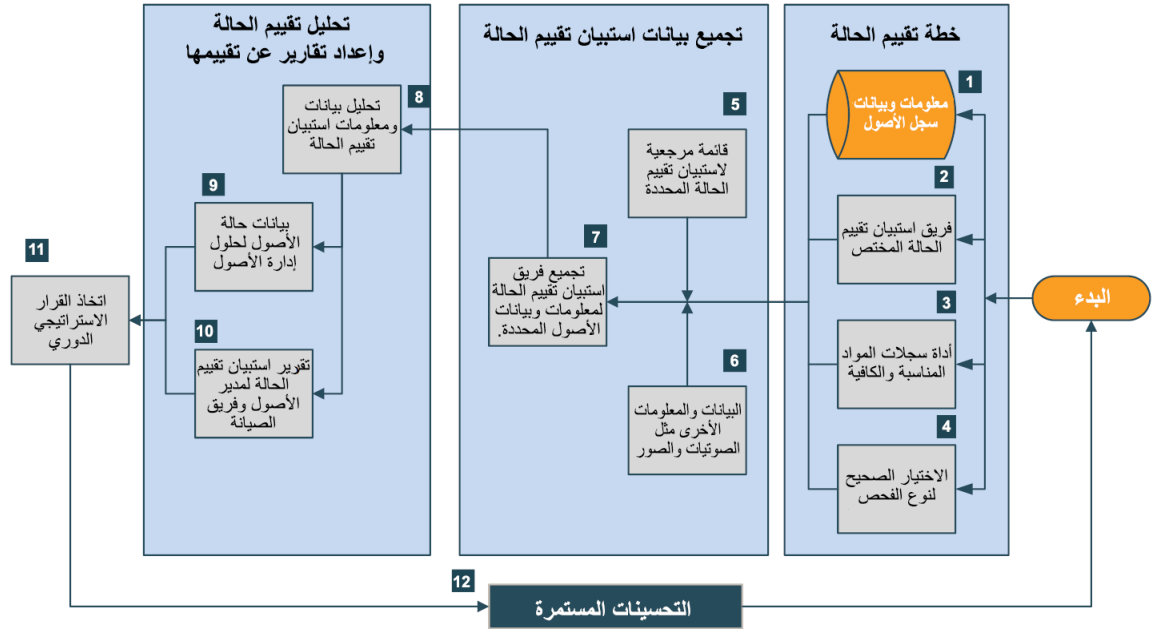
الشكل (٢-٢) تفاعل التخطيط لصيانة الجسور وإدارة الجسور في النظام المتكامل (Mashroat, 2020)

٢-٢ عملية تقييم الحالة:

تقييم الحالة عبارة عن وسيلة منظمة تُحدّد من خلالها الحالة الحالية للمرافق الموجودة. كما أنه يوجه الجهة المعنية من خلال عملية ما؛ لتحديد دورة الحياة المناسبة التي تدعم التوجيه والأنشطة اللاحقة عن طريق توفير البيانات والمعلومات الضرورية التي تمكنها من الحصول على توجيه يعود بالنفع على قيمة الأصول مقارنةً بالأداء والتكلفة وحجم المخاطر لكل جهة معنية. وتتبع عملية تقييم الحالة التسلسل الأساسي نفسه بغض النظر عن نوع الأصل المراد تقييمه. وتتمثل متطلبات العملية التي يتكون منها التسلسل في:

- التخطيط لتقييم الحالة.
- الدراسة المسحية لتقييم الحالة.

- تحليل تقييم الحالة وإعداد تقرير بشأنه.
- يوضح الشكل (٣-٢) نظرة عامة تخطيطية لعملية تقييم الحالة.



الشكل (٣-٢) تدفق عملية تقييم الحالة (Mashroat, 2020)

٧-٢ الدراسة المسحية لتقييم الحالة:

يتمثل الغرض من الدراسات المسحية لتقييم الحالة في توفير وسيلة لمعرفة حالات الأصول. ومن خلال تحديد المنهجية العامة بوضوح للاستناد إليها في تصميم قائمة تحقق تحصل على المعلومات والبيانات المطلوبة وضمان تلبية متطلبات مرحلة التحليل. كما يلزم إجراء الدراسة المسحية لتقييم الحالة للحصول على بيانات ومعلومات حالة الأصول عبر النطاق الكامل للأصول المحددة؛ للدراسة المسحية لتقييم الحالة وتقديم تلك البيانات والمعلومات بتنسيق ووحدات قياس مناسبة؛ لإدخالها في تحليل حالة الأصول.

وجدير بالذكر أن هذا الجزء يفصل الجوانب الرئيسة التي يجب أن تتناولها الجهات المعنية؛ لوضع سياسة الدراسة المسحية لتقييم الحالة وإجراءاته وقوائم التحقق الخاصة به. لذلك، تُعد المراجعة المستمرة وتحسين الإجراءات وقوائم التحقق أمراً بالغ الأهمية لنجاح نظام إدارة الجسور وصيانتها.

١-٧-٢ النظام المرجعي:

يجب على الجهات (المالكين) اتباع متطلبات (النظام المرجعي الشبكي) الواردة في الباب ٣ من كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها).

٢-٧-٢ تحديد موقع الجسر القائم في شبكة الطرق:

يجب تحديد موقع الجسر الحالي والمرافق الأخرى ذات الصلة، وتحديدًا الممرات السفلية والأنفاق والمعايير والعبارات باستخدام نقطتين: النقطة الأولى في بداية جزء الطريق المحدد، والنقطة الثانية في نهاية جزء الطريق. ويمكن تحديد جميع النقاط في شبكة الطرق في المملكة العربية السعودية حسب المنطقة ورقم الطريق والقطاع المرجعي ونوع القطاع العرضي والمسافة من القطاع المرجعي والاتجاه.

كما يجب تحديد موقع المرافق الحالية في المناطق الحضرية أو الريفية وفقاً للمتطلبات المعمول بها في الجزء (٥-٣) من كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها).

٣-٧-٢ جرد الجسور في المناطق الريفية والحضرية:

يمثل جرد الجسور جزءاً أساسياً من أي نظام لإدارة الجسور وصيانتها، ويمكن استخدام عدة طرق لجمع البيانات والمعلومات اللازمة للجسور الحالية (والمرافق الأخرى ذات الصلة، وتحديدًا الممرات السفلية والأنفاق والمعابر والعبارات) في المناطق الحضرية والريفية. وتتضمن البيانات قائمة جرد للمكونات والعناصر الهندسية وتقييم حالة الهيكل والبيانات والمعلومات ذات الصلة.

كما أنه يمكن يوجد لدى مالكي الجسر بيانات جرد جسور خاصة بالهيئة يستخدمونها في نظام إدارة الجسور وصيانتها. ويجب جمع بيانات جرد الجسور وإدارتها ومعالجتها والإبلاغ عنها وفقاً للمتطلبات والإجراءات التي توافق عليها الهيئة العامة للطرق والسلطات المعنية.

ويجب على الجهات (المالكين) اتباع متطلبات جمع بيانات الجرد الواردة في الجزأين ٤-٤ و ٤-٥ من كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة إدارة الرصف وصيانتها).

٤-٧-٢ سجلات الجسور:

يُحتفظ -عادةً- بهذه البيانات داخل قاعدة بيانات الحاسوب. ويمكن تضمين ملخصات بيانات الجرد والتقييم في الملفات الخاصة بالجسور. وتحصل البيانات بدقة على معلومات أساسية محددة تشمل تحديد الجسر وموقعه وخصائصه الإنشائية وأبعاده وفسحاته وحالته وقدرته في الأحمال. ويجب أن تتضمن سجلات الجسر المعلومات الآتية بوصفها الحد الأدنى من المتطلبات:

- حسابات التصميم الأصلي والوثائق الخاصة بالجسر.
- مجموعة من الرسومات النهائية توضح حالة (التنفيذ النهائي) للجسر. ويمكن أن تُضمّن الرسومات التفصيلية للإنشاء.
- وثائق الإنشاء لمعلومات التنفيذ النهائي ذات الصلة بشأن الهيكل، بما في ذلك الإشارة إلى شهادات المواد والاختبارات التي أجريت في أثناء أنشطة الإنشاء مثل: دق الأوتاد، وصب الخرسانة، وعمليات الإجهاد المسبق.
- جميع الشهادات ذات الصلة لنوع المواد المستخدمة في إنشاء الجسر ودرجتها وجودتها، مثل شهادات مصنع الصلب، وقسم تسليم الخرسانة، وشهادات الشركات المصنعة الأخرى وفقاً للسياسات المعمول بها وقانون التقادم المناسب.
- الإشارة في الملف إلى أي تقارير عن الاختبارات غير الإيجابية والمعملية للمواد المستخدمة في الجسر إبان الإنشاء.
- نسخة كاملة أو مرجع للمواصفات الفنية الخاصة التي استُئيد إليها في إنشاء الجسر. الإشارة إلى إصدار وتاريخ المواصفات الفنية العامة في ملف الجسر.
- مخطط عام ورسم الارتفاع أو رسم تخطيطي يوضح تخطيط الجسر - إذا كان متوفرًا -.
- نهج واضح ومفهوم؛ لتصنيف الأجزاء والعناصر التي تنتج تقييم عملية الفحص واكتمالها.
- بيانات الفحص والجرد؛ لتقديم التقارير إلى السلطات.
- صور تعرض منظرًا علويًا للطريق عبر الجسر ومنظرًا جانبيًا للارتفاع ومنظرًا سفليًا؛ لتكوين البنية الفوقية الرئيسة أو النموذجية للجسر. وينبغي تضمين الصور اللازمة لإظهار العيوب الرئيسة وقيود وضع أعمدة تحديد الأحمال والخصائص المهمة الأخرى.
- سجل بأي تلف في الهيكل.

يجب إعداد جرد الجسور على النحو المطلوب والموصوف في هذا الباب، وتجب مراعاة ما يأتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- الاحتفاظ بتقارير عن نتائج عمليات فحص الجسر، وتدوين أي إجراءات اتخذت لمعالجة نتائج عمليات الفحص.
- الاحتفاظ ببيانات الصيانة والفحص ذات الصلة واستخدامها للمساعدة على تقييم حالات الجسر الحالية.
- توثيق الملاحظات والقياسات اللازمة؛ لتحديد الحالة المادية والعملية للجسر.
- تحديد أي تغييرات تطرأ على الحالات الأولية أو المسجلة سابقاً والإجراءات الأخرى اللازمة؛ للتأكد من أن الهيكل لا يزال يستوفي متطلبات الخدمة الإنشائية الحالية.
- يمكن أن يختلف التنسيق المستخدم لتوثيق المعلومات في ملفات الجسر بشكل كبير. وإذا لم تتوفر المعلومات في تقرير فحص موحد؛ فابحث عنها في مكان آخر في ملف الفحص أو على النحو المشار إليه في موقع آخر.
- يمكن لمالكي الجسر الإشارة عمومًا إلى موقع المعلومات الرقمية في الأدلة لديهم أو في ملفات أخرى بدلاً من الإشارة بشكل فردي في كل ملف جسر.
- يمكن أن يختلف مستوى الوثائق حسب مدى تعقيد الهيكل وحالته وموقعه؛ ومع ذلك، يجب تضمين المعلومات المشتركة بين جميع الجسور والأنفاق.

٥-٧-٢ بيانات الفحص:

توفر تقارير الفحص سجلاً زمنياً لتاريخ ونوع جميع عمليات الفحص التي أجريت على الجسر. تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- توثيق كل عملية فحص أجريت على الجسر والاحتفاظ بها في ملف الجسر.



- توثيق الملاحظات والنتائج التي حُصل عليها من كل عملية فحص.
- تحديد قائد الفريق المسؤول عن الفحص، وإعداد التقارير، وتحديد تاريخ إجراء الفحص. وتشمل الملاحظات وصفًا لحالات أجزاء الجسر، وتحديد العوامل التي تتطلب مزيدًا من المراجعة أو المراقبة الدقيقة أو زيادة الاهتمام في أثناء عمليات الفحص:
- وصف سردي موجز للحالات العامة للمكونات/ العناصر مع تفاصيل لتبرير تصنيف الحالة ٥ أو أقل لعناصر الجرد الوطني للجسور ووضع الحالة ٣ أو أكثر للعناصر.
- رسومات أو صور- حسب الاقتضاء- للعناصر أو الأجزاء التي تُظهر حالات نموذجية وتالفة.
- رسومات توثق الجزء المتبقي من المكونات بتفاصيل كافية؛ لتسهيل تحديد قدرة الأحمال. ويمكن أن تمثل هذه الرسومات جزءًا من وثائق تصنيف الحمل.
- تدوينات بالإجراءات التي اتُخذت لمعالجة نتائج الفحص السابقة.

٦-٧-٢ بيانات الصيانة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- تضمين سجل زمني يوثق أعمال الصيانة والإصلاحات للجسر منذ إنشائه الأولي. تضمين تفاصيل مثل التواريخ المهمة ووصف المشروع والمقاول والتكلفة ورقم العقد.
- توثيق الطلاءات المستخدمة الواقية للأسطح، ويشمل ذلك تحضير السطح وطرق الاستخدام وسُمك الطبقة الجافة بالإضافة إلى أنواع الطلاء والخرسانة والأغشية الواقية الأخرى. ويمكن أن توجد هذه المعلومات في ملف التصميم الأصلي المشار إليه.

٨-٢ تحليل الحالة وإعداد التقارير بشأنها:

يحتوي المستند الموجود في هذا الباب على معلومات وإرشادات متعلقة بإنشاء تحليل الحالة وإعداد التقارير بشأنها ومحتواه. وهذه هي المرحلة النهائية ضمن تدفق عملية تقييم الحالة. ويقدم هذا الجزء إرشادات؛ لتمكين الجهات المعنية من إعداد إجراء يحقق الآتي:

- تحليل مستنير لتقييم الحالة.
 - إعداد تقرير مفيد وموجز عن تقييم الحالة.
 - أساس لإرشاد وتوجيه قرارات إدارة الأصول الموثوقة المتعلقة بخطط دورة حياة الأصول.
 - طريقة للحفاظ على استمرار الجودة وتحسين هيكل إدارة الأصول.
- وستقدم الأجزاء الفرعية الآتية إرشادات إلى الجهة المعنية؛ لتمكينها من تقييم نتائج المرحلة الثانية من استبيان تقييم حالة التدفق في شكل حزمة من البيانات والمعلومات وتحليل تلك البيانات والمعلومات؛ للحصول على بيانات تم تقييمها، وتقديم تقارير مفيدة لنظام إدارة الجسور وصيانتها؛ من أجل تجميع القرارات الاستراتيجية الدورية للمستقبل.

١-٨-٢ تحليل البيانات:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- يستخدم نظام إدارة الجسور وصيانتها البيانات؛ لتحديد الاحتياجات الحالية والمستقبلية للجسر وتقييم أداء النظام. ويمكن أن يتضمن هذا التحليل معلومات الجرد وتقييمات الحالة العامة وتصنيفات عناصر الجسر وتوصيات عمل مسؤول الفحص.
- ينبغي أن يكون بمقدور نظام إدارة الجسور وصيانتها تحسين أنشطة العمل؛ لمعالجة أوجه القصور وتصنيف أنواع العمل إلى فئات رئيسة مثل الصيانة الوقائية أو الترميم أو الاستبدال؛ لتقديم تقرير إلى الأطراف المعنية.

٢-٨-٢ تقييم المخاطر:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- يمكن فهم المخاطر على أنها احتمالية وقوع أحداث سلبية غير مخطط لها؛ للتأثير في مرفق واحد أو أكثر من مرافق النقل بطريقة تسبب أداءً غير مقبول في نظام النقل وفقًا لأي من أهداف أداء الهيئة العامة للطرق أو جميعها. وفي إدارة الجسر، يمثل الاهتمام الأول في اضطراب مستويات الخدمة المتوقعة أو المصممة، ما قد يتسبب في حدوث إصابات أو تلف في الممتلكات وفقدان القدرة على الحركة والنفقات الفورية أو التكاليف الزائدة على المدى الطويل. ويمكن أن تشمل الأحداث السلبية التي يمكن أن تسبب انقطاعات الخدمة هذه الكوارث الطبيعية، مثل: الزلازل والانهيارات الأرضية والارتفاع المفاجئ

في التيار بسبب العواصف والرياح الشديدة والفيضانات والجرف وحرائق الغابات، والمخاطر التي يتسبب فيها الإنسان، مثل: الأحمال الزائدة وتصادم المركبات أو السفن بما في ذلك المركبات التي تحتوي على شحنة قابلة للاشتعال، والتدهور المتقدم المرتبط بالتآكل، أو انهيار القطاع أو الإزاحة أو التشقق الكلل.

- يجب استخدام أدوات وتقنيات تقييم المخاطر؛ لتقييم احتمالية وقوع الأحداث السلبية ونتائجها. وتشمل احتمالية الحدث إمكانية وقوعه ويمكن أن تتضمن قابلية تأثر الهيكل بالحدث. وستحدد نتيجة الحدث الضرر حجم الأضرار التي تلحق بالهيكل والتأثير على تدفق الأشخاص والبضائع في شبكة النقل و(أهمية) الهيكل.
- ينبغي أن يدعم نظام إدارة الجسور وصيانتها تقييمات المخاطر ويسعى إلى الحد من المخاطر. ويجب أن يضمن نظام إدارة الجسور وصيانتها توفير جرد دقيق للجسور مع بيانات حالاتها وتكلفة الوحدات، وتحديد الجسور المعرضة لمخاطر أنواع معينة من الأحداث مثل: الفيضانات أو الزلازل، وتحديد أولوية مستوى المخاطر.
- يمكن أن يتمتع نظام إدارة الجسور وصيانتها بقدرات رسم الخرائط ونظام المعلومات الجغرافية؛ للمساعدة على تحديد الجسور وتحديد أولويات تنسيقها مع التخطيط للإخلاء أو تحويل المسار.
- ينبغي أن يحدد نظام إدارة الجسور وصيانتها الأولوية للجسور المهمة من أجل التخفيف قبل الحدث والفحص في أثناء الأحداث المهمة وإجراء الإصلاحات بعد الحدث. كما ينبغي أن يحدد نظام إدارة الجسور وصيانتها الأولوية للجسور من أجل جمع البيانات مع إدراك أن جميع الهياكل لا تحظى بالأهمية نفسها أو يمكن أن لا يكون لها المستوى نفسه من المخاطر.
- ينبغي استخدام تقييم المخاطر داخل نظام إدارة الجسور وصيانتها؛ لتعديل وتحسين ممارسات الفحص وجمع البيانات. ويمكن أن يساعد فحص الجسور وجمع بيانات الحالة على تحقيق غرضين، وهما: تحديد المشكلات المتعلقة بالسلامة على الجسور، والإبلاغ عن الحالة لاتخاذ قرارات إدارة الأصول.

٢-٨-٢ بيانات تقييم الحالة والحمل:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- تقديم نتائج مؤرخة لتقييم الحمل بالإضافة إلى تحديد المحلل من أجل تحديد قدرة الأحمال الآمنة للجسر - وعند الضرورة - حدود الحمل؛ لوضع أعمدة تحديد الأحمال.
- تضمين نتائج تقييم الحمل التي تحدد بوضوح الأحمال والمنهجية المستخدمة في التحليل، وبيان عام بنتائج التحليل، وتحديد الأجزاء التي تبين أنها تتحكم في تقييم الحمل وأي عوامل تعديل أخرى كانت مفترضة في التحليل.
- تضمين تحديثات للحسابات - حسب الحاجة - لتعكس التغييرات في حالة الأجزاء الإنشائية، والتغييرات في التكوين الإنشائي أو قوة الأجزاء أو الحمل الميت، والتغييرات في الحمل القانوني المباشر الذي قد يغير نتيجة تقييم الحمل. وإذا تعذر توفير الحسابات بسبب نقص المعلومات (الخطط المفقودة والمواد غير المعروفة وما إلى ذلك)؛ فقدّم المستندات لتبرير تقييم الحمل المحدد. وإذا استُخدم اختبار الحمل الميداني لتحديد قدرة الأحمال للجسر؛ فقدّم تقارير تصف عملية الاختبار والنتائج وتوثقها.

٢-٨-٤ تقييم الحالة العامة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- في الفحص على مستوى المكونات، يجب جمع تصنيفات الحالة العامة للسطح والبنية الفوقية والبنية السفلية لهياكل نوع الجسر وتصنيف العتبات لهياكل نوع المجاري. وتُحدد تصنيفات الحالة العامة وفقاً لمواصفات فحص الجسر المحددة مسبقاً، على سبيل المثال: باستخدام مقياس تصنيف فحص الجسر ٠ (حالة فاشلة) إلى ٩ (حالة ممتازة)؛ لتقديم تقييم شامل للمكونات الرئيسية للهيكل وضمان السلامة الإنشائية للجسر.
- ينبغي أن تستخدم الجهات المعنية عناصر تقييم فحص الجسر وتقديرات الحالة بوصفها مقاييس أداء للجسر.
- يمكن أن يوجد لدى الجهات المسؤولة عن الجسور أيضاً تصنيفات خاصة بهم للحالة العامة، على سبيل المثال: تجمع بعض المناطق تصنيفات الحالة العامة لكل امتداد من الهيكل ويمكن استخدام تقديرات الحالة العامة؛ لتصنيف الجسور إلى فئات رئيسة للحالة والحاجة العامة، مثل جيدة ومقبولة وضعيفة، التي يمكن استخدامها لإدارة الجسور على مستوى الشبكة وتقديم تقرير عن مقاييس الأداء إلى الأطراف المعنية.

٢-٨-٥ تصنيفات عناصر الجسور:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- توفر تصنيفات الحالة العامة تقييماً عاماً للحالة العامة لكل مكون رئيسي من الجسر، إلا أنها توفر تفاصيل محدودة عن نوع وكمية أوجه القصور التي يمكن أن تكون موجودة. ويتطلب تحليل نظام إدارة الجسور وصيانتها المتقدم تقييماً أكثر تفصيلاً للحالة من أجل التنبؤ بإجراءات إصلاح الجسر أو الحفاظ عليه أو استبداله وترتيب أولوياتها. ولتلبية احتياجات البيانات في أحد الأنظمة الحديثة لإدارة الجسور وصيانتها، ينبغي على الجهات المعنية اعتماد نظام قياسي لتقييم الحالة على مستوى

- العناصر. ويتمثل الهدف من بيانات عناصر الجسور في الحصول تمامًا على حالة الجسور بطريقة بسيطة وفعالة يمكن توحيدها في جميع أنحاء المملكة، مع توفير المرونة للتكيف مع بيانات الهيئات الكبيرة والصغيرة.
- ينبغي أن تراعي أوصاف العناصر تركيب المواد - وحيثما أمكن- ينبغي إعداد تقرير عن حالة كل عنصر وفقًا للكمية أو النسبة المئوية للعنصر المصنف في أربعة أوضاع للحالات: وضع الحالة ١ - جيدة، ووضع الحالة ٢ - مقبولة، ووضع الحالة ٣ - ضعيفة، ووضع الحالة ٤ - خطيرة.
- يحدد دليل فحص عناصر الجسور أوضاع الحالات في مصطلحات هندسية موضوعية تهدف إلى توفير تقديرات متسقة في جميع أنحاء المملكة. وتبلغ السلطة بجميع عناصر الجسور وعدد محدد من عناصر إدارة الجسور على شبكة الطرق الوطنية من أجل إعداد تقارير عن حالة الجسور. وباستخدام بيانات مستوى العناصر، يمكن لمالكي الجسور المحلية تقييم المكونات الفردية للهيكل بشكل أفضل، وتحديد احتياجات الحفظ، وتحديد أولوياتها، وتقدير تكلفة المشاريع.

٦-٨-٢ مقاييس أداء الهيئة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- مقاييس الأداء عبارة عن أدوات مستخدمة لربط قرارات إدارة الأصول بالأهداف الاستراتيجية المحددة لشبكة النقل، وكذلك التعبير عن الحاجة إلى الاستثمار في الأصل وعن قيمته. وتُعد أهداف الأداء الأهداف المثالية المحددة كهدف رفيع المستوى يرتبط مباشرةً بالخطة الاستراتيجية. وغالبًا ما يكون تحديدها على المستويين: التنفيذي أو التشريعي.
- تُستخدم أهداف الأداء لتحديد احتياجات التمويل؛ من أجل الوصول إلى مستويات الخدمة المرغوب فيها. وتمثل معدلات الأداء المستهدفة القيمة المتوقعة للمقياس في وقت معين بناءً على قيود التمويل. ومن خلال مقارنة أهداف الأداء بمعدلات الأداء المستهدفة، يمكن للهيئة تحديد فجوات الأداء، ويمكنها بعد ذلك إعادة تقييم تخصيص الموارد.
- تستخدم الهيئة مقاييس الأداء لمراقبة اتجاهات حالة الجسور في المملكة، وتقديم التقارير، وإدارة المساعدات لبرنامج الطرق. وتُستخدم المجموعات والمنشورات المختلفة لمقاييس الأداء؛ للتعبير عن حالات شبكة الجسور واحتياجاتها على أساس موحد. كما تُستخدم هذه المقاييس لنقل مشكلات البرنامج إلى الإدارة العليا ولجنة النقل في منطقتها والهيئة التشريعية الخاصة بها. وتتسم مقاييس الأداء الخاصة بالمنطقة بأهمية كبيرة للهيئات المالكة؛ لأنها مصممة وفقًا للاحتياجات الفريدة في تلك المنطقة. وغالبًا ما تستخدم مقاييس أداء الجسور تصنيفات الحالة العامة لتصنيف الجسور على أنها في حالة جيدة أو مقبولة أو ضعيفة. ويمكن أن يستخدم مالكو الجسر مجموعات من تصنيفات الحالة العامة، وعناصر جرد الجسور لتعيين مقاييس الأداء ذات الصلة بحالتهم.
- أصبحت مقاييس الأداء التي تستخدم تقديرات حالة العناصر أكثر انتشارًا. ويمكن النظر إلى عناصر الجسور بشكل فردي، مثل كمية الحزم الحديدية في الحالة الجيدة، أو المقبولة أو الضعيفة أو الخطيرة، أو يمكن تجميعها لتوفير تقييم شامل للجسور، مثل تصنيف الجسور من حيث الحاجة (الصيانة الدورية أو الصيانة الوقائية أو الترميم أو الاستبدال).
- يشير (مؤشر الازدهار) لعنصر ما إلى تقييم رقم فردي لحالة العنصر بناءً على التوزيع الجزئي المرجح للكميات عبر نطاق أوضاع الحالة. وتتراوح قيم المؤشر من ٠ (أسوأ حالة ممكنة أو حالة فاشلة تمامًا) إلى ١٠٠ (أفضل حالة ممكنة).
- تشمل أفضل الممارسات في قياس الأداء ما يأتي:
 - إذا استُخدمت بيانات تقييم الحالة العامة بسبب سجل العناصر المحدود؛ فينبغي أن يكون المقياس قابلاً للتكيف، ومفيدًا عند توفر بيانات كافية للانتقال إلى عناصر الجسور.
 - ينبغي مراعاة الاتصال عند تسمية مقياس الأداء.
 - ينبغي أن تتبع الأهداف فلسفة محددة وقابلة للقياس وقابلة للتحقيق وواقعية ومحددة زمنيًا.
 - ينبغي أن يكون المقياس قصيرًا وبسيطًا.
 - ينبغي أن يكون المقياس موثوقًا وشفافًا ومفهومًا.
 - ينبغي إعطاء أولوية كبيرة للحفظ والصيانة.
 - ينبغي مراعاة الوحدات المحددة لمقياس الأداء بعناية. على سبيل المثال: يمكن أن يؤدي إنشاء مقياس أداء للحالة باستخدام منطقة السطح إلى تحديد أولويات ونتائج مختلفة للمشروع عن المشاريع المحددة - إذا كان المقياس يعتمد على عدد الهياكل-.
 - ينبغي أن ترتبط المقاييس بشكل مباشر بتدهور وتحسين عناصر أو مكونات الجسور لإجراء تحليل المقايضة أو تحليل التكاليف/ الفوائد.

٧-٨-٢ بيانات إجراء الحفظ والتحسين:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- لتحليل الجسور من أجل اختيار المشروع، يتطلب نظام إدارة الجسور وصيانتها معلومات عن الإجراء، سواء أكان مدفوعًا بالحفظ أم التحسين، والتي ينبغي مراعاتها في الشبكة، والفائدة التي يحققها الإجراء على الهيكل.
- يمكن أن تختلف الفوائد باختلاف نوع الهيكل الذي يُطبق عليه الإجراء وكذلك حالته، ويجب تضمين هذا التعقيد في بيانات الإجراء حتى تتم مراعاتها في التحليل.

- للإبلاغ عن احتياجات الجسر على مستوى الجسور والشبكة، ينبغي تعيين فئة شاملة لنوع العمل (مثل الصيانة الوقائية أو ترميم أو الاستبدال أو التخفيف) لكل إجراء. وبالإضافة إلى الاحتفاظ بمعلومات عن أنشطة العمل المحتملة، يجب تخزين بيانات الحفظ والتحسين التاريخية داخل نظام إدارة الجسور وصيانتها.
- بعد ذلك، يمكن استخدام هذه المعلومات لتقييم فعالية الإجراءات والتحقق من معلومات المنافع المفترضة والتأثير في توقيت العمل المستقبلي وفقاً لسياسة الهيئة العامة للطرق.

٨-٨-٢ بيانات التكلفة والخطط المالية:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- يتطلب تقييم الإجراءات والاستراتيجيات البديلة معرفة تكاليف أداء العمل ومعرفة الموارد المالية المتاحة. وتشمل التكاليف التي ينبغي مراعاتها التكلفة المباشرة للإجراء والتكاليف غير المباشرة المرتبطة بالمشروع، مثل التعبئة والتحكم بالمرور. كما يجب تضمين التضخم عند تحليل فعالية العمل المنجز في السنوات المقبلة.
- يلزم توفر معلومات التخطيط المالي؛ لتطبيق القيود المالية على التحليل. وينبغي تضمين مبالغ الأموال المتاحة على المدى القصير والمتوقع على المدى الطويل ومصدر التمويل وأي قيود أخرى في نظام إدارة الجسور وصيانتها؛ بحيث يمكن إدراجها في التحليل. ولا يوجد برنامج للجسور بشكل ذاتي. وغالباً ما يحتاج التخطيط المالي إلى مراعاة الصعوبة المتمثلة في التخطيط؛ لتحديد أولويات المشاريع التي تنطوي على أصول متعددة. وينبغي تنسيقه مع برامج أخرى مثل الرصف والسلامة والتحديث.

٩-٨-٢ القواعد الخاصة بالهيئة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- من أجل أن يتخذ نظام إدارة الجسور وصيانتها قرارات على مستوى الجسور بما يتفق مع ممارسات الهيئة العامة للطرق، يجب وضع قواعد خاصة بالهيئة. ويمكن الهدف من القواعد في ترجمة ممارسات الهيئة وتأثيراتها في التوصيات على مستوى الجسور والبرنامج والشبكة إلى نهج وضع نماذج النظام.
- ينبغي أن تكون هذه القواعد بديهية وتعكس ممارسات وسياسات أعمال الهيئة. ويمكن أن تكون القواعد دورية أو مشروطة. وتُعيّن القاعدة الدورية بوصفها إجراء وفاضل زمني. على سبيل المثال: (غسل كل جسر مرة في العام). بينما تُعيّن القواعد المشروطة بوصفها إجراء يُتخذ كنتيجة لحالة عنصر أو مكون. على سبيل المثال: يُعد استبدال السدادات في وصلات التمدد ذات شريط مانع للتسرب عندما تتجاوز الكمية في وضع الحالة ٢ (مقبولة) ٢٠٪ أو تكون الكمية في وضع الحالة ٣ أكبر من ٠ ٪ قاعدة شرطية. وغالباً ما تجب مراعاة القواعد المشروطة بشكل متزامن مع العناصر ذات الصلة التي يمكن أن تؤثر في كيفية تطبيق القواعد. على سبيل المثال: يمكن أن يكون سطح الجسر الخرساني محمياً بسطح متآكل، أو يمكن أن تكون الحزم الحديدية محمية بنظام طلاء، أو يمكن أن تكون الإجراءات الممكنة مثل ترميم السطح أو استبدال فواصل تمدد السطح (مفيدة)؛ بسبب سوء حالة البنية الفوقية للجسر التي يجب استبدالها. يجب أن تنص قواعد الهيئة داخل نظام إدارة الجسور وصيانتها على الاعتراف بأوجه الترابط هذه.
- يمكن توفير قواعد الهيئة حدوداً لأداء العمل على العنصر بأكمله عند تلف نسبة معينة، أو يمكن أن توجد قواعد لمعالجة العديد من أوجه القصور في وقت واحد -كلما أمكن ذلك-، أو تأجيل العمل لعدد سنوات معينة بعد المشروع؛ لتقليل التأثير على المسافرين. علاوة على ذلك، يمكن أن تكون قواعد الهيئة أداة مهمة؛ لتقليل الوقت الحسابي عن طريق التخلص من المرشحين غير الواقعيين للعمل في أثناء تحليل الشبكة.
- يمكن تطبيق القواعد على مستوى الجسور أو البرنامج أو الشبكة. ويمكن أن تعكس القواعد على مستوى الجسور سياسات حفظ مختلفة للهياكل الحديدية مقابل الخرسانية، أو تمنع توصيات الاستبدال للهياكل التاريخية. ويمكن أن تعكس القواعد على مستوى البرنامج أهدافاً متفاوتة لقياس الأداء أو قيود التمويل، بينما تغطي قواعد الشبكة ممارسات الهيئة القياسية.
- يمكن أيضاً استخدام قواعد الهيئة لتطبيق الارتباط بين إدارة أصول الجسور والاحتياجات ومقاييس الأداء للأصول الأخرى داخل نظام النقل. على سبيل المثال: يمكن أن تحدد قواعد الهيئة المحددة للجسور وقت الإجراءات للتوافق مع أنشطة الحفاظ على الرصف.

١٠-٨-٢ تحليل التكاليف/ الفوائد:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- مع الموارد المحدودة والاحتياجات التنافسية للنظام، يلزم إجراء تحليلات التكاليف/ الفوائد؛ لتحديد أنشطة العمل الفعالة. ويمكن أن تكون تحليلات التكاليف/ الفوائد قائمة على الحالة أو التحسينات أو دورة الحياة.

- تترك مناهج التحسين لنظام إدارة الجسور وصيانتها أنه تُجرى أنشطة الحفظ، بما في ذلك الصيانة الدورية والصيانة الوقائية والإصلاح والترميم، لمنع التدهور (الفوائد القائمة على الحالة)، بينما تستجيب التحسينات مثل إجراءات التوسيع أو التقوية أو التخفيف لمتطلبات المستخدم أو تقلل المخاطر.
- ينبغي أن يستند اختيار إجراءات الحفظ إلى المحافظة على السلامة وتلبية مقاييس الأداء وتقليل تكاليف دورة حياة الهيئة، بينما ينبغي أن تستند التحسينات إلى الفوائد التي تعود على مستخدمي الطريق أو القضاء على أوجه القصور في الجسور.

١١-٨-٢ تحليل التكاليف/ الفوائد القائم على الحالة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- يستلم برنامج إدارة الأصول الأساسي بيانات الحالة ويحدد أنشطة العمل التي يمكن أن تعالج أي أوجه قصور في الحالة، ثم يحسب تكلفة النشاط بناءً على الكمية المراد إصلاحها.
- لمقارنة الأنشطة الممكنة، يُعرض تحسين الحالة (الفائدة) في صورة نسبة إلى التكلفة. وسيكون النشاط أو مجموعة الأنشطة ذات النسبة الأعلى للفائدة إلى التكلفة هو الإجراء المفضل القائم على الحالة لهذا الهيكل.
- يجب على مدير الجسر توخي الحذر عند وضع استراتيجية تستند فقط إلى تحليل التكاليف/ الفوائد القائم على الحالة؛ لأنه إذا روعيت فوائد الحالة والتكاليف وحدها؛ فقد تميل البدائل إلى تفضيل الصيانة فقط لإطالة عمر الجسر حتى الإغلاق الدائم له.
- تعمل فوائد التحسين على تقليل المخاطر أو تكاليف المستخدم من خلال إزالة أوجه القصور في الجسور أو تخفيفها أو الحد منها. وستؤدي الجسور ذات فسحة رأسية منخفضة أو قدرة أحمال غير كافية إلى تحويل حجم معين من مرور الشاحنات إلى طرق بديلة، ما يؤدي إلى زيادة تكاليف تشغيل المركبات. ويمكن أن يكون معدل وقوع الحوادث على الجسور ذات عرض سطح ضيق أو فسحة رأسية منخفضة أو محاذة ضعيفة أعلى من الجسور الخالية من أوجه القصور هذه. كما تكون الجسور الحرجة من حيث الجرف أو الجسور ذات التفاصيل الزلزالية الضعيفة معرضة للخطر في أثناء الأحداث المناخية المتطرفة. ويساعد الحد من أوجه القصور هذه من خلال إجراءات الاستبدال، أو التوسيع أو التقوية أو التخفيف على توفير فوائد للمستخدم. ويُعد النظر في فوائد التحسين أمرًا ضروريًا في نظام إدارة الجسور وصيانتها إذا تعين إزالة أوجه القصور العملية وتقليل المخاطر.

١٢-٨-٢ تحليل التكاليف/ الفوائد لدورة الحياة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- إن التكلفة المباشرة التي تتكبدها هيئة الطرق لامتلاك جسر ليست تكلفة إنشاء أولية لمرة واحدة. بدلاً من ذلك، تُعد تكاليف الهيئة استثمارًا طويل الأجل ومتعدد السنوات لسلسلة من النفقات من أجل الصيانة والترميم والاستبدال. لذلك، ينبغي أن يتبع نظام إدارة الجسور وصيانتها رؤية طويلة الأجل لدورة حياة الجسور، ما يعكس مسؤولية هيئة الطرق على المدى الطويل.
- إن تحليل تكاليف دورة الحياة عبارة عن تقييم اقتصادي يستخدم في تحديد التصميم الأقل تكلفة واستراتيجيات الإدارة التي تؤثر في تكاليف الإنشاء الأولية وتكاليف دورة الحياة التي تتكبدها الهيئة. ويقارن هذا التحليل بين التكاليف التفاضلية للتصميم الأولي وبدائل إدارة دورة الحياة خلال فترة تحليل محددة؛ لتحديد البديل الأقل تكلفة. ولا تضمن عادةً ميزات التصميم وممارسات الإدارة المشابهة بين البدائل في التحليل. كما ينبغي أن تشمل فترة التحليل فترة زمنية تتضمن ترميمًا رئيسيًا واحدًا على الأقل لكل بديل قيد الدراسة. ويمكن عرض تكاليف دورة الحياة على أنها القيمة الحالية المخصومة من إجمالي التكاليف الأولية والمستقبلية التي تتكبدها الهيئة خلال فترة التحليل.
- لإجراء تحليلات على مستوى الشبكة، ينبغي أن تكون الافتراضات، وعملية تحليل تكاليف دورة الحياة قابلة للمقارنة من هيكل إلى آخر. وإذا احتُسبت تكاليف دورة الحياة على مدى عمر الخدمة للتصميم الذي يختلف حسب كل نوع من الهيكل؛ فمن الملائم تحويل تكاليف دورة الحياة إلى تكاليف سنوية موحدة مكافئة. وإذا احتُسبت تكاليف دورة الحياة على مدى فترة محددة لكل هيكل، فإن القيمة المتبقية للهيكل في نهاية فترة التقييم ينبغي تسويتها.
- يمكن أن تشمل تكاليف دورة الحياة تكاليف المستخدم التي تنتسب إلى القصور الوظيفية للجسر مثل وضع أعمدة تحديد الأحمال أو تقبيد الفسحات. كما يمكن أن تشمل التأثيرات على المستخدم الناتج عن إغلاق الجسر أو قيود منطقة العمل في أثناء الإنشاءات. ولا ينبغي الجمع بين التكاليف التي تتكبدها الهيئة والتكاليف التي يتكبدها المستخدم لأن تكاليف الهيئة تمثل تأثيرات مباشرة على الميزانيات وتؤثر في قرارات تخصيص الموارد. بينما تساعد تكاليف المستخدم على تحديد الاستراتيجيات الأولية للإنشاء والحفظ والصيانة والمشتريات التي لها أقل تأثير على المستخدمين. وستعتمد العناصر المحددة لتكاليف الهيئة والمستخدمين التي تمت مراعاتها في تكاليف دورة الحياة للجسر على الجسر قيد الدراسة والغرض من إجراء التحليل. وعند إجراء تكاليف دورة الحياة، يلزم استخدام نماذج التدهور ومدد عمر الخدمة المقدرة للأنشطة والتكاليف المرتبطة بها.
- يوفر برنامج نظام إدارة الجسور وصيانتها نماذج تدهور أُعدت من البيانات الإقليمية والوطنية واستنتاجات الخبراء. وعادةً ما تمتلك هيئات المنطقة بيانات تاريخية يمكن استخدامها لوضع نماذج التدهور للجسور في شبكاتها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام تكاليف الإنشاء والصيانة من المشاريع أو الدراسات السابقة لإعداد تكاليف أنواع الإصلاح.

٢-٨-١٣ تحديد الأولويات والتحسين optimization:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- أصبح التحسين هو الطريقة المفضلة لإدارة شبكة الجسور. ويتمثل الغرض من التحسين على مستوى الشبكة في تحديد مجموعة من مشاريع الجسور؛ بحيث يُحقق أقصى قدر ممكن من الفائدة الإجمالية المستمدة من تنفيذ المشاريع المحددة (تقلل التكاليف والمخاطر). وتُعد القدرة على تحديد أولويات المشروع والتخصيص الأمثل للأموال المحدودة على مدى أفق تخطيط محدد مسبقاً، سواء على المدى القصير أو الطويل، جزءاً أساسياً من نظام إدارة الجسور وصيانتها.
- ينبغي أن يراعي النظام حالات الميزانية غير المقيدة والمقيدة والمطلوبة. وإذا توفرت ميزانيات غير محدودة، فمن الممكن تحديد أفضل فترة ينبغي فيها جدولة البدائل المختارة. وفي حال عدم توفر التمويل الكافي للحفاظ على المستوى المرغوب فيه من الخدمة، يمكن أن يقوم نظام إدارة الجسور وصيانتها بحساب النتائج الاقتصادية لمستوى خدمة أقل، وتوفير وسيلة موضوعية لتحديد الأولويات للجسور؛ بحيث يُحدّد من المخاطر. وعندما يتعين تأجيل مشروع ما، يمكن أن يستخدم نظام إدارة الجسور وصيانتها نماذج التدهور ونماذج التكلفة؛ لتقدير التأثير على مستوى الجسر والتأثير على مستخدمي الطريق، وتحديد مجموعة الإجراءات المثلى الجديدة للجسر في فترة لاحقة. ومن خلال استكشاف عمليات تأجيل المشروع على مدار فترة بعد الأخرى، يمكن إنشاء برامج متعددة السنوات. كما ينبغي أن يكون بمقدور النظام تحديد التمويل المطلوب للوصول إلى أهداف الأداء وتحديد فجوة الأداء المالي.
- يمكن أن تتخذ النهج الحديثة المتبعة في التحسين عدة أشكال. وتميل الاختلافات في نهج التحسين إلى أن تكون في التقنيات المحددة المستخدمة وبالطريقة التي تنعكس بها التقديرات على مستوى الشبكة في التحليل. ويتمثل النهجان الشائعان فيما يأتي:
 - النهج التنافسي، حيث تُعالج مقاييس الأداء على مستوى الشبكة أولاً، ثم تُستخدم النتائج لتوجيه عملية تحديد المشروع وتخصيص الموارد والجدولة. وفي النهج التنافسي، يمكن أن تُتلف الهيئة الشبكة بالكامل خلال الإطار الزمني للبرمجة، وتحاول الموازنة بين الخيار الأفضل لكل جسر والخيار الأفضل للشبكة بأكملها، ما يؤدي إلى زيادة العمل أو تقليله على أي جسر واحد لتحقيق أقصى تقدم بشأن مقاييس أداء الهيئة.
 - النهج التصاعدي، حيث يُحدّد الخيار الأكثر فعالية من حيث التكلفة لكل جسر باستخدام معلومات الحالة وتوصيات مسؤول الفحص. ويحقق نظام إدارة الجسور وصيانتها هذا النهج من خلال توفير مقارنات على المدى القريب والبعيد للمرشحين البديل للعمل والتوقيت البديل للمشاريع. وبعد اتخاذ القرارات المتعلقة بنطاق العمل وتوقيته على مستوى الجسور، تُلخّص نتائج التحليل مرة أخرى على مستوى الشبكة؛ لتحديد مستوى التمويل المطلوب لمعالجة أوجه القصور في الشبكة لفترة معينة والمشاريع المثلى للجدولة وفقاً للميزانية وقيد أخرى على مستوى الشبكة.
- ويمكن أن تستخدم الهيئات مزيجاً من هاتين الطريقتين من أجل التحسين.

٢-٨-١٤ التحسين متعدد الأهداف:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- غالباً ما يحتاج مالكو الجسور إلى مراعاة العديد من المعايير والقيود الخاصة بالأداء، مثل حالة الجسر وتكاليف دورة الحياة والسلامة، وتعطيل تدفق حركة المرور، والضعف عند اتخاذ القرارات، وتحديد أولويات المشروعات. وقد يحتاجون إلى تحليل المفاضلات بين معايير الأداء هذه.
- تعتمد نظرية المنفعة على فرضية أن الهيكل التفضيلي لصانع القرار يمكن تمثيله بوظيفة المنفعة. ويتضمن إنشاء وظيفة المنفعة ثلاث خطوات رئيسية عموماً:
 - الوزن: تُخصص هذه الخطوة الأوزان النسبية لكل معيار من المعايير المتعددة استناداً إلى مدى أهميتها النسبية.
 - القياس: توفر هذه الخطوة مقياساً مشتركاً لقياس معايير الأداء التي تتضمن وحدات مختلفة. وهذا ينطوي على وضع وظيفة منفعة ذات معيار واحد لكل معيار أداء.
 - الدمج: تجمع هذه الخطوة بين وظائف المنفعة ذات المعيار الواحد باستخدام الأوزان النسبية في مقياس أداء واحد يتسم بالشمولية. ويتأثر هيكل المنفعة ذات الهدف العام بالافتراضات الرياضية التي أُجريت فيما يتعلق بهيكل تفضيل صانع القرار. وتتمثل الخطوة الرئيسية في عملية الدمج في تحديد النمط الوظيفي المناسب؛ لدمج وظائف المنفعة الفردية لمختلف معايير الأداء في قيمة منفعة أساسية خماسية واحدة.
- بعد ذلك، تُستخدم وظائف المنفعة الخاصة بكل جسر لتقييم البدائل. تُعد زيادة المنفعة هي الفائدة المرجوة من المشروع، وبالتالي فإن طرح بديل مع أقصى نسبة فائدة/ تكلفة هو أفضل خيار للهيكل. ويمكن بعد ذلك تطبيق وظائف المنفعة متعددة الأهداف باستخدام النهج باتباع الترتيب التنافسي أو التصاعدي، أو كليهما معاً.

٢-٨-١٥ أولويات الصيانة:

تجب مراعاة الآتي على أنه الحد الأدنى من المتطلبات:

- تتمثل وظيفة نظام إدارة الجسور وصيانتها في توفير معلومات عن الجسور، وقدرات تحليل البيانات؛ لتحسين إمكانيات مديري الجسور لصنع القرار. و ينبغي ألا تتضمن صلاحية نظام إدارة الجسور وصيانتها صناعة القرارات. فضلاً عن ذلك، يتعذر إدارة الجسور من دون المدخلات العملية وذات الخبرة والمعرفة التي يوفرها المهندس/ المدير.
- لا يُستخدم نظام إدارة الجسور وصيانتها أبداً في الممارسة العملية؛ للعثور على أفضل سياسة من بين الخيارات الممكنة. وبدلاً من ذلك، ينبغي على المديرين استخدام نظام إدارة الجسور وصيانتها باعتبارها أداة لتقييم مختلف مبادرات السياسات، ويُشار إليها غالباً باسم تحليل (ماذا لو؟). يمكن أن ترتبط الخيارات المتاحة بالقرارات على مستوى الشبكة أو القرارات على مستوى المشروع. يسري التحسين الذي يُجريه نظام إدارة الجسور وصيانتها فقط، مثل بياناته وافتراضاته الأساسية.
- يمكن أن لا يتوفر لنظام إدارة الجسور وصيانتها جميع المعلومات الضرورية في قاعدة بياناته مطلقاً. غالباً ما تكون المعلومات المفقودة غير ملموسة، مثل الخبرة الهندسية والاحتياجات المحلية وتحسين قدرة حركة المرور القائمة على التنقل واعتبارات التنمية الاقتصادية.
- لذا، يمكن أن يبني نظام إدارة الجسور وصيانتها تعديلات المستخدم في جميع جوانب القرار الحاسمة. ولدعم اتخاذ القرار، ينبغي أن يساعد نظام إدارة الجسور وصيانتها على تجميع بيانات الحالة الحالية، والمتوقعة ومقاييس الأداء وعرضها. تستخدم العديد من الهيئات لوحات المعلومات التنفيذية لعرض بيانات الحالة ومقاييس الأداء للأطراف المعنية.

٣- فحص تقييم حالة الجسر

٣-١ مقدمة:

(تقييم حالة) المرافق هو نهج مُنظم لجمع البيانات حول حالة المنشأة، وتُقيّم الحالة وفقاً لمعيار محدد مسبقاً؛ لتحديد الإجراءات اللازمة؛ لتحقيق معيار معين والحفاظ عليه، في غضون أفق زمني محدد. يؤدي هذا إلى عملية استباقية من عمليات الفحص المادي الدورية والتقييمات والقياسات وتفسير البيانات الناتجة للإشارة إلى حالة أحد الأصول المعنية. تقييم الحالة (CA) هو وسيلة مُنظمة يمكن من خلالها تحديد حالة الأصول في الوقت الحالي.

تتمثل أولوية خطط وبرامج فحص الجسور في التأكد من أن الجسور وهياكلها ومرافقها آمنة للسفر العام. ويتطلب ذلك إجراء عمليات الفحص على يد موظفين مدربين تدريباً مناسباً يتبعون إجراءات فحص سليمة ومنهجية؛ لضمان جودة المعلومات واتساقها عبر شبكة بأكملها. تقتضي الضرورة جمع معلومات دقيقة ومفصلة وشاملة؛ لتشغيل المرافق هذه وإدارتها. وتُستخدم هذه المعلومات أيضاً في نظام إدارة الجسور وصيانتها؛ لتحديد نسب التدهور ومتطلبات الصيانة الدورية، بالإضافة إلى أولويات أي إصلاحات أو ترميمات ضرورية.

يتمثل نطاق هذا الباب في مساعدة الجهات المعنية (الجهات المسؤولة) للجسور في تطوير وتحسين إجراءات الفحص التي تتعلق بمتطلبات الممارسة الحالية مباشرة؛ لفحص الجسور وتقييمها.

٣-٢ طرق الفحص:

يجب إجراء تحقيق شامل للعيوب الموجودة في جميع أنحاء الهيكل لتحديد سببها وتقييمها. وسيُوضح سبب معظم العيوب بسهولة، ومع ذلك، يمكن أن يستغرق الأمر وقتاً وجهداً كبيرين لتحديد سبب بعض العيوب وتقييم خطورتها كلياً. ويُعد التعاون أحد الجوانب المهمة للغاية لإجراء الفحص. يواجه مفتش الجسر باستمرار تقييم الأضرار والتدهور المتعلق بالقضايا الإنشائية والجيوتقنية والهيدروليكية وهندسة الطرق. يجب استخدام الموارد الفنية والمساعدة حسب الضرورة والتعاون مع الزملاء وغيرهم من الخبراء الهندسيين عند مواجهة سؤال، أو تحدٍ صعب في أثناء الفحص.

- تتضمن عمليات الفحص الميداني، بل قد تبدأ بمعاينة بصرية شاملة لمحاذاة الجسر، مع ملاحظة أي علامات للتسوية. قد يكشف التصوير المنفذ على طول قضبان الجسر أو الحواجز بسرعة عن علامات تسوية الجسر أو اختلال المحاذاة التي يمكن أن تشكل مصدر قلق خطير للسلامة.
- وإذا أمكن، يجب مراقبة الجسور في أثناء مرور الأحمال الثقيلة؛ لتحديد ما إذا كان هناك أي ضوضاء أو اهتزاز أو انحراف شديد. وإذا أكتشف أي من ذلك، ينبغي إجراء مزيد من التحقيق لتحديد السبب. يمكن أن تقتضي الضرورة إجراء قياس دقيق للخط والدرجة والطول لهذا التقييم. يمكن بعد ذلك تقييم مدى خطورة الحالة واتخاذ الإجراءات التصحيحية حسب الاقتضاء.
- يجب تحديد مخاطر الحريق المحتملة عند الجسر، بما يشمل تجمع الركام، مثل الانجراف، والأعشاب الضارة، والهيش والقمامة. والإبلاغ عن تخزين المواد القابلة للاحتراق أسفل الجسر أو بالقرب منه، أو في مبيت التحكم على الجسور المتحركة، أو في مظلات التخزين بالقرب من الجسر. فضلاً عن ذلك، يجب توخي الحذر عند فحص الجسور التي يستخدمها العابرون لإبوائهم.
- يجب الاستفادة من تقنيات الفحص الموضحة في الأجزاء الفرعية (٣-٢-١ إلى ٣-٢-٤) لإجراء الفحص. ويجب مراعاة اعتبار خاص يتجاوز ما سبق تناوله -هنا- حسبما تقتضي الضرورة في حال مواجهة جسور أو أجزاء غير عادية أو استثنائية. ويجب توثيق وتحديد هذه الاعتبارات في خطة فحص الجسر.
- يجب أن تعد الإرشادات الواردة في الأجزاء التالية الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-٢-١ القياسات الميدانية:

يجب إجراء القياسات الميدانية لتوفير بيانات أساسية بشأن مكونات الجسور الحالية، ولتتبع التغييرات التي قد تحدث بمرور الوقت، مثل عرض الرافعة وطولها وتوفير البيانات؛ لاستخدامها في تصميم تدابير الإصلاح أو الترميم.

يمكن أن تقتضي الضرورة إجراء القياسات على الجسور التي لا تتوفر لها خطط، أو للتحقق من البيانات الواردة في الخطط. ويجب إجراء القياسات بدقة متناهية تحقيقاً للغرض المقصود منها.

تُعد حدود الدقة الواردة في

الجدول (٣) كافية عموماً لإجراء قياس ميداني للأبعاد الكلية للأجزاء.



الجدول (١-٣) حدود دقة القياس الميدانية.

حدود دقة عملية القياس	مكوّن الجسر
أقرب من ١٠ ملم	الأجزاء الخرسانية
أقرب من ١٠ ملم	طبقة الأسفلت
الدقة ضرورية لتحديد الجزء	الأشكال المعدنية
أقرب من ٥٠ ملم	أطوال الامتداد (الفتحات)



عندما تتوفر الخطط لجسر من أجل تصنيف الحمل عليه، فعادة ما تُستمد الأبعاد وأنواع الأجزاء وأحجامها من الخطط. ومع ذلك، فإن العديد من خطط الهياكل القديمة ليست خطط تنفيذ نهائي، ولا تعكس جميع التغييرات التي أجريت على الجسر؛ فضلاً عن ذلك، يجب التحقق في أثناء عمليات الفحص الميدانية للتأكد من أن الخطط تمثل الهيكل بدقة قبل استخدامها في الحسابات الإنشائية. ولا بد من إيلاء اهتمام خاص للتحقق من التغييرات المحتملة في الحمل الدائم (الميت)، مثل حدوث تغيير في نوع سطح الطريق أو التراكبات الإضافية أو المرافق الجديدة أو جمع البعض منها.

يتطلب الفحص على مستوى العنصر إجراء تقدير كمي لعناصر الجسر، الذي عادة ما يكون من حيث العدد الإجمالي أو الطول الخطي الإجمالي أو إجمالي مساحة السطح استناداً إلى مخطط القياس الكمي للعنصر المحدد. وفي كثير من الأحيان، يمكن تحديد كميات العناصر استناداً إلى خطط الجسور، ومع ذلك، يجري التحقق الميداني من الكميات (بالإضافة إلى دقة الأجزاء ذاتها المحددة) حسبما تقتضي الضرورة لضمان الدقة.

يجب إجراء قياسات كافية وتسجيلها لتتبع التغييرات الطارئة في فتحة فاصل التمدد أو حجم الشق أو موضع المحمل المتأرجح. ويجب إجراء قياسات لمراقبة حالات الاختلال المشتبه بها أو المرصودة في الهيكل. وفي مثل هذه الحالات، بسجل المفتش المعلومات في ملاحظات ميدانية لتكون مرجعاً للقراءات المقبلة. فضلاً عن ذلك، يجب الاحتفاظ بسجل للقراءات في ملف المعاينة وتحديثه بالقراءات بعد إجراء كل دورة فحص. ويمكن وضع علامات دائمة مباشرة على المكونات الإنشائية للمساعدة على تحديد أوجه القصور هذه وتتبعها مستقبلاً.

كما يجب أن يتضمن القياس الميداني طول الفواصل وعرضها وعمقها. ويجب أيضاً توثيق حجم التعرية وموقعها أو تنظيف الجرف.

عند تقييم الضرر أو التدهور الذي لحق بالأجزاء الحديدية أو التسليح المكشوف أو الإجهاد المسبق؛ فإنه يجب تحديد الجزء المتبقي من الحديد (بالإضافة إلى الجزء الأصلي، عند الاقتضاء) بدلاً من إجراء تقدير نظري لانتهيار القطاع.

٢-٢-٣ التنظيف:

تتضمن ممارسات الفحص الجيدة تنظيف المناطق المحددة لإتاحة إجراء فحص دقيق للتآكل أو التدهور أو العيوب الخفية الأخرى. قد يتكدس الركام والأعشاب والنبات البحري والأجزاء الأخرى ما يتسبب في حجب المناطق التي بها مشكلة.

بالنسبة للهياكل الحديدية، ولا سيما الأجزاء المعرضة للكسر بطريقة حرجية؛ يمكن أن تقتضي الضرورة إزالة الطلاء المتصدع أو المقشر لإجراء فحص مناسب. يجب إزالة طبقات الطلاء المجاورة لشقوق الكلال المشتبه بها، أو المرصودة للتأكد من أن هذه الطبقة هي المعدن الأساسي بالفعل، وليس مجرد طبقة طلاء بها تشققات. تتطلب المكونات الحديدية التي تعرضت لتآكل متأثر بالشقوق (الصدأ المتراكم)، أو انفصال الطبقات الناجم عن التآكل إحداث تصدعات فيها؛ باستخدام مطرقة أو وسائل أخرى لإزالة التآكل وصولاً إلى المعدن الأساسي لقياس الجزء المتبقي من المعدن السليم. يجب وضع أحكام لإعادة طلاء هذه المناطق المكشوفة في أثناء الفحص، والتي تُعد حاسمة للحفاظ على السلامة الإنشائية للجسر.

عند التعامل مع التآكل المتأثر بالشقوق، فلا يُفضل تقدير عمق التآكل من سُمْك شرخ التآكل لأسباب عديدة؛ حيث يختلف سُمْك طبقة التآكل باختلاف الظروف البيئية والتآكل الحالي. وفي أثناء إجراء الفحص، قد يظهر تدهور جديد فوق منطقة كانت تالفة وجرى تنظيفها سابقاً. وبدلاً من ذلك، ينبغي قياس سُمْك الجزء السليم المتبقي وتسجيله أسفل الصدأ المتراكم.

بالنسبة للهياكل الخرسانية، يمكن أن يغطي التزهير والركام طبقة التقوية شديدة التآكل أو التشققات أو التدهور الآخر. ويمكن للأعشاب والركام المكثفة على الركائز أن تحجب العيوب، مثل الشقوق أو الفواصل.

قد تتسبب الخرسانة المنفصلة والمفككة في مناطق الفواصل والفواصل الأولية في إخفاء طبقة التقوية الأساسية المتآكلة. وفي مثل هذه الحالة، يجب إزالة المناطق التمثيلية لهذه الخرسانة المفككة بعناية، وتحديد حالة الخرسانة الأساسية وحديد التسليح.

٣-٢-٣ فحص تقييم حالة الجسور:

يجب تطوير ممارسات موحدة وتنفيذها لفحص تقييم حالة الجسور، باتتبع الإجراءات الواردة في دليل التسجيل والترميز لجرد الجسور الموجودة في المملكة وتقييمها. ويوفر دليل الترميز إرشادات للتسجيل الموحد لتصنيفات الحالة العددية لسطح الجسر والبنية فوقية والبنية السفلية، بالإضافة إلى القناة ومجاري المياه، في حال وجودها.

بالإضافة إلى تصنيفات الحالة العامة هذه، قد تُسجل الجهات المسؤولة عن الجسور تصنيفات الحالة لمكونات الجسر الفردية.

وبدلاً من تحديد تصنيفات الحالة يدوياً، يمكن أن يتوفر للجهات المسؤولة عن الجسور إمكانية إنشاء بيانات تصنيف الحالة تلقائياً من بيانات فحص مستوى العنصر مباشرة عن طريق برنامج مترجم البيانات.

ويجب التأكد من إجراءات فحص تصنيف حالة الجسور واتباعها.

٤-٢-٣ نتائج الفحص الحرج:

من المهم لفت انتباه الجهة المسؤولة عن الجسر أو الهيئة العامة للطرق فوراً في حال وجود أي أوجه قصور إنشائية ومتعلقة بالسلامة في أثناء الفحص الميداني أو تقييم الجسر. فضلاً عن ذلك، يجب تنفيذ الإجراءات الموحدة للتعامل مع نتائج الفحص الحاسمة، شاملة:

- التقييم السريع لأوجه القصور التي عثر عليها.
- إجراءات الاستجابة الفورية للسلامة العامة، شاملة التحكم في حركة المرور في حالات الطوارئ وخطوات الإبلاغ عن المعلومات.
- إخطار مسؤولي السلامة لدى الجهات العامة، بما في ذلك الجهة المسؤولة عن الجسر ومسؤولي الهيئة ومسؤولي الجهات العامة.
- التنفيذ السريع للإجراءات التصحيحية أو الوقائية، بما في ذلك إغلاق الجسر أو نشر قيود الوزن حسبما تقتضي الضرورة.
- نظام تتبع لضمان فعالية إجراءات المتابعة والإبلاغ.
- أحكام لتحديد الجسور الأخرى ذات التفاصيل الإنشائية المماثلة لعمليات الفحص بهدف المتابعة.

٣-٣ إجراءات الفحص:

تختلف أنواع الفحص المطلوبة لكل جسر حسب نوع الجسر وحالته. فعلى سبيل المثال: سيتطلب الجسر الموجود فوق المياه العميقة الذي يحتوي على أجزاء حاسمة قابلة للكسر عمليات فحص دورية وللأجزاء الحاسمة المعرضة للكسر وأسفل المياه. ويمكن إجراء كل ذلك في آن واحد. يمكن أن تتطلب الأنواع الأخرى من الجسور إجراء فحص دوري فقط. وتقتضي الضرورة فهم جميع أنواع الفحص؛ لضمان تطبيقها على النحو المطلوب. وتشكل هذه الإجراءات إجراءات عامة لكل نوع من أنواع الفحص.

- يجب وضع إجراءات خاصة بالجسر؛ لتسهيل فحص المكونات أو الظروف الاستثنائية غير المتضمنة هنا. ويجب إدراج إجراءات الفحص الخاصة بالجسر في ملف الجسر.
- يجب تسجيل بيانات الجرد الوطني للجسور، بما في ذلك تصنيفات الحالة وبيانات جزء الجسر وفقاً لدليل التسجيل والترميز الخاص بالسلطات؛ لجرد الجسور في أرجاء المملكة وتقييمها، حيث توفر طرقاً وتقنيات لفحص مواد مختلف الجسور ومكوناتها. ويجب التأكد من أن كل مفتش يُلم بهذا المجلد تماماً.
- يجب التأكد من أن قائد فريق الفحص يعمل على مراجعة تقارير الفحص السابقة بحثاً عن أي عيوب، وللنظر في متطلبات معدات الوصول، وما إلى ذلك استعداداً لإجراء الفحص كما يجب. ويجب التأكد من مراجعة ملف الجسر؛ للتأكد مما إذا كان هناك أي إجراءات فحص مطلوبة.
- يجب التأكد من أن جميع تصنيفات الحالة مدعومة بسرد يوضح سبب التصنيف، ويوثقه توثيقاً مناسباً.
- يجب تحديد أوجه القصور الجوهرية بوضوح وتضمين الوثائق الفوتوغرافية الداعمة. وإذا وُجدت العديد من العيوب المماثلة؛ فيمكن استخدام صورة تمثيلية.
- يجب وضع إجراءات كتابية لإجراء التقييم، وإعادة التقييم اللاحق لتصنيفات سعة الحمولة للجسر. ويجب أن تتضمن هذه الإجراءات مدى الحاجة إلى مراجعة و/أو تدقيق تصنيف الحمل بسبب التغييرات في الحالة المادية للجسر، بالإضافة إلى التغييرات المستندة إلى السياسة، مثل التغييرات في تكوينات الحمل الحي للموضوع أو التغييرات في طرق تصنيف الحمل ذاتها. يمكن أن لا تقتضي الضرورة إجراء تصنيف الحمل المنقح بحسب الطبيعة الدقيقة للظرف/ التغييرات، ومع ذلك، يجب أن يوضح ملف الجسر عمليات الفحص المحددة التي قُيِّمت عند مراجعة تصنيف الحمل.
- يجب وضع إجراءات كتابية لتقييم الجرف عند الجسور، وتحديد قابلية التعرض للجرف. فضلاً عن ذلك، يجب وضع خطة عمل الجرف وتوثيقها في ملفات الجسور لجميع الجسور المقيّمة والمحددة لتكون شديدة التأثير بالجرف.
- يجب وضع إجراءات لمراقبة جرف الجسور ولتقييمه في أثناء أحداث الفيضانات وكذلك بعدها، وتضمينها في خطة عمل الجرف. ويمكن إجراء مراقبة الجرف باستخدام مستويات مختلفة من الجهد بحسب مستوى المخاطرة. ويجب وضع وترسيخ تعريف لنتائج الفحص الحاسمة. بالإضافة إلى ذلك، يجب وضع الإجراءات المتعلقة بما يلي:
 - اتخاذ إجراءات فورية تتعلق بالسلامة العامة عند التوصل إلى نتائج الفحص الحاسمة.
 - الإخطار الأولي لنتائج الفحص الحاسمة للجهات المسؤولة عن الجسور والسلطات.
 - ضمان معالجة نتائج الفحص الحاسمة في الوقت المناسب.
 - إجراءات المتابعة التي يتعين اتخاذها مع جميع الأطراف المعنية، حتى التخلص من نتائج الفحص الحاسمة الخاصة بالجسر.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (١-٣-٣ إلى ٨-٣-٣) الحد الأدنى من المتطلبات.



١-٣-٣ الفحص الأولي:

يُعد الفحص الأولي، الذي يشار إليه أيضًا باسم فحص الجرد، الفحص الأول لجسر جديد أو جسر موجود بعد ترميمه كليًا، مثل استبدال السطح أو استبدال البنية الفوقية أو توسيعها. ويعمل هذا الفحص على تسجيل بيانات جرد الجسر المطلوبة، وتحديد الظروف الأساسية وتحديد الجدول الزمني لأنواع أخرى من عمليات الفحص المطلوبة عادة، مثل الفحص الدوري والأجزاء الحرجة المعرضة للكسر والفحص أسفل الماء.

يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص يتمتع بالكفاءة في أثناء جميع مراحل الفحص الأولي.

قبل إجراء الفحص الأولي، يجب مراجعة جميع الخطط والمعلومات ذات الصلة من أجل تشفير بيانات الجرد الوطني للجسور، بالإضافة إلى كميات أجزاء الجسر إلى أقصى حد ممكن.

إجراء الفحص الأولي وفقًا لإجراءات الفحص الدوري لجمع بيانات الجرد الوطني للجسور ومستوى الأجزاء القائمة، بالإضافة إلى تحديد أوجه القصور الحالية وترميز تصنيفات الحالة.

يجب التأكد من النقاط صور جرد الجسر الأساسي في أثناء الفحص الأولي باتباع البروتوكول الذي أعدته الجهة المسؤولة عن الجسر.

يجب إجراء توثيق شامل للفحص الأولي الذي ينفذه الأشخاص المستوفون للمؤهلات المطلوبة لكل نوع من أنواع الفحص. فضلًا عن ذلك، يجب أن يتضمن التحديد التحليلي لقدرة الحمل، بالإضافة إلى تقييم جرف الجسور للجسور المؤهلة القائمة فوق الماء.

ينقسم الغرض من الفحص الأولي إلى شقين. أولاً، يُستخدم الفحص الأولي لتوفير جميع بيانات جرد الجسور (BI) وأجزاء الجسر المطلوبة بموجب لوائح الهيئة العامة للطرق (RGA) وجميع المعلومات الأخرى ذات الصلة التي عادة ما تُجمعها الجهة المسؤولة عن الجسر. ثانيًا، يجب تحديد الحالة الإنشائية الأساسية، وتحديد أي مشكلات أو مواقع موجودة، وإدراجها في الهيكلية التي يمكن أن تتعرض لمشكلات مستقبلًا. يمثل الفحص في إجراء فحص أولي دوري وفقًا للشروط الواردة في الجزء الفرعي (٣-٣-٢).

٢-٣-٣ الفحص الدوري:

عمليات الفحص الدورية هي عمليات فحص مجدولة بانتظام تتكون من ملاحظات لجميع أجزاء الجسر والقياسات اللازمة؛ لتحديد الحالة المادية والوظيفية للجسر، ولتحديد أي تغييرات طرأت من الفحص الأولي أو الحالات المسجلة مسبقًا، ولضمان استمرار الهيكل في تلبية متطلبات السلامة الحالية.

يجب إجراء فحص دوري لتلبية متطلبات مواصفات فحص الجسور (BIS) فيما يتعلق بالحد الأقصى لتكرار الفحص وتحديث بيانات الجرد الوطني للجسور وأجزاء الجسر. تُجرى الفحوصات هذه عمومًا بأخذها من السطح ومستوى الأرض و/ أو مستوى المياه ومنصات العمل الدائمة والممرات- إن وُجدت- ويقتصر فحص الأجزاء الموجودة أسفل المياه للبنية السفلية على الملاحظات خلال فترات التدفق المنخفض، ويشتمل التحقيق في الأدلة على تدهور البنية السفلية وتقويضها حسب الضرورة. وتقتضي الضرورة توفير معدات خاصة، مثل معدات الفحص أسفل الجسر أو معدات الحفر أو السقالات، لإجراء الفحص الدوري في الظروف التي يوفر فيها استخدامها الوسيلة العملية الوحيدة للوصول.

تُعد جوانب الهيكل التي ستراقب عن كثب الجوانب التي تحددها عمليات الفحص السابقة و/ أو حسابات تصنيف الحمولة التي تُعد حاسمة لقدرة حمل الجسر. وفي أثناء إجراء الفحص الدوري، إذا تطلب أحد جوانب الهيكل فحصًا أدق وأكثر تفصيلًا لتحديد مدى تأثيره على السلامة أو القدرة الاستيعابية للحمل (على سبيل المثال: صدع في جزء حديدي)؛ فإنه يجب إجراء فحص متعمق إضافي لهذا الجانب وتوثيقه.

يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص يتمتع بالكفاءة في أثناء جميع مراحل الفحص الدوري. ويجب فحص كل عنصر من عناصر الجسر وفقًا لطريقة الفحص البصري. وفي حال الاشتباه في وجود عيب جوهري في أثناء إجراء الفحص البصري يمكن استخدام طرق الفحص المتقدمة، حسبما يقتضي الحال. فضلًا عن ذلك، يجب تحديد جميع تصنيفات الحالة وكمية أجزاء الجسر وبيانات توزيع كمية حالة الحالة حسب الضرورة، باتباع الإرشادات والأدلة الموضحة سابقًا ووثائق إرشادات الحالة المناسبة. يجب تقييم جميع أعمدة لأفتات تقويد الطول والوزن في موقع الجسر؛ للتأكد من وجود اللافتات والإشعارات المناسبة. ويجب ملاحظة التغييرات- سواء أكانت محل اشتباه أم مؤكدة- لقيم أعمدة لأفتات الوزن أو الطول. وبالنسبة للجسور الحاسمة من حيث الجرف؛ فإنه يجب اتباع خطة عمل الجرف المضمنة في ملف الجسر فيما يتعلق بأي أجزاء ستُقيم في أثناء إجراء الفحص الدوري. ويجب الإبلاغ عن أي صور رُصدت ضمن نتائج الفحص الحاسمة باتباع إجراءات نتائج الفحص الحاسمة المعمول بها.

٣-٣-٣ الفحص الطارئ:

من الممكن وقوع حوادث تتطلب اتخاذ إجراءات فورية على الجسر. تنشأ حالات الطوارئ من اندلاع حرائق وحوادث انسكاب الوقود وتبعثر المواد الخطرة والزلازل والفيضانات والانهيارات الصخرية والانهيارات الأرضية والطقس القاسي والأعمال الإجرامية. وينبغي إجراء فحص شامل للأضرار التي كابدها الجسر وفقًا لإجراءات فحص الأضرار. وغالبًا ما تتطلب مثل هذه الأحداث إجراء إغلاق جزئي أو كامل للجسر يتبعه تغيير مسار حركة المرور في أثناء إصلاح الجسر.

يجب وضع إجراءات حتى يمكن التعامل مع حالات الطوارئ في الوقت المناسب. ويمكن أن تتطلب بعض الحوادث إجراء اتصال فوري بمستجيب حالات للطوارئ (مثل: الإطفاء والشرطة وشركات المرافق). ويمكن ألا تكون الأحداث الأخرى شديدة ويمكن لموظفي مرفق الجسر التعامل معها. ينبغي إجراء التدريبات دوريًا على الظروف مثل انقطاع التيار الكهربائي، وحوادث المركبات، وتصادم المركبات على ارتفاع عالٍ، وتبعثر البضائع الخطرة، والإخلاء في حالات الطوارئ، وسيناريوهات التهديد الأخرى التي تُعد مناسبة لمرفق الجسر.

ينبغي وضع خطط الاستجابة للطوارئ واستراتيجيات التخفيف استنادًا إلى (الاتفاق) مع العديد من الأطراف المعنية، بما في ذلك فريق إدارة الجسر وتشغيلها، ورجال الإطفاء والشرطة، وغيرهم من مستجيب حالات الطوارئ والمتخصصين في شؤون الأمن وأصحاب الأصول الموجودة في الموقع ذاته. فضلًا عن ذلك، ينبغي أن يتوفر لكل جسر خطة استجابة لحالات الطوارئ مُعدة لتلبية متطلبات سيناريوهات التهديد المناسبة. وفيما يلي أمثلة على إجراءات خطة الاستجابة للطوارئ الخاصة بالموقع:

- تقييم موقع حالة الطوارئ ومستوى خطورتها.
- إغلاق الطريق المؤدي إلى الجسر أمام المركبات غير الضرورية، مع مراعاة أن مركبات الطوارئ قد ما تزال بحاجة إلى الوصول إلى الجسر.
- إغلاق الجسر المجاور؛ لأن الأشخاص الذين تم إجلاؤهم قد يحتاجون إلى الخروج عبر ممرات التقاطع واستخدام الجسر المجاور. ويجب تقييم ما إذا كانت مركبات الطوارئ بحاجة إلى استخدام الجسر المجاور؛ لتنفيذ الاستجابة للطوارئ.
- يجب ضبط مخارج التهوية حسبما تقتضي الضرورة؛ للسيطرة على الحريق والدخان.
- إخطار المستجيبين الأوائل: الإطفاء والشرطة وأفراد الطوارئ الطبية والإدارة وغيرهم.
- قبل وصول المستجيبين الأوائل إلى الموقع، ينبغي تشجيع قائدي المركبات على إجراء الإنقاذ الذاتي حسبما تتيح الظروف.
- يجب إطلاق التحذيرات على لافتات الرسائل المتغيرة وأجهزة الاتصال الأخرى.
- يجب المساعدة على إفساح المجال للمركبات بأمان من الجسر.
- يجب إجراء فحص بعد التوصل إلى حل بشأن الحدث وتأمين الظروف للقيام بذلك.
- يجب تنظيف الجسر من الركام.

٣-٤ الفحص المتعمق:

يُعد الفحص المتعمق فحص مفصل عن قرب لأحد مكونات الجسر، أو لأجزاء عديدة منها مما هو موجود فوق الماء أو أسفل منه باستخدام تقنيات بصرية أو غير مدمرة- حسبما يقتضي الحال-؛ لتحديد أي أوجه قصور يتعذر اكتشافها بسهولة باستخدام إجراءات الفحص الدورية. ويجب توفير التحكم في حركة المرور والمعدات الخاصة، مثل معدات التفتيش تحت الجسر والسقالات وقوارب العمل- حسبما تقتضي الضرورة-؛ لتيسير إمكانية الوصول. فضلًا عن ذلك، يجب الاستفادة من الموظفين ذوي المهارات الخاصة، مثل الغواصين والحفارين- حسب الاقتضاء-. وعندما تقتضي الضرورة؛ فإنه يجب توفير اختبارات ميدانية غير مدمرة أو اختبارات مادية أخرى أو كليهما حسب الضرورة.

يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص يتمتع بالكفاءة في أثناء جميع مراحل الفحص المتعمق. ويجب إجراء فحص متعمق حسب الاقتضاء لتوفير المعلومات أو البيانات باستخدام تقنيات مرئية أو متقدمة، وتحديد أي أوجه قصور يتعذر اكتشافها بسهولة باستخدام إجراءات الفحص الدوري. ويجب توفير التحكم في حركة المرور والمعدات الخاصة، مثل معدات التفتيش تحت الجسر والسقالات وقوارب العمل- حسبما تقتضي الضرورة-؛ لتيسير إمكانية الوصول إلى الأماكن التي يتعذر الوصول إليها في أثناء إجراء الفحص الدوري. فضلًا عن ذلك، يجب توفير موظفين ذوي مهارات خاصة، مثل الغواصين والحفارين- حسب الضرورة-. ويجب إجراء عمليات فحص متعمقة على الأقل باستخدام طرق الفحص البصري. علاوة على ذلك، يجب استخدام طرق الفحص المتقدمة، مثل الاختبارات الميدانية غير الإتلافية، أو اختبارات المواد- كلما لزم الأمر-؛ للتأكد تمامًا من وجود قصور أو مدى تأثيرها. ويجب تحديد الأجزاء المعنية من الجسر التي تخضع للفحص المتعمق في التقرير تحديدًا ووضوحًا، بالإضافة إلى الإجراءات المستخدمة في أثناء إجراء الفحص. وينبغي توثيق نتائج عمليات الفحص المتعمق إلى حد التفاصيل التي توفر المعلومات المطلوبة التي يمكن أن تكون تفصيلية أكثر من المعلومات المستمدة من عمليات الفحص الأولي والدوري.

ويجب تحديد أجزاء معينة من الجسر الواجب خضوعها للفحص المتعمق في التقرير تحديدًا ووضوحًا، بالإضافة إلى الإجراءات المستخدمة في أثناء إجراء الفحص. وينبغي توثيق نتائج عمليات الفحص المتعمق بأكبر قدر ممكن من التفاصيل المطلوبة، ويمكن أن تكون تفصيلية أكثر من المعلومات التي تحتوي عليها عمليات الفحص الأولي والدوري. يمكن أن تتضمن أنواع الفحص الأخرى إجراء فحص متعمق لجزء أو تفاصيل معينة، مثل الفحص الدوري أو الأولي، وفقًا لما ورد في الأجزاء الفرعية (٣-٣-٢ و ٣-٣-١) تبعًا.

٣-٥ فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر:

الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر عبارة عن جزء حديدي في حالة جهد مهترئ، أو مرتبط بأجزاء شدّ، قد يتسبب تعطله في انهيار جزء من الجسر أو الجسر بأكمله. وتتضمن بعض الأمثلة على الأجزاء الحديدية التي يمكن أن يُنظر إليها على أنها أجزاء حاسمة معرضة للكسر ما يلي:



- أنظمة العارضة الصندوقية ذات العارضة الواحدة أو العارضتين.
- أنظمة التعليق مع مكونات ذات فتحات.
- أغشية الركائز الوسطية الصلب الملحومة والعوارض المتقاطعة.
- أنظمة الجمالون الثنائية.
- أقواس مرتبطة ملحومة.
- وصلات ذات مسامير وتعليق على عارضتين أو ثلاث عوارض.

لا تُعد الأمثلة المذكورة أعلاه قائمة شاملة بالأجزاء الحرجة المعرضة للكسر.

يجب توثيق أنواع مكونات الجسور الحديدية التي تُعد أجزاء حاسمة معرضة للكسر. ويجب تحديد مكونات الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر التي تتطلب فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر تحديدًا ووضوحًا في ملف الفحص.

يتطلب فحص العناصر الحرجة المعرضة للكسر فحصًا عمليًا للجزء (الأجزاء) أو مكون (مكونات) الجزء الحرج المعرض للكسر بالكامل، وفقًا لما ورد في ملف الفحص، ويمكن أن يتضمن اختبارًا غير مدمر أو تقييمًا غير مدمر. يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص يتمتع بالكفاءة أثناء جميع مراحل فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر. ويجب مراجعة ملف الفحص قبل إجراء الفحص. ويجب تسجيل فحص العناصر الحرجة المعرضة للكسر على هذا النحو في جرد الجسر، مع تحديث بنود جرد الجسور ٩٢ و٩٣ وفقًا لذلك.

٦-٣-٣ الفحص الخاص:

الفحص الخاص هو: فحص مجدول وفقًا لتقدير الجهة المسؤولة عن الجسر. ويُستخدم لمراقبة نقص معين مرصود أو مشتبه به، مثل التشققات في الحديد أو التسوية أو الجرف. ويمكن استخدامه أيضًا لمراقبة التفاصيل الخاصة أو الخصائص غير العادية للجسر الذي لا يحتوي بالضرورة على عيوب، مثل: اختبار المسامير بالموجات فوق الصوتية.

ولا يشترط إجراء فحص خاص من قائد فريق فحص مؤهل، ومع ذلك، يجب توفير شخص مؤهل لإجراء الفحص المحدد (على سبيل المثال: مفتش اختبار غير مدمر مؤهل لإجراء اختبار المسامير بالموجات فوق الصوتية). ويجب توثيق مؤهلات الموظفين العاديين المختصين بالفحص الخاص، مثل مفتشي الاختبار بالموجات فوق الصوتية (UT) ومفتشي اللحام. وإذا كان الجسر يتطلب توفير موظفين استثنائيين مختصين بالفحص الخاص؛ فإنه يجب توثيق متطلباتهم في ملف الجسر.

يجب التأكد من أن الأشخاص المؤهلين لإجراء الفحص المحدد مناسبون لما ورد في السياسات القياسية أو ملف الجسر فيما يخص الفحص الخاص. إذا لم تُحدد إجراءات محددة للفحص في ملف الجسر؛ فإنه يجب إجراء الفحص باتتباع نصيحة مسؤولي الهيئة. ويجب تسجيل الفحص الخاص على هذا النحو في جرد الجسر، مع تحديث بنود الجرد الوطني للجسور ٩٢ ج و٩٣ ج وفقًا لذلك.

يجب توثيق الموقع توثيقًا واضحًا في ملف الفحص، بالإضافة إلى التفاصيل المحددة التي يجب مراقبتها، والفواصل الزمني لأي فحص خاص، وطريقة إجراء الفحص. ويجب إجراء الفحص الخاص وفقًا للدليل المرجعي لمفتش الجسر. وعلى الرغم من أن عمليات الفحص الخاص ليست كافية بما يُلبى متطلبات المواصفات الوطنية لفحص الجسور؛ لكونها عمليات فحص دوري؛ إلا أنها يمكن أن تتم في الوقت المحدد للفحص الدوري.

٧-٣-٣ فحص الأضرار:

فحص الأضرار هو فحص غير مجدول لتقييم الأضرار الإنشائية الناتجة عن الأحداث البيئية (مثل الزلازل أو الفيضانات) أو الأفعال البشرية (مثل الآثار المترتبة على الشاحنات).

قد يختلف مقدار الجهد المبذول في هذا النوع من الفحص اختلافاً كبيراً بحسب الحدث ومدى الضرر. في حال حدوث ضرر كبير، يمكن أن يضطر المفتشون إلى تقييم الأجزاء المكسورة، وتحديد مدى انهيار القطاع، وإجراء قياسات لاختلاف محاذاة الأجزاء، أو التحقق من أي فقدان لدعم الأساس.

يجب التأكد من كفاية نطاق فحص الأضرار لتحديد مدى الحاجة إلى قيود الحمل في حالات الطوارئ، أو إغلاق الجسر أمام حركة المرور، بالإضافة إلى تقييم مستوى الجهد اللازم لتنفيذ الإصلاح.

يجب فحص جميع عناصر الجسر التالفة وفقًا لطريقة الفحص البصري. وفي حال الاشتباه في وجود عيب جوهري في أثناء إجراء الفحص البصري؛ يمكن استخدام طرق الفحص المتقدمة حسبما يقتضي الحال.

يمكن استكمال هذا الفحص بفحص متعمق في الوقت المناسب للحصول على المزيد من البيانات المطلوبة لتحسين تحليلات الحمل أو تحديد كميات/ منهجيات الإصلاح أو ضبط قيود الحمل.

وبالنسبة للجسور الحاسمة من حيث الجرف، يجب اتباع خطة عمل الجرف (POA) الواردة في ملف الجسر.

يجب التأكد من كفاية نطاق فحص الأضرار؛ لتحديد مدى الحاجة إلى قيود الحمل في حالات الطوارئ أو إغلاق الجسر أمام حركة المرور، بالإضافة إلى تقييم مستوى الجهد اللازم للتأثير في عملية الإصلاح.

يجب فحص جميع عناصر الجسر التالفة وفقاً لطريقة الفحص البصري. وفي حال الاشتباه في وجود عيب جوهري في أثناء إجراء الفحص البصري؛ فإنه يجب إجراء الفحص باستخدام طرق الفحص المتقدمة.

يجب استكمال هذا الفحص بفحص متعمق حسب الاقتضاء في الوقت المناسب؛ للحصول على المزيد من البيانات المطلوبة لتحسين تحليلات الحمل أو تحديد كميات/ منهجيات الإصلاح أو ضبط قيود الحمل.

بالنسبة للجسور الحاسمة من حيث الجرف، يجب اتباع متطلبات خطة عمل الجرف الواردة في ملف الجسر.

٨-٣-٣ الفحص أسفل الماء:

الفحص أسفل الماء هو فحص الجزء أسفل الماء شاملاً البنية السفلية للجسر والقناة المحيطة التي لا يمكن فحصها بصرياً في مستوى المياه المنخفض عن طريق الخوض أو التحقيق، والتي تتطلب عمومًا إما الغوص أو غيرها من التقنيات المناسبة.

يجب توثيق أي حالات تتطلب إجراء فحص أسفل الماء (مثل عمق المياه والتعكر والحدود الحالية- إذا كان ذلك مناسباً-)، بالإضافة إلى متطلبات تنظيف عناصر الجسر المغمور بالماء (مثل الحطام والحشوف الحيوي).

يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص بتمتع بالكفاءة في أثناء جميع مراحل الفحص أسفل الماء. لا يلزم وجود قائد فريق فحص منفصل ما دام غواص فحص الجسر أسفل الماء يفي بمؤهلات قائد فريق الفحص.

بالنسبة للجسور التي صُنفت على أنها تتطلب إجراء فحص أسفل الماء، يجب التأكد من أن ملف فحص الجسر يتضمن المعلومات التالية:

- وحدات البنية السفلية التي تتطلب الفحص أسفل الماء.
- وصف العناصر الموجودة أسفل الماء المراد فحصها.
- تكرار عملية الفحص أسفل الماء للعناصر.
- الإجراءات الواجب اتباعها في أثناء الفحص أسفل الماء.

قد توجد إجراءات فحص شاملة مشتركة للفحص أسفل الماء أو ربما وردت في دليل فحص الجسور الخاص بالهيئة؛ ما يجعل من غير الضروري تضمين البنود المميزة بنقاط أعلاه في ملف فحص كل جسر.

يجب التأكد من وجود قائد لفريق الفحص بتمتع بالكفاءة في أثناء جميع مراحل الفحص أسفل الماء. لا يلزم وجود قائد فريق فحص منفصل ما دام غواص فحص الجسر أسفل الماء يفي بمؤهلات قائد فريق الفحص.

يجب التأكد من حدوث مستوى مناسب من التحضير المسبق للفحص، كحال عمليات الفحص الدوري فوق الماء.

يجب مراجعة ملف فحص الجسر قبل إجراء الفحص.

يجب إجراء الفحص أسفل الماء، بالإضافة إلى استيفاء متطلبات الهيئة، بما يشمل متطلبات تقييم الممر المائي المجاور للجسر.

يجب اتباع خطة عمل الجرف؛ حيث تتعلق بالمتطلبات في أثناء الفحص أسفل الماء.

يجب تسجيل الفحص أسفل الماء على هذا النحو في جرد الجسر، مع تحديث بنود الجرد الوطني للجسور ٩٢ب و ٩٣ب وفقاً لذلك.

٣-٤ التخطيط والجدولة والمعدات:

٣-٤-١ التخطيط:

يتمثل مفتاح الأداء الناجح لفحص الجسر الأمن والفعال في التخطيط والإعداد المسبق، ويجب وضع خطة فحص استنادًا إلى مراجعة سجل الجسر وزيارة موقع الفحص المسبق حسب الضرورة، وبمراعاة العناصر الآتية:

- تحديد نوع الفحص المطلوب.
- تحديد ما إذا كانت تقتضي الضرورة وجود مفتشين متخصصين أو توفر الخبرة.
- تحديد عدد الموظفين ونوع المعدات والأدوات اللازمة لإجراء الفحص.
- تحديد الأعضاء، أو المواقع التي أشير إليها في عمليات الفحص السابقة أو سجلات الصيانة بأن بها عيوبًا أو جوانبًا مثيرة للقلق.
- تحديد ما إذا كان الجسر يخضع لقيود سعة الطول أو الوزن وتخطيط احتياجات معدات الوصول وفقًا لذلك.
- تقدير مدة الفحص وساعات العمل المقررة. التنسيق مع الهيئات الأخرى أو الجهات العامة حسب الحاجة.
- تجميع نماذج التسجيل الميداني وإعداد الرسومات الأولية المناسبة للتفاصيل النموذجية.
- تحديد النطاق المطلوب للفحص أسفل الماء، بالإضافة إلى أي تعرض لخطر الجرف. فضلًا عن ذلك، يجب تحديد الاحتياجات الخاصة، مثل فحص الغوص أو تقييم الجرف.
- يجب التقرير ما إذا كان الاختبار غير التدميري أو غيره من الاختبارات المتخصصة مناسبة أم لا.
- تحديد ما إذا كان الهيكل يحتوي على أجزاء أو تفاصيل تتطلب إيلاء اهتمام خاص، مثل؛ الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر، والتفاصيل المعرضة للجهد، والأجزاء الأساسية.
- تحديد ما إذا كانت هناك هياكل قريبة من المقرر فحصها أيضًا وتتطلب طاقًا مشابهًا مزودًا بأدوات ومعدات مماثلة.
- تحديد متطلبات الوصول الخاصة، شاملة مواقع وضع المعدات وضبط حركة المرور وتنسيق السكك الحديدية.

استشارة مشرف صيانة الطرق المحلي أو رئيس العمال فيما يتعلق بالجسور التي ستخضع للفحص عند الحاجة، كما يتولى مراقبة الجسور على مدار السنة في ظل مجموعة متنوعة من الظروف، ويمكن أن يوضح الخصائص التي يمكن أن تكون مبهمة أثناء إجراء وقت التحقيق. تُعد حركة التيار خلال فواصل زمنية ارتفاع المياه، وموضع فواصل التمدد في أوقات الارتفاع والانخفاض الشديدين لدرجات الحرارة المحيطة أمثلة على الظروف التي يلاحظها موظفو الصيانة المحليون ويمكن أن لا يتحقق منها المفتش.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (٣-٤-٢ و ٣-٤-٤) الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-٤-٢ الجدولة:

عمليًا، يجب جدولة عمليات فحص الجسور في غضون الفواصل الزمنية التي توفر الظروف الملائمة على مدار السنة؛ لتعزيز الكفاءة وعمليات الفحص الشاملة، ويُفضل فحص البنية السفلية للجسور فوق المجاري المائية أو الأنهار في أوقات انخفاض المياه، وفحص الهياكل التي تتطلب تسلقًا بوسائل الوصول أو بالحبال عند عدم وجود رياح عاتية، ولا ارتفاع شديد لدرجات الحرارة. فضلًا عن ذلك، تُفحص المحامل، أو الفواصل، أو العناصر الأخرى أثناء الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة عند الاشتباه في وجود مشكلة مترتبة على الحركة الحرارية.

تُجدول عمليات الفحص لتجنب الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة؛ وللحد من المخاطر المؤثرة على صحة المفتش، مع زيادة إنتاجية الفحص إلى أقصى حد، وعند ثبوت أن زيادة المخاطر البيئية على المفتش أو الصحة والسلامة العامة؛ يمكن طلب فرق من السلطات لإعادة تعيينهم لمرة واحدة في تاريخ الفحص التالي لجسر واحد أو مجموعة من الجسور. ويجب توثيق طلب التباين من خلال توفير تفاصيل كافية لتوضيح سبب الموافقة على الطلب.

٣-٤-٣ المعدات:

تتكون معدات فحص الجسور من تلك العناصر المستخدمة لتوفير إمكانية الوصول إلى مكونات الجسر الخاضع للفحص، بالإضافة إلى العناصر المستخدمة لأداء مهام الفحص الفعلية. فضلًا عن ذلك، يجب أن يتضمن سجل الجسر جميع متطلبات المعدات اللازمة لإجراء الفحص.

٣-٤-٤ طرق ومعدات الوصول:

يتطلب الاختلاف في أنواع الهياكل التي ستخضع للفحص قدرة مفتشي الجسور على الوصول إلى العناصر لإجراء فحص باستخدام مجموعة واسعة من التقنيات والمعدات، وتتضمن الأساليب والمعدات المستخدمة للوصول إلى أجزاء الجسر ما يلي:

- السلالم.

- مركبات الرفع الميكانيكية.
- المركبات المزودة برافعة أسفل الجسر.
- سقالة رفع كهربائية.
- معدات الحفر والسقالات.
- القوارب.
- التسليق باستخدام الحبال.
- معدات الغوص تحت الماء.

عند اختيار استخدام معدات الوصول، يجب مراعاة العناصر الآتية:

- مدى القرب من مكونات الجسر اللازمة لإنجاز الفحص بنجاح، ومدى صعوبة الوصول إلى المكونات هذه. وتحديد أفضل المعدات، والطرق لإنجاز المهمة.
- قدرة التربة، والرصف، وهياكل الجسور على دعم معدات الوصول بأمان.
- مدى الحاجة إلى التحكم في حركة المرور أو إغلاق المسار، بحسب نوع المعدات وموقعها، بالإضافة إلى مدى التأثير على قاندي المركبات من عامة الناس. ويجب استخدام متطلبات الهيئة العامة للطرق والمتطلبات المحلية بصفتها دليلاً في التخطيط في مثل هذه التدابير.
- مدى الحاجة إلى عناية خاصة لمنع وقوع حوادث في حال وجود مرافق.
- مدى الحاجة إلى التصاريح ورجال المرور والاعتبارات الخاصة الأخرى للجسور المازة فوق السكك الحديدية، وتلزم الاستعانة بموظفين ذوي خبرة ومدربين لتخطيط عمليات الفحص التي تنطوي على معدات وصول متخصصة وتنفيذها.

٢-٣-٤-٣ طرق ومعدات الفحص:

تعتمد طرق ومعدات الفحص التي ستستخدم على نوع الفحص، كما هو موضح في الجزء (٣-٣)، والمعلومات المستمدة من مراجعة تقارير الفحص السابقة وخطط الجسور، وأي معلومات تتعلق بالاحتياجات أو المتطلبات المحددة التي أعربت عنها الجهة المسؤولة عن الجسر. والتأكد من أن معدات الفحص الأساسية تشمل معدات الحماية الشخصية، والكاميرات، والأدوات اليدوية للتنظيف، وسير المطرقة والقياس، وأنها متاحة لأعمال الفحص بسلاسة. فضلاً عن ذلك، يجب تجميع معدات إضافية، مثل الخواض ومستلزمات الاختبار غير الإتلافية - حسب الضرورة؛ لتسهيل إجراء فحص فعال وشامل. وعند التخطيط لعملية الفحص، يمكن أن يكون من المفيد معاينة قائد الفريق لموقع الفحص مسبقاً.

إذا كانت الخطط متاحة، ينبغي إجراء الفحص المسبق وفقاً للخطط المتاحة، للسماح بالتحقق الأولي من تكوين الهيكل وتفصيله، إذ يعمل الفحص المسبق على تحديد وسائل الوصول والكشف عن الجوانب التي قد تظهر مخاوف بشأنها، وتتطلب اهتماماً وثيقاً، أو معدات متخصصة أثناء عمليات الفحص اللاحقة. علاوة على ذلك، فإنه يشكل حجر الأساس لاتخاذ القرارات المتعلقة بالتوقيات، والظروف الجوية، والتحكم بحركة المرور، وتنسيق السكك الحديدية، أو الهيئة وإلغاء تنشيط المرافق.

٥-٣ تكرار الفحص:

تختلف الفواصل الزمنية للفحص بحسب نوع الفحص وحالة الجسر. ومع ذلك، يوجد حد أدنى للفواصل الزمنية المطلوبة وفقاً للمواصفات الوطنية لفحص الجسور بشأن العديد من أنواع الفحوصات. وتوضح تسرد الأجزاء الفرعية التالية الحد الأدنى من المتطلبات لكل نوع من أنواع الفحص. يجب أن توثق المعايير التي ستستخدم في تحديد موعد إجراء الفحص الدوري، أو الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر، أو الفحص المعقد، أو الفحص أسفل الماء في غضون فترة أقل من أربعة وعشرين شهراً. قد توفر المعايير هذه تقديراً هندسياً، إلا أنه يجب أن تحتوي أيضاً متطلبات أخرى تعتمد على البيانات، مثل تصنيفات الحمل أو تصنيفات الحالة. يقع على عاتق كل هيئة خاصة بالجسر مسؤولية وضع المعايير الخاصة بها.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (١-٥-٣ و ٧-٥-٣) الحد الأدنى من المتطلبات.

١-٥-٣ تكرار الفحص الأولي:

لا يتكرر إجراء عمليات الفحص الأولي، بالتالي لا تتضمن فواصل زمنية. ومع ذلك، عند الانتهاء من إنشاء جسر جديد أو عند الانتهاء من إعادة تأهيل الجسور الأساسية، وبمجرد فتح جميع مسارات السفر أمام حركة المرور؛ فإنه يجب إكمال الفحص الأولي، وتحديث جميع بيانات الجرد الوطني، وبيانات مستوى العنصر في مئة وثمانين يوماً بشأن جميع الجسور الأخرى.



٢-٥-٣ تكرار الفحص الدوري:

التأكد من إجراء عمليات الفحص الدوري على مراحل لا تتجاوز أربعة وعشرين شهراً. ومع ذلك، يمكن أن تخضع بعض الجسور للفحص على فواصل زمنية أطول لا تتجاوز ثمانية وأربعين شهراً. فضلاً عن ذلك، يجب التأكد من أن الجسور المحددة للفحص على فترة أطول من أربعة وعشرين شهراً تفي بالمعايير الواردة المعتمدة لدى السلطات، ويمكن أن تتضمن المعايير نتائج الفحص السابقة، والعمر، والحالة، ونوع المادة، وسعة تصنيف الحمولة، وحالة وضع اللافتات.

٣-٥-٣ تكرار الفحص المتعمق:

الفحص المتعمق هو: فحص مجدول ويُنفذ وفقاً لتقدير الجهة المسؤولة عن الجسر؛ لذا لا يوجد حد أدنى للفواصل الزمنية للفحص واردة في اللائحة.

٤-٥-٣ تكرار فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر:

يجب إجراء عمليات فحص الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر على فواصل زمنية لا تتجاوز أربعة وعشرين شهراً وفقاً للمواصفات الوطنية لفحص الجسور، ولا يتوفر بدل لمواصفات فحص الجسور لفحص الأجزاء شديدة التأثير المعرضة للكسر على فواصل زمنية أطول من أربعة وعشرين شهراً.

٥-٥-٣ تكرار الفحص الخاص:

تُجدول عمليات الفحص الخاص وتُنَفَّذ وفقاً لتقدير الجهة المسؤولة عن الجسر، بالتالي لا يتوفر لديها حد أدنى للفواصل الزمنية للفحص، ويجب تحديد الفاصل الزمني لفحص جسر معين مع مراعاة نوع العيوب وأهميته بالقدر الذي يتطلب إجراء الفحص، ثم يُفحص الجسر في هذه الفترة، ويمكن أن ينفذ فحص خاص بالتزامن مع إجراء فحص دوري أو أي نوع آخر من الفحص، تحقيقاً للكفاءة.

٦-٥-٣ تكرار فحص الأضرار:

نظراً لأنها متوقعة على وقوع الحدث، فإن عمليات فحص الأضرار لا يُعد لها أي فواصل زمنية للفحص. وفي حال ثبت بالفحص وجود عيوب تؤدي إلى تكرار المراقبة بمرور الوقت، يمكن أن تُجدول عمليات الفحص الخاص كنتيجة مترتبة على فحص الأضرار.

٧-٥-٣ تكرار الفحص أسفل الماء:

يجب إجراء عمليات الفحص أسفل الماء على فواصل زمنية لا تتجاوز ستين شهراً. ومع ذلك، يمكن أن تخضع بعض الجسور للفحص على فواصل زمنية أطول، لا تتجاوز ٧٢ شهراً. فضلاً عن ذلك، ينبغي الجسور المحددة للفحص أسفل الماء على فترة أطول من ستين شهراً تفي بالمعايير الواردة المعتمدة لدى السلطات. ويمكن أن تتضمن المعايير بنوداً أخرى مثل؛ نتائج الفحص السابقة، أو العمر، أو الحالة، أو الجرف، أو تاريخ الجرف.

يمكن الاطلاع على إرشادات وضع سياسة الفاصل الزمني للفحص أسفل الماء لمدة اثنتين وسبعين شهراً في (الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين، ٢٠٠١) و(الإدارة الاتحادية للطرق، ١٩٨٩). فضلاً عن ذلك، فإن سمات تصنيف الجرد الوطني للجسور توصي بما يلي:

- تكون البنية السفلية في حالة تتراوح على الأقل من (جيدة) إلى (مقبولة).
- ينبغي أن يحصل البند ٦٠ من الجرد الوطني للجسور على تصنيف ٥ أو أفضل من ذلك. وإذا كانت عناصر البنية السفلية من حديد غير محمي أو خشب غير مغلف وكانت في بيئة عدوانية، مثل المياه المالحة أو التيارات السريعة، فلا ينبغي مراعاتها لإجراء فحص لمدة اثنتين وسبعين شهراً.
- تكون القناة مستقرة وفقاً للبند ٦١ من الجرد الوطني للجسور بما يتراوح من ٧ أو أفضل من ذلك، ينبغي ألا يحتوي الهيكل مشكلات تتعلق باستقرار التيار أو الجرف، ويكون نوع الأساس معروفاً.
- وينبغي أن يحصل البند ١١٣ من الجرد الوطني للجسور على تصنيف ٤، أو ٥، أو ٧، أو ٨، أو ٩.

٦-٣ الاختبار الميداني للمواد:

يوضح هذا الجزء إجراءات الاختبار الأكثر شيوعاً لتقييم قوة المواد والمكونات الإنشائية للجسور والأنفاق وحالتها. وتتطور إجراءات الاختبار الجديدة بسرعة نتيجة للتكنولوجيا المحسنة، وينبغي إجراء اختبار المواد على يد موظفين مدربين جيداً، وتتوفر العديد من إجراءات الاختبار الميداني بالنسبة للهياكل الخرسانية والحديدية. وتُعد العديد من هذه الإجراءات غير مدمرة، في حين أن البعض الآخر منها يؤدي إلى بعض أعمال الإزالة أو تلف المواد. ترد المزيد من الإرشادات في كود الطرق السعودي (٣٠٩: مواصفات المواد والاختبار المعياري).

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (١-٦-٣ و ٦-٦-٣) الحد الأدنى من المتطلبات.

١-٦-٣ الاختبارات الميدانية للخرسانة:

يرد أدناه وصف لإجراءات الاختبار الميداني النموذجية لمكونات الجسر الخرساني. تظهر المقارنة بين طرق الاختبار، من حيث قدرتها على اكتشاف العيوب في المكونات الخرسانية في الجدول (٢-٣). ينبغي أن يُستخدم الجدول (٢-٣) كدليل في اختيار طريقة الاختبار الميداني المناسبة للمكونات الخرسانية.

الجدول (٢-٣) إمكانية تقنيات التحقيق للكشف عن العيوب في الهياكل الخرسانية في الاستخدام الميداني:

القدرة على كشف العيوب						
الطريقة استناداً إلى	التشقق	التفتت	التآكل	والتهالك الاستهلاك	الكيميائي الهجوم	التجفيف في الخرسانة
القوة	غ	غ	ض	غ	ض	غ
الصوت	م	غ	ج ^٣	غ	غ	غ
الموجات فوق الصوتية	ج	غ	م	غ	ض	غ
المغناطيس	غ	غ	م	غ	غ	غ
الكهرباء	غ	غ	ج	غ	غ	غ
التصوير الحراري	غ	ج ^٣	ج ^٣	غ	غ	غ
الرادار	غ	ج ^٣	ج ^٣	غ	غ	غ
التصوير الإشعاعي	م	غ	م	غ	غ	م
ملاحظات:						
أ. ج = جيد، م = مقبول، ض = ضعيف، غ = غير مناسب.						
ب. أسفل الأسطح البيتومينية.						
ج. يكتشف انفصال الطبقات.						

١-١-٦-٣ طرق القوة:

تعمل اختبارات الارتداد والاختراق على قياس مدى صلابة الخرسانة، وللتنبؤ بقوتها. قد تكون مطرقة شميدت الأداة الأكثر استخداماً من هذا النوع. وتتكون من مكبس، وكتلة محملة بنابض تضرب الطرف الحر للمكبس الملامس للخرسانة ويرتد. ويشير مدى

الارتداد إلى مدى قوة الخرسانة عند موضع السطح الخاضع للاختبار، ويتأثر القياس بتشطيب الخرسانة والعمر وعوامل أخرى. فيمكن استخدام المطرقة لمقارنة جودة الخرسانة في مختلف أجزاء مكونات الجسر الخرساني بصفقتها تقنية للفحص، ولا ننس أنه يجري فحص سطح الخرسانة فقط، وأن قيم القوة نسبية. ويرد هذا الاختبار في معيار ASTM C805. أما بالنسبة للقوة الفعلية، فتحدد بوسائل أخرى.

يمكن أيضاً تحديد قوة الضغط النسبية للخرسانة باستخدام مسبار وندسور. مسبار وندسور هو نظام اختبار تجاري يستخدم الإجراءات الموضحة في ASTM C803، ويتولى هذا الجهاز تشغيل مسبار حديدي في الخرسانة باستخدام قدر ثابت من الطاقة التي توفرها شحنة مسحوق دقيقة، وتُقاس أطوال المسبار البارزة من الخرسانة. وتعتمد النتيجة الطبيعية على متوسط ثلاث قياسات. ويُعد هذا الاختبار ومطرقة شميدت قابلين للاستخدام مع الخرسانة الجديدة نسبياً فقط، على سبيل المثال، أقل من عام واحد.

٣-١-٦-٣ الطرق الصوتية:

تُستخدم طرق سرعة النبض الصوتي الميكانيكية للخرسانة منذ سنوات عديدة، إذ تخلق ضربات المطرقة النبض، ويُقاس وقت انتقال هذه النبضة الصوتية بين نقاط التوصيل الموضوعة على الخرسانة، ويرتبط وقت الانتقال بمعامل المرونة، بالتالي بالقوة. ويمكن أن تكون هذه التقنية فعالة، إلا أنها مملّة ويمكن تطبيقها على مناطق صغيرة فقط، ويمكن للإجراء هذا اكتشاف الاختلافات بين مناطق الخرسانة السليمة وغير السليمة، وكثيراً ما يُستخدم للكشف عن انفصال الطبقات أو الكسور الأخرى، وتعد هذه التقنية غير عملية في تقييم المساحات السطحية الكبيرة، مثل الأسطح الخرسانية. ومع ذلك، لا يوجد حالياً بديل عملي وموثوق بالنسبة للأسطح الرأسية.

كثيراً ما يُستخدم سحب السلسلة أو قضبان السبر أو حتى المطارق للكشف عن انفصال الطبقات على الأسطح الأفقية، مثل الأسطح أو أعلى الرصف. ويمكن استخدام سحب السلسلة لاجتياز مساحة كبيرة بسرعة بدقة جيدة لتحديد مناطق انفصال الطبقات بشرط أن يكون لدى المفتش خبرة في اكتشاف الأصوات المجوفة. ومع ذلك، لا تُعد استبيانات سحب السلسلة للأسطح المغطاة بالأسفلت دقيقة تماماً، إلا أنها سريعة وغير مكلفة ويمكن استخدامها كاختبار أولي لتحديد مدى الحاجة إلى إجراء تحقيقات أكثر شمولاً.

يرد مناقشة ممارسة قياس انفصال الطبقات في أسطح الجسور الخرسانية في ASTM D4580.

أبتكرت طرق صوتية محمولة وآلية لأسطح الجسور. تتكون الأداة من ثلاث مكونات: جهاز تنصت، وجهاز استقبال صوتي، ومترجم إشارة. وتُنقل الأداة عبر سطح الجسر حيث تُثبت إشارات صوتية تُرسل، وتُسَلَّم، وتُفسَّر إلكترونياً عبر الخرسانة. وتُستخدم النتائج في إنشاء خطة للسطح تشير إلى المناطق المفصولة. ومع ذلك، تقل مدى الدقة عند استخدامها على سطح مغطى بالأسفلت.

٣-١-٦-٣ تقنيات الموجات فوق الصوتية:

تُستخدم أجهزة الموجات فوق الصوتية عادةً عن طريق قياس السرعة في الخرسانة لنبيض ناتج عن محول طاقة كهربائية إجهادية. وتستند سرعة النبض إلى تكوين الخرسانة ونضجها وخصائصها المرنة. كما تستند العلاقة بالقوة على عدة خصائص أخرى ويُفضل تحديدها تجريبياً.

يتمثل الإجراء الموصى به في طريقة النقل المباشر التي تتضمن مجسات الإرسال والاستقبال في خط على الجانبين المتقابلين بسُمك الخرسانة، وينبغي توخي الحذر عند مقارنة نتائج اختبارات النقل غير المباشر بالمعايرة أو الاختبارات المستمدة من تقنيات النقل المباشر.

يبدو أن ثمة ارتباطات مناسبة بشكل معقول بين سرعة النبض وقوة الانضغاط بشرط أن تتم معايرة النظام بنوى من الخرسانة المحددة الخاضعة للتقييم. ويمكن توقع قوة الخرسانة في حدود ٢٠ % تقريباً من منحنى المعايرة المحدد للخرسانة المحددة الخاضعة للفحص، ولا يمكن توقع قوة الخرسانة من دون معايرتها بالخرسانة المحددة قيد البحث.

يوفر وجود الحديد الموازي لخط النقل مساراً يمكن للنبيضات الانتقال فيه بسرعة أكبر. ويمكن إجراء تصحيحات لهذه الحالة، ولكن يلزم وجود معلومات تفصيلية عن التسليح. ومن المستحسن بشكل عام اختيار أطوال المسار التي تتفادى تأثير حديد التسليح.

يمكن أن تؤثر الشقوق أو الفراغات المفتوحة كذلك في النبض فوق الصوتي. ومن ثم، فإن مسار النبض سينتقل حول أي تجويف في الخرسانة وتتم إطالة وقت انتقال النبض. ويمكن اكتشاف شقوق وفراغات كبيرة بهذه الوسيلة، حيث ستنتقل الشقوق الضيقة النبض من خلال نقاط التلامس، وستزيد الفراغات الصغيرة من طول المسار بمقدار ضئيل فحسب، وقد لا يمكن تمييزها عن التباين الطبيعي للقياسات.

تستطيع تقنيات الموجات فوق الصوتية، مع الخبرة والتدريب المناسبين، توفير معلومات ممتازة إزاء حالة الخرسانة. ومع ذلك، فإن الطريقة معقدة وتتطلب بعض المهارة للحصول على نتائج مفيدة، ولا تستخدم هذه التقنية عادةً في التقييم الدوري للجسور.

٤-١-٦-٣ الطرق المغناطيسية:

يتمثل التطبيق الرئيسي للطرق المغناطيسية في اختبار مكونات الجسور الخرسانية في تحديد موضع التسليح. فالطرق المغناطيسية ليست تقنيات للكشف عن العيوب أو التدهور بشكل مباشر، ولكن حقيقة أن الغطاء غير الكافي غالباً ما يرتبط بالتدهور الناجم عن التآكل تفيد بأن طريقة تحديد موقع قضبان التسليح يمكن أن تكون مهمة في التحكم في التآكل.

صُمم العديد من الأجهزة المغناطيسية المحمولة التي تعمل بالبطاريات والمعروفة باسم مقاييس الغطاء أو مقاييس سُمك الغطاء لاكتشاف موضع التسليح وقياس عمق الغطاء، إذ تولد الأجهزة مجالاً مغناطيسياً بين قطبي المجس، وتتناسب شدة المجال المغناطيسي مع مكعب المسافة من وجوه القطب. فعند وجود شريط تقوية، يتشوه المجال المغناطيسي وتكون درجة التشويه دالة لقطر الشريط وبعده عن المجس.

بشكل عام، يمكن لمقاييس الغطاء قياس سُمك الغطاء في حدود ٦٤ ملم تقريباً في نطاق من ٠ إلى ٧٥٠ ملم. وتقدم الأدوات نتائج مرضية بشأن الأجزاء الخاضعة للتسليح قليلاً، بينما لا يمكن الحصول على نتائج موثوقة إزاء الأجزاء الخاضعة للتسليح بقوة، أو حيث توجد أجزاء كبيرة من الحديد في موضع قريب. بالإضافة إلى ذلك، تفيد بعض التقارير بأن الطلاء الإيبوكسي يشوه القراءات.

٥-١-٦-٣ الطرق الكهربائية:

تتضمن الطرق الكهربائية لفحص مكونات الجسور الخرسانية المقاومة والقياسات المحتملة. حيث استُخدمت المقاومة الكهربائية لقياس نفاذية طبقات عزل سطح الجسور. وتُشير الإجراءات كأحد الاختبارات القياسية الواردة في ASTM D3633، ويتضمن قياس المقاومة بين حديد التسليح والإسفنجة الرطب على سطح الخرسانة.

ينتج عن تآكل التسليح خلايا تآكل ناجمة عن اختلافات في الجهد الكهربائي. ويمكن الكشف عن هذا الاختلاف في الجهد الكهربائي عن طريق وضع نصف خلية كبريتات النحاس الثنائي على سطح الخرسانة، وقياس الاختلافات المحتملة بين نصف الخلية وحديد التسليح. ومن المتفق عليه عموماً أنه يمكن تفسير القياسات المحتملة لنصف الخلية على النحو الآتي:

- أقل من -٠,٢٠ فولت سالب يشير إلى احتمالية عدم التآكل بنسبة ٩٠٪.
- وبين -٠,٢٠ فولت و-٠,٣٥ فولت، يكون نشاط التآكل غير مؤكد.
- وأكبر من -٠,٣٥ فولت سالب يشير إلى احتمالية حدوث تآكل بنسبة تزيد على ٩٠٪.

الحصول على قراءات إيجابية، يعني عادةً أن الرطوبة غير كافية في الخرسانة وأن القراءات غير صالحة، ولا تشير هذه الاختبارات إلى معدل التآكل وتظهر القياسات فقط إمكانية التآكل في وقت القياس.

على الرغم من الاستخدام الأكثر شيوعاً لتقنية نصف الخلية مع أسطح الجسور، قد استُخدمت مع مكونات الجسور الأخرى، مثل الانحناءات، لتحديد التآكل النشط.

٦-١-٦-٣ التصوير الحراري:

اكتشف التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء ليكون اختباراً تكميلياً مفيداً في الكشف عن التشوهات الموجودة في أسطح الجسور الخرسانية، ويمكن استخدام هذه الطريقة مع مكونات الجسور الخرسانية الأخرى المعرضة لأشعة الشمس مباشرة؛ إذ يعتمد التصوير الحراري على المبدأ القائل بأن مع تسخين الخرسانة وتبريدها، ثمة تدرج حراري كبير داخل الخرسانة نظراً إلى أن الخرسانة موصل ضعيف للحرارة، وتؤدي عمليات انفصال الطبقات والانقطاعات الأخرى إلى توقف انتقال الحرارة عبر الخرسانة، وتسبب هذه الانقطاعات ارتفاع درجة حرارة السطح في أثناء فترات التسخين مقارنة بالخرسانة المحيطة والوضع العكسي في أثناء فترات التبريد، كما يمكن قياس الاختلافات في درجة حرارة السطح باستخدام أنظمة الكشف الحساسة بالأشعة تحت الحمراء. وتستطيع المعدات تسجيل مناطق انفصال الطبقات وتحديدتها، ويمكن أن تشير الارتباطات إلى عمق انفصال الطبقات تحت السطح من خلال الاختلافات في درجة حرارة السطح، وقد ورد في (ASTM D4788) طريقة اختبار اكتشاف عمليات انفصال الطبقات في أسطح الجسور باستخدام التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء.

٧-١-٦-٣ الرادار:

استُخدم الرادار المخترق للأرض للكشف عن تدهور أسطح الجسور. وتُجرى هذه الفحوصات باستخدام رادار نبضي منخفض الطاقة وعالي التردد؛ إذ يلتقط الرادار أي انقطاع مثل الهواء إلى الأسفل، أو الأسفلت إلى الخرسانة، أو الشقوق في الخرسانة. وتُعد القدرة على قياس سُمك غطاء الأسفلت ميزة مهمة، كما تمتاز طريقة الرادار بإمكانات مهمة لفحص حالة الحافة العلوية من العارضة الصندوقية التي يتعذر الوصول إليها بطريقة أخرى. ويلزم قدر من الخبرة ليس بالقليل ولا الكثير لتحليل البيانات بشكل صحيح.

٣-٦-٨ التصوير الإشعاعي:

سيخترق إشعاع جاما الخرسانة ومن ثم يمكن استخدامه لفحص الخرسانة عن طريق تعريض فيلم الصور للإشعاع. ويوضع مصدر للإشعاع على أحد جوانب الخرسانة، بينما يُوصَلُ فيلم بالجانب الآخر. ويعيق الحديد عملية النقل، وتظهر صورة على الفيلم المُعدّ على أنها أخف من الخرسانة المحيطة، وتظهر المساحات الفارغة كصور أكثر قتامة، ومن ثم يمكن للمفتش الحصول على فكرة معقولة عن نمط حديد التسليح الخرسانتي، والموقع، ومقدار العيوب في كتلة الخرسانة، ولا يمكن إجراء التصوير الإشعاعي إلا من قِبل الشركات المعتمدة التي يمكنها التعامل مع النظائر المشعة، كما أن التصوير الإشعاعي للخرسانة مكلف ومن المرجح استخدام التطبيقات المحدودة لهذه التقنية في فحص الجسور.

٣-٦-٩ المناظير الداخلية:

تتكون المناظير الداخلية من أنابيب عرض صلبة أو مرنة يمكن إدخالها في الثقوب المحفورة في مكونات الجسور الخرسانية. ويمكن إدخال الضوء بواسطة ألياف زجاجية من مصدر خارجي. وتكون الرؤية في الأنابيب الصلبة من خلال مناشير عاكسة، وتكون في الأنابيب المرنة باستخدام نظام الألياف البصرية، وتسمح هذه النطاقات بفحص دقيق لأجزاء الهيكل التي لا يمكن رؤيتها بطريقة أخرى. ويُعد الجزء الداخلي من العارضة الصندوقية أو القناة المجوفة بعد الشد مثاليين، وتتوفر بعض المعدات مع ملحقات لكاميرا أو شاشة تلفزيون. ومع أنها أداة عرض، قد يلزم إتلاف بعض المواد لاستخدامها السليم مع الخرسانة.

٣-٦-٢ الاختبارات الميدانية للحديد:

يرد أدناه وصف لإجراءات الاختبار الميداني النموذجية لكشف العيوب في مكونات الجسور الحديدية، ويرد في الجدول (٣-٣) موجز عام للقدرات النسبية لطرق اختبار الحديد، وينبغي استخدام الجدول (٣-٣) كدليل في اختيار طريقة الاختبار الميداني المناسبة للمكونات الحديدية.

الجدول (٣-٣) إمكانية تقنيات الفحص غير التدميرية على الكشف عن العيوب في الهياكل الحديدية في الاستخدام الميداني.

القدرة على كشف العيوب										
تستند الطريقة على:	شقوف سطحية دقيقة	شقوف سطحية أعمق	شقوف داخلية	شقوف الكتل	فراغات داخلية	الحامات المسامية والخشب	السك	التآكل الناتج عن الإجهاد	ظهور بثور	حفر ناتجة عن التآكل
التصوير الإشعاعي	ع	م	م	ض	ج	ج	م	م	ض	ج
جسيم مغناطيسي (A.C.)	ج	ج	ع	ج	ع	ع	ع	ج	ع	ع
	م	ج	ع	ج	ع	ع	ع	م	ع	ض
تيار دوامي	م	ج	ع	ع	ع	ض	ض	ع	ع	ع
مختبرات الصبغة	م	ج	ع	ج	ع	ع	ع	ج	ع	م

القدرة على كشف العيوب										
تستند الطريقة على:	شقوق سطحية دقيقة	شقوق سطحية أعمق	شقوق داخلية	شقوق الكل	فراغات داخلية	اللحامات المسامية والخبث	السُّمك	التآكل الناتج عن الإجهاد	ظهور بثور	حفر ناتجة عن التآكل
الموجات فوق الصوتية	ض	ج	ج	ج	ج	م	ج	م	م	ض

ملاحظات:

أ. ج = جيد، م = مقبول، ض = ضعيف، غ = غير مناسب.

ب. إذا كان الشعاع متوازيًا مع الشقوق.

ج. القدرة تختلف باختلاف المعدات ووضع التشغيل.

١-٢-٦-٣ التصوير الإشعاعي:

يستند الفحص غير الإتلافي باستخدام الأشعة السينية إلى حقيقة أن ثمة مادة تتناسب مع سُمك الجزء الخاضع للفحص والعدد الذري تمتص الأشعة السينية، التي تُنتج إما بواسطة جهاز أشعة سينية تجاري، أو عن طريق التحلل الإشعاعي لنظير إشعاعي. ومن ثم، إذا فُحصت بهذه الطريقة قطعة من المواد بها عيب، فإن امتصاص الأشعة السينية في المنطقة التي بها عيب سيكون مختلفًا (عادةً ما يكون أقل) عن المادة الصوتية المجاورة لهذه المنطقة، وتُسجَلُ الأشعة السينية الصادرة من الجزء على فيلم أو شاشة بإضاءة فلورسنت؛ وعادةً ما تكون الصورة أكثر قتامة في المنطقة التي بها عيب. وتوفر صورة الأشعة السينية الموجودة على الفيلم سجلًا دائمًا للعيوب، كما توضح حجم العيب وشكله في بعدين، لكنها لا توضح موقع العيب بصورة متعمقة في الجزء.

يترتب على هذا الوصف أنه يمكن اكتشاف عيوب، مثل؛ شوائب الخبث، أو المسامية في اللحامات، أو المصبوبات، بسهولة بهذه الطريقة. كما يمكن اكتشاف العيوب المستوية، مثل الشقوق، ولكن فقط إذا كانت موجهة بالتوازي تقريبًا مع محور حزمة الأشعة السينية. ولن تغير الشقوق أو العيوب المستوية العمودية على محور حزمة الأشعة السينية امتصاص الأشعة السينية بشكل كبير، ومن ثم لن تُكتشف. وستنتج التوجهات المتوسطة درجات متفاوتة من قابلية اكتشاف العيوب.

تتمثل مزايا طريقة الفحص غير الإتلافي هذه في السجل الدائم الذي ينتج عادةً القدرة على تحديد حجم العيب الداخلي وشكله (ومن ثم طبيعته العيب)، وهو أمر يكاد يكون مقبولاً عالميًا في الرموز ومهنة الهندسة بشكل عام. وتتمثل العيوب الرئيسة لهذه الطريقة في عدم قدرتها على تحديد عمق العيب، وكذلك عدم قدرتها على تحديد عيوب مستوية سيئة التوجيه وضرورة استخدام معدات كبيرة أو تنطوي على خطورة بشكل عام، ويمكن أن يكون من الصعب كذلك تطبيقها في بعض المواقع الميدانية. تتمثل أحد التقديرات الخاصة بهذه الطريقة التي تضيف عليها جاذبية خاصة في حقيقة أن الفيلم الناتج هو، في الواقع، صورة للجزء، ومن ثم يرتبط هندسيًا على الفور بالجزء الخاضع للفحص، ولا يلزم إجراء تحليل ثانوي للبيانات.

٢-٢-٦-٣ المعاينة بالجسيمات المغناطيسية

تقتصر طريقة الفحص هذه، مثل المعاينة بالنافذ الصبغي، على العيوب السطحية أو القريبة من السطح. ومن القيود الإضافية المفروضة على العملية أنه لا يجوز فحص سوى المواد المغناطيسية. في التطبيق التنفيذي للطريقة، يوضع الجزء المراد فحصه في مجال مغناطيسي ويُرش مسحوق الحديد الناعم (عالق) أو يُنفخ عليه. وإذا كان المجال المغناطيسي غير مضطرب بسبب أي انقطاع في السطح أو تحت السطح، يتمشى مسحوق الحديد مع المجال في فيلم موحد. وإذا أدى الانقطاع (مثل شقوق) إلى اضطراب المجال، فسبب حدوث تجمع لخطوط القوة المغناطيسية، ومن ثم، تجمع مسحوق الحديد. وسيُظهر هذا التجمع وجود الشقوق في أثناء الفحص البصري. ولاكتشاف الشقوق، تجب محاذاتها بشكل عرضي أو شبه عرضي مع المجال المغناطيسي. ولهذا السبب، تنبغي محاذاة المجال المغناطيسي عموديًا على الاتجاه المتوقع لتكوين العيب أو تنوعه في الاتجاه. وبالنسبة إلى الاختبارات التنفيذية، يُحقَّق ذلك عادةً بمغطة الجزء بالتتابع في ملف دائري كبير لإنتاج مجال مغناطيسي طولي وتمرير التيار عبر الجزء لإنتاج مجال مغناطيسي دائري.



تستخدم التطبيقات الميدانية مغناطيسياً دائماً، أو مغناطيسياً كهربائياً، أو لفائف محمولة، أو كابلات موصلة، أو مسابير الأقطاب الكهربائية. وتتطلب المسابير تياراً مماثلاً لتيار اللحام. وإن لم تثبت المسابير وتبقى في اتصال مناسب، فيمكن يحدث انحناء كهربائي ويسبب تلفاً للمكونات. ولا ينبغي استخدام المسابير مع المكونات المعرضة للإجهاد أو الأجزاء المحملة بشدة. وبدلاً من ذلك، ينبغي استخدام طرق التطبيق الميدانية البديلة. ويُفضل عمومًا تثبيت أدوات الإقران الكهربومغناطيسية على هذه المكونات. وإذا تم تحريك المغناطيس الكهربائي أو أي معدات مغناطيسية محمولة أخرى حول الجزء أو الهيكل المراد فحصه، فيمكن اكتشاف عيوب في أي اتجاه.

تتمثل مزايا هذه الطريقة في إمكانية نقلها نسيباً والحد الأدنى من المهارات اللازمة لتشغيلها وقدرتها على اكتشاف الشقوق الضيقة. بالطبع، فاستخدامها محدود في المواد التي يمكن تطبيقها عليها ونوع العيوب التي يمكن أن تكتشفها. مجدداً، في بعض التطبيقات، لديها قيود إضافية تتمثل في ترك الجزء في الحالة المغنطة. وعلى الرغم من أن هذا الأمر لا يمثل مشكلة عادةً، فإنه قد يتعارض مع بعض العمليات اللاحقة، مثل اللحام. ومن الممكن إزالة مغناطيسية المنطقة التي تُفحص بهذه الطريقة، لكن هذا يستغرق وقتاً طويلاً ويزيد التكلفة.

٣-٢-٦-٣ المعاينة بالتيار الدوامي:

تعمل هذه الطريقة بشكل مشابه للغاية للمعاينة بالجسيمات المغناطيسية، ولكن يُكتشف العيب عن طريق اضطراب في المجال الكهربائي وليس المغناطيسي في المادة المفحوصة. في هذه التقنية، تنتج اللقافة التي تحمل تياراً متردداً تيارات دوامة في موصل قريب. وتنتج التيارات الدوامة للموصل، بدورها، مقاومة في لقافة بحث أكثر إثارة أو في لقافة بحث منفصلة إذا رغبت في ذلك. وتستند المقاومة الناتجة إلى طبيعة الموصل ولقافة الإثارة، وحجم التيار وتردده، ووجود انقطاعات في الموصل أو عدم وجودها؛ لذا تُستخدم الطريقة بمسح اللقافة ضوئياً فوق سطح المنطقة المراد فحصها. وتنتج العيوب تغييراً مميزاً في المقاومة كما يظهر في أي قرص أو عداد (يمكن وضع المخرج على مخطط إذا رغبت في ذلك).

لم تُطبق هذه الطريقة إلا بشكل محدود لعدة أسباب؛ أهمها أنه لا تُفحص سوى الأشكال الهندسية البسيطة بشكل عام. فالأشكال الهندسية المعقدة تغير قراءات المقاومة في حد ذاتها ومن ثم تحد من فائدة الإجراء. مرة أخرى، كما هو الحال مع المعاينة بالجسيمات المغناطيسية، يمكن فحص الموصلات فقط.

ثمة بعض الإمكانات لهذه الطريقة. يمكن اكتشاف العيوب بصورة متعمقة، أو مع التحكم في التردد المناسب، قد يقتصر الفحص على السطح، كما يمكن تقدير حجم العيب من استجابة المنطقة المفحوصة، ولا تعد هذه الطريقة حساسة تجاه العديد من ظروف السطح (على سبيل المثال، الطلاء) التي تعوق الطرق الأخرى. ويبدو أن هذه الطريقة بحاجة إلى مزيد من التطوير لتكون قابلة للتطبيق بشكل عام. ومن المؤكد أن الحساسية الهندسية للطريقة تمثل عيباً حقيقياً.

٤-٢-٦-٣ المعاينة بالنافذ الصبغي:

ربما تكون طريقة المعاينة بالنافذ الصبغي هي الطريقة الأكثر شيوعاً في الورش والميادين للكشف عن العيوب، وعلى الرغم من أنها تقتصر بالكامل على العيوب التي تخترق سطح الهيكل، إلا أنها غير مكلفة وسهلة التطبيق والتحليل.

الطريقة نفسها بسيطة: يُنظف سطح الجزء المراد فحصه، عادةً ميكانيكياً، باستخدام عامل إزالة الشحوم الكيميائي، أو كليهما. يوضع سائل على السطح ليُفحص -غالباً- ببخاخ، ويترك للتغلغل في الشقوق أو العيوب السطحية عن طريق التجاذب الشعري أو غيره من ظواهر ترطيب السطح. وبعد مرور دقائق، تزال السائل المتغلغل، ويُرش محلول ثانٍ على السطح. وعادةً ما تجف الطبقة الثانية، المعروفة بالمحلول المظهر، وتتحول إلى مسحوق طباشيري وتبقى كما هي في المناطق التي لا يوجد فيها عيب. وفي موقع التشقق، يتسرب السائل من الشق حيث يُحصر ويلطخ مظهر المحلول المظهر؛ ولهذا السبب تُستخدم مواد نافذة بألوان زاهية -غالباً حمراء-، وتشير البقع الحمراء النافذة الموجودة على مطور الطباشيري الأبيض إلى وجود تشقق أو عيب آخر عند قيام جهة الفحص بفحصه بصرياً، وتتضمن تعديلات النظام مواداً نافذة مختلفة للزوجة لاكتشاف الشقوق ذات الأحجام المتنوعة، والمحلولين المظهرين الرطبيين بدلاً من الجافين، والمواد النافذة التي تتوهج تحت الضوء فوق البنفسجي لإظهار العيوب الصغيرة.

تتمثل المزايا الرئيسية لهذه الطريقة في سهولة إجراء الاختبارات والحد الأدنى من المهارات المطلوبة والتكلفة المنخفضة، ولا تستغرق الاختبارات وقتاً طويلاً، ويمكن إجراؤها بشكل متكرر في أثناء عمليات أخرى، على سبيل المثال؛ لتحديد ما إذا كان العيب الذي أُزيل بالطحن قد جرى التخلص منه تماماً، وتُعد هذه الطريقة أكثر الطرق قابلية للنقل.

يتمثل العيب الرئيسي للطريقة في أنه لا يمكن اكتشاف سوى العيوب السطحية، وهذا يُقيد فائدة الطريقة في تحديد عمق العيب والموافقة على "الكود" لمعظم الهياكل. ومع ذلك، من المنظور التنفيذي والعلمي، يمكن اكتشاف العديد من العيوب التي تحدث في أثناء الانشاء (على سبيل المثال، شقوق اللحام) إذا استُخدم النافذ الصبغي في مراحل وسيطة في الانشاء. ومن ثم، يمكن اكتشاف العيوب المخفية لاحقاً وإصلاحها قبل إقفائها عن الأنظار، ويمكن أن يؤدي استخدام النافذ الصبغي في أثناء التصنيع إلى منع الرفض لاحقاً عند استخدام الفحص بالموجات فوق الصوتية أو الأشعة السينية، ونادراً ما تُستخدم طرق المعاينة بالنافذ الصبغي الأكثر تعقيداً التي تستخدم الضوء فوق البنفسجي في التطبيقات الميدانية.

٥-٢-٦-٣ المعاينة بالموجات فوق الصوتية:

يعتمد إجراء الاختبار بالموجات فوق الصوتية على الخصائص الموجية للصوت في المواد لاكتشاف العيوب الداخلية، وتُطبق الموجات الصوتية عالية التردد على شكل اهتزازات ميكانيكية على الجزء المراد اختباره وتصطدم الموجات، التي تمر عبر المادة، بمنشّق وصولاً إلى سطح خارجي في النهاية، ثم تنعكس الاهتزازات الصوتية، وتشير طبيعة إشارة الإرجاع إلى موقع السطح العاكس ونوعه، وتتضمن الأجهزة العادية مولد موجات صوتية وجهاز استقبال -يُدمج عادة في وحدة واحدة- وشاشة عرض يُعرض عليها النبض الأولي والنبض المنعكس، وتتيح أجهزة العرض تقدير موضع العيب (بصورة متعمقة) وطبيعة العيب، ومن خلال تحريك الجزء المعني بالكشف من الوحدة (يسمى وحدة البحث) على طول الجزء المراد فحصه، يتضح حجم العيب. وتتأثر حساسية الاختبار بعدد كبير من متغيرات الاختبار، مثل؛ تردد الصوت، وتصميم وحدة البحث، والأجهزة، والمعالجة الإلكترونية لإشارة الإرجاع ومهارة المشغل، وعادة تُسرد نتائج الفحص في نموذج أعده المشغل استناداً إلى ملاحظاته لشاشة العرض.

تتمثل المزايا الرئيسية لهذا النظام من الفحص غير الإتلافي في قابلية نقله، وحساسيته، وقدرته على اكتشاف موقع الشقوق أو العيوب بعمق، ومن ناحية أخرى، يمثل الخطأ الأساسي للنظام في أنه لم يُنتج أي سجل دائم للعيوب حتى الآونة الأخيرة، لكن الآن أصبح من الممكن إعداد سجلات فوتوغرافية للعرض، وأصبحت المعدات متاحة للسماح بتخزين البيانات الميدانية بتنسيق مناسب لإعداد التقارير ومعالجة أجهزة الحاسوب اللاحقة، وتُعد حساسية الطريقة من الخصائص الأخرى للنظام التي غالباً ما تمثل عائقاً. إذ يمكن رؤية الكثير، على سبيل المثال، حجم الحبيبات في المعادن والعيوب الطفيفة التي لا يمكن ملاحظتها بطرق أخرى، لكن لا يستطيع النظام اكتشاف عيوب السطح بشكل جيد للغاية. كما أن اعتماد الطريقة على مهارة المشغل هو عامل غير موثوق.

أُجريت المزيد من الأبحاث لتعديل هذه الطريقة وجعلها قابلة للتطبيق على نطاق أوسع من معظم الطرق الأخرى؛ لذا من المرجح أن يكون التقدم التكنولوجي أكثر احتمالاً في هذا المجال.

٣-٦-٣ اختيار عينات المواد:

لا ينبغي استخدام الاختبارات التي تتطلب إزالة المواد من الهيكل إلا عند الحاجة إلى جزء معين من المعلومات، و فقط عندما يمكن أن توفر النتائج شيئاً مفيداً في التقييم الشامل للجسور.

ويرد في الجدول (٤-٣) عدد قليل من المواصفات الشائعة لاختيار عينة المواد، وتنبغي إزالة العينات من مناطق الجسور المعرضة لمستويات إجهاد منخفضة وفقاً لما يحدده المهندس، والحصول على عدد كافٍ من العينات لتقديم نتائج تمثل الهيكل الذي يجري تقييمه بالكامل. -وعادةً-، سيلزم وجود ما لا يقل عن ثلاث عينات.

الجدول (٤-٣) طرق (ASTM and AASHTO) القياسية لاختيار عينة المواد.

التسمية	العنوان
C٤٢/٢٤	الطريقة القياسية لاختيار العينات اللبية المحفورة وعينات العوارض المنشورة من الخرسانة واختبارها
T٢٦٠	طريقة الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار أيونات الكلوريد في الخرسانة والمواد الخام الخرسانية
C٨٢٣	الممارسة القياسية لفحص الخرسانة المتصلبة المستخدمة في الإنشاءات وأخذ عينات منها
A٦١٠	طرق الاختبار القياسية لأخذ عينات السبائك الحديدية لتحديد الحجم
A٦٧٣	المواصفة القياسية لأخذ العينات لاختبار تأثير الحديد الإنشائي (اختبار شاربي)
A٣٧٠	طرق الاختبار القياسية وتعريفاته للاختبار الميكانيكي للمنتجات الحديدية
ملاحظات:	
أ. تُسمى طرق اختبار (ASTM) "أ" أو "ج"، تُسمى طرق اختبار (AASHTO) "ر".	

إن إزالة المواد من الهيكل سيترك ثقبًا أو فراغًا في جزء واحد أو أكثر. ويمكن إجراء الإصلاحات على أجزاء الخرسانة والانشاء بسهولة. ويمكن أن تكون إصلاحات الأجزاء الحديدية أكثر تعقيدًا، لا سيما إذا استُخدم اللحام، ويقوم بها موظفون ذوو خبرة، كما ينبغي توخي الحذر لتقليل أي إجهاد متبقي ناتج عن عمليات الإصلاح.

٤-٦-٣ الاختبارات المعملية:

لاستكمال الاختبارات الميدانية والملاحظات، ثمة العديد من الاختبارات المعملية الموحدة والمستخدمة دوريًا في تقييم المواد المستخدمة في الجسور، ويرد في الجدولان (٥-٣ و ٦-٣) مواصفات (ASTM and AASHTO) التي تنظم الاختبارات المعملية للمكونات الخرسانية والحديدية، على التوالي.

ينبغي إجراء الاختبارات المعملية عن طريق مختبرات فحص على دراية بمواصفات (ASTM and AASHTO) والجهة المسؤولة عن الجسور لتستخدم.

٥-٦-٣ تفسير نتائج الاختبار وتقييمها:

تُفسر نتائج الاختبارات الميدانية والمخبرية وتُقيّم من ذوي الخبرة في هذا النشاط، فإذا أُجري الاختبار نفسه سابقًا على مادة من هذا الهيكل، فإنه ينبغي مقارنة نتائج الاختبار والاختلافات الملاحظة، ثم تقييمها. وعند استخدام أكثر من نوع واحد من الاختبارات لقياس خاصية المادة نفسها، ينبغي مقارنة نتائج الاختبار الفردية وتوضيح الاختلافات.

الجدول (٥-٣) طرق اختبار (ASTM and AASHTO) القياسية للخرسانة للاستخدام في المختبر.

التسمية	العنوان
C٣٩/T٢٢	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة انضغاط عينات الخرسانة الأسطوانية
C١٠٨٤/T١٧٨	طريقة الاختبار القياسية لمحتوى الأسمنت البورتلاندي في خرسانة الأسمنت الهيدروليكي المتصلبة
C١٧٤/T١٤٨	طريقة الاختبار القياسية لقياس طول عينات الخرسانة اللبية المحفورة
C٤٥٧	طريقة الاختبار القياسية للتحديد المجهرى لنظام الفراغات الهوائية في الخرسانة المتصلبة
C٤٦٩	طريقة الاختبار القياسية لمعامل المرونة الثابت ونسبة بواسون للخرسانة عند الانضغاط
C٤٩٦	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الشد الانفلاقية لعينات الخرسانة الأسطوانية
C٦١٧/T٢٣١	الممارسة القياسية لتغطية عينات الخرسانة الأسطوانية
C٦٤٢	طريقة الاختبار القياسية للشد والامتصاص والفراغات في الخرسانة الصلبة
C٦٦٦/T١٦١	طريقة الاختبار القياسية لمقاومة الخرسانة للتجمد والذوبان السريعين
C٨٥٦	الممارسة القياسية للفحص البتروجرافي (الصخري) للخرسانة المتصلبة
T٢٥٩	طريقة اختبار مقاومة الخرسانة لاختراق أيونات الكلوريد ^ب
T٢٦٠	طريقة الاختبار القياسية لأخذ العينات واختبار أيونات الكلوريد في الخرسانة والمواد الخام الخرسانية
T٢٧٧	طريقة الاختبار القياسية للإشارة الكهربائية إلى قدرة الخرسانة على مقاومة اختراق أيونات الكلوريد

التسمية	العنوان
ملاحظات:	
أ. تُسمَّى طرق اختبار (ASTM) "ج"، وتُسمَّى طرق اختبار (AASHTO) "ر". ب. يبلغ حد التآكل ٠,٧٧ إلى ١,١٨ كجم من الكلوريد تقريباً لكل متر مكعب.	

الجدول (٦-٣) طرق اختبار (AASHTO and ASTM) القياسية للحديد للاستخدام في المختبر.

التسمية	العنوان
A٣٧٠/T٢٤٤	طرق الاختبار القياسية وتعريفاته للاختبار الميكانيكي للمنتجات الحديدية
E٣	الدليل القياسي لتحضير عينات من التركيبات المعدنية
E٨/T٦٨	الطريقة القياسية لاختبار شد المواد المعدنية
E١٠/T٧٠	طريقة الاختبار القياسية للصلادة البرينيلية للمواد المعدنية
E٩٢	طريقة الاختبار القياسية لاختباري صلادة المواد المعدنية بمقياس فيكرز ونوب
E١٠٣	الممارسة القياسية للاختبارات السريعة لقياس صلادة تلم المواد المعدنية
E١١٠	طريقة الاختبار القياسية لاختباري صلادة المواد المعدنية بمقياس فيكرز ونوب:
E١١٢	طرق الاختبار القياسية لتحديد متوسط الحجم الحبيبي
E٣٤٠	الممارسة القياسية للتميش الظاهري للمعادن والسبائك
E٣٨٤	طريقة الاختبار القياسية للصلادة البرينيلية للمواد
E٤٠٧	الممارسة القياسية للتميش الظاهري للمعادن والسبائك
E٨٨٣	الدليل القياسي للتصوير المجهرى للضوء المنعكس
ملاحظات:	
a. تُسمَّى طرق اختبار (ASTM) "أ" أو "هـ"، وتُسمَّى طرق اختبار (AASHTO) "ر".	

٦-٦-٣ تقرير الاختبار:

توثق جميع الاختبارات الميدانية والمخبرية كتابياً، وتصبح جزءاً من ملف الجسور. وحيثما تُستخدم الأجهزة في إجراء الاختبار، ينبغي أن يتضمن التقرير نوع المعدات والجهة المصنعة والرقم التسلسلي؛ ونسخة من أحدث شهادة معايرة؛ واسم المشغل المدرب. أما عن الاختبارات المعملية، ينبغي تقديم النتائج في تقرير رسمي باستخدام أوراق المختبر الرسمية موقعة من مسؤول المختبر المعني.



٣-٧ نماذج وتقارير الفحص:

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء التالية الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-٧-١ دفاتر الملاحظات الميدانية:

تُعد نماذج وتقارير الفحص للاستخدام الميداني بطريقة منهجية تتضمن رسومات تخطيطية وصورًا فوتوغرافية ذات صلة وغرفة للملاحظات. وللغرض الدوري للجسور الأصغر حجمًا؛ يمكن تجميع هذه المواد في ملف بسيط لكل جسر. وبالنسبة إلى الجسور الأكبر حجمًا أو الأكثر تعقيدًا، تُجمع هذه المعلومات في كثير من الأحيان في دفتر أو ملف مخصص للفحص؛ ما يتيح للمفتش وصولاً سريعاً إلى المعلومات في تسلسل منطقي.

تُوثق المعلومات والبيانات المجمعة ميدانيًا توثيقًا واضحًا ومفصلاً، مع التأكد من إمكانية تفسير الملاحظات والرسومات بالكامل في وقت لاحق. والتقاط صور في الميدان لتوضيح العيوب أو تقديم مراجع، ويتوفر شرح واضح مع التسميات التوضيحية في الملاحظات الميدانية.

ضمان قيام جميع المفتشين بإعداد وثائق موحدة يسهل على جميع فرق الفحص وموظفي المكاتب فهمها؛ واستخدام المختصرات الموحدة ووسائل الإيضاح والترقيم المنهجي لمكونات الجسور. بالإضافة إلى استخدام التسميات المتسقة لوصف مكونات الجسور.

استخدام الرسومات والصور الفوتوغرافية لتكملة الملاحظات المكتوبة المتعلقة بالموقع والخصائص المادية لأوجه القصور. وكذلك استخدام الصور والرسومات لتحديد المناطق ومدى تعرضها للتدهور، وتتيح الرسومات البسيطة للارتفاع والمقاطع للأجزاء التالفة تحديد أبعاد العيوب دون الحاجة إلى الملاحظات المكتوبة المطولة.

٣-٧-٢ التقارير:

توثق تقارير فحص الجسور نتائج الفحص الميداني، ويتضمن تقرير الفحص وصفًا لحالة مكونات الجسور المفحوصة، وتحديد أي أوجه قصور ملحوظة، وتوصيات للمتابعة حسب الضرورة. بالإضافة إلى التأكد من أن التقارير تشير بدقة إلى مكان ومدى كل عيب وتدهور حتى يتمكن المفتشون المستقبليون من إجراء مقارنة بين الحالات بسهولة.

التأكد من أن تقارير فحص الجسور تتضمن مصادر جميع المعلومات الواردة في التقرير، بما في ذلك أسماء المفتشين وتاريخ الفحص، وكذلك أي مصادر أخرى للبيانات. التأكد من مراعاة المفتشين إمكانية تخصيص الأموال أو إجراء إصلاحات مصممة استنادًا إلى نوعية المعلومات المقدمة ودقتها عند إعداد تقرير. وتستخدم بيانات فحص الجسور كذلك في تحديد سعة التحميل الآمنة للجسور، التي ترتبط بمستويات وضع أعمدة تحديد الأحمال والتصاريح. كما تُعد التقارير سجلًا قانونيًا يمكن أن يشكل عنصرًا مهمًا في بعض الدعاوى القضائية المستقبلية.

كتابة التقارير بطريقة يسهل فهمها من قبل جميع أصحاب المصلحة في عملية الفحص، بدءًا من مهندسي تصميم الجسور إلى موظفي الصيانة، وتجنب استخدام لغة غامضة أو لغة لا يمكن فهمها بسهولة.

كتابة توصيات للإصلاح والصيانة بطريقة تساعد على تحديد أولويات إجراءات المتابعة.

٣-٨ ضمان الجودة وضبطها:

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء التالية الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-٨-١ إدارة جودة الفحص:

للحفاظ على دقة عمليات الفحص واتساقها وتقديرات الأحمال؛ تحتاج برامج فحص الجسور إلى اتخاذ تدابير مناسبة لضبط الجودة (QC) وضمان الجودة (QA)، وتهدف إجراءات ضبط الجودة إلى الحفاظ على جودة عمليات فحص الجسور وبيانات الجسور وتقييمات الجرف وتقديرات الأحمال، وعادة ما تُجرى باستمرار داخل فرق أو وحدات فحص الجسور التي تؤدي هذه الوظائف، وقد تختلف إجراءات ضبط الجودة استنادًا إلى الحالات الإنشائية للجسور وحالات الجرف الخاصة به مع زيادة مستوى التقييم بما يتناسب مع زيادة تدهور حالات الجسور، وتستخدم إجراءات ضمان الجودة للتحقق من كفاية إجراءات ضبط الجودة بهدف الوفاء أو تجاوز المواصفات التي وضعها مدير البرنامج. وعادةً ما تُنفذ إجراءات ضمان الجودة بشكل مستقل عن فرق فحص الجسور وتقييم الأحمال على عينة من عملها.

٣-٨-٢ إجراءات ضبط الجودة/ ضمان الجودة:

يمكن أن تتضمن إجراءات الجودة النموذجية استخدام قوائم تحقق لضمان الاتساق والاكتمال، ومراجعة التقارير والحسابات من جانب شخص غير الشخص المنشئ، والمراجعة الميدانية الدورية لفرق الفحص وعملها. ويمكن أن تشمل خطة ضبط الجودة الموثقة الآتي:

- تحديد الأدوار والمسؤوليات المتعلقة بضبط الجودة.
 - مؤهلات مدير البرنامج وموظفي فحص الجسور وموظفي تقييم الأحمال، بما في ذلك:
 - التعليم.
 - والشهادة أو وثيقة التسجيل.
 - والتدريب.
 - وعدد سنوات الخبرة ونوعها.
 - إجراءات مراجعة تقارير الفحص والبيانات والتحقق من صحتها.
 - وإجراءات توثيق المعلومات المهمة لفحص الجسور.
 - وإجراءات مراجعة صحة تقييم الأحمال وحسابات وبيانات الجرف.
 - وإجراءات تحديد مشكلات البيانات وحلها -بما في ذلك- الأخطاء، وحالات الإغفال والتوافق بين البنود والتغييرات، أو أي مزيج منها.
- تشمل تدابير ضمان الجودة المراجعة الشاملة لبرنامج الفحص والتقدير للتأكد من أن النتائج تلبى أو تتجاوز المواصفات التي وضعها مدير البرنامج، ويمكن أن تتضمن خطة ضمان الجودة الموثقة ما يأتي:

- تحديد الأدوار والمسؤوليات المتعلقة بضمان الجودة.
- ومعلومات التكرار لمراجعة المناطق أو الوحدات والجسور.
- وإجراءات ومعلومات اختيار العينة لتحديد الجسور لإجراء مراجعة مستقلة وفحص النتائج، بما في ذلك:
 - تقدير حالة العناصر أو تغيير في تقييم الحالة.
 - وتقييم الأحمال وتقييمات الجرف.
 - وحالات وضع أعمدة تحديد الأحمال.
 - وحالات القصور.
 - والنتائج المهمة وحالات إجراء المتابعة.
 - وموقع الجسور.

تساعد تدابير ضمان الجودة على التحقق من أن ممارسات ضبط الجودة تؤدي إلى عمليات فحص دقيقة وشاملة، وملفات كاملة للجسور، وتقديرات دقيقة وكاملة للأحمال وتقييمات الجرف، والمفتشين المؤهلين ومقيمي الأحمال، ويستخدم مدير البرنامج نتائج مراجعات ضمان الجودة للحفاظ على جودة البرنامج وإجراء التحسينات اللازمة.

٣-٩ احتياطات السلامة:

وضع برنامج لسلامة موظفي الفحص يتضمن معلومات عن سلامتهم وصحتهم، بما في ذلك التشغيل السليم لأدوات ومعدات الفحص. إن سلامة أعضاء فريق الفحص والسلامة العامة هي الأولوية القصوى، ويجب أن يجسد برنامج السلامة هذا تشريعات الهيئة العامة للطرق (RGA) التي تنظم السلامة والصحة في بيئة عمل فحص الجسور. ويرد المزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٥ (تصميم مرافق الطرق ومنشآتها - تصميم منطقة العمل).

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء التالية الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-٩-١ سلامة المفتشين:

يُنصح بارتداء ملابس واقية شخصية في جميع الأوقات، بما في ذلك القبعات الصلبة، والسترات، ونظارات السلامة، والأحذية المناسبة في أثناء عمليات الفحص، والتدريب على أساليب حماية السمع والبصر والوجه المناسبة عند استخدام الأدوات اليدوية والكهربائية. فضلاً عن إبقاء جميع المعدات وأجهزة السلامة والآلات في أفضل حالة تشغيل ممكنة.

تشغيل مركبات الفحص وفقاً لأدلة التشغيل التي تقدمها الجهة المصنعة، والتدريب على إجراءات الطوارئ وتنفيذها في حالة تعطل المعدات أو المركبة.

يُنصح بارتداء أحزمة الأمان وحبال الأمان وأحزمة التثبيت وغيرها من معدات السلامة الشخصية وفقاً للمواصفات المعمول بها، والحفاظ على حبال الإنقاذ والأحزمة وحبال الأمان والمعدات الأخرى في حالة جيدة، بالإضافة إلى التخلص من المعدات البالية أو التالفة، والحفاظ على نظافة معدات السلامة وبقائها بعيداً عن المواد الكيميائية الضارة المحتملة، مثل البنزين والناقل الصبغي والزيت.

يُنصح باستخدام احتياطات السلامة المناسبة عند دخول الأماكن الضيقة مثل الجزء الداخلي من العارضة الصندوقية. وينبغي استخدام اختبار جودة الهواء، أو التهوية، أو استخدام جهاز التنفس الذاتي (SCBA) عند الضرورة، والاعتماد على حسن التقدير والمنطق السليم بجانب برامج السلامة المعمول به، وإدراك أن كل موقع من مواقع الجسور فريد من نوعه، ويجب توخي الحذر المناسب في المواقف التي قد توجد فيها ظروف عمل غير عادية. وملاحظة أن بعض المساحات يمكن تصنيفها على أنها أماكن ضيقة "تتطلب تصريحًا" وتتطلب استيفاء شروط التصريح قبل العمل في ذلك الحيز، وتلقي تدريب دوري على الإسعافات الأولية والإنعاش القلبي الرئوي (CPR). بجانب التدريب على الحماية من السقطات ونظام الإخطار بالمواد الخطرة (HAZCOM)/النظام العالمي المتوافق، والقيادة الدفاعية حسب الضرورة.

تلقي تدريب على استخدام جهاز التنفس واختبار اللياقة التنفسية.

ويمكن أن تتطلب بعض أنشطة فحص الجسور إزالة طلاءات الجسور التي تحتوي على معادن ثقيلة أو التعرض لها. وينبغي وضع إجراء لتسهيل السلامة عند العمل في هذه الحالات، والتخلص من المعادن الثقيلة الموجودة في الهواء، مثل الرصاص، إلى أقصى حد ممكن عمليًا. ويجب أن يتضمن التدريب أساليب السلامة وضبط جودة الهواء التي يتعرض له الموظف، وربما حتى فحص الدم وتتبعه لمعرفة مستوى الرصاص في الدم (BLL) للمفتشين العاملين في هذه البيئات.

إجراء اختبار الرؤية الرسمي -بما في ذلك عمى الألوان- واختبار السمع حسب الضرورة لموظفي الفحص.

٣-٩-٢ السلامة العامة:

حرصًا على السلامة العامة، يوصى باستخدام الإجراءات المناسبة لضبط حركة المرور وحماية منطقة العمل في أثناء فحص أي جسر. كما يُنصح باستخدام المجلد ٦٠٢ (الدليل الموحد لوسائل التحكم المروري)، الذي تكمله الهيئة العامة للطرق والهيئات المحلية، كدليل لهذه الإجراءات. بالإضافة إلى إجراء عمليات الفحص، إلى أقصى حد ممكن عمليًا، لتقليل تعطيل تدفق حركة المرور.

تنسيق الأعمال التي يقوم بها الموظفون أو تتضمن معدات أو تلك التي يتمركز فيها الموظفون أو المعدات على بعد ٧,٥ أمتار من أي مسار للسكك الحديدية سابقًا مع الهيئة أو الشركة المناسبة. وستحدد هذه الهيئة ما إذا كان يجب وجود حامل الراية وما إذا كان يلزم تنفيذ أي تدابير وقائية خاصة للسلامة. كما تتطلب بعض خطوط سكك الحديد إكمال دورة تدريبية رسمية للتوعية بسلامة سكك الحديد قبل إجراء أي أعمال في سكك الحديد على حرم الطريق.

٣-١٠ كفاءات فريق الفحص:

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء التالية الحد الأدنى من المتطلبات.

٣-١٠-١ مدير البرنامج:

الفرد المسؤول عن جميع أنشطة فحص الجسور، بما في ذلك إعداد التقارير وحفظ قائمة الجرد، ويتحمل مدير البرنامج مسؤولية الإشراف العام وتقديم التوجيهات إلى موظفي برنامج الفحص، كما يضع مدير البرنامج سياسات وممارسات متسقة للهيئة العامة للطرق (RGA). ويجب أن تتوفر الشروط الآتية في مدير المشروع كحد أدنى:

- أن يكون مهندسًا محترفًا مسجلًا أو لديه خبرة ١٠ سنوات في فحص الجسور.
- إكمال دورة تدريبية شاملة معتمدة إزاء فحص الجسور.
- إكمال ما مجموعه ١٨ ساعة من التدريب المعتمد لتجديد معلومات فحص الجسور خلال فترات تبلغ كل فترة منها ٦٠ شهرًا.

٣-١٠-٢ قائد فريق الفحص:

يتحمل الشخص المسؤول عن فريق الفحص مسؤولية التخطيط لفحص موقع الجسور وإعداده وتنفيذه، وينبغي التأكد من وجود قائد فريق الفحص المؤهل دائمًا في موقع الجسور في أثناء عمليات الفحص الأولية والدورية والمتعمقة والحيوية للأجزاء المحطمة وكذلك عمليات الفحص تحت الماء.

وينبغي لقائد الفريق استيفاء أحد المؤهلات الثلاثة الآتية كحد أدنى:

- مهندس محترف مسجل يتمتع بخبرة مدتها سنة أشهر في فحص الجسور.
- يتمتع بخبرة مدتها خمس سنوات في فحص الجسور.
- يتمتع بكل الشروط الآتية:
 - حاصل على درجة بكالوريوس في الهندسة من كلية أو جامعة معترف بها.
 - يتمتع بخبرة سنتين في فحص الجسور.



بالإضافة إلى المؤهلات المذكورة أعلاه، يجب على قائد الفريق إكمال دورة تدريبية شاملة معتمدة لفحص الجسور وإكمال ما مجموعه ١٨ ساعة من التدريب المعتمد لتجديد معلومات فحص الجسور على مدار فترات تبلغ كل واحدة منها ٦٠ شهرًا.

٣-١٠-٣ مدير تقييم الأحمال:

الشخص المسؤول عن تقديرات الأحمال. ويحدد مدير تقييم الأحمال طرقًا متسقة ومركبات وما إلى ذلك لاستخدامها ويقدم التوجيهات حسب الضرورة.

٣-١٠-٤ غَوَاص فحص أجزاء الجسر المغمورة بالماء:

يمكن أن يكون الغواص المسؤول عن فحص أجزاء الجسور المغمورة بالماء كذلك قائد فريق الفحص إذا كان لديه متطلبات تدريب أو خبرة يحتاجها المفتشون عند فحص الجسور المعقدة.



٤- فحص عناصر الجسر وتقييمها

٤-١ مقدمة:

يتناول هذا الباب إجراءات الفحص عن طريق الفحص والمراقبة البصرية لعناصر الجسور، مثل؛ الأنواع الإنشائية المختلفة لبلاطات سطح الجسور، والمكونات المختلفة للبنية الفوقية والبنية السفلية، والمحامل والفواصل وحواجز الحماية، وغير ذلك. ويرد مزيد من المعلومات بشأن تقييم الحالة والعيوب التي تتحكم في حدود البنية الفوقية والبنية السفلية، في البابين ٤ و ٥ من المجلد كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)، على التوالي.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (٤-١ إلى ٤-١٠) الحد الأدنى من المتطلبات.

٤-٢ بلاطات سطح الجسور:

يغطي هذا الجزء فحص بلاطات سطح الجسور المنشأة من الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد والحديد. وبالإضافة إلى المعلومات الواردة هنا، تُرجى استشارة الهيئات لمعرفة تقنيات فحص السطح الشامل.

- صممت العديد من أسطح الجسور للعمل بطريقة مركبة تحت الحمل المباشر مع أجزاء البنية الفوقية الداعمة.
- التأكد من عمل أسطح الجسور المركبة حسبما خطط المصمم.
- يمكن أن تكون الحركة بين الجزء السفلي من سطح الجسور والحافة العلوية البارزة للأجزاء الداعمة أو فقدان التاج مؤشرًا على انخفاض حركة الأجزاء المركبة.

٤-٢-١ الأسطح الخرسانية:

يوصى بفحص الأسطح الخرسانية تحسبًا لوجود تشقق ورشح وقشور وحفر وتشط، وغيرها من الأدلة على التدهور، وتقييم كل عيب لتحديد تأثيره في الهيكل، وكذلك الحاجة إلى استعادة أي نقص في السلامة الإنشائية والحفاظ على سطح سلس للأحمال. كما يتعين فحص أدلة تدهور حديد التسليح عن كثب لتحديد نطاق التدهور، ومن المحتمل أن تتأثر الأسطح المعالجة بأملاح التنويب، أو تلك الموجودة في البيئة الرطبة.

يمكن تحديد نطاق التشقق والتشطي عن طريق النقر برفق بمطرقة أو بسحب سلسلة عبر السطح بالقرب من الشظية، ويشير الصوت الأجوف إلى مستوى انفصال أو كسر في الخرسانة أسفل السطح، وينبغي تخصيص مناطق الصوت المجوف وتسجيلها، وقد ورد في الجزء الفرعي (٦-٨-٢) هذه الطرق وغيرها من طرق الاختبار الميداني غير الإتلافي.

يتعين دائمًا فحص الجانب السفلي من بلاطة السطح بحثًا عن مؤشرات التدهور أو العيوب، وفحص وتسجيل أي خرسانة مفككة تشكل خطرًا على السلامة حيث يمكن أن تسقط وتضر بأحد الأشخاص تحت الجسور. بالإضافة إلى وضع إجراءات لإزالة الحطام الأولي المتساقط في الوقت المناسب.

تُرجى ملاحظة أي دليل على مرور الماء عبر شقوق في البلاطة. وقد يوصي المفتش بإزالة بعض اللوحات في مواقع عشوائية، عند استخدام نماذج البقاء في مكان العمل دائمًا عند انشاء السطح، للتحقق من حالة البلاطة. وينبغي أن يولي المفتش اهتمامًا خاصًا للارتفاعات المنخفضة للسطح حيث تتركز الرطوبة والكلوريدات عادةً في هذه المواقع.

يمكن أن يخفي الأسفلت أو أنواع أخرى من الطبقات الاسفلتية المتأكلة على السطح التدهور الموجود في بلاطة السطح حتى ينتشر؛ لذا ينبغي فحص السطح بعناية شديدة بحثًا عن دليل على وجود تدهور في بلاطة السطح أو الطبقات الاسفلتية المتأكلة، ويمكن أن يُنظر إلى هذه العيوب على أنها تشقق أو كسر في الطبقة السطحية. وفي المناطق التي يشتهى فيها تدهور سطحها، يمكن أن يوصى المفتش بإزالة أجزاء صغيرة من السطح المتآكل لإجراء فحص أكثر شمولاً. بالإضافة إلى هذا التقييم الإتلافي، تتوفر تقنيات بديلة لتقييم هذه الأسطح المغطاة، بما في ذلك الرادار المخترق للأرض والمسح بالأشعة تحت الحمراء. ويُوصى بإبلاغ الجهات المسؤولة عن الجسور عن نجاح استخدام هذه الطرق نجاحًا إيجابيًا لاكتشاف الضرر أو التدهور في مثل هذه الأسطح المغطاة.

يُرجى فحص بلاطات السطح الخرسانية بحثًا عن تدهور يمكن أن يؤدي إلى انخفاض مقاومة الانزلاق، إذ تتعرض الخرسانة التي تحتوي أنواعًا معينة من ركام الحجر الجيري بشكل خاص للتآكل وأعمال تلميع الإطارات. وينبغي طلب اختبارات مقاومة الانزلاق وتنفيذها حسب الضرورة لتحديد الحاجة إلى إجراء علاجي لاستعادة مقاومة الانزلاق السطحية.

ينبغي فحص نظام الصرف للسطح بانتظام.



الشكل (٤-١) التصريف من خلال سطح الجسر من الخرسانة المسلحة.



الشكل (٤-٢) تصريف نظام السطح.

٤-٢-٢ ألوام السطح من الخرسانة مسبقة الإجهاد:

يتناول هذا الجزء بلاطات السطح الخرسانية مسبقة الإجهاد ومسبقة الصب، مع فعل مركب أو بدونه، ويمكن أن تكون وحدات البلاطة مغطاة أو غير مغطاة بطبقة الرصف السطحية. ولم يرد في هذه المناقشة البلاطات مسبقة الصب المستخدمة كأشكال ثابتة في المكان حيث تستخدم في الأسطح الخرسانية المصبوبة في الموقع.

ينبغي فحص حالة سطح ألواح الجسر الخرسانية مسبقة الإجهاد وسطحه لمعرفة وجود الشقوق، والترشيح، والتقشر، والحفر، والتشطي، وغيرها من المؤشرات على التدهور. كما يتم تقليدياً مع الخرسانة المسلحة. ويجب تدوين ملاحظات عن موقع ومدى الضرر للمقارنة مع التقارير السابقة، وكذلك لأساس المقارنة مع عمليات الفحص المستقبلية.

يجب فحص نهايات وحدات البلاطات بحثاً عن مؤشر على التدهور أو التلف في منطقة التثبيت، وكذلك الفواصل بين وحدات البلاطات المجاورة لمعرفة وجود تشطي واختراق المواد الغريبة.

تكون العيوب في المواقع التي تكون فيها وحدات البلاطة مغطاة بطبقة الرصف السطحية من الأسفلت أو الخرسانة أو غيرها من المواد عادة مخفية عن الأنظار. وهذا يتطلب فحصاً دقيقاً جداً لمعرفة وجود تشقق أو فقدان مادة الربط على طبقة الرصف السطحية، بالإضافة إلى الفحص الدقيق للجانب السفلي من البلاطات.

يجب تعقب المؤشرات على وجود تشقق أو تشطي أو تسرب المياه من خلال الشقوق أو وجود فواصل عند أماكن الربط بين البلاطات أثناء فحص الجانب السفلي للبلاطة. ويجب فحص المناطق التي تحمل فيها وحدات البلاطة العوارض لمعرفة وجود تشقق وتشطي الخرسانة في بلاطات السطح أو على حواف العوارض الخرسانية.

يجب فحص النيوبرين أو حشوات القماش بين الألواح والعوارض لمعرفة وجود تمزق أو انتفاخ أو فك.

يجب التحقق من إحكام ربط الصواميل أو رؤوس البراغي على مسامير تثبيت البلاطة.

يجب فحص وحدات البلاطة تحت مرور الأحمال الثقيلة لمعرفة أن المفاتيح أو أجهزة التوصيل الأخرى بين وحدات البلاطة المجاورة تعمل بشكل صحيح. ويمكن أن تؤدي وحدات البلاطة لاحقة الشد المصممة من أجل العمل في انسجام معاً إلى انخفاض قدرة سطح الجسر، وينبغي إيجاد وحدات البلاطة الفردية للعمل بشكل مستقل عن بعضها البعض.

٣-٢-٤ الأسطح الحديدية:

ينبغي على المفتش تقييم قطاع الأسطح الحديدية والتمييز بين المكونات الإنشائية والمكونات المصممة فقط للاستخدام كطبقات رصف سطحية.

يجب فحص أسطح الشبكة المفتوحة بعناية لمعرفة وجود لحامات تربيط مكسورة، وتوثيق أي شقوق كلل في القضبان الأولية والثانوية والثالثة تكون موجودة. يجب التحقق من عدم وجود تآكل في الأسطح العلوية للقضيب في خطوط العجلات، حيث يقلل ذلك من مقاومة الانزلاق.

تصب الخرسانة في أسطح الشبكة المغلقة إما بالعمق الكامل أو العمق الجزئي، ويجب فحص أسطح الشبكة المغلقة لمعرفة وجود نفس العيوب الموجودة في أسطح الشبكة المفتوحة. بالإضافة إلى ذلك، تكون هذه الأسطح عرضة للتدهور بسبب التآكل الناتج عن عناصر الشبكة المضمنة في الخرسانة، ويمكن أن يؤدي التفكك الناتج عن التقشير والتمدد الناتج في القضبان الحديدية إلى تلف لحامات التربيط أو تشويه الهيكل الداعم. تفحص طبقة الرصف السطحي المملوء بالخرسانة لاكتشاف وجود أي تشطي أو تقشير، مما يتسبب في تعرية الشبكة. وعندما تكون الشبكة ظاهرة، يجب التحقق من وجود مؤشر على وجود بركة المياه التي يمكن أن تسبب خطراً مرورياً وتساهم في تدهور الخرسانة بشكل أكبر، أو يجب التحقق من وجود مؤشر على تآكل الشبكة، أو التحقق من كليهما. ويجب فحص الجانب السفلي من الشبكة المحشوة لمعرفة وجود مؤشر على تسرب المياه وتآكل عناصر الشبكة.

تتكون أسطح الجسر المعدنية المموجة من عنصر إنشائي من الصفائح المعدنية المموجة مع خرسانة بورتلاند الأسمنتية أو الخرسانة الإسفلتية أو الحصى، التي تشكل طبقة الرصف السطحي. يفحص هذا النوع من الأسطح لمعرفة المؤشر على وجود الصدأ من خلال تموجات القاع، بسبب الماء المحبوس. وعادةً يُربط هذا النوع من الأسطح بالركائز باستخدام اللحامات السدادية، التي لا يمكن ملاحظتها مباشرة. ويمكن أن تشير الحركة الرأسية للسطح أسفل مرور الأحمال المباشرة إلى تلف اللحامات السدادية. تُفحص مادة الحشو الخاصة بطبقة الرصف السطحية لمعرفة وجود الشقوق أو التحدّد، وستسمح الشقوق المفتوحة في طبقة الرصف السطحية بحدوث الصدأ من خلال عناصر السطح بمعدل متسارع.

تتكون أسطح الألواح الحديدية المتعامدة من لوح حديدي مسطح مع سلسلة من عناصر شبكة التقوية. تربط طبقة الرصف السطحي بالجزء العلوي من اللوح الحديدي. وفي بعض الهياكل، يكون اللوح الحديدي في حد ذاته عبارة عن عنصر شفة في مقطع العارضة الصندوقية. ويجب التحقق من عدم وجود تراكب أو صدأ بين الطبقات أو تشققات في اللوح الحديدي، والتحقق من تطور شقوق الكلل في عناصر الشبكة أو لحامات الربط. ويجب التحقق من الربط بين سطح البلاطة المتعامد والعوارض الداعمة عندما تكون ظاهرة ويجب ملاحظة أي مؤشر على وجود حركة الحمل المباشر.

٣-٤ البنية الفوقية:

يناقش هذا الجزء فحص مكونات البنية الفوقية المكونة من الخرسانة المسلحة أو الحديد الإنشائي بما في ذلك المحامل وأجهزة التوصيل والطلاء الواقية، واستشارة مسؤولي السلطة للحصول على أساليب فحص شاملة للبنية الفوقية بالإضافة إلى المعلومات الواردة في هذه الوثيقة. ويرد مزيد من المعلومات فيما يتعلق بتقييم الحالة، وحدود التحكم في العيوب للهياكل العلوية والهياكل الفرعية، في الباب ٤ من كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

- فحص العوارض على طريق السير لمعرفة وجود أي ضرر ناتج عن التعرض للاصطدام بأحمال زائدة عن الارتفاع المسموح به وتمر تحت الجسر، وتقوم بعض الجهات المسؤولة عن الجسور بتضمين إعادة قياس الفسحة الرأسية الواجب توفرها كجزء قياسي من ممارسة الفحص الدوري باستخدام معدات جمع البيانات مثل وحدات قياس المسافة بالليزر المحمولة باليد لجمع بيانات الفسحة الرأسية الواجب توفرها بسرعة أثناء الفحص.
- ملاحظة أي اهتزاز أو انحراف مفرط أثناء تحريك حمولات الشاحنات عبر البنية الفوقية إذا أمكن.

١-٣-٤ الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية الحديدية:

يجب تقييم الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية الحديدية لمعرفة ما إذا كانت أجزاء حرجية معرضة للكسر أو تحتوي على تفاصيل معرضة للكلل، على النحو المحدد في الباب ٤ من كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)، وتدوين قائمة كاملة في السجل الخاص بالجسر تتضمن جميع الأجزاء الحرجية المعرضة للكسر ونوع وموقع التفاصيل المختلفة المعرضة للكلل الموجودة على الهيكل.

تفحص الأجزاء الحديدية الإنشائية لمعرفة انهيار القطاعات بسبب التآكل. وفي حالة وجود تراكم كبير لقشور من الصدأ؛ تكون الملاحظة البصرية غير كافية لتقييم انهيار القطاعات عادةً. ويجب كشط مناطق قشور الصدأ حتى القاعدة المعدنية وقياس الجزء المتبقي باستخدام الفرجار، أو مقاييس السمك بالموجات فوق الصوتية أو استخدام طرق أخرى مناسبة، كما يجب توفير القياسات الكافية للسماح بتقييم تأثير فقدان هذه القطاعات على قدرة المكونات.

فحص المكونات لمعرفة الانحناء للخارج في الشبكات أو فحص ألواح التوصيل وشفاه الضغط لمعرفة وجود انبعاج.

فحص منطقة الشد في المكونات لمعرفة وجود تشقق بالقرب من حامات التركيب أو اللحامات اللاصقة وغيرها من التفاصيل المعرضة للكلل.

إدخال وفحص المكونات الصندوقية من الداخل متى أمكن الوصول إليها، وفحص المكونات المغلقة بحثاً عن تسرب المياه. وينبغي إغلاق نقاط الوصول إلى المكونات الصندوقية المغلقة أو فحصها؛ لمنع دخول الطيور والقوارض والحيوانات الأخرى. ويجب التحقق من وجود مجموعة من الحطام ونفايات الطيور / الحيوانات والمواد الضارة الأخرى.

يجب التحقق من وجود شقوق الكلل، التي تبدأ عادةً بالقرب من نهايات اللحم الخاصة بألواح التقوية وألواح التجميع بسبب الضغوط الثانوية أو الانحناء بسبب الحمل للخارج. ويجب توثيق أي مؤشر على الشقوق بعناية لإجراء لتقييم والمتابعة المناسبة، حسب الضرورة. ويجب أن تتضمن الوثائق المتعلقة بالشقوق موقعها وطولها وعرضها، بالإضافة إلى أي تغييرات في حجم الشقوق منذ الفحص السابق حسب الحاجة. ويجب استكمال الوثائق المكتوبة بصور فوتوغرافية أو رسومات لتقديم تفاصيل إضافية.

في الأجزاء الحرجية المعرضة للكسر، يجب إجراء عمليات فحص دورية بمستوى من الجهد يكفي للكشف عن الشقوق الصغيرة جداً. ويشجع استخدام أدوات الاختبار غير الإتلافية، بما في ذلك الاختبار بالموجات فوق الصوتية، واختبار الجسيمات المغناطيسية، واختبار التيار الدوامي، واختبار المعاينة بالنافذ الصبغي لمعرفة الجهات المسؤولة عن الجسور كجزء لا يتجزأ من عملية فحص الأجزاء الحرجية المعرضة للكسر.

عند تقييم الضرر الناتج عن الكلل المشتبه به، يجب إزالة الطلاء في المناطق المصابة لتحديد ما إذا كان الضرر قد حدث في الطلاء أو في المعدن الأساسي، وتحديد تركيبة الطلاء قبل بدء هذا العمل. وعدم إزالة الطلاء المحتوي على معادن ثقيلة إلا على يد الموظفين المدربين باستخدام الأساليب والمعدات المناسبة.

يجب فحص الهياكل الحديدية المتأثرة بفعل الظروف المناخية غير المطلية بحثاً عن:

- التفاصيل أو الظروف التي تعزز الترطيب المستمر للحديد غير المطلي.
- التفاصيل الهندسية للجسور التي ينتج عنها رذاذ الملح (البحري أو المرور) الذي يصل إلى الحديد غير المطلي.
- يدل تنقير سطح الحديد على ضرر غير مقبول للحديد.

٢-٣-٤ الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية من الخرسانة المسلحة:

يجب فحص جميع الهياكل العلوية للخرسانة المسلحة بحثاً عن الشقوق. ويجب ملاحظة مواقع الشقوق وأحجامها بعناية للرجوع إليها والمقارنة بينها في المستقبل. ويجب بذل الجهد لتحديد السبب المحتمل للتشقّق، مثل؛ الانكماش، أو الإجهاد الزائد، أو هبوط الهياكل العلوية، أو الإجراء الكيميائي المحتمل.

- فحص قوائم الأجزاء بحثاً عن تشقّق غير طبيعي وأي تحلّل للخرسانة، خاصة فوق المحامل. وتشير الشقوق القطرية التي تشع من المحامل نحو مركز الامتداد إلى الإجهاد الناجم عن القص، وتشير الشقوق العمودية الممتدة لأعلى من باطن العارضة بالقرب من الخط المركزي للجسر إلى الإجهاد في الشد، ويمكن أن يتسبب ضغط الحافة المرتفع عند المحامل في حدوث تشظي في المناطق المجاورة للعوارض.
- فحص الجانب السفلي من البلاطة السفلية في هياكل العوارض الصندوقية وكذلك السطح الخارجي للعوارض بحثاً عن شقوق كبيرة، وملاحظة أي فسخة في المفصلات قد تشير إلى مشاكل مع محامل المفصلات، ويمكن أن تتطلب الفسخة غير الطبيعية إجراء مزيد من الاستكشاف لتحديد سبب الحالة وشدتها. كما يجب فحص الجزء الداخلي من العوارض الصندوقية بحثاً عن الشقوق والتأكد من أن المصارف مفتوحة وتعمل بشكل صحيح. ويجب ملاحظة أن العوارض الصندوقية الخرسانية يمكن أن تحتوي على أخشاب من الثقافات المؤقتة متبقية في مكانها منذ عملية الانشاء، مما يمكن أن يعوق بشكل كبير الفحص الداخلي لخلايا العوارض. ويجب فحص العوارض العرضية بحثاً عن شقوق.

- إذا كانت هناك آليات لمنع الزلازل في الركائز الطرفية أو العناصر المنحنية أو المفصلات، فيجب فحص هذه العناصر فحصاً دقيقاً بحثاً عن التلف الناتج عن التآكل أو الإجهاد، ويجب ملاحظة الحركات الرأسية والجانبية والطولية بالنسبة للبنية السفلية.



الشكل (٣-٤) الشقوق الملحوظة في أسفل الكمرات الخرسانية.



الشكل (٤-٤) الشقوق الملحوظة في أسفل الكمرات الخرسانية

٣-٣-٤ الكمرات، والعوارض، والقطاعات الصندوقية من الخرسانة مسبقة الإجهاد:

تفحص العوارض الخرسانية مسبقة الإجهاد لمعرفة المحاذاة والشقوق والتدهور الموجود في الخرسانة، وينبغي التحقق من عدم وجود شقوق أو تشظي في المنطقة المحيطة بالمحامل، وفي العوارض العرضية المصبوبة في الموقع التي يمكن أن يكون لزحف العوارض وتقوسها تأثير عليها. وتدوين مواقع أي شقوق ومعرفة أحجامها بعناية للرجوع إليها والمقارنة بينها في المستقبل، ويمكن أن تعني مؤشرات بقع الصدأ عند الشقوق تلفاً محتملاً للحديد مسبق الإجهاد، وينبغي أن يستلزم إجراء تحقيق إضافي.

- يجب التحقق من المقاطع الصندوقية المشدودة مسبقاً أثناء مرور الأحمال الثقيلة لمعرفة ما إذا كانت أي وحدة تعمل بشكل مستقل عن الوحدات الأخرى، ويمكن أن يشير هذا الإجراء المستقل إلى تمدد العوارض، أو تلف المفتاح الطولي بين العوارض.
- يجب رفع الغطاء الخرساني والطرق عليه فوق الجدران مسبقة الإجهاد وملاحظة جميع طبقات الخرسانة المفصولة، فيمكن أن تشير طبقات الخرسانة المفصولة إلى أن الجدران مسبقة الإجهاد قد بدأت في التآكل. ونظرًا لتوسع الجدران المتأكلة عن حجمها الأصلي؛ لذا يتفكك الغطاء الخرساني. وينبغي فحص الوجوه الخارجية والأساسات لجميع أنواع العوارض مسبقة الإجهاد في الجسور التي شُتعمل في حركة المرور المارة، وملاحظة وتقييم التشظي أو التشقق أو تلف الحديد مسبق الإجهاد.
- ينبغي إجراء عمليات فحص لآليات مقاومة الزلازل والأضرار الناجمة عن الزلازل على النحو المبين في الجزء الفرعي (٢-٣-٤)

٤-٣-٤ أنظمة الأرضيات:

- إنشاء هياكل أسطح للجمالون وعوارضها بنظام من الشدادات، والكمرات الأرضية، والكتائف إذا كانت موجودة لنقل الحمل المباشر من السطح إلى المكونات الحاملة الرئيسية (العوارض أو الجمالونات). وبناءً على سياسة الجهة المسؤولة عن الجسور، يمكن أن تكون عوارض سطح الجسر المستعرضة أو الكتائف أو كليهما أجزاء حرجة معرضة للكسر حسب الإطار المستخدم.
- الإشارة بوضوح في السجل الخاص بالجسر ما إذا كان نظام الأرضية يحتوي على الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر أم لا.
- فحص الشدادات وعوارض الأرضيات والتوصيلات بحثًا عن الشقوق وانهيار القطاع بسبب التآكل، و-غالبًا- ما تظهر عوارض ووصلات الأرضيات تآكلًا كبيرًا بسبب التسرب من خلال فواصل الأسطح.

٥-٣-٤ الجمالونات/ الأقواس:

- يبدأ فحص الجمالون عادةً بالفحص البصري على طول سكة الطريق أو الرصف وعلى طول مكونات وترات الجمالون؛ لتحديد أي اختلال في المحاذاة، سواء كانت رأسية أو أفقية، وتفحص محاذة الجمالونات بعناية بحثًا عن أي ترهل يمكن أن يشير إلى تلف جزئي في الفواصل، أو وجود تعديلات غير مناسبة للقطاعات، أو الطاولات الحديدية. ويجب فحص أي انحراف عن المحاذاة الطبيعية بالكامل لتحديد سببها. كما يجب التحقق من كل جزء من أجزاء الجمالون والتوصيلات ذات الصلة.
- فحص مكونات ضغط الحديد لمعرفة ما إذا كانت مستقيمة مع عدم وجود مكان خلل أو تقوس، ويجب أيضًا فحص أجزاء الضغط لمعرفة سلامة توصيلاتها. يكون للانحراف في تفاصيل التوصيل تأثير كبير على قوة الأجزاء بالتالي يستلزم ذلك فحصًا دقيقًا.
- تحديد عناصر الشد الحديدي في الجمالونات لمعرفة ما إذا كانت أجزاء حرجة معرضة للكسر أم لا. ويجب فحص جميع الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر عن كثب وفقًا لأحكام الجزء الفرعي (٥-٣-٣).
- عندما يتكون جزء الشد من أكثر من مكون واحد، يجب فحص كل مكون للتأكد من أنه حُمِلَ تحميلًا صحيحًا. وينبغي التحقق من أجزاء الطاولة للتأكد من أنها في حالة ضبط مناسبة وأنها لا تُشَدُّ بلا مبالاة، بالتالي تحميل ضغوط غير طبيعية على الطاولة أو الأجزاء الأخرى. ويجب التحقق بعناية من أجزاء الشد في القضيب الحلقي الموجودة في الجمالونات القديمة بحثًا عن شقوق غير طبيعية في المكان الذي تتشكل فيه الحلقة، وفحص مكونات الأعمدة المثقوبة بحثًا عن وجود شقوق في هذه الفتحات.
- فحص وصلات مكونات لوح التجميع عن كثب وفقًا لأحكام الجزء (٤-٣)، والتأكد من تطابق أبعاد لوح التجميع وتفاصيل التوصيل مع الأبعاد الموضحة في مخططات سجل الجسر والرسومات التنفيذية، وتسجيل أي اختلافات موجودة، وتسجيل جميع أبعاد لوح التجميع ومعلومات التوصيل إذا كانت خطط التسجيل أو الرسومات التنفيذية غير متوفرة. كما يجب أن تركز عمليات الفحص الميداني للألواح التجميع على معرفة التآكل والتشويه والوصلات. كما يمكن أن تحدث حالات انهيار القطاع على طول مناطق لوح التجميع التي تحبس الحطام أو تحمل الماء، وتحدث عادةً على طول الجزء العلوي من الوتر السفلي. ويمكن أن يكون التشوه في لوح التجميع ناتجًا عن الانشاء الأصلي أو يمكن أن يكون ناتجًا عن الإجهاد المفرط للوح بسبب الأحمال الزائدة، أو عدم كفاية السُمك / الدعامة، أو القوى المرتبطة بالصدأ بين الألواح، أو تأثير حركة المرور.
- يمكن أن لا تكشف عمليات الفحص البصري أو تقيس التآكل الموجود على ألواح التجميع بدقة، ويُوصى باستخدام مقاييس السُمك والفرجار بالموجات فوق الصوتية لتحديد أي سُمك منخفض بسبب انهيار القطاع، ويمكن تحديد التشويه الخارجي عن طريق استخدام حافة مستقيمة، والتحقق من وجود براغي أو مسامير فردية مكسورة أو مفكوكة، وفحص الأسطح المنزقة حول البراغي والمسامير الفردية وأي تشققات في لوح التجميع في فتحات البراغي والمسامير.
- تقييم الجمالون وأجزاء التكتيف لمعرفة حجم الأضرار على حركة المرور. وعادةً ما تكون نظم الشكالات على شكل إطار حامل هي أكثر أنواع الفسحات العلوية تقييدًا، وبالتالي تكون أكثر عرضة للتلف من المركبات ذات الارتفاع كبير.

- فحص جميع أجزاء التكتيف الجانبية العلوية والسفلية بحثاً عن التلف وملاحظة ما إذا كانت قد ضُيِّتَ ضيِّطاً صحيحاً وتعمل بطريقة مرضية. وينبغي إجراء تقييم في الجسور القديمة للتدعيم الجانبي والتمايل لتحديد مدى ملاءمتها. وعادةً ما يكون هذا التقييم حكماً للمهندس بناءً على ملاحظة الاهتزاز العرضي أو حركة الهيكل تحت حركة المرور.
- يجب التحقق من ظروف المسامير عند التوصيلات والتحقق من أن الصواميل والمفاتيح في مكانها. ويجب التحقق أيضاً، من أن الفواصل على المسامير تمسك القضبان المثقوبة والقضبان الحلقية في موضعها الصحيح، ويمكن أن يكون هناك ما يبرر إجراء فحص لا إتلافي للمسامير عن طريق الفحص بالموجات فوق الصوتية لتحديد التحرز (التآكل) أو تشقق المسمار.
- يجب التحقق من المسامير والبراغي للتأكد من عدم وجودها مفكوكة أو متأكلة أو مقصوفة.
- يجب التحقق من وجود أي مؤشر على التحطيم في نهايات أوتار الضغط والأجزاء القطرية.
- التحقق من جميع نقاط الربط للتأكد من صلاحيتها في التوصيلات، وفحص جميع البراغي للتأكد من إحكام ربطها وأنها بحالة جيدة.
- فحص أسطح وجوانب الجسور المغطاة للتأكد من ملائمة حماية الأجزاء الإنشائية من العناصر.
- الإبلاغ عن أي مخاطر حريق موجودة وتحتاج إلى معالجة من أجل حماية الهيكل.

٦-٣-٤ العوارض العرضية والإطارات المتقاطعة:

- التحقق من حالة العوارض العرضية والإطارات المتقاطعة على الجسور الحديدية متعددة العوارض، خاصة عند نقاط الربط بالعناصر الإنشائية الرئيسة.
- تكون الملحقات الملحومة وألواح التجميع في مناطق الشد من العوارض حساسة للكلل ويمكن أن تحفز الانحناء للخارج في جزع العوارض. التحقق من عدم وجود تشقق أو تلف في العوارض العرضية/الإطارات المتقاطعة وجزع العوارض girder web.
- التحقق من نقاط التوصيل المثبتة بمسامير أو المثبتة ببراي للتأكد من سلامة عناصر التثبيت.
- تقييم انهيار القطاع في الأجزاء بسبب التآكل.

٤-٤ البنية السفلية:

يتكون فحص البنية السفلية للجسر بشكل عام من فحص وتسجيل الضرر والتدهور والحركة والتعرية، وإذا كان البنية الفوقية في الماء، ينطوي على إيجاد مؤشر على الجرف. ويتناول هذا الجزء فحص عناصر البنية السفلية نفسها، بينما يتناول فحص التعرية بالجرف (النحر) في الجزء (٤-١٠). وبالإضافة إلى المعلومات الواردة في هذه الوثيقة، يجب استشارة مسؤولي السلطة للحصول على أساليب فحص شاملة للبنية السفلية. ويرد مزيد من المعلومات فيما يتعلق بتقييم الحالة، وحدود التحكم في العيوب للهياكل العلوية والهياكل الفرعية، في الباب ٥ من كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

١-٤-٤ الركائز الوسطية:

فحص جميع أعمال الانشاء الخرسانية والحجرية المكشوفة بحثاً عن وجود شقوق وتحديد شدتها، وأي تدهور في الخرسانة، أو مواد الانشاء أو المونة. وتتضمن المناطق المعرضة للخطر تحديداً خطوط المياه ومناطق الرش، وخط الأرض، والمواقع التي تتعرض فيها الخرسانة لتصريف الطرق، بما في ذلك قمم الركائز الوسطية أو العناصر المنحنية. وفحص مقاعد المحامل ووسادات المونة والركائز بحثاً عن الشقوق، أو التشطي، أو أي تدهور آخر.

فحص الركائز الوسطية الحديدية والعناصر المنحنية بحثاً عن التآكل، خاصة عند الفواصل والتوصيلات. وتتعرض توصيلات الكابلات والبراغي والمسامير للتآكل بشكل خاص.

التحقق من جميع العناصر المنحنية والركائز الوسطية بحثاً عن الحركة الجانبية، أو الميل، أو الهبوط، خاصةً بعد فترات ارتفاع المياه أو العواصف أو الزلازل. ومراقبة الأجزاء المنحنية أثناء مرور الأحمال الثقيلة؛ لتحديد ما إذا كانت الحركات غير عادية أو كما هو متوقع.

ينبغي ملاحظة أي مادة مترسبة على عنصر منحنى أو رصف وتكون غير واردة في التصميم الأصلي، حيث يمكن أن ينتج عدم الاستقرار الأفقي عن مثل هذه الأحمال.

بالإضافة إلى ما سبق، ينبغي إيلاء اهتمام خاص لما يلي:

- المناطق التي يمكن أن يتراكم فيها الغطاء النباتي أو الحطام.
- قمم الأعمدة، التي يحملها الغطاء.
- المناطق التي تثبت فيها أجزاء التكتيف.
- المناطق التي تُفحص أو تُقسَّم..

يجب فحص أعمدة الحديد والخرسانة بجميع أطوالها بحثاً عن الأضرار المادية، بما في ذلك في منطقة النضح وتحت سطح الماء، بحثاً عن التآكل والتدهور.

فحص جميع الأعمدة الحديدية المغمورة بحثاً عن التدهور وانهيار القطاع، وإبلاء اهتمام خاص للأعمدة المكشوفة في المياه المالحة أو بالقرب منها. ويمكن أن يكون تآكل الأعمدة الحديدية المكشوفة أكثر نشاطاً عند نهاية أغلفة الخرسانة في أجزاء حديدية إنشائية مغلقة جزئياً، عند خط الماء أو المنطقة المتأثرة بالمد والجزر، وعند خط الطين. ويمكن أن تكون تيارات المياه الساحلية مالحة على طول عدة أميال في اتجاه البداية بسبب تأثيرات المد والجزر وتعتبر بيئة محتملة للتآكل حتى يؤكد خلاف ذلك.

يجب تقييم أساسات الركائز الوسطية من حيث التعرض بسبب التعرية أو الجرف، وكذلك الأضرار الإنشائية والتدهور. وينبغي فحص الأجزاء المكشوفة من الأساسات، إن وجدت، بحثاً عن التدهور والتآكل، وينبغي توثيق ارتفاعات التعرض الخاصة بها. وبالإضافة إلى ذلك، يجب فحص القواعد الموجودة في المواقع الموجودة فوق المياه (المحفورة) بحثاً عن التعرض والتقويض المحتمل الناجم عن هبوط التربة أو التعرية بسبب الرياح.

٤-٤-٢ الركائز الطرفية:

يجب فحص جميع الركائز الطرفية المكشوفة وأسطح الجدران الجانبية لاكتشاف الضرر والتدهور والكلل المفرط المحتمل. وتتعرض الأسطح الأفقية للقمم الموجودة في الركائز الطرفية بشكل خاص لهذه الهجمات. وفي بعض المناطق، يمكن أن يؤدي تآكل حديد التسليح بالقرب من السطح إلى تشقق الخرسانة، وتشظيها، وتغير لونها.

يجب فحص الأجهزة المثبتة لحماية الهيكل ضد الأحداث الزلزالية بحثاً عن مؤشر على التآكل؛ أي جدران تالفة؛ البراغي أو الصواميل أو مشابك الكابلات المفقودة؛ وللضبط المناسب. ويجب التحقق من وجود مؤشر على الحركة الأفقية أو الرأسية للبنية الفوقية بالنسبة للركيزة الطرفية.

ينبغي فحص الحديد الإنشائي المغلف جزئياً بالخرسانة عن كثب عند السطح الخرساني بحثاً عن التدهور الناتج عن التآكل والحركة بالنسبة لسطح الخرسانة.

يجب فحص الهياكل الحجرية بحثاً عن التشقق في فواصل المونة للتأكد من أن التأشير في حالة جيدة، وفحص مواد الانشاء الحجرية بحثاً عن التعرية والتجاويف والتشقق وغيرها من علامات تدهور الحجرة.

يجب فحص الركائز الطرفية بحثاً عن مؤشر على الدوران، أو التحول الجانبي، أو الطولي، أو هبوط الأساسات مقارنة بالسجلات السابقة. وعادةً ما تثبت هذه الحركة من خلال فتح أو إغلاق الشقوق أو الفواصل، بالمحامل التي تكون خارج المركز أو في زاوية متغيرة، أو من التغيرات في الفسحات المقاسة بين نهايات الكمرات والجدار الخلفي للركيزة الطرفية. ويجب إجراء تقييمات بعد وقوع زلزال في المنطقة المجاورة.

يجب تقييم أساسات الركائز الطرفية من حيث الكشف بسبب التعرية أو الجرف، وكذلك الأضرار الإنشائية والتدهور. ويجب فحص الأجزاء المكشوفة من ركائز الأساس، إن وجدت، بحثاً عن التلف والتدهور، وتوثيق الارتفاعات المكشوفة.

يجب تقييم مصارف الركيزة الطرفية وفتحات التصريف للوظيفة المناسبة. ويمكن أن يشير تسرب الماء من الشقوق أو الفواصل بعيداً عن فتحات التصريف إلى تراكم الماء في الحشوة خلف الركيزة الطرفية بسبب خلل في فتحات التصريف.

يجب فحص قناة المياه تحت جسر الوادي للتأكد من كفاءة هيدرولوجيا الجسر.

٤-٥ المحامل:

يجب فحص أجهزة المحامل لتحديد أنها تعمل بطريقة صحيحة، يمكن أن تنعكس التغيرات الصغيرة في أجزاء أخرى من الهيكل، مثل هبوط الركائز الوسطية أو الركيزة الطرفية، في المحامل.

يجب فحص الامتدادات الخرسانية لاحقة الشد للتحقق من فقدان المحمل، أو اختلال المحاذاة، أو تمزق مادة المحمل حيث يمكن أن يحدث تقصير في الهيكل بمرور الوقت.

تخضع المحامل ومفاتيح القص الجانبي للربط والتلف من الزحف في الجسور ذات الانحراف العالي نسبياً؛ لذا يجب الفحص بعناية بحثاً عن أي عيوب من هذا القبيل.

يجب فحص المحامل المتحركة؛ للتأكد من قدرتها على التحرك بحرية وخلوها من جميع المواد الغريبة.

ينبغي أن تتحمل البكرات والأذرع الهزازة كامل طولها بشكل متساوٍ، وتكون في وضع ملائم بالنسبة لدرجة الحرارة في وقت الفحص. ويجب فحص تشحيم المحامل القابلة للتشحيم بشكل صحيح.



يجب فحص مسامير التثبيت بحثاً عن التآكل والتلف وللتأكد من إحكام ربط الصواميل. ويجب التأكد من تثبيت صواميل مسمار التثبيت بشكل صحيح على المحامل المتحركة للسماح بالحركة الطبيعية. وينبغي تحديد صواميل التثبيت والصواميل المفقودة أو براغي التثبيت المقصودة أو كليهما والإبلاغ عنها.

يجب ملاحظة الحالة المادية لوسائد المحامل اللدائنية المرنة وأي تسطيح أو بروز أو انقسام غير طبيعي مما يشير إلى حمل مفرط أو التفاوت المفرط في التحميل. وينبغي أن تكون الوسائد أيضاً في الموضع المناسب بالنسبة لكل من الكمرات ومقعد الركيزة الطرفية.

يمكن أن لا تحتوي جسور العارضة المنحنية الحادة على محامل تسمح بالتناوب المتعدد والحركة الكافية. وفي هذه الحالات، يجب توقع وجود تآكل غير متساوٍ لمكونات المحمل. ويجب فحص البنية السفلية في المنطقة المجاورة لهذه المحامل بحثاً عن كارثة محتملة.

يجب فحص محامل الوعاء والقرص والمحامل كروية وملاحظة أي حالات من المطاط الصناعي الميثوق أو المشوه أو البولي إيثير يوريتان أو متعدد رباعي فلورو الإيثيلين، موانع التسرب أو الحلقات التالفة، أو الصلب المتصدع.

يجب فحص ألواح الجبس والركائز بحثاً عن شقوق أو شظايا أو تدهور.

يجب فحص المحامل والمفاتيح وآليات مقاومة الزلازل بعد الحوادث غير العادية بعناية، مثل؛ أضرار حركة المرور الشديدة، والزلازل، وتأثير الحطام أثناء فترات الفيضانات.

يجب فحص الخرسانة عند أغطية الركائز الوسطية ومقاعد الركيزة الطرفية المجاورة للمحامل بحثاً عن الشقوق والشظايا.

يجب تقييم المحامل أثناء مرور الأحمال الثقيلة المتحركة لاكتشاف الخشخيشات إذا كان ذلك ممكناً. ينبغي تحديد السبب المحتمل لهذه الحركة وتدوينه.



الشكل (٤-٥) المحامل الناقصة.



الشكل (٤-٦) المحامل الناقصة.



الشكل (٤-٧) المحامل الناقصة.



الشكل (٤-٨) المحامل الناقصة.

٤-٦ الفواصل:

فواصل التمدد مكونات مهمة للجسر؛ فهي تستوعب التمدد الحراري للسطح والبنية الفوقية، وتمنع أيضاً تسرب المياه من خلال فتحات الفواصل. وتتميز بعمر تصميمي محدود، بالتالي -غالباً- ما تُظهر تدهوراً كبيراً، مما يسمح بتسرب المياه من خلال فتحات الفواصل، التي بدورها يمكن أن تسبب أضراراً كبيرة لمكونات الجسر الأساسية. ويعد مقدار الضرر الموجود في الجسور الناجم عن نقل المياه من خلال فواصل التمدد التالفة كبير.

- فحص فواصل التمدد للتأكد من حرية التمدد. وينبغي أن يمنح القطر الصافي للوصلة التمدد الكافي لعناصر البنية الفوقية المجاورة، مع مراعاة أطوال الامتداد ودرجة الحرارة في وقت الفحص. وينبغي على المفتش قياس فتحات فواصل التمدد ودرجة الحرارة المحيطة في مواقع يسهل التعرف عليها بحيث يمكن إنشاء سجل لحركة الفواصل بمرور الوقت. ويجب الفحص بحثاً عن أجسام صلبة (غير قابلة للانضغاط)، التي يمكن أن تحشر في الفاصل وتمنع تقلص الفاصل.
- في الفواصل التي لا تحتوي على تسليح، يجب فحص محاذاة الفواصل المناسبة، وفحص وجود أي مادة مانعة للتسرب في المفصل وحالتها، وفحص وجود تصدعات أو شقوق فقدان المتانة في حواف البلاطة، مما قد يمنع إحكام إغلاق الفواصل بشكل صحيح.
- يجب فحص الفواصل المسلحة التي لا تحتوي على مادة مانعة للتسرب، مثل سدود الألواح المنزلة أو فواصل الأصابع، سواء فوق سطح الجسر أو أسفله، وتقييم حالة الدعامات. ويجب تسجيل أي اختلال في المحاذاة الأفقية أو الرأسية لعناصر الفواصل والتحقق من الهامش في عمليات الفحص المستقبلية. وعندما توفر أحواض الصرف، يجب التحقق من تراكم الحطام الذي يمنع التصريف المناسب ويسبب انسكابها على مكونات البنية الفوقية والتحتية أو يعوق حركة الفاصل. وتُقيم حالة وفعالية الأحواض ذاتها أيضاً.
- ينبغي فحص الفواصل المسلحة المانعة للتسرب مثل موانع التسرب الشريطية أو موانع التسرب الانضغاطية للتأكد من عدم تدهورها، بما في ذلك التصدع، أو الفصل، أو الترهل، أو النتوءات، أو غرس مادة غريبة. ويتضح التحلل فوق البنفسجي لمادة مانع التسرب من خلال تصلب، وهشاشة السطح، وظهور تشقق في النمط. ويجب فحص الجانب السفلي لجميع فواصل السطح المحتوية على مادة مانعة للتسرب؛ بحثاً عن مؤشر على تسرب الفاصل النشط، الذي يظهر من خلال تصبغ المياه للعناصر الإنشائية الأساسية. ويجب وضع علامة واضحة على مناطق تصبغ الماء على الرسومات أو في الملاحظات الميدانية بحيث يمكن إجراء إصلاحات مشتركة أو استبدال المادة المانعة للتسرب.
- وتتكون الوصلات الدائنية المرنة المعززة من مجموعات مختلفة من الدعامات الحديدية والمواد المانعة للتسرب. ويجب التحقق من عدم وجود أغطية مسامير التثبيت المفقودة، وفصل عناصر الفاصل، والأدلة المسموعة أو المرئية للوحدات

- الوصلات المفكوكة أسفل حركة المرور. يجب إصلاح ألواح الفواصل المفكوكة لأن تلف المزلاج يحدث تدريجيًا ويمكن أن يؤدي إلى كسر لوح من الألواح المشتركة أسفل حركة المرور.
- تستخدم فواصل السدادة اللدائنية المرنة "سدادة" خرسانية مرنة كمادة مانعة للتسرب، وتكون مرنة بما يكفي لاستيعاب الحركات الحرارية الطفيفة لسطح الجسر. وعلى الرغم من بساطة المفهوم، ينبغي تقييم السدادة اللدائنية المرنة لفك الارتباط من عناصر السطح والطريق المجاورة، بالإضافة إلى تمزق أو تفكك أو تلف مادة السدادة نفسها.
- تتكون الفواصل المعيارية من أنظمة دعم مفردة أو متعددة تعمل معًا لاستيعاب حركات الجسور الكبيرة. ويجب فحص الأضرار السطحية لموانع التسرب وعوارض الفصل. ويجب فحص الجانب السفلي بحثًا عن مؤشر على التسرب على البراغي. يجب استشارة مسؤولي الهيئة للحصول على تقنيات فحص إضافية لفواصل التمدد.



الشكل (٩-٤) الفواصل الناقصة



الشكل (١٠-٤) الفواصل الناقصة

٧-٤ حواجز الحماية:

تقييم حاجز الجسر وعناصر التطويق لمعرفة الحالة الإنشائية ومدى كفاية العناصر الهندسية والقدرة الإنشائية، ومعرفة متطلبات حواجز الحماية الخاصة بالجهة المسؤولة عن الجسور، بالإضافة إلى البند ٣٦ من الجرد الوطني للجسور، كما هو موضح في دليل الترميز.

تحديد وتوثيق ما إذا كانت العناصر الإنشائية، وخاصة الأجزاء الحرجة المعرضة للكسر مثل القضبان المثقوبة وحوامل التعليق على جسور الجمالون، مفصولة عن حركة المرور بنظام حاجز مركبي مناسب؛ لمنع تأثير المركبة من التسبب في أضرار إنشائية كبيرة ولحماية المركبة أيضًا.

فحص حواجز الخرسانة المسلحة وحواجز خطوط بردورة الرصيف بحثًا عن مؤشر على تلف ناتج عن اصطدام أو دوران، وتسجيل مناطق التدهور الاصطدام أو الحركة، والتحقق من وجود مؤشر على تلف المثبت في عناصر الحاجز مسبق الصب. وتحديد براغي التثبيت المكشوفة باستخدام مطرقة وسماع صوت الطرق، والتحقق من وجود فواصل بين قاعدة العنصر المسبق الصب من السطح، أو مؤشر على تسرب الماء النشط بين الدرابزين وسطح الجسر.

فحص أنظمة الأعمدة والكمرات للتأكد من عدم وجود أضرار تصادمية وتدهور العناصر المختلفة، بالإضافة إلى قواعد الأعمدة بحثاً عن أي فقدان للمثبت. ينبغي أن يكون الجانب المكشوف من حاجز المركبات سلساً ومستمراً.

يجب فحص مناطق رصيف المشاة بحثاً عن العيوب الإنشائية وعناصر سلامة المشاة مثل أخطار التعثر، وبرك الماء أو الجليد، وسطح المشي، الذي ينبغي ألا يكون زلقاً في الطقس الرطب. وتشكل أخطار التعثر مشكلة نظامية كبيرة للعديد من الجهات المسؤولة عن الجسور، بالتالي ينبغي الإبلاغ عنها والتعامل معها على الفور.

يجب فحص نوع البردورات وحالتها ومحاذاتها. يجب فحص البردورات أيضاً للتأكد من أنها مثبتة بشكل صحيح.

٨-٤ بلاطات الاقتراب:

يجب فحص بلاطات الاقتراب للتأكد من عدم وجود تشققات، أو تفاوت، أو هبوط، أو خشونة، ويمكن أن يتسبب وجود عيب واحد أو أكثر من هذه العيوب في دخول المركبات إلى الجسر وإحداث ضغوط تصادم غير مرغوب فيها في الهيكل. ويمكن أن يشير التشقق أو التفاوت في بلاطة الاقتراب الخرسانية إلى وجود فراغ تحت البلاطة من هبوط الحشو أو التعرية.

صُمِّمت بعض بلاطات الاقتراب الخرسانية لاستخدامها كعوارض، مع القدرة على تحمل الأحمال المباشرة دون الاعتماد على الدعم الكامل من مادة الحشو الأساسية. ويجب أن تعتمد بلاطات الاقتراب الأخرى على الدعم من الحشو الأساسي؛ لاستخدامها بشكل صحيح ويمكن أن لا تدعم جميع أحمال المرور بأمان في حال تصدعها، بالتالي ينبغي على المفتش تحديد قدرة البلاطة عند اكتشاف تعرية في الحشوات الأساسية.

يجب فحص فواصل التمدد بين بلاطات الاقتراب والجدار الخلفي للركيزة الطرفية أو سطح الجسر، مع توثيق أوجه القصور، وفقاً للجزء (٦-٤). وتُظهر بعض الجسور بالإضافة إلى ذلك فواصل التنفيس بين الركائز الوسطية القريب والأطراف الخارجية لبلاطات الاقتراب، التي صُمِّمت لاستيعاب الحركة الحرارية المحلية في رصف الاقتراب المجاور للجسر. وعند فحص فواصل التنفيس، يجب تحديد ما إذا كان هناك مساحة كافية متاحة هذه الحركة أم لا. وإذا كان المفصل مصمماً لمنع التسرب، فإنه يجب تحديد ما إذا كانت المادة المانعة للتسرب مناسبة لمنع التسرب.



الشكل (١١-٤) الشقوق الملحوظة في بلاطات الاقتراب

٩-٤ طبقات الرصف السطحي والطلاء الواقي:

يجب تضمين سجلاً لأنظمة الطلاء الموجودة وتواريخ التنفيذ وطبيعة تحضير السطح المستخدم قبل التنفيذ الأخير في الملف الخاص بالجسر.

يكون لدى معظم الجهات المسؤولة عن الجسور نظام واحد أو أكثر من أنظمة الطلاء. يجب الحصول على نسخة من مواصفات الطلاء المثبتة والمتوفرة.

يتخذ قرار عام بشأن حالة الطلاء بناءً على حالة غالبية الأسطح، وليس بناءً على مناطق التآكل الموضعية. ويجب أن تكون الأسطح المطلية خالية من الصدأ، أو النقر، أو البياض، أو التجزع، أو تصبغ الصدأ المعمم. وينبغي تقديم تقرير عن المناطق الفردية التي يكون بها تآكل شديد لإعادة الطلاء بها.

يجب فحص حالة الطلاء وتوثيق مدى التآكل. ويجب فحص المناطق حول رؤوس البراغي والمسامير بعناية. وتتعرض تفاصيل الوتر ووصلة مفصل الجمالون بشكل خاص للتآكل، خاصةً حيث يمكن أن تترسب الملوثات من سطح الطريق مثل أملاح إذابة الجليد على الحديد. ويصعب فحص العديد من المناطق المحيطة بتفاصيل التوصيل لمعرفة حالة الطلاء وتحديد مدى حدوث أي تآكل. ومع ذلك،

ينبغي عدم إغفال هذه المناطق، لأنها غالبًا ما تكون البقع التي سيبدأ فيها التآكل أولاً. ويجب البحث عن التشوه في المقاطع متعددة الألواح المبرشمة أو المثبتة بمسامير حيث تكون قد دخلت الرطوبة وتآكلت أسطح التلامس للألواح، مما تسبب في تباعدها.

يجب فحص الشقوق على الأسطح المطلية، التي يمكن أن تشير إلى وجود شقوق في المواد الأساسية. وتكون هذه الشقوق موجودة بالفعل إذا عُثر على بقع صدأ تحديداً.

يجب فحص فتحات التصريف وفتحات التنفيس والتحقق من كفاءتها.

٤-١٠ التعرية بالجرف (النحر):

إجراء فحص الجرف scour في الغالب بطرق التخويض أو السبر عندما تكون عناصر البنية السفلية في مياه ضحلة نسبياً وبطيئة الحركة. وتتطلب مواقع الجسور ذات الظروف الهيدروليكية الأكثر شراسة عمليات فحص تحت الماء. ويجب وضع سياسات لتحديد العتبات الهيدروليكية والبيئية بين عمليات فحص التخويض والغوص في الماء.

- يجب فحص ركائز الجسر الطرفية والركائز الوسطية بحثاً عن مؤشر على التعرض الناجم عن التنظيف أو تقويض القواعد. ويتمثل المؤشر النموذجي على جرف الركيزة الطرفية للتسرب من خلال الدعامات في عدم وجود استقرار ملحوظ في حماية الميل بسبب إزالة المواد في مقدمة الميل.
- يجب إيلاء اهتمام خاص للأساسات في القواعد المنبسطة حيث يكون الجرف أو التآكل حرجاً بشكل أكبر من الأساسات على الأعمدة. ومع ذلك، يجب إدراك إمكانية حدوث الجرف وتقويض أسس العمود أيضاً. ويجب فحص أي أعمدة مكشوفة في المناطق المتضررة لتحديد عدد الأعمدة المكشوفة وارتفاعات التعرض الخاصة بها. ينبغي ألا تتأثر قدرة الدعم الرأسي للأعمدة بشكل كبير إلا إذا كانت درجة الجرف شديدة للغاية، ولكن قد يكون الاستقرار الأفقي موضع شك.
- يجب تضمين قياسات من نقطة مرجعية ثابتة لتحديد الارتفاع الحالي لقاع القناة أثناء فحص الجسر المعرض للجرف. ويجب مقارنة ارتفاع القناة بارتفاعات البنية السفلية الرئيسي من أجل تحديد التضمين الحالي للدعم وتحديد أي حالات استقرار محتملة. وكما تكون جسور المجاري المائية المربعة عرضة للجرف والتقويض، سواء في أطراف البداية أو النهاية، بالإضافة إلى تقويض وتلف العناصر الواقية مثل الأغشية الخرسانية ودكة الحجارة المملوءة بالأسمنت في أطراف المجرى المائي.
- عندما يتم اكتشاف جرف موضعي في وحدات البنية السفلية والقنوات، يجب تسجيل الحجم التقريبي وموقع تنظيف الجرف. وعند اكتشاف تقويض، يجب قياس الطول والارتفاع واختراق المنطقة المقوضه أسفل الأساس. ويجب تسجيل عدد الأعمدة المكشوفة، إن وجدت، بالإضافة إلى ارتفاعات التعرض النموذجية والقصى لدق الخوازيق. ويجب توثيق المؤشرات على الأضرار الناجمة عن الجرف في الأعمدة والأساسات، عندما تكون موجودة.
- في حالة وجود رؤية محدودة، أو تراكمات حطام، أو ظروف هيدروليكية أو بيئية حادة في الموقع، يمكن استخدام تقنيات فحص متقدمة مثل سونار التصوير تحت الماء لتقييم ظروف الجرف المحلية دون تدخل بشري تحت الماء.
- عندما يتم اكتشاف حالات جرف محلية خطيرة، يكون هناك ما يبرر إجراء مزيد من الفحص العياني للجسر، للتأكد من وجود أي هبوط في الجسر نتيجة لذلك.
- عندما يحدث التآكل على وجه واحد فقط من الركيزة الطرفية، تاركاً مادة صلبة على الوجه المقابل، فقد ينتج عن ذلك عدم استقرار أفقي. وقد ينتج عدم الاستقرار الأفقي أيضاً عن حشوات التربة أو الصخور المتراكمة على الدعامات أو على الميول التي تحتفظ بها الجدران الجانبية.
- يجب تقييم دكة الحجارة التي تم تنفيذها كإجراء مضاد لمنع جرف الركائز الوسطية لتحقيق الاستقرار. ويجب التحقق من أن المادة التي تتم ملاحظتها على أنها دكة حجارة، على عكس الصخور التي تتكون بشكل طبيعي أو المواد الموضوعة على الركائز الوسطية بفعل تيار الدفع الذي لا يوفر الحماية الكافية. ويعتبر مفتاح إجراء التقييم هو شكل المادة. وعادةً ما يتم تحديد الصخور الزاوي لدكة الحجارة بينما يتم تقريب المواد المترسبة بفعل التيار.

٥- طرق إصلاح الجسر وتقويته

٥-١ الهياكل الخرسانية:

يستلزم الإصلاح الفعال للهياكل الخرسانية فهم أسباب التدهور وتقييم تأثير تقنية الإصلاح المختارة لصلاحيتها في المستقبل، ويستند ذلك إلى إجراء اختبار جيد للهيكال الحالي، ويعد تآكل حديد التسليح السبب الأكثر شيوعاً للقيام بإصلاح الهياكل الخرسانية. وفي هذه الحالة، يكون جدول الأعمال الرئيسي الذي يجب التركيز عليه كما يلي:

- تغطية حديد التسليح.
- عمق الكربنة، عمق تغلغل الكربون في الخرسانة.
- تلوث المنطقة بالكوريدات.
- تفاصيل الخليط الخرساني.
- عمر الخرسانة
- العوامل البيئية التي تسببت في التلوث وحالة التلوث.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء الفرعية (٥-١-١ إلى ٥-١-٤) الحد الأدنى من المتطلبات.

٥-١-١ إصلاح الشقوق:

يجب إصلاح الشقوق في الخرسانة إذا قرر المهندس القائم بالتقدير أن هذه الشقوق تقلل من القوة والصلابة إلى مستوى غير مرضٍ أو تقلل من وظيفة الهيكل بشكل كبير. ويجب أيضاً إصلاح الشقوق إذا قرر المهندس الحاجة إلى تحسين سطح الخرسانة. ووفقاً للتقييم الدقيق لمستوى الشقوق وسبب حدوثها، يمكن اتباع طريقة واحدة أو أكثر من طرق إصلاح الشقوق.

٥-١-١-١ حقن الإيبوكسي:

تملأ الشقوق التي يقل عرضها عن ٠,٠٥ ملم بالحقن بالإيبوكسي، ويُستخدم هذا الحقن بنجاح في إصلاح الجسور وشقوق خزانات المياه، ويمكن أيضاً استخدام هذه الطريقة لإصلاح معظم الشقوق الإنشائية وغير الإنشائية مع الأخذ في الاعتبار أن هذه الشقوق يجب أن تكون ساكنة، أو تعالج أسباب حدوثها قبل اتباع هذه الطريقة، ولا يمكن تطبيق هذه الطريقة في الشقوق عندما يكون التسرب نشطاً أو أن الشقوق التي لا يمكن تجفيفها، وينبغي الإشارة إلى أن هذه الطريقة تتطلب درجة عالية من الكفاءة في التنفيذ.

٥-١-١-٢ ملء الشقوق:

تُستخدم هذه الطريقة للشقوق الساكنة وغير الإنشائية، ويشمل ذلك توسيع الشق على طول جانبه المكشوف، ثم يُملأ الشق ويغلق بمادة مانعة للتسرب ومادة رابطة مناسبة. ولا يمكن استخدام هذه الطريقة للشقوق النشطة والشقوق التي تخضع للضغط الهيدروستاتيكي، وينبغي الإشارة إلى أن هذه الطريقة أحد أسهل طرق الصيانة ولا تتطلب على تدريب عالي المستوى. وتطبق على كل من الشقوق الصغيرة والشقوق المعزولة الكبيرة.

٥-١-١-٣ رتق الشقوق:

يمكن استخدام هذه الطريقة لتجديد قوى الشد من خلال الشقوق الرئيسية، وتهدف طريقة رتق الشقوق إلى تقوية وتعزيز صلابة الهيكل، مما يؤدي إلى تخفيف المشكلة في موقع آخر في الهيكل. ومن المهم إجراء عمليات الفحص وتقوية القطاعات المجاورة عند الحاجة. ويتطلب هذا الإجراء إنشاء ثقوب على شريحتين من الشقوق، وتنظيف هذه الثقوب وتثبيت أرجل عروق الخياطة في الثقوب إما بالجبس غير القابل للتمزق، أو باستخدام مادة لاصقة من الإيبوكسي مع مواد راتنجية داعمة. ويجب أن تكون عروق الخياطة ذات طول واتجاه متغيرين، ويجب أن تكون متوفرة فلا يطبق الشد المنقول من خلال الشق على مستوى واحد داخل القطاع، ولكن يسود في جميع أنحاء موقع.

٥-١-١-٤ الثقب والحشو:

يُقصد بـثقب الشق وحشوه الحفر أسفل الشق وعلى طوله، ثم حقن المنطقة وتشكيل ما يشابه مفتاح في قفل. وتستخدم هذه التقنية فقط في الشقوق التي تحدث في خطوط مستقيمة ويمكن الوصول إليها من جانب واحد فقط، ولإصلاح الشقوق الرأسية في الجدران الدائمة.



٥-١-١-٥ مائع التسرب المرن

تُنظف الشقوق بمسدس رمل أو مسدس مائي، ثم تملأ بقلب مناسب من مادة مانعة للتسرب مرنة. ويجب تأمين مائع الالتصاق في الجزء السفلي من الشقوق للسماح بالتغييرات في شكل المادة المانعة للتسرب وكذلك تركيز الإجهاد أدناه، كما يمكن تصنيع مائع الالتصاق من مادة بولي إيثيلين أو مادة أخرى لا تلتصق بالمادة المانعة للتسرب قبل أو أثناء المعالجة.

٦-١-١-٥ الحشو بالمونة:

١-٦-١-١-٥ الحشو بالمونة الأسمنتية:

إصلاح الشقوق العريضة، خاصة في الهياكل الكتلية والجدران السميكة والجدران الخرسانية، بالحشو بالمونة الأسمنتية البورتلاندي. وتزال الخرسانة على طول الشق ثم تُثَبَّتْ المقاعد على مسافات متساوية عبر الشق؛ لإغلاقه بين المقاعد بطبقة من الأسمنت أو مادة مانعة للتسرب أو الحشو بالمونة، ثم تستخدم المياه الجارية لتنظيف واختبار الشق، وتُحشى المنطقة بأكملها. ويمكن استخدام مسدس الحشو اليدوي في الشقوق الصغيرة، ولكن تستخدم المضخة للشقوق الكبيرة لفترة طويلة؛ لضمان تغلل الحشو بشكل جيد.

٢-٦-١-١-٥ الحشو بالمونة الكيميائي:

في الحشو الكيميائي، يخلط نوعان أو أكثر من المحاليل الكيميائية معاً لتكوين هلام، أو ناتج ترسيب صلب، أو رغوة مناظرة للأسمنت الرابط. ويتكون الحشو من جزيئات صلبة معلقة في سائل. ويمكن استخدام هذه المادة الرابطة الكيميائية في الظروف البيئية الرطبة، ويمكن التحكم فيها أثناء تحولها إلى هلام ويمكن استخدامها في الشقوق الرفيعة جداً.

٧-١-١-٥ التعبئة الجافة:

التعبئة الجافة هي وضع مونة منخفضة المحتوى المائي متبوعة بتعبئة هذه المونة بشكل يدوي مما ينتج عنه ربط عميق بين المونة والخرسانة الموجودة؛ إذ إن انخفاض نسبة الماء إلى الأسمنت يؤدي إلى انكماش المادة انكماشاً طفيفاً، ويساعد في ترقيع الشقوق الضيقة المتبقية، ويزيد من قوة المادة ومقاومتها للماء، ويمكن استخدام العبوات الجافة لملء الشقوق الضيقة لإصلاح الشقوق الساكنة، ولا يُنصح باستخدام العبوات الجافة لملء الشقوق النشطة.

٨-١-١-٥ كبج الشقوق:

قد تتطور الشقوق وتزداد في الخرسانة العادية غير المسلحة في أثناء تركيب الخرسانة الكتلية؛ لأن السطح يتعرض للانكماش أو تتطور لأسباب أخرى أثناء التنفيذ، ويمكن إيقاف هذه الشقوق بمنع التشقق وانتشار ضغوط الشد في مناطق أوسع. وتُكبج الشقوق بوضع غشاء مضاد للالتصاق أو شبكة حديدية فوق الشق أثناء تصلب الخرسانة، ويمكن أيضاً وضع أنبوب شبه دائري فوق الشق.

٩-١-١-٥ تشريب البوليمر:

البوليمر سائل يتكون من جزيئات عضوية صغيرة يمكن أن تتجمع وتشكل مادة بلاستيكية صلبة، وتتطاير البوليمرات على مستويات مختلفة، وتتمتع بخاصية التحول وعدم القابلية للانتزاج بالماء، وهكذا تتخلل الخرسانة الجافة، لكونها سائلة للغاية، وتملأ الشقوق كما يفعل الماء. وتُستخدم البوليمرات في تشريب البوليمر بالإضافة إلى الوسائط الكيميائية. وعند تسخين البوليمرات، تتجمع معاً لتشكل مادة بلاستيكية صلبة قوية تعمل على تحسين خصائص الخرسانة بشكل كبير، ولا تُستخدم لإصلاح الشقوق الصغيرة.

١٠-١-١-٥ الإصلاح:

تضاف بعض البوليمرات لزيادة التركيز في مرحلة التشكيل لتقليل إجهاد الشد الداخلي الناتج عن تفاعلات الخرسانة والحرارة المرتفعة في مرحلة تصلب الخرسانة، ويستخدم أسمنت خاص في بعض الأحيان؛ لتحقيق التوازن على سطح الخرسانة، والعمل على تحرير إجهادات الشد الداخلية. ويمكن أن يتخلل الأسمنت في الشقوق، محققاً درجة عالية من الإصلاح. ويُستخدم هذا النوع من الأسمنت في الخرسانة العادية غير المسلحة، وخاصة في رصف الجسور الكبيرة.



٢-١-٥ إصلاح الخرسانة:

سيؤدي برنامج الاختبار ونتائجه إلى فهم مدى العيب القائم والسبب المؤدي للتدهور. من خلال الأخذ في الاعتبار لهذه العوامل، يمكن اختيار طريقة الإصلاح المناسبة، كما هو موضح في الجدولان (١-٥ و ٢-٥).



الجدول (١-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكلوريدات.

طريقة الإصلاح						مدى الضرر
التشبع*	تحلية المياه	الحماية الكاثودية	خرسانة مرشوشة	الترقيع باستخدام الخرسانة	الترقيع باستخدام المونة	
•					•	التفكك على مساحة صغيرة
•					•	التفكك على مساحة كبيرة بعمق أقل من ٢٥ ملم
•	•	•	•	•		التفكك على مساحة كبيرة بعمق أكبر من ٢٥ ملم
ملاحظة: * التشبع هو حقن الخرسانة بالمواد الكيميائية (المواد المضافة) لتقويتها أو لتحسين خصائصها.						

الجدول (٢-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكربون.

طريقة الإصلاح						مدى الضرر
الطلاء بطبقة مقاومة للكربون	التحكم في القلوية	الحماية الكاثودية	خرسانة مرشوشة	الترقيع باستخدام الخرسانة	الترقيع باستخدام المونة	
•					•	التفكك على مساحة صغيرة
•					•	التفكك على مساحة كبيرة بعمق أقل من ٢٥ ملم
•	•	•	•	•		الكربون على مساحة كبيرة بعمق أكبر من ٢٥ مم

قد يكون هناك حاجة إلى إصلاح الخرسانة لأسباب عديدة بخلاف تعزيز تآكل الحديد، ومن بين هذه الأسباب الأضرار الناجمة عن الحريق، وفي هذه الحالة ستعتمد نفس الاستراتيجية العامة في الإصلاح. كما أن وجود طرق إصلاح متعددة سيوفر طريقة أكثر اقتصاداً، ينبغي أن تُطبق كما هو موضح في الجدول (٣-٥).

الجدول (٣-٥) إصلاح تآكل الخرسانة الناتج عن الكلوريدات.

طريقة الإصلاح			مدى الضرر
خرسانة مرشوشة	الترقيع باستخدام الخرسانة	الترقيع باستخدام المونة	
		•	استبدال الخرسانة فوق مساحات صغيرة
		•	استبدال الخرسانة فوق مساحات كبيرة تقل عن ٢٥ ملم
•	•		استبدال الخرسانة فوق مساحات كبيرة تزيد عن ٢٥ ملم

يمكن إصلاح الخرسانة بملء الشقوق أو إصلاح الشقوق الإنشائية، وهذا النوع من الإصلاح يُتخذ عندما يكون سبب التشقق معروفاً.

٣-١-٥ الطلاءات الوقائية:

الطلاءات هي مواد كيميائية مصنوعة من السوائل أو البلاستيك؛ تخترق الخرسانة مباشرة؛ لحمايتها، أو تضيف خصائص جديدة غير متوفرة في الخرسانة الحالية. ولا ينصح باستخدام طلاء ماص لحماية سطح الخرسانة لمنع تسرب السطح، كما أن بعض المواد المستخدمة كمادة مانعة للتسرب وهي راتنج الإيبوكسي، ومنتجات البيتومين، ومنتجات مثل؛ زيت بذور الكتان، والفيلوسيليكات، وتجهيزات السيليكون.

يمكن تثبيت الطلاءات على سطح الخرسانة إما بمادة ربط، أو تقطر في مسام الخرسانة، أو بتفاعل كيميائي مع الخرسانة على السطح. وربما استخدام مجموعة من الطلاءات على سطح الخرسانة قد ينتج عنه مقاومة أفضل. وسيوفر معالجة جمالية ممتازة للهياكل التي انتهت تصليحها؛ وكذلك إخفاء الألوان غير المتناغمة، وتوفير مقاومة إضافية لبيئات عدوانية محددة.

٤-١-٥ الحماية الكاثودية:

تعد إحدى طرق الإصلاح المتاحة لإصلاح التآكل، بالإضافة إلى إمكانية استخدام المبادئ الأساسية لخلية التآكل لفهم نظرية الحماية الكاثودية، وتعرف الحماية الكاثودية بأنها عملية إزالة التآكل عن طريق جعل المعدن مهبطاً بتمرير تيار مباشر متصل على سطح الخرسانة، أو متصل باستخدام مصعدات مجلفنة (جلفاني)، أو أدوات الجلفنة. ومنذ أن حُولت المناطق إلى مساحات كاثودية أُزيل التآكل في الواقع.

الطريقة الأساسية التي تحقق الحماية الكاثودية هي تمرير تيار مباشر من المصعد الخارجي عبر المنحلات بالكهرباء إلى المعدن. وطالما أن التيار يتدفق من المنحل بالكهرباء إلى المعدن بطريقة صحيحة، فسيكون مهبطاً. وتوفر معدلات الحماية الكاثودية الحالية الموجهة التعديلات لاستمرارية المستويات المناسبة للتيار المباشر القسري.

من الممكن استخدام نظام مصعد مجلفن لإنتاج التيار الكهربائي، ويتكون هذا النظام من استخدام معدن تفاعلي مثل الزنك أو الألمونيوم أو المغنيسيوم لإنتاج تدفق التيار، ويُؤد التيار الكهربائي من خلال الاختلاف في جهد المعادن عند توصيلها، ويتدفق من المصعد (الزنك أو الألمونيوم أو المغنيسيوم) عبر المنحلات بالكهرباء إلى المعدن الكاشط.

تحقق الحماية الكاثودية حين يكون التدفق الحالي كافياً لتغيير جميع المناطق الموجودة في إطار المعدن الكاثودي..



لا يكون التيار المباشر الناتج عن استخدام نظام المصعد المجلفن كافيًا لتعزيز تسليح الحديد في الخرسانة. في خلية التآكل، يُطرد الأكسجين والهيدروجين في المصعد والكاثود على التوالي. وفي حالة استخدام الحماية الكاثودية، تصبح مناطق المعدن الكاشط كاثودية، وعندما تكون هناك كمية كافية من الهيدروجين في الكاثود، ستكون هناك حالة استقطاب حُفقت.

٢-٥ الهياكل الحديدية

تكون هياكل الجسور المعدنية ذات متانة كبيرة بشكل عام إذا حُفظ عليها، كما أن عمليات التدهور التي تتعرض لها يمكن تداركها جيدًا وتصحيحها بسهولة. أمكن القيام بها في وقت مبكر بشكل كافٍ. وتتمثل الأسباب الرئيسية لتدهور الجسر المعدني في الآتي:

- ١- التآكل.
- ٢- الكلال والشقوق الأخرى.
- ٣- الانكماش والتشوهات الناجمة عن أضرار التحميل والتصادم.

١-٢-٥ تحديد أضرار الهيكل الحديدي:

يحدث التآكل والصدأ عندما يفشل نظام الحماية، وهو السبب الأكثر شيوعًا للتدهور، وتحفز الكلوريدات الناتجة عن تكلس سطح الطريق من التآكل وتفاقمه.

يزداد ضرر الكلال والتآكل الناجم عن تفاصيل التصميم السيئة. وتنشئ تفاصيل التصميم السيئة مناطق معرضة للتآكل وتركيز الضغوط على العناصر. ستحدد إجراءات الفحص الجيدة جميع أشكال التدهور في وقت مبكر بشكل كافٍ للعمل قبل حدوث ضرر خطير من خلال التأثير سلبيًا على قدرة تحمل الهيكل، وتتمثل ميزة الجسور المعدنية التي تمنحها الأفضلية على الخرسانة هي أن التدهور يحدث في الأسطح الخارجية للأعضاء بطريقة ملحوظة بالعين المجردة، أو باستخدام الحد الأدنى من الأدوات. والاستثناء من ذلك هي العناصر الإنشائية المدفونة بسبب صعوبة الوصول إليها -خاصة في جسور السكك الحديدية- وكذلك عناصر الصناديق المغلقة وملحقاتهم مثل مسامير وسائل النقل. يمكن استخدام المقاييس بالموجات فوق الصوتية لقياس الألواح أثناء فحصها، يمكن أيضًا استخدامها لتحديد موقع التشقق في العناصر التي يصعب الوصول إليها.

هناك طرق أخرى لتحديد التشقق في الهياكل المعدنية، مثل التصوير بالأشعة السينية واختبار الكسر المغناطيسي، ويتولى أمر هذه التكنولوجيات شركات اختبار متخصصة. يمكن تحديد الشقوق التي لا يمكن للعين المجردة رؤيتها باختبار النافذ الصبغي وهي تقنية بسيطة يمكن أن يقوم بها مفتشو الجسر. طُوِّرت تقنيات الانبعاث الصوتي لتحديد العيوب في الأعضاء المعدنية. ومع ذلك، لا يوجد في الوقت الحاضر دليل إرشادي يتناول هذه التقنية.

إذا كانت الخواص الميكانيكية للهيكل المعدني غير معلومة وكانت قوتها معروفة، فيمكننا أخذ عينة من مكان قليل الضغوط أو الأهمية، مثل دعامات المقطع ودعامات التقوية بالقرب من المحامل. وتُختبر العينة في المختبر لتحديد تكوينها وقوة الشد.

٢-٢-٥ إصلاح العنصر:

إذا استخدم اللحام في الإصلاح، فينبغي علينا التحقق أولاً من التركيب المعدني وقابلية اللحام. ويمكن تحديد ذلك في المختبر. لن يبدأ إصلاح تدهور الهيكل المعدني الناجم عن سبب واحد أو أسباب عدة إلا بعد تحديد المشكلة والفهم الجيد لها. وفي معظم الحالات يكون سبب التدهور واضحًا للأعين بسهولة. ومن ناحية أخرى، سيؤدي الإصلاح البسيط إلى عودة ظهور العيوب إذا لم يُحدد السبب الرئيسي. كما قد تؤدي دورات الفحص والصيانة غير الكافية إلى فشل كامل في نظام الطلاء، ويمكن تفادي ذلك من خلال التعرف المبكر على عيوب الطلاء وطلاء الجسر بطبقة واقية جديدة، وقد يكون التآكل المحلي يعود إلى الخطأ أو عدم الكفاءة في تصريف الجسور، ويمكن أن يؤدي تواجد مناطق معرضة للتآكل في التصميم الأصلي مع تراكم الأوساخ والنفايات إلى إتلاف الطلاء؛ بالتالي تسهيل حدوث العديد من حالات التآكل. وقد تكون الشقوق الناتجة عن الكلال وأسباب أخرى بسبب التحميل غير المتوقع أو لأسباب ببنية أخرى. وفي هذه الحالة، يجب أن تشمل التدابير الوقائية والإصلاح، وفقًا للقدرة العملية والمادية، معالجة السبب الأصلي للضرر اللاحق بالهيكل تفاديًا لتكرار الإصلاح. هناك أمثلة أخرى تتضمن شقوق الكلال الناتجة عن الحالة السيئة للفواصل ما يؤدي إلى ثني مفرغ في لوح هيكل المقطع؛ بالتالي فإن الإصلاح البسيط للضرر من دون إصلاح الفواصل سينتج عنه ظهور شقوق مرة أخرى.

٣-٥ المحامل:

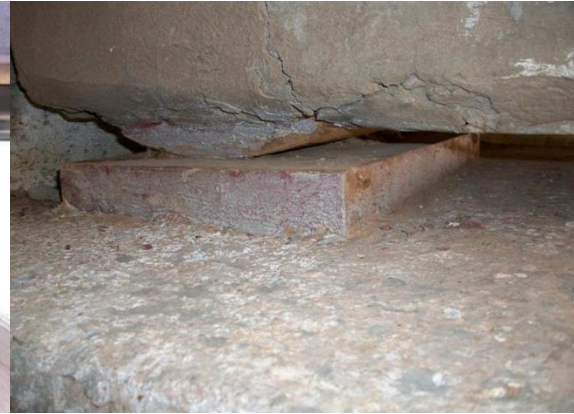
سيجرى فحص وتقييم محامل الجسر بصفة عامة حسب نوع المحامل، حيث تصنف المحامل في هذه الحالة وفقًا لنوعين من المواد، هما المحامل المعدنية والمحامل المرنة. يرد في الجدولان (٥-٥ و ٥-٥) شرح منهجية التقييم.

الجدول (٤-٥) منهجية تقييم المحامل.

التقدير	الوصف
٩	محمل جديد أو يبدو جديداً.
٨	محمل في حالة ممتازة.
٧	محمل في حالة جيدة.
٦	المحمل هو انشاء قديم، بحالة جيدة وليس بحاجة لأعمال الصيانة.
٥	عيوب بسيطة، لن تعيق وظيفة المحمل.
٤	المحمل الذي يقع في الحد الأدنى للقبول، سيكون بحاجة إلى إصلاحات فورية للحفاظ عليه.
٣	التدهور الواضح أو إزاحة المحمل، تصبح غير فعالة.
٢	عيوب في حالة متقدمة، سيتطلب تعليق حركة المرور.
١	المحمل غير متماسك وغير قادر على العمل.



التصنيف ٨



التصنيف ٣



التصنيف ٦



التصنيف ٤

الشكل (١-٥) مثال لتقييم محامل الجسر



١-٣-٥ إصلاح المحمل:

بعد إجراء فحص مفصل للمحمل، يمكن اتخاذ قرار بإصلاح محامل الجسر أو استبدالها إزاء التقرير عن الفحص، وتتمثل الطرق الرئيسية لإصلاح وحفظ المحمل فيما يلي:

- ١- التنظيف والطلاء.
- ٢- التشحيم.
- ٣- استبدال المكونات البالية.
- ٤- الرفع وإعادة الضبط.
- ٥- التعديل التحديثي.
- ٦- استبدال المحامل.

يصف الجدول (٥-٥) أكثر العيوب شيوعاً التي تشهدها محامل الجسور وطرق الإصلاح الملائمة.

الجدول (٥-٥) أكثر العيوب شيوعاً التي تشهدها محامل الجسور وطرق الإصلاح الملائمة.

طريقة الإصلاح	وصف العيب
التحكم في درجة الحرارة والتنظيف والتشحيم.	المحامل المتجمدة.
التنظيف والطلاء بدهانات الحماية من التآكل. فواصل سطح الجسر المانعة للتسرب التي تسمح بتسرب مياه الأمطار والحفاظ على نظام تصريف البنية الفوقية.	تآكل خفيف وصدأ التسربات في البنية الفوقية التي تسمح بتدفق الأوساخ، وملح إزالة الجليد، ومياه الأمطار، وغيرها إلى المنطقة المحمل.
استبدال المكونات البالية والتعديل التحديثي.	فشل التوصيلات ومكونات التثبيت (المسامير والمثبتات واللاحامات).
استبدال المحامل.	تآكل هائل في المحامل يسبب انهيار القطاع.
الرفع وإعادة الضبط. استبدال المكونات البالية.	إزاحة المحمل والمحاذاة الخطأ الظاهرة وفقدان المكونات.
استبدال المحامل.	مطاط ممزق أو ناتئ بشكل واضح في محامل مطاطية، تفكيك الحديد، تآكل متعدد رباعي فلورو الإيثيلين.
الرفع وإعادة الضبط، أو التعديل التحديثي أو الاستبدال.	محمل مائل نتيجة للتحميل العالي من البنية الفوقية.
الاستبدال بمحامل ذات قدرات زلزالية.	المحامل التالفة بسبب الأنشطة الزلزالية.
التنظيف. التحكم البيئي، منع تسرب منطقة المحمل.	الأوساخ المتراكمة، نمو النباتات، الأنشطة الحيوانية (على سبيل المثال، عش الطيور).
الرفع وإزالة الخرسانة وإصلاح عيوبها.	تشطي الخرسانة حول مثبت المحمل.

٢-٣-٥ التنظيف والطلاء:

يعد التنظيف والطلاء أكثر طرق إصلاح وصيانة محامل الجسور شيوعاً؛ إذ تحتوي جميع أنواع المحامل تقريباً مكونات حديدية. وتُنظف لإزالة جميع أنواع الصدأ، والأوساخ، والطبقات، وإعداد سطح الحديد لمعالجات الحماية من التآكل. تتمثل طرق التنظيف فيما يلي:

- ١- الطلاء بدهانات خاصة لإزالة الصدأ.
- ٢- التنظيف بالمذيبات بواسطة القطارات المعدنية أو التربينتين.
- ٣- التنظيف بالفرشاة السلكية.
- ٤- التنظيف الحمضي باستخدام حمض الكبريتيك، أو حمض الفوسفوريك، أو فوسفات الحديد.
- ٥- تنظيف اللهب باستخدام لهب الأوكسي أسيتيلين.
- ٦- السفع الرملي أو الكشط.
- ٧- نفث المياه.

٣-٣-٥ التعديل التحديثي:

التعديل التحديثي هو العملية التي تستخدم في تحسين وظائف المحمل، مثل؛ القدرة الاستيعابية للحمل، والقدرات الزلزالية، وقدرات الحركة. ويمكن إجراء التعديل التحديثي بواسطة ما يلي:

- ١- استخدام قضبان التثبيت.
- ٢- استخدام المخرمات.
- ٣- استخدام وحدات نقل الصدمات.
- ٤- استخدام مفاتيح القص وكتائف التقييد.
- ٥- تركيب محامل إضافية.

٤-٣-٥ الاستبدال:

ينبغي أن تستبدل المحامل التي تضررت بشكل غير قابل للإصلاح، أو التي لم تعد قادرة على أداء وظائفه. ويكون الاستبدال باستخدام رافعات هيدروليكية في رفع سطح الجسر، ودعمه على محمل مؤقت، وإزالة المحمل التالف واستبداله. وحين يكون هناك مساحة كافية حول منطقة مثبت المحمل أو أعلى الركائز الوسطية، تُنصب عارضة إضافية عبر الجزء العلوي من الركائز الوسطية لدعم المحمل المؤقت وجهاز الرفع وتوفير مساحة عمل كافية، وفي حالة عدم وجود مساحة كافية أعلى منطقة مثبت المحمل/ أعلى الركائز الوسطية، يمكن تثبيت ركيزة وسطية إضافية من هامة الأساسات الوتدية أو بالتثبيت بالركائز الوسطية لدعم العارضة المؤقتة، وجهاز الرفع، والمحمل المؤقت للقيام بالاستبدال. وهي عملية يشوبها العديد من المخاطر التي تتطلب مهارة وابتكاراً وتقنية في التعامل مع النقل الفعال للحمل والاستقرار وضغوط المحمل، وموازنة سطح الجسر وغيرها. وذلك أثناء عملية الاستبدال، ومن ثم ينبغي التعاقد مع مقاولين ذوي خبرة ومعتمدين فقط لتنفيذ هذا الاستبدال.



الشكل (٢-٥) رفع سطح الجسر لتنفيذ استبدال المحمل.

يُنصح دائماً بالتصميم من أجل استبدال المحمل في جسور جديدة، ويحدث هذا بتوفير منطقة للرفع حول مثبت المحمل/ أعلى الركائز الوسطية، كما ينبغي أن يكون التصميم سهل الاتصال بسطح الجسر أثناء الصيانة الدورية. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون توصيل المحمل بشكل يمكن إصلاحه بسهولة.



الشكل (٣-٥) استبدال محامل الجسر.

٥-٣-٥ الرفع:

نصائح الرفع قبل محاولة رفع البنية الفوقية كما يلي:

- ١- الاتصال بجهة تصنيع معدات الرفع الثقيل؛ لتحديد نوع النظام المطلوب للقيام بالرفع، إذ يمكن لجهات التصنيع هذه توفير معلومات عن الرافعات، وأجهزة القياس، والمضخات، والصمامات، وغيرها.

- ٢- سيحدد كلاً من وزن الجسر وعدد نقاط الرفع الطاقة الاستيعابية للرفع.
- ٣- يجب ان ترفع كافة العوارض الموجودة في القطاع العرضي في نفس الوقت والارتفاع؛ لمنع الضغوط المفرطة على الجسر.
- ٤- إنشاء نقاط رفع طولياً؛ إذ يعد أيضاً أمراً بالغ الأهمية. ويجب استشارة المهندس عند تحديد نقاط الرفع. على سبيل المثال، يمكن رفع الجسور ذات المدى البسيط على جانب واحد من الامتداد في كل مرة. ومن ناحية أخرى، تحتاج الامتدادات المستمرة إلى نظام رفع من أجل رفع كافة العوارض في جميع الأطراف في نفس الوقت ونفس الارتفاع. وسيحدد المهندس تفاوت رفع العارض التفاضلي؛ لمنع الضغوط المفرطة على الجسر المستمر أثناء العملية.
- ٥- غالباً ما ينبغي أن تكون الطاقة الاستيعابية لأسطوانة الرفع ضعف الوزن عند نقطة الرفع.
- ٦- وضع الرافعات مباشرة أسفل العوارض قد ينتج عنه رفع ركائز الجسر الوسطية. وبدلاً من ذلك، يمكن وضع الرافعات أسفل العوارض العرضية.
- ٧- لا يمكن أن تكون الرافعات الهيدروليكية نشطة لفترات طويلة أثناء تواصل عمل الجسر. وعادة، يرفع الجسر ويخفض مستواه للحجب حتى اكتمال العمل.
- ٨- ينبغي على وجه التفضيل وقف حركة المرور من الجسر أثناء رفعه، وبمجرد خفيض مستوى الجسر إلى حجب آمن، يمكن استئناف حركة المرور.
- ٩- توفر أنظمة الرفع الهيدروليكية المتقدمة رفعاً متزامناً للمساعدة على رفع الأحمال بسهولة.

٦-٣-٥ إجراءات الرفع:

- ١- إنشاء ركيزة وسطية إضافية ضروري لدعم الرافعات عندما يتعذر تحديد موقع الركائز الطرفية على البنية السفلية الحالية، كما أن وجود أساس مناسب لمنع الهبوط غير المتكافئ هو أمر في غاية الأهمية.
- ٢- تقوية عناصر الجسر حسب الضرورة لتحمل قوة الرافعات. فصل الحواجز والمرافق إذا اقتضى الأمر.
- ٣- وضع الرافعات في مكانها بإحكام.
- ٤- تقييد حركة المرور على طول المدى بينما تدعمها الرافعات.
- ٥- زيادة المدى عن طريق الرفع. ينبغي استخدام مقاييس الضغط للتأكد من أن جميع الرافعات تعمل على رفع المدى بالتساوي.
- ٦- استخدام المراقبين المتواجدين في نقاط استراتيجية للبحث عن علامات العيوب الإنشائية. تعديل الرافعة والكتل وإعادة الرفع حتى تحقق الأوضاع المطلوبة.
- ٧- التحقق بشكل دوري للتأكد من عدم وجود هبوط غير متكافئ.
- ٨- إزالة الكتل باستخدام الرافعات بعد اكتمال الإصلاحات.



الشكل (٥-٤) رفع عوارض الجسر في نفس الوقت باستخدام عارض إضافي



٤-٥ خيارات إصلاح الفواصل:

١-٤-٥ خيارات الإصلاح:

١-١-٤-٥ فواصل مصنوعة من وصلات معدنية متداخلة:

إزالة الصدأ المتكون على الوصلات المعدنية، ما يضمن عدم وجود وصلات بارزة لأعلى خوفاً من أنها قد تخترق إطارات المركبات المارة بسرعة، وتعالج طبقة الأسفلت الموضوعة على جوانب الفواصل بما يضمن عدم وجود فراغات تسبب التسرب السطحي للماء إلى البنية الفوقية.

ويكون هناك تنظيف مستمر لفتحة الفواصل بضخ تيار هواء قوي.

٢-١-٤-٥ الفواصل الصلبة:

الحفاظ على الألواح التي تغطي الفواصل على أساس ثابت، والتأكد من أنها مثبتة جيداً.

٣-١-٤-٥ الفواصل المرنة:

الحفاظ على هذه الفواصل باستبدال النيوبرين وإعادة التثبيت الجيد لحواف الفواصل. ومعالجة طبقة الخرسانة التي تقع على جوانب الفواصل بما يضمن عدم وجود فراغات تسبب التسرب السطحي للماء إلى البنية الفوقية. ينبغي أن يكون ذلك مصحوباً بالتنظيف المستمر لفتحة الفواصل عن طريق ضخ تيار هواء قوي.

في بعض الأحيان يؤدي إغلاق الفواصل إلى حركة عرضية لسطح الجسر، إذا كان الأمر كذلك فينبغي إعادة الحالة الصحيحة مع توفير الظروف المناسبة لوظيفة الفواصل.

٥-٥ حواجز الحماية:

١-٥-٥ خيارات الإصلاح:

يجب الالتزام بإجراءات إصلاح الشقوق المعزولة، وكسر خرسانة عناصر حواجز الحماية بطريقة مماثلة كتلك الطريقة المذكورة في (فقرة الشقوق). بالإضافة إلى إعادة إنشاء العناصر المتضررة بشكل واضح من حواجز الحماية؛ وينبغي أن يشمل هذا الإجراء أعمدة حواجز الحماية مع الحفاظ على التسليح الحالي سليماً. وفي حالة تآكل التسليح وفقدان أكثر من ١٠٪ من نسبته، فإنه يلزم حديد التسليح الجديد بالتسليح الحالي، ويُرَكَّب تسليح إضافي بما يتفق مع التسليح الحالي. وينبغي إزالة القطع الخرسانية الحرة وتنظيف سطح الخرسانة بالكامل، ووضع التسليح والصب في أماكنهم المناسبة، وقبل البدء في صب الخرسانة الجديدة، ينبغي تخميد سطح الخرسانة القديم بالماء وتغطيته بمونة أسمنتية.

٦-٥ تقوية الجسر:

١-٦-٥ الحاجة إلى التقوية:

غالباً ما تكون تكلفة التعديل التحديثي لجسر وتكاليف المستخدم المتعلقة بتعطيل حركة المرور باهظة للغاية، ومن الضروري ملاحظة أن الخطوة الأولى في العملية هي تحديد ما إذا كان الجسر المرشح بحاجة بالفعل إلى التقوية أم لا. بينما قد يكون كلاً من الفحص البصري والتحليل القياسي يشيران إلى الحاجة إلى التقوية، إذ إن تقنيات التقييم الاقتصادي الأكثر تطوراً وتزايداً متاحة الآن، ويمكن أن توفر معلومات أفضل يمكن بواسطتها تحديد الحاجة إلى التقوية بموثوقية أكبر. وتتضمن هذه الطرق: (١) تحليل دقيق.

(٢) تقييم الجسر باستخدام نتائج الاختبار الميداني، وقد أثبت أن استخدام نتائج هذه التقنيات يمكن أن يقدم تقييماً أكثر دقة لحالة الجسر قيد النظر. ونظراً لأن هذه التقنيات يمكن إجراؤها غالباً بجزء بسيط من تكلفة التعديل التحديثي الكامل، وبما أنه يمكن استخدامها في بعض الحالات لإظهار أن الجسور الموجودة في الواقع ليست في حاجة إلى تقوية، كما يوصى بأن ينظر المهندسون في فائدة إجراء تحليل مسبق أو اختبار ميداني قبل تصميم وتنفيذ تعديل تحسيني واسع النطاق.



٢-٦-٥ طرق التقوية:

تشمل تقنيات التقوية التقليدية التي تستخدم مواد الانشاء الشائعة ما يلي:

- ١- خفض الحمل الدائم (الميت).
- ٢- أسطح الجسور خفيفة الوزن.
- ٣- تطوير العمل المركب.
- ٤- تحسين قوة الأجزاء.
- ٥- زيادة الصلابة العرضية.
- ٦- إضافة أجزاء أو استبدالها.
- ٧- تقوية الوصلات.
- ٨- الأجزاء لاحقة الشد.
- ٩- تطوير استمرارية الجسر.

طرق جديدة ناشئة تتضمن:

- ١- أسطح جسور من الألومنيوم.
- ٢- أسطح جسور خرسانية مدعمة بالألياف.
- ٣- أسطح جسور مركبة ومدعمة بالألياف.
- ٤- تقوية الأجزاء باستخدام تقنيات لاحقة الشد.
- ٥- بوليمرات مدعمة بالألياف.
- ٦- تقيد الركيزة الطرفية جزئياً.
- ٧- رقائق البوليمرات المدعمة بالألياف المتصلة.

٦- فحص تقييم حالة الأنفاق

٦-١ مقدمة:

تساعد برامج وخطط الصيانة الفعالة على تقليل التكاليف، وتكرار إغلاق الأنفاق، وزيادة السلامة العامة، وضمان مستويات خدمة مناسبة. ولتحقيق أقصى قدر من الكفاءة في استخدام الموارد وتقليل التكاليف؛ ينبغي تحسين خطط الصيانة. وعند تنفيذ الإصلاحات والتحديثات على نطاق واسع، يُشار عادة إلى هذه المشاريع بإعادة تأهيل الأنفاق، وتتراوح أنشطة الصيانة بين المهام البسيطة والمحاولات المعقدة على النحو المبين في التسلسل الهرمي أدناه:

- إزالة الحطام.
- غسل هياكل الأنفاق، وتنظيف المصارف، وإحكام تثبيت المسامير، وتغيير المصابيح الكهربائية.
- إصلاح المعدات وطلاء التركيبات وترميم الركائز الوسطية.
- الاختبارات، والتحقق، والقياسات والمعايرة.
- التدخلات المخطط لها.
- التدخلات غير المخطط لها.
- الترميم.

ينبغي أن تحقق استراتيجيات صيانة مرفق النفق توازنًا بين الصيانة الوقائية والصيانة عند الطلب بشكل مثالي. ومراعاة السلامة ومتطلبات الخدمة والتكاليف. وعندما يتم تنفيذ ما يقرب من ٧٠ إلى ٨٠٪ من جميع أنشطة الصيانة في إطار مدخل الصيانة الوقائية، فإنها تعتبر ممارسة جيدة.

ينبغي تطوير خطة الصيانة من السجلات الحالية لمرفق النفق. واتباع الإجراءات الكتابية لضمان الصيانة الكافية له. وإذا حُدثت المخاوف المتعلقة بالسلامة، أو الهيكل في عملية تنفيذ مهام الصيانة؛ فينبغي معالجة العيوب. توفر مزيد من المعلومات فيما يتعلق بتقييم الحالة، وحدود التحكم في العيوب للبنيات الفوقية والتحتية، في الباب ٤ ومن كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)، على التوالي.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء (٢-٦ إلى ٨-٦) الحد الأدنى من المتطلبات.

٦-٢ أنواع فحص الأنفاق:

هناك العديد من أنواع عمليات الفحص التي تُجرى بانتظام على هياكل الطرق مثل الأنفاق، بالإضافة إلى أي عمليات فحص عامة، أو يومية، أو أسبوعية، أو شهرية يقوم بها الموظفون المعنون بتشغيل النفق وصيانته. وعلى نفس نهج برامج الفحص الأخرى، يحدد كود الطرق السعودي عمليات الفحص الأولية والدورية والمتعلقة بالأضرار والمتعمقة والخاصة للأنفاق. يلخص الجدول (٦-١) تلك الأنواع المتعلقة بعمليات الفحص للنفق.

الجدول (٦-١) أنواع عمليات فحص أنفاق الطرق.

نوع الفحص	الغرض
أولي	إنشاء سجل ملفات الفحص والحالات الأساسية للنفق.
دوري	إجراء مراقبات وقياسات شاملة على فترات منتظمة.
متعلق بضرر	تقييم الضرر الناجم عن أحداث، مثل؛ الاصطدام، والحريق، والفيضانات، والزلازل، والانفجارات.
متعمق	تحديد أوجه القصور التي يصعب اكتشافها باستخدام تقنيات الفحص عن قرب.
خاص	رصد العيوب وأوجه القصور ذات الصلة بالسلامة أو النتائج الحرجة.

وتشتمل متطلبات الفاصل الزمني للفحص الأولي وعمليات الفحص الدورية في الجدول (٦-٢) الذي يلخص هذه المتطلبات، وتتولى هيئة فحص الأنفاق مسؤولية تحديد الفواصل الزمنية للفحص المتعمق استنادًا على الاحتياجات الخاصة لمرفق النفق. إجراء عمليات الفحص الخاصة والمتعلقة بالضرر وفقًا لتقدير مالك النفق.

١-٢-٦ الفحص الأولي:

ينبغي إجراء فحص أولي لأنفاق الطرق الحالية خلال الفترة المحددة في الجدول (٢-٦)، أما فيما يخص الأنفاق الجديدة، فينبغي إجراء الفحص الأولي بعد الانتهاء من أنشطة الإنشاء واختبار الأنظمة الوظيفية، ولكن قبل فتح النفق أمام حركة المرور (راجع الجدول ٢-٦).

ينبغي أن يتألف الفحص الأولي كحد أدنى من عدد كافٍ من الملاحظات والقياسات لتحديد الحالة المادية والوظيفية للنفق، وتهدف عمليات الفحص هذه أن تكون شاملة بحيث تغطي الأنظمة الإنشائية، والمدنية، والميكانيكية، والكهربائية، والإضاءة والسلامة من الحرائق وحماية الأرواح والأمن واللافتات وأنظمة الحماية في النفق المعني.

يحدد الفحص الأولي للنفق الحالات الأساسية المتعلقة به؛ ويستخدم للتحقق من بيانات الجرد الأولي للنفق. يمكن استخدام النتائج الأساسية لتقييم التغييرات بمرور الوقت في أنظمة الأنفاق والمساعدة على تحديد الاتجاهات.

الجدول (٢-٦) الفترة الزمنية الفاصلة الواردة في المعايير الوطنية لفحص الأنفاق.

نوع النشاط	التطبيق	الفاصل الزمني
الفحص الأولي	نفق جديد.	مسبق لفتح حركة المرور للعام.
	النفق الحالي.	خلال ٢٤ شهرًا من تاريخ نفاذ المعايير الوطنية لفحص الأنفاق.
الفحص الدوري	الحالة الافتراضية.	كل ٢٤ شهرًا على مدى عمر النفق.
	تقرير خطي مصدق.	السماح المحتمل بالتمديد حتى ٤٨ شهرًا.
الفحص المتعمق	أنفاق معقدة لأنظمة إنشائية وظيفية معينة.	المستوى والتردد الذي سيحدد من قبل مدير البرنامج.

٢-٢-٦ الفحص الدوري:

بعد الفحص الأولي تجري عمليات فحص دورية خلال الفترات المحددة في الجدول (٢-٦)، وعمليات الفحص الدورية هي عمليات فحص مجدولة بانتظام، وتساعد على ضمان استمرارية الخدمة الآمنة والموثوقة والفعالة. وتلك العمليات مماثلة في نطاقها للفحص الأولي، وتسجل عمليات الفحص الدورية للنفق التغييرات التي تحدث في النفق بمرور الوقت، ويمكن استخدامها للمساعدة على تحديد الاتجاهات والتنبيه بمتوسط العمر المتوقع للمكونات في المستقبل.

ينبغي أن يتألف الفحص الدوري كحد أدنى من عدد كافٍ من الملاحظات والقياسات التي يمكن استخدامها لتحديد الحالة المادية والوظيفية للنفق. وتهدف عمليات الفحص هذه إلى أن تكون شاملة بحيث تغطي الأنظمة الإنشائية والمدنية والميكانيكية والكهربائية والإضاءة، والسلامة من الحرائق وحماية الأرواح، والأمن واللافتات والأنظمة الوقائية.

٣-٢-٦ الفحص المتعمق:

عمليات الفحص المتعمق هي عمليات فحص عن قرب أو يدوية أجريت على عنصر واحد، أو عدة عناصر، أو جميع العناصر، أو الأنظمة الوظيفية، وتستخدم تلك العمليات؛ لتحديد أوجه القصور التي لا يمكن كشفها بسهولة أثناء عمليات الفحص الأولية أو الدورية أو المتعلقة بالضرر، وقد تتضمن عمليات الفحص المتعمقة اختبار نظام الأنفاق والمكونات والمواد. وقد يحدث تفكيكًا وتطبيقًا واسع المدى لقطع غيار المعدات، ويمكن استخدام هذا النوع من الفحص لدعم التحليل الإنشائي أو تقييم النظام الوظيفي حيث ثمة حاجة إلى مزيد من المعلومات. ومن المقرر إجراء عمليات فحص متعمقة بناءً على احتياجات مرفق النفق ونتائج الفحص والإجراءات الخطية المحددة.

٤-٢-٦ الفحص الخاص:

إجراء فحص خاص عادةً بعد إجراء فحص أولي، أو دوري، أو متعلق بالضرر، أو متعمق، عندما تُكتشف أوجه قصور كبيرة ويلزم مراقبتها. ومن المقرر إجراء عمليات فحص خاصة بناءً على احتياجات مرفق النفق ونتائج الفحص والإجراءات الخطية المحددة. تستمر هذه الأنواع من عمليات الفحص، ولكن ربما على فواصل زمنية أو مدد زمنية معدلة، حتى إصلاح القصور، أو إزالة المكون من الخدمة، أو تحدد دراسة أخرى أن الحالات لم تعد تتدهور بمستويات سريعة. على سبيل المثال، وحدة الإنارة المصنوعة من معادن مختلفة والمثبتة عند حركة المرور قد تواجه مشاكل مع التآكل المفرط. على هذا النحو، يمكن مراقبة وحدة الإنارة هذه على أساس منتظم لضمان ثباتها بشكل محكم وإنها آمنة حتى يمكن إجراء الإصلاحات.

٥-٢-٦ فحص الأضرار:

إجراء عمليات فحص الأضرار استجابة للكوارث الطبيعية أو الأنشطة البشرية التي تلحق الضرر بالنفق. قد تحدث أضرار بسبب اصطدام المركبات ذات المحرك، أو الحرائق، أو الفيضانات، أو الزلازل، أو التخريب، أو الانفجارات؛ لذا ينبغي بقاء النفق مغلقاً عند حدوث ضرر خطير حتى الانتهاء من فحص الضرر، وقد تكون هناك حاجة إلى تحليل إنشائي ومتابعة الإصلاحات الطارئة. تأتي السلامة في المقام الأول بعد وقوع الحادث. وقد تكون أجهزة مثل جهاز التنفس والملابس الواقية والمعدات المتخصصة ضرورية. وينبغي تنسيق أعمال الفحص مع المستجيبين لحالات الطوارئ، فمن الضروري أن تقوم هيئة فحص الأنفاق بوضع خططاً مفصلة وإجراء تدريبات مع موظفي مرفق الأنفاق قبل هذه الأحداث.

٣-٦ طرق الفحص:

يعد الفحص البصري الطريقة الأولى والأكثر أهمية، وبمجرد ملاحظة عيب ما أو مؤشر عليه، على سبيل المثال، تشقق أو بقعة صدأ، ينبغي أن تستخدم حينها اختبارات أخرى لتقدير الحجم أو تأكيد وجود العيب.

هناك طريقتان للفحص البصري تستخدمهما الجهة القائمة على الفحص؛ الطريقة الأولى تسمى الفحص الدوري وهو مراجعة تقرير الفحص السابق ثم الفحص البصري لأجزاء النفق.

النوع الثاني من الفحص البصري يسمى الفحص المتعمق، ويفحص فيه عنصر أو أكثر للكشف عن العيوب التي لم تُكتشف بالفحص البصري الدوري. كما قد تكون هناك حاجة إلى فحص بصري أكثر دقة لتقييم الأسطح الخرسانية من مسافة قريبة وخلال هذا الفحص يمكن استخدام الاختبارات غير الإتلافية.

إجراء الاختبارات الفيزيائية على الأجزاء المحددة في الفحص البصري باستخدام مطرقة الفحص؛ للتحقق من حجم العيب وشدته. تقنيات الفحص المتقدمة: تستخدم تقنيات الفحص المتقدمة في حالة تعذر تحديد حجم العيب عن طريق الفحص البصري أو المادي. وتشمل ما يلي:

- قياس سرعة الموجة الصوتية/فوق الصوتية.
- آلات الكشف عن انفصال الطبقات.
- طرق اختراق الارتدادات.
- الاختبار بالموجات فوق الصوتية.
- اختيار عينة أساسية.
- قياسات عمق الكربة.
- النفاذية الخرسانية.
- قوة الخرسانة.
- محتوى الرطوبة.

٤-٦ إجراءات الفحص:

إجراءات الفحص هي وثائق مكتوبة للسياسات، والطرق، والاعتبارات، والمعايير، والتوجيهات، وغيرها من الحالات من أجل التخطيط وإجراء عمليات فحص للأنفاق، وتستخدم تلك الإجراءات المكتوبة؛ لتعزيز الفعالية العامة لبرنامج فحص الأنفاق، وإضفاء الطابع الرسمي على عملية الفحص. وينبغي تطوير الإجراءات لضمان التخطيط والجدولة بشكل ملائم قبل إجراء الفحص. ينبغي أن تصف الإجراءات الخطية المتطلبات كما يلي:

- وثائق ونماذج وتقارير الفحص.
- حفظ السجلات ومتطلبات التوثيق.



- التخطيط والجدولة لتشمل الخصائص الفريدة للنظام الإنشائي أو الوظيفي.
 - (أفضل ممارسات) وتقنيات للفحص.
 - متطلبات اختبار النظام الوظيفي والمراقبة المباشرة لفحوصات النظام الحرجة ووثيقة الاختبار.
 - تعليمات عامة خاصة بالنفق ومتخصصة.
 - الإجراءات المتخصصة والتدريب والخبرة للأنفاق المعقدة.
 - المكونات قيد التفكيك أو التنظيف.
 - القياسات وضبط عمليات المسح.
 - استخدام التقنية والممارسات الحالية.
 - معالجة النتائج الحرجة وإبلاغ السلطات في غضون أربعة وعشرين ساعة.
 - تقييم الحمل والنشر والتقييد حسبما يكون مناسباً لتقدير حمولة المركبة الآمنة.
 - الصيانة وحماية حركة المرور أثناء الفحص.
 - مناطق الانتظار والتجمع أثناء الفحص.
 - خطط تنفيذ ضمان الجودة وضبط الجودة.
- يجب أن تناقش إجراءات الفحص الأنواع المختلفة من فحوصات الأنفاق، ويجب أن تحدد الأدوار والمسؤوليات المنوطة بالقائمين بالفحص ومن ضمنهم قائد الفريق، وينبغي الاستعانة بموظفين لا يشاركون في تشغيل هياكل الأنفاق أو الأنظمة التشغيلية أو صيانتها. وتزيد إجراءات فحص الأنفاق الخاصة والعامة من قيمة برنامج الفحص العام وتساعد على ضمان الامتثال إلى جميع المتطلبات التنظيمية، كما ستصبح النتائج أكثر دقة إضافة إلى كونها أكثر اتساقاً. وتتضمن إجراءات الفحص ما يلي:
- افتراضات التصميم المهمة الخاصة بالنفق وتوضيح لتعقيد أنظمة الأنفاق.
 - إرشادات السلامة والصحة التي تتضمن الاستجابات في حالات الطوارئ وقواعد الإنفاذ.
 - تكوين فريق الفحص ومؤهلات الأفراد بما في ذلك التدريب والاعتماد والتسجيل، ومتطلبات الترخيص.
 - بروتوكولات الإبلاغ والتواصل.
 - أدوات الفحص ومعدات السلامة.
 - استخدام المخططات والصور والرسومات.
- يجب أن تكون إجراءات الفحص واضحة يسهل فهمها ومكتوبة بإيجاز، وينبغي للإجراءات أن توضح مدى تعقيد الأنظمة الإنشائية والمدينة والتشغيلية للنفق، كما ينبغي الاهتمام بالعناصر التي تحددها الجهات المسؤولة فيما يتعلق بالاعتبارات الجيوتقنية للأنفاق التي تعبر قنوات الملاحة. والتأكد من أن الإجراءات تحدد ما يلي:
- العناصر الإنشائية والأنظمة الوظيفية.
 - طرق الفحص.
 - تكرار عمليات الفحص فيما يتعلق بكل طريقة فحص.
 - معدات الفحص ومعدات الوصول ومعدات الأمان وتنسيق حركة المرور.
 - الممارسات المعنية بتحديد أوجه القصور وتسجيلها.
- تُعد إجراءات الفحص ضرورية فيما يتعلق بأغراض اكتشاف أوجه القصور الإنشائية الخطيرة، أو أوجه القصور الحرجة المعنية بالسلامة في أثناء فحص النفق، وينبغي أن تتضمن الإجراءات الخطوات الآتية حسب الضرورة:
- خطوات الإبلاغ الفوري عن أوجه القصور الخطيرة.
 - إخطار الشرطة والمسافرين في حال الطوارئ.
 - التقييم السريع لأوجه القصور التي عُثر عليها.
 - التنفيذ السريع للإجراءات الوقائية والتصحيحية.
 - نظام تعقب لضمان القيام بإجراءات متابعة كافية.
 - أحكام لتحديد الأنفاق الأخرى التي يوجد بها عيوب مماثلة في النظام الإنشائي أو الوظيفي لأغراض متابعة عمليات الفحص.

٥-٦ ممارسات الفحص:

ينبغي أن تضع المنظمة القائمة بفحص الأنفاق مجموعة من أفضل الممارسات؛ للمساعدة على الحفاظ على جودة برنامج فحص الأنفاق. وتتضمن بعض الأنواع الشائعة من ممارسات الفحص العامة التنظيف والقياسات الميدانية والتحكم في عملية المسح.

١-٥-٦ التنظيف:

ينبغي إزالة الحطام، أو التزهير، أو الصدأ، أو أي مواد غريبة أخرى؛ للتمكن من ملاحظة حالة العيب على نحو أفضل. وينبغي استخدام الأدوات والمعدات المناسبة؛ للتخلص من التآكل والحد من الضرر الذي لحق بأي طلاءات نهائية وضعت. وفي كثير من

الحالات، يمكن أن يكون من المناسب استخدام فرشاة سلكية للتخلص من التآكل؛ بينما في حالات أخرى، من الممكن إزالة الأجسام الغريبة باستخدام ماء، أو مذيب، أو هواء مضغوط، أو سائل تنظيف آخر يُوضع باستخدام فرشاة ذات شعيرات ناعمة.

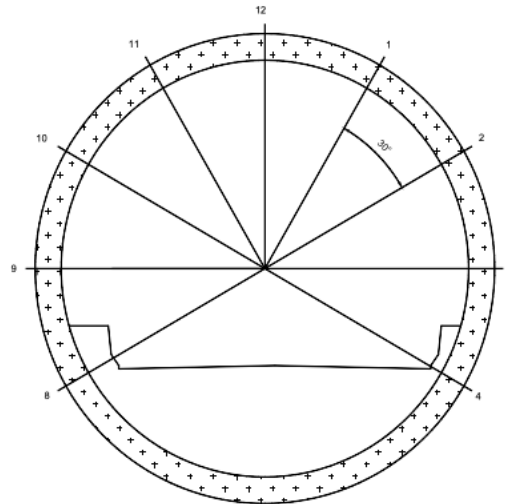
٢-٥-٦ القياسات الميدانية:

بعد فحص جميع الأسطح المكشوفة بصريًا، يجب تقدير العيوب وأوجه القصور وتسجيلها بدقة. ويعد مكان العيب مهمًا فيما يتعلق بالمراقبة وأعمال الإصلاح فيما بعد. على سبيل المثال: تُصنّف التصدعات الخرسانية حسب طولها وعرضها وعمقها، وملاحظة طول الشقوق وعرضها، كما يقاس طول التآكل الحاصل للمكونات المصنوعة من الحديد وعرضه، ويقاس عمق هذا التآكل. ويمكن القيام بقياسات مشابهة بالنسبة إلى المكونات المصنوعة من الخشب لتسجيل أي تدهور حاصل. وتتمثل فائدة القياسات الدقيقة في ضمان الحصول على نتائج ذات جودة عالية.

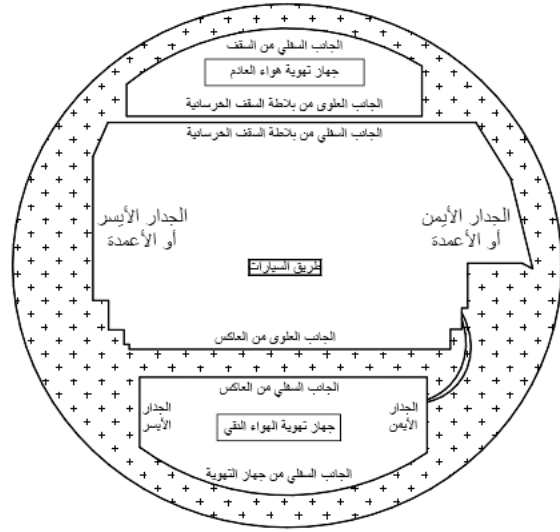
٣-٥-٦ ضبط المسح:

من المهم تحديد مكان العيب بمجرد توثيقه، ويساعد نظام ضبط المسح على تحديد أماكن العيوب في أثناء متابعة عمليات الفحص، أو الضبط، أو عمليات الإصلاح. وتمتلك معظم أنفاق الطرق خط أساس أو نظام تركز بالفعل. وباستخدام هذه المعلومات، يتمكن مفتشو الأنفاق من تسجيل مكان العيوب وأوجه القصور بدقة. وللمضي قدمًا في هذه الخطوة؛ تستخدم بعض مرافق الأنفاق ألواحًا جدارية لها أبعاد محددة يمكن استخدامها كجزء من نظام ضبط المسح، وبإنشاء شبكة تضم الألواح، يصبح من الممكن تقدير العيوب عن طريق وصلات الألواح وإرسال أماكنها إلى نظام التمرکز.

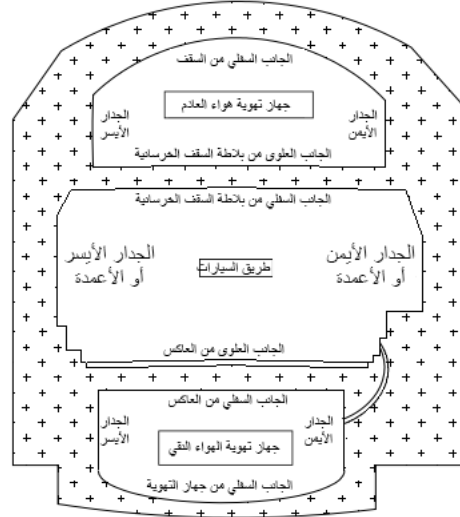
إضافة إلى تحديد مكان عيب عن طريق رقم اللوح وموقعه في الاتجاه الطولي للنفق، ينبغي تسجيل موضع العيب داخل المقطع العرضي للنفق (بشكل متعامد على محور النفق). توضح الأشكال بدءًا من الشكل (١-٦) إلى الشكل (٤-٦) بعض المخططات التي أستخدمت بنجاح في تحديد أماكن العيوب. ويجب تحديد الاتجاه الذي سيستقبل. فعلى سبيل المثال، قد يصبح العيب الموجود في نفق دائري، ويقع عند الساعة الرابعة إذا توافقت مع اتجاه حركة المرور، عند الساعة الثامنة إذا تعارض مع اتجاه حركة المرور. ومن الممكن تقسيم مناطق الأنفاق التي على شكل حدوة الحصان، والمستطيلة الشكل، ومناطق الأنفاق ذات الأشكال الأخرى إلى أقسام مناسبة تحدد بشكل فريد أماكن مثل أعلى النفق، ويساره ويمينه وأسفله. فعلى سبيل المثال: من الممكن كتابة العيب الموجود في نفق مستطيل الشكل عند إحداثيات ١٠+٥٥,٣٣ بصبغة "يقع على مسافة ٣,٥ أقدام لأعلى من الجدار السفلي الأيمن عند التوجه لأعلى" أو يمكن اختصاره على النحو الآتي "US@١٠+٥٥,٣٣/٣,٥BRW".



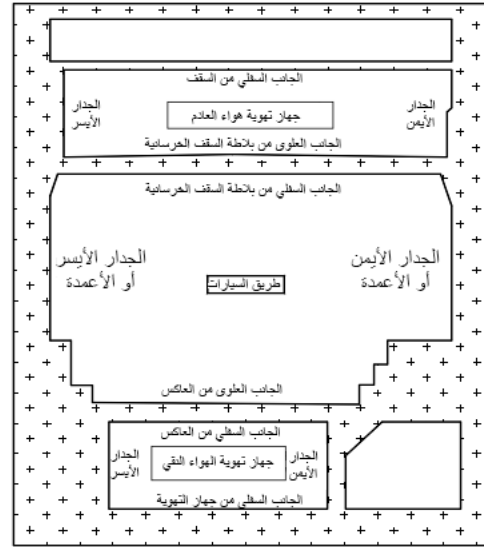
الشكل (١-٦) نموذج لمسميات نظام الساعة المستخدمة مع النفق الدائري.



الشكل (٦-٢) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق دائري الشكل.



الشكل (٦-٣) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق على شكل حدة حصان.



الشكل (٦-٤) نموذج للملصقات المستخدمة مع نفق مستطيل الشكل.

٦-٦ تخطيط عمليات الفحص وجدولتها:

يتضمن تخطيط عملية فحص وجدولتها مراجعة السجلات الحالية للنفق، والتنسيق مع الموظفين المختصين في مرافق الأنفاق، ووضع خطط للمحافظة على السلامة والصحة، وتوفير معدات فحص، ومعدات للحفاظ على السلامة، ومراجعة العيوب الشائعة في الأنفاق، وتحديد الحاجة إلى العناصر المحددة من قبل الجهات المسؤولة، ووضع نماذج وكتابة تقارير بخصوص تنفيذ عملية الفحص. كما يجب حسب الحاجة- تصنيف الأنفاق حسب الحمولة. وينبغي لجدول الفحص المفصل وخطة العمل المفصلة مناقشة جميع الجوانب المهمة.

يجب تطوير برنامج الفحص بصورة كافية حتى يتمتع بالقدرة على تقييم عناصر النفق وتحديد أي مخاوف تتعلق بالسلامة، أو أي شواغل إنشائية. وينبغي لخطه الفحص الناجحة توقع المشكلات المحتملة، وتبسيط عملية الفحص، وتعزيز الاكتشاف المبكر للعيوب. وبمجرد وضع الخطة الشاملة، ينبغي توضيح التفاصيل التكميلية لكل مهمة فحص محددة بالتفصيل. وينبغي تقييم حاجة المتخصصين إلى اختبار أي مكونات معقدة في النفق أو فحصها، إضافة إلى الحاجة إلى تفكيك أي أجزاء أو معدات أو تنظيفها، كما يجب توفير الأدوات والمعدات اللازمة للقيام بالعمل. فعلى سبيل المثال، إذا لزم تفكيك حوامل محرك صغير وفحصها في غرفة مظلمة، فمن الممكن فقدان الأجزاء. وإضافة إلى أي تدابير سلامة يجب اتباعها، ينبغي أن تتناول الإجراءات توفير إضاءة إضافية والحفاظ على المكونات صغيرة الحجم من فقدان، وكذلك توفير قطع غيار داخل الموقع.

يجب القيام بزيارة فحص مسبق لمرافق النفق استعدادًا للفحص الكامل، وفهم التكوين العام للنفق، وظروف الموقع الحالية، وظروف المرور، وتحديد المناطق التي يصعب الوصول إليها حتى تتناول إجراءات الفحص هذه المشكلات على نحو مناسب. وينبغي مراعاة الاختبار غير الإتلافي والفحص المصور باستخدام الأجهزة الروبوتية ومعدات الوصول، وأن يحرص فريق الفحص على إعداد الرسومات الإنشائية، والرسومات البيانية، والمخططات الكهربائية، والميكانيكية، والأنظمة الهيدروليكية الخاصة بالتنفيذ النهائي لاستخدامها في أثناء الفحص.

يجب تقييم الاعتبارات المعنية بالصحة والسلامة، والتنسيق مع الشرطة المحلية وأجهزة مكافحة الحرائق والإسعاف والخدمات الطبية مسبقًا، لا سيما عند الدخول إلى المساحات الضيقة. ويتعين على الشخص المختص القيام بعمليات فحص متكررة بشكل منتظم لمواقع العمل والمواد والمعدات في أثناء تنفيذ الأعمال الخطرة. ويُعرّف (الشخص المختص)؛ بأنه الشخص القادر على تحديد المخاطر القائمة والمتوقعة في البيئة المحيطة أو ظروف العمل، غير الصحية أو الضارة أو التي تمثل خطرًا على الموظفين، وهو أيضًا الشخص المخول باتخاذ تدابير تصحيحية فورية للتخلص منها.

٦-٧ الاعتبارات المعنية بالصحة والسلامة:

يجب فحص النفق بطريقة آمنة. وقد يكون من الصعب القيام بعمليات الإنقاذ في مرافق الأنفاق لأنه لا يتوفر في الأنفاق إلى عدد محدود من نقاط الوصول للمناطق ذات المساحات الضيقة، وتتضمن بعض المخاطر المنوطة بالأنفاق استخدام المعدات الموصلة

بالكهرباء وحركة المرور على الطرق، ومركبات الخدمات وحالات الطوارئ، ومصادر الإمداد بالطاقة، والأجسام الصلبة، والحواف الحادة، والعمل من أماكن مرتفعة، والحطام المتطاير، والمواد الخطرة.

ينبغي تنسيق أنشطة فريق الفحص على نحو وثيق مع العاملين في مرفق النفق. كما ينبغي حماية المسافرين من أي مخاطر تنجم عن أعمال الفحص، وينبغي للإجراءات المكتوبة المعنية بالصحة والسلامة أن تسلط الضوء على الحرس على عدم حدوث إصابات، أو حالات وفاة، أو تلف في المعدات؛ لضمان نجاح برنامج الفحص بشكل عام. وينبغي أن يتمثل الهدف في إكمال الفحص دون وقوع حوادث.

٦-٧-١ الشواغل الرئيسية فيما يتعلق بالسلامة في أثناء فحص الأنفاق:

تتناول الخطط المعنية بالصحة والسلامة المخاطر الملازمة لعملية الفحص، ويعد الموقف السليم واليقظة والمنطق السليم عناصر مهمة في الحفاظ على السلامة، وينبغي أن يتعاون الجميع للحفاظ على السلامة، كما ينبغي أن يتواجد الشخص المختص في الموقع لتحديد مخاطر العمل المتعلقة بعمليات محددة، وأن يتمتع بالصلاحيات اللازمة لتصحيح أي أوجه قصور يجدها.

عادة ما يتطلب فحص العناصر العلوية إغلاق مسار أو أكثر وتوفير حماية كاملة للعامل، ويمكن أن يلزم إغلاق فتحة النفق عند القيام بعمليات الفحص لتقليل مخاطر الحوادث، ويشترط توفر معدات الوقاية الشخصية، واتباع اللوائح والقوانين السارية. كما ينبغي وضع إجراءات مكتوبة للحفاظ على السلامة وتنفيذها.

وتتمثل بعض المشكلات الأساسية التي يمكن أن تحدث فيما يتعلق بالسلامة في:

- ١) الإصابات والألم.
 - ٢) المشاقق الأسرية.
 - ٣) تلف المعدات.
 - ٤) نقص الإنتاج.
 - ٥) التكاليف الطبية.
- **الإصابات والألم:** قد تتسبب الحوادث في إصابات جسيمة أو حتى الوفاة، وعادة ما يكون الإهمال سبباً في حدوث إصابات في موقع العمل.
 - **المشاقق الأسرية:** كما يمكن أ، تعاني أسرة العامل بعض الصعوبات الناتجة عن وقوع حادث. فيمكن أن تتعرض الأسرة لفقدان الدخل؛ وقد لا يتمكن الشخص المصاب من المشاركة في الأنشطة الأسرية، وفي حال حدوث إعاقة شديدة، قد يتحمل أفراد العائلة مشقة الاعتناء بالشخص المصاب.
 - **تلف المعدات:** قد يكون إصلاح المعدات مكلفاً. ويجب إصلاح التلف الحاصل للمعدات، وبناءً على شدة الضرر، يمكن أن تكون هناك فترة توقف عن العمل إذا لم يكن الجهاز متوفراً للاستخدام.
 - **نقص الإنتاج:** يخسر صاحب العمل بعض الأرباح عندما لا يتمكن الموظف من إكمال مهامه الوظيفية. وإضاعة الوقت وخسارة المال عند إعادة تدريب موظف جديد وإعادة تزويد موقع العمل بالمعدات الصالحة للعمل. وقد يتعين إعطاء تدريب إضافي لطايم العمل لمنع وقوع إصابات جديدة.
 - **التكاليف الطبية:** تؤثر التكاليف الطبية المتكبدة على الجهات المسؤولة عن النفق وصاحب العمل وشركة التأمين في معظم الحالات.

٦-٧-٢ بيئة العمل الآمنة:

يعد توفير بيئة عمل آمنة أمراً ضرورياً؛ لمنع حدوث إصابة أو تلف، وينبغي أن تسلط الخطط المعنية بالصحة والسلامة الضوء على توفير بيئة عمل آمنة ميسرة بواسطة:

- وضع إجراءات سلامة مكتوبة تكون واضحة وفعالة وشاملة.
- توفير مستويات كافية من التدريب على السلامة.
- استخدام الأدوات والمعدات استخداماً صحيحاً.
- تنفيذ الخطط المعنية بالسلامة داخل الموقع.
- الحرص على الإشراف على العمل إشرافاً صحيحاً.
- التعامل مع الحوادث المتعلقة بالسلامة.
- تحديد الحوادث المتعلقة بالسلامة ودراسات الحالة ذات الصلة.
- توجيه مشغل المعدات.
- تنفيذ اللوائح المتعلقة بالسلامة.
- طلب وضع خطط عمل في حالات الطوارئ تشمل المستجيبين لحالات الطوارئ.
- توفير معلومات تواصل خاصة بالمستجيبين بحالات الطوارئ والموظفين الأساسيين.

ينبغي أن يتحمل مفتشو الأنفاق مسؤولية الحفاظ على سلامتهم وسلامة العاملين معهم. وفيما يلي بعض الإجراءات المفيدة للحفاظ على السلامة الشخصية:

- إدراك حدود قدراتهم الجسدية: يتعين على أعضاء فريق الفحص إخطار الشخص المناسب، مثل: قائد الفريق، عندما يشعرون بأنهم غير قادرين على تنفيذ مهمة مسندة إليهم. ويمكن أن لا يدرك بعض أعضاء الفريق الآخرون حدود قدرات الآخرين. وينبغي للشخص الذي يشعر بأنه غير مؤهل غير مطمئن تجاه تنفيذ مهمة معينة الإفصاح عن ذلك ومناقشة تكاليفهم مع المشرف حتى لا يعرضوا أنفسهم أو الآخرين للخطر.
- فهم قواعد الوظيفة ومتطلباتها؛ إذا لم يفهم الشخص كيفية تنفيذ العمل، ينبغي على ذلك الشخص طرح الأسئلة لتوضيح الموقف، لا سيما إذا كانت يبدو على المهمة أنها خطيرة. وعندما يحدث هذا، ينبغي مراجعة العملية ومناقشتها بما يرضي جميع المشاركين فيها، ويجب توضيح أي سوء فهم ووضع إجراء بديل أكثر أماناً. ولا يستمر الفحص حتى التخلص من جميع الشواغل المتعلقة بالسلامة بشكل مرضٍ.
- حماية زملاء العمل: يتعين على أعضاء الفريق عدم تعريض زملائهم في العمل للخطر. وعند ملاحظة أفعال غير آمنة، يجب أن يُحذَر الشخص القائم بتنفيذ العمل الخطر، ويتخذ قادة الفرق الإجراء المناسب للحيلولة دون تكرار حدوث هذا الأمر.
- الإبلاغ عن الحوادث: ينبغي الإبلاغ عن الحوادث إلى الشخص المختص، مثل: قائد الفريق أو مدير البرنامج. ويجب الإبلاغ فوراً عن أي إصابة وفقاً للإجراءات المكتوبة السارية. ومن شأن هذه الإجراءات تعزيز التسوية المناسبة لأي حادث، والامتثال لمتطلبات الحصول على التأمين.
 - ينبغي إصدار دورية موجزة بالأحداث من قبل أي شخص يشهد الحادث أو يتورط فيه إن أمكن. وفي أقرب وقت ممكن، ينبغي تسجيل الملاحظات، وينبغي تدوين المعلومات ذات الصلة، مثل: وقت وقوع الحادث وتاريخه. ومن الممارسات الجيدة تتبع أسماء الأشخاص الذين يُبلغوا بالحادث ومسمياتهم الوظيفية، بما في ذلك وقت وقوع الحادث وتاريخه وطريقة الإبلاغ عنه، مثل: الإبلاغ عن طريق الهاتف، أو البريد الإلكتروني، أو الإبلاغ شفهيًا. وفي حال تقديم أي توجيهات أو ردود، فمن المستحسن تلخيصها في الدورية أيضاً.
 - كذلك من المهم الإبلاغ عن الحوادث الوشيكة التي يمكن أن تساعد على منع وقوع حوادث مشابهة قد تكون أسوأ.

٦-٧-٣ السلامة الشخصية:

تهدف تدابير السلامة الشخصية إلى توفير الحماية وتقليل المخاطر التي قد يتعرض لها أفراد فريق الفحص، وتتضمن بعض الطرق التي قد تساعد أعضاء الفريق على الحفاظ على سلامتهم؛ ارتداء ملابس مناسبة لظروف الفحص، والتوعية بشأن الحوادث، وسن قوانين للحفاظ على السلامة، ومن المهم توفير وسائل حماية مناسبة، والإبلاغ عن مخاوف السلامة الخاصة بالوظيفة، وفهمها بشكل واضح.

ملابس الفحص: ينبغي ارتداء ملابس مناسبة فحص قادرة على الحماية من المخاطر في أثناء القيام بالعمل. يكون مقاس الملابس الميدانية مناسباً للأفراد، ولظروف الطقس وظروف الموقع، كما ينبغي أن تكون ملابس العمل مناسبة لحجم من يرتديها حتى يشعر بالراحة.

ينبغي حماية الأذرع والسيقان والجذع بارتداء ملابس مخصصة للأعمال الشاقة، وحماية الأيدي والأقدام بارتداء قفازات وأحذية مناسبة. وفيما يتعلق بأنشطة الفحص، ينبغي على المفتش ارتداء أحذية مصنوعة من الجلد مزودة بنعال من المطاط القوي البارز (نعال غير قابلة للاختراق). وفيما يتعلق بأنشطة التسلق، يفضل أن يرتدي المفتش أحذية مزودة بطبقة حديدية في النعل (مع نعال مقاومة للانزلاق لا تحتوي على بروز يتقل من الحذاء)، أو أحذية تتوافق مع سياسة الهيئة العامة للطرق. كما يوصى بارتداء قفازات من الجلد تمكن المفتش من التقاط الأدوات وكتابة الملاحظات بسهولة. ويساعد وضع الأدوات في حقيبة المفتش على استخدام كلتا يديه للتسلق والقيام بالمهام الأخرى المتعلقة بالفحص، مثل تدوين الملاحظات وإجراء الاختبارات.

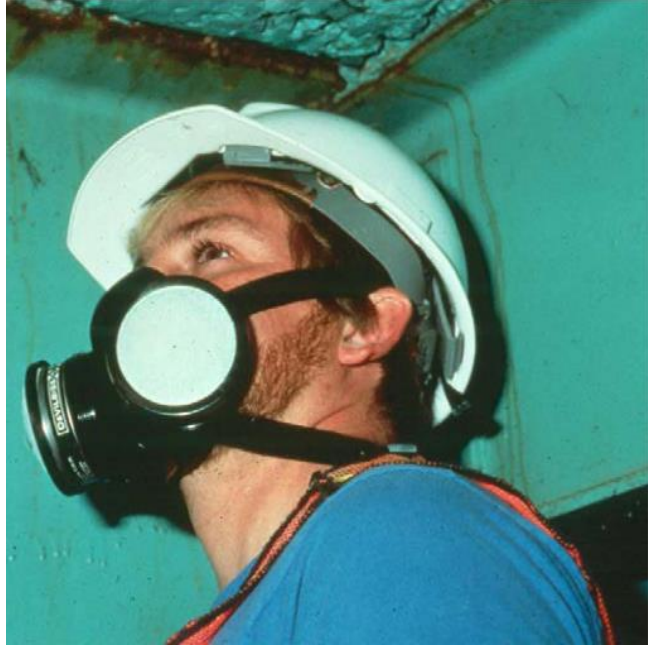
معدات السلامة الشخصية: صُمِّمت معدات السلامة أو معدات الحماية الشخصية؛ لتقليل حدوث الإصابات وحالات الوفاة. ويحمي الرأس باستخدام خوذة، ونظارات واقية، وسماعات أذن، وأقنعة للحماية من الغبار أو جهاز تنفس حسب الحاجة. وتوفر أحزمة التنشيط المزودة بأشرطة تعليق حماية كاملة في أثناء العمل في أماكن مرتفعة. كما تعزز السترات الواقية من الوضوح أمام حركة المرور. ويجب ملائمة الكثير من هذه المعدات للفرد. كما ينبغي تدريب الأفراد على كيفية استخدام معدات الحماية الشخصية من قبل ممثل مؤهل.

الخوذة: من الممكن تقليل إصابات الرأس الخطيرة بارتداء خوذة، فمن المستحسن أن يرتدي العاملون في الميدان خوذة طوال الوقت. وعند التحرك في النفق، تزيد الخوذة من إمكانية حماية الرأس من الأجسام الساقطة والصدمات المفاجئة مع الأجسام الصلبة والحادّة. وتتضمن الأجسام التي يجب الحذر عن التحرك بجورها ما يلي:

- مكونات النفق المتدهورة التي قد تتحرك من مكانها في أثناء عملية الفحص.
- المعدات الساقطة من مكان أعلى من مستوى الرأس.
- الحطام المتطاير في الجو نتيجة لحركة المركبات على الطريق.

عند التسلق داخل النفق أو استخدام معدات رفع، عادة ما يصبح المفتشون قريبين من الأجسام الصلبة مثل كتائف المرفق والمكونات الإنشائية. كما أن العديد من هذه العناصر يحتوي حوائطاً حادة، وقد يساعد ارتداء خوذة طوال وقت العمل داخل النفق على منع حدوث إصابات خطيرة أو التعرض للوفاة.

سترات السلامة العاكسة: عند القيام بأنشطة بالقرب من مناطق مزدحمة، ينبغي أن يرتدي المفتش سترة سلامة مناسبة. ومن الممارسات الجيدة ارتداء سترة السلامة طوال وقت تنفيذ العمل. ينبغي أن تكون السترة ذات ألون ساطعة تحتوي على شرائط عاكسة. سيساعد المزيج المكون من الألوان الساطعة والشرائط العاكسة زملاء العمل ومشغلي المعدات وسائقي المركبات العابرين من التعرف بسرعة على الشخص ومن ثم تجنب إصابته. وتتمتع بعض مرافق الأنفاق بشروطها الخاصة التي تفرضها على سترات السلامة التي يرتديها عمالها، ومن الأفضل التحقق من هذه الشروط قبل القوم إلى الميدان.



الشكل (٥-٦) معدات الحماية الشخصية: الجزء العلوي، حماية العينين؛ الجزء السفلي، جهاز التنفس.

نظارات السلامة الواقية: من الضروري حماية العينين تجنباً لإلحاق الضرر بهما بسبب الجسيمات المتطايرة والحطام المتطاير (الشكل ٥-٦). ويجب تزويد النظارات ذات العدسات المقاومة للكسر بحماية جانبية كافية، أو تغطية النظارات بنظارات واقية. وينبغي عادةً ارتداء نظارات واقية طوال الوقت، لا سيما في الأوقات الآتية:

- عند استخدام شاكوش أو مطرقة.
- عند استخدام مكشطة خرسانية أو فرشاة سلكية.
- عند الشد، أو تقطيع لحام، أو القطع بصفة عامة، أو القطع باستخدام منشار، أو الثقب.
- عند العمل بالقرب من آلات أو معدات متحركة.
- عند العمل داخل أعمدة التهوية أو الغرف حيث قد يكون الهواء معبئاً بجسيمات الحطام.
- عند العمل في مناطق قريبة من حركة المرور حيث تتسبب المركبات المارة في تطاير الحطام.

قناع الحماية من الغبار / جهاز التنفس: يستطيع جهاز التنفس أو قناع الحماية من الغبار حماية المفتش من الغبار الضار المتطاير في الهواء والملوثات والشوائب، انظر الشكل (٥-٦). وتتضمن الظروف التي تحتاج عادة إلى ارتداء جهاز تنفس ما يلي:

- التنظيف بالسفع الرملي.
- الطلاء أو إزالة الطلاء.
- التعرض لروث الحمام (لمنح الإصابة بعدوة خطيرة، مثل: داء التَّوَسَّجات).
- العمل في الأماكن الضيقة، بالقرب من المواد الخطرة أو الأجواء الترابية.
- تنظيف بعد القطع باستخدام الهواء المضغوط.

أحزمة التثبيت وأشرطة التعليق المخصصة للحفاظ على السلامة: توفر أحزمة التثبيت وأشرطة التعليق المخصصة للحفاظ على السلامة والحماية من السقوط بربط الشخص بأجسام صلبة، ولتقليل احتمال إصابة الظهر؛ ينبغي تضمين جهاز ماص للصدمات في أشرطة التعليق. وسيعمل ماص الصدمات هذا على تقليل القوى الجاذبية بالتحكم في معدل التمديد في أثناء السقوط، وعادة ما تستخدم أحزمة من النايلون، تطوى مسبقاً ثم تُخَيَّط. وقبل ارتداء الجهاز، ينبغي فحص أحزمة التثبيت وأشرطة التعليق جيداً وربطها بإحكام

حول جسم الشخص، ينبغي عدم ارتداء أي جهاز مهترئ أو تالف أو منتهي الصلاحية. وإذا لم يعمل شريط التعليق بشكل صحيح عند استخدامه، أو إذا حل تاريخ انتهاء صلاحيته، يجب عدم استخدام شريط التعليق هذا.

يجب إحكام ربط شريط التعليق في شيء صلب في الهيكل أو خط سلامة مخصص لهذا الغرض. فقد تسقط السقالة ومن ثم يسقط كل من فيها. وعند العمل باستخدام رافعة عمال أو جرافة، ينبغي اتباع التدابير الاحترازية المناسبة لتفادي الإصابات. وعلى سبيل المثال: في حل ربط شخص ما بجسم ثابت مثل بطانة النفق، وحركت سلة الرفع مسافة أبعد من طول شريط التعليق، يمكن أن يتعرض الشخص الموجود في سلة الرفع للإصابة بسبب التحرك أو السحب من السلة. وينبغي دائمًا تكليف شخص مدرب أو معتمد بتقييم ظروف موقع العمل قبل ربط أي شخص باستخدام أشرطة التعليق.

القفازات: تحمي القفازات اليدين -إلى حد ما- الساعدين من الأجسام الخشنة أو الحادة أو الساخنة أو الضارة. وتتمتع القطع الإنشائية المتدهورة عادة بحواف حادة وأسطح خشنة تستطيع جرح اليدين والذراعين بسهولة، وقد تكون الإصابات من هذا القبيل مؤلمة إلى حد ما كما قد تصاب بالعدوى. وفي حال تعرض شريان للقطع، يمكن أن يفقد الشخص المصاب كثيرًا من الدم، الأمر الذي يتطلب علاجًا فوريًا.

٦-٧-٤ الوقاية من الحوادث:

تقع الحوادث بسبب الأخطاء البشرية الناتجة عن الإهمال، أو التصرفات غير الصحيحة، أو اتخاذ الطرق المختصرة. ويمكن تقليل المخاطر التي قد يتعرض العاملون لها بالتخطيط المستقبلي والقيام بحملات التوعية بشأن السلامة، وإبقاء معدات الفحص في حالة عمل مناسبة.

الحوادث التي يمكن تجنبها؛ -تتضمن العوامل المساهمة في الحوادث التي يمكن تجنبها ما يلي:

- التصرف غير السليم: التشتت أو الإهمال أو القلق بشأن أمور شخصية.
- القيود الشخصية: نقص المعرفة أو المهارة أو تجاوز القدرات البدنية.
- الإعاقة الجسدية: الإصابات السابقة والمرض والآثار الجانبية للأدوية.
- الملل: الدخول في حالة من عدم التركيز في أثناء تنفيذ مهام متكررة أو دورية.
- عدم الاكتراث: عدم التوعية بشأن السلامة وعدم التعرف على المخاطر.
- الطرق المختصرة: التضحية بالسلامة من أجل توفير الوقت.
- المعدات المعيبة: الأدوات البالية، أو درجات السلم التالفة، أو الكابلات المهترئة.
- الإخفاق في استخدام معدات الحماية الشخصية أو صيانتها.
- عدم وجود ملابس مناسبة لحماية الأطراف المكشوفة من الجسم أو ارتداء ملابس غير مناسبة تعرض الشخص لخطر جسيم.

ينبغي أن تقلل إجراءات السلامة من وقوع حوادث المتعلقة بالسلامة. وقد استخدم الإشراف والاستراحات وقوائم المراجعة والتدريبات بنجاح لتبسيط الضوء على السلامة.

احتياطات السلامة المنطقية: ذكرت بعض احتياطات السلامة المنطقية ومناقشتها بإيجاز أدناه:

- نيل قسط كافٍ من الراحة والانتباه؛ قد تتغير ظروف العمل أثناء الفحص؛ ينبغي أن يدرك المفتش هذه التغيرات ويتصرف وفقًا لذلك. ويمكن أن يصبح العمل مملاً في بعض الأوقات، وإذا كان المفتش يشعر بالنعاس، فقد يزداد احتمال تعرضه لحادث.
- الحفاظ على الحالة العقلية والبدنية المناسبة - تتطلب مهام التفتيش عددًا من المهارات الحركية المختلفة للحفاظ على السلامة الكافية. ولتقديم أداء مقبول المستوى، ينبغي أن يكون المفتش ذو لياقة بدنية مقبولة ولا يوجد ما يشوش تفكيره ومركزًا تمامًا على المهمة المسندة إليه.
- استخدام الأدوات المناسبة؛ يجب عدم استخدام أدوات ومعدات غير مناسبة للعمل، والتأكد من أن حالة عمل الأدوات جيدة، وعدم استخدام أدوات مكسورة أو تالفة.
- الحفاظ على منطقة العمل نظيفة ومرتبطة؛ تمثل الأدوات والمعدات المتناثرة في أرجاء منطقة العمل خطرًا على السلامة، كما تمثل افتقارًا عامًا بالوعي بخصوص السلامة.
- وضع إجراءات منهجية؛ ينبغي وضع الإجراءات قبل بدء تنفيذ العمل ثم تنفيذها بدقة في أثناء العمل. وينبغي أن تكون الإجراءات واضحة وموجزة بحيث يعرف الجميع ما يجب توقعه ومن ثم لا تحدث مفاجآت.
- استخدام إجراءات وضع الأقفال / العلامات التحذيرية؛ يجب اتباع إجراءات وضع الأقفال / العلامات التحذيرية عند فحص الأنظمة المزودة، أو التي يحتمل أن تكون مزودة بالطاقة. وقد تمثل المعدات المزودة بالطاقة خطرًا إذا لم يتم التعامل معها بحذر وانتباه كما ينبغي. وينبغي للأشخاص الذين يتعاملون مع المعدات المزودة بالطاقة أن يكونوا على دراية تامة بالمعدات ومؤهلين لتنفيذ العمل.
- اتباع اللوائح والقوانين المعنية بالسلامة؛ يجب الالتزام بالقوانين المعنية بالسلامة وأي قوانين ولوائح ذات صلة. وينبغي القيام بالمراجعات والفحوصات للتأكد من الامتثال للوائح والقوانين.

- استخدام التفكير السليم والحكم الصائب؛ لا تشارك في مزاح خشن، ولا تأخذ طرقاً مختصرة أو تتبع مجازفات حمقاء. وينبغي أن يتحمل قادة الفرق مسؤولية إنفاذ الإجراءات لضمان توفير بيئة عمل آمنة.
- تجنب تناول المسكرات أو المخدرات؛ تؤثر المسكرات بالسلب على الحكم وردود الأفعال والوعي والتنسيق مع الآخرين. وقد يخضع أعضاء الفريق لفحص تناول المخدرات أو الكحوليات أو اختبار بعد الحادث، ومن الشائع استخدام سياسة عدم التسامح مطلقاً مع هذه الأنواع من الجرائم.
- العلاج؛ قد تسبب الأدوية التي تصرف دون وصفة طبية النعاس أو غيرها من الآثار الجانبية غير المرغوب فيها، التي يحتمل أن تكون خطيرة، وينبغي على المفتش دائماً مناقشة الطبيب بشأن الأدوية الموصوفة. ويعد من الممارسات الجيدة تناول العلاج الموصوف ومناقشة أي آثار جانبية محتملة مع الشخص المناسب، مثل؛ قائد الفريق، أو الطبيب الموجود في موقع العمل.
- الكهرباء؛ تعد التيارات الكهربائية خطرة جداً، وثمة اعتقاد شائع بأن مجرد أمبير واحد قد يكون كافياً للتسبب في اضطرابات قلبية قد تؤدي إلى وفاة الشخص، وينبغي افتراض أن جميع الكابلات والأسلاك خطرة (موصلة بالكهرباء) حتى تُختبر ويُفصل عنها التيار / وضع علامة عليها بطريقة صحيحة.
 - حتى إذا كانت الأسلاك والكابلات تبدو ذات جهد كهربائي منخفض، أو كابلات خاصة بوحدة التحكم، أو الشبكات أو الهاتف، فمن الممكن أن يتسبب في حدوث إصابة خطيرة أو الوفاة.
 - تنطوي الأنفاق على العديد من مخاطر الصدمات الكهربائية، مثل: الصدمات الناتجة عن القطع الحديدية وتسرب الماء ورطوبة الهواء ورذاذ الماء.
 - في حال وجود أي خطوط لنقل الكهرباء داخل النفق، ينبغي تحديدها قبل الفحص.
- نظام الترافق؛ ينبغي أن يعمل المفتشون في أزواج. ويجب دائماً توفر شخص ما يمكنه التعامل مع الحادث. وينبغي على المفتشين إبلاغ الآخرين عن موقعهم، وينبغي أن يكون قائد الفريق على علم بالمكان الذي يعمل بها الآخرون. وإذا بدا أي شخص وكأنه مفقوداً أو غير موجود في مكان عمله، ينبغي بذل الجهد اللازم لتحديد مكان هذا الشخص على الفور.
- العناصر التي يزيد ارتفاعها عن مستوى الرأس؛ من الأفضل تجنب العمل في مستوى أعلى من المركبات والأشخاص المارة. وإذا تعذر تجنب ذلك، ينبغي على طاقم الفحص الذي يعمل في أماكن أعلى من مستوى الرأس استخدام أشرطة تعليق للحفاظ على الأدوات ودفاتر الملاحظات من السقوط على الأشخاص أو المركبات أدناه.
- المناطق المظلمة؛ يجب استخدام مصباح كهربائي لإضاءة المناطق المظلمة قبل الدخول إليها، فمن السهل التعرض للإصابة عند الدخول إلى غرفة مضاءة بشكل خافت؛ بسبب التعتير، والسقوط، والاصطدام بالأجسام الحادة، والمكونات الصلبة، أو غير المحمية والكابلات المكشوفة. وإضافة إلى ذلك، قد تقوم الأفات، مثل: الثعابين، والحشرات، والعنكب، والفران، والجردان بعض، أو لدغ، أو تسميم، أو إخافة المفتش.

٥-٧-٦ المواد الخطرة:

من الممكن العثور على الاسيستوس والرصاص في العديد من الأنفاق القديمة، كما يمكن تواجد مواد خطرة أخرى. وعند الاشتباه في وجود مواد خطرة في أحد مواقع الفحص، ينبغي التحقيق في المشكلات بدقة، واتخاذ الاحتياطات اللازمة، واتباع القوانين واللوائح المعمول بها. ويُصح بالتشاور مع أخصائي الصحة والسلامة أو أخصائي البيئة المؤهل بشكل مناسب، الذي يكون على دراية بالقوانين واللوائح المعمول بها، لتخطيط العمل. ومن الممكن أن تمثل المواد الخطرة مخاطر على الصحة والسلامة، وغالباً ما تتحكم القوانين البيئية في الإجراءات المناسبة للتخلص منها. ويجب أن يتم نقل المواد الخطرة الخاصة بالجسور والأنفاق وفقاً للفصل ٨ من كود الطرق السعودي ٦٠٣ (السلامة على الطرق).

الاسيستوس: توجد المواد التي تحتوي الاسيستوس في العديد من الأنفاق التي أُنشئت قبل عام ١٩٨٠. ولا يوجد في الأنفاق الجديدة عادة مواد تحتوي على الاسيستوس. وينبغي استشارة أخصائي الصحة والسلامة البيئية للمساعدة على توضيح كيفية العمل بجوار المواد التي تحتوي على الاسيستوس من أي نوع.

تصنف المواد التي تحتوي الاسيستوس عادة كمواد (هشة) أو (غير هشة)، وتمثل المواد الهشة التي تحتوي الاسيستوس المواد التي يصبح من السهل، بعد تجفيفها، تفتيتها أو سحقها أو تحويلها إلى مسحوق بالضغط اليدوي البسيط. وتتضمن الأمثلة على المواد الهشة التي تحتوي الاسيستوس: المواد المستخدمة في عزل الأنابيب ومنع التسرب، وبلاط السقف، وألواح الجدران، والمواد المستخدمة في عزل المباني ومواد عزل النظام الحراري، والمواد التي تُرش لإخماد الحرائق. وتمثل المواد غير الهشة التي تحتوي الاسيستوس المواد التي لا يمكن تفتيتها أو سحقها أو تحويلها إلى مسحوق بالضغط اليدوي البسيط. وتحتوي المواد غير الهشة عادة مادة رابطة تجمع ألياف الاسيستوس في مصفوفة، وتتضمن أمثلة المواد غير الهشة التي تحتوي الاسيستوس بلاط الأرضيات المصنوع من الفينيل، وبلاط الأرضيات الصمغي، ومعظم مواد التسقيف والمواد اللاصقة، والمواد المستخدمة في ترقيع المداخل المصنوعة من الأسمنت، ورسف الأسفلت، ومواد وصلات التمدد، والطلاء الصمغي، والأنابيب الأسمنتية. ومن الممكن أن تتحول معظم المواد غير الهشة التي تحتوي الاسيستوس إلى مواد هشة بعمليات ميكانيكية، مثل: التنظيف بالرمل، أو التجليخ، أو التقب، أو الكشط.

وينبغي تجنب المواد التي تحتوي مواداً هشة، أو يحتمل أن تكون هشة تحتوي على الاسيستوس. وعند ملاحظة وجود هذه المواد أو الشك في وجودها في أثناء القيام بالفحص، ينبغي تدوين ملاحظة بذلك في وثائق الفحص ثم إبلاغ الجهات المسؤولة عن النفق بذلك. ويجب الحرص على عدم تبعرثر ألياف الاسيستوس أو تطايرها في الجو، حيث إنه من الممكن استنشاق هذه الألياف الدقيقة أو الغبار لفترات طويلة. وقد تتسبب ألياف الاسيستوس هذه في الإصابة بأمراض خطيرة ومميتة، مثل: سرطان الرئة وورم المتوسطة وداء الاسيستوس.

الرصاص: استناداً إلى عمر النفق، من المحتمل وجود ملوثات كيميائية، لا سيما الرصاص، في الغبار المستقر في قاع النفق. ولقد كانت المركبات تُخرج الرصاص في عوادمها قبل الثمانينيات عندما كان البنزين يحتوي هذه المادة التي كانت تضاف لزيادة نسبة الأوكتان، ومنذ ذلك الحين تُظفّت العديد من الأنفاق من الرصاص. وفي حال الاشتباه في وجود الرصاص في أي نفق بُني قبل التسعينات، أو في حال عدم وجود سجل للنفق الذي تُظف من الرصاص، فمن المستحسن استشارة أخصائي صحة وسلامة بيئية مؤهل بشكل مناسب للمساعدة على وضع خطة للتعامل مع هذه المشكلة.

يبلغ حد التعرض المسموح به ٥٠ (PEL) مجم / م^٣ (ميكروغرام لكل متر مكعب من الهواء)، الذي يحسب متوسطه على مدار ثماني ساعات في يوم العمل. ويبلغ حد التعرض لمستوى العمل للرصاص ٣٠ مجم / م^٣. وتتطلب حالات التعرض التي تزيد عن مستوى العمل مراقبة الرصاص فيما يتعلق بالعمال المتأثرين.

٦-٧-٦ وضع الأقفال / اللافتات التحذيرية:

ينبغي وضع إجراءات وضع الأقفال/ اللافتات التحذيرية في أثناء التخطيط للفحص. وقبل فحص معدات ميكانيكية أو كهربائية قادرة على التسبب في حدوث إصابة أو تلف، ينبغي تنفيذ إجراءات وضع الأقفال/ اللافتات التحذيرية بالتنسيق مع موظفي مرفق الأنفاق المختصين، وينبغي عدم السماح بمتابعة الفحص حتى تفصل الطاقة عن النظام أو تُعزل بوضع الأقفال واللافتات التحذيرية عليه.

قد توجد أحياناً دوائر نشطة غير متوقعة أو بدء تشغيل للآلات والمعدات، أو إطلاق طاقة خطيرة في أثناء أنشطة الخدمة أو الصيانة بعد وضع الأقفال/ اللافتات التحذيرية. ولذلك، من المهم إنشاء قائمة مراجعة؛ للتأكد من الحفاظ على السلامة، ومن الممكن استخدام الإجراء التالي كدليل للمساعدة على إنشاء إجراء لوضع الأقفال/ اللافتات التحذيرية الخاصة بالآلات والمعدات.

ينبغي إيقاف تشغيل الآلات أو الماكينات وعزلها عن أي مصادر للطاقة ثم وضع الأقفال عليها، وينبغي عدم السماح للموظفين بالتجمع بالقرب من المعدات التي أُخرجت من الخدمة مخافة تشغيل الآلة أو توصيلها بالطاقة فجأة.

١-٦-٧-٦ خطوات إيقاف التشغيل:

- ١- ينبغي تنسيق إيقاف التشغيل مع الموظفين المختصين في مرفق النفق، وحتى إذا كانت المعدات لا تعمل في الوقت الحالي، فقد يكون من الممكن تشغيل الجهاز بنقرة زر من غرفة أخرى أو بواسطة بعض الخوارزمية المكتوبة في برنامج حاسوب. ويجب دائماً استخدام الإجراءات المتبعة والاستعانة بالموظفين المؤهلين للقيام بإيقاف التشغيل.
- ٢- ينبغي على الشخص القائم بإيقاف التشغيل اتباع الإجراءات المناسبة، وتحديد نوع الطاقة الواصلة إلى المعدات ومقدارها. كما ينبغي للشخص القائم ببدء إيقاف التشغيل أن يكون متخصصاً ومؤهلاً بصورة جيدة لصيانة المعدات المذكورة. كما يجب ذكر مؤهلات هذا الشخص ضمن الإجراءات المذكورة، وعليه فهم كيفية عزل الطاقة الواصلة إلى المعدات والتحكم بها.
- ٣- إبلاغ جميع الأشخاص، مثل: الموظفين، وفريق الصيانة، والمتعاقدون الموجودون في الموقع العاملين بالقرب من المعدات الجاري إيقاف تشغيلها، وذلك حسب الضرورة ووفقاً للإجراءات المتبعة. وإبلاغ هؤلاء الأشخاص بأنه قد تم جدولة الصيانة للمعدات وأن الآلة ستصبح خارج الخدمة.
- ٤- فصل جميع مصادر الطاقة عن الآلة وعزل المعدات عن جميع مصادر الطاقة.
- ٥- يجب إيقاف استخدام الطاقة باستخدام أجهزة العزل وتوفير أقفال مخصصة للأفراد تمنع إزالة هذه الأجهزة العازلة، واستخدام وسائل الحجب والحماية المناسبة إذا لزم الأمر لتأمين المعدات. كما يجب إضافة علامات تخصيص للمعدات. وينبغي أن تحتوي الأقفال والعلامات تعريفاً مناسباً ومعلومات التواصل الخاصة بالشخص المسؤول عن إيقاف التشغيل.
- ٦- ينبغي تبديد الطاقة المخزنة أو المتبقية من المكثفات، والينابيع، ومكونات الآلة المرتفعة، وعجلات التوازن الدوارة، والأنظمة الهيدروليكية، وأجهزة ضغط الهواء أو الغاز أو البخار أو الماء، وحصرها بالطرق المناسبة، مثل: التآريض، أو إعادة التوضع، أو الحجب، أو التنفيس. وينبغي تضمين هذه الأساليب في الإجراءات المكتوبة.
- ٧- يجب إجراء الفحوصات عند الضرورة؛ للتأكد من أن المعدات معزولة جيداً. وتتمثل إحدى طرق الفحص في محاولة تشغيل المعدات. وعند محاولة إعادة تشغيل المعدات، يجب إخلاء الجميع لمسافة آمنة وتنظيف الأدوات والأجزاء المرتخية والتأكد من أن خطوط التغذية مؤمنة بشكل صحيح. وإذا لم يكن إجراء وضع الأقفال / اللافتات التحذيرية كافٍ لأي سبب من الأسباب، فمن المحتمل إعادة توصيل المعدات بالطاقة ومن ثم يتعرض جميع المتواجدين في الغرفة للخطر. وعن طريق استخدام أدوات التحكم في التشغيل العادية، من الممكن اختبار خطوط التغذية لمعرفة ما إذا كانت موصلة بالطاقة أم لا، وكذلك من الممكن ملاحظة الآلة للوقوف على علامات توصيلها بالطاقة، وإذا شغلت الآلة أو أُضيت أو إذا تحركت مؤشرات العدادات، فمن المرجح أن المعدات قد وصلت بالطاقة ومن ثم ينبغي إجراء المزيد من التحقيق في السبب. وينبغي للتنفيذ الصحيح لهذا الفحص أن يزيد من مستوى الثقة في إجراء وضع الأقفال، ويساعد على التحقق من تنفيذ العملية بشكل صحيح. وبمجرد إتمام هذا الفحص، ينبغي تبديل أدوات التحكم في التشغيل إلى الوضع المحايد أو إلى وضع "إيقاف التشغيل".
- ٨- ينبغي أن يكون قد تم إيقاف تشغيل المعدات الآن على نحو فعال.

٦-٧-٢ إعادة المعدات إلى الخدمة:

عند إعادة توصيل المعدات أو الآلات بالطاقة بعد إيقاف تشغيلها، من المهم التحكم فيها جيداً؛ لمنع حدوث إصابة أو تعرض المعدات للتلف. وعند الانتهاء من الصيانة وبعد أن تصبح الآلة جاهزة للعودة إلى الخدمة، توضع الخطوات الآتية في الاعتبار في حال عدم وجود اعتبارات بالفعل:

- ١- التحقق من المعدات والمنطقة المجاورة؛ للتأكد من إزالة الأشياء غير اللازمة من المنطقة، وأن مكونات الآلة سليمة من الناحية العملية.
- ٢- التحقق من منطقة العمل للتأكد من أن الموظفين قد تمركزوا جيداً في المنطقة أو أخلوا منها بسلام.
- ٣- التحقق من أن أدوات التحكم في الوضع المحايد أو في وضع "إيقاف التشغيل".
- ٤- إزالة أجهزة القفل أو العلامات.
- ٥- توفير أي تحذيرات سلامة سمعية أو بصرية تعد ضرورية قبل إعادة توصيل المعدات بالطاقة.
- ٦- ملاحظة: قد يلزم إزالة بعض أشكال الحجب قبل إعادة توصيل الآلة بالطاقة.
- ٦- إخطار الموظفين المتأثرين بانتهاء أعمال الخدمة والصيانة والفحص، وإعادة المعدة أو الآلة إلى الخدمة.

٦-٧-٣ دخول الأماكن الضيقة:

عادة ما تتضمن عمليات فحص الأنفاق دخول أعضاء الفريق إلى مناطق ضيقة المساحة، وتتميز الأماكن الضيقة بأنه يلزم الحصول على ترخيص لدخولها، وتعد الأماكن الضيقة واسعة بما يكفي لدخول أي إنسان إليها لكن مع وسائل خروج محدودة وغير مصممة للإشغال المستمر. وغالباً ما تعرض الأماكن الضيقة التي يلزم الحصول على ترخيص لدخولها من يشغلها للخطر. عند التخطيط للقيام بفحص داخل مكان ضيق، من المستحسن استشارة أخصائي صحة وسلامة مؤهل كما ينبغي، ويجب أن يكون هذا الأخصائي على دراية باللوائح والقوانين السارية.

توجد خمسة مخاوف رئيسة عند إجراء عمليات الفحص داخل الأماكن الضيقة:

- نقص الأكسجين: ينبغي الحفاظ على محتوى الأكسجين ضمن حدود معينة؛ للتأكد من الحفاظ على صحة المفتش وتقليل احتمال حدوث أي انفجارات.
- الغازات السامة؛ تنتج هذه الغازات عن طريق مهام، مثل؛ الطلاء، أو الحرق، أو اللحام، أو تشغيل محركات الاحتراق الداخلي.
- الغازات الانفجارية؛ قد يتوفر في الداخل غاز طبيعي، أو غاز الميثان، أو أبخرة البنزين.
- قلة الضوء: تعد العديد من الأماكن الضيقة مظلمة تقريباً. ويتعين على المفتشين أن يكونوا قادرين على تحديد المخاطر المحتملة والظروف الخطرة. كما يلزم توفير ما يكفي من الضوء للقيام بالفحص.
- وسائل الدخول المحدودة: يتوفر لدى العديد من الأماكن الضيقة نقاط دخول محدودة ومن ثم لا يوجد بها سوى عدد محدود من مناطق الخروج في حالات الطوارئ.

قد يساعد وجود التهوية المناسبة، وتوفير المزيد من الإضاءة، وإجراءات الاتصال الفعالة؛ في التقليل من العديد من المخاطر المنوطة بالأماكن الضيقة؛ ومع ذلك، فإن بعض مناطق الأماكن الضيقة تتطلب أيضاً تصاريح للدخول إضافة إلى الحصول على تدريب متخصص.

إجراءات الأمان الخاصة بالأماكن الضيقة: يجب الامتثال للوائح التي تنظم الدخول إلى الأماكن الضيقة. وللعمل داخل مكان ضيق، يلزم الحصول على تدريب جيد وتوفير معدات جيدة والحصول على ترخيص، وقد يشترط توفير معدات مثل: أجهزة تنفس، وحبال للربط، وأجهزة راديو ثنائية الاتجاه، وعدادات لقياس مستويات الغاز. ومن المهم ملاحظة مستويات الغاز في المناطق المعروفة بالتلوث الأرضي أو في الأماكن التي يوجد بها مواد يحتمل أن تكون خطيرة.

وينبغي وضع إجراءات السلامة التالية في الاعتبار عند فحص المناطق المصنفة بأنها ضيقة.

اختبارات الهواء قبل الدخول:

- اختبار الأكسجين باستخدام جهاز اختبار أكسجين معتمد.
- اختبار الغازات الأخرى، مثل: أول أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والميثان والغاز الطبيعي الأبخرة القابلة للاشتعال.

التهوية الميكانيكية:

- قبل الدخول: ينبغي أن تكون مستويات الأكسجين والغاز مقبولة لمدة تصل إلى الحد الأدنى من الوقت المحدد قبل الدخول.
- في أثناء فترة الإشغال: ينبغي أن تستمر التهوية بغض النظر عن الأنشطة التي تنفذ. ويجب اختبار الأكسجين والغازات الأخرى على فترات محددة في أثناء فترة الإشغال.

إجراءات السلامة الأساسية:

- تجنب استخدام السوائل القابلة للاشتعال في المناطق الضيقة.
- وضع مركبات الفحص بعيداً عن مداخل هذه المناطق، وتجنب إنتاج أبخرة أول أكسيد الكربون.
- وضع المولدات "في اتجاه الريح" القادمة من اتجاه العمليات.
- ينبغي تنفيذ العمليات التي تتسبب في إنتاج الغازات الضارة أو الغبار: "في اتجاه الريح" القادمة من اتجاه العمال.
- حمل جهاز تنفس معتمد لاستخدامه في حالات الإنقاذ.
- توفير إضاءة كافية إضافة إلى نظام إضاءة احتياطي مناسب، والاهتمام بتوفير وسائل الإنقاذ عند دخول المناطق التي قد تصبح خطرة بحلول الظلام.
- ينبغي القيام بالفحص في مجموعات، مع الحرص على وجود شخص خارج المنطقة المظلمة أو المنطقة الضيقة. وينبغي لهذا الشخص أن يكون قادراً على التواصل مع الآخرين في حال حدوث أي مشكلات خطيرة.
- استخدام أجهزة تواصل، مثل: أجهزة الراديو ثنائية الاتجاه أو الهواتف المحمولة للتواصل بصفة عامة والتواصل في حالات الطوارئ؛ ومع ذلك، تأكد من أن جميع الأجهزة المستخدمة في المناطق التي ينفذ فيها العمل تعمل بشكل فعال. وقد لا تعمل الهواتف الخلوية في جميع مناطق النفق.
- الاطلاع على خطة دخول الأماكن الضيقة وإجراءات الإنقاذ أو إجراءات الطوارئ.

٦-٧-٨ السلامة العامة:

كذلك ينبغي اتباع جميع القوانين واللوائح والسياسات الحكومية السارية في المدن والبلديات والمحافظات. ويعد التنسيق والتخطيط المسبق أمراً ضرورياً. وقد تتطلب بعض المناطق توفر السياسة المحلية في الموقع في أثناء الفحص لتعزيز سلامة فريق الفحص والمسافرين، ويلزم توفير أجهزة التحذير وأجهزة الحماية المناسبة؛ لتنبيه المسافرين بأي أخطار محتملة.

٦-٨ معدات الفحص:

تمثل أدوات الفحص عنصراً مهماً في برنامج الفحص. فيما يلي المعدات والأدوات التي يشيع استخدامها في عمليات الفحص داخل الأنفاق:

- شاحنة بذراع تطويل أو شاحنة رفع عالٍ: تُستخدم لرفع المفتش إلى المناطق التي يتعذر الوصول إليها سيراً على الأقدام أو بالسلام المتحركة وللمساعدة على القيام بعمليات الفحص عن قرب.
- الفراجير: تُستخدم لقياس سمك الألواح الحديدية.
- كاميرا فلاش (٣٥ مم أو رقمية): تُستخدم للنقاط صور توثيق الفحص.
- الطباشير أو الكيل أو العلامات: تُستخدم لوضع علامات مرجعية على أسطح الأنفاق.
- مطرقة تقطيع اللحم: تُستخدم للدق على سطح الخرسانة.
- لوح حامل للأوراق: يُستخدم لتدوين ملاحظات وملء الاستمارات الورقية أثناء الفحص.
- مقياس مقارنة التشقق: يُستخدم لقياس عرض الشقوق باستخدام كسور من البوصة أو المليمترات.
- أدوات اختبار الجسيمات المغناطيسية أو المعاينة بالنافذ الصبغ: تُستخدم للكشف عن الشقوق السطحية في الحديد.
- دبسمتر: يُستخدم لقياس سمك الحديد.
- سلك تمديد: يُستخدم لتوصيل الكهرباء لمنطقة الفحص. ويُوصى باستخدام جهاز الحماية من الارتفاع المفاجئ في شدة التيار.
- النماذج الميدانية: تُستخدم لتوثيق النتائج وتدوين الملاحظات ورسم المخططات للعديد من الهياكل البنائية.
- الكشافات - تُستخدم في المناطق المظلمة لإضاءة الأشياء أثناء الفحص.
- المولد المحمول: يُستخدم عند الضرورة لتوليد الكهرباء للفحص (توفير الإضاءة).
- السلامة: تُستخدم كبديل لنظام الرفع للوصول إلى المناطق العلوية غير المرئية من الأرض، ولإجراء عمليات الفحص عن قرب.
- مقياس الحرارة المحمول بالأشعة تحت الحمراء
- مقياس الضوء: يُستخدم لقياس قوة الإضاءة في النفق.
- الكشافات المحمولة: تُستخدم حينما تكون إضاءة الأنفاق غير كافية أثناء الفحص.
- القلم الرصاص: يُستخدم لتدوين الملاحظات وإنجاز النماذج الميدانية.
- الشاقول: يُستخدم للتحقق من رأسية الأعمدة ووجهات الجدار.
- سكين الجيب: يُستخدم لفحص المواد السائبة وغيرها من العناصر.
- زجاجات العينات: تُستخدم للحصول على عينات سائلة.
- المكشطة الخرسانية: تُستخدم لتحديد مدى التآكل والتدهور الخرساني.
- مفك البراغي: يُستخدم لاستكشاف فتحات التصريف لتحقيق من الانسدادات.
- الفرشاة السلكية أو فرشاة الطلاء أو المكانس: تُستخدم لتنظيف الحطام الموجود على الأسطح من أجل الفحص.

- الحاسوب الشخصي اللوحي: يُستخدم لتدوين الملاحظات أو رسم المخططات بدلاً من النماذج الورقية.
- أشرطة القياس المترية.
 - أشرطة قياس تُوضع في الجيب ومسطرة قياس قابلة للطوي: تُستخدم لقياس العيوب.
 - شريط متري ١٠٠ قدم (٣٠ متر) (غير معدني): يُستخدم لقياس أي شيء خارج نطاق الأشرطة المترية التي تُوضع في الجيب ومسطرة القياس القابلة للطوي.

ينبغي تزويد فريق الفحص بمعدات السلامة التي تستوفي معايير الصناعة المناسبة على النحو الآتي:

- الأجهزة المناسبة للتحكم في حركة المرور.
- طقم الإسعافات الأولية.
- الكشافات.
- الخوذات.
- قفازات العمل الجلدية.
- سترات السلامة.
- النظارات الواقية.
- وسائل حماية الركبة.
- أحزمة أو حمالات الأمان.
- أحذية العمل والسلامة.
- أجهزة الراديو ثنائية الاتجاه المناسبة للاستخدام في النفق، ويمكن استخدام الهواتف المحمولة حسب الحاجة؛ وبالرغم من ذلك قد لا تعمل هذه الأجهزة في كافة مناطق النفق. وتُستخدم فقط الأجهزة التي تعمل بكامل طاقتها في كافة المناطق من أجل فحصها.
- أقنعة التنفس الواقية في حالة انتشار السخام وتراكم الأوساخ على أسطح الأنفاق.
- معدات ضبط جودة الهواء.

٦-٨-١ معدات الوصول:

تتضمن معدات الوصول رافعات العمال، والشاحنات المزودة بذراع تطويل، والسلالم، أو السقالات القابلة للنقل. وتكون هذا المعدات ضرورية؛ لفحص العناصر العلوية فحصاً بصرياً عن قرب، كما تتيح هذه المعدات للمفتش معاينة العناصر الإنشائية العلوية ومكونات الأنظمة التشغيلية بطريقة عملية ومُقربة، ويمكن في حالات نادرة استخدام المناظير؛ لتحديد العيوب السطحية الموجودة في العناصر البعيدة، ولكن يكون لدى هذه التقنية العديد من العيوب وينبغي استخدامها على نطاق محدود.

٦-٨-٢ الاختبار غير الإتلافي:

يمكن استخدام طرق الاختبار غير الإتلافي في المناطق التي يصعب الوصول إليها، أو المناطق التي تتطلب تقييمات متعمقة. كما يمكن استخدام تقنية الاختبار غير الإتلافي لتوصيف نطاق أوجه القصور في العناصر الإنشائية، واستخدام قراءات الخط الأساسي المستمدة من تقنيات الاختبار غير الإتلافي لرصد العيوب بمرور الوقت؛ إذ تعد طرق الاختبار غير الإتلافي هي الطرق الفعالة لتقييم ما يلي:

- تسرب المياه.
 - انفصال الطبقات والفواصل لبطانات الخرسانة نظراً لتآكل حديد التسليح.
 - الفراغات الموجودة داخل بطانات النفق وخلفها.
 - النفاذية الخرسانية.
 - انفصال البلاط عن بطانة النفق.
 - الكشف عن سلامة البطانات الحديدية الموجودة أسفل البطانات الخرسانية.
 - المشكلات المتعلقة بسلامة أنظمة الأسقف الخرسانية والتوصيلات ببطانة النفق.
- تقدم هذه التقنيات نتائج معقولة عندما تكون مساحة أسطح العيوب واحد قدم مربع وتقع في أعماق أقل من ٤ بوصات أسفل السطح، وتكون هذه التقنيات مؤثرة في بعض الحالات في الأعماق الأكثر عمقاً. وتُعرف تقنيات الاختبار غير الإتلافي بأنها تقدم معلومات قيمة، وبالرغم من ذلك، ينبغي النظر في هذه القيود قبل استخدامها. ويرد فيما يلي بعض التقنيات المعروفة لاختبار غير الإتلافي:

- رادار استكشاف باطن الأرض المزود بالنظام الجوي.
- التصوير حراري بالأشعة تحت الحمراء
- الماسحات الضوئية.
- رادار استكشاف باطن الأرض المزود بالنظام الأرضي.
- التصوير المقطعي بالأمواج فوق الصوتية.
- الصدى النبضي للموجات فوق الصوتية.



- الموجات السطحية فوق الصوتية.
- طريقة صدى التأثير.

يوجد العديد من تقنيات التصوير التي يمكن استخدامها للتحقق من الهندسة الإنشائية للنفق وتحديد التغيرات التي تحدث في سطح النفق بمرور الوقت. كما يكون التصوير بالأشعة تحت الحمراء مفيد لتحديد تسربات المياه في البطانة واهتراء المكونات الموجودة في المحركات والمعدات. وبالرغم من أن المياه تكون باردة نسبياً، إلا أنه عادةً تكون الأجزاء المتأكلة في المحركات ساخنة، ويمكن للتصوير بالأشعة تحت الحمراء اكتشاف هذه التغيرات في درجات الحرارة.

بحيث تتطلب كل طريقة من هذه الطرق معدات متخصصة وغالباً ما تكون معدات مسجلة بحقوق الملكية، وقد تكون المعدات المتخصصة الإضافية لعمليات الفحص المتعمقة للأنفاق ولإجراء عمليات التحقق من المعدات الميكانيكية والكهربائية مطلوبة.

٦-٨-٣ الفحص الآلي:

هناك العديد من الاستخدامات للمركبات التي تعمل عن بُعد المستخدمة لفحص الأنفاق. ويمكن فحص نفق التهوية ونفق الدخول والأسقف المعلقة بكفاءة بكاميرا الفيديو عالية الدقة الموصولة بشكل كافٍ بالمعدات الروبوتية سريعة الحركة، كما يمكن إضافة تقنية التصوير بالأشعة تحت الحمراء إلى هذه الأجهزة، ويمكن إجراء عمليات الفحص على المركبات التي تعمل عن بُعد في المقاطع العرضية للنفق حيث يكون هناك انخفاض في الأكسجين، أو الغازات السامة، أو الظروف الجوية الغائبة الناتجة عن التهوية، أو الوصول غير الآمن لفريق الفحص.

توفر تقنية جمع بيانات المركبات التي تعمل عن بُعد أبعاداً آمنة ودقيقة نسبياً للفراغات، أو نقاط تسرب المياه، أو مناطق الحطام في الأماكن المغلقة. وبالرغم من ذلك، تكون عادةً أي اختبارات غير إتلافية تجريها المركبات التي تعمل عن بُعد تتم معاييرها مقارنة ببعض أنواع الملاحظات البصرية لزيادة دقتها وموثوقيتها، وعادةً ما تُدرج الكاميرات وأجهزة الاستشعار والكشافات والأجهزة الأخرى على برنامج عمل الروبوت، وتتضمن الأنواع الشائعة من أجهزة الاستشعار كاشفات المياه والغاز والعوائق، ويمكن إعداد المعدات الروبوتية حتى تُشغّل بواسطة التحكم عن بعد. وفي حالة تركيب المسارات بشكل دائم داخل قطاعات النفق، يمكن للروبوت أو الطائرة المسيرة إجراء الفحص أثناء تشغيل النفق. كما يمكن استخدام المركبات المدولبة والمجنزرة.

٧-فحص عناصر الأنفاق وتقييمها

ينبغي على المفتشين إدراك كيفية تأثير العيوب على تشغيل أنظمة الأنفاق وطاقتها الاستيعابية، وأن يكون بمقدور مفتشي الأنفاق التعرف على أوجه القصور المشتركة التي تؤثر على الأنظمة الإنشائية والمدنية والوظيفية، كما ينبغي أن تكون الملاحظات والقياسات المستخدمة لإجراء الفحص شاملة. أما عن كل عنصر من عناصر النفق، يُحدد النطاق العام لأوجه القصور لكل حالة من الحالات الظرفية الأربعة: جيد، ومقبول، وضعيف وشديد.

وعند جمعها بصورة إجمالية، توفر بيانات مستوى العناصر التي جمعت في أثناء الفحص معلومات حول السلامة والموثوقية الشاملة للأنظمة الإنشائية والمدنية والوظيفية، كما تتضمن العناصر الإنشائية المدرجة في قاعدة البيانات الوطنية بطانات الأنفاق، وعوارض السقف والأعمدة والخوازيق الخرسانية، والممرات المتقاطعة، والجدران الداخلية، والمداخل، وبلاطات وعوارض السقف، وحوامل التعليق، والمثبتات، وألواح السقف، والبلاطات الخرسانية المقلوبة، والبلاطات المنفصلة رأسياً، والعوارض المقلوبة، والفواصل، والحشيات. وتتمثل العناصر المدنية المدرجة في قاعدة البيانات الوطنية في طبقة الرصف السطحية وحواجز الحماية المرورية ودرازين المشاة. كما تتضمن الأنظمة الوظيفية المدرجة في قاعدة البيانات الوطنية الأنظمة الميكانيكية والكهربائية والإضاءة والسلامة من الحريق وحماية الأرواح والأنظمة الأمنية واللافتات وأنظمة الحماية. وينبغي أن تشمل إجراءات الفحص المكتوبة كافة هذه الأنظمة حسب الضرورة بالنسبة للنفق المحدد.

ويرد المزيد من إرشادات الفحص والصيانة للحواجز المرورية والجدران الاستنادية ومرافق الطرق وأجهزة التحكم في حركة المرور والمنشآت الأخرى المعنية في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة صيانة مرافق الطرق وإدارتها). كما يجب أن تُطبق عند الضرورة الإرشادات والمتطلبات الفنية المعنية الواردة في الكود السعودي الكهربائي (كود البناء السعودي ٤٠١) والكود السعودي الميكانيكي (كود البناء السعودي ٥٠١) والكود السعودي للحريق (كود البناء السعودي ٨٠١).

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء ٧-١ إلى ٧-٩ الحد الأدنى من المتطلبات.

٧-١ العناصر الإنشائية:

تُحدد الحالات الظرفية لبطانات الأنفاق، وعوارض السقف، والأعمدة والخوازيق الخرسانية، والممرات المتقاطعة، والجدران الداخلية، والمداخل، وبلاطات وعوارض السقف، وحوامل التعليق، والمثبتات، وألواح السقف والبلاطات الخرسانية المقلوبة، والبلاطات المنفصلة رأسياً، والعوارض المقلوبة، والفواصل، والحشيات. ولا تُدرج العناصر الإنشائية المتنوعة في قاعدة البيانات الوطنية، بل تفحص دورياً للحفاظ على السلامة. وتتضمن هذه العناصر التوصيلات الإنشائية، والأبواب، والنوافذ، والإطارات، والسلام، والأسطح، والأرضيات، والكتائف، والدعامات، وركائز الآلات، والتشطيبات الإنشائية، والمباني الملحقة، والهياكل المساعدة للنفق. كما ينبغي أن تضع منظمة الفحص للنفق إجراءات مكتوبة لفحص العناصر المحدد والتشاور أيضاً مع الجهات المسؤولة عن النفق لوضع إجراءات لفحص أي عناصر إضافية تحددها الجهات المسؤولة.

٧-١-١ المواد الإنشائية:

تتألف العناصر الإنشائية من بعض المواد مثل الحديد والخرسانة ومواد البناء الحجري. كما يوجد عدد من تقنيات تقييم المواد التي تشمل اختبارات ميدانية مختلفة وأخذ عينات من المواد والاختبارات المعملية، وتتضمن الاختبارات الميدانية للخرسانة طرق القوة، والتقنيات الصوتية، وتقنيات الموجات فوق الصوتية، والطرق المغناطيسية، والطرق الكهربائية، والطرق النووية، والتصوير الحراري، والرادار، والتصوير بالأشعة، والمناظير. كما تتضمن الاختبارات الميدانية للحديد التصوير بالأشعة واختبار الجسيمات المغناطيسية واختبار التيار الدوامي والمعاينة بالنافذ الصبغي والفحص بالموجات فوق الصوتية، ويوصى بالنظر في هذه الطرق. كما يمكن أن تُحدد الاختبارات على وجه الخصوص في إجراءات الفحص للعناصر الإنشائية المهمة لتحديد الظروف الأساسية والاحتفاظ بسجل القياسات الدورية، التي قد تكون مفيدة بالنسبة لأداء القياس وتوضيح المشكلات المحتملة.

بالإضافة إلى أي إجراءات فحص بصرية، ينبغي الدق على المكونات الإنشائية دورياً باستخدام المطارق للمساعدة في تحديد العيوب المخفية الموجودة تحت السطح، التي قد لا تكون واضحة من خلال إجراء الملاحظات. وبعد الدق على سطح الخرسانة باستخدام المطرقة، ستصدر العناصر الإنشائية بشكل عام صوتاً واضحاً إلى حد ما. بحيث تشير الدقة ذات الصوت العالي بشكل عام إلى وجود المادة المناسبة تحت السطح. وعلى العكس من ذلك، يشير الصوت الخفيف أو الصوت الأجوف إلى أن المادة الموجودة تحت السطح معيبة.

قد يشير الصوت الخفيف في الخرسانة فوق منطقة ما إلى وجود انفصال طبقات حيث يمكن للخرسانة المفككة أن تتحول فيما بعد لفواصل، وقد يشير الصوت الخفيف من الحديد إلى وجود تآكل شديد؛ أو وفي حالة الجزء البسيط، يشير الصوت إلى أن الجزء الحديدي غير مثبت بإحكام أو بشكل آمن. وبمجرد اكتشاف الصوت الخفيف، ينبغي الدق مرة أخرى على سطح المادة؛ لتحديد نطاق المنطقة المتأثرة بالعيوب.

ويُنَاقَش فيما يلي تقنيات الفحص العامة للمواد الإنشائية المشتركة (مثل الحديد والخرسانة ومواد الانشاء).



١-١-١-٧ الهياكل الحديدية:

تتأثر الهياكل الحديدية بالتآكل والشقوق والانبعاجات والفتلات، كما يمكن أن يكون هناك عيوبًا أخرى مثل؛ التسربات، وحالات إخفاق نظام الحماية.

١-١-١-٧-١ التآكل نتيجة الصدأ:

يتغير لون الحديد المتآكل من اللون الأحمر الغامق إلى اللون البني الغامق (الشكل ١-٧). وفي بداية الأمر يكون التآكل شكل حبيبات ناعمة، ولكن مع تطوره، يتحول التآكل إلى مُتَقَشِّر أو قشاري بطبيعته. وفي النهاية، يتسبب التآكل في وجود النقر في الجزء. وينبغي الإشارة إلى مواقع كافة المناطق المتآكلة وخصائصها ومداها. كما ينبغي قياس عمق النقر الشديد ويجب تسجيل حجم أي ثقوب ناجمة عن التآكل وكذلك قطاع الجزء المتبقي.



الشكل (١-٧) التآكل البسيط على طول عوارض السقف.

١-١-١-٧-٢ الشقوق:

يمكن أن تختلف الشقوق في الحديد من السمك الضئيل إلى عرض كافٍ لتمرير الضوء، وفي المكونات الإنشائية للحديد، يمكن أن يكون أي نوع من أنواع الشقوق خطيرًا؛ ولذلك ينبغي الإبلاغ عنها على الفور وأن يقوم المهندس بتقييم الشقوق. فضلًا عن البحث عن الشقوق التي تنشع من الثقوب والفتحات والشقوق واللحامات.

١-١-١-٧-٣ الانبعاجات والفتلات:

تتطور في الغالب الانبعاجات والفتلات بسبب الضرر الناجم عن الاجهادات الحرارية، أو الحمل الزائد، أو مجموعات الأحمال الأخرى التي تسبب في وجود قصور أو انخفاض في الحديد، مثل؛ الأضرار الناتجة عن الحوادث، أو أضرار الحريق، أو تفاعل التربة.

١-١-١-٧-٤ تسرب المياه:

يعد الحديد مانعًا لتسرب المياه؛ وبالرغم من ذلك، يمكن أن تحدث تسربات المياه عندما يكون الماء قادرًا على التوغل من خلال الفواصل، أو الشقوق، أو الثقوب الموجودة في الحديد. وينبغي فحص سدادات التسرب ومواد حشيات منع التسرب واللحامات لمعرفة إذا كانوا معيوبين. كما يمكن أن تحدث حركات تفضيلية تؤدي إلى فتح الفواصل

٥-١-١-١-٧ نظام الحماية:

يكون الحديد -عادةً- محميًا بالطلاء أو الجلفنة، كما يمكن استخدام الحديد المقاوم للعوامل الجوية. وتفشل أنظمة الطلاء بسبب التقشير والتشقق وحبيبات التآكل والبياض الزائد، وتستخدم الجلفنة عادةً في غلاية أو وعاء يحتوي على الزنك المنصهر حيث يتفاعل الحديد الموجود في الحديد مع الزنك المنصهر لتشكيل طلاء سبيكة متماسكة بشكل محكم. ويعد التقشير والتقطيع من العيوب الشائعة.

٢-١-١-٧ الهياكل الخرسانية:

تتمثل بعض العيوب الخرسانية الشائعة في التقشير، والتشقق، وانفصال الطبقات، وحالات التشظي، والعيوب السطحية، والكراوات الطينية، والتزهير، والصبغ، والتعشيش. ويمكن أن تكون تسربات المياه موجودة مع بعض هذه العيوب، مما يؤثر سلبًا على أي حديد تسليح يتعرض للتسرب. كما يمكن الحصول على المزيد من المعلومات عن العيوب الخرسانية بما في ذلك الصور النموذجية من خلال المعهد الأمريكي للخرسانة.

١-٢-١-٧-٧ التقشير:

التقشير هو التقشير الموضعي أو إزالة الطبقة الخارجية للسطح النهائي من الخرسانة المسلحة المرتبطة بالفقدان التدريجي والمستمر للمونة والركام، ويكون التقشير خفيفًا عندما لا يكون الركام الخشن الموجود تحت السطح غير مكشوف؛ وبالرغم من ذلك، يكون التقشير شديدًا عندما يكون الركام الخشن مكشوفًا بشكل واضح.

٢-٢-١-٧-٧ التشقق:

التشقق هو تصدع خطي في الخرسانة، يحدث عندما تتجاوز قوى الشد مقاومة الشد للخرسانة، ويمكن أن تحدث الشقوق أثناء إنباع الخرسانة (الشقوق الانكماشية غير الإنشائية) أو الحركة الأرضية أو الحمولة الخارجية (الشقوق الإنشائية).

ويمكن أن تتوسع الشقوق جزئيًا أو كليًا من خلال الجزء الخرساني. وقد تكون الشقوق نشطة أو خاملة. وفي حالة أن الشق نشط، فإنه سوف ينتشر من حيث الطول أو العرض أو العمق خلال فترة زمنية محددة، وفي حالة كان الشق خاملًا، فلن تتغير حالته مع مرور الوقت؛ وبالرغم من ذلك، يمكن لبعض الشقوق الخاملة أن تتحلل أكثر في حالة عدم إصلاحها بجانب تغلغل الرطوبة في الشق مما يتسبب في حدوث المزيد من الاضرار من دورات التعرض. كما ينبغي ملاحظة وقياس اتجاه الشق النسبي بالنسبة لمحور الهيكل. وينبغي قياس وتسجيل الموقع والعرض والطول والعمق والتباعد بين الشقوق. وبناءً على العديد من الملاحظات والقياسات، يمكن تصنيف الشقوق، بحيث تتضمن الأنواع الشائعة للشقوق الموجودة في الأنفاق الشقوق الطولية والعرضية، والعمودية والمائلة والعشوائية.

- الشقوق العرضية: هي شقوق مستقيمة إلى حد ما، تمتد تقريبًا عاموديًا في اتجاه امتداد الجزء الخرساني. وتختلف هذه الشقوق من العرض، والطول، والعمق والتباعد. ويمكن أن تمتد الشقوق العرضية جزئيًا أو كليًا من خلال العنصر (أي البلاطة الخرسانية والعارضة وحواف الركائز الوسطية).
- الشقوق الطولية: هي شقوق مستقيمة إلى حد ما تمتد بالتوازي مع امتداد العارضة أو البلاطة الخرسانية. وتختلف هذه الشقوق من العرض والطول والعمق والتباعد، ويمكن أن تمتد الشقوق الطولية جزئيًا أو كليًا من خلال العنصر مثل البلاطة الخرسانية أو العارضة أو غيرها من العناصر.
- الشقوق الأفقية: هي شقوق تحدث في الجدران والمكونات الإنشائية العمودية، كما قد تتواجد في جوانب العوارض حيث يوجد هناك إما حواف حديدية مغطاة أو حديد تسليح مُتآكل. وتتشابه هذه الشقوق مع الشقوق العرضية.
- الشقوق العمودية: هي شقوق تحدث في الجدران والمكونات الإنشائية العمودية الأخرى؛ وتتشابه هذه الشقوق مع الشقوق الطولية.
- الشقوق المائلة: هي شقوق تمتد تقريبًا بزوايا مائلة نسبيًا إلى الخط المركزي للهيكل وعادةً ما تكون متوازية مع بعضها البعض، ولديها عمق سطحي وتختلف من حيث الطول، والعرض، والعمق والتباعد. وفي حالة تواجد الشقوق في الوجوه العمودية للعوارض، فإنها تشير إلى وجود مشكلة خطيرة محتملة.
- شقوق على شكل نمط أو خريطة: هي شقوق متصلة ببعضها البعض بحيث تشكل شبكة وهي تختلف في الحجم والعمق كما هو موضح في الشكل (٧-٢)، ويتراوح عرض هذه الشقوق بين الشقوق التي يكاد رؤيتها أو الشقوق الصغيرة جدًا إلى الشقوق المفتوحة واضحة المعالم. وتتواجد هذه الشقوق عادةً في المكونات الإنشائية ذات الأسطح العريضة مثل البلاطات الخرسانية والجدران.
- شقوق فقدان المتانة: تشير شقوق فقدان المتانة إلى الشقوق الموجودة في الخرسانة الناجمة عن تدهور الركام. وتعد شقوق فقدان المتانة شقوقًا متباعدة بطريقة وثيقة، بحيث تبدأ في التكون بالتوازي مع الفواصل الطولية والعرضية. وبعد ذلك، تنتشر هذه الشقوق في الخارج بعيدًا عن الفواصل باتجاه الجزء الداخلي من العنصر.
- الشقوق العشوائية: هي شقوق متعرجة غير منتظمة موجودة على سطح الخرسانة. فهي لا تتميز بشكل معين ولا تدرج بالضرورة في أي من التصنيفات المذكورة أعلاه.



الشكل (٧-٢) شقوق على شكل نمط أو خريطة على الجانب السفلي للبلاطات الخرسانية المقلوبة.

٣-٢-١-١-٧ انفصال الطبقات:

عند تصلب الخرسانة، يمكن أن يتحول الماء والهواء المحتجزان تحت السطح إلى فراغات سطحية. ويحدث هذا غالباً عند حجز نضح المياه تحت السطح بسبب التسوية المبكرة للخرسانة مما يقلل من تخلل المياه للسطح. وتخلق هذه الأنواع من الفراغات مناطق ضعيفة تحت السطح يمكن أن تنفصل وتؤدي في النهاية إلى حالات تشطي للخرسانة، فهذه هي منطقة واحدة للسطح الخرساني الذي يصدر صوتاً أجوفاً عند الدق عليه بالمطرقة، ويُستخدم هذا لتحديد نطاق هذه المناطق وتوثيقها.

٤-٢-١-١-٧ حالات التشطي:

حالات التشطي هي انفصال الشطايا الخرسانة الصلبة التي تترك هبوطاً خرسانياً سطحياً، أو دائرياً تقريباً، أو بيضاوياً في السطح الخرساني. وعادةً تُقصد حافة الهبوط الخرساني بشكل عمودي تقريباً على السطح؛ بحيث تكون القاعدة متوازية أو تميل قليلاً إلى السطح. وتكون الخرسانة التي لديها انفصال في الطبقات عرضة لحالات التشطي. كما يمكن أن يكون حديد التسليح مكشوفاً عندما تكون حالة التشطي شديدة. (الشكل ٧-٣). وينبغي على المفتش تسجيل موقع وعرض وطول وعمق المنطقة التي بها حالة تشطي وتدوين ملاحظات عن أي حديد تسليح مكشوف.



الشكل (٧-٣) حالة التشطي للخرسانة مع حديد التسليح المكشوف.

٥-٢-١-١-٧ تشطي الفواصل:

هو هبوط خرساني مطول على طول فواصل التمدد أو الانكماش أو الانشاء. وينبغي فحص العيب وفقاً للنحو المذكور أعلاه لحالات تشطي الخرسانة.

٦-٢-١-١-٧ اقتلاع السطح الخرساني:

هي شظايا مخروطية تظهر على سطح الخرسانة وتترك حفرة صغيرة، و-غالبًا- ما توجد جسيمات الركام المتجمع في قاع هذه الحفرة ملتصقاً بالطرف الصغير من مخروط العيوب السطحية.

٧-٢-١-١-٧ الكريات الطينية:

هي حفر صغيرة موجودة في السطح بسبب عدم تحلل الكريات الطينية أو الجسيمات الصخرية الناعمة التي أدخلت في خليط الخرسانة، ويكون للكريات الطينية نفس تأثير العيوب السطحية على السطح.

٨-٢-١-١-٧ التزهير:

هو ترسب هيدروكسيد الكالسيوم القابل للذوبان في الماء والذي يتشكل على سطح الخرسانة، ويكون عادةً أبيض اللون، ويظهر على الخرسانة حيث تتبلور مواد المحلول كأملاح. كما يمكن أن يحدث التزهير بسبب الشوائب الموجودة في المياه الجوفية أو أملاح إزالة الجليد، ويمكن أن تتشكل الهوابط البلورية الملحية على أسقف الأنفاق نتيجةً للتزهير الشديد كما هو موضح في (الشكل ٧-٤).



الشكل (٧-٤) التشقق والتزهير المتوسط الموجود على الجانب السفلي من بطانة النفق.

٩-٢-١-١-٧ الصبغ:

الصبغ هو تغيير لون سطح الخرسانة الناتج عن مرور المواد المذاية من خلال الشقوق، وإعادة ترسيب المواد على السطح عند ظهور الماء ومن ثم تبخره، وبالرغم من أن الصبغ يمكن أن يكون من أي لون، إلا أن الصبغ البني عادةً يشير إلى حدوث التآكل في حديد التسليح الأساسي.

١٠-٢-١-١-٧ التعشيش:

يحدث التعشيش في الخرسانة عندما لا يملأ المونة بالكامل الفراغات الموجودة بين جسيمات الركام الخشن، وعندما يكون شكل الركام مرئي، فإنه يظهر شكل التعشيش الخرسانة.

١١-٢-١-١-٧ تسرب المياه:

يحدث تسرب المياه في بعض المناطق في سطح الخرسانة حينما يتوغل الماء من خلال الشقوق، أو الفواصل، أو غيرها من العيوب الموجودة في الخرسانة. ومن الضروري ملاحظة درجة الحرارة عند التحقق من وجود تسربات المياه، وقد لا يكون التأثير الكامل لتسرب المياه معروفاً عندما تكون درجات الحرارة منخفضة جداً، كما ينبغي فحص أجزاء الهيكل الخرسانة الموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية بعناية في الفواصل للتحقق من تسربات المياه.

٣-١-١-٧ الهياكل الحجرية:

١-٣-١-١-٧ وحدات البناء:

ينبغي فحص الحجارة الفردية أو الطوب أو كتل البناء الحجري؛ بحثاً عن الوحدات المنقولة، أو المتشقة، أو المحطمة، أو المكسورة، أو المفقودة. وتكون بعض أنواع أسطح الهيكل الحجري معرضة للسقوط أو تنفك بفعل العوامل الجوية.

٢-٣-١-١-٧ المونة:

ينبغي فحص المونة للتأكد من وضعه بشكل فعال بوحدة البناء في الفواصل ومن الضروري بشكل خاص ملاحظة المونة المتشققة أو التالف أو المفقود.

٣-٣-١-١-٧ الشكل:

تستخدم أقواس من الحجارة في المقام الأول في استخدامات الضغط، ويمكن أن يشير الانحناء المسطح أو الأشكال الدائرية في الجدران أو أي تغييرات أخرى في الشكل؛ إلى وجود ظروف غير مستقرة مع الشقوق الناتجة عن إجهاد الشد.

١-١-٣-٤ المحاذاة:

ينبغي فحص المحاذاة الأفقية والعمودية للبناء من الناحية البصرية. ويمكن أن يكون الشاقول والليزر من الأدوات الضرورية لتقييم هذه الأوضاع.

١-١-٣-٥ تسرب المياه:

تحدث تسربات المياه غالبًا في بعض مناطق البناء حيث تتوغل المياه من خلال الفواصل، والشقوق، أو العيوب الأخرى الموجودة. وقد تساعد تراكمت التزهير في تحديد المناطق ذات تسربات المياه النشطة.

١-١-٢ بطانات النفق:

تدعم بطانات النفق الأرض الموجودة حول النفق وتقيد تغلغل المياه الجوفية إلى النفق، ويكون لدى العديد من الأنفاق نظام بطانة بمرحلتين يتكون من بطانة أولية (أو دعم مؤقت)، وبطانة نهائية (أو دعم مستمر). وعادةً تُزود البطانة الأولية بالخرسانة المقذوفة والمسامير الصخرية والحديد الخرسانى المضلع وألواح التثبيت الخشبية والجدران المونية. أما عن البطانة النهائية، فهي عادةً مصنوعة إما من بطانات خرسانية مصبوبة في المكان أو قطاعات خرسانية مسبقة الصب مثبتة ومُجمعة.

ويمكن معرفة ظروف السطح بواسطة التقارير الجيولوجية المنشورة، والتقارير الجيوتقنية للمشروعات، والحفر الاختباري، ومستندات الإنشاء. كما ينبغي تسجيل الظروف الأرضية وظروف المياه الجوفية على طول المقطع الرأسي للنفق، مع ملاحظة مواقع أوجه القصور. وينبغي على المهندس الجيوتقني تحديد ما إذا كانت الظروف الأرضية تساهم في وجود المشكلات والتوصية بالحلول.

البطانات الحديدية: لا يُستخدم الحديد الإنشائي غالبًا كمادة للبطانة النهائية بسبب تكلفته العالية نسبيًا، ومتطلبات التصنيع، وتعرضه للتآكل. عرضت العديد من الأنفاق الصخرية الموجودة في الجبال ألواح البطانة الحديدية الموجودة أعلى خط الينابيع أن تمنع الصخور من السقوط على الطريق (انظر الشكل ٥-٧)، وقد تكون الأنفاق القديمة الموجودة في الأرض اللينة أو الصخور الصلبة أو الموجودة تحت سطح الماء يمكن أن تضمنت مكونات حديدية كجزء من دعمها الأولي، وتتضمن مكونات البطانة المؤقتة الشائعة ألواح البطانة، والحديد الخرسانى المضلع، والأعمدة والعوارض، وعناصر الهيكل مسبق الصنع. ولا تُصمم العديد من هذه المكونات الحديدية لتكون جزءًا من المكون الدائم لتحمل حمولة النفق وهي غير محمية بشكل كافٍ من التآكل، وتُغطى عادةً العناصر الحديدية المؤقتة أو تُغلف ببطانات خرسانية نهائية، وفي حالة دمج المكونات الحديدية الإنشائية في بطانة النفق، فينبغي عندئذٍ فحص هذه العناصر الحديدية باستخدام الطرق المذكورة أعلاه للمواد الحديدية الإنشائية.



الشكل (٥-٧) ألواح البطانة الحديدية الموجودة أعلى خط الينابيع.



البطانات الخرسانية والخرسانة المقذوفة: تشكل البطانات الخرسانية مسبقة الصب (الشكل ٦-٧)، والبطانات الخرسانية المصبوبة في المكان (الشكل ٧-٧ الجزء الخلفي) الجزء الأكبر من أنظمة التبطين النهائية الدائمة المركبة في نفق الطريق السريع، ونظرًا لتوافرها وسهولة استخدامها ومتانتها وتكلفتها المنخفضة نسبيًا، فقد ركبت بطانات خرسانية في كافة أنواع مشروعات الأنفاق. وتستخدم الخرسانة المقذوفة، التي يُشار إليها أيضًا باسم الخرسانة المقذوفة هوائيًا، للدعم المؤقت وتستخدم كبطانات نهائية في هياكل التحميل الخفيفة (الشكل ٧-٧ الجزء الأمامي) مثل النفق الصخري الذي يدعم الصخور السائبة فقط التي يمكن أن تسقط على الطريق.



الشكل (٦-٧) أمثلة على قطاعات بطانات النفق مسبقة الصب.



الشكل (٧-٧) الجزء الأمامي لبطانة النفق للخرسانة المقذوفة مع الجزء الخلفي للبطانة الخرسانية المجاورة المصبوبة في المكان.

توضح الأشكال (٧-٨ و ٧-٩) صوراً لبعض أوجه القصور النموذجية في بطانات الخرسانة. وينبغي فحص البطانات الخرسانية باستخدام الطرق المذكورة أعلاه للمواد الخرسانية الإنشائية.

التشطيبات المعمارية: تشمل التشطيبات المعمارية العديد من بطانات الأنفاق الخرسانية، مثل البلاط السيراميك، أو الألواح المعدنية (الشكل ٧-١٠). ويوصى عند فحص هذه الأسطح أن يستخدم المفتش المطرقة للدق على خرسانة الطبقة السفلية، أو يستخدم المطرقة المطاطية للدق على تشطيبات البلاط. ويكون هذا في العديد من المواقع في كافة أنحاء النفق، وبالقرب من العيوب المعروفة أو عند الاشتباه في وجود عيوب أيضاً. وعندما يكشف عن المناطق ذات الصوت الأجوف، ينبغي تحديد حدود هذه المناطق.

عند توثيق حالات التشطي، ينبغي ملاحظة الحجم والحد الأقصى للعمق والموقع لحالات التشطي. وفي حالة وجود حديد تسليح مكشوف، ينبغي ملاحظة حجم الجزء المتبقي؛ وكذلك تقديم النسب المئوية لانتهيار القطاع. وعند فحص الشقوق، يجب توثيق طولها وعرضها وعمقها وموقعها، وملاحظة الشقوق مع الرطوبة أو الصبغ والتآكل.

يُجرى الفحص البصري للشقوق بحثاً عن الرطوبة، وتسرب المياه، والصبغ، والتزهير. بالإضافة إلى تسجيل كمية التسرب النشط للمياه في عدد القطرات في الدقيقة أو تقدير معدل التدفق المستمر.



الشكل (٧-٨) الشقوق بجانب بُقع الصدأ.



الشكل (٧-٩) الشقوق ذات العرض المتوسط في البطانة الخرسانية.



الشكل (٧-١٠) تسربات المياه من خلال بطانة النفق وبلاط الجدران المفقود.



الشكل (٧-١١) شقوق الرطوبة في بطانة القطاعية بسبب تقنيات التركيب الخاطئة.

حلقات قطاعية: يجب فحص الخرسانة عند فحص قطاعات النفق مسبقاً الصب باستخدام التقنيات التي نوقشت مسبقاً. وفحص فواصل البطانة الخرسانية مسبقاً الصب بحثاً عن الشقوق وتسربات المياه (الشكل ٧-١١). كما ينبغي فحص معدات الفواصل، مثل؛ اللوح الطرفي، والمسامير، والحشيات لكل قطاع.

- يمكن تغير لون مسامير تثبيت الوصلات الموجودة في البطانة الخرسانية المصنعة بسبب الرطوبة وظروفها في النفق، ولا يقلل هذه الوضع من القدرة الإنشائية للمسامير. وينبغي دائماً إيلاء اهتمام خاص للمسامير في مناطق تسرب المياه؛ للتحقق من انهيار القطاع. وفي حالة ملاحظة وجود خسائر في القطاع، فينبغي عندئذٍ تدوين ذلك في تقرير الفحص.
- يجب مقارنة شكل المقطع العرضي بالشكل الموضح في الرسومات لتقييم التغيرات المحتملة في المقطع العرضي.

البطانة الحجرية: لم تُستخدم البطانة الحجرية للأنفاق كثيراً في أنفاق الطرق، إذ استبدلت إلى حد كبير بتقنية الخرسانة حديثة الظهور قبل إنشاء العديد من أنفاق الطرق. وبالرغم من ذلك، تعد الهياكل الحجرية شائعة الاستخدام في بوابات النفق والمباني الملحقة الأخرى. وينبغي فحص مواد الانشاء باستخدام الطرق المذكورة أعلاه لمواد الانشاء الإنشائية.

الأنفاق غير المبطنة في الصخور الصلبة: يمكن أن تُستخدم الأنفاق غير المبطنة في بعض استخدامات الصخور الصلبة، وبالرغم من ذلك تحتاج هذه الصخور عادةً إلى حديد التسليح لمنع الصخور السائبة من السقوط على الطريق السريع، و-غالباً- تُستخدم البراغي الصخرية ومسامير التثبيت من أجل هذا الغرض. كما يمكن استخدام الدعم من الألواح الحديدية أو الخرسانة المقذوفة في مناطق محدودة من الأنفاق غير المبطنة لمنع الصخور من السقوط على الطريق السريع. فضلاً عن أن الأنفاق غير المبطنة مدعومة ذاتياً بالصخور المتكاملة. توضح الأشكال من (٧-١٢ إلى ٧-١٤) الأنفاق الصخرية غير المبطنة.



الشكل (٧-١٢) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنة.



الشكل (٧-١٣) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنّة.



الشكل (٧-١٤) العديد من الأنفاق الصخرية غير المبطنّة.

ينبغي على عالم الجيولوجي أو المهندس الجيوتقني المؤهل مساعدة فريق الفحص عند فحص الأنفاق المدعومة ذاتيًا في الصخور. فضلًا عن تحديد أوجه القصور في الكتلة الصخرية التي يمكن أن تثير مشكلات في السلامة والاستقرار أو المسائل المزعجة المرتبطة بالمحافظة على حركة المرور. وينبغي رصد شكل المقطع العرضي للنفق بحثًا عن التغييرات المحتملة عن طريق إجراء قياسات على فترات محددة مسبقًا (تقريبًا ٦٠ مترًا). كما يجب قياس المسافات بين خط الينابيع والجدران الجانبية العمودية في نقاط محددة، وينبغي دائمًا وضع علامات على المواقع.

٣-١-٧ عوارض السقف:

عارضة السقف هي الدعامة الأفقية الرئيسة لسقف النفق المسطح (الشكل ٧-١٥). وتدعم عوارض السقف سقف النفق والأحمال الناتجة عن الردم والتحميل الزائد وحركة المرور الجارية أعلاه. وتستخدم العوارض لدعم نظام السطح (الشكل ٧-١٦)، ويمكن أن تكون هذه العوارض حديدية أو خرسانية، وتُفحص هذه العناصر باستخدام الأساليب الموضحة مسبقًا للخرسانة الإنشائية أو المواد الحديدية.



الشكل (١٥-٧) فتحة عارضة السقف النموذجية.



الشكل (١٦-٧) عوارض السقف المكشوفة.

٤-١-٧ الأعمدة والخوازيق:

الأعمدة والخوازيق هي عناصر تستخدم لحمل حمولة رأسية تتكون عادةً من مكونات خرسانية أو حديدية، تكون هذه والخوازيق مغروسة في الأرض. أما الأعمدة فهي أجزاء قائمة بذاتها تقع فوق مستوى سطح الأرض، ويمكن دمج الدعامات الجانبية لتقوية الأعمدة. ويوضح (الشكل ١٧-٧) مجموعة نموذجية من الأعمدة ذات الرؤوس المنحنية. وتفحص هذه العناصر باستخدام الأساليب الموضحة مسبقاً للحديد الإنشائي والمواد الخرسانية.

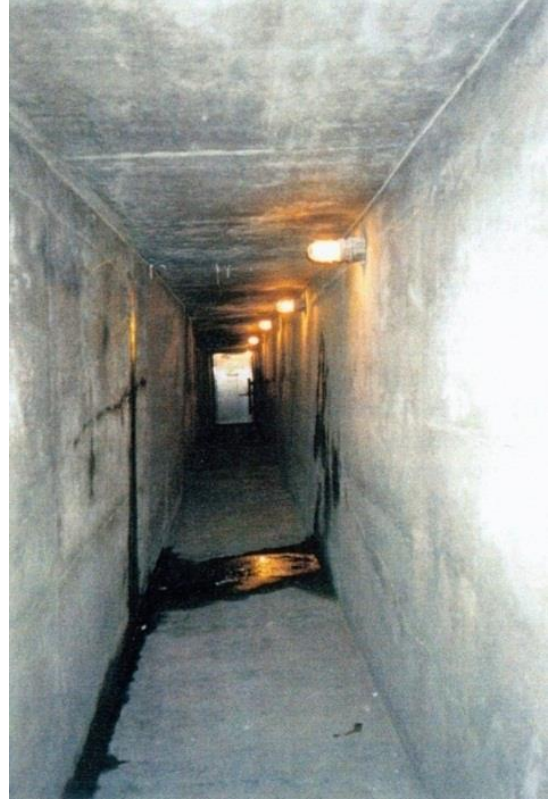


الشكل (٧-١٧) الأعمدة ذات الرؤوس المنحنية.

٥-١-٧ ممرات الطوارئ:

توفر ممرات الطوارئ وسيلة للخروج من النفق. ويمكن ربط الأنفاق المتوازية بالممرات المتقاطعة. وفي حالات الطوارئ، يمكن للأشخاص الذين أجلوا الانتقال إلى المناطق الآمنة عبر ممر متقاطع ثم الخروج بواسطة النفق المجاور؛ ولذلك ينبغي ألا تكون ممرات الإخلاء مزدحمة بالأجسام أو الحطام، كما ينبغي أن تكون الأبواب صالحة للاستعمال. والأفضل أن تكون هذه المناطق مضغوطة قليلاً للحفاظ على تدفق الهواء الإيجابي لمنع تسرب الدخان إلى طريق الخروج، مما يساعد على الحفاظ على بيئة مناسبة للأشخاص الذين تم إجلاؤهم والمستجيبين لحالات الطوارئ.

وينبغي على المفتش التحقق من الشقوق، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي في الجدران والأسقف والأرضيات الخرسانية. والتحقق من وجود تسريبات (الشكل ٧-١٨). والبحث عن مخلفات أعمال الصيانة المتراكمة في الغرف، وفحص المرافق والمصابيح والقنوات الكهربائية، وأي أنظمة أمان؛ للتأكد من عدم تعرض أي منها للتدهور. وإذا كان الممر مضغوطاً، فيجب إجراء فحص تشغيلي لهذا النظام. وينبغي إجراء فحوصات إنشائية متنوعة على جميع الوصلات الإنشائية والأبواب والنوافذ والإطارات والأسطح والأرضيات والبردورات والممرات والسلالم والكثائف والدعامات والتشطيبات الإنشائية.

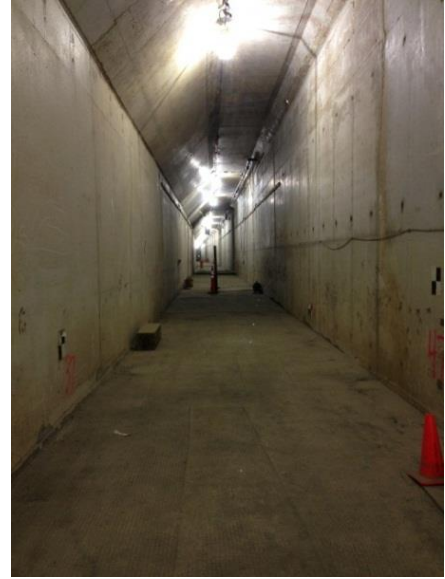


الشكل (٧-١٨) ممر للطوارئ به تسرب بسيط.

٦-١-٧ الجدران الداخلية:

تكون بطانة النفق ملائمة للأرض على عكس الجدران الداخلية، تُبنى -عادةً- الجدران الداخلية باستخدام مواد خرسانية، وتفصل هذه الجدران حركة المرور المعاكسة، أو طريق السير من جهاز التهوية، أو من ممر الخروج في حالات الطوارئ. وينبغي أن تتناول الإجراءات المكتوبة التحديد الفريد للجدران الداخلية وعمليات ضبط المسح للإبلاغ عن نتائج الفحص. ويوضح (الشكل ٧-١٩) ممر خروج في حالات الطوارئ مبطن بجدران داخلية خرسانية.

وينبغي فحص الجدران الخرسانية بالأساليب الموضحة مسبقاً في مواد الخرسانة الإنشائية، كما ينبغي فحص الجدران الخرسانية باستخدام مطرقة لاختبار صوت خرسانة الركيزة أو مطرقة مطاطية للنقر على تشطيبات البلاط في مواقع عشوائية وفي المناطق المجاورة للعيوب. وعند الكشف عن مناطق السبر الجوفاء، فإنه ينبغي تحديد حدود هذه المناطق، وتحديد هذه المناطق باستخدام العارضة أو الطلاء، وملاحظة حجم الفواصل وأقصى عمق لها وموقعها؛ وملاحظة أي حديد تسليح مكشوف. والتحقق من النسبة المئوية الخاصة بانتهاء القطاع في حديد التسليح المكشوف وتسجيلها، إن وجدت. وتسجيل طول التشققات، وعرضها وعمقها وموقعها. وإجراء فحص بصري لمعرفة نسبة الرطوبة والتسرب، والتآكل، والبقع والتزهير. وملاحظة التشققات التي تنتشر فيها الرطوبة أو بقع التآكل. وتسجيل كمية التسرب النشط بعدد القطرات في الدقيقة أو قياس معدل التدفق.



الشكل (٧-١٩) عرض ممر الطوارئ السفلي (الجدار الداخلي على اليمين وبطانة النفق على اليسار).

التشطيبات المعمارية: العديد من جدران الأنفاق الخرسانية غير مرئية لأنها مغطاة بتشطيبات معمارية، مثل بلاط السيراميك أو الألواح المعدنية (الشكل ٧-٢٠). ويجب فحص بلاط الجدران بحثاً عن البلاط المتصدع، أو المنفصل إلى طبقات، أو المفكوك الذي يمكن أن يشير إلى العيوب الموجودة في خرسانة الركيزة الأساسية. وربما يرجع سبب تفكك البلاط إلى انتشار الرطوبة واختراق المياه عبر الركيزة الخرسانية، كما يجب فحص خرسانة الركيزة المكشوفة بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي. والبحث عن الخرسانة المتشظية خلف البلاط المفكوك وعند فواصل الانشاء بين أجزاء الجدار حيث يحتمل أن يكون حديد التسليح مكشوفاً. وينبغي فحص درجة تدهور السطح وحالة مسامير التثبيت على الألواح المعدنية. وملاحظة جميع الشروط الموضحة أعلاه في تقرير الفحص.



الشكل (٧-٢٠) صورة لنفق مشطب بألواح معدنية تغطي بطانة الخرسانة.

٧-١-٧ البوابات:

تقع بوابات الأنفاق عند مداخل الأنفاق ومخارجها. (الشكل ٧-٢١). عند فحص واجهات البوابات، ينبغي النظر في حالة العناصر الموجودة فوق الطريق؛ لأن الشظايا، أو الأجسام المتساقطة من الأعلى يمكن أن تؤثر على سلامة مستخدمي النفق، كما يجب تسجيل حالة المواد الموجودة خارج البوابات وفوقها، خاصة إذا كانت هناك مخاوف من حدوث انهيارات أرضية. ويمكن أن يؤدي الانهيار الأرضي إلى إتلاف واجهة البوابة أو مبانيها بسهولة، ويجب على المهندس الجيولوجي أو الجيوتقني المؤهل تقديم المساعدة لفريق الفحص عند تقييم الانهيارات الأرضية المحتملة.

وفحص الجدران والأسقف والأرضيات الخاصة بمبنى البوابة بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي باستخدام الأساليب الموضحة للمواد الإنشائية المناسبة، واستخدام مطرقة لاختبار صوت الجدران في مواقع عشوائية وحول مواقع العيوب، والبحث عن المخلفات المتراكمة في الغرف، وفحص المرافق والمصابيح والقنوات الكهربائية داخل الغرف؛ للتأكد من عدم تعرض أي منها للتدهور. ينبغي إجراء فحوصات إنشائية متنوعة على جميع الوصلات الإنشائية والأبواب والنوافذ والإطارات والأسطح والأرضيات والسلالم والكثائف والدعامات والتشطيبات الإنشائية داخل مباني البوابة والهياكل الداعمة. وإجراء فحوص إنشائية متنوعة حسب الاقتضاء.



الشكل (٧-٢١) هياكل بوابة النفق.

٨-١-٧ هياكل سقف النفق:

تتكون هياكل سقف النفق من بلاطات أو ألواح مدعومة بعوارض أو علاقات ومراسي. ركبت العديد من الأنفاق بأسقف تقع فوق الطريق لخلق مساحة للتهوية، وتستخدم هذه المساحة، التي يشار إليها عادةً باسم جهاز التهوية العلوي، إما لتفريغ الهواء أو توفيره في النفق. كما يحتوي جهاز التهوية العلوي أحياناً أدوات مساعدة.

وتعتمد تهيئة جهاز التهوية العلوي على شكل النفق. على سبيل المثال، سيأخذ النفق الدائري شكل هلال تقريباً، بينما سيستعمل النفق الصندوقي على جهاز تهوية على شكل صندوق، راجع الأشكال (٦-٢ حتى ٦-٤)، ويجب على المفتش التأكد من أن جميع ناشرات وموزعات وممرات الهواء في حالة جيدة وخالية من الحطام المتراكم.

تشمل العناصر الإنشائية لأسقف الأنفاق إما بلاطات السقف الخرسانية المسلحة، أو ألواح السقف الخرسانية سابقة الصب المدعومة بعوارض، أو علاقات ومراسي. وتحمل أنظمة الدعم الإنشائية الأحمال الناتجة عن وزنها الخاص، وضغط التهوية، والأحمال الحية الناتجة عن الأفراد، وضغط الرياح الناتج عن الشاحنات والزلازل. كما أن العديد من هياكل السقف تكون ثقيلة نسبياً؛ وذلك لضمان ثباتها عند مرور الشاحنات الكبيرة عبر النفق؛ نظراً لأنها تتسبب في موجات ضغط جوي بين الشاحنة والسقف؛ ولأن الأسقف تقع مباشرة فوق الطريق، فمن المحتمل أن تسقط هذه الأجسام على الطريق الموجود أسفلها. وعند فحص هياكل السقف، يلزم إجراء فحص دقيق وشامل لكل عنصر من عناصر نظام دعم السقف لضمان نقل الأحمال القصوى إلى أجزاء الدعم كما هو مخطط. ويُصح بإعداد إجراءات تفصيلية مكتوبة للفحص والصيانة، وتنفيذها بالكامل عندما تحتوي الأنفاق على عناصر السقف الثقيلة المثبتة فوق حركة المرور. وقبل إجراء فحص لعناصر السقف، ينبغي على المفتش مراجعة جميع الرسومات والإجراءات ذات الصلة.



الشكل (٧-٢٢) يجب فحص العناصر العلوية مثل ألواح السقف لمنع وقوع حوادث مميتة.

حوامل التعليق والمثبتات: إذا كان هيكل السقف مدعومًا بعلاقات ومثبتات مثبتة بمراسي الإيبوكسي اللاصقة، فينبغي إصلاح هذه المثبتات وفقًا لمعايير أفضل الممارسات المقبولة، ويمكن الرجوع إلى الاستشارات الفنية الخاصة بالإدارة الاتحادية للطرق السريعة؛ استخدام المراسي اللاصقة في مشاريع المساعدات الاتحادية وفحصها.

في حالة انسحاب المراسي أو ارتخائها، ينبغي على الفور إخطار الجهة المسؤولة عن النفق؛ لأن هذا يشكل مصدر قلق كبير بشأن السلامة (الشكل ٧-٢٢). قد تكون الإجراءات الإصلاحية ضرورية، مثل؛ تركيب دعائم جديدة تتضمن مثبتات ميكانيكية، بالإضافة إلى قضبان حوامل التعليق، أو نظام مماثل لا يعتمد على الإيبوكسي في حالة الشد المستمر. ملاحظة: حوامل التعليق المتتالية تكون منحنية.

توضح الأشكال (٧-٢٣ و ٧-٢٤) بعض العيوب الشائعة في حوامل التعليق.



الشكل (٧-٢٣) علّاقة بلاطة السقف المنحنية

ملاحظة: حوامل التعليق المتتالية تكون منحنية.



الشكل (٧-٢٤) تُظهر حوامل التعليق وعوارض السقف صداً متوسطاً إلى شديد وانهيّار طفيف في القطاع.

ينبغي فحص عناصر نظام الدعم الحديدي المكشوف بحثاً عن مناطق التآكل وانهيّار القطاع، وكذلك بحثاً عن المسامير المفقودة في نقاط التوصيل الخاصة بالعوارض الداعمة أو حوامل التعليق والمثبتات، وتسجيل مواقع المسامير المفقودة أو العوارض وحوامل التعليق التالفة، والتحقق من سلامة وصلات حوامل التعليق؛ والتأكد من عدم حدوث إزاحة عمودية في أي من الدعامات المثبتة أو المراسي المكشوفة.



فحص حوامل التعليق بصرياً لتحديد ما إذا كانت منحنية؛ وربما تشير حوامل التعليق المنحنية إلى أن بلاطة السقف دفعت للأعلى نتيجة لاصطدام إحدى المركبات بها، أو بسبب ضغط الهواء، أو أي وسائل أخرى. ومن الوسائل المستخدمة في التحقق من انضغاط حوامل التعليق هي "دق" كل علاقة من حوامل التعليق. وتدفق العلاقة عن طريق ضربها برفق باستخدام مطرقة انشاء، ستتهز العلاقة المضغوطة أو ترن مثل الجرس بعد ضربها؛ بينما لن ترن حوامل التعليق غير المضغوطة بسبب عدم إحكام توصيلها أو أي عيب آخر. ولكن سيصدر صوت خفيف. تُفحص العلاقة إن لم ترن بحذر ويُتأكد من سلامة نظام السقف من الناحية الإنشائية.

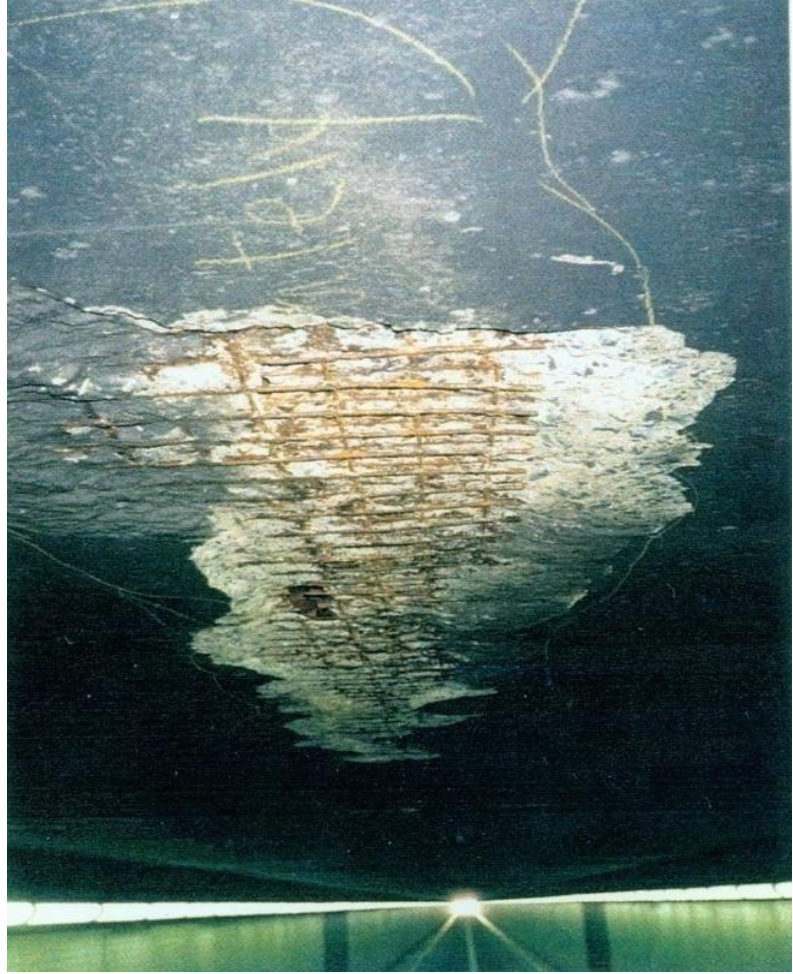
سقف النفق: إذا كان النفق يتضمن هيكلًا لدعم السقف بالإضافة إلى حوامل التعليق المثبتة بالسقف، فيلزم التحقق من مواقع توصيل هذه الدعامات في كلا الطرفين (سقف النفق وبلاطة أو لوح السقف) بحثًا عن الشقوق، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي. والتحقق من منطقة السقف المجاورة للعلاقات بحثًا عن الشقوق، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي في الخرسانة؛ للتحقق من تثبيت الصلب. واستخدام مطرقة لاختبار صوت المناطق العشوائية والمناطق التي يشتبه في وجود عيوب في الخرسانة المجاورة للعلاقات.

عارضة السقف: عارضة السقف هي الدعامات الأفقية الرئيسة للألواح أو بلاطات السقف، وتستخدم هذه العناصر الإنشائية بدلاً من حوامل التعليق والمثبتات. تستخدم عوارض السقف أشكالاً إنشائية مختلفة (الشكل ٧-٢٤). وعادةً ما تكون هذه العوارض حديدية أو خرسانية وينبغي فحصها باستخدام الأساليب الموضحة مسبقاً للخرسانة الإنشائية والمواد الحديدية.

بلاطات السقف وألواح: البلاطات هي عناصر من الخرسانة المصبوبة في الموقع، في حين أن الألواح هي عناصر من الخرسانة مسبقة الصب، ويقوم كلاهما بنفس الوظيفة في نظام السقف، وينبغي فحص الجانب العلوي والسفلي من السقف. وملاحظة مواقع ألواح السقف المتشققة أو التالفة، وتسجيل طول الشقوق الموجودة في بلاطة السقف وعرضها ومواقعها. وإجراء فحص بصري بحثًا عن حالات التشطي. وملاحظة حجم حديد التسليح المكشوف وأقصى عمق له وموقعه والتفاصيل الخاصة به في مواقع حالات التشطي. وملاحظة مواقع الشقوق؛ والبحث عن مناطق انتشار الرطوبة والبقع الناتجة عن التآكل، كما ينبغي استخدام مطرقة لاختبار صوت خرسانة الركيزة أو مطرقة مطاطية للنقر على تشطيبات البلاط في المواقع العشوائية والمناطق المجاورة لجميع العيوب.

يفحص الجانب العلوي من ألواح السقف ونظام دعم السقف -غالبًا- من داخل جهاز التهوية العلوي. بالإضافة إلى فحص الجانب العلوي من ألواح السقف بحثًا عن الشقوق، وبقع التآكل، والتزهير، وحالات التشطي، والخرسانة المتحللة، والتأكد من انتشار الرطوبة، ومراقبة السدادات المرحلة بين الألواح، وفحص نظام دعم السقف بحثًا عن التآكل وانهيار القطاع بالإضافة إلى المسامير المفقودة.

وكذلك فحص الأسطح الخرسانية في الجانب السفلي من ألواح السقف باستخدام الأساليب الموضحة سابقاً للخرسانة الإنشائية. والتركيز على تقنيات الفحص الخاصة بالكشف عن مواقع التقشير والشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي. والبحث عن حديد التسليح المكشوف في مواقع التشطي وتسجيل انهيار القطاع (الشكل ٧-٢٥). وإجراء فحص بصري لنسبة الرطوبة والتآكل في الشقوق؛ وملاحظة نسبة التزهير في مواقع الشقوق.



الشكل (٧-٢٥) خرسانة متشظية ومنفصلة إلى طبقات بالإضافة إلى انكشاف حديد تسليح وتعرضه للتلف على الجانب السفلي من بلاطة السقف الخرسانية.

يمكن تطبيق تشطيب معماري على الجانب السفلي من ألواح أو بلاطات السقف في بعض الحالات (الشكل ٧-٢٦ و ٧-٢٧). وإذا استخدم بلاط السيراميك، أو الأكتاف المعدنية الخرسانية، أو الحديدية في تشطيب الجانب السفلي، تُقَيَّم حالتها بمزيد من الدقة مقارنة بتقييم الجدران؛ نظرًا لأن البلاط المنفصل إلى طبقات يمكن أن يسقط على الطريق. وفحص تشطيبات بلاط السيراميك بحثًا عن البلاط المتشقق أو المنفصل إلى طبقات أو المنزوع الذي يمكن أن يشير إلى العيوب الموجودة في خرسانة الركيزة. وفحص خرسانة الركيزة المكشوفة بحثًا عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي.



الشكل (٧-٢٦) أمثلة على التشطيبات المعمارية التالفة والبالية على الجانب السفلي من الأسقف - ألواح السقف المعدنية التالفة.



الشكل (٧-٢٧) أمثلة على التشطيبات المعمارية التالفة والبالية على الجانب السفلي من الأسقف - بلاط السيراميك التالف.

٩-١-٧ هياكل النفق المقلوبة - البلاطات، والعوارض والبلاطات الأرضية:

تتكون هياكل النفق المقلوبة من بلاطات مدعومة بعوارض أو بلاطات أرضية، وعندما يكون الطريق بلاطة مدعومة إنشائيًا؛ فإن المساحة الموجودة أسفل الطريق المدعوم تستخدم للتهوية والصرف، وتكون البلاطة المقلوبة المدعومة بمثابة سطح الجسر الذي يحمل الأحمال المرورية.

عند فحص الهياكل المقلوبة، ينبغي تسجيل حجم العيوب وموقعها، وفحص الخرسانة بحثًا عن الشقوق، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مناطق عشوائية من الخرسانة المقلوبة المنفصلة إلى طبقات واختبار صوت المناطق المجاورة للشقوق وحالات التشطي. وتسجيل أحجام حالات التشطي وأقصى عمق لها. وملاحظة انهيار القطاع الخاص بحديد التسليح المكشوف. وفي حالة وجود حالات تشطي شديدة، ينبغي إعداد رسم تخطيطي لتوضيح نطاق التشطي وموقعه. وملاحظة حديد التسليح المكشوف في أماكن التشطي وتسجيل انهيار القطاع. يمكن أن تكون هناك حاجة إلى اللباب لتحديد محتوى أيون الكلوريد قبل تقديم توصيات متعلقة بعمليات الإصلاح أو الاستبدال. وتسجيل طول الشقوق، وانفصال الطبقات، وعرضها وموقعها. والتحقق من مؤشرات انتشار الرطوبة. وملاحظة كل بقع التآكل، والرطوبة، والتشقق الخطي، والتزهير. وتسجيل مدى شدة العيوب الأخرى ومواقعها،

وتوفير النسب المئوية من إجمالي مساحة الهياكل المقلوبة للتشقق الخطي وانتشار الرطوبة والتزهير وانفصال الطبقات، والتحقق من تزايد الحطام المتراكم الذي ينتج عنه تجمع مياه راكدة، والتأكد من أن جهاز التهوية السفلي يصب في الأحواض.

البلاطة المقلوبة: فحص الجانب العلوي والسفلي من البلاطة. قد يكون الجانب العلوي من البلاطة محجوباً بواسطة طبقة الرصف السطحية؛ ونتيجة لذلك، يمكن للاختبارات غير الإتلافية إكمال عملية الفحص. كما يمكن أن تحوّل المساحة الضيقة المتوفرة أسفل البلاطة دون إجراء عملية الفحص المباشر من أسفل البلاطة في جهاز التهوية السفلي؛ ونتيجة لذلك، يمكن استخدام تقنيات فحص الفيديو الآلية لفحص المساحات الضيقة المماثلة. وفحص البلاطات الخرسانية بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي. واستخدام مطرقة لاختبار الصوت الصادر عن مناطق عشوائية من الخرسانة بحثاً عن انفصال الطبقات، واختبار صوت الخرسانة المجاورة للشقوق وحالات التشطي. وملاحظة حديد التسليح المكشوف في أماكن التشطي وتسجيل انهيار القطاع. والتحقق من مؤشرات انتشار الرطوبة في الخرسانة. بالإضافة إلى ملاحظة البقع الناتجة عن التآكل والرطوبة والتزهير. وتسجيل كمية التسرب النشط بعدد القطرات في الدقيقة أو قياس معدل التدفق. والتحقق من مناطق العطل الموضعي المحتمل بسبب القص الثاقب في مواقع التشطي الشديد ومواقع الحفر الكبيرة.

العارضة المقلوبة: تشير العارضة المقلوبة إلى الدعم الأفقي الرئيسي للبلاطات، وينبغي فحص هذه العوارض الحديدية أو الخرسانية باستخدام الأساليب الموضحة مسبقاً للخرسانة الإنشائية والمواد الحديدية.

١٠-١-٧ الفواصل والحشيات:

الفواصل هي جزء لا يتجزأ من العديد من العناصر الإنشائية؛ وتستخدم لتبسيط أعمال الإنشاء أو استيعاب الضغوطات الناتجة عن الحركات الحرارية، وعادةً ما تكون الفواصل مائعة للتسرب أو تحتوي على حشيات تمنع تسرب المياه.

الفواصل: فحص الفواصل بحثاً عن مواقع التدهور والتزهير والرطوبة المنتشرة، وفحص الفواصل الموجودة عند الوصلات الانتقالية بين الأجزاء وعند التوصيلات بالمباني الملحقة وفي الهياكل الداعمة، بالإضافة إلى فحص الخرسانة الموجودة حول الفواصل بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي، واستخدام مطرقة لاختبار صوت الخرسانة المجاورة للفواصل، وفحص موقع المواد الخاصة بالفواصل وحالتها، وفحص حالة المواد المائعة للتسرب الموجودة بين عناصر الألواح سابقة الصب، وكذلك فحص المحاذاة بدقة والتحقق من وجود أي علامات تشير إلى حدوث هبوط متفاوت، الذي يمكن أن يؤدي إلى حدوث عيوب خطيرة أخرى. وتسجيل مواقع انتشار الرطوبة أو تدهور الفواصل ومدى خطورتها.

الحشيات: توجد أنواع عديدة من الحشيات مثل الرصاص العجين اللاصق، والمطاط ويمكن أن تنفصل مواد الحشية عن الفواصل؛ نتيجة لتسرب المياه من خلال الفاصل أو فك مسامير التثبيت، وما إلى ذلك. كما يمكن أن تتعرض الحشيات للتدهور؛ بسبب التدهور الكيميائي أو البيولوجي للمادة. ويمكن أيضاً أن تؤدي الحركات الإنشائية للبطانة إلى تمزيق أو تحريف الحشية بطريقة أخرى مما يؤدي إلى تسرب المياه من خلالها. وغالباً ما يؤدي الهبوط متفاوت إلى حدوث عيوب أخرى، ويجب التحقق من مناطق الوصلات الانتقالية بمزيد من الدقة كما هو الحال عندما تتغير ظروف دعم النفق عند التوصيلات بين المباني. يجب أن يكون موقع هذه المناطق واضحاً من رسومات التنفيذ النهائي المتوفرة. وملاحظة جميع العيوب الموجودة في الحشية بما في ذلك طول الشقوق، وعرضها، ومواقعها، أو المثبتات المفكوكة، أو المكسورة، أو التسريبات بكافة أنواعها.

١١-١-٧ الفحوصات الإنشائية المتنوعة:

من الأفضل إنهاء كافة الفحوصات الإنشائية المتنوعة على جميع الوصلات الإنشائية والأبواب والنوافذ والإطارات والأسطح والأرضيات والسلام والكثائف والدعامات والتشطيبات الإنشائية داخل النفق والمباني الملحقة والهياكل الداعمة. وينبغي إدراج هذه العناصر في إجراءات الفحص الخطية التي وضعتها الجهة المسؤولة عن النفق.

التوصيلات الإنشائية: ينبغي فحص مسامير التوصيلات وصواميلها ولحامها بدقة شديدة، ويمكن أن يتغير لون المسامير المركبة في البطانات الخرسانية سابقة الصب أو الحديدية أو المصنوعة من الحديد الصلب؛ بسبب ظروف البلل والرطوبة في النفق؛ ومع ذلك، لا يؤدي تغير اللون عادةً إلى تقليص القدرة الإنشائية للمسمار. وينبغي إيلاء اهتمام خاص للمسامير المركبة في المناطق التي يحدث فيها تسرب فقد ينتج عن ذلك انهيار القطاع. ويمكن دق المسامير بمطرقة؛ لتحديد ما إذا كانت مربوطاً بشكل كافٍ، ولكن من الأفضل استخدام مفك. كما ينبغي ملاحظة انهيار القطاع والمسامير المفقودة أو المفكوكة في تقرير الفحص، ومراقبة حالة اللحامات الخاصة بالشقوق والتقوب، وربما يساعد اختبار اختراق السائل في اكتشاف الشقوق، ويمكن أن تحمي الطلاءات اللحامات من التآكل.

الأبواب: أثناء عملية الفحص، ينبغي فتح وإغلاق جميع الأبواب والنوافذ المتوفرة للتحقق من قابليتها للتشغيل. وقد تكون بعض مكونات الأبواب متدهورة أو عالقة أو غير صالحة للتشغيل (الشكل ٧-٢٨). فحص معدات الأبواب؛ للتأكد من تشابك المزلاج مع إطار الباب بشكل كافٍ، وأنه يمكن إغلاق الباب بإحكام. وقد يتعرض الباب والإطار للتآكل أو انفصال الطبقات أو انهيار القطاع. كما ينبغي فحص الحساسات الأمنية للتأكد من أنها تعمل.



الشكل (٢٨-٧) الأبواب.

النوافذ والإطارات: يمكن تتعرض إطارات النوافذ الحديدية للتآكل أو التلف أو انهيار القطاع. ويمكن أن يكون بعض منها عالق أو غير صالح للتشغيل. وعند فحص إطارات النوافذ الخرسانية، يجب التحقق من وجود شقوق أو انفصال طبقات أو حالات تشطي في المواد الخرسانية. كما ينبغي تسجيل حالة الطلاءات الواقية.

السلالم: تبنى السلالم عادةً من الخرسانة المسلحة أو الحديد (الشكل ٢٩-٧). وتحتوي السلالم الخرسانية المسلحة أحياناً ألواح مداس حديدية مدمجة في الخرسانة. ويجب فحص القضبان والدعامات ومثبتات حواجز الحماية؛ بحثاً عن الأجزاء المفقودة، أو المكسورة، والمكونات التالفة والمتدهورة، والشقوق، والتآكل، وانهيار القطاع. وفحص اللحامات المتصدعة في التوصيلات والمسامير المفكوكة أو المفقودة. وتسجيل مواقع جميع العيوب ومدى خطورتها.



الشكل (٢٩-٧) السلالم.

السلالم الخرسانية: ينبغي على المفتشين فحص السلالم الخرسانية؛ بحثاً عن الشقوق، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي. وملاحظة حديد التسليح المكشوف في مواقع التشطي، وتسجيل انهيار القطاع في حديد التسليح، والتحقق من وجود علامات تشير إلى انتشار الرطوبة، والبقع الناتجة عن التآكل والرطوبة والتزهير، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مناطق عشوائية من السلالم وفحص الخرسانة المنفصلة إلى طبقات. بالإضافة إلى اختبار صوت المناطق المجاورة للعيوب مثل الشقوق وحالات التشطي، وتسجيل طول الشقوق، وانفصال الطبقات، وعرضها، وموقعها. وتسجيل مساحة جميع حالات التشطي ومواقعها وأقصى عمق لها بالإضافة إلى حالة حديد التسليح المكشوف. بالإضافة إلى تسجيل مواقع جميع العيوب الأخرى ومدى خطورتها بما في ذلك انتشار الرطوبة والتزهير والبقع

الناتجة عن التآكل، وفحص ألواح المداس الحديدية -إن وجدت-؛ بحثاً عن مناطق التشطي والانحلال المجاورة، واستخدام مطرقة مطاطية للنقر على ألواح المداس وملاحظة أي ألواح منفصلة أو مفقودة.

السلام الحديدية: ينبغي على المفتشين فحص الدرج والسلام الحديدية بحثاً عن التآكل، وانهيار القطاع في الدرجات والدعامات، والبحث عن التآكل الشقي بين ألواح السلام، وتسجيل مواقع التآكل، ومدى شدتها، وانهيار القطاع الموجود، وملاحظة طول التآكل الشقي المنتشر وموقعه ومسافته.

السقف: فحص السقف الخاص بأي مبانٍ ملحقة أو هياكل داعمة بحثاً عن أي تدهور قد يؤدي إلى بتسرب الماء إلى المبنى من خلال السقف. والتأكد من أن نظام تصريف المياه يعمل بصورة جيدة وأنه ليس مسدوداً بالحطام. والتحقق من المصارف الموجودة في السقف ومصارف التدفق الزائد الموجودة في الحواجز بحثاً عن الحطام المتراكم. وفحص الحواجز المثبتة حول محيط السقف بحثاً عن مناطق التلف. بالإضافة إلى فحص فواصل التمدد الموجودة في السقف بحثاً عن الحطام المتراكم ومواد الفواصل التالفة. وفحص السطح الخارجي لمداخل العادم بحثاً عن أي عيوب أو مواد تالفة. ملاحظة مواقع العيوب الموجودة على السطح ومدى خطورتها. وتسجيل مواقع تسرب المياه. وتسجيل حالة مواد طلاء السقف ونظام الصرف.

الأرضيات: فحص الأرضيات الخرسانية بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي، وملاحظة حديد التسليح المكشوف في مواقع التشطي، وتسجيل انهيار القطاع، والتحقق من وجود علامات تشير إلى انتشار الرطوبة والبقع الناتجة عن التآكل، والرطوبة والتشقق الخطي، والتزهير، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مناطق عشوائية من الأرضية، وفحص الخرسانة المنفصلة إلى طبقات. بالإضافة إلى اختبار صوت المناطق المجاورة للعيوب لتحديد مساحة المنطقة، وفحص الأرضيات؛ للتأكد من تشوه الأرضية وهبوطها. وتسجيل طول الشقوق وانفصال الطبقات، وعرضها وعمقها ومواقعها. وتسجيل مساحة جميع حالات التشطي ومواقعها وأقصى عمق لها بالإضافة إلى حالة حديد التسليح المكشوف. بالإضافة إلى تسجيل مواقع جميع العيوب الأخرى ومدى خطورتها بما في ذلك انتشار الرطوبة والتزهير والبقع الناتجة عن التآكل والهبوط.

الكتائف والدعامات: الكتائف والدعامات هي عناصر إنشائية تُثبت على السقف أو الجدران، وتُستخدم لدعم مراوح التهوية الطولية، وكاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة ولافتات نظام النقل الذكي، وإشارات المرور، ولافتات الكشف عن الارتفاع الزائد، ودعامات الإضاءة، ودعامات القنوت، ودعامات المراوح، أو المحركات. والتحقق من التآكل والمعادن المختلفة، والشقوق، والانبعاجات والفتلات. ويمكن أن تؤدي المعادن المختلفة إلى تآكل التسليح بمعدلات متسارعة عندما لا تكون معزولة بشكل كافٍ عن التيارات الكهربائية المنحرفة. وينبغي إيلاء اهتمام خاص للمسامير المركبة في المناطق التي يحدث فيها تسرب لتقييم أي انهيار للقطاع. ويمكن دق المسامير بمطرقة، ولكن من الأفضل استخدام مفك للتحقق من ربطه بإحكام. ومراقبة حالة اللحامات الخاصة بالشقوق والثقوب. وربما يساعد اختبار اختراق السائل في اكتشاف الشقوق. ويعرض الشكلان (٧-٣٠ و ٧-٣١) صور لمختلف الكتائف والدعامات بالإضافة إلى عيوبها المختلفة.



الشكل (٧-٣٠) دعامة لافتة بها فراغات في مناطق التوصيل.



الشكل (٣١-٧) مسمار مفقود في دعامة المروحة الطولية.

مقاعد الآلات: فحص المقاعد الخرسانية (الشكل ٣٢-٧) بحثاً عن الشقوق وانفصال الطبقات وحالات التشطي، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مناطق عشوائية من المقاعد، وفحص الخرسانة المنفصلة إلى طبقات، بالإضافة إلى اختبار صوت المناطق المجاورة للعيوب، وفحص الأرضيات؛ للتأكد من هبوطها. وملاحظة حديد التسليح المكشوف في أماكن التشطي وتسجيل انهيار القطاع، والتحقق من وجود علامات تشير إلى انتشار الرطوبة والبقع الناتجة عن التآكل، والرطوبة، والتشقق الخطي، والتزهير. وتسجيل طول الشقوق، وانفصال الطبقات وعرضها وموقعها. وتسجيل مساحة جميع حالات التشطي ومواقعها وأقصى عمق لها بالإضافة إلى حالة حديد التسليح المكشوف.

بالإضافة إلى تسجيل مواقع جميع العيوب الأخرى ومدى خطورتها بما في ذلك انتشار الرطوبة والتزهير والبقع الناتجة عن التآكل.



الشكل (٣٢-٧) الآلات المتشققة.

التشطيبات الإنشائية: ينبغي فحص البلاط لتحديد ما إذا كان بشكل خطراً على سائقي المركبات المارة؛ نظراً لأن البلاط المقلق يمكن أن يسقط على الطريق. وتتمثل إحدى الأساليب الجيدة لفحص البلاط في النقر بقوة على عدد محدد من البلاط في مواقع متعددة باستخدام مطرقة مطاطية. ويمكن أن تسهل المكشطة إزالة أو البلاط المقلق أو فحصه.

٢-٧ العناصر المدنية:

العناصر المدنية، مثل؛ طبقة الرصف السطحية المقلوبة، وحواجز الحماية المرورية، وأنظمة حواجز المشاة موضحة في (الشكل ٧-٣٣). وعلى الرغم من أن أنظمة الصرف تعد أنظمة مدنية بشكل عام، إلا أنها تُناقش في إطار المضخات والأنظمة الميكانيكية. ولا ترد عناصر مدنية متنوعة في قاعدة البيانات الوطنية، بل يجب فحصها بصورة دورية للحفاظ على السلامة. المزيد من الإرشادات

المتعلقة بصيانة الحواجز المرورية والجدران الساندة والمرافق وأجهزة التحكم في حركة المرور والمرافق الأخرى ذات الصلة واردة في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة صيانة مرافق الطرق وإدارتها).



الشكل (٧-٣٣) العناصر المدنية النموذجية بما في ذلك طبقة الرصف السطحية وحاجز المرور وحاجز المشاة والممر الخاص بهم.

١-٢-٧ طبقات الرصف السطحية:

تحتوي طرق الأنفاق طبقات رصف سطحية من البيتومين، أو الخرسانة على العاكس الإنشائي. وعند فحص طبقة الرصف السطحية، يجب فحص مقاومة انزلاق السطح والبحث عن التخذد أو الشقوق في طبقة الرصف السطحية، وقد يشير السطح المصقول أو اللامع، وحصى الرصف المصقول المكشوف إلى حدوث اهتراء. والتأكد من تصريف المياه من هذه الأسطح بصورة صحيحة. وعندما لا تُصرّف المياه من طبقات الرصف السطحية بصورة صحيحة؛ يمكن أن يؤدي ذلك إلى تآكلها مبكراً وإحداث ثقوباً بها، ويمكن أن يشكل خطورة على سلامة سائقي المركبات. كما يمكن أن تتأثر أسطح الطرق الموجودة على ميول الأنفاق بارتفاع مستويات المياه الجوفية. وتتوفر المزيد من المعلومات حول صيانة الرصف في كود الطرق السعودي ٥٠١ (أنظمة صيانة الرصف وإدارتها).

الخرسانة: ينبغي فحص طبقات الرصف السطحية بحثاً عن الحفر، والشقوق، والتقشير، وانفصال الطبقات (الشكل ٧-٣٤). والبحث عن حديد التسليح المكشوف. وتسجيل أحجام حالات التشظي وأقصى عمق لها ومواقعها، بالإضافة إلى تسجيل أي حديد تسليح مكشوف، وتحديد انهيار القطاع، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مواقع عشوائي من طبقات الرصف السطحية، والمناطق المجاورة للشقوق، وانفصال الطبقات، وفواصل الانشاء، أو التمدد. وتسجيل مساحة الخرسانة المنفصلة إلى طبقات ومواقعها. ويمكن أن تتعرض مساحات الخرسانة المنفصلة إلى طبقات إلى التشظي ويمكن أن تشكل مخاطر على حركة المرور. وتقدير إجمالي طول الشقوق وكذلك متوسط الطول والعرض والموقع ومسافة التباعد.



الشكل (٧-٣٤) حفرة أرضية بها تشقق في طبقة الرصف السطحية الخرسانية.

أسفلت: ينبغي فحص طبقات الرصف السطحية للأسفلت؛ للتحقق من عدم وجود تشققات أو حفر في مسار العجلات أو خشونة في السطح أو حفر أرضية، واستخدام مطرقة لاختبار صوت مواقع عشوائية من طبقة الرصف السطحية، وملاحظة أي صوت أجوف، فقد يشير إلى أماكن الحفر الأرضية في المستقبل. بالإضافة إلى التحقق من جفاف الرصف باستمرار، والتأكد من وجود مانع جيد للتسرب بين طبقة الرصف السطحية والبردورات.

٢-٢-٧ الحواجز المرورية:

على مستوى الطريق، عادةً ما تكون جدران النفق محمية من المركبات المنحرفة بالبردورات والحواجز الخرسانية. عادةً ما تكون هذه الحواجز خرسانية؛ ومع ذلك، يمكن أن يكون سطحها الرأسي مغطى ببلاط السيراميك. توفر -عادة- ممرات سلامة من الخرسانة في تجويف النفق، وتسجيل طول الشقوق، وانفصال الطبقات، وعرضها، وموقعها. وتسجيل مساحة جميع حالات التشطي ومواقعها وأقصى عمق لها بالإضافة إلى حالة حديد التسليح المكشوف، بالإضافة إلى تسجيل مواقع جميع العيوب الأخرى ومدى خطورتها بما في ذلك انتشار الرطوبة والتزهير والبقع الناتجة عن التآكل. وتعرض عينة من الصور لهذه العناصر بالإضافة إلى أوجه القصور المختلفة في (الشكل ٧-٣٥). المزيد من الإرشادات المتعلقة بصيانة الحواجز المرورية والجدران الساندة والمرافق وأجهزة التحكم في حركة المرور والمرافق الأخرى ذات الصلة واردة في كود الطرق السعودي ٥٠٣ (أنظمة صيانة مرافق الطرق وإدارتها).



الشكل (٧-٣٥) حواجز مرورية تشير إلى انتشار الرطوبة والبقع الناتجة عن التآكل.

٣-٢-٧ حواجز المشاة:

تنتشر حواجز المشاة في الأماكن التي تستخدم فيها رصف مرتفعة، وتُصنَّع -عادةً- من الحديد الأنبوبى، أو الحديد المقاوم للصدأ، أو الألومنيوم مع وجود أعمدة متباعدة على طول الممشى لدعم الحاجز الجانبي، ويمكن إنتاجها باستخدام الأنابيب أو العوارض W أو غيرها من الأشكال. ويمكن طلاء أجزاء الحواجز باستخدام تشطيبات إنشائية مثل الدهان أو المعدن المجلفن. وتعد الحواجز بمثابة تدبير أمني يمنع الأفراد الموجودين فوق الممشى من الانزلاق في اتجاه المركبات الموجودة في مسار السير المجاور. وينبغي فحص جميع جوانب الحواجز وملاحظة العيوب الموجودة فيها.

والتحقق من القضبان والدعامات والمثبتات أثناء عملية الفحص، وفحص الحواجز بحثاً عن المحاذاة الرأسية والأفقية الخاطئة، والأجزاء المفقودة أو المكسورة، والأضرار الناتجة عن الصدمات والتدهور، مثل؛ الشقوق، أو التآكل، بالإضافة إلى انهيار القطاع. وفحص اللحامات المتصدعة في التوصيلات والمسامير المفكوكة أو المفقودة. وفي معظم الأحيان يحدث انهيار القطاع في قاعدة الدعامات ومسامير التثبيت، خاصة في حالة وجود حطام متراكم. وتقييم حالة الدهان أو الجلفنة. وتسجيل مواقع جميع العيوب ومدى خطورتها. وتعرض عينة من الصور لأنواع نموذجية من أوجه القصور في الشكلان (٣٦-٧ و ٣٧-٧).



الشكل (٣٦-٧) دعامه منحنية وحاجز مفقود في المنتصف.



الشكل (٣٧-٧) حاجز مشاة منحنى مع مكونات مفقودة من الحاجز.

٧-٢-٤ الفحوصات المدنية المتنوعة:

من الأفضل إجراء فحوصات مدنية متنوعة على جميع البردورات ورصف المشاة الموجودة في النفق أو المباني والهياكل الملحقة. ويجب إدراج هذه العناصر في إجراءات الفحص الخطية.

البردورات وممرات السلامة: تعمل البردورات وممرات السلامة على حماية موظفي تشغيل النفق وصيانتهم والمستخدمين الواجب القيام بإخلائهم أثناء حالات الطوارئ.

البردورات: عادةً ما تكون البردورات مصنوعة من الخرسانة، ويجب التحقق من الحواجز لتنفيذ المحاذاة الصحيحة؛ إذ يمكن أن تشكل المحاذاة غير الصحيحة أو الجزء البارز من البردورة خطرًا على سلامة المركبات.

وإجراء فحص بصري لهذه العناصر؛ بحثاً عن أي تراكم للأوساخ أو الحطام الذي يمكن أن يؤدي إلى التقليل من فعاليتها في نقل الجريان السطحي إلى نظام الصرف. وفحص البردورات بحثاً عن الشقوق وحالات التشطي. وكذلك فحص مناطق التشطي بحثاً عن حديد التسليح المكشوف وتسجيل أي انهيار القطاع في الحديد.

الممرات: ينبغي أن يقوم المفتش بالبحث عن الشقوق، والقشور، وانفصال الطبقات، وحالات التشطي، ومخاطر التعثر، والحطام المتراكم، والمياه الراكة. وفحص حالات التشطي بحثاً عن حديد التسليح المكشوف وتسجيل أي انهيار للقطاع؛ إذ يمكن أن تؤدي الشقوق وحالات التشطي المتقدمة إلى تقويض السلامة الإنشائية لممرات السلامة. وتسجيل أحجام جميع العيوب الموجودة ومواقعها. وتسجيل طول الشقوق، وانفصال الطبقات وعرضها وموقعها. وتسجيل مساحة جميع حالات التشطي ومواقعها وأقصى عمق لها بالإضافة إلى حالة حديد التسليح المكشوف، بالإضافة إلى تسجيل مواقع جميع العيوب الأخرى ومدى خطورتها بما في ذلك انتشار الرطوبة والتزهير والبقع الناتجة عن التأكل.

مخارج الطوارئ: ينبغي فحص جودة الأسطح المخصصة للسير في كل ممرات السلامة أو مخارج الطوارئ. وفي حالات الطوارئ، يمكن استخدام هذه الممرات للإنقاذ الذاتي أو بواسطة المستجيبين الأوائل. والتحقق من وجود أبواب مغلقة أو غير قابلة للتشغيل وإمكانية الوصول إلى مناطق اللجوء، مع الأخذ في الاعتبار أن بعض المستخدمين قد يكون لديهم إعاقة حركية. وتسجيل كافة أوجه القصور الموجودة في مستندات الفحص.

ممرات الصيانة: تحتوي بعض الأنفاق الأكثر تعقيداً ممرات صيانة خرسانية أو حديدية، تفحص وفقاً للإجراءات الخاصة بالعناصر الحديدية والخرسانية الأخرى.

٧-٣ الأنظمة الميكانيكية:

ينبغي فحص الحالات الظرفية لأنظمة التهوية والمراوح، وأنظمة الصرف والضخ، وأنظمة المولدات في حالات الطوارئ وبوابات الفيضانات. وترد هذه العناصر في قاعدة البيانات الوطنية/ ولكن لا ترد العناصر الميكانيكية المتنوعة في قاعدة البيانات الوطنية، بل ينبغي فحصها بصورة دورية للحفاظ على السلامة. وتشمل هذه العناصر بنود مثل السباكة وتكييف الهواء والتدفئة. وينبغي على هيئة فحص الأنفاق وضع إجراءات مكتوبة لجميع العناصر، والتشاور مع الجهة المسؤولة عن النفق لوضع إجراءات متعلقة بفحص العناصر التي تحددها الجهة المسؤولة عن النفق، كما ينبغي مراجعة سجلات التشغيل والصيانة قبل إجراء عمليات الفحص على الأنظمة الميكانيكية. وعلى المفتشين التحقق من تنفيذ عميات الإصلاح والاستبدال المذكورة في السجلات.

وينبغي فحص كل قطعة من المعدات أو الآلات وتشغيلها بعناية؛ ولكن ينبغي أولاً تنسيق هذا العمل مع موظفي مرافق الأنفاق. وينبغي تنفيذ إجراءات وضع الأقفال / والعلامات التحذيرية المعمول بها لضمان السلامة ونفاذي الأضرار والإصابات. وينبغي تحديد أي معدات يتعذر تشغيلها، والإشارة إلى حالتها المادية، والإبلاغ عن هذه المعلومات في أقرب وقت ممكن عملياً وفقاً لبروتوكولات الاتصال المعمول بها. ويمكن أن تشكل وحدات الغلايات وأوعية الضغط خطورة؛ لذلك يوصى باستخدام أخصائيين مؤهلين أو مقاولين متخصصين حسب الحاجة.

٧-٣-١ تهوية الأنفاق:

هناك نوعان أساسيان من أنظمة التهوية الميكانيكية: الطولية والعرضية، التي يمكن دمجها أو تعديلها كما هو الحال مع الأنظمة شبه العرضية. وهناك أيضاً أنظمة استخراج بنقطة واحدة مكملة لمتطلبات التهوية في حالات الطوارئ، وتستخدم الأنظمة الطولية مراوح محورية تعمل على تفريغ الهواء بشكل موزع لمحور دوران دفاعة المروحة؛ بينما تستخدم الأنظمة العرضية مراوح طرد مركزي تعمل على تفريغ الهواء بزاوية ٩٠ درجة للدوران.

تشتمل أنظمة تهوية الأنفاق على العديد من المكونات الميكانيكية، مثل محركات المراوح، وفتحات التهوية، والمخمدات التي تعمل بمحرك ومجموعات نقل الحركة المتنوعة، ويمكن أن تكون المراوح ذات طرد مركزي أو محوري. وينبغي أن يشتمل فحص نظام التهوية، كحد أدنى، على العناصر الآتية:

- مراجعة سجلات الصيانة الخاصة بكل قطعة من المعدات، وملاحظة أي مشاكل سابقة في الصيانة سواء كانت خاصة أو متكررة.
- ملاحظة الحالة المادية للمراوح، ومجرى الهواء، وفتحات التهوية، والمخمدات التي تعمل بمحرك ومجموعات نقل الحركة.
- التحقق من جاهزية كل مروحة وما يرتبط بها من مكونات ومخمدات تعمل بمحرك.
- إجراء اختبار الاهتزاز على المراوح والمحركات والحوامل أثناء عمليات تشغيل المراوح النموذجية وفحص نظام محرك المروحة وحواملها.
- التأكد من أن الممرات الهوائية خالية من العوائق والحطام.
- اختبار تشغيل الأجهزة الخاصة بمراقبة أول أكسيد الكربون.
- التحقق من تدفق الهواء لضمان استيفاء معايير تصميم التهوية.

٧-٣-٢ صرف النفق:

صمم نظام صرف الأنفاق؛ لإزالة المياه الموجودة على الطريق، ويتكون هذا النظام من شبكات، وبالعوات، وأنابيب، وأحواض تصريف، ومضخات. ويجب التحقق مما إذا كانت خطوط الصرف خالية من الحطام، والتأكد من تدفق المياه خلالها؛ لضمان تصريف

المياه بحرية. والبحث عن المياه الراكدة. وفحص شبكات المداخل بحثاً عن أي دعامات تالفة أو مكسورة والتأكد من أن أنابيب التصريف الخاصة بالطريق تعمل بصورة جيدة وخالية من الحطام. وتسجيل مواقع جميع العيوب وحجمها.

٣-٣-٧ نظام مولدات الطوارئ:

المولد الاحتياطي هو نظام مولد كهربائي احتياطي يعمل عندما تفشل شبكة الطاقة الكهربائية في توصيل الكهرباء. ويمكن أن تعمل مولدات الطوارئ (الشكل ٣٨-٧) على البنزين، أو وقود الديزل، أو الغاز الطبيعي، أو غاز البروبان. وتنتج المولدات المزودة بمحركات الاحتراق الداخلي غاز أول أكسيد الكربون الخطير، الذي يمكن أن يكون مميتاً عند استنشاقه. والتأكد من تهوية العادم بصورة صحيحة. ويمكن أن يتراكم الغاز الطبيعي أو وقود البروبان السائل إلى مستويات خطيرة إذا تنفس التسربات في إمدادات الوقود بصورة صحيحة في الغلاف الجوي.



الشكل (٣٨-٧) مولد الطوارئ.

تُستخدم مولدات الطوارئ لتوفير طاقة كهربائية كافية لتشغيل المعدات الأساسية والسماح للركاب بالهروب من النفق في حالات الطوارئ حتى عند انقطاع التيار الكهربائي من الشبكة، وينبغي أن تحتوي مولدات الطوارئ وقوداً يكفي للعمل مدة أربع وعشرين ساعة على الأقل.

وعادةً ما يدعم نظام مولدات الطوارئ الأحمال من المراوح، ومضخات الصرف، ومضخات الحريق، وأجهزة الإنذار، وأنظمة الاتصال والتحكم في حركة المرور ومراقبتها، وأنظمة الأمن والتحكم، وإضاءة الطوارئ. وينصح بمراجعة الرسومات وتقييم السعة الاحتياطية لمولدات الطوارئ. السعة الزائدة، في حدود ٢٥ في المئة، هي السعة النموذجية. وعند فحص نظام مولدات الطوارئ، ينبغي على المفتش:

- تقييم قدرة نظام الطاقة في حالات الطوارئ على العمل عند انقطاع التيار العادي عن طريق تعطيل مصدر الطاقة العادي (أي مصدر الطاقة لأي مفتاح تحويل أو أي وسيلة أخرى لنقل الأحمال)، وتشغيل نظام الطوارئ بأحمال محددة في حالات الطوارئ لفترة كافية.
- إجراء فحص داخلي، والتحقق من النقاط الساخنة، وملاحظة أي أوجه قصور، ومراجعة سجلات الصيانة السابقة؛ لمعرفة ما إذا صححت التناقضات السابقة أم لا. والتحقق من إجراء جميع الاختبارات واستيفاء معايير الصناعة، بما في ذلك مواصفات اختبار الصيانة الخاصة بالرابط الدولية لاختبار الكهرباء ٢٠١١ والرابط الوطنية للحماية من الحرائق.

٤-٣-٧ فحوصات الأنظمة الميكانيكية المتنوعة:

من الأفضل إجراء فحوصات الأنظمة الميكانيكية المتنوعة على جميع أنظمة السباكة وتكييف الهواء والتدفئة في الأنفاق أو المباني الملحقة أو الهياكل الداعمة. تضمن هذه البنود بشكل عام في العناصر التي تحددها الجهات المسؤولة.

السباكة: يجب إجراء فحص نظام السباكة وفقاً لمتطلبات كود السباكة المعمول به، ويجب التحقق مما يلي:

- مراجعة سجلات الصيانة الخاصة بنظام السباكة وملاحظة أي مشاكل في الصيانة سواء كانت خاصة أو متكررة.
- ملاحظة الحالة المادية الخاصة بتركيبات الحمام وسخانات المياه ونظام الصرف.
- التحقق من أن تركيبات السباكة تعمل.



- فحص الأنابيب بحثاً عن التسربات، أو التآكل، أو التركيبات التالفة، أو الكتلانف المفكوكة.
- التأكد من أن الصمامات والعدادات والحشيات تعمل بصورة صحيحة.
- البحث عن العلامات المائية على أسطح الأنفاق لتحديد مواقع التسربات في نظام السباكة.

وحدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء: تتكون المكونات الخاصة بعناصر التدفئة والتهوية وتكييف الهواء في مساحات الدعم من مراوح ومخمدات وفلاتر ولفائف وأدوات تحكم. وينبغي تشغيل معدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بجميع السرعات وفي جميع الأوضاع، والتأكد من نجاح عملية التحويل من أوضاع التدفئة إلى أوضاع التبريد أثناء تدوير منظم الحرارة، والتأكد من تشغيل المروحة، مع ملاحظة أي اهتزازات أو ضوضاء غير عادية. ومراقبة عملية تشغيل المخمدات مع ملاحظة أي تقييد لحركة المخمدات والوصلات المفكوكة أو المضبوطة بشكل سيء. وتقدير تسرب المخمدات والتأكد من عودة مخمدات الجاذبية الخلفية إلى الوضع المغلق عند إيقاف تشغيل المراوح.

٧-٤ أنظمة الكهرباء والإضاءة:

تحدد مواصفات الفحص المحلي للأنفاق العناصر المطلوبة لإجراء الفحص المحلي للأنفاق بما في ذلك نظام التوزيع الكهربائي، ونظام التوزيع في حالة الطوارئ، ونظام إضاءة الأنفاق وملحقاته، ونظام الإضاءة في حالة الطوارئ وملحقاته؛ لذا يعد من المهم مراجعة سجلات التشغيل والصيانة قبل إجراء عمليات المعينة لأنظمة الكهرباء والإضاءة. ومع ذلك، تحقق من أداء أي إصلاحات أو عمليات استبدال جرت مؤخراً وذكّرت في السجلات.

ينبغي على المنظمة المعنية بمعاينة الأنفاق أن تلتزم باتخاذ تدابير مكتوبة لجميع العناصر اللازمة والعناصر التي يطلبها المالك، وينبغي اتخاذ تدابير معيّنة مكتوبة بمساعدة كهربائي مؤهل أو مقاول متخصص لتجنب الأخطار التي قد يشكلها التيار الكهربائي إلى جانب المخاطر الناجمة عن حدوث صدمات كهربائية.

٧-٥ الوقاية من الحرائق والحفاظ على الأرواح وأنظمة الطوارئ والتشغيل:

إن أنظمة الوقاية من الحرائق والحفاظ على الأرواح وأنظمة الطوارئ تعد أنظمة معقدة ومتراصة؛ لذلك ينبغي مراجعة التصميم وسجلات التنفيذ النهائي بعناية مع التركيز على المعلومات المقدمة من البائع قبل إجراء الفحص، أما هذه الأنظمة، فينبغي تقييم الحالة العامة لمكونات النظام مع مراجعة حالة التدبير الإداري العامة. بالإضافة إلى مراقبة الحالة العامة للمعدات وملحقاتها بما في ذلك الخزائن والألواح، كما ينبغي فحص ألواح المدخل، والأبواب، وموانع التسرب، والمزالج؛ للتأكد من عدم وجود أي صدأ أو تلف أو كسر وما إلى ذلك.

الحماية من الحرائق: تشكل أنظمة الحماية من الحرائق العناصر التي تسيطر على الحرائق وتعزز من قدرة التحمل وتساعد في عملية الإنقاذ، وتضم أنظمة الحماية من الحرائق طفايات الحرائق، والأنابيب الرأسية، والخراطيم، والفوهات، ومكونات نظام إخماد الحرائق، مثل؛ الرشاشات، وأنظمة الرغوة، والمضخات، والخزانات، والسخانات. ونظام التحكم في التهوية. ومع ذلك، يمكن السيطرة على الحرائق الصغيرة باستخدام طفايات البودرة أو الرغوة، ومن المرجح أن معظم سائقي المركبات يعرفون كيفية استخدام هذه الأجهزة. ويجب التأكد من وجود طفايات الحرائق في مكانها (الشكل ٧-٣٩) مع وجود تاريخ انتهاء الصلاحية، ومقدار الضغط والختم على طفايات الحرائق المحمولة. كما أن نظام إخماد الحرائق، مثل نظام الرش (الشكل ٧-٤٠)، يعد إجراءً فعالاً للحماية من الحرائق باستخدام نظام الإمداد المياه الذي يوفر بدوره ضغطاً ومعدل تدفق مناسبين عبر أنابيب توزيع المياه وملحقات الرش التي توزع المياه على الحرائق. وتشهد هذه الأنظمة اختلافات تشمل أنظمة الغمر وأنظمة الرغوة وأنظمة الضباب.



الشكل (٧-٣٩) طفاية حريق مفقودة.



الشكل (٧-٤٠) اختبار نظام الرش بالرغوة.

إن إجراء معاينة مناسبة لهذه الأنظمة يتطلب الإلمام بمواصفات الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق رقم ٢٥، إلى جانب مواصفات الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق الأخرى المعمول بها. يمكن أن يتعين معاينة الرموز المحلية وتفعيلها بواسطة إدارة مكافحة الحرائق أو مفتشي أنظمة الحرائق المؤهلين الآخرين.

١-٥-٧ أنظمة اتصالات الطوارئ:

تشمل مكونات نظام اتصالات الطوارئ الكاميرات، وأنظمة كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة (CCTV)، والاتصال الداخلي وأنظمة الراديو، والهواتف المحمولة، وأجهزة الاستقبال، والأسلاك، وتحليلات الحاسوب، وغيرها من التقنيات.

كما تتطلب المعاينة اختبار أجهزة الاتصال في ظروف تحاكي حالات الطوارئ؛ لذا فإن الأمر يتطلب معاينة مشكلات مثل قابلية التشغيل المتبادل للنظام، والتدريبات القائمة على السيناريوهات في حالات الطوارئ والظروف المختلفة، والتعاون القائم بين الهيئات؛ لقياس مدى الاستجابة وحتى الأمن السيبراني. كما يشمل التفتيش قيام المتخصصون بإجراء فحص بصري وفني للأجهزة.



الشكل (٤١-٧) أمثلة على أنظمة كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة.

٢-٥-٧ أنظمة تشغيل وسلامة الأنفاق:

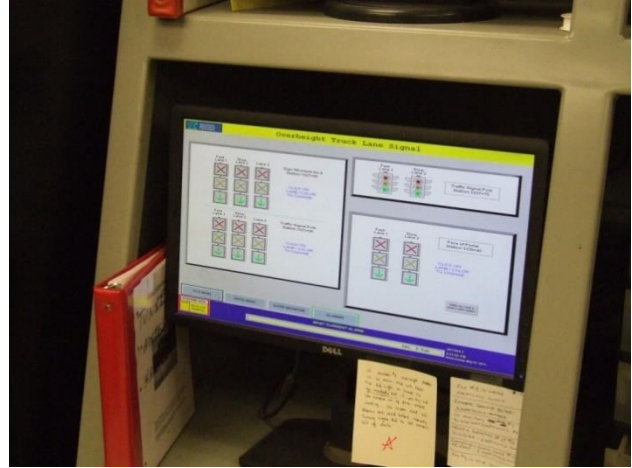
تشمل الأنظمة المضمنة في أنظمة السلامة والتشغيل معدات المراقبة والتحكم والاتصالات، مثل؛ كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة (الشكل ٤١-٧)، والهواتف وأنظمة الراديو، وأجهزة الاستجابة للحوادث والكشف (الشكل ٤٢-٧)، وأجهزة ضبط جودة الهواء، ومركز ونظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات (SCADA).

إن عملية معاينة تشغيل وسلامة الأنفاق ينبغي أن تتضمن ملاحظات مرئية وقياسات خاصة بكل مكون، وينبغي أن تتخذ جهة المعاينة الإجراءات الآتية:

- التحقق من تشغيل كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة، أو الهواتف، أو أنظمة الراديو، أو أجهزة الاتصالات الأخرى.
- معاينة إشارات المرور للوصول إلى التشغيل السليم خلال جميع المراحل.
- التحقق من أن أي أنظمة للكشف عن الارتفاع الزائد (الشكل ٤٣-٧)، لا تفعل عند اكتشاف أي ارتفاعات أقل من الحد المطلوب مباشرة، مع التحقق أيضاً من أنها تعمل عند اكتشاف الارتفاع المحدد أو الذي يتجاوزه مباشرة.



الشكل (٤٢-٧) معدات الكشف.



الشكل (٧-٤٣) شاشة الكشف عن الارتفاع الزائد.

٦-٧ التشطيبات وطلاءات الحماية:

يجب تضمين أنظمة الحماية مثل؛ طلاءات الحماية من تآكل الصلب، وطلاءات الحماية من تآكل الخرسانة وطلاءات الحماية من الحرائق في برنامج الفحص؛ لذلك يشكل التشطيب الداخلي للنفق عاملاً مهماً للغاية لتحسين خصائص النفق التشغيلية. لتحسين عوامل السلامة وتسهيل أعمال الصيانة، ينبغي أن تتمتع التشطيبات النهائية للنفق على الآتي:

- التصميم اللازم لتحسين إضاءة النفق والرؤية.
- مقاومة الحرائق.
- عدم خروج أبخرة سامة أثناء اندلاع الحرائق.
- القدرة على تخفيف الضوضاء.
- سهولة التنظيف.

بلاط السيراميك: بلاط السيراميك يعد المادة الأكثر استخداماً بواسطة الجهات المسؤولة عن النفق؛ بسبب سهولة وضعه وقلة التكاليف (الشكل ٧-٤٤)، ويتميز بمقاومته الفعالة ضد الحرائق، كما يسهل تنظيفه، ويعكس الضوء بصورة جيدة بفضل ملمسه الخارجي المصقول؛ ومع ذلك، فإن البلاط لا يمتص الصوت بفعالية. يختلف تركيب بلاط الأنفاق عن بلاط السيراميك التقليدي من حيث إنه يتطلب ارتباطاً أكثر أماناً ببطانة النفق. ينبغي اتخاذ التدابير المناسبة لمنع سقوط البلاط على الطريق ما سيؤدي إلى إعاقة حركة المستخدمين أو تعريضهم للخطر.



الشكل (٧-٤٤) بلاط سيراميك يعكس الضوء.

الألواح المعدنية المطلوبة بالمينا الخزفية: المينا الخزفية يتكون من مزيج من الزجاج وأكاسيد المعادن غير العضوية المنصهرة معًا تحت درجات حرارة عالية للغاية، وتستخدم هذه الطريقة من أجل طلاء معظم الأجهزة المنزلية، كما وضع معهد المينا الخزفية (PEI) إرشادات حول أداء المينا الخزفية من خلال المنشورات الآتية:

- خصائص الشكل (PEI ٥٠١).
- الخصائص الميكانيكية والفيزيائية (PEI ٥٠٢).
- مقاومة التآكل (PEI ٥٠٣).
- خصائص التعرض لدرجة حرارة عالية (PEI ٥٠٤).
- الخصائص الكهربائية (PEI ٥٠٥).

تستخدم المينا الخزفية على الألواح الحديدية المشكلة على البارد أو ألواح الألمنيوم الميثوق، أما الأسقف، فغالبًا ما تملأ الألواح بخرسانة خفيفة الوزن؛ أما الجدران، فكثيرًا ما تُستخدم ألواح الألياف الزجاجية. ومع ذلك، تشابه خصائص الألواح المطلوبة بالمينا الخزفية مع خصائص بلاط السيراميك. إلا أن هذه الطلاءات تتميز بالمتانة، ويمكن غسلها بسهولة وهي عاكسة، كما تأتي في مجموعة متنوعة من الألوان. وكما هو الحال مع بلاط السيراميك، فهذه الألواح ليست فعالة في امتصاص الصوت.

خرسانة مطلية بالإيبوكسي: استخدم الطلاء الإيبوكسي في العديد من الأنفاق خلال عملية الانشاء لتقليل التكاليف، بالإضافة إلى ذلك، فقد استخدمت أنواع ثابتة من الدهانات. ويتكون الإيبوكسي من الراتينج المقوى بالحرارة وقد خضع للتصنيع الكيميائي نظرًا إلى متانته وقوة التصاقه وانعكاسه وقلة انكماشه، كما أظهرت التجربة أن هذه الطلاءات لا تتحمل الظروف البيئية القاسية للنفق بالإضافة إلى الأنواع الأخرى المستخدمة في التشطيبات وتحتاج إلى ترميم وإعادة طلاء في الكثير من الأحيان.

تشطيبات متنوعة: يمكن استخدام مجموعة متنوعة من التشطيبات الأخرى على جدران وأسقف الأنفاق. انتشرت بعض هذه التشطيبات على نطاق واسع؛ بفضل خصائص امتصاص الصوت المحسنة، وسهولة الاستبدال، ومزايا أخرى تتميز بها عن بعض المواد المذكورة سابقًا. وترد بعض هذه الأنظمة أدناه:

ألواح الأسمنت المطلوبة: لا تستخدم هذه الألواح على نطاق واسع في المملكة العربية السعودية، وتتكون العناصر من لوح أسمنتي خفيف الوزن ومقوى بالألياف ومغطى بالمينا المجففة.

ألواح خرسانية مصبوبة سابقًا: غالبًا ما يستخدم هذا النوع من الألواح كبديل للألواح المعدنية، وقد تستخدم تلك الألواح كشرة معدنية أو بشكل أكثر شيوعًا، بلاط سيراميك للمسبة النهائية.

البلاط المعدني: نظام البلاط هذا غير شائع، ولكن استخدم بنجاح في بعض تطبيقات الأنفاق. إنه مطلي بالمينا الخزفية ومرصع بالمونة مثل بلاط السيراميك.

٧-٧ نماذج وتقارير الفحص:

تُستخدم النتائج المهمة وتقديرات الحالة الظرفية لتمثيل حالة مكونات النفق، وتتمثل إحدى النتائج المهمة في وجود مخاوف ملموسة تتعلق بالسلامة أو بالهيكل يجب اتخاذ إجراءات بشأنها وإبلاغ الهيئات بها، وتُستخدم الحالات الظرفية لتمثيل حالة عنصر ما وقت فحصه. فالحالات الظرفية جيدة ومقبولة وضعيفة وقوية.

عادةً ما تتطلب العناصر الإنشائية والمدنية في الحالة القوية مراجعة إنشائية؛ لتحديد ما إذا كانت هناك أي تأثيرات في القوة أو قابلية الخدمات. أما عن الأنظمة الوظيفية في الحالة القوية، يُرجى تقييم سلامة العنصر وإمكانية خدمته، وتُسجل الحالات الظرفية في تقرير الفحص وقاعدة البيانات ثم تُرسل إلى الهيئة. فالنتائج المهمة تتطلب اهتمامًا فوريًا.

١-٧-٧ النتائج المهمة:

يُطلب من الجهة المسؤولة وضع إجراء لضمان معالجة النتائج المهمة في الوقت المناسب، واتخاذ الإجراءات، أو تنفيذها، أو التخطيط لها لحل المشكلة. وينبغي إبلاغ الهيئة بالنتائج المهمة في غضون أربع وعشرين ساعة. وينبغي إبلاغ الهيئة بأخر المستجدات بانتظام أو على النحو المتفق عليه رسميًا فيما يتعلق بحالة كل نتيجة مهمة حتى تُحل المشكلة. كما ينبغي تقديم تقرير موجز سنوي إلى الهيئة بشأن الوضع الحالي لكل نتيجة مهمة حددت خلال العام الماضي، وكل نتيجة لم تحل من العام السابق.

كان ينبغي لمنظمة فحص الأنفاق، بالتشاور مع الجهة المسؤولة عن النفق، وضع إجراءات مكتوبة للنظر في النتائج المهمة قبل الفحص. ومن الضروري أن يكون لدى فريق الفحص بروتوكولات اتصال؛ لضمان اتخاذ إجراءات فورية للاستجابة لأي نتيجة مهمة. وتتطلب النتائج المهمة عادة اتخاذ إجراء أو أكثر من الإجراءات الآتية في الوقت المناسب:

- إغلاق النفق حتى إزالة العيب الخطير أو إصلاحه، إذا كان هذا العيب يمكن أن يؤثر في المستخدمين أو سلامتهم.
- تقييد الوصول العام إلى المنطقة حتى يمكن إزالة العيب أو إصلاحه.
- إصلاح الجزء الإنشائي أو معالجة المشكلة الوظيفية أو المتعلقة بالسلامة.

ينبغي توفير أوصاف وصور مفصلة تصف المخاوف المتعلقة بالسلامة أو الشواغل الإنشائية، وتحديد الإجراءات المناسبة أو متابعة عمليات الفحص، والاحتفاظ بسجل للإجراءات المتخذة لحل النتائج الحرجة أو فحصها. على سبيل المثال، عند تواجـد شظية خرسانية كبيرة على وشك السقوط في الطريق، يمكن لفريق الفحص أو موظفي عمليات النفق أن يعرقلوا حركة المرور؛ كما يمكن لموظفي الصيانة أو مقاول متخصص إزالة الخرسانة المتشظية والتخلص منها.

٢-٧-٧-٢ تقديرات وضع الحالة:

تستخدم تقنيات الفحص على مستوى العنصر لتقييم كل عنصر من عناصر النفق، وتطوّر الكميات لكل عنصر، وتحدد أوضاع الحالات بالنسبة المئوية لهذه الكمية في كل وضع للحالة. تمثل أوضاع الحالات الأربعة، CS1 وCS2 وCS3 وCS4، جيد ومقبول وضعيف وضعيف جداً على التوالي. وعادة ما تُعيّن وضع حالة عناصر النفق باستخدام وحدة قياس محددة مثل القدم الطولية أو القدم المربعة أو كل منهما، وتكون الدقة في تحديد وضع الحالات مهمة للسلامة وفائدتها في أنظمة إدارة الأنفاق.

الجدول (١-٧) مثال على ترميز عنصر الحاجز.

اسم العنصر	الكمية	CS1	CS2	CS3	CS4	ملاحظات
الحاجز	١٠٠٠ متر طولي	٧٠٠ متر طولي	١٥٠ متر طولي	١٤٠ متر طولي	١٠ متر طولي	لا يوجد مخاوف متعلقة بالسلامة
	النسبة المئوية	٧٠٪	١٥٪	١٤٪	١٪	السلطة المحددة
الأعمدة	١٠٠ لكل منهما	٧٥	١٠	١٢	٣	الجهات المسؤولة المحددة
	النسبة المئوية	٧٥٪	١٠٪	١٢٪	٣٪	

يوضح الجدول (١-٧) مثالاً للترميز لعنصر حاجز بسيط. ويمكن أن يكون لعناصر النفق أوضاع حالات مختلفة لنفس العنصر. ومن الممكن أن يتضمن النفق بطول ١٠٠٠ متر طولي على ٧٠٠ متر طولي من الحاجز في حالة جيدة، ١٥٠ مترًا طوليًا في حالة مقبولة، ١٤٠ مترًا طوليًا في حالة ضعيفة، و١٠ أمتار طولية في حالة ضعيفة جدًا. ويكون المدخل المقابل لأوضاع الحالات كما يلي: ٧٠٪ إلى CS1، و١٥٪ إلى CS2، و١٤٪ إلى CS3، و١٪ إلى CS4. وتعد أعمدة الحواجز عنصرًا فرعيًا للجهات المسؤولة المحددة. بينما كانت أوضاع حالات العناصر الفرعية اللاحقة متماشية مع نظام الحاجز، لم تجر أي تعديلات على وضع الحالة العامة للحاجز. وفي هذا المثال المخصوص، لا توجد نتائج حاسمة ينبغي الإبلاغ عنها؛ نظرًا لعدم وجود مخاوف تتعلق بالسلامة تتطلب إجراءات فورية.

٨-٧ موظفو فحص الأنفاق:

يحدد مدير البرنامج وقائد الفريق بشكل خاص؛ وتم إجراء مناقشة متعلقة بموظفي الفحص الآخرين في هذا الباب لبيتضمن متخصصين ومفتشين ميدانيين كفاء. ووفقاً لتقدير الجهة المسؤولة، يمكن الاستعانة بمفتشين متخصصين بالعقود للمساعدة في أنظمة الأنفاق المعقدة أو المتطورة. يحدد الجدول (٢-٧) المواقع النموذجية لفريق الفحص. ويكون إجراء تقييم مستقل أمرًا مرغوبًا؛ ولذلك ينبغي عدم الاستعانة بموظفي التشغيل والصيانة لأغراض الفحص.



الجدول (٧-٢) أفراد فريق الفحص.

أفراد الفريق	الدور	المؤهلات
مدير البرنامج	المسؤول بشكل عام عن برنامج الفحص	إلزامي
قائد الفريق	يملك زمام الأمور وينسق عمليات الفحص الميدانية	إلزامي
متخصص كفاء	يقوم بإجراء الفحص للأنظمة والعناصر المحددة	موصى به
مفتشون	يساعدون قائد الفريق والمتخصصين الأكفاء	موصى به
مقاول متخصص	فحص المكونات المعقدة والأنظمة الإلكترونية	موصى به

٧-٨-١ مدير البرنامج:

مدير البرنامج هو الشخص المسؤول عن برنامج فحص الأنفاق للمدن والبلديات في المملكة العربية السعودية، التي لديها نفق أو أكثر ضمن ولايتهم القضائية، ينبغي أن يكون هذا الشخص قادرًا على القيادة المنظمة لفحص الأنفاق والتأكد من تحقيق متطلبات وزارة الشؤون البلدية والقروية، ويمكن لمدير البرنامج تفويض الواجبات والمسؤوليات للمندوبين المؤهلين المسؤولين عن مجموعة فرعية محددة من الأنفاق؛ ومع ذلك، يظل مدير برنامج الولاية القضائية مسؤولاً عن ضمان الامتثال.

وبالنسبة عن هيئة فحص الأنفاق، يقوم بتطوير الإجراءات الكتابية والجدول الزمني لعمليات الفحص، ويعمل على جلب معدات الفحص والسلامة، وينسق مع موظفي مرفق النفق، ويوجه النسيبة لقائد الفريق حسب الضرورة. وبشكل مثالي، ينبغي أن يكون هناك فهم عام لدى مدير البرنامج لجميع جوانب هندسة الأنفاق بما في ذلك التصميم والإنشاء، والتشغيل، والصيانة، والفحص، والتقييم، وتقييم الأحمال، والترميم. كما أن الحكم الجيد ضروري لهذا الموقف من أجل الاستجابة بشكل مناسب للمخاوف المتعلقة بالسلامة والشواغل الإنسانية داخل النفق.

وينبغي أن يكون مدير البرنامج مهندسًا محترفًا ومختصًا أو لديه خبرة مدة عشر سنوات على الأقل في فحص الأنفاق أو الجسور، وأن يكون هذا الشخص أيضًا مفتش أنفاق معتمدًا على المستوى الوطني، ما يتطلب تدريبًا شاملاً وتقييمًا لنهاية الدورة التدريبية وتدريبًا تنشيطيًا دوريًا.

٧-٨-٢ قائد الفريق:

قائد الفريق هو الشخص الموجود في الموقع والمسؤول عن فريق الفحص، وهذا الشخص مسؤول عن تخطيط الفحص، والإعداد والأداء، والإبلاغ بحيث يشمل تنسيق العمل الميداني. قائد الفريق مسؤول عن تقييم أوجه القصور والتحقق من جودة بيانات الفحص، والتأكد من أن تقارير الفحص كاملة ودقيقة وواضحة. وينبغي عليه أيضًا إجراء جلسات إعلامية فيما يخص السلامة حسب الحاجة. ويتمتع بالقدرة على تقديم توصيات لإصلاح العناصر المعيبة واتخاذ الإجراءات المناسبة عند اكتشاف النتائج الحرجة.

كما ينبغي أن يكون قائد الفريق مفتش أنفاق معتمدًا على المستوى الوطني. بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن يلبي واحدة على الأقل من المواصفات الآتية:

- أن يكون مهندسًا محترفًا ومختصًا ولديه خبرة مدة ستة أشهر على الأقل في فحص الأنفاق أو الجسور.
- أن يكون لديه خبرة مدة خمس سنوات في فحص الأنفاق أو الجسور.
- مزيج مناسب من التعليم والخبرة.

بالإضافة إلى أدنى حد من المتطلبات المذكورة أعلاه، ينبغي أن يكون قائد الفريق مهندسًا محترفًا عندما يكون النفق معقدًا أو إذا كان له سمات أو وظائف مميزة. وينبغي أن يكون قادة الفرق في الموقع في جميع الأوقات لإجراء عمليات الفحص الأولية والدورية والمتعمقة.

٧-٨-٣ المساعدة في عمليات الفحص من متخصصين ومفتشين ميدانيين كفاء:

ينبغي أن يتألف فريق الفحص من شخصين كحد أدنى لتنفيذ العمل الميداني بطريقة متوازنة وفعالة، ويساعد المتخصصون والمفتشون الميدانيون المدربون والكفاء على عمليات الفحص حسب الضرورة. ينبغي أن يتمتع أفراد فريق الفحص بالمؤهلات الآتية:

- أن يكونوا على دراية بمكونات الأنفاق وطريقة عملها.
- أن يكونوا قادرين على التسلق أو استخدام المعدات للوصول للمناطق المختلفة في الأنفاق.
- أن يكونوا قادرين على استخدام المعدات أو تطبيق طرق الاختبار الصحيحة.
- أن يكونوا قادرين على طباعة الرسومات التخطيطية الدقيقة بشكل واضح ورسمها.
- أن يكونوا قادرين على قراءة الرسومات وتفسيرها.
- أن يكونوا قادرين على استخدام تقنية مناسبة كلما لزم الأمر لجمع البيانات.

متخصصون كفاء: عندما تحتاج أنظمة مدنية/إنشائية أو ميكانيكية أو كهربائية إلى فحص، ينبغي على قائد الفريق تعيين متخصصين كفاء حاصلين على تدريب وخبرة مناسبين للمساعدة على إجراء عمليات الفحص هذه، ومن الأفضل أن يكون هؤلاء الأفراد المتخصصين مهندسين محترفين معتمدين أو على الأقل مهندسين تحت التدريب.

(أ) المفتشون المدنيون/الإنشائيون المختصون من الأفضل أن يتمتعوا بالتعليم والتدريب والخبرة الآتية:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- أن يتمتع بخبرة في فحص الأنفاق أو الجسور وبالقدرة على تحديد العيوب التي تقلل من سلامة الجزء الإنشائي وتقييمها.
- أن يتمتع بخبرة في التصميم ويكون على دراية بنوع الأنظمة المدنية/الإنشائية المركبة في الأنفاق. تتضمن أمثلة هذه الأنظمة، على سبيل المثال لا الحصر:
 - بطانات الأنفاق.
 - عوارض السقف والعوارض المقلوبة.
 - الأعمدة/الركائز.
 - الممرات المتقاطعة.
 - الجدران الداخلية.
 - المداخل.
 - بلاطات السقف والبلاطات المقلوبة والبلاطات المنفصلة رأسياً.
 - حوامل التعليق والمثبتات.
 - ألواح السقف.
 - الفواصل.
 - طبقات الرصف السطحي.
 - الحواجز المرورية.
 - حواجز المشاة.
- أن يكون قادراً على تقييم درجة تدهور الخرسانة والحديد ومواد البناء الحجري.
- أن يكون على علم بالقواعد والإرشادات السارية للأنظمة الإنشائية.

(ب) المفتشون الميكانيكيون المختصون من الأفضل أن يتمتعوا بالتعليم والتدريب والخبرة الآتية:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- أن يتمتع بخبرة في فحص الأنفاق أو الجسور مع القدرة على تقييم الحالة الفعلية والتشغيلية للأنظمة والمعدات الميكانيكية.
- أن يتمتع بخبرة في التصميم، أو يكون على دراية بنوع الأنظمة الميكانيكية في الأنفاق. تتضمن أمثلة هذه الأنظمة، على سبيل المثال لا الحصر:
 - تهوية الأنفاق.
 - مكيف الهواء.
 - التدفئة.
 - وحدات التحكم.
 - السباكة.
 - أنظمة التصريف والضخ الخاصة بالأنفاق.
 - مولدات حالات الطوارئ.
 - حماية من الحرائق.
 - الآبار/الصرف الصحي.
 - بوابات الفيضانات.

- أن يكون على علم بالقواعد والإرشادات السارية للأنظمة الميكانيكية.

ج) المفتشون الكهربائيون المختصون من الأفضل أن يتمتعوا بالتعليم والتدريب والخبرة الآتية:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- أن يتمتع بخبرة في فحص الأنفاق أو الجسور والقدرة على تقييم الحالة الفعلية بالإضافة إلى الحالة التشغيلية للأنظمة والمعدات الكهربائية.
- أن يتمتع بخبرة في التصميم أو يكون على دراية بنوع الأنظمة الكهربائية المركبة في الأنفاق. تتضمن أمثلة هذه الأنظمة، على سبيل المثال لا الحصر:
 - توزيع الطاقة.
 - طاقة حالات الطوارئ.
 - الإضاءة.
 - الإضاءة في حالات الطوارئ.
 - اكتشاف الحريق.
 - ضبط جودة الهواء.
 - الكاميرات وأنظمة السلامة.
 - الاتصالات.
- أن يكون على علم بالقواعد والإرشادات السارية للأنظمة الكهربائية.

المفتشون الميدانيون: يساعد المفتشون الميدانيون قائد الفريق بتعيين متخصصين كفاء لإجراء أعمال الفحص، وتتضمن بعض واجبات المفتش حمل معدات الفحص، وملء نماذج الفحص، والنقاط الصور، ورسم الرسومات التخطيطية. يوصى أن يتمتع المفتشون الميدانيون المكلفين بأعمال الفحص المدني/الإنشائي والميكانيكي والكهربائي بالمؤهلات التالية. ويفضل أن يتمتع المفتشون الميدانيون بخلفية هندسية وأن يكونوا حاصلين على تعليم وتدريب وخبرة في مجالات الممارسة الخاصة بكل منهم.

أ) المفتشون المدنيون/الإنشائيون الميدانيون يفضل أن يكونوا:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- مدربين على متطلبات الفحص المدني/الإنشائي العامة.
- يتمتعون بخبرة في فحص الأنفاق أو الجسور المكونة من الهياكل الخرسانية والحديدية والانشاء.
- الخبرة في التصميم والصيانة مفيدة كذلك.

ب) المفتشون الميكانيكيون الميدانيون يفضل أن يكونوا:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- مدربين على متطلبات الفحص الميكانيكي العامة.
- يتمتعون بخبرة في الفحص بخصوص أنظمة السبائك والأنظمة الميكانيكية.
- الخبرة في التصميم والصيانة مفيدة كذلك.

ج) المفتشون الكهربائيون الميدانيون يجب أن يكونوا:

- أن يكون مفتش أنفاق معتمدًا على الصعيد الوطني.
- مدربين على متطلبات الفحص الكهربائي والإلكتروني العامة.
- يتمتعون بخبرة في الفحص بخصوص الأنظمة الكهربائية.
- الخبرة في التصميم والصيانة مفيدة كذلك.

٧-٨-٤: المقاولون المتخصصون:

يعد المقاولون المتخصصون مفيدون عندما يفتقر موظفو الفحص الدوري إلى المهارات المتخصصة والخبرة اللازمة لفحص المعدات المتطورة، أو الأنظمة المعقدة، مثل؛ أنظمة توزيع الطاقة وأنظمة الحماية من الحرائق والكشف عنها، وأنظمة الأمن، وأنظمة التحكم الإشرافي والحصول على البيانات (SCADA). ويُصح بتعيين مقاولين متخصصين مؤهلين عند فحص الوحدات المعقدة التي تشكل تهديدًا كبيرًا على السلامة، مثل؛ وحدات الغلايات، أو الأنظمة الكهربائية، أو المعدات الموصلة بالكهرباء مثل المحولات. ويمكن أن يساعد ذلك على تقليل مخاطر الصحة والسلامة لطواقم الفحص ومنع تلف المعدات غالية الثمن.



المفتشون الكهربائيون والإلكترونيون: لفحص العناصر ذات الدوائر الإلكترونية المتقدمة، ينبغي أن يكون الطاقم المعين من قبل المقاولين المتخصصين يتمتع بالتعليم والتدريب والخبرة الآتية:

- شهادة من مؤسسة تفي بمتطلبات الرابطة الدولية للاختبارات الكهربائية (NETA).
- جميع المؤهلات الآتية:
 - أن يكون معتمدًا وطنيًا كمعمل اختبار كهربائي.
 - أن يكون مشاركًا بانتظام في اختبار الأنظمة والمعدات الكهربائية على مدار السنوات الخمس الماضية.
 - أن يكون لديهم مهندس محترف واحد على الأقل ضمن الطاقم المرخص له حيث ينفذ العمل.
 - أن يمتلك معدات معايرة كافية لإجراء الاختبارات المطلوبة في الشركة أو يستأجرها.

٨- طرق إصلاح الأنفاق

٨-١ مقدمة:

تراجع الأسباب الأساسية للتدهور والتآكل في الأنفاق في هذا الباب، وتعرض تقنيات الإصلاح المختلفة وخطط الترميم. تحفز المياه الجوفية الرطوبة في الأنفاق ما يمكن أن يسرع من معدل التدهور والتآكل خصوصاً إذا كان ذلك يتضمن أملاح الطريق، والمعادن المتباينة، والتيارات الشاردة. تتضمن بعض عمليات التحلل الشائعة المتعلقة بالمياه الجوفية الآتي:

- التآكل وانهيار القطاع وانخفاض قوة العنصر.
- إزالة جسيمات المواد والأسمدة، خصوصاً عندما تكون المياه الجوفية حمضية.
- تشطي الخرسانة بسبب صدأ حديد التسليح.
- قصور المكونات الكهربائية والإلكترونية بسبب التآكل وقصر الدائرة.
- تدهور الطلاءات النهائية والطلاءات الواقية.
- إزالة جزيئات التربة التي بها فراغات حول بطانة الأنفاق.
- نقل أنظمة الصرف وسدها.

تُعد الإرشادات الواردة في الأجزاء (٨-٢ إلى ٨-٤) الحد الأدنى من المتطلبات.

٨-٢ تلفيات الممرات السفلية:

٨-٢-١ تشقق الجدران الداعمة للممرات السفلية:

تعيق الجدران الداعمة للأنفاق في المدن التربة المشبعة بالرطوبة والمياه الجوفية؛ لأن مستوى المياه الجوفية مرتفع في معظم مواقع الأنفاق في المدن؛ لأن المياه الجوفية تتغذى باستمرار بمياه الري من المزارع المجاورة، ومن تصريف الصرف الصحي للمنازل المجاورة ومن تسريب شبكات المياه وتصريف الصرف الصحي المجاورة ومن مياه الأمطار المخزنة خلف تلك الجدران. وبما أن قضبان التسليح الرئيسة للجدران الداعمة تكون أمام الجدران المجاورة للتربة، فإن اختراق المياه الجوفية للجدران الخرسانية يصل بسهولة بعد ذلك إلى قضبان التسليح التي تحفز صدأ قضبان التسليح وانتفاخها، وخاصة عندما نعلم أن المياه الجوفية تحتوي نسباً عالية من أملاح الكلوريد والكبريتات. وبمجرد أن تبدأ عملية الصدأ، تضاعف سريعاً ويمكن أن تصل إلى حالة عندها قد يفقد الجزء الأكبر من هذه القضبان مع انهيار قدرتها الإنشائية ما يمكن أن يتسبب في قصور مواقع تلك الجدران الداعمة (الشكل ٨-١).



الشكل (٨-١) تشقق الجدران الداعمة.

٢-٢-٨ فشل تصريف مياه الأمطار في الممرات السفلية:

يمكن أن يتسبب هطول الأمطار الغزيرة في تجمع المياه بسرعة كبيرة في بعض الأنفاق ما يؤدي إلى فشل قدرة أنظمة تصريف المياه في التعامل مع كمية المياه في هذه الأنفاق، ما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه عن المستويات التي تسمح بحركة مرور المركبات. ومن بين أسباب تجمع مياه الأمطار في الأنفاق يمكن أن يكون هناك بعض الإخفاقات التي تؤثر في محطات الضخ في هذه الأنفاق؛ ولهذا من المناسب إجراء صيانة مكثفة للمضخات في الأنفاق تحسباً لمواسم الأمطار (الشكل ٢-٨).



الشكل (٢-٨) فشل تصريف مياه الأمطار.

٣-٢-٨ الهبوط غير المنتظم في الطبقة الإسفلتية في الطرق الموازية للجدران الداعمة:

عندما لا تنفذ عمليات سد طبقات التربة وضغطها خلف الجدران الداعمة تنفيذاً صحيحاً وفقاً للمواصفات المحددة لضغط طبقات السد خلف الجدران الداعمة، فمن المتوقع أن يكون ثمة احتمال لحدوث اختلافات في هبوط التربة تحت الطبقة الإسفلتية للطرق الجانبية الموازية للجدران وعلى هذا يحدث اختلاف في الهبوط بين الجزء المسدود والجزء غير المسدود وتتبلور هذه الظاهرة بوجود شقوق طولية في الطبقة الإسفلتية المتوازية مع الجدار الداعم.

تعالج هذه المشكلة من خلال إنشاء مرشح لتصريف المياه الموجودة خلف الجدار وإعادة ضغط طبقات السد دورياً ومن ثم يمكن التخلص من طبقة الإسفلت ومعالجتها (الشكل ٣-٨).



الشكل (٣-٨) التسوية في الطبقة الإسفلتية الموازية للجدار الداعم.

٣-٨ إصلاحات الخرسانة الإنشائية:

عندما تتأثر المساحات الخرسانية بالتشطي، يمكن تطبيق رقع المونة يدوياً لإصلاح المساحات الأصغر بينما تُعالج المساحات الأكبر بفعالية أكبر باستخدام طرق التطبيق القائمة على الخرسانة المقذوفة ووفورات الحجم، وعندما يلزم إصلاح الشقوق الموجودة في الخرسانة، يمكن حقن الشقوق بالجبس. وتتمثل أنواع طرق الإصلاح هذه في العناصر الآتية:

- رقع مونة مطبقة يدوياً وإصلاحات الخرسانة المقذوفة
 - تجهيز السطح:
 - مطارق تقطيع اللحم.
 - الصفع المائي.
 - معالجة حديد التسليح.
- حقن الشقوق بالجبس.

١-٣-٨ الطلاءات الأسمنتية:

يمكن رش الطلاءات الأسمنتية (راجع الشكلان ٤-٨ و ٥-٨) على سطح خرساني رطب؛ للمساعدة على تقليل نفاذيته، سيؤدي الحفاظ على رطوبة السطح إلى تسهيل تكوين روابط كيميائية مع الجير الحي الموجود في الطبقة التحتية من الخرسانة وتقليل أحجام المسام، ما يؤدي عادةً إلى منع التسرب. وترد مزايا الطلاءات الأسمنتية وعيوبها في الجدول (١-٨).

الجدول (١-٨) مزايا الطلاءات الأسمنتية وعيوبها.

المزايا	العيوب
سرعة التثبيت	صلابة
اضطرابات طفيفة	خصائص ذاتية الإصلاح
تكلفة منخفضة نسبياً	حساسية تجاه التنقل



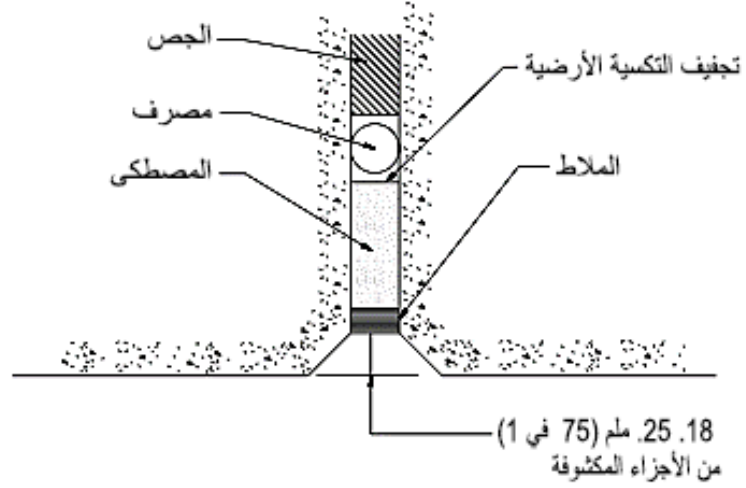
الشكل (٨-٤) منظر لطلاء أسمنتي مطبق على ممر مقوس (NCHRP, 2010).



الشكل (٨-٥) تسرب في فواصل الانشاء من خلال الطلاء الأسمنتي (NCHRP, 2010).

٢-٣-٨ فواصل الانشاء:

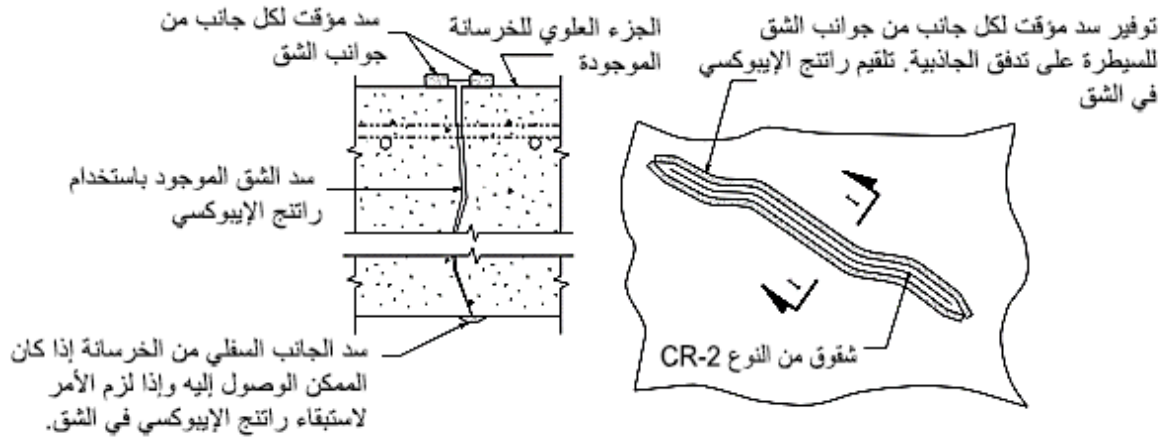
يمكن حقن مادة مونة كيميائية لإحكام إغلاق الفاصل إذا كان هناك تسرب في فواصل الانشاء. وتتبع إزالة العيوب مثل عمليات انفصال الطبقات وحالات التشطي بالقرب من الفاصل، وإعادة بنائها بمواد سليمة لها خصائص مشابهة للركيزة الخرسانية. وفي أثناء أداء العمل، يمكن توجيه مياه التسرب إلى نظام الصرف باستخدام أنبوب تصريف مرن (الشكل ٦-٨).



الشكل (٦-٨) توجيه فاصل الانشاء.

٣-٣-٨ الشقوق الجافة:

يمكن إصلاح الشقوق (الجافة) التي يزيد عرضها عمومًا على ٠,٨ ملم على أي سطح أفقي بسد حواف الشق والسماح للمادة المانعة للتسرب بالاختراق في الشق كما هو موضح في (الشكل ٧-٨)، وينبغي إحكام إغلاق الجانب السفلي من الشق إذا تقاطر الطلاء الإيبوكسي من خلاله. وفي جميع الحالات، يجب تنظيف الشقوق من جميع المواد المفككة والأوساخ والبقع باستخدام الماء عالي الضغط أو الهواء المضغوط.



الشكل (٧-٨) تفاصيل إصلاح شقوق السطح الأفقي (للشقوق بعرض ٠,٨ ملم وأكبر) (FHWA, 2005).

٨-٣-٤ إعادة ربط المناطق المفككة:

تتضمن الخرسانة المفككة صدوعًا وشقوقًا في مستوى موازٍ للسطح تقريبًا. وعادةً ما تكون المقاطع المفككة ضحلة نسبيًا، وعندما يفصل مقطع من الخرسانة المفككة عن العنصر المضيف، فإن ذلك يعد تشطيًا. ويمكن أحيانًا إعادة ربط المناطق المفككة، مثل بلاط السيراميك، باستخدام عملية الحث الفراغي (راجع الشكل ٨-٨).



الشكل (٨-٨) الحث الفراغي بميثيل ميثاكريلات (NCHRP, 2010).

٨-٤ الأسقف / حوامل التعليق وال مثبتات:

يوجد في العديد من أنفاق الطرق أسقف معلقة لأغراض التهوية، وفي بعض الحالات، للترتيب. تُدعم -عادة- هذه الأسقف بواسطة تجايف في جدران النفق وقضبان علاقات متصلة ببطانة النفق، إما بأجزاء ملحقة مصبوبة في المكان، أو أجزاء ميكانيكية تثبت بعد ذلك. وتوضح الأمثلة في الشكل (٨-٩). راجع الملاحظة التحذيرية أدناه على المثبتات (الكيميائية) اللاصقة. وينبغي استبدال الوصلات اللاصقة المفككة أو المعطلة بمثبتات ميكانيكية.



الشكل (٨-٩) أجهزة الاستبدال النموذجية (يسار)؛ تحجيم المثبتات الميكانيكية (يمين).

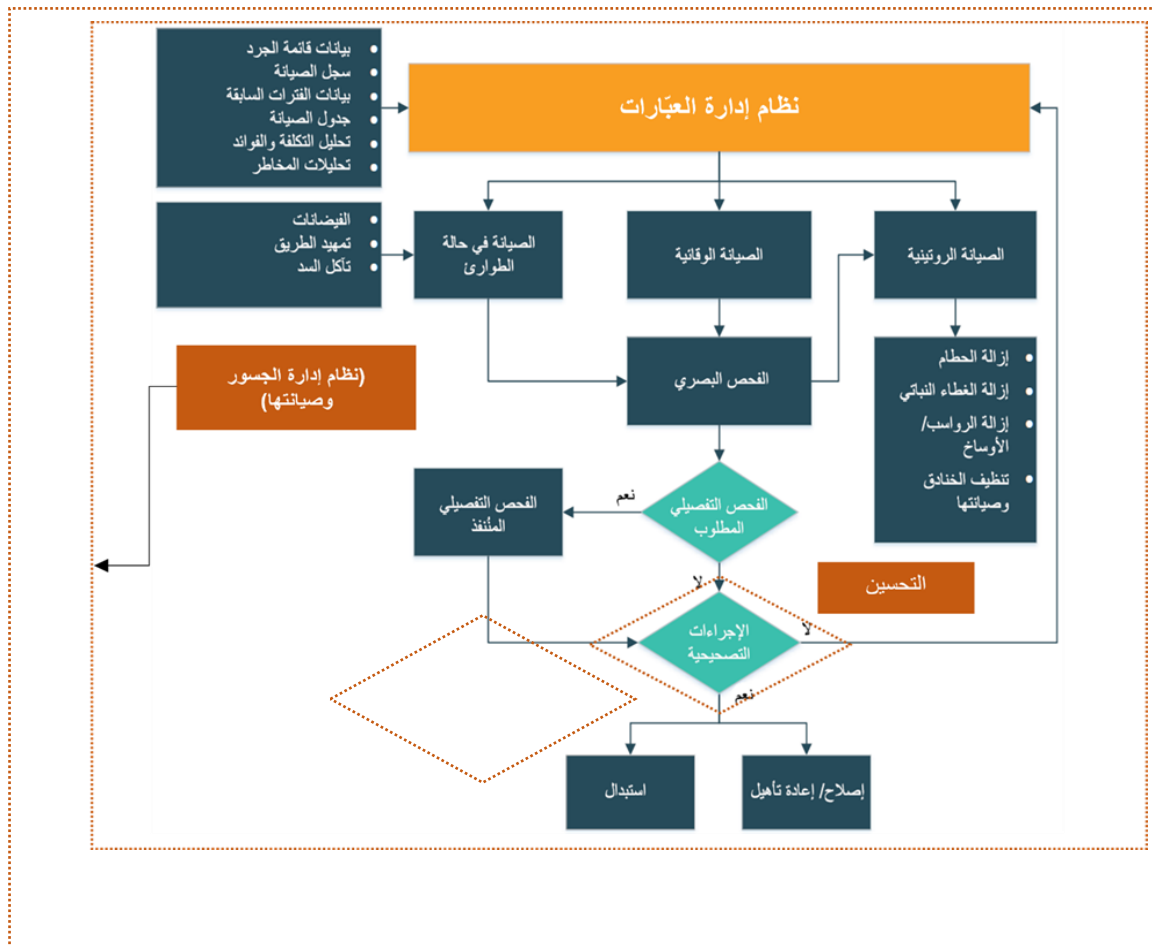
٩- إدارة صيانة العبارات الخرسانية

٩-١ مقدمة:

يتمثل نطاق هذا الباب في تقديم إرشادات لوضع خطط إدارة الصيانة للعبارات الخرسانية المسلحة؛ لتمكين السلامة والجودة والفعالية من حيث التكلفة في صيانة المكونات الإنشائية للعبارات القائمة وإصلاحها وإعادة تأهيلها، ويجب تطبيق هذه الإرشادات كحد أدنى من المتطلبات ويجب على الجهات المعنية (الجهات المسؤولة) تعديل المتطلبات وفقاً لأنظمة وبرامج إدارة الصيانة الخاصة بهم، ويجب أن تستخدم خطة صيانة العبارة الشاملة إجراءات واستراتيجيات للحفاظ على العمر التشغيلي للعبارات، وتطبق الإرشادات المذكورة في هذا الباب على العبارات الخرسانية المسلحة فيما عدا الأنابيب الخرسانية المسلحة، فالعبارات هذه تعد عبارات صندوقية خرسانية (رباعية الجوانب) وعبارات خرسانية ثلاثية الجوانب:

- العبارات الصندوقية (صناديق فردية أو متعددة).
- القنطرة ثلاثية الجوانب (تستخدم لتمرير المياه وتتميز بقاع طبيعي بوصفه الطبقة السفلية).
- القنوات المائية الواسعة.
- معايير المثانة، والجمال والحيوانات الأخرى، والمركبات.
- خفض/ تقليل منسوب المياه الجوفية.

تعد الإرشادات الواردة في الأجزاء (٩-١ إلى ٩-٧) الحد الأدنى من المتطلبات.



الشكل (٩-١) عمليات إدارة صيانة العبارة (Mashroat, 2020).

عند اقتراح أعمال الصيانة أو الأعمال العلاجية أو الأعمال التحسينية، يجب تقييم الآثار البيئية للأعمال وإدارتها وفقاً لمتطلبات الأجزاء الفرعية (٣-٤-٧ و ٦-٤-٧) من كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق).

٢-٩ فحص العبارات ونظام تقييم الحالة:

تعد عملية فحص العبارة عملية بصرية بشكل أساسي، ويجب ملاحظة جميع العيوب والنقاط صور لها؛ لأنها يمكن أن تكون المؤشرات الأولى على المشكلات الأساسية، وعندما تكون حالة المكونات المهمة مهمة في أثناء الفحص البصري التفصيلي للعبارة، فيمكن أن يكون من الضروري تقديم دعم هندسي أو التحقيق بشكل أعمق لتأكيد الحالة وتحديد أي مشكلات.

تخطيط عمليات فحص إضافية وتنفيذها وفقاً للإرشادات الواردة في الباب ٣-٩. ويجب على الجهة المعنية إنشاء نظام تقييم الحالة على غرار الجدول (١-٩)، أو تصنيف مشابه معتمد من قبل الجهة، لتقييم الأنواع الشائعة من عيوب العبارة والتعرف على شدة العيب وأهميته، ويجب مطابقة العيوب التي تلاحظ في أثناء الفحص مع تقدير الخطورة/الحالة القياسية وتقدير الأولوية الواردة في الجدول (١-٩) أو تصنيف مشابه معتمد من قبل الجهة المسؤولة من أجل استنتاج درجة الخطورة.

الجدول (١-٩) جدول تقييم الحالة والإجراء المصاحب له (Mashroat, 2020).

الإجراء المرتبط بمقياس التصنيف					الحالة
جيدة ١	مقبولة ٢	سيئة ٣	حرجة ٤	فاشلة ٥	
كالجديدة. مع قليل من التدهور أو بدون، سليمة من الناحية الإنشائية وتعمل جيداً.	بعض التدهور، لكن سليمة من الناحية الإنشائية وتعمل جيداً.	تدهور كبير و/أو عدم الكفاية الوظيفية، تتطلب الصيانة أو الإصلاح.	حالة سيئة للغاية تشير إلى فشل وشيك من شأنه أن يهدد سلامة المستخدمين.	فاشلة من الناحية الإنشائية أو الوظيفية.	الإجراءات اللازمة
لا يوص بأي إجراء. توضع ملحوظة في تقرير الفحص فقط.	لا يوص باتخاذ إجراء فوري، ولكن قد يكون ثمة ما يستدعي عمليات فحص متكررة. ينبغي إخبار مسؤول الصيانة.	يقيم قائد الفريق (المفتش) مدى الحاجة لاتخاذ إجراء تصحيحي وتقديم التوصيات في تقرير الفحص.	يلزم اتخاذ إجراء تصحيحي عاجل. يلزم إجراء تقييم هندسي لتحديد الإصلاح المناسب.	يلزم اتخاذ إجراء عاجل لمعالجة الخطر الذي تتعرض له سلامة المستخدمين. عادةً ما يُغلق الطريق.	

٣-٩ تقييم العبارة / تقييم الحمل:

يجب إجراء التقييم أو تقييم الحمل للعبارة عندما يبدأ العبارة في التلف بمستوى يقلل من قوته، أو عند تغير مواصفات التحميل. ويجب استخدام نتائج التقييم في دعم اتخاذ قرارات موعد ونوع الصيانة التي يجب تنفيذها، ويتعين على الهيئة المعنية وضع برنامج لتقييم العبارة وتقدير أحماله وفقاً لاحتياجاتهم، ويجب أن يدعم تقييم العبارة من قبل حزمة مخصصة بمساعدة جهاز الحاسوب مناسبة لتكوين الهيكل، ويجب أن تشمل عناصر الهيكل المراد تقييمهما جميع العناصر التي قد تؤدي فيها سعة الحمل غير الكافية إلى خطر على الأشخاص في الهيكل أو حوله، أو على تشغيل الشبكة.

٤-٩ تخطيط الصيانة:

تنفيذ أعمال الصيانة للتأكد من أن الأصول تلبي واجبتها تجاه العمر الافتراضي لتصميم العبارة، والحفاظ على عمر عمله وإطالته. ويجب أن تضع الجهة المعنية استراتيجية للحفاظ على العبارة استناداً إلى أنواع الصيانة التالية؛ لمنع حدوث فشل في العبارة. ويجب أن تعد أنشطة الصيانة هذه ضرورية للحفاظ على العمر الافتراضي للعبارة وزيادته.

١-٤-٩ الصيانة الدورية:

يجب أن تهدف الصيانة الدورية إلى الحفاظ على مياه العبارات في حالة موحدة وسليمة بواسطة إصلاح عيوب معينة بمجرد حدوثها، ويجب أن تضع الجهة المعنية برنامج للصيانة الدورية لتحسين العمر التشغيلي للعبّارات. ويجب معالجة الأعمال التالية في أثناء الصيانة الدورية بما فيها، على سبيل المثال لا الحصر:

- إزالة الحطام.
- إزالة الرواسب.
- طمي مقلوب العبارة (وهو الجزء السفلي الداخلي للعبارة).
- الأعمال التخريبية.
- إصلاح فواصل المونة.
- إعادة موانع تسرب الفواصل المتهاكة.
- التخلص من الطمي أو الحطام أو الغطاء النباتي من دون الإضرار بالهيكل.
- ينبغي مسح الكتابة على الجدران من الأسطح الخرسانية التي تكون ضارة بالهيكل أو تعد مشكلة جمالية.

٢-٤-٩ الصيانة الوقائية:

تعد الصيانة الوقائية استراتيجية أكثر شمولاً من الصيانة الدورية فهي تهدف إلى إيقاف التدهور البسيط ومنع التدهور التدريجي، ويجب معالجة الأعمال الآتية في أثناء الصيانة الوقائية بما فيها -على سبيل المثال لا الحصر-:

- إحكام الفواصل.
- الترقيع الخرساني.
- إصلاح المونة.
- رصف المقلوب.
- منع الجرف.
- إصلاح أو استبدال فواصل المونة أو موانع تسرب الفواصل المشققة أو المتهاكة.

٣-٤-٩ إعادة التأهيل:

يعد إعادة التأهيل الاستراتيجية التي تستفيد أفضل استفادة من الهيكل غير المستقر المتبقي في العبارة لإنشاء عبارة جديدة. ويجب معالجة الأعمال الآتية في أثناء إعادة التأهيل بما فيها، -على سبيل المثال لا الحصر-:

- التقوية.
- توسيع الهياكل القائمة.
- إصلاح الجدران الطرفية وجدران الجناح السليمة.
- رصف المقلوب.
- إصلاح التعرية بالجرف.
- استقرار الميول.
- رصف مجري العبارة المائي.
- إضافة غطاء لسدود صد المياه.
- تحسين تكوين المدخل.
- تركيب مجمع للحطام.

٤-٤-٩ الترقية إلى البديل المكافئ:

تنفذ استراتيجية الصيانة هذه لترقية أحد المكونات لتقديم خدمة مكافئة لهذه باستخدام مكون أو هيكل جديد. ويجب معالجة الأعمال التالية في أثناء الترقية إلى البديل المكافئ بما فيها، -على سبيل المثال لا الحصر-:

- إضافة الهياكل اللاحقة أو إصلاحها أو استبدالها.
- تبطين المسيل.
- توفير شبكات أمان أو حواجز أمان.



٥-٤-٩ الاستبدال:

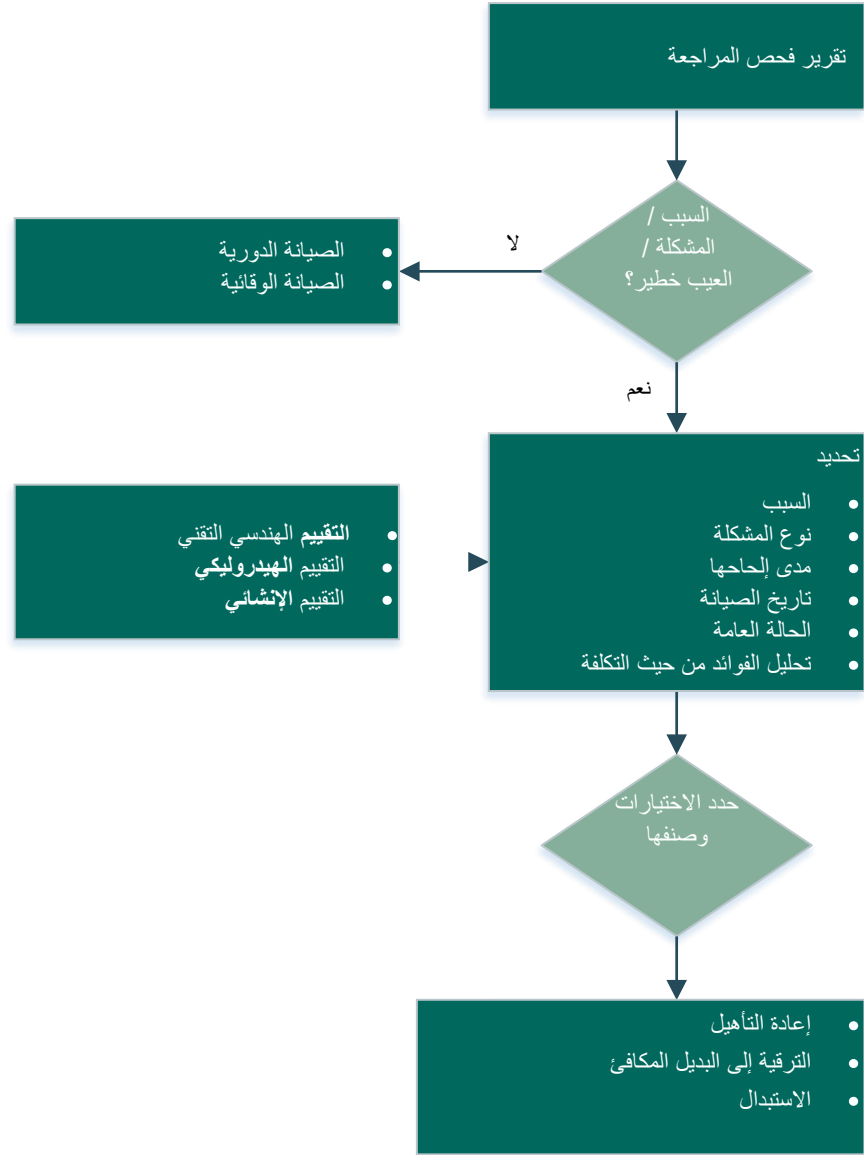
تنفذ استراتيجية الصيانة هذه لتوفير عبّارة جديدة تمامًا يتميز بعمر تشغيلي جديد، وقد تترافق الأعمال الآتية في أثناء استبدال العبّارة الجديد بما فيها، -على سبيل المثال لا الحصر:-

- إعادة المحاذاة.
- تحسينات إنشائية هيدروليكية وتحسينات أمنية.
- تغيير في شكل العبّارة أو مواده.

٦-٤-٩ الصيانة التفاعلية / الطارئة:

يجب أن تضع الجهة المعنية أو المقاول خطة صيانة طارئة لتناسب الصيانة غير المجدولة، أو غير المخطط لها، أو الأحداث المفاجئة، أو الشديدة التي يمكن أن تنشأ في أثناء حياة الأصل وتقلل منها، مثل الفيضانات وانهيار الطريق. ويبلغ عن ذلك عادةً بمكالمة خدمة عندما ينظر إلى أحد المكونات أو النظام على أنه لا يعمل بشكل صحيح أو أنه لا يصلح للغرض. وينبغي تسجيل ذلك، قدر الإمكان، مقابل رقم الأصل للسماح بجمع البيانات السابقة وجعلها ضرورية، كما يمكن أن يؤدي الفحص اللاحق بعد مكالمات الخدمة إلى الإجراءات الآتية:

- إذا كانت المشكلة تؤثر في العمر التشغيلي للهيكل وتشكل خطرًا على المستخدمين، إذن يلزم فورًا استجابة لحالات الطوارئ وإجراء تصحيحي.
- وإذا لم تكن المشكلة حرجية، قد يكفي إذن استجابة الصيانة الوقائية الدورية المخططة.
- إجراء مراجعة لنظام الصيانة الحالي الساري -وإذا لزم الأمر- تعديله ليلبي الظروف الحالية.
- الاستجابات التي تشمل إصلاحًا أو إعادة تأهيل كبير للأصل أو مكون الأصل؛ لحماية الحياة والممتلكات، وإصلاح متوسط أو كبير يلزم عمالًا مؤهلين وخبراء.



الشكل (٩-٢) عمليات تخطيط صيانة العبارة (Mashroat, 2020).

٩-٥ قرارات صيانة العبارة:

يجب استخدام حالة وسبب التدهور المكتشف خلال فحص العبّارات في تخطيط أعمال الصيانة الفعالة وتحديد تكلفتها وتنفيذها، ويجب تفسير القيام بأعمال الصيانة وفقاً لمبادئ إدارة دورة الحياة الكاملة للأصول:

- قد تكون الصيانة الدورية أكثر فعالية من حيث التكلفة من الاستبدال المبكر للعبارة؛ لأن تكاليف الصيانة الدورية عادة ما تكون أقل بكثير من تكلفة رأس المال للاستبدال.
- يجب تنفيذ تقوية أو استبدال للعبّارات التي وجد فيها عيوب خطيرة عندما يتعذر إثبات فعاليتها بالتقييم الإنشائي أو الهيدروليكي.
- تتمثل العيوب الخطيرة في تلك التي تثير المخاوف بشأن استقرار الهيكل وسلامته.
- إن تنفيذ طريقة أكثر تفصيلاً لتحليل العبّارات، في حالة العبارة الصندوقية الخرساني، قد يمنع أحياناً المصروفات غير اللازمة الخاصة بتقوية أو استبدال العبّارات الصالحة للاستعمال في الوقت الذي أظهر فيه التقييم الأولي بواسطة الحساب أن العبارة الصندوقية الخرساني به عيب خطير.
- يمكن أن تشمل الأعمال العلاجية المكثفة تجديد السقف أو نظام العزل المائي أو التقوية باستخدام سرج خرساني مقوى.
- قد يعد ضرورياً إجراء أعمال علاجية مكثفة، لا سيما بالنسبة لهياكل العبارة القديمة المصممة والمبنية وفقاً لمواصفات أقل صرامة.



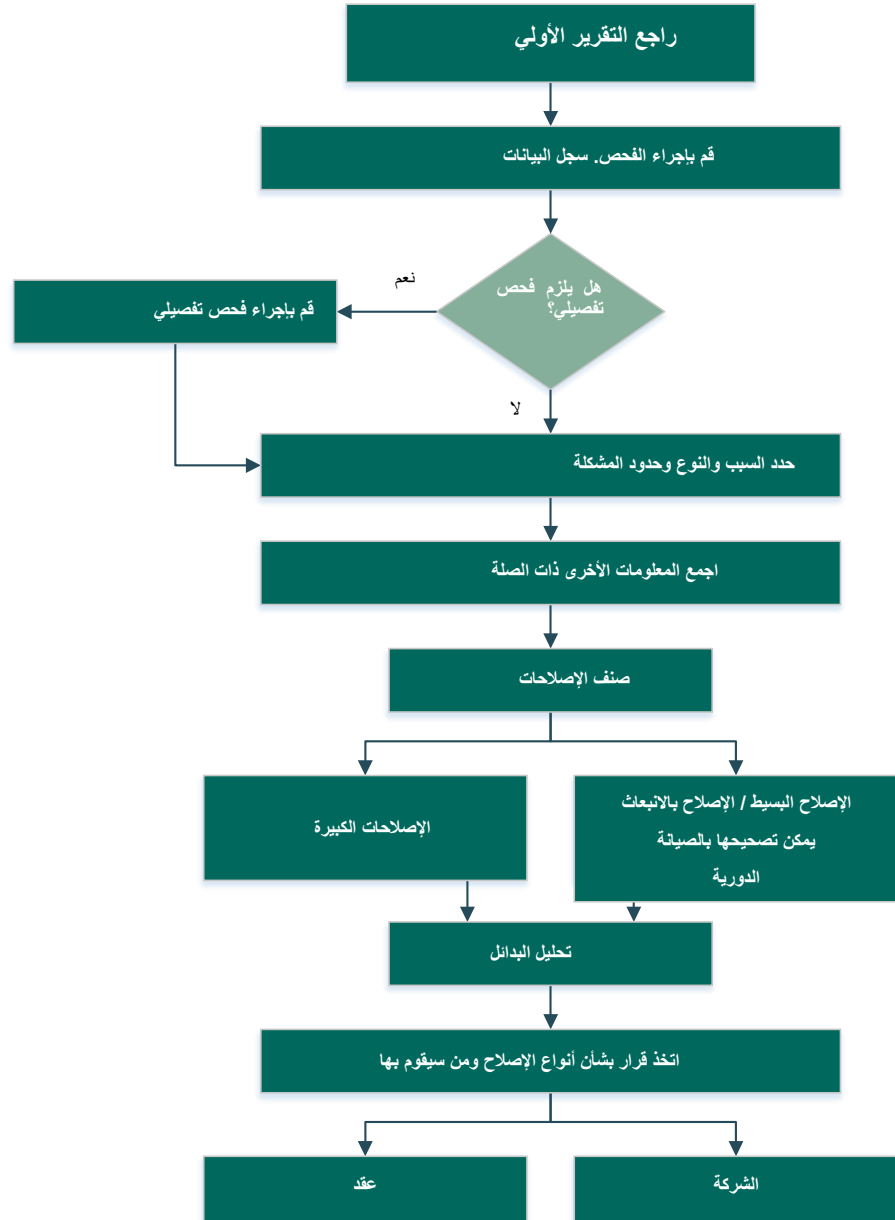
٩-٦ إصلاحات الخرسانة:

يلزم عادةً إصلاح العبارات بسبب الصيانة غير الكافية، أو الحمل المبالغ فيه، أو التغيير في الاستخدام أو قواعد الممارسة، و/أو التعرض للظروف البيئية الضارة. ويعد الإصلاح الدوري للعبّارات الموجودة إجراء يتسم بالكفاءة والفعالية من حيث التكلفة للحفاظ على خدمة مخزون العبارة الحالي. كما يلزم الإصلاح الفعال للهياكل الخرسانية فهمًا لأسباب التدهور وتقييمًا لتأثير تقنية الإصلاح المحددة على الاستمرار في المستقبل، ويجب أن يعتمد هذا على اختبار جيد للهيكّل الحالي. ويعد تآكل حديد التسليح السبب الأكثر شيوعًا للقيام بإصلاح الهياكل الخرسانية. وفي هذه الحالة، ينبغي التركيز على الآتي:

- تغطية حديد التسليح.
- عمق الكربنة – عمق تغلغل الكربون في الخرسانة.
- تلوث المنطقة بالكوريدات.
- تفاصيل الخلطة الخرسانية.
- عمر الخرسانة.
- العوامل البيئية التي تسببت في التلوث وحالة التلوث.

ينبغي استخدام برنامج الاختبار ونتائجه في معرفة حدود العيب الموجود وسبب التدهور.

يمكن أن يلزم إصلاح الخرسانة لأسباب عديدة بخلاف تآكل حديد التسليح. ومن بينها الأضرار الناجمة عن الحريق، وفي هذه الحالة ستعتمد الاستراتيجية العامة ذاتها في الإصلاح. يجب أن تنفذ إصلاحات الخرسانة في العبّارات الحالية وفقًا للمتطلبات المفصلة المذكورة ويجب أن تتوافق مع المتطلبات الواردة في كود الطرق السعودي ٤٠١ (إنشاء الطرق)، وكود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق)، وكود الطرق السعودي ٤٠٣ (إنشاء مرافق الطرق).



الشكل (٩-٣) عملية إصلاح العبارة (Mashroat, 2020).

٩-٧ طرق إعادة التأهيل/ التقوية:

يجب التحكم في أعمال التقوية وإعادة التأهيل ؛ للتأكد من أن العبارات تقوم بعملها على أتم وجه، ويجب أن يكون الإجراء التصحيحي مبرراً وفقاً لمبادئ إدارة دورة الحياة الكاملة للأصول، استناداً إلى نتائج الفحص وتقييم الحمل وإعادة تأهيل العبارة والتقييم التحليلي. ويجب أن يتوافق العمل الذي ينفذ بهدف تقوية وإعادة تأهيل أصول العبارة الحالي مع الأحكام الواردة في الأجزاء المختصة من هذا المجلد، ويجب تنفيذ أعمال التقوية وإعادة التأهيل بطريقة يكون فيها الحد الأدنى من أحمال التصميم مماثلاً للأحمال في وقت إنشاء العبارة، إذا كشف عن أي من المكونات الإنشائية في أثناء التقوية أو إعادة التأهيل ، وإذا كان تقييم حالة المكونات يثبت أن هذه العناصر الإنشائية تالفة أو خطيرة؛ إذن يجب إصلاحها لتتوافق مع الأجزاء السارية في كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

٩-٧-١ عيوب الفواصل:

تحتوي العبارات الخرسانية مسبقة الصب مشكلات متعلقة بمجموعة متنوعة من الحالات التي تركز على السلوك عند الفواصل بين القطاعات الفردية، وهو مستوى طبيعي من الضعف. وكمثال، يمكن أن تنكسر أجراس الأنابيب الخرسانية المسلحة المزودة بحيات على حلقة دائرية إذا كانت الحشيات كبيرة جدًا أو مثبتة تثبيتًا سيئًا.

٩-٧-٢ التشقق:

يعد التشقق المحيطي الذي يحدث في فواصل العبارات الخرسانية مسبقة الصب نادرًا نوعًا ما؛ لأن ضغوط الشد التي تنشئ التشقق تميل إلى فتح الفواصل بدلاً من التسبب في التشقق، وقد يكون من الممكن في ظل ظروف معينة ظهور شقوق انضغاطية أو شقوق قص بسبب دوران القطاعات وإزاحتها، التي تحدث -عادة- بسبب ضعف الأساسات مع الهبوط غير المنتظم. وعادة ما يكون إصلاح هذه التشققات أمرًا ذو طابع تجميلي، ما لم تتخذ المزيد من الإجراءات المضمنة لتصحيح المشكلة التي تسبب العيب.

٩-٧-٣ إصلاح التشظي:

يحدث التشظي عمومًا نتيجة تآكل القضبان المسلحة التي تسبب في الأساس التشقق الأفقي (أو في السطح) للخرسانة ومن ثم انفصال الطبقات وتشظي سطح الخرسانة من القضبان المسلحة.

٩-٧-٤ إصلاح التبليط:

تشير مصطلحات التبليط slabbing، وقص البلاطة slab shear إلى مشكلة الفشل الشعاعي للخرسانة فوق الطبقة الداخلية من التسليح، بسبب الانحراف المفرط واستقامة قص التسليح، ويسبب التشوه إجهاد شعاعي، وإجهاد قصي قطري في الخرسانة ما يسبب تشظي للخرسانة في مستوى الطبقة الداخلية للتسليح. ويتميز ببلاطات كبيرة من الخرسانة "تتقشر" من التسليح. كما يعد التبليط مشكلة خطيرة يمكن أن تحدث في ظل حالات الحشيات العالية المزودة بأنبوب خرساني مسلح ذي قوة حمل على شكل حرف D غير كافية، أو على فرش عميق غير كافٍ على أساس صخري. ويعد التبليط ظاهرة تحدث أحيانًا في أثناء تركيب العبارات الخرسانية مسبقة الصب وكذلك نتيجة لظروف التربة السيئة وارتفاع منسوب المياه الجوفية.

وسيتمتع الإجراءات التصحيحية الذي ينبغي أن ينفذ على مقدار الانحناء والتشويه الذي حدث في قطاع الخرسانة، واحتمالية حدوث حركة إضافية وتبليط. وإذا قرر أن سبب التبليط قد صحح -في أثناء الإنشاءات- أو أن التشويه والتبليط الإضافي غير محتمل، سيكون إذن الإجراء التصحيحية بسيطًا ومباشرًا. وإذا كان الأمر كذلك، ويمكن تقرير أن العبارة مستقرًا من الناحية الإنشائية، فإن الشاغل الرئيسي هو حماية الطبقة الداخلية (والمكشوفة) لحديد التسليح من التآكل.

٩-٧-٥ تدهور مقلوب العبارة:

مقlobات inverts العبارات الخرسانية مسبقة الصب تكون متينة جدًا ومقاومة للضرر أو التدهور التدريجي. ورغم ذلك، في ظل ظروف خاصة لتدفق المياه بسرعة عالية، فهي قد تتعرض للتدهور؛ بسبب التآكل والانهيار الناتج عن التجويف في الخرسانة. ويمكن أن تتعرض كذلك، في مناطق جريان المياه الحمضية، لهجوم كيميائي يؤدي إلى تدهور الخرسانة وإزالتها. ويمكن أن تتأثر في المناطق الجبلية، بشدة من الصخور الكبيرة والحجارة التي تنقل إلى أسفل الميول الحادة بسبب سرعة التدفق العالية. ويمكن أن يصل قطر هذه الصخور إلى عدة أقدام. كما يمكن أن يؤدي استمرار انهيار الخرسانة إلى انخفاض القوة الإنشائية للعبارة، ويمكن أن يعد هذا أمرًا بالغ الأهمية؛ لأن العبارات الخرسانية مسبقة الصب تعد عبارات صلبة مصممة لتحمل الأحمال الإنشائية من دون تسبب في تشوه؛ بالتالي يمكن أن يؤدي فقدان قوة القطاع إلى تشقق العبارة وتشوّهه وانهياره. يتناول الآتي جوانب محددة من المشكلة والإجراءات العلاجية المتعلقة بها.

٩-٧-٦ إصلاح الخرسانة:

تتطلب المقlobات التالفة في العبارات الخرسانية مسبقة الصب رصًا لإعادتها إلى حالة عملية مقبولة. ومن أجل إجراء هذا الرصف، من الضروري تحويل جميع مسارات تدفق المياه حتى يمكن تجفيف المقlob، وإزالة الخرسانة التالفة، وتنفيذ الأعمال الأخرى الضرورية لإعداد المقlob للرصف. ويمكن استخدام مجموعة متنوعة من الخرسانة المصنوعة من الأسمنت البورتلاندي لمثل هذا الرصف بما في ذلك الخرسانة التقليدية، والخرسانة عالية المقاومة والخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية، بالإضافة إلى الخرسانات المعدلة من اللاتكس، أو الخرسانات منخفضة الهبوط من النوع المستخدم في تراكبات أرضية الجسر، وينبغي تقوية الرصف وتثبيتته بإحكام على المقlob القائم المتبقي بغض النظر عن المواد المختارة له.

قد يعد ضروريًا في الأماكن التي توجد بها مياه حمضية، قد يكون من الضروري طلاء السطح الخرساني بمادة مانعة للتسرب من الإبيوكسي أو الخرسانة البوليمرية.

٧-٧-٩ حوض تحييد التدفق:

لأن أضرار التآكل وصدّامات الصخور التي تلحق بمقلوبات العبّارة هي نتيجة المياه سريعة الحركة؛ فإن إزالة سبب الضرر سيؤدي إلى إزالة هذه المشكلات أو تقليلها؛ وسيكون هذا لتقليل سرعة المياه المتدفقة عبر العبّارة وطاقتها.

لكن ينبغي الاعتراف بأن رغم أن هذه المفاهيم يمكن أن تكون فعالة جدًا في تقليل سرعة الماء وطاقتها، إلا أنها تتسبب كذلك في أنها تجعل الماء يسقط الرمل والصخور والأحجار التي حملها؛ بالتالي تتسبب في تراكم هذه المواد في القناة أمام مدخل العبّارة. ويمكن أن لا يقلل هذا من فعالية نظام مبدد الطاقة فحسب، بل يؤدي كذلك إلى تضيق القناة ويسبب زيادة سرعة الماء والمشكلات الأخرى المتعلقة بها. وبالتالي، ينبغي تصميمها بشكل يسهل الصيانة الدورية أو المجدولة.

٨-٧-٩ تدهور تاج العبّارة:

يمكن أن تتعرض العبّارات الخرسانية مسبقة الصب للتدهور في قطاع التحديب الخاص بها (التاج) بسبب عمق الغطاء السطحي جدًا إذ أنه لا يدعم الأحمال المباشرة للمركبة وتوزيعها بشكل كافٍ، ويمكن أن يؤدي هذا إلى تشقق وتشطي وتشوه في منطقة التحديب.



المراجع

- AASHTO (2020). *LRFD Bridge Design Specifications*. 9th edition. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2019). *Manual for Bridge Element Inspection*. 2nd edition. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2018). *Manual for Bridge Evaluation*. 3rd edition, with 2019 and 2020 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2010). *User and Non-User Benefit Analysis for Highways*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2007). *Maintenance Manual for Roadways and Bridges*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- ASCE (2001). *Manuals of Practice 101, Underwater Investigations: Standard Practice Manual*. American Society of Civil Engineers, USA.
- FHWA (2022). *National Bridge Investment Analysis System (NBIS)*. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2018). *Technical Advisory Use and Inspection of Adhesive Anchors in Federal-Aid Projects*. T5140.34. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2015). *Tunnel Operations, Maintenance, Inspection, and Evaluation (TOMIE) Manual*. Publication No. FHWA-HIF-15-005. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2009). *Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels - Civil Elements*. FHWA-NHI-10-034. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2007). *Technical Advisory T 5140.26. Use and Inspection of Adhesive Anchors in Federal-Aid Projects*. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2008). *Technical Advisory T 5140.30. Use and Inspection of Adhesive Anchors in Federal-Aid Projects*. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2005). *Highway and Rail Transit Maintenance and Rehabilitation Manual*. FHWA-IF-05-017. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (2004). *National Bridge Investment Analysis System (NBIS)*. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges*. Report No. FHWA-PD-96-001. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (1989). *Underwater Inspection of Bridges*. Report No. FHWA-DP-80-1. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (1988). *Technical Advisory T 5140.2. Evaluating Scour at Bridges*. Federal Highway Administration, USA.
- FHWA (1980). *Underwater Inspection of Bridges*. DP-80-1. Federal Highway Administration, USA.

- IES (2000). *The IESNA Lighting Handbook. Reference & Application*. Illuminating Engineering Society, USA.
- ITA. (2004). *Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels*. International Tunneling Association, Switzerland.
- Mashroat (2020). *NMA & FM - National Manual of Assets and Facilities Management (Blue Book). Volume 3, Chapter 2. Condition Assessment – Analysis and Reports (CAA & CAR)*. Document No. EOM-ZC0-PR-000010 Rev 000. Expenditure & Projects Efficiency Authority (EXPRO), KSA.
- Mashroat (2020). *NMA & FM - National Manual of Assets and Facilities Management (Blue Book). Volume 6, Chapter 14. Culverts/Drains Maintenance Plan*. Document No. EOM-ZM0-PL-000052 Rev 000. Expenditure & Projects Efficiency Authority (EXPRO), KSA.
- Mashroat (2020). *NMA & FM - National Manual of Assets and Facilities Management (Blue Book). Volume 6, Chapter 14. Bridges Maintenance Plan*. Document No. EOM-ZM0-PL-000051 Rev 000. Expenditure & Projects Efficiency Authority (EXPRO), KSA.
- Ministry of Communications. *Highway Maintenance Manual, Volume 1, Maintenance Management System (Part 1-4)*. Ministry of Communications, KSA.
- MOMRAH (1435). *Bridges and Tunnels Maintenance Manual (Part 1)*. Ministry of Municipal and Rural Affairs, KSA.
- Transit New Zealand Ararau Aotearoa (2004). *Location Referencing Management System (LRMS) Manual (SM051) version 1.0*. Transit New Zealand Ararau Aotearoa, New Zealand.
- TRB (2016). *NCHRP Report 20-07, Task 378. Assessing Risk for Bridge Management Final Report*. Transportation Research Board, USA.
- TRB (2014). *NCHRP Report 782. Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices*. Transportation Research Board, USA.
- TRB (2012). *NCHRP Report 713. Estimating Life Expectancies of Highway Assets. Volume 1: Guidebook & Volume 2: Final Report*. Transportation Research Board, USA.
- TRB (2010). *NCHRP HR 20-07/TASK 276. Development of Guidelines for Rehabilitation of Existing Highway and Rail Transit Tunnels*. Transportation Research Board, USA.
- TRB (2007). *NCHRP Report 590. Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems*. Transportation Research Board, USA.
- TRB (2003). *NCHRP Report 483, Bridge Life-Cycle Cost Analysis*. Transportation Research Board, USA. Transportation Research Board, USA.
- US Department of Commerce. *National Institute of Standards and Technology (2003). Bridge Lifecycle Tool (BLCC) User's Manual. Life-Cycle Costing Software for the Preliminary Design of Bridges*. NIST GCR 03-853. US Department of Commerce, USA.

أ- الملحق أ - مسرد المصطلحات:

انحياز - نسبة المتوسط إلى القيمة الاسمية لمتغير عشوائي.

الانهيار - تغيير كبير في هندسة الجسر يجعله غير صالح للاستخدام.

تأثير الحمل - الاستجابة (القوة المحورية، قوة القص، لحظة الانحناء، عزم الدوران) في عضو أو عنصر بسبب التحميل.

تصنيف التشغيل (تصنيف الإجهاد المسموح به (ASR))، تصنيف عامل الحمل (LFR) - تعمل تصنيفات الحمل التي تستند إلى مستوى تصنيف التشغيل عمومًا على وصف الحد الأقصى للحمل الحي المسموح به، والذي قد يتعرض له الهيكل الإنشائي. قد يؤدي السماح لعدد مركبات غير محدود باستخدام الجسر على مستوى تشغيل إلى تقصير عمر الجسر.

تصنيف الحالة - نتيجة تقييم القدرة الوظيفية والحالة المادية لمكونات الجسور من خلال النظر في مدى التدهور والعيوب الأخرى.

تصنيف المخزون - تسمح تصنيفات الأحمال بناءً على مستوى المخزون بإجراء مقارنات مع قدرة الهيكل الإنشائي الجديد، وبالتالي ينتج عنها حمل حي، يمكنه أن يستخدم هيكلًا إنشائيًا قائمًا استخدامًا آمنًا لفترة زمنية غير محددة.

تصنيف مستوى التشغيل (LRFR) - الحد الأقصى لمستوى الحمل الذي قد يتعرض له الهيكل الإنشائي. يتوافق بشكل عام مع التصنيف على مستوى التشغيل للموثوقية في ممارسة تصنيف الحمل السابقة.

تصنيف مستوى المخزون (LRFR) - يتوافق بشكل عام مع التصنيف على مستوى تصميم الموثوقية للجسور الجديدة في مواصفات تصميم الجسور (AASHTO LRFD)، ولكنه يعكس الجسر القائم وظروف المواد، مع مراعاة التدهور وفقدان القطاع.

التقييم - تقييم أداء جسر قائم.

تقييم الحمل - تحديد قدرة تحمل الأحمال الحية لجسر قائم.

جسر - هيكل إنشائي يشتمل على دعائم أقيمت فوق منخفض أو عائق مثل: مياه أو طريق أو سكة حديدية. يوجد فيه سكة أو مرور لنقل المرور أو غيره من الأحمال المتحركة، وفيه فتحة تُقاس على طول مركز الطريق يزيد طولها عن ٦ أمتار بين الدعائم السفلية أو الخطوط النابضية للأقواس أو النهايات الطرفية لفتحات الصناديق المتعددة. وقد يشمل أيضًا أنابيب متعددة، حيث تكون المسافة الخالية بين الفتحات أقل من نصف الفتحة الملاصقة الأصغر.

جسر عرضة للتعبية بدرجة حرجة - جسر خُدد أساسه (أساساته) على أنه غير مستقر لظروف التعبية المتوقعة.

جسور معقدة - الجسور المنقولة والمعلقة والكابلية والجسور الأخرى ذات الخصائص غير العادية.

حالات الفشل - عدم قدرة الهيكل الإنشائي على أداء وظائفه المطلوبة ضمن متطلبات الأداء المحددة.

حالات حد قابلية الخدمة - مصطلح جامع لحالات حدود الخدمة والإجهاد.

حالة الحد - الحالة التي يتوقف بعدها الجسر أو المكون عن تلبية المعايير التي صُمم من أجلها.

حالة حدود القوة - الحالات الحدية المتعلقة بالقوة والاستقرار خلال عمر التصميم.

حالة حدود الخدمة - الحالات الحدية التي تتعلق بالإجهاد، والتشوه، والتشقق في ظل ظروف التشغيل العادية.

حدود استبعاد تصميم عامل الحمولة والمقاومة (LRFD) - حدود الوزن والطول للشاحنات التي تعمل في إطار استثناءات قوانين الوزن الاتحادية.

سعة تحميل آمنة - حمل حي يمكن أن يستخدم جسر بأمان وبشكل متكرر على مدار دورة فحص محددة.

صفحة الجرد الإنشائي ونموذج التقييم (SI&A) - نموذج تقييم بيانات الجسور المطلوبة بواسطة مواصفات فحص الجسور الوطنية (NBIS).

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 منتج 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 وفقًا لمتطلبات محددة للجودة أو الخصائص بأكثر الطرق الممكنة كفاءة واقتصادًا وملاءمة.

عامل التحميل - مُضاعف قائم على الإحصاء يطبق على حساب تأثيرات القوة بشكل أساسي؛ لتغير الأحمال، ونقص الدقة في التحليل، واحتمال حدوث أحمال مختلفة في وقت واحد، ولكنه يتعلق أيضًا بإحصاءات المقاومة من خلال عملية المعايرة.

عامل مقاومة - مضاعف مقاومة يحسب تباين خواص المواد والأبعاد الإنشائية والمصنعية وعدم اليقين في التنبؤ بالمقاومة.

عبارة - هيكل إنشائي يُشيد أسفل الطرق أو السكك الحديدية، ويحاط بالتربة أو الأرض لنقل المياه، عادةً من أحد جانبي الطريق إلى الجانب الآخر، وتحريك جريان مياه الأمطار على طول الطرق أو تحتها أو بعيداً عنها.

قابلية الخدمة - مصطلح يشير إلى القيود المفروضة على الإجهاد والتشوه وفتح الشقوق بموجب شروط الخدمة العادية.

قائمة جرد الجسر (BI) - تجميع بيانات الجرد والتقييم الإنشائية التي جُمعت للوفاء بمتطلبات مواصفات فحص الجسور الوطنية (NBIS).

مالك - الفرد، أو الشركة، أو الجهة الحكومية أو غير ذلك ممن يتمتعون بملكية مرفق منافع، ويتولون مسؤوليته.

المخططات كما هو منقذ - المخططات التي توضح حالة الجسر في نهاية الإنشاء. وعادةً ما يعدها المقاول/المهندس المقيم.

مركبة نقل متخصصة - شاحنة متعددة المحاور ذات قاعدة عجلات قصيرة تُستخدم في الإنشاء وإدارة النفايات وصناعات نقل السلع والبضائع السائبة.

معامل التباين - نسبة الانحراف المعياري لمتغير عشوائي إلى متوسطه.

معايرة - ١. عملية تغيير المدخلات أو تهيئة الجهاز أو النظام؛ لتحسين دقة التقدير وصحته. ٢. عملية تعديل تقنية جمع البيانات لموافقة حقائق أساسية معروفة. ٣. التغيير في مدخلات نموذج محاكاة مروري؛ لضمان الحصول على مخرجات تناسب المشاهدات الميدانية. ٤. عملية تعديل المعلومات في مواصفة جديدة لتحقيق نفس الموثوقية تقريباً الموجودة في مواصفة حالية أو لتحقيق مؤشر موثوقية مستهدف.

مقاومة اسمية - مقاومة المكونات أو الوصلات لتأثيرات القوة، كما هو موضح بالأبعاد المحددة في وثائق العقد والإجهادات أو التشوهات المسموح بها أو القوة المحددة للمواد.

مواصفات فحص الجسور (BIS) - اللوائح الاتحادية التي تحدد متطلبات إجراءات الفحص، وتكرار عمليات الفحص، وجهة فحص الجسور، ومؤهلات الموظفين، وتقارير الفحص، وإعداد وصيانة سجلات قائمة جرد الجسور. تنطبق مواصفات فحص الجسور الوطنية (NBIS) على جميع الهياكل الإنشائية المحددة على أنها جسور طرق تقع على جميع الطرق أو فوقها.

موثوقية مستهدفة - مستوى مرغوب من الموثوقية (الأمان) في تقييم مقترح.

مؤشر الموثوقية - تقييم كمي للسلامة معبر عنه بنسبة الفرق بين متوسط المقاومة، ومتوسط تأثير القوة إلى الانحراف المعياري المشترك للمقاومة وتأثير القوة.

نشر (Posting) - وضع لافتة على جسر؛ لتحديد قيد الحمولة.

نظام إدارة الجسور (BMS) - نظام مصمم لتحسين استخدام الموارد المتاحة لفحص الجسور، وصيانتها، وإعادة تأهيلها، واستبدالها.

نفق - طريق مُطوق لحركة مرور المركبات مع تقييد دخولها في البوابات، بغض النظر عن نوع الهيكل الإنشائي أو طريقة الإنشاء، والتي تتطلب، حسب تحديد المالك، اعتبارات تصميم خاصة، قد تشمل الإنارة والتهوية وأنظمة الحماية من الحرائق والقدرة على الخروج في حالات الطوارئ.

هامش أمان - يُعرف باسم (R-S)، حيث S يكون التحميل الأقصى و R يكون المقاومة المقابلة (يُفترض أن يكون R و S متغيرات عشوائية مستقلة).

وكالة الجسور - مالك الجسر، أو مشغل الجسر.



ب- الملحق ب - الاختصارات والرموز:

الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق والنقل	AASHTO
تصنيف الإجهاد المسموح به	ASR
الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد	ASTM
جرد الجسور	BI
مواصفة فحص الجسور	BIS
مستوى الرصاص في الدم	BLL
نظام إدارة صيانة الجسور	BMMS
نظام إدارة الجسور	BMS
تحليل تقييم الحالة	CAA
مسح تقييم الحالة	CAS
دائرة تلفزيونية مغلقة	CCTV
وضع الحالة	CS
الإدارة الاتحادية للطرق	FHWA
الإخطار بالمواد الخطرة	HAZCOM
تقييم عامل التحميل	LFR
تصميم عامل التحميل والمقاومة	LRFD
تصنيف عامل التحميل والمقاومة	LRFR
الجرد الوطني للجسور (FHWA)	NBI
المواصفات الوطنية لفحص الجسور	NBIS
الرابطة الدولية للاختبارات الكهربائية	NETA
الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق	NFPA
الجرد الوطني للأنفاق	NTI

NTIS	المواصفات الوطنية لفحص الأنفاق (US)
PEI	معهد المينا الخزفية
PEL	حد التعرض المسموح به
POA	خطة العمل
PVC	كلوريد متعدد الفينيل
QA	ضمان الجودة
QC	ضبط الجودة
RGAA	الهيئة العامة للطرق
SCADA	نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات
SCBA	جهاز التنفس الذاتي
SI&A	صحيفة الجرد والتقييم الإنشائي
AASHTO	الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق والنقل
ASR	تصنيف الإجهاد المسموح به
ASTM	الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد
BI	جرد الجسور
BIS	مواصفة فحص الجسور
BLL	مستوى الرصاص في الدم
BMMS	نظام إدارة صيانة الجسور
BMS	نظام إدارة الجسور
CAA	تحليل تقييم الحالة
CAS	مسح تقييم الحالة
CCTV	دائرة تلفزيونية مغلقة
CS	وضع الحالة



الإدارة الاتحادية للطرق	FHWA
الإخطار بالمواد الخطرة	HAZCOM
تقييم عامل التحميل	LFR
تصميم عامل التحميل والمقاومة	LRFD
تصنيف عامل التحميل والمقاومة	LRFR
الجرد الوطني للجسور (FHWA)	NBI
المواصفات الوطنية لفحص الجسور	NBIS
الرابطة الدولية للاختبارات الكهربائية	NETA
الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق	NFPA
الجرد الوطني للأنفاق	NTI
المواصفات الوطنية لفحص الأنفاق (US)	NTIS
معهد المينا الخزفية	PEI
حد التعرض المسموح به	PEL
خطة العمل	POA
كلوريد متعدد الفينيل	PVC
ضمان الجودة	QA
ضبط الجودة	QC
الهيئة العامة للطرق	RGA
نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات	SCADA
جهاز التنفس الذاتي	SCBA
صحيفة الجرد والتقييم الإنشائي	SI&A
الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق والنقل	AASHTO
تصنيف الإجهاد المسموح به	ASR



الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد	ASTM
جرد الجسور	BI
مواصفة فحص الجسور	BIS
مستوى الرصاص في الدم	BLL
نظام إدارة صيانة الجسور	BMMS
نظام إدارة الجسور	BMS
تحليل تقييم الحالة	CAA
مسح تقييم الحالة	CAS
دائرة تلفزيونية مغلقة	CCTV
وضع الحالة	CS
الإدارة الاتحادية للطرق	FHWA
الإخطار بالمواد الخطرة	HAZCOM
تقييم عامل التحميل	LFR
تصميم عامل التحميل والمقاومة	LRFD
تصنيف عامل التحميل والمقاومة	LRFR



ج- الملحق ج - الوحدات:

الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
الطول			
		نانومتر	nm
		ميكرومتر	μm
بوصة	in	ملليمتر	mm
قدم	ft	سنتيمتر	cm
ياردة	yd	متر	m
ميل	mi	كيلو متر	km
المساحة			
بوصة مربعة	in ²	مليمتر مربع (مم ²)	mm ²
قدم مربعة	ft ²	سنتيمتر مربع	cm ²
ياردة مربعة	yd ²	متر مربع	m ²
		هكتار	ha
		كيلومتر مربع	km ²
الحجم			
		ملليمتر مكعب	mm ³
بوصة مكعبة	in ³	سنتيمتر مكعب	cm ³
قدم مكعب	ft ³	متر مكعب	m ³
		لتر	l
		ملليمتر	ML
الوزن			
		ملليجرام	mg
		جرام	gr
رطل	lb	كيلو جرام	kg
		طن	t
القوة			
قوة الرطل	lbf	نيوتن	N
كيلو رطل	kip	كيلو نيوتن	kN



الضغط			
رطل لكل بوصة مربعة	psi	باسكال	Pa
رطل لكل قدم مكعب	pcf		
		كيلو باسكال	KPa
		ميغاباسكال	MPa
الوقت			
		ثانية	s
		دقيقة	min
		ساعة	h
		يوم	d
		أسابيع	week
		شهر	month
		سنة	yr
درجة الحرارة			
درجة فهرنهايت	F°	درجة مئوية	C°
الزوايا			
		درجة	°
		جراد	g
التوصيل الحراري			
وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة-قدم-فهرنهايت	°F·BTU/h·ft	واط لكل متر كلفن	W/m·K
السعة الحرارية			
وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة رطل - فهرنهايت	°F·BTU/lb	جول لكل كيلو جرام كلفن	J/kg·K
غير ذلك			
ميل في الساعة	(h/mpH (mi	كيلومترات لكل ساعة	km/h
		متر في الثانية	m/s



		متر في الثانية المربعة	m^2/s
		متر مكعب في الثانية	s/m^3
		سنتيمتر في الدقيقة	cm/min
		مليمتر مربع لكل ثانية	s/mm^2
		هرتز	Hz
		كيلو هرتز	kHz
		ميغا هرتز	MHz
		جيجا هرتز	GHz
		ديسيبل	dB
		كيلوجول	kJ
		جول	J
		فولت	V
		واط	W
		كولوم	C
		أوم	Ω
		أوم . متر	$\Omega \cdot m$
		درجة لكل ساعة	$h/^{\circ}$
		لومن	lm
		لوكس	lx
		كانديلا	cd
		كانديلا لكل متر مربع	cd/m^2
		مللي كانديلا لكل متر مربع لكل لكس	$lx/mcd/m^2$
		نيت (كانديلا لكل متر مربع)	nit
		لتر لكل متر مربع	l/m^2
		كيلو جرام لكل متر مربع	kg/m^2



		جرام لكل متر مربع	gr/m^2
		طن. كيلو متر	t·km
		ملي باسكال ثانية	ميغاباسكال
		باسكال ثانية	Pa·s
		سنتي بواز	cPs
		سنتي ستوك	cST
		كيلوجرام لكل هكتار	Kg/ha
		كيلوباسكال في المتر	KPa/m
		ملليجرام/ لتر	mg/l
رطل لكل بوصة مكعبة	pci	كيلو جرام لكل متر مكعب	kg/m^3
رطل لكل قدم مكعب	pcf		
		طن لكل متر مكعب	t/m^3
		كيلو نيوتن لكل متر	kN/m
		كيلو جرام - سم	kg·cm
		لتر في الدقيقة	l/min
		ميغا باسكال/ متر	MPa/m
		باسكال ثانية	Pa·s
قدم- رطل لكل قدم مكعب	ft-lbf/ft^3	كيلو نيوتن متر لكل متر مكعب	kN-m/m^3
قدم لكل ميل	ft/mi	متر /كيلومتر	m/km
بوصة لكل ميل	in/mi		
		ميلليمتر / كيلومتر	mm/km
		ميلليمتر / متر	mm/m
		راديان في الثانية	rad/s
		كيلو جرام لكل سنتيمتر مربع	kg/cm^2
		ميكروسترين	$\mu\epsilon$



بوصة لكل بوصة لكل درجة فهرنهايت	in/in/°F		
غير ذلك			
عدد الركاب لكل رحلة		pass/trip	
سيارة ركاب		PC	
سيارات ركاب في الساعة		pc/hr	
مركبات ركاب في الساعة لكل مسار		pc/h/ln	
مركبة ركاب لكل كيلومتر		pc/km	
مركبات ركاب لكل كيلومتر لكل مسار		pc/km/ln	
مركبات الركاب في الميل لكل مسار		pc/pm/pl	
سيارات ركاب في الساعة		pcu/h	
المشاة		ped	
الثواني لكل مركبة		s/veh	
المركبة		veh	
مركبة لكل يوم		veh/d	
مركبة لكل كيلومتر		veh/km	
مركبة لكل كيلومتر لكل مسار		veh/km/ln	
مركبة لكل ساعة		veh/h	
مركبة في الساعة لكل مسار		veh/h/ln	
مركبة في المسار لكل دورة		veh/ln/cycle	
مركبة كيلو متر		veh- km	
مركبة في الساعة لكل مسار		vpmpl	
دورة في الدقيقة		rpm	
أجزاء في المليون		ppm	
جزء لكل مائة مليون		pphm	
نقطة لكل بوصة		dpi	
ريال سعودي		SAR	
ريال سعودي لكل مركبة - كيلومتر		SAR/veh-km	
ريال سعودي لكل مركبة لكل كيلومتر تقطعها		SAR/VKT	
ريال سعودي في الساعة		SAR/h	
ملليموز لكل سم		mmhos/cm	



كود الطرق السعودي
SAUDI HIGHWAY CODE

كود الطرق السعودي

نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها
كود الطرق السعودي ٥٠٢ - نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها
الإصدار الأول | ٢٠٢٣