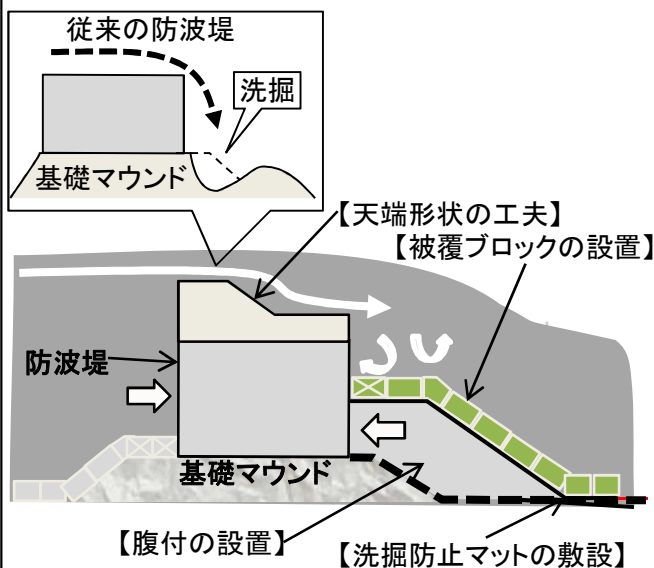


- 平成25年9月に策定・公表した「防波堤の耐津波設計ガイドライン」では、防波堤の「粘り強い構造」等、東日本大震災の教訓をふまえた耐津波設計の基本的な考え方を記載。
- 「粘り強い構造」を有する防波堤の更なる円滑な整備を目的として、複数の対策工法を比較検討し、最適な構造断面を設定できるように、参考となる技術情報を充実化。
- 具体的には、破壊要因ごとに対策工法を整理した一覧表や代表的な設計事例(6事例)を追加。また、防波堤の「粘り強い構造」に資する民間企業等の技術を公募し、「防波堤の耐津波設計ガイドライン・フォローアップWG」での審議をふまえ、合計10技術を紹介。

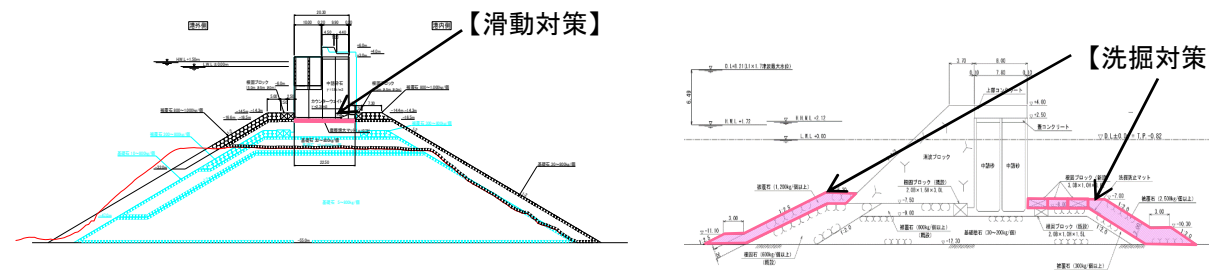
○従来のガイドラインに掲載の「粘り強い構造」(腹付け工)



技術情報の充実化

○「粘り強い構造」の設計事例

摩擦増大マット・腹付工・被覆工・洗掘防止マットの設置、上部工の形状変更等、「粘り強い構造」を有する防波堤の代表的な設計事例(6事例)を追加。



○「粘り強い構造」に資する民間企業等の技術

防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の技術を公募し、鋼管杭式防波堤補強工法、サブプレオフレーム、ペルメックスによる腹付被覆マウンド工法等、合計10技術を紹介。

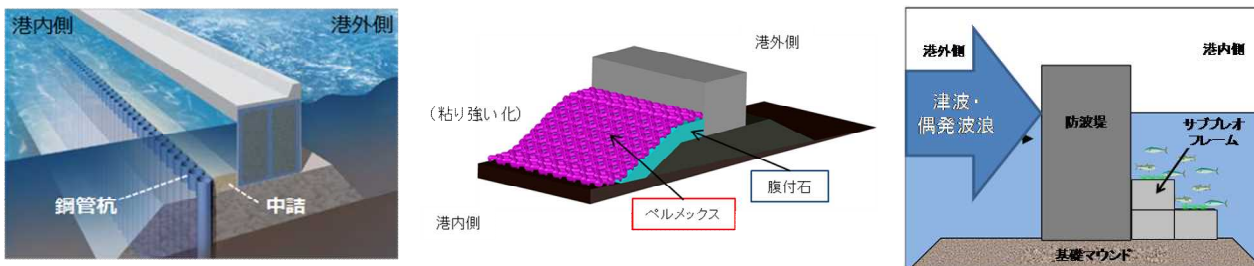


図-1 「粘り強い構造」に資する民間企業等の技術(例)

防波堤の耐津波設計ガイドライン改訂の概要【一覧】

現行ガイドラインの構成

ガイドライン本編【改訂】

1. 概要
2. 港湾における津波対策の基本的考え方
3. 防波堤の耐津波設計

参考資料Ⅰ. 津波による被害評価に関する情報【改訂事項なし】

参考資料Ⅱ. 港湾構造物の津波による被害レビューと防波堤の耐津波設計を行う上での留意点【改訂事項なし】

参考資料Ⅲ. 津波に対する防波堤の安定性及び粘り強い構造の検討に係る現状の知見【改訂】

参考資料Ⅳ. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により被災した防波堤の復旧断面の検討事例【改訂】

参考資料Ⅴ. 防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の技術【新規】

耐津波設計ガイドライン改訂の概要

1. 「粘り強い構造」の性能照査の考え方を充実

- ・防波堤の性能照査にあたっては、港湾の地形等による制約条件および最新の技術開発の成果を考慮して、**複数の対策案を比較検討し、最適な構造断面を設定する旨の記述を追加**
- ・防波堤の**津波による破壊要因と、その破壊要因に対する基本的な対策工法の考え方を追加**
- ・津波による**人命、財産または社会経済活動への影響を十分に考慮し、外力としての津波の規模を想定する**考え方の追加

2. 新たな調査研究による知見の追加

- ・基礎マウンド内の**浸透流による支持力低下**
- ・**津波に先行する地震動による防波堤直立部の沈下対策**
- ・被覆**ブロックの必要質量の算定法** 等

3. 粘り強い構造の設計事例の追加

津波波力に対する滑動対策、防波堤背後の越流洗掘対策等の**粘り強い構造の設計の考え方、検討の過程を具体的に示した設計事例の追加**

4. 民間企業等で開発された新技術や知見の追加

防波堤の粘り強い構造に資する**民間企業等の新技術、知見の追加**（防波堤本体、防波堤背後の腹付工、防波堤上部工に関する技術 等）

↓ 改訂により

「粘り強い」防波堤の更なる整備促進に資するガイドラインへ

防波堤の耐津波設計ガイドライン改訂の概要

1. 「粘り強い構造」の性能照査の考え方を充実

以下の性能照査に関する考え方を追加

- ・防波堤の性能評価にあたっては、港湾の地形や施設配置等による制約条件および最新の技術開発の成果を考慮して、**複数の対策案を比較検討し、最適な構造断面を設定することに留意する必要がある**
- ・防波堤の**津波による破壊要因と、その破壊要因に対する基本的な対策工法の考え方をとりまとめた表**の追加

表-1 防波堤の主な破壊要因と有効な対策工法

横軸: 対策工	対策①※	対策②※	対策③※	対策④※	対策⑤※	対策⑥※
縦軸: 破壊要因	重量を重くする	抵抗力を上げる	構造の変更	背後を抑える	マウンド等を被覆する	越流水の制御(向きを変える等)
津波波力	上部工の形状変更、中詰材の比重変更	摩擦増大マットの敷設	本体の形状変更**	腹付工等の設置	—	—
越流洗掘	—	—	—	腹付工等の設置	被覆・根固ブロック等の設置	上部工の形状変更等
地盤浸透流	—	—	本体の形状変更**、マウンドの透水性の調整	腹付工等の設置	被覆・根固ブロック等の設置	—

※: 対策の丸囲みの数字は、対策の優先順位を示すものではないことに留意。

※※: 本体の形状変更においては、根入れ構造である場合に地盤の浸透流対策に効果があるなど構造によって変化することに留意する必要がある。

- ・「粘り強い構造」の対象とする津波は、津波による人命、財産または社会経済活動への影響を十分に考慮した上で、施設の重要度や費用対効果等をふまえ、**当初から「最大クラスの津波」を想定することが可能**であることの追加

防波堤の耐津波設計ガイドライン改訂の概要

2. 新たな調査研究による知見の追加

平成25年度以降に新たに明らかとなった**防波堤の安定性や粘り強い構造に係る事項の知見**を追加

- ・越流時の津波波力(背面波圧係数)
- ・非越流時の消波ブロック被覆堤に作用する波力
- ・マウンド内の浸透流・浸透力による支持力の低下¹⁾

・水理模型実験において、10mの水位差でマウンドの支持力が1~2割程度低下することが分かっており、マウンドが高く、法肩までの距離が短いなど支持力の耐力作用比が小さい防波堤断面において、マウンドの浸透力を考慮した安定性評価を行う場合に、当面はGeoFemなどのFEM解析によって、安定性評価を行うことを提案された。(図-1)

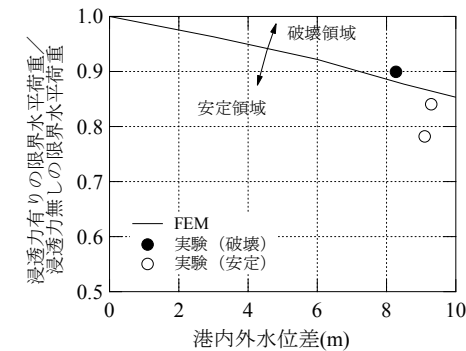


図-2 FEMによる浸透力に対するマウンドの安定性評価の一例

- ・津波に先行する地震動による防波堤直立部の沈下対策²⁾

・沈下抑制工法として既設防波堤を想定し、ケーソン直下地盤を改良しない矢板工法および固結工法に加えて、津波越流に対する洗掘対策として適用される腹付工のケースについて、沈下抑制効果を検討。

・地盤改良しない腹付工でも地盤の有効上載圧の増加による液状化抵抗の増加により、過剰間隙水圧が上昇する時刻の遅延、過剰間隙水圧が高い状態の継続時間の短縮により、無対策と比べて沈下量を抑制できる結果となった。(図-2)

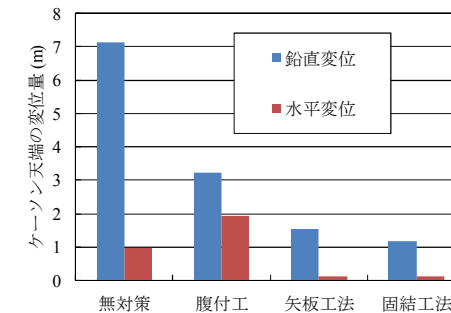


図-3 実験断面の鉛直変位と水平変位(実物スケール)

- ・被覆ブロックの必要質量の算定法

・水理模型実験に基づく安定数算定図を作成し、安定数 N_s を用いることによる被覆ブロックの必要質量算定式が提案された。

- ・越流水脈のケーソン背後水面への打ち込み位置算出法

[出典] 1)高橋 英紀, 佐々 真志, 森川 嘉之, 渡部 要一, 高野 大樹:津波に対するケーソン式防波堤マウンドと腹付工の安定性, 港湾空港技術研究所報告, Vol. 54, No.2, pp.21-50, 2015.
2)大矢陽介, 小濱英司, 菅野高弘, 瀬戸口修造:海溝型地震動に対する防波堤の沈下抑制に関する実験的研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.70, No.2, pp.930-935, 2014.

3. 粘り強い構造の設計事例の追加

津波の波力に対する直立部の滑動対策や津波の越流に対する基礎マウンド及び海底地盤(原地盤)の洗掘対策など、**粘り強い構造の設計の考え方、検討の過程を具体的に示した設計事例**を追加

- ・津波波力に対する滑動対策の設計事例
摩擦増大マット、腹付工を施した事例

粘り強い構造

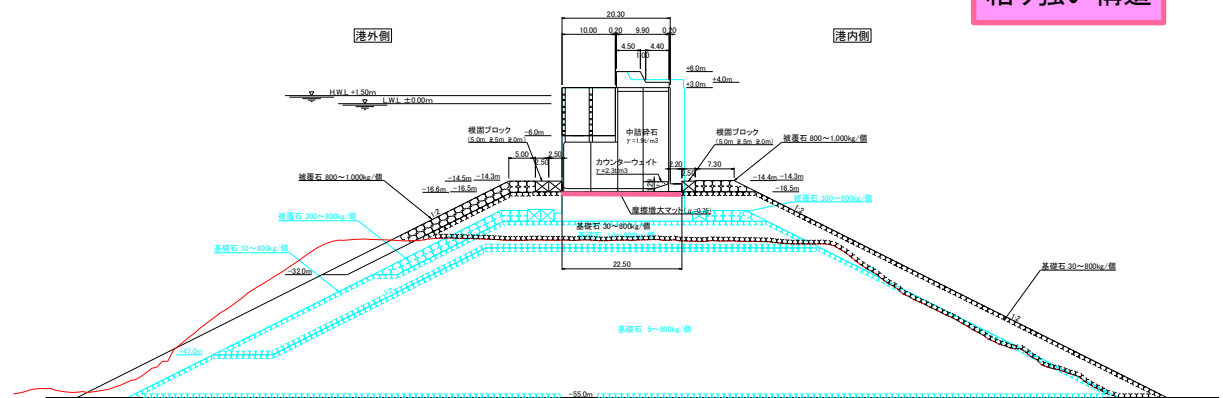


図-4 摩擦増大マットを施した粘り強い構造断面

- ・防波堤背後の越流洗掘対策の設計事例
港内側に被覆工を施した事例
港内外に被覆工を施した事例
洗掘防止マット、被覆工を施した事例
腹付工を施した事例

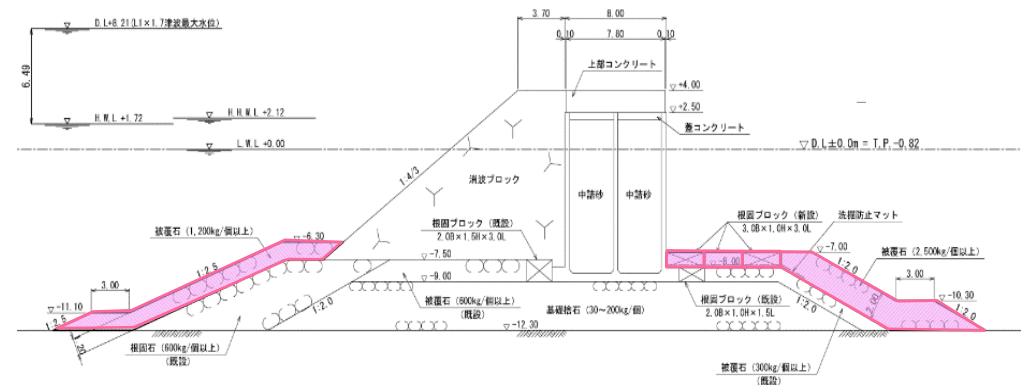


図-5 被覆工を施した粘り強い構造断面

- ・津波に先行する地震による沈下に対応した設計事例
上部工の形状を変更した事例

4. 民間企業等で開発された新技術や知見の追加

防波堤の粘り強い構造に資する民間企業等の新たな技術、知見を公募し、これら技術の試設計事例、考え方を追加

○破壊に至る過程までの定量的な検証がされている技術【3技術】

・鋼管杭式防波堤補強工法

- ・防波堤港内側の鋼管杭による補強体により、防波堤全体の安定性を向上させるとともに直背後の津波越流による地盤洗掘を防止するなどの粘り強い構造に資する技術。(図-6)

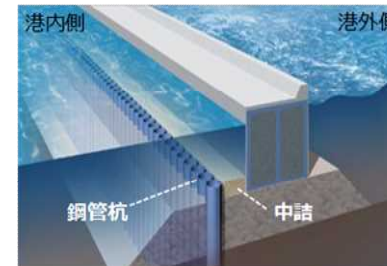


図-6 鋼管杭式防波堤補強工法概念図

・サブプレオフレーム

- ・防波堤港内側にサブプレオフレームを設置することにより、滑動に対する安定性を向上させるとともに基礎マウンドの越流洗掘を抑制するなどの粘り強い構造に資する技術。(図-7)

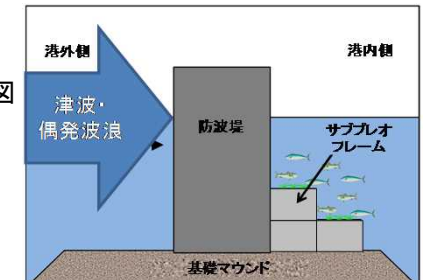


図-7 サブプレオフレーム設置概念図

・ペルメックスによる腹付被覆マウンド工法

- ・防波堤港内側の腹付工にペルメックスを設置することで腹付工の越流洗掘を抑制するなどの粘り強い構造に資する技術。(図-8)

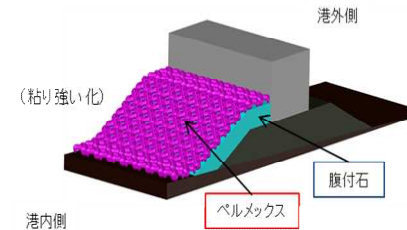


図-8 ペルメックスによる腹付被覆マウンド工法概念図

○破壊に至る過程までの定量的な検証がなされていない等の課題があるものの粘り強い構造の参考となる技術【7技術】(H27.9時点)

防波堤本体の技術

根入れ式鋼板セル防波堤、台形ケーソン上部斜面堤、防波堤補強アンカー工法

防波堤背後の腹付工の技術

高耐久性築堤マットによる腹付工、浚渫土砂を用いた固化処理土による腹付工

防波堤上部工の技術

台形ケーソン上部斜面堤(再掲)、防波堤用津波減衰柵

その他の技術

浸透に伴うマウンド不安定化を抑制する通水構造