



الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

كود الطرق السعودي

٢٠٢٣
الإصدار الأول

تصميم الطرق والجسور والأنفاق
كود الطرق السعودي ٣١٠ - تصميم الجسور والأنفاق

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 الربيعة
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 الريشي

عضو

م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي

مشرف الترجمة

م. عبدالله بن عبدالرحمن الملاحي

عضو

أ. عبدالله بن محمد العمري

عضو

أ. نادر بن فياض الشراري

عضو

الفريق القانوني

أ. أحمد بن مصلح الثقفي

عضو

أ. نجود بنت عبداللطيف بدران

عضو

اللجنة الفنية (كود الطرق السعودي ٣١٠)

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي رئيس	م. سعود إبراهيم الثنيان عضو	د. علي بن سعيد القرني عضو
أ.د. ايمن بن حسين خليل عضو	م. إبراهيم البابطين عضو	م. عثمان بن مختار محمد عضو

فريق تدقيق الترجمة الفني

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

فريق تدقيق الترجمة اللغوي

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

المعايير والمواصفات المتبعة في تصميم الجسور والأنفاق في المملكة العربية السعودية؛ هي الأحكام الموثقة في تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (AAHSTO)، ٢٠٢٠، الإصدار التاسع (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020, 9th Edition)، التي يجب على المصممين الالتزام بها ما لم ينص هذا المجلد على خلاف ذلك.

جدول المحتويات

أ	جدول المحتويات
ز	قائمة الأشكال
ح	قائمة الجداول
١	١ - مقدمة:
١	١-١ ملخص الأبواب:
١	٢-١ النطاق:
٢	٣-١ المواصفات والأكواد المرجعية:
٣	٢ - إرشادات التصميم العامة:
٣	١-٢ سمات الموقع:
٣	١-١-٢ ترتيب موقع الطريق والجسر:
٣	٢-١-٢ الأعمال المساحية ورسم الخرائط:
٣	٣-١-٢ سلامة المرور:
٣	٤-١-٢ أجهزة التحكم المروري:
٤	٥-١-٢ المواصفات الهندسية:
٤	٦-١-٢ فحص الأساسات:
٤	٧-١-٢ الدراسات الطبوغرافية:
٤	٢-٢ الخلوص:
٤	١-٢-٢ الخلوص الرأسي للطريق:
٤	٢-٢-٢ الخلوص الأفقي للطريق:
٤	٣-٢-٢ البيئة:
٥	٣-٢ أهداف التصميم:
٥	١-٣-٢ السلامة الإنشائية:
٥	٢-٣-٢ قابلية الخدمة:
٦	٣-٣-٢ قابلية الإنشاء:
٦	٤-٣-٢ الاقتصاد:
٧	٤-٢ الهيدرولوجيا والهيدروليكا:
٧	٥-٢ صرف المياه على الطريق:
٨	٣ - الحالات الحدية والأحمال:
٨	١-٣ الحالات الحدية:
٨	١-١-٣ عامل الأهمية:
٨	٢-١-٣ التكرار (Redundancy):
٨	٣-١-٣ الحالات الحدية في الأحداث البالغة الحدة:
١٠	٤-١-٣ الأساسات:

١١.....	٥-١-٣ انحراف الحمل الحي:
١١.....	٢-٣ الأحمال:
١١.....	١-٢-٣ الأحمال الميتة:
١١.....	٢-٢-٣ الأحمال الحية:
١٢.....	٣-٢-٣ الهبوط التفاضلي (المتفاوت):
١٣.....	٤-٢-٣ أحمال الرياح:
١٥.....	٥-٢-٣ تأثيرات الزلازل:
٢٢.....	٦-٢-٣ التدرج الحراري:
٢٢.....	٧-٢-٣ المشاة:
٢٣.....	٤- تصميم البنية الفوقية:
٢٣.....	١-٤ مقدمة:
٢٣.....	٢-٤ اعتبارات عامة:
٢٣.....	١-٢-٤ الحد الأدنى من التسليح في البلاطات والجدران:
٢٣.....	٢-٢-٤ التحكم في عرض الشقوق المنحنية:
٢٣.....	٣-٢-٤ استخدام البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية لتسليح السطح:
٢٤.....	٣-٤ بلاطات السطح الخرساني على العوارض على شكل حرف (I)، والكمرات على شكل حرف (U)، والكمرات الصندوقية المنتشرة، وعوارض الألواح الحديدية، وعوارض الأحواض الحديدية:
٢٤.....	١-٣-٤ المواد:
٢٤.....	٢-٣-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):
٢٤.....	٣-٣-٤ معايير التصميم:
٢٥.....	٤-٣-٤ التفصيل:
٢٥.....	٤-٤ بلاطات السطح الخرساني على الكمرات ذات الإطارات المجاورة (كمرات البلاطات والكمرات الصندوقية):
٢٥.....	١-٤-٤ المواد:
٢٥.....	٢-٤-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):
٢٥.....	٣-٤-٤ معايير التصميم:
٢٥.....	٤-٤-٤ التفصيل:
٢٥.....	٥-٤ العوارض الخرسانية مسبقة الشد على شكل حرف I:
٢٥.....	١-٥-٤ المواد:
٢٥.....	٢-٥-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):
٢٦.....	٣-٥-٤ التحليل الإنشائي:
٢٦.....	٤-٥-٤ معايير التصميم:
٢٧.....	٦-٤ كمرات خرسانية مسبقة الشد على شكل حرف U:
٢٧.....	١-٦-٤ المواد:
٢٧.....	٢-٦-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):
٢٧.....	٣-٦-٤ التحليل الإنشائي:
٢٨.....	٤-٦-٤ معايير التصميم:

٢٩.....	التفاصيل:	٥-٦-٤
٣٠.....	كمرات البلاطات الخرسانية مسبقة الشد:	٧-٤
٣٠.....	المواد:	١-٧-٤
٣١.....	القيود الهندسية (الجيو مترية):	٢-٧-٤
٣١.....	التحليل الإنشائي:	٣-٧-٤
٣١.....	معايير التصميم:	٤-٧-٤
٣٢.....	كمرات البلاطات الخرسانية المنتشرة مسبقة الشد:	٨-٤
٣٢.....	المواد:	١-٨-٤
٣٢.....	القيود الهندسية (الجيو مترية):	٢-٨-٤
٣٢.....	التحليل الإنشائي:	٣-٨-٤
٣٢.....	معايير التصميم:	٤-٨-٤
٣٣.....	التفاصيل:	٥-٨-٤
٣٣.....	كمرات بلاطات الأسطح الخرسانية مسبقة الشد:	٩-٤
٣٣.....	المواد:	١-٩-٤
٣٣.....	القيود الهندسية (الجيو مترية):	٢-٩-٤
٣٣.....	التحليل الإنشائي:	٣-٩-٤
٣٤.....	معايير التصميم:	٤-٩-٤
٣٤.....	الكمرات الصندوقية الخرسانية مسبقة الشد:	١٠-٤
٣٤.....	المواد:	١-١٠-٤
٣٤.....	القيود الهندسية (الجيو مترية):	٢-١٠-٤
٣٤.....	التحليل الإنشائي:	٣-١٠-٤
٣٥.....	معايير التصميم:	٤-١٠-٤
٣٦.....	الكمرات الصندوقية الخرسانية المنتشرة مسبقة الشد (كمرات X):	١١-٤
٣٦.....	المواد:	١-١١-٤
٣٦.....	القيود الهندسية:	٢-١١-٤
٣٦.....	التحليل الإنشائي:	٣-١١-٤
٣٧.....	معايير التصميم:	٤-١١-٤
٣٧.....	امتدادات (spans) البلاطة الخرسانية المصبوبة في الموقع والعوارض (أشكال الوحدة):	١٢-٤
٣٧.....	المواد:	١-١٢-٤
٣٧.....	التحليل الإنشائي:	٢-١٢-٤
٣٧.....	امتدادات (spans) البلاطات الخرسانية المصبوبة في الموقع:	١٣-٤
٣٧.....	المواد:	١-١٣-٤
٣٨.....	القيود الهندسية (الجيو مترية):	٢-١٣-٤
٣٨.....	التحليل الإنشائي:	٣-١٣-٤
٣٨.....	معايير التصميم:	٤-١٣-٤
٣٨.....	عوارض الألواح المستقيمة:	١٤-٤

٣٨	المواد:	١-١٤-٤
٣٩	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-١٤-٤
٣٩	التحليل الإنشائي:	٣-١٤-٤
٣٩	معايير التصميم:	٤-١٤-٤
٤٢	٥- تصميم البنية التحتية:	
٤٢	مقدمة:	١-٥
٤٢	الأساسات:	٢-٥
٤٢	الإرشاد:	١-٢-٥
٤٢	الدعامات:	٣-٥
٤٢	المواد:	١-٣-٥
٤٢	معايير التصميم:	٢-٣-٥
٤٣	٤-٥ أغطية ركائز (bents) مستطيلة الشكل من الخرسانة المسلحة:	
٤٣	المواد:	١-٤-٥
٤٣	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-٤-٥
٤٣	التحليل الإنشائي:	٣-٤-٥
٤٣	معايير التصميم:	٤-٤-٥
٤٤	التفصيل:	٥-٤-٥
٤٤	٥-٥ أغطية ركائز (bents) على شكل حرف (T) مقلوب من الخرسانة المسلحة:	
٤٤	المواد:	١-٥-٥
٤٥	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-٥-٥
٤٥	التحليل الإنشائي:	٣-٥-٥
٤٥	معايير التصميم:	٤-٥-٥
٤٥	التفصيل:	٥-٥-٥
٤٥	٦-٥ الأعمدة من أجل الركائز (bents) متعددة الأعمدة:	
٤٥	المواد:	١-٦-٥
٤٦	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-٦-٥
٤٦	التحليل الإنشائي:	٣-٦-٥
٤٦	معايير التصميم:	٤-٦-٥
٤٧	٧-٥ الأعمدة لـ (bents) وركائز الأعمدة الفردية:	
٤٧	المواد:	١-٧-٥
٤٧	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-٧-٥
٤٧	التحليل الإنشائي:	٣-٧-٥
٤٧	معايير التصميم:	٤-٧-٥
٤٧	٨-٥ أغطية الركائز (bents) الخرسانية مسبقة الشد:	
٤٧	المواد:	١-٨-٥
٤٧	القيود الهندسية (الجيومترية):	٢-٨-٥

٤٨	التحليل الإنشائي:	٣-٨-٥
٤٨	معايير التصميم:	٤-٨-٥
٤٨	التفصيل:	٥-٨-٥
٤٩	٦- التصميمات الأخرى:	
٤٩	١-٦ التوسيعات:	
٤٩	١-١-٦ عام:	
٤٩	٢-٦ محامل لدائن مرنة مسلحة بالحديد للكمرات الخرسانية سابقة الشد:	
٤٩	١-٢-٦ المواد:	
٤٩	٢-٢-٦ القبول الهندسية (الجيومترية):	
٤٩	٣-٢-٦ التحليل الإنشائي:	
٥٠	٤-٢-٦ معايير التصميم:	
٥١	٣-٦ طريقة الدعامات والأربطة:	
٥١	١-٣-٦ التحليل الإنشائي:	
٥١	٢-٣-٦ معايير التصميم:	
٥١	٤-٦ العبارات الخرسانية:	
٥١	١-٤-٦ المواد:	
٥١	٢-٤-٦ القبول الهندسية (الجيومترية):	
٥١	٣-٤-٦ التحليل الإنشائي:	
٥٢	٤-٤-٦ معايير التصميم:	
٥٢	٥-٤-٦ التفصيل:	
٥٣	٧- التصميم الإنشائي للأنفاق:	
٥٣	١-٧ الغرض والنطاق:	
٥٣	٢-٧ فلسفة التصميم:	
٥٣	٣-٧ اعتبارات التصميم:	
٥٤	٤-٧ أنواع الهياكل الإنشائية لأنفاق الطرق:	
٥٤	١-٤-٧ أنفاق الحفر والردم (Cut-and-Cover):	
٥٤	٢-٤-٧ الأنفاق المنشأة بالتفجير (Mined):	
٥٤	٣-٤-٧ الأنفاق المحفورة بالتقبة الأفقي (Bored):	
٥٤	٤-٤-٧ الأنفاق المغمورة (Immersed):	
٥٤	٥-٧ اعتبارات التخطيط والمسار:	
٥٤	٦-٧ الخلوص والمتطلبات الهندسية (الجيومترية):	
٥٥	٧-٧ الأحمال ومزيج الأحمال:	
٥٥	١-٧-٧ الأحمال الناتجة عن التطوير والحمل الإضافي فوق و/أو بجانب النفق:	
٥٦	٨-٧ المواد الإنشائية واعتبارات التصميم:	
٥٦	١-٨-٧ خصائص المواد:	

٥٦.....	٢-٨-٧	متطلبات التصميم:
٥٦.....	٣-٨-٧	المنشآت الخرسانية:
٥٦.....	٤-٨-٧	المنشآت الحديدية:
٥٦.....	٩-٧	الاعتبارات الجيوتقنية:
٥٦.....	١-٩-٧	الاستقصاء الجيوتقني:
٥٦.....	٢-٩-٧	اختيار معلمات التربة والصخور للتصميم:
٥٦.....	٣-٩-٧	التقارير الجيوتقنية:
٥٦.....	١٠-٧	الهياكل الإنشائية لأنفاق الحفر والردم:
٥٧.....	١١-٧	الهياكل الإنشائية للأنفاق المنشأة بالتفجير وبالحفر (الثقب):
٥٧.....	١٢-٧	الهياكل الإنشائية للأنفاق المغمورة:
٥٨.....	٨-	ملاحظات التصميم والحسابات:
٥٨.....	١-٨	إجراءات تخص أرشفة ملاحظات التصميم:
٥٨.....	١-١-٨	عام:
٥٨.....	٢-١-٨	المسح الضوئي للملاحظات:
٥٩.....	٣-١-٨	اتفاقية التسمية:
٥٩.....	٢-٨	مراقبة الجودة وضمان الجودة (QC/QA):
٥٩.....	١-٢-٨	عام:
٥٩.....	٢-٢-٨	الرسومات الاستشارية المُعدة مسبقاً:
٥٩.....	٣-٢-٨	التحليل المستقل:
٦٠.....		المراجع
٦١.....		الملحق أ - مسرد المصطلحات
٦٥.....		الملحق ب - الاختصارات والرموز
٦٨.....		الملحق ج - الوحدات

قائمة الأشكال

- الشكل (٣-١) خصائص الشاحنة التصميمية. ١٢
- الشكل (٣-٢) سرعة الرياح التصميمية (متر لكل ثانية) (SBCNC, 2018a). ١٤
- الشكل (٣-٣) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (SS)، مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ٠,٢ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب (SBCNC, 2018a). ١٦
- الشكل (٣-٤) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (SS) مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ٠,٢ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب، شمال غرب (NW-SA) (SBCNC, 2018a). ١٧
- الشكل (٣-٥) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (SS)، مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ٠,٢ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب، جنوب غرب (SW-SA) (SBCNC, 2018a). ١٨
- الشكل (٣-٦) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (S1)، مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ثانية واحدة، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب (SBCNC, 2018a). ١٩
- الشكل (٣-٧) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (S1)، مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ثانية واحدة، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب، شمال غرب (NW-SA) (SBCNC, 2018a). ٢٠
- الشكل (٣-٨) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (S1)، مَعْلَمَة الحركة الأرضية لمدة ١ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب، جنوب غرب (SW-SA) (SBCNC, 2018a). ٢١

قائمة الجداول

- الجدول (١-١) المسميات والعناوين لمواصفات (ASTM) التي تنطبق على مجلد كود الطرق السعودي ٣١٠..... ٢
- الجدول (١-٣) الأحمال المجمعة وعامل الحمل البالغة الحدة III (TxDOT, 2023)..... ٩
- الجدول (٢-٣) عوامل الحمل للأحمال الدائمة (DC) (TxDOT, 2023)..... ١٠

١- مقدمة:

المعايير والمواصفات المعتمدة لتصميم الجسور والأنفاق في المملكة العربية السعودية هي الأحكام الموثقة في مواصفات (AASHTO) تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور الإصدار التاسع، ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 9th Edition, 2020)، والتي يجب على المصممين الالتزام بها ما لم يُوجه بخلاف ذلك في هذا المجلد (كود الطرق السعودي ٣١٠).

١-١ ملخص الأبواب:

- مجلد كود الطرق السعودي ٣١٠؛ تصميم الجسور والأنفاق، ينقسم إلى ٨ أبواب، وفيما يلي عرض موجز لتلك الأبواب:
- الباب (١): مقدمة؛** يقدم هذا الباب نظرة عامة على الأبواب، ونطاق المجلد، وقائمة كاملة بالمواصفات الواردة فيه.
- الباب (٢): إرشادات التصميم العامة؛** يتناول هذا الباب المتطلبات المتعلقة بسمات الموقع، والخلوص، وأهداف التصميم، والدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية، وتقييم المواقع، وعناصر الصرف.
- الباب (٣): الحالات الحدية والأحمال؛** يصف هذا الباب الحالات الحدية المختلفة وأحمال التصميم (على سبيل المثال: الميتة، الحية، الرياح، الزلازل)، التي يجب تصميم الجسور والأنفاق بناءً عليها؛ لتحقيق أهداف قابلية الإنشاء والسلامة وقابلية الخدمة.
- الباب (٤): تصميم البنية الفوقية؛** يهدف هذا الباب إلى توثيق السياسة الخاصة بتصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) لمكونات بنية فوقية للجسر.
- الباب (٥): تصميم البنية التحتية؛** يقدم هذا الباب تعديلات على السياسة الخاصة بتصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) لمكونات محددة للبنية التحتية للجسر.
- الباب (٦): التصميمات الأخرى؛** يشير هذا الباب إلى جوانب التصميم المتعلقة بتوسعات الجسر، حديد التسليح المرن المقوى للعوارض الخرسانية سابقة الشد، وطريقة الدعامات والأربطة والعبارات الخرسانية.
- الباب (٧): التصميم الإنشائي للأنفاق؛** يقدم هذا الباب ملخصاً لمتطلبات تصميم الأنفاق، مثل: فلسفة التصميم، واعتبارات التصميم، وأنواع أنفاق الطرق، واعتبارات الطريق والتخطيط، والتصميم الهندسي والخلوص، والأحمال ومجموعات الأحمال، والمواد الإنشائية واعتبارات التصميم، الاعتبارات الجيوتقنية، حفر وتغطية الهياكل الإنشائية للأنفاق، قوالب الأنفاق المحفورة، والهياكل الإنشائية للأنفاق المغمورة.
- الباب (٨): ملاحظات التصميم والحسابات؛** يتناول هذا الباب متطلبات الحفاظ على السجلات، وخصوصاً أرشفة ملاحظات تصميم الجسور في نظام إدارة قواعد بيانات التفتيش على الجسور.

٢-١ النطاق:

يهدف هذا المجلد إلى توثيق السياسة المتبعة في تصميم الجسور والأنفاق في المملكة العربية السعودية؛ لمساعدة مصممي الجسور على تطبيق الأحكام الموثقة في تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (AASHTO)، ٢٠٢٠، الإصدار التاسع (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020, 9th Edition)، مع التعديلات التي تتناسب المملكة العربية السعودية، التي يجب على المصممين الالتزام بها ما لم ينص هذا المجلد على خلاف ذلك.

وينبغي الإشارة أيضاً إلى أن مواصفات دليل (AASHTO) لتصميم جسور المشاة، ٢٠١٤، الإصدار الثاني، مع المراجعة المؤقتة لـ ٢٠١٥ (AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, 2014, 2nd Edition, with 2015 Interim Revision) تشير إلى الأحكام المتعلقة بتصميم جسور المشاة،

ويعتمد التصميم الإنشائي للأنفاق المقدم في الباب ٧- من هذا المجلد على مواصفات دليل (AASHTO) تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم وإنشاء نفق الطريق، ٢٠١٧، الإصدار الأول مواصفات دليل تصميم وبناء نفق الطريق (أشتو ٢٠١٧ LRFD)، الإصدار الأول (أشتو، ٢٠١٧) (AASHTO LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide Specifications, 2017, 1st Edition).

يعتمد هذا الدليل على استخدام التسليح التقليدي وحديد التسليح المسبق الإجهاد للهياكل الإنشائية الخرسانية. ويمكن استخدام تقوية البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية (GFRP) في بلاطات السطح في بناءً على مواصفات دليل (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور لتسليح الخرسانة بالبوليمر المقوى بالألياف الزجاجية، ٢٠١٨، الإصدار الثاني (AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete, 2018, 2nd Edition) مع التعديلات التي تتناسب المملكة العربية السعودية في الجزء الفرعي (٣-٢-٤).

٣-١ المواصفات والأكواد المرجعية:

يجب أن تكون مواصفات ورموز جميع المواد والإجراءات كما هي في هذه المواصفات العامة وفي مستندات العقد -إن وجدت-، وفي المصادر الآتية في أحدث إصدار لها:

- مواصفات (AASHTO) القياسية بشأن مواد النقل وطرائق أخذ العينات والاختبار.
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM).

يقدم الجدول (١-١) مواصفات (ASTM) المتعلقة بتصميم الجسور والأنفاق، بما في ذلك بما في ذلك المسميات والعناوين.

الجدول (١-١) المسميات والعناوين لمواصفات (ASTM) التي تنطبق على مجلد كود الطرق السعودي ٣١٠.

المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية	ASTM
Standard Specification for Structural Steel for Bridges	المواصفة القياسية للحديد الإنشائي للجسور	A٧٠٩
Standard Specification for High-Strength Steel Bars for Prestressed Concrete	المواصفة القياسية للقضبان الحديدية عالية القوة للخرسانة سابقة الإجهاد.	A٧٢٢
Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete	المواصفة القياسية لتسليح الخرسانة بالأسلاك الحديدية الكربونية، والأسلاك الملحومة؛ العادية والمشوّهة.	A١٠٦٤
Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers Designed According to AASHTO LRFD	المواصفات القياسية للقطاعات الصندوقية المتجانسة المصنوعة من الخرسانة المسلحة مسبقة الصب للعبّارات، ومصارف الأمطار، والمجاري المصممة وفقاً (AASHTO LRFD).	C١٥٧٧
Standard Specification for High Strength Structural Bolts and Assemblies, Steel and Alloy Steel, Heat Treated, Inch Dimensions 120 ksi and 150 ksi Minimum Tensile Strength, and Metric Dimensions 830 MPa and 1040 MPa Minimum Tensile Strength	المواصفة القياسية للبراغي والتراكيب الإنشائية عالية القوة، الحديدية والسبائك الحديدية، والمعالجة بالحرارة، وأبعاد البوصة (١٢٠) رطل لكل بوصة مربعة، و(١٥٠) رطل لكل بوصة مربعة من مقاومة الشد كحد أدنى، والأبعاد المترية (٨٣٠) ميغا باسكال، و (١٠٤٠) ميغا باسكال من مقاومة الشد كحد أدنى.	F٣١٢٥

٢- إرشادات التصميم العامة:

١-٢ سمات الموقع:

١-١-٢ ترتيب موقع الطريق والجسر:

يجب أن يُدعم اختيار موقع الجسور بتحليلاتٍ للبدائل مع مراعاة الاهتمامات الاقتصادية، والهندسية، والاجتماعية، والبيئية إضافة لتكاليف الصيانة والتفتيش المتعلقة بالهياكل الإنشائية والأهمية النسبية للمخاوف المذكورة أعلاه.

ينبغي أن يُحدد موقع الجسر ومحاذاته على نحو يلبي متطلبات المرور فوق الجسر وتحتة، مع مراعاة التغيرات المستقبلية المحتملة في محاذة أو عرض الممر المائي، أو الطريق، أو خط السكك الحديد الممتدة عبر الجسر.

ينبغي مراعاة الإضافة المستقبلية لمرافق النقل العام أو توسعة الجسور عند الحاجة.

يجب مراعاة الإجراءات المذكورة في كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق) فيما يخص موقع الطريق والتصميم الأولي.

يجب أن يتوافق تخطيط المشاة مع كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٢-١-٢ الأعمال المساحية ورسم الخرائط:

يجب أن تُوثق أعمال المسح أو الأنشطة المتعلقة بها التي تنفذها الجهات ذات الصلة.

يُقيم كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط) القواعد المقبولة والمحددة عمومًا، وطرق المسح المناسبة، والمعدات؛ لإجراء أنشطة رسم الخرائط بدقة لمشاريع الطرق.

يجب أن تكون مسوحات الإنشاء والتوجيه المؤتمت للآلات (AMG) وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

٣-١-٢ سلامة المرور:

يجب مراعاة المرور الآمن للمركبات فوق الجسر أو تحتة، وتقليل الأخطار التي تتعرض لها المركبات الشاردة داخل المنطقة الخالية بتحديد العوائق على مسافات آمنة من مسارات التنقل.

يجب أن تتفق دراسات عمليات المرور المتعلقة بجسور الطرق والأنفاق مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

يجب أن تتفق تحليل ونمذجة المرور لأنفاق وجسور الطرق مع الإجراءات والأدوات المذكورة في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

يجب أن تكون حواجز السلامة أو الجدران الاستنادية وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

يجب أن تُصمم بوابات الأنفاق وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

يجب أخذ التدابير اللازمة في الأنفاق أو الجسور لعزل المواد المحمولة الخطرة مجتمعةً، مثل الوقود والطاقة الكهربائية، وذلك عن طريق التغليف المساعد للناقلات غير المتوافقة تغليفًا إضافيًا أو بإنشاء مقصورات منفصلة. وتُدار عملية نقل المواد الخطرة للجسور والأنفاق وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق).

يجب أن تُحدد متطلبات السلامة المتعلقة بعمليات الأنفاق وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق).

يجب أن تتضمن تدابير التخفيف من عبور الحيوانات وتفاصيل التصميم معلومات وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق)، وكود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

٤-١-٢ أجهزة التحكم المروري:

تُعرّف أجهزة التحكم المروري بأنها اللافتات أو الإشارات أو العلامات، أو أي وسيلة أخرى من الوسائل الموضوعة على مرافق الجسور والأنفاق أو فوقها أو جوارها. والغرض من أجهزة التحكم المروري هو تحسين

السلامة على الطرق والجسور والأنفاق من خلال تنظيم الحركة لمستخدمي الطرق في الشوارع، والطرق، ومسارات الدراجات، والطرق الخاصة المفتوحة للتنقل العام في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية.

يجب أن تتفق متطلبات وضع اللافتات للجسور والأنفاق مع المتطلبات المذكورة في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

يجب أن تتفق العلامات الموجودة على الطرق والجسور والأنفاق مع المواصفات المحددة في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٥-١-٢ المواصفات الهندسية:

يجب إما استيفاء متطلبات كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق) أو يجب أن تكون الاستثناءات مبررة وموثقة، وكذلك يجب أن يستوفي عرض الأكتاف وهندسة الحواجز المرورية مواصفات كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

يجب أن تتفق معايير التصميم الهندسي فيما يتعلق بالجسور والأنفاق مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

يجب أن تُصمم مرافق المشاة بما يتوافق مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

٦-١-٢ فحص الأساسات:

إجراء فحص لما تحت السطح، بما ذلك الجسات واختبارات التربة، بما يتوافق مع الأحكام الواردة في مواصفات (AASHTO) تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications) لتوفير معلومات موثوقة وكافية لتصميم وحدات البنية التحتية.

تُحدد الاستقصاءات الجيوتقنية وفقاً لما جاء في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

٧-١-٢ الدراسات الطبوغرافية:

يجب أن تُعد الطبوغرافيا الحالية لموقع الجسر عبر صور وخرائط كنتورية، وتشتمل هذه الدراسات على تاريخ الموقع فيما يخص حركة كُتل الأرض، وتآكل التربة والصخور، وتعرج المجاري المائية.

يجب أن يتوافق المسح الطبوغرافي مع ما ورد في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

٢-٢ الخلوص:

١-٢-٢ الخلوص الرأسي للطريق:

يجب أن يُحدد الخلوص الرأسي للهياكل الإنشائية للطرق بما يتوافق مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

٢-٢-٢ الخلوص الأفقي للطريق:

لا يقل عرض الجسر عن عرض مقطع طريق الاقتراب، بما في ذلك الأكتاف أو البردورات والمزاريب وأرصفة المشاة، ويكون التصميم الهندسي للقطاعات العرضية للطرق متفقاً مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق).

٣-٢-٢ البيئة:

يجب مراعاة تأثير الجسر ومداخله على المجتمعات المحلية، والمواقع التاريخية، والأراضي الرطبة وغيرها من المناطق الحساسة من النواحي الجمالية والبيئية.



يجب أن يكون تقييم الآثار البيئية المرتبطة باستهلاك واستخدام الأصول المادية والإبلاغ عنها وإدارتها، والتخلص من المخلفات واستردادها وفقًا للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق).

٣-٢ أهداف التصميم:

١-٣-٢ السلامة الإنشائية:

يجب أن تكون مسؤولية المهندس الأساسية هي توفير السلامة للعامة، ويمكن للمالك أن يشترط هدفًا تصميميًا بخلاف بقاء المنشأة بعد التعرض لحدث بالغ الحدة.

٢-٣-٢ قابلية الخدمة:

١-٢-٣-٢ المواد:

يجب أن تشترط وثائق العقد جودة المواد وتطبيق معايير عالية في التصنيع والتركيب.
يجب أن تُحدد مواصفات المواد، والممارسات، وطرق الاختبار بما يتوافق مع كود الطرق السعودي ٣٠٩ (مواصفات المواد والاختبارات القياسية).

٢-٢-٣-٢ قابلية التفشي:

يجب توفير سلالمة التفشي، والممرات، والممرات الضيقة، وفتحات الوصول المغطاة، وتوفير الإنارة، إذا لزم الأمر، عندما تكون وسائل التفشي الأخرى غير عملية.
يجب أن تُحدد عمليات التفشي، والتقييم، والصيانة، وإدارة جسور وأنفاق الطرق الموجودة في الخدمة وفقًا لكود الطرق السعودي ٥٠٢ (نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها).

٣-٢-٣-٢ قابلية الصيانة:

ينبغي تجنب الأنظمة الإنشائية التي قد تكون صعبة الصيانة. وعندما تكون البيئة المناخية و/ أو المرورية صعبة لدرجة الحاجة لاستبدال سطح الجسر قبل بلوغ العمر الافتراضي المطلوب للخدمة، يجب إظهار الأحكام في وثائق العقد من أجل:

- طبقة تكسية وقائية معاصرة أو مستقبلية.
- استبدال سطح الجسر في المستقبل.
- المقاومة الإنشائية التكميلية.

يجب أن تُحدد عمليات التفشي، والتقييم، والصيانة، وإدارة جسور وأنفاق الطرق الموجودة في الخدمة وفقًا لكود الطرق السعودي ٥٠٢ (نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها).

٤-٢-٣-٢ إمكانية العبور عليه:

يجب أن يُصمَّم سطح الجسر بطريقة تتيح حركة مرور سلسلة، فتوضع بلاطة انتقالية إنشائية بين طريق الاقتراب ودعامة الجسر على الطرق المعبدة، ويُحدَّد التفاوت المسموح به في الإنشاء، فيما يتعلق بالمظهر النهائي للسطح، على المخططات أو في المواصفات أو الأحكام الخاصة.

٥-٢-٣-٢ المنافع العامة:

يجب أن تُتخذ التدابير اللازمة لدعم وصيانة وسيلة النقل المخصصة للمرافق عند الحاجة.

يجب أن تتوافق منافع الطاقة الكهربائية والاتصالات والمنافع الهيدروليكية مع متطلبات الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).

يجب أن تُصمَّم أنظمة استشعار ومراقبة المرور، وأنظمة المراقبة بالفيديو، واللافتات الإلكترونية، ورسائل التواصل، والإمداد بالطاقة بما يتفق مع الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).

٦-٢-٣-٢ التشوهات:

ينبغي أن تُصمَّم الجسور تصميمًا يمكنه أن يتفادى الآثار الإنشائية أو النفسية غير المرغوب بها لتشوهات.

٣-٣-٢ قابلية الإنشاء:

يجب أن تتضمن مسائل قابلية الإنشاء، على سبيل المثال لا الحصر؛ النظر في الانحراف، وقوة الحديد والخرسانة، والاستقرار خلال المراحل الحرجة من الإنشاء.

ينبغي أن تصمم الجسور تصميمًا يسمح بالتصنيع والتركيب دون صعوبة أو اضطراب، وتكون تأثيرات قوة الإنشاء المغلفة ضمن الحدود المسموح بها.

يجب أن تتوافق مواصفات إنشاء الجسور والأنفاق مع كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

يجب أن تكون الكهرباء وإمدادات المياه والسباكة والتخلص من المخلفات لموقع الإنشاء وفقًا لما ورد في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٤٠٣ (إنشاء مرافق الطرق).

يجب على كل مقال، وعلى نفقته الخاصة؛ تركيب المنافع وتشغيلها وحمايتها وصيانتها كما حُدد الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٤٠٣ (إنشاء مرافق الطرق)، خلال فترة إنشاء المشروع بأكمله، وأن تشمل هذه المنافع إمدادات المياه والسباكة، والكهرباء والإنارة، والطاقة والتخلص من المخلفات، وأي خدمات أخرى قد تنص عليها وثائق العقد.

٤-٣-٢ الاقتصاد:

يجب اختيار أنواع الهياكل الإنشائية وأطوال الامتدادات والمواد وإعطاء اهتمام خاص للتكلفة المتوقعة. وينبغي مراعاة تكلفة النفقات المستقبلية خلال فترة الخدمة المتوقعة للجسر. كما يجب مراعاة العوامل الإقليمية، مثل؛ توفر المواد، والتصنيع، والموقع، والشحن، وقيود التركيب.

يجب أن يُحدد التحليل الاقتصادي وفقًا لما جاء في الجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).



٤-٢ الهيدرولوجيا والهيدروليكا:

يجب إكمال الدراسات والتقييمات الهيدرولوجية والهيدروليكية لمواقع الجسور فيما يتعلق بمعايير الجريان المائي كجزء من إعداد الخطة الأولية. ويجب أن تتناسب تفاصيل هذه الدراسات مع الأهمية والأخطار المرتبطة بالهيكل الإنشائي.

يجب أن يراعي تقييم بدائل تصميم الجسر استقرار التدفق، والمياه الراكدة، وتوزيع التدفق، وسرعات التدفق، وإمكانية الجرف، ومخاطر الفيضانات، وديناميكيات المد والجزر عند الحاجة.

يجب أن تُحدّد متطلبات التصميم الهيدروليكي والهيدرولوجي وفقاً للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

٥-٢ صرف المياه على الطريق:

يجب أن يُصمَّم سطح الجسر ومداخل الطرق الخاصة به تصميمًا يوفر نقلًا آمنًا وفعالًا للجريان السطحي من طريق السير بطريقة تقلل من الأضرار التي تلحق بالجسر وتزيد من فرص سلامة المركبات المارة.

يجب أن يُنفَّذ الصرف العرضي للسطح -بما في ذلك الطرق ومسارات الدراجات وممرات المشاة-، بتوفير ميل عرضي أو تعلية جانبية كافية للصرف الإيجابي.

يجب أن تُحدّد اعتبارات الصرف لسطح الجسر وفقاً للجزء ذو الصلة من كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

٣- الحالات الحدية والأحمال:

١-٣ الحالات الحدية:

١-١-٣ عامل الأهمية:

صنّف تصاميم الجسور على أنها جسور نموذجية، كما حُدِّدَ في الجزء ذو الصلة بمواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) عند تطبيق عامل الأهمية التشغيلية، (η_r) على حالات حدود القوة.

٢-١-٣ التكرار (Redundancy):

أُضيف التالي إلى الجزء (١-٣-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) على النحو الآتي:

$$\eta_R \geq 1.05 \quad \text{المعادلة (١-٣)}$$

للعناصر غير التكرارية (nonredundant) والعناصر التي تتطلب تحليلاً لتحديد تكرارية النظام. لا يعتد بالصناديق أحادية الخلية والركائز (bents) أحادية العمود غير المكررة، ما لم توافق عليها الجهة ذات الصلة.

٣-١-٣ الحالات الحدية في الأحداث البالغة الحدة:

نقّح التعريف التالي في الملحق (أ) وكذلك في الجزء (١-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) على النحو الآتي:

الحالات الحدية في الأحداث البالغة الحدة: حالات الحدود المتعلقة بأحداث، مثل: الزلازل، فشل مكون أو عنصر إنشائي، وتصادم المركبات أو السفن، مع فترات عودة تزيد عن العمر التصميمي للجسر.

الجدول (٣-١) الأحمال المجمعة وعامل الحمل البالغة الحدة III (TxDOT, 2023).

استخدم واحدًا من هذه في كل مرة					SE	TG	TU	FR	WL	WS	WA	LL IM CE BR PL LS	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	حالة حد الأحمال المجمعة
CV	CT	IC	BL	EQ										
١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	--	--	--	--	١,٠	--	--	١,٠	١,١	Yp	حدث بالغ الحدة من النوع الثالث (III)
LS = الحمل الحي الإضافية WA = حمولة المياه وضغط التيار WS = حمل الرياح على الهيكل الإنشائي WL = الرياح عند الحمل الحي FR = حمل الاحتكاك TU = تأثيرات القوة بسبب درجة الحرارة المنتظمة TG = تأثيرات القوة بسبب التدرج الحراري SE = تأثيرات القوة بسبب الهبوط EQ = حمل الزلازل BL = حمل الانفجار IC = الحمل الجليدي CT = قوة اصطدام المركبات CV = قوة اصطدام السفن								DD = قوة السحب لأسفل DW = الحمل الميت للمنافع والطبقات السطحية EH = تحميل ضغط التربة الأفقي EV = الضغط الرأسي من الحمل الميت للردم الترابي ES = الحمل الإضافي للتربة EL = تأثيرات متنوعة للقوة المغلفة الناتجة عن عملية الإنشاء، بما في ذلك الرفع بعيدًا عن الكابولي في الإنشاء المقطعي PS = القوى الثانوية من الشد اللاحق CR = تأثيرات القوة بسبب الزحف SH = تأثيرات القوة بسبب الانكماش LL = الحمل الحي للمركبة IM = القيمة الإضافية للحمل الميكانيكي للمركبة CE = قوة الطرد المركزية للمركبة BR = قوة كبح المركبة PL = الحمل الحي للمشاة						

ملاحظة :

الحدث بالغ الحدة III: مجموعة الأحمال المتعلقة بأحد الأعضاء الإنشائية أو فشل المكونات فيما يتعلق بتقييم تكرار النظام للعوارض الحديدية ذات الحوض المزدوج.

يمكن استخدام نوعين من التحليل لتقييم الحدث بالغ الشدة III:

- التحليل الإنشائي التقريبي، كما هو موضح في نمذجة استجابة الجسور ذات العوارض الحرجة للكسر (Barnard et al., 2010)، لجسور ذات عوارض حوضية مسموح به عندما:
 - لا تتجاوز الامتدادات ٢٥٠ قدمًا.
 - لا تكون الدعامات منحرفة أكثر من ٢٠ درجة.
 - الانحناء الأفقي أكبر من ٢١٠ م (٧٠٠ قدم).
 - يتأكد المهندس من كفاية استخدام أسلوب التحليل التقريبي.

لكي يُسمح بالتحليل التقريبي للامتدادات التي تستوفي الشروط المحددة أعلاه، يجب أن يُفترض أن الوزن الذاتي الكامل للامتداد قيد

النظر والحمل الحي بأكمله محمول بواسطة العارضة السليمة بعد حدث الكسر المفترض. يجب أيضًا أن يُفترض أنه قبل الكسر، كانت العارضة المكسورة تحمل ٥٠٪ من إجمالي الحمل الميت وكامل الحمل الحي على الجسر، وبالتالي يُفترض أن بلاطة الجسر يجب أن تنقل هذه الحمولة من العارضة المكسورة إلى العارضة سليمة.

- التحليل الإنشائي المكرر كما هو موضح في نمذجة استجابة الجسور ذات العارضة الحديدية الحرجة للكسر (Barnard et al., 2010)، يجب أن يأخذ في الاعتبار قدرة العارضة السليمة بالإضافة إلى أجزاء من العارضة المكسورة التي لا تزال قادرة على توفير المقاومة الإنشائية، مثل مواقع الدعامات الداخلية. يجب أن يتم تصميم توزيع الأحمال بين العارضة السليمة والعارضة المكسورة بشكل واقعي. لا يلزم وجود جدول لمعاملات توزيع الحمل المباشر لتأثيرات القوة القصوى في كل فترة عند تقييم تكرار النظام (الجزء الفرعي ٣-١-٢). يمكن اعتبار الدرابزين أو الحاجز أو الجزيرة الوسطية المستمر إنشائيًا، الذي يعمل بشكل مركب مع المكونات الداعمة، نشطًا إنشائيًا في الحالة بالغة الحدة III عند تقييم تكرار النظام (الجزء الفرعي ٣-١-٢).

الجدول (٣-٢) عوامل الحمل للأحمال الدائمة (DC) (TxDOT, 2023)

عامل التحميل		نوع الحمل، ونوع الأساس، والطريقة المستخدمة لحساب السحب لأسفل
الحد الأدنى	الحد الأقصى	
٠,٩٠	١,١٠	DC: المكونات والمرفقات لتقييم التكرار في النظام. ملاحظة: DC: الحمل الميت للعناصر الإنشائية والملحقات غير الإنشائية

يجب أن تُضخم تأثيرات الحمل أثناء حدوث احتكاك محتمل بسبب كل من الأحمال الدائمة والأحمال العابرة المفترضة بمعامل تضخيم (١,٢٠) لمحاكاة التأثيرات الديناميكية للاحتكاك على امتداد العارضة (العوارض) المزدوجة.

٤-١-٣ الأساسات:

بالنسبة للجسور النموذجية متعددة الأعمدة؛ تحدد أحمال التصميم للأساسات عند تركيب أحمال لحالة حد الخدمة من النوع الأول (I)، وأحمال الأساس لركائز (bents) العمود الواحد وغيرها من الهياكل الإنشائية الفرعية غير النموذجية باستخدام الأحمال المجمعَة لحالة حد الخدمة من النوع الأول (I) والنوع الرابع (IV). وللأحمال المجمعَة لحالة حد الخدمة من النوع الرابع (IV)؛ ضَمِنَ ضغط الرياح الرأسي كما حدد في الجزء الفرعي (٣-٨-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). أما أحمال الأساسات على الركائز (bents) والدعامات النموذجية متعددة الأعمدة؛ فقم بتوزيع الحمل الحي بالتساوي على جميع الأساسات الداعمة، بافتراض تحميل جميع المسارات، واستخدم عامل الوجود المتعدد (m)، في القسم الفرعي (٣-٦-١-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

يتم تحديد حالات الخدمة من الأول إلى الرابع على النحو التالي:

- حالة الخدمة الأولى: مجموعة الأحمال المتعلقة بالاستخدام التشغيلي للعادي للجسر مع رياح تبلغ سرعتها ١١٠ كم/ساعة وجميع الأحمال المأخوذة بقيمتها الاسمية. يتعلق أيضًا بالتحكم في الانحراف في الهياكل الإنشائية المعدنية المدفونة، ولوحة بطانة النفق، والأنابيب البلاستيكية الحرارية، للتحكم في عرض الشقوق في الهياكل الخرسانية المسلحة، وللتحليل العرضي المتعلق بالشد في العوارض المقطعية الخرسانية. ينبغي أيضًا استخدام مجموعة الأحمال هذه للتحقق من ثبات المنحدر.
- حالة الخدمة الثانية: مجموعة الأحمال المخصصة للتحكم في إنتاجية الهياكل الإنشائية المعدنية وانزلاق الوصلات الحرجة بسبب الحمل المباشر للمركبة. بالنسبة للهياكل الإنشائية ذات ظروف تحميل الشاحنات الفريدة، مثل طرق الوصول إلى

- الموائى أو المواقع الصناعية والتي قد تؤدي إلى عدد غير متناسب من حمولات التصاريح، ينبغي مراعاة زيادة عامل الحمولة الخاصة بالموقع.
- حالة الخدمة الثالثة: مجموعة الأحمال للتحليل الطولي المتعلق بالشد في الهياكل الفوقية الخرسانية سابقة الإجهاد بهدف التحكم في الشقوق والشد الرئيسي في شبكات العوارض الخرسانية القطاعية.
- حالة الخدمة الرابعة: مجموعة الأحمال المتعلقة فقط بالشد في الأعمدة الخرسانية سابقة الإجهاد بهدف التحكم في التشققات.

٥-١-٣ انحراف الحمل الحي:

تحقق من انحراف الحمل بالرجوع إلى الجزء الفرعي (٢٥-٢-٦) والقسم الفرعي (٢-٣-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020)، واحسب الانحراف باستخدام عامل توزيع الحمل الحي يساوي عدد المسارات مقسومًا على عدد العوارض، واستخدم حدود الانحراف المذكورة في القسم الفرعي (٦-٢-٥-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٢-٣ الأحمال:

١-٢-٣ الأحمال الميتة:

لا تُصمَّم لطبقات سطحية مستقبلية ما لم يوجه به توجيهًا واضحًا من الجهة المحلية. كما يجب ألا يُطبَّق الحمل الميت للطبقات السطحية إلا عندما تكون هذه الطبقة السطحية جزءًا من التصميم الحالي أو تطبيقًا مستقبليًا معروفًا.

٢-٢-٣ الأحمال الحية:

يجب أن يتكون الحمل الحي للمركبات على طرق الجسور الجديدة أو الهياكل الإنشائية العارضة مما يلي:

- شاحنة تصميمية أو ترادف المحاور التصميمية.
- حمل المسار التصميمي.

يجب أن يُشغل كل مسار تصميمي قيد الدراسة إما بشاحنة تصميمية أو ترادف محاور تصميمي، تزامنًا مع حمل المسار أينما ينطبق ذلك، ويفترض أن تشغل الأحمال ٣ أمتار عرضية داخل مسار التصميم (AASHTO, 2020). يجب عدم استخدام الأحمال الحية للمركبات المعروضة هنا لتقييم أداء الجسور القائمة.

١-٢-٢-٣ الشاحنة التصميمية:

يجب أن تكون أوزان وتباعد المحاور والعجلات للشاحنة التصميمية كما حدد في الشكل (١-٣). ويجب العمل على تفاوت تباعد المحاورين - اللذين بوزن ٢٦٠ كيلو نيوتن- بين (٤,٣) م و (٩) م؛ لإنتاج تأثيرات قوة قصوى وفقًا لمواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020). ((AASHTO, 2020).



الشكل (١-٣) خصائص الشاحنة التصميمية.

٢-٢-٣-٢-٣: ترادف المحاور التصميمية:

يجب أن يكون ترادف المحاور التصميمية مكوناً من زوج من المحاور بوزن ٢٥٠ كيلو نيوتن بتباعد بين المحورين يبلغ (١,٢) متر، وتتخذ المسافات العرضية للعجلات على أنها (١,٨) متر، كما يجب اعتبار القيمة الإضافية للحمل الديناميكي على النحو المحدد في الجزء الفرعي (٢-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٣-٢-٢-٣-٣: حمل المسار التصميمية:

يكون حمل المسار التصميمية مكوناً من حمولة ٢٠ كيلو نيوتن/متر موزعة توزيعاً منتظماً في الاتجاه الطولي. وعرضياً، يجب افتراض أن يكون حمل المسار التصميمية موزعاً توزيعاً منتظماً على عرض ٣ أمتار، ويجب ألا تتوقف تأثيرات القوة الناتجة عن حمل المسار التصميمية على القيمة الإضافية للحمل الديناميكي.

٤-٢-٢-٣-٣: قوة الكبح:

تؤخذ قوة الكبح على أنها أكبر مما يلي:

- ٢٥ % من أوزان المحور للشاحنة التصميمية أو ترادف المحاور التصميمية.
- ٥ % من الشاحنة التصميمية بالإضافة إلى حمل المسار، أو ٥ % من ترادف المحاور التصميمية بالإضافة إلى حمل المسار.

٣-٢-٣-٣-٣: الهبوط التفاضلي (المتفاوت):

يجب مراعاة أسوأ الآثار التراكمية لما قد يحدث من هبوط تفاضلي طويل الأجل لأساسات الجسور الفردية على النحو الواجب في التحليل والتصميم، بافتراض المعامل الفعال لمرونة الخرسانة بنصف قيمتها التي حُصِلت من الحسابات العادية.

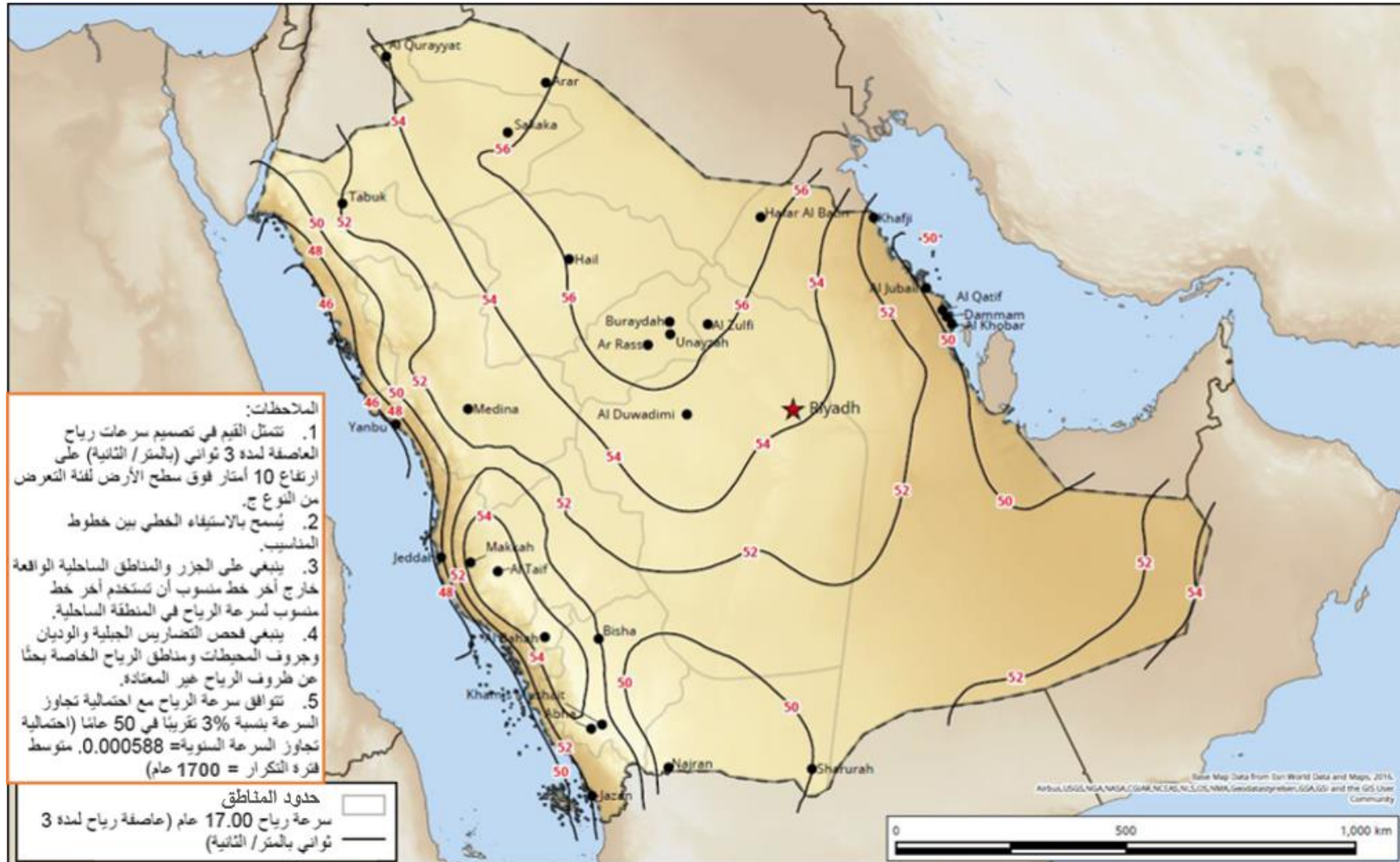
يجب أن يعتمد مقدار الهبوط التفاضلي المحتمل على تقرير فحص التربة الفعلي، ما لم يستبعد هذا التقرير استبعاداً قاطعاً إمكانية حدوث أي هبوط، ويجب النظر في التأثير التراكمي للهبوط التفاضلي بمقدار ٢٥ ملم على الأقل للأساسات المفردة (قيم أعلى إذا حدد التقرير ذلك).

يجب أن يُضْمَنُ تأثير الهبوط التفاضلي للأساسات في جميع حالات التحميل دون تجاوز حدود الإجهاد المسموح بها لكل منها (بالنسبة لتصميم عامل الحمل، يجب اعتبار أن قيمة معامل بيتا تساوي ١,٠).



٤-٢-٣ أحمال الرياح:

يوفر كود البناء السعودي (٣٠١) خرائط الرياح التي يمكن تطبيقها تطبيقاً مباشراً لتحديد الضغوط المتعلقة بتهج تصميم القوة. يجب أن تُحدَّد سرعة الرياح العاصفة التي تبلغ مدتها ٣ ثوانٍ، المستخدمة في تحديد أحمال الرياح التصميمية على الجسور من الشكل (٢-٣).



الشكل (٢-٣) سرعة الرياح التصميمية (متر لكل ثانية) (SBCNC, 2018a).



٥-٢-٣ تأثيرات الزلازل:

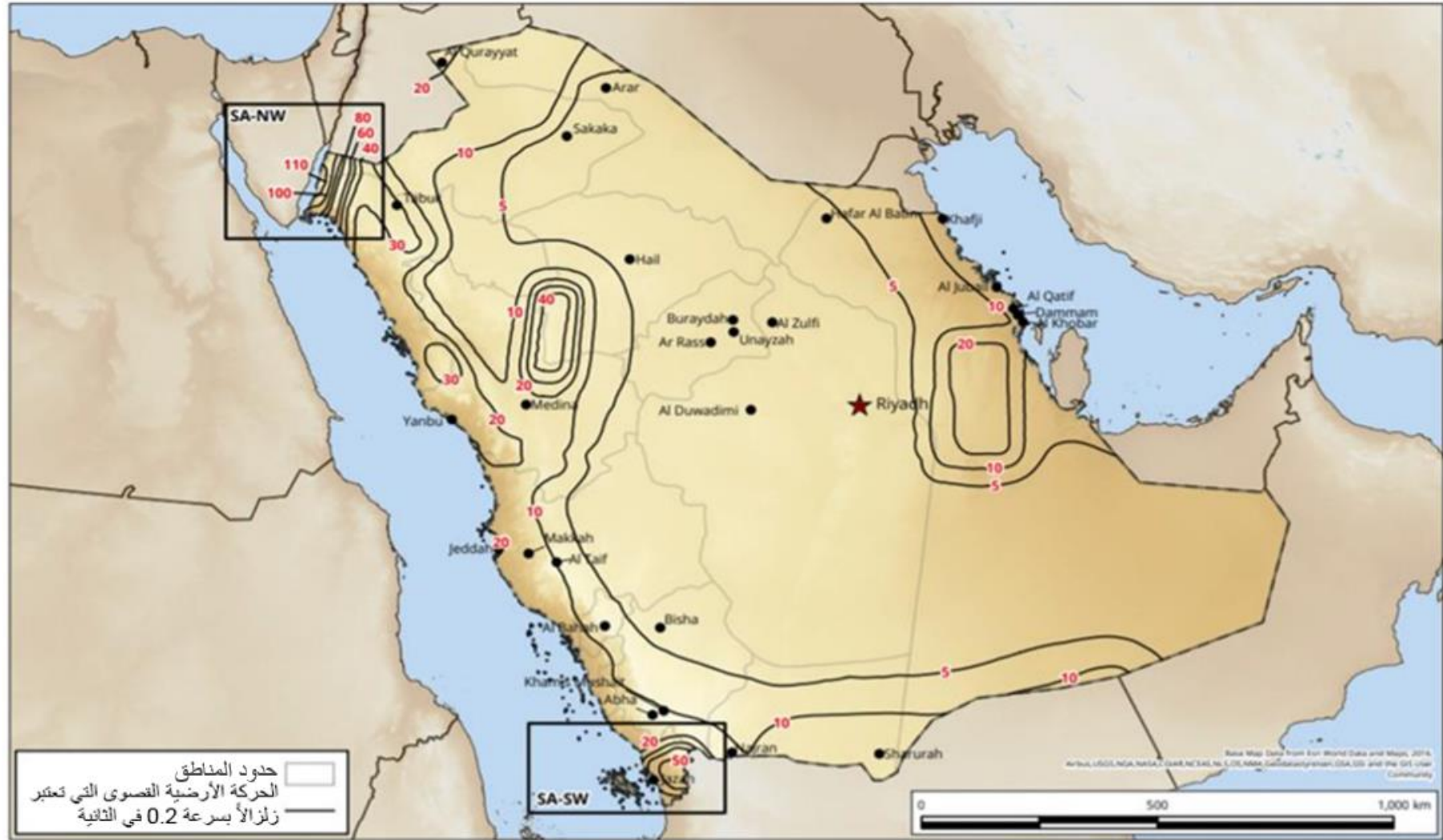
يجب أن تُصمَّم الجسور والأنفاق في المملكة العربية السعودية فيما يتعلق بتأثيرات الزلازل وفقاً لكود البناء السعودي ٣٠١ (SBCNC, 2018a).

يجب مراعاة تأثير الزلازل في فحوصات الاستقرار العام وكذلك الضغوط المادية، وتُحسب قوى الزلازل وفقاً للبابين (١١ و ١٥) من كود البناء السعودي ٣٠١ (SBCNC, 2018a).

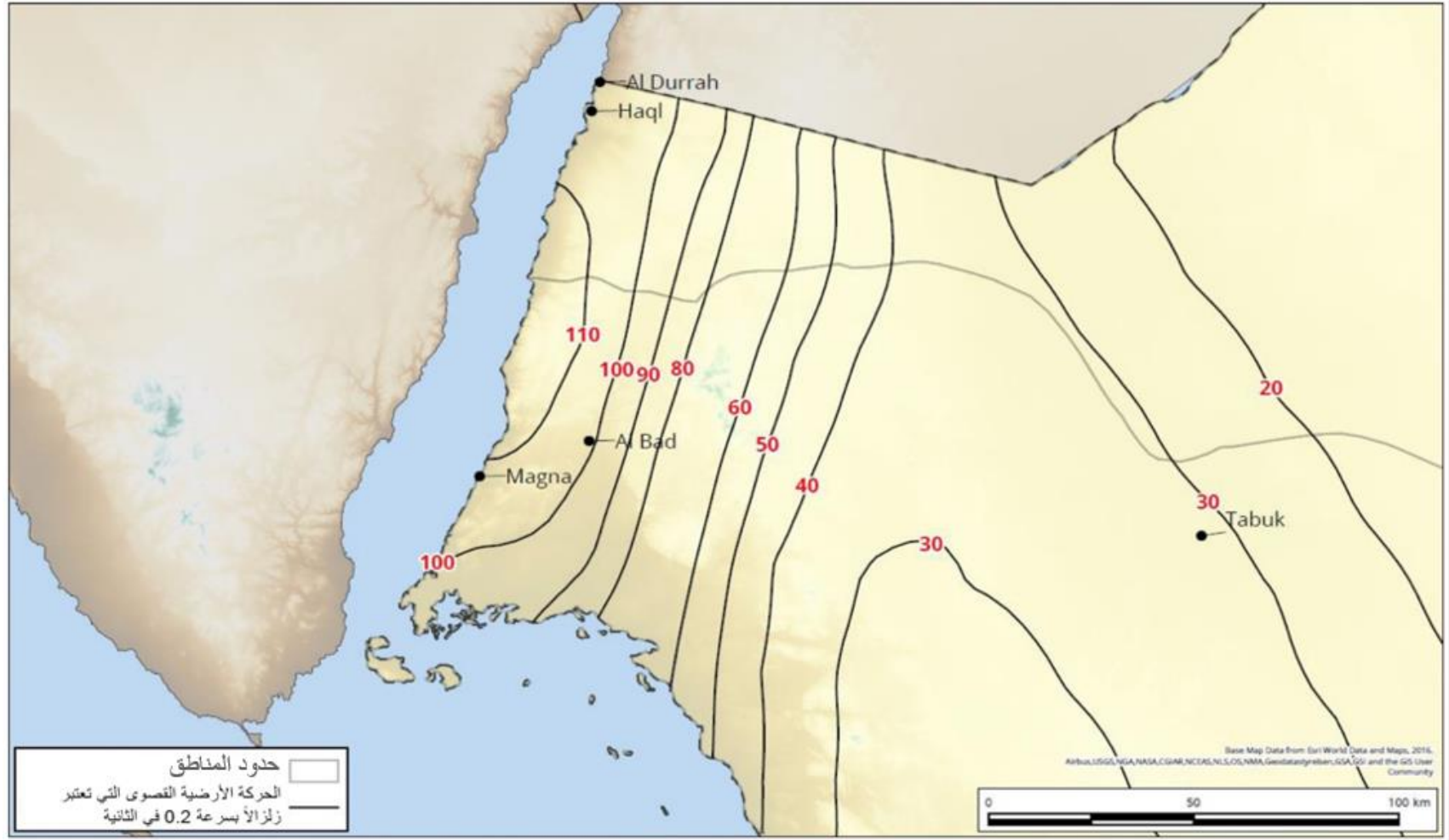
يجب أن يستخدم الإجراء العام معاملات تعجيل طيفي قصيرة وطويلة المدى (SS و S١، على التوالي) لحساب الطيف كما هو محدد في الجزء ذو الصلة من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). كما يجب أن تُحدَّد قيم (SS و S١) من ٠,٢ و ١ ثانية من تسارع الاستجابة الطيفية الموضحة في الأشكال (٣-٣ حتى ٥-٣) بالنسبة لقيمة (SS) والأشكال (٣-٦ حتى ٨-٣) بالنسبة لقيمة (S١) حسب الحاجة.

بالنسبة للجسور في المنطقة الزلزالية (١)؛ يجب أن تُحدد قوة التصميم الأفقية الناتجة عن التأثيرات الزلزالية على أنها (٠,١٥) ضعف الحمل الرأسي الميت للجسر، وتؤخذ قيمة عوامل تعديل الاستجابة (R) على أنها (١,٠). كما يجب أن تُحلَّل جميع المكونات الإنشائية للجسر وتُصمَّم بما يناسب مثل هذه التأثيرات لتوفير قوة تصميم كافية.

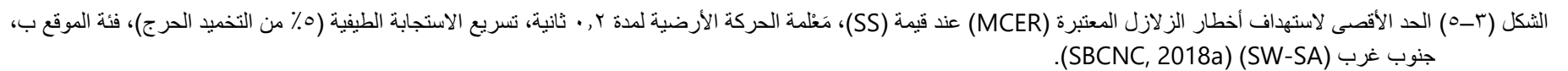
بالنسبة للجسور في المنطقة الزلزالية (١)؛ يجب أن تُحلَّل الدعامات والجدران الاستنادية وتُصمَّم بما يناسب آثار الزلازل باستخدام طريقة مشابهة كما وُضِّح في مواصفات تصميم جسر وفقاً لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). يجب أن يؤخذ معامل ذروة تسارع الأرض (As) على أنه (٠,٣).

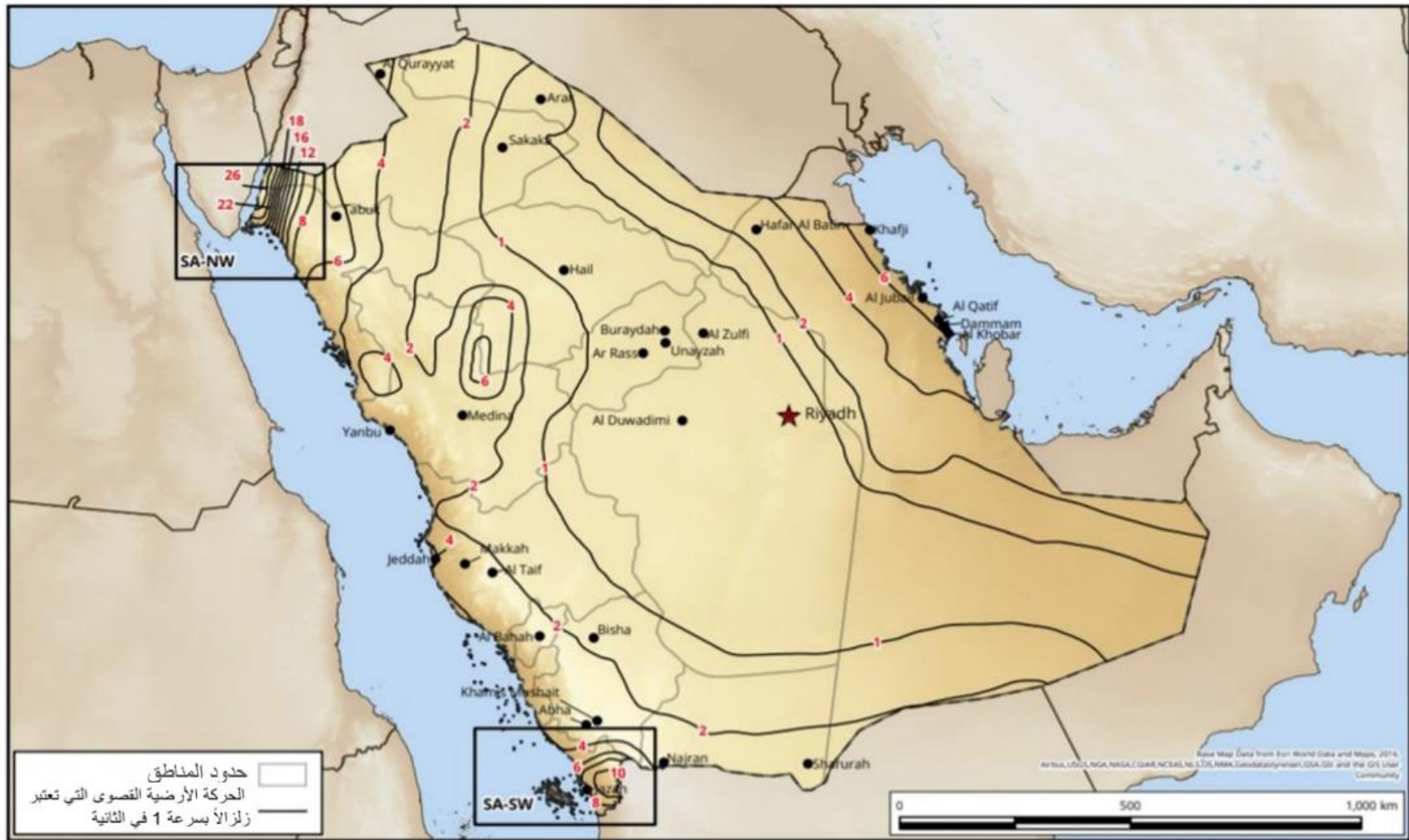


الشكل (٣-٣) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (SS)، معلمة الحركة الأرضية لمدة ٠,٢ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب (SBCNC, 2018a).

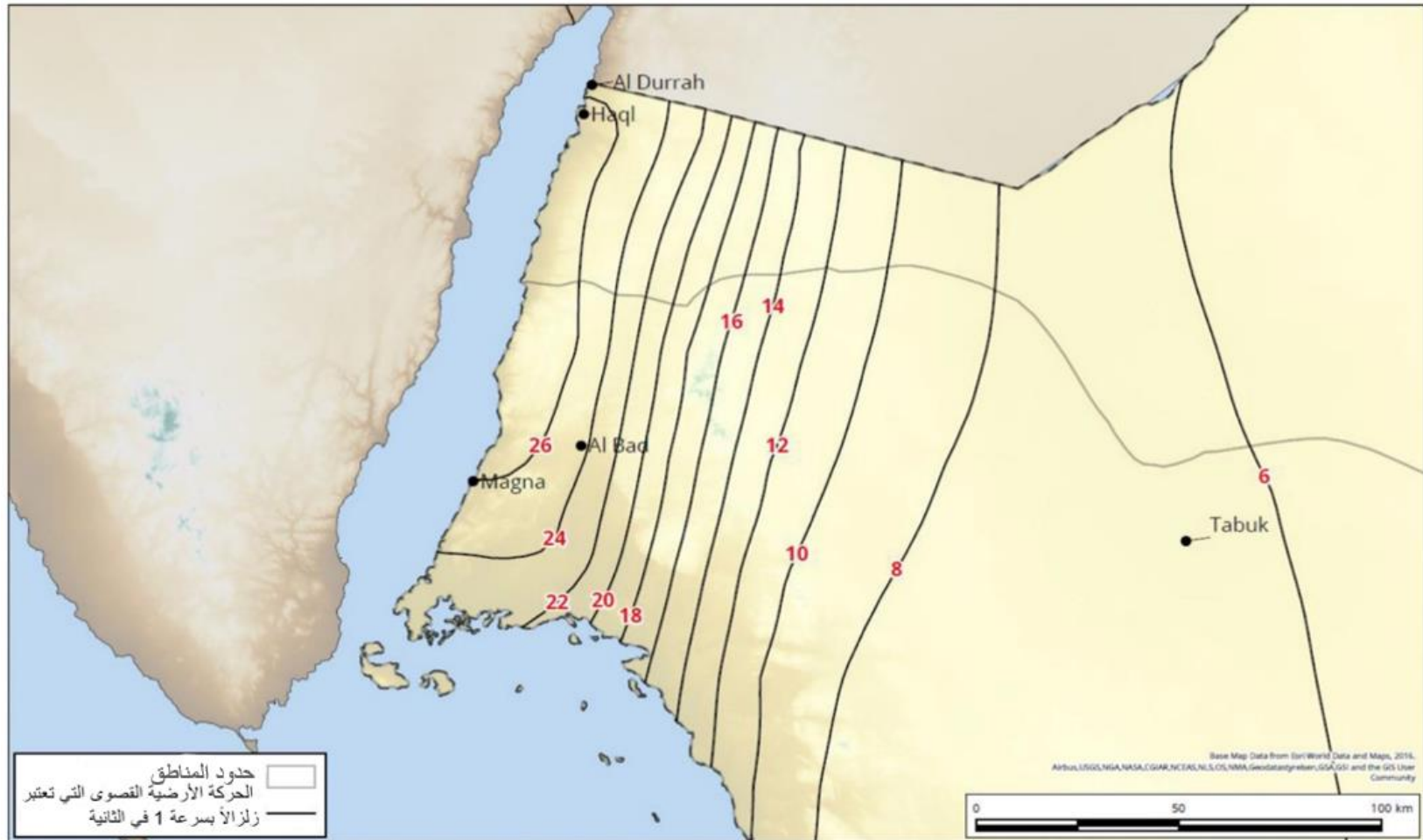


الشكل (٣-٤) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة $SS()$ معلمة الحركة الأرضية لمدة ٠,٢ ثانية، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخمين الحرج)، فئة الموقع ب،

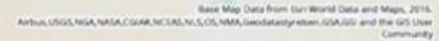




الشكل (٣-٦) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (S1)، مغلّمة الحركة الأرضية لمدة ثانية واحدة، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخميد الحرج)، فئة الموقع ب (SBCNC, 2018a).



الشكل (٣-٧) الحد الأقصى لاستهداف أخطار الزلازل المعتبرة (MCER) عند قيمة (S1)، معلمة الحركة الأرضية لمدة ثانية واحدة، تسريع الاستجابة الطيفية (٥٪ من التخمين الحرج)، فئة الموقع ب، شمال غرب (NW-SA) (SBCNC, 2018a).



غرب (SW-SA) (SBCNC, 2018a).

٦-٢-٣ التدرج الحراري:

ينبغي أن يضمن تأثير التدرج الحراري عند الحاجة.

يجب أن يضمن التحليل تأثيرات القوة الناتجة عن مقاومة تشوه المكون، وإزاحة نقاط تسليط الحمل، وحركات الدعم. عندما يكون تحديد تأثيرات القوة بسبب التدرج الحراري الرأسي مطلوبًا، ينبغي أن ينظر التحليل في الامتداد المحوري، وتشوهات الانثناء، والإجهادات الداخلية.

٧-٢-٣ المشاة:

لا تُطبق حمل المشاة على أرصفة المشاة عند تقييم التكرار في النظام في حالة حدية لحدث بالغ الحدة من النوع الثالث (III) (انظر الجزء الفرعي ٣-١-٣ للتعريفات).

وتُصمم جسور المشاة وفقًا لمواصفات دليل (AASHTO) تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم جسور المشاة، ٢٠١٤، الإصدار الثاني، مع المراجعة المؤقتة لـ ٢٠١٥ (AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, 2014, 2nd Edition, with 2015 Interim Revision).

٤- تصميم البنية الفوقية:

١-٤ مقدمة:

يوثق هذا الباب السياسة الخاصة بتصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) لمكونات البنية الفوقية للجسر.

٢-٤ اعتبارات عامة:

١-٢-٤ الحد الأدنى من التسليح في البلاطات والجدران:

يجب توفير مساحة التسليح (A_s) الآتية لسطح بلاطة إنشائية أو جدار إنشائي.

• البلاطات:

$$A_s \geq 0.002 A_c \quad \text{لـ } f_y \leq 420 \text{ ميجا باسكال}$$

إذ إن:

A_s = إجمالي مساحة التسليح للوجهين.

A_c = إجمالي مساحة القطاع العرضي المتعامد للبلاطة الخرسانية في اتجاه مساحة التسليح (A_s).

f_y = إجهاد الخضوع في قضبان التسليح.

يجب أن تُحسَب مساحة التسليح (A_s) هذه (وتوفر) في كل من الاتجاهين المتعامدين، و يجب ألا يزيد تباعد القضبان من المركز إلى المركز عن ($5t_s$) ولا عن (450) مم، حيث (t_s) هي سماكة البلاطة، ومع ذلك يوصى بأن تكون مسافة التباعد أقرب؛ للتحكم في الشقوق.

• الجدران:

يجب ألا يقل إجمالي التسليح الرأسي (لكلا الوجهين) عن (0.0015) من المساحة المقطعية للخرسانة المتعامدة على التسليح الرأسي.

يجب ألا يقل إجمالي التسليح الأفقي (لكلا الوجهين) عن (0.0025) من المساحة المقطعية الخرسانية المتعامدة على التسليح الأفقي.

يجب ألا يزيد تباعد قضبان التسليح من المركز إلى المركز عن (t_w) ولا عن (450) ملم، حيث (t_w) هي سماكة الجدران، ومع ذلك يوصى بمسافة تباعد أقرب؛ للتحكم في الشقوق.

٢-٢-٤ التحكم في عرض الشقوق المنحنية:

يجب ألا يتجاوز أقصى عرض لتشقق الانحناء عند وجه الشد لمقطع من الخرسانة المسلحة (0.25) ملم لظروف التعرض العادية، و (0.20) ملم للظروف البحرية وغير المواتية للتعرض (مثل: البلل، والتجفيف البديل، والجو الرطب، والتماس المباشر بالتربة، وما إلى ذلك).

ويمكن زيادة عرض التشقق المسموح به بنسبة ٢٥ % في ظل ظروف الإنشاء المؤقتة، أو الزلازل، أو الرياح.

يجب أن يُقدَّر أقصى عرض لتشقق الانحناء، إذا طلبت الجهة ذات الصلة.

٣-٢-٤ استخدام البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية لتسليح السطح:

قد يُسمح بتصميم أسطح الجسور الخرسانية الإنشائية باستخدام قضبان تسليح مصنوعة من البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية (GFRP)، بما يتوافق مع مواصفات تصميم جسر وفقاً لمواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسر (GFRP) تسليح الخرسانة بالبوليمر المقوى بالألياف الزجاجية، الإصدار الثاني (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications GFRP-Reinforced Concrete, 2nd edition)، باستثناء أي من الحالات الآتية:

أ- إذا عُذَّت بلاطة سطح الجسر الخرساني الإنشائي جزءاً من عناصر مقاومة الزلازل.

ب- إذا كانت قضبان التسليح التي من البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية مصنوعة بـ سطح خارجي أملس.

ج- إذا استخدمت خرسانة خفيفة الوزن.

لا يمكن استخدام البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية مع قضبان التسليح الحديدية. يجب عدم النظر في إعادة توزيع العزوم في الأسطح المستمرة لبلاطات السطح الخرساني المصنوع من البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية.

٣-٤ بلاطات السطح الخرساني على العوارض على شكل حرف (I)، والكمرات على شكل حرف (U)، والكمرات الصندوقية المنتشرة، وعوارض الألواح الحديدية، وعوارض الأحواض الحديدية:

١-٣-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى ٣٠ ميجا باسكال، ويجب أن تُحدَّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات مواصفة (ASTM A1064).

٢-٣-٤ القواعد الهندسية (الجيومترية):

أدنى عمق لبلاطة السطح (٢٢٠) ملم، ولا يُسمح باستخدام الأسطح الخرسانية الأقل سماكة.

تكون المسافة بين الغطاء الخرساني وقضبان التسليح (٦٠) ملم صافي حتى التسليح العلوي، و(٣٠) ملم صافي حتى التسليح السفلي، وتبلغ المسافة من الغطاء إلى نهاية القضبان (٥٠) ملم.

أقصى حد للنتوء البارز هو (١,٠٠٠) ملم بعد مقطع التصميم للعزم السالب المحدد في القسم الفرعي (٦-١-٢-٦-٤) من مواصفات تصميم جسر وفقاً لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)، لكن ليس أكثر من (١,٣) ضعف عمق العارضة.

أدنى حد للنتوء البارز هو (١٥٠) ملم من أعلى الكمر أو من طرف الشفة (flange)، يُستثنى من ذلك البلاطة المنتشرة، والكمرات الصندوقية المنتشرة، التي يكون الحد الأدنى فيها للنتوء البارز ٠ ملم.

٣-٣-٤ معايير التصميم:

استخدم ما أمكن التصميم التجريبي الوارد في الجزء الفرعي (٢-٧-٧) من مواصفات تصميم جسر وفقاً لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)، مع مراعاة الاستثناءات الآتية:

- التسليح العلوي (١٢) ملم بتباعد ٢٢٠ ملم كحد أقصى، في كلا الاتجاهين العرضي والطولي. ضع القضبان الطولية أقرب ما يمكن لسطح البلاطة العلوي.
- التسليح السفلي (١٢) ملم بتباعد ٢٢٠ ملم كحد أقصى، في كلا الاتجاهين العرضي والطولي. ضع القضبان العرضية أقرب ما يمكن لسطح البلاطة السفلي.

للكمرات المستمرة (أي: عوارض ألواح حديدية، وعوارض خرسانية مقسمة)، حيث يتجاوز إجهاد الشد الطولي في السطح الخرساني، إما بسبب أحمال الإنشاء الكبيرة أو كما هو موضح في مواصفات تصميم جسر وفقاً لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020) عن (٠,٩) من معامل التمزق:

- وقرّ تسليحاً طوليّاً بإجمالي مساحة قطاع عرضي لا تقل عن واحد بالمئة من إجمالي مساحة القطاع العرضي للجزء المصبوب في الموقع من السطح الخرساني.
- صمم وفصل للحالة الأسوأ بين سطح ذي عمق كامل مصبوب في الموقع، أو سطح ذي عمق جزئي مصبوب في الموقع على ألواح عندما يُسمح لكلا الخيارين على لوح التباعد (span sheet).
- مُدّ حديد التسليح الطولي بطول تطوير (Ld) واحد على الأقل بعد نقطة الانعطاف الانثناء العكسي.
- لا توجد حاجة للإطارات المتقاطعة ولا الحواجز الفاصلة عند الدعام لأى كمر أو عارضة خرسانة مسبقة الإجهاد.

أدنى حد لمقدار التسليح الطولي في الحصيرة العلوية هو (١٢) ملم بحد أقصى للتباعد (٢٢٠) ملم.

٤-٣-٤ التفصيل:

ضع حديد التسليح الرئيس موازيًا للانحراف حتى ١٥ درجة انحراف. ضع التسليح عموديًا على الكمرات للانحرافات التي تزيد عن ١٥ درجة، واستخدم فواصل في الأركان.

٤-٤ بلاطات السطح الخرساني على الكمرات ذات الإطارات المجاورة (كمرات البلاطات والكمرات الصندوقية):

١-٤-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميغا باسكال. يجب أن تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

٢-٤-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):

بلاطات الخرسانة المركبة القياسية هي بسمك (١٢٠) ملم كحد أدنى.

استخدم غطاء خرساني صافي علوي قدره (٦٠) ملم.

٣-٤-٤ معايير التصميم:

للتسليح العرضي، استخدم قضبان (١٦) ملم بمسافات تباعد (١٥٠) ملم بحد أقصى.

للتسليح الطولي، استخدم قضبان (١٢) ملم بمسافات تباعد (٣٠٠) ملم بحد أقصى.

٤-٤-٤ التفصيل:

ضع التسليح العرضي موازيًا للانحراف، وذلك للانحرافات التي قد تصل إلى ٣٠ درجة.

استخدم وصلات مُتحكم بها عند محاور الركائز (bents) عندما تكون البلاطات مستمرة فوق الركائز (bents).

٥-٤ العوارض الخرسانية مسبقة الشد على شكل حرف I:

١-٥-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميغا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميغا باسكال. يجب أن تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت (الماء/الإسمنت) بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميغا باسكال.

٢-٥-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):

أدنى عدد للعوارض التي على شكل حرف (I) في أي طريق هو أربعة، إذا كان الامتداد (span) فوق طريق تحته وكان الخلوّص الرأسي أقل من (٦,٠٠٠) ملم. خلاف ذلك، يمكن استخدام ما لا يقل عن ثلاثة عوارض على شكل حرف (I) لكل امتداد (span).

٣-٥-٤ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصاميم العوارض بالمتطلبات الآتية:

- وزع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاثة عوارض، مطبقة على القطاع العرضي المركب.
- يمكن حساب خصائص القطاع المركب بافتراض أن العارضة والبلاطة لهما نفس معامل المرونة. لا تُضمن البلاطة الخرسانية الموضوعة فوق أعلى العارضة عند تحديد خصائص المقطع. يمكن أيضًا استخدام خصائص المقطع بناءً على معامل مرونة العارضة والبلاطة النهائية؛ ومع ذلك، يجب مراعاة افتراض هذا التصميم في المخططات.
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الأحمال الحية مع القسم الفرعي (٢-٢-٢-٦-٤) فيما يخص عزم الانحناء، والقسم الفرعي (٦-٤-٢-٢) فيما يخص القص ضمن مواصفات تصميم جسر وفقًا لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020) على الترتيب، باستثناء الآتي:
- بالنسبة لتصميم العارضة الخارجية بطول بلاطة كابولية يساوي نصف أو أقل من نصف تباعد العوارض الداخلية المجاورة؛ تعامل مع العارضة الخارجية كما لو كانت عارضة داخلية؛ لتحديد عامل توزيع الحمل الحي للعارضة الداخلية. ويُعرف طول البلاطة الكابولية بأنه المسافة من خط مركز العارضة الخارجية إلى حافة البلاطة.
- لتصميم عارضة خارجية بطول بلاطة كابولية يزيد عن نصف تباعد العارضة الداخلية المجاورة؛ استخدم قاعدة الرافعة مع عامل الوجود المتعدد البالغ (١,٠) للمسار الواحد؛ لتحديد توزيع الحمل الحي.
- يجب ألا يقل الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الخارجية أبدًا عن الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الداخلية بطول مماثل.
- لا تستخدم التحليل الخاص المستند على التقريب التقليدي للأحمال على الخوازيق (Piles) وفقًا لمواصفات تصميم جسر وفقًا لعامل الحمل والمقاومة للجسر بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)، ما لم تُستقصى فعالية الحواجز الفاصلة على التوزيع العرضي لأحمال الشاحنات.
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص بأنه أقل من عدد المسارات مقسومًا على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد حسب ما ورد في القسم الفرعي (٢-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).
- إن سُمح ببلاطات سطح الخرسانة مسبقة الإجهاد أو الإطارات المعدنية للتثبيت في الموقع، فصمم الكمرة باستخدام سُمك البلاطة الأساسي.

٤-٥-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي التصميمات القياسية للعوارض بالمتطلبات الآتية:

- أضف واثنى الأوتار الفولاذية بالترتيب الموضح في الرسم القياسي للتصميمات غير القياسية للعوارض مسبقة الإجهاد التي على شكل حرف (I)؛ فثنى الأوتار الفولاذية أهو فضل طريقة لتقليل إجهاد الشد في نهاية الكمرة.
- يُسمح بتصميم الأوتار الفولاذية المستقيمة بدون إزالة الترابط كبديل للثني إن استوفيت الإجهادات والحدود الأخرى المذكورة أدناه.
- يجب أن تمثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)، باستثناء الآتي:
 - الحد الأقصى لطول عدم الترابط هو أقل طول مما يلي:
 - نصف طول الامتداد (span) مطروحًا منه أقصى طول للتطوير.
 - ٠,٢ من طول الكمرة.
 - ٤,٥٠٠ ملم.
 - يجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أي مقطع لما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر؛ إذ يُعرّف المقطع بأنه مقدار التزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢٠٠٠) ملم).
- لا تستخدم كلا الأوتار الفولاذية المثنية والأوتار الفولاذية المستقيمة مع إزالة الترابط لتقليل إجهادات الشد داخل الكمرة. استخدم نقاط التثبيت الموضحة في الرسم القياسي لتصميمات العوارض التي على شكل حرف (I).
- يقتصر إجهاد الأوتار الفولاذية بعد تثبيت الأطراف للأوتار الفولاذية منخفضة الليونة على (٠,٧٥ f_{pu}).
- يُسمح بإجهاد الضغط الأولي حتى (٠,٦٥ f_{ci}) ميغا باسكال.

- لا يلزم فحص الإجهاد النهائي في الجزء السفلي من نهايات العارضة إلا عند استخدام أوتار فولاذية مستقيمة غير مترابطة، أو عند مراعاة تأثير طول النقل للوتر الفولاذي مسبق الإجهاد في التحليل.
- يُسمح بإجهاد شد نهائي يصل إلى (٠,٦٠) ميغا باسكال.
- تعتمد عادة قوة الخرسانة النهائية المطلوبة (f_c) على إجهادات الضغط التي يجب ألا تتجاوز الحدود الآتية:
 - $f_c ٠,٦٠$ ؛ للإجهادات الناتجة عن الحمل الكلي مضافاً إليه الإجهاد المسبق الفعال.
 - $f_c ٠,٤٥$ ؛ للإجهادات الناتجة عن الإجهاد المسبق الفعال مضافاً إليه الأحمال الدائمة (الميتة).
 - $f_c ٠,٤٠$ ؛ للإجهادات الناتجة عن الأحمال الحية للكلل (I)، مضافاً إليه نصف مجموع الإجهادات الناتجة عن الإجهاد المسبق والأحمال الدائمة (الميتة).

ملاحظة :

تتم معالجة الكلل من خلال مجموعتين من معايير التصميم، أو مجموعات الأحمال، في مواصفات (AASHTO) تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، الإصدار التاسع، ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications :((AASHTO, 9th edition, 2020)):

• الكلل مجموعة الأحمال I و

• الكلل مجموعة الأحمال II.

تعتمد مجموعتا الحمل هاتان على النظامين المتميزين لسلوك الكلل.

تمثل مجموعة الحمل للكلل I نظام حياة لا نهائي (أي يمكن للجسر أن يحمل بأمان عددًا لا نهائيًا من دورات الكلل الناتجة عن حمولة الشاحنة). إذا تم استيفاء مجموعة الأحمال هذه، فسوف يتشقق الجسر بأمان خلال عمر التصميم الذي يبلغ ٧٥ عامًا بغض النظر عن عدد دورات الإجهاد ذات السعة الثابتة المطبقة. ويشار إلى هذا عادةً باسم "الحياة اللانهائية". تمثل مجموعة الحمل للكلل II نظام حياة الكلل المحدود حيث لا تكون المقاومة لانهاية بسبب تطبيق نطاقات إجهاد أعلى. إذا لم يتم استيفاء مجموعة الحمل للكلل I، فقد تظل مجموعة الحمل للكلل II توفر مقاومة كافية لعدد متوقع من دورات الإجهاد.

٦-٤ كمّرات خرسانية مسبقة الشد على شكل حرف U:

١-٦-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميغا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميغا باسكال. يجب أن تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥). استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064). استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميغا باسكال.

٢-٦-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):

أقصى زاوية انحراف للجسور ذات الكمّرات على شكل حرف (U) هو ٤٥ درجة.

٣-٦-٤ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصميمات الكمرة بالمتطلبات الآتية:

- ورّع ثلثي (٣/٢) الحمل الميت للحاجز الجانبي على الكمرة الخارجية، والثلث (٣/١) الآخر منها على الكمرة الداخلية المجاورة المطبقة على القطاع العرضي المركّب.
- استخدم خصائص القطاع الموضحة في الرسومات القياسية، أما القطاع المركّب فاستخدم خصائص القطاع الإجمالية.
- احسب خصائص القطاع المركّب بافتراض أن الكمرة والبلاطة لهما معامل مرونة نفسه. لا تصمّن الكرسي الخرساني (haunch concrete) الموضوع فوق أعلى الكمرة عند تحديد خصائص القطاع. يمكن أيضًا استخدام خصائص القطاع بناءً على الكمرة النهائية ومعامل مرونة البلاطة؛ ومع ذلك يجب الإشارة إلى هذا الافتراض التصميمي في المخططات. استخدم الانحراف الناتج عن وزن البلاطة فقط مضروبًا في (٠,٨) والميل العرضي مضروبًا في (٠,٧٥) لحساب عمق الكرسي.
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الأحمال الحية للكمّرات الداخلية مع القسم الفرعي (٢-٢-٦-٤) فيما يخص عزم الانحناء، والقسم الفرعي (٣-٢-٦-٤) فيما يخص القص ضمن مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم

- الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) على الترتيب.
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الأحمال الحية للكمرة الخارجية مع القسم الفرعي (٢-٢-٦-٤) فيما يخص عزم الانحناء، والقسم الفرعي (٣-٢-٦-٤) فيما يخص القص ضمن مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) على الترتيب:
 - عند استخدام قاعدة الرافعة، اضرب نتيجة قاعدة الرافعة في (٠,٩)؛ للأخذ في الحسبان توزيعاً أفضل للأحمال الحية الناشئة عن الصلابة الالتوائية المفيدة لنظام العوارض الصندوقية.
 - عندما يكون العرض الصافي للطريق أكبر من أو يساوي (٦,٠٠٠) ملم، استخدم عامل توزيع لاثنتين أو أكثر من المسارات التصميمية المُحمَّلة فقط. لا تُعدّ تصميمًا لمسار واحد محمّل.
 - عندما يكون العرض الصافي للطريق أقل من (٦,٠٠٠) ملم، صمم لمسار واحد محمّل بمعامل وجود متعدد يبلغ (١,٠).
- يجب ألا يقل الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الخارجية أبداً عن الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الداخلية بطول مماثل.
- للجسور التي تحتوي على أقل من ثلاث عوارض في القطاع العرضي؛ افترض أن عوامل توزيع الحمل الحي لعزم الانحناء والقص تساوي عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض. حدّد عدد المسارات كما يتطلبه القسم الفرعي (٦-٣-١-١) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص بأنه أقل من عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما هو وارد في القسم الفرعي (٢-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٤-٦-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي تصميمات الكمرة القياسية بالمتطلبات الآتية:

- التحكّم في الإجهادات في نهايات الكمرة باستخدام إزالة الترابط. لا يُسمح باستخدام الأوتار الفولاذية المثبتة في الكمرات التي على شكل حرف U.
- أضف الأوتار الفولاذية بالترتيب الموضّح في الرسم القياسي للكمرات الخرسانية التي على شكل حرف U (بيانات التصميم) (UBND) مسبقة الإجهاد.
- أوتار فولاذية غير مترابطة بتزايد قدره (١,٠٠٠) ملم عند نهايات الكمرة؛ للتحكّم في الإجهادات عند الإطلاق إذا لزم الأمر. إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبنّي تزايدت القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

يجب أن تمثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، باستثناء الآتي:

- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من إجمالي عدد الأوتار الفولاذية.
- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من عدد الأوتار الفولاذية في ذلك الصف.
- استبدال القيد (B/ب) كما ذُكر في القسم أعلاه، بما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر، ويجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أيّ قطاع؛ إذ يعرّف القطاع بأنه تزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢,٠٠٠) ملم). إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبنّي تزايدت القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- يمكن استخدام ما يصل إلى ٧٥ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة بالنسبة إلى العدد الإجمالي، وعدد الأوتار الفولاذية في كل صف، والعدد المُنهى في القطاع طالما صُمم الإجهاد الرئيس عند أو بالقرب من طول النقل المحدّد وفقاً للقسم الفرعي (٣-٣-٢-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، بغض النظر عن قوة الخرسانة.
- لا تُصمّم للقيد (E/هـ).

- استبدال القيد (G/ز) حيث يكون الحد الأقصى لطول إلغاء الترابط أقل من: أ) نصف طول الامتداد (span) مطروحاً منه الحد الأقصى لطول التطوير، ب) ٠,٢ ضعف طول الكمرة، ج) ٤,٥٠٠ ملم.
- للقطاعات ذات الجذوع المتعددة (multi-web) التي لها شفاة (flanges) سفلية، استبدال القيد (J/ي) بما يلي:
 - وُزَّع الأوتار الفولاذية غير المترابطة توزيعاً منتظماً.
 - اربط الوتر الفولاذي الخارجي الطرفي في كل صف.
- تجميع تصاميم الكمرة (U) خاضعة لتقدير المصمم. ولكن، لا يمكن أن يكون لكمرة (U) الخارجية قدرة تحمّل أقل من كمرة (U) الداخلية ذات الطول المتساوي. في حال اختار المصمم تجميع الكمرات، فإن القاعدة العامة هي تجميعها بما لا يزيد الفرق عن أربعة أوتار فولاذية.

القيود هي:

- أ: يجب ألا يتجاوز عدد الأوتار المفككة في كل صف ٤٥٪ من الأوتار المقدمة
- ب: لا يجوز إنهاء عملية التفكيك لأكثر من ستة فروع في أي قسم معين. عندما يتم فك الترابط ما مجموعه عشرة فروع أو أقل، لا يجوز إنهاء التفكيك لأكثر من أربعة فروع في أي قطاع معين.
- ج: يجب أن تكون التباعد الطولي بين مواقع انتهاء فك الارتباط ٦٠ على الأقل.
- د: يجب أن يتم توزيع الشرائح المفككة بشكل متماثل حول خط الوسط الرأسي للمقطع العرضي للعضو. يجب إنهاء عملية التفكيك بشكل متناظر في نفس الموقع الطولي.
- هـ: مواقع الأوتار المستعبدة والمفككة البديلة أفقياً وعمودياً.
- و: عندما يتم فصل جزء أو أجزاء من حبل الشد المسبق وحيث يوجد شد الخدمة في منطقة الشد المضغوطة مسبقاً، يجب تحديد أطوال التطوير، المقاسة من محيط المنطقة المفككة، في القسم (٢-٣-٤-٩-٥) من AASHTO مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).
- ز: بالنسبة للعوارض مسبقة الصب البسيطة والمسبقة الشد، يجب أن يقتصر طول فك الترابط من الحزمة على ٢٠٪ من طول الامتداد أو نصف طول الامتداد مطروحاً منه طول التطوير، أيهما أقل.
- ح: بالنسبة للعوارض سابقة الصب ذات الامتداد البسيط والتي يتم تصنيعها بشكل مستمر باستخدام وصلات العزوم الإيجابية، يجب أن يؤخذ في الاعتبار التفاعل بين لحظات الفك والتقيد من التأثيرات المعتمدة على الوقت (مثل الزحف والانكماش وتغيرات درجة الحرارة). للحصول على إرشادات إضافية، يرجى مراجعة القسم الفرعي (٥-١٢-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).
- ط: بالنسبة لقطاعات الشفة ذات الشبكة المفردة (كمرات على شكل I، ومصابيح على شكل حرف T، وعلى شكل حرف T)؛
 - ربط جميع الأوتار ضمن الحدود الأفقية للذئع عندما يتجاوز العدد الإجمالي للأوتار المفككة ٢٥٪.
 - قم بربط كافة الأوتار ضمن الحدود الأفقية للنسيج عندما تتجاوز الشفة السفلية لحصة عرض النسيج، bf/bw، ٤.
 - قم بربط الأوتار الخارجية في جميع الصفوف الموجودة داخل قسم العرض الكامل للشفة.
 - ضع الأوتار المنفصلة بعيداً عن خط الوسط العمودي.
- ي: للقطاعات ذات الشبكة المتعددة التي تحتوي على جذوع سفلية (بلاطة مفرغة، وكمرات صندوقية، وكمرات على شكل حرف U)؛
 - توزيع الأوتار المنفصلة بشكل موحد بين الشبكات.
 - يجب ربط الأوتار في حدود ١,٠ مرة من عرض الجذوع.
 - ربط الأوتار الخارجية داخل القسم.
 - ك: لجميع القطاعات الأخرى:
 - فصل بشكل موحد عبر عرض القطاع.
 - قم بربط الأوتار الخارجية الموجودة داخل قطاع أو الذئع أو الشفة.

٥-٦-٤ التفاصيل:

فصل ألواح التباعد (span sheets) للبلطة المصبوبة في الموقع بألواح خرسانية مسبقة الإجهاد.



٧-٤ كمرات البلاطات الخرسانية مسبقة الشد:

١-٧-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميجا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميجا باسكال، تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).
استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064). استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميجا باسكال.

يلزم استخدام بلاطة خرسانية مركّبة لا يقل سمكها عن (١٢٥) ملم.

كود الطرق السعودي ٣١٠

٨-٤ كمرات البلاطات الخرسانية المنتشرة مسبقة الشد:

١-٨-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميغا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميغا باسكال، تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).
استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).
استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميغا باسكال.

٢-٨-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):

أقصى زاوية انحراف لجسور كمرات البلاطات المنتشرة هو ٣٠ درجة دون تعديل الرسومات القياسية.
تكون نتوءات البلاطة المستهدفة عند ٠ ملم من حافة الكمرة، يُقبل بوجود حد أدنى من النتوءات؛ لاستيعاب انحناء الطريق.

٣-٨-٤ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصميمات الكمرات بالمتطلبات الآتية:

- وِرْع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاث كمرات مطبقة على القطاع العرضي المركّب.
- استخدم خواص القطاع الموضّحة في الرسومات القياسية لكمرات البلاطات مسبقة الإجهاد. للقطاع المركّب استخدم خواص المقطع الإجمالية.
- يمكن حساب خواص القطاع المركّب بافتراض أن طبقة تكسية الكمرة والبلاطة لهما معامل مرونة نفسه. عند تحديد خواص القطاع، لا تُضمّن الكرسي الخرساني الموضوع فوق الكمرة. يمكن أيضاً استخدام خواص القطاع بناءً على معامل مرونة الكمرة والبلاطة النهائي؛ ومع ذلك يجب الإشارة إلى هذا الافتراض التصميمي في المخططات.
- تتوفر عوامل توزيع الحمل الحي للقص والعزم من إدارة الجسور.
- يجب ألا يقل الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الخارجية أبداً عن الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرة الداخلية.
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص على أنه أقل من عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما يرد في القسم الفرعي (٣-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- إن سُمحّ ببلاطات سطح الخرسانة مسبقة الإجهاد أو الإطارات المعدنية للتثبيت في الموقع، فصمم الكمرة باستخدام سُمك البلاطة الأساسي.

٤-٨-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي تصميمات الكمرة القياسية بالمتطلبات الآتية:

- أضف أوتار فولاذية وألغ ترابطها بالترتيب الموضّح في الرسومات القياسية لتصميم كمرات البلاطات الخرسانية مسبقة الإجهاد.
- ألغ ترابط الأوتار الفولاذية بتزايد قدره (١,٠٠٠) ملم عند نهايات الكمرة إذا لزم الأمر؛ للتحكّم في الإجهادات عند الإطلاق. إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبنّى تزايدات القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

يجب أن تتمثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، باستثناء ما يلي:

- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من إجمالي عدد الأوتار الفولاذية.

- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من عدد الأوتار الفولاذية في ذلك الصف.
- استبدال القيد (ب/ب) بما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر، ويجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أي قطاع، حيث يعرف القطاع على أنه تزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢,٠٠٠) ملم).
- لا تُصمم للقيد (ه/ه).
- استبدال القيد (ز/ز) حيث يكون الطول الأقصى لإلغاء الترابط أقل من أي من:
 - نصف طول الامتداد (span) مطروحاً منه أقصى طول تطور.
 - ٠,٢ من طول الكمرة.
 - ٤,٥٠٠ ملم.

٥-٨-٤ التفصيل:

عدّل الرسومات القياسية لكمرات البلاطات بتمديد اللوح المركب (القضبان H) فوق الجزء العلوي من الكمرات؛ لتعكس استخدام الأسطح بسمك (٢٢٠) ملم. تبني الرسومات القياسية امتداد الحديد المركب لها على استخدام أسطح بسمك (١٢٥) ملم المطلوبة لكمرات البلاطات ذات الإطارات المتجاورة.

٩-٤ كمرات بلاطات الأسطح الخرسانية مسبقة الشد:

١-٩-٤ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميغا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميغا باسكال. يجب أن تُحدّد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥). استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A١٠٦٤). استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميغا باسكال.

٢-٩-٤ القيود الهندسية (الجيومترية):

أقصى زاوية انحراف لجسور كمرات بلاطات الأسطح هي ٣٠ درجة.

٣-٩-٤ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصاميم الكمرات بالمتطلبات الآتية:

- ورّع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاث كمرات.
- استخدم خواص القطاع الواردة في الرسومات القياسية لتفاصيل كمرات ألواح الأسطح الخرسانية مسبقة الإجهاد.
- يجب أن تمتثل عوامل توزيع الحمل الحي لجميع الكمرات، لكلا العزوم والقص، للجزء (٤-٧) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020)، باستخدام القطاع العرضي (ي/ل)، إذا كانت الكمرات متصلة بما يكفي فقط لمنع الإزاحة الرأسية النسبية في واجهاتها. استخدم ($K = ٢,٠$) عند تحديد عامل توزيع الحمل الحي.
- استخدم (S/١٠) كحد أقصى لتوزيع الحمل الحي.
- لا تُطبّق عامل تصحيح الانحراف للعزم كما أُقترح في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٢-هـ) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص على أنه أقل من عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما يرد في القسم الفرعي (٣-١-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).

٤-٩-٤ معايير التصميم

يجب أن تفي تصميمات الكمرات القياسية بالمتطلبات الآتية:

- ألغ ترابط الأوتار الفولاذية بتزايد قدره (١,٠٠٠) ملم عند نهايات الكمرات إذا لزم الأمر؛ للتحكم في الإجهادات عند الإطلاق. إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبني تزايدات القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

يجب أن تمتثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، باستثناء ما يلي:

- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من إجمالي عدد الأوتار الفولاذية.
- إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من عدد الأوتار الفولاذية في ذلك الصف.
- استبدال القيد (B/ب) بما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر، ويجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أي قطاع، حيث يعرف القطاع على أنه تزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢,٠٠٠) ملم).
- يمكن استخدام ما يصل إلى ٧٥ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة بالنسبة إلى العدد الإجمالي، وعدد الأوتار الفولاذية في كل صف، والعدد المنهي في القطاع طالما صُمم الإجهاد الرئيس عند أو بالقرب من طول النقل المحدد وفقًا للقسم الفرعي (٣-٣-٢-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، بغض النظر عن قوة الخرسانة.
- لا تُصمم للقيد (E/هـ).
- استبدال القيد (G/ز) حيث يكون الطول الأقصى لإلغاء الترابط أقل من أي من:
 - نصف طول الامتداد (span) مطروحًا منه أقصى طول تطور.
 - ٠,٢ من طول الكمرات.
 - ٤,٥٠٠ ملم.
- للقطاعات ذات الجذوع المتعددة (multi-web) التي لها شفاة (flanges) سفلية، استبدال القيد (J/ي) بما يلي:
 - وُزَّع الأوتار الفولاذية غير المترابطة توزيعًا منتظمًا.
 - اربط الوتر الفولاذي الخارجي الطرفي في كل صف.

٤-١٠-٤ الكمرات الصندوقية الخرسانية مسبقة الشد:

٤-١٠-٤-١ المواد:

- استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميجا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميجا باسكال، تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).
- استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A١٠٦٤).
- استخدم أوتار فولاذية مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميجا باسكال.

٤-١٠-٤-٢ القيود الهندسية (الجيومترية):

- أقصى انحراف لجسور كمرات الصندوقية هو ٣٠ درجة دون تعديل الرسومات القياسية.
- أدنى فجوة بين الكمرات الصندوقية المتجاورة هي ٢٥ ملم والحد الأقصى لها ٥٠ ملم.
- يلزم استخدام طبقة تكسية خرسانية مركبة لا يقل سمكها عن (١٢٥) ملم.

٤-١٠-٤-٣ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصاميم الكمرات بالمتطلبات الآتية:

- وُزَّع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاث كمرات.

- استخدام خواص القطاع الواردة في الرسومات القياسية للكمرات الصندوقية مسبقة الإجهاد. للمقطع المركب، استخدم خواص القطاع الإجمالية.
- يمكن أن تحسب خواص القطاع المركب بافتراض أن الكمرة وطبقة تكسية البلاطة الخرسانية المركبة لهما معامل مرونة نفسه. عند تحديد خواص القطاع، لا تضمن خرسانة الكراسي الموضوعة فوق الكمرة. يمكن أيضاً استخدام خواص القطاع المبنية على معامل مرونة الكمرة والبلاطة النهائي؛ ومع ذلك، يجب الإشارة إلى هذا الافتراض التصميمي في المخططات.
- يجب أن تمتثل عوامل توزيع الحمل الحي مع القسمين الفرعيين (٢-٢-٢-٦-٤)، و(٣-٢-٢-٦-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- استخدم:
 - القطاع العرضي (f/و) مع الجسور التي لها بلاطة خرسانية مركبة.
 - القطاع العرضي (g/ز) مع الجسور ذات الرصف الخرساني الأسفلتي (ACP) المطبق مباشرة فوق الكمرات، بافتراض أن الكمرات متصلة اتصالاً كافياً لتكون بمثابة وحدة واحدة.
- لا تُطبق عامل تصحيح الانحراف للعزم كما اقترح في القسم الفرعي (٢-٢-٢-٦-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص على أنه أقل من عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما يرد في القسم الفرعي (٢-١-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٤-١٠-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي تصاميم الكمرة القياسية بالمتطلبات الآتية:

- ألغ ترابط الأوتار الفولاذية بتزايد قدره (١,٠٠٠) ملم عند نهايات الكمرة إذا لزم الأمر؛ للتحكم في الإجهادات عند الإطلاق. إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبنى تزايدات القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- يجب أن تمتثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) باستثناء ما يلي:
 - إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من إجمالي عدد الأوتار الفولاذية.
 - إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من عدد الأوتار الفولاذية في ذلك الصف.
 - استبدال القيد (B/ب) بما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر، ويجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أي قطاع، حيث يعرف القطاع على أنه تزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢,٠٠٠) ملم، (٣,٠٠٠) ملم).
 - يمكن استخدام ما يصل إلى ٧٥ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة بالنسبة إلى العدد الإجمالي، وعدد الأوتار الفولاذية في كل صف، والعدد المنهي في القطاع طالما صُمم الإجهاد الرئيس عند أو بالقرب من طول النقل المحدد وفقاً للقسم الفرعي (٣-٣-٢-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، بغض النظر عن قوة الخرسانة.
 - لا تُصمم للقيد (E/هـ).
 - استبدال القيد (G/ز) حيث يكون الطول الأقصى لإلغاء الترابط أقل من أي من:
 - نصف طول الامتداد (span) مطروحاً منه أقصى طول تطور.
 - ٠,٢ من طول الكمرة.
 - ٤,٥٠٠ ملم.
 - للقطاعات ذات الجذوع المتعددة (multi-web) التي لها شفاة (flanges) سفلية، استبدل القيد (J/ي) بما يلي:

- ورَّع الأوتار الفولاذية غير المترابطة توزيعًا منتظمًا.
- اربط الوتر الفولاذي الخارجي الطرفي في كل صف.
- استخدم مفاتيح القص لجميع جسور الكمرات الصندوقية. لا تأخذ في الاعتبار العمل المركب بين الكمرات ومفاتيح القص أثناء حساب عوامل توزيع الحمل الحي، ولا في حساب القوة أو الإجهاد أو الانحراف.

٤-١١ الكمرات الصندوقية الخرسانية المنتشرة مسبقة الشد (كمرات X):

٤-١١-١ المواد:

- استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميجا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميجا باسكال. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).
- استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).
- استخدم كابلات مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميجا باسكال.

٤-١١-٢ القيود الهندسية:

- أقصى زاوية انحراف لجسور الكمرات (X) هي ٣٠ درجة دون تعديل الرسومات القياسية.

٤-١١-٣ التحليل الإنشائي:

- يجب أن تفي تصاميم الكمرات بالمتطلبات الآتية:

- ورَّع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاث كمرات مطبقة على القطاع العرضي المركب.
- استخدام خصائص القطاع الموضحة في الرسومات القياسية لكمرات (X) الخرسانية مسبقة الإجهاد.
- للمقطع المركب، استخدم خواص القطاع الإجمالية
- يمكن أن تحسب خواص القطاع المركب بافتراض أن الكمرات والبلاطة المركبة لهما معامل مرونة نفسه. عند تحديد خواص القطاع، لا تضمن خرسانة الكراسي الموضوعة فوق الكمرات. يمكن أيضًا استخدام خواص القطاع المبنية على معامل مرونة الكمرات والبلاطة النهائي؛ ومع ذلك، يجب الإشارة إلى هذا الافتراض التصميمي في المخططات.
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الحمل الحي للكمرات الداخلية مع القسم الفرعي (٤-٦-٢-٢) لعزم الانحناء والقسم الفرعي (٤-٦-٢-٣) للقص من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الحمل الحي للكمرات الخارجية مع القسم الفرعي (٤-٦-٢-٢) لعزم الانحناء والقسم الفرعي (٤-٦-٢-٣) للقص من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، مع الاستثناءات الآتية:
 - عند استخدام قاعدة الرافعة، اضرب نتيجة قاعدة الرافعة في (٠,٩) للأخذ في الحسبان توزيعًا أفضل للحمل الحي الناشئ عن الصلابة الالتوائية المفيدة لنظام العارضة الصندوقية.
 - عندما يكون العرض الصافي للطريق أكبر من أو يساوي (٦,٠٠٠) ملم، استخدم عامل توزيع لاثنين أو أكثر من المسارات التصميمية المُحمَّلة فقط. لا تُعدَّ تصميمًا لمسار واحد محمّل.
 - عندما يكون العرض الصافي للطريق أقل من (٦,٠٠٠) ملم، صمم لمسار واحد محمّل بمعامل وجود متعدد يبلغ (١,٠).
- يجب ألا يقل الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرات الخارجية أبدًا عن الحمل الحي المستخدم في تصميم الكمرات الداخلية.
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص على أنه أقل من عدد المسارات مقسومًا على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما يرد في القسم الفرعي (٣-١-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- إن سُمح ببلاطات سطح الخرسانة مسبقة الإجهاد أو الإطارات المعدنية للتثبيت في الموقع، فصمم الكمرات باستخدام سُمك البلاطة الأساسي.

٤-١١-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي تصاميم الكمرات القياسية بالمتطلبات الآتية:

- ألغ ترابط الأوتار الفولاذية بتزايد قدره (١,٠٠٠) ملم عند نهايات الكمرات إذا لزم الأمر؛ للتحكم في الإجهادات عند الإطلاق. إذا كان قطر الأوتار الفولاذية أكبر من ١٥ ملم، فتبنى تزايدات القطاع على القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- يجب أن تتمثل الأوتار الفولاذية غير المترابطة مع القسم الفرعي (٣-٣-٤-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) باستثناء ما يلي:
 - إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من إجمالي عدد الأوتار الفولاذية.
 - إلغاء ترابط ما لا يزيد عن ٥٠ % من عدد الأوتار الفولاذية في ذلك الصف.
 - استبدال القيد (B/ب) بما لا يزيد عن ٥٠ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة، أو ١٠ أوتار فولاذية، أيهما أكبر، ويجب إنهاء عملية إزالة الترابط في أي قطاع، حيث يعرّف القطاع على أنه تزايد (على سبيل المثال: (١,٠٠٠) ملم، (٢,٠٠٠) ملم، (٣,٠٠٠) ملم).
 - يمكن استخدام ما يصل إلى ٧٥ % من الأوتار الفولاذية غير المترابطة بالنسبة إلى العدد الإجمالي، وعدد الأوتار الفولاذية في كل صف، والعدد المنهي في القطاع طالما صُمم الإجهاد الرئيس عند أو بالقرب من طول النقل المحدد وفقاً للقسم الفرعي (٣-٣-٢-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠ (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، بغض النظر عن قوة الخرسانة.
 - لا تُصمم للقيد (E/هـ).
 - استبدال القيد (G/ز) حيث يكون الطول الأقصى لإلغاء الترابط أقل من أي من:
 - نصف طول الامتداد (span) مطروحاً منه أقصى طول تطور.
 - ٠,٢ من طول الكمرات.
 - ٤,٥٠٠ ملم.
- للقطاعات ذات الجذوع المتعددة (multi-web) التي لها شفاة (flanges) سفلية، استبدال القيد (J/ي) بما يلي:
 - وزّع الأوتار الفولاذية غير المترابطة توزيعاً منتظماً.
 - اربط الوتر الفولاذي الخارجي الطرفي في كل صف.

٤-١٢-٤ امتدادات (spans) البلاطة الخرسانية المصبوبة في الموقع والعوارض (أشكال الوحدة):

٤-١٢-٤ المواد:

- استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميجا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميجا باسكال. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).
- استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).
- استخدم كابلات مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميجا باسكال.

٤-١٢-٤ التحليل الإنشائي:

غير مطلوب.

٤-١٣-٤ امتدادات (spans) البلاطات الخرسانية المصبوبة في الموقع:

٤-١٣-٤ المواد:

- استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٤٠) ميجا باسكال، وبخصائص مقاومة أسطوانية بحد أقصى (٦٠) ميجا باسكال.

ميجا باسكال. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

استخدم كابلات مسبقة الإجهاد بمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١٨٦٠ ميجا باسكال.

٢-١٣-٤ القيود الهندسية (الجيو مترية):

أقصى زاوية انحراف لجسور امتدادات البلاطات هو (٣٠) درجة مع الامتداد المائل، استخدم مفاتيح القص بعمق ٥٠ ملم x عرض ١,٨٠٠ ملم، بشكل مواز لحركة المرور. شكّل مفاتيح القص في الجزء العلوي من أغطية البنية التحتية في منتصف الأغطية. راجع الرسومات القياسية لامتدادات البلاطات الخرسانية المصبوبة في الموقع للحصول لمعرفة تفاصيل مفتاح القص.

اكسر أركان البلاطات لتكون (٤٥٠) ملم مع درجة انحراف تزيد عن (١٥) درجة.

استخدم غطاء علويًا صافيًا قدره (٦٠) ملم. استخدم غطاء سفليًا صافيًا قدره (٣٠) ملم.

احصر طول الامتدادات عند حوالي (٧,٥٠٠) ملم للامتدادات البسيطة وامتدادات النهاية للوحدات المستمرة. واحصر الامتدادات الداخلية للوحدات المستمرة عند حوالي (٩,٠٠٠) ملم.

٣-١٣-٤ التحليل الإنشائي:

وزّع وزن جميع الحواجز الجانبية وأرصعة المشاة على عرض البلاطة بالكامل إن لم يزد عرض البلاطة عن (٩,٧٠٠) ملم. بخلاف ذلك، وزّع حمولة الحواجز الجانبية على (٤,٨٠٠) ملم.

٤-١٣-٤ معايير التصميم:

تصميم القص غير مطلوب إن صُمِّمت الامتدادات وفقًا للقسم الفرعي (٤-٦-٢-٣) من لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

لا يمكن أن يكون لكمرة الحافة الطولية تسليح انثناء أقل من مناطق البلاطات الداخلية. ولا تأخذ في الاعتبار سعة الانحناء الإضافية لدرابزين الحاجز الخرساني أو الجدران أو أرصفة المشاة في تصميم كمرة الحافة الطولية.

وفّر تسليح توزيع عرضي سفلي. استخدم المعادلة (١-٤) لحساب المقدار المطلوب.

$$\frac{100}{\sqrt{L}} \leq 50\%$$

(المعادلة (١-٤))

وفّر قضبان تسليح بقطر (١٢) ملم، وبمسافة (٣٠٠) ملم كحد أقصى؛ لتسليح الانكماش ودرجة الحرارة المطلوبة لتلبية المتطلبات الواردة في الجزء الفرعي (٥-١٠-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٤-١٤ عوارض الألواح المستقيمة:

١-١٤-٤ المواد:

استخدم حديد (ASTM A709) رتبة (50W) للجسور غير المطلية، وحديد (ASTM A709) رتبة (345 MPa) للجسور المطلية، وحديد (ASTM A709) رتبة (HPS 485 MPa W) للجسور غير المطلية والمطلية إذا كان ذلك اقتصاديًا أو مفيدًا.

استخدم براغي بقطر (٢٢) ملم أو (٢٥) ملم للوصلات المثبتة بالبراغي.

٤-١٤-٢ الفجود الهندسية (الجبومترية):

أدنى حد لعرض الشفة (flange) هو:

$$0.20D$$

حيث إن:

D = عرض الجذع، ولكن ليس أقل من (٣٧٥) ملم.

الحد الأدنى لسمك الشفة (flange) هو (١٨) ملم.

الحد الأدنى لسمك الجذع (web) هو (١٢) ملم.

الحد الأدنى لسمك التقوية المستخدم لربط الإطارات المتقاطعة أو الحواجز الفاصلة بالعارضة هو (١٢) ملم.

حقق نسب الامتداد إلى العمق كما هي موصوفة في من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) كحد أدنى، ما لم تتطلب قيود الخلوصل الرأسي بنية فوقية ضحلة.

٤-١٤-٣ التحليل الإنشائي:

يجب أن تفي تصاميم العوارض بالمتطلبات الآتية:

- ورّع وزن أحد الحواجز الجانبية على ما لا يزيد عن ثلاث كمرات مطبقة على القطاع العرضي المركّب.
- افترض عدم وجود كراسي بلاطة عند تحديد خصائص المقطع المركّب.
- يجب أن تمثل عوامل توزيع الحمل الحي مع القسم الفرعي (٢-٢-٦-٤) لعزم الانحناء والقسم الفرعي (٢-٦-٤-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) للقص، باستثناء ما يلي:
 - لتصميم عارضة خارجية بطول كابولي بلاطة يساوي أو يقل عن نصف التباعد الداخلي للعارضة المجاورة، استخدم عامل توزيع الحمل الحي للعارضة الداخلية. كابولي البلاطة هو المسافة من خط مركز العارضة الخارجية إلى حافة البلاطة.
 - لتصميم عارضة خارجية بطول كابولي بلاطة يزيد عن نصف تباعد العارضة الداخلية المجاورة، استخدم قاعدة الرافعة مع عامل الوجود المتعدد ١,٠ للمسار الواحد لتحديد توزيع الحمل الحي. ويجب ألا يقل الحمل الحي المستخدم في تصميم العارضة الخارجية أبداً عن الحمل الحي المستخدم في تصميم العارضة الداخلية.
- لا تأخذ عامل توزيع الحمل الحي للعزم أو القص على أنه أقل من عدد المسارات مقسوماً على عدد العوارض، بما في ذلك عامل الوجود المتعدد كما يرد في القسم الفرعي (٢-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- عند تدقيق حالة حد الكلال والكسر، أزل عامل الوجود المتعدد البالغ (١,٢) من عوامل توزيع الحمل الحي التجريبية للمسار التصميمي الواحد المَحْمَل.
- استخدم مسار واحد فقط للحمل الحي في نموذج المنشأة عند تدقيق حالة حد الكلال والكسر.

٤-١٤-٤ معايير التصميم:

يجب أن تفي التصاميم القياسية للعوارض بالمتطلبات الآتية:

- وصّف شرط الملاءمة في المخططات عند الضرورة، على النحو الموصى به في الجزء الفرعي (٢-٧-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، ووصف ملاءمة حمل الحديد المبيت إن أمكن.
- يجب أن تفي تصاميم الحاجز الفاصل والإطار المتقاطع بالمتطلبات الآتية:
 - الحد الأقصى للتباعد هو (٩,٠٠٠) ملم إذا استوفيت جميع متطلبات الحالات الحدية.
 - وفّر حواجز فاصلة/إطارات متقاطعة في جميع المحامل الطرفية. يجب أن يكون هناك ما لا يقل عن اثنين من المحامل الداخلية عند ركيزة (bent) يتقاطعان مع الحاجز الفاصل/الإطار المتقاطع.
 - ضع حواجز فاصلة/إطارات متقاطعة موازية للركائز (bents) أو للدعامات للانحرافات حتى (٢٠) درجة. ضع حواجز فاصلة؛ إطارات متقاطعة متوازية على العوارض أو (bents) التي تزيد عن (٢٠) درجة.

درجة.

○ تحقق من نسبة النحافة المحددة لعناصر الإطار المتقاطع باستخدام المعايير الواردة في الجزئين الفرعيين (٤-٨-٦) و(٣-٩-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (٢٠٢٠)، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

• يُسمح بتصميم الدعامة بصورة مرنة. للهيكل الإنشائية التي تستخدم أنظمة دعامة مرنة، فصل تسلسل الإنشاء المفترض في المخططات.

يجب أن تفي تصاميم العوارض بالمتطلبات الآتية:

• استخدم التصميم المركب وضع موصلات القص بالطول الكامل للعارضة.
• لا تستخدم أدوات التقوية الطولية ما لم يتجاوز عمق الجذع (web) (٣,٠٠٠) ملم.
• استخدم نسبة معيارية قصيرة الأجل تساوي (٨)، ونسبة معيارية طويلة الأجل تساوي (٢٤).
• وقّر تسليح طولي للبلاطة طبقاً للقسم الفرعي (٦-١٠-٧) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (٢٠٢٠)، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

• افترض أن البلاطة المركبة فعالة في مناطق الانحناء السالبة؛ لفحص الانحراف وحالة حد الكلل والكسر. عند حساب الإجهاد في الحديد الإنشائي للقطاعات المركبة في الانحناء السالب لحالة حد الخدمة الثاني (II)، ضمن فقط السطح الخرساني في خواص القطاع إذا كان إجهاد الشد في السطح أقل من (٢٤) وفقاً للقسم الفرعي (٦-١٠-٢-١) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (٢٠٢٠)، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

• عند توصيلات الشفة (flange)، مَد الشفاه الأسماك إلى ما وراء موقع لصق الشفة النظري بطول يساوي عرض الشفة، لكن بما لا يزيد عن (٦٠٠) ملم.

• ضمن في التصميم وزن الإطارات المعدنية للتثبيت في الموقع بمقدار (٠,٧٥) كيلو نيوتن/م^٢.
• التحقيق والتحقق من جدوى تسلسل التشييد المحتمل أثناء التصميم والتحقق من المواقع المحتملة للأبراج والرافعات. خذ في الاعتبار تنظيم المرور مع الطرق الأساسية عند النظر في مواقع الأبراج والرافعات الشاطئية. لا تقم بتضمين خطط البناء التفصيلية في مجموعة الخطة.

• وصف بالصب المستمر لسطح الجسر ما أمكن، والصب المرحلي فقط إن لزم الأمر. لا تمنع الصب المستمر بناءً فقط على ما إذا كان الصب المستمر غير ممكن بالنسبة للمقاول، إذا وصف الصب المرحلي، يبنى تصميم العارضة على تأثير الحالة الأسوأ للصب المرحلي والمستمر. يبنى انحراف الحمل الميت والميل العرضي على التحليل للصب المرحلي إذا كان الصب المرحلي هو الخيار الوحيد متاح. إذا كان كلا الصب المرحلي والمستمر متاحين كخيار، يبنى انحراف الحمل الميت والميل العرضي استناداً إلى الصب المستمر طالما لا يوجد فرق كبير في الميل الجانبي والانحراف النهائية بين الطريقتين. اذكر في المخططات خيار الصب المفترض لانحراف الحمل الميت والميل الجانبي. وقّر مخطط صب مرحلي يشير إلى تسلسل الصب المقصود في التصميم إذا حدد الصب المرحلي. اذكر في المخططات أنه بالنسبة للصب المستمر، يجب ألا يقل الحد الأدنى لمعدل الصب والتشطيب عن المحدد في البند (٤٢٢).

• أما تصميمات المسامير الموصلة، فإن الحد الأدنى لتباعد المسامير الموصلة الطولي يكون محدوداً بقيمة (٤d)، إذ إن (d) هو قطر المسامير الموصلة. ولا يتجاوز تباعد المسامير الموصلة مسافة (٦٠٠) ملم بغض النظر عن عمق العارضة.

• استخدم لنهايات العارضة المبطن، لتجنب استخدام أدوات التقوية الإضافية عند نقاط الانحناء المرتد وفقاً للقسم الفرعي (٦-١٠-٤-١) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (٢٠٢٠)، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

• زد حجم الشفة (flange) السفلية إذا كان ذلك عملياً بدلاً من الدعم الجانبي الدائم للشفة (flange) السفلية. عند النظر في استخدام الدعم الجانبي للشفة (flange) السفلية يجب التواصل مع السلطات لأخذ الموافقة.

• وقّر وصلات ميدانية مثبتة بمسامير كطريقة أساسية للربط الميداني في المخططات. أدرج وزن ألواح الوصل في وزن الحديد للدفعات المالية. يجب أن تفي الوصلات الميدانية المثبتة بمسامير بالمتطلبات الآتية:

• استخدم مسامير (ASTM F3125) رتبة (A325)، ومسامير مجلفنة رتبة (A3٢٥) للهيكل الإنشائية المطلوبة، ومسامير رتبة (A٤٩٠) فقط إن تعذر تصميم التوصيل بمسامير رتبة (A٣٢٥)، لا تحدّد مسامير رتبة (A٤٩٠) مجلفنة لأي هيكل إنشائي.

• افترض ظروف سطح الفئة (A/أ)، يمكن استخدام ظروف سطح الفئة (B/ب) فقط عندما يتحكم الانزلاق في عدد المسامير المطلوبة. لاحظ دائماً حالة السطح المفترضة للتصميم في المخططات.

• أضف (٣) ملم على الأقل، ويُفضّل (٦) ملم، إلى مسافات الحافة الدنيا الموضّحة في الجدول (٦-١٨) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور (٢٠٢٠)، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).



- لا تقم بتمديد وتطوير ألواح تعبئة تساوي سماكتها أو تزيد عن (٦) ملم. بدلاً من ذلك، قلّل قوة قص المسامير باستخدام المعادلة (٦-٣٧٩) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).

٥- تصميم البنية التحتية:

١-٥ مقدمة:

يُوثق هذا الباب السياسة الخاصة بتصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) لمكونات البنية التحتية للجسر.

٢-٥ الأساسات:

١-٢-٥ الإرشاد:

يجب أن يكون تصميم القواعد المنتشرة والخوازيق المدفوعة والعمود المثقوب والخوازيق الدقيقة وفقًا للباب (١٠) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).

صمّم الأساسات لتكون مضغوطة بموجب مجموعة أحمال حالة حد الخدمة الأول (I). يُسمح بالاستثناءات عندما لا يمكن لعناصر الأساس الإضافية أو عناصر الأساس المعدلة منع الشد في عناصر الأساس ضمن مجموعة أحمال حالة حد الخدمة الأول (I). إذا كانت الأساسات في حالة شد في الخدمة أو حالات الحدود المشتملة على عوامل، بما في ذلك الهياكل الإنشائية ذات الاختلافات الكبيرة في أساس الإنشاء المرحلي، فاذا كانت التفاصيل الإنشائية التي تضمن نقلًا مناسبًا للحمل في جميع أنحاء البنية التحتية.

صمّم الأساسات والبنى التحتية للتغيرات في ظروف الأساس بسبب الجرف كما ذكر في الجزء الفرعي (٣-٧-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).

يمكن استخدام التأثيرات المفيدة لسلوك النظام الذي يشمل ركائز (bents) من تكوينات مختلفة ومقاومة الدعامات؛ لتقييم قدرة الأساسات والبنى التحتية.

للتشكيل أحادي العمود مع ركائز (bents) أحادية العمود، أجر تحليلًا لفحص عواقب الانحراف تحت الأحمال العرضية.

٣-٥ الدعامات:

١-٣-٥ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميغا باسكال، قد تكون هناك حاجة إلى قوة أعلى للخرسانة في حالات خاصة. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقًا للجزء (٦-١١) ضمن كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

٢-٣-٥ معايير التصميم:

لأساسات الخوازيق؛ استخدم زوجًا من الخوازيق المائلة لجميع الدعامات التي لم تُقَيّد خلاف ذلك من الحركة الأفقية بطريقة أخرى، أو بخلاف ذلك متسقة مع تصاميم تفاصيل الدعامات القياسية الموضحة في الرسومات القياسية. ومن الأمثلة على التقيد الكافي؛ امتدادات البلاطات والامتدادات المنبسطة الشكل التي تُثَبّت في الدعامات. إذا حُدّد التحليل مقاومة كافية للأحمال العرضية؛ يُسمح بدعامات الخوازيق الرأسية في ردم جدار الأرض المستقرة ميكانيكيًا للعوارض العميقة من تصاميم تفاصيل الدعامات القياسية الموضّحة في الرسومات القياسية، وتجنّب التراكم المختلط في المناطق المجاورة مباشرة لجدران الأرض المستقرة ميكانيكيًا بسبب صعوبة تركيب الردم. إذا وفّرت مساحة كافية لأشرطة الجدار الأرض المستقرة ميكانيكيًا والدمك، فيمكن استخدام الخوازيق المائلة.

يمكن أن تحسب أحمال العمود المحفور بإجمالي الحمل الرأسي على الغطاء مقسمًا بالتساوي بين أغشية الأعمدة. يؤخذ عمود جدار الجناح أو حمل الخازوق بأنه (١٠٠) كيلو نيوتن لكل عمود أو خازوق، ما لم تكن الأحمال الرأسية المحسوبة أعلى.

احسب أحمال الخوازيق بحيث يكون إجمالي الحمل الرأسي على الغطاء مقسماً بالتساوي بين أغطية الخوازيق. أما الدعامات ذات الخوازيق المائلة؛ فأضف القوة الأفقية المحددة أعلاه إلى الحمل الرأسي. لا يُسمح للخازوق الخلفي بالدخول في حالة شد بسبب الحمل العرضي، مع مراعاة الحمل الميت وضغط التربة فقط، ما لم تفشل إضافة المزيد من عناصر الأساس أو جهود التخفيف الأخرى في التخلص من الشد.

٥-٤ أغطية ركائز (bents) مستطيلة الشكل من الخرسانة المسلحة:

١-٤-٥ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميغا باسكال، قد تكون هناك حاجة إلى قوة أعلى للخرسانة في حالات خاصة. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥). تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقاً للجزء (٦-١١) من كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق). استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

٢-٤-٥ القيود الهندسية (الجيومترية):

- لا يمكن أن يقل عمق الغطاء عن عرض الغطاء إلا إذا وسّع الغطاء للأغراض الآتية:
- استيفاء الحد الأدنى لطول الدعم وفقاً للقسم الفرعي (٤-٧-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).
- استيعاب غطاء لوصله العمود عندما يكون أحد العنصرين أو كلاهما مسبق الصب.
- إذا كانت تلبية الخلوص الرأسي يحتاج إلى طريق منخفض.

٣-٤-٥ التحليل الإنشائي:

بدلاً من إجراء تحليل أكثر تفصيلاً، من المسموح به تحليل دعامة الخازوق وأغطية الأعمدة المتعددة ككميرات بسيطة الدعم مثبتة على دعامات حواف السكين في مركز الخوازيق أو الأعمدة. إذا كان العمود أكبر من (١,٢٠٠) ملم، انظر في نموذج يراعي صلابة العمود. وزّع الحمل الحي على الكمرات بافتراض أن البلاطة معلقة عند كل كمره باستثناء الكمره الخارجية.

٤-٤-٥ معايير التصميم:

تحقق من الحالات الحدية باستخدام مجموعة الأحمال لحالة حد الخدمة الأول (I) وحد القوة الأول (I). وتحقق من توزيع التسليح كما طلب في الجزء الفرعي (٧-٦-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) باستخدام الفئة ١ والفئة ٢، احصر إجهاد الشد في حديد التسليح (f_{ss}) تحت مجموعة الأحمال حالة حد الخدمة الأول (I) عند (f_y ٠,٦). ملاحظة:

تنطبق حالة التعرض من الفئة (١) عندما يمكن تحمل الشقوق بسبب انخفاض المخاوف المتعلقة بالمظهر أو التآكل أو كليهما. تنطبق حالة التعرض من الفئة (٢) على التصميم العرضي للعوارض الخرسانية المقطعية أي أحمال تم تطبيقها قبل تحقيق قوة ضغط الخرسانة الكاملة للتصميم أو عندما يكون هناك قلق متزايد من المظهر أو التآكل أو كليهما. ارجع للقسم الفرعي (٣-٣-٦-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)) للمزيد حول الحد الأدنى من التسليح. بالنسبة للركائز السرجية (straddle bents) من الخرسانة المسلحة؛ فتحقق من القص المحسوب، باستخدام مجموعة أحمال

حالة حد الخدمة الأول (I)، في مقابل المقاومة الناتجة من المعادلة (C5.15-18) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

أما أغطية الركائز (bent caps) متعددة الأعمدة؛ فخذ العزوم التصميمية السالبة عند محور العمود. للركائز (bents) التي على شكل رأس المطرقة، وأغطية الركائز (bents) متعددة الأعمدة بعرض عمود قدره (١,٢٠٠) ملم أو أعرض، فخذ العزوم التصميمية السالبة عند الوجه الفعال من العمود.

قلل عدد تغييرات تباعد الكانات إلى أدنى حد.

باستثناء الركائز (bents) التي على شكل رأس مطرقة، لا يلزم النظر في القص في مناطق الكابولي ما لم تتجاوز المسافة من مركز الحمل إلى الوجه الفعال للعمود القيمة (1.2d). وقُر كانات بمسافات تباعد تصل إلى (١٥٠) ملم بحد أقصى.

بالنسبة لأغطية الركائز (bents) متعددة الأعمدة النموذجية التي تدعم الكمرات المتعددة؛ لا يلزم الرجوع إلى أحكام نمذجة الدعامات والأربطة (strut-and-tie) الواردة في الجزء الفرعي (٥-٨-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). بالنسبة لأغطية الركائز (bents) التي تدعم العوارض على حوامل عالية التحميل متعددة الدوران (HLMR) أو العوارض ذات قوى تفاعل كبيرة، التي تُعرّف بأنها مكونات عميقة طبقاً للجزء (٥-٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). استخدم تصميم الدعامات والأربطة.

٥-٤-٥ التفصيل:

استخدم كانات (١٦) ملم باستثناء ما هو محدد، بمسافة تباعد (١٠٠) ملم كحد أدنى و(٣٠٠) ملم كحد أقصى. لا تستخدم كانات أكبر من (٢٠) ملم. استخدم كانات مزدوجة إذا كان التباعد المطلوب أقل من (١٠٠) ملم وكانت مقاومة الالتواء معالجة بشكل ظاهر في التصميم، وتأكد من أن تفصيل الكانات متوافق مع متطلبات (AASHTO).

لتسليح الانحناء، استخدم قضبان بمقاس (٣٦) ملم. يمكن استخدام قضبان بمقاس أقل لتلبية متطلبات التطور. لا تخط مقاسات القضبان.

استخدم تسليح الغطاء الطولي بما يتوافق مع المعادلة (٥-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). في الأغطية التي يزيد عمقها عن (٩٠٠) ملم، أما الأغطية التي يكون عمقها (٩٠٠) ملم أو أقل فيجب أن تحتوي على قضيبين بمقاس (١٦) ملم بحد أدنى، وتكون بمسافة تباعد متساوية في كلا الوجهين.

٥-٥ أغطية ركائز (bents) على شكل حرف (T) مقلوب من الخرسانة المسلحة :

١-٥-٥ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميغا باسكال، قد تكون هناك حاجة إلى قوة أعلى للخرسانة في حالات خاصة. في أغطية الركائز (bents) المزدحمة بشدة بسبب مسافات تباعد التسليح، احصر مقاس ركام خلطة الخرسانة عند مقاس يلبي الحد الأدنى المطلوب لتباعد التسليح وذلك في القسم الفرعي (٥-١٠-٣-١) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). استناداً على التباعد المُعطى. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

يجب أن تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقاً للجزء (١١-٦) من كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميغا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

يمكن استخدام درجات حديد التسليح الأعلى شرط أن يلبي استخدامها المتطلبات الواردة في تصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٢-٥-٥ القيود الهندسية (الجيومترية):

قلل التفاوت في أبعاد القطاع العرضي على شكل حرف (T) المقلوب داخل المشروع.
اجعل الجزء العلوي من الساق أسفل قاع البلاطة.

٣-٥-٥ التحليل الإنشائي:

بدلاً من إجراء تحليل أكثر تفصيلاً، فإن من المسموح به تحليل الأغشية متعددة الأعمدة على أنها كمرات بسيطة الدعم على دعائمات حواف السكين في مركز الخوازيق أو الأعمدة. وإذا زاد عرض العمود عن (١,٢٠٠) ملم استخدم نموذجاً يأخذ صلابة العمود في الاعتبار.
ورَّع الحمل الحي على الكمرات بافتراض أن البلاطة معلقة عند كل كمره باستثناء الكمره الخارجية.

٤-٥-٥ معايير التصميم:

تحقق من الحالات الحديثة باستخدام مجموعة الأحمال لحالة حد الخدمة الأول (I) وحد القوة الأول (II)، تحقق من توزيع التسليح كما هو مطلوب في الفقرة (٧-٦-٥) باستخدام الفئة (١) والفئة (٢). احصر إجهاد الشد في حديد التسليح (f_{ss}) تحت مجموعة أحمال حالة حد الخدمة الأول (I) ليصل إلى (f_y ٠,٦).

لركائز الخرسانية المسلحة السرجية (straddle bents)، تحقق من القص المحسوب، باستخدام مجموعة أحمال حالة حد الخدمة الأول (I)، في مقابل المقاومة الناتجة من المعادلة (C5.15-18) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

لأغشية الركائز (bent caps) متعددة الأعمدة، خذ العزوم التصميمية السالبة عند محور العمود. وخذ العزوم التصميمية السالبة عند الوجه الفعال من العمود للركائز التي على شكل رأس المطرقة، وأغشية الركائز متعددة الأعمدة بعرض عمود قدره (١,٢٠٠) ملم أو أعرض.

قلل عدد تغييرات تباعد الكانات إلى أدنى حد.

احصر (f_y) عند (٤٢٠) ميغا باسكال، لحسابات مقاومة الحافة والعلاقة (ledge and hanger) في القسمين الفرعيين (٥-٨-٤-٢) و (٥-٨-٤-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، يجب أن تكون مقاومة القص المخترق وتسليح الشماعة المقدم في عوارض الدعامه مساوية أو زائدة عن متطلبات القص المخترق المصعد ومتطلبات تسليح الشماعة والعارضة الداخلية المجاورة.

لا تقل مسافة الحافة بين وسادة التحميل الخارجية ونهاية ساق الكمره المقلوبة على شكل حرف (T) عن (٣٠٠) ملم.

٥-٥-٥ التفصيل:

وقرّ تسليحاً رأسياً وأفقيّاً إضافياً عبر الأسطح الطرفية للساق؛ لمقاومة التشقق. والقضبان المفردة مقاس (١٦) ملم، المثبتة عند كل طرف بخطافات، بمسافة تباعد (١٥٠) ملم -حزب أو تنقص قليلاً- للقضبان الرأسية، وتباعد للقضبان الأفقية مماثل لتباعد قضبان الحرارة والانكماش تعد مناسبة لهذا الغرض لنهايات أغشية مقلوبة تقليدية. لا تلحم القضبان معاً؛ لتطور تسليح الحافة. استخدم خطافات التثبيت لتطور تسليح الحافة.

وقرّ قضبان مقاس (٢٢) ملم مائلة فُطريّاً وتباعد (١٥٠) ملم لمسافة (٧٥٠) ملم عند نهاية الحافة. ضع التسليح بحيث يتطور عند النقطة التي يتقاطع فيها مع الشق في واجهة الساق والحافة.

استخدم كانات بتباعد أقصى قدره (١٥٠) ملم. وإذا عولجت مقاومة الالتواء بصفة صريحة في التصميم، فتأكد من أن تفاصيل الكانات متفقة مع متطلبات (AASHTO).

٦-٥ الأعمدة من أجل الركائز (bents) متعددة الأعمدة:

١-٦-٥ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميغا باسكال، قد تكون هناك حاجة إلى قوة خرسانية أعلى في

حالات خاصة. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقًا للجزء (٦-١١) من كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

يمكن استخدام درجات حديد التسليح العالي شرط أن يلبي استخدامها المتطلبات الواردة في مواصفات (AASHTO).

٢-٦-٥ القيود الهندسية (الجيو مترية):

الحد الأدنى لقطر كل من العمود والعمود المثقوب للفصل الرأسي للمنشآت يبلغ (٩٠٠) ملم إلا إذا حدد مقياس أكبر في مكان آخر.

٣-٦-٥ التحليل الإنشائي:

التحليل والتصميم غير مطلوبة للأعمدة المستديرة التي تدعم الركائز (bents) متعددة الأعمدة عند استيفاء الشروط الآتية:

- لا يزيد التباعد بين الأعمدة عن (٥,٤) متر.
- لا يتجاوز ارتفاع العمود، المقياس من أسفل الغطاء إلى أعلى العمود المثقوب أو الأساس، ١٢ ضعف قطر العمود (مقياسًا بالأقدام). أما أساسات العمود المحفور في معابر المجاري المائية، فيؤخذ الجزء السفلي من العمود في الجزء السفلي من غلاف الانجراف.
- تُسلَّح الأعمدة بأقل قدر من التسليح طوليًا وأفقيًا، كما نص عليه في (AASHTO).
- تستوفي الأعمدة متطلبات المقياس هذه بناءً على نوع البنية الفوقية:
 - بحور البلاطة: ٦٠٠ ملم لمعابر المجاري المائية، ٩٠٠ ملم للتقاطعات المستوية.
 - امتدادات الأشكال المسطحة (Pan form): ٦٠٠ ملم لمعابر المجاري المائية، ٩٠٠ ملم للتقاطعات المستوية.
 - كمرة البلاطة وبحور كميرات البلاطات المنتشرة: (٦٠٠) ملم لمعابر المجاري المائية، (٩٠٠) ملم للتقاطعات المستوية.
 - الكمرة الصندوقية وبحور الكميرات الصندوقية المنتشرة: (٩٠٠) ملم.
 - بحور العوارض للأنواع من (Tx٢٨) إلى (Tx٥٤): (900) ملم.
 - بحور العوارض للنوعين (Tx٦٢) و (Tx٧٠): (1,050) ملم.
 - بحور الكميرات (U٤٠) و (U٥٤): (900) ملم.
 - لأنواع الكميرات الأخرى، قارن حمل العمود المثقوب بما يمكن توقعه باستخدام أحد المنشآت الفوقية السابقة، واستخدم قطر عمود مناسب.

إن لم تستوف هذه الشروط فإن تصميم العمود وتحليله، شاملاً تأثيرات الدرجة الثانية وتقليل الصلابة من الخرسانة المتصدعة، مطلوب.

٤-٦-٥ معايير التصميم:

بالنسبة للأعمدة المعرضة للانحناء تحت الحمل الميت غير المصعد، يلبي الحد الأدنى من متطلبات التسليح الواردة في الجزء الفرعي (٧-٦-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD) (Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). باستخدام نصف عامل التعرض المتمشي مع الموقع وعناصر الجسر الأخرى.

يقيم إجهاد الشد الخرسانة في حالة حد الخدمة الأول (I) وحد الخدمة الرابع (IV) للعناصر مسبقة الإجهاد.

ملاحظة:

مستوى الخدمة الأول: الاستخدام التشغيلي العادي للجسر مع رياح تبلغ سرعتها ٥٥ ميلاً في الساعة وأحمال رمزية.

التحكم أيضاً في تشقق الهياكل الخرسانية المسلحة.

مستوى الخدمة الثاني: التحكم في خضوع الهياكل الإنشائية الحديدية وانزلاق الوصلات.

مستوى الخدمة الثالث: التحكم في تشقق الهياكل الفوقية الخرسانية سابقة الإجهاد.

مستوى الخدمة الرابع: التحكم في تشققات الهياكل الخرسانية سابقة الإجهاد.

٧-٥ الأعمدة لـ (bents) وركائز الأعمدة الفردية:

١-٧-٥ المواد:

استخدم خرسانة بخصائص مقاومة أسطوانية بحد أدنى (٣٠) ميجا باسكال، ويمكن استخدام قوة أعلى للخرسانة إذا لزم الأمر في حالات خاصة. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥). تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقًا للجزء (٦-١١) ضمن كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق). استخدم حديد تسليح بحد أدنى لقوة الخضوع قدره (٤٢٠) ميجا باسكال لتلبية متطلبات المواصفة (ASTM A1064). يمكن استخدام درجات حديد التسليح العالي شرط أن يلبي استخدامها المتطلبات الواردة في مواصفات (AASHTO).

٢-٧-٥ القيود الهندسية (الجيومترية):

انظر في إمكانية استخدام مقاطع ركائز مجوفة عندما تكون ملائمة. الركائز المجوفة الخاضعة لحمل تصادم المركبات من الاصطدام، يجب حمايتها من الاصطدام بما يتفق مع متطلبات الحماية الموضحة في مكان آخر في هذا المجلد.

٣-٧-٥ التحليل الإنشائي:

خذ في الحسبان التأثيرات من الدرجة الثانية، مع أخذ النموذج الإنشائي في حسابه الصلابة المنخفضة من مقطع متصدع. ويجب أن تكون الانحرافات من التحليل متسقة مع شروط حدود الهيكل الإنشائي الفعلي.

٤-٧-٥ معايير التصميم:

بالنسبة للأعمدة المعرضة للانحناء تحت الحمل الميت غير المصعد، يجب تلبية الحد الأدنى من متطلبات التسليح الواردة في الجزء الفرعي (٧-٦-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020)، باستخدام نصف عامل التعرض المتماشي مع الموقع وعناصر الجسر الأخرى. قيم إجهاد الشد الخرسانة في حالة حد الخدمة الأول (I) وحد الخدمة الرابع (IV) للعناصر مسبقة الإجهاد.

٨-٥ أغطية الركائز (bents) الخرسانية مسبقة الشد:

١-٨-٥ المواد:

استخدم خرسانة تكون (٣٠) ميجا باسكال بحد أدنى، وحديد تسليح بحد أدنى للخضوع قدره (٤٠٠) ميجا باسكال. ويمكن استخدام درجات عالية من قوة الخرسانة ودرجات الحديد إذا لزم الأمر في حالات خاصة. يجب أن تحدد نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥). تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقًا للجزء (٦-١١) ضمن كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

استخدم وترًا فولاذيًا منخفض الارتخاء للإجهاد المسبق بمقاس (١٥) ملم وبمقاومة شد محددة (f_{pu}) قدرها ١,٨٦٠ ميجا باسكال، أو قضباناً حديدية عالية القوة تستوفي معايير المواصفة (ASTM A722). يجب أن تكون جميع الكابلات (tendons) والقضبان مترابطة.

٢-٨-٥ القيود الهندسية (الجيومترية):

المعايير الواردة في هذا الجزء غير مخصصة للركائز (bents) على شكل حرف (C)، ولا للركائز (bents) التي تكون داخل عوارض. ولا يمكن أن يكون عمق الغطاء أقل من عرضه ما لم يوسع الغطاء لأغراض تلبية الحد الأدنى لطول الدعامة وفقًا

للقسم الفرعي (٤-٤-٧-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).

٣-٨-٥ التحليل الإنشائي:

يجب أن تعكس تفاصيل الوصلات من العمود إلى الغطاء افتراضات التثبيت التي أجريت لتصميم غطاء ما بعد الشد. كما يجب مراعاة صلابة العمود وتأثيرات القوة الثانوية بسبب الشد اللاحق. وزّع الحمل الحي على الكمرات بافتراض أن البلاطة معلقة عند كل كمرة باستثناء الكمرة الخارجية.

٤-٨-٥ معايير التصميم:

ينحصر إجهاد الكيبل (Tendon) قبل مجموعة التثبيت عند القيمة الأقل من $(0.77 f_{pu})$ وحدود الإجهاد المذكورة في القسم الفرعي (٢-٢-٩-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020). للأوتار منخفضة الارتخاء.

استخدم في الغطاء ٤ كابلات على الأقل.

تحقق من الحالات الحدية باستخدام خليط أحمال حالة القوة الأول (I) وخليط أحمال حالة حد الخدمة الأول (II) لكل من الشد وإجهاد الضغط.

لأغطية الركائز (bent caps) متعددة الأعمدة، خذ العزوم التصميمية السالبة عند محور العمود. وخذ العزوم التصميمية السالبة عند الوجه الفعال من العمود للركائز التي على شكل رأس المطرقة، وأغطية الركائز متعددة الأعمدة بعرض عمود قدره (١,٢٠٠) ملم أو أعرض.

٥-٨-٥ التفصيل:

استخدم كانات مقاس (١٦) ملم، باستثناء ما هو مذكور، بمسافة تباعد (١٠٠) ملم كحد أدنى و (٣٠٠) ملم كحد أقصى. لا تستخدم كانات أكبر من مقاس (٢٠) ملم. استخدم كانات مزدوجة إذا كان التباعد المطلوب أقل من (١٠٠) ملم. وإذا عولجت مقاومة الالتواء بصفة صريحة في التصميم، فتأكد من أن تفاصيل الكانات متفقة مع متطلبات (AASHTO).

وَقَر طول مستقيم للكيبل قدره (١,٥٠٠) ملم بحد أدنى، بدءًا من رأس المثبت قبل إدخال أي انحناء. حدد الحد الأدنى لنصف قطر انحناء المجرى بناءً على القيم المنشورة من الموردين لمقاسات المجاري الفردية.

وَقَر قطاع رأسي ومسقط أفقي توضح القطاع الطولي لمحور المجاري.

بيّن موقع القطاع (القطاعات) الحرج (أي: الموقع ذي الطلب الأكبر للانحناء). وَقَر مقدار الإجهاد الأولي في كل كيبل بعد مجموعة التثبيت في القطاع (القطاعات) الحرج. وَقَر الإجهاد اللاحق المفترض، والفاقد طويل الأجل لكل كيبل في القطاع (القطاعات) الحرج.

وَقَر تسلسل الإجهاد والتركيب في المخططات، بما في ذلك إزالة القوالب، وصب العوارض. وحدد متى يمكن إزالة قالب الغطاء السفلي، بناءً على تسلسل الإنشاء المصمم.

ضمّن المعلومات الآتية في أوراق تفصيل الغطاء:

- معامل الاحتكاك والتذبذب المفترض للمجرى.
- مجموعة التثبيت المفترضة.
- اللامركزية المفترضة والحد الأقصى المسموح به لها بين المجرى والكيبل.
- الفوائد المفترضة طويلة الأجل.
- الإجهاد والنهايات الميتة لقوة رفع الكيبل $(0.XX \times f_{pu} \times A_{ps} = yy \text{ kN})$ ؛ ضع مكان "XX"، و " f_{pu} "، و " A_{ps} "، و " yy " القيم المستخدمة في التصميم.
- ضمّن تسلسل الإجهاد، بما في ذلك القبود المفروضة على الإجهاد الجزئي.

وَقَر تفاصيل لحديد التسليح المتناوب حيث سيحدث تعارض معروف بين المجرى وحديد التسليح النموذجي. وضمّن ملاحظات تشير إلى جميع التعديلات الأخرى على حديد التسليح، ويجب أن يكون ذلك وفقًا لتوجيهات المهندس المسؤول عن المشروع.

٦- التصميمات الأخرى:

٦-١ التوسيعات:

٦-١-١ عام:

نُفذ متطلبات تصميم الجسر الجديد على عناصر مختلفة من توسيعات الجسر حسب الحاجة. وأجر تحليلًا لتصنيف الحمل وإكمال مسح الحالة قبل إعادة تفعيل الخطط. راجع توصيات إجراءات متابعة عملية تفتيش الجسر ومسوحات الحالة، وأدرج جميع التوصيات اللازمة ما لم تتم الموافقة عليها من قبل إدارة الجسور.

صمّم الأجزاء الموسعة لتناسب الحمل (HL 93) باستخدام هذا المجلد جنبًا إلى جنب مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). أظهر تصنيف الحمل المناسب لبقاء الهيكل الإنشائي القائم، بالإضافة إلى أحمال التصميم للتوسيع في مخطط الجسر، وذلك مثل؛ HS 20 (القائم)، و HL 93 (التوسيع).

٦-٢ محامل لدائن مرنة مسلحة بالحديد للكرات الخرسانية سابقة الشد:

٦-٢-١ المواد:

استخدم النيوبرين (neoprene) وفقًا لمقياس التحمل ٥٠ لمحامل اللدائن المرنة المسلحة بالحديد. استخدم مدى معامل القص من (٠,٦٥) إلى (١,٢) ميجا باسكال للتصميم؛ باستخدام أقل قيمة مواتية من أجل تدقيق التصميم. اصنع حشوات حديدية بسمك (٢,٥) مم. لا تستخدم المواد اللاصقة بين المحامل والمكونات الأخرى.

٦-٢-٢ القيود الهندسية (الجيومترية):

يمكن استخدام المحامل المستدقة إذا كان الجزء المستدق لا يتجاوز (٠,٠٥٠) م/م. استخدم طبقات وسادة خارجية بسمك (٦) مم. إذا استخدمت طبقات وسادة داخلية بسمك (٦) مم، يمكن تجاهل المتطلبات الواردة في القسم الفرعي (١٤-٧-١-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020))، مع توصيف طبقات خارجية لا يزيد سمكها عن ٧٠ % من سمك الطبقات الداخلية.

٦-٢-٣ التحليل الإنشائي:

يجب النظر في تأثيرات القوة الداخلية في المكونات بسبب التدرج الحراري بما يتوافق مع مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). لا تضمّن الانكماش والزحف والتقصير المرن عند تحديد أقصى حركة؛ والتي ستستوعب في الانزلاق غير المتكرر. استخدم توزيع الحمل الحي للقص المناسب الذي عُيِّل ليناسب الانحراف. استخدم حالة الحمل الميت (DL) الحرجة (أخف حمولة ميتة متوقعة) عند التحقق من الانزلاق. استخدم خدمة تجميع خليط الحمل لحالة الخدمة الأولى (I) لجميع أحمال الجاذبية. تجاهل الحد (Si^٢/n) المذكورة في القسم الفرعي (١٤-٧-١-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، ((AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٤-٢-٦ معايير التصميم:

اتبع طريقة التصميم (A/A) الواردة في المادة (١٤-٧-٦)، مع الاستثناءات الآتية:

- الحد الأقصى لإجهادات الضغط في الحمل الميت (DL) هو أقل من (٨,٣) ميغا باسكال و (١,٢) (GS).
- حد إجمالي إجهادات الضغط هو الأقل من (١٠,٣) ميغا باسكال و (١,٥) (GS). ويمكن تجاوز هذا الحد إلى ١٥٪ حسب تقدير المهندس.
- بالنسبة لتدقيق الدوران، تجاهل القسم الفرعي (١٤-٧-٦-٣-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, 2020) LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020). يكون الدوران مقبولا إذا كان إجمالي الانحراف الانضغاطي يساوي أو يتجاوز:

$$\frac{\theta(0.8L)}{2}$$

المعادلة (١-٦)

حيث إن:

L = طول الوسادة المحدد في مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

θ = الدوران الكلي.

قدّر الانحراف الانضغاطي باستخدام الشكل (1-14.7.6.3.3-C14) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO, 2020) LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020).

- احسب إجمالي الدوران للأحمال الحية والميتة بالإضافة إلى (٠,٠٠٥) راديان لحالات عدم اليقين في الإنشاء كما هو مطلوب في القسم الفرعي (١٤-٢-٤-١) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)). احسب أقصى دوران للحمل الحي وفقاً للمعادلة $(\frac{\Delta}{\text{span length}})$ ، حيث إن (Δ) هي انحراف الحمل الحي في منتصف البحر (midspan).
- تحقق من انزلاق وسادة المحمل كما يلي:

$$\Delta_{s(allow)} \leq \frac{(0.2 - Gr) \cdot DL \cdot h_{rt}}{G \cdot A}$$

المعادلة (٢-٦)

حيث إن:

Gr = ميل الكمره م/م.

DL = أخف حمل ميت متوقع غير مضاعف (ميغا باسكال).

h_{rt} = إجمالي سماكة اللدائن المرنة (مم)

G = معامل القص لللدائن المرنة عند درجة (١٧-) درجة مئوية، ونموذجياً يساوي (١,٢) ميغا باسكال.

v = مساحة مسقط اللدائن المرنة (مم^٢).

$\Delta_{s(allow)}$ = الحد الأقصى الإجمالي المسموح به لتشوّه القص (مم).

- استخدم (h_{rt}) ، بدلاً من إجمالي ارتفاع الوسادة عند تدقيق الثبات كما هو مطلوب في القسم الفرعي (١٤-٧-٦-٣-٦). من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٣-٦ طريقة الدعامات والأربطة:

١-٣-٦ التحليل الإنشائي:

لا تستخدم الدعامات والأربطة مع العوارض وأغطية الركائز (bents) التي تقع ضمن الممارسة القياسية الموضحة في مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

استخدم نمذجة الدعامات والأربطة أو غيرها من طرائق التحليل المحسنة عند تصميم الأساسات ونهايات الكمرات المبطنة ومناطق التثبيت لاحقة الشد وأغشية الانحراف والركائز التي تستخدم محامل ذات حمل عالي وغيرها من التصميمات الخاصة.

٢-٣-٦ معايير التصميم:

للعناصر المصممة بالدعامات والأربطة، تحقق من القص المحسوب؛ باستخدام خليط الأحمال لحالة الخدمة الأولى (I)، مقارنة بالمقاومة من المعادلة ذات الصلة من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

للعناصر المصممة بالدعامات والأربطة، تحقق من القص ثنائي الاتجاه عند الأحمال والتفاعلات المركزة؛ وفقًا للقسم ذو الصلة من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

٤-٦ العبارات الخرسانية:

ينطبق هذا الجزء على كل من العبارات الصندوقية الخرسانية مسبقة الصب والمصبوبة في الموقع، وفتحات المداخل، وصناديق التوصيلات، وغرف النفق.

١-٤-٦ المواد:

للعبارات الخرسانية المصبوبة في الموقع، استخدم الخرسانة ($f'_c = 30$) ميغا باسكال.

للعبارات الخرسانية مسبقة الصب، استخدم الخرسانة ($f'_c = 40$) ميغا باسكال. يجب توصيف نسبة الماء إلى الإسمنت بما لا يتجاوز (٠,٤٥).

تكون حماية الخرسانة من التلف بسبب الطقس أو الظروف البيئية الأخرى في فترات الصب والمعالجة وفقًا للقسم (٦-١١) ضمن كود الطرق السعودي ٤٠٢ (إنشاء الجسور والأنفاق).

استخدم حديد التسليح من الدرجة (٤٢٠) ميغا باسكال، أو تسليح الأسلاك الملحمة المحززة التي تلبى متطلبات المواصفة (ASTM A1064).

٢-٤-٦ القيود الهندسية (الجيومترية):

أقصى زاوية انحراف للعبارات الصندوقية هي (٤٥) درجة.

وَقَر غطاء خاليًا بسمك (٣٧) مم؛ للتدعيم في العبارات الخرسانية المصبوبة في الموقع.

وَقَر غطاء خاليًا بسمك (٢٥) مم؛ للتدعيم في عبارات خرسانية مسبقة الصب.

وَقَر غطاء خاليًا بسمك (٥٠) مم فوق الطبقة العلوية من التسليح في البلاطة العلوية للعبارات الخرسانية "حركة المرور المباشرة".

٣-٤-٦ التحليل الإنشائي:

- حل كل عبارة صندوقية كإطار ثنائي الأبعاد بسيط الارتكاز ومثبت في دعامة واحدة فقط وحر للتحرك أفقيًا في جميع الدعامات الأخرى. لا تطبق متطلبات كمر الحافة المذكورة في القسم الفرعي (١-٢-١١-١٢) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2020)).

- للعبّارات التي يقل ردمها عن قدمين (أي "للمرور المباشرة")، يُوزَّع وزن الحواف والعوارض على عرض البلاطة العلوية بالكامل إذا لم يزد عرض البلاطة عن (٩,٦) أمتار، وإلا تُوزَّع أحمال الحواف والعوارض على (٤,٨) أمتار.

٤-٤-٦ معايير التصميم:

- تجنب تطبيق أحكام التصميم الترادفي كما هو موضح في القسم الفرعي (١-٣-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).
- تجنب تطبيق مسافات تباعد المحاور المتفاوتة الموضحة في القسم الفرعي (٢-٢-١-٦-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020). اضبط التباعد بين المحورين ذوي العزم (٢٢٠,٠٠٠) نيوتن بما يساوي (٤,٢) أمتار.
- ما لم تتوفر معلومات خاصة بالموقع، افترض أن التربة غير متماسكة بوحدة وزن تساوي (١٩) كيلو نيوتن/م^٣، وزاوية احتكاك تساوي (٣٠) درجة. استخدم معامل رانكين (Rankine) لضغط الأرض النشط لحساب ضغط الأرض العرضي. يمكن تصميم القنوات الصندوقية المسبقة الصب للأحمال الأرضية المحددة في المواصفة (ASTM C1577).
- لا تستخدم أحمال المياه الموضحة في الجدول (١-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة للتجارب الإنشائية للقنوات الخرسانية، إن لم يكن ذلك مبررًا حسب ظروف الموقع.
- احصر الارتفاع المكافئ للتربة (h_{eq})، من الجدول (١-٤-٦-١١-٣) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020) عند قيمة قصوى تبلغ (١,٢) متر من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور ٢٠٢٠، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020).

٥-٤-٦ التفصيل:

ضع التسليح للأطراف المنحرفة.

٧- التصميم الإنشائي للأنفاق:

١-٧ الغرض والنطاق:

تستند الأحكام المحددة في هذا الباب إلى مواصفات دليل (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الأنفاق وإنشائها، الطبعة الأولى، ٢٠١٧ (AASHTO LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide) (AASHTO, 2017) (Specifications, 1st edition, 2017) والمخصصة لتصميم الأنفاق المنفذة باستخدام منهجيات إنشاء الأنفاق بالحفر ثم الردم، وبالحفر الأفقي (الثقب)، وبالتفجير، والأنفاق المغمورة. يجب أن تشير الأقسام أو المواد المحددة في هذا الباب إلى المرجع المذكور أعلاه، ما لم يشر إلى خلاف ذلك.

يقوم الهيكل الإنشائي للنفق والهيكل الإنشائية الأخرى المقدمة بمجموعة متنوعة من الأدوار، وهي: (أ) تسهيل وظيفة النقل طوال فترة التصميم، (ب) توفير مستوى مُعرّف من الدعم للمنطقة المحيطة بالنفق، (ج) توفير قوة وممانعة إنشائية كافية لضمان مقاومة الحريق وفصل الحريق في حالة نشوب حريق، (د) تسهيل أنشطة الصيانة خلال فترة عمر الهيكل الإنشائي.

يختلف تصميم النفق اختلافاً كبيراً عن الهياكل الإنشائية الأخرى نظراً لأهمية الفهم الجيولوجي والجيوتقني الدقيق للمنطقة المراد إنشاء النفق فيها، بما في ذلك المنطقة المحفورة والمنطقة المحيطة بها التي من المحتمل أن تتأثر.

٢-٧ فلسفة التصميم:

تُستمد الأنفاق لحالات حد محدد وفقاً للجزء (٣-١) مواصفات دليل (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الأنفاق وإنشائها، الطبعة الأولى، ٢٠١٧ (AASHTO LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide) (AASHTO, 2017) (Specifications, 1st edition, 2017)؛ لتحقيق أهداف قابلية الإنشاء والسلامة وقابلية الخدمة، مع إيلاء الاهتمام الواجب لمسائل قابلية الفحص والصيانة والاقتصاد.

٣-٧ اعتبارات التصميم:

يجب مراعاة تصميم العناصر الإنشائية الأمور الآتية:

- الحد الأدنى للطاقة الهيدروليكية المعتمدة (يجب تقييمه كجزء من تصميم النفق سواء كان النفق محاطاً بخزان كامل أم لا).
- الأحمال المتماثلة وغير المتماثلة.
- تحليل النفوس (خاصة عندما يكون الغطاء أقل من عرض النفق).
- الانكماش الخرساني وتأثيرات الزحف ودرجات الحرارة.
- معامل الخرسانة طويل الأجل (خاصة في تقييمات الانحراف).
- تسرب المياه إلى النفق (ينبغي ألا تتسرب المياه أو تقطر على سطح طريق النفق، فعلى سبيل المثال؛ قد يتطلب الجزء العلوي من بطانة النفق وجود طبقة صرف وغشاء عازل للماء حسب الظروف المحددة للنفق المعني).
- يجب مراعاة المعلومات التي حُصِّلَت من معاينة الموقع وطرائق الحفر المتوقعة عند إعداد تصميم النفق، وأن يتضمن التصميم ما يلي:

- تفاصيل حول أبعاد النفق والتفاوت المسموح به في الحفر.
- متطلبات الدعم والتبطين الأولية أو المؤقتة لكل موقع داخل النفق.
- متطلبات الدعم والتبطين الدائمة لكل موقع داخل النفق.
- أي متطلبات أخرى للنفق المنهي إنشاؤه.

يلزم النظر في حماية الأصول، ومقدار الضرر المستدام ودرجة تعطل الخدمة التي يمكن أن تسببها الأضرار التي تلحق بالنظام الإنشائي عند اندلاع حريق.

ومن الناحية الإنشائية، يجب أن توفر الأنفاق ما يلي في حال نشوب حريق:

- القدرة على الحفاظ على السلامة الإنشائية للنفق عند نشوب حريق كبير، وإن كان ذلك مع وجود بعض الأضرار.
- الحد من الأضرار الإنشائية في المنطقة المباشرة للحريق؛ للحد من تأثيره على الأصول، بما في ذلك البنية التحتية المجاورة وشبكات الطرق المحيطة.
- الحفاظ على الاستقرار الإنشائي بينما تبرد المنطقة؛ لضمان سلامة الأفراد الذين يدخلون الموقع بعد الحريق.
- منطقة قريبة من الحريق، لكنها قد تظل متأثرة بالدخان الساخن والحرارة المشعة، ما يوفر مستوى من الأمان والوصول



- لأفراد خدمة الطوارئ عند وقوع حادث.
- منطقة بعيدة عن الحريق، لكنها قد تظل متأثرة بالدخان الساخن تستمر فيها معدات الطوارئ في العمل ولا تسقط فيها الأجسام؛ لتوفر ظروفًا آمنة للأفراد الذين يحاولون الهروب، أو تهيئة الأجواء لجهود استجابة خدمة الطوارئ بالوصول إلى موقع الحادث.
- فاصل مقاوم للحريق بين منطقة الحريق والمناطق المجاورة ذات الأمان النسبي، مثل؛ ممر متقاطع أو نفق مجاور.

٧-٤ أنواع الهياكل الإنشائية لأنفاق الطرق:

تُعرّف أنواع الهياكل الإنشائية لأنفاق هنا حسب المنهجية المستخدمة لإنشاء النفق؛ إذ يجب إجراء دراسة لنوع النفق كجزء من مرحلة التخطيط للنفق لتحديد منهجية الإنشاء الأنسب لاستخدامها.

٧-٤-١ أنفاق الحفر والردم (Cut-and-Cover):

تُعرّف أنفاق الحفر والردم بأنها الأنفاق التي يكون إنشاؤها عن طريق حفر الخنادق وإنشاء هيكل إنشائي خرساني لإيجاد فتحة النفق في الخندق وتغطيته بالترية. وقد يكون الهيكل الإنشائي الخرساني للنفق مصبوبًا في مكانه أو مبنياً من عناصر مسبقة الصب، وتوفّر متطلبات التصميم التفصيلية لهذا النوع من الأنفاق في الجزء (٧-٦).

٧-٤-٢ الأنفاق المنشأة بالتفجير (Mined):

تُعرّف الأنفاق المنشأة بالتفجير بأنها الأنفاق التي تُنشأ باستخدام معدات الحفر الميكانيكية، أو التي تُفجّر دون الإخلال بسطح الأرض. يعتمد اختيار معدات الحفر الميكانيكية أو التفجير على ظروف الأرض الجاري حفرها. ويخصص شكل الحفر وفق ظروف الأرض والمتطلبات الوظيفية الهندسية (الجيو مترية) للنفق. وعادةً ما تتطلب الأرض المحفورة دعماً أولياً قبل إنشاء بطانة دائمة. وقد لا تُبطن الأنفاق المنشأة بالتفجير عندما تكون في صخور مقنطرة. وتوفّر متطلبات التصميم التفصيلية لهذا النوع من الأنفاق في الجزء (٧-٧).

٧-٤-٣ الأنفاق المحفورة بالثقب الأفقي (Bored):

تُعرّف الأنفاق المثقوبة بأنها التي تُنشأ باستخدام معدات متخصصة تُعرف باسم آلات حفر (ثقب) الأنفاق (TBM) دون الإخلال بسطح الأرض. يُمكن إجراء عملية الحفر في الهواء الطلق أو قد تتطلب واجهة مضغوطة حسب ظروف الأرض والمياه الجوفية. قد يكون النفق المحفور غير مبطن أو مبطنًا. وتوفّر متطلبات التصميم التفصيلية لهذا النوع من الأنفاق في الجزء (٧-٧).

٧-٤-٤ الأنفاق المغمورة (Immersed):

تُعرّف الأنفاق المغمورة بأنها التي تُنشأ بغمر عنصر جاهز في خندق مُجهز محفور من قاع ممر مائي. الأنفاق المغمورة هي نوع متخصص من الأنفاق التي تُحفر ثم تُردم. تُنشأ عناصر النفق الجاهز من خرسانة مسبقة الصب أو من مزيج من الحديد الإنشائي والخرسانة، محكمة الإغلاق بحواجز في كل طرف، وتُعمّم من ساحة التصنيع إلى موقع الإنشاء. توضع العناصر فوق الخندق المحفور وتنزل في مكانها بإضافة الحصى. بمجرد وضعها، تُربط العناصر بالقطاعات المجاورة ومن ثم يردم الخندق. وتوفّر متطلبات التصميم التفصيلية لهذا النوع من الأنفاق في الجزء (٧-٨).

٧-٥ اعتبارات التخطيط والمسار:

يعتمد اختيار نوع النفق على التكوينات الهندسية وظروف الأرض ونوع المعبر والمتطلبات البيئية.

٧-٦ الخلوص والمتطلبات الهندسية (الجيو مترية):

لمعرفة الحد الأدنى من خلوص الطريق والمتطلبات الهندسية (الجيو مترية) يجب مراجعة الباب (٢).

٧-٧ الأحمال ومزيج الأحمال:

يحدد الباب (٣) الحد الأدنى من متطلبات الأحمال والقوى، وحدود تطبيقها، وعوامل الحمل، ومزيج الأحمال المستخدمة لتصميم الأنواع الآتية من أنفاق الطرق الجديدة:

- أنفاق من نوع الحفر ثم الردم في التربة والصخور.
- الأنفاق المُفجَّرة في التربة والصخور.
- الأنفاق المحفورة بالثقوب الأفقي في التربة والصخور التي شُيّدت باستخدام آلات حفر الأنفاق (TBM).
- الهياكل الإنشائية للأنفاق المغمورة في التربة والصخور.

الأحمال الواردة في الجزء (٧-٣) قابلة للتطبيق على أجزاء الميل أدناه لمنشأة النفق فقط. لمعرفة أحمال القطع المحتجزة، والهياكل الإنشائية المرتفعة، والمباني الملحقة، وغيرها من الهياكل الإنشائية ذات الصلة والداعمة، يجب مراجعة مواصفات التصميم المنطبقة على الهيكل الإنشائي.

١-٧-٧ الأحمال الناتجة عن التطوير والحمل الإضافي فوق و/أو بجانب النفق:

١-١-٧-٧ حمولة التطوير:

يحدد الحد الأقصى لحمل التطوير المستقبلي المسموح به على قمة النفق بالنظر في اعتمادات التطويرات المعروفة، والتخطيط الحضري المستقبلي، والتوقعات المنظورة.

يجب أن يكون الحمل المعتمد هو الأكبر مما يلي:

- أي أحمال ناتجة عن التطويرات المسموح بها بالفعل فوق أو بجانب النفق، التي منحت الموافقة لإنشائها.
- أي أحمال متوقعة من التطويرات المستقبلية فوق أو بجانب النفق، التي سيسمح بها بموجب أنظمة التخطيط المعمول بها.
- الأحمال الناتجة عن التطوير المسموح به الذي يتكون من (٥٠) كيلو نيوتن/م^٢ تعمل على مستوى السطح في حالة الأنفاق المحفورة (المتقوية) أو الأنفاق من نوع الحفر ثم الردم.

٢-١-٧-٧ الحمل الإضافي:

يجب أن يُصمم النفق لحمولة إضافية موزعة توزيعاً منتظماً تبلغ (٢٠) كيلو نيوتن/م^٢؛ للسماح بأي تراكم مستقبلي فوق مستوى السطح الطبيعي أو المكتمل عن طريق ردم جسر طريق، بحد أقصى متر واحد من حمولة إضافية مكافئة.

يجب أن يكون الحد الأقصى للحفر المسموح به في أعلى النفق أو على أحد جانبيه مترًا واحدًا، إلا إذا:

- منحت الموافقة على التخطيط للتطوير بعمق أكبر.
- يوجد بالفعل تطوير بعمق أكبر.

٣-١-٧-٧ خليط الأحمال:

يجب أن يسمح المصممون بحمل تطوير مستقبلي بالإضافة إلى الحمل الإضافي.

٤-١-٧-٧ سلامة النفق:

عندما يمكن تطبيق أو السماح بإجهاد أو حمل إضافي، يجب أن يوفر مصمم النفق مواصفات أداء بشأن ما هي الحركة المسموح بها مع الحفاظ على سلامة النفق.

٥-١-٧-٧ أحمال تصميم الجدار الاستنادي للهيكل الإنشائي للنفق:

بالإضافة إلى الأحمال التي تفرضها المواد المحتجزة، تُصمَّم الجدران الاستنادية المرتبطة بالأنفاق لمقاومة كل من:

- حمل إضافي أقصى للردم يبلغ ٢٠ كيلو نيوتن/م^٢ (بعمق ١,٠ م).
- حمل حيي يبلغ ٢٥ كيلو نيوتن/م^٢ خلف الجدران الاستنادية، ليُطبَّق كحمل إضافي منتظم.

٨-٧ المواد الإنشائية واعتبارات التصميم:

١-٨-٧ خصائص المواد:

يجب أن تكون متطلبات المواد والتصميم الإنشائي لمكونات الأنفاق المصنوعة من الخرسانة والحديد وفقاً للجزء (٥) للمنشآت الخرسانية، والجزء (٦) للمنشآت الحديدية من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٢-٨-٧ متطلبات التصميم:

يجب أن يتفق التصميم الإنشائي لمكونات النفق مع متطلبات مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٣-٨-٧ المنشآت الخرسانية:

يجب أن تُصمَّم المنشآت الخرسانية وفقاً للجزء (٤-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٤-٨-٧ المنشآت الحديدية:

يجب أن تُصمَّم المنشآت الحديدية وفقاً للجزء (٤-٦) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٩-٧ الاعتبارات الجيوتقنية:

١-٩-٧ الاستقصاء الجيوتقني:

يجب أن يستخدم برنامج الاستقصاء الجيوتقني لمشاريع الأنفاق الوسائل والأساليب المناسبة لمعرفة السمات والخصائص الضرورية كأساس لتخطيط الأنفاق والمرافق تحت الأرض ذات الصلة وتصميمها وإنشائها؛ لتحديد أخطار الإنشاء المحتملة؛ وإيجاد تقدير واقعي للتكلفة وللجدول الزمني. يجب أن يكون إجراء الاستقصاء الجيوتقني وفقاً للمعايير المحددة في الجزء (٥-٤) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٢-٩-٧ اختيار معلمات التربة والصخور للتصميم:

يجب أن تُحدَّد معلمات تصميم التربة والصخور وفقاً للجزء (٥-٥) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

٣-٩-٧ التقارير الجيوتقنية:

يجب أن يقدم التقرير الجيوتقني البيانات الواقعية للظروف تحت السطحية التي تخص المشروع دون تضمين تفسير لهذه البيانات، ويجب أن يحتوي/يشمل المعلومات المحددة في الجزء (٥-٨) من مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)).

١٠-٧ الهياكل الإنشائية لأنفاق الحفر والردم:

يجب أن تُطبَّق أحكام مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، ٢٠١٧، (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017)) على تخطيط وتصميم وتقييم وإعادة تأهيل أنفاق الحفر والردم للطرق، وأنظمة الدعم الدائم للحفر.



١١-٧ الهياكل الإنشائية للأنفاق المنشأة بالتفجير وبالحفر (الثقب):

يجب أن تُطبَّق أحكام مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، (٢٠١٧)، (AASHTO LRFD) (Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017) على تخطيط وتصميم وتقييم وإعادة تأهيل البطانة الدائمة للأنفاق المنشأة بواسطة آلة حفر الأنفاق (TBM) أو بالتفجير.

١٢-٧ الهياكل الإنشائية للأنفاق المغمورة:

يجب أن تُطبَّق أحكام مواصفات (AASHTO) لتصميم عامل الحمل والمقاومة لتصميم الجسور، (٢٠١٧)، (AASHTO LRFD) (Bridge Design Specifications (AASHTO, 2017) لتحديد الأحمال، والتحليل، والتصميم، والتفصيل، وقابلية الفحص للأنفاق المغمورة المشيدة من عناصر من الحديد أو الخرسانة أو مزيج منهما.

٨- ملاحظات التصميم والحسابات:

٨-١ إجراءات تخص أرشفة ملاحظات التصميم:

٨-١-١ عام:

على إدارة الجسور تنفيذ إجراء لأرشفة ملاحظات تصميم الجسور في نظام إدارة قاعدة بيانات فحص الجسور؛ من أجل الامتثال لمتطلبات الجهة التي تخص الاحتفاظ بالسجلات. تُنفَّذ الإجراءات الواردة في هذا الجزء عند اكتمال التصميم.

٨-١-٢ المسح الضوئي للملاحظات:

قم بعمل مسح ضوئي للملاحظات (أو حوّل الملفات الإلكترونية) واجمعها في ملف (PDF) واحد، وأنشئ ملفات (PDF) منفصلة لكل جسر. وفي حال إعداد تصميم واحد لهيكل إنشائي مزدوج، يجب أن يحتوي كل ملف جسر على نسخة من ملاحظات التصميم، ويوضع له عنوان وفقاً لما هو موضح أدناه في قسم "اصطلاحات التسمية".

لا يلزم توفير نسخة من ملفات إدخال برامج الحاسوب، ترفق نسخ من مخرجات برامج الحاسوب مع ما يلي:

- تكرار الإدخال.
- الصفحات الرئيسية للمخرجات، مشروحة بخط اليد إذا لزم الأمر، بحيث يمكن فهم نتيجة التصميم، بما في ذلك التحكم في حالة التحميل والحالة الحدية، بمراجعة التعليقات التوضيحية على المخرجات.
- الصفحات الرئيسية للمخرجات مشروحة بخط اليد إذا لزم الأمر؛ مما يدل على أن حالات التحميل الأخرى والحالات الحدية لا تتحكم في نتيجة التصميم.

ضمن عناصر التصميم الآتية في ملف (PDF)، حسب الحاجة:

- الحسابات وافتراضات التصميم والوثائق الأخرى التي تثبت أن تصميم المنشأ الفوقي للجسر يفي بالتحكم في حالات التحميل والحالات الحدية، للعناصر الآتية:
 - العوارض أو الكمرات.
 - الأضلاع الطولية.
 - كمرات الأرضية.
 - الجملونات، بما في ذلك العناصر الثانوية، مثل: التدعيم وألواح التقوية.
 - الأقواس والهنافر، بما في ذلك العناصر الثانوية، مثل: التدعيم وألواح التقوية.
 - مشدات الكابلات.
 - عناصر أخرى غير مستبعدة تحديداً.
- الحسابات وافتراضات التصميم والوثائق الأخرى التي تثبت أن تصميم المنشأ التحتي للجسر يفي بالتحكم في حالات التحميل والحالات الحدية، للعناصر الآتية:
 - كمرات الأغشية.
 - الأعمدة، والأبراج، والأعمدة.
 - عناصر أخرى غير مستبعدة تحديداً.
- الحسابات وافتراضات التصميم والوثائق الأخرى التي تثبت أن تصميم أساس الجسر يلبي متطلبات التصميم، للعناصر الآتية:
 - الخوازيق.
 - الأعمدة المثقوبة.
 - الأساسات المفروشة.
 - عناصر أخرى غير مستبعدة تحديداً.
 - الحسابات وافتراضات التصميم والوثائق الأخرى التي تحدد تصنيف حمولة الجسر.
- استكمال صفحة غلاف مراقبة الجودة صادرة عن السلطة المعنية بالجسر، من دليل مراقبة الجودة وضمان الجودة. ويُسمح للمصممين باستخدام صفحة الغلاف الخاصة بهم إذا كانت مماثلة لورقة غلاف مراقبة الجودة الخاصة بالسلطة.
- تخطيط الجسر في وقت التصميم الأصلي.
- المراسلات المتعلقة مباشرة بالعناصر المدرجة.



٣-١-٨ اتفاقية التسمية:

يجب أن تلتزم كل سلطة من السلطات المسؤولة عن الجسور بنظام تسمية، ويحدد النظام المعلومات الآتية:

- مالك الجسر.
- موقع الجسر.
- رقم الجسر.
- سنة الإنشاء.

٢-٨ مراقبة الجودة وضمان الجودة (QC/QA):

١-٢-٨ عام:

تتشرط السلطات وجود برنامج لضمان الجودة، يتضمن إجراءات مراقبة الجودة، وتتشرط الالتزام به. تنطبق إجراءات مراقبة الجودة؛ ضمان الجودة على جميع أنواع مشاريع تصميم الجسور، ومشاريع تصميم الجسور الاستشارية التي تنفذ لمصلحة السلطة. تنطبق إجراءات مراقبة الجودة؛ ضمان الجودة على جميع العمليات الحسابية وفحوصات التفاصيل. تنطبق إجراءات مراقبة الجودة؛ ضمان الجودة على تطوير إرشادات التصميم، ونماذج التصميم، وجداول البيانات، والأدلة والمواصفات. ضمّن نماذج مراقبة الجودة في كل مذكرة تصميم، وقم بتعبئة النموذج بالكامل، وتعبئة كتل العنوان في أوراق الخطة بالكامل، وأظهر الأحرف الأولى من أسماء المصمم والمدقق.

٢-٢-٨ الرسومات الاستشارية المُعدّة مسبقاً:

بالنسبة للخطط التي يعدها الاستشاري، يتعين على الاستشاريين تقديم خطة مراقبة الجودة الخاصة بهم كتابةً قبل بدء العمل أو وفقاً للتوجيهات الأخرى المنصوص عليها في العقد، وتحتفظ الهيئة بالحق في مراجعة عملية مراقبة الجودة الخاصة بهم.

٣-٢-٨ التحليل المستقل:

قد تكون هناك حاجة إلى تحليلات مستقلة للهياكل الإنشائية المعقدة أو الغريبة أو العناصر الإنشائية ويجب أن تفي بالمتطلبات الآتية:

- نفذها مهندس مسجل مرخص في المملكة العربية السعودية.
- تلبية متطلبات هذه الوثيقة.
- إجراؤها دون مساعدة حسابات التصميم الأصلية.
- تستخدم برنامج تصميم أو تحليل هندسة إنشائية يختلف عن الذي استخدم للتصميم الأصلي، عند توفره.
- تحدد أن المخططات الأصلية -كما صممها المهندس المسؤول عن المشروع- لا تتفق مع معايير التصميم المعمول بها.
- تنشئ مجموعة منفصلة من حسابات التصميم الموثقة في تقرير، ويجب أن يوثق التقرير أي تغييرات أو توصيات تتعلق بالخطط الأصلية.

سيقارن بعد ذلك تقرير التحليل المستقل بالتصميم الأصلي بواسطة المهندس المسؤول عن المشروع، كما توثق هذه المقارنة، وتحل المشكلات.



المراجع

- AASHTO (2007) *LRFD Bridge Design Specifications, 4th edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2014) *LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges with 2015 Interim Revisions (2nd Edition)*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2017) *LRFD Bridge Construction Specifications, 4th edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2017) *LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide Specifications, 1st edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2018). *AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete, 2nd edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- AASHTO (2020) *LRFD Bridge Design Specifications, 9th edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- ACI (2001) *Control of Cracking in Concrete Structures*. ACI 224R-01. American Concrete Institute, USA.
- Barnard T., Hovell C.G., Sutton J.P., Mouras J.M., Neuman B.J., Samaras B.A., Kim J., Williamson E.B., Frank K.H. (2010) *Modeling the Response of Fracture Critical Steel Box-Girder Bridges*, Research Report 5498-1. Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, USA.
- MoC (1992) *Highway Design Manual, Volume 3 - Structural Design Specifications*. Ministry of Communications, KSA.
- MoMRAH (2013) *Tunnels, Culverts and Pedestrian Bridges Specifications in Urban Areas Design Specifications (MA 100-D-V1/2)*. Ministry of Municipalities, Rural Affairs and Housing, KSA.
- MoMRAH (2013) *Tunnels, Culverts and Pedestrian Bridges Specifications in Urban Areas Design Specifications (MA 100-D-V2/2)*. Ministry of Municipalities, Rural Affairs and Housing, KSA.
- SBCNC (2018a) *SBC 301 - Loading and Forces*. Saudi Building Code National Committee, KSA.
- SBCNC (2018b) *SBC 302 - Soil and Foundations*. Saudi Building Code National Committee, KSA.
- SBCNC (2018c) *SBC 304 - Concrete Structures*. Saudi Building Code National Committee, KSA.
- SBCNC (2018d) *SBC 306 - Steel Structures*. Saudi Building Code National Committee, KSA.
- TxDOT (2023) *Bridge Design Manual - LRFD*. Texas Department of Transportation, USA.

الملحق أ - مسرد المصطلحات

- اتزان** - حالة يكون فيها مجموع القوى والعزوم حول أي نقطة في الفراغ هو ٠.٠.
- الأحمال المتغيرة** - الأحمال والقوى التي يمكن أن تتفاوت خلال فترة زمنية قصيرة بالنسبة إلى عُمر المنشأة.
- أحمال دائمة** - الأحمال والقوى التي تكون، أو يُفترض أن تكون إما ثابتة عند الانتهاء من الإنشاء وإما متغيرة على مدى فترة زمنية طويلة فقط.
- الأساس** - عنصر داعم يستمد مقاومته عن طريق نقل حملته إلى التربة أو الصخر الداعم للجسر.
- الإسالة** - فقدان مقاومة القص في التربة المشبعة بسبب الضغط الهيدروستاتيكي الزائد. ففي التربة المشبعة غير المتماصة، يمكن أن ينتج هذا فقدان للمقاومة بسبب الأحمال التي تطبق بشكل فوري أو دوري؛ لا سيما في الرمل الناعم إلى المتوسط المتناثر والمتدرج بشكل منتظم.
- أساليب التحليل المكررة** - طرق التحليل الإنشائي التي تعتبر البنية الفوقية بأكملها كوحدة متكاملة، وتوفر الانحرافات والإجراءات المطلوبة.
- الاستجابة الخطية** - السلوك الإنشائي الذي تتناسب فيه الانحرافات تناسبًا خطيًا مع الأحمال.
- استجابة غير خطية** - السلوك الإنشائي الذي لا تتناسب فيه الانحرافات تناسبًا خطيًا مع الأحمال بسبب وقوع الإجهادات في المدى غير المرن، أو الانحرافات التي تسبب تغيرات كبيرة في تأثيرات القوة، أو مزيج منهما.
- استقرار عام** - استقرار الجدار الاستنادي بأكمله أو منشأة الدعامة ويُحدّد من خلال تقييم أسطح الانزلاق المحتملة الموجودة خارج المنشأة بأكملها.
- إعادة تأهيل** - ١. هي عملية تتكون من مجموعة واسعة من المعالجات؛ لإصلاح الرصفيات الحالية وإعادة تأهيلها وترميمها واستبدالها لاستعادة إمكانية الخدمة وإطالة عمر الخدمة. ٢. عملية تُستعاد عبرها مقاومة الجسر، أو تُزاد.
- إنشاء متألف** - حديد أحادي الخلية و / أو الجسور الخرسانية الصندوقية، وأنظمة البلاطات الخرسانية الصلبة أو الخلوية المصبوبة في الموقع، والبلاطات المكونة من عناصر طولية مسبقة الصب، أو صلبة، أو خلوية مرتبطة معًا بشكل فعال عن طريق الشد اللاحق العرضي.
- الانهيار** - تغيير كبير في هندسة الجسر يجعله غير صالح للاستخدام.
- بنية سفلية** - كل تلك الأجزاء من المنشأة الموجودة أسفل محامل الكمرات ذات البحور البسيطة والمستمرة، والتواءات الأقواس وقواعد الإطارات الصلبة، وتتضمن الجدران الخلفية وجدران المجنحة وحواجز حماية الأجنحة.
- بنية فوقية** - الأجزاء الإنشائية للجسر التي توفر الامتداد الأفقي.
- تأثير القوة** - نتيجة تشوه أو إجهاد (أي القوة المحورية، أو قوة القص، أو عزم الالتواء، أو الانحناء) بسبب الأحمال المطبقة أو التشوهات المفروضة أو التغيرات الحجمية.
- تباعد الكمرات** - المسافة من المركز إلى المركز بين خطوط الارتكاز.
- تحليل من الدرجة الأولى** - تحليل تُصاغ فيه شروط التوازن على هيكل إنشائي غير مشوه؛ أي أن تأثير الانحرافات لا يؤخذ في الاعتبار عند كتابة معادلات التوازن.
- تحليل من الدرجة الثانية** - تحليل تُصاغ فيه شروط التوازن على الهيكل الإنشائي المشوه؛ أي حيث يُستخدَم الموضع المنحرف للهيكل الإنشائي في كتابة معادلات التوازن.
- ترادفي** - محوران متقاربان متصلان عادةً بنفس الهيكل الإنشائي السفلي، والتي تُحسن من خلالها معادلة الجمل بين المحاور.
- تربة متماسكة بشكل مفرط** - تربة تعرضت لضغط تحميل مفرط أكبر مما هو موجود حاليًا.
- التشوه** - تغيير في الهندسة الإنشائية بسبب تأثيرات القوة، بما في ذلك: الإزاحة المحورية، أو إزاحة القص، أو الدوران.
- تشوه مترابك** - تأثير الاستقرار والزحف والتغير في درجة الحرارة و / أو محتوى الرطوبة.
- التصريف التصميمي** - من المتوقع أن يستوعب الجسر الحد الأقصى لتدفق المياه دون تجاوز قيود التصميم المعتمدة.
- تصميم** - خصائص النظام أو المكونات التي يختارها المطور استجابةً للمتطلبات.
- تصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD)** - منهجية تصميم قائمة على الموثوقية لا يُسمح فيها لتأثيرات القوة الناتجة عن الأحمال المحسوبة بتجاوز المقاومة المحسوبة للمكونات.

التقييم - تقييم أداء جسر قائم.

توافق - التساوي الهندسي (الجيومتري) للحركة في تداخل المكونات المرتبطة.

جسر - هيكل إنشائي يشتمل على دعائم أقيمت فوق منخفض أو عائق مثل: مياه أو طريق أو سكة حديدية. يوجد فيه سكة أو ممر 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 أيضاً أنابيب متعددة، حيث تكون المسافة الخالية بين الفتحات أقل من نصف الفتحة الملاصقة الأصغر.

جسر ثابت - جسر بخلوص مركبات أو ملاحه ثابت.

جسر متحرك - جسر بخلوص مركبات أو ملاحه متغير.

حاجز مستمر إنشائياً - حاجز أو أي جزء منه، والذي ينقطع فقط عند فواصل سطح الجسر.

الحالات الحدية في الأحداث البالغة الحدة - حالات الحدود المتعلقة بأحداث، مثل: الزلازل، وتصادم المركبات أو السفن، مع فترات عودة تزيد عن العمر التصميمي للجسر.

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.

حركة الإطار - الاستمرارية المستعرضة بين السطح وشبكات المقطع العرضي الخلوي، أو بين السطح والمكونات الأساسية في الجسور الكبيرة.

حمل اسمي - مستوى تحميل تصميم أختير عشوائياً.

حمل إضافي - حمولة تستخدم لنمذجة وزن حشوة الأرض، أو الأحمال الأخرى المطبقة على الجزء العلوي من المادة المحتجزة.

حمولة - ١. عدد الركاب في مركبة النقل. ٢. تأثير التسارع، ويشمل ذلك التأثير الناتج عن الجاذبية، أو التشوه المفروض، أو التغيير الحجمي.

الحمل الحي للمسار - مزيج من المحور الترادفي والأحمال الموزعة بشكل منتظم، أو مزيج من الشاحنة التصميمية وتصميم الحمل الموزع بشكل منتظم.

خط أعط الأفضلية - صف من المثلثات البيضاء المتساوية الساقين التي تشير إلى المركبات المقترية الممتدة عبر المسارات المرورية للإشارة؛ إلى النقطة المقصود إعطاء الأفضلية عندها.

خط العجلات - تجميع عرضي أو طولي للعجلات.

خلوص - حيز مكاني أفقي أو رأسي خالٍ من العوائق.

درجة الحرية - واحد من عدد من الانتقالات أو الدورات المطلوبة لتحديد حركة العقدة. ويمكن تعريف الشكل المزاح للمكونات و / أو المنشأة بأكملها بعدد من درجات الحرية.

زاوية الانحراف - الزاوية بين خط الوسط للدعامة والخط العمودي على خط الوسط للطريق.

سائل مكافئ - مادة افتراضية تمارس كثافتها ضغطاً مماثلاً للترربة محل النظر؛ لتحل محلها لأغراض حسابية.

سطح الجسر - ١. مكون، قد يتضمن طبقة سطحية، يدعم أحمال العجلات بشكل مباشر. ٢. طبقة سطحية من الخرسانة وحديد التسليح على الجسر.

شروط الحدود - خصائص القيود الإنشائية فيما يتعلق بدعم النماذج الإنشائية أو الاستمرارية بينها.

الشريحة المكافئة - عنصر خطي اصطناعي معزول عن سطح الجسر لغرض التحليل، حيث تكون تأثيرات القوة القصوى المحسوبة لخط أحمال العجلات العرضية أو الطولية، تقارب التأثيرات التي تحدث بالفعل على سطح الجسر.

صلابة (Rigidity) - تأثير القوة الناتج عن تشوه الوحدة المقابل لكل وحدة طول للمكون.

صلابة (Stiffness) - تأثير القوة الناتج عن تشوه الوحدة.

ضغط التربة الخامل - ضغط عرضي ناتج عن مقاومة الأرض للحركة العرضية لهيكل إنشائي، أو مكون نحو كتلة التربة.

ضغط التربة الظاهري - توزيع الضغط العرضي للجدران المثبتة المنشأة من الأعلى إلى الأسفل.

ضغط التربة النشط - ضغط عرضي ناتج عن الاحتفاظ بالتربة من قبل هيكل إنشائي أو مكون يميل إلى الابتعاد عن كتلة التربة.

طريقة التحليل - عملية رياضية تُحدّد -من خلالها- التشوهات الإنشائية والقوى والإجهادات.



- طريقة التحليل المقبولة -** طريقة التحليل التي لا تتطلب مزيداً من التحقق، وأصبحت جزءاً معتاداً من ممارسة الهندسة الإنشائية.
- طريقة التشوه الكلاسيكية -** طريقة تحليل يُقسّم فيها الهيكل الإنشائي إلى مكونات يمكن حساب صلابتها بشكل مستقل. ويُستعاد التوازن والتوافق بين المكونات من خلال تحديد التشوهات في الواجهات.
- طريقة الشرائح المتناهية الصغر -** طريقة التحليل التي يُقسّم فيها الهيكل الإنشائي إلى شرائح متوازية. وفيها يُفترض شكل حقل إزاحة الشريط، ويُحافظ على التوافق الجزئي بين واجهات العناصر. وتُحدد معلمات الإزاحة النموذجية باستخدام مبادئ تباين الطاقة أو طرق التوازن.
- طريقة الفروق المتناهية الصغر -** طريقة تحليل تُستوفى فيها المعادلة التفاضلية الحاكمة عند نقاط منفصلة على الهيكل الإنشائي.
- طريقة القوة الكلاسيكية -** طريقة تحليل يُقسّم فيها الهيكل الإنشائي إلى مكونات تحدد بشكل ثابت. ويُستعاد التوافق بين المكونات من خلال تحديد قوى الواجهة.
- طريقة خط الخضوع -** طريقة التحليل التي يُفحص فيها عدد من أنماط خطوط الخضوع المحتملة؛ من أجل تحديد قدرة تحمل الحمل.
- عامل التحميل -** مضاعف قائم على الإحصاء يطبّق على حساب تأثيرات القوة بشكل أساسي؛ لتغير الأحمال، ونقص الدقة في التحليل، واحتمال حدوث أحمال مختلفة في وقت واحد، ولكنه يتعلق أيضاً بإحصاءات المقاومة من خلال عملية المعايرة.
- عجلة -** إطار فردي أو مزدوج في أحد طرفي المحور.
- عرض الطريق -** حيز صافٍ بين الحواجز و/أو البردورات.
- عضو أساسي -** عضو مصمم لتحمل الأحمال الموضوعة على الهيكل الإنشائي كما هو محدد من التحليل.
- علم الهيدرولوجيا -** علم يُعنى بظهور المياه على الأرض وتوزيعها ودورانها، ويشمل ذلك هطول الأمطار والجريان والمياه الجوفية.
- علم الهيدروليكا -** علم يُعنى بسلوك الموانع وتدفقها، خاصة في الأنابيب والقنوات.
- العُمر التصميمي -** الفترة الزمنية التي يستند فيها الاشتقاق الإحصائي للأحمال المتحركة إلى ٧٥ عامًا لهذه المواصفات.
- عُمر الخدمة -** الفترة الزمنية التي من المتوقع أن يخدم فيها الجسر.
- العمق التصميمي للماء -** عمق الماء عند متوسط ارتفاع الماء.
- العناصر -** ١. أجزاء من العوامل. على سبيل المثال، تُعدّ الأنواع المحمية جزءاً من التنوع البيولوجي. ٢. جزء من مكون أو عضو يتكون من مادة واحدة.
- عنصر -** الجزء الذي لا يُقيّم فيه - عادةً - الإجهاد في التحليل.
- غير مرن -** أي سلوك إنشائي تكون فيه نسبة الإجهاد والانفعال غير ثابتة، ويبقى جزء من التشوه بعد إزالة الحمل.
- قاعدة الرافعة -** الجمع الثابت للعزوم حول نقطة واحدة؛ لحساب رد الفعل عند نقطة ثانية.
- قطاع حوضي -** قطاع مفتوح من الأعلى يتكون من حافة سفلية وشبكتين مائلتين أو رأسيين وحافات علوية.
- قطاع صندوق مغلق -** قطاع عرضي يتكون من شبكتين رأسيين أو مائلتين بهما خلية واحدة - على الأقل - مغلقة بالكامل. ويعتبر عضو المقطع المغلق فعالاً في مقاومة الالتواء المطبّق عن طريق تثبيت تدفق القص في الشبكات والحواف.
- قطاع غير متشقّق -** قطاع يُفترض فيه أن تكون الخرسانة فعالة بشكل كامل في الشد والضغط.
- قطاع مفتوح -** قطاع عرضي لا يحتوي على خلية مغلقة. ويقاوم عضو المقطع المفتوح الالتواء بشكل أساسي عن طريق الالتواء غير المنتظم، والذي يسبب إجهادات طبيعية عند أطراف الحافة.
- قوة الطرد المركزية -** قوة عرضية ناتجة عن تغيير اتجاه حركة المركبة.
- قيمة إضافية للحمل الديناميكي -** زيادة في تأثيرات القوة الساكنة المطبّقة لحساب التفاعل الديناميكي بين الجسر والمركبات المتحركة.
- كمرات ممتدة -** الكمرات التي ليس بينها تماس مادي مع بعضها، وتحمل سطح خرسانة مصبوبة في الموقع.
- كمرة مكافئة -** كمرة مفردة مستوية أو منحنية تقاوم تأثيرات الانحناء والالتواء.
- الليونة -** خاصية المكون أو الموصل الذي يسمح باستجابة غير مرنة.
- مالك -** الفرد أو الشركة أو الجهة الحكومية أو غير ذلك ممن يتمتعون بملكية مرفق منافع، ويتولون مسؤوليته.
- مُحسن الحمل -** عامل يفسر ليونة الجسر، وفائضه (redundancy)، والأهمية التشغيلية للجسر.

مُخَمّد - جهاز ينقل القوى ويقللها بين عناصر البنية الفوقية، أو بين عناصر البنية الفوقية وعناصر البنية التحتية، أو كليهما، مع السماح بالحركات الحرارية. ويوفر الجهاز التخميد عن طريق تبديد الطاقة تحت الأحمال الزلزالية أو الميكانيكية أو غيرها من الأحمال الديناميكية.

مدى الحركة التصميمية الحرارية - مدى حركة الهيكل الإنشائي الناتج عن الاختلاف بين درجة الحرارة التصميمية القصوى ودرجة الحرارة التصميمية الدنيا.

مسار - منطقة في سطح الجسر تستقبل مركبة واحدة، أو خط تحميل منتظم.

مسار تصميمي - مسار مرور افتراضي موضوع بشكل عرضي على الطريق.

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.

مقاومة مصدّدة - المقاومة الاسمية مضروبة في عامل المقاومة.

مقيدات - نظام من الكابلات أو القضبان عالية القوة التي تنقل القوى بين عناصر البنية الفوقية و/أو عناصر البنية التحتية والبنية التحتية تحت أحمال زلزالية أو ديناميكية أخرى بعد معالجة الارتخاء الأولي، مع السماح بالحركات الحرارية.

مكون - ١. المكونات هي (الأجزاء) المُسمّاة من التصميم و/أو الكيانات الفعلية [الأنظمة الفرعية، وحدات الأجهزة، ووحدات البرامج] للنظام/النظام الفرعي. وفي بنيت النظام/النظام الفرعي، تتألف المكونات من أنظمة فرعية [أو صيغ أخرى منها] ووحدات الأجهزة ووحدات البرامج وعمليات يدوية. **٢.** إما عنصر مستقل في الجسر وإما مزيج من العناصر التي يتطلب دراسة تصميم كوحدة واحدة، وحدة إنشائية تتطلب دراسة تصميم منفصلة، مرادفة للعضو.

منصرف الرياح - جانب الرياح، النقطة أو الرُبع الذي تهب نحوه الرياح.

المهندس - الشخص المفوض رسميًا من الوزارة، ويعمل مباشرة أو من خلال ممثلين مفوضين رسميًا، ويتحمل مسؤولية الإشراف على تنفيذ الأعمال المدرجة في العقد وملاحقه. وتعني كلمة (المهندس) أينما وردت ممثل الوزارة المعتمد بالموقع.

مؤشر الموثوقية - تقييم كمي للسلامة معبر عنه بنسبة الفرق بين متوسط المقاومة، ومتوسط تأثير القوة إلى الانحراف المعياري المشترك للمقاومة وتأثير القوة.

نسبة البُعدين - نسبة طول المستطيل إلى عرضه.

نسبة التصلب المفرط - نسبة الحد الأقصى لضغط ما قبل التصلب إلى ضغط التحميل المفرط.

نظام السطح - بنية فوقية يكون السطح فيها جزءًا لا يتجزأ من مكوناته الداعمة، أو التي تكون فيها تأثيرات أو تشوه المكونات الداعمة على سلوك السطح كبيرة.

نظرية الانحراف الصغير - أساس لطرق التحليل التي تُهمل فيها تأثيرات التشوه على تأثيرات القوة في الهيكل الإنشائي.

نظرية الانحراف الكبير - أي طريقة تحليل تُؤخذ فيها تأثيرات التشوه على تأثيرات القوة في الاعتبار.

نقطة انعكاس الانحناء - النقطة التي يتغير فيها اتجاه عزم الانحناء؛ مرادفة لنقطة الانقلاب.

نموذج - ١. نهج حسابي لتمثيل تدفق المرور الذي يشمل إجراءات قطعية (قائمة على المعادلات) موجودة في دليل سعة الطرق، إضافة إلى طرق عشوائية (احتمالية) متوفرة خلال المحاكاة. **٢.** المثالية الرياضية أو الفيزيائية لهيكل إنشائي أو مكون مستخدم في التحليل؛ إضفاء الطابع المثالي على هيكل إنشائي لغرض التحليل.

وحدة المحور - محور مفرد أو محور مترادفي.



الملحق ب - الاختصارات والرموز

الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين	AASHTO
رصف خرساني أسفلتي	ACP
التوجيهات التلقائية للآلات	AMG
تصميم غير قياسي لكمر صندوقية	BBND
حمولة الانفجار	BL
قوة كبح للمركبة	BR
قوة الطرد المركزية للمركبة	CE
تأثيرات القوة بسبب الزحف	CR
قوة اصطدام المركبات	CT
قوة اصطدام السفن	CV
قوة السحب لأسفل	DD
الحمل الميت	DL
تفاصيل كمرات بلاطات سطحية	DSBD
تصميمات غير قياسية لكمرات بلاطات سطحية	DSBND
الحمل الميت للمرافق والطبقات السطحية	DW
تحميل ضغط التربة الأفقي	EH
تأثيرات متنوعة للقوة المغلقة الناتجة عن عملية البناء، بما في ذلك الرفع بصرف النظر عن الكابولي في البناء المقطعي	EL
جمل الزلازل	EQ
الحمل الإضافي للتربة	ES
الضغط الرأسي من الحمل الميت للردم الترابي	EV
تحميل الاحتكاك	FR

عالي التحميل متعدد الدوران	HLMR
تحميل الجليد	IC
تصميمات غير قياسية لعارضة على شكل حرف I	IGND
بدل التحميل الديناميكي للمركبة	IM
طول الانعطاف	Ld
الحمل الحي للمركبة	LL
تصميم عامل الحمل والمقاومة	LRFD
الحمل الحي الإضافية	LS
أقصى زلزال معتبر	MCER
تفاصيل متنوعة للمجاري الصندوقية المتعددة	MC-MD
وزارة النقل والخدمات اللوجستية	MoTLS
الأرض المستقرة ميكانيكياً	MSE
الشمال الغربي	NW
الحمل الحي للمشاة	PL
القوى الثانوية من الشد اللاحق	PS
تصميم كمرات بلاطات خرسانية مسبقة الإجهاد	PSBND
ضمان الجودة	QA
مراقبة الجودة	QC
كود البناء السعودي	SBC
تفاصيل متنوعة للمجاري الصندوقية المفردة المصبوبة في الموقع	SCC-MD
تفاصيل متنوعة للمجاري الصندوقية المفردة مسبقة الصب	SCP-MD
لوازم الحديد للحمولة الميتة	SDLF
تأثيرات القوة بسبب هبوط سطح الأرض	SE



تأثيرات القوة بسبب الانكماش	SH
دعم أعمال الحفر	SOE
الجنوب الغربي	SW
آلات حفر الأنفاق	TBM
أنظمة كشف حركة المرور ومراقبتها	TDMS
تأثيرات القوة بسبب التدرج الحراري	TG
مسح طوبوغرافي	TPS
تأثيرات القوة بسبب درجة الحرارة المنتظمة	TU
بيانات تصميم الكمرات U الخرسانية مسبقة الإجهاد	UBND
حمولة المياه وضغط التيار	WA
الرياح عند الحمل الحي	WL
حمولة الرياح على الهيكل الإنشائي	WS
تقوية الأسلاك الملحومة	WWR
نسبة الماء/الإسمنت	W/CM
تصميم غير قياسي للكمرات فئة X	XBND



الملحق ج - الوحدات

الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
الطول			
		ميكرومتر	μm
بوصة	in	ملليمتر	mm
قدم	ft	سنتيمتر	cm
يَاْرْدَة	yd	متر	m
		كيلومترات	km
المساحة			
بوصة مربعة	in²	مليمتر مربع (مم²)	mm²
قدم مربعة	ft²	سنتيمتر مربع	cm²
ياردة مربعة	yd²	متر مربع	m²
		هكتار	ha
		كيلومتر مربع	km²
الحجم			
		ملليمتر مكعب	mm³
بوصة مكعبة	in³	سنتيمتر مكعب	cm³
قدم مكعب	ft³	متر مكعب	m³
الوزن			
		ملليجرام	mg
		جرام	gr
رطل	lb	كيلو جرام	kg
		طن	t
القوة			
		نيوتن	N
كيلو رطل	kip	كيلو نيوتن	kN
الضغط			
رطل لكل بوصة مربعة	psi	باسكال	Pa
		كيلو باسكال	KPa



الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
		ميغا باسكال	MPa
الوقت			
		ثانية	sec
		دقيقة	min
		ساعة	hr
		سنوات	yr
		أسابيع	weeks
		أشهر	month
		أيام	d
درجة الحرارة			
درجة فهرنهايت	F°	درجة مئوية	C°
الزوايا			
		درجة	°
		جراد	g
التوصيل الحراري			
وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة-قدم-فهرنهايت	BTU/hr•ft•°F	واط لكل متر كلفن	W/m•K
السعة الحرارية			
وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة رطل - فهرنهايت	BTU/lb•°F	جول لكل كيلو جرام كلفن	J/kg•K
غير ذلك			
ميل في الساعة	mi/h	كيلومتر في الساعة	km/hr
مركبة في الساعة لكل مسار	vpmpl	جيجا هرتز	GHz
		ميغا هرتز	MHz
مركبات الركاب في الميل لكل مسار	pc/pm/pl	هرتز	Hz
		جول	J



الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
		فولت	V
		واط	W
		كولوم	C
		أوم	Ω
		لومن	lm
		لوكس	lx
		ديسيبل	dB
		كانديلا	cd
		مللي شمعة قياسية لكل متر مربعة لكل لكس	mcd/m ² /lux
		متر في الثانية	m/sec
		متر في الثانية المربعة	m/sec ²
		عدد الركاب لكل رحلة	pass/trip
		مركبات 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
		المشاة	ped
		الثواني لكل مركبة	s/veh
		المركبات	veh
		مركبة لكل يوم	veh/d



وحدات النظام الدولي		الوحدات البريطانية	
veh/km	مركبة لكل كيلومتر		
veh/km/ln	مركبة لكل كيلومتر لكل مسار		
veh/hr	مركبة لكل ساعة		
veh/km/ln	مركبة في الساعة لكل مسار		
veh/ln/cycle	مركبة في المسار لكل دورة		
cm/min	سنتيمتر لكل دقيقة		
mm ² /s	مليمتر مربع لكل ثانية		
l/m ²	لتر لكل متر مربع		
kg/m ²	كيلو جرام لكل متر مربع		
gr/m ²	جرام لكل متر مربع		
mPa*s	ملي باسكال ثانية		
Pa*s	باسكال ثانية		
cPs	سنتي بواز		
cST	سنتي ستوك		
Kg/ha	كيلو جرام لكل هكتار		
KPa/m	كيلو باسكال للمتر		



الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
		متر مكعب في الثانية	m ³ /sec
		مليجرام لكل لتر	mg/l
		طن لكل متر مكعب	t/m ³
		كيلو جرام لكل متر مكعب	kg/m ³
		كيلو نيوتن للمتر	KN/m
		كيلو جرام - سم	kg·cm
		أجزاء في المليون	ppm
		دورة في الدقيقة	rpm
		لتر في الدقيقة	l/min
رطل لكل بوصة مكعبة	pci	ميغا باسكال للمتر	MPa/m
		باسكال ثانية	Pa·sec
قوة الرطل	lbf		
	ft-lbf/ft ³	كيلو نيوتن متر لكل متر مكعب	kN-m/m ³
قدم لكل ميل	ft/mi	متر لكل كيلومتر	m/km
بوصة لكل ميل	in/mi		
		راديان في الثانية	rad/sec



الوحدات البريطانية		وحدات النظام الدولي	
	in/in/°F		
		كيلو جرام لكل سنتيمتر مربع	kg/cm ²
		مايكرو استطالة	με



كود الطرق السعودي
SAUDI HIGHWAY CODE

كود الطرق السعودي

تصميم الطرق والجسور والأنفاق | ٢٠٢٣
كود الطرق السعودي ٣١٠ - تصميم الجسور والأنفاق | الإصدار الأول