EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure Efficiency & Projects Authority

الدليل الوطني لإدارة المشاريع

المجلد 6، الفصل 7

إرشادات التصميم الساحلي والبحري

رقم الوثيقة: EPM-KER-GL-000002-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 متطلبات عامة 7

1.1 مقدّمة 7
1.1.1 *الغرض والنطاق 7*
1.1.2 *التعريفات 8*
1.1.3 *الاختصارات 8*
1.1.4 *الأكواد والمعايير 9*
1.1.5 *الأقسام ذات الصلة 9*
1.1.6 *المراجع 9*
1.1.7 *الاعتمادات 9*
1.2 الاعتبارات التشغيلية 9
1.2.1 *متطلبات عامة 9*
1.2.2 *متطلبات الأطراف الأخرى/ الثالثة 10*
1.2.3 *العمر الافتراضي 10*
1.2.4 *بيانات السُفن 10*
1.2.5 *الأوضاع الحالية للعنصر 10*
1.2.6 *قنوات الاتصال 10*
1.2.7 *مُساعِدات الملاحة 10*
1.3 اعتبارات جيوتقنية 10
1.3.1 *الدراسات الجيوتقنية 10*
1.3.2 *الجيولوجيا 10*
1.4 اعتبارات التحميل 10
1.4.1 *متطلبات عامة 10*
1.4.2 *المياه والأمواج 11*
1.4.3 *الأحمال الحية 11*
1.4.4 *الأحمال الحية المستمرة 11*
1.4.5 *ضغط التربة وملامح المياه الجوفية 11*
1.4.6 *التيارات 11*
1.4.7 *الرسو والإرساء 11*
1.5 مواد التشييد 11
1.5.1 *الخرسانة 11*
1.5.2 *الفولاذ 12*
1.5.3 *الأخشاب 12*

2.0 الظروف الطبيعية 12

2.1 متطلبات عامة 12
2.1.1 *مقدّمة 12*
2.2 مستويات المد والجزر والمياه 12
2.2.1 *المرجع الجيوديسي 12*
2.2.2 *خصائص المد والجزر 12*
2.2.3 *مستويات المياه الشديدة 13*
2.2.4 *ارتفاع البحر 13*
2.2.5 *قياس الأعماق البحرية 13*
2.3 الأمواج والتيارات 13
2.3.1 *الأمواج التي أحدثتها الرياح 13*
2.3.2 *أمواج السفن في الميناء 15*
2.3.3 *التيارات 15*
2.4 الرياح 16
2.4.1 *بيانات الرياح 16*
2.4.2 *سرعات الرياح الشديدة 16*
2.4.3 *التوزيع الاتجاهي للرياح 16*

3.0 استصلاح الأراضي 16

3.1 متطلبات عامة 16
3.1.1 *مقدّمة 16*
3.1.2 *الأقسام ذات الصلة 17*
3.2 اعتبارات التصميم 17

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

3.2.1 متطلبات عامة 17
3.2.2 بحث الموقع 17
3.2.3 المخطط 17
3.2.4 الارتفاع 17
3.2.5 طرق الاستصلاح 18
3.2.6 التعبئة (الردم) 18
3.2.7 تشييد جدران البحر 19
3.2.8 التصريف 19
3.3 الثبات 19
3.3.1 متطلبات عامة 19
3.3.2 عامل الأمان 19
3.3.3 اعتبارات تحليل الثبات 19
3.3.4 قوة المواد 19
3.3.5 التصميم 20
3.3.6 التشييد 20
3.3.7 الثبات طويل المدى 20
3.4 الهبوط 20
3.4.1 الدمج الأساسي 20
3.4.2 الدمج الثانوي 20
3.4.3 الهبوط المتبقي 20
3.4.4 تقدير الهبوط 21
3.5 المراقبة 21
3.5.1 متطلبات عامة 21
3.5.2 أجهزة المراقبة 21
3.5.3 قياس ضغط المياه المسامية 21
3.5.4 إدارة الهبوط 21
3.5.5 قياس التشوه الجانبي 21
3.5.6 مواقع أجهزة المراقبة 22
3.5.7 مراقبة الثبات أثناء وضع التعبئة 22
3.5.8 مراقبة استصلاح التجريف 22
3.6 جوانب تصميم متنوعة 22
3.6.1 وضع الركائز 22
3.6.2 أساسات المجاري 22
3.6.3 الإنشاءات والمرافق 23

4.0 حواجز الأمواج والأرصفة البحرية والأرصفة الحجرية وجدران الاحتجاز المنحدرة 23

4.1 متطلبات عامة 23
4.1.1 مقدّمة 23
4.1.2 الأقسام ذات الصلة 23
4.1.3 المراجع ومصادر الصناعة 23
4.2 اعتبارات التصميم 24
4.2.1 حواجز الأمواج والأرصفة البحرية 24
4.2.2 أرصفة الموانئ 25
4.2.3 جدران الاحتجاز المنحدرة 25
4.2.4 معايير التصميم العامة 27
4.2.5 استجابة الهيكل الهيدروليكية 28
4.2.6 تحميل واستجابة الهيكل الركامي 28
4.2.7 تحميل واستجابة الهيكل العمودي الأمامي 29
4.2.8 أحمال التأسيس 30
4.2.9 حماية الانجراف 31
4.2.10 التصميم الإنشائي للخرسانة 31
4.2.11 معايير تصميم الرصيف 31

5.0 التجريف 32

5.1 متطلبات عامة 32
5.1.1 مقدّمة 32
5.1.2 المعايير 32
5.1.3 الأقسام ذات الصلة 32
5.1.4 المراجع ومصادر الصناعة 32
5.1.5 المنظمات ذات الصلة 33

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 اعتبارات التصميم 33
5.2.1 *التخطيط* *33*
5.2.2 *التصميم المفصل* *34*
5.2.3 *الآثار البيئية* *35*
5.3 تنفيذ المشروع 36
5.3.1 *الدراسات المسحية* *36*
5.3.2 *نسب التجريف المسموح بها* *37*
5.3.3 *مراقبة جودة المياه* *37*

6.0 حماية الشواطئ 37

6.1 متطلبات عامة 37
6.1.1 *مقدّمة* *37*
6.1.2 *الأقسام ذات الصلة* *37*
6.1.3 *المراجع ومصادر الصناعة* *38*
6.2 التصميم 38
6.2.1 *الجدران البحرية والحواجز* *38*
6.2.2 *جدران الاحتجاز المنحدرة* *39*
6.2.3 *الاستخدام الساحلي* *39*
6.2.4 *الاختلافات الموسمية لملامح الخط الساحلي* *39*
6.2.5 *العمر الافتراضي للتصميم* *39*
6.2.6 *دورة العودة* *40*
6.2.7 *مستويات مياه التصميم* *40*
6.2.8 *أمواج التصميم* *40*
6.2.9 *كسر الأمواج* *41*
6.2.10 *ارتفاع الحماية* *41*
6.2.11 *الصعود الموجي* *41*
6.2.12 *التجاوز الموجي فوق الحواجز* *41*
6.2.13 *جدران الاحتجاز المنحدرة* *41*
6.2.14 *ثبات وحدة التصفيح* *41*
6.2.15 *سُمك الطبقة* *41*
6.2.16 *ثبات حاجز الجدار المُنحدِر* *41*
6.2.17 *المُرشحات* *41*
6.2.18 *حماية الجدران الجانبية* *41*
6.2.19 *التآكل* *41*
6.2.20 *الثبات ضد الانزلاق والانقلاب* *41*
6.2.21 *حماية الانجراف* *42*
6.2.22 *التصميم الإنشائي للخرسانة* *42*

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 متطلبات عامة

1.1 مقدّمة

1.1.1 الغرض والنطاق

- الغرض من هذا القسم هو تقديم إرشادات حول تخطيط وتصميم وتشييد الأعمال والإنشاءات البحرية. تشمل الأعمال مرافق الموانئ واستصلاح الأراضي وإنشاءات حماية السواحل والملاحة والتشييد وصيانة التجريف والشواطئ والمرافق المرتبطة بها. يجب اتباع معايير وإرشادات تصميم الصناعة المقبولة للأعمال البحرية الثانوية أو الأقل شيوعًا والإنشاءات الساحلية التي لم يجري تناولها في هذا القسم.
- ينقسم دليل التصميم إلى عدة أقسام فرعية. تشمل هذه الأقسام الفرعية:
  - القسم الفرعي 2 الظروف الطبيعية
    - يُقدم هذا القسم الفرعي التخطيط والإرشاد لتوصيف الموقع بما في ذلك:
      - جمع البيانات لدعم توصيف ظروف الموقع الحالية بما في ذلك بيانات المحيطات والبيانات الهيدروغرافية والجيولوجية والجيوتقنية والزلزالية وبيانات جودة المياه
      - متطلبات تحليل خصائص الموقع لتصميم التحسينات الساحلية والبحرية
  - القسم الفرعي 3 استصلاح الأراضي
    - يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع استصلاح الأراضي الساحلية بما في ذلك:
      - **اعتبارات التصميم**
      - تحليل الثبات
      - تقييم الهبوط
      - مراقبة أعمال الاستصلاح
  - القسم الفرعي 4 حواجز الأمواج والأرصفة البحرية والأرصفة الحجرية وجدران الاحتجاز
    - يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع تشمل:
      - حواجز الأمواج والأرصفة البحرية
      - الأرصفة الحجرية
      - جدران الاحتجاز المنحدرة
  - القسم الفرعي 5: التجريف
    - يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع التجريف بما في ذلك:
      - الملاحة
        - التجريف لبناء أو توسيع الموانئ والأحواض والقنوات والمراسي وغيرها من المرافق.
        - التجريف للحفاظ على المرافق القائمة.
      - التشييد والاستصلاح
        - التجريف لتوفير مواد البناء مثل الرمل والحصى والطين لاستخدامه في ملء المناطق الساحلية المنخفضة.
      - أخرى
        - الحفر للبناء تحت الماء.
    - الحفر لوضع الكابلات أو خطوط الأنابيب أو المصبات.
    - لا يتناول هذا القسم الفرعي ما يلي:
      - تنظيف التجريف لإزالة الانسكابات أو الرواسب الملوثة.
      - أعمال الحفر بما في ذلك وضع ونزع الماء من المواد المجروفة للتخلص منها أو للحشو الهندسي.
  - القسم الفرعي 6 حماية الشواطئ
    - يُقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع تشمل:
      - سدود البحر
      - حاجز الأمواج
      - جدران البحر
      - الحواجز
      - جدران الاحتجاز المنحدرة
    - لا يتناول هذا القسم الفرعي ما يلي:

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

- مراطم الأمواج
- صيانة الشاطئ والمصارف
- حواجز العواصف

- نظرًا للطبيعة المتغيرة للبيئة البحرية، يعتمد تصميم الأعمال والإنشاءات البحرية بشكل خاص على استخدام تقديرات الهندسة السليمة وممارسات الصناعة والخبرة الجيدة. يكون الاستشاري المعماري/الهندسي على دراية بحدود الافتراضات المستخدمة في أي طريقة حسابية معينة.
- ونظرًا لأن البيئة البحرية هي مجال يستمر فيه البحث والتطوير النشط، فإن نطاق هذا القسم لا يسع لتغطية جميع أساليب التحليل والتصميم. يكون الاستشاري المعماري/الهندسي مؤهلاً لبحث طرق أخرى تناسب مشكلة معينة ويجب أن يدرك أيضًا استمرار تطور الأساليب مع توفر المزيد من البيانات ونتائج البحث.
- يجري ترتيب هذا القسم على أساس مواضيعي. إذ يُقدم إرشادات وتوصيات بشأن اعتبارات ومعايير التشغيل العامة والجيوتقنية والتحميل والمواد والمتانة والصيانة ذات الصلة بتصميم تلك الأعمال والإنشاءات البحرية المذكورة سابقًا. يجب على القُراء الرجوع إلى أقسام أخرى من دليل المشروعات الوطني لإدارة المشاريع حول جوانب معينة، حسب الضرورة.
- يجري تصميم أو مراجعة أي أعمال هندسية مدنية تتصل بمياه البحر مثل جدران البحر ومآخذ/مصبات مياه البحر وأرصفة الجسور من قبل مهندسين بحريين/ ساحليين مختصين. تُصمم الإنشاءات لاستيعاب العمليات والإجراءات الساحلية، بما في ذلك الآثار الضارة الناجمة عن التعرية والنحت والتدفق والقوى الهيدروديناميكية وهجوم الأمواج.

1.1.2 التعريفات

التعريفات	الوصف
جسر السفينة	أقصى عرض للسفينة.
حواجز الأمواج والأرصفة البحرية	حواجز الأمواج والأرصفة البحرية عبارة عن إنشاءات مصممة لعكس وتبديد طاقة أمواج المياه وتدفقاتها ومنع أو تقليل حركة الأمواج في المنطقة المصممة لحمايتها. غالبًا ما يجري إنشاء حواجز الأمواج بالتوازي مع الشاطئ. كما تُنشَأ حول الموانئ. قد تكون متصلة بالساحل وقد لا تكون كذلك. تُبنى الأرصفة البحرية بشكل عام بشكل عمودي على الخط الساحلي أو على حاجز الأمواج، وتكون متصلة وتمتد إلى المياه العميقة. تُصمم الأرصفة البحرية لحماية مصب النهر أو مدخل المرفأ أو الرصيف أو الشاطئ أو المصب أو مدخل مياه البحر أو الإنشاءات الأخرى من أمواج الرياح والتيارات والترسبات.
الإنشاءات الحرجة	الإنشاءات الحرجة هي تلك الإنشاءات التي يؤدي فشلها إلى خسائر في الأرواح أو خسارة مالية شديدة. يجب أن يعتمد تصنيف الإنشاء على التقييم الإجمالي للمشروع، والذي يأخذ في الاعتبار جميع خصائص المشروع وترابطها وتأثير الأداء دون المستوى المطلوب لخاصية مشروع واحد على أهمية وحرجية خصائص المشروع الأخرى. تخضع الإنشاءات الحرجة لمتطلبات عوامل أمان أكثر صرامة. تُصنف الإنشاءات التي لا تُعد إنشاءات حرجة على أنها إنشاءات عادية.
مسودة	يقاس عمق السفينة تحت خط الماء عموديًا حتى الخط الأساسي للسفينة أو العارضة.
المواد الصلبة	تُعرَّف بأنها مواد تتطلب نسفًا أو استخدام معدات خاصة للإزالة الاقتصادية، وتشمل الصخور أو الأجزاء الكبيرة جدًا بحيث لا يمكن إزالتها مرة واحدة بواسطة الجرافة.
أرصفة الميناء	الرصيف بشكل عام هو إنشاء بحري لرسو السفن وتحميل وتفريغ البضائع والركاب. قد يكون متصلًا بالساحل وقد لا يكون كذلك. تُنشأ الأرصفة بشكل عام باستخدام جدار عمودي يسمح بسهولة رسو السفن ذات السحب الأكبر.
جدار الاحتجاز المنحدر	عادةً ما يكون جدار الاحتجاز المنحدر عبارة عن هياكل منحدرة مبنية على الضفاف والشواطئ. وهو مصمم لامتصاص طاقة الأمواج والتيارات ومنع تآكل الضفاف. والغرض الثانوي هو الاحتفاظ بالتعبئة أو الأرض الموجودة خلف جدار الاحتجاز المنحدر.
منطقة الترشاش	المنطقة من مستوى المياه المرتفعة إلى المستويات العليا التي تحدث عن طريق رش مياه البحر وتكون عرضة للبلل والجفاف المتقطع حيث تتصاعد الأمواج أو تنكسر على الهيكل
منطقة المد والجزر	النطاق المعتاد بين المياه العالية والمنخفضة الذي يُغمَر بشكل دوري.

1.1.3 الاختصارات

- للحصول على قائمة بالاختصارات العامة، راجع المجلد 6، الفصل 2 - التعريفات والمراجع
- تنطبق التعريفات والاختصارات التالية في هذا القسم:

الاختصارات	الوصف
A/E	الاستشاري المعماري/الهندسي
أرامكو	شركة الزيت العربية السعودية (أرمكو)

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

الاختصارات	الوصف
BMP	الممارسات الفضلى للإدارة
BS	المعيار البريطاني
BS EN	المعيار البريطاني الأوروبي
CEM	دليل الهندسة الساحلية
CIRIA	جمعية بحوث ومعلومات صناعة التشييد
CPT	اختبار الاختراق المخروطي
HAT	أعلى مد فلكي
IADC	الرابطة الدولية لشركات التجريف
IALA	الرابطة الدولية لهيئات المنارات
IAPH	الرابطة الدولية للموانئ والمرافئ
IMO	المنظمة البحرية الدولية
LAT	أقل مد فلكي
MarCom	هيئة الملاحة البحرية
MHHWS	متوسط أعلى ارتفاع للينابيع المائية
MHWS	متوسط ارتفاع الينابيع
MLLWS	متوسط أقل انخفاض للينابيع المائية
MLWS	متوسط انخفاض الينابيع المائية
MOT	وزارة النقل
MSL	ارتفاع مستوى البحر
NTU	وحدات قياس الكدر
PIANC	الرابطة العالمية للبنية التحتية للنقل المائي
RCER	اللوائح البيئية للهيئة الملكية
SEAPA	الهيئة العامة للموانئ السعودية
SGS	هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
SWL	مستوى المياه الراكدة
TSS	إجمالي المواد الصلبة العالقة
USACE	سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي

1.1.4 الأكواد والمعايير

يُرجى الرجوع إلى المجلد 6، الفصل 5 - الأكواد والمعايير والمراجع (EPM-KE0-GL-000014) للاطلاع على قائمة الأكواد والمعايير.

- في حالة عدم النص على متطلبات أو إرشادات تصميم محددة في الأكواد والمعايير المرجعية، يُقبل استخدام المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى المعترف بها دوليًا مثل المعيار البريطاني (BS) ومعايير جمعية بحوث ومعلومات صناعة التشييد (CIRIA) ومعايير الرابطة العالمية للبنية التحتية للنقل المائي (PIANC).

1.1.5 الأقسام ذات الصلة

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001)

1.1.6 المراجع

- MarCom (2014). قنوات الاتصال بالميناء: إرشادات التصميم تقرير MarCom 121، مجموعة عمل MarCom 121
- اتجاهات الإبحار، في البحر الأحمر والخليج العربي، منشور 172، 2017
- Goda, Y. 2000. "البحار العشوائية وتصميم الهياكل البحرية"، سلسلة متقدمة في هندسة المحيطات - المجلد 15، دار النشر "ورلد ساينتفيك"

1.1.7 الاعتمادات

- تُراجع الجهة العامة وتعتمد جميع تقارير التصميم والحسابات والخطط والمواصفات.

1.2 الاعتبارات التشغيلية

1.2.1 متطلبات عامة

- يُقدم هذا القسم إرشادات بشأن الجوانب العامة مثل العمر التصميمي للهياكل وبيانات السفن ومتطلبات قنوات الاتصال والاعتبارات التشغيلية الأخرى.

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

1.2.2 متطلبات الأطراف الأخرى/ الثالثة

- تُعد العديد من المتطلبات التشغيلية للأعمال والهياكل البحرية خاصة بوظائفها المُحددة. يجب الحصول على المشورة المناسبة من الجهة العامة أو المُشغل أو الجهات المعنية الأخرى مثل الهيئة العامة للموانئ السعودية أو وزارة النقل أو أرامكو أو الجهات العامة والأطراف الحكومية المعنية الأخرى حسب الاقتضاء بشأن جميع المسائل التشغيلية.

1.2.3 العمر الافتراضي

- ما لم ينص على خلاف ذلك في العطاء/العقد، يجب أن يكون عمر تصميم جميع الهياكل البحرية 50 عامًا على الأقل.

1.2.4 بيانات السُفن

- يجب الحصول على التفاصيل والأبعاد من الجهة العامة. في حالة عدم توفر هذه الأعمال، يجب تصميم الأعمال وفقًا للممارسات والمعايير والقواعد السائدة في الصناعة. تشمل خصائص السفن التي يجب أخذها في الاعتبار النوع والحجم والشكل ومتطلبات مناولة السُفن ومتطلبات مناولة البضائع أو الركاب ومتطلبات خدمة السُفن.

1.2.5 الأوضاع الحالية للعنصر

- قد يتسبب الاستصلاح والتجريف والدفاعات البحرية الرئيسية مثل حواجز الأمواج في حدوث تغييرات في نمط الدوران الهيدروديناميكي وبالتالي يؤثر على الملاحة وقوى الإرساء والرسو والتغرين وجودة المياه. أثناء التخطيط للمشروع، يجب طلب المشورة من الجهة العامة حول ما إذا كانت دراسات النمذجة الرياضية التفصيلية ضرورية، وحول الظروف الحالية للملاحة وعمليات السفن الأخرى مثل الإرساء والرسو.

1.2.6 قنوات الاتصال

- يمكن حساب العمق المطلوب للقنوات مع الأخذ في الاعتبار السحب المحمّل لسفينة التصميم وتغيرات المد والجزر والأمواج وانخفاض مؤخر السفينة واستقرارها ومتطلبات العمق تحت العارضة.
- إن العرض المطلوب للقنوات (العرض عند مستوى التجريف) يجب أن يأخذ في الاعتبار الشعاع والسرعة والقدرة على المناورة لسفينة التصميم ومعايير المرور وعمق القناة ومحاذاتها وثبات ضفاف القناة والرياح والأمواج والتيارات أو التيارات المتقاطعة و توافر المساعدات الملاحية.
- راجع MarCom (2014).

1.2.7 مُساعِدات الملاحة

- تُستخدم مُساعِدات الملاحة لتحديد حدود الهياكل مثل الأرصفة والجدران البحرية وحواجز الأمواج والدلافين ومداخل القناة والحدود والمنعطفات والمخاطر الخفية مثل المياه الضحلة والنتوءات الصخرية. تعمل كمرشد للسفن وتُساعد في حركتها الآمنة. كما أن نوع وحجم وموقع وتفاصيل التجهيزات والتركيبات الخاصة بالمساعدات الملاحية ينبغي أن تتبع متطلبات الرابطة الدولية لهيئات المنارات (IALA) أو الهيئة العامة للموانئ السعودية، إن أمكن.

1.3 اعتبارات جيوتقنية

1.3.1 الدراسات الجيوتقنية

- يجب أن تتبع الدراسات الجيوتقنية متطلبات الدليل الإرشادي الجيوتقني (EPM-KE0-GL-000002).

1.3.2 الجيولوجيا

- يمكن الحصول على البيانات الجيولوجية من مركز الجيولوجيا البحرية التابع لهيئة المساحة الجيولوجية السعودية. قد تكون هناك حاجة لدراسات خاصة بالموقع حين لا تتوفر المعلومات الجيولوجية المطلوبة من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.

1.4 اعتبارات التحميل

1.4.1 متطلبات عامة

- بالإضافة إلى الأحمال الميتة والأحمال الهيدروستاتيكية وضغوط التربة، تشمل الأحمال الأخرى التي تجب مراعاتها الأحمال الحية الناتجة عن: الرياح وتغيرات درجات الحرارة والمد والجزر والتيارات والأمواج والزلازل وتلك الأحمال التي تفرضها الأنشطة التشغيلية مثل الرسو والإرساء والتأثيرات.

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

1.4.2 المياه والأمواج

- لحساب الأحمال الهيدروستاتيكية، يمكن اعتبار كثافة المياه العذبة ومياه البحر
  - المياه العذبة 1000 كجم/م 3
  - تتراوح مياه البحر بين 1028-1035 كجم/م 3

1.4.3 الأحمال الحية

- تعتمد الأحمال الحية على الاستخدام التشغيلي والمستقبلي المتوقع للمرافق.
- تكون الأحمال على النحو المبين في إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001). كذلك، يجب تحديد الأحمال الحية للمنشآت البحرية بعد التشاور مع المستخدمين المحتملين.

1.4.4 الأحمال الحية المستمرة

- الأحمال الحية في ظل ظروف العاصفة
  - قد تُعد الأحمال الحية الناتجة عن العمليات المستمرة في ظل الظروف البيئية القاسية من رياح وتيارات وأمواج، صفرًا للأرصفة ومصدات المياه ما لم تكن هناك حاجة أو متطلبات محددة لاستخدام الرصيف أثناء العواصف، مثل حالات الطوارئ أو التخزين.
  - بالنسبة للإنشاءات الأخرى، يجب على الاستشاري المعماري/الهندس تقييم الأحمال الحية بسبب استمرار العمليات في ظل الظروف البيئية القاسية.

1.4.5 ضغط التربة وملامح المياه الجوفية

- يُحدَّد ضغط المياه الجوفية بالرجوع إلى نطاق المد والجزر ونفاذية التربة وظروف الصرف وظروف المياه الجوفية الارتوازية. يتأثر ضغط التربة بمستوى المياه الجوفية.
- يجب السماح بخفض المقاومة السلبية بسبب التجريف الزائد أو الانجراف.
- تُعد حالة المياه الجوفية عاملاً أساسيًا في تحليل الاستقرار. يُوصى بتقييم ظروف المياه الجوفية التصميمية من الملاحظات الميدانية طويلة المدى إن أمكن وبناءً على المعايير المقدرة في حالة عدم توفر الملاحظات الميدانية. يُجرى تحليل مفصل مع مراعاة ما يلي على الأقل:
  - تباين المد والجزر في الجانب البحري من الهيكل.
  - تدفق المياه من الداخل ومن جوانب الهيكل باتجاه البحر.
  - معدل تجاوز الماء في ظل ظروف الأمواج الشديدة.
  - نفاذية التربة مما يسمح للماء بالتسرب خلف الهيكل وتحته.
  - توفير الصرف السطحي والخلفي للمياه السطحية والجوفية.

1.4.6 التيارات

- في حالة عدم توفر معلومات مفصلة من القياس أو النمذجة، يجب تحديد سرعة التصميم الحالية بناءً على منهجية صناعة مقبولة.
- تُعد سرعة التيار متجهًا. يُشير اتجاهه إلى اتجاه التدفق ويأخذ الدرجات (°) كوحدة، بحيث يكون الشمال صفرًا ويُقاس باتجاه عقارب الساعة. يُعبر عن حجم السرعة الحالية بوحدة سم/ث أو عقدة. 1 عقدة تعني 1 ميل في الساعة، أي 51.44 سم/ثانية، وهو ما يعادل 50 سم/ ثانية تقريبًا.
- عادة ما تُقاس سرعة التيار في الواقع بعدة طرق مثل المراقبة المستمرة لمحطة واحدة، والمراقبة المستمرة للتزامن المتعدد، ومراقبة التيار الكبير
- يتم تحديد اتجاه تيار التصميم بناءً على القياس أو النمذجة أو وفقًا لما يحدده المصمم أنه أسوأ حالة تحميل.

1.4.7 الرسو والإرساء

- حسب أحمال الرسو والإرساء وطريقة الحساب.

1.5 مواد التشييد

1.5.1 الخرسانة

- الخرسانة المسلحة
  - تفي الخرسانة المسلحة للمنشآت البحرية بمتطلبات إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001).
- الخرسانة غير المسلحة
  - تفي الخرسانة غير المسلحة للمنشآت البحرية بالمتطلبات الواردة في القسم 4 من هذه الوثيقة.

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 ألا تقل مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة غير المسلحة عن 20 ميجا باسكال

- الخرسانة تحت الماء
  - يجب تجنب وضع الخرسانة المسلحة تحت الماء. يفضل استخدام العناصر مسبقة الصب أو الخرسانة غير المسلحة للبناء تحت الماء.
  - تتأثر الخرسانة تحت الماء بفقد الانجراف وتسرب المياه أثناء مراحل الصب وما بعد الصب. يجوز أن تكون مقاومة انضغاط العينات اللبية المأخوذة من الخرسانة التي توضع بقادوس السمنتة تحت الماء أقل بكثير من العينة القياسية بنفس المزيج. يجب على الجهة العامة توفير أقصى مقاومة انضغاط تصميمي للخرسانة الموضوعة تحت الماء. كذلك، يجب أن تفي المواد وطريقة البناء بمتطلبات ACI 304R.

1.5.2 الفولاذ

- يكون الفولاذ الإنشائي في الهياكل البحرية من الصلب الإنشائي القابل للحام ومطابقًا لإرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001).
- الحماية من التآكل
  - يُوصى بأن تكون جميع الأعمال الفولاذية الهيكلية فوق مستوى قاع البحر، سواء كانت مغمورة بالكامل، أو داخل مناطق المد والجزر أو الترشاش، أو بشكل عام فوق منطقة الترشاش، محمية تمامًا ضد التآكل طوال العمر التصميمي للهيكل.
  - ولا يوصى باستخدام الطلاءات الواقية كوسيلة حماية دائمة للتآكل إلا في حالة انكشاف العناصر الهيكلية المطلية بالكامل للسماح بالصيانة الدورية وإعادة الطلاء أو التغيير.
  - تُطبق الحماية الكاثودية لحماية الفولاذ تحت قاع البحر والمغمور في منطقة الترشاش بالإضافة إلى الطلاء الواقي.
- الفولاذ المقاوم للصدأ
  - قد يكون الفولاذ المقاوم للصدأ ضروريًا لعناصر الهياكل البحرية. يُسمح باستخدام درجة الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي 316. لا يمكن استخدام الفولاذ المقاوم للصدأ من الدرجة 304.
  - تُطبق الحماية الكاثودية لحماية الفولاذ المقاوم للصدأ تحت قاع البحر والمغمور في منطقة الترشاش.

1.5.3 الأخشاب

- عند استخدام الأخشاب في الهياكل البحرية الدائمة، سواء كانت على اتصال مباشر بالبحر أو المياه المالحة، يجب على المصمم إخطار الجهة العامة بالعمر التصميمي المتوقع. يجب اعتماد الهياكل الخشبية فقط حين ينتج عن الأشكال البديلة للبناء والمواد هيكل أكثر تكلفة.

2.0 الظروف الطبيعية

2.1 متطلبات عامة

2.1.1 مقدّمة

- يُقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع تشمل:
  - بيانات الظروف الطبيعية لمستويات مياه البحر والمد والجزر والأمواج والرياح.
  - متطلبات تحليل الظروف الطبيعية لتصميم التحسينات الساحلية والبحرية

2.2 مستويات المد والجزر والمياه

2.2.1 المرجع الجيوديسي

- توفر الجهة العامة المرجع الجيوديسي الرأسي للارتفاعات ومستويات المياه في منطقة المشروع.

2.2.2 خصائص المد والجزر

- خط الزوال
  - يكون خط الزوال المستخدم لتحليلات وتوقعات المد والجزر 45 درجة شرقًا (بتوقيت المملكة العربية السعودية المحلي، وهو 3 ساعات قبل توقيت غرينتش).
- توقعات المد والجزر
  - تجرى إدارة التخطيط العمراني توقعات المد والجزر وتحدثها وتنشرها سنويًا.
- تأثيرات الأرصاد الجوية
  - تُعد موجات المد والجزر مختلطة على نحو شبه يومي. يحدث نطاق المد والجزر الكبير مرتين في الشهر خلال المد والجزر الربيعي حين يكون القمر كاملاً أو جديدًا. أما عن نطاق المد والجزر الصغير، فإنه يحدث خلال التربيعين حين يكون القمر في الربع الأول أو الأخير. بشكل عام، فإن المد والجزر المرتفعان والمد والجزر المنخفضان اللذان يحدثان كل يوم غير متساويين في الارتفاع.

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

- تؤخذ التغييرات في ظروف الأرصاد الجوية في الاعتبار عند تحليل توقعات المد والجزر القياسية. هذه التغييرات لا تكرر نفسها بالضبط من سنة إلى أخرى، وبالتالي فإن ظروف الأرصاد الجوية المختلفة عن تلك المفترضة تسبب اختلافات مقابلة في مستوى سطح البحر عن تلك التي نتجت عن تحليلات التوقع بالمد والجزر. تنتج الاختلافات في ارتفاعات المد والجزر بشكل رئيسي عن الرياح القوية و/أو الطويلة والضغط الجوي المرتفع والمنخفض بشكل غير عادي.
- يُظهر الضغط الجوي في المملكة العربية السعودية تبايُنًا موسميًا حيث يُسجل ضغط أعلى باستمرار في أشهر الشتاء مقارنة بالصيف. وبالتالي، يكون متوسط مستوى سطح البحر أعلى في الصيف.
- تُعد تغيرات الضغط الجوي قصيرة المدى طبيعية خلال الشتاء الشمالي حين تؤدي العواصف المرتبطة بمرور الواجهات الباردة التي تهب من الطرف الشمالي الغربي للخليج باتجاه الجنوب الشرقي إلى انخفاض طفيف في الضغط مع مرور الواجهة الباردة. ومع ذلك، فإن مستوى الماء لا يتكيف على الفور مع تغير الضغط ، بل ويتأثر بمتوسط التغير في الضغط في مساحة كبيرة.
- يُعد تأثير الرياح على مستوى سطح البحر معقد ومتغير حسب التضاريس المحلية. وبشكل عام، تؤدي الرياح القوية التي تهب على الشاطئ إلى ارتفاع منسوب المياه عن المتوقع وينتج التأثير العكسي عن طريق الرياح البحرية.

2.2.3 مستويات المياه الشديدة

- تُعد مستويات المياه الشديدة ضرورية لتحليل التصميم ويجب أن تتوافق مع فترات العودة والعمر التصميمي للهياكل التي جرى تحليلها. قد تُكفل قيم أعلى للمرافق الحيوية.

2.2.4 ارتفاع البحر

- توفر الجهة العامة معدل ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل.
- يُدرج ارتفاع منسوب البحر في تقدير ارتفاعات الأمواج ومنسوب المياه في تصميم جميع الهياكل البحرية الدائمة.
- يتم الجمع بين ارتفاع مستوى سطح البحر وارتفاع الأمواج لإنتاج مستويات المياه الأشد انخفاضًا والأشد ارتفاعًا للتصميم.

2.2.5 قياس الأعماق البحرية

- يمكن الحصول على بيانات قياس الأعماق من الجهة العامة لاستخدامها في تقدير أعماق المياه.
- عادة ما تكون المعلومات الدقيقة والمفصلة ضرورية لأغراض التصميم وهو ما قد يتطلب الحصول على بيانات تكميلية للتصميم.

2.3 الأمواج والتيارات

2.3.1 الأمواج التي أحدثتها الرياح

- متطلبات عامة
  - يجب الحصول على تقديرات ظروف الأمواج القصوى من خلال استقراء سلسلة من قياسات الأمواج التي أُجريت في الموقع أو بالقرب منه. ومع ذلك، نظرًا للتكلفة العالية نسبيًا لإنشاء نظام تسجيل الأمواج، والحاجة إلى السجلات التي تغطي فترة طويلة لتمكين الاستقراء الموثوق به بدرجة كافية، فقد لا يكون سجل الأمواج المباشر متاحًا لتصميم الأعمال أو الهياكل البحرية.
  - عادةً ما ترتبط أقصى ظروف الأمواج بأمواج العواصف، وفي حالة غياب سجلات الأمواج يمكن استخدام توقعات الأمواج من سجلات الرياح لتوقع مثل هذه الظروف.
  - من المحتمل أن تتحول الأمواج التي تنتشر في مناطق المشروع من خلال عمليات مثل الانكسار والانحراف والانعكاس والكسر واحتكاك قاع البحر. وقد يكون لهذه
  - العمليات تأثير كبير على مناخ الأمواج في المنطقة المراد دراستها وقد تتطلب إجراء تحليلًا أدق. تتوفر نماذج برمجيات المحاكاة الرقمية الحاسوبية لمثل هذا التحليل ويُوصى باستخدامها في دراسة تحول الأمواج في المناطق المعقدة.
- خصائص الأمواج
  - يجب مراعاة كل من أمواج الرياح والتماوج أو مزيج الاثنين في التحليل.
  - انتشار الأمواج
    - يُراعى انتشار الأمواج بما في ذلك انتشار المياه العميقة والمياه الضحلة وقليلة العمق والانكسار والانحراف والانعكاس والتوهين الموجي.
    - فيما يلي سيناريوهات نموذجية لانتشار الأمواج ويجب دراستها في التصميم:
      - الحالة 1: حالة البحر مع أمواج الرياح والتماوج - تولد العاصفة أمواج المياه العميقة التي تنتشر عبر المياه الأقل عمقًا بينما تستمر الأمواج في الكِبر بسبب الرياح.
      - الحالة 2: حالة البحر مع أمواج الرياح فقط - تهب الرياح فوق المناطق المائية حول الموقع المعني وتولد أمواج تنتشر في الموقع. في هذه الحالة، لا يوجد انتشار للأمواج مثل التماوج الذي يأتي من منطقة نائية.
      - الحالة 3: حالة البحر مع التماوج فقط - تولد العاصفة رياحًا في منطقة بعيدة عن الموقع المعني وحين تعبر الأمواج المياه الأقل عمقًا في وجود رياح لا تذكر، فإنها تنتشر في الموقع على شكل تماوجات.

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

- يجري تقييم الحالتين 1 و2 بنموذج عددي. يمكن تقريب الحالة 3 بافتراض أن التماوج هو موجة أحادية اللون ويمكن استخدام طرق الانكسار اليدوي وحساب المياه الضحلة لتقدير الأمواج القريبة من الشاطئ.

- معلمات الأمواج

يمكن تقدير معلمات الأمواج بالطرق التالية:

  - الرتل الموجي
    - تقدير قيمة ارتفاع الموجة الكبيرة، $\mathbf{H_s}$
    - تقدير فترة الموجة الكبيرة
    - تقدير متوسط فترة الموجة
    - استخدم توزيع رايلي للارتفاعات القصوى لأمواج المياه العميقة
    - استخدم طريقة Goda (2000) لتحويل الموجة في منطقة الأمواج
  - الطريقة الطيفية
    - تقدير قيمة الارتفاع الطيفي للموجة الكبيرة، $\mathbf{H_{mo}}$ (العزم الصفري) وفترة الذروة
    - تقدير قيمة ارتفاع الموجة الكبيرة (Hs) بناءً على العلاقة $\mathbf{H_s} = 0.95\ \mathbf{H_{mo}}$ (المياه العميقة)
    - استخدم طريقة Goda (2000) لتحويل الموجة في منطقة الأمواج

- توقع الأمواج
  - بيانات الرياح
    - يمكن استخدام بيانات الرياح في توقع الأمواج إذا لم تتوفر بيانات الأمواج.
    - يجب استخدام سرعة الرياح عند مستوى 10 أمتار فوق متوسط مستوى سطح البحر لتحليل توقع الأمواج.
    - يجب تعديل سرعة الرياح من مدة الملاحظة إلى متوسط الوقت المناسب لتوقع الأمواج.
    - قد لا تكون بيانات الرياح التي جُمعت في البر مناسبة للاستخدام في توقع الأمواج.
    - قد تكون هناك ضرورة للتعديلات من خلال خصائص الإيواء التضاريسية الكبيرة.
  - قياس الأمواج
    - لا يمكن الاعتماد على تقديرات ظروف الموجة القصوى من خلال استقراء بيانات الموجة المُقاسَة إلا إذا كانت البيانات الأصلية مستقاة منذ من عدة سنوات طويلة.
  - النمذجة الرياضية
    - يُوصى باستخدام النماذج الرياضية لتقدير ظروف الأمواج في حالة مناطق المياه التي تتسم بتغير تضاريس القاع وتكوين الخط الساحلي وتخضع لتأثير التماوج وأمواج الرياح.
    - عند تطبيق النمذجة الرياضية للأمواج، يجب إعداد تقرير نمذجة لوصف الطيف الموجي المستخدم ونهج النمذجة والإجراءات والنتائج، ويجب أن يتضمن المعلومات التالية:
      - الطيف الموجي

        يجب ذكر الطيف الترددي ووظيفة الانتشار الاتجاهي المستخدمة.
      - أنواع نماذج الأمواج

        يجب تحديد نوع النماذج ومبادئها والافتراضات والقيود.
      - تحليل الموقع

        يشمل ذلك تخطيط الشواطئ وعدم انتظام قاع البحر وعمق المياه وتعرض الموقع لاتجاهات مختلفة من الرياح أو الأمواج الواردة. تسليط الضوء على السمات الخاصة مثل وجود المياه الضحلة ومنخفضات قاع البحر والقنوات الملاحية والجزر والرؤوس والهياكل.
      - إعداد النموذج

        يشمل ذلك موقع وتخطيط الخط الساحلي والجزر والهياكل وقياس الأعماق ومستوى المياه وسرعة الرياح ومدتها واتجاهها وارتفاع الموجة وفترتها واتجاهها وحدود النموذج وظروف الحدود والشبكة الحسابية والخطوات الزمنية ومعايير النمذجة الأخرى مثل احتكاك القاع أو مؤشر كسر الموجة أو اتجاه انتشار الأمواج.
      - المعايرة والتحقق

        تقديم دليل المعايرة والتحقق مثل مقارنة النتائج النموذجية مع البيانات المقاسة واختبارات الحساسية لمختلف معلمات الإدخال والدقة المُحرزة، في التقرير.

- كسر الموجة
  - لا تتبع ارتفاعات الموجة في منطقة الموجة المنكسرة أو منطقة الأمواج توزيع رايلي حيث تنكسر ارتفاعات الموجة الأكبر تحت عمق الماء المحدود. لدى اكتشاف وجود الهيكل داخل منطقة أمواج، يمكن استخدام صيغة Goda (2000) لتقدير ارتفاع الموجة الكبيرة وارتفاع الموجة الأقصى في منطقة الأمواج.

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

- النمذجة الفيزيائية للأمواج
  - وبوجه عام، تُعد النمذجة الرياضية للأمواج كافية. قد يُوصى بالنمذجة الفيزيائية في الحالات التالية:
    - تسبب قياس الأعماق المعقد أمام الهيكل في اختلافات كبيرة في حالة البحر بالقرب من الهيكل.
    - يجب توضيح جوانب التصميم الهيكلية التفصيلية المتعلقة بحركات التصاعد أو التجاوز أو انجراف اللّم أو الصخور أو التصفيح.

2.3.2 أمواج السفن في الميناء

- إن تصميم المنشآت البحرية يجب أن يأخذ في الاعتبار أمواج السفن في التصميم. يمكن تقدير الأمواج باستخدام النمذجة الرياضية أو بالقياس الفيزيائي.

2.3.3 التيارات

- متطلبات عامة
  - يُعد تقدير التيارات ضروريًا لدراسات الترسيب وتحديد القوى الهيدروديناميكية على الهياكل ودراسات الملاحة والاعتبارات التشغيلية والإنشائية.
  - قد توفر الجهة العامة البيانات الموجودة للمشاريع السابقة. وإلا يُوصى بالقياسات الميدانية.
- القياسات الميدانية
  - يأخذ تخطيط عمل القياس الميداني وفترة القياس في الاعتبار خصائص الأرصاد الجوية والمد والجزر في المنطقة المعنية.
  - وتتضمن خطة العمل مواقع القياس والمواصفات المقترحة. تضع الخطة في الاعتبار متطلبات تحليل الخصائص الحالية، وتقدير معلمات القطع الناقص للتيار المدي والتدفق العكسي والدوران.
  - تكون أدنى فترة مراقبة دورة مد كاملة تبلغ حوالي 25 ساعة لمَدَّتين مرتفعتين ومَدَّتين منخفضتين.
  - يتم إجراء القياس الميداني بطريقة توفر معلومات كاملة عن مخطط السرعة الجانبي عند نقطة المراقبة.
- توقع التيار
  - تُعد النمذجة الرياضية ضرورية لتوفير تقدير واقعي لخصائص مجال التدفق في المياه الساحلية إذ إن الديناميكا المائية في هذه المناطق معقدة بسبب الخط الساحلي غير المنتظم وقياس الأعماق المتغير وعدد من تفاعلات تأثير تدرج المد والجزر والأمواج والتيار والرياح والضغط والكثافة.
  - ترد المبادئ العامة للنمذجة الرياضية الهيدروديناميكية في الفقرات التالية.
    - فئة النموذج

      تُعد النماذج الهيدروديناميكية ثنائية الأبعاد مقبولة بشكل عام.
    - إعداد النموذج

      يتضمن إعداد نموذج هيدروديناميكي رياضي إنشاء الخط الساحلي وقياس الأعماق وظروف حدود النموذج والتدفق الحدودي ومجال الرياح والشبكة الحسابية وقيم المعلمات الفيزيائية الأخرى مثل مآخذ التصريف أو مياه التبريد وتصريف المصبات والاحتكاك السفلي لقاع البحر. بوجه عام، يجب ملاحظة الجوانب التالية:
      - يأخذ الخط الساحلي في النموذج بعين الاعتبار عمليات الاستصلاح المعروفة والمتوقعة أو الهياكل البحرية المقامة على طول الشاطئ.
      - يتم تعيين حدود النموذج بعيدًا عن المناطق المعنية قدر الإمكان.
      - تعكس الشبكة الحسابية تفاصيل تكوين الخط الساحلي وقياس الأعماق والحجم لإنتاج الدقة المطلوبة لمتجهات التيار في المنطقة المعنية.
      - يتم تمثيل قياس الأعماق في قاع البحر بدقة في النموذج.
      - يتم إجراء اختبار الحساسية فيما يتعلق بظروف الحدود وشبكة النموذج ودقة العمق ووظائف التأثير للتحقق من كفاية أداء النموذج.
  - المعايرة والتحقق
    - يشتمل تطبيق النموذج الهيدروديناميكي الرياضي على إجراء عمليتي معايرة وتحقق تُجرى فيهما مقارنة نتائج النموذج مع مجال التدفق الهيدروديناميكي لفترات محددة جُمعت فيها البيانات الميدانية.
    - في عملية المعايرة، يجري تعديل معلمات النموذج مثل احتكاك قاع البحر ومعاملات اللزوجة الدوامية لتحسين مقارنة النتائج المحسوبة بالبيانات الميدانية.
    - يمكن معايرة النماذج الرياضية باستخدام بيانات من نمذجة التدفق المادي.
  - شروط المحاكاة

    تأخذ ظروف التدفق المراد محاكاتها بعين الاعتبار التباين في مختلف المواسم وفترات المد والجزر. وبوجه عام، يجب مراعاة المواقف التالية في نمذجة التدفق الرياضي:

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

- التدفق خلال الفيضانات والمد والجزر.
- التدفق في الربيع وتيارات المد المنخفض.
- تغير التدفق الموسمي.

- تقرير النمذجة

يتم إعداد تقرير النمذجة الرياضية لتلخيص نهج النمذجة والإجراءات ونتائج الحساب، ويجب أن يتضمن التفاصيل التالية:

- نوع النموذج المستخدم والمبدأ والافتراضات والقيود ونطاق التطبيق.
- نموذج الحدود والشبكة الحسابية.
- قياس أعماق المنطقة الخاضعة للنمذجة.
- بيانات الإدخال، بما في ذلك الظروف الحدودية وسرعة الرياح واتجاهها وتصريف الصرف والمصبات وغيرها من المعلمات الفيزيائية.
- نتائج المعايرة والتحقق والدقة المُحرزة.

2.4 الرياح

2.4.1 بيانات الرياح

- يمكن الحصول على بيانات الرياح من مصادر مختلفة بما في ذلك الجهة العامة.
- تلبي بيانات الرياح المستخدمة في تقدير الأمواج والتيارات متطلبات المشروع.

2.4.2 سرعات الرياح الشديدة

- يمكن تقدير سرعات الرياح الشديدة من بيانات محاكاة النتائج العملية. تتم مقارنة سرعة الرياح ببيانات الموقع المحلي.
- تُقدَّر سرعات الرياح المستخدمة في التحليل الموجي والتيار لفترات العودة المتوافقة مع العمر الافتراضي للتصميم
- تُستخدم سرعات الرياح التصميمية واتجاهها مع سرعة الرياح لتحديد القوى الهيدروديناميكية.
- لتحويل متوسط سرعة الرياح بالساعة إلى فترات تقل عن ساعة واحدة، يمكن استخدام العوامل التالية:

المدة	عامل التحويل
1 دقيقة	1.19
5 دقائق	1.11
20 دقيقة	1.05

من المهم ملاحظة أن عوامل الضبط الأعلى قد تكون مناسبة في المناطق المحلية إذ تعمل خشونة السطح والتضاريس على زيادة سرعات الرياح.

2.4.3 التوزيع الاتجاهي للرياح

- يُقدر التوزيع الاتجاهي للرياح لاستخدامها في تقدير الأمواج والتيارات.

3.0 استصلاح الأراضي

3.1 متطلبات عامة

3.1.1 مقدّمة

- يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع استصلاح الأراضي الساحلية بما في ذلك:
  - **اعتبارات التصميم**
  - تحليل الثبات
  - تقييم الهبوط
  - تحليل التسييل
  - مراقبة أعمال استصلاح الحركة (الرأسية والجانبية).
- الأنواع التالية من الهياكل التي يمكن استخدامها للمساعدة في حماية الخط الساحلي لمنطقة الاستصلاح أثناء البناء وبعده هي:
  - سدود البحر
  - حواجز الفيضانات
  - جدران الاحتجاز المنحدرة

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

- الحواجز
- حواجز المياه

3.1.2 الأقسام ذات الصلة

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 - الأبحاث الجيوتقنية
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 10 - البيئة

3.2 اعتبارات التصميم

3.2.1 متطلبات عامة

- يُقدم هذا القسم الفرعي تعليقات وإرشادات حول تصميم الاستصلاح الذي يغطي جوانب مثل تخطيط الاستصلاح وارتفاعه وطرق الاستصلاح والردم ومعالجة الردم والتأثيرات البيئية وتأثيرات الصرف.
- الغرض من الاستصلاح هو توفير الأراضي الساحلية للطرق والتنمية السكنية وتغذية الشواطئ والموانئ والاستخدامات الصناعية أو لتحسين الظروف المائية من خلال تعديل الخط الساحلي.

3.2.2 بحث الموقع

- يُجرى بحث الموقع قبل تصميم الاستصلاح.
- بالإضافة إلى الأبحاث الجيوتقنية العادية المطلوبة للأعمال البحرية، يجب أن تغطي الأبحاث المصادر المحتملة لمواد الردم.
- وتُجرَى الاختبارات في الموقع والمختبر لعينات التربة من داخل منطقة الاستصلاح المقترحة لتحديد خصائص القوة والتماسك/ الانضغاط والنفاذية للتربة الأساسية.
- يتم إجراء البحث في الموقع الجيوتقني بالطرق المدرجة في القسم ذي الصلة.

3.2.3 المخطط

- العوامل الرئيسية التي تقيد مدى الاستصلاح هي عمق المياه، والحاجة إلى الحفاظ على المراسي وقنوات المرور والتخليص البحرية والآثار البيئية.
- يُراعى تأثير الاستصلاح المقترح على الأنظمة الهيدروليكية والهيدروديناميكية. تشمل الأبحاث الدراسة الهيدروليكية/ الهيدروديناميكية للتيارات والأمواج ونقل الرواسب وتقييم الأثر البيئي وتقييم تأثير حركة المرور البحرية لضمان عدم وجود آثار غير مقبولة فيما يتعلق بما يلي:
  - التغير في مناخات الموجة العادية والشديدة
  - تدفق المد والجزر وجودة المياه
  - الحِفاظ على البيئة
  - تراكم الطمي وانجراف قاع البحر
  - ثبات الخط الساحلي للشواطئ الموجودة
  - ملاحة السفن الكبيرة والصغيرة
  - تشغيل المرافئ وأرصفة الموانئ ومناطق مناولة البضائع
  - الفيضانات بسبب المد والجزر والمصحوبة بالمد العاصفي
- كما يجب دراسة تأثير الاستصلاح على نظام المياه الجوفية.
- تُحدد الاستخدامات ذات الصلة بالواجهة البحرية مثل المرافئ وأرصفة الموانئ ومناطق مناولة البضائع ومآخذ مياه البحر وتصريف مياه الأمطار والصرف الصحي في مرحلة مبكرة. يجب معرفة المواقع المقترحة لهذه الهياكل والمناطق والمرافق على الأقل بوجه عام قبل الأبحاث التفصيلية المشار إليها أعلاه.

3.2.4 الارتفاع

- قبل اتخاذ قرار بشأن الارتفاع (الارتفاعات) النهائي لمشروع الاستصلاح، يجب مراعاة الجوانب التالية:
  - توافر الردم المستورد وتكلفته
  - الغرض من تطوير الأرض
  - مستويات الأرض والطرق والصرف الحالية للمشاريع المجاورة
  - الهبوط المتوقع للردم والتربة داخل الموقع
  - نوع الجدار البحري أو السد أو جدار احتجاز الخط الساحلي ومدى تجاوز الموجة المتوقعة
  - مستويات المياه الطبيعية والشديدة بسبب المد والجزر والمد العاصفي وجريان الأمواج

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

- الاستخدام المقترح لأراضي الاستصلاح وواجهة البحر
- الزيادة المحتملة على المدى الطويل في متوسط مستوى سطح البحر

- يجب النظر في جميع عمليات الاستصلاح كل على حده. ويجب البحث بشكل كامل في عواقب اعتماد مستوى استصلاح معين قبل تحديد المستوى الأنسب في كل حالة.

3.2.5 طرق الاستصلاح

- يشيع استخدام طريقتين رئيسيتين للاستصلاح في طبقات قاع البحر الناعمة، وهما طريقة التجفيف وطريقة التجريف.
  - تترك طريقة التجفيف الرواسب الناعمة في الموقع في مكانها، ويمكن تسريع عملية الدمج باستخدام شريط رأسي أو مصارف فتيلية مع التحميل المسبق بردميات إضافية.
  - تتضمن طريقة التجريف إزالة الرواسب اللينة في الموقع والتخلص منها قبل وضع الردم.
- الطريقة الثالثة هي وضع الردم مباشرة على الرواسب الرملية الموجودة داخل الموقع دون إزالة السطح أو معالجته. يتطلب هذا أن تكون التربة الموجودة قوية بشكل يكفي لدعم التعبئة (الردم) ونفاذية بشكل يكفي للدمج/ الانضغاط خلال الفترة الزمنية المطلوبة.
- طريقة التجفيف

التسلسل والمتطلبات النموذجية هي:

  - عند الحاجة، يتم وضع التكسية الأرضية الفاصلة في قاع البحر.
  - وضع طبقة حصيرة طمي حُبيبية.
  - تركيب المصارف العمودية.
  - وضع الردم في منصات الرفع الرقيقة المتحكم بها.
  - إجراء تحليل الثبات لتحديد ضرورة وتصميم التكسية الأرضية ونظام الصرف وسمك الرفع ومعدل التثبيت.
  - مراقبة الصرف وضغط المياه المسامية والهبوط أثناء البناء.
- طريقة التجريف
  - يُستخدم التجريف لإزالة كل أو جزء من الرواسب في الموقع أسفل منطقة الاستصلاح المقترحة قبل وضع الردم.
  - قد تظل هناك حاجة إلى بناء غطاء تصريف ومصارف عمودية إذا تُركت بعض المواد القابلة للانضغاط في مكانها؛ ومع ذلك، قد يُخفض الوقت اللازم لهبوط الطبقات القابلة للانضغاط.
  - يتطلب التجريف الجزئي تحكمًا أكبر في البناء لتجنب الهبوط المتفاوت في المستقبل.

3.2.6 التعبئة (الردم)

- تتضمن مصادر التعبئة المواد الواردة من المناطق الداخلية والرمل و/أو الحصى المجرف. يمكن استخدام المواد الواردة الداخلية حيثما كانت متاحة؛ إلا أنها بوجه عام قد لا تكون متاحة بسهولة ضمن مسافات النقل القصيرة.
- شروط مواد التعبئة الهيدروليكية التي نتجت عن التجريف:
  - يحتوي الرمل على أقل من 1% من المواد العضوية والمواد الضارة الأخرى. تحتوي المواد المناسبة على غرامات أقل من 10% ما لم يوافق على خلاف ذلك المهندس الجيوتقني في الاستشاري المعماري/الهندسي. يجب تجنب العدسات من المواد الطمية أو الطين.
  - يمكن استخدام مادة الرمل الطيني والرمل الطمي لدى موافقة المهندس الجيوتقني في الاستشاري المعماري/الهندسي عليها، ولكنها قد تتطلب جهدًا أكبر بكثير للانضغاط للحد من الهبوط.
  - قد يُطلب من المقاول إجراء تجريف تجريبي لتحديد المناطق التي يمكن استخراج مواد الردم المناسبة منها.
  - تكون المواد الموضوعة خلف الجدران البحرية والسدود والحواجز الفاصلة عبارة عن مادة حبيبية تصريفية لتجنب التراكم غير الضروري لضغط المياه بسبب تأخر المد والجزر أو تدفق المياه الجوفية.
  - يجب أن تتمكن مادة وطريقة التنسيب تحت الماء من تحقيق تعبئة كثافة نسبية بنسبة 70% بدون ضغط إضافي.
- تتضمن الطرق النموذجية لتحسين خصائص هبوط التعبئة إذا كان التكثيف ضروريًا، تحميلًا مسبقًا بردميات إضافية وضغط ميكانيكي (اهتزازي أو ديناميكي). قد يكون التحميل المسبق بردميات إضافية مفيدًا حين يسمح الجدول الزمني بحدوث الهبوط وحيث تتوفر المواد الزائدة للتحميل المسبق ويمكن استخدامه لأغراض البناء القريبة. في الأحوال الأخرى، يُستخدم الضغط الميكانيكي.
- قد يكون الحجز ضروريًا لوضع الرمال المجروفة والمواد الحُبيبية الدقيقة أو التخلص منها. تنشئ سدود الاحتواء منطقة حجز سطحية يمكن ضخ المواد المجروفة فيها. صُممت السدود بحيث تتمتع بسعة وقوة كافيتين لاحتواء حجم المادة المجروفة المضافة وللسماح بوقت احتجاز كافٍ لترسيب المواد الصلبة وتصريف المياه، مما يسمح للمادة المجروفة بالتجفيف والدمج. يمكن أيضًا استخدام الحجز لمنع فقد مواد التعبئة بسبب التآكل البحري في المحيط البحري لمنطقة الاستصلاح.
- وبوجه عامة، يجب أن تستند متطلبات ضغط التعبئة والتكثيف إلى الكثافة النسبية. قد ترتبط الكثافة النسبية بنتائج الاختبارات في الموقع مثل اختبار الاختراق القياسي (SPT) واختبار الاختراق المخروطي (CPT). تستند متطلبات الكثافة النسبية وما يقابلها من اختبار الاختراق القياسي (SPT) و/أو اختبار الاختراق المخروطي (CPT) إلى متطلبات المشروع الجيوتقنية والهيكلية.

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

- يُحدد الاستشاري المعماري/الهندسي الحد الأدنى من متطلبات الكثافة النسبية و/أو مقاومة اختبار الاختراق القياسي (SPT) و/أو اختبار الاختراق المخروطي (CPT) التقريبية مع مراعاة الاستخدام المستقبلي للأرض المستصلحة.
- يتبع تصميم التعبئة والضغط الطرق المذكورة في القسم ذي الصلة.

3.2.7 تشييد جدران البحر

- إن تصميم الجدران البحرية أو جدران الاحتجاز المنحدرة أو السدود المصاحبة عادة لمشروع الاستصلاح، يجب أن يتبع القسم 4 من هذه الوثيقة.
- قد يتأثر تسلسل الاستصلاح ببناء الجدار البحري على خط الساحل المُشَيَّد.
- قد تؤثر تعبئة الجدار البحري سواء للأساس أو للردم على ثبات تعبئة الاستصلاح المجاورة لجدار البحر. يجب إكمال عملية تعبئة الجدار البحري قبل وضع الردم بجوار أساس الجدار البحري أو خلفه.

3.2.8 التصريف

- قد يتسبب مشروع الاستصلاح في التأثير على الصرف والفيضانات من خلال تغيير مسارات الصرف ونظمه الحالية أو من خلال زيادة العبء على نظام الصرف الحالي. يعد تقييم تأثير الصرف ضروريًا في مرحلة مبكرة من التخطيط والتصميم لتقييم مشكلات الصرف والفيضانات المحتملة. ويجب أن يُحدد تحويل الصرف المؤقت الضروري وتدابير الصرف الدائمة لضمان أداء تصريف مقبول في مناطق المنبع والقريبة من منطقة الاستصلاح وداخلها أثناء بناء الاستصلاح وبعده.

3.3 الثبات

3.3.1 متطلبات عامة

- إلى حد كبير، تُحدد معايير الثبات والهبوط تسلسل تعبئة الاستصلاح ومستوى وضع الردم المجروف والتباعد بين المصارف العمودية وحجم الردميات الإضافية ومدتها.

3.3.2 عامل الأمان

- يجب الحفاظ على عامل الأمان للجسور ضد عدم الانزلاق عند 1.3 أو أعلى في جميع مراحل البناء، ويجب أن يكون 1.5 على الأقل بعد نهاية البناء.

3.3.3 اعتبارات تحليل الثبات

- إن تحليل ثبات منحدرات سدود تعبئة الاستصلاح يجب أن تراعي مستويات المياه الجوفية المرتفعة في التعبئة بالتزامن مع مستويات المد المرتفعة والمنخفضة. ويجب مراعاة التراجع السريع في الظروف التي تلي العاصفة أو ارتفاع المد.
  - تعتمد حالة المد المرتفع على متوسط ارتفاع المياه (MHHWS)
  - تعتمد حالة المد المنخفض على متوسط انخفاض المياه (MLLWS)
  - يعتمد الحد الأقصى والحد الأدنى من مستويات المياه الجوفية المستخدمة لتحليل التسرب على مستوى المياه الجوفية المتبقية المقدرة بناءً على تحليل التسرب العابر باستخدام ظروف مد متوسط ارتفاع المياه (MHHWS) و متوسط انخفاض المياه (MLLWS).
  - قد تعتمد مستويات المياه الجوفية على قياسات ضغط المياه الجوفية في موقع المشروع
- في حالة وجود منشآت أو تطورات مجاورة لموقع تعبئة الاستصلاح، يجب فحص ثبات المنحدرات المؤقتة للسطح المُجرَّف للتأكد من كفاية عامل الأمان.
- يجب عمل مُخصص لأكوام المواد المؤقتة وأحمال المعدات.
- ويجب تقييم كل مشروع بناءً على مزاياه، وعند الضرورة، يمكن استخدام عامل أمان أعلى.
- تقتصر تحليلات ثبات الإجهادات الكلية المستندة إلى معلمات قوة القص غير الجاف على تلك الحالات التي يجري فيها تقييم الثبات على المدى القصير. يُراعى ثبات المنحدرات والجسور طويل الأمد، وتقييم ثبات التربة غير المتماسكة والمتماسكة باستخدام طرق تحليل الإجهاد الفعالة.
- في حالة المنحدرات المقطوعة، يجب أن يُراعي التحليل إزالة الأحمال الزائدة الناتجة عن التجريف أو الحفر فوق مستوى الماء.
- عند إنشاء السدود على تربة متماسكة، يجب أن يُراعي التحليل زيادة القوة نتيجة للدمج تحت الحِمل أو الإجراءات المفروضة، بما في ذلك معدل وضع التعبئة المُتحكم به للحفاظ على الثبات.

3.3.4 قوة المواد

- رواسب التربة في الموقع
  - يتم تقييم قوى المواد الحُبيبية الدقيقة المُجففة وغير المُجففة ما في ذلك الطمي والطين.

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 استخدام الاختبارات ثلاثية المحاور السريعة غير المُصرَّفة (QUT) للحصول على قوة قص غير مُصرّفة، ولكن إذا أمكن، يجب أيضًا تقييمها مقابل نتائج اختبار القص بالريشة التي تُعد أكثر موثوقية بسبب اضطراب أخذ عينات الاختبار ثلاثي المحاور. يمكن استخدام اختبار الاختراق المخروطي (CPT) للتقييم الأولي ولتقديم بيانات تكميلية.
- يمكن استخدام الاختبار ثلاثي المحاور المُدمج غير المُصرف (CUT)، أو ثلاثي المحاور المدمج المُصرَّف (CDT)، أو اختبار القص الحلقي أو الاختبارات المعملية الأخرى المعتمدة من الجهة العامة للحصول على معلمات إجهاد فعالة.
- يتم تقييم معلمات الإجهاد الفعالة للتربة غير المتماسكة من خلال الارتباط مع اختبار الاختراق القياسي (SPT) واختبار الاختراق المخروطي (CPT)، واختبار التدرج ومربع القص.

- تعبئة استصلاح
  - بالنسبة لردم الحبيبات المجروفة، يجب أن تعكس القوة المستخدمة في تحليل الثبات كثافة الردم في الموقع في مرحلة البناء الحالية.

3.3.5 التصميم

- يجب تصميم هندسة الاستصلاح، بما في ذلك المنحدر الجانبي وسماكة الطبقة وأبعاد الساتر الترابية (إن وجدت) لضمان عامل الأمان المطلوب ضد الفشل.
- يتطلب التحقق من الثبات فحص توازن كتلة التربة طوال عدد كافٍ من أسطح القصور المختارة عشوائياً للعثور على الحد الأدنى لقيمة عامل الأمان لكل مرحلة من مراحل الاستصلاح.

3.3.6 التشييد

- بالنسبة لاستصلاح التجفيف لدى وضع الردم في المياه الضحلة على الطين والطمي البحري، تكون قدرة التحمل منخفضة ويمكن أن يتسبب وضع الردم في حدوث أمواج طينية لدى تجاوز قدرة تحمل مواد الأساس. يتم إكمال تحليل ثبات التصميم الأولي وإجراءه مرة ثانية لحساب أي تغييرات أُجريت على التصميم أو التغييرات التي لوحظت في ظروف الأساس أثناء البناء.
- توفر طبقة فصل التكسية الأرضية المثبتة في قاع البحر قبل وضع ردم الاستصلاح فصلًا بين الردم والطين والطمي الناعم، مما يمنع فشل ضغط الردم في قاع البحر، ويساعد على منع تكوين أمواج الطين. تُثبَّت مواد التكسية الأرضية مع التركيب أو الإغلاق المطلوب في الوصلات. من الضروري وجود إشراف وثيق على الموقع وفحص دقيق بعد التثبيت لضمان حسن سير أعمال التكسية الأرضية.
- يتم تخطيط تسلسل الاستصلاح بعناية للتأكد من أن جدول إعداد الأساس وبناء الجدار البحري أو السد متوافقان مع معدل وضع التعبئة. يُمنع التخزين إذ قد يؤدي إلى سقوط المنحدر.

3.3.7 الثبات طويل المدى

- عندما يكون الاستصلاح محاطًا في النهاية بجدران أو سدود، فإن ثبات المنطقة المستصلحة طويل المدى يعتمد على ما إذا كانت الجدران البحرية قادرة على الاحتفاظ بالتعبئة. توضح إرشادات بشأن التصميم المتعلق بثبات الجدران البحرية والسدود في القسمين الفرعيين 4 و6.

3.4 الهبوط

3.4.1 الدمج الأساسي

- الدمج هو الانخفاض التدريجي في حجم التربة المشبعة بالكامل بسبب تصريف المياه المسامية. تعتمد سرعة هذه العملية على حالة التحميل ونفاذية التربة.
- تتضمن حسابات دمج التربة الطينية الناعمة الافتراضات التالية:
  - في حالة استخدام المصارف العمودية، يجب تقليل طول مسار الصرف الفعال.
    - يُراعى تأثير مسح المصارف العمودية ويتم تقديره بناءً على طريقة تركيب المصارف.
    - يتم تضمين مقاومة البئر وملاءمتها لقدرة المصارف وطولها.
  - لدى اعتماد التحميل المسبق، يجب أن يشمل التحميل المُطبق حمولة الردميات الإضافية ومدة التطبيق.
  - بالنسبة لظروف التربة المتغيرة، يجب تقسيم الحساب إلى طبقات تمثل كل أفق تربة وكذلك الخصائص الفيزيائية المناسبة.
  - تكون أوقات التحميل متسقة مع جدول التشييد المُقدر أو الفعلي.
- قد يُفترض أن الدمج الأولي (الضغط) للتعبئة الحُبيبية قد اكتمل في نهاية البناء.

3.4.2 الدمج الثانوي

- الدمج الثانوي للطين هو الهبوط طويل الأجل (الزحف) تحت ضغط فعال مستمر.
- يجب التخفيف من حدة الدمج الثانوي الناتج عن التطوير الإضافي على الأرض المستصلحة من خلال التصميم.

3.4.3 الهبوط المتبقي

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

- الهبوط المتبقي هو مقدار الهبوط المستقبلي للتربة في الموقع والتعبئة المتوقع حدوثه، منذ وقت ما.
- لغرض حساب الهبوط المتبقي، يمكن اعتماد فترة 50 سنة لإعطاء القيمة النهائية.
- يستمر هبوط المنطقة المستصلحة بشكل عام لفترة طويلة بعد الانتهاء من التعبئة، ولكن بمعدل متناقص. يكون الهبوط المتبقي في حده الأدنى حين تكون التربة الكامنة في الموقع حبيبية. يُحتسب الهبوط المتبقي من التواريخ الرئيسية التالية:
  - تاريخ الانتهاء من التعبئة
  - تاريخ التطوير المخطط للأرض المستصلحة
- عندما يكون من المتوقع أن يبدأ التطوير عند اكتمال التعبئة، فإن الهبوط المتبقي المقبول (بما في ذلك الزحف) يجب أن يقتصر على القيم المتوافقة مع التطوير المستقبلي للموقع.
- بشكل عام، يعتمد الهبوط المقبول بعد الانتهاء من البناء على نوع وأهمية واستقرار واستخدام الهيكل ومتطلبات الموقع، ويتم تحديده بواسطة الاستشاري المعماري/الهندسي. بالنسبة للمنشآت أو المرافق العرضة للهبوط، يجب تحديد متطلبات أكثر صرامة وفقًا للتصميم الإنشائي ومتطلبات المستخدم النهائي.
- يجب التحقق من مقدار الهبوط المتبقي المُقدَّر في مرحلة التصميم من خلال بيانات المراقبة الميدانية.

3.4.4 تقدير الهبوط

- يتم تقييم الهبوط من خلال تعيين خصائص المواد على النحو المحدد من فحص الموقع وطرق الاختبار المعملية، على النحو المبين في الدليل الجيوتقني (EPM-KE0-GL-000002).

3.5 المراقبة

3.5.1 متطلبات عامة

- توفر أجهزة مراقبة المناطق المستصلحة بيانات لتقييم مدى كفاية كل من التربة التحتية والتعبئة المستصلحة فيما يتعلق بالثبات والهبوط. يقدم هذا الفصل إرشادات عامة حول تخطيط أجهزة مراقبة خطة الاستصلاح ويوضح وظائف بعض أجهزة المراقبة النموذجية.
- قد لا تكون هناك حاجة إلى مراقبة وقياس ضغط المياه المسامية وتسويتها وتشوهها الجانبي للاستصلاح بالمواد الحبيبية في قاع البحر الحبيبي.

3.5.2 أجهزة المراقبة

- يمكن استخدام أجهزة المراقبة لقياس المعلمات التالية في مواقع وأعماق مختلفة في الاستصلاح:
  - ضغط المياه المسامية - بواسطة مقاييس الضغط.
  - الهبوط - عن طريق لوحة الهبوط أو مقاييس التمدد أو علامات السطح.
  - التشوه الجانبي - بواسطة مقاييس الميل.

3.5.3 قياس ضغط المياه المسامية

- تتم مراقبة ضغوط المسام في عملية استصلاح التجفيف للتأكد من أن ضغوط المسام الزائدة الناتجة عن وضع التعبئة لا تتجاوز التوقعات، وللتأكد من أن المصارف العمودية تعمل بشكل صحيح.
- غالبًا ما تُستخدم أجهزة قياس ضغط الأسلاك الاهتزازية لمراقبة ضغوط المسام في الاستصلاح.
- لرصد ضغط المسام أثناء وضع التعبئة، يجب قياس تأثير تغير المد والجزر على قراءات مقياس الضغط من أجل الحصول على ضغط المياه المسامية الزائد في وقت ومكان محددين.

3.5.4 إدارة الهبوط

- يجب مراقبة الهبوط لكل من طرق استصلاح التجفيف والتجريف. يمكن قياس حجم الهبوط ومعدله من خلال لوحات الهبوط أو مقاييس التمدد.
- تقيس لوحات الهبوط، المثبتة إما في قاع البحر أو داخل الردم أو على سطح الاستصلاح، الهبوط عن طريق مقارنة مستويات الألواح المأخوذة في أوقات مختلفة بمستوى مسند ثابت.
- عندما تكون خصائص هبوط طبقات التربة التحتية الفردية ضرورية، تكون مقاييس التمدد أكثر ملاءمة. يمكن تحديد هبوط طبقات التربة التحتية الفردية من خلال رصد التغيير النسبي في المواضع العمودية لأهداف الفولاذ أو الحلقة المغناطيسية في مقاييس التمدد باستخدام مسبار.

3.5.5 قياس التشوه الجانبي

- يقاس التشوه الجانبي بمقاييس الميل. تعد بيانات التشوه الجانبي مفيدة أثناء وضع التعبئة في عملية استصلاح التجفيف، حيث قد يكشف تحليل اتجاه البيانات عن علامات مبكرة لعدم الثبات في التربة التحتية.

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

- أثناء مراقبة منطقة التعبئة المستصلحة، عادة ما يجري دمج مقياس الميل مع مقياس التمدد لتشكيل مقياس الميل - مُركب مقياس التمدد في حفرة محفورة مسبقًا. كما يجب تسجيل مستوى التعبئة عند الأجهزة وحولها عند أخذ القراءات.

3.5.6 مواقع أجهزة المراقبة

- يجب تركيب الأجهزة قبل بدء وضع الردم بحيث يمكن أخذ القياسات قبل وأثناء وضع الردم. يجب أن تتركز الأجهزة في المناطق الحرجة مثل المناطق التي تكون فيها التربة في الموقع سميكة أو ضعيفة بشكل واضح. نظرًا لأن التشوه الجانبي للتربة في الموقع يكون أكثر وضوحًا بشكل عام عند حافة الاستصلاح، يجب وضع الأجهزة بالقرب من الحافة الأمامية للاستصلاح لمراقبة الثبات بشكل فعال.
- يجب تنقية موقع الأجهزة بعد الانتهاء من تسلسل العمل مع مقاول الاستصلاح. قد يتسبب تركيب أجهزة المراقبة قبل البدء في الاستصلاح في إعاقة حركة وتشغيل المحطة البحرية في الموقع. يجري الانتهاء من تحديد مواقع نقاط المراقبة حين يُعرَف أن تسلسل الاستصلاح وتشغيل المصنع لتجنب وضع الأجهزة في المواقع التي لن تُستخدَم فيها إلا في مرحلة لاحقة.
- إذا كان من المقرر وضع الأجهزة في مواقع أكوام التحميل المستقبلية، فستحتاج الأجهزة إلى التثبيت بطريقة تسمح بالتمدد الرأسي لاحقًا. بشكل عام، لا ينبغي تثبيت الأجهزة في مناطق البناء المستقبلية أو مناطق أخرى قد تتطلب مواد تثبيت أو ردم، فقد تتدمر الأجهزة. المواقع المثالية في مناطق مخصصة للطرق المستقبلية وممرات المشاة ومسارات الدراجات ومناطق الراحة والأماكن المفتوحة.
- قد تتضمن الأجهزة تركيبًا تحت الماء وقد تحتاج إلى حماية لتحمل البيئة البحرية عمليات تعبئة. بالنسبة للأجهزة المثبتة قبل بدء التعبئة، يمكن تحقيق الحماية من خلال وضع جميع أجهزة كل مجموعة في غلاف صلب فوق قاع البحر. يجب إقامة السقالات المؤقتة الثابتة لدعم الغلاف وحمايته. تكون السقالة المؤقتة صلبة وقوية بما يكفي لضمان صمود الغلاف فوق قاع البحر بثبات. يجب توخي العناية الواجبة لتجنب إتلاف الأجهزة أثناء وضع التعبئة في المنطقة المجاورة. على سبيل المثال، يمكن اعتماد الجذب عوضًا عن تفريغ القاع بجوار الأجهزة. إذا لم يكن تركيب الأجهزة بواسطة محطة بحرية قبل البدء في وضع التعبئة ممكنًا، فيجب تركيب الأجهزة فورًا بعد تعبئة الاستصلاح حتى مستوى أعلى من الماء بحيث يمكن بدء المراقبة في أقرب فرصة.

3.5.7 مراقبة الثبات أثناء وضع التعبئة

- يناقش هذا القسم الفرعي تقييم الثبات المؤقت لعملية الاستصلاح. ومع ذلك، تكون ملاحظات الموقع الأخرى أيضًا مؤشرات مفيدة لثبات الاستصلاح مثل:
  - ظهور شقوق الشد في المنحدر العلوي والجانبي للاستصلاح.
  - التزايد السريع للهبوط في مركز الاستصلاح.
  - إشارة نتائج مسح السبر إلى ملامح منحنى لأعلى ولأسفل لقاع البحر بالقرب من حافة الاستصلاح.
  - تكديس التعبئة في الموقع بشكل زائد.
- يتم تسجيل بيانات المراقبة والإبلاغ عنها يوميًا على الأقل، ولكن يجب تقديمها للجهة العامة على الفور حين اكتشاف سلوك مخالف للقياسات بالإضافة إلى مقترحات المقاول العلاجية لتخفيف المخاطر على الأعمال.

3.5.8 مراقبة استصلاح التجريف

- تنطبق المبادئ الموضحة أعلاه أيضًا على استصلاح التجريف في التربة الطينية اللينة. الهبوط هو المعلم الرئيسي الذي يجري مراقبته في عملية استصلاح التجريف بالكامل للتأكد من توقع الهبوط. بالنسبة لاستصلاح التجريف الجزئي، يمكن إعداد أجهزة مراقبة مماثلة للأجهزة الموجودة في استصلاح التجفيف لقياس ضغط المياه المسامية والهبوط والتشوه الجانبي. ومع ذلك، قد تكون هناك حاجة إلى عدد أقل من الأجهزة، بناءً على نوع وسمك التربة التحتية المتبقية. يكون تفسير البيانات مشابهًا لتفسير بيانات عملية استصلاح التجفيف.
- لدى تنفيذ استصلاح التجريف بالقرب من المنشآت أو الهياكل القائمة، يجب تثبيت أجهزة المراقبة في الأرض الحالية لمراقبة ضغوط المياه المسامية وتحركات التربة وثبات هذه المنشآت أو الهياكل.

3.6 جوانب تصميم متنوعة

3.6.1 وضع الركائز

- قد تؤدي العوائق التي تحول دون أعمال وضع الركائز في مواقع الاستصلاح إلى تجاوزات خطيرة في التكلفة وتأخيرات. تكون أكبر الصخور أو الجلاميد التي توجد عند دق الركائز قابلة للكسر من خلال التأثير أو يمكن إزاحتها. بالنسبة للحالة الأخيرة، يجب توفر فراغات كافية في التعبئة للسماح بالإزاحة.
- عادة ما تكون البطانات الفولاذية الدائمة ضرورية للركائز المحفورة لتجنب الالتواء، خاصة في تعبئة الصخور المُكسرة أو حيث يُشتبه في وجود جيوب من الرواسب البحرية غير المدمجة. عادة ما تكون هناك حاجة إلى حِدوات خاصة أو مقاطع أو نقاط مُعززة للركائز المدفونة، خاصة في الردم غير المنضبط أو ردم الصخور المُكسرة (حين يكون التدرج جيدًا بما يكفي للسماح باختراق الركائز).

3.6.2 أساسات المجاري

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 نوع الأساس الذي سيستخدم لتمديد المجاري عبر منطقة الاستصلاح الجديدة على طريقة الاستصلاح المستخدمة ومقدار الهبوط المتبقي. لتقليل الهبوط المتبقي، يمكن إجراء التحميل الإضافي مع تعبئة الفائض على شريط يبلغ عرضه من ضعف إلى ثلاثة أضعاف عرض القناة حتى ثبات الهبوط. يعتمد ارتفاع مادة التحميل الإضافي على مقدار الهبوط المطلوب.
- في حالة إزالة رواسب الموقع القابلة للضغط بالكامل أو عند اكتمال الهبوط المتبقي بشكل فعال قبل بدء إنشاء المجاري، عادة ما تُعد طبقة الأساس الاسمية من الصخور أو الحطام مقبولة.
- في حالة عدم اكتمال الهبوط المتبقي بشكل فعال أو في حالة الاشتباه في وجود ثخانات متغيرة من الرواسب في الموقع، فإن إجراءات التحميل المسبق بردميات إضافية وتكثيف التعبئة ستقلل من مشاكل الهبوط. ومع ذلك، يُوصى باتخاذ تدابير خاصة للسماح ببعض الهبوط المتفاوت عند فواصل المجرى. يمكن النظر في استخدام الأساسات المُرتكزة حين يُتوقع أن تكون مشاكل الهبوط المتفاوت شديدة بشكل واضح، لكن ستكون التكلفة الأولية مرتفعة نسبيًا، وقد تؤدي إلى أشكال أخرى من مشاكل الهبوط، كما هو موضح أدناه.
- عادة ما تُبنى مجاري الصرف في جدران البحر باستخدام كتل مصب خرسانية خاصة. يؤدي تفاوت الهبوط بين الجدران البحرية والاستصلاح إلى حركة متفاوتة عند التقاطع مع مجرى مُرتكز. بالإضافة إلى ذلك، سيحدث الهبوط المتفاوت أيضًا على طول كل جانب من المجرى المُرتكز، حين يستمر الاستصلاح المجاور في الهبوط.

3.6.3 الإنشاءات والمرافق

- قد يؤثر الهبوط، ولا سيما الهبوط المتفاوت، سلبًا على السلامة الإنشائية وصلاحية الإنشاءات والمرافق التي ستُبنى على الأراضي المستصلحة. توضح جوانب التصميم العامة للأرصفة والإنشاءات والأنابيب والقنوات التي أُنشئت على الاستصلاح في الفقرات التالية.
- بالنسبة للطرق وممرات المشاة التي شُيِّدت على أرض مستصلحة حديثًا، فقد يتسبب الهبوط المتفاوت في حدوث تشوهات غير منتظمة وبالتالي تؤثر على صلاحية الإنشاءات. يمكن تخفيف هذه التأثيرات باستخدام رصيف مرن يسمح بالتراكب في المستقبل.
- لتجنب احتمالية الهبوط المتفاوت، عادة ما تُدعَم المباني التي تُشيَّد على الأراضي المستصلحة بأساسات ركائز أو تُدعَم بأرض تخضع للتكثيف من خلال الضغط الاهتزازي أو طرق الاستبدال الاهتزازي. كما أن التأثيرات المحتملة للاحتكاك السلبي للغلاف على الركيزة يجب مراعاتها في التصميم. يعتمد حجم الاحتكاك السلبي للغلاف في موقع معين على خصائص الركيزة وخصائص التعبئة وحركة الركيزة والهبوط منذ إكمال الركيزة. يمكن النظر في أنواع أخرى من الأساسات، مثل الكُتل العائمة أو الأساس العائم، للمباني منخفضة الارتفاع مع الضغط الاهتزازي أو الاستبدال الاهتزازي.
- بالنسبة لأنابيب التصريف والصرف الجوفية المبنية في مناطق الاستصلاح، يمكن تخفيف تأثير الهبوط المتفاوت من خلال استخدام فواصل مرنة، خاصة لدى تركيب الوصلات بين الأنابيب أو القنوات التي تدخل المباني. إن اعتماد العديد من أطوال الأنابيب القصيرة والوصلات المرنة المجاورة للمباني سيسمح للأنابيب باستيعاب بعض من عمليات الهبوط المتفاوت. يجب أن يضمن التصميم الحفاظ على السقوط الكاف في مجاري الجاذبية بعد اكتمال الهبوط الإضافي المتوقع.
- عند تصميم الإنشاءات والمرافق التي ستُبنى على استصلاح جديد، يجب الإشارة إلى كل من حساب الهبوط وبيانات الهبوط المسجلة أثناء عملية الاستصلاح. قد تكون الأبحاث الأرضية الإضافية ضرورية بعد الانتهاء من الاستصلاح للحصول على معايير التربة اللازمة للتصميم.

4.0 حواجز الأمواج والأرصفة البحرية والأرصفة الحجرية وجدران الاحتجاز المنحدرة

4.1 متطلبات عامة

4.1.1 مقدّمة

- يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع تشمل:
  - حواجز الأمواج والأرصفة البحرية
  - الأرصفة الحجرية
  - جدران الاحتجاز المنحدرة
- لا يتناول هذا القسم الفرعي ما يلي:
  - الإنشاءات العائمة
  - مراطم الأمواج

4.1.2 الأقسام ذات الصلة

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 - الإرشادات الجيوتقنية (EPM-KE0-GL-000002)
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 10 - الإرشادات البيئية (EPM-KE0-GL-000001)
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001)

4.1.3 المراجع ومصادر الصناعة

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

- .18 .Goda, Y. 1975. "Irregular wave deformation in the surf zone," Coastal Engineering in Japan, Vol
- ",Hughes, S. A., and Borgman, L. E. 1987 (Jun). "Beta Rayleigh distribution for shallow water wave heights
- International Building Code
- MIL-HDBK-1007/3, Soil Dynamics and Special Design Aspects (Superseding NAVFAC Design Manual (7.03
- MIL-HDBK-1025/4, Seawalls, Bulkheads, and Quaywalls
- NAVFAC Design Manual 7.01, Soil Mechanics
- NAVFAC Design Manual 7.02, Foundations & Earth Structures
- UFC 4-152-01, Design: Piers and Wharves
- USACE EM 1110-1-1904, Settlement Analysis
- USACE EM 1110-1-1905, Bearing Capacity of Soils
- USACE EM 1110-2-1100, Coastal Engineering Manual (CEM), 2002 (with Change 3 dated 28 September (2011
- USACE EM 1110-2-1614, Design of Coastal Revetments, Seawalls, and Bulkheads
- USACE EM 1110-2-1902, Stability of Earth and Rockfill Dams
- USACE EM 1110-2-2104, Strength Design for Reinforced Concrete Hydraulic Structures
- USACE EM 1110-2-2302, Construction with Large Stone
- USACE EM 1110-2-2504, Design of Sheet Pile Walls
- USACE EM 1110-2-2906, Design of Pile Foundations
- USACE EM 1110-2-2100, Engineering and design stability analysis of concrete structures

4.2 اعتبارات التصميم

4.2.1 حواجز الأمواج والأرصفة البحرية

- متطلبات عامة
  - تُبنى حواجز الأمواج لتقليل حركة الأمواج في منطقة في مقدمة الإنشاء.
    - يُقلَّل عمل الموجة من خلال المزج بين انعكاس طاقة الموجة الواردة وتبديدها.
    - في حالة الموانئ ، تُشيَّد حواجز الأمواج لخلق مياه هادئة لعمليات الإرساء والتحميل الآمن وتوجيه السفن وحماية مرافق المرفأ.
    - يتم إنشاء حواجز الأمواج لتحسين ظروف الحركة عند مداخل الموانئ ولتنظيم الترسيب من خلال إعادة توجيه التيارات وتقليل اضطراب الأمواج.
    - عند استخدام حواجز الأمواج لحماية الشاطئ، تُشيَّد في المياه القريبة من الشاطئ وعادة ما تكون موازية للشاطئ مثل حواجز الأمواج المنفصلة.
    - يتحدد تصميم حواجز الأمواج المستخدمة لحماية الموانئ حسب حجم المنطقة المراد حمايتها وشكلها، وكذلك حسب الاتجاهات السائدة لأمواج العواصف وانحراف الأمواج والاتجاه الصاف للتيارات والانجراف الساحلي وقدرة السفن على الحركة لدى استخدام المرفأ.
    - يمكن تصميم حواجز الأمواج بحيث تكون مغمورة كليًا أو جزئيًا أو غير مغمورة.
  - تُستخدم الأرصفة لتثبيت الممرات عند مصبات الأنهار ومداخل المد والجزر.
    - تُعد الأرصفة البحرية عبارة عن هياكل متصلة بالشاطئ مبنية بشكل عام على أحد جانبي الممر أو كلاهما عموديًا على الشاطئ وتمتد داخل المحيط.
    - من خلال حصر تدفق التيار أو تدفق والجزر، يمكن تقليل المياه الضحلة في الممر وخفض متطلبات صيانة التجريف.
    - وفي حالة السواحل ذات التيارات الشاطئية والانجراف الساحلي الطويل، تعمل الأرصفة أيضًا على إيقاف التيار المعاكس وتوجيهه عبر المدخل في المياه العميقة حيث يمثل خطرًا أقل على الملاحة.
    - عند امتداد الأرصفة البحرية في منطقة الأمواج المُتكسرة، تعمل على تحسين حركة السفن إذ توفر ملاذًا ضد أمواج العواصف.
    - تُشيَّد الأرصفة البحرية على غرار حواجز الأمواج.

.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

- أنواع التشييد
  - يمكن تصنيف حواجز الأمواج إلى نوعين رئيسيين: الهياكل الأمامية المنحدرة والهياكل الأمامية العمودية.
    - الهياكل الأمامية المنحدرة هي في معظم الأحوال هياكل ركام معززة بالأحجار أو الوحدات الخرسانية، وقد تشمل هياكل علوية للجدار الموجي.
    - تُشيَّد الهياكل الأمامية العمودية في معظم الأحوال إما من قواعد مجوفة خرسانية مملوءة بالرمل أو ركام من الكتل الخرسانية الضخمة المثبتة على طبقة من الأحجار.
  - في المياه العميقة، غالبًا ما تُثبت القواعد المجوفة الخرسانية على تل صخري مرتفع لأسباب اقتصادية. تسمى حواجز الأمواج هذه الهياكل المُركبة.
  - يمكن بناء الجزء العلوي من الهيكل الخرساني بواجهة منحدرة لتقليل قوى الأمواج. للسبب نفسه، قد يكون الجدار الأمامي مثقوبًا بغرفة موجية خلفه لتبديد طاقة الأمواج.

4.2.2 أرصفة الموانئ

- متطلبات عامة
  - تُشيَّد الأرصفة للسماح برسو السفن.
  - كذلك قد يعمل رصيف السفن أو الرصيف البحري كرصيف ميناء.
  - قد تُبنى أرصفة الميناء على الرصيف البحري.
- أنواع التشييد
  - ينقسم بناء أرصفة الموانئ بشكل عام إلى تصنيفين: أرصفة ذات بناء مغلق أو صلب وأرصفة ذات بناء مفتوح.
  - يتكون البناء الصلب من الأنواع التالية:
    - الكتل الخرسانية مسبقة الصب، التي توضع على أساس صخري أو ركام حجري لتشكيل جدار الجاذبية. قد تكون الكتل متشابكة أو مرتبطة ببعضها البعض لتمثل وحدة.
    - تُشيَّد جدران الصفيح الساندة وتُثبت بشكل عام في الأعلى لزيادة الاستقرار. يُشيَّد جسر خرساني في الأعلى.
    - تتألف القواعد المجوفة من قيسونات أو خلايا من الخرسانة المسلحة أو ألواح الصلب، وتُشيَّد على أساس صخري أو ركام حجري وتُملأ بالرمل أو الردم الصخري. ويُشيَّد هيكل خرساني فوق القمة.
  - البناء المفتوح
    - تُدفع الركائز المكونة من الفولاذ أو الخرسانة أو الأخشاب ويُبنى هيكل علوي فوقها. وتُستخدم المصدات لحماية الركائز من الصدمات. يُترك الجزء السفلي من الهيكل مفتوحًا تمامًا للسماح بمرور الأمواج والتيار. ولا يُحتفظ بالتربة.
    - تُثبَّت أرصفة الجاذبية الخرسانية ببنية علوية خرسانية في الأعلى. تسمح المسافة بين الأرصفة بمرور الأمواج.
    - ويُمكن استخدام القواعد المجوفة الخرسانية مع غرف أمواج مفتوحة أو مثقوبة للسماح بتبديد طاقة الأمواج.
- منصة التفريغ تُستخدم منصة التفريغ مع حاجز ركائز لوحية لتقليل الحمل الجانبي على الركائز اللوحية الناتج عن الردميات الثقيلة الإضافية وضغوط الأرض. ويتحقق الحجز الجانبي من خلال الركائز المائلة التي تدعم منصة التفريغ.
- بيانات التصميم يعتمد تصميم الأرصفة البحرية إلى حد كبير على بيانات السفن المتوقعة في الميناء. وإذا أمكن، يجب الحصول عليها من مُشغل الرصيف وشركات السفن. ويجب على جميع الأطراف ذات الصلة الاتفاق على بيانات تصميم السفن المعتمدة للتصميم بعد النظر في استخدام الرصيف. تشمل المعايير التي تؤثر على التصميم معايير السفينة بالإضافة إلى بيانات المد والجزر. يجب أن يلبي وضع وتصميم مرافق الرصيف مثل منحدر وصول الركاب أو معدات مناولة البضائع موقع الهيكل العلوي لجميع السفن التي قد تستخدم المرافق خلال جميع حالات المد. تشمل معايير السفن وتأثيرها على تصميم الرصيف ما يلي:
  - الطول - يؤثر على طول الرصيف وتخطيطه
  - الجسر - يؤثر على عرض حوض الرسو وممر الاقتراب ومدى وصول معدات مناولة البضائع
  - السحب - يؤثر على عمق المياه اللازم على طول الرصيف وممر الاقتراب
  - الإزاحة - تتعلق بطاقة الرسو ونظام الصد
  - حجم الهيكل وشكله - يؤثر على أنظمة الصد والرسو
  - القدرة الاستيعابية للركاب - منطقة الانتظار ومنحدر الوصول ومرافق الركاب
  - نوع البضائع والمناولة - متطلبات التخزين ومعدات مناولة البضائع

4.2.3 جدران الاحتجاز المنحدرة

- متطلبات عامة
  - جدران الاحتجاز المنحدرة هي تكسية لمواد مقاومة للتآكل، مثل الحجر أو الخرسانة، شُيّدت لحماية المنحدر أو الحاجز أو أي ملمح ساحلي آخر ضد 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

- المكونات الرئيسية لجدران الاحتجاز المنحدرة هي طبقة التصفيح والمرشح ومُرتكز جدار دعم. توفر طبقة التصفيح الحماية الأساسية ضد حركة الأمواج، بينما تدعم طبقة المرشح التصفيح وتسمح بمرور الماء عبر الهيكل وتمنع التربة التحتية من الانجراف عبر التصفيح. تمنع حماية حاجز الجدار المُنحدِر إزاحة الحافة الساحلية لجدران الاحتجاز المنحدرة.
- تتميز طبقات التصفيح بالمرونة بشكل عام للسماح بالحركة والاستقرار دون الإضرار بطبقة الحماية. لا يُنصح باستخدام التصفيح الصلب.
- تُستخدم جدران الاحتجاز المنحدرة في بناء حواجز الأمواج والأرصفة البحرية وحماية الجدران الهيكلية من الانجراف وكذلك لحماية الشواطئ والقنوات من التآكل.

- المواد
  - الصخور
    - تُعد الصخور، إن توفرت، مادة اقتصادية تُستخدم في بناء تصفيح جدران الاحتجاز المنحدرة.
    - تشمل أنواع التصفيح الصخرية الأحجار كبيرة القطر وخلطات صخور متدرجة وذات أقطار أصغر يُشار إليها عادةً باسم دكة حجرية.
    - تكون الصخور المناسبة سليمة وقوية وتتسم بخصائص تجعلها لا تتحلل عند تعرضها لتأثير الماء. ويكون الحد الأدنى للكثافة النوعية للحجر 2.4.
  - الكتل الخرسانية تُستخدم الكتل الخرسانية ذات الأشكال والأحجام والتكوينات وطرق التنسيب المختلفة في تصفيح جدران الاحتجاز المنحدرة. تشمل الأنواع الأساسية ما يلي:
    - الخرسانة المعاد تدويرها
      - تُستخدم الخرسانة المعاد تدويرها أحيانًا في التصفيح. وتُعد الميزة الرئيسية هي إعادة الاستخدام الاقتصادية للمواد المُهدرة.
      - تُعد مراقبة الجودة أمرًا بالغ الأهمية لتوفير الشكل والحجم والقوة والمتانة اللازمة لجدار الاحتجاز المُنحدِر.
      - بوجه عام، لا ينصح باستخدام الخرسانة المعاد تدويرها في التصفيح، ولكن يمكن استخدام الخرسانة المُكسرة المعاد تدويرها كمُكوّن في طبقات التكسية والترشيح.
    - كتل جدار الاحتجاز المُنحدر الخرسانية
      - تُصنع الكتل الخرسانية بأشكال وأحجام متنوعة تُستخدم خصيصًا في جدران الاحتجاز المنحدرة. تشمل بعض الكتل الأكثر شيوعًا:
        - وحدات ضخمة أو كُتلية تشمل: وحدات مكعبة ومكعب أنتيفير (Antifer Cube) ومكعبات الأرجل (Cubipods) وكتل هارو (Haro ®) وتوسكان ورباعيات الأسطح (الصلبة والمثقوبة والمجوفة).
        - الوحدات الضخمة بما في ذلك: Stabit و Akmon و Accropode® و Xbloc® و Accropode II® و Core-loc® و Seabee و Diahitis.
        - الوحدات الرفيعة بما في ذلك: Tetrapod و Tribars و Tripods و Dolos و Core-loc ® و A-Jack ®.
        - مكعبات متعددة الفتحات بما في ذلك: كوب، سقيفة.
      - تُعد الوحدات الهائلة والضخمة أكثر اعتمادية بشكل عام. ومع ذلك، فهي تتطلب حجمًا أكبر من الخرسانة، ويتطلب التثبيت مزيدًا من الجهد، كما أنها عادة ما تعكس طاقة الأمواج بشكل أكبر. توفر الوحدات الرفيعة طبقة جدار احتجاز منحدر أكثر سمكًا وأقل وزنًا وتمتص طاقة الأمواج بشكل أكبر. ومع ذلك، فقد تُنهَك وتتلف من ضغوط المناولة والتركيز.
    - أرضية كتل خرسانية مفصلية
      - تتكون هذه الأنظمة من وحدات مسبقة التشكيل إما متشابكة، تُثبَّت بواسطة كبلات، أو كليهما لتشكيل غطاء متصل أو مصفوفة كتلية.
      - يُشير مصطلح "المفصلية" إلى قدرة كتل النظام الفردية على التوافق مع التغييرات في الطبقة التحتية والبقاء مترابطة بقوة تعشيق الكتلة و/أو مكونات النظام الإضافية مثل الكابلات أو الحبال أو التكسية الأرضية أو الشبكات الأرضية.
      - تتوفر أنظمة الكتل عادةً في كل من أنواع الخلايا المفتوحة والخلايا المغلقة.
      - تُستخدم أرضيات الكتل المفصلية بوجه عام للحماية الطفيفة من التآكل وليست مناسبة لتأثير الأمواج الثقيلة مثل حواجز الأمواج والأرصفة البحرية.
  - سلال الصخور
    - تتكون سلال الصخور وتكسيات سلال الصخور من سلال سلكية أو سلال شبكية من البولي إيثيلين بداخلها ردم صخري.
    - يمكن بناء سلال الصخور بالقرب من المنحدرات العمودية يمكن تشييدها كذلك في طبقات رقيقة مما يجعلها متعددة الاستخدامات واقتصادية للحماية من التآكل.
    - تُعد سلال الأسلاك عرضة للتآكل والنحت والإنهاك، وبالتالي لا يُوصى بها كهياكل دائمة في البيئات المُسببة للتآكل أو حيث يكون تأثير الموجة كبيرًا.

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

4.2.4 معايير التصميم العامة

- ظروف التصميم
  - العمر الافتراضي للتصميم
    - يُنظر إلى العمر الافتراضي لتصميم الهيكل على أنه العمر الإنتاجي المقصود، ويعتمد على الغرض الذي يُستخدم لأجله. ويُعد اختيار العمر الافتراضي للتصميم مسألة تتحدد وفقًا لكل مشروع.
    - ما لم يذكر خلاف ذلك في العرض/ العقد، يكون الحد الأدنى للعمر الافتراضي لتصميم جميع الهياكل البحرية الدائمة التي يغطيها هذا القسم الفرعي 50 عامًا.
    - عندما تنطبق ظروف خاصة، يُراعي تحديد العمر الافتراضي للتصميم الجوانب التالية:
      - طبيعة المشروع والغاية منه
      - يتكون تقييم المخاطر من تقييم ما يلي:
        - تأثيرات العوامل التي تحول دون ثبات الهيكل ووظائفه بما في ذلك تحميل الإجهاد والتآكل والنمو البحري وهبوط قوة التربة وتطلب جهود الصيانة المقابلة ضمان تحقيق الثبات والمتطلبات الوظيفية.
        - مستوى الاحتمالية الذي ستحدث فيه حالات حد معينة أو أحداث متطرفة أثناء العمر الافتراضي للتصميم.
        - دراسة فائدة التكلفة للعمر الافتراضي للتصميم بما في ذلك تكاليف رأس المال والتشغيل والصيانة.
        - التأثيرات على العمر الافتراضي للتصميم من خلال التطورات المستقبلية أو التغييرات في الممارسات التشغيلية.
  - بالإضافة إلى ذلك، فإن فشل المشروع خلال الظروف القصوى المحتملة، على النحو الذي حددته الجهة العامة، لن ينتج عنه خسارة فادحة.
  - دورة العودة
    - يحدد الاستشاري المعماري/الهندسي دورات العودة المشتركة للرياح والأمواج ومستويات المياه في الظروف العادية والشديدة.
    - من أجل ملاحة السفن الصغيرة إلى المتوسطة الحجم، يجب أن تكون ارتفاعات الأمواج في الظروف العادية في الموانئ محددة بحوالي 0.50 متر كحد أقصى ويفضل أقل من 0.40 متر.
    - يُحدد المُصمم مستوى المياه لظروف التحميل المؤقتة.
    - قد يكون مستوى المياه الراكدة الحرجة مستوى متوسط بين مستويات المياه المذكورة ويجب تقييمه من خلال الاستشاري المعماري/الهندسي لكل حالة.
    - يُراعي الاستشاري المعماري/الهندسي أسوأ ظروف المياه الجوفية عند تحديد مستوى المياه الجوفية خلف الهيكل.
    - قد يُفترض أن أمواج رياح الـ 100 عام تتولد عن رياح الـ 100 عام، وأمواج رياح الـ 50 عامًا تتولد عن رياح الـ 50 عامًا، وأمواج رياح الـ 10 أعوام تتولد عن رياح الـ10 سنوات وما إلى ذلك.
    - يُجمَع ارتفاع مستوى سطح البحر وارتفاع الأمواج لإنتاج مستويات مياه التصميم الأشد انخفاضًا والأشد ارتفاعًا.
  - يشتمل تصميم الموانئ بما في ذلك جدران الاحتجاز المنحدرة وحواجز الأمواج والأرصفة البحرية وأرصفة الموانئ وممرات الملاحة على تحليل هيدروليكي بنموذج محاكاة رقمي لتحديد تأثير المد والجزر والأمواج والتيارات على هدوء الميناء ارتفاعات أمواج التصميم وتوفير البيانات اللازمة لتقييم المخاطر وتصميم الهياكل والتجريف.
  - نظرًا لأن عمليات نقل وترسيب الرواسب معقدة للغاية، فمن الصعب التوقع التحليلي لتركيزات الرواسب المعلقة ومعدل الترسيب السائد في منطقة محل الاهتمام. لذلك يُوصى بالنمذجة الرياضية للمحاكاة والمساعدة في التنبؤ بنتيجة هذه العمليات المعقدة.
  - بالنسبة للعقود صغيرة الحجم حين لا يمكن إجراء دراسة شاملة للأمواج أو نقل الترسيبات، يُمكن استخدام البيانات من المشروعات المجاورة أو الحسابات اليدوية.
  - عند تطبيق النمذجة الرياضية للأمواج أو نقل الترسيبات، يجب إعداد تقرير نمذجة لوصف الطيف الموجي المُستخدم ونهج النمذجة وإجراءاتها ونتائجها.
- مستويات مياه التصميم
  - يمكن تقدير المد والجزر والمد العاصفي والمتوسط العام لمستوى سطح البحر بناءً على البيانات أو التي من خلال الجهة العامة.
  - ويمكن تقدير المد العاصفي من خلال التحليل الإحصائي للسجلات التاريخية أو من خلال استخدام النمذجة العددية.
  - يتم إدراج معدل مستوى البحر المستقبلي وارتفاع مستوى البحر في تقدير ارتفاعات الأمواج ومنسوب المياه في تصميم جميع الهياكل البحرية الدائمة.
  - يُجمَع ارتفاع مستوى سطح البحر وارتفاع الأمواج لإنتاج مستويات مياه التصميم الأشد انخفاضًا والأشد ارتفاعًا.
- أمواج التصميم
  - يجب اختيار ارتفاع الموجة ومدتها للخروج بأكثر توليفة حرجة من القوى تأثيرًا على الهياكل.

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

- ويجب أن يعتمد ارتفاع الموجة في التصميم على نمذجة الموجة.
- العمر الافتراضي للتصميم ودورة العودة والحد الأدنى لارتفاع الأمواج ومستويات المياه في التصميم حسب متطلبات المشروع.
- عند تبين العزم الصفري لارتفاع الموجة (H_{mo})، يُقدَّر H_s بناءً على التحول للمياه العميقة من خلال Hughes and Borgman (1987) أو للمياه الضحلة من خلال Goda (1975).
- قد يُشير تقييم المخاطر إلى الحاجة إلى ارتفاعات أعلى للموجة أو دورة عودة أعلى من الحد الأدنى لارتفاع الموجة وفترة العودة في التصميم.

- ارتفاع الهيكل

يشمل ارتفاع الحماية تخصيصات لكل من:

- مستوى المياه الأقصى
- الهبوط المتوقع للهيكل
- الطفو
- الانتصاب الموجي
- الصعود الموجي
- ارتفاع مياه البحر فوق الحواجز
- ارتفاع مستوى البحر

4.2.5 استجابة الهيكل الهيدروليكية

- الصعود الموجي
  - يُعد مستوى الصعود الموجي عاملاً هامًا يؤثر على التصميم لأنه يحدد مستوى قمة الهيكل في التصميم في الحالات التي لا يُسمح فيها بارتفاع مياه البحر فوق الحواجز (أو يُسمَح بارتفاع هامشي فقط).
  - يتم تقدير الصعود الموجي لجميع الهياكل. ويتم تقدير الهبوط للهياكل التي يمكن النفاذ إليها.
  - يُراعي تقدير الصعود عوامل الهياج المناسبة بناءً على سطح الهيكل.
  - ويُراعي التقدير نفاذية الهيكل أو جدار الاحتجاز المُنحدر.
  - ترد طرق تحديد الصعود في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-2-a.
- التجاوز الموجي فوق الحواجز
  - يحدث التجاوز الموجي فوق الحواجز حين تتجاوز مستويات الصعود ارتفاع القمة.
  - يُسمح بحدوث زيادة كبيرة في التجاوز الموجي فوق حواجز الأمواج المنفصلة والخارجية منخفضة القمة. يكون التجاوز فوق الحواجز محدودًا حيث تكون الطرق ومناطق التخزين والمراسي قريبة من الهيكل.
  - ويجب أن يشتمل تصميم التجاوز على مستويي تحليل:
    - التجاوز أثناء الظروف العادية مع عدم وجود أضرار.
    - التجاوز خلال الظروف القاسية حيث قد يُسمح ببعض الأضرار التي تلحق بالمنشآت والهياكل الدائمة.
  - ترد القيم الحرجة لمتوسط تفريغ التجاوز في دليل هندسة السواحل، الجدول 6-5-6.
  - وترد طرق لتقدير التجاوز في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-2-b.
- الانعكاس الموجي
  - يُراعي تخطيط حواجز الأمواج والأرصفة وغيرها من هياكل الموانئ تأثير انعكاس الأمواج وانتقالها على القدرة على الملاحة وعلى المرافق الأخرى.
  - تعكس الجدران العمودية الملساء غير المُنفِذة والتي لا يجري تجاوزها تقريبًا كل طاقة الأمواج الساقطة. لدى اقتراح هذه الأنواع من الهياكل، يجب إكمال تحليل الانعكاس الموجي.
  - تمتص هياكل الركام الصخري المنحدرة نوعًا ما والتي يمكن النفاذ منها، جزءًا كبيرًا من الطاقة. وتُعد الهياكل التي تمتص طاقة الأمواج مناسبة تمامًا للاستخدام في أحواض الموانئ.
  - بالنسبة للهياكل التي يمكن النفاذ منها (بما في ذلك وحدات الكتل الخرسانية الرفيعة)، وبالنسبة للهياكل منخفضة القمة، يجب إكمال تحليل الانتقال الموجي.
  - ترد طرق تقدير لانعكاس الموجي في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-2-c.
  - وترد طرق تقدير الانتقال الموجي في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-2-d.

4.2.6 تحميل واستجابة الهيكل الركامي

- ثبات وحدة التصفيح

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 تتسبب القوى الموجية التي تؤثر على المنحدر الركامي في حركة وحدة التصفيح ويُشار إليها عادةً باسم عدم الثبات الهيدروليكي. وقد يؤدي عدم الثبات إلى تدهور وحدات التصفيح أو فشلها في نهاية المطاف.
- ونظرًا للطبيعة المعقدة لكل من تدفق الأمواج الذي يؤثر على طبقات التصفيح والشكل المعقد للوحدات والتنسيب العشوائي، يُعد حساب القوى المؤثرة وردود الفعل أمرًا مستحيلًا. وبالتالي، تعتمد صيغ الثبات التجريبية على اختبارات النموذج الهيدروليكي.
- ترد صيغ ثبات طبقة التصفيح لأنواع مختلفة من وحدات التصفيح والظروف الهيدروليكية في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-a.3، الجداول 6-5-22 حتى 36.
- بالنسبة لأنواع التصفيح أو الظروف الهيدروليكية التي لا تُمثلها هذه الجداول، يجب إجراء اختبار هيدروليكي باستخدام نماذج قياس فيزيائية أو نماذج قياس فيزيائية بالحجم الطبيعي للتحقق من صحة التصميم.
- يمكن العثور على إرشادات التصميم والبناء باستخدام دكة الصخور والحجر الضخم من خلال USACE EM 1110-2-2302 البناء بالحجر الكبير.

- المُرشحات
  - تُعرَف طبقات الترشيح على أنها طبقات تحمي المادة الأساسية أو التربة الأساسية من التآكل بفعل الأمواج والتيارات دون التراكم المفرط لضغط المسام في المادة الأساسية.
  - يمكن تحقيق وظائف الترشيح باستخدام إما طبقة واحدة أو أكثر من المواد الحبيبية مثل الحصى أو الأحجار الصغيرة من مختلف الأحجام الحبيبية، أو مواد التكسية الأرضية، أو مزيج من التكسية الأرضية المغطاة بمواد حبيبية.
  - تفي معايير تصميم المرشحات الحبيبية بمتطلبات الاحتفاظ والنفاذية والاستقرار الداخلي في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-b.3.
  - لمنع سحب الصخور الأصغر في الطبقة السفلية من خلال طبقة متراكبة بفعل الأمواج، يجب الالتزام بالمعيار التالي D_{15} (طبقة الغلاف) $< D5_{85}$ (الطبقة السفلية).
  - سُمك طبقة المرشح
    - يكون لسمك طبقة طبقات المرشح المصنوعة من الحصى الخشن أو المواد الأكبر، سماكة لا تقل عن ضعفين إلى ثلاثة أضعاف قطر الحجارة الأكبر في المرشح لتكون فعالة.
    - يجب ألا تقل سماكة طبقة مرشح الحصى الأصغر عن 200 مم ويجب ألا تقل سماكة طبقات مرشح الرمل عن 100 مم.
    - قد تتطلب متطلبات التنسيب تحت الماء ومراقبة الجودة سماكة طبقة أكبر من القيم الدنيا.
    - لدى استخدام المُرشحات الأرضية الاصطناعية تحت طبقة التكسية الأرضية، فيجب وضع طبقة واقية من الرمل والحصى أو كسارات المحاجر أو الصخور المُكسرة للحماية من الثقب عن طريق التنسيب أو الحركة المتلاحقة للمادة التي تغطيها. الحد الأدنى الموصى به لسماكة طبقة التكسية الأرضية في هذه الحالة هو 600 مم، ويجب استيفاء معايير الترشيح بين طبقة التكسية الأرضية وطبقة الصخر التي تغطيها.

- السلامة الهيكلية لوحدات التصفيح
  - قد تؤدي أحمال الشد أثناء التصنيع والشحن والتركيب وكذلك الأحمال الدورية الناتجة عن حركة الأمواج والتيارات إلى إجهاد شد أو إجهاد إنهاك كافٍ للتصدع والتسبب في تدهور وحدات التصفيح.
  - لا يتسبب إجهاد الشد والإنهاك عمومًا في تدهور كبير في الأحجار الضخمة أو وحدات التصفيح الهائلة أو الضخمة. ومع ذلك، قد يكون عاملاً في تركيب وحدات خرسانية رفيعة ومجوفة.
  - يتم تقديم شهادات التحليل الإنشائي ونتائج الاختبار وقوة الوحدات المُصنعة قبل التعاقد. يتم استخدام طرق التركيب التي لن تتسبب في أحمال غير ضرورية أو عالية التأثير عند وضع وحدات التصفيح.

- ثبات حاجز الجدار المُنحدِر
  - يُوصى باستخدام حواجز الجدران المُنحدِرة والدعائم ومرابط وأوقية حواجز الجدران المُنحدرة لزيادة ثبات جدران الاحتجاز المنحدرة. تتمثل وظيفة حاجز الجدار المُنحدِر في دعم طبقة التصفيح الرئيسية ومنع الضرر الناتج عن الجرف.
  - في المياه الضحلة ذات الارتفاعات الموجية المحدودة في التصميم، يُوصى كحد أدنى بصفين إضافيين من وحدات التصفيح الرئيسية عند حاجز الجدار المُنحدِر.
  - تُثبت حواجز الجداران المُنحدِرة في قاع البحر الصخري الأملس أو المنحدر في خندق أو تُثبت بطريقة أخرى لزيادة ثبات الانزلاق.
  - تعتمد صيغ ثبات حاجز الجدار المُنحدِر أساسًا على اختبارات النماذج الفيزيائية صغيرة الحجم. يفي تصميم حاجز الجدار المُنحدِر بالمتطلبات الواردة في قسم دليل هندسة السواحل 6-5-D3، والجداول 6-5-45 إلى 48.
  - عندما تتحد الأمواج المائلة مع التيارات المنحرفة المعاكسة، يجب أن يفي تصميم حاجز الجدار المُنحدِر بمتطلبات دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-D3، الجدول 6-5-49.

4.2.7 تحميل واستجابة الهيكل العمودي الأمامي

- القوى الموجية
  - متطلبات عامة
    - تُعد فترات الأمواج غير المتكسرة بشكل عام أكبر بحجم تقريبي واحد من فترة التذبذب الطبيعية للهيكل. ويمكن التعامل مع الأحمال الناتجة عن الأمواج غير المتكسرة على أنها أحمال ثابتة.

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

- تحبس الأمواج المتكسرة الهواء، وتنتج قوى ديناميكية مزدوجة الذروة. تشمل القوى التأثير الموجي على الهيكل ثم صدمة الانضغاط اللاحقة بسبب ضغط الهواء المحبوس.
- تُقلل الهياكل ذات الواجهة المُنحدِرة ضغوط الصدمات الكبيرة الناتجة عن تكسير الأمواج بشكل كبير.
- يوفر التجاوز الموجي للجدران الرأسية انخفاضًا في إجمالي القوة والعزم لاقتطاع توزيع الضغط. لذلك، يجب أن يغطي التحليل نطاقًا من مستويات المياه حتى ذروة منسوب المياه في التصميم.
- تجب مراعاة مياه الردم المُشبَّعة أو المياه الراكدة على الجانب الخلفي من الجدران في تحليل الثبات.
- كما تجب مراعاة تأثير الأمواج الثابتة المعروفة باسم هدير الأمواج (الأمواج الصغيرة) حيث يحدث انعكاس موجي من الجدران الرأسية.
- يتم تقدير قوى الأمواج وعزمها ورفعها وقوة الطفو باستخدام الطرق والصيغ الموضحة في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-4.b، والجداول 6-5-52 إلى 59 أو بالطرق المبينة في كود البناء الدولي، أيهما أكبر.
  - يُراعي تأثير القوى الهيدروستاتيكية تحت مستوى المياه الراكدة بالإضافة إلى التحميل الهيدروديناميكي الناتج عن الأمواج فوق مستوى المياه الراكدة.
  - يجب تقدير القوى الموجية على حواجز الأمواج الرأسية (جزء رأسي لا يمتد على طول الطريق إلى الأسفل) باستخدام دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-4.b، المعادلات 6-5-162 حتى 167.
  - يمكن تقليل قوى الأمواج المائلة غير المتكسرة باستخدام دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-4.b، المعادلات 6-5-168 حتى 170.
  - يتم تقدير قوى الأمواج المُنكسرة على حواجز الأمواج الرأسية باستخدام دليل هندسة السواحل 6-5-4.b، المعادلات 6-5-171 حتى 185.
  - يتم تقدير القوى الموجية على الغطاء الخرساني باستخدام دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-4.c، الجداول VI-5-60 و61.

- الثبات ضد الانزلاق والانقلاب
  - يتم تحليل انزلاق وانقلاب القواعد المجوفة والجدران بسبب الرفع الناجم عن الأمواج والقوى الأفقية وكذلك وزن للطفو المنخفض.
  - يجب أن يفي معامل احتكاك الانزلاق بمعايير دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-D4، الجداول 6-5-62 إلى 64.
  - يتم تحديد معايير ثبات الهياكل الخرسانية وفقًا لمتطلبات EM 1110-2-2100 تحليل ثبات الهياكل الخرسانية. تُعد الهياكل البحرية "هياكل حرجة".
  - الانقلاب هو وضع انهيار يحدث في الواقع فقط لدى تثبيت الجدار أو القاعدة المجوفة على صخرة أو تربة صلبة جدًا، وفي هذه الحالة يُحتمل حدوث كسر للهيكل.

- الرفع
  - بالإضافة إلى الطفو، يمكن أيضًا زيادة قوى الرفع بسبب تأثير برنولي الناجم عن الحركة الموجية وحركة التيارات.
  - يمكن تقدير قوى الرفع باستخدام دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-4.f، المعادلات 6-5-196 حتى 197.
- الأحمال الأخرى
  - تكون أحمال الرسو والإرساء وفقًا لمتطلبات المشروع.

4.2.8 أحمال التأسيس

- تُصمم الهياكل البحرية لما يلي:
  - ضمان السلامة ضد انهيار التربة الموجودة داخل الهياكل وهياكل الركام وتربة التأسيس.
  - ضمان حدوث تشوهات محدودة (مقبولة) للتربة الموجودة داخل الهياكل وهياكل الركام وتربة التأسيس على مدى عمر الهيكل.
  - التحقق من أن التربة التي تدعم الجسر ليست عرضة للتمييع.
- أوضاع الانهيار الجيوتقني
  - هبوط التربة الموجودة داخل الهياكل
  - هبوط التربة السفلية/ الأساس
  - عدم الثبات/ انهيار المُنحدر الكلي
  - انهيار الأنابيب/ التآكل الداخلي
  - هبوط حاجز الجدار المُنحدِر بسبب التمييع
- تتضح أوضاع الانهيار الجيوتقني الإضافية في دليل هندسة السواحل، القسم 6-2-4 .
- ترد إرشادات عامة حول الخصائص الجيوتقنية للترسيبات البحرية والتدرجات الهيدروليكية وقوى التدفق في التربة والتحميل الدوري للتربة والتحميل الديناميكي للتربة وسطح الانزلاق وانهيار المنطقة والهبوط في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-5.
- تحليل 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

يجب أن يُراعي تحليل الهبوط الأسباب التالية للهبوط:

- التشكُّل المرن
  - الدمج
  - الضغط الثانوي والزحف
  - القوى الديناميكية بما في ذلك الأمواج والتيارات والزلازل
  - يتم إجراء تحليل الهبوط وفقًا للطرق المستخدمة في تحليل الهبوط المبينة في USACE EM 1110-1-1904.
- تفي أحمال تأسيس الهياكل بمتطلبات USACE EM 1110-1-1905 قدرة تحمل التربة.
- يتم تحليل الثبات الكلي وفقًا للطرق المتبعة في USACE EM 1110-2-1902، ثبات المنحدر.
  - تجب مُراعاة ضغط المسام الناجم عن الأمواج في التحليل.
  - تكون عوامل الأمان (FS) 1.3 كحد أدنى لجميع ظروف التحميل باستثناء الزلازل.
  - تكون عوامل أمان المنحدرات الزلزالية 1.1 كحد أدنى مع مُراعاة تسارع ذروة الأرض الزلزالية.

4.2.9 حماية الانجراف

- يحدث الانجراف عادةً في المواقع التالية وقد تخضع للتخفيف حسب التصميم:
  - حُفر الانجراف الموجودة في طرف أرصفة المداخل.
  - خنادق الانجراف على طول حواجز الجدار المُنحدِر الجانبية لممر الأرصفة البحرية أو على طول حاجز الجدار المُنحدِر الخارجي للرصيف البحري الصاعد.
  - الانجراف على طول حاجز الجدار المُنحدِر لحواجز الأمواج المنفصلة.
  - انجراف حول خطوط الأنابيب والمصبات الساحلية.
  - انجراف في قاعدة الجدران الرأسية.
- يعتمد توقع انجراف الهياكل الساحلية في المقام الأول على طرق الاختبار والتجريب. تتوفر إرشادات لتوقع الانجراف في القسم 6-5-6.ب.
- تصميم الحماية من الانجراف
  - تتكون الحماية من الانجراف في أغلب الأحيان من واق صخري أو تصفيحي في موقع الانجراف المتوقع.
  - يتم تصميم الواقي بحيث يكون مستقرًا في ظل قوى التيار والأمواج ويكون مرنًا ليظل سليمًا ويتوافق مع قاع البحر غير المستوي.
  - أو قد يمتد جدار قاطع إلى ما دون العمق المتوقع للانجراف.
  - تشمل المواد الشائعة لأوقية وقواطع الحماية من الانجراف الدكة الحجرية أو الأحجار الضخمة أو سلال الصخور أو الأرضيات الخرسانية أو أكياس الجص.
  - ترد إرشادات لتصميم الانجراف في القسم 6-5-6.ج.

4.2.10 التصميم الإنشائي للخرسانة

- تُصمَّم الهياكل الخرسانية وفقًا للمتطلبات الواردة في المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - دليل التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001).
- تتم حماية حديد التسليح وملحقاته من التآكل. ويجب توفير حماية كاثودية للتيار المُسلط أو الأنود المهدورة للمنشآت المعرضة لمياه البحر.
- يتم إنشاء الهياكل الخرسانية من مواد قوية. بالإضافة إلى تلبية المتطلبات الواردة في القسم المتعلق بقوة الخرسانة، يجب استيفاء المتطلبات الإضافية التالية للمنشآت البحرية:
  - يكون الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط المحددة لخليط الخرسانة للخرسانة المسلحة وفقًا للمتطلبات.
  - يجب ألا تتجاوز مقاومة الانضغاط التصميمية للخرسانة تحت الماء 25 ميجا باسكال.
  - ويجب ألا تزيد نسبة الماء/ الأسمنت عن 0.40.
  - يكون الحد الأدنى لغطاء حديد التسليح بأكمله في مناطق التعرض 75 مم.
  - كما يلزم إضافة البوزولان مثل دخان السيليكا (حتى 7% بالكتلة) لتقليل النفاذية.

4.2.11 معايير تصميم الرصيف

- ارتفاعات وتجاوزات السطح
  - لتجنب التدفق الزائد، يجب ضبط ارتفاعات السطح على مسافة تفوق متوسط أعلى ارتفاع للينابيع المائية (MHHWS) بمقدار ثلثي أقصى ارتفاع للموجة بالإضافة إلى حد طفو لا يقل عن 900 مم.
  - يجب الحفاظ على ارتفاع قاع لوح السطح بمقدار 300 مم على الأقل فوق مستوى المياه شديد الارتفاع (EHW).
  - عندما يؤدي ارتفاع السطح المحدد إلى غمر أغطية الركائز أو العوارض جزئيًا أو كليًا، يجب مُراعاة حماية التسليح 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

- يتم تعيين ارتفاعات السطح على ارتفاع كافٍ فوق مستويات متوسط أعلى ارتفاع للينابيع المائية (MHHWS) للسماح بالتدرجات الكافية في أنابيب الصرف وكذلك لمنع غمر المرافق/ الخنادق الموجودة أسفل السطح.
- يتم تعيين ارتفاع السطح في أقرب مكان ممكن من مستوى الأرض المجاورة لتحقيق الوصول السلس للرافعات المتحركة ومركبات الخدمة ومركبات الأفراد. يمكن استخدام المُنحدرات للوصول إلى السطح المحدد أعلى أو أقل من الأرض المجاورة. يمكن استخدام التدرج الأقصى بنسبة 15 بالمائة للمنحدرات.
- كما يجب مُراعاة حجم السفن والسحب والطول والعمليات المتوقعة على الرصيف عند تحديد ارتفاعات السطح.

- التصميم الإنشائي
  - يُرجى الرجوع إلى المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001)

5.0 التجريف

5.1 متطلبات عامة

5.1.1 مقدّمة

- يقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع التجريف بما في ذلك:
  - الملاحة
    - التجريف لبناء أو توسيع الموانئ والأحواض والقنوات والمراسي وغيرها من المرافق.
    - التجريف للحفاظ على المرافق القائمة
  - التشييد والاستصلاح
    - التجريف لتوفير مواد البناء مثل الرمل والحصى والطين لاستخدامه في ملء المناطق الساحلية المنخفضة.
  - أخرى
    - الحفر للبناء تحت الماء.
    - الحفر لوضع الكابلات أو خطوط الأنابيب أو المصبات
- لا يتناول هذا القسم الفرعي ما يلي:
  - تنظيف التجريف لإزالة الانسكابات أو الرواسب الملوثة.
  - أعمال الحفر بما في ذلك وضع ونزع الماء من المواد المجروفة للتخلص منها أو للحشو الهندسي.

5.1.2 المعايير

- فيما يلي قائمة بالاتفاقيات واللوائح والمعايير الدولية والهيئات التنظيمية التي تنطبق على هذا القسم الفرعي:
  - لوائح الاصطدام والمعايير العالمية للبحارة (COLREG)
  - الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن (MARPOL)
  - الاتفاقية الدولية لسلامة الحياة في البحر (SOLAS)
  - القانون الدولي لأمن السفن والموانئ (ISPS)
  - تحديد العكارة ISO 7027
  - أنظمة إدارة الجودة ISO 9001
  - نظم الإدارة البيئية ISO 14001
  - اتفاقية لندن لعام 1972 (72LC)
  - اتفاقية أوسلو لعام 1974 واتفاقية باريس لعام 1978 (أوسبار)
  - اللوائح البيئية للهيئة الملكية (RCER)
  - برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)

5.1.3 الأقسام ذات الصلة

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 - الإرشادات الجيوتقنية (EPM-KE0-GL-000002)
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 10 - الإرشادات البيئية (EPM-KE0-GL-000001)
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات التصميم الإنشائي (EPM-KES-GL-000001)

5.1.4 المراجع ومصادر الصناعة

- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، المسح الهيدروغرافي (1003-2-1110 USACE Engineer Manual)

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

- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، التجريف والتخلص من المواد المجروفة (USACE Engineer Manual 1110-2-5025)
- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، الاستخدامات المفيدة لمواد التجريف (USACE Engineer Manual 1110-2-5026)
- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، التخلص من مواد التجريف في حيّز محدود (USACE Engineer Manual 1110-2-5027)
- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، التصميم الهيدروليكي لمشاريع الملاحة العميقة (USACE Engineer Manual 1110-2-1613)
- دليل المهندسين لسلاح المهندسين بالجيش الأمريكي، تخطيط وتصميم الممرات المائية الضحلة (USACE Engineer Manual 1110-2-1611)
- إرشادات فنية للتجريف البيئي للرواسب الملوثة (USACE ERDC/EL TR-08-29)
- الخصائص الجيوتقنية وتوصيف الرواسب لنماذج مواد التجريف (USACE ERDC TN-DOER-N13)
- المجلد الأول الصادر عن اللوائح البيئية للهيئة الملكية (RCER) - اللوائح والمعايير والإرشادات

5.1.5 المنظمات ذات الصلة

- الرابطة الأمريكية لهيئات الموانئ (AAPA) www.aapa-ports.org
- مركز دراسات التجريف، جامعة تكساس إيه آند إم، http://oceaneng.civil.tamu.edu
- جمعية الجرافات المركزية (CEDA) www.dredging.org
- CIP-OAS، لجنة البلدان الأمريكية للموانئ - منظمة الدول الأمريكية http://www.oas.org/CIP/index.html
- مجلس سلامة التجريف والتشييد البحري، http://cdmcs.org/
- جامعة دلفت للتكنولوجيا، www.tudelft.nl
- رابطة التجريف الشرقي (EADA)
- البيئية المختبر، الممرات المائية تجربة محطة، www.erdc.usace.army.mil
- الرابطة الدولية لشركات التجريف (IADC)، www.iadc-dredging.com
- الرابطة الدولية للموانئ والمرافئ (IAPH)، www.iaphworldports.org
- المنظمة البحرية الدولية، مكتب اتفاقية لندن لعام 1972، www.londonprotocol.imo.org
- معهد تدريب التجريف (TID)، www.dredgetrainina.com

5.2 اعتبارات التصميم

5.2.1 التخطيط

يجب تضمين ما يلي في التخطيط لمشاريع التجريف:

- اعتبارات عامة
  - اختيار معدات التجريف المناسبة للمشروع المعني
  - التخطيط لتوظيف الرواسب للاستخدام المفيد لأغراض البناء
  - التخطيط طويل الأجل لصيانة مشاريع التجريف
- الاعتبارات البيئية
  - تحديد ما إذا كان سيتم تجريف المواد الملوثة أم لا والتخطيط للتخلص من الرواسب الملوثة.
  - تقدير مستويات إجمالي المواد الصلبة العالقة من مناطق الترسيب وعمليات التجريف والتحقق من الطرق المناسبة للتحكم في العمليات لضمان حماية البيئة.
- التخلص من المواد
  - يجب أن يشمل التخطيط تقييم بدائل التخلص من المواد. تشمل بدائل التخلص النموذجية التخلص المحصور في المرتفعات وتطوير الموائل أو تحسينات الشواطئ والسواحل. لا يُعد التخلص من المواد في المياه المفتوحة طريقة مقبولة بشكل عام وفقًا لإدارة الحماية والمراقبة البيئية في اتفاقية روتردام، يُرجى الرجوع إلى المجلد الأول من RCER، القسم 6.
- تراكم الطمي
  - يتم إجراء تحليل لتراكم الرواسب على المدى الطويل ومعدلات الانجراف في المناطق المجروفة. يوفر التحليل تقديرات لمقدار وتوقيت التجريف الإضافي المطلوب للحفاظ على مستويات التصميم في الممرات المجروفة ومناطق المرفأ.

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

- الممرات
  - يتم تحديد عوامل التصميم بما في ذلك العرض والعمق والمقطع العرضي والمحاذاة.
  - تعتمد عوامل التصميم على معايير تشمل المد والجزر والتيارات والرياح والأمواج والارتفاع المتوقع لمستوى سطح البحر وتكوين قاع الممر والضفاف وعوامل أخرى.
    - بالنسبة لممرات الملاحة، تعتمد عوامل التصميم أيضًا على حجم السفن وسحبها وأنماط الملاحة وسرعاتها وأعداد السفن في التصميم.
    - بالنسبة لممرات السحب والمصادر، تشمل معايير التصميم الإضافية معدلات التدفق الهيدروليكي والسرعات.
  - يمكن استخدام المراجع التالية في التصميم:
    - دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تصميم مشاريع الملاحة العميقة (USACE EM 1110-2-1613)
    - دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تخطيط وتصميم الممرات المائية الضحلة (USACE EM 1110-2-1611)

5.2.2 التصميم المفصل

- جمع البيانات
  - الدراسة المسحية
    - يجب تحديد مواقع التجريف وكميات المواد التي سيجري تجريفها. يلزم مسح هيدروغرافي للتخطيط والتصميم الهندسي.
  - الخصائص الفيزيائية للرواسب
    - يلزم تحديد موقع وخصائص وكميات المواد المراد إزالتها عن طريق التجريف لتقييم تكلفة المشروع والجدول الزمني ومدى ملاءمة المواد التي تُستخدم في البناء أو التصرف.
    - يتم أخذ عينات الرواسب قبل المسح المسبق للتجريف أو بالتزامن معه بحيث يمكن الحصول على مواقع وارتفاعات دقيقة للعينات والتجاويف.
    - تمتد العينات بما لا يقل عن متر واحد تحت ارتفاع الجَرف النهائي المقترح باستثناء الصخور، حيث يجب أن تمتد إلى ارتفاع الجَرف المقترح.
    - تكون المسافة بين عينات الرواسب على النحو التالي:
      - قاع الرمال 100 متر كحد أقصى
      - الصخر أو المواد صلبة 50 متر كحد أقصى
      - تجريف الصيانة 200 متر كحد أقصى
    - يفي أخذ عينات الرواسب والاختبارات الميدانية والمخبرية بمتطلبات المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 - الإرشادات الجيوتقنية EPM-KE0-GL-000002

- اختيار المعدات
  - يُنفِّذ معظم عمليات التجريف مقاولون من القطاع الخاص ويجب عدم كتابة المواصفات بحيث تُقيِّد العطاءات التنافسية. ومع ذلك، قد توضع قيود معينة على المعدات التي ستُستخدم لتقليل التأثير البيئي لعمليات التجريف والتصرف في المواد المجروفة. يعتمد الاختيار على ما يلي:
    - الخصائص الفيزيائية للمواد المراد تجريفها
    - كميات المواد المراد تجريفها
    - عمق التجريف
    - المسافة حتى منطقة التصرف
    - البيئة الفيزيائية لمناطق التجريف والتصرف والبيئة الفيزيائية للمناطق البينية
    - مستوى تلوث الرواسب
    - طريقة التصرف
  - أنواع المعدات
    - الجرافات الميكانيكية
      - رأس القاطع - رأس قاطع دوارة تُدمج مع جرافة شفط هيدروليكية يُمكنه حفر المواد الصلبة أو الرملية والطينية أو الطمية. (يجب تفجير الصخور الصلبة أو تكسيرها بطريقة أخرى قبل تجريفها). إنه أحد أكثر أنواع الجرافات شيوعًا (يمكن أيضًا تصنيفه باعتباره جرافة هيدروليكية).
      - القادوس - تشمل الأنواع القادوس الصدفي وقادوس السحب والقادوس العكسي وقادوس بعجل والقواديس المتسلسلة. تشمل جميعها قادوسًا واحدًا أو أكثر تُستخدم للحفر. تُعد جرافات القادوس مناسبة لمعظم أنواع مواد قاع البحر.
    - الجرافات الهيدروليكية - تستخدم الحفارات الهيدروليكية مضخات الطرد المركزي لشفط المواد وتفريغها إما إلى موقع التصرف أو إلى عبارة مسطحة أو قارب مسطح لنقلها إلى موقع التصرف.
      - جرافات الشفط - بما في ذلك الشفط العادي وقادوس الشفط الجرار والمجارف. تُعد جرافات الشفط أكثر ملاءمة لقاع الرمال وتجريف الصيانة. جرافات قادوس الشفط الجرار هي أكثر أنواع الجرافات شيوعًا.

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

- مُعدات النقل
  - خطوط الأنابيب - يمكن استخدام خطوط الأنابيب العائمة أو المثبتة على شكل عائم أو الغاطسة لنقل المواد المجروفة إلى منطقة التوظيف أو إلى سفينة النقل. قد يصل طول خط الأنابيب إلى عدة كيلومترات، مما يتطلب مضخات تقوية لمسافات أطول.
  - عبارة مسطحة/ قارب مسطح - يمكن استخدام سفن النقل لنقل المواد لمسافات أطول بكثير.
- يتم إعداد تقرير قابلية البناء لمشاريع التجريف. يتضمن التقرير تقييمًا لخصائص الرواسب وحجم الحفر والموقع المقترح وطرق توظيف المواد المجروفة وإزالة الماء منها والمُعدات المُوصى بها وطرق النقل وجدول الإنتاج التقديري.

5.2.3 الآثار البيئية

- قبل البدء في عملية التجريف، يجب أن يشمل توصيف الرواسب من حيث التلوث المحتمل، على سبيل المثال لا الحصر، عمليات المسح وأخذ عينات الرواسب واختبار الرواسب. يمكن أن يُحدد هذا التوصيف التأثيرات البيئية المحتملة من عمليات التجريف بالإضافة إلى الطرق المناسبة لنقل الرواسب المجروفة ووضعها والتصرف فيها وإدارتها. حتى تمام التأكد من أن الرواسب المجروفة غير مشوبة بالملوثات مثل البترول أو المركبات العضوية الطيارة، يجب التعامل مع الرواسب باعتبارها مواد ملوثة.
  - راجع الإرشادات الفنية لمركز أبحاث وتطوير المهندسين التابع لـ USACE فيما يتعلق بالتجريف البيئي للرواسب الملوثة (2008، ERDC / EL TR-08-29) للاطلاع على ما يلي:
    - تقييم ظروف الموقع وخصائص الرواسب
    - معايير أداء التجريف البيئي المطبقة
    - اختيار المعدات وسعاتها
    - إنتاج الرواسب ونقلها
    - طرق تقدير إعادة التعليق والمخلفات والإخراج
    - تدابير ضبط التجريف
    - طُرق التشغيل
    - المراقبة
- لدى التأكد من عدم تلوث الرواسب المجروفة والحصول على موافقة الجهة العامة، يُرجى الرجوع إلى معيار سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي (USACE 9 الخاص بالخصائص الجيوتقنية وتوصيف الرواسب لنماذج المواد المجروفة (2001، ERDC TN-DOER-N 13) للحصول على تفاصيل حول نمذجة الرواسب المجروفة وتوصيفها.
- تُراعي عمليات المسح وأخذ عينات الرواسب والاختبار واختيار نوع المعدات اللاحقة الآثار البيئية لعمليات التجريف ونقل الرواسب وكذلك وضع الرواسب.
- تتطلب عمليات التجريف أفضل الممارسات الإدارية لضبط الرواسب والتأثيرات البيئية الأخرى. فيما يلي مقترحات أفضل الممارسات الإدارية لإدارة التجريف والأعمال الإنشائية:
  - غطاء التعكر - يُعرف أيضًا باسم حاجز الطمي أو حاجز التعكر العائم، يسمح غطاء التعكر للرواسب المعلقة بالاستقرار خارج عمود الماء في منطقة مُتحكم بها مما يقلل من نقل الرواسب من منطقة الاضطراب. غطاء التعكر عبارة عن حواجز عائمة مانعة للتسرب مصنوعة من لدن حراري مرن مقوى مع حافة علوية تحتوي على مادة عائمة وحافة سفلية موزونة. تتشابه مُرشحات التعكر في البناء ولكنها مصنوعة من تسليح اصطناعي أرضي يمكن النفاذ منه وتسمح بتدفق الماء عبره. الحد الأعلى لفعالية استخدام حاجز التعكر هو سرعة تيار حوالي 0.8 م/ ث. يجب عدم إنشاء حواجز التعكر عبر تدفقات الممرات، لأنها ليست مصممة لإيقاف حركة المياه. علاوة على ذلك، تكون حواجز التعكر أقل فاعلية في مواقع المشاريع التي تتسم بالرياح العاتية أو ارتفاع الأمواج الشديد. يجب حساب العمق الفعال لحاجز التعكر بناءً على ظروف كل موقع.
  - ركائز خطوط الأنابيب - ركائز أو أطواق خطوط الأنابيب عبارة عن هياكل داعمة ترفع خطوط الأنابيب فوق مناطق قاع البحر الحساسة لتجنب الاتصال المباشر. يمكن تصميمها بطرق متنوعة وبناؤها باستخدام عدد من المواد الطبيعية أو الصناعية.
  - خط الأنابيب العائم - تُدعم خطوط الأنابيب العائمة في العمود المائي أو على سطح الماء فوق مناطق قاع البحر الحساسة لتجنب الاتصال المباشر. قد تتقيد خطوط الأنابيب العائمة بمواصفات الأنابيب ومدة التشغيل والاهتزاز والتيار والأمواج والرياح ونشاط العواصف أثناء التشغيل. كما أن حركة السفن في المياه التي تُدرس فيها خطوط الأنابيب العائمة قد تؤثر على صلاحية استخدام خطوط الأنابيب العائمة. ويمكن دعم خطوط الأنابيب العائمة بواسطة عوامات عائمة أو طافيات أو أدوات طفو أخرى قوية بما يتناسب مع التعامل مع خطوط الأنابيب.
  - السدود - تُبنى السدود الرملية بمعدات حفر وتعمل بالتوازي مع الشاطئ الحالي. يسمح السد الرملي للطين المفرغ بمساحة لترسيب الجزيئات الثقيلة الدقيقة، ويتيح تصريف المياه في المياه المفتوحة ليصبح أقل تحميلًا بالرواسب مقارنة بحاله بدون السد الرملي. يمكن أيضًا إنشاء أحواض إزالة الطمي باستخدام السدود الرملية. يتطلب البناء رمالًا كافية لبناء سد موازٍ للشاطئ ويكون مرتفعًا بحيث لا تتمكن الأمواج الواردة من تجاوزه والحفاظ على السلامة الإنشائية أثناء تصريف الرمال على الشاطئ. يجب عمل توسيعات للسد الرملي بناءً على قدرة الضخ والحركة على طول الخط الساحلي المحدد للمشروع. وأخيرًا يصبح السد الرملي حافة البحر المبنية ويندمج في الشاطئ النهائي، وبالتالي، لا تلزم إزالة السد الرملي.

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

- السيطرة على تآكل المصب - تلزم السيطرة على التآكل حيث تُصرَّف المياه العائدة من نزح المياه من الرواسب إلى الجسم المائي.
- سَدُّ الإنْضاب/التصفيح بدعائم لوحية - سدود الإنضاب هي عبارة عن حواجز مؤقتة تُصنَع عادةً من الصلب، أو الدعائم لوحية خرسانية. يقلل استخدام سدود الإنضاب من كمية الحفر اللازمة ويزيل تعلق الرواسب.
- خطوط السحب العائمة - قد يكون استخدام خطوط السحب العائمة ضرورية لمنع جر خطوط السحب الثقيلة والكابلات في قاع البحر وتجنب الاتصال المباشر بالموارد المغمورة.
- ضوابط تشغيل الجرافة
  - الجرافات الميكانيكية
    - زيادة وقت دورة جرافات القادوس لتقليل احتمالية غسل الرواسب من القادوس.
    - إزالة الثقوب المتعددة لجرافات القادوس.
    - إزالة تكديس القاع.
  - الجرافات الهيدروليكية
    - تقليل سرعة دوران رأس القاطع.
    - تقليل سرعة التأرجح.
    - التخلص من نحر الضفاف.
  - جرافات القادوس
    - تقليل تدفق القادوس الزائد أو التخلص منه.
    - خفض مستوى تعبئة القادوس في البحار الهائجة.
    - إعادة تدوير الماء من القادوس إلى رأس السحب.

5.3 تنفيذ المشروع

5.3.1 الدراسات المسحية

- يتم إجراء مجموعة متنوعة من المسوحات الهيدروغرافية لدعم عمليات التجريف، بما في ذلك: عمليات المسح الأولية وعمليات ما قبل التجريف وبعده والقبول ونطاق الممر ومسوحات التنفيذ النهائية. تُستخدم المسوحات للتحقق من الحاجة إلى تعميق الممر وإزالة العوائق وتقدير الكميات والتكلفة.
- دراسة مسحية لحالة المشروع
  - يلزم مسح حالة المشروع لتقييم الحاجة إلى التجريف سواء للبناء أو للصيانة الدورية.
  - لا يلزم إجراء مسح حالة المشروع قبل أكثر من عام واحد من بدء التجريف للبناء الجديد.
  - يعتمد تواتر مسح حالة المشروع لتجريف الصيانة على معدل المياه الضحلة. قد يلزم إجراء مسح متكرر أو حتى يومي للمشاريع التي تضمحل بسرعة وتتطلب تجريفًا مستمرًا تقريبًا.
- مسح ما قبل التجريف
  - يُستكمل المسح الهيدروغرافي قبل التجريف لجميع المشاريع.
  - يُستكمل مسح ما قبل التجريف في أقرب وقت ممكن من بدء التجريف، بشكل عام في غضون 14 يومًا قبل بدء العمل.
  - يحدد المسح أي منشآت أو رُكام أو عوائق صناعية أو حطام أو أطلال.
- مسح ما بعد التجريف
  - يتم الانتهاء من المسح الهيدروغرافي بعد التجريف للتحقق من الامتثال للخطط وقبول العمل والقياسات لكميات الدفع.
  - في بعض الحالات، يكشف مسح ما بعد التجريف عدم إزالة جميع المواد وفقًا للخطط والتجريف اللاحق ويجب إجراء مسوحات إضافية قبل التحقق من الترخيص/ الموافقة النهائية.
  - تُستكمل عمليات مسح ما بعد التجريف في أقرب وقت ممكن من اكتمال التجريف، وبوجه عام في غضون 5 أيام أو أقل بعد الانتهاء من العمل.
- تختلف دقة المسح بناءً على ما يلي:
  - نوع المادة المحفورة. يتطلب حفر المواد الصلبة، خاصة إذا تطلب الأمر نسفًا، دقة مسح أعلى.
  - سعر الوحدة تتطلب مواد التجريف ذات السعر المرتفع للوحدة مثل الصخور أو المتطلبات الصارمة للتجريف الشديد دقة أعلى. يتسم التجريف والمسح في المياه العميقة بدقة أقل.
  - معدات التجريف والمسح. لا يجري التحكم بدقة في جرافات الشفط وتكون عمليات المسح الناتجة أقل دقة. يمكن للجرافات الميكانيكية أو الجرافات ذات الرأس القاطع تحقيق دقة أعلى. يمكن في المياه الضحلة (5 أمتار أو أقل) استخدام خطوط الرصاص والتسوية المتفاوتة والمحطة الكلية بدقة عالية جدًا.
  - نوع أعمال التجريف المطلوب تنفيذها على سبيل المثال، يتطلب تجريف صيانة ممرات الملاحة دقة أقل من حفر التجريف لبناء أساسات الهيكل تحت الماء.
  - نوع المسح قد تكون المسوحات الخاصة بالتخطيط أو التصميم أقل دقة من عمليات مسح ما قبل التجريف أو ما بعد التجريف.

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 دقة ومعايير المسح الهيدروغرافي بالمتطلبات الدنيا الواردة في الجدول 3-1 من USACE EM 1110-2-1003.
- استطلاعات مسحية
  - قد تلزم استطلاعات مسح كاملة التغطية للممرات لتحديد المواد أو العناصر الصناعية وإزالتها.
  - يمكن إجراء استطلاعات مسح الممرات باستخدام مساحات متعددة المحولات، أو محولات الطاقة متعددة الحزم (المسطحة)، أو الكاسحات (طوافات المسح).

5.3.2 نسب التجريف المسموح بها

- يجب تحديد حدود التجريف العميقة ويجب توافقها مع نوع مشروع التجريف. الحدود الموصى بها هي:
  - 600 مم (أعماق التجريف> 6 أمتار)
  - 300 مم (أعماق التجريف < 6 أمتار)
- يتم تحديد مُخصص التجريف الأفقي بعيدًا عن المنحدرات الجانبية المحددة ويجب أن يكون متوافقًا مع نوع مشروع التجريف. الحدود الموصى بها هي:
  - 600 مم

5.3.3 مراقبة جودة المياه

- تُجمَع عينات المياه يومياً من الأماكن التالية:
  - تصريف أنابيب المياه العائدة
  - نقاط التصريف الأخرى
  - المواقع المعتمدة داخل المياه المفتوحة
- يتم تحليل عينات المياه لمعرفة تركيزات المواد الصلبة العالقة من خلال مختبر جودة مياه معتمد.
- يتم إجراء مراقبة تعكر لخط المياه العائدة والمياه المفتوحة.
- يتم وضع مستشعر(ات) إضافي في المياه المفتوحة لمراقبة مستويات الأرضية.
- تفي المراقبة بمتطلبات آيزو (ISO 7027).
- ويجب جمع البيانات في الوقت الفعلي وتسجيل الدخول في مسجل البيانات

6.0 حماية الشواطئ

6.1 متطلبات عامة

6.1.1 مقدّمة

- يُقدم هذا القسم الفرعي إرشادات التخطيط والتصميم الهندسي لمشاريع تشمل:
  - سدود البحر
  - جدران البحر
  - الحواجز
  - جدران الاحتجاز المنحدرة
- لا يتناول هذا القسم الفرعي ما يلي:
  - مراطم الأمواج
  - تغذية الشاطئ والمصارف
  - حواجز العواصف
- توضح الأنواع التالية من الهياكل التي يمكن استخدامها للمساعدة في حماية الخط الساحلي في القسم 4 من هذه الوثيقة:
  - حواجز المياه
  - الأرصفة البحرية
  - جدران الاحتجاز المنحدرة

6.1.2 الأقسام ذات الصلة

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 11 - الإرشادات الجيوتقنية (EPM-KE0-GL-000002)
- المجلد 6، الفصل 7، القسم 10 - الإرشادات البيئية (EPM-KE0-GL-0000001)

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

- المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات الأعمال الإنشائية (EPM-KES-GL-000001)

6.1.3 المراجع ومصادر الصناعة

- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تحليل الهبوط (1904-1-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، (1905-1-1110 USACE EM) قدرة تحمل التربة
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، دليل هندسة السواحل (دليل هندسة السواحل)، 2002 (بالتغيير 3 بتاريخ 28 سبتمبر 2011) (1100-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تصميم الواجهات الساحلية والجدران البحرية والحواجز البحرية (1614-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، استقرار السدود الترابية والصخرية (1902-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تصميم القوة للهياكل الهيدروليكية الخرسانية المسلحة (2104-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، التشييد باستخدام الحجارة الكبيرة (2302-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تصميم جدران الخوازيق الصفائحية (2504-2-1110 USACE EM)
- دليل مهندسي سلاح المهندسين الأمريكي، تصميم أساسات الخوازيق (2906-2-1110 USACE EM)
- Goda, Y. 1975. "التشوه غير المنتظم للموجة في منطقة الارتطام"، دليل هندسة السواحل في اليابان، المجلد 18.
- هيوز، إس إيه، وبورغمان، إل إي. 1987 (يونيو). "توزيع بيتا رايلي لارتفاعات موجات المياه الضحلة"
- 3/1007-MIL-HDBK، ديناميكيات التربة وجوانب التصميم الخاصة (يحل محل دليل تصميم قيادة أنظمة هندسة المرافق البحرية NAVFAC 7.03)
- 4/1025-MIL-HDBK، الأسوار البحرية والحواجز وجدران الأرصفة
- دليل تصميم قيادة أنظمة هندسة المرافق البحرية، ميكانيكا التربة (NAVFAC Design Manual 7.01)
- دليل تصميم قيادة أنظمة هندسة المرافق البحرية، أُسس وهياكل الأرض (NAVFAC Design Manual 7.02)

6.2 التصميم

6.2.1 الجدران البحرية والحواجز

- جدران البحر
  - الجدار البحري عبارة عن هيكل ضخم مصمم بشكل أساسي لمقاومة حركة الأمواج على طول الممتلكات الساحلية عالية القيمة. قد تكون الجدران البحرية إما هياكل مدعومة بالجاذبية أو الركائز. تُعد مواد البناء الشائعة إما خرسانية أو حجرية. قد تتنوع أشكال واجهة الجدران البحرية وتشمل الواجهة المنحدرة أو المتدرجة أو الرأسية أو المعكوسة.
  - غالبًا ما تكون جدران البحر الخرسانية مدعومة بجدران ركائز صفيحية عند حاجز الجدار المُنحدِر لمنع التصدع. كما يمكن استخدام حماية حاجز جدار مُنحدِر صخري إضافية.
  - تُصمم الجدران البحرية الحجرية مثل حواجز الأمواج باستخدام حجم صخور يصمُد ضد موجة التصميم.
- الحواجز
  - الحواجز عبارة عن جدران استنادية هدفها الأساسي هو تثبيت الردم أو منعه من الانزلاق مع توفير الحماية ضد حركة الموجة الخفيفة إلى المعتدلة.
  - تُستخدم لحماية الجُروف المتآكلة عن طريق الاحتفاظ بالتربة عند نهاية الجُرف، وبالتالي زيادة الثبات، أو عن طريق حماية نهاية الجُرف من التآكل والنخر.
  - كما تُستخدم أيضًا في مشاريع الاستصلاح، حيث يلزم الردم باتجاه البحر من الشاطئ الحالي وتُستخدم في المراسي وغيرها من الإنشاءات التي تتطلب المياه العميقة مباشرة على الشاطئ.
  - تكون الحواجز عمومًا إما دعائم لوحية ناتئة أو مثبتة. تتطلب الدعامات الناتئة دفنًا مناسبًا لتحقيق الثبات وعادة ما تكون مناسبة حين تكون ارتفاعات الجدار منخفضة. يُقلل انجراف حاجز الجدار من الدفن الفعال وقد يؤدي إلى انهيارها.
  - عادة ما تُستخدم الحواجز الراسية حين يلزم إنشاء الارتفاعات الأكبر. تتطلب هذه الحواجز أيضًا دفنًا مناسبًا للثبات ولكنها أقل عرضة للانهيار بسبب انجراف حاجز الجدار.
  - يمكن أيضًا استخدام الهياكل الخرسانية بما في ذلك جدران الثقل الساندة والقواعد المجوفة والكتل.
- الدليل الإجرائي للتصميم
  - تُعد عناصر التصميم الأكثر حرجية هي الأساس وحماية حاجز الجدار. يُصمم الأساس لتحقيق الحد الأدنى من الثبات، ويجب تصميم حماية حاجز الجدار لمنع التصدع. يُعد كل من الهبوط والتصدع من الأسباب المحتملة لانهيار هذه الهياكل. الخطوات المعتادة اللازمة لإنشاء تصميم جدار بحري أو حاجز مناسب هي:
    - تحديد نطاق منسوب مياه الموقع
    - تحديد ارتفاعات الموجة ومدتها وقوتها وانحدارها

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

- تحديد التكوينات المناسبة للجدار البحري
- تصميم ركائز الأساسات
- تحديد نوع وحجم وحدة تصفيح مناسبين (حماية جدار الاحتجاز المنحدر وحاجز الجدار)
- تحديد الصعود لضبط ارتفاع القمة
- تحديد مقدار تجاوز الهياكل المنخفضة
- توفير الجريان السطحي المكاني والتجاوز خلف الهيكل، وتلبية أية متطلبات لمنشآت الصرف الأخرى مثل العبارات (مجاري المياه السفلية) والخنادق.
- مُراعاة دعائم التثبيت لتجنب الانهيار بسبب الظروف المحيطة
- تصميم حماية حاجز الجدار
- تصميم المرشح والطبقات السفلية

6.2.2 جدران الاحتجاز المنحدرة

- متطلبات عامة
  - جدران الاحتجاز المنحدرة هي تكسية لمواد مقاومة للتآكل، مثل الحجر أو الخرسانة، شُيِّدت لحماية المنحدر أو الحاجز أو أي ملمح ساحلي آخر ضد التآكل. غالبًا ما تُبنى جدران الاحتجاز المنحدرة على حافة الحاجز أو السد أو الهيكل الرُكامي.
  - المكونات الرئيسية لجدران الاحتجاز المنحدرة هي طبقة التصفيح والمرشح ومُرتكز جدار دعم. توفر طبقة التصفيح الحماية الأساسية ضد حركة الأمواج، بينما تدعم طبقة المرشح التصفيح وتسمح بمرور الماء عبر الهيكل وتمنع التربة التحتية من الانجراف عبر التصفيح. تمنع حماية حاجز الجدار المُنحدِر إزاحة الحافة الساحلية لجدران الاحتجاز المنحدرة.
- أنواع التصفيح
  - قد تتراوح أنواع تصفيح جدار الاحتجاز المنحدر من الأنواع الصلبة إلى الأنواع المرنة. تعتبر الألواح الخرسانية الأرضية مثالاً على الأوقية، في حين أن الكتل الخرسانية والدكة الحجرية والأحجار الضخمة هي أمثلة على القواطع. عادة ما يكون التصفيح الصلب أكثر ضخامة ولكن بشكل عام لا يمكنه استيعاب الهبوط والحركة أو فقدان المواد الأساسية. يُشيَّد التصفيح المرن باستخدام وحدات فردية أخف وزنًا يمكنها تحمل أحجام متفاوتة من الإزاحة والتحول.
- الدليل الإجرائي للتصميم

  الخطوات المعتادة اللازمة لتصميم جدار احتجاز منحدر مناسب هي:
  - تحديد نطاق منسوب مياه الموقع
  - تحديد ارتفاعات الأمواج ومدتها وانحدارها
  - تحديد بدائل مناسبة للتصفيح لمقاومة موجة التصميم
  - تحديد حجم وحدة التصفيح
  - تحديد الصعود لضبط ارتفاع القمة
  - تحديد مقدار التجاوز
  - توفير الجريان السطحي المكاني والتجاوز خلف الهيكل، وتلبية أية متطلبات لمنشآت الصرف الأخرى مثل العبارات (مجاري المياه السفلية) والخنادق.
  - مُراعاة دعائم التثبيت لتجنب الانهيار بسبب الظروف المحيطة
  - تصميم حماية حاجز الجدار
  - تصميم المرشح والطبقات السفلية

6.2.3 الاستخدام الساحلي

- تتم مراعاة الاستخدام المخطط للسواحل حيث إن بعض أنواع الهياكل تُعد مناسبة بشكل أفضل من غيرها لاستخدامات معينة. يجب تجنب الدكة الحجرية أو وحدات التصفيح الخرسانية حين يشمل التصميم وصول المشاة. كذلك قد تُقيِّد الجدران الرأسية الوصول الذي يتطلب سلالم أو درج.

6.2.4 الاختلافات الموسمية لملامح الخط الساحلي

- يمكن تقدير تراجع الشاطئ في الشتاء ونموه في الصيف من خلال عمليات الفحص الدورية للمواقع والتغيرات المحسوبة في الملامح الموسمية للشواطئ. يجب مراعاة مدى انحسار الشاطئ في فصل الشتاء عند تحديد عمق الأساس ومدى حماية حاجز الجدار.

6.2.5 العمر الافتراضي للتصميم

- يُنظر إلى العمر الافتراضي لتصميم الهيكل على أنه العمر الإنتاجي المقصود، ويعتمد على الغرض الذي يُستخدم لأجله. ويُعد اختيار العمر الافتراضي للتصميم مسألة تتحدد وفقًا لكل مشروع.

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 يذكر خلاف ذلك في العرض/العقد، يكون الحد الأدنى للعمر الافتراضي لتصميم جميع الهياكل البحرية الدائمة التي يغطيها هذا القسم الفرعي 50 عامًا.
- عندما تنطبق ظروف خاصة، يُراعي تحديد العمر الافتراضي للتصميم الجوانب التالية:
  - طبيعة المشروع والغاية منه
  - يتكون تقييم المخاطر من تقييم ما يلي:
    - تأثيرات العوامل التي تحول دون ثبات الهيكل ووظائفه بما في ذلك تحميل الإجهاد والتآكل والنمو البحري وهبوط قوة التربة. تلزم جهود الصيانة المقابلة لضمان تحقيق الثبات والمتطلبات الوظيفية.
    - مستوى الاحتمالية الذي ستحدث فيه حالات حد معينة أو أحداث متطرفة أثناء العمر الافتراضي للتصميم.
    - دراسة فائدة التكلفة للعمر الافتراضي للتصميم بما في ذلك تكاليف رأس المال والتشغيل والصيانة.
    - التأثيرات على العمر الافتراضي للتصميم من خلال التطورات المستقبلية أو التغييرات في الممارسات التشغيلية.
- يجب ألا ينجم عن انهيار الهيكل أثناء الظروف القصوى المحتملة خسارة كارثية.

6.2.6 دورة العودة

- يُحدد الاستشاري المعماري/الهندسي و/أو مقاول الهندسة والمشتريات والبناء الاحتمالية المشتركة للرياح والأمواج ومستويات المياه في الظروف العادية والشديدة.
- يُحدد المُصمم مستوى المياه لظروف التحميل المؤقتة.
- قد يكون مستوى المياه الراكدة الحرجة مستوى متوسط بين مستويات المياه المذكورة ويجب تقييمه من خلال المُصمم لكل حالة.
- يُراعي المُصمم أسوأ ظروف المياه الجوفية عند تحديد مستوى المياه الجوفية خلف الهيكل.
- قد يُفترض أن أمواج رياح الـ 100 عام تتولد عن رياح الـ 100 عام، وأمواج رياح الـ 50 عامًا تتولد عن رياح الـ 50 عامًا، وأمواج رياح الـ 10 أعوام تتولد عن رياح الـ10 سنوات وما إلى ذلك.
- يُجمَع ارتفاع مستوى سطح البحر وارتفاع الأمواج لإنتاج مستويات مياه التصميم الأشد انخفاضًا والأشد ارتفاعًا.
- يجب استخدام تحليل هيدروليكي مع نموذج محاكاة رقمي لتحديد تأثير المد والجزر والأمواج والتيارات لتوفير البيانات اللازمة للتصميم بما في ذلك تحديد ارتفاعات موجة التصميم وتوفير البيانات اللازمة لتقييم المخاطر وتصميم الهياكل.
- بالنسبة للعقود صغيرة الحجم حين لا يمكن إجراء دراسة شاملة للأمواج أو نقل الترسيبات، يُمكن استخدام البيانات من المشروعات المجاورة أو الحسابات اليدوية.
- عند تطبيق النمذجة الرياضية للأمواج أو نقل الترسيبات، يجب إعداد تقرير نمذجة لوصف الطيف الموجي المُستخدم ونهج النمذجة وإجراءاتها ونتائجها.

6.2.7 مستويات مياه التصميم

- يمكن تقدير المد والجزر والمد العاصفي والمتوسط العام لمستوى سطح البحر بناءً على البيانات أو التي من خلال الجهة العامة.
- ويمكن تقدير المد العاصفي من خلال التحليل الإحصائي للسجلات التاريخية أو من خلال استخدام النمذجة العددية.
- يُقدر معدل ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل بـ 6 مم في السنة، ويجب أن إدراج ارتفاع مستوى سطح البحر في تقدير ارتفاعات الأمواج ومستويات المياه في تصميم جميع الهياكل البحرية الدائمة.

6.2.8 أمواج التصميم

- يجب اختيار ارتفاع الموجة ومدتها للخروج بأكثر توليفة حرجة من القوى تأثيرًا على الهياكل.
- بالنسبة لجدران الاحتجاز المنحدرة المرنة بما في ذلك الصخور وكتل التصفيح وسلال الحجارة والحُصُر، يجب أن يكون الحد الأدنى لارتفاع موجة التصميم هو H_{10}، وهو متوسط أعلى 10% من الأمواج، أو $1.27 H_s$ حيث يتم تعريف H_s باعتباره متوسط ارتفاع أعلى ثُلُث الأمواج في القطار الموجي. يُرجى الرجوع إلى دليل مهندسي سلاح المهندسي بالجيش الأمريكي (USACE EM 1110-2-1614)، القسم 2.7 و2.16.
- قد تعتمد خصائص الأمواج على تحليل سجلات قياس الأمواج، أو الملاحظات المرئية لحركة الأمواج، أو نشرات الأمواج، أو تنبؤات الأمواج، أو أقصى موجة كسر في الموقع. يجب تحويل خصائص الأمواج المشتقة من مواقع المياه العميقة إلى موقع الهيكل باستخدام تقنيات الانكسار والانحراف كما هو موضح في دليل هندسة السواحل.
- ويجب أن يعتمد ارتفاع الموجة في التصميم على نمذجة الموجة.
- يكون العمر الافتراضي للتصميم ودورة العودة والحد الأدنى لارتفاع الأمواج ومستويات المياه في التصميم حسب متطلبات المشروع.
- عند تبين العزم الصفري لارتفاع الموجة (H_{im})، يُقدَّر H_s بناءً على التحول للمياه العميقة من خلال Hughes and Borgman (1987) أو للمياه الضحلة من خلال Goda (1975).

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 يُشير تقييم المخاطر إلى الحاجة إلى ارتفاعات موجية أعلى من الحد الأدنى.

6.2.9 كسر الأمواج

- يتم فحص ارتفاعات الأمواج بناءً على التكهنات الماضية مقابل كسر الأمواج الأقصى الذي يمكن ثبوته في الموقع في ضوء العمق المتاح عند مستوى المياه الراكدة والمنحدر السفلي المجاور للساحل في التصميم.

6.2.10 ارتفاع الحماية

- يشمل ارتفاع الحماية تخصيصات لكل من:
  - مستوى المياه الأقصى
  - الهبوط المتوقع للهيكل
  - الطفو
  - المد العاصفي وتوابع الرياح
  - الانتصاب الموجي
  - الصعود الموجي
  - ارتفاع مياه البحر فوق الحواجز
  - ارتفاع مستوى البحر

6.2.11 الصعود الموجي

- تفي معايير الصعود الموجي بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.

6.2.12 التجاوز الموجي فوق الحواجز

- يجب حساب معدل التجاوز ويجب أن يوفر التصميم تدابير تخفيف لضبط وتصريف التدفق إلى مصب الصرف وللحماية من التآكل وأضرار الفيضانات على الجانب الأرضي من الهيكل أو جدار الاحتجاز المنحدر.

6.2.13 جدران الاحتجاز المنحدرة

- قد تلزم جدران الاحتجاز المنحدرة لحماية السواتر والسدود والشواطئ والسواحل أو الجدران والحواجز من التعرية والانجراف والغمر.

6.2.14 ثبات وحدة التصفيح

- تفي معايير ثبات وحدة التصفيح بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.
- تكون السلامة الهيكلية لوحدات التصفيح وفقًا لمعايير القسم 4 من هذه الوثيقة.
- يتم التحقق من الوزن النوعي للصخور أو وحدات التصفيح أو الدكة الحجرية عن طريق الاختبار قبل البناء.

6.2.15 سُمك الطبقة

- يجب ألا يقل سُمك طبقة وحدة التصفيح الصخرية أو الخرسانية عن وحدتي تصفيح.
- تكون سماكة الطبقة للدكة الحجرية المتدرجة ضعف القطر الاسمي لحجر W_{50} على الأقل حيث يكون القطر الاسمي هو الجذر التكعيبي لحجم الحجر. كذلك يجب أن يكون الحد الأدنى للسُمك أكبر بنسبة 25% على الأقل من القطر الاسمي لأكبر حجر ويجب أن يكون دائمًا أكبر من الحد الأدنى لسمك الطبقة وهو 300 مم.

6.2.16 ثبات حاجز الجدار المُنحدِر

- تفي معايير ثبات حاجز الجدار بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.

6.2.17 المُرشحات

- تفي معايير تصميم المُرشحات بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.

6.2.18 حماية الجدران الجانبية

- يتم توفير حماية جدران جانبية في نهايات الهياكل وجدران الاحتجاز المنحدرة للحد من تعرض الهيكل لاستمرار التعرية حول نهاياته.

6.2.19 التآكل

- تتم حماية حديد التسليح وملحقاته من التآكل. ويجب توفير حماية كاثودية للتيار المُسلط أو الأنود المهدورة للمنشآت المعرضة لمياه البحر.

6.2.20 الثبات ضد الانزلاق والانقلاب

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

- يشمل تحليل ثبات الجدران والحواجز الإنشائية مراعاة الضغوط والقوى التالية:
  - ضغوط التربة النشطة والسلبية
  - المياه الجوفية التي قد تكون مرتفعة بسبب تشبع التربة بفعل حركة الأمواج والمد والجزر
  - مرتكزات (إن كانت تنطبق):
  - قوى تأثير الأمواج
  - قوى التسرب والطفو
  - قوى تأثير العوالق العائمة أو السفن
- تفي معايير الثبات بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.
- تفي معايير الرفع بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.
- تفي معايير تصميم الأساسات بالمعايير المذكورة في القسم 4 من هذه الوثيقة.

6.2.21 حماية الانجراف

- تتوفر إرشادات لتوقع الانجراف في دليل هندسة السواحل، القسم 6-5-6.ب.
- تصميم الحماية من الانجراف
  - تتكون الحماية من الانجراف في أغلب الأحيان من واق صخري أو تصفيحي في موقع الانجراف المتوقع.
  - يتم تصميم الواقي بحيث يكون مستقرًا في ظل قوى التيار والأمواج ويكون مرنًا ليظل سليمًا ويتوافق مع قاع البحر غير المستوي.
  - أو قد يمتد جدار قاطع إلى ما دون العمق المتوقع للانجراف.
  - تشمل المواد الشائعة لأوقية وقواطع الحماية من الانجراف الدكة الحجرية أو الأحجار الضخمة أو سلال الصخور أو الأرضيات الخرسانية أو أكياس الجص.
  - ترد إرشادات لتصميم الانجراف في القسم 6-5-6.ج.

6.2.22 التصميم الإنشائي للخرسانة

- يفي تصميم الخرسانة بالمعايير المذكورة في المجلد 6، الفصل 7، القسم 04 - إرشادات الأعمال الإنشائية (EPM-KES-GL-000001)

.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