EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure Efficiency & Projects Authority

# الدليل الوطني لإدارة المشاريع

## المجلد 6، الفصل 7

# إرشادات التصميم الإنشائي

**رقم الوثيقة:** EPM-KES-GL-000001-AR
**رقم الاصدار:** 000



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

**جدول المراجعات:**

| رقم الإصدار | التاريخ | سبب الإصدار |
|---|---|---|
| 000 | 2021/11/08 | للإستخدام |



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

**يجب وضع هذا الإشعار على جميع نسخ هذا المستند**
**إشعار هام وإخلاء مسؤولية**

هذه ("الوثيقة") مملوكة حصرًا لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية،
ويجب على كل معني أو من يطلع على هذه الوثيقة قراءة هذا الإشعار بالكامل إلى جانب قراءة أحكام هذه الوثيقة، ويجوز للإدارات المعنية في الهيئة الإفصاح عن هذه الوثيقة أو مقتطفات منها لمستشاريها و / أو المتعاقدين المعنيين ("المتعاملين") ، شريطة أن يكون هناك حاجة وبعد التنسيق وإحاطة الإدارة مالكة الوثيقة، كما تنوه الهيئة إلى أن أي استخدام أو اعتمادٍ على هذه الوثيقة، أو بعضها يلزم أن يسبقه إحاطة مالك الوثيقة وأي استخدام أو اعتماد على هذه الوثيقة، أو مقتطفات منها، من قبل أي طرف، بما في ذلك الكيانات الحكومية والمستشارين و / أو المتعاقدين المعنيين، هي على مسؤولية ذلك الطرف وحده.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## الفهرس


1.0 **الأعمال الهيكلية ..... 8**

1.1.1 التعريفات ..... 8
1.1.2 الاختصارات ..... 9
1.1.3 الفصول ذات الصلة ..... 10
1.1.4 الاعتمادات ..... 10
1.1.5 التشغيل التجريبي ..... 10

2.0 **هياكل المبنى ..... 10**

2.1 **عامة** ..... 10
2.1.1 مقدّمة ..... 10
2.1.2 النطاق ..... 10
2.1.3 مجال التطبيق ..... 10
2.1.4 متطلبات عامة ..... 10
2.1.5 الأكواد والمعايير ..... 11
2.2 متطلبات التصميم العام ..... 14
2.2.1 عامة ..... 14
2.2.2 القُدرة ..... 15
2.2.3 قابلية الاستخدام ..... 15
2.2.4 التحليل ..... 16
2.2.5 فئة المخاطرة ..... 16
2.2.6 مواجهة الإجراءات الهيكلية ..... 16
2.2.7 قوى الإجهاد الذاتي ..... 16
2.3 أحمال التصميم 17
2.3.1 عامة ..... 17
2.3.2 اعتبارات خاصة ..... 17
2.3.3 الأحمال القابلة للتطبيق ..... 17
2.3.4 الأحمال الساكنة (د) ..... 17
2.3.5 الأحمال الحية ..... 18
2.3.6 الأحمال الحية للسطح (Lr) ..... 18
2.3.7 أحمال المطر (R) ..... 19
2.3.8 أحمال الفيضان (Fa) ..... 19
2.3.9 أحمال الرياح (W) ..... 19
2.3.10 الأحمال الزلزالية (E) ..... 19
2.3.11 أحمال الإجهاد الذاتي (T) ..... 19
2.3.12 الأحمال الناتجة عن ضغط الأرض الجانبي، المياه الجوفية (ح) ..... 20
2.3.13 أحمال أجهزة الرفع ..... 20
2.3.14 أحمال الرافعة ..... 21
2.3.15 أحمال الاهتزاز ..... 23
2.3.16 أحمال قضبان المسار ..... 23
2.3.17 المناطق التي يمكن الوصول إليها بأحمال المركبات ..... 23
2.4 مجموعات الحمل ..... 24
2.5 المعلومات الجيوتقنية ..... 24
2.5.1 متطلبات عامة ..... 24
2.5.2 الدراسة الجيوتقنية ..... 24
2.5.3 تقرير التصميم الجيوتقني (GDR) ..... 24
2.6 تصميم خرساني 24
2.6.1 متطلبات عامة ..... 24
2.6.2 المواد ..... 24
2.6.3 تحمل الخرسانة ..... 25
2.6.4 الخرسانة المصبوبة في الموقع ..... 25
2.6.5 الخرسانة الجاهزة/المضغوطة مسبقًا ..... 26
2.6.6 الخرسانة المعمارية الجاهزة ..... 26
2.6.7 المباني الجاهزة سابقة التصميم/سابقة التجهيز ..... 26
2.6.8 الخرسانة لاحقة الشّدّ ..... 27
2.6.9 البناء المركب ..... 27
2.6.10 البلاطة الخرسانية الأرضية ..... 27
2.6.11 الفواصل ..... 27
2.7 تصميم البناء 28




بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

2.7.1 متطلبات عامة ..... 28
2.7.2 إنشاء المباني المركبة ..... 28
2.7.3 وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن (AAC) ..... 29
2.7.4 اعتماد أنظمة التصميم أو البناء الخاصة ..... 29
2.7.5 أسس التصميم ..... 30
2.8 التصميم الفولاذي ..... 31
2.8.1 متطلبات عامة ..... 31
2.8.2 الهياكل الفولاذية ..... 31
2.8.3 الروافد الفولاذية ..... 31
2.8.4 الفولاذ المشكل على البارد ..... 31
2.8.5 المباني المعدنية سابقة التصميم/سابقة التجهيز (PEMB) ..... 32
2.9 تصميم الخشب 33
2.9.1 متطلبات عامة ..... 33

**3.0 هياكل المباني الشاهقة ..... 33**

**3.1 متطلبات عامة ..... 33**
3.1.1 مقدّمة ..... 33
3.1.2 النطاق ..... 33
3.1.3 نطاق الاستخدام ..... 33
3.1.4 متطلبات عامة ..... 33
3.1.5 الأكواد والمعايير ..... 33
3.2 التصميم الإنشائي واعتبارات التصميم ..... 33
3.2.1 التصميم الإنشائي ..... 33
3.2.2 اعتبارات التصميم ..... 33
3.2.3 حدود المباني المرتفعة ..... 34
3.3 نظام التخميد 34
3.3.1 متطلبات عامة ..... 34

**4.0 هياكل غير متعلقة بالمباني ..... 35**

**4.1 متطلبات عامة ..... 35**
4.1.1 مقدّمة ..... 35
4.1.2 النطاق ..... 35
4.1.3 مجال التطبيق ..... 35
4.1.4 متطلبات عامة ..... 36
4.1.5 الأكواد والمعايير ..... 36
4.2 المبادئ والإرشادات ..... 37
4.2.1 الخرسانة ..... 37
4.2.2 التصميم الإنشائي ..... 38
4.3 معايير التصميم ومتطلباته ..... 39
4.3.1 العبارات (مجاري المياه السفلية) وهياكل التصريف ..... 39
4.3.2 صهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش ..... 40
4.3.3 الهياكل الظلية الجاهزة للتركيب (PECS) بما فيها التظليل ..... 41
4.3.4 هياكل التظليل ..... 41
4.3.5 هياكل المياه والصرف الصحي ..... 42
4.3.6 هياكل احتجاز السوائل ..... 42
4.3.7 حجرات التدفق ..... 44
4.3.8 غرف الصمامات ..... 44
4.3.9 كتل الدفع ..... 45
4.3.10 هياكل دعم المعدات الميكانيكية ..... 46
4.3.11 هياكل ممر خط الأنابيب ..... 47
4.3.12 هياكل الاتصالات والهياكل الكهربائية ..... 49
4.3.13 هياكل دعم المولدات ..... 50
4.3.14 مجموعة القنوات الخرسانية ..... 53
4.3.15 حواجز التصادم الأمنية ..... 53
4.3.16 تدعم اللافتات والمصابيح وإشارات المرور ..... 54

**5.0 هياكل النقل ..... 57**

**5.1 متطلبات عامة ..... 57**
5.1.1 مقدّمة ..... 57
5.1.2 مجال التطبيق ..... 57
5.1.3 متطلبات عامة ..... 57
5.1.4 الأكواد ..... 57
5.1.5 المعايير ..... 57




بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

5.2 مجموعات الهياكل ..... 58
5.3 التخطيط والتصميم الأوليّ ..... 58
5.3.1 تحديد النطاق ..... 58
5.3.2 هندسة الهيكل ..... 58
5.4 اختيار الهيكل 61
5.4.1 المواد ..... 61
5.4.2 البنية التحتية الخرسانية ..... 62
5.4.3 البنية التحتية الفولاذية ..... 63
5.4.4 الدعائم ..... 64
5.4.5 الجدران الجانبية ..... 64
5.4.6 الدعامات الوسطى ..... 65
5.4.7 عوارض الجزء العلوي ..... 65
5.4.8 الأساسات ..... 65
5.4.9 المحامل ..... 67
5.4.10 فواصل التمدد ..... 67
5.5 المبادئ والإرشادات ..... 68
5.5.1 متطلبات عامة ..... 68
5.5.2 نسب العمق إلى البحر ..... 68
5.5.3 عمر التصميم ..... 69
5.5.4 الانحراف ..... 69
5.5.5 الدعامات الطرفية ..... 69
5.5.6 المحامل ..... 69
5.5.7 الترتيبات ..... 69
5.5.8 فواصل التمدد ..... 69
5.5.9 العوارض العرضية ..... 69
5.5.10 الدعامات الوسطى ..... 69
5.5.11 الدرابزين ..... 69
5.5.12 بلاطات الصعود أو الهبوط ..... 69
5.5.13 البيئة والسلامة ..... 70
5.6 معايير التصميم ومتطلباته ..... 70
5.6.1 متطلبات عامة ..... 70
5.6.2 معايير التصميم ..... 70
5.6.3 طرق التحليل ..... 71
5.6.4 طرق التصميم ..... 71
5.6.5 متطلبات القوة ..... 71
5.6.6 متطلبات الغطاء الخرساني ..... 72
5.6.7 أحمال التصميم ..... 72
5.6.8 حدود التشوه ..... 77
5.6.9 الإعياء ..... 77
5.6.10 المحامل ..... 77
5.6.11 العبارات الصندوقية الخرسانية ..... 78
5.6.12 الهيكل العلوي الخرساني ..... 78
5.6.13 السد الخرساني ..... 78
5.6.14 تصريف السطح ..... 78
5.6.15 الدعامات الوسطى ..... 78
5.6.16 بلاطات الصعود أو الهبوط ..... 79
5.6.17 مواد الحشو ..... 79
5.6.18 الحمل الزائد على الطريق السريع ..... 79
5.6.19 الدعامات الطرفية ..... 79
5.6.20 الجدران الساندة ..... 79
5.6.21 الجدران الجانبية ..... 80
5.6.22 هياكل أنفاق الحفر والتغطية ..... 80
5.6.23 صرف الجدار الساند ..... 80
5.6.24 العزل المائي للهياكل ..... 80
5.6.25 الأساسات ..... 80
5.6.26 تركيبات الأحمال ..... 81
5.6.27 الهياكل المؤقتة ..... 81
5.7 المظهر الجمالي 81
5.7.1 متطلبات عامة ..... 81
5.7.2 الإدماج ..... 81
5.7.3 تصميم المظاهر الجمالية ..... 81
5.7.4 المراجع ..... 82
5.7.5 إرشادات التصميم ..... 82

**6.0 الأساسات والهياكل الساندة للتربة ..... 83**

**6.1 متطلبات عامة ..... 83**
6.1.1 المقدمة ..... 83




بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.1.2 النطاق ..... 83
6.1.3 مجال التطبيق ..... 83
6.1.4 متطلبات عامة ..... 83
6.1.5 الأكواد ..... 84
6.2 متطلبات التصميم ..... 84
6.2.1 ضغط المحمل ..... 84
6.2.2 منسوب المياه الجوفية ..... 84
6.2.3 الطفو ..... 84
6.2.4 الضغط الهيدروستاتيكي ..... 84
6.2.5 الضغط الهيدروديناميكي ..... 84
6.2.6 الأحمال المتجاورة ..... 84
6.2.7 المنشآت القائمة ..... 84
6.2.8 عمق التأسيس ..... 85
6.2.9 الثبات ..... 85
6.3 أنواع الهياكل الأساسية وأسس اختيارها ..... 85
6.3.1 الأساسات السطحية ..... 85
6.3.2 الأساسات العميقة ..... 85
6.4 أنواع هياكل الساندة للتربة وأسس اختيارها ..... 87
6.5 متطلبات التشييد 87
6.5.1 الأساسات ..... 87
6.5.2 الجدران الساندة ..... 87

**7.0 الحماية من التآكل ..... 87**

**7.1 متطلبات عامة ..... 87**
7.1.1 مقدّمة ..... 87
7.1.2 النطاق ..... 87
7.1.3 قابلية التطبيق ..... 87
7.1.4 متطلبات عامة ..... 88
7.1.5 الأكواد والمعايير ..... 88
7.2 التشغيل التجريبي ..... 89
7.3 حماية المرافق الخرسانية ..... 89
7.3.1 متطلبات عامة ..... 89
7.3.2 أشكال تدهور الخرسانة ..... 89
7.3.3 ظروف التعرض ..... 90
7.3.4 إرشادات وأمثلة حول حماية المرافق الخرسانية ..... 90
7.3.5 ملخص إرشادات حماية المرافق الخرسانية ..... 92
7.4 حماية الهياكل الفولاذية ..... 94
**7.4.1** متطلبات عامة ..... 94
7.4.2 أشكال تآكل الفولاذ ..... 94
7.4.3 إرشادات عامة للتحكم في تآكل الفولاذ ..... 94
7.4.4 إرشادات للتحكم في تآكل الهياكل الفولاذية ..... 95
7.5 حماية خطوط الأنابيب ..... 96
**7.5.1** متطلبات عامة ..... 96
7.5.2 نظام الأنابيب غير المعدنية ..... 96
7.5.3 إرشادات للتحكم في تآكل الأنابيب الموصى به ..... 96
7.6 طبقات الطلاء الواقي ..... 98
**7.6.1** متطلبات عامة ..... 98
7.6.2 معايير اختيار الطلاء ..... 98
7.6.3 أنظمة طلاء الهياكل المختلفة ..... 98
7.7 الحماية الكاثودية 99
7.7.1 متطلبات عامة ..... 99
7.7.2 الدليل الإرشادي لتصميم أنظمة الحماية الكاثودية ..... 99
7.7.3 أنظمة الحماية الكاثودية للمرافق المختلفة ..... 100
7.7.4 مراقبة أنظمة الحماية الكاثودية ..... 100

**8.0 المُرفقات ..... 100**

المُرفق 1 - متطلبات وإرشادات الحسابات ..... 101
المُرفق 2 - متطلبات وإرشادات الرسومات المحددة ..... 105




بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 1.0 الأعمال الهيكلية

ترد المبادئ والتوجيهات والمتطلبات لتشييد المباني والأنظمة الإنشائية وتصميمها في هذه الوثيقة. تقدم هذه الوثيقة إرشادات عامة تسري على الأنظمة الإنشائية الشائعة والتقليدية. على الجهة العامة تعديل المتطلبات بما يتناسب مع احتياجات الصيانة لديها. يمتثل التصميم لكود البناء السعودي، بالرجوع إلى المجلد 6، الفصل 5 - الأكواد والمعايير والمراجع (EPM-KE0-GL-000014).

- تكون التعليمات واستخدام "المبادئ التوجيهية" وقابلية تطبيق الأكواد والمعايير معرّفة وموضحة في المجلد 6، الفصل 7، القسم 1 من الوثيقة EPM-KE0-GL-000016، المبادئ التوجيهية للتصميم العام.
- يتكون القسم من ستة أقسام فرعية منظمة بناءً على التصنيف التالي:
  - 2.0 هياكل المباني.
  - 3.0 هياكل المباني عالية الارتفاع.
  - 4.0 هياكل غير مبنية.
  - 5.0 هياكل النقل.
  - 6.0 هياكل التأسيس والاحتفاظ بالأرض.
  - 7.0 الحماية من التآكل.

- يتضمن كل قسم من الأقسام الفرعية الستة (2.0 إلى 7.0) قسم "قابلية التطبيق"، الذي يحدد نوع الهياكل والأنظمة الهيكلية التي تنطبق عليها الأحكام الواردة في القسم الفرعي. ترد متطلبات الحسابات الهيكلية والرسومات في ملاحق هذا القسم.

**ملاحظة مهمة:**
**ترد المراجع ومعايير التصميم المتعلقة بكود البناء السعودي والجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) / معهد الهندسة الإنشائية (SEI) 7 في إرشادات التصميم الإنشائي بناءً على كود البناء السعودي لعام (2007) وASCE/ SEI 7 لعام (2005). على المستخدمين التحقق من البيانات/المعلومات مقابل الإصدار الأخير المعمول به من كود البناء السعودي والجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين.**

### 1.1.1 التعريفات

| التعريفات | الوصف |
|---|---|
| دعامة جانبية | وحدة البنية التحتية التي تدعم نهايات الجسرة وعادةً تحتفظ بحاجز الاقتراب |
| تصميم الإجهاد المسموح به | طريقة لتناسب الأعضاء الإنشائية، بحيث لا تتجاوز الإجهادات المحسوبة بشكل مرن الناتجة في الأعضاء من خلال الأحمال الاسمية الإجهادات المحددة المسموح بها (وتُسمى أيضًا "التصميم وفق إجهادات التشغيل"). |
| الحائط الخلفي | جزء الدعامة أعلى مستوى مقعد الجسر الذي يعمل بشكل أساسي كجدار ساند. كما يمكن أن يكون بمثابة دعم لسطح الجسر أو بلاطة الاقتراب. |
| المَحمل | عنصر داعم يُستخدم لنقل الأحمال من البنية الفوقية إلى البنية التحتية مع السماح بالحركة الأفقية والدوران للبنية الفوقية. |
| مقعد الجسر | السقف الأفقي لجذع الدعامة والتي تستند إليها الركائز و/ أو المحامل. |
| حاجز تمرير | حاجز يُستخدم مع الدرابزين الحديدي لتوجيه المياه قبالة الجسر ومنعها من السقوط على المعلم الذي يتم المرور به. |
| السدود الاحترازية المؤقتة | مانع تسرب مياه يسمح بإزالة المياه من التجاويف والإنشاء في مجرى مائي. |
| قطاعات مستعرضة | منظر يتم عرضه بشكل عرضي للمحور الطولي للعنصر. |
| برابخ | هيكل يوفر ممرًا للمياه أو المرافق عبر الحواجز. عادة ما يتم إنشاؤها من صناديق خرسانية مسبقة الصب أو أنابيب خرسانية مستديرة أو أنابيب خرسانية بيضاوية الشكل (عادة بفتحة واضحة تقل عن 6.2 م). |
| الأحمال الميتة | وزن مواد البناء المدمجة في المبنى والهياكل الأخرى، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر الجدران والأرضيات والأسقف والأسطح والسلالم والحواجز المدمجة والتشطيبات ومواد الكساء وغيرها من العناصر المعمارية والإنشائية المدمجة بشكل مشابه، ووزن معدات الخدمة الثابتة، مثل الرافعات وأنابيب تنفيس في شبكة الأنابيب والمواسير القائمة والمغذيات الكهربائية وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وأنظمة الرش الآلي. |
| السطح | حاجز جسر يوفر سطح ركوب لمرور المركبات والمشاة. |
| الحاجز الفاصل | نظام أفقي أو منحدر يعمل على نقل القوى الجانبية إلى عناصر المقاومة الرأسية. عند استخدام مصطلح «الحاجز الفاصل»، يجب تضمين أنظمة شبكية أفقية بالنسبة إلى الهياكل الفولاذية. |
| حبل الحاجز | عنصر حد الحجاب الحاجز عمودي على الحمل المطبق الذي يُفترض أنه يأخذ إجهادات محورية بسبب عزم الحاجز الفاصل. |
| مدة الحمولة: | فترة التطبيق المستمر لحمولة معينة أو إجمالي فترات التطبيقات الدورية للحمولة نفسها. |
| الجهة العامة | تشمل الوزارة الحكومية أو مؤسسة إدارة المشاريع بالجهة العامة أو شركة الإدارة الهندسية أو أي جهة أخرى مخوّلة من جانب الوزارة الحكومية للعمل نيابةً عنها. |
| مرافق أساسية | المباني والإنشاءات الأخرى التي من المقرر أن تظل قيد التنفيذ في حالة الحمل البيئي الشديد الناجم عن الفيضانات أو الرياح أو تساقط الثلوج أو الزلازل. |
| الحمل المُعامل | نتاج الحمولة الاسمية وعامل الحمولة. |
| الواجهة | الحافة العمودية الخارجية لسطح خرساني. |
| كمرة الواجهة | الكمرة الخارجية على جميع جوانب الجسر. |
| المعلم المحمول | الطريق أو السكة الحديدية أو المسار الذي يحمله الجسر. |



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

| التعريفات | الوصف |
|---|---|
| المعلم الذي يتم المرور به | الطريق أو السكك الحديدية أو الوادي أو المسار أو أي معلم مادي آخر يعبره الجسر. |
| الدعم الثابت | الدعم الذي لا يسمح إلا بالدوران بالنسبة إلى محامل الجسر. في التحليل، يتم تعريف هذا النوع من الاتصال بشكل عام على أنه "معلق". |
| الحاجز المرن | يكون الحاجز مرنًا لغرض توزيع قوى القص وعزم الالتواء. |
| الأحمال الصدمية | الحمولة الناتجة عن تحريك الآلات والمصاعد وطرق الرافعات والمركبات والقوى الأخرى المماثلة والأحمال الحركية والضغط والتكلفة الإضافية المحتملة من الأحمال الثابتة أو المتحركة. |
| حالة الحدود | حالة يصبح بعدها الهيكل أو العضو غير صالح للخدمة ويُحكم على أنه لم يعد مفيدًا لوظيفته المقصودة (حالة حد الخدمة) أو غير آمن (حالة حد القوة). |
| الأحمال الحية | تلك الأحمال الناتجة عن استخدام المبنى أو أي هيكل آخر وشغله ولا تشمل الأحمال الإنشائية أو البيئية مثل حمل الرياح وحمل تساقط الثلوج وحمل المطر وحمل الزلازل وحمل الفيضانات أو الحمل الميّت. |
| الأحمال الحية (السقف) | تلك الأحمال الناتجة (1) أثناء الصيانة التي يتم إجرائها من قِبل العمال والمعدات والمواد، و(2) أثناء فترة الهيكل من خلال كائنات متحركة مثل المزارعون والأشخاص. |
| تصميم عامل الحِمل والمقاومة (LRFD) | طريقة لتناسب الأعضاء الهيكلية ووصلاتهم باستخدام عوامل الحمل والمقاومة، بحيث لا يتم الوصول إلى حالة حد قابلة للتطبيق عندما يتعرض الهيكل لمجموعات أحمال مناسبة. يستخدم مصطلح "LRFD" في تصميم الهياكل الفولاذية والخرسانية والخشبية. |
| تأثيرات الأحمال | القوى والتشوهات الناتجة في الأعضاء الهيكلية من خلال الأحمال المطبقة. |
| عامل الحمل | عامل يأخذ في الحسبان انحرافات الحمل الفعلي عن الحمل الاسمي وحالات عدم التيقن في التحليل الذي يحول الحمل إلى تأثير حمل واحتمال حدوث أكثر من حمولة كبيرة في وقت واحد. |
| الأحمال | القوى أو الإجراءات الأخرى التي تنتج عن وزن مواد البناء وشاغليها وممتلكاتهم والآثار البيئية والحركة التفاضلية وتغييرات الأبعاد المقيدة. تعد الأحمال الدائمة بمثابة الأحمال التي تكون الاختلافات فيها بمرور الوقت نادرة أو صغيرة الحجم، مثل الأحمال الميتة. تكون جميع الأحمال الأخرى أحمالاً متغيرة |
| الأحمال الاسمية | أحجام الأحمال المحددة في هذا القسم (ميتة، حية، تربة، رياح، ثلوج، مطر، فيضان، زلزال). |
| فئة الإشغال | فئة تُستخدم لتحديد المتطلبات الإنشائية بناءً على الإشغال. |
| الهياكل الإنشائية الأخرى | الهياكل الإنشائية بخلاف المباني، التي تم تحديد أحمالها في هذا القسم |
| عامل المقاومة | عامل يفسر انحرافات القوة الفعلية عن القوة الاسمية والطريقة ونتائج الفشل (يُطلق عليه أيضًا "عامل تقليل القوة"). |
| الحاجز الصلد | يكون الحاجز صلدًا لغرض توزيع قوى قص الطابق وعزم الالتواء عندما يكون التشوه الجانبي للحاجز أقل من ضعف متوسط إزاحة القص أو يساويه. |
| المقاومة التصميمية | طريقة لتناسب الأعضاء الهيكلية بحيث لا تتجاوز القوى المحسوبة في الأعضاء من خلال الأحمال المُعاملة المقاومة التصميمية للعضو [تُسمى أيضًا "تصميم عامل الحمل والمقاومة" (LRFD)]. يُستخدم مصطلح «المقاومة التصميمية» في تصميم العناصر الهيكلية الخرسانية والبناء. |
| متطلبات المقاومة | مقاومة العضو أو القطاعات المستعرضة أو الاتصال المطلوبة لمقاومة الأحمال المُعاملة أو العزوم والقوى الداخلية ذات الصلة في مجموعات الأحمال على النحو المنصوص عليه في كود البناء النموذجي (MBC) والأحكام الأخرى حسب الاقتضاء. |
| المقاومة، الاسمية | قدرة الهيكل أو العضو على مقاومة تأثيرات الأحمال، على النحو الذي تحدده الحسابات باستخدام نقاط المقاومة والأبعاد المحددة للمواد والمعادلات المشتقة من المبادئ المقبولة للآليات الإنشائية أو من خلال الاختبارات الميدانية أو الاختبارات المعملية للنماذج المُقاسة، ما يسمح بتأثيرات النمذجة والاختلافات بين الظروف المختبرية والميدانية. |
| الهياكل السفلية | أي عضو داعم أسفل البنية الفوقية (مثل الدعامات الطرفية والدعامات الوسطى وحوائط الدعم الجانبية). |
| الارتفاع الفائق | المنحدرات المتقاطعة لطريق عند منحنى أفقي. |
| الأجزاء العلوية | أي الجزء الموجود أعلى الهيكل ويدعمه المحامل. |
| الحمل الزائد | الحمل الذي يؤثر على جدار ساند بالإضافة إلى قوى التربة العادية، مثل حمولة المركبات أو حمولة المبنى. |
| مرشحات صرف فرعي | طريقة لنقل المياه الجوفية بعيدًا عن خلف جدار أو دعامة من خلال استخدام وسط مسامي وفتحة صرف. |
| جدار جانبي على شكل حرف U | جدار جانبي موازٍ للمَعلم الذي يتم المرور به |
| مسافات الأمان الرأسية | الحد الأدنى للمسافة الرأسية بين الجزء السفلي من الهيكل وسطح المعلم الذي يتم المرور به. |
| الجدار الجانبي | جدار ساند يوضع بجوار جدار الركيزة للاحتفاظ بالتعبئة خلف الركيزة (اطّلع على جدار جانبي خطي، والجدار الجانبي الموسع والجدار الجانبي على شكل حرف U). |

### 1.1.2 الاختصارات

| الاختصارات | الوصف |
|---|---|
| AAC | وحدات البناء من الخرسانة خفيفة الوزن. |
| AREMA | الجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق |
| MBMA | منظمة مصنعي بناء المعادن |
| MEP | الأعمال الميكانيكية والكهربائية وأعمال السباكة |
| PEMB | مباني معادن مصنّعة جاهزة للتركيب |
| PECS | هياكل ظلية مصنّعة جاهزة للتركيب |



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

1.1.3 الفصول ذات الصلة

- يُرجى الرجوع إلى المجلد 6 ، الفصل 2 للتعريفات والمراجع (EPM-KE0-GL-000011)
- يُرجى الرجوع إلى المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 للإرشادات الجيوتقنية (EPM-KE0-GL-000002)
- يُرجى الرجوع إلى المجلد 6، الفصل 7، القسم 1 للحصول على إرشادات التصميم العامة (EPM-KE0-GL-000016).

1.1.4 الاعتمادات

- تجري الجهة العامة المراجعة وتوافق على جميع التقارير والرسومات والمواصفات المتعلقة بتصميم هياكل المباني ضمن اختصاص الجهة العامة. تتم مشاركة ذلك مع مالك المبنى، إذا كان غير الجهة العامة.

1.1.5 التشغيل التجريبي

- على التشغيل التجريبي إثبات أن هيكل المبنى الجديد/ المعاد تأهيله يحقق متطلبات المشروع على النحو المنشود من قبل الجهة العامة/ مالك المبنى وعلى النحو الذي صممه المكتب المعماري والهندسي أو المقاول أو كليهما.

## 2.0 هياكل المبنى

### 2.1 عامة

2.1.1 مقدّمة

- تعرّف هياكل المبنى بأنها تلك الهياكل المحاطة بالجدران والأسقف والتي تشيّد بهدف توفير الدعم أو المأوى للإشغال المقصود. يوضح القسم الفرعي الحد الأدنى من المتطلبات الفنية التي يتعين على المكتب المعماري والهندسي و/أو المقاولين اعتمادها لتمكين السلامة والجودة والفعالية من حيث التكلفة في التصميم والإنشاء لأنظمة المباني وهياكل المباني التي تلبي احتياجات وتوقعات الجهة العامة.

2.1.2 النطاق

- يتمثل نطاق هذا القسم الفرعي في تقديم إرشادات حول تصميم وبناء هياكل المباني وأنظمة البناء المشيدة من الخرسانة والحجر والصلب والخشب. تستند متطلبات التصميم الواردة هنا أو المشار إليها بالمرجع إلى كود البناء النموذجي (MBC) ومعايير الصناعة وأفضل ممارسات الجهة العامة.

2.1.3 مجال التطبيق

- تنظم المبادئ والإرشادات والمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي أعمال جميع هياكل المباني وأنظمة البناء، على النحو المحدد في المقدمة هنا.

2.1.4 متطلبات عامة

- يكون مصمم المبني على دراية بكيفية استجابة المبنى للأحمال الرأسية والجانبية، ويتابع جميع الأحمال من خلال هيكل الإنشاء للتأكد من أن جميع العناصر الهيكلية والوصلات على طول مسار الحمل تتمتع بالقوة والصلابة الكافية للحفاظ على السلامة الهيكلية. يجب توفير مسارات للأحمال المستمرة والمباشرة من السقف إلى الأساس. يعد تهيئة المبنى ومسارات الأحمال المستمرة والمتكررة وتفاصيل الاتصال ومرونة النظام وجودة المواد والبناء مهمة لأداء المبنى بشكل عام، ويجب معالجة كل ذلك بشكل صحيح في التصميم.
- وفقًا لكود البناء النموذجي، تم تصميم هياكل المباني لتحمل الضرر المحلي في ظل ظروف التحميل القاسية مع بقاء النظام الهيكلي ككل مستقرًا.
- يمكن تحقيق هذا الهدف المتمثل في السلامة الهيكلية من خلال ترتيب العناصر الهيكلية التي تضمن إمكانية نقل الأحمال من أي منطقة متضررة محليًا إلى المناطق المجاورة القادرة على مقاومة أحمال انتقالية. يمكن تحقيق ذلك من خلال توفير استمرارية كافية وتجهيزات إضافية وقدرة على تبديد الطاقة (مرونة) في التصميم.
- تُنقل الأحمال الجانبية من نقطة تطبيقها إلى الأساس. يكون لدى جميع العناصر الهيكلية والوصلات على طول مسار الحمل قوة ومرونة كافية لنقل الأحمال الجانبية بطريقة لا تضعف الأداء الهيكلي. يقدم المكتب المعماري والهندسي رسومات وتصميم بشكل تفصيلي، ويعكس مسارات الأحمال الجانبية، مثل:
  - نقل القص من حاجز الطابق أوالسقف إلى نظام مقاومة الحمل الجانبي.
  - نقل القص من نظام مقاومة الحمل الجانبي إلى الأساسات.
  - نقل القص بين ألواح الجدران الفردية (لأنظمة ألواح الحوائط سابقة الصب).
  - نقل الإجهاد الناجم عن انقلاب القوى.
  - نقل أحمال القص والانحناء والمحورية بين العوارض والأعمدة وبين العوارض والجدران.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يقدم المكتب المعماري والهندسي أيضًا تصميمًا ورسومات بشكل تفصيلي للوصلات بين العناصر الإنشائية، بما في ذلك:

  - العمود إلى الأساس
  - العمود إلى العمود
  - العارضة إلى العمود
  - البلاطة إلى العمود
  - العارضة إلى الكمرة
  - العارضة إلى العارضة
  - البلاطة إلى البلاطة
  - الجدار إلى الأساس
  - البلاطة إلى الجدار
  - العارضة إلى الجدار
  - الجدار إلى الجدار.

- الثبات

  - يجب توفير الثبات للهيكل ككل ولكل عنصر من عناصره. يُسمح بأي طريقة تأخذ في الاعتبار الأثر الناجم عن التأثيرات من الدرجة الثانية وتشوهات الارتخاء والقص والتشوهات المحورية والعيوب الهندسية وتقليل الصلابة بسبب الإجهادات المتبقية على استقرار الهياكل وعناصرها.
  - يكون أساس المبنى قادرًا على نقل جميع القوى الرأسية والأفقية بأمان، بسبب مجموعات أحمال التصميم المحددة إلى التربة أو الصخور الداعمة. يمكن أن تكون الآلية المستخدمة لنقل القوى الأفقية هي الاحتكاك بين أسفل القاعدة والأرض، والاحتكاك بين بلاطة الأرضية والأرض، و/ أو المقاومة الجانبية للتربة ضد الأسطح الرأسية للسملات، وجدران الطابق السفلي، والقواعد الخرسانية، والركائز، أو أغطية الركائز. ترد القوى الصافية التصاعدية على القواعد الخرسانية والركائز، والتي يجب مقاومتها لمنع الانقلاب و/ أو الطفو في تصميم الأساس. تُصمم الهياكل لمقاومة تأثيرات الانقلاب الناجمة عن القوى الزلزالية. يكون لهياكل المباني بشكل عام عامل أمان لا يقل عن 1.5 ضد الانزلاق، والانقلاب، والطفو.

- ينبغي أن تنعكس المتطلبات التالية في تصميم وبناء هياكل البناء المشمولة في هذا القسم الفرعي:

  - تتضمن الهياكل تشكيلات إنشائية مناسبة والمقبولة للجهة العامة وأن تفي بالمتطلبات المعمارية والوظيفية للمشروع.
  - تُظهر الهياكل المعايير العالية للسلامة والمتانة وفعالية من حيث التكلفة كما هو مطلوب من قبل الجهة العامة.

### 2.1.5 الأكواد والمعايير

- يعتمد تصميم وبناء جميع هياكل البناء على متطلبات هذا القسم الفرعي والمعايير الحالية للبناء، والموجودة في كود البناء النموذجي، كود البناء السعودي 2018 (2018 SBC). تتمثل مسؤولية المكتب المعماري والهندسي في إثبات التوافق بين متطلبات كود البناء السعودي وكود البناء الدولي.
- تخضع الأكواد ومعايير مواد البناء لجميع الهياكل لتلك الإصدارات المشار إليها من خلال كود البناء السعودي وكود البناء النموذجي. في حالة عدم الإشارة إلى كود أو معيار بواسطة كود البناء النموذجي، ولكن تتم الإشارة إليه بواسطة كود بناء مادة، يجب أن تكون النسخة المعتمدة من الكود هي النسخة التي يتم الرجوع إليها بواسطة كود بناء المادة. إذا كان هناك إصدار لاحق من الكود أو المعيار يتضمن أحكام تعمل على تحسين سلامة البناء أو جودته، فيمكن تنفيذ هذه التحسينات بموافقة الجهة العامة.
- تشمل الأكواد المعتمدة للهياكل القائمة من نوع المبنى ما يلي:

#### 2.1.5.1 كود البناء السعودي (**SBC**) - كود البناء النموذجي (**MBC**)

| الأكواد | الوصف |
|---|---|
| 301 SBC | كود البناء السعودي 301 - اشتراطات الأحمال والقوى |
| 302 SBC | كود البناء السعودي 302 - اشتراطات الفحص (المعاينة) والاختبار |
| 304 SBC | كود البناء السعودي 304 - اشتراطات المنشآت (الهياكل) الخرسانية |
| 305 SBC | كود البناء السعودي 305 - اشتراطات الهياكل الإنشائية |
| 306 SBC | كود البناء السعودي 306 - اشتراطات المنشآت الفولاذية |



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 2.1.5.2 **ACI**: معهد الخرسانة الأمريكي

| الأكواد/ المعايير | **الوصف** |
|---|---|
| وثيقة ACI 117M | مواصفات التفاوتات في البناء الخرساني والمواد والملاحظات (متري) |
| وثيقة ACI 207.1R | إرشادات بشأن الخرسانة العادية |
| وثيقة ACI 207.2R | تقرير عن التأثيرات الحرارية وتغيير الحجم بشأن تشققات الخرسانة العادية |
| وثيقة ACI 207.4 | أنظمة التبريد والعزل للخرسانة العادية |
| وثيقة ACI 313 | الممارسة القياسية لتصميم وبناء الصوامع الخرسانية وأنابيب لتخزين المواد الحبيبية |
| وثيقة ACI 315 | تفاصيل عن تسليح الخرسانة |
| وثيقة ACI 318M | متطلبات كود البناء للخرسانة الإنشائية والملاحظات |
| وثيقة ACI 350M | متطلبات الكود المتري للهياكل الخرسانية والهندسة البيئية والملاحظات |
| وثيقة ACI 350.2R | الهياكل الخرسانية لاحتواء المواد الخطرة |
| وثيقة ACI 351.1R | الحقن الإسمنتي بين الأساسات والقواعد لدعم المعدات والآلات |
| وثيقة ACI 351.2R | أساسات المعدات الثابتة |
| وثيقة ACI 351.3R | أساسات المعدات الديناميكية |
| وثيقة ACI 360R | إرشادات حول تصميم بلاطات على الأرض |
| وثيقة ACI 371R | دليل لتحليل خزانات تخزين المياه من الخرسانة العالية والخرسانة المركبة المصنوعة من الصلب وتصميمها وإنشائها |
| وثيقة ACI 530.1/530 | اشتراطات كود البناء والمواصفات للهياكل الإنشائية والتعليقات المصاحبة لها |
| وثيقة ACI 544.1R | التقرير الأخير عن الخرسانة المسلحة بالألياف |
| وثيقة ACI 544.2R | قياس خواص الخرسانة المسلحة بالألياف |
| وثيقة ACI 544.3R | دليل تحديد الخرسانة المسلحة بألياف فولاذية وتناسبها ومزجها وتركيبها وتشطيبها |
| وثيقة ACI 544.4R | اعتبارات التصميم للخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية |
| وثيقة ACI SP 226 | خصائص الخرسانة خفيفة الوزن والتصميم الإنشائي. |

### 2.1.5.3 **AISC**: المعهد الأمريكي لتشييد الفولاذ

- دليل الإنشاء الفولاذي
- كود المعهد الأمريكي لتشييد الفولاذ رقم 303 بشأن الممارسات القياسية للمباني والجسور الفولاذية
- مواصفات كود المعهد الأمريكي لتشييد الفولاذ رقم 360 للمباني الفولاذية الإنشائية
- مواصفات المفاصل الهيكلية باستخدام البراغي عالية القوة
- أرقام سلسلة دليل تصميم AISC من 1 إلى 29.

### 2.1.5.4 **AISI**: المعهد الأمريكي للحديد والصلب

- وثيقة AISI S100 مواصفات أمريكا الشمالية لتصميم المشكل للبرد
- أعضاء الهيكل الصلب والملاحظات
- وثيقة AISI D100 دليل تصميم الصلب المشكل للبرد
- وثيقة AISI S200 معيار أمريكا الشمالية لإطارات الفولاذ المشكل للبرد

### 2.1.5.5 المعهد الوطني الأمريكي للمعايير: المعهد الوطني الأمريكي للمعايير

- وثيقة ANSI/ASCE 3 معيار التصميم الإنشائي للألواح المركبة

### 2.1.5.6 **ASCE**: الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين

- ASCE 10 تصميم هياكل أعمدة نقل الحركة الفولاذية المتشابكة
- ASCE 20 الدليل القياسي للتصميم والتركيب لأساسات الركائز

### 2.1.5.7 **ASCE/SEI**: الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين - معهد الهندسة الإنشائية

- ACI/ASCE 5 530 اشتراطات كود البناء للهياكل الإنشائية
- ASCE/SEI 7 الحد الأدنى لأحمال التصميم الخاصة بالمباني والمنشآت الأخرى
- ASCE/SEI 8 مواصفات تصميم أعضاء الهيكل الفولاذي المقاوم للصدأ المشكل للبرد
- ASCE/SEI 11 الدليل التوجيهي لتقييم الحالة الإنشائيّة للمباني القائمة
- ASCE/AF&PA 16 معيار تصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) للخشب الهندسي التشييد
- ASCE/SEI 19 التطبيقات الهيكلية للكابلات الفولاذية للمباني



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- 23 ASCE/SEI مواصفات الكمرات الفولاذية الإنشائية ذات الفتحات الشبكية
- 24 ASCE/SEI تصميم مقاوم للفيضانات وتشييده
- 37 ASCE/SEI أحمال التصميم على الهياكل أثناء البناء
- 48 ASCE/SEI تصميم هياكل عمود نقل الحركة الفولاذي
- 49 ASCE/SEI اختبار نفق الرياح للمباني والمنشآت الأخرى
- 52 ASCE/SEI تصميم مداخن من البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (FRP)
- 55 ASCE/SEI هياكل الأغشية المشدودة
- 59 ASCE/SEI حماية المباني من الانفجار
- 29 ASCE/SEI/SFPE طرق الحساب القياسية للحريق الإنشائي

2.1.5.8 **AWS**: جمعية اللحام الأمريكية

- AWS D1.1M كود اللحام الإنشائي
- AWS D1.4M فولاذ التسليح التابع لكود اللحام الإنشائي

2.1.5.9 **CRSI**: معهد خرسانة فولاذ التسليح

- دليل الممارسة القياسية
- دليل التصميم الخاص بمعهد خرسانة فولاذ التسليح
- حديد تسليح: نقاط التثبيت والوصلات

2.1.5.10 **ICC**: مجلس الكود الدولي

- ICC IBC كود البناء العالمي
- ICC IEBC كود البناء الدولي القائم
- الكود الدولي لترشيد الطاقة
- كود أداء المباني والمرافق
- ICC IRC الكود السكني الدولي لمساكن الأسرة والأسرتين
- الكود الدولي لأحواض حمامات السباحة والمنتجعات الصحية

2.1.5.11 **MBMA**: منظمة مصنعي بناء المعادن

- دليل منظمة مصنعي بناء المعادن دليل أنظمة بناء المعادن

2.1.5.12 **MSMA**: منظمة مصنعي تثبيتات المعادن

2.1.5.13 **AWC**: المجلس الأمريكي للأخشاب

- مواصفات التصميم الوطني للبناء الخشبي - ASD / LRFD

2.1.5.14 **PCA**: جمعية أسمنت بورتلاند

2.1.5.15 **OSHA**: إدارة الصحة والسلامة المهنيّة

- 1910 OSHA اللوائح التنظيمية للصناعة العامة
- 1926 OSHA اللوائح التنظيمية للإنشاء

2.1.5.16 **PCI**: معهد أعمال الخرسانة سابقة الصب/سابقة الإجهاد

- 7-PCI TR ممارسة التصميم القياسي لـPCI
- دليل 116-PCI MNL لمراقبة الجودة للمصانع وإنتاج المنتجات الإنشائية الخرسانية سابقة الصب



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

2.1.5.17 **PCI**: منتجات خرسانية مسبقة الصب

- دليل PCI MNL-117 لمراقبة الجودة للمصانع وإنتاج المنتجات المعمارية الخرسانية سابقة الصب
- دليل صياغة PCI MNL-119 - الخرسانة مسبقة الصب والخرسانة مسبقة الإجهاد
- دليل تصميم PCI MNL-120
- PCI MNL-123 التصميم والتفاصيل النموذجية للوصلات للخرسانة مسبقة الصنع والخرسانة مسبقة الإجهاد

2.1.5.18 **PCI**: الخرسانة سابقة الإجهاد

- PCI MNL-124 تصميم لمقاومة الحريق للخرسانة مسبقة الصب/ مسبقة الإجهاد
- PCI MNL-129 هياكل وقوف السيارات الخرسانية مسبقة الصب ومسبقة الإجهاد: الممارسات الموصى بها للتصميم والبناء
- PCI MNL-138 دليل توصيلات PCI للخرسانة مسبقة الصب والخرسانة مسبقة الإجهاد

## 2.2 متطلبات التصميم العام

### 2.2.1 عامة

- يقدم كود البناء النموذجي، الوارد ضمن كود البناء السعودي(2018 SBC)، الحد الأدنى من متطلبات التصميم لهياكل المباني. ولكن، يمكن للمكتب المعماري/ الهندسي اللجوء إلى الأكواد والمعايير المدرجة في القسم الفرعي 2.1.5 لمتطلبات التصميم التي ترد بشكل كافٍ في كود البناء النموذجي.
- على المكتب المعماري/ الهندسي تطوير تصميمات فعالة من حيث التكلفة تزود الجهة العامة بهياكل المباني الأكثر كفاءة. لذلك، يجب أن يشمل المكتب المعماري/ الهندسي أعضاء ومكونات هيكلية متكررة/ معيارية في التصميمات.
- على المكتب المعماري/ الهندسي تصميم جميع الهياكل في نطاق العمل، ولا يجوز إحالة هذه المهمة بشكل مباشر أو غير مباشر إلى جهة مصنّعة أو مقاول. لا يُنصح باستخدام كلمة "مماثلة" في وصف التفاصيل. يقدم المكتب المعماري/ الهندسي تفاصيل كافية عن الرسومات بحيث يمكن تسعير وبناء الأعمال الإنشائية بدقة.
- ينسق المكتب المعماري/ الهندسي العمل الهيكلي مع جميع التخصصات الأخرى، ويكون "استباقيًا" في ذلك من خلال مراجعة رسومات جميع التخصصات الأخرى ذات الصلة ويكون على دراية بالمراجعات في تصاميم التخصصات الأخرى في مراحل التصميم المختلفة (10%، 30%) و60% و90% و100%). وهذا من شأنه أن يضمن إدراج جميع المراجعات المتعلقة بالتنسيق في التصميم الهيكلي النهائي.
- يكون المكتب المعماري/ الهندسي على دراية بجميع الأحمال ومتطلبات التخصصات الأخرى، ومنها تلك المتعلقة بالتدبير المنزلي وقواعد القصور الذاتي ومعدات التشغيل وأوزانه ومعدات غسل النوافذ، وما إلى ذلك.
- يتحقق المكتب المعماري/ الهندسي من عدم وجود تضارب في "المساحة" في التصميم وأن الإطار الهيكلي لا يتعارض مع أي مكونات أخرى للمبنى مقدمة من تصميمات التخصصات الأخرى.
- يوضح المكتب المعماري/ الهندسي جميع الاختراقات الهيكلية بسبب التعارضات المذكورة أعلاه بشأن الرسومات ويعرض المقاطع من خلال المبنى في المناطق الحرجة التي تبين الموقع على الهيكل وعلاقته في الفضاء بالمكونات المتضاربة.
- يجري المكتب المعماري/ الهندسي مراجعة ويصمم جميع الهياكل "الثانوية" المفصلة في رسومات التخصصات الأخرى، مثل السلالم الموضحة على الرسومات المعمارية، والجدران الساندة الموضحة على رسومات المناظر الطبيعية، والمنصات الميكانيكية الموضحة على الرسومات الميكانيكية.
- يقوم المكتب المعماري/ الهندسي بتنسيق جميع توصيلات التي تربط العناصر غير الإنشائية بالعناصر الهيكلية الداعمة ويصممها ويفصّلها.
- تكوين هياكل المباني بحيث تتوافق مع فصل ميزات الحماية من الحرائق والدخان في كود البناء النموذجي واللوائح والأكواد والمعايير الأخرى، حسب الاقتضاء ووفقًا لتوجيهات الجهة العامة.
- تكوين الهياكل الأخرى للحماية من الحرائق والدخان وفقًا لمعايير الصناعة أو توجيهات الجهة العامة أو كليهما.
- تفاصيل التصميم:

  توفير الصرف المناسب للظروف أو المواقع التالية:

  - تميل جميع أسطح الهيكل المعرضة للطقس إلى التصريف.
  - ترتيب جميع السطوح المتقاطعة التي تشكل أودية أو تجاويف قد تحتفظ بالمياه لتوفير تصريف مناسب للأسطح.
  - تُصمم الأعضاء الإنشائية المصنوعة من الصلب والخشب بحيث لا تحتفظ بالرطوبة أو عند تحديدها في أزواج أو بشكل متعدد، لا يتم احتجاز الماء أو الرطوبة بين الأعضاء.
  - تُصمم العناصر الهيكلية مثل ألواح التمدد والوصلات المتأرجحة والأسطح المخصصة للسماح بالحركة بحيث يتم حمايتها من التلامس المباشر مع الماء أو التكثيف ويجب تفصيلها لتصريف المياه بسهولة.
  - تُصمم الأسطح والأعضاء بحيث يمكن تصريف المياه من النقاط التي يتلامس فيها الصلب أو تدخل في أحجار البناء أو الخرسانة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 2.2.2 القُدرة

- تُصمم المباني والمنشآت الأخرى وجميع أجزائها وتُبنى لدعم الأحمال المُعاملة بأمان في مجموعات الأحمال المحددة في هذا القسم الفرعي دون تجاوز حالات حد القوة المحددة لمواد البناء. أو كبديل، تُصمم المباني والمنشآت الأخرى وجميع أجزائها وتشييدها لدعم الأحمال الاسمية في مجموعات الأحمال المحددة في هذا القسم الفرعي بأمان دون تجاوز الإجهادات المحددة المسموح بها لمواد البناء.

### 2.2.3 قابلية الاستخدام

- تُعد قابلية الاستخدام حالة يتم فيها الحفاظ على وظيفة المبنى ومظهره وقابلية صيانته وقوة تحمله وراحة شاغليه في ظل الاستخدام العادي. اختيار القيم المحددة للسلوك الإنشائي لإمكانية الخدمة (مثل الانحرافات والتسارع القصوى) مع إيلاء الاعتبار الواجب للوظيفة المقصودة للهيكل. تقييم قابلية الاستخدام من خلال مجموعات الأحمال المناسبة لحالات حد الخدمة المحددة.
- يمكن العثور على حالات حد قابلية الاستخدام وأحمال الخدمة ومجموعات الأحمال المناسبة لمتطلبات قابلية الاستخدام في ASCE / SEI 7-05 والملحق ج وملاحظاته. وتعد أحمال الخدمة، كما هو منصوص عليه هنا، هي تلك التي تعمل على الهيكل في نقطة زمنية عشوائية وهي لا تؤخذ عادة كأحمال اسمية.

#### 2.2.3.1 الانحناء

عندما يتم استخدام الانحناء لتنفيذ الموضع المناسب والموقع المناسب للهيكل، يجب تحديد حجم الانحناء واتجاهه وموقعه في الرسومات الإنشائية.

- بالنسبة إلى أعضاء الخرسانة المسلحة:
  - انحناءات شكل العارضة والبلاطة
    - عندما يكون للعوارض و/ أو البلاطات خط مركزي إلى امتدادت دعم الخط المركزي أكبر من 9 أمتار أو يساوي ذلك، يجب أن تكون القوالب منحنية بما يصل إلى 3 مم لكل 3 أمتار من الامتداد.
    - عندما يكون للعوارض و/ أو البلاطات الكابولية خط مركزي للدعم حتى نهاية امتدادات الأعضاء أكبر من 3 أمتار أو يساوي ذلك، يجب أن تكون القوالب منحنية بمقدار 25 مم لكل 3 أمتار من الامتداد الكابولي.
- بالنسبة إلى أعضاء الخرسانة سابقة الصب/سابقة الإجهاد:
  - يُصمم الانحناء لجميع أعضاء الخرسانة مسبقة الصب/ مسبقة الإجهاد وفقًا لدليل تصميم PCI.
- بالنسبة إلى أعضاء الفولاذ الإنشائي:
  - يُصمم الانحناء لجميع أعضاء الفولاذ الإنشائي وفقًا لكود البناء السعودي 306-2018، الفصل 12، القسم 12.1 وAISC DG-3 ، الفصل 5.

#### 2.2.3.2 الانحرافات

- يجب ألا تؤدي الانحرافات في الأعضاء الهيكلية والأنظمة الإنشائية في ظل مجموعات أحمال الخدمة المناسبة إلى إعاقة قابلية استخدام الهيكل. وبوجه عام، يجب ألا يتجاوز انحراف الأعضاء الهيكلية الحدود الأكثر صرامة للقيود المحددة في:
  - SBC 301-2018 الجدول 1.4-1.
  - SBC 304-2018 لأعضاء الأعمال الهيكلية الخرسانية
  - SBC 305-2018 لأعضاء الأعمال الهيكلية المبنية بالحجارة.
  - SBC 306-2018 إلى أعضاء الأعمال الهيكلية الفولاذية.
- تشمل الشروط التي تجب مراعاتها مستوى الأرضيات ومحاذاة العناصر الهيكلية وسلامة تشطيبات المباني والعوامل الأخرى التي تؤثر على الاستخدام العادي ووظيفة الهيكل. بالنسبة للأعضاء المركبة، يجب مراعاة الانحرافات الإضافية الناتجة عن انكماش الخرسانة وزحفها في التصميم.

#### 2.2.3.3 المواد المنجرفة

يُقيم انجراف الهيكل ضمن أحمال الخدمة لتوفير أداء الخدمة المطلوب للهيكل، بما في ذلك سلامة الأقسام الداخلية والكسوة الخارجية. يجب ألا يتسبب الانجراف ضمن مجموعات أحمال القوة في حدوث تصادم مع الهياكل المجاورة أو تجاوز قيم الانجراف التي يحددها كود البناء النموذجي.

- يجب ألا يتجاوز انجراف الهيكل القيود الموضحة في كود البناء السعودي 301-2018 الفصل 10، القسم 10.12 الحمل الزلزالي فيما يتعلق بالاستقرار في ظل ظروف الحمل النهائي.
- يجب فحص الانجراف بسبب الرياح تحت أحمال مستوى الخدمة ويجب ألا يتجاوز h/ 500، حيث يمثل "h" ارتفاع طابق الهيكل مع الاستثناءات التالية:
  - بالنسبة للكسوة الهشة، يجب ألا يتجاوز انجراف الطابق h/ 600، أو المعايير التي تحددها الشركة المصنعة المسؤولة.
  - بالنسبة للكسوة الزجاجية، يجب أن يقتصر الانجراف الأقصى للطابق على 10 مم أو المعايير التي تحددها الشركة المصنعة المسؤولة.

#### 2.2.3.4 الاهتزاز

- تُصمم أنظمة الأرضيات المعرضة للاهتزازات بحيث لا يكون للاهتزازات آثار ضارة كبيرة على شغل المبنى المقصود.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- عندما يكون تردد الاهتزاز الأساسي لنظام هيكلي يدعم شغل التجميع المستخدم في الأنشطة المتواترة، مثل تمارين القفز والجمباز وتحميل المشاة والآلات الاهتزازية وما إلى ذلك أقل من 6 هرتز، يجب فحص تأثيرات الرنين عن طريق التحليل الديناميكي.
  - بالنسبة إلى أعضاء الأعمال الهيكلية الخرسانية:
    - تُصمم الأعضاء الإنشائية الخرسانية مسبقة الصب/ مسبقة الإجهاد للاهتزاز وفقًا لإرشادات دليل تصميم PCI.
  - بالنسبة إلى أعضاء الأعمال الهيكلية الفولاذية:
    - تُصمم أعضاء الهياكل الفولاذية للاهتزاز وفقًا لـ AISC DG-3، الفصل 6 وDG-11.

2.2.3.5 التوسع والانكماش

- تُراعى آثار التمدد الحراري وانكماش المبنى في التصميم. يمكن أن يتسبب الضرر الذي يلحق بكسوة المباني في اختراق المياه وقد يؤدي إلى مشاكل متعلقة بالتآكل.
-

2.2.3.6 انزلاق الرابط

- يتم تضمين تأثيرات انزلاق الرابط في التصميم حيث قد يتسبب الانزلاق في الروابط المثبتة بمسامير في حدوث تشوهات تضعف قابلية استخدام الهيكل. يُصمم الرابط لمنع الانزلاق حسب الاقتضاء، وفقًا لكود البناء السعودي 2018-306، الفصل 10، القسم 10.3.

2.2.4 التحليل

- تحديد تأثيرات الحمل على الأعضاء الهيكلية الفردية من خلال طرق التحليل الإنشائي التي تأخذ في الاعتبار التوازن والاستقرار العام والتوافق الهندسي وخصائص المواد قصيرة وطويلة الأجل.
- يطور المكتب المعماري/ الهندسي نموذجًا ثلاثي الأبعاد دقيقًا للهيكل الذي يلتقط الصلابة الفعلية لأنظمة مقاومة القوة الجانبية وتطبيق الحمل الدقيق يتم توزيع القوة الجانبية الكلية بوجه عام على العناصر المختلفة لنظام مقاومة القوة الجانبية بما يتناسب مع صلابتها، ومنها صلابة أنظمة التدعيم الأفقية والحواجز.

2.2.5 فئة المخاطرة

- تُصنف جميع المباني والهياكل الإنشائية وفقًا لكود البناء السعودي 2007-301 الفصل 1، القسم 1.6 لأغراض تطبيق "عامل الأهمية" في أحكام الفيضانات والرياح والزلازل. عندما تحدد المواصفات المرجعية فئة الإشغال أو فئة المخاطر، فلا يجب اعتبارها أقل من فئة الإشغال المحددة فيها.

2.2.6 مواجهة الإجراءات الهيكلية

- تُصمم جميع الأعضاء والأنظمة الهيكلية وجميع المكونات والكسوة في نوع المبنى أو أي هيكل آخر لمقاومة القوى الناتجة عن الزلازل والرياح والتربة والضغط الهيدروستاتيكي وأحمال الفيضانات، مع مراعاة الانقلاب والانزلاق والرفع ويجب توفير مسارات حمل مستمرة لنقل هذه القوى إلى الأساس. عند استخدام الانزلاق لعزل العناصر، يجب تضمين تأثيرات الاحتكاك بين العناصر المنزلقة بصفتها قوة. عند توفير المقاومة بأكملها أو جزء منها لهذه القوى من خلال الحمل الميت، يجب اعتبار الحمل الميت على أنه الحد الأدنى للحمل الميت الذي يحتمل أن يكون في مكانه أثناء الحدث الذي تسبب في القوى المعتبرة. تُراعى تأثيرات الانحرافات الرأسية والأفقية الناتجة عن هذه القوى في التصميم.

2.2.7 قوى الإجهاد الذاتي

- بالإضافة إلى تأثيرات الإجهاد الذاتي الناجمة عن تغيرات الأبعاد المقيدة بسبب درجة الحرارة والرطوبة والانكماش والزحف والتأثيرات المماثلة الموضحة في الأقسام السابقة، يضع المكتب المعماري/ الهندسي أيضًا في اعتباره تأثيرات الإجهاد الذاتي على الأعضاء الهيكلية بسبب:

2.2.7.1 التشوه الزاوي بسبب التسوية التفاضلية

- تُصمم المباني أو الهياكل الأخرى بحيث يكون التشوه الزاوي للهيكل ضمن الحدود الواردة في كود البناء السعودي 2007-303، الفصل 5، الجدول 5.2. في حالة تعذر تلبية هذه الحدود، يضع المكتب المعماري/ الهندسي في اعتباره تأثير التشويه الزاوي على العناصر الهيكلية في التصميم.

2.2.7.2 تحليل مدى الحساسية

- يجب التحقق من قيمة معامل تفاعل الطبقة السفلية ($k_s$) من الاختبارات في الموقع للهياكل الحساسة والمهمة. حين يتعذر التحقق من $k_s$، يجري المكتب المعماري/ الهندسي تحليل حساسية بحد أدنى قيمتين مختلفتين لمعامل قيم تفاعل الطبقة السفلية. يجب أن تكون قيم $k_s$ المحددة لتحليل الحساسية كحد أدنى $k_{s\,2}/1$ ، و$k_s2$ كحد أقصى، حيث تكون قيم ks هو أفضل معامل الطبقة التحتية المقدر على النحو الموصى به في تقرير التصميم الجيوتقني (GDR).



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 2.3 أحمال التصميم

### 2.3.1 عامة

- تكون أحمال التصميم ومجموعات الأحمال وطرق التصميم على النحو المنصوص عليه في كود البناء النموذجي وفي المعايير ذات الصلة وأكواد مواد البناء المشار إليها في كود البناء النموذجي. يتم تقييم أي تضارب في التعريف أو الترميز أو المصطلحات أو المنهجية بين كود البناء النموذجي والأكواد الأخرى والرموز والمعايير الأخرى المشار إليها في كود البناء النموذجي وتسويته.
- تُحدد أحمال التصميم غير الواردة في كود البناء النموذجي وتثبيتها وفقًا للمراجع والمعايير المدرجة في هذا القسم الفرعي. ويجب الحصول على الأحمال التي لا تغطيها المراجع والمعايير الواردة في هذا الدليل من الكتابات الفنية المتاحة، أو بيانات الشركة المصنّعة، أو صياغتها بعناية. يجب وصف هذه الصيغة في تقرير أساس التصميم وتفصيلها في الحسابات. في حالة وجود تعارض بين البيانات القياسية والبيانات الأخرى المتاحة، يجب استخدام أحدث البيانات أو الممارسات المقبولة، رهنا بموافقة الجهة العامة.
- يجب تحديد أحمال التصميم ومصادرها بوضوح في مستندات البناء وفقًا لأحكام كود البناء النموذجي. تجب الإشارة إلى الأوزان الثقيلة للمكونات المصنعة مسبقًا، والوحدة والأحمال الحية المركزة، والأوزان الثقيلة والتشغيلية للمعدات الثابتة، وأي حمولات تزيد عن الكود المحدد للأوزان والأحمال في قسم الملاحظات العامة بالرسومات والمشار إليها في رسومات خطط الأرضية.

### 2.3.2 اعتبارات خاصة.

- تشمل العوامل التي قد تؤدي إلى اختلافات بين الأحمال الفعلية والمحسوبة، والتي يجب أخذها في الاعتبار في التصميم ما يلي:
  - قد تتجاوز الأوزان الفعلية للدعامات ومواد البناء القيم المستخدمة في التصميم بسبب ظروف مثل زيادة سماكة العناصر الناتجة عن انحرافات القوالب والدعامات.
  - يُراعى وزن الأسطح التي تتعرض للتلف، أو الأسطح الواقية أو أسطح التشطيب في المستقبل حيث يوجد احتمال كبير أن يتم عمل تسطيح.
  - يجب إيلاء اعتبار خاص للأنواع والمواضع المحتملة للقواطع. قد يؤدي عدم كفاية توفر الحوائط الفاصلة إلى تقليل الاستخدام المستقبلي للمبنى.
- التغيير المستقبلي للإشغال
  - حيثما يمكن تغيير استخدام و/أو شغل كل أو جزء من هيكل المبنى في المستقبل، يجب زيادة أحمال التصميم على النحو المطلوب إلى تلك الخاصة بالاستخدام والإشغال المتوقعين في المستقبل.
  - يجب إجراء الزيادة المذكورة أعلاه في أحمال التصميم فقط عندما تنعكس هذه التغييرات في التصميم المعماري. يجب وصف أحمال التصميم المتزايدة والتغييرات المعمارية المنفذة لهذا الغرض في تقرير أساس التصميم وتفصيلها في الحسابات.

### 2.3.3 الأحمال القابلة للتطبيق

- الحمل الساكن (D).
- الحمل الحي، باستثناء الحمل الحي للسقف، بما في ذلك أي تخفيض مسموح به للحمل الحي (L).
- حمل السقف الحي بما في ذلك أي تخفيض مسموح به للحمل الحي ($L_r$).
- التأثير المشترك للقوى المستحثة للزلازل الأفقية والعمودية (E).
- الحمل الناتج عن السوائل ذات الضغوط المحددة جيدًا والارتفاعات القصوى (F).
- حمل الفيضان ($F_a$).
- الحمل بسبب ضغوط الأرض الجانبية، أو ضغط المياه الجوفية أو ضغط المواد السائبة (H).
- حمل المطر (R).
- قوة الإجهاد الذاتي (الناتجة عن الانكماش أو التمدد الناتج عن تغيّر درجة الحرارة أو الانكماش أو تغيّر الرطوبة، أو التشوه الناتج عن الحرارة في المواد المكونة أو حالات الإزاحة الناتجة عن التسوية التفاضلية أو الجمع بينهما) (T).
- الحمل بسبب ضغط الرياح (W).
  - تُصمم دعامات الهيكل وفق مجموعات الأحمال والقوى التي يمكن أن تحدث في وقت واحد لإنتاج ظروف التصميم الأكثر حرجًا كما هو محدد في كود البناء النموذجي.

### 2.3.4 الأحمال الساكنة (د)

- لأغراض التصميم، يجب استخدام الأوزان الفعلية لمواد البناء ومعدات الخدمة الثابتة. وفي حالة عدم وجود معلومات محددة، يجب أن تخضع القيم المستخدمة لموافقة الجهة العامة.
- في حالة وجود خزانات، أو أوعية، أو صناديق، أو حاويات أخرى ذات وزن كبير في مبنى/هيكل، يجب تطبيق الوزن الساكن للعنصر على الهيكل عند نقاط الدعم. كما يجب أن يتضمن التصميم تفاعلات الوزن الساكن لخطوط الأنابيب المتصلة وأنظمة النقل المدعمة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يضاف الحد الأدنى المسموح به 0.2 كيلو نيوتن/م $^2$ إلى الوزن الذاتي لنظام الأرضية أو السقف لمراعاة وزن مجاري الهواء الميكانيكية، والكابلات الكهربائية وأنابيب السباكة، وما إلى ذلك.
- قد يتم إضافة الحد الأدنى المسموح به 0.5 كيلو نيوتن/م $^2$ إلى الوزن الذاتي لنظام الأرضية أو السقف لحساب الوزن الإضافي بسبب تطوير تصميم سماكة البلاطة.
- يجب أن يعتبر التصميم الإنشائي وزن "ذراع التسوية المنحدر" للسقف حمل ساكن. يشير الاستشاري المعماري/الهندسي بوضوح إلى الحد الأدنى والحد الأقصى لسمك "ذراع التسوية" على رسومات البناء.
- في حالة وجود حديقة على السطح في مبنى/هيكل، يجب تطبيق الوزن الذاتي للتربة (الرطبة) على الهيكل.
- في مناطق المبنى/الهيكل حيث يتم توضيح وجود حوائط فاصلة أخرى غير الحوائط الفاصلة الدائمة على الرسومات، أو حيث قد يتم إضافة حوائط فاصلة في المستقبل، يجب مراعاة حمل الوحدة الموزع التالي لوزن الحوائط الفاصلة:
  - بالنسبة للحوائط الفاصلة المؤطرة بالصلب الخفيف: 1.0 كيلو نيوتن/م $^2$
  - بالنسبة للحوائط الفاصلة المبنية: 2.0 كيلو نيوتن/م $^2$
    - يجب توضيح حمل الوحد الموزع للحوائط الفاصلة في التصميم على الرسومات، بما في ذلك نوع الحائط الفاصل المتوقع.
    - في الحالات التي يكون فيها الحمل الساكن للحوائط الفاصلة عكسيًا، لا يتم إدراج حمل الوحدة الموزع على أنه حمل مضاد للحمل الساكن في حسابات التصميم.

### 2.3.5 الأحمال الحية

- يجب أن تعتمد الأحمال الحية المستخدمة في تصميم المباني والمنشآت الأخرى للاستخدامات والإشغالات غير المحددة في كود البناء النموذج على الحد الأقصى للأحمال المتوقعة للاستخدام أو الإشغال، ولكن يجب ألا تقل بأي حال من الأحوال عن حمل الوحدة الموزع بشكل موحد 1 كيلو نيوتن/م$^2$ أو حمل خط 1 كيلو نيوتن/م.
- يتم تصميم وبناء الدرابزين، وحواجز الحماية، وقضبان الإمساك، والمقاعد المتاحة، والدكك المستخدمة، وأنظمة حواجز المركبات وتثبيتها وفقًا للمتطلبات الهيكلية الأكثر صرامة لمعيار كود البناء السعودي 2007، كود البناء الدولي 2009.
- في حالة وجود خزانات، أو أوعية، أو صناديق، أو حاويات أخرى ذات وزن كبير في هيكل، يجب معاملة تلك العناصر ومحتوياتها على أنها أحمال حية، محسوبة على أساس الوزن التشغيلي للعنصر والسائل/مادة الملء في العنصر المعبأ. يجب ألا يقل الحد الأدنى للحمل الحي المحسوب على هذا النحو عن 1 كيلو نيوتن/م$^2$.
- في حالة وجود خزانات متحركة (على عجل)، أو أوعية، أو صناديق، أو حاويات أخرى ذات وزن كبير في هيكل، يجب أيضًا معاملة هذه العناصر ومحتوياتها على أنها أحمال حية، محسوبة على أساس الوزن التشغيلي للعنصر والسوائل/مواد الملء في العنصر المعبأ. يجب تقسيم الحمل الحي المحسوب على هذا النحو لعنصر ما على عدد العجلات ويتم تطبيقه كأحمال مركزة موضوعة على الهيكل بطريقة تزيد من تأثيرات الحمل إلى أقصى حد. يجب ألا يقل الحد الأدنى للحمل الحي على كل عجلة بالكيلو نيوتن عن مساحة العنصر مقسومة على عدد العجلات. يجب تقييم أنظمة الأرضية للتثقيب، حسب ما يقتضيه حجم الحمل المطبق.
- لإدراج الحد الأدنى من الأحمال الحية الموزعة بشكل موحد والمركزة، ارجع إلى SBC 301-2007 الفصل 4، الجدول 4-1/4-2/4-3.
- بالنسبة للإشغالات أو الاستخدامات غير المحددة في هذه الوثيقة، يجب تحديد الأحمال الحية المحددة الناتجة عن استخدام وشغل المنطقة من خلال تحليل الأحمال الناتجة عن وزن:
  - التجمع المحتمل للأشخاص.
  - التراكم المحتمل للمعدات والأثاث.
  - التخزين المحتمل للمواد.
    - تخضع أساليب ونتائج التحليل لموافقة الجهة العامة.

### 2.3.6 الأحمال الحية للسطح (Lr)

- الحد الأدنى من الحمل الحي للسطح الموزع بشكل موحد لاستخدامه في الهياكل:
  - السطح المسطح = 1.0 كيلو نيوتن/م $^2$
  - السطح المائل = 1.0 كيلو نيوتن/م 2 لميل قدره 5 °20
    = 0.6 كيلو نيوتن/م 2 لميل > °20
  - الحد الأدنى من الحمل الحي للسطح للأسطح المعدة للاستخدام، الحمل الحي للسطح = 2 كيلو نيوتن/م$^2$
  - للأسطح المستخدمة لأغراض التنزه، الحمل الحي للسطح = 3 كيلو نيوتن/م$^2$
  - للأسطح المستخدمة لأغراض الحدائق والتجمعات، الحمل الحي للسطح = 2 كيلو نيوتن/م $^2$
- يكون الحد الأدنى للأحمال الحية المركزة المحددة على مساحة السطح كما يلي:
  - 1.3 كيلو نيوتن على مساحة 750 مم × 750 مم.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 2.3.7 أحمال المطر (R)

- المرجع SBC 301 الفصل 8.
- يجب التنسيق مع الجهة العامة بشأن هطول الأمطار المتوقع في منطقة معينة من المشروع والحد الأدنى من حمل المطر المستخدم في التصميم.

### 2.3.8 أحمال الفيضان (Fa)

- المرجع SBC 301 الفصل 5، القسم 5.3 من كود البناء السعودي.
- يُسمح باستخدام ASCE 7-05، الفصل 5 مع البيانات المحلية الواردة في كود البناء النموذجي.
- منشور سلاح المهندسين بالجيش، EM-1110-2-2502، هندسة وتصميم الجدران الاستنادية وجدران حجز الفيضانات

### 2.3.9 أحمال الرياح (W)

تُصمم المباني والهياكل الأخرى، بما في ذلك نظام مقاومة الرياح الرئيسي وجميع مكوناته وتكسيته، لمقاومة أحمال الرياح على النحو المحدد هنا مع الإشارة إلى كود البناء السعودي SBC 301-2007، الفصل 6.

- تختلف سرعات الرياح الأساسية باختلاف المواقع في المملكة العربية السعودية. يجب تزويد الجهة العامة بسرعة الرياح الأساسية الخاصة بموقع المشروع أو يمكن استخدام معلومات المشروع الحالية بموافقة الجهة العامة.
- تكون حالة التعرض للرياح لجميع مواقع البناء التعرض D ما لم يذكر خلاف ذلك. بالنسبة للتعديلات على الهياكل القائمة، قد يكون عدل التعرض للرياح نفسه الخاص التصميم الأصلي، ما لم توجه الجهة العامة بخلاف ذلك.
- الإزاحة الجانبية للطابق نتيجة لأحمال الرياح.
  - يجب أن تكون قيود الإزاحة الجانبية للطابق وفقًا للقسم الفرعي 2.2.3.
  - بالنسبة لخطوط المواسير الفولاذية الداعمة للهياكل، يجب أن تكون قيود الإزاحة الجانبية للطابق متوافقة مع أحكام إرشادات ممارسات الصناعة للعملية.
- يتم حساب ضغط الرياح بالتصميم للمكونات والتكسية وفقًا لمعيار SBC-301 ، الفصل 7، ولكن يجب ألا يقل عن 0.5 كيلو نيوتن/م$^2$ في أي من الأتجاهين الطبيعيين على السطح.
- في تصميم الجدران والحوائط الفاصلة الداخلية، يجب مراعاة الاختلافات في ضغط الهواء على الجوانب المتقابلة للجدار أو الحائط الفاصل والتي قد تنتج عن:
  - اختلافات الضغط بين الجانبين المواجه للريح وغير المواجه للريح من الهيكل.
  - تأثيرات الهواء الداخل والخارج من المبنى بسبب اختلاف درجة حرارة الهواء بين الهيكل الخارجي والداخلي.
  - ضغط الهواء بالخدمات الميكانيكية للهيكل.

### 2.3.10 الأحمال الزلزالية (E)

- معلمات التسريع الزلزالي للتصميم:

يجب تزويد الجهة العامة بمعلمات التسريع الزلزالي الخاصة بموقع المشروع أو يمكن استخدام معلومات المشروع الحالية بموافقة الجهة العامة.

- يجب تصميم وتشييد كل مبنى، وأي جزء منه، لمقاومة تأثيرات الزلازل.
- يوضع التصميم الزلزالي في الحسابات بغض النظر عما إذا كان الحسابات لأقصى قوة جانبية متوقعة على قاعدة الهيكل بسبب النشاط الزلزالي تتجاوز تقدير لأقصى قوة تأثير الرياح متوقعة على قاعدة الهيكل بسبب النشاط الزلزالي. (تستند أحمال الزلازل المحددة إلى تبديد الطاقة الكامنة في الهيكل، وبسبب هذه الحقيقة، يجب اتباع أحكام التصميم، والتفاصيل، والبناء حتى بالنسبة للهياكل والعناصر التي تشير مجموعات الأحمال التي لا تحتوي على تأثير الزلزال إلى مطالب أكبر من المجموعات بما في ذلك الزلزال).
- يجب تصميم وبناء الإضافات على الهياكل القائمة لمقاومة تأثيرات الزلازل وفقًا لأحكام كود البناء النموذجي. تتوافق الهياكل القائمة والتعديلات على الهياكل القائمة الحالية المطلوبة فقط مع هذه الأحكام عندما تتطلبها اشتراطات كود البناء النموذجي.
- يجب أن تكون الإزاحة الجانبية للطابق بسبب قيود الأحمال الزلزالية وفقًا لأحكام كود البناء السعودي SBC 301-2007، الفصل 10، القسم 10.9.7 أو 10.10.6 اعتمادًا على إجراء التحليل.

### 2.3.11 أحمال الإجهاد الذاتي (T)

- القوى الحرارية ذاتية الإجهاد



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تتمتع المملكة العربية السعودية بمناخ جاف مع درجات حرارة عالية جدًا في معظم أنحاء البلاد. ومع ذلك، تختلف درجات الحرارة في المملكة العربية السعودية في كل جزء من البلاد. يتمتع الجنوب بدرجات حرارة معتدلة، والتي يمكن أن تنخفض إلى 10 درجات مئوية (50 درجة فهرنهايت) خلال فصل الصيف. وفي الشتاء تكون درجات الحرارة معتدلة بشكل عام، لكن قد تنخفض البرودة في الليل أحيانًا إلى ما دون درجة التجمّد.
- يؤخذ في الاعتبار الضغوط أو الحركات الناتجة عن التغيرات في درجة الحرارة. يتم تحديد الارتفاع والانخفاض في درجة الحرارة في المنطقة التي سيتم إنشاء الهيكل فيها ويتم حسابها من خلال درجة الحرارة المفترضة في وقت البناء. تتم مراعاة الفارق الزمني بين درجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة الداخلية للدعامات أو الهياكل الخرسانية الضخمة.

- التفاعلات الحرارية من الأنابيب، أو مجاري الهواء، أو الأنظمة الأخرى.
  - يجب أن تعامل الأحمال الحرارية من أي مصدر بخلاف التغيرات في درجة حرارة الطقس المحيط على أنها أحمال ساكنة.
  - تعتمد تأثيرات الحمل الحراري للنظام الميكانيكي على الهيكل على درجات حرارة التصميم الفعلية للنظام ونوع الدعم المستخدم. تُراعى الحالات التالية في مجموعات الأحمال:
    - أقصى تمدد للنظام مع أقصى تمدد للهيكل.
    - أقصى تمدد للنظام مع أقصى انكماش للهيكل.
    - أقصى انكماش للنظام مع أقصى تمدد للهيكل.
    - أقصى انكماش للنظام مع أقصى انكماش للهيكل.

    في حالة عدم إمكانية وقوع تلك الحالات في وقت واحد، يمكن إغفال الحالة. تقديم مبرر إغفال أي حالة تحميل للجهة العامة للموافقة عليه.
- يُراعى الحمل الناجم عن كل حالة في مجموعات الأحمال، وكذلك حالة عدم وجود تفاعلات حرارية.
- عند استخدام الوصلات المنزلقة، يجب مراعاة قوة الاحتكاك في تصميم العناصر الهيكلية الداعمة.
- عند استخدام الوصلات المشقوقة، يجب أن تكون الفتحات بطول كافٍ لاستيعاب عمليات الإزاحة القصوى للنظام. تكون المسامير المستخدمة في الوصلات المشقوقة محكمة الربط بالأصابع (حرة بدرجة طفيفة جدًا) وتقييدها لمنعها من الفك - إما عن طريق استخدام صواميل قفل مزدوجة (متشابكة) أو صواميل قفل النايلون أو عن طريق تشوه اللولب، أو عن طريق اللحام النقطي.

### 2.3.12 الأحمال الناتجة عن ضغط الأرض الجانبي، المياه الجوفية (ح)

يجب حساب تأثير الحمل على جدران الطابق السفلي و/أو الهياكل تحت الأرض بسبب ضغط الأرض الجانبي والمياه الجوفية وفقًا لمعيار SBC 2007-301، الفصل 5.

### 2.3.13 أحمال أجهزة الرفع

تُصمم الهياكل التي تدعم أجهزة الرفع (الرافعات، الرافعات الأحادية، أذرع الرافعة، وما إلى ذلك) للقوى الناتجة عن تشغيل أو حركة مكونات جهاز الرفع.

- تعتبر أحمال جهاز الرفع أحمالًا حية.
- تُراعى قوى الصدم، والكبح، والقوى الديناميكية الأخرى ذات الصلة في التصميم.
- بالنسبة للأجهزة الخارجية، يجب مراعاة تأثير الرياح في التصميم.
- بالنسبة للأجهزة التي يمكن أن تتحرك بحرية عند تعرضها للرياح، يجب توفير آليات تقييد السلامة.
- بالنسبة لأجهزة الرفع التي تتعرض للبيئة المحلية مثل الغبار، والرمل، والمواد الكيميائية المسببة للتآكل التي تنتقل عن طريق الرياح والتي يمكن أن تتراكم على الجهاز، يجب استخدام أقوى نظام طلاء وقائي متاح من الشركة المصنعة، بشرط موافقة الجهة العامة. تُستخدم أغطية واقية محكمة الغلق لمنع تسرب الغبار والرمل إلي
- المحركات الكهربائية والتروس الميكانيكية للجهاز. يُراعى تأثير التعرض المستمر لدرجات الحرارة المرتفعة والحرارة المحتواة من حاوية المحركات عند اختيار الجهاز.
- يتم دمج أحمال جهاز الرفع مع أحمال التصميم الأخرى وفقًا لمعيار ASCE 7. تُراعى أي مجموعات حمل يمكن أن تنتج أقصى ضغط أو تتحكم في الثبات في الحسابات.
- يعتمد تثبيت الرافعات الذراعية على هيكل على القوى الناتجة عن الوزن الساكن لآلية ذراع الرافعة بالإضافة إلى الحمل المقنن بالإضافة إلى 25% قوة صدم. تكون قاعدة التثبيت قادرة على دعم الرافعة الذراعية مع وجود ذراع الرافعة في جميع المواضع الزاويّة الممكنة وبواسطة الرافعة (إذا كانت متحركة) الموجودة في الموضع الذي يسبب التأثير غير المرغوب.
- الرافعات: يجب تأسيس هندسة وتكوين عوارض مدارج القضبان الحديدية للرافعة الداعمة والأحمال المنقولة إلى هيكل المبنى وفقًا للأحكام الأكثر تحفظًا الواردة في دليل AISE الفني رقم 13_2003 لتصميم وإنشاء المباني ذات الحوائط المبنية السميكة والأحكام في قسم أحمال الرافعة من التقرير.
- أحمال الاهتزاز: في حالة حدوث اهتزاز بسبب معدات مثل المضخات، ونافخات الهواء، والمراوح والضواغط، يجب تصميم الدعامات الداعمة لمنع أعطال الإجهاد وتجنب اختلال أو تعطل الآلات والمعدات. راجع تقرير AISE الفني رقم 13 للحصول على إرشادات حول الأحمال الاهتزازية.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 2.3.14 أحمال الرافعة

1. نقل جميع قوى الرافعة الرأسية، والجانبية، والطولية (التفاعلات) من خلال مسار تحميل مستمر ومحدد بوضوح إلى الأرض. نقل جميع القوى الجانبية من خلال حركة الإطار إلى نظام التدعيم العرضي للمبنى. نقل جميع القوى الطولية كأحمال محورية من خلال العوارض ودعمات ربط العوارض الدعامة. يفضل أن تكون أنظمة الدعامات الشبكية من الدعامات المقاومة للشد فقط. تصميم وصلات الدعامة الشبكية كدعمات انزلاقية حرجة ومكونة بأقل قدر من الانحراف المركزي، ويجب أن تنقل القوى إلى العناصر الصلبة من الدعامات الهيكلية الرئيسية.
2. يكون الحمل الحي للرافعة السعة المقدرة للرافعة. تتضمن أحمال تصميم عوارض المدرج، بما في ذلك الوصلات وأقواس الدعم، من الرافعات الجسرية المتحركة والرافعات أحادية الخط، أقصى أحمال لعجلات الرافعة والتأثير الرأسي، والقوى الجانبية والطولية التي تحدثها الرافعة المتحركة.

- أقصى حمل للعجلة. تكون أحمال العجلات القصوى أحمال العجلات التي ينتجها وزن الجسر، حسب الاقتضاء، بالإضافة إلى مجموع السعة المقدرة ووزن العربة مع وضع العربة على مدرجها في الموقع الذي يقع فيه أقصى تأثير ناتج عن الحمل.

- قوة التأثير العمودية. زيادة الأحمال القصوى لعجلة الرافعة بالنسب المئوية التالية لتحديد التأثير الرأسي أو قوة الاهتزاز المستحثة:
  - الرافعات أحادية الخط (الآلية) %25
  - الرافعات الجسرية التي تعمل من الكابينة أو التي تعمل عن بعد (الآلية) %25
  - الرافعات الجسرية التي تعمل بجهاز تحكم معلق (الآلية) %10
  - الرافعات الجسرية أو الرافعات أحادية الخط المزودة بجسر متحرك يدويًا وعربة ترولي، ورافعة %0
- القوة الجانبية. تُحسب القوة الجانبية على عوارض مدرج الرافعة المزودة بعربات تعمل بالكهرباء بنسبة 20 في المائة من مجموع السعة المقدرة للرافعة ووزن الرافعة والعربة. يفترض أن تعمل القوة الجانبية أفقيًا على سطح الجر لعارضة المدرج، ويجب توزيعها مع مراعاة الصلابة الجانبية لعارضة المدرج والهيكل الداعم.
- القوة الطولية. تُحسب القوة الطولية على عوارض مدرج الرافعة، باستثناء الرافعات الجسرية ذات الجسور الموجهة يدويًا، بنسبة 10 بالمائة من أحمال العجلات القصوى للرافعة، ويفترض أنها تعمل أفقيًا في الجزء العلوي من عارضة المدرج.
- حالة تحميل الرافعة:

بالنسبة للرافعة الجسرية، ينتج عن الموقع والحركة الجانبية للعربة 4 حالات للرافعة والتي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم مباني الرافعة:

- الحد الأقصى لأحمال العجلات في الطرف الأيسر للشاحنة والحد الأدنى لحمل العجلة في الطرف الأيمن للشاحنة، يعملان بالتزامن مع القوة الجانبية التي تعمل على اليسار.
- الحد الأقصى لأحمال العجلات في الطرف الأيسر للشاحنة والحد الأدنى لحمل العجلة في الطرف الأيمن للشاحنة، يعملان بالتزامن مع القوة الجانبية التي تعمل على اليمين.
- الحد الأقصى لأحمال العجلات في الطرف الأيمن للشاحنة والحد الأدنى لحمل العجلة في الطرف الأيسر للشاحنة، يعملان بالتزامن مع القوة الجانبية التي تعمل على اليسار.
- الحد الأقصى لأحمال العجلات في الطرف الأيمن للشاحنة والحد الأدنى لحمل العجلة في الطرف الأيسر للشاحنة، يعملان بالتزامن مع القوة الجانبية التي تعمل على اليمين.

- أحمال التصميم لعوارض المدرج وأنظمة التعليق:
  - يتم وضع الرافعات بشكل طولي في الممر في المواضع التي ينتج عنها التأثير الأكثر سلبية على عارضة المدرج، وتوصيلات عارضة المدرج، وأقواس الدعم أو أنظمة التعليق. تُراعى الأحمال اللامتراكزة التي يمكن أن تحدث بواسطة رافعة واحدة.
  - تنطبق التوصيات التالية على تصميم عوارض المدرجات وتوصيلاتها وأقواس الدعم أو أنظمة التعليق للرافعات الفردية أو المتعددة:
    - الرافعة الفردية
      - تُصمم عارضة المدرج، بما في ذلك التوصيلات وقوس الدعم أو نظام التعليق، لأحمال العجلة القصوى بالإضافة إلى 100% من التأثير الرأسي، ويعمل بالتزامن مع 100% من القوة الجانبية المفترض أن تعمل أفقيًا في أي من الاتجاهين.
    - الرافعات المتعددة
      - إذا كانت عوارض المدرج ذات امتداد بسيط والرافعات مفصولة عن طريق دعامات مباعدة أو أدوات تحكم إلكترونية في المباعد بحيث تكون المسافة الدنيا بين أقرب عجلات طرف للشاحنة لأي رافعتين متجاورتين تساوي أو تتجاوز امتداد عارضة المدرج، يجب مراعاة أحمال الرافعة للرافعة المنتجة للتأثير الأشد فقط عند تصميم عارضة المدرج.
      - إذا كانت عارضة المدرج متصلة أو لم يتم فصل الرافعات كما هو موصوف أعلاه، يجب تصميم عارضة المدرج، بما في ذلك وصلاتها وأقواس الدعم أو نظام التعليق، لأحمال الرافعة الأسوأ حالة: رافعة أحادية تنتج التأثير الأكثر سلبية، أو لأي رافعتين متجاورتين ينتج عنهما التأثير الأكثر سلبية. بالنسبة لحالة الرافعتين، يجب



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

استخدام أحمال العجلات القصوى دون تأثير رأسي للرافعتين في وقت واحد مع 50% من القوة الجانبية لكل من الرافعتين أو 100% من القوة الجانبية لأي من

– الرافعتين، أيهما ينتج التأثير الأكثر سلبية. بالنسبة لعوارض المدرج المتصلة، يجب اعتبار القوة الجانبية للرافعات المجاورة التي تعمل في نفس الاتجاه أو في الاتجاهات المعاكسة.

- أحمال تصميم إطارات المباني وأعمدة الدعم:
  - يتم وضع الرافعة أو الرافعات بشكل طولي في الممرات في المواضع التي ينتج عنها تأثير غير ملائم على هيكل المبنى أو أعمدة الدعم. تُراعى الأحمال غير المركزية التي قد تحدث بواسطة رافعة واحدة تعمل في ممر الرافعة، أو بواسطة رافعة أو رافعات تعمل في ممر رافعة واحد لمبنى به ممرات رافعة متعددة.
  - تنطبق المتطلبات التالية على تصميم إطارات المباني وأعمدة الدعم لمباني الرافعات ذات الرافعات الفردية أو المتعددة التي تعمل في ممر واحد أو أكثر:
    - ممر رافعة واحدة مع رافعة واحدة

      يُصمم الإطار والأعمدة الداعمة لحالات تحميل الرافعة الأربعة. تُستخدم أحمال العجلات دون تأثير رأسي بنسبة 100% من القوة الجانبية.
    - ممر رافعة واحدة مع رافعات متعددة

      – إذا كانت عوارض المدرج عبارة عن امتداد بسيط وتم فصل الرافعات عن طريق دعامات مباعدة أو أدوات تحكم إلكترونية في المباعد حيث تكون المسافة الدنيا بين أقرب عجلات طرف للشاحنة لأي رافعتين متجاورتين تساوي أو تتجاوز أكبر مسافة فاصلة بين دعامتين في المبنى، يجب أن يوضع في الاعتبار فقط أحمال الرافعة المنتجة للتأثير الأشد عند تصميم هيكل المبنى وأعمدة الدعم.

      – إذا كانت عوارض المدرج متصلة أو لم يتم فصل الرافعات كما هو موصوف أعلاه، يجب تصميم الإطار وأعمدة الدعم لأسوأ أحمال الرافعة: رافعة واحدة تنتج التأثير الأكثر سلبية، أو أي رافعتين متجاورتين تنتجان أكثر تأثير سلبي. بالنسبة لحالة الرافعتين، يجب استخدام أحمال العجلات بدون تأثير في وقت واحد مع 50% من القوة الجانبية من كلا الرافعتين، أو 100% من القوة الجانبية من أي من الرافعتين، أيهما ينتج التأثير الأكثر سلبية.

      – يجب استخدام حالات تحميل الرافعة لكل رافعة. عند استخدام القوى الجانبية لرافعتين، يجب مراعاة تلك الحالات التي تعمل فيها القوى الجانبية في نفس الاتجاه فقط.
    - ممرات رافعة متعددة مع رافعة واحدة

      – يُصمم الإطار وأعمدة الدعم للرافعة الأحادية التي تنتج أكثر التأثيرات غير المواتية أو لأي رافعة تعمل في كل من أي ممرين. بالنسبة للرافعتين، يجب استخدام أحمال العجلات دون تأثير بنسبة 50% من القوة الجانبية من كلا الرافعتين أو 100% من القوة الجانبية من أي من الرافعتين.

      – يجب استخدام حالات تحميل الرافعة لكل رافعة. عند استخدام القوى الجانبية لرافعتين، يجب مراعاة تلك الحالات التي تعمل فيها القوى الجانبية في نفس الاتجاه فقط.
    - ممرات رافعة متعددة مع رافعات متعددة

      – إذا كانت عوارض المدرج عبارة عن امتداد بسيط وتم فصل الرافعات في جميع الممرات عن طريق دعامات مباعدة أو أدوات تحكم إلكترونية في المباعد حيث تكون المسافة الدنيا بين أقرب عجلات طرف للشاحنة لأي رافعتين متجاورتين تساوي أو تتجاوز أكبر مسافة فاصلة بين دعامتين في المبنى، يجب أن يوضع في الاعتبار فقط أحمال الرافعة المنتجة للتأثير الأكثر سلبية في كل ممر عند تصميم هيكل المبنى وأعمدة الدعم.

      – إذا كانت عوارض المدرج متصلة أو لم يتم فصل الرافعات كما هو موضح أعلاه، يجب تصميم الإطار وأعمدة الدعم لأكثر التأثيرات غير المرغوبة لأحمال الرافعة من:

      - رافعة واحدة،
      - أي رافعتين متجاورتين في أي ممر واحد،
      - أي رافعتين متجاورتين في ممر واحد تعملان في وقت واحد مع رافعة واحدة في أي ممر آخر غير مجاور، أو
      - أي رافعة واحدة تعمل في أي ممرين متجاورين.

      – يجب استخدام ترتيب الرافعة الذي ينتج عنه أكثر التأثيرات غير المرغوبة على الإطار وأعمدة الدعم. في هذه الحالات، يجب استخدام أحمال العجلات دون تأثير لكل رافعة بنسبة 50% من القوة الجانبية من كل رافعة تعمل في وقت واحد، أو بنسبة 100% من القوة الجانبية من أي رافعة.
    - يجب استخدام حالات تحميل الرافعة لكل رافعة. عند استخدام القوى الجانبية لرافعتين أو أكثر، يمكن فقط مراعاة الحالات التي تعمل فيها القوى الجانبية في نفس الاتجاه.
- دعامات الرافعة
  - يجب ألا يتجاوز الانحراف الرأسي لعوارض مدرجات الدعم الحدود التالية بسبب الحمل (الأحمال) الأقصى للعجلات، دون تأثير (حيث L = طول الامتداد):
    - الرافعات المدلاة من أعلى المتحركة على قضبان من فئات جمعية إدارة البناء الأمريكية أ وب وج. طول الامتداد/600
    - الرافعات المدلاة من أعلى المتحركة على قضبان من فئة جمعية إدارة البناء الأمريكية د. طول الامتداد/600



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الرافعات المدلاة من أعلى المتحركة على قضبان من فئات جمعية إدارة البناء الأمريكية هـ و"و". طول الامتداد/1000
- الروافع المدلاة المثبتة من أسفل على قضبان من فئات جمعية إدارة البناء الأمريكية هـ و"و". طول الامتداد/1000
- الرافعة التي تتحرك على مجرى فردي طول الامتداد/1000

- يجب ألا يتجاوز الانحراف العمودي للرافعات الذراعية 225/L (حيث L = أقصى مسافة من عمود الدعم إلى موقع التحميل عبر طول عارضة الذراع) بسبب الحمل الأقصى المرفوع بالإضافة إلى حمل (أحمال) الرافعة دون تأثير.
- يجب ألا يتجاوز الانحراف الجانبي لعوارض مدرجات الدعم للرافعات ذات العربات المتحركة الجانبية 400/L (حيث L = طول الامتداد) بناءً على القوة الجانبية الكلية للرافعة لا تقل عن 20% من مجموع أوزان الحمل المرفوعة (دون تأثير) وعربة الرافعة. توزع القوة الجانبية على كل عارضة مدرج مع مراعاة الصلابة الجانبية لعوارض المدرج والهيكل الذي يدعم عوارض المدرج.
- قوة المصد تصمم صدادات الرافعات طبقاً لمتطلبات الشركة المصنّعة، أو للحمل التالي إذا لم يكن محددًا:

$$F = \frac{W \cdot V^2}{2.\ g.\ T.\ \eta}$$

حيث إن:

$F$ = القوة المصممة لمصد الرافعة، كيلو نيوتن
$W$ = 50% من وزن الجسر + 90% من وزن العربة عدا الوزن المرفوع، كيلو نيوتن
$V$ = السرعة المقدرة للرافعة، م/ث
$g$ = تسارع الجاذبية، 9.81 م/ ث$^2$
$T$ = مدى الحركة (m) من الزنبرك أو الغاطس المطلوب لإيقاف الرافعة، من الشركة المصنّعة للرافعة (عادة 50 مم)
$\eta$ =عامل كفاءة المصد 0.5) للزنبرك الحلزوني، انظر الشكل للمكبس الهيدروليكي(

2.3.15 أحمال الاهتزاز

يرجى الرجوع إلى متطلبات الاهتزاز في الأقسام الفرعية المطبقة 2.4.3.5.

2.3.16 أحمال قضبان المسار

- يجب أن يعتمد تصميم المباني والمنشآت الأخرى المرتبطة بحركة قضبان المسار على دليل AREMA 2017 لهندسة قضبان المسار.
- تُصمم هياكل المباني التي تدعم حركة قضبان المسار على مسارات منحنية لمقاومة قوى الطرد المركزي بسبب الحركة على قضبان المسار بواسطة جدران المقاومة للقوى الجانبية أو الدعامات، مع مسار تحميل محدد بوضوح ومستمر إلى الأساس.
- يجب إنشاء هياكل المباني الداعمة لحركة قضبان المسار على أساسات عميقة، ما لم يوصى بخلاف ذلك في تقرير التصميم الجيوتقني (GDR).
- يُراعى الحمل الإضافي الناتج عن حركة قضبان المسار على هياكل المباني الداعمة والمجاورة في تصميم هذه الهياكل.

2.3.17 المناطق التي يمكن الوصول إليها بأحمال المركبات

- تُصمم المناطق في هياكل المباني التي يمكن الوصول إليها من قبل حركة مرور المركبات مع مراعاة الأحمال المسموح بها على المركبات.
- تُصمم أرضيات المرائب أو أجزاء من المبنى المستخدمة لتخزين المركبات الآلية للأحمال الحية الموزعة بشكل موحد والموضحة في SBC 301-2007، الفصل 4، الجدول 4-1 أو الحمولة المركزة التالية:
  - بالنسبة للمرآئب التي تقتصر على سيارات الركاب التي لا تزيد سعتها عن تسعة ركاب، 13.0 كيلو نيوتن تعمل على مساحة 100 مم × 100 مم، تأثير رافعة.
  - بالنسبة لأنظمة وقوف السيارات الميكانيكية دون لوح أو سطح والتي تستخدم لتخزين سيارات الركاب فقط، 10 كيلو نيوتن لكل عجلة.
- تُصمم المناطق التي يمكن الوصول إليها لحركة مرور المشاة، ولكن ليس لحركة مرور المركبات، وفق الاستخدام المقصود منها، ولكن ليس بأقل من:
  - الحمل الحي 12.0 كيلو نيوتن/م$^2$.
  - الأحمال الأخرى على النحو المنصوص عليه في القسم الفرعي 2.3.
- تصميم هياكل النقل وفقًا للقسم الفرعي 5.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 2.4 مجموعات الحمل

تُصمم المباني والهياكل الأخرى باستخدام أحكام القوة المسموح بها أو النهائية للقسم 2.3 أو 2.4 من SBC 2007، مع الاستثناءات المذكورة في هذه الأقسام. يجب استخدام القسم 2.3 أو 2.4 من كود البناء السعودي SBC 2007 حصريًا لمواءمة عناصر مادة بناء معينة في الهيكل.

## 2.5 المعلومات الجيوتقنة

### 2.5.1 متطلبات عامة

تهدف المعلومات الواردة في هذا القسم إلى تزويد الاستشاري المعماري/الهندسي بالفهم الأساسي لعملية التحقيق الجيوتقني وتقرير التصميم الجيوتقني (GDR).

### 2.5.2 الدراسة الجيوتقنية

- مطلوب إجراء الدراسة الجيوتقنية لجميع المشاريع. إذا كان لدى الجهة العامة دراسة جيوتقنية موجود مسبقًا لنفس الموقع؛ يجب إعادة تقييمها من قبل الإستشاري المعماري/الهندسي لشركة الهندسة الجيوتقنية للجهة العامة. بعد المراجعة والموافقة من الاستشاري المعماري/الهندسي للجهة العامة والاستشاري المعماري/الهندسي لشركة الهندسة الجيوتقنية للجهة العامة التي قد تستخدم.
- تم تضمين المتطلبات المحددة للدراسة الجيوتقنية في المجلد 6، الفصل 7. القسم 11 - إرشادات جيوتقنية (EPM-KES-GL-000002)

### 2.5.3 تقرير التصميم الجيوتقني (GDR)

بالنسبة لجميع المشاريع، يجب إعداد تقرير التصميم الجيوتقني بواسطة الاستشاري المعماري/الهندسي بناءً على الدراسة الجيوتقنية في موقع المشروع وتقديمه إلى الجهة العامة للمراجعة والموافقة. يتضمن التقرير بشكل عام:

- قطعة أرض توضح موقع جميع فتحات الاختبار و/أو الحفريات.
- ارتفاع منسوب المياه الجوفية، إذا صادفته.
- توصيات لنوع الأساس ومعايير التصميم، بما في ذلك ضغط التحمل الصافي المسموح به وضغط تحمل الذروة المسموح به لطبقة التربة حيث يتم إنشاء الأسطح الضحلة عادة، وأحكام للتخفيف من آثار التربة الممتدة والتي يغلب عليها الطمي بدرجة كبيرة.
- يوصى بنوع الأسمنت للتأسيس ودرجة الحماية للأسطح الخرسانية الملامسة للتربة مثل:
  - الاستناد، والطابق السفلي، والحفر، والجدران الأخرى.
  - كثافات التربة للحالات الجافة، والرطبة، والمشبعة.
  - معاملات الضغط النشط والسلبي للتربة.
  - الإجراء الموصى به للجمع بين الضغط الهيدروستاتيكي وضغط التربة الجانبي.
- بالنسبة للجدران التي تقاوم القوى الجانبية المنقولة عبر التربة الناتجة عن وجود أحمال إضافية موزعة أو مركزة، يقدم التقرير الإجراءات الموصى بها لتحديد الضغوط الرأسية والأفقية الناتجة على الأسطح الرأسية والأفقية.
- حيثما تتم الإشارة إلى طبقات التربة أو وجود مواد ملؤها، وتكون احتمالية التسوية التفاضلية عالية، فإن تقرير التصميم الجيوتقني يوفر إرشادات حول كيفية تحقيق تسوية أساس موحدة.
- عندما تكون الهياكل الحالية متاخمة للبناء الجديد، فإن تقرير التصميم الجيوتقني يوفر إرشادات حول كيفية التخفيف من آثار البناء الجديد على الهياكل القائمة.
- عند وجود تربة ممتدة ويغلب عليها الطمي، عادة ما يتم وضع أحكام خاصة في تصميم الأساس والبناء للحماية من التلف الناتج عن هذه التربة. في مثل هذه الحالات، يوفر تقرير التصميم الجيوتقني معايير التصميم والبناء للتخفيف من الحالات السائدة.

## 2.6 تصميم خرساني

### 2.6.1 متطلبات عامة

- تكون هندسة وتكوين الهياكل الخرسانية على النحو المنصوص عليه في كود البناء السعودي SBC 2007-304 وC304 وفي أكواد بناء المواد ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي.
- يتوافق التصميم، والتشييد، والصيانة واختيار المواد الواردة في هذه الوثيقة مع كود البناء السعودي SBC 2007-304، الفصل 3، القسم 3.8.

### 2.6.2 المواد

- بالنسبة للهياكل الخرسانية المسلحة، يتم استخدام الخرسانة الأسمنتية البورتلاندية (أسمنت النوع الأول) وفقًا للمواصفات الإرشادية للخرسانة الإنشائية للأنواع التالية من الهياكل:
  - جميع الهياكل الخرسانية الملامسة للأرض أو المياه الجوفية - حتى 1 متر فوق الطبقة المشطبة.
  - جميع الهياكل على الواجهة البحرية التي تتلامس مع مياه البحر أو في موقع معرض لرذاذ مياه البحر.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- كل البناء الخرساني الكتلي (يتم تعريف الخرسانة الكتلية هنا على أنها عناصر هيكلية مصبوبة بشكل متآلف بأبعاد يزيد سمكها عن 1 متر). يجب أن يتوافق إنشاء العناصر الخرسانية الكتلية مع أحكام مواصفات معهد الخرسانة الأمريكي لصب ومعالجة الخرسانة الكتلية. عندما تكون الخرسانة الكتلية مطلوبة في المشروع، يجب أن تتضمن الرسومات المواقع، والملاحظات، وتعليمات البناء. نظرًا لزيادة التكلفة، والجهد، والوقت المرتبط بصب ومعالجة الخرسانة الكتلية، يجب على الاستشاري المعماري/الهندسي و/أو مقاول الأعمال الهندسة والمشتريات والبناء بذل جهد لتجنب تناسب الدعامات الإنشائية كخرسانة كتلية.

- بالنسبة للخرسانة المسلحة غير الملامسة للأرض، يجب استخدام الأسمنت من النوع I وفقًا للمواصفات الإرشادية للخرسانة الإنشائية.
- بالنسبة لطبقة التمليس العادية، يجب استخدام الأسمنت من النوع V وفقًا للمواصفات الإرشادية للخرسانة الإنشائية.
- يُرجى مراجعة القسم الفرعي 7 للاطلاع على متطلبات إضافية بشأن الحماية من التآكل.

### 2.6.3 تحمل الخرسانة

- تلبي درجة تحمل الخرسانة متطلبات معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007-304، الفصل 4.
- تُجرى هندسة الهياكل الخرسانية مع مراعاة الطبيعة المسببة للتآكل للبيئة المحلية وظروف الإشغال. ما لم تستدع الظروف تصميم المتانة، يجب أن تفي تفاصيل حماية الخرسانة بمتطلبات الجهة العامة، والمواصفات التوجيهية، ورسومات تفاصيل البناء النموذجية.

### 2.6.4 الخرسانة المصبوبة في الموقع

- الخرسانة المسلحة
  - تتوافق تفاصيل فولاذ التسليح مع أحكام معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007304، الفصل 7. يُسمح باستخدام المعيار ACI 315 في حالة عدم تناول كود البناء النموذجي لمتطلبات التصميم المحددة.
  - تكون التفاوتات في تصنيع وتركيب قضبان التسليح الفولاذية مطابقة لمعيار ACI 117M، "مواصفات التفاوتات لمواد البناء الخرسانية والتعليق [متري]".
    يُراعى تأثير هذه التفاوتات في التصميم.
  - يكون الحد الأدنى لمقاومة المطاوعة لفولاذ التسليح على النحو التالي:
    - قضبان فولاذ تسليح: 414 ميجا باسكال (60 كيلو رطل)
    - نسيج الأسلاك الملحومة: 240 ميجا باسكال (36 كيلو رطل)
  - يتم استخدام فولاذ التسليح المطلي بالإيبوكسي لتلك الأجزاء من الهياكل الواقعة تحت مستوى الأرض وحتى 1 متر فوق مستوى الأرض، بشرط ألا يكون التسليح محميًا كاثوديًا.
  - يكون أقصى قُطر لقضبان فولاذ التسليح المستخدمة 32 مم والحد الأدنى 10 مم. تُستخدم أحجام فولاذ التسليح الأكبر فقط عندما يكون ذلك ممكنًا تقنيًا، ولا يمكن تنفيذ التصميم وفقط بعد موافقة الجهة العامة.
  - يتم تجنب تكوين الدعامات الهيكلية بحيث يكون لها الحد الأقصى لنسبة الكود المسموح بها بين منطقة فولاذ التسليح ومنطقة الخرسانة. بالنسبة للدعامات التي تتقاطع مع دعامات آخرى، يجب أن تكون النسبة القصوى المفضلة 75% من الحد الأقصى للنسبة المسموح بها في الكود. يسمح بالاستثناءات للحالات المعزولة.
  - يجب إيلاء العناية بشكل خاص في تكوين الوصلات التي تحتوي على دعامات مؤطرة من اتجاهات متعددة.
    - تُتبع قيود تباعد القضبان على جميع الوصلات والفواصل في الوصلة.
    - يُراعى انحناء ثنيات القضبان الأكبر من 12 مم.
    - تؤخذ في الاعتبار مواضع انثناءات الإزاحة لوصلات قضبان الأعمدة.
    - عند وضع إطار ذي عوارض متعددة أفقيًا في وصلة، يجب تكوين العوارض خلاف العارضة الأولية مع وضع الجزء العلوي من فولاذ التسليح الطولي على التوالي أسفل الفولاذ الطولي للعارضة الأولية.
    - لا يمكن وضع فولاذ التسليح للعارضة الطولية في نفس الموضع في المسافة مثل فولاذ العمود الطولي. يتم اختيار حجم وتباعد الدعامات بحيث لا يلزم إعادة تحديد موضع فولاذ التسليح في الوصلة. لا يسمح بتجميع القضبان عند الوصلة.
    - يجب ربط فولاذ التسليح السفلي الذي ينتهي عند الوصلة فقط إذا كان ذلك مطلوبًا من خلال التحليل الهيكلي أو عن طريق أحكام السلامة الهيكلية.
  - القوة الانضغاطية المحددة للخرسانة لاستخدامها في هياكل المباني
    يحكم استخدام الخرسانة في تصميم هياكل المباني الخرسانية المسلحة ما يلي:
    - الخرسانة الإنشائية

      يكون الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط بالتصميم (ASTM C39M) للخرسانة الإنشائية، بما في ذلك تلك ذات الحد الأدنى من التسليح للانكماش والتحكم في درجة الحرارة، 25 ميجا باسكال.
    - الخرسانة الجاهزة/مسبقة الإجهاد

      يكون الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط بالتصميم (ASTM C39M) للخرسانة الجاهزة/مسبقة الإجهاد 35 ميجا باسكال.
    - الخرسانة غير الإنشائية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

يكون الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط بالتصميم (ASTM C39M) للخرسانة غير المسلحة التي ليس لها قيمة إنشائية كبيرة مثل خرسانة التمليس أو الخرسانة الناعمة، أو خرسانة تجميع المجاري 20 ميجا باسكال.

- ب. الخرسانة العادية
  - يكون تصميم الهياكل الخرسانية العادية وفقًا لفصل الخرسانة الإنشائية العادية من MBC و/أو الأكواد والمعايير المشار إليها في MBC.
    - تعفى الجدران الأساسية الإنشائية المصنوعة من الخرسانة العادية من متطلبات ظروف التعرض الخاصة.
    - لا يخضع تصميم وإنشاء بلاطات الخرسانة المدعمة بالتربة، مثل الأرصفة والبلاطات الخرسانية على الأرض، لمعيار ACI 318 ما لم تنقل الأحمال الرأسية أو القوى الجانبية من أجزاء أخرى من الهيكل إلى التربة.
  - بالنسبة للهياكل الخاصة، مثل الأقواس، وهياكل المرافق تحت الأرض، وجدران الجاذبية، والجدران الواقية، يجب أن تحكم أحكام هذا القسم الفرعي حيثما أمكن ذلك.
  - يجب ألا تقل مقاومة انضغاط الخرسانة للخرسانة العادية عن 20 ميجا باسكال.
- الخرسانة المعمارية
  - الهيكل الخرساني المعماري المصبوب في الموقع هو أي هيكل محدد في الرسومات المعمارية لا يشارك في مقاومة الأحمال كعنصر أو مكون من مكونات هيكل المبنى، وليس عنصرًا معماريًا سابق التجهيز . وتوجد بشكل مستقل ولا تقاوم أي أحمال بخلاف تلك الواقعة عليها مباشرة. ومن الأمثلة على ذلك الدرج الخرساني، والمقاعد، واللافتات، والأسوار، والحواجز، والأعمال الفنية، وما إلى ذلك ذات الطبيعة التي تتطلب فقط الحد الأدنى من الشبكات المسلحة المتكررة. يجب ألا يظهر في الرسومات الإنشائية ما لم يكن هناك تعقيد أو خطر محتمل على حياة الإنسان يستدعي مزيدًا من التفاصيل الدقيقة.
  - تُصمم الخرسانة المعمارية بواسطة الاستشاري المعماري/الهندسي.
  - تكون الأسطح المشطبة للهيكل الخرساني المعماري المصبوب على النحو المحدد في رسومات التصميم المعماري.
- تشطيب الخرسانة
  - تكون التشطيبات الخرسانية المكشوفة في الهيكل النهائي كما هو محدد في وثائق البناء المعماري. يرجى الرجوع إلى الوثيقة رقم EPM-KEA-GL-000001 (إرشادات التصميم المعماري) لمعرفة متطلبات لون تشطيب الخرسانة الزخرفية.
    - بالنسبة لجميع الأسطح الخرسانية غير المكشوفة في الهيكل النهائي، يكون التشطيب الخشن، والذي يُعرف بأنه يحتوي على قوام خرساني مصبوب منقول من خلال مادة عامل الشكل، وفتحات الربط المملوءة، وإصلاح العيوب، وإزالة الخرسانة الزائدة وغيرها من النتوءات مقبولا. يجب كشط الأسطح غير المشكلة بشكل أملس، ما لم يكن سيتم صب خرسانة إضافية على السطح، حيث يتم كشط السطح وتخشينه عمداً. تكون خشونة السطح على النحو المنصوص عليه في المعيار ACI 318-08.
    - يتم تنسيق السطح النهائي للخرسانة المصبوبة في الموقع والتي سيكون لها مواد تشطيب معمارية ملصقة مع مورّد المنتج النهائي.

### 2.6.5 الخرسانة الجاهزة/المضغوطة مسبقًا

- يتم تصنيع هياكل الخرسانة الجاهزة/المضغوطة مُسبقا في منشأة تصنيع معتمدة خارج الموقع.
- تُصمم هياكل الخرسانة الجاهزة/المضغوطة مسبقًا من قبل الشركة المصنّعة، ما لم يذكر خلاف ذلك.
- تُصمم هياكل الخرسانة الجاهزة/المضغوطة مسبقًا على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 304-2007، الفصل 16 و18 وفي أكواد بناء المواد ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي، ووفقًا لأحكام وتوصيات دليل تصميم كود البناء الدولي، MNL 120.
- يتم التصنيع، ووضع حديد التسليح، وتثبيته، ووضعه في مكانه والتفاوت في نصب الهيكل وفق كود البناء الدولي MNL 116.

### 2.6.6 الخرسانة المعمارية الجاهزة

تُصمم الخرسانة المعمارية الجاهزة وفقًا لأحكام وتوصيات دليل الخرسانة الجاهزة المعمارية وفق كود البناء الدولي MNL-122.

### 2.6.7 المباني الجاهزة سابقة التصميم/سابقة التجهيز

تصميم مبنى معياري لاستخدام عناصر الخرسانة الجاهزة، ويجب اعتماد التوجيه التالي لتصميم المباني الخرسانية المسلحة كطريقة بناء مفضلة.

- تُستخدم عناصر جاهزة في التصميم كلما كان ذلك ممكنًا ومجديًا اقتصاديًا. وتُستخدم العناصر المجدية الجاهزة المصنّعة بالفعل في المملكة كلما كان ذلك ممكنًا، مع الأخذ في الاعتبار توفر المواد السعودية والقدرة على التصنيع. يكون تصميم التفاصيل الإنشائية مثل الوصلات كاملا.
- يقوم الاستشاري المعماري/الهندسي بوضع مجموعة واحدة كاملة من حسابات التصميم الإنشائي ورسومات العقد من بحيث يمكن لمقاول البناء تقديم مقترح بديل للأنظمة والمكونات الهيكلية، والتي تظهر في حزمة عطاء العقد مع الحد الأدنى من التعديلات والحسابات الإضافية. قد يتكون المقترح البديل إما من نظام هيكلي معدّل مصبوب في الموقع أو خرساني جاهز. وللامتثال لهذا المطلب، يجب أن يعكس التخطيط العام، والتفاصيل الهيكلية وأبعاد المكونات الهيكلية المفهوم المعياري (على سبيل المثال، يجب تقليل تباين الأبعاد والتفاصيل، وعلى العكس من ذلك، يجب زيادة تكرار الأبعاد واستخدام مكونات المبنى المتطابقة).



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 2.6.8 الخرسانة لاحقة الشّدّ

تُصمم الهياكل الخرسانة لاحقة الشد على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 304-2007، الفصل 18 وفي أكواد البناء الخاصة بالمواد المشار إليها في كود البناء النموذجي، ووفقًا لأحكام وتوصيات دليل الشد اللاحق في PTI، جدول 1.

### 2.6.9 البناء المركب

- يتم تصميم وتكوين الهياكل المركبة من الفولاذ والخرسانة وفقًا لمعيار البناء السعودي رقم SBC 306-2007، الفصل 9.
- تكون المنتجات المحددة المستخدمة في تنفيذ النظام المركب التي لا تتوافق بشكل مباشر مع أكواد البناء معتمدة من قبل خدمة التقييم التابعة لمجلس الكود الدولي (ICC). يستند التصميم الهندسي إلى القيم والقيود المنصوص عليها في تقرير خدمة تقييم مجلس الكود الدولي. لا يسمح بالاستخدامات خارج نطاق الاختبار. يمكن استخدام تقارير الاختبار وقيم التصميم التي تنتجها منظمات مستقلة أخرى لاختبار المنتجات وإصدار الشهادات، وفقًا لموافقة الجهة العامة.

### 2.6.10 البلاطة الخرسانية الأرضية

- متطلبات التصميم
  - بصفة عامة، يتم تصميم البلاطات الموجودة على هياكل الأرضية لضغوط الانحناء بسبب الأحمال المنتظمة والأحمال المركزة والضغوط الداخلية الناتجة عن الانكماش الجاف ومقاومة سحب الطبقة السفلية. عندما يكون ذلك مناسبًا لنوع المنشأة التي يجري تصميمها، يتم تصميم البلاطات لتحمل تأثيرات أحمال المستودعات التي تشمل الممرات، والأعمدة، والرفوف، وما إلى ذلك. في مثل هذه الحالات، يجب إيلاء اهتمام خاص للتصميم اللازم لعزم الإجهاد السالب في الممرات.
  - تتبع طرق البناء المناسبة، والتصنيع، ونسبة خلط الخرسانة عمومًا إرشادات ACI 302.1R "دليل إنشاء الأرضيات الخرسانية والبلاطة". يجب ألا تقل سماكة الألواح عن 100 مم. يوفر الجدول 2.1 معايير لاختيار سماكة البلاطة بناءً على الحمل الحي للتصميم، لبلاطات الأرضية التي لها معامل تفاعل ($k_s$) لا يقل عن 2.75 كجم/سم $^3$.

الجدول 2.1 الحمل الحي لبلاطة الأرضية

| سماكة البلاطة | أقصى حمل حي للتصميم الموحد |
|---|---|
| 100مم | 7 كيلو نيوتن/م$^2$. |
| 150 مم | 7 كيلو نيوتن/م$^2$. |
| 200 مم | 20 كيلو نيوتن/م$^2$. |

ما لم ينص على خلاف ذلك أعلاه، يجب تحديد سماكة البلاطة الصحيحة وفقًا لمنشور جمعية الأسمنت البورتلاندي (PCA)، "تصميم سماكة البلاطة للأرضيات الخرسانية الصناعية على مستوى الأرض." في عملية التصميم وفق معايير جمعية الأسمنت البورتلاندي (PCA)، يتم تحويل قوة الانضغاط إلى معامل تمزق، والذي يتم تقليله بعد ذلك بمعامل أمان للحصول على أقصى إجهاد شد انحناء المسموح به. ثم يتم استخدام الحد الأقصى المسموح به من إجهاد الشد الانثنائي لتحديد سماكة اللوح المطلوبة.

- عند وضع الجدران الفاصلة فوق بلاطة الأرضية، يجب زيادة سماكة البلاطة الأرضية تحت الجدار الفاصل.
- يجب عزل رفادات المعدات الميكانيكية عن البلاطة الأرضية.

### 2.6.11 الفواصل

- فواصل بلاطات الأرضية
  - فواصل التمدد (EJ)
    - يتم توفير فواصل التمدد لاستيعاب تأثيرات عمليات الإزاحة الناتجة عن الانكماش، ودرجة الحرارة، والزحف، والتسوية.
    - تُوضع فواصل التمدد بحيث تقسم بلاطة الأرضية إلى عدد من الأقسام الفردية المتساوية تقريبًا.
    - يتم تأمين فواصل التمدد عند مراكز 50 م تقريبًا طوليًا وعرضيًا. بالنسبة للبلاطات المكشوفة، يجب توفير فواصل التمدد على مسافة 25 مترًا تقريبًا.
    - يكون عرض فواصل التمدد 25 مم على الأقل.
  - فواصل الانكماش/التحكم (CCJ)
    - يتم توفير فواصل الانكماش لاستيعاب تأثيرات الانكماش، ودرجة الحرارة والتسوية. تعمل فواصل الانكماش على التحكم في موقع الشقوق التي تحدث بسبب انكماش البلاطة.
    - تُوضع فواصل الانكماش بحيث تقسم بلاطة الأرضية إلى عدد من المقاطع الفردية المتساوية تقريبًا بين الحواف وفواصل التمدد.
    - يفضل أن تكون فواصل الانكماش مستقيمة، وأن تقع على خطوط شبكة المبنى أو بالقرب منها، وعلى مسافات متساوية تقريبًا بين خطوط الشبكة.
    - يُحدد موقع فواصل الانكماش بوضوح على المخططات.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- وصلات البناء (CJ)
  - يجب توفير فواصل البناء لتسهيل عملية الصب المنفصل لأقسام مختلفة من البلاطة. قد يتم استخدام وصلة البناء كوصلة انكماش شريطة أن يتم تنفيذ ميزات وصلة الانكماش.
  - يفضل أن تكون فواصل البناء مستقيمة.
  - يُحدد موقع فواصل البناء بوضوح على المخططات.
- جميع الفواصل
  - إذا كان استخدام البلاطة ينطوي على حركة مرور أو معدات ثقيلة عبر الوصلة، يجب اتخاذ تدابير لنقل القص عبر الوصلة. يجب أن تسمح آلية نقل قوة القص بالحركة الحرة (الفتح والإغلاق) للفاصل، وعند الاقتضاء، الإزاحة الجانبية.
  - يفضل أن تكون الوصلات مستقيمة وموجودة على خطوط شبكة المبنى أو بالقرب منها.

- فواصل حركة الهيكل
  - توفير فواصل الحركة في الهياكل لاستيعاب تأثيرات الإزاحة التي تسببها الرياح، والزلازل، والأحمال الجانبية الأخرى، والانكماش، ودرجة الحرارة والزحف، والتسوية. تحديد عرض الفاصل بناءً على الإزاحة الناتجة عن الصيانة المحسوبة للهياكل على جانبي الوصلة. يكون الحد الأدنى للخلوص بين الهياكل المنحرفة 12 مم، وما لم يذكر خلاف ذلك يجب تحديد الحد الأقصى والأدنى المتوقع من عرض الفاصل المنحرف على المخططات الإنشائية.
  - بالنسبة للهياكل الخرسانية المسلحة، يجب توفير فواصل الحركة التي لا تقل عن 25 مم عند مراكز بمساحة 50 مترًا طوليًا وعرضيًا.
  - وضع فواصل الحركة بحيث تقسم الهيكل إلى عدد من الأقسام الفردية.
  - تمر الوصلات من خلال ارتفاع الهيكل فوق مستوى الأرض في مستوى واحد - ويفضل أن يتم ذلك بشكل مستقيم. تصميم الفواصل لتستوعب جميع الحركات المتوقعة في المفصل.
  - تأطير الهيكل على جانبي وصلة الحركة.
  - توفير التفاصيل اللازمة لاستيعاب الأرضية النهائية، والجدران الداخلية والخارجية، والوصلات المنزلقة الأخرى حسب المتطلبات المعمارية.
  - توفير فواصل الحركة عند وجود تغيير كبير في نوع الأساس.
  - تُراعى فواصل الحركة حيثما يكون هناك تغيير كبير في ارتفاع الهيكل.
  - تكون المسافة الفاصلة بين الحواجز المكشوفة حوالي 12 م.
  - ينسق الاستشاري المعماري/الهندسي مع جميع التخصصات لضمان تكوين جميع الأنظمة التي تعبر المفاصل بشكل صحيح لاستيعاب النطاق المتوقع للحركة. ويشمل ذلك أنابيب الخدمات الميكانيكية، والقنوات، والأسلاك؛ والخدمات الكهربائية، أنظمة التشطيب المعماري، والتزجيج، والتكسية؛ وأي عناصر أو أنظمة أخرى تتقاطع أو بالقرب من مفصل الحركة.

## 2.7 تصميم البناء

### 2.7.1 متطلبات عامة

- توفير تصميم وتكوين الهياكل المبنية على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 305-2007 وفي أكواد بناء المواد ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي. يتم تقييم ومطابقة أي تعارضات في التعريف، أو الترميز، أو المصطلحات، أو المنهجية بين كود البناء النموذجي والأكواد والمعايير المشار إليها في كود البناء النموذجي.

- يقدم هذا القسم الإرشادات الهندسية، والتخطيطية والتصميمية لهياكل البناء بما في ذلك:
  - بناء الخرسانة المسلحة
  - البناء غير المسلح
  - البناء الحامل للحمل
  - البناء غير الحامل للحمل
  - البناء المركب.
- يتم تنفيذ هندسة الهياكل المبنية مع مراعاة الطبيعة المسببة للتآكل في البيئة المحلية. وما لم تستدع الشروط معالجة أكثر صرامة، يجب أن تكون تفاصيل حماية المباني المكشوف متوافقة مع متطلبات الجهة العامة، والمواصفات التوجيهية، ورسومات تفاصيل البناء النموذجية.
- المواصفات والتفاصيل.

### 2.7.2 إنشاء المباني المركبة

- تتكون أنظمة جدران البناء المركبة من عدة وحدات جدار بناء موضوعة جنبًا إلى جنب ومربوطة معًا باستخدام روابط معدنية.
- تنقل الروابط المعدنية إجهاد القص بين الطرق ما يسمح بالتفاعل بين وحدات جدار البناء أو وحدات الطوب والبناء.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- عادة يتم تشييد البناء المركب من أنويه مقواة والتي قد يتم حشوها جزئيًا أو كليًا اعتمادًا على هندسة الجدار المطلوبة والتحميل.
- يُرجى الرجوع إلى ملاحظات TEK الفنية للجمعية الوطنية للبناء الخرساني (NCMA) ومعيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007-305 للاطلاع على إرشادات التصميم العامة.

2.7.3 وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن (AAC)

- وحدات البناء وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن عبارة عن كتل خرسانية فائقة الخفة ذات هيكل خلوي فريد يوفر كفاءة متزايدة في استخدام الطاقة، ومقاومة للحريق وخصائص صوتية.
- الخصائص الهيكلية
- يمكن استخدام وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن في المباني منخفضة الارتفاع الحاملة مثل جدران القص، والجدران الفاصلة، وجدران الردم. انظر الجدول 2.2 للتعرف على الخصائص الفيزيائية لوحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن.

الجدول 2.2 - وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن

| المعيار ASTM C 1693 - المتطلبات الفيزيائية | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **فئة القوة** | **قوة الانضغاط (باسكال)** | **الكثافة الاسمية للحجم الجاف** | **حدود الكثافة** | **متوسط انكماش التجفيف %** |
| | الحد الأدنى | كجم/م$^3$ | كجم/م$^3$ | 50.02 |
| وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن-2 | 2.0 | 400 | 450-350 | 50.02 |
| | | 500 | 550-450 | 50.02 |
| وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن-4 | 4.0 | 500 | 550-450 | 50.02 |
| | | 600 | 650-550 | 50.02 |
| | | 700 | 750-650 | 50.02 |
| | | 800 | 850-750 | 50.02 |
| وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن-6 | 6.0 | 600 | 650-550 | 50.02 |
| | | 700 | 750-650 | 50.02 |
| | | 800 | 850-750 | 50.02 |

- الملاط
  - يمكن وضع الدورة الأولى لوحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن على مجموعة ملاط رقيقة متوافقة مع معيار ASTM C 270.
  - ويتم وضع الدورات المتبقية على ملاط رقيق مصنوع من مواد لاصقة من أسمنت بورتلاندي متوافقة مع المعيار ASTM C1660.
  - الرطوبة
- يتراوح محتوى الرطوبة في وحدة البناء بالخرسانة خفيفة الوزن من 25% إلى 30% عند التصنيع وينخفض إلى 4% إلى 6% في غضون أربع سنوات. يبلغ الانكماش الخطي 0.02%.
- يوصى بوضع طلاء يسمح بمرور الهواء على وحدات البناء بالخرسانة خفيفة الوزن لتسهيل تبديد الرطوبة.

2.7.4 اعتماد أنظمة التصميم أو البناء الخاصة

الامتثال لمعيار البناء السعودي رقم SBC 2007-305 القسم 1.3.5.

- حمل التصميم
  - يجب تحديد وتثبيت أحمال التصميم وفقًا للقسم الفرعي 2.3.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- مراجع التصميم الأساسية
  - يعتبر معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007-305 و/أو متطلبات كود البناء لهياكل البناء (ACI 530/ASCE 5/TMS 402)، مواصفات هياكل البناء (ACI 530.1/ASCE 6/TMS 602) المراجع الأساسية لتصميم هياكل البناء.

### 2.7.5 أسس التصميم

- متطلبات عامة
  - تقوية جدران البناء الحجرية المستخدمة كجزء من النظام الإنشائي.
  - استخدام جدران البناء غير المسلحة للاستخدامات غير الإنشائية، ولكن يجب تصميم هذه الجدران لتحمّل الأحمال الجانبية.
  - تصميم هياكل البناء الحجري بحيث لا يكون البناء ملامسًا للتربة.
- وصلات التحكم
  - يحدث تشقق الجدران المبنية لوحدات البناء الخرسانية بسبب زيادة ضغوط الشد داخل مجموعة الجدار التي تتجاوز قوة الشد للمواد التي يتكون منها التجميع. وبشكل عام، يرجع ذلك إلى ضغوط الشد التي تزداد عندما تتغير حركات الجدار المصاحبة لتغير درجة الحرارة والرطوبة كما تقيدها عناصر أخرى، أو عندما يقيد البناء الخرساني تحركات العناصر المجاورة. يعتمد فقدان الرطوبة على إمكانية انكماش وحدات البناء وظروف التجفيف في موقع البناء، معبرًا عنها من حيث الرطوبة النسبية. وتتمثل الطرق الرئيسية المستخدمة للتحكم في التشقق في هياكل البناء في:
    - مواصفات المواد للحد من إمكانية التجفيف والانكماش،
    - التقوية لزيادة مقاومة التشقق،
    - وفواصل التحكم لاستيعاب الحركة.
  - يكون أي إجراء للتحكم في الشقوق متوافقًا مع التصميم الإنشائي للقوى الجانبية. توفر فواصل التحكم فصلا كاملا للبناء. ومن ثم، فإن موقع فواصل التحكم يحدد طول الألواح الجدارية، وبالتالي صلابة الجدران، وتوزيع القوى الجانبية والضغوط الناتجة. لذلك، لا يُسمح بإضافة فواصل التحكم أو إزالتها، أو نقلها بمجرد اكتمال التصميم الإنشائي.
  - يجب ألا يفترض مطلقًا أن فواصل التحكم تنقل عزم الانحناء أو التوتر القطري عبر المفصل. يتم إنهاء تقوية الفواصل والقضبان في عوارض الربط غير الإنشائية عند فواصل التحكم؛ يجب أن تكون القضبان المشوهة في عوارض الربط الإنشائية مستمرة بطول الحجاب الحاجز. باستخدام وحدات البناء الخرسانية التي يتم التحكم فيها بجودة عالية والحد الأدنى من التقوية المحدد للقوى الجانبية، فإن التشقق لا يمثل عادةً مشكلة عندما يكون الحد الأقصى للتباعد الأفقي لوصلات التحكم محدودًا بمقدار 4 أضعاف ارتفاع الحائط الحاجز أو 30 مترًا في المركز، أيهما أقل.
- الاتصال بالعناصر الأخرى
  - تُصمم الوصلات بين عناصر المقاومة الرأسية (ألواح الجدران القصية) وعناصر المقاومة الأفقية (الحواجز الأرضية والسقفية) لجعل الجدران أجزاء متكاملة من النظام الإنشائي. يجب توفير وسائل موجبة لنقل القص من مستوى الحاجز إلى ألواح الجدران القص.
  - عند تصميم الفواصل أو الروابط، من الضروري مراعاة القوى ومسارات إجهادها، وإنشاء روابط على طول كل مسار تتفق مع الافتراضات الأساسية للسلوك وتوزيع القوى وفقًا للصلابة النسبية. تساهم الوصلات في سلامة الهيكل، وبالتالي يجب تصميمها، وتصنيعها، وتركيبها بشكل صحيح. يعتمد تصميم وتفصيل الوصلات على الطبيعة الفعلية للقوى المنقولة من خلال الاتصال (ثابت/ متحرك، شد/ انضغاط، إلخ ..).
  - تصميم الوصلات
    - تمثل القوى التي تجب مراعاتها في تصميم الوصلات والتوصيلات أحمال الجاذبية؛ أحمال التشييد المؤقتة؛ والأحمال الأفقية العادية للجدار؛ والقوى الأفقية الموازية للجدار؛ والتشوه الناتج عن عدم استقرار التربة، والانكماش، والقوى الحرارية - منفصلة أو مجتمعة، حسب الاقتضاء.
    - تتم تقوية عوارض الربط التي تعمل كحافة (وتر) للحواجز الأفقية عند وصلات التحكم الوهمية لمقاومة الضغوط الوترية الناتجة عن حركة العارضة الحاجزة.
    - يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى للتباعد بين أوتاد التثبيت أو المسامير المستخدمة في التوصيلات 1.2 متر، ويجب تصميم التوصيلات بناءً على تحليل منطقي وفقًا لمبادئ الميكانيكا الراسخة. يجب عدم استخدام مسامير أو أوتاد التثبيت المعدنية في التطبيقات الإنشائية حيث تكون عرضة لقوى الشد.
    - تكون قوة التوصيلات، كقاعدة عامة، كافية لإنتاج قوة مفيدة للعناصر الهيكلية المتصلة. تُصمم الوصلات والتوصيلات للعناصر التي تقاوم القوى الجانبية بما لا يقل عن ضعف القص المحسوب عند استخدام الأحمال الجانبية المحددة، باستثناء أن الوصلة ليست ضرورية لإنتاج قوى أكبر من السعة النهائية للعناصر المتصلة.
  - ملاحظات تحذيرية للمصممين والرسامين

تجنب تفاصيل الوصلات والتوصيلات التي يمكن أن تؤدي إلى تركيزات إجهاد قد تسبب تشظيًا أو انقسامًا عند الأسطح الملامسة. تعتبر الشقوق الصريحة، والتعزيز المناسب، ومواد التبطين وسائل قليلة يمكن من خلالها تقليل الآثار الضارة لتركيزات الإجهاد. تجنب التحميل المباشر للأحمال الثقيلة المركزة على وحدات البناء الخرسانية. تجنب اللحام بأي عناصر معدنية مدمجة والتي قد تتسبب في تلف البناء المجاور عن طريق التشظي، وخاصة عندما يتم تقييد تمدد المعدن المسخن بالبناء. رص جميع المسامير والأوتاد المعدنية المثبتة في البناء بإحكام في مكانها مع ما لا يقل عن 25 مم من الملاط بين المسمار أو وتد التثبيت والبناء. وضع مسامير عمودية داخل الروابط الأفقية عند قمم الركائز والأعمدة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- التقويات حول الفتحات
- نظرًا لأن المنطقة المحيطة بفتحات الجدار معرضة للانهيار، يجب توفير ما لا يقل عن قضيبي (2) تسليح بقطر 12 مم حول محيط الفتحات.
- قد تكون قضبان العتب فوق الفتحة بمثابة قضبان التسليح الأفقية العلوية.

## 2.8 التصميم الفولاذي

### 2.8.1 متطلبات عامة

- توفير تصميم الهياكل الفولاذية على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 306-2007 وفي أكواد البناء الخاصة بالمواد المشار إليها في كود بناء النموذج. تقييم ومطابقة أي تعارضات في التعريف، أو الترميز، أو المصطلحات، أو المنهجية بين كود البناء النموذجي والأكواد والمعايير المشار إليها في كود البناء النموذجي ومطابقتها مع كود البناء النموذجي.
- يجوز استخدام طريقة تصميم الضغط المسموح به (ASD) أو طريقة تصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD) لتصميم الهياكل الفولاذية، ما لم يذكر خلاف ذلك. تصميم النظام الإنشائي بأكمله بناءً على الطريقة المختارة.
- تنفيذ هندسة الهياكل الفولاذية مع مراعاة الطبيعة المسببة للتآكل في البيئة المحلية. وما لم تستدع الظروف معالجة أكثر صرامة، يجب أن تكون تفاصيل حماية الفولاذ مطابقة للمواصفات، أو كما هو مذكور في القسم الفرعي 7، الحماية من التآكل. تتطلب أي انحرافات عن طرق الحماية من التآكل المحددة موافقة الجهة العامة.
- يتم توفير التوجيه المتعلق بهندسة، وتخطيط، وتصميم الإطارات والعناصر الفولاذية الهيكلية، بما في ذلك الفولاذ الهيكلي، والروافد الفولاذية، والأسطح الفولاذية، والبناء المركب، والفولاذ المشكل على البارد، والمباني سابقة الهندسة في الأقسام التالية.

### 2.8.2 الهياكل الفولاذية

- تكون هندسة وتكوين الهياكل الفولاذية على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 306-2007 وفي أكواد البناء الخاصة بالمواد المشار إليها كود البناء النموذجي. تعتمد تسميات الأشكال على النظام المتري.
- يكون جميع الفولاذ الهيكلي المعرض لعوامل الطقس مجلفنًا أو مطليًا حسب القسم الفرعي الخاص بالحماية من التآكل في هذا الدليل (5.2.6). تسمح قضبان/مسامير التثبيت المكشوفة بالتآكل بمقدار 2 مم (أي مطلوب d + 4 مم ، حيث يكون "d" هو قطر قضيب التثبيت/المسمار). راجع القسم 7 للحصول على متطلبات إضافية حول التآكل.
- تصميم الهياكل الفولاذية بحيث لا يتلامس الصلب مع التربة.
- ألا تقل سماكة عناصر الهيكل الفولاذي المدرفلة على الساخن (مثل الشبكات، والحواف، والأرجل) عن 4 مم لاستخدامها في التوصيلات المثبتة بمسامير.

### 2.8.3 الروافد الفولاذية

- تكون هندسة وتشكيل الروافد الفولاذية على النحو المنصوص عليه في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 306-2007 وفي أكواد بناء المواد ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي.
- يُراعى حجم الروافد المستخدمة في أنظمة الأرضيات لتقليل الاهتزازات الملموسة.
  - تعد الروافد من الفئة K روافد منخفضة السعة مناسبة بشكل مثالي لأنظمة السقف.
  - بينما الروافد من فئة LH وDLH عبارة عن روافد ذات سعة أعلى مناسبة لمسافات أطول أو لمسافات أقصر وأحمال أثقل.
- تُصمم عوارض الروافد لتحمل أحمال التفاعل من الروافد أو الدعامات الأخرى. يعتبر نظام الشبكة المفتوحة للبناء حلاً فعالاً من حيث التكلفة.
- راجع المواصفات القياسية من معهد الروافد الفولاذية للحصول على إرشادات التصميم مثل:
  - المواصفات القياسية لروافد الشبكة المفتوحة الفولاذية، السلسلة K.
  - المواصفات القياسية لروافد الشبكة الفولاذية المفتوحة، السلسلة LH.
  - المواصفات القياسية لعوارض الرافد.

### 2.8.4 الفولاذ المشكل على البارد

- يُصمم الفولاذ المشكل على البارد وفق المعيار AISI S 100-100 وD-100. ولا يجب تصميه وفق معايير المعهد الأمريكي للصلب الإنشائي.
- تعتبر المقاطع الفولاذية المشكلة على البارد اقتصادية لغرض بناء الهياكل خفيفة التحميل. أنظمة الأسقف والجدران الفولاذية المشكلة على البارد غير قابلة للاحتراق وتتطلب تركيب معدات أخف. تشمل أنظمة الفولاذ المشكل على البارد ما يلي:
  - تأطير الجدار خفيف الحمل: يعد النظام قادرًا على حمل أنظمة حمل أفقية ورأسية عند دعائمه بشكل صحيح.
  - تأطير الجدار الخارجي غير الحامل: قادر على تحمل الرياح والقوى الأفقية الزلزالية عند استخدامه كنظام تكسية خارجي مع الطوب، أو البناء أو مواد تدعيم أخرى.
- يجوز استخدام دعامات الفولاذ المشكل على البارد لبناء دعامات الأسقف الفولاذية لمختلف المسافات.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تفي الدعامات ذات مسماير التثبيت الفولاذية المشكلة على البارد بمتطلبات "رابطة مصنعي مسامير التثبيت الفولاذية (SSMA)".

### 2.8.5 المباني المعدنية سابقة التصميم/سابقة التجهيز (PEMB)

- توفير تصميم وتكوين المباني المعدنية سابقة التصميم على النحو المنصوص عليه في أقسام الفولاذ الهيكلي في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 306-2007 للدعامات الفولاذية المدرفلى على الساخن وAISI S-100 للدعامات الفولاذية المشكلة على البارد، وفي أكواد ومعايير بناء المواد ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي.
- يجوز استخدام معلومات وتوصيات التصميم الإضافية المتاحة من اتحاد مصنعي المباني المعدنية (MBMA).
- هندسة نظام المباني المعدنية سابقة التصميم/سابقة التجهيز - هيكل الإطار الفولاذي، الأطواق، المدادة، السطح المعدني (السقف والجانب)؛ جميع الملحقات الملحقة بالإطار الفولاذي؛ وصلات جميع مكونات النظام؛ وتوفير التوصيلات لربط جميع مكونات نظام البناء المعماري/الهندسي المنسق (خدمات الأعمال الميكانيكية والهندسية، أعمال السباكة) - مسؤولية الشركة المصنعة لنظام المباني المعدنية سابقة التصنيع/سابقة التجهيز. مراعاة تأثير التحميل لأداء جميع مكونات وأنظمة المبنى الملحقة بالمباني المعدنية سابقة التصميم/سابقة التجهيز لوظيفتها، لجميع ظروف التشغيل (الأبواب مفتوحة أو مغلقة، الخط الأحادي في المواقع الحرجة، عزم دوران المحرك، إلخ).
- ينسق الاستشاري المعماري/الهندسي مع جميع التخصصات الداخلية ذات الصلة ومع الشركة المصنّعة للمباني المعدنية سابقة التصنيع/سابقة التجهيزلضمان أن المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز مصممة هندسيًا ومهيئة للعمل مع جميع أنظمة البناء البينية. يجب على مصنّع المباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز ومهندس التسجيل الخاص به أن يوضحا على الرسومات مواقع ومقادير جميع الأحمال المركزة المتفق عليها بالتنسيق مع الاستشاري المعماري/الهندسي وعلى النحو المنصوص عليه في وثائق البناء.
- توفر الشركة المصنّعة للمباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز للجهة العامة والاستشاري المعماري/الهندسي جميع تفاعلات المباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز كأحمال خدمة بحيث يمكن حساب جميع مجموعات الأحمال التي تتطلبها أكواد البناء. إضافة إلى ذلك، فقد يتم توفير الأحمال المصنفة، إذا كانت متوفرة.
- توفر الجهة المصنعة للمباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز للجهة العامة والاستشاري المعماري/الهندسي التخطيط المطلوب لقضبان التثبيت للمباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز، بما في ذلك النوع المطلوب، والأحجام، والمساقط وتفاصيل التثبيت الأخرى لمرفقات قاعدة دعامات المباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز.

- يجب على الشركة المصنعة للمباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز توفير التركيب والرسومات التنفيذية للجهة العامة والاستشاري المعماري/الهندسي للموافقة عليها قبل البدء في أي عمل مادي.
- تقع مسؤولية هندسة عناصر البنية التحتية لنظام المباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيزعلى عاتق المهندس الإنشائي التابع للاستشاري المعماري/الهندسي. يجب اتخاذ تدابير لمقاومة جميع ردود الفعل من النظام الهيكلي للمباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز ونقل هذه التفاعلات إلى الأرض. عند استخدام روابط التوتر في بلاطة الأرضية أو في البلاطة الإنشائية، يجب على الاستشاري المعماري/الهندسي مراعاة وجود خنادق أو بناء خدمات الأعمال الميكانيكية والهندسية وأعمال السباكة في التصميم. تقع على عاتق الاستشاري المعماري/الهندسي مسؤولية هندسة وتكوين قضبان التثبيت أسفل اللوحة الأساسية لدعامات المباني المعدنية سابقة التصميم/التجهيز. تكون هندسة وتكوين مرفق دعامة القاعدة للسطح الجانبي بالقاعدة الداعمة مسؤولية الاستشاري المعماري/الهندسي ويجب أن تكون متسقة مع تفاصيل نظام المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز.
- ميزات نظام المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز:
  - يعتبر فولاذ الهيكل العلوي للمباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز أخف بنسبة 30% تقريبًا من البناء التقليدي بسبب التصنيع المدبب للفولاذ الهيكلي، والصلب على البارد للمدادة والحلقات، واستخدام دعامات قياس الضوء في بناء السقف والجدران.
  - يتم تقليل وقت التسليم والتركيب بشكل كبير لبناء المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز مقابل البناء التقليدي.
  - تعتبر هياكل المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز أقل تكلفة بنسبة 20 % تقريبًا من الإنشاءات التقليدية للأسباب التالية:
    - تتم الموافقة مسبقًا على القائمين بالتركيب لبناء مرافق المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز، وعادة ما يكون لديهم خبرة جيدة في هذا النوع من الإنشاءات.
    - تعد تفاصيل التثبيت نموذجية وموحدة.
    - تعتبر المنتجات المستخدمة في بناء المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز مثل الأبواب، والنوافذ، والأسطح وتشطيبات الحماية الخارجية أقل المنتجات المتاحة للاستخدام المقترح للمنشأة تكلفة.
  - يهتم مصنّع المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز بشكل عام بتصميم البنية الفوقية، حيث إن تصميم البنية التحتية مسؤولية الاستشاري المعماري/الهندسي. ومع ذلك، فإن نجاح أي مشروع للمباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز يتطلب تنسيقًا وثيقًا بين الطرفين خلال مرحلتي التصميم والبناء.
  - قد تكون مرافق المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز مناسبة تمامًا للهياكل البسيطة مثل المستودعات، والمراكز الصناعية ومحطات النقل بالشاحنات.
  - قد لا تستخدم هياكل المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز على المرافق الأكثر تعقيدًا حيث تتحكم الميزات المعمارية تخطيط البنية الفوقية للمنشأة مثل المدارس، أو المحاكم، أو المباني الإدارية، المستشفيات.
  - يجوز استخدام أنظمة واجهات أخرى أكثر جاذبية من الناحية المعمارية ووسائل الراحة الأخرى للبناء في مرافق المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز، ومع ذلك قد لا تتحقق دائمًا وفورات التكلفة المرتبطة عادةً بمرافق المباني المعدنية سابقة التصنيع/التجهيز.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

2.9 تصميم الخشب

2.9.1 متطلبات عامة

- تكون هندسة الهياكل الخشبية وفقًا لفصل الخشب في كود البناء الدولي 2009.
- تكون جميع أجهزة التوصيل من الصلب المجلفن أو الصلب غير القابل للصدأ.
- معالجة جميع الأخشاب المنشورة المعرضة للطقس وليس داخل المجال الجوي المغلق لهيكل المبنى بمواد حافظة متوافقة مع معيار AASHTO-M 133 للمواد الحافظة وعمليات معالجة الضغط.

3.0 **هياكل المباني الشاهقة.**

**3.1 متطلبات عامة**

3.1.1 مقدّمة

يتضمن هذا القسم المبادئ الأساسية والمبادئ التوجيهية لتصميم وإنشاء هياكل المباني الشاهقة، ويوفر الحد الأدنى من المتطلبات الفنية التي يجب اعتمادها من قبل مقاولي الأعمال المعمارية/الهندسية و/أو مقاول الهندسة والمشتريات والإنشاءات لتمكين تحقيق السلامة، والجودة، والفعالية من حيث التكلفة في التصميم وإنشاء هياكل المباني الشاهقة وأنظمة المباني الشاهقة التي تلبي احتياجات وتوقعات الجهات العامة. تُعرَّف المباني الشاهقة بأنها هياكل ذات أرضية مشغولة تقع على ارتفاع يزيد عن 23 مترًا فوق أدنى مستوى لوصول سيارة قسم الإطفاء (يجب التحقق من هذا المعيار المحدد من قبل الاستشاري المعماري/الهندسي والجهة العامة المناسب).

3.1.2 النطاق

يتمثل نطاق هذا القسم الفرعي في تقديم إرشادات حول تصميم وبناء هياكل المباني الشاهقة المشيدة من مواد الخرسانة والصلب. تعتمد متطلبات التصميم الواردة في هذا الدليل، أو التي يتم الاستشهاد بها كمرجع، على معايير كود البناء النموذجي ومعايير التخصص.

3.1.3 نطاق الاستخدام

تنظم المبادئ، والإرشادات التوجيهية، والمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي جميع هياكل المباني الشاهقة، على النحو المحدد في المقدمة في هذه الوثيقة.

3.1.4 متطلبات عامة

- تكون هندسة المباني الشاهقة على النحو المنصوص عليه في فصل التصميم الإنشائي من كود البناء النموذجي وفي أكواد ومعايير مواد البناء ذات الصلة المشار إليها في كود البناء النموذجي.
- تقديم وصف كامل لأنظمة مقاومة القوة الجانبية وأي آليات خاصة مستخدمة للترطيب أو التحكم في الاستجابة الجانبية في هيكل المبنى الشاهق في تقرير أساس التصميم. تحليل الأنظمة وتفصيلها في الحسابات، ومعايير التصميم الإنشائي الهامة والقيود المدرجة في قسم الملاحظات العامة للرسومات.

3.1.5 الأكواد والمعايير

تُصمم المباني الشاهقة بناءً على المعيار ASCE 7-05. يعتمد تصميم وإنشاء جميع هياكل المباني الشاهقة على متطلبات هذا القسم الفرعي ومعايير المباني الصناعية. الالتزام بأحكام ASCE 7-05 والمتطلبات الخاصة المحددة في كود البناء النموذجي.

3.2 التصميم الإنشائي واعتبارات التصميم

3.2.1 التصميم الإنشائي

- ضرورة امتثال هندسة المباني الشاهقة لما جاء في فصل التصميم الإنشائي في كود البناء النموذجي وفي معايير وأكواد مواد البناء المعنية المشار إليها في كود البناء النموذجي.
- لا بد من توفير وصف وافٍ لأنظمة مقاومة القوة الجانبية ووصف أي آليات خاصة مستخدمة لإخماد أو التحكم في الاستجابة الجانبية في تقرير أساس التصميم، في العمليات الحسابية، وفي الملاحظات الإنشائية العامة على رسومات التشييد.

3.2.2 اعتبارات التصميم

- تُصمم المباني الشاهقة كإنشاءات قائمة على الأداء كما هو محدد في الفصول المتنوعة في ASCE 7-05.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- ويلزم إجراء تحليل نطاقات الاستجابة للزلازل الخطية باستخدام نموذج إنشائي ثلاثي الأبعاد.
- يلزم بيان السلوك الديناميكي غير الخطي للهيكل الإنشائي عند تجاوز تحليل نطاقات الاستجابة نسبة الطلب إلى القدرة المذكورة في المعايير ASCE 7-05 وAISC 341 وAISC 360.
- أن تكون نطاقات الاستجابة الخاصة بالموقع المطلوب استخدامها في التصميم الإنشائي على النحو الموصى به في تقرير التصميم الجيوتقني.
- ضرورة امتثال النطاقات المستخدمة في تصميم الزلازل للاشتراطات الواردة في المعيار ASCE 7-05.
- لا بد من توفير حركة الاهتزاز الديناميكي غير الخطي، باستخدام حركة الاهتزاز الخاصة بأقصى زلزال أُخذ في الاعتبار مع تسارع مخمد بنسبة 5%.
- تحديد سرعات الرياح المطلوبة والضغط المرتبط بها حسب سرعات الرياح الأساسية المذكورة في هذا القسم.
- مع الأخذ في الاعتبار دراسات نفق الرياح التي تصف السلوك الديناميكي بكل دقة.
- توصيلات الجدار الخرساني

  - توفر الجدران المحورية الخرسانية دعمًا جوهريًا للمبنى مما يجعل التوصيلات أحد الاعتبارات المهمة.
  - ينجم عن اهتزاز البرج تشوه جانبي مما ينشأ عنه قوى قص ودوران في هذه التوصيلات.

- يجب ألا يتجاوز انحراف الطابق 0.5% من ارتفاع الطابق لأي طابق من أجل الاهتزاز حسب مستوى الخدمة.

3.2.3 حدود المباني المرتفعة

- الهياكل الخرسانية
  - التشييد
    - المباني الخرسانية ذات الإطار الصلب هي النظام المفضل لعدد من الطوابق يصل حتى 20 طابقًا.
    - وهياكل جدران القص الخرسانية هي النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 21 إلى 35 طابقًا.
    - الهياكل التي تجمع بين الإطارات وجدران القص هي النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 36 إلى 50 طابقًا.
    - الإنشاءات الخرسانية المحيطة ذات أنابيب مشكلة أو مجمعة هي النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 50 إلى 75 طابقًا.
- الهياكل الفولاذية
  - التشييد
    - الجملون الفولاذ المتعرج هو النظام المفضل للأبنية ذات 20 طابقًا.
    - الإطار الفولاذ الصلب هو النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 21 إلى 30 طابقًا.
    - الإطار الفولاذ الصلب مع جدار القص الخرساني هو النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 31 إلى 40 طابقًا.
    - الجملون الحزامي الفولاذي هو النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 41 إلى 60 طابقًا.
    - الأشكال التي تجمع بين الأنابيب ذات الإطار الفولاذي والأنابيب المجمعة هي النظام المفضل للأبنية التي تتراوح من 61 إلى 140 طابق.

3.3 نظام التخميد

3.3.1 متطلبات عامة

1. تساعد المخمدات في تشتت الطاقة المتولدة بفعل اهتزازات الزلازل وتكرار هبوب الرياح.
2. فيما يلي أنواع المخمدات:

- مخمدات سلبية وهي لا يتم التحكم فيها ولا تتطلب طاقة للتشغيل.
  - فيما يلي أمثلة على المخمدات السلبية:
    - مخمدات لزجة
    - مخمدات احتكاكية.
- المخمدات النشطة وهي تولد قوى على أحد الهياكل لمجابهة الرياح أو الاضطراب الناجم عن الزلزال.
  - فيما يلي أمثلة على المخمدات النشطة:
    - مخمد كتلة مضبوط
    - مخمد سائل مضبوط.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 4.0 هياكل غير متعلقة بالمباني

1. يوفر هذا القسم الفرعي معايير التصميم الإنشائي للهياكل غير المتعلقة بالمباني، ويوفر كذلك إرشادات التصميم لأنواع مختلفة من الهياكل غير المباني ويحدد الاعتبارات الخاصة بخصوص مواد بعينها في أوجه استعمالات محددة.
2. تشمل الهياكل والأنظمة غير المتعلقة بالمباني المشروحة في هذا القسم الفرعي:

- هياكل التصريف.
- صهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش.
- هياكل ظلية مصنّعة جاهزة للتركيب.
- هياكل التظليل.
- هياكل المياه والصرف الصحي.
- هياكل احتجاز المياه.
- حجرات التدفق.
- غرف الصمامات.
- كتل الدفع.
- هياكل الأعمال الميكانيكية والمعالجة.
- هياكل ممر خط الأنابيب.
- هياكل الأعمال الكهربائية والاتصالات.
- هياكل دعم المولدات.
- مجموعات القنوات الخرسانية.
- حواجز التصادم الأمنية.
- دعامات اللافتات والمصابيح وإشارات المرور.

### 4.1 متطلبات عامة

#### 4.1.1 مقدّمة

- يحدد هذا القسم الفرعي المبادئ والإرشادات والمتطلبات لتصميم وتشييد الهياكل غير المتعلقة بالمباني، ويقدم الحد الأدنى من المتطلبات الفنية التي يجب أن يعتمدها المكتب المعماري/الهندسي و/أو مقاولي العقود الهندسية والمشتريات والتشييد التابع للمكتب لتأمين السلامة والجودة والجدوى الاقتصادية في تصميم وبناء الهياكل غير المتعلقة بالمباني والتي تلبي احتياجات الجهة العامة وتوقعاتها. يوفر هذا القسم الفرعي معايير التصميم الإنشائي للهياكل غير المتعلقة بالمباني ويقدم إرشادات التصميم حول المواد وأوجه الاستعمالات لهذه الهياكل.
- تشمل الهياكل غير المتعلقة بالمباني كافة الهياكل ذاتية الدعم التي لا تشملها اختصاصات كود البناء النموذجي والتي تقاوم أحمال الجاذبية والأحمال البيئية و/أو الأحمال الجانبية الأخرى.
- تكون الأعمال الهندسية وتكوين الهياكل غير المتعلقة بالمباني مطابقة للأحكام المعمول بها في كود البناء النموذجي ومعايير المنظمات المتنوعة المشار إليها في هذا القسم وعلى النحو المنصوص عليه في هذه الوثيقة.
- قد يتم تصنيف المباني الصناعية على أنها هياكل غير متعلقة بالمباني في مواقف معينة لأغراض تحديد عوامل ومعاملات التصميم الخاصة بالزلزال وقيود النظام وحدود الارتفاع والمتطلبات التفصيلية المرتبطة بها. من ثم، عندما يقتصر شغل المكان على عمليات الصيانة والمراقبة، يتم تصميم هذه الهياكل وفقًا لأحكام كود البناء السعودي 2007-301، الفصل 13 الخاصة بالهياكل غير المتعلقة بالمباني (غير مباني مماثلة للمباني).

#### 4.1.2 النطاق

يتمثل نطاق هذا القسم الفرعي في تقديم إرشادات حول تصميم وبناء الهياكل غير المتعلقة بالمباني، المبنية من مواد متنوعة. هذا النطاق مقتصر على الهياكل والأنظمة من النوع غير المباني المحددة في المقدمة إلى هذا القسم الفرعي. تستند متطلبات التصميم الواردة هنا أو المشار إليها بالمرجع إلى الأحكام المعمول بها في كود البناء النموذجي ومعايير الصناعة وأفضل ممارسات الجهة العامة.

#### 4.1.3 مجال التطبيق

تحكم المبادئ والإرشادات والمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي تصميم وبناء الهياكل والأنظمة غير المتعلقة بالمباني المدرجة في المقدمة إلى هذا القسم والتي تمت مناقشتها هنا.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 4.1.4 متطلبات عامة

- بالنسبة للهياكل غير المتعلقة بالمباني التي لم ترد في هذا القسم الفرعي، على المكتب المعماري/ الهندسي إعداد متطلبات التصميم والمواصفات وتفاصيل التشييد لهذه الهياكل لتتم مراجعتها واعتمادها من قبل الجهة العامة.
- على الرغم من أن هذا القسم يشمل بعض المواد والاعتبارات الخاصة لتلك المواد عند استخدامها في تطبيقات معينة، فإن فئة الهياكل المصنفة على أنها «غير متعلقة بالمباني» يجب ألا تقتصر على المواد المشروحة في هذا القسم الفرعي.

### 4.1.5 الأكواد والمعايير

1. يستند تصميم وتشييد كافة الهياكل والأنظمة غير المتعلقة بالمباني على متطلبات هذا القسم ومعايير الصناعة، ويجب أن تكون مستمدة من المتطلبات المعمول بها في كود البناء النموذجي والأكواد والمراجع الواردة هنا.

- القسم الفرعي 2.1.4: المرجع العام.
- ACI: معهد الخرسانة الأمريكي
  - مواصفات معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم 554 لمواد الخرسانة المسلحة من الألياف الزجاجية والملاحظات (متري).
  - متطلبات الكود المتري رقم M350 لمعهد الخرسانة الأمريكي (ACI) للهياكل الخرسانية والهندسة البيئية والملاحظات.
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R350.2 الهياكل الخرسانية لاحتواء المواد الخطرة.
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R351.1 الحقن الإسمنتي بين الأساسات والقواعد لدعم المعدات والآلات.
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R351.2 أساسات المعدات الثابتة
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R351.3 أساسات المعدات الديناميكية
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R371 دليل لتحليل خزانات تخزين المياه من الخرسانة العالية والخرسانة المركبة المصنوعة من الصلب وتصميمها وإنشائها
  - تقرير معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R544.1 عن الخرسانة المسلحة بالألياف
  - مواصفة معهد الخرسانة الأمريكي (ACI) رقم R544.2 قياس خواص الخرسانة المسلحة بالألياف
- الجمعية الأمريكية لأنابيب الخرسانة
  - دليل تصميم أنابيب الخرسانة
- الجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق
  - AREMA: دليل هندسة السكك الحديدية، الصادر عن الجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق.
- ASCE: الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) 10 تصميم هياكل أعمدة نقل الحركة الفولاذية المتشابكة
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين/ معهد الهندسة الإنشائية (ASCE/SEI) 48 تصميم هياكل أعمدة نقل الحركة الفولاذية
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين/ معهد الهندسة الإنشائية (ASCE/SEI) 74 إرشادات التحميل الإنشائي لخط النقل الكهربائي
  - منشور الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) تصميم يعتمد على الموثوقية الهيكلية لهياكل أعمدة المرافق
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) تصميم الخزانات الخرسانية الدائرية
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) اعتبارات الخزانات الخرسانية المستطيلة
  - تقرير ممارسة هندسية 113 الصادر من الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE)
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين/ معهد الهندسة الإنشائية (ASCE/SEI)، معيار رقم 49 - اختبار نفق الرياح للمباني والمنشآت الأخرى
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين/ معهد الهندسة الإنشائية (ASCE/SEI)، معيار رقم 52 - تصميم مداخن من البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (FRP)
- الجمعية الأمريكية للمياه والصرف الصحي
  - الجمعية الأمريكية للمياه والصرف الصحي (M 42AWWA) خزانات تخزين المياه الفولاذية
- NACE RP 0193 الحماية الكاثودية الخارجية على قاع الخزان الفولاذي الكربوني
- المعايير الدولية للجمعية الأمريكية للاختبار والمواد
  - الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM A775M) المواصفات القياسية لحديد التسليح الفولاذي المطلي بمادة الأيبوكسي
  - الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM A934M) المواصفات القياسية لحديد التسليح الفولاذي الجاهز المطلي بمادة الأيبوكسي



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) C478M المواصفات القياسية لأقسام غرفة التفتيش الخرسانية المسلحة مسبقة الصب

- API: المعهد الأمريكي للبترول
  - المعهد الأمريكي للبترول (API) 650 خزّانات فولاذية ملحومة لتخزين الزيت
  - المعهد الأمريكي للبترول (API) 651 أنظمة الحماية الكاثودية
  - المعهد الأمريكي للبترول (API RP) 615 تركيب خزانات تخزين البترول تحت الأرض وأنظمة الأنابيب
  - المعهد الأمريكي للبترول (API RP) 1632 الحماية الكاثودية لخزانات تخزين البترول تحت الأرض وأنظمة الأنابيب
  - المعهد الأمريكي للبترول (API STD) تهوية خزانات التخزين ذات الضغط الجوي ومنخفضة الضغط
- AWWA: الجمعية الأمريكية لأعمال المياه
  - 11M أنبوب فولاذي: دليل التصميم والتركيب
  - 42M خزانات تخزين المياه الفولاذية
- PCA: جمعية أسمنت بورتلاند
  - جمعية أسمنت بورتلاند (PCA)- تصميم الخزانات الخرسانية المستطيلة
  - جمعية أسمنت بورتلاند (PCA) - تصميم الخزانات الخرسانية الدائرية
- AASHTO: الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل
  - المواصفات القياسية الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) للدعامات الإنشائية لإشارات الطرق السريعة والإضاءة وإشارات المرور
  - المواصفات القياسية الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) لصيانة جسور الطرق السريعة
  - مواصفات تصميم الجسور وفقًا لتقييم عامل الحِمل والمقاومة الصادر عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)
  - المواصفات القياسية لهياكل التصريف المقامة على الطرق السريعة الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)
- PCI: معهد أعمال الخرسانة سابقة الصب/سابقة الإجهاد
  - دليل تصميم PCI PCI MNL-120
- PIP: الممارسات الصناعية للمعالجة
- PTI: معهد بعد الشد
  - دليل بعد الشد TAB 1.0 الصادر عن معهد بعد الشد (PTI)
- STI: معهد الخزانات الفولاذية
- الجهات الحكومية الأمريكية
  - وزارة الدفاع الأمريكية، UFC-4-022
  - وزارة الخارجية الأمريكية، 02.01-SD-STD
  - الوكالة الفيدرالية لإدارة الطوارئ 430، تصميم الحاجز الأمني
- ANSI/TIA: جمعية صناعة الاتصالات
  - ANSI/TIA-222G المعايير الإنشائية للهياكل الداعمة للهوائي

## 4.2 المبادئ والإرشادات

### 4.2.1 <u>الخرسانة</u>

- متطلبات عامة
  - اختيار خصائص الخرسانة بما يناسب الظروف المتوقعة. لمزيد من الشرح حول الاعتبارات اللازمة عند اختيار المكونات وخصائص الخرسانة، راجع المواصفات.
  - يلزم أيضًا استخدام أسمنت بورتلاند-بوزولان مع الهياكل غير المتعلقة بالمباني. واستخدام الأسمنت النوع V مع الخرسانة غير المسلحة الملامسة للأرض.
  - يلزم الاستعانة بالجدول A.4.1 والقسم الفرعي 2.6 عند اختيار فئات الخرسانة الدنيا.
  - راجع القسم الفرعي 7 لمزيد من الإرشادات والمتطلبات حول الحماية من التآكل.

**الجدول 4.1.أ - الحد الأدنى من فئات الخرسانة الموصى بها**



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

| | |
|---|---|
| الخرسانة العادية غير المعرضة لعوامل التدهور حيث تكون الكتلة وليس القوة هي الاعتبار الرئيسي | 20C |
| هياكل التصريف والمرافق | 25C |
| الهياكل اللازمة لاحتواء السوائل غير المسببة للتآكل (الخزانات والمستودعات) | 30C |
| هياكل الواجهة البحرية المقامة على مياه عذبة | 30C |
| هياكل الخرسانة المسلحة المقامة على المياه المالحة والتي تكون على ارتفاع كافٍ حتى تتجنب البلل بالمياه المالحة | 30C |
| أسطح الخرسانة المسلحة لهياكل الواجهة البحرية حيث يتعرض الجانب السفلي للبلل من المياه المالحة بصورة متكررة | 35C |

- يكون فولاذ التسليح للخرسانة مطابقًا للمواصفات. مع ضرورة استخدام حديد التسليح المطلي بمادة الإيبوكسي مع الهياكل التالية، شريطة ألا يكون ذلك التسليح محمي بالطريقة الكاثودية (راجع القسم الفرعي 7):
  - أقسام الهياكل الواقعة أسفل الأرض ومرتفعة حتى 1 م عن الأرضية المشطبة. في حالة وجود وصلات مع التسليح غير المطلي، يجب أن تبدأ الوصلات أعلى هذا الموقع.
  - هياكل التصريف.
  - الهياكل المجمعة اللازمة لاحتواء السوائل والمواد المسببة للتآكل.
  - الهياكل المرتبطة بالمياه.
  - هياكل الواجهة المائية.
- يكون الغطاء الخرساني لحماية التسليح مطابقًا للمواصفات.

- الخرسانة المسلحة من الألياف:

يمكن تقوية الخرسانة والمونة الأسمنتية بالألياف الزجاجية المقاومة للمواد القلوية أو الألياف الصلبة القصيرة أو ألياف بلاستيكية عضوية متنوعة للحصول على القوة المعززة والمرونة والصلابة عند مقارنتها بالخرسانة والمونة العادية. عدم استخدام الخرسانة المسلحة من الألياف إلا بعد اعتماد الجهة العامة. ترد إرشادات التصميم وخصائص المواد النموذجية في معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007-304.

ترد المتطلبات وقيود استخدام الخرسانة المسلحة من الألياف في معيار معهد الخرسانة الأمريكي رقم ACI 554.

### 4.2.2 التصميم الإنشائي

- أحمال التصميم
  - تتوافق أحمال التصميم مع الإرشادات المسردة في القسم الفرعي 2.3، وعلى النحو الموضح في هذا القسم الفرعي.
  - يمكن الحصول على الأحمال التي لم تتطرق لها المعايير الواردة في هذا القسم من المنشورات الفنية المتاحة أوأدلة الجهة المصنعة، أو يمكن صياغتها باعتماد الجهة العامة.
  - ويلزم الاهتمام بوجه خاص بأحمال الرياح والزلزال والأحمال الديناميكية والإجهاد على الهياكل المدعومة بالكابلات والهياكل المماثلة المعرضة للاهتزاز القسري.
- إجهادات التصميم
  - ضرورة مطابقتها لكود البناء النموذجي والأكواد والمعايير المشار إليها.
- متطلبات التصميم
  - يتوافق التصميم مع المفاهيم والممارسات العامة في مواصفات التصميم السليمة الواردة في هذا القسم الفرعي. في حالة عدم التطرق إلى تصميم هيكل معين أو حالة خاصة، يجب أن يستند نهج التصميم والصيغة الفنية إلى الدليل الفني المتاح، أو يلزم صياغته مع اعتماد الجهة العامة. في حالة الصياغة، يلزم تضمين هذه الصياغة في تقرير أساس التصميم والعمليات الحسابية المرتبطة.
  - كلما أمكن، يجب تحديد المواد والوحدات وأنظمة التشييد القياسية والمتاحة بسهولة. يمكن استخدام مواد ووحدات وأنظمة جديدة لمفاهيم التصميم المستدامة أو المبتكرة والتي تكون مناسبة من الناحية الاقتصادية والإنشائية، وذلك طبقًا لموافقة الجهة العامة.
  - يلزم اختيار الأنظمة والمواد الإنشائية بناء على السلامة والجودة وجدوى التكاليف.
  - قد يتم تصنيف المباني الصناعية على أنها هياكل غير متعلقة بالمباني في مواقف معينة لأغراض تحديد عوامل ومعاملات التصميم الخاصة بالزلزال وقيود النظام وحدود الارتفاع والمتطلبات التفصيلية المرتبطة بها. من ثم، عندما يقتصر شغل المكان على عمليات الصيانة والمراقبة، يتم تصميم هذه الهياكل وفقًا لأحكام معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007-301، الفصل 13 الخاصة بالهياكل غير المتعلقة بالمباني المماثلة للمباني.
- الثبات - على المكتب المعماري/الهندسي التحقق من المعايير المتوفرة بناء على الأكواد والمعايير المعمول بها، و/أو مواصفات المشروع المحددة
  - عامل الأمان ضد الانقلاب، والانزلاق والرفع



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- ما لم يتم التنويه بخلاف ذلك، يرتبط الثبات بالانزلاق والانقلاب والمصادر الأخرى للإزاحة الكلية وليس بالثبات فيما يتعلق بالالتواء. يُصمم الهيكل أو أي من عناصره بحيث يوفر عامل أمان يبلغ 2.0 بحد أدنى ضد عدم الانزلاق أو الانقلاب أو الرفع. يتم توفير درجة الثبات المطلوبة هذه فقط من خلال الحمل الفارغ بالإضافة إلى نقاط التثبيت الدائمة.
- تستند حسابات الثبات على أحمال الخدمة.
- لا تؤخذ التربة في الاعتبار إلا إذا كانت مدعومة بشكل مباشر بالأساسات وكان مؤكدًا أن التربة لن تتم إزالتها. لا يُلتفت إلى أوتاد التربة.
- بالنسبة إلى هياكل الخزانات والحاويات والصناديق وما إلى ذلك، تجب مراعاة كلتا الحالتين (سواء كانت فارغة أو غير فارغة) لتحليل الثبات. يستند التصميم الإنشائي إلى آثار الحمل الصارمة في ظل كلتا الحالتين.
- يجرى تقييم ثبات الانقلاب والانزلاق والرفع من خلال تأثيرات الطفو وبدونها.

  - عامل الأمان ضد الطفو

- يلزم أن يبلغ عامل الأمان ضد الطفو 1.2 على الأقل ضد أعلى درجة ضغط رفع هيدروستاتيكي متوقع. يمكن تقليل هذا العامل إلى 1.1 عندما تكون الأوزان المحسوبة محددة جيدًا. عند تحديد عوامل الأمان، يجب توفير درجة سماح لإزالة الأوزان، إزالة التربة مثلاً في المستقبل.

## 4.3 معايير التصميم ومتطلباته

### 4.3.1 العبارات (مجاري المياه السفلية) وهياكل التصريف

- تنقل العبّارات المياه السطحية عبر طريق أو هيكل آخر إلى قناة. يستوفي تصميم العبارة الإرشادات الإنشائية والهيدروليكية. تُراعى النقاط التالية عند تصميم العبّارة:
  - الأشكال المستخدمة الأكثر شيوعًا هي:
    - دائرية (الشكل الأكثر شيوعًا)
    - أنبوبية مقوّسة وبيضاوية (يُستخدم عندما يكون الغطاء محدودًا)
    - مكعّبة (مكعّب واحد أو عدة مكعّبات)
    - قوس ثلاثي الجوانب (يُستخدم لتجسير المياه بواسطة طبقة طبيعية كالجزء السفلي)
  - يتم اختيار الشكل بناءً على:
    - يمكن أن تكون المواد فولاذ مموج أو خرسانة مسبقة الصب أو خرسانة مصبوبة في العبارة.
    - لا يجوز استخدام الهياكل الفولاذية المموجة دون تصريح من الجهة العامة.
    - اختيار المواد
    - الارتفاع العلوي
    - ارتفاع الردم
    - الأداء الهيدروليكي
  - يعتمد اختيار مواد العبارة على التالي:
    - القوة الإنشائية (ارتفاع الردم، حالة التحميل، حالة الأساسات)
    - المتانة (مراعاة بيئة المياه والتربة)
    - توفّر المواد
    - مواصفات الطريق أو ظواهر المكان
    - خصائص القناة
    - تكاليف التشييد والصيانة
    - مدة الصلاحية

  التصميم الإنشائي للعبارات يسبقه التصميم الهيدروليكي، حيث يتم تحديد مواد وشكل العبارة وعوامل التصميم الأخرى ذات الصلة. وعلى حسب الموقع وطبيعة التدفق، قد يتطلب التصميم الهيدروليكي للعبارة قياسات إضافية مثل الحماية ضد آثار التعرية بسبب لزوجة التصريف المرتفعة. وقد تكون هذه الحماية في شكل تبليط صخري أو حصير خرسانة أو ردم بالحجارة.

- التحميل

  تُصمم هياكل التصريف والعبارات لتوفير الأحمال المحددة في المواصفات القياسية الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) لجسور الطرق السريعة وطبقًا لمتطلبات التصميم الواردة هنا (انظر أيضًا القسم الفرعي 5.2.4).

- المنهجية

  - يستند تصميم العبارات الدائرية والبيضاوية إلى إجراءات تصميم Marson-Spangler، وعلى النحو المفصل من قبل الجمعية الأمريكية لأنابيب الخرسانة، أو دليل تصميم أنابيب الخرسانة أو إجراءات الإدارة الفيدرالية للطرق السريعة (FHWA).

  يعتمد هذا الإجراء على المعايير التالية:
    - ردم العبارة
    - حجم الخندق



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الشكل الهندسي للعبارة
- مواد العبارة

- تصميم العبارات المكعبة الخرسانية

فيما يلي المعايير الرئيسية لتصميم هيكل العبارات وهياكل التصريف:

- عمق الردم أعلى الهيكل: 0 إلى 2.5 م.
  - كلما زاد العمق، ارتفع ضغط التربة الجانبية على الجدران وزاد وزن التربة على قمة العبارة
  - تضاف حمولة الشاحنة على الجدران الجانبية للعبارة عبر الحمل الزائد ويتم توزيعها من خلال الردم إلى قمة العبارة.
- عمق الردم أعلى الهيكل: أكثر من 2.5 م
  - تتبدد حمولة الشاحنة المتحركة ولا داعي من أخذها في الاعتبار
  - يحكم وزن التربة على قمة العبارة والضغط السلبي على الجدران الجانبية التصميم
- يلزم اعتبار ضغط التربة مشبع بالكامل ما لم يتم تركيب شبكة تصريف مع نظام العبارة.
- يلزم مراعاة ضغط مياه العبارة الداخلية، ولكن قلما ما يحكم تصميم هيكل العبارة وهياكل التصريف.

- اعتبارات التصميم

يلزم تحليل الأحمال المعمول بها ومجموعة الأحمال طبقًا للمواصفات القياسية الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) لهياكل تصريف الطرق السريعة. تشمل اعتبارات التصميم الإضافية:

- يشار أيضًا إلى هياكل التصريف باسم قباب مداخل غرفة التفتيش وصناديق الصمامات. يتم تصميم هياكل التصريف لمقاومة أحمال التربة والمياه ودرجة الحرارة والأحمال الأخرى التي قد تتعرض لها. يتوافق التصميم الإنشائي للهياكل الخرسانية مع معيار كود البناء السعودي رقم SBC 2007، أو مواصفات معهد الخرسانة الأمريكي رقم 350 أو الأكواد والمعايير الأخرى المعمول بها.
- يلزم الانتباه بشكل خاص إلى تأثير درجة السماح المناسبة للحركة المتفاوتة بسبب الهبوط، والتوسع الحراري وخلافه بين غرف التفتيش والعناصر المتشابكة والقباب. إلى الحد الذي يمكن تنفيذه، يمكن استخدام المكونات مسبقة الصب والجاهزة في تشييد غرفة التفتيش. يلزم توفير المكونات مسبقة الصب طبقًا لمواصفات C478M الصادرة من الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد.
- يشمل تصميم الهياكل مسبقة الصب المدفونة تعويم الأرض:
  - قوة الجاذبية نحو الأسفل بما فيها وزن الجدران والخرسانات وقاع المجرى والتربة
  - وزن الردم الأرضي والحمل الزائد على القاعدة الموسعة
  - مقاومة الاحتكاك للتربة على الحافة الموسعة
  - قوة الطفو
- يحدد عامل الأمان المحسوب ما إذا كان الهيكل مطابقًا لعامل الأمان المطلوب في المواصفات M350 الصادرة من معهد الخرسانة الأمريكي (ACI).
- يمكن معالجة عامل الأمان ضد الطفو عن طريق زيادة السمك أوتحديد مكان أعمق أو بواسطة نقاط ارتكاز.

### 4.3.2 صهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش

- أ. نقاط عامة:
  - صهاريج الاحتجاز عبارة عن غرف تدفق رأسية لتوجيه المياه إلى هياكل التصريف. غرف التفتيش عبارة عن غرف رأسية لدخول عمال الصيانة.
  - يمكن تسليح الهياكل بخرسانة مسبقة الصب أو بخرسانة مصبوبة في العبارة ويمكن تصميمها على شكل دائري أو مستطيل.
- ب. متطلبات التصميم:
  - يجب أن تمنع صهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش تسرب المياه.
  - مقاومة قوة الطفو.
  - مقاومة حمولة الشاحنة الرأسية و/أو حمولة التشييد والأحمال الزائدة الأفقية عند وضعها في مركبة مباشرة لها.
  - تصميم مناسب لعروات الرفع والقوى المرتبطة إذا كان الهيكل عبارة عن مكون مسبق الصب.
  - مسافة التباعد الدنيا الداخلية بين فتحات الأنابيب هي 150 مم.
  - بيانات التصميم الإنشائي المطلوبة

يلزم فحص التربة لتحديد المعلومات التالية:

- مواصفات التربة والمياه الجوفية
- معاملات القوة لأنواع التربة الطبيعية والردم المصمم
- كثافة التربة (جافة، رطبة، ومشبعة)
- عوامل ضغط الأرض الجانبي

  - أحمال التصميم:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الهياكل المستطيلة

P= وزن التربة x عامل الضغط النشط x الارتفاع + وزن الماء x ارتفاع الجدار

- الهياكل الدائرية

الإجهاد الحلقي = الضغط x القطر / (ضعف سمك الجدار)

- إضافة الحمل الزائد لحمولة الشاحنة حسب إرشادات وزارة النقل، إذا لزم الأمر

### 4.3.3 الهياكل الظلية الجاهزة للتركيب (PECS) بما فيها التظليل

- نقاط عامة: الهياكل الظلية الجاهزة عبارة عن هياكل مسبقة الصنع وجاهزة للتجميع على أي موقع. في حين أن بعض عقود الشراء تشترط التوريد فقط، والبعض الآخر يشترط التوريد والتركيب، فإن في الموقف المناسب توفر الهياكل الجاهزة طريقة سهلة وموفرة في التكاليف لتوفير التظليل.
- المراجع والمعايير:
  - كود البناء السعودي (SBC) 301 - اشتراطات الأحمال والقوى
  - كود البناء السعودي (SBC) 304 - اشتراطات الهياكل الخرسانية
  - كود البناء السعودي (SBC) 305 - اشتراطات الهياكل الحجرية
  - كود البناء السعودي (SBC) 306 - اشتراطات الهياكل الفولاذية
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين - 7-ASCE - الحد الأدنى لأحمال تصميم المباني والمنشآت الأخرى
  - إرشادات لتخطيط وتصميم التظليل الأرضي
- الغرض:
  - الغرض من الهياكل الظلية هو توفير أقصى حماية للعامة أو المعدات من أشعة الشمس فوق البنفسجية وعوامل الطقس. توفر الهياكل الظلية الجاهزة للتركيب حلاً موفرًا للتكاليف مما يحسن الجدول الزمني للتركيب ويوفر حماية فعالة من عوامل الطقس.
- يوصى بالخطوات الأساسية التالية عند إعداد تصميم الهياكل الظلية الجاهزة.
  - التصميم المفاهيمي للتظليل
  - التكلفة شاملة التركيب
  - تقرير التصميم الجيوتقني
  - مؤشرات تصميم الجوانب البيئية وعمر التصميم
  - اعتماد الجهة العامة
  - مخطط الأعمال المعمارية/ الهندسة المعمارية للمناظر الطبيعية للمظلة
- المواد: يلزم تحديد مواد المظلة وتوضيحها على رسومات المخطط المعماري.
- مكونات الهياكل الظلية: يتم تصميم كافة مكونات الأجزاء العلوية للهياكل الظلية وشحنها وتركيبها بواسطة مورد المظلة الجاهزة وتشمل:
  - جميع أحجام ومواد العناصر
  - الوصلات
  - الأرضية ومقاومة المياه
  - الأعمال الهندسية
  - الشهادات والضمانات
- التصميم والتشييد:
  - يتولى المكتب المعماري/الهندسي مسؤولية توفير المعلومات التالية:
    - أحمال التصميم طبقًا لكود البناء السعودي 301 بما فيها قوة الشد المبدئية اللازمة لهياكل الشد والربط فوق المظلات، إن وجدت
    - حجم وموقع ومواد الهيكل الظلي المقترح
    - تصميم الأساسات للهيكل الظلي المقترح
  - يتولى المكتب المعماري/الهندسي مسؤولية مراجعة واعتماد الرسومات التنفيذية قبل التشييد، والتحقق من تلبية المواد وشهادات الاعتماد للعوامل المطلوبة.

### 4.3.4 هياكل التظليل

يستند تصميم هياكل التظليل إلى متطلبات الجهة المصنعة لهيكل التظليل الخاص، وعوامل التربة الموصى بها في تقرير التصميم الجيوتقني وعوامل تصميم الجوانب البيئية وسرعة الرياح.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

4.3.5 هياكل المياه والصرف الصحي

- نقاط عامة:

يلزم أن تتسم هياكل المياه والصرف الصحي بالخصائص التالية:

  - قابلية الاستخدام.
  - المتانة.
  - الانحراف المحدود

- المراجع:
  - المواصفات رقم M350 لمعهد الخرسانة الأمريكي (ACI)، متطلبات الكود للهياكل الخرسانية والهندسة البيئية والملاحظات.
  - الخزانات الخرسانية المستطيلة، جمعية أسمنت بورتلاند (1994).
  - الخزانات الدائرية دون التشييد المسبق للإجهاد، جمعية أسمنت بورتلاند (1993).
  - قوة العزم وتفاعلات الألواح المستطيلة، مكتب الاستصلاح الأمريكي.
- الحديد المسلح:
  - الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) A775M حديد التسليح المطلي بمادة الأيبوكسي
  - الحد الأدنى لغطاء الخرسانة:
    - القاعدة الخرسانية = 75 مم.
    - الجدار الخرساني = 50 مم.
    - حوض الترسيب = 150 مم.
- معايير التعويم (معايير ثبات التعويم للهياكل الهيدروليكية الخرسانية، سلاح المهندسين في الجيش الأمريكي)

| | |
|---|---|
| ظروف التحميل | FS |
| التشييد | 1.3 |
| تشغيل عادي | 1.5 |
| مرتفع (أقصى حوض) | 1-1 |

- خفض التصدع
  - توزيع التسليح - استخدام تسليح بقطر أصغر وتقليل مسافة التباعد بين الحديد بحيث لا تتجاوز عن 300 مم.
  - للتعرف على متطلبات إضافية حول خفض التصدع، راجع المعايير التالية:
    - معهد الخرسانة الأمريكي ACI 350M / ACI 350.4 / ACI 224 / ACI 207
- التسليح لتفادي آثار درجة الحرارة والانكماش:
  - يُرجى الرجوع إلى مواصفات M350 لمعهد الخرسانة الأمريكي لمعرفة الحد الأدنى من متطلبات التسليح.
- أدنى سمك:
  - حسبما تقتضي مواصفات M350 لمعهد الخرسانة الأمريكي (ACI)، يجب ألا يقل سمك الجدار بارتفاع أكبر من 3 م عن 300 م ويلزم تسليحه على كلا الوجهين.
  - لا بد من توفير 200 مم بحد أدنى في الحالات المطلوب فيها غطاء خرساني 50 مم.

4.3.6 هياكل احتجاز السوائل

- نقاط عامة: قد تشمل هياكل احتجاز السوائل التالي:
  - الخزانات الخرسانية
    - مدفونة أو أسفل الأرض
    - فوق الأرض
  - الهياكل الفولاذية
    - مدفونة أو أسفل الأرض
    - فوق الأرض
- لا بد من مطابقة الخزانات الخرسانية للمعايير التالية:
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) - تصميم الخزانات الخرسانية الدائرية
  - جمعية أسمنت بورتلاند (PCA) - الخزانات الخرسانية الدائرية
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) - اعتبارات تصميم الخزانات المستطيلة
  - جمعية أسمنت بورتلاند (PCA) - الخزانات الخرسانية المستطيلة
  - وثيقة ACI 350M

بالإضافة إلى ذلك، يلزم تضمين المعاملات / الاعتبارات التالية في التصميم:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الحد الأدنى للفولاذ اللازم لمكافحة التصدع
- تصميم مزيج الخرسانة
- الحد من تأثير الانكماش عن طريق صب أقسام العمل بين وصلات التشييد بصورة متتالية بحيث يكون هناك تأخيرات زمنية مناسبة بين عمليات الصب المجاورة
- منهجية المعالجة

- موانع التسريب في الوصلات:
  - توفير حواجز صد المياه مصنوعة من PVC لكافة تقاطعات الوصلات المصبوبة في الموقع. عدم استخدام حواجز صد المياه الهيدروليكية من النوع الصمغي.
  - يلزم توفير تفاصيل التقاطعات بين الهياكل مسبقة الصب والمصبوبة في العبارة على رسومات التصميم.
  - إذا تطلبت موانع التسريب للوصلات أن تشمل موانع تسريب أساسية وثانوية، يلزم إجراء اختبار مقاومة التسرب واجتيازه قبل تركيب الموانع الثانوية.
- الإصلاحات الخرسانية:
  - إصلاح كافة فراغات الهواء، ثقوب المسامير، والثقوب باستخدام مونة إيبوكسي مناسبة يتم استخدامها جيدًا وفقًا لتعليمات الجهة المصنعة.
  - غير مسموح بالإصلاحات عن طريق التكديس باستخدام مونة إسمنتية وغيرها. يلزم إرسال بيان أسلوب العمل إلى الجهة العامة لاعتماده قبل مباشرة الإصلاحات بفترة 48 ساعة.
  - يمكن قبول منهجيات إصلاح أخرى طبقًا لاعتماد الجهة العامة مثل طرق الحقن.
- اختبار مقاومة تسرب المياه:
  - يُرجى الرجوع إلى مواصفة 350.1 معهد الخرسانة الأمريكي (ACI).
  - تحديد التبخر أثناء فترة الاختبار عن طريق قياس فقدان التبخر مباشرة على النحو المقبول من الجهة العامة.
- لا بد من مطابقة الخزانات الفولاذية للمعايير التالية:
  - المعهد الأمريكي للبترول (API) 650 - خزّانات فولاذية ملحومة لتخزين الزيت
  - الجمعية الأمريكية للمياه والصرف الصحي (AWWA) M42 - خزانات تخزين المياه الفولاذية
  - يلزم استخدام مواد خاصة مقاومة للتآكل لحماية الخزانات الفولاذية ومنها:
    - أنظمة الحماية الكاثودية. طبقًا لمواصفات المعهد الأمريكي للبترول (API-651) أو الجمعية الوطنية لمهندسي التآكل (NACE RP0193) الحماية الكاثودية الخارجية على قاع الخزان الفولاذي الكربوني.
      - الخزان الفولاذي المطلي ومحمي بالطريقة الكاثودية،
      - الخزان الفولاذي مكسو أو مطلي بمادة غير قابلة للتآكل،
      - الخزان الفولاذي المحمي بالطريقة الكاثودية ومبطن من الداخل.
- أوصاف أنواع الخزانات:
  - الفولاذ المحمي: خزان فولاذي مطلي في المصنع ومصمم باستخدام أنودات جلفانية، ومزود عادة ببطانات نايلون تتسم بالعزل الكهربائي في الثقوب.
  - البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية: في حين أن مصطلح البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (FRP) صحيح من الناحية الفنية، إلا أنه يشار إلى هذه الخزانات بصورة شائعة باسم خزانات الألياف الزجاجية.
  - خزان فولاذي مكسو بمادة البولي ايثيلين: هذا هو خزان مزدوج الجدران له بطانة فولاذية وجدار خارجي بلاستيكي.
  - خزان فولاذي مكسو بألياف زجاجية: خزان مزدوج الجدران له بطانة فولاذية وجدار خارجي مصنوع من مادة البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية.
  - خزان فولاذي مغطى: إنه خزان فولاذي له طبقة سميكة من مادة غير قابلة للتآكل مثل الألياف الزجاجية أو اليوريثان المتصلة بطريقة ميكانيكية بالجدار الخارجي من الخزان الفولاذي والتي تحمي الجزء الخارجي من الجدار الفولاذي من التآكل.
  - فولاذ مع تيار كهربائي مسلط: هذه الخزانات تكون إما:
    - خزانات فولاذية مكشوفة يعاد تجهيزها بنظام تيار كهربائي مسلط، أو
    - خزانات فولاذية محمية تعرضت لفشل الأنود وتعذر إصلاحه بإضافة أنود مجلفن واحد أو أكثر، وبالتالي يعاد تجهيزها بتيار كهربائي مسلط.
- بالإضافة إلى ذلك، يلزم تضمين المعاملات التالية في تصميم الجدار ولوح الأرضية:
  - أدنى درجة تآكل مسموح بها تبلغ 2 مم لكافة الألواح.
  - يعتبر التصميم الذي يقصر إجهاد انحناء القاعدة حتى 0.5 x الإجهاد الناتج مقبولاً.
  - يكون أقصى انحراف أفقي إضافي بسبب الردم أقل من الارتفاع/250 و20 مم.
  - يلزم إعداد منهجيات أو إجراءات للتعامل بحرص وتنفيذها في الموقع للحد من التواء/ تشويه الألواح.
- الخزانات الفولاذية المثبتة بالمسامير:
  - الخزانات الفولاذية المثبتة بالمسامير غير مقبولة باستثناء الاستعمالات ذات عمر تصميم أقصر يصل إلى 15 عامًا.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 4.3.7 حجرات التدفق

- نقاط عامة:
  - تقوم حجرات التدفق بتوجيه المياه أو مياه الصرف.
- متطلبات التصميم:
  - يتم بناء الحجرات من الخرسانة المسلحة - خرسانة مسبقة الصب أو خرسانة مصبوبة في الموقع.
  - بالنسبة لحجم الحجرات وأبعادها، على المهندس الإنشائي التنسيق مع المسؤول عن الأعمال الميكانيكية والحصول على الأحجام المطلوبة.
  - تُصمم الحجرات وفقًا لمتطلبات المواصفة 350 لمعهد الخرسانة الأمريكي (ACI).
  - تكون الحجرات مانعة للتسرب لمنع تسرب المياه أو مياه الصرف الصحي.
  - يكون دخول غرف الصمامات والخروج منها مطابقًا لمتطلبات 1910.27 OSHA باستخدام سلم من البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية وفتحة لغرفة التفتيش بقطر 900 مم بحد أدنى.
  - معظم حجرات التدفق لها جدران داخلية لتوجيه المياه إلى أقسام مختلفة بالحجرة. ومن ثم، يلزم تصميم الجدران الداخلية بما يتناسب مع مستويات المياه غير المتوازنة.
  - ويلزم تصميم الجدران الخارجية بما يناسب مستويات المياه/مياه الصرف الداخلية.
  - تنطبق قوى مماثلة خاصة بصهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش على غرف الصمامات.
    - حمل التربة الزائد (بافتراض أنه مشبع)
    - الضغط الهيدروستاتيكي (يفترض أنه معتمد على مستوى الأرض النهائي)
    - الطفو
    - حمولة الشاحنة حسب وزارة النقل

### 4.3.8 غرف الصمامات

- نقاط عامة:
  - تضم غرف الصمامات بوابات التحكم في المرافق عالية الضغط المدفونة وصمامات مثل مصادر المياه الرئيسية أو مبيت التحكم في مجاري الصرف الصحي.
- متطلبات التصميم:
  - يتم بناء الحجرات من الخرسانة المسلحة مسبقة الصب أو خرسانة مصبوبة في الموقع.
  - بالنسبة لحجم الحجرات وأبعادها، على المهندس الإنشائي التنسيق مع المسؤول عن الأعمال الميكانيكية والحصول على الأحجام المطلوبة.
  - تُصمم الحجرات وفقًا لمتطلبات المواصفة 350 لمعهد الخرسانة الأمريكي (ACI).
  - يلزم أن تكون الحجرات مانعة للتسرب.
  - يكون دخول غرف الصمامات والخروج منها مطابقًا لمتطلبات1910.27 OSHA باستخدام سلم من البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية وفتحة لغرفة التفتيش بقطر 900 مم بحد أدنى.
  - صمامات البوابة والالتواءات في أنبوب الضغط ينتج عنها أحمال تأثير متبادل كبيرة متراكبة على جدران الحجرة أو الأرضية أو كلاهما. تُصمم دعامات الأنابيب والملحقات المرتبطة بها لمقاومة هذه القوى.
  - تُصمم جدران الحجرات الخرسانية والأرضيات والسقف لمقاومة قوى تفاعل دفع الأنابيب.
  - يوصى بضرورة دعم أنابيب الضغط الوارد على الجزء الداخلي من الحجرة بدلاً من على الجدران المحيطة لمنع اختراق مياه الحجرة وتلف الجدران.
  - إذا كانت العوامل البيئية حول الحجرة غير معروفة وتعذر تحديد الأحمال الزائدة، يلزم مراعاة حمل زائد بحد أدنى 15 كيلونيوتن/م$^2$ في تصميم جدران الحجرة.
  - تنطبق قوى مماثلة خاصة بصهاريج الاحتجاز وغرف التفتيش على غرف الصمامات.
    - حمل التربة الزائد (بافتراض أنه مشبع)
    - الضغط الهيدروستاتيكي (يفترض أنه معتمد على الأرضية النهائية)
    - الطفو
    - حمولة الشاحنة حسب وزارة النقل
    - لا تنطبق قوى المياه الداخلية - يلزم أن تظل غرف الصمامات مانعة للتسرب.



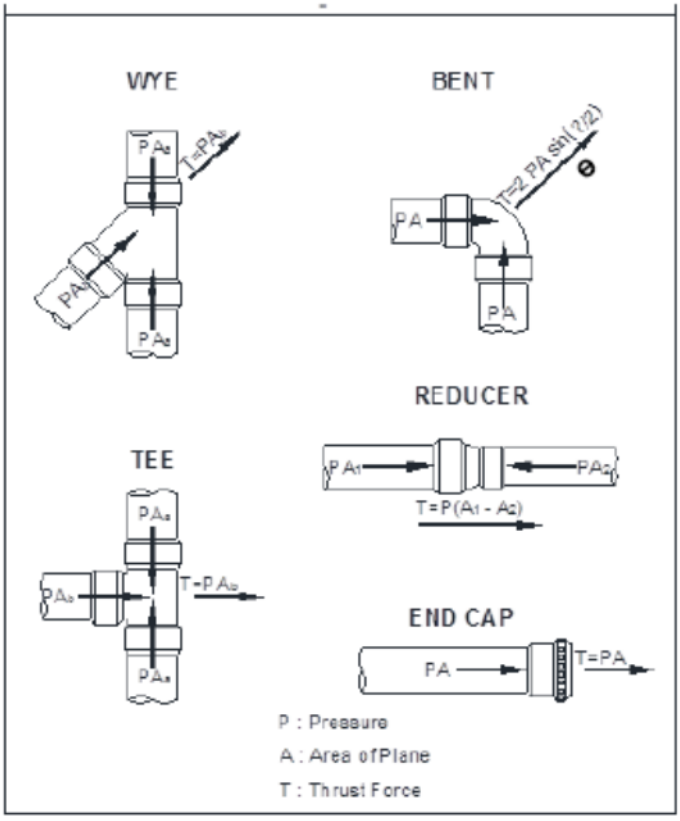
بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 4.3.9 كتل الدفع

- أ. نقاط عامة:
  - حينما تكون كتل الدفع مطلوبة عند المحملات والأكواع وتوصيلات النجمة والأغطية والصمامات والصنابير والمخفضات وخلافه، فيلزم تصميمها وبناؤها طبقًا للمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي.
  - يظهر تأثير قوى الدفع الداخلية أثناء المواقف التالية:
    - تغيير سرعة المائع
    - تغيير حجم الأنابيب
    - تغيير اتجاه خط الأنابيب
    - التوصيل عند أنواع أنابيب مختلفة وأقطار الوصلات.

الشكل 4.1.أ يوضح صافي قوة الدفع عند أنماط تهيئة متنوعة. في كل حالة يمكن اشتقاق التعبير الخاص بـ T عن طريق إضافة المتجه لقوى المحاور.

**الشكل 4.1.أ أنواع كتلة الدفع.**




- متطلبات التصميم:
  - بالنسبة لقطر الأنبوب الزائد عن 300 مم يجب تصميم الكتلة طبقًا للمتطلبات المسردة هنا. بالنسبة لقطر الأنبوب المساوي أو أقل من 300 مم يجب أن يطابق حجم كتلة الدفع معايير الصناعة.
  - على مصمم خط الأنابيب تحديد الضغط الداخلي وضغط الاختبار.
  - تحديد موقع كتلة الدفع بحيث لا تؤثر منطقة الضغط السلبي الخاص بها على المرافق أو الهياكل الأخرى. عدم وضع كتل الدفع على مقربة من بعضها البعض لمنع تراكب مناطق التربة ذات الضغط السلبي.
  - توفير غطاء من التربة يبلغ 600 مم بحد أدنى فوق كافة كتل الدفع. وبالنسبة لخطوط الأنابيب أسفل الطريق مباشرة، يلزم توفير تربة 900 مم بحد أدنى فوق كتلة الدفع.
  - يكون ارتفاع منسوب المياه الجوفية أقل من قاع الكتلة ليناسب الانحناءات العمودية العلوية أو قاع مجرى الأنبوب لكافة الكتل الأخرى. إذا كان منسوب المياه الجوفية الفعلي أعلى من الوارد أعلاه، عليك تقييم حجم الكتلة القياسي تحسبًا للظروف التي تتعرض فيها للغمر والانتباه إلى ضرورة توفير كتلة ذات تصميم خاص.
  - ثمة احتمالان لتصميم كتلة الدفع. يسمح التصميم الأول بحركة صغيرة لكتلة الدفع والثاني لا يسمح بتلك الحركة. على مصمم نظام خط الأنابيب الاختيار بين الاحتمالين بناءً على الافتراضات المأخوذة في موقع كتلة الدفع في تحليل خط الأنابيب. تتعرض كتل الدفع المعتمدة على المقاومة الجانبية للتربة إلى حركة صغيرة قبل توليد مقاومة التربة السلبية. وعلى الجانب الآخر، تولد كتل



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الدفع المعتمدة على قوة التربة الاحتكاكية مقاومة التربة الاحتكاكية عمليًا دون أي انزلاق أو حركة. يتم تصميم كتل الدفع مع الأخذ في الاعتبار إما مقاومة التربة الجانبية أو الاحتكاكية وليس كلاهما معًا.

- بالنسبة لكتل الدفع المصممة لتعتمد على مقاومة التربة الجانبية، يلزم فحص التربة لتحديد المعلومات التالية:
  - مواصفات التربة والمياه الجوفية
  - معاملات القوة لعمليات الردم الطبيعية والمصممة
  - تصنيف التربة
  - كثافة التربة (جافة، رطبة، ومشبعة)
  - عوامل الضغط الجانبي

تبعًا لضغط التربة الجانبي المفترض في التصميم (سلبي تام

أو جزء منه)، على المكتب المعماري/الهندسي تضمين الإزاحة المرتبطة بضغط التربة المفترض في تحليل خط الأنابيب.

يلتزم هذا التصميم بكود NFPA 24، ويستخدم بصورة شائعة مع كتل الدفع المرتبطة بالأنابيب ذات قطر صغير المستخدمة بصورة شائعة في المناطق السكنية والتجارية.

- يلزم مراعاة الاعتبارات العامة ونظريات ضغط الأرض عند تصميم كتل الدفع.
  - الانحناءات الأفقية، والمخفضات، والمحملات، وTS&V وTA&V والسدادات والأغطية.
    - تصميم الانحناءات الأفقية، والمخفضات، والمحملات، وTS&V وTA&V والسدادات والأغطية باستخدام نظريات ضغط الأرض المناسبة وذكر المراجع المحددة في حال استخدامها في حسابات التصميم.
    - بالنسبة للكتل الموجودة في التربة المتماسكة، عليك تقييم مقاومة التربة من حيث قدرة القص قصير وطويل الأجل واستخدام أقل مقاومة بين الاثنين لغرض التصميم.
    - يبلغ صافي مقاومة التربة المحسوب للكتلة مقدار 1.5 على الأقل من قوة دفع ضغط التصميم و1.2 من قوة ضغط الاختبار.
  - الانحناءات الرأسية العلوية: تُصمم كتل الدفع للانحناءات الرأسية العلوية بحيث يكون مجموع الوزن الفعلي للخرسانة والانحناء والسائل مساويًا أو أكبر من المركب الرأسي لقوة دفع التصميم.
  - الانحناءات الرأسية السفلية: تُصمم كتل الدفع للانحناءات الرأسية السفلية بحيث يكون ضغط التلامس أسفل الكتلة ضمن الحد المسموح به من قدرة تحمل التربة.
- يُوضع سطح محمل الأرض لكتل الدفع إما على تربة مستقرة أو ردم إنشائي.
- يجب ألا تقل قوة الخرسانة لطبقة كتل الدفع عن 25 ميجا باسكال.
- تتم تهيئة كتل الدفع بشكل عام بصورة مماثلة للكتل الموضحة في التفاصيل القياسية. تُستخدم واجهة أمامية مستطيلة الشكل للكتل من أجل الانحناءات الأفقية والمخفضات والمحملات والسدادات والأغطية، إن أمكن. يكون النطاق المعقول لنسبة عمق الواجهة المستطيلة إلى العرض بين 1 و3.

### 4.3.10 هياكل دعم المعدات الميكانيكية

- متطلبات عامة: يتضمن هذا القسم متطلبات التصميم لما يلي:
  - هيكل دعم المعدات الثابتة بما في ذلك الأساسات
  - هيكل دعم المعدات الديناميكية بما في ذلك الأساسات
  - دعائم الأنابيب
- المراجع:
  - وثيقة R351.1 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي- الحقن الإسمنتي بين الأساسات والقواعد لدعم المعدات
  - وثيقة R351.2 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي - أساسات المعدات الثابتة
  - وثيقة R351.3 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي - أساسات المعدات الديناميكية
- أساسات المعدات الثابتة:
  - تُصمم أساسات المعدات الثابتة وفقًا لأحكام كود البناء السعودي والأكواد/المعايير التالية:
  - وثيقة R351.2 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي - أساسات المعدات الثابتة
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين-7
- أساسات المعدات الديناميكية
  - تُصمم أساسات المعدات الديناميكية وفقًا لأحكام كود البناء السعودي والأكواد/المعايير التالية:
    - وثيقة R351.3 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي - أساسات المعدات الديناميكية
    - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين-7
  - تُعزل أساسات الآلات الهزازة عن الأساسات المجاورة عن طريق وصلات التمدد أو غيرها من الأنظمة التي تتيح حركة مستقلة للنظام.
- أنظمة دعم الأنابيب:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تُصمم أنظمة دعم الأنابيب وفقًا لما يلي:
  - كود البناء السعودي-301
  - الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين-7
- يجب على مهندس الإنشاءات جمع المعلومات من تحليل ضغط الأنابيب الذي يجريه الآخرون لجميع أنظمة دعم الأنابيب بما في ذلك القوى الحرارية وقوى الجاذبية وقوى أنابيب الضغط.
- يتم توفير دعائم الأنابيب بناءً على تفاعلات تحليل ضغط الأنابيب.
- يشمل تحليل دعم الأنابيب ما يلي:
  - دعائم أنابيب التوجيه
  - دعائم حوامل الأنابيب
  - دعائم أنابيب التغذية

### 4.3.11 هياكل ممر خط الأنابيب

- متطلبات عامة
  - مقدّمة
    - يحدد هذا القسم الحد الأدنى من متطلبات السلامة لهياكل دعم خطوط الأنابيب الحالية والجديدة لممرات خطوط الأنابيب التي تقع ضمن اختصاص الجهة العامة.
    - تتطلب مراجعة التقديمات الخاصة بتصميم هياكل دعم خطوط الأنابيب في ممرات خطوط الأنابيب وتركيبها التنسيق مع تصميمات التخصصات الأخرى (التصميم المدني والميكانيكي والكهربائي بشكل أساسي).
- مجال التطبيق
  - ينطبق هذا القسم على منطقة الاختصاص التالية:
    - أصول خطوط الأنابيب التي تديرها القطاعات في ممرات خطوط الأنابيب.
    - أنظمة خطوط الأنابيب التي تنقل السوائل الخطرة والبتروكيماويات والغازات.
  - لا ينطبق هذا القسم على مرافق خطوط الأنابيب التالية:
    - أنظمة الأنابيب داخل المصانع على النحو المحدد في لوائح ممرات خطوط الأنابيب (PLC) وممرات المرافق (UC)
    - خطوط الأنابيب الخارجة عن نطاق ممرات المرافق وخطوط الأنابيب
    - خطوط الأنابيب المستثناة من قِبل الجهة العامة
- هياكل دعم خطوط الأنابيب
  - الدعائم الهيكلية
    - يظل المكتب المعماري / الهندسي دائمًا مسؤولاً عن ضمان مطابقة التصميمات وأعمال التشييد للالتزامات التعاقدية وجميع اللوائح والقواعد والمعايير المعمول بها. تُصمم دعائم الأنابيب، وحوامل الأنابيب، وفلنكات الأنابيب، وهياكل الوصول المتقاطع، وحلقات التمدد، وهياكل دعم التقاطع، والأساسات، وغيرها من الدعائم ذات الصلة التي تحمل وتثبت وتوجه الأنابيب وفقًا لمعايير القطاعيّة المقبولة.
    - يمكن استخدام حلقات التمدد الأفقية في المناطق التي توجد بها هذه الحلقات حاليًا وحيث توجد مساحة كافية وفقًا للمعايير المعمول بها لإتاحة استخدامها دون الإضرار بعملية التوسع المستقبلية؛ وبخلاف ذلك، يجب اعتماد أنظمة حلقات التمدد الرأسية في جميع المشاريع في كافة ممرات خطوط الأنابيب وممرات المرافق.
    - تتحمل الجهة المصنّعة للأنابيب مسؤولية توفير المثبتات الخاصة بها المطلوبة بناءً على تحليلها الخاص لظروف التحميل على خط الأنابيب. لا يُسمح بإضافة نقاط المثبتات إلى أي بُنية حالية تابعة للجهة العامة.
    - تُصمم جميع دعائم الأنابيب وإنشائها لمقاومة الضغوط الناتجة عن مجموعات الأحمال وفقًا لكود البناء السعودي 2007 ومتطلبات هذا القسم.
    - يُصمم أي هيكل جديد أو تمديد لهيكل قائم (باستثناء عنصر مكبول يمكن أن يتسع لأنبوب واحد فقط) لحمل أنبوب كامل يبلغ 5 كيلو نيوتن لكل متر مربع.
  - أحمال التصميم ومجموعات الأحمال
    - الرموز والعلامات

D = الحمل الفارغ، بما في ذلك حمل الأنابيب والمعدات الفارغة
E = تأثير الحمل السيزمي، والذي يجب أن يشمل كلاً من Eh وEv معًا
p = 1.0 لـ SDC = B-TBD
F = الأحمال الناجمة عن وجود السوائل في الأنابيب والمعدات في ظروف الاختبار التسرب
H = الأحمال الناجمة عن ضغوط التربة الجانبية والمياه الجوفية
L = أحمال حية ناجمة عن الإشغال والتماثل والتركيز والتأثير والاهتزاز
T = قوة ضبط النفس والتمدد والانكماش الحراري والاحتكاك
W = حمل الرياح

    - مجموعات الأحمال للأحمال المحللة باستخدام تصميم القوة



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

(D + F) 1.4
(D + F + T) + 1.6(L + H) 1.2
D + F) + 1.6W + 0.5L) 1.2
SDS) (D + F) + 1.0E + .05L 0.2 + 1.2)
D + 1.6W + 1.6H0.9
SDS) D + 1.0E + 1.6H0.2 - 0.9)

- مجموعات الأحمال للأحمال الاسمية باستخدام تصميم الضغط المسموح به

D + F
D+H+F+L+T
D+H+F+W
SDS) (D + F) + H + 0.7E0.14 + 1.0)
D + H + F + 0.75W + 0.75L
SDS) (D + F) + H + 0.75 (0.7) E + 0.75L0.105 + 1.0)
D + W + H0.6
SDS) D + 0.7E + H0.14 - 0.6)

- استثناءات لمجموعات الأحمال الاسمية والمحللة
  - عندما ينتج ضغط التربة الجانبي مقاومة للإجراءات الإنشائية من القوى الأخرى، لا يتم تضمينه في الأحمال الناجمة عن ضغوط التربة الجانبية والمياه الجوفية (H) ولكن يجب تضمينه في مقاومة التصميم. يجب تعيين الأحمال الناجمة عن ضغوط التربة الجانبية والمياه الجوفية على الرقم صفر إذا كان الإجراء الإنشائي الناتج عن الأحمال الناجمة عن ضغوط التربة الجانبية والمياه الجوفية يتعارض مع ذلك بسبب حالات الأحمال الأخرى.
  - يجب التحقيق في آثار حمل واحد أو أكثر لا تعمل بشكل كلي أو جزئي. ويتضمن هذا تنميط الأحمال الانتقالية في تشكيل مستمر ومشدود بكابلات.
  - لا ينبغي استخدام الزيادات في الضغط المسموح به مع مجموعات الأحمال المقدمة لتصميم الضغط المسموح به.
  - يُسمح بتطبيق تأثير الحمل السيزمي (E) وحمل الرياح (W) بشكل مستقل في كل من اتجاهين متعامدين ويُسمح بتجاهل تأثيرات التفاعل المتعامد.
  - يجب التحقيق في اتجاهات تأثير الحمل السيزمي وحمل الرياح السالبة.
- الاستقرار ضد الانقلاب، والرفع، والانزلاق، والطفو
  - ينبغي أن يوضح تحليل الاستقرار قدرة الهياكل على مقاومة الانقلاب والرفع والانزلاق والطفو وعدم تجاوز قيم تحمل التربة المسموح بها. يتم توفير الاستقرار فقط من خلال الحمل الفارغ بالإضافة إلى نقاط التثبيت الميكانيكية الدائمة. عند تحديد عوامل السلامة، يجب تقديم بدل للإزالة المحتملة لمقاومة الأحمال الفارغة (مثل الحفر، والتآكل، وغير ذلك).
  - يجب إعداد مقاومة انزلاق الجدران الساندة عن طريق الاحتكاك (وضغط التربة السلبي عند الضرورة) باستخدام خابور قص مفصل بشكل خاص لإشراك مستوى مقاومة الاحتكاك أسفل مستوى منع التسرب والحماية.
- الانحرافات
  - يجب أن يبلغ الحد الأقصى المسموح به للانحراف الرأسي لدعائم الأنابيب المحددة من مجموعات تحميل تصميم المقاومة المسموح به (L) ASD) L/400 هو طول الكمرة)، مع استثناء مقداره 600/L، في حالة استخدام دعائم الأنابيب لمعدات الخدمة الثابتة وأنابيب الضغط أو درجات الحرارة العالية.
  - يراعي الانحراف المقبول أيضًا المؤشرات المستخدَمة في تصميم الأنابيب ودعائم الأنابيب. يُعد التنسيق بين تصميم الهيكل وتصميم الأنابيب أمرًا بالغًا الأهمية.
- المواد
  - تتوافق جميع المواد مع المواصفات وتعيينات المواد كما هو موضح هنا. تكون جميع المواد الفولاذية جديدة.
  - يتّبع المكتب المعماري/الهندسي الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (SASO)، حسب الاقتضاء.
  - تتوافق عمليات حساب التصميم مع متطلبات الجهة العامة المنصوص عليها في هذا الدليل، دون استثناء.
- تصميم الخرسانة
  - تُصمم جميع عناصر دعم الأنابيب الخرسانية وفقًا لوثيقة 318 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي باستخدام عوامل الأحمال والمجموعات الواردة في هذا الدليل التوجيهي.
  - تكون القوالب الخرسانية والمكونات والنسب والحد الأقصى لنسبة الماء إلى الأسمنت مطابقة للمواصفات.
  - يكون حديد التسليح مطليًا بالإيبوكسي الملتحم بالانصهار (FBEC) وفقًا لمعيار الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) A775M والمواصفات.
  - يبلغ الغطاء الخرساني لقضبان التسليح 75 مم.
  - يكون ارتفاع أساسات دعم الأنابيب أعلى التمهيد النهائي والمحاذي 300 مم على الأقل.
  - تُظهر رسومات دعم الأنابيب بشكل صريح وتحدد منع التسرب للأساسات والحماية، وبلاط الحجب، وذراع تسوية بالأسمنت الرملي، والحواف، والشرائح، والعوازل، وأسطح التكسية، وطلاء قطران الفحم الإيبوكسي، وفئة الخرسانة، وتصميم الخليط الخرساني، والمواد الأسمنتية، ومتطلبات تعزيز حديد التسليح المطلي بالإيبوكسي الملتحم بالانصهار.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تكون تعيينات المواد للمواد الفولاذية في ممر خط الأنابيب كما هو موضح في الجدول 4.1. ب

الجدول 4.1 ب. تعيينات المواد

| | |
|---|---|
| الأشكال الفولاذية والألواح والقضبان والتركيبات الهيكلية | المعيار ASTM A 36 أو 992A |
| الأشكال الهيكلية المجوفة (HSS)، مربع ومستطيل ومستدير | المعيار ASTM A 500 الفئة B |
| الأنابيب | المعيار ASTM A 53 من النوع E، الفئة B |
| صواميل ومسامير عالية الصلابة وحلقات للفواصل | المعيار ASTM A 325 من النوع 1، صواميل ASTM A 563 الفئة DH، حلقات ASTM F 436 من النوع 1، جميعها مجلفنة بالغمس الساخن |
| قضبان تثبيت (من النوع ذي الرأس أو الملولبة مع صواميل مزدوجة وحلقات الألواح) | المعيار ASTM A 36 أو 1554F الفئة 36، صواميل مزدوجة ASTM A 563، الفئة DH: حلقات الألواح ASTM A 36، جميعها مجلفنة بالغمس الساخن |
| الأقطاب وعمليات اللحام | جمعية اللحام الأمريكية 1.1D و1.4D و1.6D أقطاب منخفضة الهيدروجين مع مقاومة شد لا تقل عن 480 ميجا باسكال، (على سبيل المثال ، "7018E" للحام القوس المعدني المحمي) |
| المواد الإسمنتية | إسمنت ASTM C 150 من النوع I و V، بدائل بلزونية ASTM C 618 و989C و1240C |
| جص غير منكمش وغير معدني | المعيار ASTM 1107 مع قوة انضغاط لا تقل عن 7 أيام على الأقل ضعف قوة الخرسانة الأساسية |
| حديد تسليح | المعيار ASTM A 615 الفئة 60 (414 ميجا باسكال)، تسليح مطلي بالإيبوكسي الملتحم بالانصهار (FBECR) |
| مثبتات كيميائية | مواد لاصقة من الإيبوكسي مع مسامير مجلفنة بالغمس الساخن أو من الفولاذ المقاوم للصدأ عالية الصلابة مجمّعة من الشركة المصنعة من قبل Hilti Corp. أو ما يماثلها |

4.3.12 هياكل الاتصالات والهياكل الكهربائية

- تُستخدم الهياكل الكهربائية وهياكل الاتصالات للمحطات الفرعية لدعم المكونات والمعدات الكهربائية فوق المستوى مثل الكابلات الناقلة، والناقلات الصلبة، وموصلات ناقل الإجهاد، والمفاتيح، ومانعات الجهد الزائد، والعوازل، وغيرها من المعدات. يمكن تصنيع هياكل المحطات الفرعية ومحطات النقل من زوايا متشابكة تشكل حبالًا وجمالونات وحوافًا واسعة وأنابيب (مستديرة ومربعة ومستطيلة) وأنابيب وأنابيب متعددة الأضلاع (مستقيمة أو مدببة). المواد الشائعة المستخدَمة هي الخرسانة والفولاذ والألومنيوم والخشب.
- المراجع والمعايير:
  - كود البناء السعودي (SBC) 301 - اشتراطات الأحمال والقوى
  - كود البناء السعودي (SBC) 304 - اشتراطات الهياكل الخرسانية
  - كود البناء السعودي (SBC) 306 - اشتراطات الهياكل الفولاذية
  - الجمعية الأميركية للمهندسين المدنيين - ASCE-7 - الحد الأدنى لأحمال تصميم المباني والمنشآت الأخرى
  - تقرير ممارسة هندسية 113 التابع لـ ASCE
  - ASCE 48 - تصميم هياكل عمود نقل الحركة الفولاذي
  - تقرير ASCE رقم 74 - هياكل التحميل الإنشائي لخط النقل الكهربائي
  - مطبوعة ASCE - دليل لتحسين أداء أنظمة الطاقة الكهربائية في الزلازل
  - مطبوعة ASCE - تصميم يعتمد على الموثوقية الهيكلية لهياكل أعمدة المرافق
  - ASCE 10 - تصميم هياكل أعمدة نقل الحركة الفولاذية المتشابكة
  - ASCE/SEI 48 - تصميم هياكل أعمدة نقل الحركة الفولاذية
- مواد هياكل الاتصالات والهياكل الكهربائية
  - 1) الهياكل الفولاذية
    - يوصى باستخدام ASCE 10 لتصميم الهياكل المتشابكة باستخدام الزوايا الفولاذية.
    - يوصى باستخدام AISC لتصميم الهياكل باستخدام الأشكال الهيكلية القياسية.
    - يوصى باستخدام ASCE/SEI 48 لتصميم الهياكل باستخدام أشكال عناصر أنبوبية مجوفة.
  - الهياكل الخرسانية:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تم تصميم الهياكل الخرسانية لاستيعاب سلوك التشققات. في بيئة مسببة للتآكل، يمكن أن تمتص الشقوق المفتوحة الماء وهو ما يؤدي إلى تآكل حديد التسليح. توفر الهياكل الخرسانية النموذجية للمحطات الفرعية غطاء خرسانيًا كافيًا لحماية حديد التسليح. بالنسبة للعناصر الهيكلية المعرضة لتحمل أحمال تعرجية، مثل الهياكل المسدودة، قد تكون مرغوبة لعدم السماح بقوة الشد على طول المقطع العرضي للعنصر تحت ظروف الأحمال اليومية. وفي حال عدم وجود شد، فلن تحول أي شقوق في الظروف العادية دون تآكل حديد التسليح.

- الهياكل الخرسانية المسلحة - يتم تصميم الهياكل الخرسانية المسلحة وإعدادها وفقًا لوثيقة 318 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي.
- الهياكل الخرسانية سابقة الضغط - يتم تصميم الهياكل الخرسانية سابقة الضغط وإعدادها وفقًا لمعيار PCI MNL-120. يستخدم هذا الدليل طريقة المقاومة القصوى مع أحمال التصميم المحللة، وخصائص المواد الخطية، وتحليل المرونة من الدرجة الثانية. تُستخدم عوامل تقليل سعة العناصر على النحو الموضح في PCI MNL-120.
- أعمدة خرسانية سابقة الضغط - يجب تصميم الهياكل الخرسانية سابقة الضغط من نوع العمود الخرساني، سواء السكب الثابت أو السكب المغزول، وإعداداها وفقًا لمعيار PCI. يستخدم هذا الدليل التوجيهي طريقة تصميم المقاومة القصوى، وبشكل عام، يتبع جميع توصيات معهد الخرسانة الأمريكي و رابطة أعمال الخرسانة سابقة الصب/سابقة الضغط

- هياكل الألومنيوم:

يُوصى بمعايير التصميم التابعة لجمعية الألومنيوم الأمريكية لهياكل الألومنيوم في هذا الدليل التوجيهي.

الألومنيوم مع مواد غير متشابهة - يتآكل الألومنيوم عند ملامسته لمواد غير متشابهة مثل الفولاذ أو الخشب أو الخرسانة. إذ تتميز هذه المواد غير المتشابهة برقم هيدروجيني مختلف عن الرقم الهيدروجيني الخاص بالألومنيوم. يعمل الألومنيوم بشكل أفضل عند ملامسته لمادة ذات نطاق رقم هيدروجيني بين 5 و9.

- الفولاذ - تُغطى أسطح الألومنيوم التي تلامس الفولاذ بطبقة واحدة من دهان كرومات الزنك أساسي أو ما يعادله، أو طبقة واحدة من مركب فاصل غير قابلة للتصلب مناسب يمكن أن يمنع الرطوبة من الوصلة أثناء الخدمة لفترات طويلة. يمكن الحصول على حماية إضافية من خلال وضع مركب الفواصل بالإضافة إلى دهان كرومات الزنك أساسي. يجب ترك دهان كرومات الزنك حتى يجف قبل تجميع الأجزاء. لا يلزم طلاء أسطح الألومنيوم الملامسة للفولاذ المقاوم للصدأ أو الألومنيوم أو المجلفن بالغمس الساخن أو المجلفن الكهربائي.
- الخشب - يجب أن تعطى أسطح الألومنيوم الملامسة للخشب طبقة ثقيلة من دهان بيتوميني مقاوم للقلويات قبل التركيب. يجب وضع الدهان في الحالة التي يتم استلامه بها من الشركة المصنعة دون إضافة أي مخفف.
- الخرسانة - ينبغي ألا يلامس الألومنيوم الخرسانة الرطبة. يتفاعل الألومنيوم مع المكونات القلوية للأسمنت وينتج غاز الهيدروجين. سيسبب غاز الهيدروجين تمدد المونة الإسمنتية ويقلل من قوة انضغاط الخرسانة.

- الهياكل الخشبية:

- تصميم المقاومة القصوى - يجب تصميم الهياكل والأعمدة الخشبية وإعداداها وفقًا لمعايير معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE 751) والكود الوطني للسلامة من مخاطر الكهرباء (NESC). يصف المعيار IEEE 751 طريقة احتمالية وحتمية لتصميم الهياكل الخشبية. يمكن استخدام مقياس ANSI-05.1 و c05.1 لضغوط الأعمدة الخشبية مع عامل المقاومة NESC 0.65. يمكن الإطّلاع على معلومات التصميم الإضافية في معايير بيانات التطبيق (NDS).

- حمولة التصميم:
  - تُصمم جميع الهياكل وفقًا لمتطلبات الأكواد والمعايير المعمول بها.
  - تضمين الأحمال التالية الموضحة في تقرير الممارسة الهندسية 113 التابع لـ ASCE:
    - أحمال ضغط السلك
    - أحمال الاتصال الطرفي
    - الأحمال المركزة على أنظمة نقل الإجهاد
    - قوى الهياكل المسدودة للمحطات الفرعية

### 4.3.13 هياكل دعم المولدات

- يكون المولد مدعمًا بأساس ومنصة عناية بالموقع كافية لتحمل وزن الجهاز. يشمل ذلك مولد المحرك وتخزين الوقود والبطاريات وكاتم صوت عادم المحرك والأنابيب.
- توفير عزل للاهتزازات لتجنب انتقال الاهتزازات إلى الإشغالات المحيطة. اختيار عزل الاهتزاز سيلبي أي متطلبات سيزمية قابلة للتطبيق ويتعامل مع حساسيات المرافق المجاورة.
- مراعاة الأحمال الدوارة والاهتزازية كل على حدة، وحيثما أمكن، يجب دعمها بشكل مستقل.
- الترددات الطبيعية
  - تُصمم الدعائم الهيكلية للمعدات الدوارة والاهتزازية لتجنب الاهتزاز الرنان مع المعدات والحد من السعة إلى القيم المقبولة.
  - التحقق من القيم المقبولة مع موردي المعدات الفردية مثل المحركات والمشغلات وغير ذلك.
  - استخدام نماذج مناسبة مع مراعاة مقدار الكتلة والصلابة والتخميد. فحص العملية التشغيلية للمعدات لفهم القوى الفعالة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- في حالة مراعاة التصميم للعوارض الداعمة فقط، فيجب تصميمها بنسبة بين التردد الطبيعي ($f_n$) وتردد المعدات ($f_e$) مساوية للقيم الواردة أدناه أو أكبر منها. $f_n / f_e$

| امتداد العارضة | نوع الدعم | النسبة $f_n/f_e$ |
|---|---|---|
| < 5.0 م | متصلة بالأعمدة مباشرة | 1.5 |
| > 5.0 م | | 2.0 |
| < 5.0 م | غير متصلة بالأعمدة مباشرة | 2.0 |
| > 5.0 م | | 2.5 |

بخلاف ذلك، يلزم وجود نموذج ثلاثي الأبعاد كامل للهيكل الداعم ويجب أن تلبي الاهتزازات المقابلة معايير الاهتزازات المسموح بها من المورد. إذا لم يكن هذا المعيار متاحًا، فيجب تلبية معايير مخطط ريتشارد الموضح أدناه.

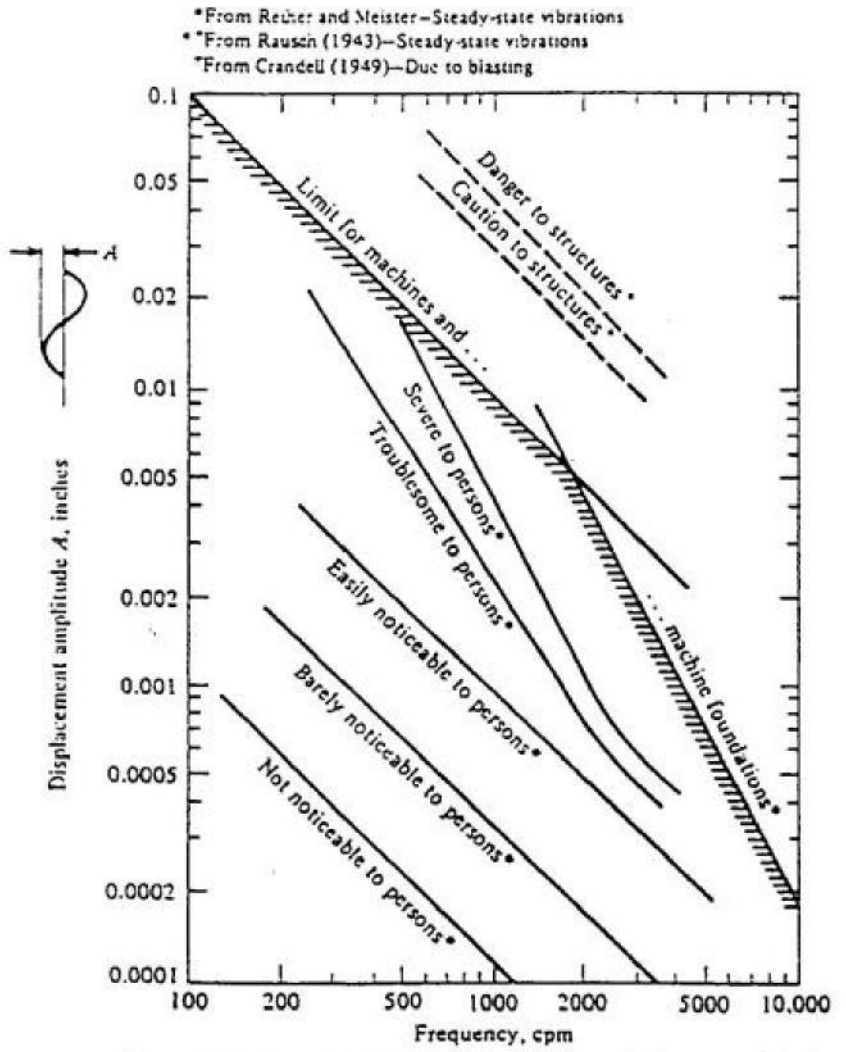
- عند وجود ما يستدعي التقييم التفصيلي، يجب على المصمم ضمان فصل التردد الهيكلي للوضع الأساسي عن ترددات الماكينة. المعيار الموصى به هو كما يلي:
  - تردد الهيكل < 2/1 من تردد تشغيل الماكينة
  - تردد الهيكل > 1.5 مرة من تردد تشغيل الماكينة
- الهياكل التي يجب التحقق منها هي تلك التي تدعم المعدات التي قد تسبب اهتزازات زائدة للهيكل الداعم، على سبيل المثال: المراوح، والمضخات، والمنافخ، والضواغط وغيرها من المعدات المماثلة.
- تُحسب أوضاع التذبذب العامة للهيكل بأكمله من خلال نموذج هيكلي مع كتل مركزة على نقاط العقد. تكون الكتل ودرجة الصلابة المستخدَمة في النمذجة هي تلك المطلوبة للحصول على ترددات تمثيلية للاستجابة الديناميكية. مراعاة المقاومة غير المتوازنة الناتجة عن العمليات، مثل المواد المتراكمة على البكرات وعدم محاذاة الحزام والتآكل غير المتساوي، في التحليل والتصميم.
- يُقيم تفاعل التربة/الهيكل في تحديد التردد الطبيعي الهيكلي.

- الحد المسموح به من اهتزاز المعدات
  - يحدد مخطط ريتشارد الموضح أدناه (الشكل 4.2 ب) إرشادات عامة لسعة الاهتزاز. ومع ذلك، يجب مراعاة المعدات ونشاطها الوظيفي بعناية عند تحديد سعة التصميم لضمان الأداء السليم وراحة الموظفين عند تشغيلها. يجب التحقق من حدود الاهتزازات المحددة من قبل موردي المعدات والامتثال لها.

الشكل 4.2.ب مخطط ريتشارد



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند




General limits of displacement amplitude for a particular frequency of vibration. (After Richart, 1962.)



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 4.3.14 مجموعة القنوات الخرسانية

- أ. متطلبات عامة:

مجموعة القنوات المغطاة بالخرسانة هي مجموعة من قنوات التوصيل أو الأنابيب المغطاة بالكامل بالخرسانة. الغرض من التغطية هو حماية خطوط المرافق من التحميل الأرضي المضاف ومن أن تخترقها معدات الحفر المستقبلية.

- ب. متطلبات التصميم:
  - ألا تقل قوة الخرسانة لتغليف مجموعة القنوات عن 20 ميجا باسكال.
  - تسليح جميع مجموعات القنوات الخرسانية من خلال تقوية درجة الحرارة الدنيا وفقًا لوثيقة 350 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي.
  - تكون جميع التسليحات مطلية بالإيبوكسي.
  - يكون الحد الأدنى لنسبة منطقة التسليح الأفقية إلى المساحة الإجمالية للخرسانة مبنيًا على الطول بين فواصل الحركة، ويجب أن تكون مطابقة للوثيقة 350 الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي القسم 7.12. تكون المسافة القصوى بين قضبان التسليح 450 مم؛ قضيب واحد على الأقل في كل ركن من أركان مجموعة القنوات.
  - يتم تأمين قضبان المربط الفولاذي في الاتجاه العرضي محيطًا بالقضبان الطولية بحجم لا يقل عن 10 مم. يجب على المقاول تحديد الحد الأدنى للمسافات بين القضبان بناءً على الدعم المناسب للقنوات أثناء صب الخرسانة بحد أدنى من الغطاء الخرساني الآمن فوق حديد التسليح، 75 مم حيث تسكب الخرسانة مباشرة على الأرض.
  - يتطلب اهتمام خاص إذ تدخل مجموعة القنوات هياكل صلبة تحت الأرض. على مهندس الإنشاءات تقديم تفاصيل تشير إلى الطريقة المستخدمة لمنع الهبوط المتفاوت من إتلاف مجموعة القنوات.
  - يكون السطح العلوي للقنوات الأرضية مصبوغًا باللون الأحمر.
  - يتم تركيب القنوات مع فواصل للقنوات بما لا يقل عن 5 فواصل في 3 م.
    - تأمين الفواصل بالأرض لمنع الرفع أثناء تركيب الخرسانة.
    - ربط التجميعات معًا باستخدام أحزمة من القماش - لا ينبغي استخدام الروابط المعدنية لتفادي الحلقات الموصّلة.
    - الحد الأدنى للمسافة بين القنوات 30 مم.
    - وضع القنوات على مسافة لا تقل عن 500 مم تحت مستوى الأرض.

### 4.3.15 حواجز التصادم الأمنية

- متطلبات عامة:

حواجز التصادم الأمنية صُممت لحماية الموظفين والزوار ووحدات البناء من الاقتراب غير المصرح به للمركبات.

- متطلبات التصميم:
  - تم تصميم حواجز التصادم الأمنية لتلبي معايير اختبار التصادم بناءً على المنشورات التالية:
    - معيار الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد M2656/2656، طريقة الاختبار القياسية لاختبار التصادم لحواجز المركبات الأمنية
    - وزارة خارجية الولايات المتحدة، المعايير الباليستية 02.01-SD-STD
    - وزارة الدفاع الأمريكية، UFC - 4-022 هندسة السلامة: مرافق التحكم في الوصول / نقاط التحكم في الوصول
    - الوكالة الفيدرالية لإدارة الطوارئ 430، تصميم الحاجز الأمني
  - حواجز التصادم الأمنية صُممت لتصنيف الأحمال التالية:
    - 12K: 6803 كجم شاحنة تسير بسرعة 80 كم/ساعة
    - 8K: 6803 كجم شاحنة تسير بسرعة 65 كم/ساعة
    - 4K: 6803 كجم شاحنة تسير بسرعة 48 كم/ساعة
  - تحدد مواصفات المشروع مستوى الأحمال المطلوبة للتصميم.
  - المواد التي تشكل حاجزًا
    - الفولاذ أو الحديد الزهر هو أكثر المواد التي تشكل حاجزًا فعالية والأكثر سهولة في التركيب، ولكنه يتطلب صيانة دورية.
    - تعتبر أنظمة الحواجز الخرسانية المسلحة أكثر تكلفة وتتطلب مزيدًا من الوقت للتركيب ولكنها لا تحتاج إلى صيانة.
  - 5) أنواع الحواجز
    - الحواجز الخاملة
      - حواجز ثابتة في مكانها تمنع وصول المركبات.
      - الجدران، والسواتر، والأعمدة الثابتة، والمحطات الهندسية، والأسوار.
    - الحواجز الفعالة
      - تُستخدم في نقاط الوصول والتحكم في المركبات



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- أعمدة قابلة للسحب
- بوابات التصادم
- أنظمة الإسفين الدوارة

.

4.3.16 تدعم اللافتات والمصابيح وإشارات المرور

- متطلبات عامة: ينطبق هذا الحكم على الدعم الهيكلي للافتات الطرق والمصابيح وإشارات المرور.
- نوع الدعائم:
  - دعائم اللافتات:
    - لافتات علوية:

راجع الشكل 4.3.أ أو أنواع هياكل دعائم اللافتات العلوية.

    - لافتات بجانب الطريق:

راجع الشكل 4.3.ب أو أنواع هياكل دعائم اللافتات بجانب الطريق.

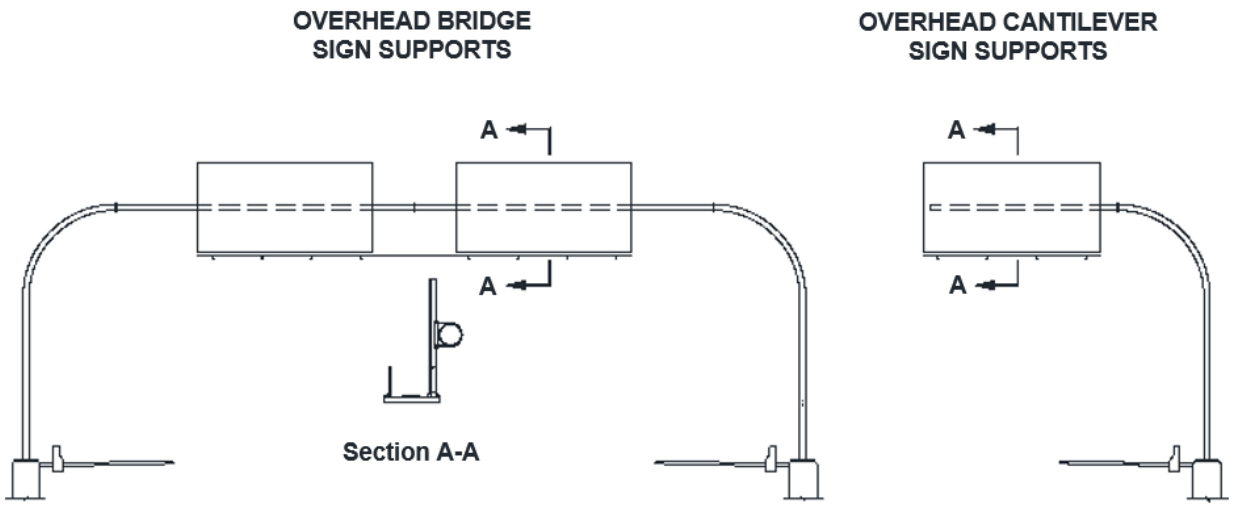
  - المصابيح:

المصابيح هي وحدات إضاءة كاملة لإنارة الطرق السريعة والجسور والشوارع والمتنزهات والملاعب ، وغير ذلك. أنواع إنارات الشوارع موضحة في الشكل 4.3.ج.

  - إشارات المرور:

راجع الشكل 4.3.د أو أنواع هياكل دعائم إشارات المرور.

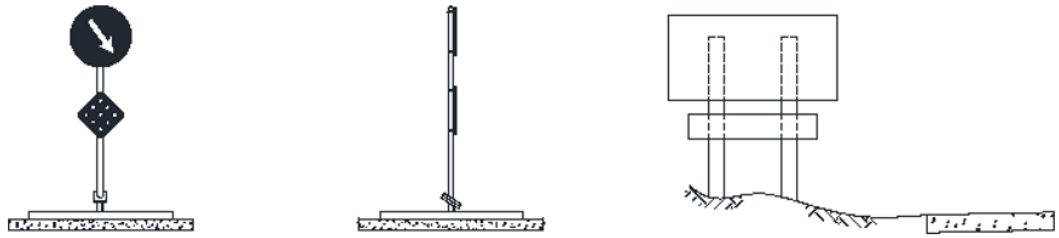
الشكل 4.3.أ هياكل اللافتات العلوية



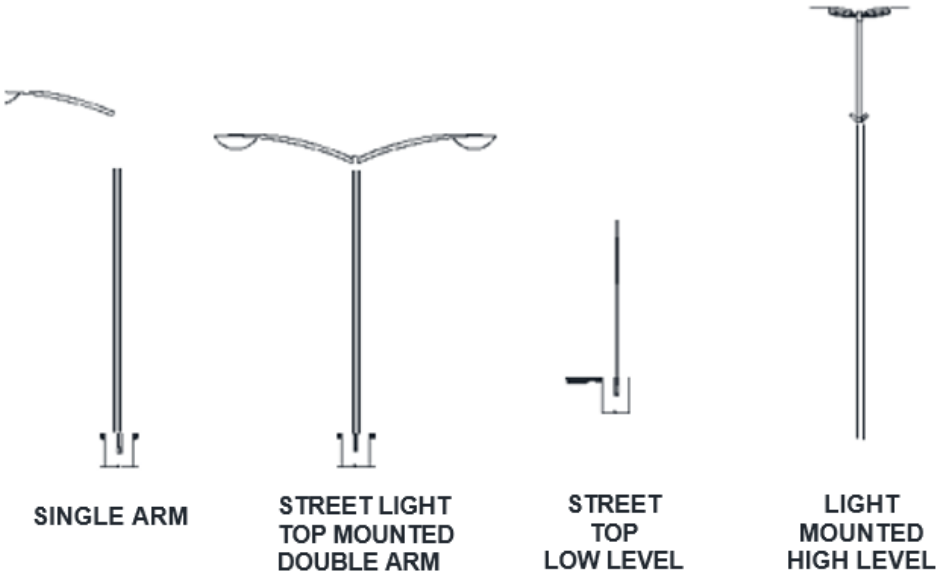



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الشكل 4.3.ب اللافتات بجانب الطريق



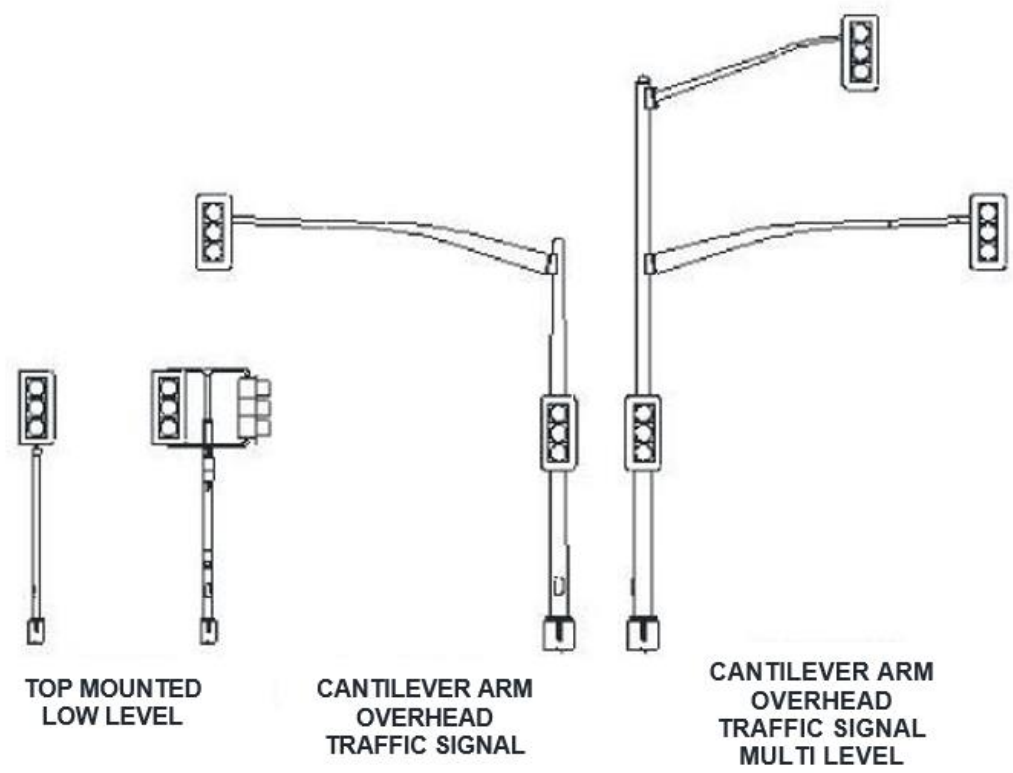

الشكل 4.3.ج المصابيح






بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الشكل 4.3.د إشارات المرور




- متطلبات التصميم:
  - تُصمم هياكل الدعم للافتات والمصابيح وإشارات المرور وفقًا لمواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO) القياسية للدعائم الهيكلية للافتات الطرق السريعة والمصابيح وإشارات المرور (الإصدار الخامس).
  - سرعة الرياح بناءً على تيار لمدة 3 ثوان.
  - تكون مدة/تكرار التصميم 50 عامًا.
  - بالنسبة لهياكل اللافتات العلوية، ستتم إضافة ممر ضيق لأعمال الصيانة المستقبلية وتركيب تركيبات الإنارة. يصمم مهندس الإنشاءات الممر الضيق بحد أدنى من الأحمال الحية تبلغ 2 كيلو نيوتن على مساحة 750 مم × 750 مم.
  - يُستخدم الفولاذ المجلفن بالغمس الساخن أو المحمي والأجهزة لهياكل الدعم. للحماية من تآكل هياكل الدعم الفولاذية، راجع القسم الفرعي 7.
  - قد تكون هياكل الإنارة عبارة عن أعمدة إنارة قياسية من الألومنيوم أو إضاءة قياسية عالية الصارية أو تصميم مخصص. وفي جميع الأحوال، يجب على مهندس الإنشاءات تقديم تحليل كامل وحساب التصميم لموافقة الجهة العامة.
  - لا يُسمح باستخدام دعامات المصابيح ذات الأعمدة المحززة إلا في الأعمدة الرأسية التي تحتوي على حمل وحدة إنارة واحدة في الأعلى. لا يُسمح باستخدام أعمدة رأسية محززة على الطرق السريعة بأطراف الإنارة التي تسبب التواء في العمود الرأسي.
  - يمكن استخدام غطاء الغلاف المحزز الذي يناسب العمود المستدير القياسي. يحتوي الغلاف المحزز على معامل سحب مختلف والحسابات مطلوبة للعمود والأساس.
  - يجب على مهندس الإنشاءات مراعاة الإضافة المستقبلة والدوران وسحب الرياح والتيارات الناتجة عن الشاحنات والكلال في التصميم.
  - مطلوب إجراء تحقيق جيوتقني كامل وتقرير جيوتقني لتصميم الأساس لهياكل الدعم.
  - يُصمم التصميم الأساسي لهياكل الدعم وفقًا للقسم الفرعي 6 والقسم 13.6 من الإصدار الرابع 2001 من الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل.
  - تصميم أي أساس يُصمم لهياكل الدعم التي يزيد ارتفاعها عن 10 أمتار دون مساهمة ضغط التربة السلبي.
  - تتطلب مواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل وجود أجهزة تخميد أو ممتصة للطاقة على هياكل دعم اللافتات العلوية المصنوعة من الألومنيوم لمنع الاهتزازات من التسبب في حدوث أعطال كلال.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 5.0 هياكل النقل

### 5.1 متطلبات عامة

#### 5.1.1 مقدّمة

ينص هذا القسم الفرعي على المبادئ والإرشادات والمتطلبات لتصميم وبناء الهياكل التي تحمل أحمال حركة المرور على الطرق السريعة و/أو السكك الحديدية، ويوفر:

- إرشادات حول التخطيط الأوليّ واختيار وتصميم وبناء هذه الهياكل.
- الحد الأدنى من المتطلبات الفنية التي يتعين على مقاولي المكتب المعماري/الهندسي اعتمادها لتمكين السلامة، والجودة والفعالية من حيث التكلفة في تصميم وتشييد الهياكل التي تلبي احتياجات الجهة العامة وتوقعاتها.

#### 5.1.2 مجال التطبيق

تحكم المبادئ والمتطلبات المدرجة في هذا القسم الهياكل الموجودة في أقسام مسار الشاحنات العادية في شبكة الطرق السريعة. ويستثني هذا الهياكل الموجودة في أقسام مسار الوحدة للشبكة.

#### 5.1.3 متطلبات عامة

- يجب ألا تحول المتطلبات الفنية لهياكل النقل دون التشغيل البيني لحركة المرور على الطرق السريعة داخل المملكة العربية السعودية.
- ينبغي أن تنعكس المتطلبات التالية في تصميم وبناء هياكل النقل المشمولة في هذا القسم الفرعي:
  - تتضمن الهياكل الإعدادات المناسبة والمقبولة للجهة العامة وأن تفي بالمتطلبات الجمالية والوظيفية للمشروع. يشمل هذا القسم الحد الأدنى من متطلبات التصميم الجمالي.
  - تتضمن إعدادات الهياكل خصائص مثل البساطة والانتظام والتكامل والتكرار وسهولة الفحص والصيانة والإصلاح.
  - تُظهر الهياكل المعايير العالية للسلامة والمتانة وفعالية من حيث التكلفة كما هو مطلوب من قبل الجهة العامة.

#### 5.1.4 الأكواد

يكون تصميم وتشييد جميع هياكل النقل قائم على متطلبات هذا القسم الفرعي ومعايير الطرق السريعة الحالية؛ ويجب أن تكون صادرة من وزارة النقل السعودية (MOT) لضمان التشغيل البيني، أو الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)، أوالسلطة المختصة بالهيكل مثل شركة أرامكو والشركة السعودية للخطوط الحديدية، باعتبارها الأنسب للتطبيق الفردي. إذا تعارضت الشروط المنصوص عليها في هذه المعايير، فإن الشروط الأكثر صرامة ستكون لها الأولوية للتطبيق، ما لم يذكر خلاف ذلك في هذه الوثيقة وكان بحاجة إلى موافقة الجهة العامة. فيما يلي قائمة بالأكواد المعتمدة:

- المجلد 3 - مواصفات التصميم الإنشائي، دليل تصميم الطرق السريعة، وزارة النقل السعودية (MOT)، المملكة العربية السعودية، لعام 1992
- المواصفات القياسية للجسور المقامة على الطرق السريعة الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، الإصدار 17. الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)، لعام 2002
- تصميم الجسور وفقًا لتقييم عامل الحمل والمقاومة الصادر عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)، الإصدار السابع، لعام 2014، مع المراجعات المرحلية لعامَي 2015 و2016
- دليل الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل لتقييم الحالة وتقييم عامل الحِمل والمقاومة (LRFR) للجسور المقامة على الطرق السريعة. الجمعية الأمريكية للطرق السريعة بالولاية، وجميعة الطرق السريعة الفيدرالية وموظفي النقل (AASHTO)، مع المراجعات المرحلية الحالية
- دليل تقييم الجسور الصادر عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)، النسخة الثانية، مع المراجعات المرحلية عليها في 2011 و2013 و2014 و2015 و2016
- مواصفات دليل الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل عن الفولاذ للجسور السريعة ذات العوارض الفولاذية المنحنية أفقيًا. الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)
- مواصفات دليل تقييم عامل الحِمل والمقاومة لتصميم جسور المشاة، الإصدار الثاني، التنقيحات المؤقتة لعام 2015.
- منشور الإدارة الفيدرالية للطرق السريعة - NH - 034-10-1FHWA الدليل الفني لتصميم وإنشاء أنفاق الطرق.
- دليل هندسة السكك الحديدية، الجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق (AREMA)، إصدار عام 2016.

#### 5.1.5 المعايير

- وثائق تعاون الجسر الفولاذي للجسور الفولاذية "AASHTO/NSBA" الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)/التحالف الوطني للجسور الفولاذية (NSBA)
- سياسة الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل بشأن التصميم الهندسي للطرق السريعة والمنشآت.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الإدارة الفيدرالية للطرق السريعة (FHWA)، تقرير مكتب تكنولوجيا الجسور رقم 034-02-FHNA-1F.
- دليل الممارسة المتبعة، معهد خرسانة حديد التسليح (CRSI)
- دليل تصميم الجسور PCI، الإصدار الأول، PCI، نوفمبر 2011
- الهيئة الملكية للمملكة العربية السعودية، إرشادات التصميم الجمالي لهياكل النقل، الطبعة الأولى، لعام 2016
- المواصفات القياسية لتشييد الطرق والجسور لمشاريع الطرق السريعة الفيدرالية، FP-03، رقم المنشور الإدارة الفيدرالية للطرق السريعة (FLH-A) 002-03-FHWA)

## 5.2 مجموعات الهياكل

تطبيق المبادئ، والإرشادات والمتطلبات المحددة ضمن هذا القسم الفرعي على المجموعات الإنشائية للنقل المحددة في الجدول 5.1.أ. يبين هذا الجدول مفهوم تصاميم أنواع الهياكل المطلوبة لتحمّل الطرق السريعة على الشوارع/السكك الحديدية الحالية والتضاريس. تتضمن الهياكل الإضافية التي يغطيها هذا القسم الفرعي أيضًا جسور المشاة والهياكل الساندة للتربة وهياكل أنفاق القطع والغطاء.

الجدول 5.1.أ الهياكل المطبّقة

| المجموعة | البيان الإنشائي | التهيئة | نوع الهيكل |
|---|---|---|---|
| 1 | الصرف الصحي/مجاري المرفق | الشوارع المارّة فوق المجاري | هياكل مجاري خرسانية غير مسلحة صندوقية مسبقة الصب/ثلاثية الجوانب/مقوسة/خرسانية مسلحة |
| 2 | الجسور المارّة فوق خطوط الأنابيب | الشوارع المارّة فوق خطوط الأنابيب | هياكل مجاري ثلاثية الجوانب/ذات قوس خرساني مسلح |
| 3 | قنوات/تضاريس الصرف الصحي المارّة فوق الجسور | قنوات/تضاريس الصرف الصحي المارّة فوق الشوارع | هياكل مسبقة الإجهاد/مسلحة/ثلاثية الجوانب/ذات قوس خرساني مسلح |
| 4 | الجسور المارّة فوق الشوارع | الشوارع المارّة فوق الشوارع | هياكل مسبقة الإجهاد/خرسانية مسلحة |
| 5 | الجسور المارّة فوق السكك الحديدية | الشوارع المارّة فوق قضبان السكك الحديدية | هياكل مسبقة الإجهاد/ثلاثية الجوانب/ذات قوس خرساني مسلح/إنشائية/خرسانية مسلحة |

## 5.3 التخطيط والتصميم الأوليّ

### 5.3.1 تحديد النطاق

- خلال مرحلة تحديد النطاق/التخطيط المبكر للمشروع، ينبغي على المكتب المعماري/الهندسي إيجاد توافقًا حقيقيًا بخصوص طبيعة المشروع المقترح وما يجب تحقيقه فيما يتعلق بما يلي:
- أهداف المشروع
- معايير التصميم
- بدائل مناسبة وتقدير (تقديرات) التكلفة المعقولة لكل منها.

### 5.3.2 هندسة الهيكل

- المواءمة والشكل
  - تحديد مواءمة وشكل الهياكل بناءً على هندسة المعالم التي يحملها الهيكل ويمر عليها، ومعايير تصميم الهيكل الجمالية للمشروع.
  - إنشاء المواءمة الأفقية للهيكل لخط الوسط ونقاط توضيحية وفقًا لمواءمة الهيكل وشكله.
  - المواءمة الرأسية لهياكل المجموعات 3 و4 و5 وفقًا لحالة الطرق قيد التنفيذ، ويجب أن تفي بمتطلبات المسافة الآمنة الرأسي للتحكم في المعالم التي تمر عليها الهياكل.
  - تكون المواءمة الرأسية وحالة المجموعتين 1 و2، ويحكم كل من الحالة ومتطلبات مسافة الأمان الرأسية نوع الاستخدام و/أو المعايير الخاصة بالسلطات المختصة بالهياكل.
  - تستوفي المواءمة الأفقية والرأسية لجميع الهياكل متطلبات مسافة الأمان الأفقية والرأسية لمعايير التصميم الهندسي للمشروع.
  - يتم تحديد طول الهيكل بناءً على مواءمة الطريق، وعرض المعالم التي يتم المرور بها، وظروف الموقع الجيوتقنية، والاقتصاد، والمتطلبات الجمالية للمشروع.
  - يتم تحديد عرض الهيكل بناءً على عرض الطريق الذي يحمله الهيكل والمتطلبات المحددة في أهداف المشروع.
  - يتم حساب مساحة الهياكل بناءً على خط المركزي للارتكاز إلى طول خط المركزي وعرض الهيكل.
- مسافات الأمان الرأسية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تكون مسافة الأمان الرأسية لدعائم اللافتات والممرات العلوية للمشاة أكبر بـ 500 مم من مسافة أمان هياكل الطرق السريعة، ويجب ألا تقل مسافة الأمان الرأسية من الطرق إلى الدعائم المتقاطعة العلوية لهياكل الجملون عن 5.5 م.
- يجب ألا تقل مسافة الأمان الرأسية للهياكل فوق المياه الصالحة للملاحة عن 6.5 م فوق أقصى ارتفاع للحوض أو كما هو مبين بناءً على تصميم القوارب. يتم تقدير الحد الأدنى المحدد لمسافة الأمان بناءً على متطلبات مسافة الأمان للعبّارات المشتركة مع قوارب القطر والقوارب الشراعية واليخوت التي تتنقل في الممرات المائية المماثلة لتلك التي تعبرها الهياكل. يجب ألا يقل عمق المياه عن 4.5 م من الارتفاع الطبيعي للحوض أو كما هو مبين بناءً على فحص الموقع المحدد. قد يتم التحقق من مسافة الأمان الرأسية الفعلية لجسر فوق مجرى مائي صالح للملاحة استنادًا إلى، على سبيل المثال لا الحصر، مسافة الأمان الحالية والموجودة في المنبع والمصب، ونوع وحجم السفن التي تستخدم الممر المائي. ينبغي على الجهة العامة اتخاذ قرار بشأن زيادة الحد الأدنى المحدد من مسافات الأمان الرأسية بناءً على نتيجة التحقيق. استخدام الارتفاع العادي للمياه في حالة عدم وجود المد والجزر أو متوسط ارتفاع المياه لمناطق المد والجزر عند تحديد الحد الأدنى من مسافة الأمان الرأسية. تحديد عمق المياه من الارتفاع الطبيعي للحوض في المياه التي لا تتعرض للمد والجزر أو متوسط مستوى سطح البحر في مناطق المد والجزر.
- يتم إنشاء مسافات الأمان الملاحية، الأفقية والرأسية، بالتعاون مع خفر سواحل المملكة وبالتنسيق مع الوكالات الأخرى ذات الاختصاص بالهيكل.
- يتم احتساب الانخفاض في مسافة الأمان الرأسية الناتج عن تسوية الدعم في حسابات مسافة الأمان الرأسية، إذا تجاوزت هذه التسوية 25 مم.

- مسافات الأمان الهيدروليكية
  - تُصمم الهياكل الهيدروليكية التي تندرج تحت المجموعة 1 بحيث يتم توفير الفتحة المناسبة تصميم لمرور فيضان وارد حدوثه كل 100 عام ولمرور الحطام. يعد الحد الأدنى للمسافة من خط الماء إلى مستوى السطح العلوي 300 مم للفيضان الوارد حدوثه كل 100 عام يلبي متطلبات مسافات الأمان الهيدروليكية العادية للمملكة العربية السعودية. يمكن زيادة المسافة من خط الماء إلى مستوى السطح العلوي إلى 750 مم للمواقع التي ترتفع فيها مخاطر انسداد الهيكل بالحطام. يتبع هذا المطلب ممارسة شائعة في الولايات المتحدة والتي تتطلب حد أدنى للمسافة من خط الماء إلى مستوى السطح العلوي يبلغ 600 مم، والسماح بمسافة 150 مم إضافية لترسب الرمال/الحطام في قاع المجرى.
  - يمكن زيادة الحد الأدنى للمسافة من خط الماء إلى مستوى السطح العلوي، بناءً على التحقيق الإضافي في تاريخ الحطام بالموقع، والتغيرات في ارتفاعات سطح الماء، ونتيجة انسداد الحطام، والضرر المحتمل، ودرجة صعوبة إجراء الإصلاحات اللازمة.

- أرضية الهيكل
  - العرض

يتم نقل مقطع عرضي للطريق بالكامل فوق هياكل الجسر. يتم تركيب حاجز الجسر الخرساني وفقًا للسيناريوهات التالية:

- على الحواف الخارجية.
- على جميع الطرق في المنطقة الصناعية وعلى الطرق السريعة في منطقة المجتمعية، حيث لا يقل متوسط العرض عن 8 أمتار، يجب وضع حاجز الجسر على بعد متر واحد من الرصيف الجانبي. إنشاء هذا المتر على اعتبار أنه رصيف مرتفع، على الصعيد المحلي عبر الهيكل فقط، حيث يمكن توفير قنوات/أحواض المرافق لإضاءة الشوارع وكابلات الهاتف في حالات الطوارئ.
- على الطرق المجتمعية، بخلاف الطرق السريعة، قد تكون حواجز الجسر خلف الرصيف العادي الذي يبلغ مترًا واحدًا.

  - الجوانب الوسطى
    - على جسور الطرق الحرّة، يجب وضع الحواجز خلف الحارة الجانبية المرصوفة بطول متر واحد مباشرة.
    - على الطرق السريعة، حيث يكون للمقطع العرضي العادي فاصل طريق مرتفع بدون جانب أيسر من الطريق السريع، يجب أن يتم نقل حافة الرصيف الوسطي فوق الهيكل مع وجود حواجز الجسر على مسافة متر واحد خلف وجه الرصيف.
    - في حالة الطرق التجميعية أو المواقف الأخرى ذات فواصل الطريق الضيقة، يجب تزيين فواصل الطريق ما لم تشترط الجهة العامة خلاف ذلك.
  - مواءمة الهياكل
    - غالبًا ما تؤدي التعلية الإضافية إلى خلق مظهر قبيح للجسر وحاجز الجسر. لذا، إذا أمكن، يجب أن تبدأ المنحنيات الأفقية وتنتهي بمسافة كافية من الجسر بحيث لا يمتد أي جزء من التعلية الإضافية إلى الجسر.
    - إذا كانت التعلية الإضافية أمرًا ضروريًا بسبب المواءمة و/أو اعتبارات السلامة، يجب على المكتب المعماري/الهندسي و/أو مقاول العقود الهندسية والمشتريات والتشييد إعداد تصور خاص للهيكل مع المعالجة المقترحة لتقليل تأثير التعلية الإضافية على المظهر الجمالي للهياكل.
  - خط التدرج المنخفض تحت الهياكل

غالبًا ما يتم تبسيط تصميم الجسر إذا كانت النقطة المنخفضة في خط التدرج قد تم تعيينها على مسافة كافية من تقاطع الخطوط المركزية للهيكل والطريق السريع بحيث تقوم هياكل التصريف بتوضيح قواعد الهيكل.

  - خط التدرج على أسطح الجسور

يجب أن توفر المنحنيات الرأسية على أسطح الجسر أدنى هبوط لا يقل عن 70 ملم لكل 100 م. يكون خط التماس المسموح بها الأكثر تسطحًا 0.12%، ولكن في الجسور الطويلة حيث يقتصر التصريف على سطح الجسر، يجب زيادتها إلى 0.25%.

- الهياكل فوق الطرق الحالية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

ينبغي بذل كل الجهود الممكنة لتنفيذ العمل بطريقة يمكن من خلالها إعادة توجيه حركة المرور بعيدًا عن الجسور التي يجب تشييدها على الطرق الحالية. أو بدلاً من ذلك، ووفقًا لحق أولوية المرور (ROW) المتاح، يمكن أن يُضمّن المكتب المعماري/الهندسي تفاصيل مؤقتة في العقد. وكحل أخير، حيث يجب إقامة صقالات مؤقتة فوق حركة المرور أثناء التشييد، يجب اتباع المعايير التالية:

- يظهر الحد الأدنى لعرض منفذ حركة المرور من خلال الصقالات المؤقتة لمختلف متطلبات الحارات والحارة الجانبية في الجدول 5.1.ب.

الجدول 5.1.ب: متطلبات امتداد وعمق الصقالات المؤقتة

| المرفق محل الامتداد | الحد الأدنى لعرض منفذ حركة المرور (م) | عرض المنفذ المقدم لـ: | نتيجة الامتداد العادي للصقالات المؤقتة[2] | الحد الأدنى للعمق المطلوب للصقالات المؤقتة[1] |
|---|---|---|---|---|
| طريق حرّ | 7.6<br>11.3<br>14.9<br>18.6 | حارة واحدة + حارات جانبية بعرض 2.4 م و1.5 م<br>حارتان + حارات جانبية بعرض 2.4 م و1.5 م<br>3 حارات + حارات جانبية بعرض 2.4 م و1.5 م<br>4 حارات + حارات جانبية بعرض 2.4 م و1.5 م | 9.8 م<br>13.4 م<br>17.1 م<br>20.7 م | 0.5 م<br>0.7 م<br>0.8 م<br>1.0 م |
| طريق غير حرّ | 6.1<br>9.8<br>12.2<br>15.8<br>19.5 | حارة واحدة + حارات جانبية بعرض 0.6 م و1.2 م<br>حارتان + حارات جانبية بعرض 0.6 م و1.2 م<br>حارتان + حارات جانبية بعرض 0.6 م و2.4 م<br>3 حارات + حارات جانبية بعرض 0.6 م و2.4 م<br>4 حارات + حارات جانبية بعرض 0.6 م و2.4 م | 0.5 م<br>11.9 م<br>14.3 م<br>18.0 م<br>21.6 م | 0.6 م<br>0.7 م<br>0.8 م<br>1.0 م |

*1 يتضمن 2.1 م لحاجزي حماية بعوارض معدنية مؤقتة*

*2 لم يتم توفير حواجز مؤقتة.*

- عند استخدام حاجز حماية بعارضة معدنية لحماية الصقالات المؤقتة، يجب توفير مساحة للانحناء/التشكل وفقًا لمعايير المملكة - دليل تصميم الطرق السريعة.
- في حالات خاصة، حيث تجعل القيود الحالية من غير العملي الامتثال للحد الأدنى من عرض منفذ حركة المرور الموضح في الجدول 5.1 ب، يمكن استخدام عرض أقل في حالة موافقة الجهة العامة.
- يكون الحد الأدنى لمسافات الأمان الرأسية المؤقتة 4.5 م.
- يتطلب استخدام مسافات الأمان الرأسية المؤقتة التي تقل عن 4.5 م موافقة الجهة العامة.
- لتحديد فئة الهيكل الذي سيتم تشييده باستخدام منفذ الصقالات المؤقتة، يجب إعطاء بدل لعمق الصقالات المؤقتة.
- تكون مسافات الأمان الرأسية، سواء المؤقتة أو الدائمة، أمرًا بالغ الأهمية، إذ يجب التنسيق الوثيق خلال مرحلة التصميم الأولي عند إمكانية تعديل الفئات الأولية وأعماق الهيكل وأعماق الصقالات المؤقتة دون إحداث تغييرات كبيرة في التصميم.
- نظرًا لأن عرض منافذ حركة المرور من خلال الصقالات المؤقتة قد يؤثر بشكل كبير على التكاليف، يجب إيلاء عناية خاصة لتحديد عرض المنفذ. ويُراعى ما يلي:
  - متطلبات التحضير والتعامل مع حركة المرور
  - عرض أرضية الطريق في وقت تشييد الجسر
  - حجم حركة المرور
  - الضوابط المتعلقة بشكل المرافق الحالية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- ضوابط وزارة النقل

- المشاكل العملية في تشييد الصقالات المؤقتة:
  - بعد تحديد متطلبات المنفذ، يجب إجراء مراجعة ميدانية لموقع الجسر للتأكد من أن المرافق الحالية (التصريف أو الجسور أو الطرق الأخرى) لا تتعارض مع الصقالات المؤقتة.
  - تُحدد أجهزة الإنذار المسبق أو إظهارها على الخطط. قد تشمل هذه الأجهزة الأضواء الساطعة أو اللافتات العلوية أو الكاشفات عن الارتفاع الزائد أو تشكيلة من هذه الأجهزة أو غيرها.
  - يتطلب وضع الصقالات المؤقتة وإزالتها اهتمامًا خاصًا. أثناء هذه العمليات، ينبغي إيقاف حركة المرور لفترات قصيرة أو تحويلها بعيدًا عن النطاق الذي يتم فيه إجراء عمليات التثبيت أو الإزالة.

- الحواجز
  - نقاط عامة
    - تُستخدم حواجز أمان الجسر الخرسانية على جميع الجسور وفقًا لمعايير وزارة النقل والجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل.
  - حواجز الاقتراب
    - يتم توفير حواجز الاقتراب في نهايات حواجز الجسر المعرضة لحركة المرور الفرعية. على الطرق السريعة المقسّمة، يجب وضع الحواجز على يسار ويمين حركة المرور الفرعية. على الأرضيات ذات الاتجاهين، يجب وضع الحواجز على كلا جانبي أطراف الهيكل.
    - تُستخدم الحواجز ذات العوارض المعدنية، مع مرساة الكابلات المنفصلة، لحاجز اقتراب الجسر. ومع ذلك، يمكن استخدام حاجز "وضع الأمان" الخرسانية للحصول على مظهر أفضل حيث يتم تضمين الهياكل/القناطر، والهيكل الذي يتضمن حواجز جسر خرسانية.
    - عندما تتقدم مسافات طويلة من الحواجز الحماية (مثل الحاجز الواقي للجسر) الجسر، ينبغي أن يتصل حاجز الحماية بحاجز الجسر وهو ما يؤدي وظيفة حاجز الاقتراب. تكون حواجز الاقتراب موسعة عند نهايتها المعروضة.
    - يتم توفير ربط مادي بين قضبان الاقتراب وقضبان الجسر لمنع المركبات من التسبب في انحراف حاجز الحماية والاستمرار في القيادة حتى نهاية حواجز الجسر الأكثر صلابة.

- التصريف
  - يتم التصريف العرضي لطريق الجسر عن طريق توفير قمة مناسبة في سطح الطريق ويتم التصريف الطولي بواسطة قبة أو منحدر. يتم اعتراض تصريف تدفق المياه في قسم البالوعة وعدم السماح بمروره على الجسر.
  - يمكن بناء الجسور ذات الامتداد القصير المستمر، وخاصة الجسور العلوية، بدون فتحات ويتم نقل المياه من طريق الجسر إلى أسفل المنحدر عن طريق المزالق المفتوحة والمغلقة بالقرب من نهاية هيكل الجسر. يتم التصريف الطولي على الجسور الطويلة عن طريق المصارف أو الفتحات بالأحجام والأرقام المطلوبة لتصريف البالوعات.
  - تكون بالوعات التصريف، عند الاقتضاء، مصنوعة من مواد صلبة مقاومة للتآكل ومزودة بفتحات تصريف. تكون تفاصيل مصارف السطح لمنع تصريف مياه الصرف مقابلة لأي جزء من الهيكل ولمنع التآكل عند مخرج بالوعة التصريف. تزود الأجزاء المتدلية من السطح الخرساني بشق تنقيط يقع على بعد 100 ملم من حافة السطح.
  - يكون عدد وحجم مصارف السطح عند الحد الأدنى وأن تكون متوافقة مع متطلبات التصميم الهيدروليكي.
  - يجب ألا يقل البعد الداخلي لبالوعة التصريف عن 300 ملم.
  - تُقدم تفاصيل التصريف المناسبة خلف الجدران الجانبية الداعمة حتى لا تتجمع مياه الجريان السطحي في الجزء الخلفي من الجدران (خلف الجدران).
  - يتم توفير تفاصيل التصريف المناسبة خلف جدران المجاري السفلية والجدران الجانبية حتى لا تتجمع مياه الجريان السطحي في الجزء الخلفي من الجدران. يتم توفير دكة مطلية بالترويب بعرض 500 ملم أو خندق خرساني ذو عرض مماثل في هذه المواقع.
  - اعتبارات التصريف الإضافية:
    - يمكن توفير توقع 100 ملم على الأقل تحت أدنى مكون من مكونات الأجزاء العلوية.
    - يكون موقع مخارج الأنابيب في منطقة ترشاش بزاوية 45 درجة حتى لا تضعف المكونات الهيكلية.
    - استخدام الفتحات في الحواجز متى كان ذلك عمليًا ومسموحًا به.
    - توفير فتحات تصريف.
    - يتم تأمين ثنيات تصريف أنابيب لا تزيد عن 45 درجة.
    - توجيه الجريان في أنظمة الصرف في الجسر بطريقة تلبي متطلبات السلامة والمتطلبات البيئية.

## 5.4 اختيار الهيكل

### 5.4.1 المواد

- بالرغم من أن الخرسانة تعد المادة المفضلة لصنع هياكل النقل، يمكن اعتبار الفولاذ مادة بديلة لبعض الهياكل. يقدم هذا القسم إرشادات حول استخدام الفولاذ لهذه الهياكل. تتضمن العوامل الأخرى المتعلقة بمراعاة الفولاذ في هياكل النقل علاقة الهيكل بالمشروع الإجمالي، والمظهر الجمالي، والموقع الجغرافي، وإمكانية الوصول إلى الموقع، وقابلية التشييد.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يمكن مراعاة الهياكل الفولاذية في الحالات التالية:
  - بالنسبة للقناطر المنحنية ذات التصحيحات المتوسطة التي تتجاوز 300 ملم، إذا كان من الممكن تحديد مزاياها على التشييد الخرساني مسبقة الإجهاد/المسلحة.
  - بالنسبة إلى القناطر ذات مسافات الأمان المقيدة، إذا تم توضيح مزايا العمق الأصغر على الخرسانة مسبقة الإجهاد.
  - بالنسبة إلى المواقع التي يُتوقع فيها ركائز طويلة أو سعة تحمل ضعيفة، إذا كان من الممكن إثبات مزاياها الأخف وزنًا على الخرسانة مسبقة الإجهاد.
  - بالنسبة إلى طرق المشاة العلوية بين المباني وجسور المشاة ولحمل خطوط المرافق فوق التضاريس.
  - بالنسبة إلى الامتدادات على المنحنيات الرأسية، حيث يمكن تصنيع التقوس والتحكم فيه بدقة أكبر، إذا أمكن إثبات مزايا على الخرسانة مسبقة الإجهاد. تعتبر مراعاة تصحيح المنحنى من خلال وضع سطح بلاطة متغير العمق، بشكل عام ، أمرًا غير مرغوب فيه إذ ينتج عنه حمل إضافي كبير وبالتالي هياكل أعمق.

### 5.4.2 البنية التحتية الخرسانية

- وحدات خرسانية مسبقة الصب أو مصبوبة في الموقع
  - تحتوي الصناديق ذات الجوانب الأربعة على أقصى امتداد عملي للخلية المفردة يبلغ حوالي 7.5 م. قد تثير قيعان مجرى الخرسانة اعتراضات في مناطق الصيد الحساسة، حيث يُفضل استخدام مجرى طبيعي. يمكن استخدام طرق مختلفة لتصميم هذه الصناديق التي يمكن استخدامها لامتدادات تتراوح من 3 م (خلية واحدة) و30 م (خلايا متعددة).
  - يبلغ أقصى امتداد للوحدات ثلاثية الجوانب، ذات الإطار أو شكل القوس، حوالي 12 م. عادة ما يتم دعم هذه الوحدات على قواعد خرسانية شريطية قائمة على الصخور أو الركائز. يمكن أيضًا استخدام قاعدة خرسانية شريطية/بلاطة عكسية كاملة مسبقة الصب أو مصبوبة في الموقع.
  - يتم استخدام كلتا الوحدتين المذكورتين أعلاه بحد أدنى للردم يبلغ 600 ملم.
- الأقواس مسبقة الصب
  - تتوفر وحدات الأقواس مسبقة الصب بشكل عام كنظم خاصة ذات هندسة قياسية مصممة للاستخدام مع خصائص ردم محددة. يجب الرجوع إلى المعايير القطاعيّة لمعرفة أحجام الأقواس المتاحة والقيود المفروضة على تخصيص هذه الأنظمة.
  - يمكن استخدام وحدات الأقواس ثلاثية الجوانب والمسبقة الصب للعديد من نفس الحالات المحددة للأنابيب الكبيرة. من أجل الحصول على الارتفاع اللازم لبعض الحالات، يمكن رفع الوحدات من خلال تدعيمها على قواعد أعمدة أو جدران ساندة تقليدية.
  - قد لا يكون استخدام الوحدات متعددة الخلايا لنقل المجاري المائية مناسبًا عند يكون خطر تراكم الحطام وتجمعه على الدعامات الوسطى مرتفعًا.
- الامتدادات بين 3 م و30 م
  - يمكن استخدام بلاطات مفرغة خرسانية مسبقة الإجهاد من أقسام الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية على نطاق يبلغ أقصاه 17.5 م. تستخدم الوحدات الصندوقية الخرسانية مسبقة الإجهاد، والعوارض الخرسانية على شكل I، وأقسام القواعد السفلية المنتفخة، للحصول على امتدادات أطول.
  - أنظمة البلاطات المفرغة والصناديق مسبقة الإجهاد مصممة بشكل عام باستخدام حواجز فاصلة يتم توفيرها داخل أقسام الوحدة في كل دعم لمقاومة الإزاحات والدوران العرضي والتشوه المقطعي العرضي. ومصممة لمقاومة العزم الالتوائي ونقل المقاومة الرأسية وقوى القص من البنية التحتية إلى المحامل.
  - تُحلل هياكل البلاطات المفرغة والصناديق مسبقة الإجهاد من أجل أحمال التشييد والمقاومة التي تنشأ أثناء رفع الهيكل أثناء صيانة المحمل واستبداله.
  - الحواجز الفاصلة الوسطى مطلوبة لهياكل البلاطات المفرغة والصندوقية. تم وصف مخطط ومتطلبات الحواجز الفاصلة في هذا الدليل.
- الامتدادات بين 31 م و60 م
  - يمكن استخدام العوارض الصندوقية الخرسانية مسبقة الإجهاد المعدّلة (الأشكال المعدّلة لأقسام الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية) حتى عمق 1.4 م لمسافات تصل إلى 30 م. يمكن استخدام العوارض الصندوقية الخرسانية مسبقة الإجهاد المعدّلة حتى عمق 2 م من أجل الترتيبات المستمرة لامتدادات تصل إلى 45 م. يمكن استخدام عوارض خرسانية مسبقة الإجهاد على شكل I وقواعد سفلية منتفخة تتراوح من 1.4 م إلى 2.0 م في العمق لامتدادات تصل إلى 46 م تقريبًا. يمكن لأنظمة كمرات الفولاذ المدرفل المركبة أن تمتد بسهولة وبطريقة اقتصادية إلى هذا النطاق. بعد أن يتجاوز الامتداد الفردي 50 م، يجب الوضع في الاعتبار ترتيبات بديلة متعددة للامتدادات. يجب المقارنة بين تكلفة البنية التحتية الإضافية وتكلفة البنية التحتية الأكبر.
  - لا ينصح باستخدام عوارض خرسانية مسبقة الصب لامتدادات تزيد عن 50 م.
- ترتيبات الامتدادات المتعددة
  - بالنسبة إلى الجسور متعددة الامتدادات، يجب اعتماد تصميم متواصل كلما أمكن ذلك لإزالة وصلات السطح. في حالة الجسر مسبق الإجهاد ذي الامتداد البسيط المتعدد، ينبغي أن تكون بلاطة السطح متواصلة للحمل الحيّ على الدعائم الوسيطة.
  - إذا كانت مقبولة من الناحية الجمالية، فيجب تقييم الترتيبات التي تتراوح من هياكل نوع الجسور ذات الامتداد المتساوي ونسب الامتداد المتزايدة بشكل متناسب أثناء التصميم الأولي.
  - عمق عوارض الامتداد المتعددة، والصناديق مسبقة الإجهاد، وهياكل البلاطات المفرغة المطلوبة هو نفسه بالنسبة للعارض الواحد بطول امتداد مماثل.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الامتدادات التي تزيد عن 90 م
  - تتضمن ترتيبات الامتدادات المتعددة في هذا النطاق بشكل عام البنية التحتية للموازنة وتكاليف البنية التحتية لتحقيق التصميم الأمثل. غالبًا ما تعيق قيود الموقع وضع البنية التحتية بكفاءة.
  - يمكن أن تستخدم هياكل الامتدادات المتعددة الطويلة مجموعة متنوعة من أنواع ومواد البناء.
  - تصميمات الصناديق المقطعية تتكون من خرسانة مسبقة الصب أو مصبوبة في الموقع.
  - صناديق شبه منحرفة مثبتة بأسلاك
  - أقواس السطح
  - جسر مقطعي ووحدات متغيرة العمق

5.4.3 البنية التحتية الفولاذية

- الامتدادات الأقل من 12 م
  - تغطي وحدات البلاطات المفرغة الخرسانية مسبقة الإجهاد والأسطح الخرسانية مع العوارض الفولاذية نطاق الامتداد بأكمله. ومع ذلك، فإن البلاطات الخرسانية المسلحة التقليدية غير فعالة للامتدادات التي تزيد عن 7.5 م نتيجة العمق الزائد والتسليح العميق.
- الامتدادات بين 12 م و60 م
  - يمكن استخدام أنظمة التصميم المركبة التقليدية التي تستخدم الأسطح الخرسانية والركائز الفولاذية لنطاق الامتداد بأكمله. في الطرف السفلي من نطاق الامتداد، عادةً ما يتم استخدام أقسام عوارض مجدولة. من المرجح أن يتم استخدام كمرات ألواح مثبتة باللحام ومصنّعة في الطرف العلوي.
  - قد تصل ألواح الجسر الجاهزة بشكل خاص ذات الأسطح الخرسانية المركبة والعوارض الفولاذية إلى امتدادات تقترب من 30 م. تتميز بخاصية تقليل وقت التشييد الميداني.
- الامتدادات بين 61 م و90 م

تتضمن الجسور ذات الامتداد الواحد في هذا النطاق بعض الخيارات. بالنسبة لمعظم الحالات، لا يتم النظر إلا في الجملون الشامل أو السطحي. يمكن استخدام كمرات الألواح في الطرف السفلي من نطاق هذا الامتداد. تعد التصميمات الخاصة التي تستخدم الأقواس، والإطارات الصلبة المائلة للساق، وكمرات الصناديق الخرسانية أو الفولاذية أيضًا خيارات قابلة للتطبيق. تُستخدم هذه الأنواع من الهياكل الخاصة لمعالجة الأعماق المحدودة للعناصر والمظاهر الجماليات والتوافق مع ظروف الموقع. تكون للجهة العامة مساهمة أكبر في هذه الهياكل الأكبر. تتم مناقشة المخاوف المتعلقة بقابلية التشييد والبدائل الممكنة، بالتفصيل، مع الجهة العامة بخصوص الهياكل في نطاق هذا الامتداد.

- ترتيبات الامتدادات المتعددة

يراعي التصميم المتواصل باستخدام العوارض الفولاذية المدلفنة أو كمرات الألواح المركبة الاستمرارية من خلال نقاط الدعم الداخلية. استنادًا إلى ترتيبات الامتداد ونسب الامتداد، قد تتم مساواة الامتداد الأكبر للمخطط المتواصل بامتداد بسيط أصغر مكافئ. يقلل هذا من عمق العوارض المطلوبة للامتداد. قد تؤدي نسب الامتداد المتواصل الضعيفة إلى حدوث التقبب. يعد كل من نظام الربط وامتدادات النهايات المثبتة وسيلتان لمعالجة التقبب. ارجع إلى الجدول 5.1.ج.

الجدول 5.1.ج. ترتيبات الامتدادات المتعددة

| عدد العوارض | نسب الامتدادات | مكافئ الامتداد البسيط[1] | نسب الامتداد إلى العمق | |
|---|---|---|---|---|
| | | | المرغوبة | الحد الأقصى[2] |
| 2 | 1.0 : 1.0 | امتداد 1.0 X 0.90 | 27.5 | 30 |
| 3 | 0.75 : 1.0 : 0.75 | امتداد 1.0 X 0.85 | 27.5 | 30 |
| 4 | 0.80 : 1.0: 1.0 : 0.8 | امتداد 1.0 X 0.75 | 27.5 | 30 |
| 5 | 0.60 : 0.80 : 1.0 : 0.80 : 0.6 | امتداد 1.0 X 0.60 | 27.5 | 30 |

*1 بالنسبة إلى ترتيبات الامتداد ذات النسب الأقل كفاءة، يمكن تعديل العامل المكافئ نسبيًا إلى الأعلى (بمعنى 0.85 حتى 0.90 و0.75 حتى 0.85 و0.60 حتى 0.75).*

*2 يمكن استخدام النسب الأكبر من 30 طالما لم تتم تجاوز معايير انحراف الحمل الحيّ.*

- الامتدادات التي تزيد عن 90 م
  - تتضمن ترتيبات الامتدادات المتعددة في نطاق الامتداد هذا بشكل عام البنية التحتية للموازنة وتكاليف البنية التحتية لتحقيق التصميم الأمثل. غالبًا ما ستعيق قيود الموقع وضع البنية التحتية بكفاءة.
  - يمكن أن تستخدم هياكل الامتدادات المتعددة الطويلة مجموعة متنوعة من أنواع ومواد البناء.
    - جملونات شاملة أو سطحية مع امتدادات اقتراب بكمرات
    - عوارض صندوقية شبه منحرفة
    - كمرات متغيرة العمق (عوارض على شكل حرف I وكمرات صندوقية)
    - كمرات مثبتة بأسلاك أو عوارض صندوقية
    - أقواس شاملة أو سطحية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- جسور معلقة

### 5.4.4 الدعائم

#### 5.4.4.1 نقاط عامة

دعائم تؤدي وظيفتين رئيسيتين. تدعم البنية الفوقية للجسر وتحتفظ بنهج الطريق المجاور للجسر بصورة مباشرة. لذلك، تجمع دعامة الجسر بين وظيفتي الدعامة الوسطى والجدار الساند.

- الدعامة الكابولية
  - تتكون الدعائم الكابولية من جذع مركزي يدعم الجدار الخلفي ومحامل مقعد الجسر. يحتفظ الجدار الخلفي أعلى الجذع والجدران الجانبية على جانبي الجذع بالحشو خلف الدعامة. يرتكز الجذع والجدران الجانبية على قاعدة متواصلة يمكن أن تكون مدعومة إما من التربة أو الركيزة.

    يُصمم الفولاذ التسليح الهيكلي في الدعامة الكابولية لتحمل مقاومة الانقلاب التي تسبب الضغط في الجزء الخلفي من الجذع والجدار الخلفي. أيضًا، فإن تصميم تسليح القاعدة مطلوب ويعتمد على نوع الأساس المختار.
  - لا يوجد حد للدعائم الكابولية على زاوية الانحراف؛ ومع ذلك، فإن الجسور ذات الانحراف الأقل تؤدي أداءً أفضل بكثير من الجسور شديدة الانحراف.
  - لا يوجد حد لامتداد البنية الفوقية المستخدَمة مع الدعائم الكابولية. تُصمم الدعامة لدعم جميع أحمال البنية الفوقية المطبقة. يتم احتساب التمدد الحراري للبنية الفوقية باستخدام فاصل تمدد أو تفاصيل مناسبة بدون فواصل.
  - هناك ثلاثة أشكال مختلفة للدعامة الكابولية:
    - عند وضع الدعامة بطريقة لا تكشف الدعامة إلا قليلاً فوق سطح الأرض كما هو مسموح به، فإنها تسمى دعامة كابولية أرومية.
    - عندما تكشف الدعامة أكبر قدر ممكن فيما يتعلق مساحات الأمان المطلوبة للميزة المتقاطعة، فإنها تسمى دعامة عالية كابولية.
    - تسمى الدعامة التي تقع بين هذين الطرفين بدعامة كابولية شبه عالية.
- دعامة أرومية ركائزية معزولة
  - تتميز الدعائم الأرومية الركائزية المعزولة بحوامل طويلة ترتكز مباشرة على القاعدة ولا يوجد بها مقعد جسر. لها جدار خلفي بين الركائز والجدران الجانبية على كل جانب للاحتفاظ بالردم. قد تكون القاعدة تربة أو ركيزة مدعومة.
- الدعامة المنسكبة
  - تتكون الدعامة المنسكبة أو المفتوحة من عمودين رأسيين أو أكثر من الأعمدة التي تحمل عارضة تدعم مقعد الجسر والركائز. يمتد الردم على انحداره الطبيعي من أسفل العارضة عبر الفتحات الموجودة في الأعمدة. في أقصى الأشكال، لا تتجاوز الدعامة المنسكبة أكثر من صف من الركائز العمودية التي يتم دفعها من خلال الردم ودعم مقعد الجسر والركائز. عادة ما يتم تزويد الجذع بجدران جانبية صغيرة للحفاظ على مقعد الجسر خاليًا من التربة. تُعد الدعائم المنسكبة اقتصادية، ومع ذلك، فإنها تتطلب توفير تفاصيل التصريف المناسبة للهيكل والنهج، لمنع اختراق المياه وجرف تربة الردم.

### 5.4.5 الجدران الجانبية

- نقاط عامة
  - الجدران الجانبية هي جدران ساندة موضوعة بجوار جذع الدعامة للاحتفاظ بالردم خلف الدعامة. اتجاه الجدار بالنسبة للخط المركزي للمحامل أو الخط المركزي للطريق يحدد نوع جدار الجانبي.
  - عندما تكون الجدران الجانبية متوازية مع الطريق، يطلق عليها اسم الجدران الجانبية على شكل حرف U. تُستخدم الجدران الجانبية على شكل حرف U بشكل أساسي في حالات الردم حيث توجد عوائق أو حق مرور محدود على جانبي الطريق لبناء حاجز عريض. يتم تحديد طول الجدار الجانبي على شكل حرف U من خلال مساواة النقطة التي يلتقي فيها منحدر الحاجز باستراحة الحارة الجانبية (حيث تغير الحارة الجانبية في الطريق المنحدر عند الحاجز) الارتفاع من الطريق. يحدث التقاطع في الركن الداخلي من أعلى الجدار الجانبي. يُحدد ارتفاع نهاية الجدار الجانبي على شكل U عند هذا التقاطع ويكون موضحًا في المخططات.
  - عندما تكون الجدران الجانبية متوازية مع الخط المركزي للمحامل، يطلق عليها الجدران الجانبية الموازية تُستخدم هذه الجدران الجانبية عندما تكون الدعامة الجانبية قصيرة نسبيًا ولا توجد عوائق أو قيود على حق المرور على جانبي الطريق السريع. تقع نهاية الجدار الجانبي الموازي حيث يلتقي المنحدر من استراحة الحارة الجانبية بمنحدر حاجز أسفل الجسر. يحدث التقاطع في الركن الخلفي من الجدار الجانبي. يكون ارتفاع الجزء العلوي من الجدار الجانبي أعلى بمقدار 200 ملم من هذا التقاطع ويكون موضحًا في المخططات.
  - عند إرجاع الجدران الجانبية إلى الخلف باتجاه الردم المحصور ولكنه غير متوازي مع الطريق، يُطلق عليها جدران جانبية وسطية. تُستخدم هذه الجدران الجانبية عندما تناثر ردم الدعامة بعيدًا للغاية عن الجدران الجانبية الموازية، ولكن لا توجد قيود كافية لتبرير الجدران الجانبية على شكل حرف U. تقع نهاية الجدار الجانبي الوسطي حيث تلتقي استراحة الحارة الجانبية من الطريق بمنحدر حاجز أسفل الجسر. يحدث التقاطع في الركن الخلفي من الجدار الجانبي.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- ينبغي تجنب الجدران الجانبية المنحنية كلما أمكن ذلك. إذا كان من الضروري توفير جدار جانبي منحني، فيُفضل وضع قاعدة موسعة على وتر وجعل الجزء العلوي فقط من الجدار منحنيًا. ينبغي عدم تعرض الجدران الجانبية المنحنية للدق مطلقًا لأن تشكيلها يعد أمرًا بالغ الصعوبة.

### 5.4.6 الدعامات الوسطى

1. تُستخدم كلمة "الدعامة الوسطى" هنا للإشارة إلى دعم وسيط للبنية الفوقية للجسر، بين الدعائم، الممتدة من تحت سطح الأرض إلى أسفل البنية الفوقية.

2. قد تكون هناك حاجة إلى الدعامات الوسطى نتيجة للامتدادات الطويلة أو قيود عمق العارضة أو كليهما. قد تكون الدعامة الوسطى نقطة دعم على طول بنية فوقية متواصلة أو قد تكون في نهاية امتداد بسيط وبداية لامتداد آخر. وفي كلتا الحالتين، يجب تصميم الدعامة الوسطى لتقاوم بأمان الأحمال الفارغة والحيّة والسيزمية وغيرها من الأحمال الناتجة من البنية الفوقية مع مقاومة أي أحمال تؤثر على الدعامة الوسطى من مياه الفيضانات والرياح وتأثير المركبات أو السفن.

- أنواع الدعامات الوسطى
  - الدعامات الصلبة

تتكون الدعامة الوسطى الصلبة (جدار الدعامة الوسطى) من كتلة صلبة من الخرسانة المسلحة، بدون بروزات، والتي عادة ما تكون مستطيلة الشكل في المخطط. تُستخدم الدعامة الوسطى الصلبة بشكل أساسي في معابر الأنهار أو الجداول، والجسور ذات مسافات الأمان المنخفضة، والجسور فوق الطرق السريعة المقسمة ذات المسافات الضيقة، وحيث تكون للأعمدة القصيرة على الجسور العريضة إجهاد مرتفع نتيجة للانكماش. يمكن أيضًا استخدام الدعامات الوسطى الصلبة لتلبية متطلبات الحماية من التصادم المجاورة للسكك الحديدية.

  - دعامة وسطى على شكل رأس المطرقة

مع زيادة ارتفاع الدعامة الوسطى والبنية الفوقية الضيقة، تصبح الدعامة الوسطى على شكل رأس المطرقة اقتصادية أكثر من خلال تقليل الكميات المطلوبة من المواد وقوالب الصب. تتكون الدعامات على شكل رأس المطرقة من عمود واحد كبير مع عارضة الجزء العلوي معلقة على كلا الجانبين. يدعم كل من العمود والنهايات الكابولي لعارضة الجزء العلوي عوارض البنية الفوقية. عندما تقع في مجرى مائي، قد تكون هناك حاجة إلى حماية الدعامة الوسطى.

  - الأعمدة المتعددة

عندما يلزم أن تكون الدعامات الوسطى طويلة وعريضة، فعادة ما تكون الدعامات الوسطى متعددة الأعمدة الخيار الأمثل. يتكون هذا النوع من الدعامات الوسطى من عمودين أو أكثر قد يكونان إما مستطيلاً أو مستديرًا. عادة ما يتم توصيل الأعمدة بواسطة عارضة جزء علوي تدعم البنية الفوقية عند نقاط بين الأعمدة. بالنسبة إلى بعض الجسور شديدة الانحراف ذات مسافة كبيرة بين العوارض، فمن الضروري وضع أعمدة فردية تحت كل محمل وربط الجزء العلوي من الأعمدة بدعامة تثبيت بسيطة. عندما يكون هناك عمودان فقط ببروزات، فإن هذه الدعامة الوسطى تسمى دعامة وسطى باي. تعد الدعامات الوسطي الدائرية الشكل أقل جاذبية من الناحية الجمالية من الدعامات الوسطى المستطيلة الشكل، ولا يُنصح باستخدامها في المناطق السكنية.

  - الأعمدة القائمة بذاتها

يتكون هذا النوع من الدعامة الوسطى من أعمدة فردية قائمة بذاتها عادةً ما تدعم بلاطة مفرغة أو بنية فوقية متصلة من النوع الصندوقي. على عكس الأعمدة المتعددة، فإن الأعمدة القائمة بذاتها غير متصلة بعارضة الجزء العلوي والتي تنقل أحمال البنية الفوقية إلى الأعمدة. وبدلاً من ذلك، يتم نقل أحمال البنية الفوقية إلى الأعمدة من خلال حاجز فاصل داخلي مدمج في البنية الفوقية.

### 5.4.7 عوارض الجزء العلوي

- من سمات معظم الدعامات الوسطى متعددة الأعمدة وجود عارضة الجزء العلوي. تخضع عارضة الجزء العلوي للعديد من اعتبارات التصميم التي لا تنطبق على أي نوع آخر من الدعامات الوسطى. يتم التحكم في عرض عارضة الجزء العلوي بالعرض اللازم لدعم محامل الجسر بغطاء كافٍ لمسامير التثبيت وطول الدعم المطلوب للعوارض. عندما تقع نهاية عارضة مدعومة ببساطة على عارضة وسطى، تحدد المعايير السيزمية طول الدعم المطلوب. ينبغي قياس طول الدعامة في الاتجاه الطولي بشكل عمودي على
- الخط المركزي للمحامل. يقاس طول الدعامة في الاتجاه العرضي بشكل عمودي على خط المركزي للعارضة. تتطلب الأعمدة المستديرة أن تكون عارضة الجزء العلوي أعرض بمقدار 50 ملم على الأقل من الأعمدة في جميع الجوانب.
- بالنسبة لعارضة الجزء العلوي ذات النهايات الكابولية حيث تقع أحمال عارضة الواجهة على مسافة "d" من وجه العمود، قد لا يكون السلوك الفعلي للنهاية الكابولية متوافقًا مع نظرية العارضة ويجب التحقق من توافقها مع متطلبات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، والأحكام الخاصة المتعلقة بالأقواس والركائز. طريقة بديلة لتحليل النهايات الكابولية هي طريقة الدعامة والربط الموصوفة في مواصفات تصميم الجسور الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل وتصميم عامل الحِمل والمقاومة. تحدد كل من أساليب التثبيت والركيزة والدعامة والربط أن القص المباشر هو الوضع السلوكي الأساسي بدلاً من الانثناء، ويقاومه تعزيز الضغط عبر مستوى القص. ونتيجة لهذه الأساليب، قد تكون هناك حاجة إلى مزيد من التسليح في الجزء العلوي من البروز مما هو مطلوب في حال تصور عارضة كابولية عادية.

### 5.4.8 الأساسات

- موقع البنية التحتية

عند اتخاذ قرار بشأن موقع البنية التحتية، ينبغي أن يحدد المكتب المعماري/الهندسي جميع التعديلات الأفقية والمعايير والمتطلبات المناسبة. باستخدام هذه القيود وطول استراحة الحارة الجانبية، يجب تحديد ما إذا كانت ترتيبات الامتداد الفردي أو المتعدد هي الأنسب. تتم مراعاة عمق العارضة المتوفرة بالإضافة إلى أي مخاوف خاصة مثل:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- متطلبات التصفيح للتحضير وتشييد البنية التحتية. تصميم التصفيح الكابولي مقابل التصفيح الخلفي مقابل تكاليف تكديس وعزل الجدار.
- تشييد سد مياه عميقة مقابل تشييد معبر أو أعماق ضحلة.
- تكشف المعالجات مثل الدعائم المرتفعة ذات الارتفاعات الكبيرة عن ارتفاعات البناء أو المعالجة بالطوب.
- التعديات على الأراضي الرطبة أو الممرات - تتطلب الامتدادات الأطول عمق عارضة إضافي. قد يؤدي هذا إلى إثارة الشكوك وتحريك الطرف أمامي من المنحدر إلى الخارج أو يتطلب جدارًا ساندًا. قد تتطلب الامتدادات القصيرة مزيدًا من الاهتزاز في المنطقة، وتتطلب أيضًا جدران ساندة في الطرف الأمامي.
- مشاكل التجهيز - تشمل التداخل بين الميزات الحالية والجديدة، مثل البنيات التحتية والعوارض وقمم الدعامات الوسطى، بالإضافة إلى المرافق التي يجب أن تظل قيد الخدمة.
- التضارب بين المرافق - قد يؤدي تجنب المرافق التي قد تتطلب عمليات نقل مكلفة إلى تقييد موقع البنى التحتية. قد يتم تقييد وضع الركائز والصفائح بسبب التداخل فوق الأرض أو تحت الأرض.

- تقييم الأساسات

يعتمد تصميم البنية التحتية على سجلات بئر الحفر الخاصة بالجسر وأعمال الحفر المتاحة. تُقيم هذه السجلات فيما يتعلق بما يلي:

- الموقع فيما يتعلق بالجسر المقترح، ويجب تقييمها من قبل المكتب المعماري/الهندسي لتأكيد وجود معلومات كافية لتطوير تصميم البنية التحتية.
- عند الضرورة، يجب على المكتب المعماري/الهندسي و/أو مقاول العقود الهندسية والمشتريات والتشييد تحديد ثقوب استكشافية إضافية لتطوير و/أو التحقق من تصميم البنية التحتية.
- يجب على المكتب المعماري/الهندسي مراجعة بئر الحفر ودعم بيانات الاختبارات المعملية لتأكيد توصيف التربة والصخور لتطوير النموذج الأساسي للتصميم.
- يتم تقييم الأرض لتحديد نوع الأساس المناسب والقابلية للتشييد والأعمال المؤقتة.

- اختيار الأساسات

المعابر المائية - تطبق المعايير التالية على جميع المنشآت العابرة للمياه:

- ما لم يتم تأسيسها على صخور، يجب دعم جميع الهياكل التي تعبر المياه على دعامات وسطى أو أن يكون لها حماية إيجابية أخرى للحفاظ على الارتفاع الذي يتم عنده إنشاء قاع وحدة البنية التحتية. في القنوات المبطنة بالخرسانة حيث لا توجد مخاطر آثار التعرية، يمكن التنازل عن هذا الشرط بموافقة الجهة العامة.
- يكون الحد الأدنى لطول الركيزة حتى قطرها > 12.
- يتم تجويف الركائز في الصخور إذا كان من المحتمل تأثرها بآثار التعرية.
- يتم تقييم السدود الاحترازية المؤقتة فيما يتعلق بالحاجة إليها والنوع والحجم والقابلية للتشييد والتكلفة. تُراعى الأنواع البديلة من الإنشاءات مثل الجسور أو القيسونات أو الأعمدة المحفورة ومقارنتها بتكاليف السدود الاحترازية المؤقتة التقليدية.
- يُستخدم أقصى عمق مقدر لآثار التعرية لتحديد مدى استقرار الهيكل العام.

- تقاطعات على مستويات مختلفة

- يتطلب استخدام الهياكل المتواصلة عادةً أساسات ثابتة. لا يُسمح بالهبوط المتفاوت لأنه قد يؤدي إلى ضغوط ثانوية قد تكون ضارة بالهيكل.
- في الحالات التي يتجاوز فيها ارتفاع الدعامة أو الجدار الجانبي 9 م، يجب وضع نظام بديل بخلاف أنظمة الجدران الخرسانية الكابولية والمصبوبة في الموقع في الاعتبار. وينطبق هذا بوجه خاص في مناطق الردم. تتوفر العديد من أنظمة الجدران المعيارية التي قد توفر نظامًا اقتصاديًا أكثر.

- الاتجاه والتهيئة والتفاصيل
  - الانحراف
    - يعتمد اتجاه وحدات البنية التحتية بشكل كبير على نوع المعلم الذي يتم المرور به. يجب الاحتفاظ بانحراف الهيكل عند 30 درجة أو أقل، كلما أمكن ذلك.
    - قد تتسبب الانحرافات التي تزيد عن 30 درجة في حدوث مشاكل في الرفع، وتشقق السطح الخرساني في الزوايا الحادة، وتتطلب مقاعد جسر ومناطق تحمل ركائز أكبر.
    - يجب تجنب الزوايا الحادة المسننة، ويُفضل استخدام الدعامات القطرية للهياكل المنحنية. إذا أمكن، يجب التخلص من الانحرافات بمقدار 10 درجات أو أقل، ما لم يسبب ذلك مشاكل في اختلاف المحاذاة في المعلم الذي يتم المرور به.
  - المعابر المائية

يجب محاذاة الدعامات الوسطى مع تدفق التيار، كلما كان ذلك ممكنًا، لتجنب تكوّن دوامات واضطرابات قد يؤدي إلى التعرية. لا ينبغي أن يؤدي وضع الدعائم أو الدعامات الوسطى إلى وجود جيوب حيث يمكن لاضطراب المياه أن يزيد من احتمالية التعرض للتعرية. يجب مراعاة الإرشادات التالية فيما يتعلق بالبنى التحتية:

- قد يكون وجود دعامتان وسطيان بالقرب من كل خط ساحلي أفضل من حيث الكفاءة الهيدروليكية واقتصاديًا أكثر لبناء أكثر من دعامة وسطى واحدة للمياه العميقة.
- يكون الرصيف صلبًا على ارتفاع متر واحد فوق الحد الأقصى للارتفاع الملاحي أو 600 ملم أعلى من مستوى فيضان يمر كل 100 عام أو الفيضان القياسي، أيهما أعلى. إذا كان الارتفاع المتبقي للدعامة الوسطى فوق الجذع الصلب يبلغ 5 م أو أقل، فيجب أن تكون الدعامة الوسطى صلبة تمامًا.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يكون مقدم للدعامة الوسطى مستديرًا أو على شكل حرف V لتعزيز المكونات الهيدروليكية ومشاكل الحطام.
- وفي الحالات التي تكون فيها الجدران الجانبية للدعامة على حافة المياه أو بالقرب منها، يجب توسعتها لتعزيز حالة المدخل الهيدروليكي. إذا أمكن، يجب أن يكون الارتفاع في نهاية الجدار الجانبي أعلى من ارتفاع مستوى المياه المُصمم أو كحد أدنى الارتفاع العادي للمياه.
- تتم محاذاة الجدران الجانبية على الجانب المعاكس للتيار لتوجيه التدفق عبر فتحة الجسر. ولسهولة البناء، يمكن أن تُصنع الجدران الجانبية في اتجاه مجرى النهر بصورة معكوسة. يجب توفير الحماية من آثار التعرية في شكل تبليط صخري حيثما يتم تحديد خطر التعرض لآثار التعرية.

- تفاصيل عامة

- يمكن استخدام الجدران الجانبية على شكل U عند وجود تداخل بين الهيكل الحالي والهيكل المقترح أو بعض قيود الموقع الأخرى. يمكن استخدامها أيضًا عندما يكون مطلوب مظهر جمالي محدد. تكون الجدران الجانبية الموسعة أو الموازية أقل تكلفة بشكل عام. بيئة التآكل بالنسبة للصفائح المتانة للخرسانة مسبقة الصب
- عندما يتجاوز طول جدار جانبي 8 م، يتعين التحقيق في استخدام نوع بديل من نظام الجدران الجانبية. قد تكون الجدران المستقرة ميكانيكيًا أو أنظمة الجدران المعيارية الأخرى أقل تكلفة من تصميم كابولي مصبوب في الموقع. ومع ذلك، يجب عدم استخدام الجدران المستقرة ميكانيكيًا بالقرب من بيئة هيدروليكية مطلقًا حيث يشكل خطر حدوث تعرية أو تدعيم الأساسات. يمكن استخدام أنظمة الجدران المستقرة ميكانيكيًا المتوفرة تجاريًا والمطورة خصيصًا للاستخدام في البيئات البحرية بموافقة الجهة العامة.
- يمكن استخدام تفاصيل خاصة مثل عتبات الكتل الحجرية أو المصبوبة في الموقع لدعم الأسطح الخارجية الحجرية أو الآجرة المعمارية. في حال تم استخدام تركيبات الشكل للحصول على مظهر جمالي، عندئذ يجب زيادة سمك الجدار بمقدار مساوٍ لبروز التركيبة.
- تتطلب الجزر الوسطى الضيقة للطرق بشكل عام مواءمة الدعامة الوسطى للجزيرة الوسطى لتقريب انحراف الطريق. وفي الجزر الوسطى الأوسع، التي تصل إلى 18 مترًا أو أكثر، يمكن تعديل انحرافات الدعامة الوسطى. أما في الجزر الوسطى الضيقة للطرق السريعة التي ستخضع فيها الدعامة الوسطى للطلاء، يجب وضع الدعامة الوسطى الصلبة في الاعتبار.

### 5.4.9 المحامل

إن المحامل تسمح بحركة الجسر مع التحكم فيها، وبالتالي تقليل الضغوط التي تسببها الهياكل العلوية والهياكل السفلية.

- وتتمثل مراجع التصميم لتصميم محامل الجسر في:
  - تصميم المحامل، المطبوعة رقم (FHWA-IF-12-052) -المجلد 15
  - مواصفات تصميم الجسور الصادرة عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل (AASHTO)
- أنواع المحامل
  - المحامل المطاطية

- تعتمد الوسادات المطاطية العادية على الاحتكاك عند سطح التلامس لمنع الانتفاخ. وتكون الوسادات رقيقة لمنع انزلاق الوسادات تحت الإجهاد وبالتالي قد تستوعب قدرًا صغيرًا من النقل الأفقي.
- وتعتمد المحامل المصنوعة من المطاط المقوى بالفولاذ على وسادات مقواة بالفولاذ واحتكاك سطح التلامس لمنع الزحزحة. قد يتحمل المطاط المقوى بالفولاذ إجهادات ودورات أكبر من وسادات المحامل غير المقواة.

  - المحامل متعددة الدوران

- تحتوي المحامل الوعائية على قرص من المطاط ليتحمل ضغوط التحميل المرتفعة، مما يتسبب في تصرف القرص كسائل. تنتقل القوة العمودية من خلال قرص مطاطي عبر مكبس. وتنتقل الأحمال الأفقية عن طريق ملامسة وجه المكبس للجدار الوعائي.
- وتكون محامل القرص مقاومة أمام قوى الانضغاط والدوران ولكنها حرة في الانتفاخ. تتوزع القوى الأفقية من لوحة الحمل إلى دبوس القص المركزي أو الحلقة المقيدة.

  - المحامل الميكانيكية

- تعمل المحامل الميكانيكية على توزيع القوى العمودية والأفقية من خلال ملامسة المعدن لمعدن. توفر معظم المحامل الميكانيكية دبوسًا أو مفصلاً للسماح بالدوران أثناء تقييد الانتقال. كما أن المحامل من النوع المتأرجح أو الدائري أو المنزلق تعد أنواعًا شائعة للمحامل التي تسمح بالانتقال المطلوب

### 5.4.10 فواصل التمدد

صممت فواصل التمدد في الجسر للسماح بالحركة المستمرة بين الهياكل التي تستوعب الحركة والانكماش وتغيرات درجات الحرارة على الخرسانة المسلحة والخرسانة مسبقة الإجهاد والهياكل المركبة والفولاذية. وهي تحمي الجسر من الانحناء خارج مكانه في الظروف القاسية وتسمح بحركة أفقية كافية للسماح باستبدال المحمل دون الحاجة إلى تفكيك فاصل تمدد الجسر.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 5.4.10.1 أنواع الفواصل

- فواصل الحركة الصغيرة
  - موانع التسرب الانضغاطية

موانع التسرب الانضغاطية عبارة عن عناصر مطاطية تُصنع بشكل مستمر وتُركب داخل فجوة فاصل التمدد لإغلاق الفاصل بما يمنع تسرب الماء والحطام. وتثبت الفواصل الانضغاطية في مكانها عن طريق استخدام احتكاك جدار الأسطح العمودية

  - موانع التسرب السيليكون

موانع التسرب السيليكون عبارة عن موانع تسرب متينة مانعة لتسرب الماء وفعالة في مشاريع إعادة التأهيل والإصلاح. والعمر الافتراضي للنظام أقل من موانع التسرب الانضغاطية ولكنه أسهل في التركيب والصيانة.

- فواصل الحركة المتوسطة:
  - فواصل الألواح المنزلقة

عبارة عن لوحين متداخلين متصلين بالهياكل العلوية على كل جانب من جوانب اللوح. ولا تعد الفواصل حاجزًا فعالاً لمنع تسرب المياه، ولكنها توفر سطحًا دافعًا سلسًا عبر الفواصل. تجب مراعاة الحماية/التخفيف من عوامل التآكل عند استخدام فواصل الألواح المنزلقة، ويجب عدم استخدامها إلا بعد الحصول على موافقة الجهة العامة.

  - الفواصل ذات الموانع الشريطية

يتكون نظام الموانع الشريطية المطاطية من جلبة حشو مشكلة مسبقًا مقفلة ميكانيكيًا بزوايا فولاذية أو عناصر مدمجة في بلاطة أو خرسانة دعامة. ومن الضروري وجود كتلات خارجية في الخرسانة بسمك 180 مم لتركيبه.

  - فواصل الحركة الكبيرة
    - الفواصل ذات الأصابع الفولاذية

هي أكثر أنواع الفواصل شيوعًا ويتم تثبيتها في حالات الجسور المشدودة بكابلات. وتُصمم الفواصل ذات الأصابع الفولاذية لتحمل أحمال المرور الزائدة. غير أنها لا توفر مانعًا فعالاً لمنع تسرب المياه والحطام. ولا يمكن استخدام هذا النوع من الفواصل إلا بموافقة الجهة العامة.

    - فواصل التمدد الخلوية

تتكون من سلسلة من عوارض مركزية فولاذية أو خرسانية موجهة بالتوازي مع محور فاصل التمدد. تعلق الموانع الشريطية المطاطية أو الموانع من النوع الصندوقي على العوارض المركزية المجاورة، مما يمنع تسرب المياه والحطام. ويتم دعم العوارض المركزية بقضبان دعم، تمتد في الاتجاه الأساسي للحركة المتوقعة. كما يتم دعم قضبان الدعم بمحمل منزلق مركب داخل صناديق دعم. بوليترافلوروإيثيلين (PTFE) - تعمل واجهات الفولاذ المقاوم للصدأ الموجودة بين محامل الدعم المطاطية وقضبان الدعم على تسهيل عملية انتقال قضبان الدعم بدون عوائق حيث إن فجوة التمدد تفتح وتغلق. تستقر صناديق الدعم بشكل عام على وسادات خرسانية مصبوبة في مكانها أو جبس مركبة في الكتلات الخارجية مسبقة التشكيل.

## 5.5 المبادئ والإرشادات

### 5.5.1 متطلبات عامة

تسري المبادئ والإرشادات الواردة في هذا القسم على جميع الهياكل الواردة في الجدول A.5.0.

الخرسانة هي المادة المفضلة لهياكل النقل. وحسبما يكون مناسبًا، تُصمم الهياكل العلوية والهياكل السفلية في شكل عناصر خرسانية مسلحة أو خرسانية سابقة الإجهاد. كما أن الهياكل والمكونات التي يغطيها هذا القسم الفرعي تشمل الجسور الخرسانية المسلحة، والعوارض الخرسانية سابقة الشد ولاحقة الشد، والعبّارات (مجاري المياه السفلية) الخرسانية غير المسلحة والمسلحة، والدعامات الوسطى الخرسانية المسلحة، والأساسات، والجدران الساندة، والقواعد الخرسانية المنفصلة، والأعمدة المحفورة، وخوازيق الأساسات المدقوقة، وهياكل الأنفاق بالحفر والردم. ورغم أن الخرسانة هي المادة المفضلة لهياكل النقل، إلا أن المواد الفولاذية قد تكون أكثر ملاءمة في بعض الحالات.

### 5.5.2 نسب العمق إلى البحر

تعتمد نسبة العمق إلى البحر لكل هيكل على عوامل عديدة، من ضمنها البحر، ونوع التشييد، والجماليات، والتكلفة، والعمل المعيب، وقيود الخلوص العمودي. لأغراض التخطيط والتصميم الأولي، يمكن استخدام نسبة العمق إلى البحر المدرجة أدناه في تعيين خطوط الدرجات عند فواصل الدرجات:

- جسور الطرق السريعة:
  - بحور متعددة بطول 35 مترًا أو أقل، استخدام 0.06.
  - بحور متعددة بطول 35 مترًا أو أقل، استخدام 0.06.
  - بحور فردية بطول يصل إلى 35 مترًا، استخدام 0.04.
- أنفاق السكك الحديدية (لا تشمل البعد 0.6 متر بين قمة سطح الجسر وقمة مسار القضبان المثقوبة):
  - بحور فردية بطول يصل إلى 35 مترًا، استخدام 0.08.
  - بحور متعددة بطول 25 مترًا أو أقل، استخدام 0.075.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

5.5.3 عمر التصميم

يكون الحد الأدنى المستهدف لعمر جميع هياكل النقل التي يغطيها هذا القسم 75 عامًا.

5.5.4 الانحراف

يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى لانحراف هياكل المجموعات 3 و4 و5 30 درجة، ما لم يكن مقيدًا بظروف قاسية في موقع الهيكل. ويتطلب أي انحراف أكبر من 30 درجة موافقة الجهة العامة. قد تتسبب المواءمات المنحرفة بشدة في حدوث مشكلات في الرفع والتصاميم الزلزالية ومشكلات في الصيانة.

5.5.5 الدعامات الطرفية

تتطابق أساسات جدران الأجنحة مع نوع أساس الدعامة الطرفية، ويجب أن يكون للدعامة الطرفية المدعومة بخازوق دائمًا جدران أجنحة مدعومة بخوازيق، إلا إذا تم استخدام جدار مستقر ميكانيكيًا مع دعامة طرفية بها خازوق.

5.5.6 المحامل

- يجب التفكير في المحامل المطاطية أولاً، ويمكن استخدام الأنواع الأخرى إذا تم توضيح مزاياها التي تجعلها أفضل من المحامل المطاطية أثناء التصميم الأولي. وتعد المحامل الوعائية ثاني أفضل خيار.
- تحتوي الهياكل متعددة البحور على محامل من النوع الثابت عند دعم دعامة وسطى واحدة وأنواع تمدد في جميع الهياكل الأخرى. تكون الدعامة الوسطى الثابتة في المنتصف أو بالقرب من المنتصف، بين فاصلي التمدد.
- توفير مقاعد عريضة عند نهايات البحور في الدعامات الطرفية والوسطى للسماح بعمليات إزاحة كبيرة دون فك البحور. كما يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض المقعد أكبر من 220 مم أو الحد الذي يتم تحديده على أساس التحليل الزلزالي.

5.5.7 الترتيبات

- بالنسبة للجسور ذات البحر الفردي، يجب استخدام هياكل دعامات طرفية مدعومة أو متكاملة.
- تصبح الجسور ذات البحور المتعددة مستمرة لتحمل الحمل المباشر فوق الدعامات الداخلية، مع أقصى طول للبحر الذي يلبي المتطلبات المنصوص عليها في هذا القسم ومواصفات التهيئة التي تلبي المتطلبات الجمالية للمشروع.

5.5.8 فواصل التمدد

يجب ألا تزيد المسافة بين أي فاصلي تمدد على السطح عن 90 مترًا. الفواصل من النوع الخلوي هي فواصل التمدد المفضلة للهياكل، ما لم يتم فرض نوع معين في التصميم أو تقديم منظومات أخرى ذات مزايا ترضي الجهة العامة.

5.5.9 العوارض العرضية

تصمم جميع الهياكل العلوية للمجموعات 3 و4 و5 بعارضتين عرضيتين طرفيتين وعارضة عرضية وسطى واحدة على الأقل، اعتمادًا على طول بحر الهيكل. وبالنسبة للبحر الذي يقل طوله عن 17 مترًا، تُحدد عارضة عرضية وسطى واحدة على الأقل في مركز البحر. أما بالنسبة للبحر الذي يبلغ طوله 17 مترًا أو أكثر، فيُوفر ما لا يقل عن 3 بحور وسطى عند نقاط منتصف طول البحر وربعه.

5.5.10 الدعامات الوسطى

- توضع الدعامات الوسطى فوق المياه الصالحة للملاحة بحيث تكون محاورها الطولية موازية للاتجاه الرئيس لتدفق المياه.
- تحدد الحاجة إلى حماية دعامات الجسر الوسطى من تأثير السفن بناء على التحريات في الموقع المحدد الذي يحتمل حدوث مثل هذا الحدث فيه.

5.5.11 الدرابزين

- تستخدم الدرابزينات ذات المقطع المنحني والقضبان/ الأفاريز المنحنية مباشرة أمام الحواجز الخرسانية أو أسيجة الحماية أو أسوار المرور على جميع الهياكل. وينبغي أن يساوي ارتفاع المقطع المنحني ارتفاع الممر الفرعي أو يتجاوزه.
- ينبغي أن تلبي كل من أسوار الجسر وأسوار الانتقال على الهياكل متطلبات اختبار التصادم الواردة في تقرير البرنامج الوطني التعاوني لبحوث الطرق NCHRP 350 أو غيرها مما تقبله الجهة العامة.

5.5.12 **بلاطات الصعود أو الهبوط**



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

يتم توفير بلاطات الصعود والهبوط خلف الدعامات الطرفية للحماية من قابلية مواد تربة الردم للاستقرار خلف الدعامات الطرفية، وتسهيل الانتقال من الهيكل إلى الرصف وبالعكس.

5.5.13 البيئة والسلامة

- التحكم بعوامل التآكل
  - تصمم هياكل النقل لتحمل البيئات البحرية أو المسببة للتآكل أو أي ظروف شديدة أخرى تتعرض لها. تُعالج حماية الخرسانة بشكل مناسب من خلال تحديد مواد الخرسانة والفولاذ أو سماكة الغطاء أو توفير طرق حماية أخرى أو من خلالها جميعًا. ويتضمن هذا الدليل الحماية من تآكل الخرسانة.
  - تُؤمن الحماية لقضبان التسليح المكشوفة ومسارات التمديدات الداخلية والألواح المعدة للربط مع التوسعات المستقبلية من التآكل بالخرسانة أو أي غطاء مناسب آخر تقبله الجهة العامة.
  - تُؤمن أيضًا الحماية لمراسي التثبيت والتجهيزات النهائية والمقرنات والأوتار المكشوفة من التآكل بوسائل مناسبة تقبلها الجهة العامة.
  - تُجرى عمليات الحرق أو اللحام التي تتم بالقرب من أوتار الإجهاد بحذر، بحيث لا تتعرض الأوتار لدرجات حرارة مفرطة أو شرارات لحام أو تيارات أرضية.
  - تكون عملية تغليف الأوتار أو تطويقها أو طلائها مستمرة على كامل الطول غير المتماسك، وينبغي أن تمنع تسرب خليط الأسمنت أثناء صب الخرسانة.
- التحكم بالعناصر
  - تزود مقاطع العوارض الصندوقية المغلقة بفتحات تهوية سفلية بقطر 25 مم، تكون عند الأطراف السفلية للعوارض لتخفيف ضغط الهواء ومنع تراكم الماء الذي قد يحبس عرضيًا داخل الصندوق.
  - من المتوقع أن تتأثر الهياكل في المناطق القاحلة بالعمليات الثلاثة التالية المرتبطة بتأثير الرياح على تضاريس هذه المناطق، وهي التعرية والحت والكثبان الرملية. التعرية هي رفع الرواسب الجافة السائبة (من الطمي الناعم وحتى الرمل الخشن) أو دحرجتها ونقلها لاحقًا بفعل الرياح. ونظرًا لأن الطمي والرمل اللذين تحركهما الرياح يؤثران على سطح الهيكل المكشوف، تخلق هذه العملية شكلاً من أشكال تأثير السفع الرملي الطبيعي يسمى الحت. وتتشكل الكثبان الرملية عندما تواجه الرياح التي تحمل حمولة من الرواسب حاجزًا معوقًا، فتقل سرعة الرياح وبالتالي تتراكم الرواسب على شكل تل من الرمال على الجانب المحجوب من الرياح من الحاجز. يتضمن تصميم الهياكل وإنشاؤها في المناطق القاحلة أحكامًا للتخفيف من الآثار السلبية للتعرية والحت والكثبان الرملية على الهياكل قدر المستطاع عمليًا، بالإضافة إلى صيانتها. ومن الأمثلة على هذه الأحكام زيادة عمق العبارات لأخذ تراكم الرمال عند المدخل بالاعتبار.
- التحكم في الضوضاء
  - يجب التخفيف من تأثير ضوضاء الطريق السريعة داخل المناطق الحضرية من خلال توفير منظومات حواجز الصوت، المصممة لتلبية متطلبات الجهة العامة للحد من الضوضاء في موقع الجسر.
- السلامة
  - تُصمم الهياكل فوق السكك الحديدية وفق أحكام توفر الحماية لعناصر بنيتها التحتية من ارتطام قطار خرج عن مساره. تم تضمين هذه الأحكام في الجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق AREMA.
  - تُصمم الهياكل لتحمل القوى التي تحدث في العناصر الإنشائية نتيجة ارتطام العربة العرَضي. تشمل العناصر التي تغطيها هذه المتطلبات كتائف السطح بسبب الارتطام العرَضي بالحاجز الخرساني، والدعامات التي تتكون من عمودين أو أقل، بما في ذلك الحاملة للكمرة، والتي يتم وضعها في نطاق أقل من 9 أمتار من حافة الطريق وتكون غير محمية بوسائل أخرى من ارتطام العربة العرَضي. تكون قوة الارتطام ونقطة التطبيق على الدعامة كما هو محدد لحواجز المرور.
  - ينبغي حماية الدعامات في المياه الصالحة للملاحة من ارتطام السفن كلما ثبت احتمال وقوع مثل هذا الحدث. الوثيقة المرجعية لذلك هي مواصفات دليل AASHTO وشروحه بشأن تصميم جسور الطرق السريعة ضد تصادم السفن، الإصدار الثاني، المرحلي لعام 2010.

5.6 معايير التصميم ومتطلباته

5.6.1 متطلبات عامة

- الغرض من الوثيقة
  - يفرض هذا القسم معايير تصميم الهياكل ومتطلباته لتلبية المتطلبات المحددة هنا للمتانة والقوة والصلابة والاستقرار وإمكانية الخدمة لضمان التشغيل الطويل والآمن لمركبات الطرق السريعة على تلك الهياكل.
- مجال التطبيق
  - ينطبق هذا القسم على جميع هياكل النقل، باستثناء تلك المستثناة في القسم الفرعي 5.1.2
  -

5.6.2 معايير التصميم

- المعايير الرئيسة



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يعتمد تصميم وبناء جميع هياكل النقل المستعملة على متطلبات هذا القسم ومعايير الهياكل القائمة؛ كما هو مذكور في هذا القسم. عندما تتعارض المتطلبات المنصوص عليها في أي وثيقة مرجعية مع متطلبات هذا القسم، تكون الغلبة للمتطلبات الأكثر صرامة ما لم يُذكر خلاف ذلك في هذه الوثيقة ويتطلب موافقة الجهة العامة. المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لمسؤولي الولاية للنقل والطرق السريعة ووزارة النقل هي المعايير الرئيسية لتصميم هياكل النقل وإنشائها.

- معايير السلطات
  - يعتمد تصميم هياكل المجموعتين 1 و2 وبناؤها على معايير التصميم التي تعتمدها السلطة التي لها الولاية على الهياكل، حسب الاقتضاء.
- المعايير البديلة
  - في حالة عدم وجود معايير مناسبة، بسبب كون التصميم غير تقليدي أو إدخال ميزات غير شائعة، يمكن اقتراح معايير بديلة. ومع ذلك، ينبغي تقديم المستندات والأدلة الداعمة للمعايير المقترحة إلى الجهة العامة لمراجعتها والموافقة عليها.
- عدم وجود معايير مناسبة
  - في حالة عدم وجود معايير مناسبة (بسبب إدخال تقنية أو مكونات جديدة أو تطبيق حديث على سبيل المثال)، ينبغي إجراء تقييمات للمخاطر، مدعومة ببيانات تجريبية وتطويرية، قبل اعتماد المكون أو التقنية لاستخدامها من قبل الجهة العامة.

### 5.6.3 طرق التحليل

- يتم الحصول على قوى العنصر والضغوط والتشوهات تحت أحمال التصميم المحددة في هذا القسم من خلال طرق تحليل مرنة معترف بها مقبولة من الجهة العامة.
- تستخدم طرق التحليل غير المرنة فقط عند الإشارة إليها في هذا القسم أو عندما تكون مطلوبة/ موصى بها في معايير التصميم المشار إليها في القسم.
- يراعى تفاعل بنية التربة عند تصميم الهياكل المدفونة المرنة، مثل منظومات القوس سابقة الصب الخاصة.

### 5.6.4 طرق التصميم

- يعتمد تصميم هياكل النقل على الطرق التالية:
  - الهياكل الخرسانية المسلحة - طريقة تصميم عامل الحمل والمقاومة (LRFD)
  - الهياكل الخرسانية سابقة الإجهاد - طريقة تصميم أحمال الخدمة مع التحقق من القوة المطلقة
  - الدعامات الطرفية، وكمرات التغطية، وهامات الخوازيق، والدعامات الوسطى - طريقة تصميم عامل الحمل والمقاومة مع التحقق من إمكانية الخدمة.
  - الأساسات - طريقة تصميم أحمال الخدمة
  - الأعمدة المحفورة - طريقة تصميم أحمال الخدمة
  - الخوازيق المدقوقة - طريقة تصميم أحمال الخدمة
  - الهياكل الفولاذية - طريقة تصميم عامل الحمل والمقاومة
- تُصمم هياكل المجموعتين 1 و3 فوق قنوات الصرف مع الاهتمام بهياكل الصرف المجاورة، لمنع احتمال حدوث تجاوز سعة القناة والفيضان.
- تحدد مقاسات المجموعتين 1 و3 فوق قنوات الصرف بناء على متطلبات التصميم الهيدروليكي والخلوص المحدد. يعتمد اختيار أحجام هياكل العبارات غير المسلحة أيضًا على التصميم الهيدروليكي، وليس على ارتفاع الحشو فوق العبارة.
- تُصمم هياكل أنفاق الحفر والتغطية وفقًا لمنشور إدارة الطرق السريعة الفدرالية الأمريكية FHWA-1-10-034 - NH، "الدليل الفني لتصميم أنفاق الطرق وإنشائها".

### 5.6.5 متطلبات القوة

- الفولاذ
  - فولاذ التسليح
    - يكون فولاذ التسليح المستخدم في إنشاء الهياكل العلوية لهياكل النقل وفقاً لمتطلبات القسم الفرعي 5
    - الحد الأدنى لنقطة مقاومة الخضوع للفولاذ = 420 ميجا باسكال 2) فولاذ سابق الإجهاد
    - يكون قطر الفولاذ سابق الإجهاد المستخدم في إنشاء هياكل النقل 12.5 ملم "ضفيرة منخفضة الاسترخاء عالية الشد ومسحوبة على البارد ومؤلفة من سبعة أسلاك للخرسانة سابقة الإجهاد" كما هو محدد في ASTM A416، درجة 270 مع القوة القصوى= 1860 ميجا باسكال.
    - يسمح باستخدام الضفائر مقاس 15.24 ملم للعناصر لاحقة الشد المصبوبة في المكان فقط.
- الخرسانة
  - استعمال الخرسانة المسلحة:

تتمتع قوة الخرسانة المستخدمة في إنشاء هياكل النقل من الخرسانة المسلحة بالحد الأدنى التالي من قوة الأسطوانة المحددة:

- السطح باستثناء الحواجز مقاومة الانضغاط = 40 ميجا باسكال



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الدعامات الطرفية مقاومة الانضغاط = 35 ميجا باسكال
- الدعامات الوسطى باستثناء القواعد مقاومة الانضغاط = 35 ميجا باسكال
- الأعمدة المحفورة مقاومة الانضغاط = 35 ميجا باسكال
- كل الباقي مقاومة الانضغاط = 27.5 ميجا باسكال

- تطبيقات الخرسانة لاحقة الشد:

تتمتع قوة الخرسانة المستخدمة في إنشاء هياكل النقل من الخرسانة لاحقة الشد بقوة الأسطوانة التالية:

- الحد الأدنى الأولي مقاومة الانضغاط = 28.5 ميجا باسكال
- الحد الأدنى النهائي مقاومة الانضغاط = 35 ميجا باسكال
- الحد الأعلى النهائي مقاومة الانضغاط = 41 ميجا باسكال

- تطبيقات الخرسانة سابقة الشد:

تتمتع قوة الخرسانة المستخدمة في إنشاء هياكل نقل الخرسانة سابقة الإجهاد بالحد الأدنى التالي من قوة الأسطوانة التالية:

- الحد الأدنى الأولي مقاومة الانضغاط = 28.5 ميجا باسكال
- الحد الأعلى الأولي مقاومة الانضغاط = 31.4 ميجا باسكال
- الحد الأدنى النهائي مقاومة الانضغاط = 35.3 ميجا باسكال
- الحد الأعلى النهائي مقاومة الانضغاط = 41 ميجا باسكال

يتطلب استخدام قوة خرسانية أعلى من تلك المحددة في هذا القسم موافقة الجهة العامة.

### 5.6.6 متطلبات الغطاء الخرساني

ينبغي توفير الحد الأدنى من الغطاء الخرساني التالي:

- الخرسانة المعرضة للمياه المالحة ومنطقة الرذاذ 75 ملم
- الخرسانة لجميع عناصر الهيكل السفلي الملامسة للتربة الأرضية 75 ملم.
- خرسانة جميع عناصر الهيكل السفلي المعرضة لعوامل الطقس 75 ملم.
- خرسانة الهيكل العلوي المصبوبة في المكان والمعرضة لعوامل الطقس 50 ملم.
- الوجوه الداخلية للصناديق الخرسانية لاحقة الشد 50 ملم.
- عناصر الهيكل العلوي سابقة التجهيز، الخارج 50 ملم
- عناصر الهيكل العلوي سابقة التجهيز، الوجوه الداخلية 40 ملم.

### 5.6.7 أحمال التصميم

تُصمم هياكل النقل لجميع الأحمال المدرجة تحت هذا القسم.

#### 5.6.7.1 الأحمال القياسية

تُصمم هياكل النقل لتطبيق الأحمال التالية:

- الأحمال الميتة والأحمال الميتة المتراكبة (D)
- الأحمال الحية (L)
- الأحمال الصدمية (I)
- حمل الرياح على الهيكل (W)
- حمل الرياح (WL)
- قوة الطرد المركزي (CF)
- القوة الطولية من الحمل الحي (LF)
- الحمل الجانبي للأرض (EH)
- القوة الطولية بسبب مقاومة الاحتكاك أو القص عند محامل التمدد (F)
- القوى الأخرى (تقصير الضلع، الانكماش، درجة الحرارة أو تسوية الدعم أو كلها) (OF)
- قوى الزلازل (EQ)
- ضغط تدفق التيار المائي (SF)
- الطفو (B)
- قوى الإجهاد السابق (PS).

تُصمم عناصر الهيكل بناءً على مجموعة الأحمال والقوى التي يمكن أن تحدث في وقت واحد فتؤدي لظروف التصميم الأكثر حرجًا كما هو محدد في الأكواد القياسية. بالإضافة إلى ذلك، تُصمم هياكل النقل أيضًا للأحمال غير القياسية المحددة في هذا القسم.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الأحمال الميتة (D)
  - تتألف الأحمال الميتة من الوزن الذاتي المقدر للهيكل والأحمال الميتة المتراكبة التي يدعمها، مثل وزن السطح الخرساني والعوارض العرضية والمرافق ومنظومة السكك الحديدية. تستخدم أوزان الوحدة أدناه لحساب الأحمال الميتة على الهياكل.
    - الفولاذ 78 كيلو نيوتن/ م$^3$
    - الخرسانة المسلحة 24 كيلو نيوتن/ م3
    - الخرسانة سابقة الإجهاد 24 كيلو نيوتن/ م3
    - الحشوة الترابية 19 كيلو نيوتن/ م3
    - الخرسانة الإسفلتية 22 كيلو نيوتن/ م3
    - الماء 9.81 كيلو نيوتن/ م3
  - تُصمم الهياكل المصممة بحيث تُغطى بسطح خرساني مقاوم للتآكل لتحمل وزن إضافي للسطح المستقبلي المقاوم ويحسب على أساس 7.5 كجم/ م3.
  - تُحسب الأحمال المتراكبة الناشئة عن أعمدة الإنارة وخطوط المرافق والأسيجة وحواجز الضوضاء وما إلى ذلك على الهيكل بناءً على أحجام المواد المحددة وأوزان الوحدات.
  - يكون الحد الأدنى للأحمال الميتة المتراكبة بسبب العزل المائي والغطاء الواقي 1 كيلو نيوتن/ م2.
- الأحمال الحية (L)
  - مجموعات الهياكل 1 و2 و3

    تُصمم هياكل النقل للمجموعات 1 و2 و3 من نوع العبارات باستخدام نماذج الأحمال الحية لوزارة النقل.
  - مجموعات الهياكل 3 و4 و4

    تُصمم هياكل النقل للمجموعات 3 و4 و5 باستخدام نماذج الأحمال الحية لوزارة النقل ومتطلبات تصميم الجسور للجمعية الأمريكية لمسؤولي الولاية للنقل والطرق السريعة القياسية لتوزيع الأحمال الحية.
  - تشبه إعدادات عربة وزارة النقل إعدادات HS-20، ولكن إجمالي الوزن القائم لعربة وزارة النقل أعلى بكثير من وزن عربة HS-20.
  - تُصمم جميع الهياكل الموضوعة على مسار الوحدة النمطية بناء على معايير الأحمال الحية المحددة من قبل الجهة العامة.
  - الأحمال الحية للأرصفة والدرابزينات
    - يكون الحد الأدنى للأحمال الحية على أرصفة الجسر كما هو محدد في المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لمسؤولي الولاية للنقل والطرق السريعة.
    - بالإضافة إلى الأحمال الحية القياسية على حارات المرور، تُحلل هياكل حارة واحدة مع الأرصفة لمرور العربة العرضي على الرصيف.
    - يكون الحمل الجانبي على الدرابزين من حركة المشاة 1.5 كيلو نيوتن/ م مطبقًا عند أعلى الدرابزين.
  - إدارة الأحمال الحية (L)
    - تشتمل الأحمال الحية التصميمية للمجموعات من 1 إلى 5 على سيناريوهات تحميل مختلفة لزيادة تأثيرات الأحمال إلى أقصى حد على العنصر المراد تصميمه. ويشمل ذلك التحميل اللامركزي، وتحميل الحارة المرورية البديلة، وتحميل البحر البديل، وتحميل الرياح اللامركزي.
    - بالنسبة للجسور الموجودة على المنحنيات، ينبغي أخذ الاحتياطات للنسبة المتزايدة للحمل الذي تحمله العناصر الهيكلية الرئيسية بسبب الانحراف المركزي للحمل.
  - توزيع الأحمال الحية
    - بالنسبة للمجموعات من 1 إلى 5، يعتمد توزيع الأحمال الحية على مواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية.
    - في تحليل الكمرات الخطية، توزع الأحمال الحية للمجموعات 3 و4 و5 وفقًا لمتطلبات مواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية.
- الأحمال الصدمية (I)
  - تحسب الأحمال الصدمية للمجموعات 3 و4 و5 وفقًا لمتطلبات مواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية.
  - يحدد طول البحر L في معادلة عامل الارتطام للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، المعرف على أنه طول البحر الحر الفعال بين الأعمدة أو الدعامات، على النحو التالي:
    - بالنسبة للهياكل البسيطة، مثل طول البحر الذي تم تحليله للقيمة الموجبة،
    - بالنسبة للهياكل المستمرة، مثل الطول المتوسط للبحور المجاورة للقيمة السالبة.
    - بالنسبة للهياكل المستمرة، تطبق قيمة الاصطدام المحسوبة لأقصر بحر على البحور المتبقية في الهيكل.
  - لا يتم تضمين الحمل الصدمي في تصميم الأساسات والدعامات الطرفية وغيرها من هياكل سند التربة.
- حمل الرياح



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تؤمن الجهة العامة سرعة الرياح الأساسية المستخدمة لتحديد حمل الرياح على الهياكل والأحمال الحية بناء على الموقع الفعلي للمشروع.

- خلفية حمل الرياح
  - إذا قبلت الجهة العامة الزيادة في سرعة الرياح التصميمية، تُسجل سرعة الرياح الزائدة في مستندات التصميم وتُوضَح في المخططات.
  - تعتمد أحمال الرياح في الأقسام التالية على الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل والجمعية الأمريكية لهندسة السكك الحديدية وصيانة الطرق ومعهد الخرسانة الأمريكي 358.

- حمل الرياح على الهيكل (W)
  - حمل الرياح على الهيكل العلوي

يتم تضمين ضغط الرياح على الهياكل كجزء من حمل الرياح على الهيكل على النحو التالي:

- بالنسبة للهياكل التي يقع فيها الجزء السفلي للعوارض على ارتفاع (H) لا يزيد عن 9.0 متر فوق سطح الأرض الطبيعية أو مستوى الردم أو الماء، يطبق ضغط رياح عرضي موحد يبلغ 2.36 كيلو نيوتن/م2 ، وضغط رياح طولي يبلغ 0.59 كيلو نيوتن / م2 في الوقت نفسه على الهيكل العلوي. تطبق الضغوط على المنطقة المكشوفة من الهيكل العلوي المسقطة على مستوى عمودي موازٍ للمحور الطولي للهيكل. بالنسبة للهياكل التي يزيد ارتفاعها عن 9.0 أمتار، تكون الضغوط المحددة أعلاه كما يلي:

**الارتفاع = 9.0 م إلى 17.0 م:**
ضغط الريح المستعرض 2.65 كيلو نيوتن/ م$^2$
ضغط الرياح الطولي 0.69 كيلو نيوتن/ م$^2$
**الارتفاع = 17.0 م إلى 25.0 م:**
ضغط الريح المستعرض 2.9 كيلو نيوتن/ م$^2$
ضغط الريح الطولي 0.74 كيلو نيوتن/ م$^2$

- بالنسبة للهياكل التي يزيد ارتفاعها عن 25.0 مترًا، يحدد ضغط الرياح على أساس كل هيكل على حدة، كما هو محدد في أكواد التصميم المعتمدة. بالنسبة للهياكل الخاصة، قد تطلب الجهة العامة المزيد من التحريات حول أحمال الرياح باستخدام طرق غير تلك المحددة بموجب أكواد التصميم المعتمدة.
- يتم افتراض أن ناتج ضغوط الرياح المستعرضة يعمل في أي اتجاه عرضي، حيث يعمل من خلال النقطة الوسطى للمنطقة المكشوفة الموازية للمحور الطولي للهيكل.
- في تصميم الهيكل السفلي، يؤخذ بالاعتبار حمل إضافي للرياح كقوة صاعدة في شكل حمل خطي يطبق عند نقطة ربع اتجاه الريح للعرض المستعرض للهيكل العلوي، ويقاس من السطح المعاكس لاتجاه الريح. تكون مدى هذه القوة الرأسية 0.98 كيلو نيوتن/م$^2$ من مساحة المخطط المكشوف من الهيكل.

  - حمل الرياح على الهيكل السفلي

يتم تضمين الرياح على الهيكل السفلي في الحمل على النحو التالي:

- يتم تصميم الهيكل السفلي لتحمل الأحمال السابقة من الهيكل العلوي بالإضافة إلى الأحمال الحية. علاوة على ذلك، يطبق ضغط رياح منتظم وعمودي يبلغ 1.92 كيلو نيوتن/م$^2$، يعمل في أي اتجاه، على النقطه الوسطى للوجه المكشوف للهيكل السفلي المسقطة على مستوى عمودي.

  - حمل الرياح على الأحمال الحية (WL)

- بالنسبة لحركة المرور على الهياكل التي لا يتجاوز ارتفاعها (H) 9.0 أمتار فوق الميول أو الأرض الطبيعية أو الردم أو مستوى الماء، تتكون الرياح على الأحمال الحية من حمل رياح عرضية يبلغ 1.45 كيلو نيوتن/م وحمل رياح طولية يبلغ 0.58 كيلو نيوتن/م. تُطبق هذه الأحمال في وقت واحد. تطبق القوة المستعرضة على الهيكل العلوي كأحمال مركزة تعمل من خلال مستوى يقع على ارتفاع 1.8م فوق الارتفاع العلوي للهيكل العلوي. تُطبق القوة الطولية على الهيكل العلوي كحمل موزع بشكل موحد على طول البحر، وتعمل ضمن مستوى أفقي يقع على ارتفاع 1.8م فوق الارتفاع العلوي للهيكل العلوي. بالنسبة للهياكل التي يزيد ارتفاعها عن 9.0م، تكون القيم العرضية والطولية لحمل الرياح على النحو التالي:

**الارتفاع = 9.0 م إلى 17.0 م:**
ضغط الرياح المستعرض 5.31 كيلو نيوتن/م
ضغط الرياح الطولي 1.33 كيلو نيوتن/م

**الارتفاع = 17.0 م إلى 25.0 م:**
ضغط الرياح المستعرض 5.75 كيلو نيوتن/م
ضغط الرياح الطولي 1.42 كيلو نيوتن/م

- بالنسبة لحركة المرور على الهياكل التي يزيد ارتفاعها عن 25.0 م، يحدد ضغط الرياح كل هيكل حده، كما هو محدد بموجب
- أكواد التصميم المعتمدة. بالنسبة للهياكل الخاصة، قد تطلب الجهة العامة المزيد من التحريات حول أحمال الرياح باستخدام طرق غير تلك المحددة بموجب أكواد التصميم المعتمدة.
- تُراعى الأحمال المذكورة أعلاه في تصميم عناصر الهيكل السفلي التي تدعم حارة مرورية واحدة.
- لتصميم عناصر الهيكل السفلي التي تدعم حارتين مروريتين، تُزاد الأحمال بنسبة 30 بالمائة عند تحميل حارتين مروريتين.

- قوة الطرد المركزي (CF)



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تُصمم الهياكل على المنحنيات لقوة شعاعية أفقية (قوة الطرد المركزي) المحددة كنسبة مئوية من الأحمال الحية، بدون اصطدام، في جميع الحارات المرورية التي تم الحصول عليها كما هو موضح أدناه (الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل).

$$C = 7.865 \times 10^{-3} S^2 / R$$

حيث إن:

C = قوة الطرد المركزي بالنسبة المئوية من الأحمال الحية

R = نصف قطر الانحناء (م)

S = السرعة المسموح بها (كم/ ساعة)

- تطبق قوة الطرد المركزي التي تم الحصول عليها باستخدام النسب المئوية المذكورة أعلاه أفقياً من خلال نقطة تعلو السطح العلوي للطريق بمقدار 1.8 م، مقاسة على طول خط عمودي على خط مركز الطريق.
- تحمل مسارب المرور وفقًا لأحكام الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل بعربة قياسية واحدة على كل مسرب مروري، موضوعة في موضع التحميل الأقصى.

- القوة الطولية (LF)
  - يأخذ تصميم الهياكل في الاعتبار قوة طولية بسبب تسارع حركة المرور وتباطؤها بما يعادل 5 في المائة من تلك المحددة للأحمال الحية في جميع الحارات المرورية التي تحمل حركة مرور وتتجه في الاتجاه نفسه، بغض النظر عن اتجاه السير على الحارات المرورية. تعتمد الأحمال الحية على حمل الحارة المرورية بالإضافة إلى الحمل المركز للحظة التطبيق، دون اصطدام وبتقليل الممرات المحملة المتعددة على النحو المحدد في الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل. تطبق القوة كقوة طولية يُفترض أنها تعمل داخل مستوى أفقي على ارتفاع (1.8 متر) من بلاطة الأرضية ويتم نقلها إلى الهيكل السفلي من خلال الهيكل السفلي. يتم افتراض أن القوة تعمل في أي اتجاه على طول الهيكل.
  - توزع القوة الطولية الفعالة على المكونات المختلفة للهيكل الداعم، مع مراعاة صلابتها النسبية. تستخدم مقاومة الردم خلف الدعامات الطرفية عند الاقتضاء. تراعى أيضًا الآليات (المحامل، أجهزة نقل الأحمال، وغيرها) المتاحة لنقل القوة إلى المكونات المختلفة في التحليل لتوزيع القوة الطولية.
  - في الهياكل الحساسة الالتوائية، مثل الدعامات الوسطى ذات العمود الواحد، يأخذ التصميم في الاعتبار سيناريو القوة الطولية المطبقة في وقت واحد في اتجاهات متعاكسة.
- الحمل الجانبي للأرض (EH)
  - (أ) تُصمم الهياكل، حسب الاقتضاء، لمقاومة الحمل الجانبي بسبب ضغط التربة. عندما يمكن أن تصبح التربة المحتجزة مشبعة، تقدر هذه القوى بناء على معادلة رانكين، مع إهمال احتكاك الجدار:

$$P_a = 0.5 H^2 y K_a$$

حيث إن:

$P_a$ = الدفع النشط (كجم/ م)

Y = وزن وحدة حشوة التربة المحتجزة (كجم/م$^3$)

H = الارتفاع الذي يعمل عليه الدفع الأرضي (م)

$K_a$ = معامل الضغط النشط

$K_a$ = Ka (β ,ϕ)

β = زاوية ميل المنحدر على الأفق

ϕ = زاوية الاحتكاك الداخلي

  - بالنسبة للتربة المحتجزة الجافة، يتم تضمين احتكاك الجدار، ويقدر ضغط التربة بناء على معادلة كولوم المعطاة بواسطة:

$$P_a = 0.5 H^2 y K_a$$

حيث إن:

PA = الضغط النشط (كجم/ م)

y = وزن وحدة حشو التربة المحتجزة (كجم/م$^3$)

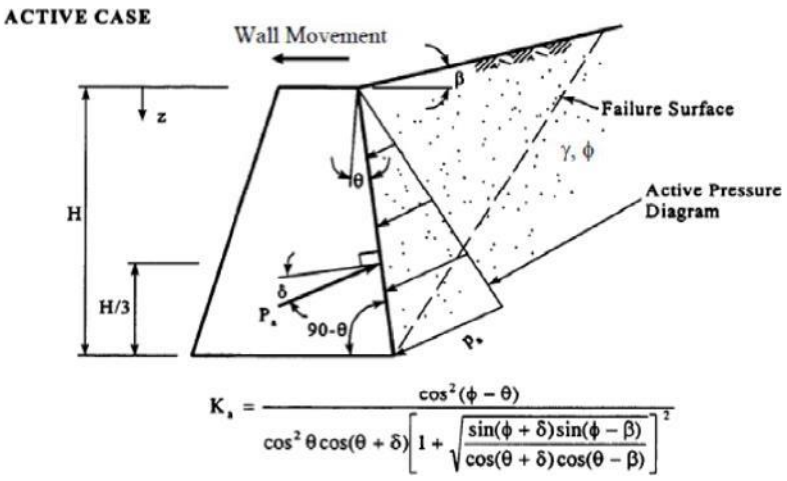
H = الارتفاع الذي يعمل عليه ضغط التربة (م)

$K_a$ = معامل الضغط النشط

Ka = Ka (δ,α)



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند




$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \beta)}}\right]^2}$$

α = زاوية ميل الوجه الخلفي للجدار بالنسبة إلى الأفق
δ = زاوية احتكاك الجدار

- وفقًا للقسم 3.11.5 من الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، تعتمد معاملات ضغط التربة المعتمدة في التصميم على نوع الجدار ودرجة حركته. تعتمد معاملات ضغط التربة أيضًا على أنواع التربة (الحبيبية أو المتماسكة)، وحالة الثبات، إلخ. قد لا تكون معادلة رانكين مناسبة اعتمادًا على ما سبق، الأرض المنحدرة، إلخ. تكون الأعمال المعمارية والهندسية قادرة على تحديد هذه القيود على معادلة رانكين، وتقديم التوصية بطرق بديلة إلى الجهة العامة للموافقة عليها في حالة ظهورها.

- مقاومة القص عند محامل التمدد (F)
  - تصمم الهياكل بشروط تستوعب القوى الناتجة عن مقاومة الاحتكاك أو القص عند محامل التمدد.
- قوى أخرى (OF)
  - تصمم هياكل النقل لمقاومة جميع القوى المطبقة بسبب انكماش الخرسانة (S)، أو ترييح الدعامات، أو تقصير الضلع (R)، أو التركيب، أو أي أحمال أخرى من المتوقع أن تعمل على الهيكل وغير مدرجة في هذا الدليل.
- القوى الحرارية (T)
  - تؤخذ القوى والتشوهات الناتجة عن التغيرات في درجات الحرارة بالاعتبار.
  - يراعى الحد الأقصى لتفاوت درجات الحرارة المتوقع ومعاملات التمدد الحراري على النحو التالي (يتحقق المعماري/المهندس من القيم المحددة للمشروع):
    - الخرسانة:

| | |
|---|---|
| تفاوت درجات الحرارة | 70 درجة مئوية بين الحد الأقصى والأدنى |
| معامل التمدد | 5-10x1.08 سم/ (سم-˚ مئوية) |
| ارتفاع درجة الحرارة | 40 درجة مئوية |
| انخفاض درجة الحرارة | 30 درجة مئوية |
| معامل التمدد | 5-10x1.17 سم/ (سم-˚ مئوية) |

  - تفترض الزيادة بمقدار 40 درجة مئوية والانخفاض بمقدار 30 درجة مئوية في درجة الحرارة أن درجة الحرارة الخالية من الإجهاد (درجة الحرارة التي يتم فيها صب الهيكل) تبلغ حوالي 30 درجة مئوية.
  - تعتمد القوى الحرارية في جسور العوارض الصندوقية الخرسانية بسبب اختلاف درجات الحرارة بين أعلى السطح والبلاطة السفلية على تدرج في درجة الحرارة مقداره 20 درجة مئوية.
  - تكون نسبة رطوبة الهواء في التصميم 70 بالمائة.
- قوى الزلازل (EQ)
  - تُصمم هياكل النقل التي تحمل أحمال الطرق السريعة على الأحمال الزلزالية بناء على متطلبات وزارة النقل. تفي الهياكل المصممة على هذا النحو بمعايير الأداء المحددة لضمان سلامة الجمهور المتنقل وتقليل تكاليف الضرر وفقدان الاستخدام الناجم عن الزلازل المحتملة.
  - تُحلل التربة الداعمة لهياكل النقل على أخطار التسييل، وتتخذ تدابير التخفيف، حسب الاقتضاء.
- ضغط تدفق التيار المائي (SF)
  - تصمم جميع الدعامات الوسطى والأجزاء الأخرى من الهياكل المعرضة لقوة تدفق المياه أو الانجراف بحيث تقاوم الضغوط القصوى الناتجة عن ذلك.
  - يحسب تأثير تدفق المياه على الدعامات الوسطى وتراكم الانجراف، مع افتراض توزيع السرعة المكافئة من الدرجة الثانية وبالتالي توزيع الضغط الثلاثي باستخدام المعادلة التالية:

$$P = KV^2$$

حيث إن:
P = متوسط ضغط التيار في Pa



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

K = ثابت، وهو 725 لجميع الدعامات الوسطى المعرضة لتراكم الانجراف والدعامات الوسطى ذات النهايات المربعة، و360 للدعامات الوسطى الدائرية، و260 للدعامات الوسطى ذات الزاوية حيث تكون الزاوية 30 درجة أو أقل.
V = متوسط سرعة تدفق المياه م/ث.

- يحسب أقصى ضغط لتدفق التيار P max، باستخدام المعادلة أعلاه على أنه ضعف متوسط ضغط تدفق التيار، Pavg. يكون ضغط تدفق التيار توزيعًا مثلثيًا حيث يقع أقصى ضغط لتدفق التيار P max في أعلى ارتفاع الماء والضغط المنعدم عند خط التدفق.
- تحسب قوى تدفق التيار على أنها ناتج لتدفق تيار توزيع الضغط المثلث من خلال منطقة الدعامة الوسطى المعرضة للتيار. إذا كان الجزء العلوي المتوافق مع ارتفاع الماء أعلى من ارتفاع العارضة المنخفضة، ينبغي فحص تحميل تدفق التيار على الهيكل العلوي. ثم يؤخذ ضغط تدفق التيار العامل على الهيكل العلوي على أنه أقصى ضغط لتدفق التيار P max مع توزيع موحد. عندما يكون تدفق التيار غير طبيعي للدعامة الوسطى، يفحص المكون التوجيهي للضغط.
- عندما يكون من المتوقع أن يتم سد منطقة التدفق تحت الهيكل بشكل كبير عن طريق تراكم المواد المنجرفة، ينبغي فحص الزيادات في ارتفاعات المياه العالية، وسرعات التيار، وضغط تدفق التيار، والزيادات المحتملة في أعماق التعرية والنحر.

- الطفو (B)
  - يتأثر تصميم الأساسات سلبًا بالطفو. تُصمم هياكل الأساس بافتراض الآثار السلبية للطفو، ما لم تتم إزالة الماء تحت مستوى الأساس بشكل فعال.
- قوى الإجهاد السابق (PS)
  - يأخذ تصميم هياكل النقل في الاعتبار القوى التي تم إنشاؤها في تلك الهياكل بسبب الإجهاد المسبق. تشمل هذه القوى 1) القوى الأولية التي تحدث في أي هيكل سابق الإجهاد والقوى الثانوية التي تحدث في الهياكل المستمرة الخرسانية سابقة الإجهاد و2) القوى الناشئة أثناء البناء بسبب التقييد المؤقت للعناصر لاحقة الشد. ينبغي أخذ الأخيرة بالاعتبار تحت أحمال التركيب أثناء البناء. لا يجوز أبدًا إعاقة الحركة بسبب التقصير أثناء الإجهاد السابق.

5.6.7.2 أحمال غير قياسية

- بالإضافة إلى الأحمال المحددة هنا، قد تطلب الجهة العامة أن يتم تصميم هياكل الطرق السريعة للمجموعات 3 و4 و5 لأحمال أخرى غير تلك المحددة مسبقًا لتقييم القوة القصوى أو ثبات الهياكل.
- أحمال البناء

تُصمم جميع هياكل النقل بحيث تقاوم بشكل آمن وكاف أحمال البناء المحددة بموجب أكواد التصميم المعتمدة.

5.6.8 حدود التشوه

- تصمم العناصر القابلة للانحناء في هياكل الجسر بحيث تتمتع بصلابة كافية للحد من الانحرافات أو أي تشوهات قد تؤثر سلبًا على قوة أو قابلية خدمة الهيكل عند مستويات أحمال الخدمة. يجب ألا يتجاوز انحراف العناصر الهيكلية الرئيسية القابلة للانحناء التي تحمل الأحمال الحية 800/ L حيث L هو طول امتداد العنصر.
- تُصمم هياكل النقل لهبوط رأسي متفاوت لا يقل عن 25 ملم عند أي أساس دعامة وسطى واحدة. بناءً على التقييم الجيولوجي والجيوتقني لموقع الهيكل، يجوز للجهة العامة تغيير متطلبات الهبوط المتفاوت.

5.6.9 الإعياء

ينبغي التحقق من أن المجموعات 3 و4 و5 تتمتع بعمر إعياء كافٍ في ظل حركة المرور على الطرق السريعة. الهدف من إجراء التحقق من السلامة في حالة الإعياء هو إثبات أن تأثيرات الإعياء بسبب الأحمال المرورية لن تضعف سلامة جسر الطريق السريع خلال مدة خدمته المحددة. يمكن استخدام متطلبات الإعياء المحددة بموجب مواصفات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل القياسية للتحقق من مدة عمر الإعياء الصحيحة.

5.6.10 المحامل

- تُصمم جميع محامل الجسر وتبنى وفقًا للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل وكما هو محدد في هذا الدليل. تظهر مفاصل المحامل على المخططات وتكون متسقة مع حركية الهيكل تحت أحمال التصميم المطبقة.
- الرفع

ينبغي أن يتضمن تصميم هياكل النقل أحكامًا للربط الملائم لعناصر الهيكل العلوي بالهيكل السفلي لمقاومة الرفع. تُصمم عناصر التثبيت أو الربط لتوفير 150 في المائة من قوى الرفع المحسوبة تحت تحميل المجموعة الأولى و125 في المائة من القوى المحسوبة بموجب جميع مجموعات أحمال الخدمة الأخرى الخاصة بالجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل. تُصمم أجهزة التثبيت لقوة لا تقل عن 100 كيلو نيوتن لكل موقع دعم عارضة للمجموعة الأولى حيث يتم تحديد الرفع.

- يكون لمتطلبات الرفع المنصوص عليها في معايير التصميم الزلزالي الغلبة على المعايير المحددة في هذا القسم.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

### 5.6.11 العبارات الصندوقية الخرسانية

- تُصمم العبارات الصندوقية الخرسانية وتبنى بالكامل وفقًا للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل والتعديلات عليها في هذا الدليل.
- تُعرّف العبارة بأنها أي هيكل، سواء كان ذا بحر واحد أو متعدد البحور، بعرض داخلي يبلغ 6.0 م أو أقل، يتم قياسه أفقيًا على طول الخط المركزي للطريق بين وجهي الدعامات أو الجدران الجانبية. وتعتبر الهياكل التي يزيد امتداد بحرها عن 6.0 م على طول الخط المركزي للطريق السريع جسورًا. وبشكل عام، يطلب إجراء تحليل هيدروليكي وتصميمي أكثر تعقيدًا للعبارات التي يصل قياسها إلى قياس الجسر. تنطبق المعلومات الواردة في هذا القسم على كل من العبارات ذات الحجم العادي والعبارات التي يصل قياسها إلى قياس الجسر.
- يعتمد التحليل الهيدروليكي للقناطر بشكل عام على طول البحر، ويستخدم أي برنامج تحليل متطور لتحليل المياه الخلفية لتحديد حجم هيكل العبارة وشكلها.
- يُجرى التحليل الهيدروليكي على جميع العبارات فوق قنوات الصرف الصحي أو قنوات التبريد بمياه البحر، بما في ذلك هياكل العبارات القياسية غير المسلحة.
- غالبًا ما يتم توفير أنواع من العبارات الخرسانية رباعية الجوانب (صندوق) وثلاثية الجوانب وقوسية كمنتجات خاصة بالشركات مع هندسات أساسية قابلة للتعديل، ومصممة باستخدام برامج متخصصة. يُدرج الاستشاري المعماري/ المهندس الذي يقترح مثل هذه المنتجات في التقديمات الموجهة إلى الجهة العامة تقريرًا حول أساس التصميم، وحسابات العينة، وردود فعل الأساسات للمنظومة المقترحة.
- لا يتجاوز طول البحر الأقصى (المسافة العمودية بين الوجه الداخلي للجدران الجانبية للعبارات غير المنحرفة، أو للمسافة العمودية بين الخطوط المركزية للجدران الجانبية للعبارات المنحرفة) لعبارة من نوع الصندوق الخرساني المصبوب في المكان 7.3 م.
- قبل اتخاذ قرار نهائي لاستخدام عبارة خرسانية كبيرة، ينبغي التحقق من إمكانية استخدام جسر قصير البحر مع منحدرات متراجعة ودعامات طرفية مدمجة.

### 5.6.12 الهيكل العلوي الخرساني

يعتمد تصميم الهياكل العلوية الخرسانية وإنشاؤها على المعايير والمواصفات الواردة في هذا القسم. تُصمم الهياكل العلوية الخرسانية لمقاومة جميع الأحمال المطبقة القياسية وغير القياسية عند مستويات الأداء المطلوبة التي تفرضها الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل والتعديلات عليها في هذا الدليل.

### 5.6.13 السد الخرساني

- بالنسبة للهياكل متعددة البحور، يُصمم السطح الخرساني ليكون مستمرًا للأحمال الحية، ويقوى الجزء العلوي من السطح بشكل مناسب ليقاوم محليًا جميع الأحمال المطبقة القياسية وغير القياسية والمحددة في هذا القسم.
- على الأسطح المنحرفة، توضع تقوية السطح الرئيسي بشكل طبيعي على العوارض/ خط الجسر المركزي عندما لا تتجاوز زاوية الانحراف 30 درجة.
- بالنسبة لزوايا الانحراف الأكبر من 30 درجة، توضع تقوية السطح الرئيسي بالتوازي مع الانحراف عند المثلثات المنفرجة المتكونة في نهايات السطح، وبالتوازي مع العوارض/ خط الجسر المركزي بعد مناطق المثلثات.
- تصميم فواصل التمدد

  يعتمد تصميم الفواصل على:

  - تأثيرات انكماش الجسر
  - التأثيرات الحرارية
  - هندسة الجسر.

### 5.6.14 تصريف السطح

يعتمد تصريف السطح على الحسابات الصحيحة لجريان مياه الأمطار، ويمكن تحقيقه عن طريق انحدار الجزء العلوي من الرصف بشكل عرضي بما لا يقل عن 1.0 في المائة لتوجيه الجريان السطحي إلى حواف الدرابزينات ذات المقطع المنحني، وتجميع المياه عند النقاط المنخفضة الواقعة بالقرب من الجزء السفلي للبحر داخل عوارض الواجهة للهيكل. يُستخدم نظام تجميع مصمم بشكل صحيح، يتكون من فتحات التصريف والميازيب للتخلص من مياه الجريان السطحي، بحيث تنزل الأنابيب على طول أقرب دعامة وسطى وتصرف المياه بعيدًا عن الهيكل. تكون الفتحات من مواد مقاومة للتآكل، ويكون قياسها وعددها مناسبًا وكافيًا لتصريف المياه عن الهيكل. يتم توفير ميازيب من مادة مقاومة للتآكل، لا تقل أبعادها عن 100 ملم، ومزودة بمنافذ تنظيف، لمنع تصريف المياه على أي جزء من الهيكل، ومفصلة لمنع تآكل التربة على مستوى الأرض.

### 5.6.15 الدعامات الوسطى

- تُصمم دعامات الجسر الوسطى للأحمال المتوقعة من الهيكل، وحمل الرياح، وضغط تدفق التيار، والقوى الطولية بسبب حركة المرور، والزلازل، والقوى الحرارية، وقوى الالتواء وأي قوى إضافية قد تؤثر عليها. بالإضافة إلى ذلك، تصمم الدعامات الوسطى لتلبية المتطلبات بخصوص التشوهات والصلابة المحددة في هذا الدليل.
- ويعتمد تصميم الدعامات الوسطى على طريقة تصميم عامل الحمولة ووفقًا لقسم تصميم الخرسانة المسلحة في الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل ويتم التحقق من صلاحيتها للخدمة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- حماية الدعامات الوسطى
- من أجل الحد من الضرر الناجم عن إعادة توجيه حركة المرور وانحراف مساره على الطرق السريعة ومعداتها، ينبغي حماية الدعامات الوسطى الحاملة للجسور على الطرق السريعة بحاجز أو جدار تصادم خرساني مقوى. وتكون حماية الدعامات الوسطى على النحو المبين في التفاصيل القياسية، التي تحدد استراتيجية الحماية على العرض المتوسط، وتصنيف الطريق، والمنطقة (سكنية أو صناعية).

بشكل عام، يتم توفير جدران التصادم للدعامات الوسطى ما لم يكن بناء الدعامة نفسها ثقيلاً- مساحة مقطعها العرضي تساوي أو تزيد عن المساحة المطلوبة لجدار التصادم الواقي، ويكون أكبر أبعادها موازيًا للطريق.

- تحدد جدران التصادم للدعامات الوسطى بشكل عام بحيث يكون الحد الأدنى للارتفاع فوق السطح العلوي للطريق وعرضه.
- بالنسبة للدعامة الوسطى المكونة من عمودين أو أكثر، عادةً ما يربط جدار التصادم الأعمدة ويمتد بالتوازي مع الطريق بمقدار 300 ملم على الأقل بعد الأعمدة الخارجية، و150 ملم بعد وجه العمود المواجه لحركة المرور.
- يمكن تثبيت جدار التصادم على القواعد الخرسانية والأعمدة، إن أمكن، باستخدام حديد التسليح المناسب.

### 5.6.16 بلاطات الصعود أو الهبوط

توفر بلاطات الصعود أو الهبوط الانتقالية خلف الدعامات الطرفية لتأمين الحماية من قابلية مواد الردم الترابية للاستقرار، وتسهيل الانتقال أثناء القيادة حيث يتغير من مادة صلبة إلى مرنة والعكس بالعكس، أي بين الهيكل العلوي الخرساني وردم التسوية. في حالة دعامات الجسر الطرفية، تصمم بلاطة الصعود أو الهبوط الانتقالية السفلية وتقوى بشكل كافٍ بسماكة متفاوتة على مسافة بعيدة عن الدعامة الطرفية.

### 5.6.17 مواد الحشو

تستخدم القيم التالية لتقدير ضغط التربة الجانبي، ما لم ينص تقرير التصميم الجيوتقني على خلاف ذلك:

وزن مادة الحشو : 1,900 كجم/م$^3$
زاوية الاحتكاك الداخلي : 30 درجة

### 5.6.18 الحمل الزائد على الطريق السريع

يحدد الحمل الزائد على هياكل سند التربة بسبب حركة مرور الشاحنات بناءً على تحميل وزارة النقل، ويشمل إجمالي الحمل الزائد على الهياكل أيضًا الأحمال التي تتسبب بها الأساسات والهياكل المجاورة. يحسب الحمل الزائد للطريق السريع بسبب حركة المرور على أنه حمولة زائدة مكافئة بسبب فرط ملء التربة بمقدار 600 ملم.

### 5.6.19 الدعامات الطرفية

- تُصمم الدعامات الطرفية لدعم الأحمال التي يطبقها هيكل الجسر العلوي، ودعم القوى التي تطبقها التربة المحتجزة الخاصة بتسوية الطريق السريع/ الشارع والمجاورة للجسر مباشرة.
- ينبغي أن يولي المعماري/المهندس اهتمامًا خاصًا لسلوك الدعامة الطرفية وتصميم العناصر عند تحليل الدعامة الطرفية كجزء من نموذج ثلاثي الأبعاد بما في ذلك الجدران الجانبية. في مثل هذه الحالات، لا تعود طرق التحليل والتصميم التقليدية للدعامة الطرفية صالحة.
- ويكون تصميم دعامات الجسر الطرفية بحيث يكون ناتج جميع الأحمال التي تعمل على الدعامة واقعًا داخل الثلث الأوسط من القاعدة الخرسانية، عندما لا تكون الدعامة مستندة على الصخور أو الخوازيق. يستخدم عامل أمان 1.7 ضد الانقلاب. بالنسبة للدعامات الطرفية التي تُحمل على الصخور، يمكن وضع الناتج ضمن النصف الأوسط من القاعدة، ويستخدم بعد ذلك عامل أمان 2.0 ضد الانزلاق عند أسفل القاعدة.
- تُحمل الدعامات الطرفية المدمجة على صف واحد من الخوازيق.
- يُصمم جذع الدعامات الطرفية التي تحمل الهياكل متعددة البحور وجدرانها الجانبية بحيث تستقر على قاعدة خرسانية مستمرة يمكن أن تكون مدعومة بالتربة أو الخوازيق.
- تُقدم شروط مناسبة للصرف في الجزء الخلفي من الدعامات الطرفية، وذلك لتحليل مواد الحشو الخلفية باستخدام خصائصها وهي جافة في تصميم الدعامة.
- تُصمم الدعامات الطرفية بناءً على طريقة تصميم عامل الحمولة ويتم فحص إمكانية الخدمة.

### 5.6.20 الجدران الساندة

- يعتمد تصميم الجدران الساندة الخرسانية المسلحة على ضغط التربة الجانبي والحمل الزائد المحسوب على أساس الطرق القياسية، ويلبي متطلبات التصميم والثبات المقبولة. يصمم هيكل الجدار الساند بشكل صحيح فلا يفقد صلاحيته بسبب الانقلاب أو الانزلاق أو الهبوط المفرط أو ضغوط الأحمال المفرطة أو التحميل الزائد للركائز، كما يمتلك القوة الكافية لمقاومة ضغط التربة المطبق عليه، والأحمال الحية، والأحمال الزائدة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يُراعي ضغط التربة السلبي للتربة الملامسة لوجه الجدار الساند آثار أعمال الحفر المخطط لها وغير المخطط لها، مثل تركيب خدمات جديدة وصيانة الخدمات الحالية، عند حساب ثبات الجدار. ما لم توافق الجهة العامة على خلاف ذلك، يهمل ضغط التربة السلبي عند حساب مقاومة الجدار ضد الانزلاق. وتستخدم الجدران الساندة الكابولية لارتفاع لا يزيد عن 9 م، كما تستخدم الجدران الساندة الكونترفورت ذات الأكتاف الخلفية للهياكل التي يزيد ارتفاعها عن 9 م.
- يقتصر استخدام الجدران الساندة الكابولية ذات الأساسات الشريطية على أعمال البناء المؤقتة. وهذه الجدران فعالة بشكل عام عندما يكون ارتفاع الجدار في حدود 2-5 م. بالنسبة للبناء المؤقت عندما تزيد ارتفاعات الجدار عن 5 م، يمكن استخدام الأساسات الشريطية المربوطة أو سند جوانب الموقع بطريقة الخوازيق الاستنادية ذات الدعائم أو الألواح الخشبية.
- كما تُستخدم الجدران الساندة المستقرة ميكانيكيًا، حسب الاقتضاء، كنظم بديلة للجدران الساندة التقليدية.

### 5.6.21 الجدران الجانبية

- تصمم الجدران الجانبية الساندة لهياكل الجدران المجاورة أو المتاخمة لدعامة الجسر الطرفية بناء على ما هو منصوص عليه في القسم السابق حول الجدران الساندة، والأنواع والمتطلبات المدرجة في هذا القسم. وتقتصر الجدران الجانبية المستخدمة في هياكل النقل على الأنواع الثلاثة التالية: الجدران الجانبية على شكل حرف U والجدران الجانبية الموازية لخط الحوامل المركزي، والجدران الجانبية الوسطية. يحدد نوع الجدار الجانبي من خلال الظروف في الموقع، بما في ذلك مسافات الأمان وقيود حرم الطريق.
- تتطابق أساسات الجدران الجانبية مع متطلبات أساس الدعامة الطرفية، (يكون للدعامة الطرفية المحمولة على ركيزة دائمًا جدران جانبية محمولة على ركائز على سبيل المثال، إلا إذا استخدم جدار مستقر ميكانيكيًا مع دعامة طرفية محمولة على ركيزة.
- يكون ارتفاع الجزء العلوي للجدار الجانبي أعلى بمقدار 250 ملم من مستوى الحشو ويكون موضحًا على المخططات.
- بالنسبة للدعامات الطرفية المدمجة، تكون الجدران الجانبية الموازية لخط الحوامل المركزي والبارزة عن الدعامة هي المفضلة. تستخدم الجدران الجانبية الوسيطة البارزة عن الدعامة حسب كل حالة على حدة، خاصة عند تقاطعات التيار حيث تزيد محاذاة التيار وسرعته من خطر نحر الجدران الجانبية الموازية لخط الحوامل المركزي.

### 5.6.22 هياكل أنفاق الحفر والتغطية

- تُصمم هياكل أنفاق النقل التي تنشأ بطرق الحفر والتغطية على شكل هياكل صندوقية من الخرسانة المسلحة قادرة على سند التربة ولا تتمتع بحرية رد الفعل بشكل ملحوظ. بالإضافة إلى وزن الهيكل الأساسي، تشمل الأحمال الميتة لهذه الهياكل وزن العناصر الثانوية التي يدعمها الهيكل وحمل الجاذبية للغطاء الترابي الذي يعمل على هيكل السقف.

يكون عمق هياكل أنفاق الحفر والتغطية عمومًا أقل من 12م تحت المستوى، ويتم بناؤها باستخدام الحفر المفتوح، مع دعم مؤقت للحفريات أثناء عمليات البناء. غالبًا ما تُستخدم الهياكل المستديرة أو على شكل حدوة حصان لتحقيق الكفاءة، ويمكن أيضًا استخدام التهيئة المستطيلة.

- ينبغي التحقق من سيناريوهات التحميل التالية للهياكل عند مستويات الإجهاد العامل، والتحقق من سيناريوهات التحميل الإضافية حسب الضرورة بناءً على الموقع المحدد وظروف التحميل (البناء والأحمال الدائمة): الأحمال الرأسية، والأحمال الأفقية طويلة المدى؛ والرأسية على المدى الطويل على جانب واحد والحمل الأفقي قصير المدى على الجانب الآخر والمطبقة في وقت واحد.
- بالنسبة للهياكل المعرضة لضغط جانبي غير متكافئ، يعتبر تحليل التأثير المحوري وتأثير القص والعزم البلاطة العلوية مقيدة وغير مقيّدة مقابل الإزاحة الأفقية؛ والحمل الرأسي والحمل الأفقي قصير المدى، مع إهمال ضغط المياه الجوفية على كلا الجانبين. تُصمم هياكل أنفاق الحفر والتغطية أيضًا للضغط الهيدروستاتيكي، بما في ذلك الرفع/التعويم وتوفير خوازيق لمقاومة إجراءات الرفع أو الصرف أو كليهما.
- يأخذ التحليل في الاعتبار الاختلافات في الصلابة والخصائص المرنة للتربة الأساسية الداعمة. لا تؤخذ قوى الانضغاط في الاعتبار في تصميم القص للبلاطة العلوية والقاع.
- وتُصمم هياكل آبار التهوية على غرار هياكل الحفر والتغطية، وتُركّب باستخدام وسائل إنشاء مماثلة تتطلب دعم الحفر مع الخوازيق الاستنادية ذات الدعائم أو الأساسات الشريطية.

### 5.6.23 صرف الجدار الساند

يؤمَّن التصريف لمواد الحشو خلف الدعامات الطرفية والجدران الجانبية والجدران الساندة بشكل فعال باستخدام فتحات التصريف لا يزيد التباعد بينها عن 8 م. يمكن جمع المياه خلف الجدار باستخدام منظومة ترشيح للتربة ذات التدرج الحبيبي الخشن مع مستقبلات مائية خلف الجدار في مواقع فتحات التصريف. وتحتوي الجدران الساندة الكونترفورت ذات الأكتاف الخلفية على فتحة تصريف واحدة على الأقل لكل جيب تكون بواسطة الأكتاف. تحدد مواقع فتحات التصريف بحيث يكون قاعها أعلى بمقدار 150 ملم من الأرضية النهائية أو الماء المنخفض في حالة جسور التيار. يمكن أيضًا تصريف مواد الحشو الخلفي عن طريق أنابيب الصرف أو مصارف الحصى، أو عن طريق المصارف المثقبة.

### 5.6.24 العزل المائي للهياكل

- يعتمد العزل المائي للهياكل على توصيات القسم الفرعي 7 الخاص بالحماية من التآكل.
- تتبع طرق العزل المائي وتفاصيلها وتطبيقها على العناصر الإنشائية المواصفات والتفاصيل القياسية.

### 5.6.25 الأساسات



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تجرى الاستقصاءات الجيولوجية والجيوتقنية في موقع الجسر لتوفير معلمات التربة ومعلومات طبقات التربة لتصميم الأساسات. تُحدد معلمات التربة بناءً على طرق الاختبار المعملية القياسية المعترف بها والاختبار الميداني. وينبغي التحقق من معلمات التربة ومعلومات طبقات التربة لتأثيرات الحمل المتوقعة المنقولة إلى الأساس من الهيكل، وحدود تشوه الأساس، وقيود الموقع لتحديد نوع الأساس الأنسب لموقع الجسر.
- تفرش الأساسات السطحية أو تكون من نوع القاعدة الخرسانية المركبة على التربة المعالجة أو غير المعالجة لتحسين خواص التربة. يكون الأساس العميق من خوازيق مدقوقة أو أعمدة محفورة مصبوبة في المكان أو أي نوع آخر من الأساسات يشتمل على خوازيق.
- وتُصمم القواعد والخوازيق بحيث تحافظ على أقصى إجهاد للتربة ضمن الحدود المسموح بها. لمنع الهبوط غير المتساوي، تُصمم القواعد الخرسانية بحيث تحافظ على إجهادات موحدة في التربة وعلى الركائز.
- ينبغي ألا يتجاوز الهبوط المتفاوت طويل المدى بين الدعامات الوسطى المتجاورة على أي هياكل نقل 2750/1 من مجموع أطوال البحور المتجاورة أو أي حد آخر تحدده الجهة العامة بناء على نتائج الاستقصاء الجيوتقني للموقع.
- يعتمد تصميم الأساسات، بما في ذلك القواعد الخرسانية المنفصلة، والأعمدة المحفورة، والخوازيق المدقوقة، على طريقة حمل الخدمة.
- تستخدم الخوازيق للتأسيس في أي موقع هياكل يتم فيه تحديد مخاطر النحر.
- تُدق أساسات الخوازيق التي تحمل الأعمدة الثابتة بزاوية، إذا لزم الأمر، لتوفير مقاومة كافية للقوى الطولية على الهيكل.

### 5.6.26 تركيبات الأحمال

#### 5.6.26.1 تصميم حمل الخدمة:

تم تضمين المجموعات المختلفة التي تمثل جميع التركيبات المختلفة للأحمال والقوى التي قد يتعرض لها الهيكل في المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل. تتناسب مكونات الهيكل والأساس مع الأحمال المطبقة ومجموعة الأحمال التي تنتج ظروف التصميم الأكثر حرجًا.

ويعتمد تصميم حمل الخدمة على المجموعات الموجودة في الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل، وحدود فرط الإجهاد المسموح به الموضحة في الجدول (يشار إلى النسبة المئوية المسموح بها من إجهاد الوحدة الأساسية باسم "فرط الإجهاد المسموح به").

#### 5.6.26.2 تصميم عامل الحمل:

تم تضمين تركيبات مجموعات الأحمال لتصميم عامل الحمل في المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل. تهدف العوامل فقط إلى تصميم العناصر الهيكلية بناءً على طريقة عامل الحمولة.

عند تصميم الأساسات (ضغط التربة، حمولات الخوازيق، وخلافه)، ينبغي ألا تزيد الأحمال الفعلية وفق العوامل الموجودة في الجدول. لا يُقصد استخدام العوامل عند التحقق من ثبات أساس الهيكل (عوامل الأمان ضد الانقلاب، والانزلاق، وما إلى ذلك). تمثل العوامل في الكود الظروف المعتادة وينبغي زيادتها، إذا تم الافتراض أن إمكانية التنبؤ بالأحمال تختلف عن المتوقعة في المواصفات.

### 5.6.27 الهياكل المؤقتة

يتم تصميم وبناء الهياكل المؤقتة، بما فيها السقالات المؤقتة، ومنظومات التدعيم المؤلفة من الخوازيق الشريطية الكابولية، والخوازيق الشريطية المثبتة، والعوارض بالخوازيق الاستنادية المثبتة ذات التدعيم الخشبي، والحفريات المسنودة، والسدود الاحترازية المؤقتة، وفقًا لمتطلبات الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل الخاصة بالهياكل المؤقتة.

## 5.7 المظهر الجمالي

### 5.7.1 متطلبات عامة

تتمتع الجسور بما هو أكثر من مجرد وظائف للنقل. إذ تعمل على المستوى الاجتماعي والبصري والمعنوي كعناصر مهمة في مجتمعاتها وبيئاتها. وبالتالي، يكون كل مشروع مختلفًا وله خصائصه الفريدة. ومع ذلك، هناك بعض القواسم المشتركة في الخطوات التي قد يطبقها المهندسون عند دراسة تصميم الجسر الجمالي. يساعد اتباع هذه الخطوات في ضمان بناء جسر ناجح يفخر به المالك والمجتمع. ويتضمن هذا القسم السمات الجمالية الأساسية لعناصر الجسر.

### 5.7.2 الإدماج

تدمج المظاهر الجمالية في عملية التصميم منذ مراحل التصميم الأولية المبكرة وتُقدمها إلى الجهة العامة لمراجعتها والموافقة عليها.

### 5.7.3 تصميم المظاهر الجمالية

كما هو مفصل في دليل الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل BAS-1، تنفذ الخطوات التالية لتصميم المظاهر الجمالية للجسور:

- أهداف الموقع.
- وضع رؤية التصميم.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الدراسة الهندسية.

5.7.4 المراجع

- 1-BAS (كتاب مصدر المظاهر الجمالية للجسور)، الطبعة الأولى، الصادر عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل.
- مواصفات تصميم الجسور، الصادر عن الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل.

5.7.5 إرشادات التصميم

5.7.5.1 الهندسة الفراغية الأفقية والعمودية

قبل أن يكون هناك مفهوم للجسر، تنشئ هندسة الطريق الفراغية شريطًا في الفراغ إما أن يكون جذابًا أو غير جذاب. تحدد الهندسة الفراغية الخطوط الأساسية للهيكل التي يجب أن يتفاعل معها كل شيء آخر. تعد الهندسة الفراغية الرشيقة عاملاً مهمًا في إنشاء جسر ناجح، بينما يصعب تجاوز الهندسة الفراغية غير الملائمة أو الغريبة.

5.7.5.2 أنواع الهياكل العلوية

يحدد نوع الهيكل العلوي المنظومة الهيكلية المستخدمة لحمل الوزن الذاتي للجسر والأحمال المطبقة. وهو قد يكون قوسًا أو عارضة أو إطارًا صلدًا أو جملونًا أو هيكلاً محمولاً بالكابلات. يتحدد الجانب الأكثر تميزًا في الهيكل عندما ينشأ الشكل العام للعناصر الهيكلية.

- تعد منظومات العوارض المتعددة مثل الألواح الفولاذية أو العوارض الصندوقية، والعوارض الخرسانية سابقة الإجهاد والعوارض الصندوقية الخرسانية منظومات هيكلية شائعة للجسور عمومًا.
- تُستخدم الأقواس أو الإطارات الصلدة أحيانًا في الحالات التي تجعل فيها الميزات المرئية أو ظروف الموقع غير النمطية أو متطلبات المشروع استخدامها مناسبًا.
- غالبًا ما تُستخدم الجسور المحمولة بالكابلات في حالات خاصة حيث يكون التأثير البصري مهمًا أو عندما تتطلب ظروف الموقع استعمال بحر طويل.

5.7.5.3 موضع الدعامة الطرفية وارتفاعها

يحدد موضع الدعامة الطرفية وارتفاعها الطريقة التي يبدأ بها الجسر وينتهي، وبالنسبة للجسور الأقصر، الطريقة التي يتم بها تأطير الهيكل. يحدد موضع الدعامة الطرفية أيضًا شكل فتحة البحر الأخير التي قد يكون لها تأثير كبير على ما يمكن رؤيته خارج الهيكل، ومدى حُسن ارتباط الهيكل بالاستخدامات المجاورة.

- الدعامة الطرفية هي المكان الذي يلامس فيه الجسر الأرض ومدى وضوح انتقال الهيكل إلى كتلة الجدران أو التضاريس المحيطة. قد يكون للدعامات الطرفية وظيفة رمزية مهمة، لأنها النقاط التي منها يبدأ مرور المسافرين فوق الجسر وعندها ينهونه. ويصبح الموضوع مهمًا بشكل خاص عندما يعبر المشاة الجسر. تؤطر الدعامات الطرفية المناظر الطبيعية أو منظر المدينة خلف الجسر تمامًا كما يحدد إطار الصورة طريقة عرضها. وحسب الخلوص السفلي وعرض الهيكل العلوي، قد تكون المساحات الموجودة أسفل الجسور مظلمة جدًا حتى أثناء النهار. وقد تؤثر اعتبارات الأمان أو الصيانة على اختيار نوع الدعامة الطرفية.
- وتوضع الدعامات الطرفية المبطنة أو المنحنية التي يمر التيار عبرها في الجزء العلوي من حاجز الصعود أو الهبوط أو في الجزء العلوي من منحدر مقطوع. ومن منظور بصري، غالبًا ما تكون المساحات المجاورة للدعامات الطرفية المبطنة عبارة عن أجزاء معتمة وبعيدة عن المراقب. وقد لا يكون ذلك مرغوبًا في الجسور حيث قد تؤدي اعتبارات الأمان أو الصيانة إلى تثبيط فكرة إنشاء الفراغات التي لا يمكن رؤيتها بسهولة من مسافة بعيدة.
- وعادةً ما توجد الدعامات متوسطة الارتفاع داخل حدود المنحدرات الجانبية ويكون لها سطح عمودي يشكل ارتفاعه نسبة مئوية كبيرة من فتحة الجسر الإجمالية. قد يؤطر هذا النوع من الدعامات الطرفية المنظر خارج الجسر بشكل أفضل، وقد يكون ملائمًا أكثر للاستخدام على الجسور ذات القرب المباشر من الجمهور، مثل الممرات الترفيهية.
- تمتد الدعامات الطرفية ذات الارتفاع الكامل من خط الأرض إلى أسفل الهيكل العلوي. وعادة ما تكون أكثر ضخامة من أنواعها الأخرى، وغالبًا ما تشكل تحديدًا قويًا جدًا لنهايات الجسر. وقد يكون ذلك مرغوبًا في جسور البوابات أو للمواقع التي يكون فيها تأطير مشهد الخلفية أمرًا مهمًا. وقد تستخدم أيضًا لتحسين الأمن تحت الجسور الحضرية.

5.7.5.4 شكل الهيكل العلوي (بما في ذلك الحواجز والبروزات والدرابزينات)



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

يحدد شكل الهيكل العلوي تكوين العناصر الهيكلية، بما في ذلك بروزات السطح والحواجز والقضبان. قد يشكل الهيكل العلوي ليستجيب للقوى الواقعة عليه، وتحدد أشكال هذه العناصر والظلال التي تلقيها الأهمية الجوهرية للهيكل.

5.7.5.5 شكل الدعامة الوسطى

يحدد شكل الدعامة الوسطى تكوين الدعامات الوسطى وتفاصيلها. يكون لأشكال الدعامات الوسطى، عند النظر إليها من العديد من زوايا المشاهدة، لا سيما عند الزوايا المائلة للهيكل، تأثير كبير على الانطباع الناتج. غالبية الدعامات الوسطى في الجسور الصغرى عبارة عن إطارات هيكلية تتكون من أعمدة دائرية أو مستطيلة مع عارضة علوية تدعم عوارض الهيكل العلوي. وعادةً ما يتم تضمين الأعمدة الخارجية من عارضة الواجهة لأسباب تتعلق بالكفاءة الهيكلية، وغالبًا ما يتم شطف الأجزاء الكابولية للعارضة العلوية لتقليل العمق والكتلة في النهايات.

5.7.5.6 شكل الدعامة الطرفية

قد تصبح الدعامات الطرفية من الناحية البصرية هياكل ضخمة أو هياكل ثانوية، حسب طبيعة التدرج عند نهايات الجسر والهندسة الفراغية لمخطط الجسر. عادةً ما تكون أشكال الدعامة الطرفية أكثر أهمية من الناحية البصرية في الجسور الأقصر منها في الجسور الأطول، حيث من المرجح أن يرى المشاهد جسرًا قصيرًا بمجمله. وعند النظر إلى الهياكل الأطول من نقطة قريبة من نهايتها، سيكون شكل الدعامة الطرفية وتفاصيلها مهمين أيضًا. بالنسبة للهياكل التي يستعملها المشاة أيضًا، يمكن أن تكون الأشياء المخصصة لها في نهايات الجسر من بين أكثر جوانب الهيكل التي لا تنسى.

5.7.5.7 اللون

للألوان تاريخ طويل في استعمالها على الجسور نظرًا لتأثيرها البصري الكبير بتكلفة منخفضة نسبيًا مقارنة بكلفة ميزات الجسر ومعالجاته الأخرى. ينبغي مراعاة ألوان المواد الهيكلية غير المطلية وكذلك العناصر والتفاصيل المطلية. ينعكس وجود اللون أو عدم وجوده على تأثير جميع القرارات التي اتخذت من قبل. وهو يوفر وسيلة اقتصادية لإضافة مستوى إضافي من الأهمية.

5.7.5.8 القوام والزخرفة والتفاصيل

يعد القوام والزخرفة والتفاصيل عناصر يمكن أن تضيف أهمية بصرية وتأكيدًا على العنصر. وقد تخدم العناصر الهيكلية، مثل الدعامات والمحامل، هذه الوظيفة. وقد بدأت المنظومات التقليدية للزخرفة المعمارية أساسًا بسبب الرغبة في التأكيد بصريًا على النقاط التي تنتقل فيها القوة، مثل الانتقال من الكمرة إلى العمود عبر تاج مزخرف. وتعد أنماط الأخاديد أو التطعيمات والتفاصيل المماثلة أمثلة أخرى على ذلك.

5.7.5.9 الإضاءة واللوحات الدلالية والمناظر الطبيعية

على الرغم من أنها ليست في الأصل جزءًا من المنظومة الهيكلية، إلا أن هذه العناصر قد يكون لها تأثير كبير على الانطباع الجمالي للجسر.

## 6.0 الأساسات والهياكل الساندة للتربة

### 6.1 متطلبات عامة

6.1.1 المقدمة

يحدد هذا القسم المبادئ والتوجيهات والمتطلبات لتصميم وبناء الأساسات والهياكل الساندة للتربة، ويقدم الحد الأدنى من المتطلبات الفنية التي يجب أن يعتمدها المعماري/المهندس لتأمين السلامة والجودة والجدوى الاقتصادية في تصميم وبناء هياكل التأسيس التي تلبي احتياجات الجهة العامة وتوقعاتها.

6.1.2 النطاق

يتمثل نطاق هذا القسم الفرعي في تقديم إرشادات حول تصميم وبناء الأساسات والهياكل الساندة للتربة، المبنية من الخرسانة والمواد الفولاذية. ويقتصر هذا النطاق على الهياكل والمنظومات الخاصة بالمباني وغير المباني. وتستند متطلبات الصيانة الواردة في هذه الوثيقة، أو المشار إليها بالمرجع، إلى كود البناء النموذجي، ومعايير الصناعة، وأفضل ممارسات الجهة العامة:

6.1.3 مجال التطبيق

تحكم المبادئ والتوجيهات والمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي تصميم وبناء الأساسات والهياكل الساندة للتربة لجميع الهياكل والمنظومات الخاصة بالمباني وغير المباني.

6.1.4 متطلبات عامة

- تُصمم الأساسات والجدران الساندة بناءً على ضغط التربة المسموح به والموصى به في تقرير التصميم الجيوتقني.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تُصمم الأساسات مع مراعاة حقيقة أنه لا يمكن إشراك التربة في الجهد. ومع ذلك، فإن منطقة الضغط الصفري في تصميم الأساس مقبولة، بشرط تأكيد ثبات القاعدة الخرسانية.
- يكون أعلى ارتفاع في منسوب المياه الجوفية على النحو المنصوص عليه في تقرير التصميم الجيوتقني. تعتمد حالة التربة، سواء الجافة أو المشبعة والحاجة إلى أخذ الطفو بالاعتبار في التحليل، على هذا الارتفاع.

### 6.1.5 الأكواد

يعتمد تصميم وبناء جميع الأساسات والهياكل الساندة للتربة على متطلبات هذا القسم والمعايير الحالية، والموجودة في كود البناء النموذجي. ويعتمد تحليل هذه الهياكل على الطرق القياسية المقبولة من الجهة العامة، وقيم معلمات التربة الموصى بها في تقرير التصميم الجيوتقني لموقع الهيكل المحدد.

## 6.2 متطلبات التصميم

### 6.2.1 ضغط المحمل

- تُصمم الأساسات والجدران الساندة بناءً على ضغط التربة المسموح به ومعلمات التربة الموصى بها في تقرير التصميم الجيوتقني.
- تُصمم الأساسات مع مراعاة حقيقة أنه لا يمكن إشراك التربة في الجهد. مناطق الضغط الصفري مقبولة بشرط الحفاظ على الثبات.

### 6.2.2 منسوب المياه الجوفية

- يكون أعلى ارتفاع في منسوب المياه الجوفية على النحو المنصوص عليه في تقرير التصميم الجيوتقني.
- بالنسبة للتصميم الإنشائي، يكون ارتفاع منسوب المياه الجوفية عند الارتفاع المنصوص عليه في تقرير التصميم الجيوتقني أو عند ارتفاع الأرضية النهائية، أيهما أعلى.
- تُصمم الهياكل وفق أشد ظروف المياه الجوفية صعوبة، بما في ذلك حالة عدم وجود مياه جوفية.
- بالنسبة للجدران الساندة، يتم تجاهل المياه الجوفية على الطرف الأمامي والتربة الموجودة أعلى الطرف الأمامي في التصميم الإنشائي وفي حسابات الانقلاب والانزلاق واستقرار الطفو.

### 6.2.3 الطفو

- في تصميم الأساسات، والجدران الساندة، والحفر، والأنابيب، والهياكل المدفونة، يجب أن تؤخذ قوة الطفو الدافعة للأعلى للمياه الجوفية على أنها حجم الماء المزاح بواسطة الهيكل والفراغ الهوائي مضروبًا في كثافة الماء. يجب أخذ تفاعلات المنظومات الهيكلية بالاعتبار، مثل رد فعل طفو الأنابيب الفارغة على الجدران.
- يراعى الوزن الميت للهيكل في حسابات مقاومة قوة الطفو. لا تؤخذ التربة بالاعتبار إلا إذا كانت مدعومة بشكل مباشر بالأساسات وكان مؤكدًا أن التربة لن تتم إزالتها. لا يُلتفت إلى أوتاد التربة. بالنسبة للتربة التي تدعمها الأساسات مباشرة والتي يمكن إزالتها، يمكن استبدال وزن الماء بوزن التربة.
- بالنسبة للهياكل التي يتوقع وجود الماء داخل الهيكل، يتم تجاهل هذه المياه في حساب مقاومة قوة الطفو.
-

### 6.2.4 الضغط الهيدروستاتيكي

- يراعى الضغط الهيدروستاتيكي في تصميم عناصر الجدار، سواء الجدران الساندة أو جدران الأقبية أو الخزانات أو الحفر.
- تفحص البلاطات القاعدية للأقبية والخزانات والحفر من أجل القص والانحناء باتجاه الأعلى بسبب الضغط الهيدروستاتيكي. يعتمد الضغط الهيدروستاتيكي على منسوب المياه الجوفية عند ارتفاع الأرضية النهائية.
- يتم توفير مصدات المياه على النحو المحدد في المواصفات وفي الأماكن الموضحة على المخططات.

### 6.2.5 الضغط الهيدروديناميكي

إذا كان الضغط الهيدروديناميكي بسبب تدفق المياه ممكنًا، يراعى هذا الضغط في التصميم الإنشائي للعناصر المتأثرة.

### 6.2.6 الأحمال المتجاورة

حيثما توضع القواعد الخرسانية على ارتفاعات مختلفة، تراعى تأثيرات الأحمال المتجاورة في تصميم الأساس.

### 6.2.7 المنشآت القائمة



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- ينبغي عدم وضع قواعد خرسانية جديدة في المواقع التي من شأنها زيادة ضغط التربة على العناصر الهيكلية الموجودة. عندما يكون الموقف لا مفر منه، يتم تقييم الأساس الحالي من أجل تأثير الأساس الجديد، ويتم تكوين نظام الأساس الجديد ليكون له أقل تأثير سلبي على الأساس الحالي.
- يراعى التأثير على الهياكل الحالية بالنسبة للحمل الزائد والمتعلق بأحمال الخدمة والبناء في التصميم. يشار إلى الحدود على رسوم الإنشاء التي تحدد المناطق التي قد لا تعمل فيها الرافعات والمعدات الثقيلة. عندما يكون الموقف لا مفر منه، يجب على المعماري/المهندس أو مسؤولي الأعمال الهندسية والمشتريات والتشييد تقديم حل هندسي وتقديمه إلى الجهة العامة للموافقة عليه.

### 6.2.8 عمق التأسيس

- ما لم يتم إنشاء عمق أعمق نتيجة للاستقصاء الجيوتقني، يعتمد الحد الأدنى للعمق بالنسبة للأساسات السطحية على توصيات كود البناء السعودي SBC 303، الفصل 5، والحد الأدنى لعمق القاعدة الخرسانية لا يقل عن 1.2 م تحت الأرض الطبيعية للتربة غير المتماسكة، و1.5 م للتربة الطينية والغرينية، و0.6 إلى 1.2 م للصخور حسب نوعية الصخور وقوتها.
- بالنسبة للقواعد الخرسانية الشريطية الحاملة للجدران ذات الهيكل الخفيف، يكون عرض الأساسات وسمكها على النحو المنصوص عليه في كود البناء النموذجي.

### 6.2.9 الثبات

- متطلبات عامة
  - تستند حسابات الثبات على أحمال الخدمة.
  - باستثناء الجدران الساندة، لا تؤخذ التربة بالاعتبار إلا إذا كانت مدعومة بشكل مباشر بالأساسات وكان مؤكدًا أن التربة لن تتم إزالتها. لا يُلتفت إلى أوتاد التربة.
  - بالنسبة إلى الخزانات والحاويات والصناديق وما إلى ذلك، يجب مراعاة كلتا الحالتين (سواء كانت فارغة أو غير فارغة) لجميع تحليلات الثبات. يُصمم الهيكل ليكون له تأثيرًا ملحوظًا من الحالتين.
  - يجرى تقييم ثبات الانقلاب والانزلاق من خلال تأثيرات أدوات الطفو وبدونها.
- عامل السلامة الخاص بالانقلاب
  - لا يقل عامل السلامة الخاص بالانقلاب عن 1.5.
  - يُراعى استخدام عامل أمان بدرجة أعلى فيما يخص الهياكل غير المنتظمة أو ذات الاستخدام الخاص التي تساهم فيها الأحمال غير الرياح أو الأنشطة الزلزالية إسهامًا كبيرًا في تأثير الانقلاب.
  - لا يُلتفت إلى أوزان المعدات التي يمكن إزالتها عند مقاومة الانقلاب.
- عامل السلامة الخاص بالانزلاق
  - لا يقل عامل السلامة الخاص بالانزلاق عن 1.5.
  - يُستخدم قيمة 0.40 لمعامل الاحتكاك، ما لم يُحدد خلاف ذلك في تقرير التصميم الجيوتقني.
- عامل السلامة الخاص بأدوات الطفو
  - لا يقل عامل السلامة الخاص بأدوات الطفو عن 1.2 للحصول على أكبر تأثيرات متوقعة لقوة الطفو. يمكن تقليل هذا العامل إلى 1.1 عندما تكون الأوزان الساكنة المحسوبة محددة جيدًا مثل المكونات الخرسانية.

## 6.3 أنواع الهياكل الأساسية وأسس اختيارها

### 6.3.1 الأساسات السطحية

- يوصى باستخدام الأساسات ذات الحصيرة الخرسانية المدعومة بالأرض أو المركبة أو المنفصلة أو الشريطية حيث تتميز التربة في الأعماق السطحية بقدرة تحمل كافية للأحمال الهيكلية المطبقة.
- تُنشأ الأساسات السطحية بهذا التصميم حتى تنتج ضغوط المكونات الداعمة لحمولة الجاذبية لجميع الأساسات مستوى ثبات موحد للنظام الهيكلي. تُنشأ الأساسات المركبة حتى يكون ضغط المكونات الداعمة للحمولة الساكنة موحدًا تقريبًا.
- بالنسبة إلى الأساسات التي تدعم نظام مقاومة القوة الجانبية للهيكل، يقاوم الأساس جميع قوى الشد والقص وينقلها إلى الأرض من خلال مسار حمولة واضح التحديد. يُقاوم أي ضغط ارتفاع عن طريق الكتلة الخرسانية والتربة، إذا تعذر إزالتها.
- تُعزز الأساسات السطحية لمقاومة الأحمال القصوى التي يتطلبها التصميم. يتم ربط حديد التسليح في الأساسات السطحية فقط إذا اقتضى التحليل ذلك.

### 6.3.2 الأساسات العميقة

- يوصى باستخدام الأساسات العميقة عند وجود أحمال تصميمية كبيرة أو تربة جدباء على عمق ضحل أو القواعد المقيدة في الموقع. تُثبت الركائز عمومًا في أرض الموقع؛ وعادة ما تُثبت الأساسات العميقة الأخرى باستخدام الحفر. قد تتكون الأساسات العميقة إما من الخشب المعالج أو الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد. تُستخدم قمة الركيزة عند تجاوز الأحمال المطلوبة قدرة الركيزة الواحدة الموصى



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

بها في تقرير التصميم الجيوتقني. عادةً ما تتصل قمم الركائز والركائز المعزولة بدعامات سفلية لربط أجزاء الأساسات معًا. عادةً ما تُدعم الأجزاء الهيكلية الأخف وزنًا على الدعامات السفلية، بينما تتحمل الأجزاء الأثقل وزنًا قمة الركيزة مباشرةً.

- هناك مصطلحات مختلفة تُستخدم لوصف أنواع مختلفة من الأساسات العميقة على النحو التالي:
  - الركائز المثبّتة
  - القيسونات أو الأعمدة المحفورة
  - ركائز لولبية أو حلزونية
- يرد أدناه أنواع الركائز على النحو التالي:
  - الركائز المثبّتة بالخرسانة
    - أعمدة خرسانية مسلحة مسبقة الصب/ مسبقة الإجهاد مستديرة الشكل تتراوح أحجامها بين 150 مم إلى 600 مم.
    - إن مواصفات أعماق انغراس التربة المثالية عندما تكون أكبر من 5 أمتار وقد تتراوح في العمق حتى تصل إلى أكثر من 30 مترًا.
    - تُصمم الركائز الخرسانية عادةً بقضبان حديد التسليح و/ أو أربطة مسبقة الإجهاد لتحديد القوة المطلوبة للمناولة والتثبيت، إلى جانب توفير مقاومة الانحناء المطلوبة.
    - قد يصعب مناولة الركائز الطويلة ونقلها. يمكن استخدام وصلات الركيزة لربط ركيزتين قصيرتين أو أكثر لتشكيل ركيزة واحدة طويلة. يمكن استخدام وصلات الركائز مع كل من الركائز الخرسانية مسبقة الصب ومسبقة الإجهاد.
  - الركائز المثبّتة بالخشب المعالج
    - لا تُستخدم الركائز الخشبية ما لم يصدر ترخيص محدد من الجهة العامة.
    - الركائز الخشبية لها قوة أقل بكثير من الركائز الفولاذية أو الخرسانية.
    - الركائز الخشبية أكثر متانة من الركائز الفولاذية في بيئة مسببة للتآكل.
  - الركائز المثبّتة بالفولاذ
    - تتعرض الركائز الفولاذية الهيكلية إلى التآكل الشديد ولا تُستخدم إلا بعد الحصول على ترخيص من الجهة العامة.
    - تُعد الركائز الفولاذية أكثر اقتصادًا للأعماق التي تزيد عن 5 أمتار وقد تتراوح في العمق إلى أكثر من 30 مترًا.
    - تقدم مواصفات الأنابيب والحواف الناتئة العريضة الأقسام الأكثر اقتصادًا لاستخدامها كركائز.
    - انظر القسم الفرعي 7 بشأن الحماية من التآكل لمعرفة متطلبات الحماية من التآكل.
  - قيسونات/ دعامات وسطى محفورة

    تتراوح أحجام الدعامات الوسطى المحفورة من 450 مم إلى 2000 مم. تتميز الأعمدة المحفورة بالقدرة على توليد قوى ضغط سلبية كبيرة بناءً على قطرها وعمق الانغراس، وتُوضع في الاعتبار لأهميتها لأساسات إضاءة الصاري العالي وسارية العلم واللافتة بسبب قدرتها الكبيرة على الحمل الجانبي.
  - الركائز الاستنادية ذات الدعائم
    - تُستخدم الركائز الاستنادية ذات الدعائم استخدامًا واسعًا في الأعمال المؤقتة مثل دعم الحفر أثناء مراحل تشييد المشروع.
    - الاستخدامات الأخرى لأنظمة الركائز الاستنادية ذات الدعائم غير مسموح بها وتتطلب الحصول على ترخيص من الجهة العامة.
    - تُنشأ أنظمة الركائز الاستنادية ذات الدعائم على شكل مقاطع H فولاذية ذات حافة ناتئة عريضة بينها مسافة تقدر بنحو 2 إلى 3 أمتار وتُثبت قبل الحفر. مع استمرار أعمال الحفر، تُدخَل صفائح خشبية أفقية (عازلة) خلف الحواف الناتئة لركائز مقاطع H.
    - ينجذب ضغط التربة الأفقي عمومًا إلى مواقع الركائز الاستنادية ذات الدعائم بسبب صلابتها النسبية مقارنةً بالمواد العازلة. تقل حركة التربة إلى أقصى حد عن طريق الحفاظ على الاحتكاك الثابت للمواد العازلة مع التربة.
  - ركائز حلزونية
    - تتعرض الركائز الحلزونية إلى التآكل الشديد ولا تُستخدم إلا بعد الحصول على ترخيص من الجهة العامة.
    - تتكون الركائز الحلزونية من دعائم فولاذية ذات لولب ونظام تثبيت أرضي يُستخدم لبناء الأساسات العميقة.
    - تُصنع الركائز الحلزونية باستخدام أحجام مختلفة من المقاطع المجوفة الأنبوبية للركيزة أو عمود التثبيت.
    - ينقل عمود الركيزة الحمل الهيكلي إلى الركيزة. تُلحم الألواح الفولاذية الحلزونية في عمود الركيزة وفقًا إلى ظروف التربة المخصصة، وتنقل حمل العمود إلى التربة. قد تُشكّل اللوالب بالضغط إلى زاوية محددة أو تتكون ببساطة من ألواح مسطحة ملحومة عند زاوية محددة في عمود الركيزة.
    - يمكن تركيب الركائز الحلزونية بتكلفة ووقت تركيب مخفضين مقارنة بأنظمة الركائز المنافسة.
    - يمكن تركيب الركائز الحلزونية في الحالات العلوية المنخفضة حيث لا توجد إمكانية كافية للوصول إلى معدات تثبيت الركائز.
  - ركائز البريمة المصبوبة
    - تتطلب ركائز البريمة المصبوبة تربة محددة ومؤشرات جيوتقنية لاستخدامها بفعالية ولا تُستخدم إلا بعد الحصول على ترخيص من الجهة العامة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- تُشكَل ركائز البريمة المصبوبة عن طريق الحفر في الأرض باستخدام بريمة مستمرة الحركة بساق مجوف إلى العمق المطلوب أو درجة المقاومة المطلوبة. لا يلزم استخدام غلاف. ثم يُضخ خليط الجص الإسمنتي إلى أسفل ساق البريمة. أثناء ضخ الجص الإسمنتي، يتم سحب البريمة ببطء، ما يؤدي إلى نقل التربة ناحية الأعلى مع استمرار حركات الصعود. يُشكَل عمود الجص الإسمنتي السائل على مستوى سطح الأرض. قد يُثبت التسليح بعد إزالة البريمة.
- تسبب ركائز البريمة المصبوبة أقل حد ممكن من الاهتزاز، وغالبًا ما تُستخدم للمواقع الحساسة للضوضاء والمواقع الحساسة بيئيًا.
- اختبار الركيزة
  - تخضع جميع مشاريع الركائز لاختبار الحمولة والمعاينة وفقًا لمتطلبات كود البناء النموذجي.
  - يُجرى اختبار الركيزة الديناميكي لجميع الركائز المثبّتة.
  - يُجرى اختبار الحمولة وفقًا للمواصفة ASTM D 1143 وASTM D 3689 للركائز التي برمها أو حفرها.

### 6.4 أنواع هياكل الساندة للتربة وأسس اختيارها

تُصمم الهياكل الساندة للتربة بناءً على التوصيات الواردة في تقرير التصميم الجيوتقني لنوع الهيكل المحدد وطرق التحليل والتصميم المقبولة المذكورة في المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 (الدليل الإرشادي الجيوتقني EPM-KE0-GL-000002).

### 6.5 متطلبات التشييد

#### 6.5.1 الأساسات

الارتفاع العلوي للحاملات الداعمة للقواعد الفولاذية مثل الأعمدة الهيكلية ودعامات الأنابيب والمعدات هو 150 مم على الأقل فوق مستوى السطح النهائي.

#### 6.5.2 الجدران الساندة

- يُمنع تراكم المياه خلف الجدران الساندة عن طريق توفير نظام صرف صحي يتكون من فتحات تصريف متباعدة بمسافة مناسبة ومرشح للحصى الخشن لتجميع المياه خلف الجدار.
- يعمق مواد أعمال الردم أمام الجدار الساند هو 600 مم على الأقل من أسفل القاعدة و300 مم على الأقل من أعلى القاعدة.

## 7.0 الحماية من التآكل

### 7.1 متطلبات عامة

#### 7.1.1 مقدّمة

- تتعرض الهياكل الخرسانية والفولاذية في المملكة العربية السعودية، وخاصةً عندما تقع على مقربة من البحر، لواحدة من أقسى ظروف التعرض في العالم، وبالتالي فهي تتطلب اعتبارات خاصة في التصميم والتفصيل والتشييد لتحقيق المعايير المقبولة للحماية والمتانة طويلة الأمد التي تتطلبها الجهة العامة.
- يشمل هذا القسم الفرعي إرشادات الحماية من التآكل لمرافق الجهة العامة أثناء مراحل التصميم والتشييد والتشغيل والصيانة، لتحقيق مدة خدمة طويلة ومتانة وتكلفة صيانة منخفضة.

#### 7.1.2 النطاق

- يتمثل نطاق هذا القسم الفرعي في توفير المبادئ والإرشادات والمتطلبات الخاصة بالحماية من التآكل للمرافق والأنظمة المشيّدة من مواد الفولاذ والصلب. تشمل المرافق والأنظمة التي يتناولها هذا القسم الفرعي الخرسانة المسلحة والهياكل الفولاذية بما في ذلك المباني والجسور والعبارات (مجاري المياه السفلية) وخزانات المياه وهياكل معالجة مياه الصرف الصحي وخطوط الأنابيب ودعامات الأنابيب وحوامل الأنابيب وقنوات الصرف الصحي وغير ذلك.
- تستند المتطلبات الواردة في هذه الوثيقة، أو التي وُردت بالمرجع، إلى كود البناء السعودي، ومعايير الصناعة، وأفضل الممارسات التي اعتمدتها الجهة العامة على مدى أكثر من أربعة عقود، على النحو الساري في بعض مناطق المملكة العربية السعودية.

#### 7.1.3 قابلية التطبيق

تنطبق المبادئ والإرشادات والمتطلبات الواردة في هذا القسم الفرعي على جميع المرافق والأنظمة المدرجة في النطاق أعلاه. بالنسبة إلى الهياكل والأنظمة غير المذكورة بالتحديد في النطاق، يوجه قسم الأعمال الهندسية والمعمارية الأسئلة بشأن قابلية التطبيق إلى الجهة العامة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

7.1.4 متطلبات عامة

7.1.4.1 بالنسبة إلى الهياكل غير المشيدة وغير المذكورة، يحدد قسم الأعمال الهندسية والمعمارية المواصفات وتفاصيل التشييد رهنًا باعتماد من الجهة العامة.

7.1.4.2 على الرغم من أن هذا القسم الفرعي يشمل بعض المواد والاعتبارات الخاصة لتلك المواد عند استخدامها في تطبيقات معينة، فإن فئة الهياكل «بخلاف المباني» تشمل التطبيقات الممكنة لأي نوع من المواد تقريبًا.

7.1.4.3 ظروف التعرض

- المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية

إن ظروف التعرض الخاصة بالهياكل الفولاذية والخرسانية المسلحة في المملكة العربية السعودية شديدة التآكل. ترد في هذه الوثيقة المؤشرات ذات الصلة بأداء الهياكل الخرسانية والفولاذية. تُقدم للجهة العامة معلومات محددة عن المشروع استنادًا إلى ظروف التعرض المحلية.

- وفقًا لتقرير الدراسة المسحية لتآكل التربة الذي أُجري بموجب العقد رقم 20T-001 في عام 1981، فإن خصائص ظروف التربة في المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية هي كما يلي:
  - حوالي 63% من المنطقة مغطاة بالسبخة (مناطق مسطحة ومالحة للغاية من الرمال أو الطمي تقع فوق منسوب المياه الجوفية).
  - يتجاوز محتوى الكلوريد في التربة القيمة الحرجة للتآكل في نسبة 21% من المنطقة.
  - تجاوز محتوى الكبريتات في التربة القيمة الحرجة لانتشار الكبريتات داخل الخرسانة في نسبة 52% من المنطقة.
  - كانت مقاومة التربة عند عمق 3 م أقل من 500 أوم - سم في نسبة 18% من المنطقة.
- وفقًا لتقرير تحديد خصائص ظروف التربة والمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية 2 الذي أُجري بموجب العقد رقم 202-03T، المهمة 10، فإن خصائص ظروف التربة في المدن الصناعية في المملكة العربية السعودية هي كما يلي:
  - تتراوح ظروف تآكل التربة فوق منسوب المياه الجوفية من شديد إلى معتدل.
  - أما أسفل منسوب المياه الجوفية، فإن ظروف تآكل التربة تتراوح من شديد إلى بالغ الشدة.
  - تبلغ نسبة المناطق المغطاة بالسبخة 6% فقط.
  - يتجاوز محتوى الكلوريد في التربة القيمة الحرجة 0.1% لتآكل حديد التسليح في نسبة 15% من المنطقة. يتفاوت تركيز الكلوريد في التربة من 0.01 إلى 0.6%.
  - تجاوز محتوى الكبريتات في التربة القيمة الحرجة 0.1% لانتشار الكبريتات داخل الخرسانة في نسبة 15% من المنطقة. يتفاوت تركيز الكبريتات في التربة من 0.01 إلى 0.6%.
  - كانت مقاومة التربة عند عمق 5 م أقل من 1000 أوم - سم في نسبة 25% من المنطقة.
  - يتراوح عمق منسوب المياه الجوفية من 0.3 إلى 5.8 متر عن مستوى سطح الأرض النهائي (بعد التعبئة المقترحة).
  - تتجاوز محتويات الكلوريد والكبريتات في المياه الجوفية القيم الحرجة لتدهور الخرسانة. تتفاوت تركيزات الكلوريد والكبريتات في المياه الجوفية من 0.05 إلى 1% و 0.02 إلى 0.38% على التوالي.

تتميز الظروف الجوية في المملكة العربية السعودية بارتفاع درجات الحرارة نهارًا خلال فصل الصيف، وارتفاع نسبة الرطوبة في فصل الشتاء، والاختلاف الكبير في درجات الحرارة بين فصلي الصيف والشتاء، والتقلبات الشديدة في درجة الحرارة الرطوبة خلال النهار والليل في فصل الصيف، والرياح العاتية والعواصف الرملية، والغلاف الجوي المحمّل بالأملاح والغبار بغزارة. يبلغ متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى بين 8 درجات مئوية و46 درجة مئوية على التوالي.

7.1.5 الأكواد والمعايير

- معايير الصناعة
  - كود البناء السعودي، الفصل 4
  - معهد الخرسانة الأمريكي، تقييم نتائج اختبار قوة تحمل الخرسانة (ACI 214R).
  - معهد الخرسانة الأمريكي، التحكم في تشققات الهياكل الخرسانية (ACI 224R).
  - معهد الخرسانة الأمريكي، الخرسانة في الطقس الحار (305 ACI)
  - معهد الخرسانة الأمريكي، متطلبات كود البناء
  - للهياكل الخرسانية وملاحظات عليها (ACI 318M).
  - الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد، المواصفات القياسية لعبارات الخرسانة المسلحة ومصارف مياه الأمطار وأنابيب الصرف الصحي (76ASTM C).
  - الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد، المواصفات القياسية للإسمنت البورتلاندي (150ASTM C).



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد، المواصفات القياسية لرماد الفحم المتطاير والبوزولان الطبيعي الخام أو المكلَّس للاستخدام في الخرسانة (618ASTM C).
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد، طريقة الاختبار القياسية للكلوريد القابل للذوبان في الماء في المونة الإسمنتية والخرسانة (ASTM).
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد، المواصفات القياسية لدخان السيليكا المستخدم في خلائط الإسمنت ( 1240ASTM C).
- الرابطة الأمريكية لمسؤولي الطرق والنقل بالولاية، الطريقة القياسية للاختبار من أجل التحديد السريع لنفاذية الكلوريد في الخرسانة (277AASHTO T).
- الجمعية الأمريكية لأعمال المياه، طبقة البولي إيثيلين لأنظمة أنابيب الحديد اللدن (105AWWA C).
- الجمعية الأمريكية لأعمال المياه، أنابيب الحديد اللدن، المصبوب بالطرد المركزي (151AWWA C).
- الجمعية الأمريكية لأعمال المياه، الأنابيب الخرسانية سابقة الإجهاد بالضغط، من نوع الأسطوانة الفولاذية (301AWWA C).
- الجمعية الأمريكية لأعمال المياه، الأنابيب الخرسانية بالضغط، الملفوفة بقضيب، من نوع الأسطوانة الفولاذية ( AWWA 303C).
- جمعية التغطية الواقية، تنظيف بالدفع الهوائي بالكامل (5-SSPC SP).
- جمعية التغطية الواقية، تنظيف بالدفع الهوائي شبه كامل (10-SSPC SP).

- التقارير الصادرة عن اللجنة الملكية
  - تقرير عن "تحديد خصائص ظروف التربة والمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية 2"، العقد رقم 03T-202، إصدار المهمة رقم 10، لعام 2006.
  - تقرير عن "إرشادات التحكم في التآكل للمرافق الخرسانية في المملكة العربية السعودية 2"، العقد رقم 03T-202، إصدار المهمة رقم 10، لعام 2006.
  - تقرير حول "إرشادات التحكم في تآكل المرافق الخرسانية في مدينة رأس الخير الصناعية"، العقد رقم 01T-027، إصدار المهمة رقم 2، لعام 2013.
  - تقرير عن "دراسة تآكل التربة، العقد رقم 20T-001، معهد الأبحاث، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، مشروع الهيئة الملكية، المملكة العربية السعودية، لعام 1981.
  - تقرير حول الفحص الجيوتقني لتطوير موقع المنطقة ب في مدينة رأس الخير الصناعية بموجب العقد رقم 01T-001، إصدار المهمة رقم 54، يناير 2013.
  -

## 7.2 التشغيل التجريبي

يجري التشغيل التجريبي للحماية من التآكل أثناء مرحلة التشييد أو بعدها، حسب النظم أو العناصر الهيكلية، للتحقق من أن النظم أو العناصر الجديدة/المعاد تأهيلها تفي بمتطلبات الحماية من التآكل الواردة في هذا القسم الفرعي.

## 7.3 حماية المرافق الخرسانية

### 7.3.1 متطلبات عامة

تشمل الإرشادات الواردة هنا جميع الهياكل الخرسانية المسلحة.

### 7.3.2 أشكال تدهور الخرسانة

- تدهور الخرسانة المسلحة

هذا هو النوع الأكثر شيوعًا لتدهور الهياكل الخرسانية في المملكة العربية السعودية. تتسرب أملاح الكلوريد من التربة والمياه الجوفية ومياه البحر وغيرها من المصادر إلى داخل الخرسانة وتسبب انحلال طبقة الأكسيد الواقية الموجودة على الحديد المسلح إلى جانب انتشار التآكل النشط. تتسبب المواد الناتجة عن التآكل، والتي تشغل حجمًا أكبر من حجم الفولاذ، في حدوث ضغوط شد في الغطاء الخرساني. عندما تتجاوز ضغوط الشد هذه قوة الشد للخرسانة، فإن الغطاء الخرساني يتعرض إلى التصدع والتشقق وانفصال الطبقات، وهذا بدوره يؤدي إلى فقدان الصلاحية التشغيلية وقد يؤدي إلى تقليل القدرة الهيكلية لقطع الخرسانة المسلحة.

- انتشار الكبريتات

يحدث انتشار الكبريتات في الخرسانة المعرضة للتربة والمياه الجوفية ومياه البحر نتيجة تفاعل كيميائي بين الإسمنت المائي وأيونات الكبريتات. يؤدي انتشار الكبريتات إلى تكوين نواتج قابلة للتمدد تسبب توسع في الخرسانة، ما يؤدي إلى تصدعه. كما يمكن لانتشار الكبريت أن يتسبب في فقدان تدريجي للقوة والكتلة بسبب تدهور تماسك نواتج الإسمنت المائي.

- تبلور الملح

تحدث هذه العملية في الخرسانة المعرضة للترطيب والتجفيف بالمياه الجوفية ومياه البحر، وهي تنتج عن تسرب الأملاح إلى داخل الخرسانة التي تتبلور عند التجفيف، ما يؤدي إلى تفتيت الخرسانة أو تقشيرها بشكل تدريجي. يؤدي تبلور الملح إلى تآكل سطح الخرسانة وظهور خليط متكدس.

- التصدع الحراري



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

قد يرجع سبب تصدع الخرسانة إلى انكماش البلاستيك في الخرسانة المصبوبة حديثًا أو الانكماش عند التجفيف في الخرسانة المتصلدة. يعد انكماش البلاستيك والانكماش عند التجفيف من الظواهر الفيزيائية، ويسببان إجهاد الشد في الخرسانة. ويحدث التصدع عندما يتجاوز إجهاد الشد المقترن في الخرسانة قوة الشد.

### 7.3.3 ظروف التعرض

تعتبر الهياكل الخرسانية المعرضة للظروف التالية شديدة التعرض:

- تحت الأرض وما يصل إلى نصف متر فوق مستوى سطح الأرض
- مياه البحر ورذاذ مياه البحر (منطقة الترشاش، ومنطقة المد والجزر والهياكل الواقعة على بعد 500 متر من شاطئ البحر)
- داخل الغرف (غرف الصمامات وغرف التفتيش وغيرها)
- مياه الصرف الصحي والمواد الكيميائية

لا تعتبر الخرسانة المعرضة للعوامل الجوية والمناطق الداخلية المكيفة عرضة لظروف شديدة.

### 7.3.4 إرشادات وأمثلة حول حماية المرافق الخرسانية

- متطلبات عامة

يعتمد تصميم الهياكل الخرسانية المتينة وتشييدها على اختيار المواد المناسبة، واعتماد تقنيات التصميم والتشييد المناسبة وتوفير تدابير الحماية الإضافية، حسب الاقتضاء، لإطالة مدة الخدمة إلى مدة خدمة التصميم.

- اختيار المواد
  - نوع الإسمنت

يوصي كود البناء السعودي باستخدام الإسمنت (150ASTM C) من النوع I مع خليط معدني للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكلوريد، وإسمنت (150ASTM C) من النوع V مع خليط معدني للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات. وبالمثل، توصي وثيقة (318) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي باستخدام الإسمنت (150ASTM C) من النوع V مع البوزولان أو الخَبَث للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات.

الإسمنت الذي يحتوي على نسبة عالية من ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C3A) هو النوع الأكثر مقاومة عند التعرض للكلوريد من تلك التي تحتوي على محتوى منخفض من ألومينات ثلاثي الكالسيوم. ويرجع ذلك إلى تأثير ألومينات ثلاثي الكالسيوم في ربط المزيد من الكلوريدات وتقليل معامل انتشار الكلوريد في الخرسانة. تزيد الخلائط الإضافية المعدنية من مقاومة تآكل حديد التسليح وكذلك انتشار الكبريتات بسبب تحسين خاصية عدم النفاذية للخرسانة.

نوع الإسمنت لظروف التعرض المختلفة هو كالتالي:

- بالنسبة إلى الخرسانة المسلحة المعرضة لظروف شديدة، استخدم الإسمنت (150ASTM C) من النوع I مع خليط معدني.
- بالنسبة إلى الخرسانة المسلحة غير المعرضة لظروف شديدة، استخدم الإسمنت (150ASTM C) من النوع I بدون خليط معدني.
- بالنسبة إلى الخرسانة غير المسلحة المعرضة لظروف شديدة، استخدم الإسمنت (150ASTM C) من النوع V مع خليط معدني.
- يكون الخليط المعدني من دخان السيليكا المطابق للمواصفة (1240 ASTM C). يمكن استخدام الرماد المتطاير من الفئة F المطابق للمواصفة ( 618 ASTM C) كنوع بديل.

  - نسبة المواد الإسمنتية المائية
    - يقتصر الحد الأقصى لنسبة المواد الإسمنتية المائية لجميع أنواع الخرسانة على 0.40.
    - تتكون نسبة المواد الإسمنتية المائية من نسبة الماء إلى مجموع الإسمنت والخليط المعدني. يوصي كود البناء السعودي بحد أقصى لنسبة المواد الإسمنتية المائية تبلغ 0.4 للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكلوريد، وتبلغ 0.45 للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات. توصي وثيقة (318) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي بحد أقصى لنسبة المواد الإسمنتية المائية تبلغ 0.45 للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات.
  - قوة الانضغاط
    - يبلغ الحد الدنى لقوة الانضغاط المحددة للخرسانة المسلحة المعرضة لظروف شديدة 35 ميجا باسكال.
    - يمكن تحديد قوة أقل للخرسانة غير المسلحة.
    - يتطلب كود البناء السعودي حد أدنى لقوة الانضغاط يبلغ 35 ميجا باسكال للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكلوريد، ويبلغ 30 ميجا باسكال للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات. توصي وثيقة (318) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي بحد أدنى لقوة انضغاط لمدة 28 يومًا تبلغ 35 ميجا باسكال للحماية من التآكل للخرسانة المسلحة المعرضة للرطوبة والكلوريدات من المواد الكيميائية المستخدمة لإزالة الجليد أو المياه المالحة أو المياه المالحة أو مياه البحر أو الرش من هذه المصادر.
  - محتوى الإسمنت
    - يمكن استخدام قيمة أقل لمحتوى الإسمنت في الخرسانة غير المسلحة.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يعتمد الحد الأدنى لمتطلبات محتوى الإسمنت على الحد الأقصى لنسبة المواد الإسمنتية المائية والحد الأدنى لقوة الانضغاط وقابلية التشغيل. للحصول على النسبة المطلوبة من المواد الإسمنتية المائية وقوة الانضغاط، يلزم وجود كمية معينة من الإسمنت للحصول على مزيج خرساني قابل للتشكيل.
- يوصي كود البناء السعودي بحد أدنى لنسبة المواد الإسمنتية (الإسمنت معه خليط إضافي معدني) يبلغ 370 كجم/م 3 للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكلوريد، وتبلغ 350 كجم/م 3 للخرسانة المعرضة لنسبة عالية من الكبريتات.

- التصميم
  - الغطاء
    - بالنسبة إلى الخرسانة المعرضة لظروف شديدة، يجب أن يكون الحد الأدنى للغطاء 75 مم.
    - يؤدي الغطاء فوق حديد التسليح دورًا مهمًا للغاية في حماية التسليح من التآكل. تحدد وثيقة (318) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي غطاءً لا يقل عن 75 مم للخرسانة المصبوبة والمعرضة للتربة.
  - 2) التحكم في التصدع
    - الحد الأدنى لعرض التصدعات هو 0.15 مم للهياكل المعرضة لظروف شديدة و0.30 مم للهياكل العلوية المعرضة للعوامل الجوية.
    - الشقوق هي أحد الأسباب الأساسية لتدهور الخرسانة في الهياكل الخرسانية المتينة. تسمح الشقوق بتسرب الكلوريدات بمعدل سريع إلى داخل الغطاء الخرساني. تنتج التشققات عن الضغوط في الخرسانة بسبب الانكماش عند التجفيف والأحمال والهبوط.
    - توفر وثيقة "التحكم في تصدعات الهياكل الخرسانية" الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي (R214) دليلًا عامًا لنسب عرض التصدعات المقبولة في الخرسانة المسلحة المعرضة لظروف مختلفة. يوصى بعرض تصدع مقبول يبلغ 0.30 مم للهياكل الخرسانية المعرضة للرطوبة والهواء الرطب والتربة، و0.15 مم للهياكل المعرضة لمياه البحر ورذاذ مياه البحر.
    - تُستخدم حدود عرض التصدعات المذكورة أعلاه للتصميم. ومع ذلك، تحذر الوثيقة (R224) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي من أن قيم عرض التصدعات هذه ليست دائمًا مؤشرًا موثوقًا للتآكل والتدهور المتوقع. على وجه الخصوص، قد يكون الغطاء الأكبر، حتى لو أدى إلى تصدع سطح أكبر، في بعض الأحيان أفضل للتحكم في التآكل في بيئات معينة. وبالتالي تُمارس أعمال الحساب الهندسية حول مدى التحكم في التصدعات المسموح بها. كما توفر الوثيقة (R224) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي توصيات للتحكم في التصدعات في الأجزاء الهيكلية المختلفة.
  - تفاصيل التسليح

تساعد التفاصيل المناسبة على الحد من مخاطر تآكل حديد التسليح. يُفضل استخدام عدد كبير من القضبان ذات القطر الأصغر عن عدد صغير من القضبان ذات القطر الأكبر. يبلغ الحد الأقصى للمسافة المتباعدة بين القضبان 300 مم. ينبغي تجنب القضبان ذات القطر الكبير في المقاطع الرفيعة.

- ممارسات التشييد
  - المعالجة
    - المعالجة هي خطوة ضرورية لتطوير الخصائص المحتملة للخرسانة. الخرسانة التي تحتوي على الخلائط الإضافية المعدنية هي النوع الأكثر حساسية للمعالجة. إن سرعة تطوير قدرة خرسانة الإسمنت المخلوط بالرماد المتطاير أبطأ من الخرسانة العادية، وبالتالي تتطلب فترة معالجة طويلة. تتمتع خرسانة الإسمنت المخلوط بأدخنة السيليكا إمكانية أعلى للتصدع بسبب انكماش البلاستيك، كما أن لدى تطوير قدرتها حساسية من المعالجة المبكرة. لذلك، فإن المعالجة الفعالة خلال الأيام الأولى هي خطوة ضرورية. إما أن يكون معدل تطوير قدرة الخرسانة التي تحتوي على دخان السيليكا مساويًا للخرسانة التي لا تحتوي على دخان السيليكا أو أعلى.
    - يبلغ الحد الأدنى لفترة المعالجة 14 يومًا لجميع أنواع الخرسانة المسلحة سواء مع أدخنة السيليكا أو بدونها، ولكن يتمدد الحد الأدنى لفترة المعالجة حتى يصل إلى 21 يومًا لجميع أنواع الخرسانة التي تحتوي على الرماد المتطاير بوصفها خليط إضافي معدني.
  - صب الخرسانة في الطقس الحار

تُتخذ جميع الاحتياطات اللازمة للأعمال المتعلقة بصب الخرسانة في الطقس الحار. تُتبع التوصيات المقدمة من وثيقة «صب الخرسانة في الطقس الحار» الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي (R305). تُحدد درجة حرارة الخرسانة عند التسليم على 30 درجة مئوية.

  - حدود نسب الكلوريد والكبريتات
    - يوصي كود البناء السعودي ووثيقة (318) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي بحد أقصى لمحتوى أيون كلوريد قابل للذوبان في الماء، كما تم قياسه وفقًا للمواصفة (1218ASTM C)، بنسبة 0.15% من وزن الإسمنت للخرسانة المسلحة المعرضة لنسبة شديدة من الكلوريد. ينخفض هذا الحد إلى 0.06% للخرسانة سابقة الإجهاد.
    - محتوى الكبريتات (03S) للإسمنت الذي تسمح به المواصفة (150ASTM C) هو 3% للإسمنت من النوع الأول بمحتوى C3A بنسبة 8% وأقل، و 3.5% بمحتوى C3A بأكثر من 8%. وهذا ما يعادل حوالي 4% من محتوى 4SO. بالتالي يقتصر محتوى 4SO في الخرسانة المتصلدة على 4% كحد أقصى لجميع أنواع الخرسانة (المسلحة وغير المسلحة).
  - نفاذية الكلوريد

إن نفاذية الكلوريد، كما تم قياسها من خلال الإجراءات الموضحة في وثيقة (277AASHTO T)، هي اختبار مناسب لضبط الجودة من أجل متانة الخرسانة. القيم النموذجية لنفاذية الكلوريد للخرسانة بنسبة 0.40 للإسمنت المائي المصنوع من الإسمنت



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

(150ASTM C) من النوع I تتراوح بين 3500 إلى 5000 كولوم. تتراوح هذه القيم لخرسانة دخان السيليكا بنسبة 10% من 500 إلى 1000 كولوم. وبالتالي فإن الحد الأقصى لنفاذية الكلوريد للخرسانة العادية والرماد المتطاير وأدخنة السيليكا 4000 و2000 و1000 كولوم على التوالي.

- الخرسانة العادية غير المسلحة
  - تؤدي التصدعات المفرطة التي تحدث نتيجة الصب غير السليم والمعالجة غير الصحيحة للخرسانة العادية غير المسلحة إلى زيادة تسرب الملوثات المسببة للتآكل بنسبة كبيرة. يمكن أن يؤدي وجود التصدعات إلى سرعة عملية التدهور بشكل كبير.
  - ينبغي تجنب تهيئة العناصر الهيكلية ذات النسب الصالحة للخرسانة العادية غير المسلحة. تستخدم الهندسة تقنيات "دعامات الضغط والشد" أو "قياس الدعامة الانضغاطية"، عند الاقتضاء، لإبقاء أحجام الأجزاء أقل من الحد الأدنى للخرسانة العادية غير المسلحة.
  - أي عنصر هيكلي خرساني يتجاوز البعد الأدنى له 1 م يعتبر خرسانة عادية غير مسلحة، ويخضع لمتطلبات هذا القسم الفرعي. تُذكر معلومات عن الخرسانة العادية غير المسلحة في ملاحظات الخرسانة العامة وترد بالتحديد في خطط رسومات التشييد. تتوفر تعليمات صب الخرسانة العادية غير المسلحة ومعالجتها في الملاحظات.
  - تحدد وثيقة (207) الصادرة عن لجنة معهد الخرسانة الأمريكي تعريف الخرسانة العادية غير المسلحة على أنها "أي حجم من الخرسانة ذات الأبعاد الكبيرة بما يكفي للاحتياجات الضرورية لاتخاذ تدابير للتعامل مع توليد الحرارة الناتجة عن عملية إضافة الماء إلى الإسمنت وما يترتب عليه من تغيير الحجم لتقليل التصدع".
  - تتوافق تعليمات صب عناصر الخرسانة العادية غير المسلحة ومعالجتها مع توصيات وشروط الوثائق (R207.1)، و(R207.2)، و(207.4) الصادرة عن معهد الخرسانة الأمريكي.

- تدابير الحماية الإضافية

قد يكون من الضروري توفير أنظمة حماية إضافية حسب متطلبات مدة خدمة التصميم. تلجأ بعض التدابير شائعة الاستخدام إلى التسليح المطلي بالإيبوكسي الملتحم بالانصهار (FBE) وطلاء سطح الخرسانة والصهاريج والحماية الكاثودية. يجب على الاستشاري المعماري/الهندسي أو مقاول الأعمال الهندسية والمشتريات والتشييد (أو كليهما) تقييم ظروف التعرض ومدة خدمة التصميم واتخاذ قرار بشأن تدابير الحماية الإضافية المطلوبة.

### 7.3.5 ملخص إرشادات حماية المرافق الخرسانية

- تُتبع الإرشادات الخاصة بنسبة المواد الإسمنتية المائية، وقوة الانضغاط، ومحتوى الإسمنت، والغطاء، والتحكم في التصدعات، وتفاصيل التسليح، والمعالجة، وصب الخرسانة في الطقس الحار، وحدود نسب الكلوريد والكبريتات، ونفاذية الكلوريد لجميع أنواع الخرسانة كما تمت مناقشته في الأقسام أعلاه.
- يرد ملخص إرشادات حماية الهياكل الخرسانية في الجدول 7.1.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الجدول 7.1 عن ملخص إرشادات حماية الهياكل الخرسانية

ملاحظة مهمة: يقترح قسم الأعمال الهندسية والمعمارية أنظمة طلاء بناءً على المشروع المحدد.

| S. No | Structure | Exposure Condition | Cement Type | Type of Reinforcement | Additional Protection |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Superstructures (located over 500 m away from seashore) | Atmosphere | TYPE I | Uncoated | NONE |
| 2 | Superstructures (located within 500 m from seashore) | Atmosphere | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | Uncoated | Concrete Surface Coating |
| 3 | Superstructures | Interior of air-conditioned areas | TYPE I | Uncoated | NONE |
| 4 | Foundation of buildings, bridges, culverts and other structures (buried and up to 0.5 m above ground/finished floor level) | Buried (soil / groundwater) | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Waterproofing Membrane |
| 5 | All Reinforced Concrete | Immersed in seawater and Spray from seawater (splash, tidal & atmospheric zones) | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | Uncoated | Impressed current cathodic protection |
| 6 | Pipe Supports | Partially buried & exposed to atmosphere | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Waterproofing membrane for buried concrete up to 150 mm above ground level and concrete surface coating for exposed concrete |
| 7 | Piles | Buried (soil / groundwater) | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | NONE |
| 8 | Chambers and manholes | Interior of non-air-conditioned areas | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Concrete Surface Coating |
| 9 | Interior of chambers handling wastewater and chemicals | Wastewater/chemicals | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Concrete Surface Coating |
| 10 | Tanks (internal) | Potable/reclaimed water | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Concrete Surface Coating |
| 11 | Tanks (bottom & external) | Potable/reclaimed water | TYPE I Plus Mineral Admixtures* | FBE Coated | Waterproofing membrane for buried concrete up to 150 mm above ground level and concrete surface coating for exposed concrete |
| 12 | Unreinforced concrete (mud-mat, anchor blocks etc.) | All conditions | TYPE V Plus Mineral Admixtures* | NONE | NONE |

* Mineral admixture shall be 7% silica fume conforming to ASTM C1240 as cement replacement



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 7.4 حماية الهياكل الفولاذية

### 7.4.1 متطلبات عامة

تتضمن الإرشادات الواردة في هذه الوثيقة الهياكل ذات الإطارات الفولاذية (مثل المباني، وحوامل الأنابيب، والجسور، وغير ذلك) والصهاريج والحاويات والركائز.

### 7.4.2 أشكال تآكل الفولاذ

#### 7.4.2.1 التآكل الجلفاني

يحدث التآكل الجلفاني عند تلامس قطعتين معدنيتين مختلفتين في بيئة تآكل موصلة. يتحفز التآكل نتيجة فرق الجهد الموجود بين القطعتين المعدنيتين. تعمل القطعة المعدنية الأكثر نشاطًا باعتبارها قطبًا موجبًا، بينما تعمل القطعة الأخرى الآخر باعتبارها قطبًا سالبًا.
يمكن تقليل التآكل الجلفاني عن طريق اختيار أزواج معدنية مناسبة في تصميم النظام. إذا لم تتوفر الخبرة الكافية لاختيار الأزواج المعدنية المتوافقة، يمكن التأكد من الاختيار عن طريق إجراء الاختبارات المعملية. في حال استخدام معادن غير متشابهة، يجب فصلها كهربائيًا باستخدام عازل كهربائي. عندما يكون العزل غير عملي، يمكن استخدام طريقة النسبة المساحية في التصميم. يُفضل المعدن سالب القطب، أو طلاء كل من المعادن سالبة أو موجبة القطب، بشكل عام لتجنب تأثير النسبة المساحية غير المناسبة في حالة التآكل الجلفاني.

#### 7.4.2.2 النقر

التآكل النقري هو انحلال المعادن السريع الموضعي الذي يحدث نتيجة لتفتت الغشاء الواقي الخامل على سطح المعدن. يمكن تجنب/ تقليل النقر عن طريق طلاء الأسطح المعدنية والتنظيف الدوري وتصميم الأشكال التي تمنع السوائل أو المواد الصلبة من التراكم.

#### 7.4.2.3 التآكل الصدعي

يشير التآكل الصدعي إلى التآكل الذي يحدث في المساحات المغلقة حيث يصبح وصول سائل التشغيل من البيئة محدودًا. عادةً ما يُطلق على هذه المساحات اسم الصدوع. تشمل الأمثلة على الصدوع الفجوات في مناطق التلامس بين الأجزاء، وتحت الحشوات أو موانع التسرب، والتصدعات والشقوق الداخلية، وفي المساحات المملوءة بالرواسب، والشوائب تحت الركائز. يمكن تجنب التآكل الصدعي عن طريق تقليل الصدوع والتجاويف حيثما يكون المعدن عرضة للتآكل وإغلاقها. يوصى باستخدام وصلات اللحام مزدوجة التقابل أو مزدوجة التراكب، أو اللحامات المستمرة، أو مواد الحشو غير المسامية لإغلاق فتحات الصدوع.

#### 7.4.2.4 التآكل بين الحبيبات

التآكل بين الحبيبات، المعروف أيضًا باسم التآكل السطحي الحُبيبي، هو شكل من أشكال التآكل حيث تكون أسطح مواد الحبيبات البلورية أكثر عرضة للتآكل من داخلها. يمكن أن تحدث هذه الحالة في السبائك المقاومة للتآكل، عند استنفاد أسطح حبيبات العناصر المانعة للتآكل، مثل الكروم بمساعدة بعض الآليات. لتقليل آثار التآكل بين الحبيبات، يتم اختيار المعدن الأساسي ومواد حشو اللحام لتكون متوافقة مع البيئة المحددة. يمكن تحديد الاختبارات المعملية، إذا لزم الأمر، كجزء من عملية اختيار المواد. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استشارة مهندس خبير في مجال التآكل أو مهندس معادن مؤهل بشأن الحاجة إلى تدابير الضبط الأخرى مثل تخفيف الضغط والمعالجة الحرارية للمعادن الحساسة.

#### 7.4.2.5 التآكل الناتج عن التيار الشارد

تآكل التيار الشارد، الذي يُطلق عليه أيضًا تآكل التداخل، هو تآكل ناتج عن تيار مباشر من مصدر خارجي ينتقل عبر مسارات غير الدائرة الكهربائية المقصودة. قد ينتج التآكل السريع في حال تجميع التيار بواسطة هيكل ووسائل تصريف إلى التربة. تشمل الإجراءات الوقائية العزل الكهربائي للهيكل، أو الربط متساوي الجهد أو استخدام الدروع أو الحماية الكاثودية.

### 7.4.3 إرشادات عامة للتحكم في تآكل الفولاذ

#### 7.4.3.1 متطلبات عامة

تُصمم الهياكل الفولاذية لمقاومة ظروف التعرض لتحقيق مدة خدمة التصميم المرغوبة للهيكل. تتضمن الطريقة الأكثر شيوعًا لتصميم وبناء الهياكل الفولاذية المتينة اختيار المواد والطلاء الواقي والحماية الكاثودية ومعالجة البيئة.

#### 7.4.3.2 اختيار المواد

تراعي متطلبات اختيار المواد شروط الخدمة التي سيتعرض لها الهيكل، ويشترك في ذلك الاختيار مهندس معادن مؤهل. يختار متخصص مؤهل في مجال التحكم في التآكل وأنواع الطلاء تقنيات الحماية المناسبة من التآكل.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تُتبع الإرشادات التالية في اختيار المواد:

- عملية اختيار المواد

معظم أنماط التآكل ليست واحدة ولكنها تختلف اختلافًا شديدًا حسب المكان. لذلك من المهم أن يُجرى تقييمًا لجميع المواد وفقًا لمعدلات الاختراق القصوى خاصةً عند النظر في الهياكل التي تحتوي على منتجات. يتوجب توخي الحذر عند استبدال السبائك الأكثر قدرة على مقاومة التآكل والأكسدة؛ ففي حين أن معدلات التآكل العامة أقل بشكل كبير، فإن وضع الإخفاق يمكن أن يكون مفجعًا (مثل تشققات التآكل بسبب الإجهاد والتقصف الهيدروجيني وغير ذلك).

- التآكل الجلفاني

عند اختيار مواد لمكونات مختلفة للوحدة (مثل مواد الهيكل والقطع للصمامات أو شبكات أنابيب التوصيل)، يتوجب توخي الحذر لضمان استخدام المواد المتوافقة من ناحية الجلفنة. تستخدم العوازل الكهربائية والجلبات العازلة لفصل المعادن غير المتشابهة عن بعضها البعض. في الحالات التي لا يكون فيها توفير العزل ممكنًا، يجب استخدام المزيد من المعادن النبيلة للربط أو التثبيت.

- السبائك الحديدية

من المتوقع أن تتآكل السبائك الحديدية المدفونة في التربة أو المعرضة للبيئة البحرية بمعدلات أعلى. لذلك يجب حماية السبائك الحديدية من التآكل باستخدام الطلاء أو الحماية الكاثودية.

- الفولاذ المجلفن

لا يمكن توقع أن توفر الجلفنة فحسب الحماية الكافية للمعادن عنج استخدامها في الأماكن الخارجية أو المدفونة أو المغمورة. ينبغي الاهتمام بشكل خاص بالظروف التي تكون فيها المكونات المجلفنة متصلة كهربائيًا بهيكل كبير، لأن حينها لن توفر الجلفنة سوى فوائد قليلة للغاية. عندما يكون الفولاذ المجلفن مدفونًا في التربة أو معرضًا لمنطقة ترشاش أو أسفلها، فيجب حمايته من التآكل باستخدام الطلاء أو الحماية الكاثودية.

- الألومنيوم

لا يجوز دفن الألومنيوم أو غمره في الخرسانة أو غمره في محلول ملحي أو ماء معالج بالكلور.

### 7.4.3.3 طبقات الطلاء الواقي

إن طبقات الطلاء الواقي هي الطريقة الأكثر استخدامًا للحماية من تآكل الهياكل الفولاذية. يمكن استخدام طبقات الطلاء مع طرق أخرى، مثل الحماية الكاثودية. ترد بالتفصيل مناقشة حول طبقات الطلاء الواقي في الأقسام التالية.

### 7.4.3.4 الحماية الكاثودية

الحماية الكاثودية هي واحدة من الطرق الأكثر استخدامًا للحماية من تآكل الهياكل الفولاذية المعرضة لظروف قاسية. ترد بالتفصيل مناقشة حول الحماية الكاثودية في الأقسام التالية.

### 7.4.3.5 المعالجة البيئية

تُعد المعالجة البيئية جزء من استراتيجية شاملة لتحسين أداء النظام. يمكن تبني العديد من وسائل الضبط حسب نوع الأنظمة ووظيفتها. تتمثل طرق العلاج النموذجية في التخلص من الأكسجين، وتعديل درجة الحموضة، والتجفيف، وإزالة المياه، وضبط السرعة، وإزالة الرواسب، والتحكم في درجة الحرارة، والتحكم في الضغط، وإضافة المثبطات، واستخدام المبيدات الحيوية ومبيدات الجراثيم، وإزالة المواد الصلبة العالقة، وغير ذلك.

### 7.4.4 إرشادات للتحكم في تآكل الهياكل الفولاذية

- متطلبات عامة
  - تُحمى الهياكل الفولاذية المعرضة للعوامل الجوية عن طريق الجلفنة بالغمس الساخن أو الطلاء الواقي. الإيبوكسي هو أنسب أنواع الطلاء مع طبقة علوية من البولي يوريثين.
  - تُحمى الهياكل الفولاذية المدفونة بطلاء واقٍ وحماية كاثودية.
  - تُحمى الهياكل الفولاذية المغمورة في المياه المعالجة والصالحة للشرب بطلاء واقٍ، وأنسب أنواع الطلاء لذلك هو الإيبوكسي.
  - تُحمى الهياكل الفولاذية المعرضة لمياه البحر أو غيرها من البيئات المسببة للتآكل بطلاء واقٍ إلى جانب الحماية الكاثودية.
  - ينبغي أيضًا حماية الهياكل الفولاذية المقاومة للصدأ المعرضة لمياه البحر بحماية كاثودية.
- الهياكل ذات الإطار الفولاذي
  - تُصمم الهياكل للتخلص من الصدوع أو تصغير حجمها وتتميز بانها تحبس الماء والأتربة وتعيقها. تُغلق جميع الصدوع إغلاقًا محكمًا.
  - لا تُغطى الهياكل ذات الإطار الفولاذي ويجب حمايتها من التآكل الناتج عن العوامل الجوية عن طريق استخدام الطلاء الواقي. الإيبوكسي هو أنسب أنواع الطلاء مع طبقة علوية من البولي يوريثين.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- يجب أن تكون الأجزاء الفولاذية مغروسة داخل الأساس الخرساني. يُستخدم لوح قاعدة مع مرتكزات في الأساس الخرساني. كما تُطلى مسامير التثبيت المكشوفة بطلاء واقٍ.
- تُتخذ الترتيبات لمعاينة الهياكل وإعادة طلاءها بعد انتهاء مدة خدمة التصميم للطلاء.

- الخزّانات والحاويات
  - تُحمى الخزانات والحاويات من الداخل والخارج.
  - يشمل تصميم الحاويات التخلص من الصدوع أو تصغير حجمها. تُغلق جميع الصدوع إغلاقًا محكمًا.
  - تُحمى الخزانات الفولاذية لتخزين المياه المعالجة والصالحة للشرب من الداخل بطبقات طلاء واقٍ. وأفضل أنواع الطلاء هو الإيبوكسي.
  - تُحمى الحاويات التي تعالج عوامل التآكل من الداخل (بخلاف المياه المعالجة والصالحة للشرب) بالطلاء إلى جانب الحماية الكاثودية.
  - تُحمى الخزانات الفولاذية لتخزين المياه المعالجة والصالحة للشرب من الخارج بطبقات طلاء واقٍ. الإيبوكسي هو أنسب أنواع الطلاء مع طبقة علوية من البولي يوريثين.
  - تُحمى الطبقات السفلية من الخزانات (الجانب السفلي من أرضيات الخزان) عن طريق استخدام الحماية الكاثودية من التيار المسلط لتجنب التآكل الناتج عن تعرض الفولاذ للتربة.
- الركائز الفولاذية، في حالة اعتمادها من الجهة العامة
  - تُحمى الركائز الفولاذية وأنبوب التغليف الفولاذي المثبّت في تربة تحتوي على ركائز خرسانية مغلفة بطلاء واقٍ وحماية كاثودية (الطلاء عرضة للتلف أثناء التثبيت). تُحمى الركائز المعرضة إلى العوامل الجوية بطلاء واقٍ.
  - تُحمى الركائز الفولاذية المثبّتة في قاع البحر بطبقة واقية وحماية كاثودية. يلزم توفير الحماية الكاثودية للأجزاء المدفونة والمغمورة من الركائز.
  - إن الركائز الموجودة في منطقة الترشاش عبارة عن شريط حماية من التآكل أو طلاء واقٍ أو حماية كاثودية (نظام من نوع الغلاف). تُحمى الركائز المعرضة إلى العوامل الجوية بطلاء واقٍ.
- الهياكل الفولاذية الأخرى
  - تتوفر حماية مناسبة من التآكل للهياكل الفولاذية المعرضة لبيئات تآكل.
  - تُحمى أعمدة الإنارة من خلال استخدام طريقة الجلفنة بالغمس الساخن. يمكن حماية ألواح القاعدة بطلاء واقٍ، وتجدر الإشارة إلى أن الإيبوكسي هو أنسب أنواع الطلاء.
  - تُحمى الهياكل المعدنية الموجودة داخل هياكل سحب وتصريف مياه البحر بطلاء واقٍ إلى جانب الحماية الكاثودية.

## 7.5 حماية خطوط الأنابيب

### 7.5.1 متطلبات عامة

تخضع خطوط الأنابيب المدفونة في مدن المملكة العربية السعودية إلى أحد أقسى ظروف التعرض في العالم، وبالتالي فهي تتطلب حماية كافية من التآكل وشروطًا للمعاينة أثناء الخدمة. تتضمن الإرشادات المقدمة في هذه الوثيقة الحديد اللدن، وأسطوانة الخرسانة سابقة الإجهاد، والخرسانة المسلحة، وأنابيب الفولاذ الكربوني.

### 7.5.2 نظام الأنابيب غير المعدنية

يُراعى استخدام أنظمة الأنابيب غير المعدنية حيثما ينطبق ذلك. يُراعى جميع العوامل، مثل الخدمة وظروف التعرض والمدة والتكلفة (التكلفة الأولية وتكلفة دورة الحياة) ومتطلبات الصيانة والعوامل الأخرى عند اختيار نظام الأنابيب.

### 7.5.3 إرشادات للتحكم في تآكل الأنابيب الموصى به

ملاحظة: يتولى الاستشاري المعماري/الهندسي وسيلة التحكم في تآكل الأنابيب حسب المشروع المحدد.

- أنابيب الحديد اللدن (المطابقة للمواصفة ISO 2531 وC151AWWA)
  - يوصى باستخدام أنابيب الحديد اللدن لمياه الشرب المعالجة والصالحة للشرب ومياه البحر. لا يجوز استخدامها لمياه الصرف الصحي.
  - تُستخدم أنابيب الحديد اللدن بنجاح ولها تاريخ حافل في المدينة الصناعية بالمملكة العربية السعودية.
  - تصطف تراكيب وأنابيب الحديد اللدن من الداخل بمونة إسمنتية عالية الألومينا مطبقة بالطرد المركزي ومغلفة بطلاء إيبوكسي بسُمك 400 ميكرون.
  - تُحمى تراكيب وأنابيب حديد اللدن المدفون من الخارج بزنك معدني نقي بمعدل 200 جم/م2 ومغلفة بدهان بيتومين يبلغ 120 ميكرون. بالإضافة إلى ذلك، تُلف الأنابيب والوصلات بغطاء بولي إيثيلين مطابق للمواصفات ISO 8180 وC AWWA 105. يُصنع الغلاف من شريط أنبوبي بسُمك 200 ميكرون من البولي إيثيلين منخفض الكثافة ينزلق ويُركب بإحكام في أنبوب في وقت الوضع. يتم تثبيت الغلاف على الأنبوب عن طريق شريط بلاستيكي لاصق في كل طرف ومثبتات ربط وسيطة.
  - لا حاجة إلى الحماية الكاثودية لأعمال الحماية الداخلية أو الخارجية لأنابيب الحديد اللدن.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- أنابيب أسطوانة خرسانية سابقة الإجهاد (PCCP) (متوافقة مع AWWA C301)
  - يوصى باستخدام أنابيب أسطوانة خرسانية سابقة الإجهاد لخدمة المياه المعالجة وصالحة للشرب ومياه البحر وهي مناسبة للأنابيب ذات القطر الكبير. لا يجوز استخدامها لمياه الصرف الصحي.
  - تُحمى أنابيب أسطوانة خرسانية سابقة الإجهاد من الداخل بطلاء إيبوكسي بسُمك 400 ميكرون.
  - تُحمى أنابيب أسطوانة خرسانية سابقة الإجهاد المدفونة من الخارج بواسطة إيبوكسي قطران الفحم بسُمك 400 ميكرون بالإضافة إلى الحماية الكاثودية.
- أنابيب أسطوانة خرسانية (CCP) (متوافقة مع AWWA C303)
  - يوصى باستخدام أنابيب أسطوانة خرسانية لخدمة المياه المعالجة وصالحة للشرب ومياه البحر وهي مناسبة للأنابيب ذات القطر الكبير. لا يجوز استخدامها لمياه الصرف الصحي.
  - تُحمى أنابيب أسطوانة خرسانية من الداخل بطلاء إيبوكسي بسُمك 400 ميكرون.
  - تُحمى أنابيب أسطوانة خرسانية المدفونة من الخارج بواسطة إيبوكسي من قطران الفحم بسُمك 400 ميكرون بالإضافة إلى الحماية الكاثودية.
- أنابيب الخرسانة المسلحة (RCP) (المطابقة للمواصفة ASTM C76)
  - يوصى باستخدام أنابيب الخرسانة المسلحة لأنابيب الصرف الصحي ومصارف مياه الأمطار.
  - تُحمى أنابيب الخرسانة المسلحة من الخارج بطلاء إيبوكسي من قطران الفحم بسُمك 400 ميكرون.
- أنابيب الفولاذ الكربوني
  - يمكن استخدام الفولاذ الكربوني في خدمات المياه المعالجة والصالحة للشرب ومياه البحر.
  - تُحمى أنابيب الفولاذ الكربوني من الداخل عن طريق وضع بطانة من المونة الأسمنتية وطلاء الإيبوكسي بسُمك 400 ميكرون.
  - تُحمى أنابيب الفولاذ الكربوني المدفون من الخارج بطلاء من الإيبوكسي أو البولي إيثيلين إلى جانب الحماية الكاثودية.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## 7.6 طبقات الطلاء الواقي

### 7.6.1 متطلبات عامة

الطلاء الوقائي هو أحد أكثر طرق التحكم في التآكل استخدامًا. تستخدم طبقات الطلاء الواقي للهياكل الفولاذية والخرسانية. قد تكون الحماية التكميلية، مثل الحماية الكاثودية، ضرورية للهياكل الفولاذية المطلية. يشتمل نظام الطلاء النموذجي على طبقة سفلية وطبقة متوسطة وطبقة علوية. يجب أن تكون جميع مكونات نظام الطلاء متوافقة ويتم الحصول عليها من نفس الشركة المصنعة.

### 7.6.2 معايير اختيار الطلاء

تُصمم أنظمة الطلاء الواقي العوامل التالية في الاعتبار:

- الموقع: سواء كان ساحلي أو غير ساحلي أو صناعي أو قروي.
- المناخ: إذا كان معتدل أو رطب أو جاف أو مثقل بالرطوبة أو حار.
- نطاق الخدمات: إذا كان خارجي أو داخلي أو مغمور.
- مدة الخدمة: مستوى الأداء المطلوب، ومدة الحماية أو وقت الصيانة الأولى، وثبات الألوان/ اللمعان.
- أعمال إعداد السطح: أنواع وحالة الطبقة السفلية ودرجة النظافة وحالة الدعائم.
- التعرض إلى المواد الكيميائية: إذا كانت مستوى التعرض شديد أو معتدل أو خفيف أو مغمور.
- المتطلبات المادية: مقاومة التأثير والمرونة ومقاومة التآكل ودرجة الالتصاق والصلابة.
- التوافق: قوة الرفع/ الإخفاء.
- الجدول الزمني للمعالجة: الحد الأدنى من درجة الحرارة المطلوبة، وقيود فترة الصلاحية، والحد من إعادة الطلاء.
- أساليب الاستخدام: يلزم توفر بخاخ، وفرشاة، وأسطوانة، وأداة وضع طلاء أو أداة موضعية، ومخفف.
- الشؤون الاقتصادية: التكلفة الأولية وتكلفة الصيانة.

### 7.6.3 أنظمة طلاء الهياكل المختلفة

ترد في الجدول 7.2 أنظمة الطلاء الموصى بها لمختلف الهياكل من الفولاذ والخرسانة المسلحة.

- تُنظف الأسطح الخرسانية قبل وضع الطلاء لإزالة المواد السائبة والزيوت والشحوم والأتربة. تُملأ العيوب الموجودة على السطح بحشو من الإيبوكسي. يشتمل نظام الطلاء على مادة مانعة للتسرب من الإيبوكسي قابلة للنفاذ وطبقة متوسطة وطبقة علوية.
- يُجرى إعداد الأسطح الفولاذية بالسفع بالرملي حتى الوصول إلى الشكل النهائي المطلوب (5 SSPC SP للأسطح الداخلية و10SSPC SP للأسطح الخارجية). تُملأ الفتحات والعيوب الموجودة على السطح بحشو من الإيبوكسي. يشتمل نظام الطلاء على طبقة سفلية ومتوسطة وعلوية من فوسفات الزنك.
- يُختبر الطلاء من ناحية سُمك الطبقة الجافة وثقوب المسامير والالتصاق.

الجدول 7.2 بشأن توصيات المتعلقة بأنظمة طلاء الهياكل المختلفة

ملاحظة مهمة: يقترح قسم الأعمال الهندسية والمعمارية أنظمة طلاء بناءً على المشروع المحدد. يُستخدم هذا الجدول كمرجع فقط

| الرقم التسلسلي | أنواع الهياكل | ظروف التعرض | أعمال الإعداد الموصى بها | نظام طلاء السطح الموصى به |
|---|---|---|---|---|
| 1 | الهياكل الخرسانية المسلحة على مسافة 500 متر من شاطئ البحر | بحري | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي المعالج بمركب الأمينات (طبقتان، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وبولي يوريثين قابل لإعادة الطلاء (طبقة واحدة، 60 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 2 | دعائم الأنابيب من الخرسانة المسلحة | خارجي (فوق الأرض) | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي من قطران الفحم (طبقتان، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 3 | الحجرات وغرف التفتيش من الخرسانة المسلحة | داخلي | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي من قطران الفحم (طبقتان، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 4 | غرف معالجة مياه الصرف الصحي والكيماويات من الخرسانة المسلحة | داخلي | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي من قطران الفحم (طبقتان، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

| الرقم التسلسلي | أنواع الهياكل | ظروف التعرض | أعمال الإعداد الموصى بها | نظام طلاء السطح الموصى به |
|---|---|---|---|---|
| 5 | الخزانات الخرسانية | داخلي | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي من أكسيد الحديد الميكائي (3/2 طبقة، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| | | خارجي | تنظيف السطح وملء العيوب بحشو من الإيبوكسي | طبقة سفلية مانعة للتسرب من الإيبوكسي من أكسيد الحديد الميكائي (2/1 طبقة، 200 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وبولي يوريثين قابل لإعادة الطلاء (طبقة واحدة، 60 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 6 | الهياكل الفولاذية | العوامل الجوية | وثيقة SSPC SP-10 الصادرة عن جميعة التغطية الواقية | طبقة سفلية من الإيبوكسي من فوسفات الزنك (75 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وبولي يوريثين قابل لإعادة الطلاء (طبقة واحدة، 60 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 7 | الركائز | المدفونة في مياه البحر (المغمورة والمكشوفة) | وثيقة SSPC SP-10 الصادرة عن جميعة التغطية الواقية | طبقة سفلية من الإيبوكسي من فوسفات الزنك (75 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وإيبوكسي من أكسيد الحديد الميكائي (213 طبقة، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| 8 | الخزانات الفولاذية | داخلي (المياه المعالجة والصالحة للشرب) | وثيقة SSPC SP-5 الصادرة عن جميعة التغطية الواقية | طبقة سفلية من الإيبوكسي من فوسفات الزنك (75 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وإيبوكسي من أكسيد الحديد الميكائي (3/2 طبقة، 400 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |
| | | خارجي | وثيقة SSPC SP-10 الصادرة عن جميعة التغطية الواقية | طبقة سفلية من الإيبوكسي من فوسفات الزنك (75 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وإيبوكسي من أكسيد الحديد الميكائي (2/1 طبقة، 200 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة)، وبولي يوريثين قابل لإعادة الطلاء (طبقة واحدة، 60 ميكرون لسُمك الطبقة الجافة) |

7.7 الحماية الكاثودية

7.7.1 متطلبات عامة

يُنفذ تصميم أنظمة الحماية الكاثودية وتركيبها وتشغيلها تجريبيًا على يد مهندسين ومقاولين مؤهلين. يتمثل أحد العوامل المختلفة التي تجب مراعاتها قبل تصميم نظام الحماية الكاثودية في نوع الهيكل المراد حمايته، ومقاومة الإلكتروليت، ووجود مرافق أخرى وأنظمة الحماية الكاثودية والتيار الشارد، والطرق المسموحة لتحديد موقع أجهزة الحماية الكاثودية، وتوافر طاقة التيار المتردد، وغير ذلك من العوامل. تشتمل معلومات التصميم المقدمة على حسابات التصميم، ومواصفات المواد والتركيب، ومتطلبات التشغيل التجريبي، وشروط المراقبة. يعمل مقاول التركيب على مراقبة جميع أنظمة الحماية الكاثودية لمدة عام واحد قبل تسليم النظام للجهة العامة.

7.7.2 الدليل الإرشادي لتصميم أنظمة الحماية الكاثودية

ملاحظة مهمة: يختار قسم الأعمال الهندسية والمعمارية نظام الحماية الكاثودية والمعايير السارية حسب الظروف الخاصة بالمشروع.

- الخرسانة المسلحة
  - لا تقل كثافة التيار الكهربائي داخل التصميم للخرسانة المسلحة الجديدة عن 5 ملي أمبير لكل 2 متر مربع من مساحة حديد التسليح.
  - لا تقل كثافة التيار الكهربائي داخل التصميم للخرسانة المسلحة الحالية عن 20 ملي أمبير لكل 2 متر مربع من مساحة حديد التسليح.
  - تبلغ نسبة معايير الحماية لجهد القطع الفوري -720 ملي فولت أو أكثر من هذه النسبة السالبة فيما يتعلق بالمسرى الكهربي المكون من فضة/ وكلوريد الفضة أو تحلل محتمل لا يقل عن 100 ملي فولت خلال فترة 24 ساعة أو 150 ملي فولت على مدى فترة زمنية طويلة.
- الهياكل الفولاذية



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- لا تقل كثافة التيار الكهربائي داخل التصميم للطبقات السفلية للخزان والركائز المدفونة وخطوط الأنابيب المكشوفة المدفونة عن 20 ملّي أمبير لكل 2 متر مربع من مساحة الفولاذ. بالنسبة إلى الأنابيب العادية والأنابيب الفولاذية المطلية، تتفاوت نسبة القيمة على حسب نوع الطلاء؛ فمن الممكن الموافقة على قيمة من 0.1 إلى 1 ملّي أمبير لكل متر مربع.
- لا تقل كثافة التيار الكهربائي داخل التصميم للركائز الفولاذية المكشوفة المعرضة لمياه البحر عن 150 ملّي أمبير لكل 2 متر مربع (بشكل مبدئي) و70 ملّي أمبير لكل 2 متر مربع (بشكل أساسي) من مساحة الفولاذ. بالنسبة إلى الفولاذ المطلي، تستند كثافة التيار الكهربائي داخل التصميم إلى عامل تفتت الطلاء بنسبة 10%.
- تبلغ نسبة معايير الحماية للفولاذ المعرض للتربة ومياه البحر لجهد القطع الفوري -800 ملّي فولت أو أكثر من هذه النسبة السالبة فيما يتعلق بالمسرى الكهربي المكون من فضة/ وكلوريد الفضة.

### 7.7.3 أنظمة الحماية الكاثودية للمرافق المختلفة

- الخرسانة المسلحة
  - بالنسبة إلى الخرسانة المسلحة الجديدة، تُستخدم أنودات الشريط الشبكي الممدد من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة من شركة مصنعة مؤهلة تتميز بسجل أعمال وافٍ. تُوضع الأنودات في غطاء خرساني أو بين طبقتين من التسليح. يُستخدم شريط توصيل من التيتانيوم لتوزيع التيار الكهربائي.
  - بالنسبة إلى الخرسانة المسلحة الحالية، تُستخدم أنودات شبكية من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة من شركة مصنعة مؤهلة تتميز بسجل أعمال وافٍ. تُوضع الأنودات على السطح الخرساني الحالي وتُغطى بطبقة إسمنتية. يُستخدم شريط توصيل من التيتانيوم لتوزيع التيار الكهربائي.
  - ينقسم الهيكل إلى مناطق ذات أحجام مناسبة، وتُغذى كل منطقة من قناة إمداد طاقة مخصصة.
- الخزانات والحاويات الفولاذية
  - بالنسبة إلى الخزانات الجديدة، تُستخدم أنودات شبكية من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة من شركة مصنعة مؤهلة تتميز بسجل أعمال وافٍ. تُوضع الأنودات في التربة تحت الخزان على شكل شرائح شريطية متوازية تعمل في اتجاه واحد. يُستخدم لوح توصيل من التيتانيوم لتوزيع التيار الكهربائي، ويُوضع بشكل رأسي على الأنودات.
  - بالنسبة إلى الخزانات الحالية، تُستخدم أنودات أنبوبية من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة أو من حديد الزهر عالي السيليكون من شركة مصنعة مؤهلة تتميز بسجل أعمال وافٍ. تُوضع الأنودات في فتحات محفورة حول الخزان يُحدد عمق الأنودات في حسابات التصميم.
  - يتغذى كل خزان من مقوّم تيار محول مخصص أو قناة مخصصة لمقوّم تيار محول متعدد القنوات.
- الأنابيب الفولاذية
  - بالنسبة إلى الأنابيب الجديدة والحالية، يمكن استخدام أنواع مختلفة من الأنودات. تعمل شركة مصنعة مؤهلة وتتميز بسجل أعمال وافٍ على صناعة هذا النوع من الأنود.
  - يمكن استخدام الأنودات العميقة للغاية للأنابيب عبر البلاد، ولكن تُستخدم الأنودات الموزعة للأنابيب داخل المحطات وفي حالة وجود هياكل أخرى بالقرب من الأنابيب.
- الركائز الفولاذية
  - بالنسبة إلى الركائز الفولاذية الجديدة والحالية المدفونة في التربة أو المغمورة في مياه البحر، يمكن استخدام أنودات التيار الكهربائي المهدور أو المسلط. يُفضل استخدام أنودات الألومنيوم المهدورة للركائز في مياه البحر. قد تشتمل الأنودات المسلطة على أنودات أنبوبية من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة لمياه البحر، وأنودات أنبوبية من التيتانيوم المطلي بأكسيد المعادن المختلطة وأنودات من حديد الزهر عالية السيليكون للتربة.

### 7.7.4 مراقبة أنظمة الحماية الكاثودية

- تُراقب جميع أنظمة الحماية الكاثودية بانتظام لضمان الأداء السليم للأنظمة ولتحديد احتياجات الترقية.
- يبلغ معدل المراقبة لأنظمة الأنود المهدور ستة أشهر. تشمل المراقبة قياس التيار الكهربائي للأنود وإمكانات الهيكل إلى التربة.
- يبلغ معدل المراقبة لأنظمة التيار الكهربائي المسلط على النحو التالي:
  - شهريًا: فحص حالة الأجهزة وقياس ناتج مقوّم التيار المحول.
  - نصف سنوي: فحص حالة الأجهزة، وقياس ناتج مقوّم التيار المحول، وإمكانات الهيكل إلى التربة (التشغيل والإيقاف الفوري والتحلل).
  - ثلاث سنوات: إجراء فحص كامل للنظام بما في ذلك تحليل بيانات المراقبة للفترة السابقة.

## 8.0 **المُرفقات**

1. متطلبات إرشادات الحسابات
2. متطلبات وإرشادات الرسومات المحددة



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

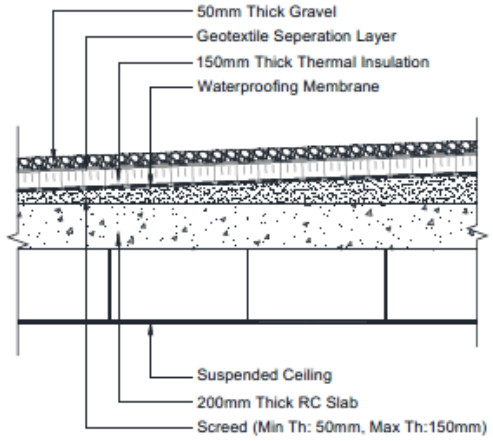
## المُرفق 1 - متطلبات وإرشادات الحسابات

### أ. متطلبات عامة

### ب. البنود العامة ومعايير التصميم

1. يعمل قسم الأعمال الهندسية والمعمارية على إعداد الحسابات لدعم تصميم النظام الهيكلي والتوصيلات. تشتمل الحسابات على جدول محتويات أو فهرس، تبين وتحدد بوضوح أحمال الخدمة والأحمال التحليلية ومجموعات التحميل التحليلية. تكون الحسابات الهيكلية مؤرخة ومقروءة ومحفوظة في ملف المشروع.
2. تُزوّد مجموعة حساب التحليل والتصميم بمعلومات الاتصال المباشر التي تحتوي على بيانات مهندس التصميم والمهندس الإنشائي الأساسي من أجل تمكين الجهة العامة من مناقشة المشكلات معهم مباشرةً.
3. خلو المجموعة المعدَّة من العبارات الغامضة ولا تحتاج إلى تفسير ومؤكدة البيانات.
4. توفير الصلة بين الرسومات والحسابات لجميع أجزاء الهيكل والتوصيلات. كما يمكن أن ينطبق ذلك مع أوصاف المواقع الواضحة في الحسابات.
5. مناقشة ووصف أساس التصميم بما في ذلك الافتراضات وتوضيح أسباب استخدام هذه الافتراضات في التصميم.
6. قائمة أكواد البناء والمعايير والمواصفات (بما في ذلك إصداراتها) للمواد المستخدمة في التصميم. يؤدي تقديم أكواد ومعايير ومواصفات غير ذات صلة إلى رفض التقديم.
7. معلومات التقرير الجيوتقني ومعايير التصميم والمرجع الصحيح للتقرير الجيوتقني.
8. قيود الانحناء للعناصر الهيكلية وقيود الانجراف الجانبي للهيكل بأكمله.
9. توثيق أحمال التصميم:

a) الأحمال الساكنة: تشتمل الأحمال الساكنة الوزن الذاتي لجميع القطع ذات الطابع المستديم التي ستستمر في العمل مدة الخدمة للمبنى. يُذكر الحمل الساكن بالتفصيل لكل نوع من أنواع القطع بما يشتمل على الرسم التخطيطي المناسب، مثل؛




ROOF DECK SECTION

**Roof Dead Load**

| | |
|---|---|
| 50 mm Thick Gravel | xxx kPa |
| Geotextile | xxx kPa |
| 150 mm Thick Thermal Insulation | xxx kPa |
| Waterproofing Membrane | xxx kPa |
| Screed (Ave. Thick: [50+150]/2=100 mm | xxx kPa |
| 200 mm Thick RC Slab | xxx kPa |
| MEP Allowance | xxx kPa |
| Suspended Ceiling | xxx kPa |
| **TOTAL Roof Dead Load** | **xxx kPa** |

b) الأحمال المتحركة: يدرج مهندس الإنشاءات الأحمال المتحركة لكل موقع يختلف فيه الغرض من الاستخدام.

c) أحمال الرياح: يوثّق مهندس الإنشاءات جميع المؤشرات المطلوبة لحساب حمل الرياح لنظام مقاومة قوة الرياح الأساسي والمكونات ومواد الكساء.

تتضمن المؤشرات ما يلي:

- سرعة الرياح في التصميم
- فئة التعرض
- فئة المخاطر
- عامل الأهمية

تُحدَّد جميع المؤشرات بوضوح ويُشار إليها في أقسام الأكواد والمعايير ذات الصلة.

d) الحمل الزلزالي: يوثّق مهندس الإنشاءات جميع المؤشرات اللازمة لحساب الحمل الزلزالي للهيكل بما في ذلك:



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

- فئة المخاطر
- عامل الأهمية
- نظام مقاومة الحمل الجانبي
- عامل خفض الاستجابة (R)
- عامل زيادة مقاومة النظام (00)
- عامل تضخيم الانحناء (Cd)
- فئة الموقع (ارجع إلى التقرير الجيوتقني)
- عوامل الموقع
- تسارع الاستجابة الطيفية المخططة
- عوامل الاستجابة الطيفية

تُحدَّد جميع المؤشرات بوضوح ويُشار إليها في أقسام الأكواد والمعايير ذات الصلة.

e) الحمل الحراري: تُوثَّق بوضوح اعتبارات الأحمال والآثار المترتبة على الانكماش أو التمدد الناتجة عن تغيرات درجات الحرارة

f) أحمال المعدات: تُدرج جميع معدات الأعمال الميكانيكية والكهربائية وأعمال السباكة المقرر استخدامها في الهيكل إلى جانب الموقع والوزن التشغيلي.

g) يُدرج مهندس الإنشاءات بوضوح جميع الأحمال الأخرى بما في ذلك المواقع التي سيتم التطبيق فيها والحجم والشرح لمورد الأحمال.

10. تُوثَّق بوضوح مجموعات الأحمال المستخدمة في التصميم.
11. يُدرج مهندس الإنشاءات جميع متطلبات تصنيف الحريق داخل الهيكل بأكمله.
12. تُوثَّق الاعتبارات والمعلومات المتعلقة بالطفو والغمر.

**ج. تصميم مركز الثقل**

1. تحليل وتصميم المكونات الهيكلية الأولية. يُوثق هذا التصميم الموقع، والمنطقة التابعة، والنطاق، وحالة التحميل والمراقبة، ومجموعة الأحمال لكل جزء مصمم. كما يجب تحديد الآثار المترتبة على الأحمال الحرارية.
2. يقدم مهندس الإنشاءات قائمة بالمواد المستعملة ومستوياتها المستخدمة في التصميم لكل مكون من المكونات الهيكلية.
3. تشير الحسابات إلى الحجم النهائي للأجزاء على النحو المبين في الخطط، بما في ذلك حالة الدعم. يذكر مهندس الإنشاءات أيضًا أي ظروف تحميل لامركزية تؤدي إلى حدوث التواء على الجزء وبالتالي على جزء التصميم.
4. جميع حسابات التصميم نهائية، مع التأكيد على أن مقاومة الجزء مرضية مقابل نتائج التحليل. كما يُشار إلى كل خطوة من مراحل التصميم حسب معايير أو أكواد التصميم ذات الصلة.
5. يُفحص مدى انحناء الجزء مقابل معايير الانحناء المسموح بها.
6. حسابات تصميم التوصيلات بين المكونات الهيكلية الأولية.
7. حساب تصميم التوصيلات بين العناصر الثانوية و/ أو غير الهيكلية وبين المكونات الهيكلية الأولية.
8. إذا قدم المورّد العناصر المستخدمة في التصميم، فلا يزال على مهندس الإنشاءات تقديم تحليل كامل وحسابات التصميم على النحو المبين في هذه الوثيقة.

**د. التصميم الجانبي**

1. يُشار إلى العوامل المستخدمة في تحديد حمل الرياح الكلي على النحو المطلوب في القسم B.9.c (ب.9.ج) من هذا الملحق.
2. يُشار إلى العوامل المستخدمة في تحديد القص الأساسي بالإضافة إلى معايير التصميم الزلزالي المطلوبة في القسم B.9.d (ب.9.د) من هذا المُرفق.
3. نوع محدد بوضوح من نظام مقاومة القوة الجانبية المستخدَم والمكونات الهيكلية الأولية التي تشكل جزءًا من النظام.
4. تُقدم نتائج التحليل والتصميم مع رسم تخطيطي يوضح الخواص الهندسية والتحميل وظروف الحدود وغير ذلك.
5. تصميم المكونات الهيكلية الأولية المتعلقة بنظام مقاومة القوة الجانبية. قد تشمل هذه المكونات، على سبيل المثال لا الحصر، الحواجز الفاصلة والشبكات ودعامات السحب وأماكن تثبيت خارج النقاط وتصميم التوصيل.
6. يتوفر تصميم المكونات الهيكلية وغير الهيكلية الثانوية وتوصيلاتها بالمكونات الهيكلية الأولية.

**هـ. تصميم الأساسات والقواعد**

1. توثيق الأحمال الأفقية والرأسية على الركيزة أو مجموعة الركائز أو الأساسات.
2. تصميم المكونات الأولية للأساسات والقواعد.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

3. يُستخدم الحساب أو المرجع لمعامل الطبقة التحتية ($k_s$) في التصميم.
4. تتوفر المعلومات والمراجع حول ضغط التحميل المسموح به للتربة.
5. تقديم جدول زمني للقواعد بما في ذلك المعلومات الخاصة بالحجم وأحمال الخدمة والتسليح وضغط التحميل والهبوط المقدر وغير ذلك.
6. ضرورة توفير تصميم المكونات الهيكلية الثانوية في التوصيل بين الأساسات والهيكل أعلاه. تشمل هذه المكونات ألواح القاعدة ومسامير التثبيت وألواح الغرس.
7. تُدرج الآثار المترتبة على الحمل الجانبي بما في ذلك الرفع والانقلاب ونقل القص إلى التربة.
8. تُدرج الآثار المترتبة على الطفو والغمر في تصميم الأساسات.
9. تُذكر متطلبات التعبئة الهندسية أو غيرها من معايير المكان المحددة في الحسابات والخطط.
10. ما لم توافق الجهة العامة على خلاف ذلك، لا يجوز استخدام خصائص التربة «التقديرية» (ضغط الحمل) في التصميم. في حالة اعتماد المؤشرات التقديرية، تُجرى عملية التحقق الميداني، على النحو الذي يحدده حجم المشروع ومدى تعقيده. تعتمد الجهة العامة جميع مقترحات التحقق من الموقع، وتُقدم السجلات الميدانية والتحليلات إلى الجهة العامة قبل بدء العمل لإثبات أن ظروف الموقع يمكن أن تدعم تصميم الأساسات المحدد، على غرار التقديم المؤجل.

### و. التصميم بمساعدة الحاسوب

بالإضافة إلى المتطلبات المدرجة في المجلد 6، الفصل 6 (الدليل الإجرائي لمعايير التصميم بمساعدة الحاسوب «EPM-KE0-PR-000008»)، سيرد ذكر المطالب الإضافية لاستخدام برامج الكمبيوتر في التحليل والتصميم فيما يلي.

1. بالنسبة إلى برامج الكمبيوتر التي تحتوي على خوارزميات مدمجة لتنفيذ شروط إصدارات معينة من نماذج أو أكواد بناء المواد، يُجرى تحليل منهجيات كود البناء المختار وكود البناء المستخدم في البرنامج لضمان اتساق المنهجية. تتوافق منهجية البرنامج مع كود (أكواد) البناء المحدد إما من خلال استخدام بيانات الإدخال المعدلة أو من خلال استخدام عوامل الأحمال المعدلة ضمن مجموعات الأحمال، أو كليهما.
2. تُدرج طريقة التوافق بين كود البناء المختار للتصميم وكود البناء المطبق في البرنامج، فضلاً عن تحديد بيانات الإدخال المعدلة و/ أو عوامل تجميع الأحمال المستخدمة في تقارير أساس التصميم وفي الحسابات. تُدرج الملاحظات على أساس أنها تعليقات عن إدخالات البرنامج التي توضح سبب اختلاف معلومات الإدخال و/ أو عوامل مجموعة الأحمال عن القيم العادية.
3. يجب توفير تركيب هيكلي ثلاثي الأبعاد للهيكل الكلي (جميع طرق العرض الأربعة متساوية الأبعاد).
4. يذكر مهندس الإنشاءات بالتفصيل جميع متغيرات الإدخال وتقديم تفسيرات واضحة لكل متغير (الأحمال ومجموعات الأحمال واسم القسم المحدد والخصائص والتعديلات وغير ذلك). تُدرج الاختصارات والتسميات المختزلة المستخدمة في البرنامج.
5. عرض الخطة (بما في ذلك استخدام خطوط الشبكة والأبعاد) لكل مستوى من مستويات الهيكل الذي يعرض كل حمل من أحمال المنطقة المستخدمة وأسماء أقسام المنطقة.
6. عرض الارتفاع في كل خط شبكة يوضح كل حمل من أحمال خط مستخدم وأسماء أقسام الإطار.
7. عرض خطة توضح اسم القسم والموقع لنظام (أنظمة) مقاومة الحمل الجانبي على كل مستوى من مستويات الهيكل.
8. إذا كان البرنامج المستخدم يحتوي على وظيفة تلقائية لحساب الحمل الجانبي، فأدرج جميع متغيرات الإدخال للمؤشرات المتعلقة بالرياح والزلزال مع تقديم تفسيرات واضحة.
9. في حال استخدام طريقة الحساب اليدوي للأحمال الجانبية، فيرجى توفير حساب شامل للأحمال وتوضيح طريقة ومكان تطبيق الأحمال على الهيكل. يوفر مهندس الإنشاءات أيضًا الحساب للفترة الأساسية للهيكل.
10. تتوفر معلومات حول الحواجز الفاصلة المخصصة بما في ذلك موقع توصيل الحواجز الفاصلة بنظام مقاومة الحمل الجانبي.
11. يشمل ملخص الإخراج للأحمال الجانبية، على سبيل المثال لا الحصر، المعلومات التالية:
    a) يظهر قص الطابق على عرض الارتفاع للهيكل
    b) القص الأساسي
    c) الانجراف لكل مستوى من مستويات الهيكل
12. يقدم مهندس الإنشاءات تحليل وتصميم مخرجات لكل جزء هيكلي أولي (عوارض وأعمدة وصفائح وأساسات وجدران القص وغيرها). ينبغي أن تكون مخرجات التصميم نهائية ويتم التأكد من النتائج.
13. تعمل معظم برامج التحليل والتصميم الهيكلي في السوق على إجراء تحليل وتصميم على مستوى الماكرو فقط، مما يعني أن تحليل المفصل للتوصيلات والتحقق من متطلبات الكود وغير ذلك تُترك لمهندس الإنشاءات لتصميمها إما بالحسابات اليدوية أو باستخدام برامج أخرى معتمدة من الجهة العامة.

لذلك يجب على مهندس الإنشاءات تقديم تقرير شامل يتضمن على سبيل المثال لا الحصر ما يلي:

a) تصميم موحد بأعمدة صفائح وأعمدة عوارض
b) عمليات فحص القص الثاقب للقواعد والصفائح
c) عمليات فحص متطلبات الرموز لحجم العناصر والمستويات وغير ذلك.



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

d) عمود فولاذي - توصيل الأساسات الخرسانية بما في ذلك تصاميم مسامير التثبيت وألواح القاعدة.
e) مواد الكساء لأجزاء الهيكل الأساسية
f) تصاميم الدعامات الناتئة والحواف الناتئة
g) تصميم الحواجز الفاصلة



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

## المُرفق 2 - متطلبات وإرشادات الرسومات المحددة

### أ. متطلبات عامة

بالإضافة إلى المتطلبات العامة المذكورة في المجلد 6، الفصل 6 (متطلبات ومعايير تقديم المشروع) من دليل مشروعات الوطني لإدارة المشاريع، تتضمن الرسومات الهيكلية أيضًا المعلومات المحددة الواردة في هذا الملحق.

### ب. البنود العامة

1. تاريخ كل إصدار والغرض منه؛
2. أكواد التصميم والتشييد والمعايير واللوائح السارية التي تحكم العمل؛
3. المواد المراد استخدامها، بما في ذلك معاييرها ومستوياتها؛
4. وصف نظام مقاومة الحمل الجانبي ضمن قسم الزلازل/ الملاحظات العامة؛
5. شروط التمديدات المستقبلية، إن وجدت؛
6. تسلسل العمل، إذا كان هذا أمرًا مهمًا لوظيفة الهيكل النهائي؛
7. تفاصيل ومواقع وصلات التحكم والتشييد والتوسع؛
8. الرسومات الهيكلية الحالية والدراسات المسحية للحالة والتقارير الخاصة التي أشرف على إعدادها جهات أخرى، عند الضرورة؛
9. الأبعاد المشتقة من الناحية الهيكلية (غالبًا ما يُفضل عرض خط الشبكة والأبعاد الكلية للمبنى، أو الرسومات المعمارية، لتجنب ازدواجية الأبعاد والأخطاء المحتملة)؛
10. معايير التصميم التي توفر المعلومات المناسبة لجميع الأحمال الرأسية والأفقية، وتعيينها على أنها أحمال ساكنة أو متحركة ومحددة أو تحليلية؛
11. تتضمن معايير التصميم المعلومات المتعلقة بالحمل الزلزالي وحمل الرياح. يُحدد حمل الرياح بوضوح بالنسبة إلى نظام مقاومة قوة الرياح الأساسي والمكونات ومواد الكساء. يمكن إدراج مخططات الضغط عند الاقتضاء، و
12. موقع ومواصفات التدعيم المؤقت/ الدعامة إذا لزم الأمر.

### ج. مخططات الأساسات

1. خطوط الشبكة وأبعادها وكذلك الأبعاد الإجمالية والأبعاد المشتقة من الناحية الهيكلية؛
2. نوع وأحجام وتفاصيل ومواقع أساسات الأعمدة والجدران والدعائم والمعدات الخاصة وغيرها من مكونات التحميل للحمل الهيكلي؛
3. المتطلبات المتعلقة بالصرف الصحي ونزح المياه، إذا كانت ضرورية للتصميم الهيكلي؛
4. ارتفاع القاعدة المتوقع للأساسات؛
5. إعداد الطبقات الفرعية لخرسانة الأرضيات، فضلاً عن سُمك خرسانة الأرضيات وتعزيزها ورفعها؛
6. تفاصيل منع تسريب المياه للأساسات، إذا لزم الأمر؛
7. تصميم قيم تحمل التربة أو الصخور، مع الرجوع إلى التقارير الجيوتقنية المعنية؛
8. موقع الخدمات والأساسات المجاورة الحالية ومعلومات الموقع التي أتاحتها جهات أخرى لمهندسي الإنشاءات، والتي قد تتعارض مع الأساسات أو القواعد الهيكلية ؛
9. علاوة على ذلك، عند تحديد الدعائم و/ أو أعمدة الإسناد التي يجب أن تصممها جهات أخرى، يشير مهندسي الإنشاءات في الرسومات إلى المناطق التي سيُوضع فيها الدعامات أو أعمدة الإسناد، والحد الأقصى المسموح به للانحناءات والهبوط، والقيود أو المعايير الأخرى. عندما يصمم مهندسو الإنشاءات الدعائم، يشيرون في الرسومات إلى التفاصيل المناسبة وتسلسلات التشييد، و
10. أساسات الهياكل المقدّمة من المُورد: يقدم مهندس الإنشاءات رسومات تصميم كاملة للأساسات وجدول لقدرات هذه الأساسات.

### د. مخططات وضع إطارات الأرضيات وجدران الأسقف والهياكل الملحقة

1. خطوط الشبكة والأبعاد المشتقة من الناحية الهيكلية، والأبعاد الخارجية للألواح الأرضية الهيكلية من الشبكة أو الأبعاد الإجمالية للوحة الأرضية؛
2. تُوضح المعلومات المتعلقة بحجم وموقع جميع مكونات الإطارات الهيكلية لهيكل المبنى من كل اتجاه وعلى جميع مستويات الهيكل؛
3. تحديد موقع كل مكوّن مقاوم للقوة الجانبية، على سبيل المثال لا الحصر، الدعامة الجانبية، وجدران القص، وإطارات العزم.
4. موقع وحجم الأحمال الإضافية، مثل الوحدة الميكانيكية، والأشكال المعمارية الثقيلة للغاية، والمعدات الخاصة، وغير ذلك. تشير الرسومات إلى ما إذا كانت الأحمال المذكورة هي أحمال تشغيلية أو أحمال تحليلية؛



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

5. المنحدرات والمنخفضات أو الإشارات إلى الرسومات من جانب الجهات الأخرى التي تعرض تلك المعلومات ؛
6. المواقع والأحجام وتفاصيل الإطارات أو التسليح حول الفتحات على الأجزاء الهيكلية؛
7. الرجوع إلى ارتفاعات الأرضيات أو السقف (الأسقف)؛
8. تسليح أحجام الأعمدة ومسافات التباعد للأجزاء الخرسانية؛
9. الظروف عند تغيير ارتفاع الهيكل، وظروف تقاطعات المواد الهيكلية المختلفة، وعند تفاعل المكونات الهيكلية وغير الهيكلية؛
10. القوى المباشرة أو العزوم أو القصات أو الالتواءات اللازمة لإعداد الرسومات التفصيلية والتنفيذية؛
11. المعايير التي تتوافق التفاصيل معها؛
12. شقوق تفصيلية كافية ومراجع للجداول ومعلومات محددة تحدد المكونات الهيكلية.
13. يعمل مهندس مزوّد الخدمات على تصميم التوصيلات بين المواد المماثلة والمواد خارج نطاق الموقع بشكل عام. لذلك، يجب على مهندس الإنشاءات أن يميّز بين الأحمال الساكنة والمتحركة والمحددة والتحليلية لتلافي حدوث أي ارتباك قد يحدث.
14. خطط الإطارات للهياكل المقدّمة من المُورد: يجب على مهندس الإنشاءات توفير خطة إطار بيانية تحتوي على معلومات الحجم المناسب لجميع الأجزاء الهيكلية، ولكن يقدم مهندس الإنشاءات أيضًا ملاحظة لتوضيح أن التصميم المبين في خطة الإطارات ماهو إلا تصميم إرشادي وأن المُورد مسؤول عن توفير التصميم الكامل.

**هـ. عرض المعلومات المتعلقة بالأعمدة**

1. ارتفاعات أعلى وأسفل الأعمدة؛
2. أحجام الأجزاء؛
3. تسليح المكونات الفولاذية للأعمدة الخرسانية؛
4. مواقع الربط المقترحة للأعمدة الإنشائية والخرسانية،
5. ومقاومة الأحمال المحورية للأعمدة وعزم الانحناء.

**و. المقاطع والمكونات**

1. تكون الارتفاعات والمقاطع والمكونات على قياس مناسب لوصف علاقة العناصر الهيكلية ببعضها البعض وربطها (روابطها). تكون المقاطع والمكونات بأعداد كافية لإظهار جميع الظروف غير النموذجية ومواقعها ومداها.
2. توضيح توصيلات العناصر الهيكلية الأساسية المطلوبة لنقل حمل الجاذبية من السقف إلى الأرضية ثم الأساسات توضيحًا تفصيليًا. قد تشمل هذه التوصيلات، على سبيل المثال لا الحصر، جسر إلى عارضة أو جدار، ومن عارضة إلى عارضة، ومن عارضة إلى عمود ومن عمود إلى أساس.
3. تُدرج التفاصيل الهيكلية للمكونات الهيكلية الثانوية مثل الحواجز واللفافات والمظلات في الرسومات الهيكلية.
4. تُعرض التفاصيل لجميع وصلات مقاومة القوة الجانبية. هذه الأنواع من الاتصالات هي؛ نقل قص الحواجز الفاصلة، وأماكن تثبيت خارج النقاط، وتوصيلات الدعائم، وتوصيلات إطار العزم، ونقل القوة إلى الأساسات.
5. تُستخدم التفاصيل النموذجية عند الاقتضاء، ولكن يجب توخي الحذر لتحديد أن التفاصيل المُشار إليها على أنها «نموذجية» تنطبق على الحالة الموصوفة وأن مواقعها ومداها واضحان.

**ز. معلومات أخرى**

1. التفاصيل الهيكلية لجدران القص وتحمل البناء، بما في ذلك تفاصيل التسليح، ودعم إجراءات الحشو والعتبات والأحمال والعتبات.
2. المعلومات المتعلقة بالتفاصيل الهيكلية للعناصر الخرسانية المسلحة، والفتحات في الأجزاء، والتغيير في ارتفاعات الأرضية، مذكورة بقدر كافٍ من التفصيل لإتاحة الفرصة للجهات الأخرى لإعداد الرسومات التنفيذية.
3. الارتفاعات والتفاصيل الخاصة بالدعامات الانضغاطية المصممة خصيصًا، بما في ذلك القوى المباشرة والعزم والقصات والالتواءات التي يقاومها كل جزء.
4. إعداد الطبقة التحتية لخرسانة الأرضيات، بناءً على توصيات المهندس المختص بالشؤون الجيوتقنية، والصفائح الخرسانية حسب سُمك الأرض، وارتفاع الصفيحة الخرسانية الأساسية. توضح الرسومات أيضًا رسومات العقود الأخرى لمعرفة المزيد من التفاصيل مثل التجاويف والمنخفضات والحفر.
5. أحمال التصميم ومكونات حديد التسليح، إن وجد، وموقع وصلات التحكم والتمدد ومكوناتها.



.بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند