

泊発電所3号炉

防潮堤の構造成立性評価方針について

(指摘事項に対するコメント回答を含む)

令和5年2月2日
北海道電力株式会社

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

本日の説明主旨

- 本日の説明主旨は、防潮堤の構造成立性評価方針に関する次頁に示す説明内容及び指摘事項に対する回答についてである。
 - 防潮堤の構造成立性評価方針については、要求機能と設計方針（構造成立性評価断面選定の結果）、解析条件のうちセメント改良土を線形物性とする考え方等、止水目地に関する検討方針のうちアンカーボルトBの性能試験の妥当性等、屈曲部に関する設計方針他を本日説明し、次回審査会合において評価結果を説明する計画である。
 - 指摘事項に対する回答については、第1089回審査会合における指摘事項221101-03「止水目地のアンカーボルトBの性能試験の考え方及び試験における試験体の確認項目」について回答する。
 - なお、指摘事項221101-04「アンカーボルトBの性能試験結果を踏まえた許容限界を含む設計の考え方」のうち、本資料では許容限界の設定方針を説明し、アンカーボルトBの性能試験結果を踏まえた設計の考え方は、今後、設置変更許可段階で回答する。

本日の説明内容及び今後の説明スケジュール

○ 防潮堤の構造成立性評価に関する本日の説明内容及び今後の説明スケジュールは、下表のとおり予定している。

	説明内容	詳細	説明スケジュール(審査会合時期)
1	要求機能と設計方針, 構造成立性評価	- 要求機能と設計方針(構造成立性評価断面選定の結果) - 構造成立性評価結果	本日説明 2023年6月中旬
2	解析条件	- モデル化方針, 液状化強度特性, 基準地震動の選定^{※1} - セメント改良土を線形物性とする考え方 - 津波条件を踏まえた設計方針(防潮堤の高さ, 防潮堤の評価に用いる津波波力及び漂流物荷重^{※2}の考え方)	本日説明 2023年6月中旬
3	止水目地に関する検討方針	- 評価方針(止水目地コンクリートの解析条件) - 試験計画(アンカーボルトBの性能試験の妥当性) - 構造成立性評価(評価及びアンカーボルトBの性能試験結果を踏まえた構造成立性の見通しを含む)	本日説明 2023年6月中旬
4	屈曲部に関する設計方針	設置変更許可段階における屈曲部の二次元断面における評価方針	本日説明
5	人工岩盤の施設区分の整理	「人工岩盤」を施設とし、「置換コンクリート」に名称を変更	説明済み
6	漂流物対策工に関する設計方針	- 設計方針, 照査項目, 照査方法 - 構造成立性評価	本日説明 2023年6月中旬
7	防潮堤(端部)に関する設計方針	- 設計方針, 照査項目, 照査方法 - 構造成立性評価	本日説明 2023年6月中旬
8	防潮堤への波及的影響	- 既設護岸が防潮堤前面にある場合の評価方針, 解析条件 - 既設護岸が防潮堤前面にある場合の防潮堤に与える影響評価結果	本日説明 2023年6月中旬
9	平面線形形状(入構トンネル他含む)	新たな入構ルートを選定に係る考え方^{※3}	説明済み
10	他条文への影響	—	個別条文の基準適合に係る審査にて説明

※1: 策定した基準地震動のうち, 防潮堤の構造成立性評価に用いる基準地震動の選定方針について説明する。選定した地震動は, 構造成立性評価結果と併せて説明する。

※2: 本日説明する構造成立性評価に用いる津波波力・漂流物荷重が, 入力津波解析結果を踏まえて算出する津波波力・漂流物荷重より保守的であることを説明する。

※3: 茶津入構トンネルと同様な経路(アクセスルートトンネル以外)の整理については今後「第5条 耐津波設計方針」の審査にて説明する。また, 茶津入構トンネル及びアクセスルートトンネルに関する津波流入の可能性については, 解析結果が得られた段階で説明する。

審査会合における指摘事項に対する回答(1/10)

【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【指摘事項 221101-03】

止水目地の構造の一部であるアンカーボルトBの性能試験について、参考とする規格、基準等の適用範囲及びセメント改良土の特性を踏まえ、試験方法の詳細を説明すること。なお、説明に当たっては、以下の事項を含めて説明すること。

- 性能試験における試験体の確認項目(アンカーボルトの埋め込み深さ、配置間隔、埋込み側の端部形状等、性能試験の適用範囲に係るもの)
- 上記項目に対する試験体の条件設定の考え方

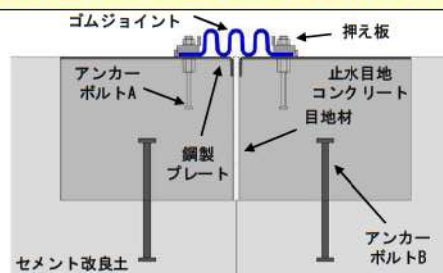
【指摘事項 221101-04】

止水目地の構造の一部であるアンカーボルトBの設計について、性能試験の結果を踏まえ、許容限界を含む設計の考え方を説明すること。なお、説明に当たっては、以下の事項を含めて説明すること。

- 性能試験の結果から判定される、アンカーボルトBおよびセメント改良土の破壊モード
- 上記破壊モードを踏まえた、止水目地およびセメント改良土に要求される止水機能

【回答】

- 指摘事項221101-03について、アンカーボルトBの性能試験の実施により、「各種合成構造設計指針・同解説(社団法人日本建築学会, 2010年)」(以下、「各種合成構造設計指針」という。)の適用性を確認し、アンカーボルトBの性能試験における試験体の確認項目及び条件設定の考え方については、各種合成構造設計指針を参考とする。
- 指摘事項221101-04について、アンカーボルトBの許容限界は概ね弾性範囲内で設定し、アンカーボルトBの性能試験の結果を踏まえ、各種合成構造設計指針の適用性を確認する。
- また、アンカーボルトBの性能試験の試験結果を踏まえた許容限界を含む設計の考え方は、今後、設置変更許可段階で説明する。



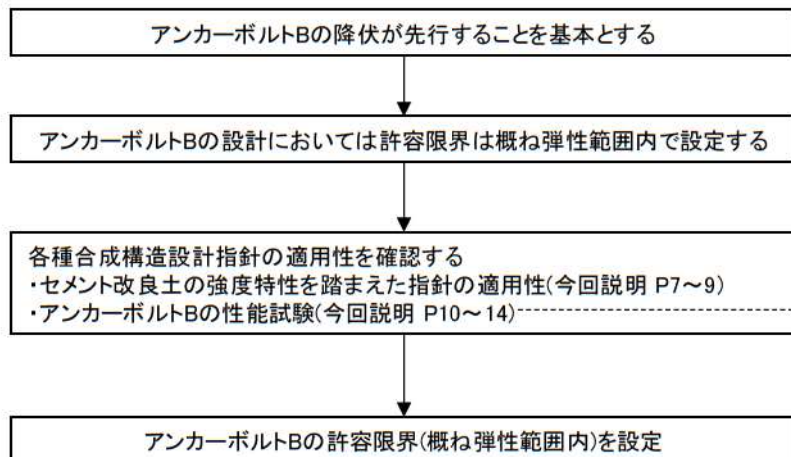
止水目地設置概要

審査会合における指摘事項に対する回答(2/10)※

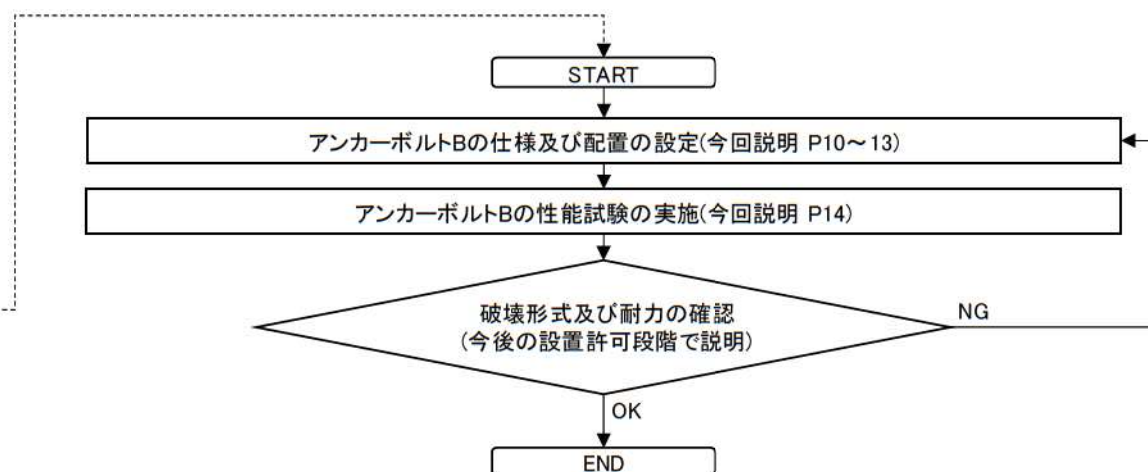
【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの設計方針】

- アンカーボルトBの設計方針及び性能試験フローは、下図のとおりである。
- アンカーボルトの設計指針は、各種合成構造設計指針、「コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（公益社団法人土木学会、2014年）」及び「あと施工アンカー施工指針（一般社団法人日本建築あと施工アンカー協会、2016年）」がある。
- アンカーボルトBの設計で参考にする指針は、アンカーボルトBは先付け工法を計画していることから、先付け工法の設計に関する記載がある各種合成構造設計指針とする。
- アンカーボルトBの設計においては、各種合成構造設計指針を参考に、アンカーボルトBの降伏が先行することを基本とし、許容限界は概ね弾性範囲内で設定する。
- 各種合成構造設計指針の適用性の確認並びにアンカーボルトBの仕様及び許容限界の設定については、アンカーボルトBの性能試験で確認する破壊形式及び耐力を踏まえて行う。



アンカーボルトBの設計方針



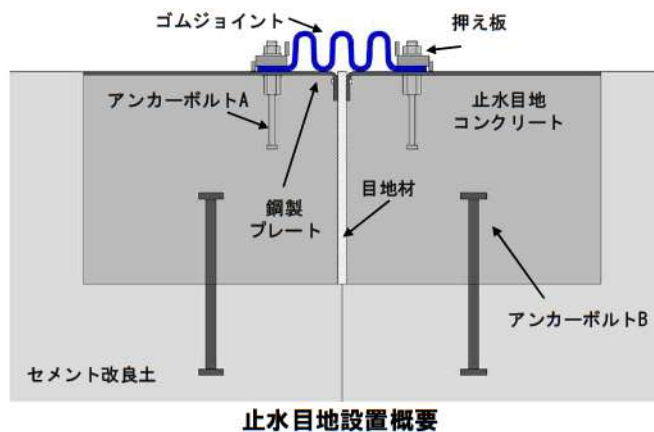
アンカーボルトBの性能試験フロー

※:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(1/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(3/10)※ 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(1/3)】

- セメント改良土の設計基準強度 (6.5N/mm^2) は、各種合成構造設計指針の適用範囲 ($18\text{N/mm}^2 \sim 48\text{N/mm}^2$) 外であるが、セメント改良土は以下に示すとおり、コンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。
- セメント改良土は、現場で採取した骨材を用いて、セメント及び水を生コンクリート製造設備と同様の設備で練り混ぜて製造する。
 - セメント改良土は、室内配合試験の結果、一軸圧縮強度、S波速度及び静弾性係数が大きい(P61参照)。
 - 添加するセメント量は 300kg/m^3 程度であり、セメントの水和反応により硬化する材料である。



セメント改良土の室内試験用供試体 (φ150mm, H300mm)

※:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(2/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(4/10)※1 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(2/3)】

○セメント改良土の室内配合試験(P61参照)で得られた引張強度及びせん断強度は、コンクリート標準示方書※2の関係式を用いて算出した値と比較し、せん断強度はやや低いものの、概ね同じであり、コンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。

セメント改良土の室内配合試験で得られた強度と
コンクリート標準示方書※2の関係式を用いて算出した強度の比較

	セメント改良土の 室内配合試験で得られた強度 (P61参照)	コンクリート標準示方書※2の関係式を 用いて算出した強度
圧縮強度 (N/mm ²)	16.2	—
引張強度 (N/mm ²)	1.48	1.47 ※3
せん断強度 (N/mm ²)	2.93	3.24 ※4

(4) コンクリートの引張強度、付着強度および支圧強度の特性値は、一般の普通コンクリートに対して、圧縮強度の特性値 f'_{ck} (設計基準強度) に基づいて、それぞれ式(3.2.1)～式(3.2.3)により求めてよい。なお、骨材の全部が軽量骨材である軽量骨材コンクリートに対しては、これらの値の70%としてよい。ここで、強度の単位は N/mm² である。

$$\text{引張強度 } f_{tk} = 0.23 f'_{ck}{}^{2/3} \quad \text{関係式①} \quad (3.2.1)$$

f'_{ck} : コンクリートの圧縮強度の特性値, 設計基準強度

「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」より引用・加筆

ダムコンクリートのせん断強度は、ダムコンクリートが等方体と考えられる場合には、設計計算上必要なパラメータとならないが、水平打継目におけるせん断摩擦安全率を検討する場合には、水平打継目のせん断強度が必要となる。水平打継目のせん断強度は打継目処理の方法によって大きく変化するが、丁寧な打継目処理を施した場合、水平打継目のせん断強度はダムコンクリート自身のせん断強度とほぼ等しい値を示す。この値は ダムコンクリートの圧縮強度のおよそ 1/5 である。

関係式②

「コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編] (公益社団法人土木学会, 2013年制定)」より引用・加筆

※1: 「6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(3/9)」に基づき整理している。

※2: 引張強度は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」の関係式を、せん断強度は「コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編] (公益社団法人土木学会, 2013年制定)」の関係式を用いた。

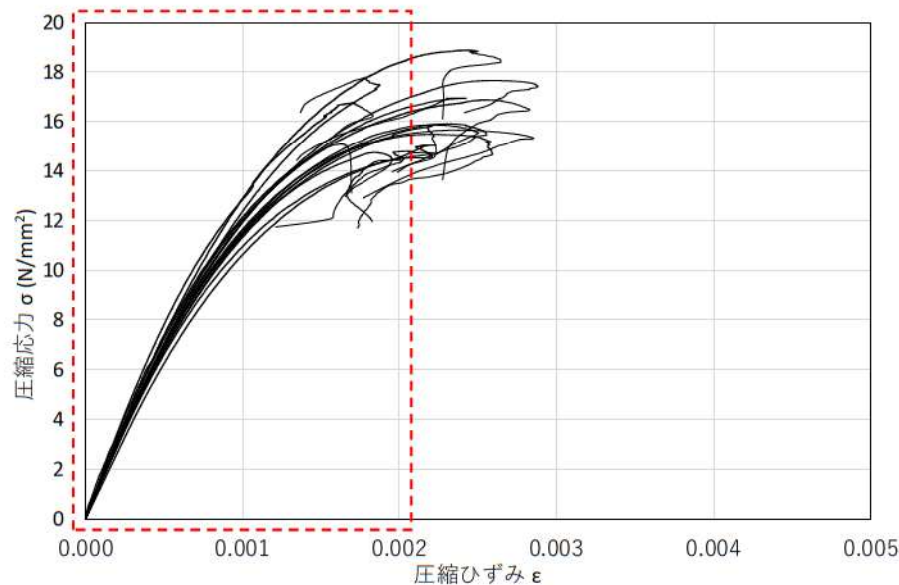
※3: 関係式①の f'_{ck} に、セメント改良土の室内試験で得られた圧縮強度を代入して算出した値である。

※4: 関係式②のダムコンクリートの圧縮強度を、セメント改良土の室内試験で得られた圧縮強度として算出した値である。

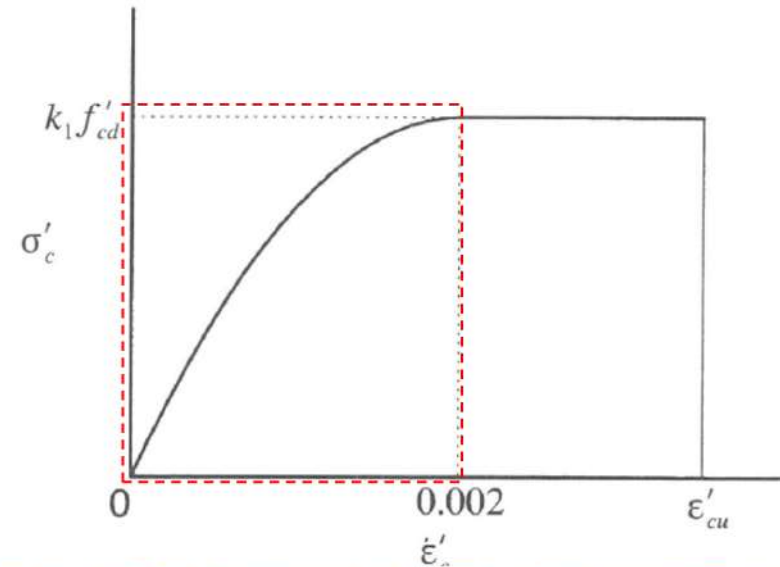
審査会合における指摘事項に対する回答(5/10)※ 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(3/3)】

- セメント改良土の強度特性のうち圧縮応力-圧縮ひずみの関係について、一軸圧縮強度試験結果を踏まえて整理した。
 - 一軸圧縮強度試験結果から、セメント改良土は、軸ひずみが概ね0.002程度でピーク強度となっている。
 - セメント改良土のピーク強度の軸ひずみ及びピーク強度に至る応力-ひずみ曲線は、一般的なコンクリートと同様の傾向を示している。
- 上記より、セメント改良土はコンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。



セメント改良土の一軸圧縮強度試験結果



「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」より引用・加筆

コンクリートの応力-ひずみ曲線

※:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(4/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(6/10)※1

【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(1/4))】

○アンカーボルトで想定される破壊形式(単体配置)を整理した上で、各種合成構造設計指針を参考に、アンカーボルトBの性能試験で想定される破壊形式を選定した。

アンカーボルトで想定される破壊形式(単体配置)※2

破壊形式	アンカーボルトBの引張耐力を決める破壊形式						アンカーボルトBのせん断耐力を決める破壊形式			
	アンカーボルト	セメント改良土					アンカーボルト	セメント改良土		
	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	付着破壊	側方局所破壊	割裂破壊	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	プライアウト破壊
イメージ図										
説明	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	アンカーボルトの頭部周辺におけるセメント改良土の圧縮破壊	セメント改良土とアンカーボルトの付着部で生じる破壊	へりあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	セメント改良土に生じる曲げ応力による破壊	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	セメント改良土の圧縮破壊	埋込み長さが不足する場合に発生するセメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×
除外理由	—	—	—	頭付きアンカーボルトを使用する場合は、通常これがアンカーボルトの破壊形式を支配することはないとされている。	各種合成構造設計指針に示す仕様を満足することで生じない破壊であるとされている。	薄肉部材に生じる破壊形式であるとされており、防潮堤(セメント改良土)は薄肉部材ではない。	—	—	—	埋込み長さは、プライアウト破壊を防ぐことを前提としてアンカーボルト径の6倍以上とするのがよいとされている。

※1:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(5/9)」に基づき整理している。

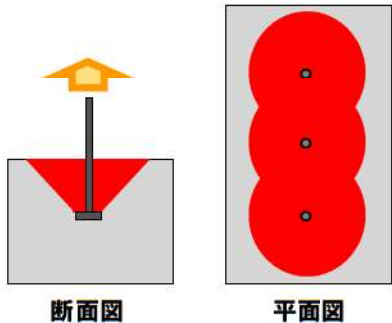
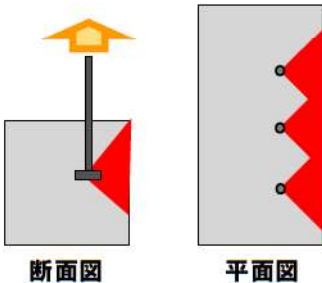
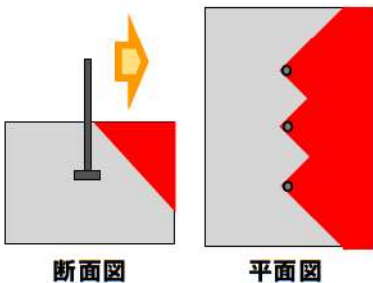
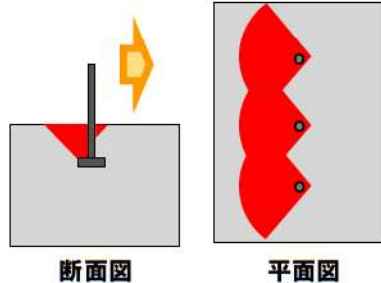
※2:破壊形式は、各種合成構造設計指針を参考に整理した。

審査会合における指摘事項に対する回答(7/10)※ 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(2/4))】

○ アンカーボルトで想定される破壊形式(群体配置)を整理したが、単体配置とすることから、アンカーボルトBの性能試験における破壊形式として想定しない。

アンカーボルトで想定される破壊形式(群体配置)

破壊形式	アンカーボルトBの引張耐力を決める破壊形式		アンカーボルトBのせん断耐力を決める破壊形式	
	セメント改良土		セメント改良土	
	コーン状破壊	側方局所破壊	コーン状破壊	ブライアウト破壊
イメージ図				
説明	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、ヘリあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、埋込み長さが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	×	×	×	×
除外理由	単体配置とすることから、想定しない。			

※:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(6/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(8/10)※ 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(3/4))】

○ アンカーボルトBの性能試験で想定される破壊形式及び耐力は、各種合成構造設計指針を参考すると下表のように想定される。

- 引張耐力は、セメント改良土の強度が設計基準強度(6.5N/mm²)及び室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm²)のいずれの場合もアンカーボルトの降伏により定まる。
- せん断耐力は、セメント改良土の強度が設計基準強度(6.5N/mm²)の場合は支圧破壊、室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm²)の場合はアンカーボルトの降伏により定まる。

各種合成構造設計指針を参考に算出した引張耐力

		引張耐力(kN/本)	
セメント改良土の強度		設計基準強度(6.5N/mm ²)	室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm ²)
破壊形式	アンカーボルトの降伏	83.0	83.0
	コーン状破壊	131.6	207.8
	支圧破壊	111.8	278.6
	付着破壊	—	—
	側方局所破壊	—	—
	割裂破壊	—	—

各種合成構造設計指針を参考に算出したせん断耐力

		せん断耐力(kN/本)	
セメント改良土の強度		設計基準強度(6.5N/mm ²)	室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm ²)
破壊形式	アンカーボルトの降伏	58.1	58.1
	支圧破壊	40.2	77.8
	コーン状破壊	66.8	105.5
	プライアウト破壊	—	—

※:「6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(7/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(9/10)※ 【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(4/4))】

○ アンカーボルトBの耐力を踏まえ設定したアンカーボルトBの仕様及び配置は下表のとおりである。

アンカーボルトBの仕様及び配置

項 目		仕 様	設定の考え方	各種合成構造設計指針の適用範囲
仕 様	呼び径	24mm	・ アンカーボルトの降伏による耐力が、極力、他の耐力よりも小さくなるように設定した。	・ 9mm以上25mm以下
	頭部の種類	頭付き アンカーボルト	・ 付着破壊が生じないように設定した。	・ 頭付きアンカーボルト、鉄筋アンカーボルト、基礎アンカーボルト(先付け工法) ・ 接着系アンカーボルト(後打ち工法)
	頭部の径	65mm	・ 引張の支圧破壊による耐力が大きくなるように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の1.6倍以上
	埋込み長さ	200mm	・ プライアウト破壊が生じないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の6倍以上
配 置	配置間隔	500mm	・ 隣接するアンカーボルトのコーン状破壊の影響範囲が重ならないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の7.5倍以上及び600mm以下
	へりあき	232mm以上	・ せん断のコーン状破壊による耐力が大きくなるように設定した。 ・ 側方局所破壊が生じないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の3倍以上

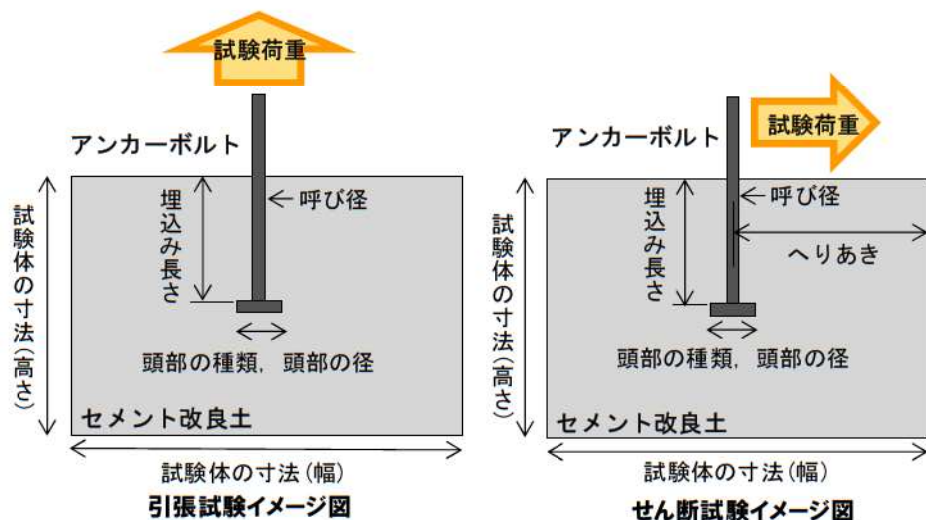
※:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(8/9)」に基づき整理している。

審査会合における指摘事項に対する回答(10/10)※1

【指摘事項 221101-03, 221101-04】

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの性能試験の実施)】

- アンカーボルトBの性能試験では、「各種合成構造設計指針の適用性」及び「アンカーボルトBの破壊形式及び耐力」の確認を目的とする。
- アンカーボルトBは単体配置を計画していることから、単体配置を想定した引張試験及びせん断試験を実施する。
- 試験体の作製に関する確認項目は下表のとおりとし、試験時にはセメント改良土の圧縮強度及び引張強度を確認する。
- 試験に用いるセメント改良土の強度は、設計基準強度(6.5N/mm^2)相当及び室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm^2)相当とする。
- なお、P10で発生しないと考えた破壊形式がアンカーボルトの性能試験で確認された場合、若しくは、性能試験に基づいて決定した許容限界がアンカーボルトBに発生する作用力を下回る場合は、アンカーボルトBの仕様及びセメント改良土の強度の見直しを検討する。



試験体の作製に関する確認項目※2

確認項目	仕様	仕様を設定する上での考え方
呼び径	24mm	前頁の仕様と同じ。
頭部の種類	頭付きアンカーボルト	前頁の仕様と同じ。
頭部の径	65mm	前頁の仕様と同じ。
埋込み長さ	200mm	前頁の仕様と同じ。
へりあき (せん断試験)	232mm以下	試験の耐力が保守的な条件になるように設定する。
試験体の寸法	【引張試験】 幅:1,000mm, 高さ:650mm, 奥行き:1,500mm 【せん断試験】 幅:600mm, 高さ:450mm, 奥行き:1,400mm	引張方向のコーン状破壊面と干渉しないよう設定する。

※1:「6. 4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(9/9)」に基づき整理している。

※2: アンカーボルトBの性能試験は単体配置を想定した引張試験及びせん断試験であることから、配置間隔は確認項目から除く。

1. 概要

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

1. 概要

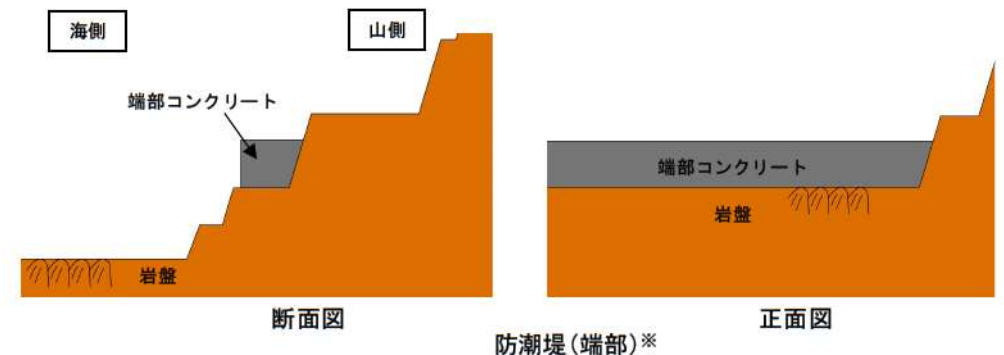
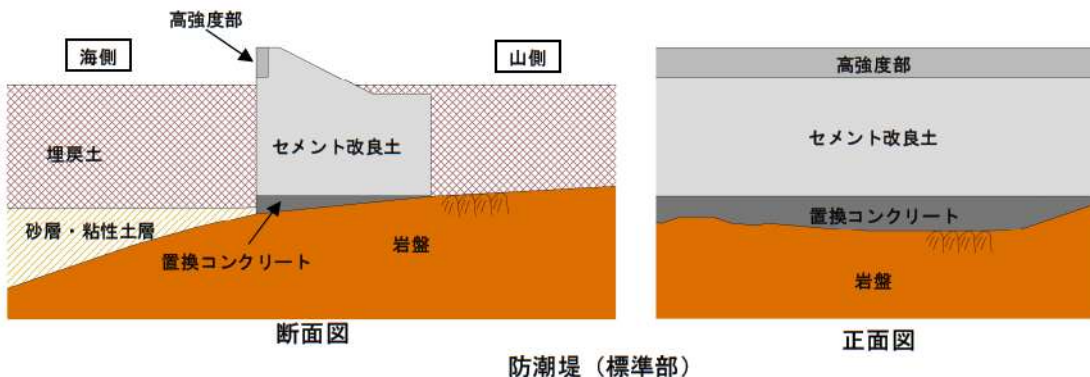
1.1 検討概要

- 泊発電所では、埋戻土（岩砕）の液状化影響は考慮不要と考え、非岩着構造のセメント改良土及び鉄筋コンクリート壁の防潮堤を自主的に設置していた。
- 設置許可基準規則第3条への適合性及び先行炉の審査状況等を踏まえ、埋戻土の液状化影響を考慮し、更なる安全性向上の観点から、岩着支持構造の防潮堤に変更し、既存防潮堤を撤去した後に再構築する。
- 津波防護施設としての防潮堤の要求機能は、津波の繰返しの来襲を想定した遡上波に対して浸水を防止すること、基準地震動に対し要求される機能を損なうおそれがないよう、構造全体としての変形能力について十分な余裕を有することである。
- 上記の機能を確保するための性能目標は、津波による遡上波に対し余裕を考慮した防潮堤高さを確保するとともに、構造体の境界部等の止水性を維持し、基準地震動に対し止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。
- 設計に当たっては、津波に対して十分な余裕を確保した防潮堤高さとした上で、地震後及び津波後の再使用性と津波の繰返し作用を考慮し、構造物全体としての変形能力について十分な余裕を有するものとする。また、地盤の液状化を考慮するとともに、津波の検討においては、地震による影響を考慮した上で評価する。
- 新設する防潮堤のうち、1,2号取水路及び1,2号放水路横断部の構造形式は、第1007回審査会合における指摘事項「1,2号取水路及び放水路直上の埋戻土について、確実な止水性を確保するための対策の必要性」について検討した結果、鋼製壁部をセメント改良土による堤体構造に設計変更することを第1032回審査会合において説明した。
- また、第1032回審査会合における指摘事項「平面線形形状の決定に関わる要因の重要度を踏まえた形状決定の考え方」については、第1063回審査会合において、新設する防潮堤の平面線形形状は、敷地の特徴等を考慮すると合理性があることを説明した。
- 今後、上記2つの指摘事項に対する回答で説明した防潮堤の構造及び平面線形形状で、防潮堤の構造成立性評価を進めていく。

1. 概要

1.2 基本構造

- 防潮堤の基本構造は、セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造（以下、「防潮堤（標準部）」という。）であり、この基本構造を採用する理由は、以下のとおりである。
 - 発電所の敷地内の基礎岩盤は海側に向かって低くなる特徴があるため、防潮堤は、地震による埋戻土等の液状化影響に伴う側方流動に対して、すべり安定性（設置許可基準規則第3条）を確保できるセメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造とする。
 - 防潮堤を設置する箇所に岩盤傾斜及び岩盤不陸がある箇所は、置換コンクリートに置き換える。
 - 置換コンクリートの高さは、横断方向で岩盤高さが異なることが想定されるため、岩盤高さが高い方の位置に合わせる。
- 防潮堤（標準部）は、基礎岩盤まで掘削し、置換コンクリートを無筋コンクリートで構築した後、発電所構内の岩盤から採取して粒度調整した材料にセメント、水等を混合したセメント改良土で構築する。
- 防潮堤の掘削側端部（以下、「防潮堤（端部）」という。）は、無筋コンクリート構造であり、この構造を採用する理由は、以下のとおりである。
 - 防潮堤（端部）を堅固な地山に接続するために、一部地山を撤去する。
 - 防潮堤（端部）を接続する端部地山は、周辺斜面による防潮堤（端部）への影響に配慮し、安定勾配を確保するために一部を掘削する。
 - 防潮堤（端部）の構築材料は、防潮堤（標準部）より幅が狭く、セメント改良土では成立しない可能性があるため、セメント改良土より強度の高いコンクリートとする（以下、「端部コンクリート」という。）。
 - 防潮堤（端部）は、コンクリートの物性値及びその形状を期待した設計とすることから、「施設」として評価する。

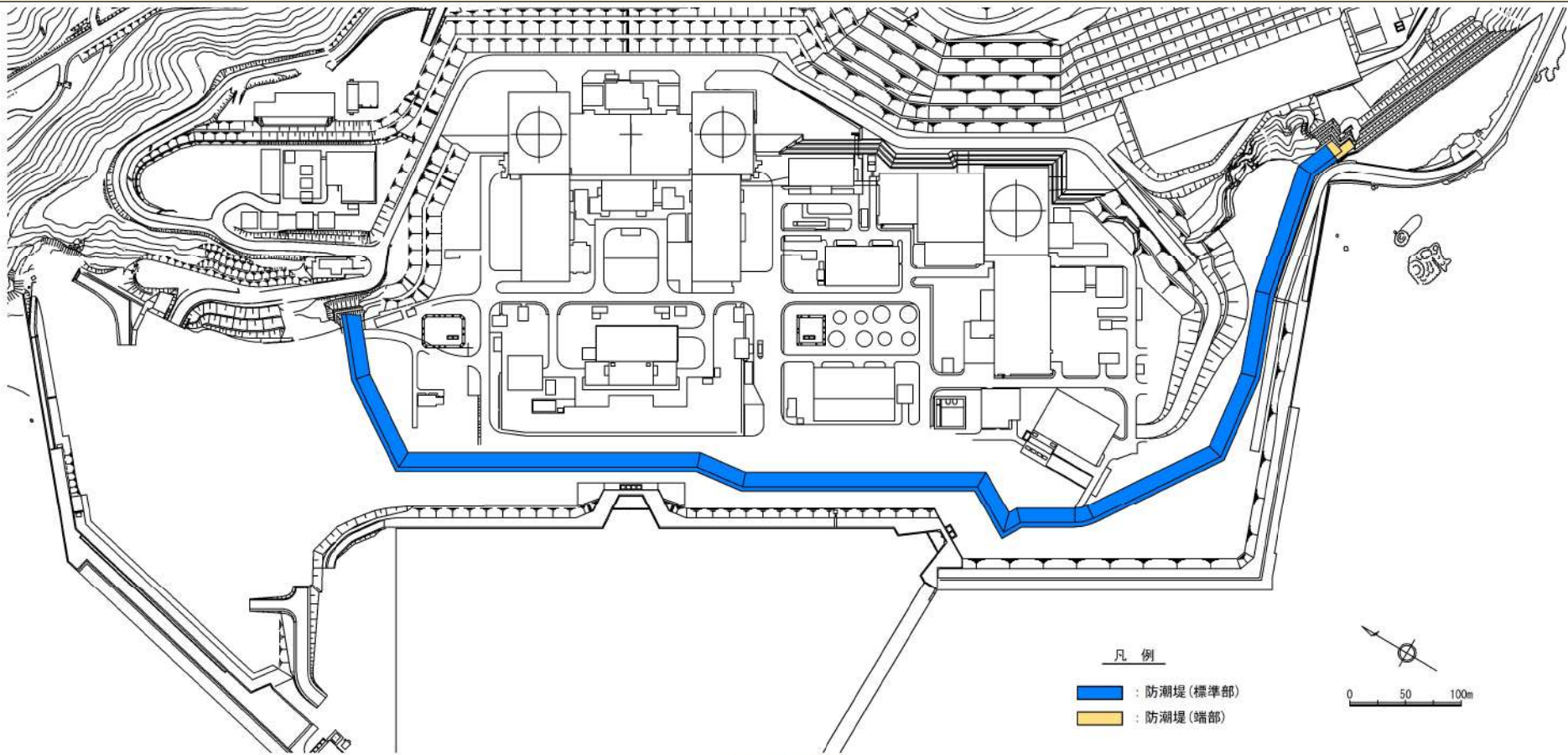


※：端部形状は現在検討中であり、設置変更許可段階において形状が変更となる可能性がある。

1. 概要

1.3 平面線形形状(1/2)

- 新設する防潮堤の平面線形形状は、以下のとおりである。
- 平面線形形状については、第1032回審査会合における指摘事項220303-2に対する回答において、敷地の特徴等を考慮すると合理性があることを説明した。



凡 例

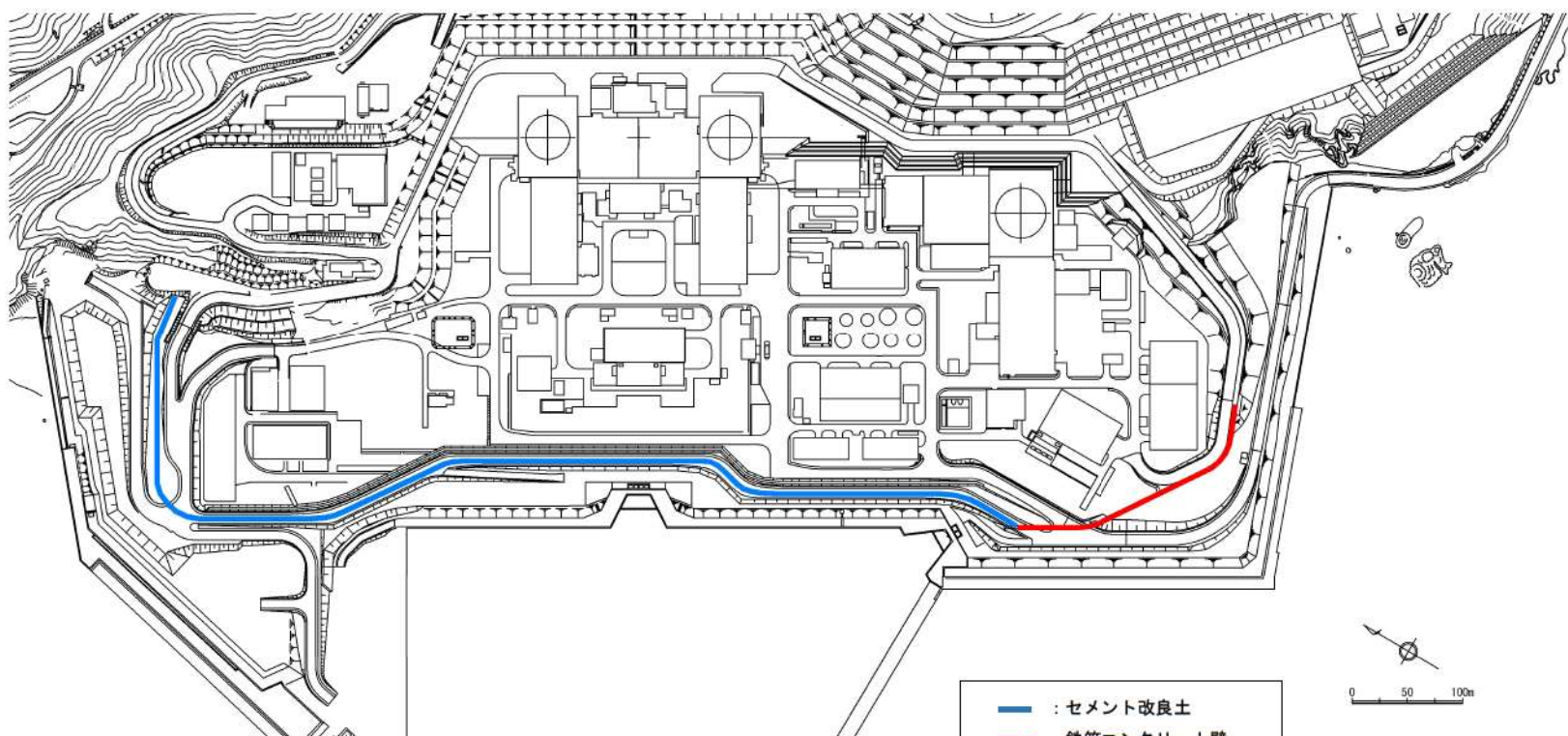
- ： 防潮堤(標準部)
- ： 防潮堤(端部)

防潮堤 平面図

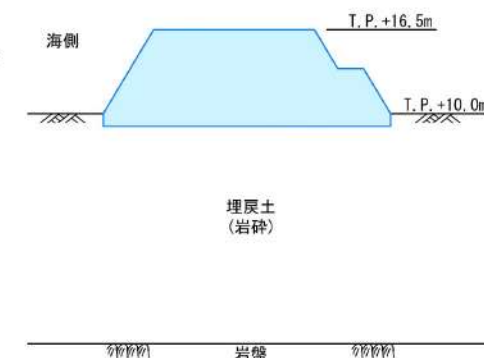
1. 概要

1.3 平面線形形状 (2/2)

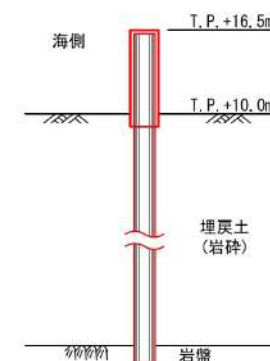
○ なお、既存防潮堤の平面線形形状及び構造は、以下のとおりであり、新設する防潮堤と異なる。



既存防潮堤 平面図



セメント改良土 断面図



鉄筋コンクリート壁 断面図

2. 設置許可基準規則への適合性について

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概 要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

2. 設置許可基準規則への適合性について

2.1 防潮堤に関する設置許可基準規則と各条文に対する確認事項(1/4)

- 防潮堤に関する「**実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則**（以下、「**設置許可基準規則**」という。）」の条文と各条文（第4条、第5条）に対する確認事項を以下のとおり整理した。
- 以下の事項を確認することにより、防潮堤の各条文への適合性を確認する。

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
第4条 地震による損傷の防止		
設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。	(津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は除く)	—
3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	- 基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できること - 常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、構造全体として変形能力について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能を保持すること - 荷重組合せに関しては、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること	○ (今後説明予定)
4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	- 耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないこと - 耐震重要施設の周辺斜面について、基準地震動による地震力を作用させた安定解析を行い、崩壊のおそれがないこと	— (耐震設計方針にて説明予定)
		— (基礎地盤の安定性評価にて説明予定)

2. 設置許可基準規則への適合性について

2.1 防潮堤に関する設置許可基準規則と各条文に対する確認事項 (2/4)

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
第5条 津波による損傷の防止		
設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	・ 基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと	
	・ Sクラスに属する設備が基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること	○ (今後説明予定)
	・ 遡上波の到達防止に当たっては、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること	— (耐津波設計方針にて説明予定)
	・ 地震による変状又は繰り返し来襲する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること	
	・ 基準津波による遡上波を取水路及び排水路等の経路から流入させないこと	
	・ 取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性を考慮した上で、流入の可能性のある経路を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止すること	— (耐津波設計方針にて説明予定)

2. 設置許可基準規則への適合性について

2.1 防潮堤に関する設置許可基準規則と各条文に対する確認事項 (3/4)

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
第5条 津波による損傷の防止		
設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	・ 入力津波に対して津波防護機能を保持できること	
	・ 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能を十分に保持できるよう設計すること	○ (今後説明予定)
	・ 津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物及び設置物等が破損、倒壊及び漂流する可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設への影響の防止措置を施すこと	— (耐津波設計方針にて説明予定)
	・ 耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重(浸水高、波力・波圧、洗掘力及び浮力等)について、入力津波から十分な余裕を考慮して設定すること	○ (今後説明予定)
	・ 余震の発生の可能性を検討した上で、必要に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること	○ (今後説明予定)
	・ 入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの来襲による作用が津波防護機能へ及ぼす影響について検討すること	○ (今後説明予定)
	・ 津波影響軽減施設・設備の効果を考慮する場合は、入力津波に対して津波による影響の軽減機能が保持されるよう設計すること	— (効果を考慮する施設なし)
	・ 防潮ゲート等の外部入力により動作する機構を有するものについては、構造、動作原理等を踏まえ、津波防護機能が損なわれないよう重要安全施設に求められる信頼性と同等の信頼性を確保すること	— (該当する機構なし)

2. 設置許可基準規則への適合性について

2.1 防潮堤に関する設置許可基準規則と各条文に対する確認事項 (4/4)

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
第5条 津波による損傷の防止		
設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	地震による敷地の隆起・沈降、地震(本震及び余震)による影響、津波の繰り返しの襲来による影響及び津波による二次的な影響(洗掘、砂移動及び漂流物等)を考慮すること	○ (今後説明予定)
	津波防護施設の設計に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施すること。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施すること	○ (今後説明予定)

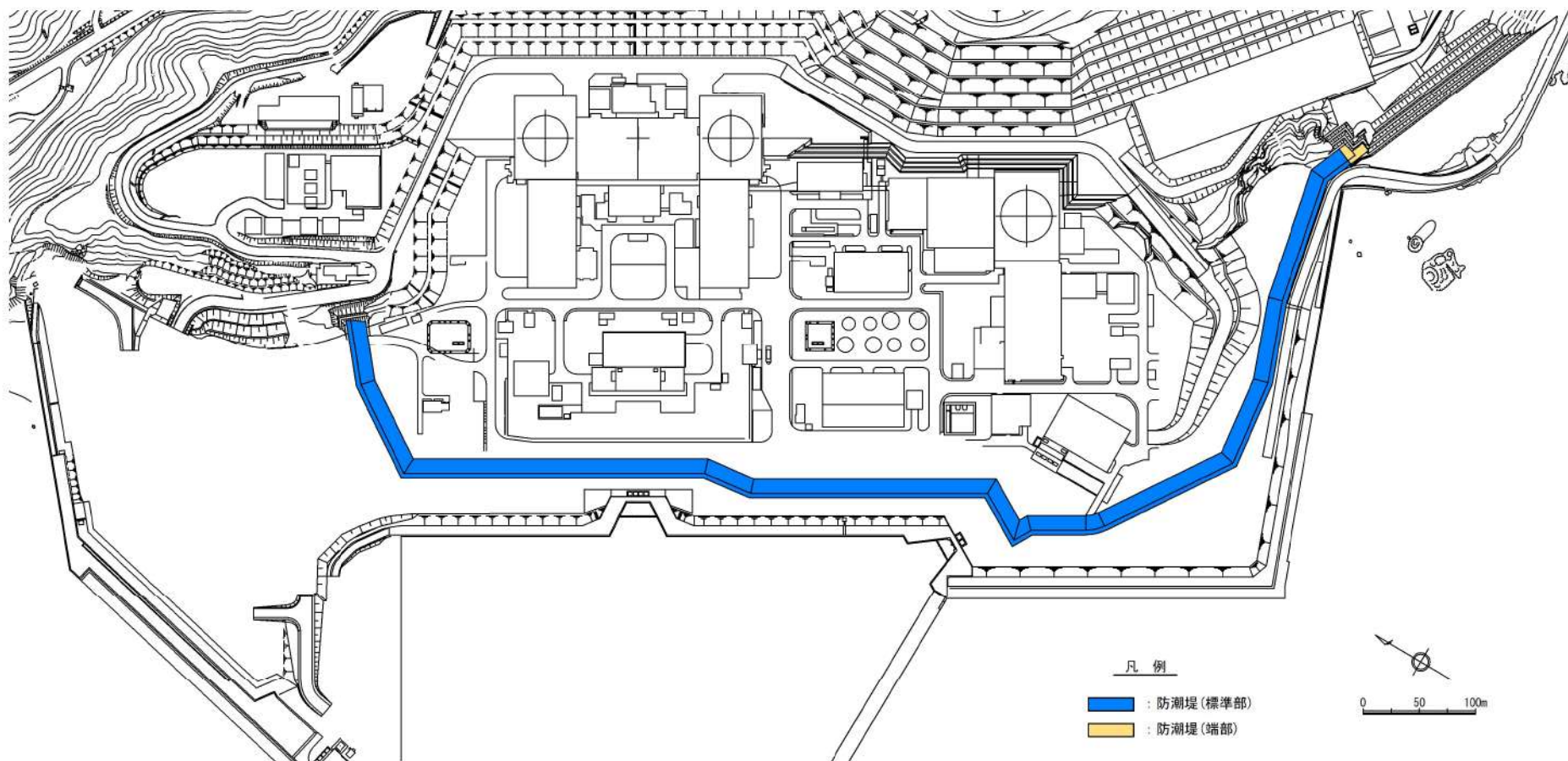
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概 要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.1 防潮堤の構造形式

○ 新設する防潮堤（標準部）の構造は、セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造であり、防潮堤（端部）は、無筋コンクリート構造である。

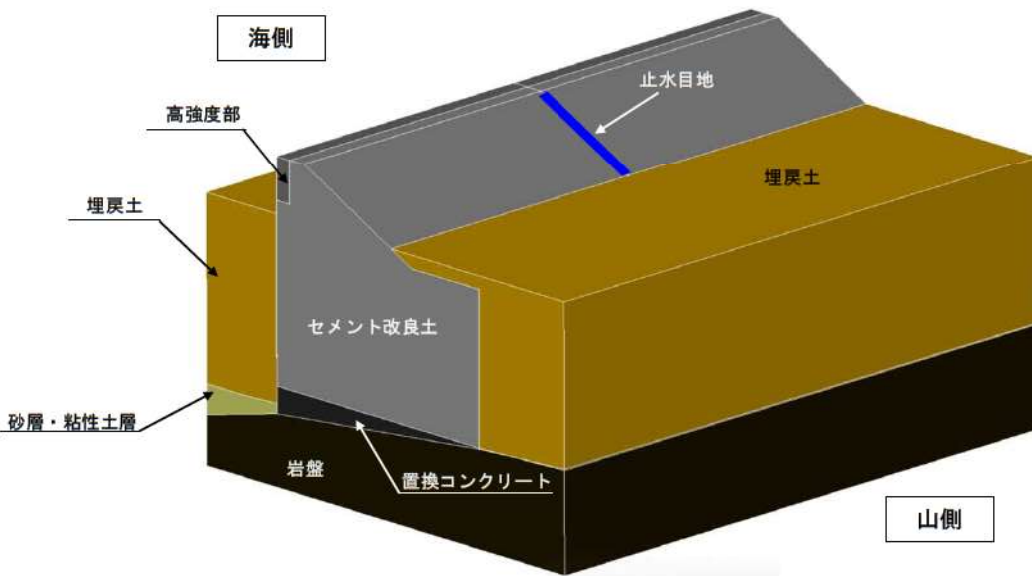


防潮堤平面図

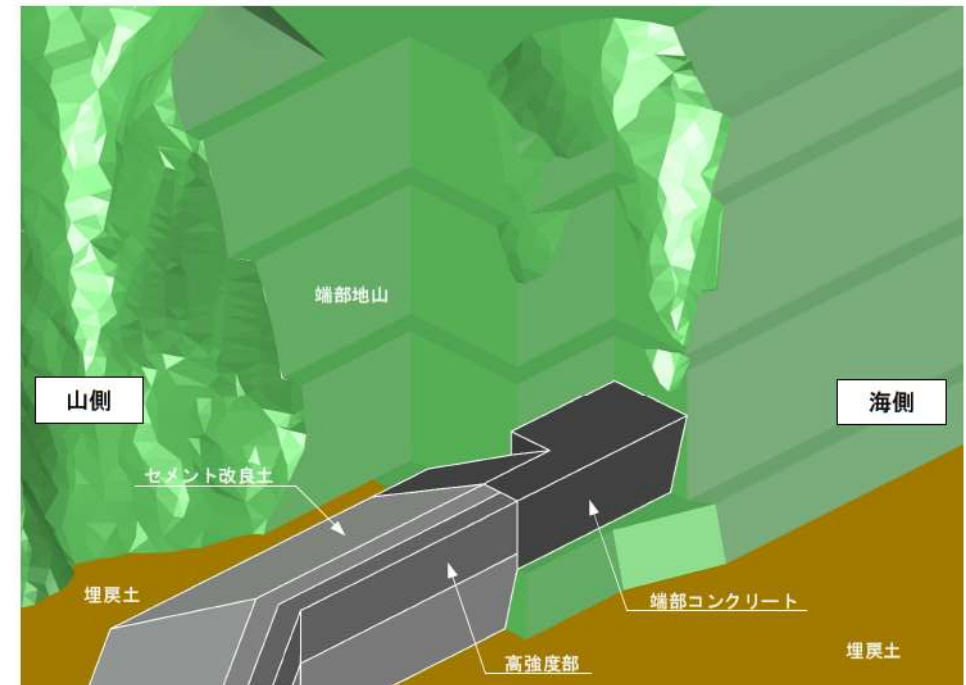
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.1 防潮堤の構造概要(1/2)

- 防潮堤の構造形式は、防潮堤(標準部)のセメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造、防潮堤(端部)の無筋コンクリート構造の2つである。
- 防潮堤の施工目地には、施工目地からの浸水を防止するために止水目地を設置する(止水目地の構造は、「6. 止水目地の設計方針」で示す)。
- 1,2号取水路, 1,2号放水路, 3号取水路及び3号放水路を横断する防潮堤の構造は、次頁以降に示す。



防潮堤(標準部)の構造イメージ図



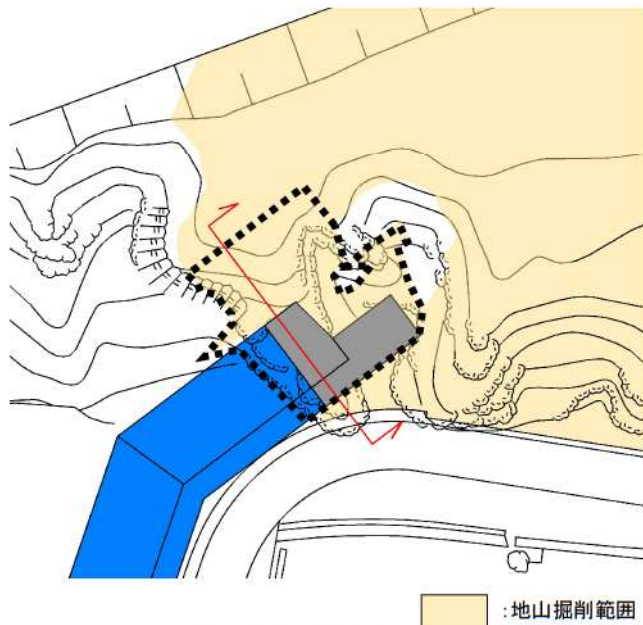
防潮堤(端部)の構造イメージ図※

※: 端部形状は現在検討中であり, 設置変更許可段階において形状が変更となる可能性がある。 27

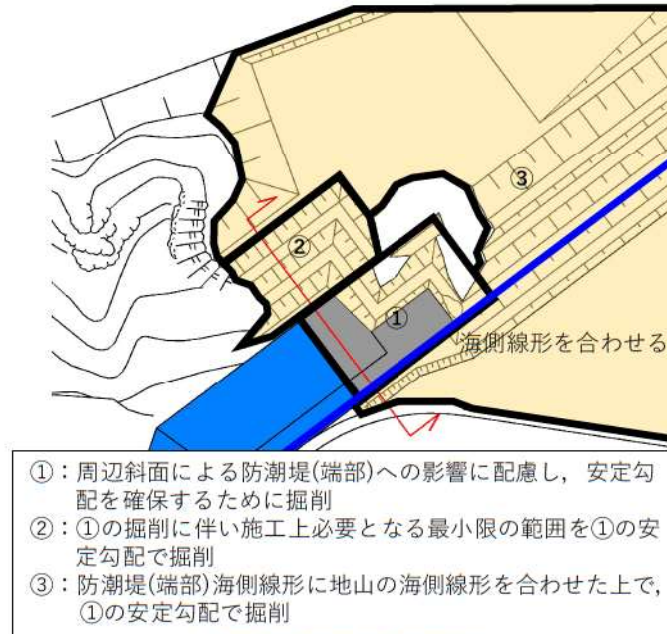
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.1 防潮堤の構造概要 (2/2)

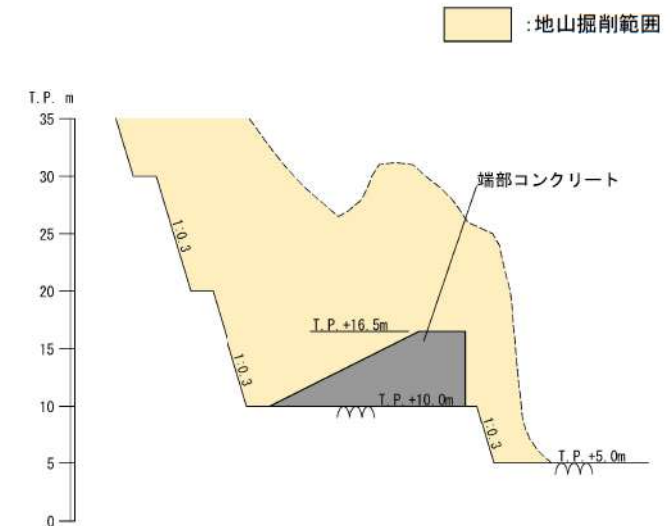
- 防潮堤(端部)の形状及び構造は、以下のとおり検討した。
 - 防潮堤(端部)を堅固な地山に接続するために、一部地山を撤去する。
 - 防潮堤(端部)を接続する端部地山は、周辺斜面による防潮堤(端部)への影響に配慮し、安定勾配を確保するために一部を掘削する。
 - 防潮堤(端部)の構築材料は、すべり安定性を確保できるコンクリートとする。
- 防潮堤(端部)より掘株側の地山は、防潮堤(端部)の海側線形に地山の海側線形を合わせた上で、端部地山と同じ安定勾配で掘削する。
- 防潮堤(端部)及び掘株側の地山の形状は、津波評価における地形モデルと一致している。



防潮堤掘株側端部(掘削前)



防潮堤掘株側端部(掘削後)



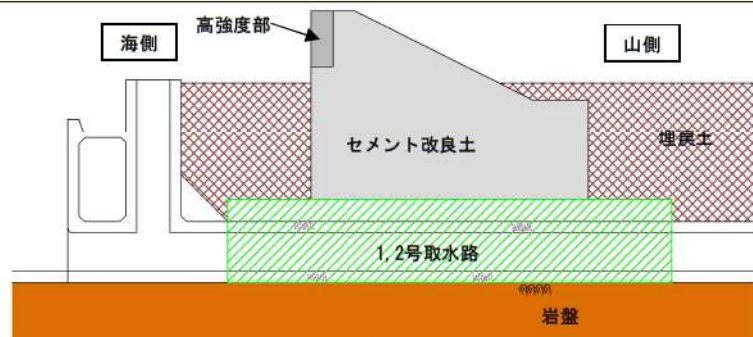
防潮堤掘株側端部断面図

※: 津波解析に影響しないと考えられるT.P.+35m以上の形状については、形状を変更する可能性がある。
また、端部形状は現在検討中であり、設置変更許可段階において形状が変更となる可能性がある。

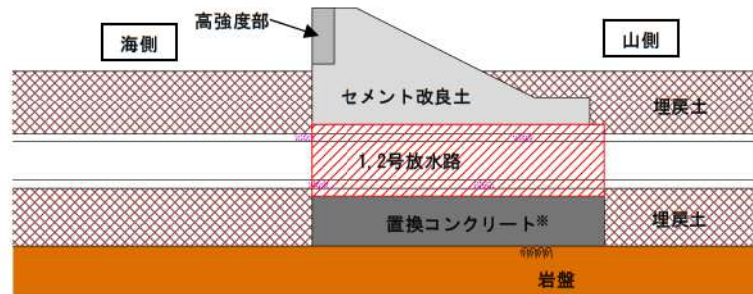
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.2 防潮堤の構造概要(1,2号取水路・放水路横断面部)(1/2)

- 1,2号取水路及び1,2号放水路を横断する範囲の防潮堤は、1,2号取水路又は1,2号放水路を介して岩盤に支持させる。
- 1,2号取水路及び1,2号放水路については、セメント改良土を上載荷重として見込んだ場合に耐震裕度が小さくなるため、当該構造物の補強等の対策を検討しており、具体的な補強等の対策の検討方針は、以下のとおりである。
 - 1,2号取水路は、頂版及び側壁の後施工せん断補強筋及び躯体の増厚による補強を検討している。
 - 1,2号放水路は、放水路下部を置換コンクリートに置き換えた後に、通水断面の構造寸法を変更せずに再構築することを検討している。
- 1,2号取水路及び1,2号放水路は、防潮堤を間接支持する構造物であることから、主たる外部事象である基準地震動に対して間接支持機能を維持することを確認する。



1,2号取水路断面イメージ図(水路縦断方向)



1,2号放水路断面イメージ図(水路縦断方向)



1,2号取水路正面イメージ図(水路横断方向)



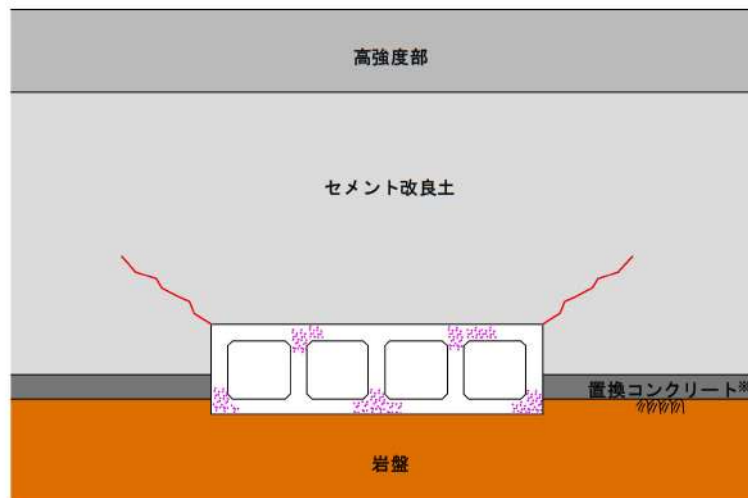
1,2号放水路正面イメージ図(水路横断方向)

※: 置換コンクリートの高さ、1,2号取水路及び1,2号放水路の補強等の対策は検討中であり、今後変更の可能性がある。

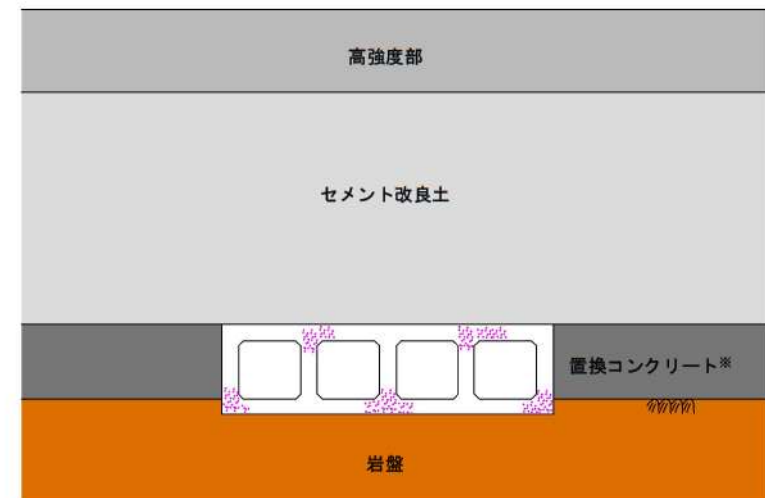
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.2 防潮堤の構造概要(1,2号取水路・放水路横断部)(2/2)

- 1,2号取水路及び1,2号放水路を横断する範囲の防潮堤をセメント改良土による堤体構造にすることに伴う悪影響は、以下のとおりである。
 - 各水路に対し、セメント改良土を上載荷重として見込んだ場合に各水路の耐震裕度が小さくなる。
⇒各水路は、耐震裕度を確保できるように再構築又は補強を行う。
 - セメント改良土内に水路が配置された場合、水路天端の隅角部に接するセメント改良土に応力集中が生じる。
⇒各水路の両脇は、水路天端高さまで置換コンクリートを構築し、水路天端の隅各部に応力集中が生じないように配慮する。



セメント改良土内に水路が配置された場合



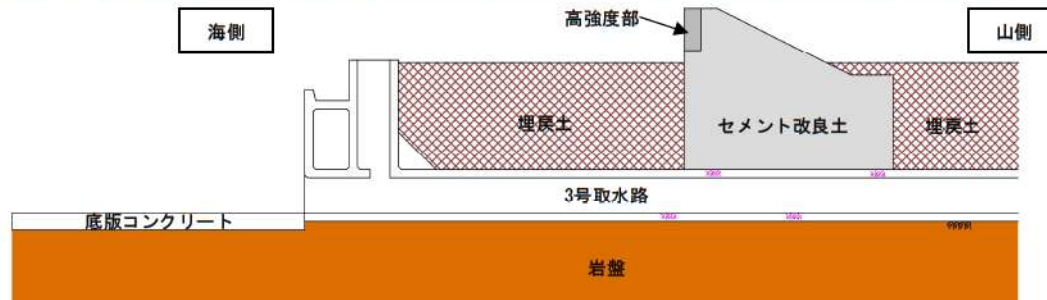
水路天端高さまで置換コンクリートを構築した場合

※: 置換コンクリートの高さ、1,2号取水路及び1,2号放水路の補強等の対策は検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.3 防潮堤の構造概要(3号取水路・放水路横断面部)

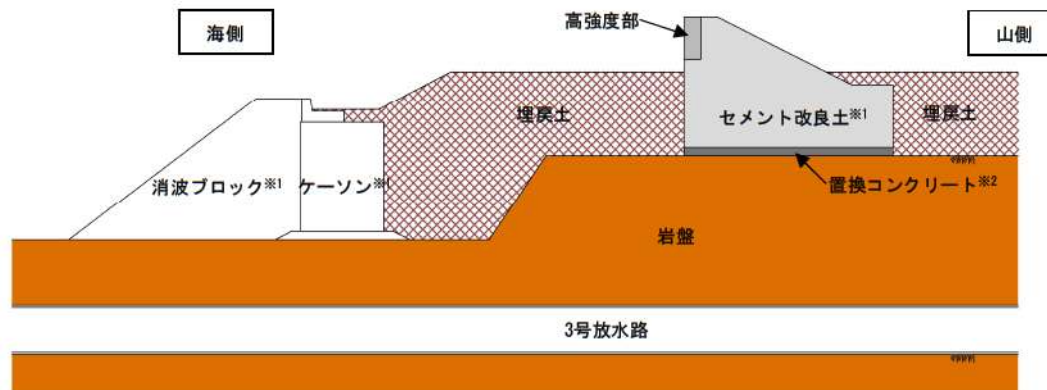
- 3号取水路を横断する範囲の防潮堤は、3号取水路を介して岩盤に支持させる。
- 3号取水路は、セメント改良土を上載荷重として見込んだ場合においても、耐震裕度を確保できる見込みであることから、3号取水路上部にセメント改良土を構築する。
- 3号放水路は、岩盤内に構築されており、3号放水路上面から岩盤上面までの離隔が十分に確保され、セメント改良土を上載荷重として見込んだ場合においても、地震に伴う損傷等による防潮堤への影響がないと考えられることから、3号放水路上部の岩盤上にセメント改良土及び置換コンクリートを構築する。



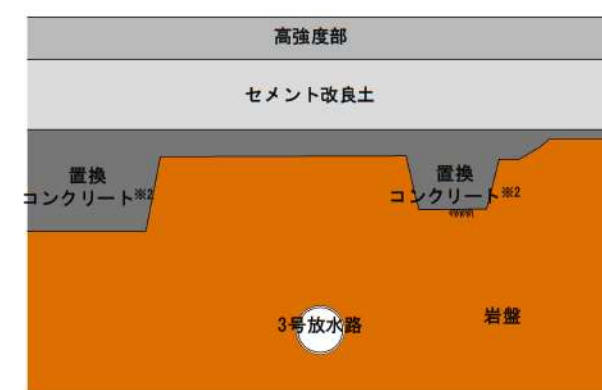
3号取水路断面イメージ図(水路縦断方向)



3号取水路正面イメージ図(水路横断方向)



3号放水路断面イメージ図(水路縦断方向)



3号放水路正面イメージ図(水路横断方向)

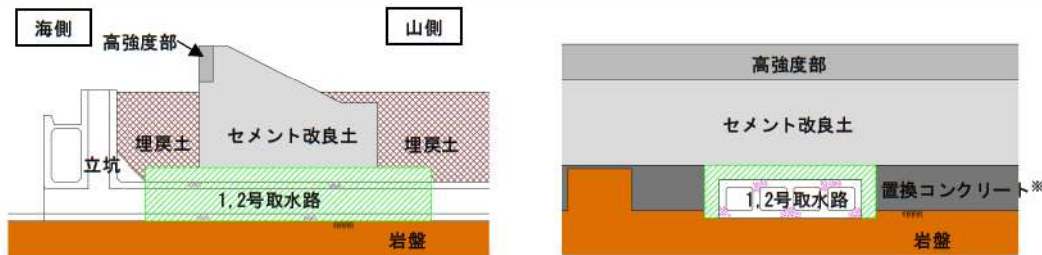
※1:消波ブロック、ケーソン及びセメント改良土は、各構造物の直交断面を図示している。

※2:置換コンクリートの高さは検討中であり、今後変更の可能性がある。

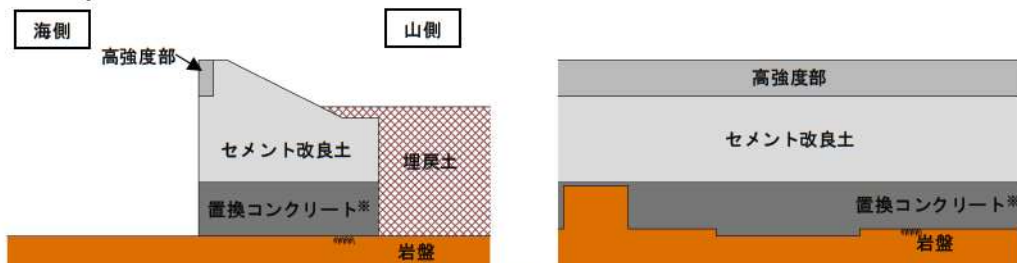
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.2.4 防潮堤より前面の構造物の扱いについて

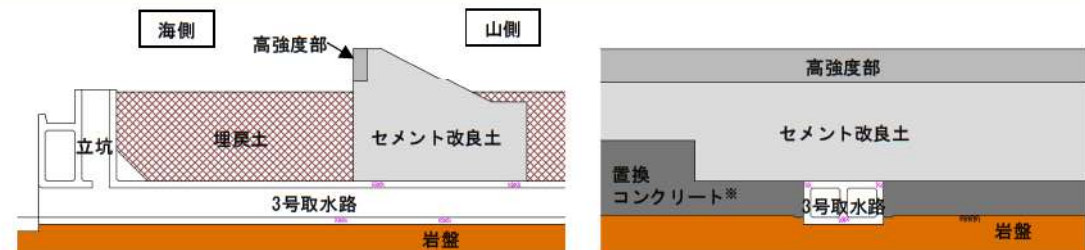
- 防潮堤下部の各水路は、必要に応じて補強等の対策を行い、各水路の健全性を確保することにより、置換コンクリートと同様に防潮堤の間接支持機能を維持することができる。
- このため、水路を横断する防潮堤の構造成立性は、水路横断部以外の防潮堤の断面で評価が可能である。
- 防潮堤の構造成立性の評価断面の選定方針は、「4.11.1 構造成立性評価断面選定フロー」及び「4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点」で説明する。
- 3号取水路は、泊発電所3号炉の新規制基準適合性審査における設計基準対象施設として、1,2号取水路及び1,2号放水路は、防潮堤の間接支持構造として、各水路の耐震計算書（設計及び工事計画認可段階）において、健全性を説明する。
- 各水路の健全性は、弱軸方向である水路横断方向で、上載荷重が大きく、水路の評価にとって厳しい条件と考えられる断面で評価する方針である。
- なお、防潮堤より海側に存在する1,2号取水路、3号取水路等の構造物及び埋戻土は、防潮堤の構造成立性評価において役割を期待しないため考慮しない。



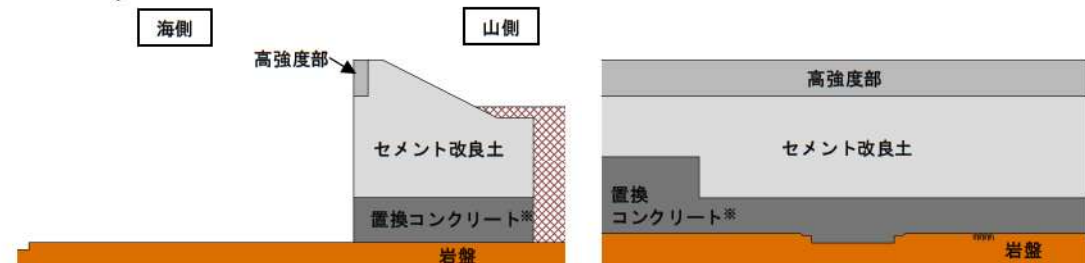
防潮堤の構造成立性評価においては、防潮堤より海側の埋戻土及び構造物は考慮せず、各水路は健全性を確保することで置換コンクリートと同様に評価する。



1,2号取水路横断部(左：水路縦断方向断面，右：水路横断方向断面)



防潮堤の構造成立性評価においては、防潮堤より海側の埋戻土及び構造物は考慮せず、各水路は健全性を確保することで置換コンクリートと同様に評価する。



3号取水路横断部(左：水路縦断方向断面，右：水路横断方向断面)

※：置換コンクリートの高さは検討中であり、今後変更の可能性がある。

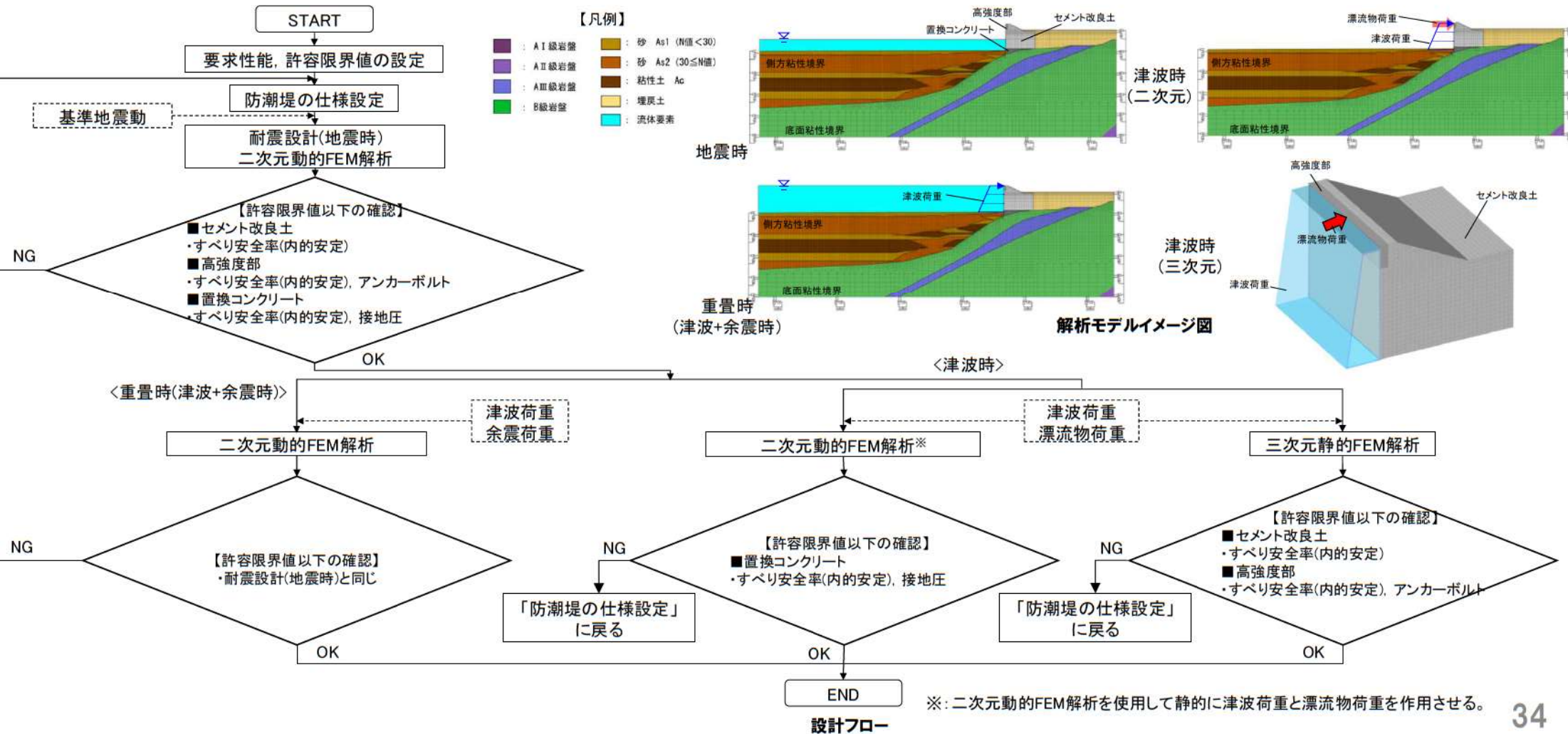
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.3.1 防潮堤（標準部）の設計フロー（1/2）

- 防潮堤（標準部）の設計フロー及び解析モデルのイメージは、次頁のとおりである。
- 防潮堤（標準部）は、線状構造物あり、弱軸・強軸方向が明確であることから、弱軸方向の断面において、二次元動的FEM解析による有効応力解析で評価することを基本とする。
- ただし、地震荷重及び津波荷重は汀線方向に一樣に作用することに対し、漂流物荷重は局所的に作用する荷重であるため、津波時における評価は、以下のとおり、二次元動的FEM解析と三次元静的FEM解析を使い分ける。
 - 漂流物荷重が直接作用しない置換コンクリートについては、汀線方向に一樣に津波荷重のみが作用するため、二次元動的FEM解析で評価する。
 - 漂流物荷重が直接作用するセメント改良土及び高強度部については、局所的に作用する漂流物荷重の影響を精緻に考慮するため、三次元静的FEM解析で評価する。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

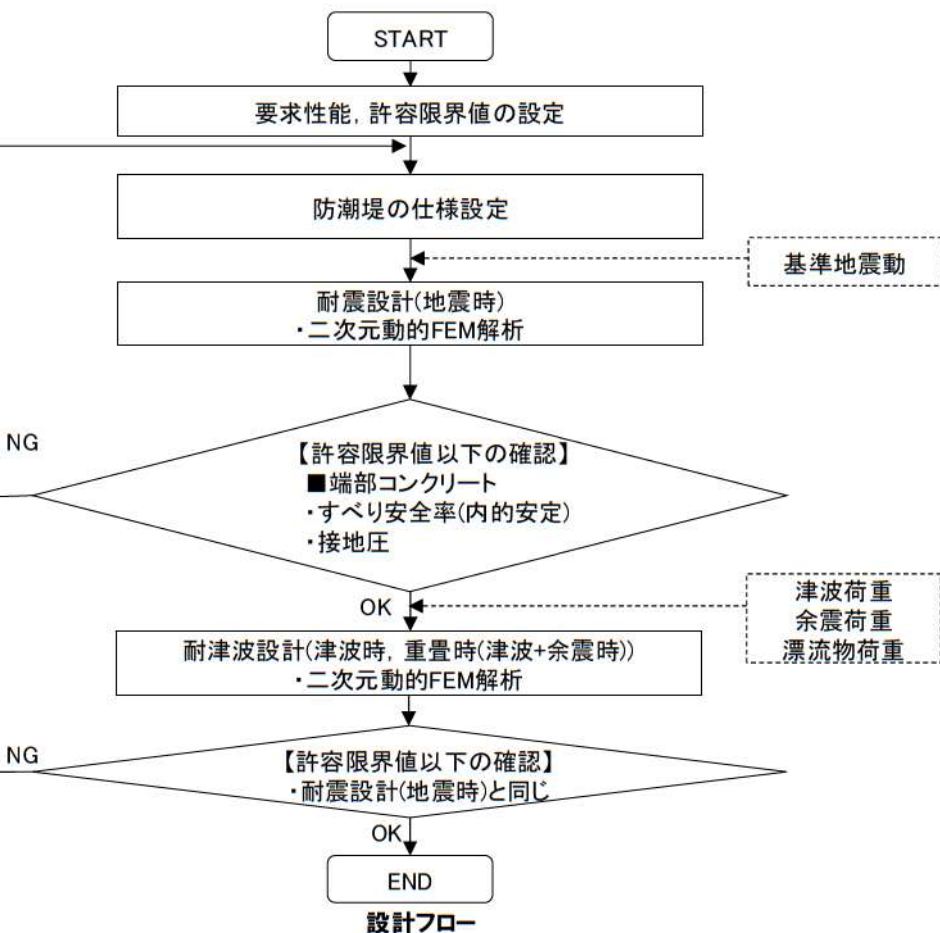
3.3.1 防潮堤（標準部）の設計フロー（2/2）



3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.3.2 防潮堤(端部)の設計フロー

- 防潮堤(端部)の設計フロー及び解析モデルのイメージは、以下のとおりであり、二次元動的FEM解析は有効応力解析にて実施する。
- 防潮堤(端部)は、局所的に作用する漂流物荷重の影響を保守的に考慮するため、津波時においても二次元動的FEM解析で評価する。



解析モデルイメージ図

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

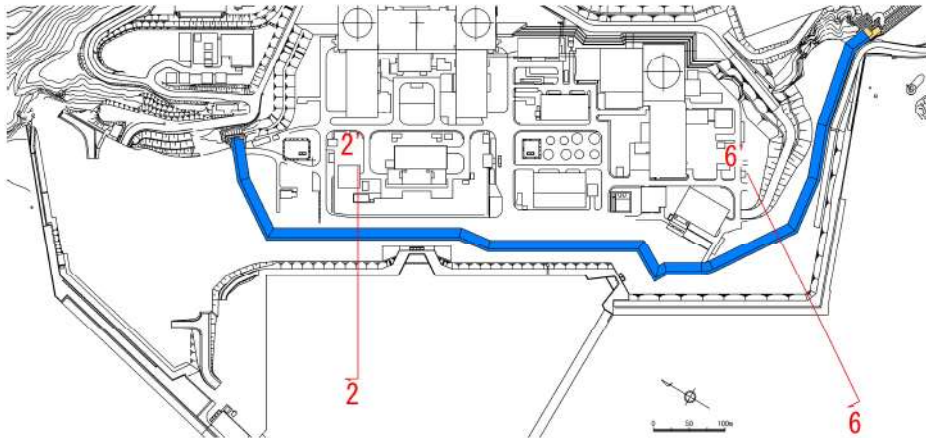
3.4 液状化強度特性の設定方針

- 防潮堤の設計においては、有効応力解析により液状化の影響を確認する。
- 設計に用いる液状化強度特性は、「地盤の液状化の評価方針について」(別途説明中)の結果を踏まえて設定する。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.5 構造成立性評価地震波の選定

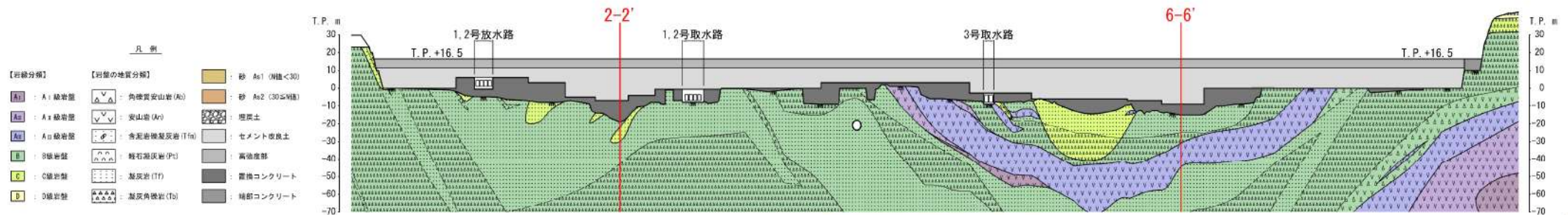
- 構造成立性評価のための地震波選定フローを以下に示す。
- 構造成立性評価に用いる地震波は、「4. 11. 3 構造成立性評価断面の選定結果」で選定した構造成立性評価断面（地点）の前面位置における地盤モデルを用いた一次元波動論による地震応答解析の応答結果から、防潮堤で発生するせん断応力、変位等を考慮して選定する。



断面位置図



構造成立性評価地震波選定フロー



3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.6 漂流物荷重について(1/3)

- 漂流物として考慮する対象は、現在整理中であり、「第5条_耐津波設計方針」において説明する。
- 設置変更許可段階において、防潮堤の設計に用いる漂流物荷重は、基準津波が未確定であることから、保守的に設定する。
- 基準津波確定後、設置変更許可段階で設定した漂流物荷重が、保守的な設定であることを確認する。
- 漂流物対策工として、漂流物が衝突し、損傷が想定されるセメント改良土の一部をセメント改良土より高強度である無筋コンクリートとする（以下、「高強度部」という。）。
- 高強度部については、防潮堤の一部であるため、津波防護施設として位置付け、設置変更許可段階において構造成立性を説明する。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.6 漂流物荷重について(2/3)

- 設置変更許可段階における漂流物荷重は、以下のとおり設定する。
 - 対象となる漂流物は、直近海域において4.9t船舶、前面海域において19.81t船舶と設定した。
 - 車両については、基準津波の解析結果(流向・流速・軌跡)や車両の走行・駐停車の不確かさ等の検討結果を踏まえて選定する方針であり、「第5条_耐津波設計方針」において説明する。
 - 漂流物荷重の算定式は、漂流物の初期位置を考慮して使い分ける。
 - 漂流物荷重の算定に用いる流速は、基準津波が未確定であるものの、現状想定される流速から18m/sと設定した。
 - 上記に仮定した条件で算定した漂流物荷重を包含する漂流物荷重として、評価に用いる漂流物荷重は2,000kNとし、載荷面積は1m²とする。
- 対象漂流物、衝突速度、漂流物荷重算定式、漂流物荷重の載荷面積等の考え方は、「第5条_耐津波設計方針」において説明する。
- 基準津波確定後、設置変更許可段階で設定した漂流物荷重が保守的であることを確認した上で、設計及び工事計画認可段階では、基準津波の結果を踏まえた現実的な漂流物荷重で防潮堤の評価を行う。
- 設計及び工事計画認可段階において、漂流物荷重が上振れした場合においても、漂流物対策工の仕様を見直すこと(強度の見直し他)で、構造成立性の確保が可能である。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.6 漂流物荷重について(3/3)

漂流物荷重の保守的な設定について

影響因子	設置変更許可段階※1		設計及び工事計画認可段階
対象漂流物 (算定式)	直近海域	前面海域	漂流物評価結果を踏まえて選定する。
	4.9t船舶 (FEMA2012)	19.81t船舶 (道路橋示方書)	
衝突速度	18m/s		安全側に敷地における最大津波流速を用いる。
衝突位置(標高)	防潮堤天端(T.P.+16.5m)		漂流物の衝突荷重が作用する位置は、安全側に最大津波高さ(入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さを含む)を用いる。
荷重組合せ	常時荷重 + 津波荷重 + 漂流物荷重		最大津波高さと最大津波流速は同地点・同時刻に発生しないものの、安全側に漂流物の衝突荷重(最大津波流速)と津波荷重(最大津波高さ)が同時に作用する組合せを考慮する。
衝突形態 (漂流物の向き)	防潮堤に対して直交方向に作用させる		非線形構造解析において、衝突形態(漂流物の向き)の影響を検討した上で、安全側になる条件を考慮する。
作用面積	1m ² あたりの荷重として作用させる		非線形構造解析において、作用面積の影響を検討した上で、安全側になる条件を考慮する。
漂流物荷重	1,691kN※2	1,059kN※2	上記を踏まえて、適切な漂流物荷重を算定し、防潮堤の評価に用いる。
	< 2,000kN		

※1: 防潮堤の構造成立性評価(設置変更許可段階)に用いる仮定の数値であり、設計及び工事計画認可段階においては、基準津波を踏まえた現実的な漂流物荷重で評価を行う。

なお、対象漂流物、衝突速度、漂流物荷重算定式、漂流物荷重の載荷面積等の考え方は、「第5条 耐津波設計方針」において説明する。

※2: 漂流物荷重は、4.9t船舶を5t船舶として、19.81t船舶を20t船舶として算出した。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

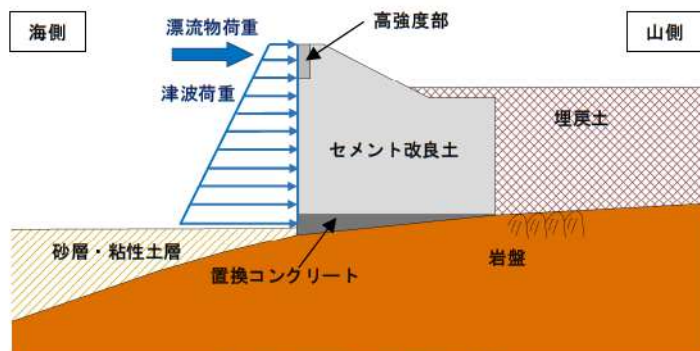
3.7 荷重の組合せについて

- 設計における検討ケースは、荷重の組合せを考慮し、以下のとおりとする。
- 防潮堤は、地震後及び津波後の再使用性と津波の繰返し作用を考慮し、構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう設計する。
- 津波時及び重畳時の検討においては、基準地震動による敷地地盤の沈下量を考慮した上で評価する。
- 防潮堤の海側にある埋戻土、既設護岸及び既設構造物は、役割を期待しないことから、構造成立性評価においてモデル化しない。

検討ケース	荷重の組合せ※1
地震時	常時荷重 + 地震荷重
津波時※2	常時荷重 + 津波荷重 + 漂流物荷重
重畳時※2 (津波+余震時)	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重

※1: 自然現象による荷重(風荷重及び積雪荷重)は設備の設置状況、構造(形状)等の条件を含めて適切に組み合わせを反映する。

※2: 基準地震動の影響を考慮する。



例: 津波荷重+漂流物荷重

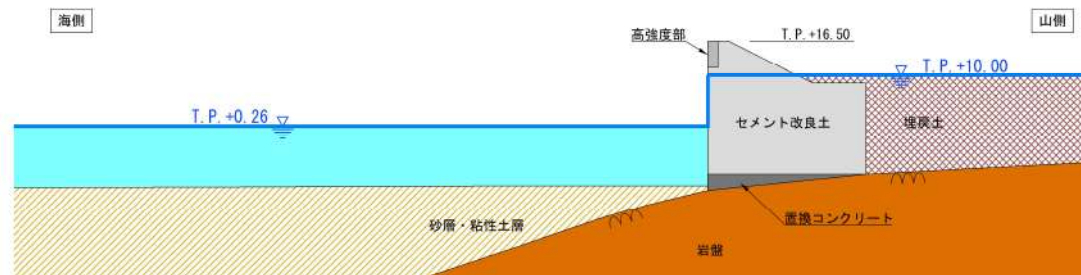
荷重	内容
常時荷重	構造物の自重
自然現象による荷重	風荷重, 積雪荷重
地震荷重	基準地震動を作用させる
余震荷重	余震による地震動を考慮する
津波荷重	津波荷重(津波波力)を考慮する なお、設計用津波波力については、朝倉式に基づき算定する
津波荷重 (重畳時)	余震作用時に、防潮堤前面に入力津波高さの海水が存在することを想定して、動水圧を作用させる
漂流物荷重	設置変更許可段階においては、保守的に設定した漂流物荷重を作用させる

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

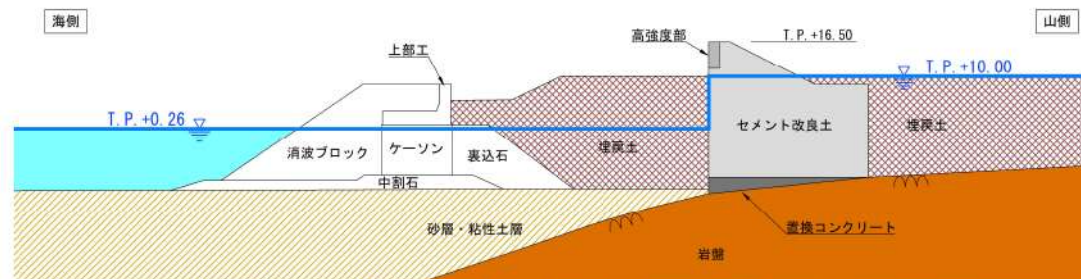
3.8 地下水位の設定方針(1/2)

- 設計に用いる地下水位は、以下のとおりである。
- 防潮堤から山側の地下水位は、防潮堤の設置によって地下水の流れが遮断され、地下水位が上昇する可能性があることを踏まえ、地表面に設定する。
- 構造成立性を評価する場合は、防潮堤より海側の埋戻土及び既設護岸を考慮しないモデルを基本モデルとする。
- 既設護岸による防潮堤の構造成立性への影響は、埋戻土及び既設護岸を考慮したモデルで評価する。

防潮堤から海側	朔望平均満潮位(T.P.+0.26m)として設定
防潮堤から山側	地表面(T.P.+10.00m)として設定



地下水位の設定(構造成立性評価の基本モデル)

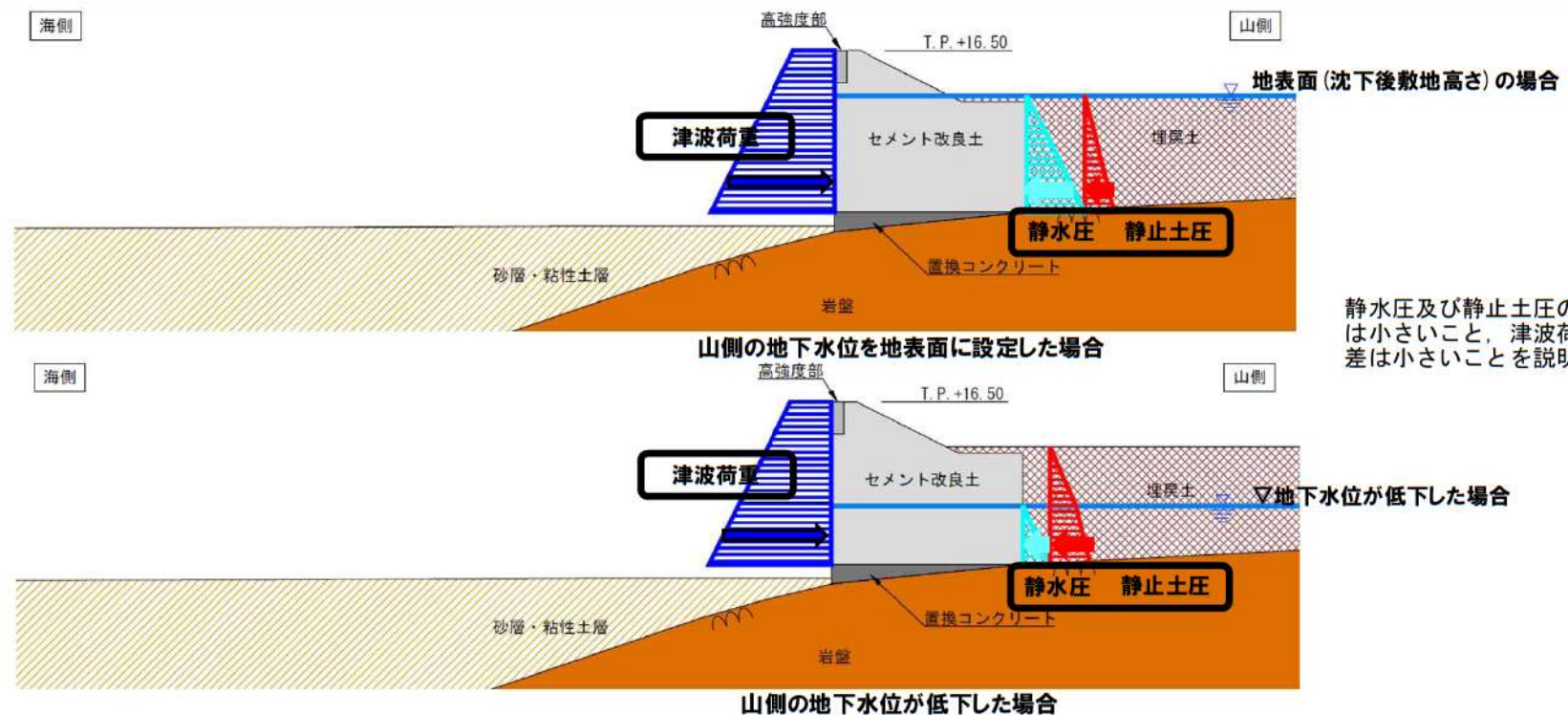


地下水位の設定(既設護岸による防潮堤の構造成立性への影響を評価するモデル)

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.8 地下水位の設定方針 (2/2)

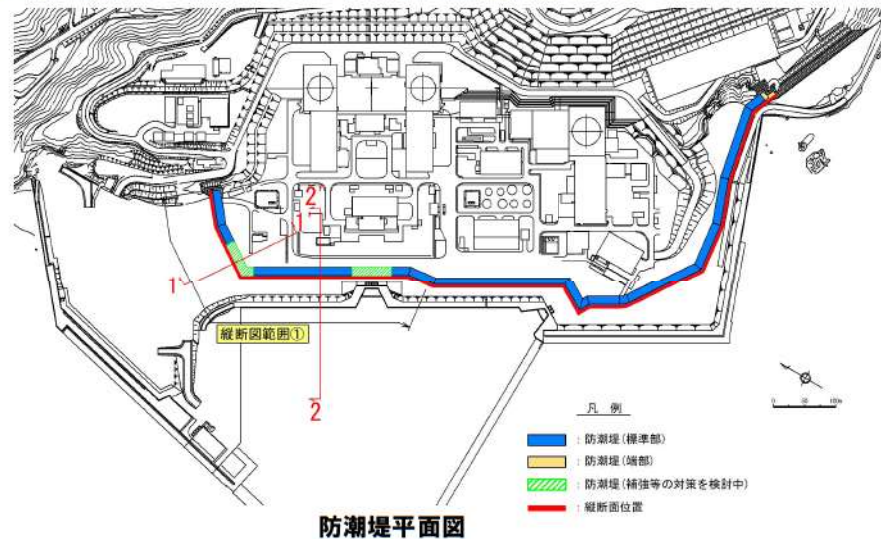
- 防潮堤から山側の地下水位は、津波時及び重畳時において作用する静水圧及び静止土圧に着目し、地下水位が地表面の場合と地下水位が低下した場合で比較した上で、以下の理由から、地表面に設定する方針である。
 - 地下水位が地表面の場合と低下した場合の静水圧及び静止土圧の差は、津波荷重と比較して小さく、構造成立性に与える影響は小さいと考える。
 - 地下水が深の埋戻土の重量は水中単位体積重量となり、埋戻土の拘束圧が小さくなるため、地表面の場合、地下水位が低下した場合と比較して、埋戻土の強度は低下し、受働抵抗が減少する。
- 地下水位が低下した場合の水位は、地下水位低下設備の影響を考慮した上で設定する。
- 津波荷重と静水圧及び静止土圧の比較結果は、設計に用いる津波荷重が決まった段階で説明する。



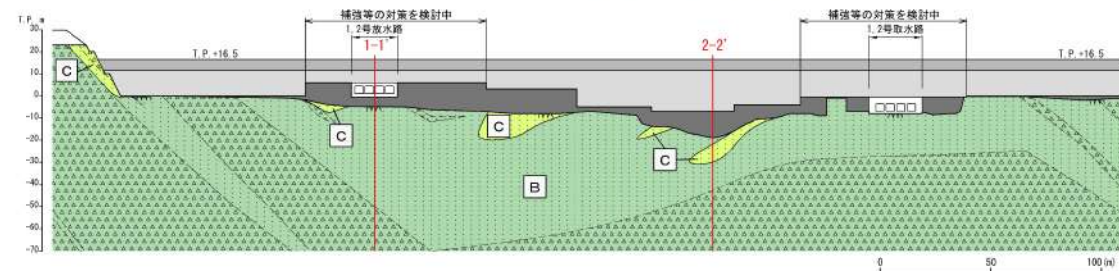
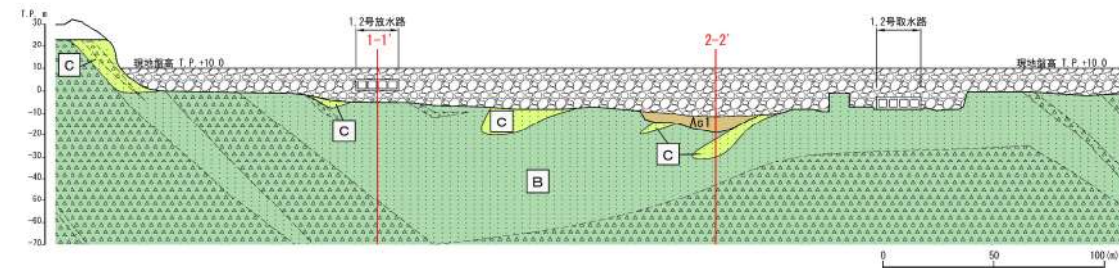
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (1/11)

- 防潮堤設置位置の地質は、凝灰岩及び凝灰角礫岩、含泥岩礫凝灰岩、角礫質安山岩、安山岩が認められる。
- 防潮堤設置位置の岩級は、泊発電所の岩盤分類基準に基づいたB級、C級及びA_{III}級以上が認められる。
- 防潮堤の縦断方向の断面(縦断図範囲①)を以下に示す。



【岩盤分類】	【地盤の地質分類】	
A _I : A _I 級岩盤	A _Δ Δ : 角礫質安山岩(A _Δ)	砂: As1 (粒径<30)
A _{II} : A _{II} 級岩盤	A _Δ : 安山岩(A _Δ)	砂: As2 (30≦粒径)
A _{III} : A _{III} 級岩盤	φ : 含泥岩礫凝灰岩(TF _泥)	堆積土
B : B級岩盤	△△ : 緑泥岩凝灰岩(P _△)	セメント改良土
C : C級岩盤	□ : 凝灰岩(TF)	黄砂地盤
D : D級岩盤	△△△ : 凝灰角礫岩(T _△)	置換コンクリート
		埋戻コンクリート

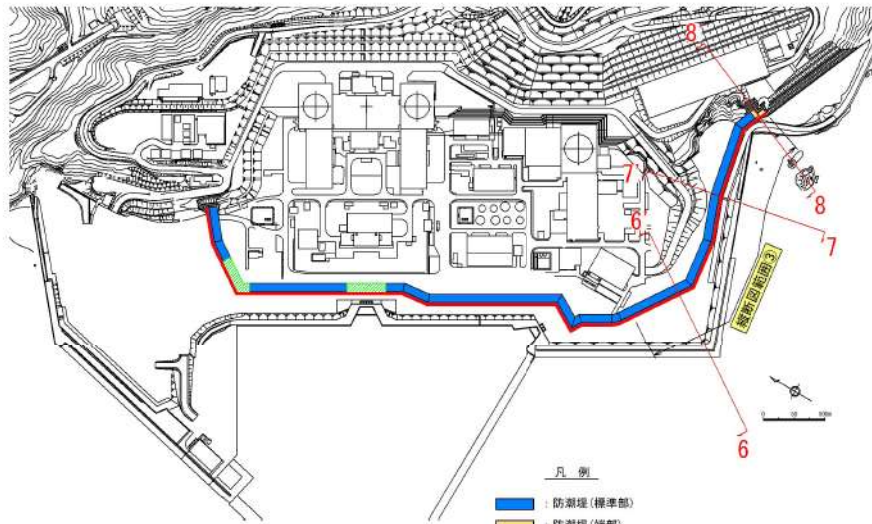


※:セメント改良土下部及び水路横断部における置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

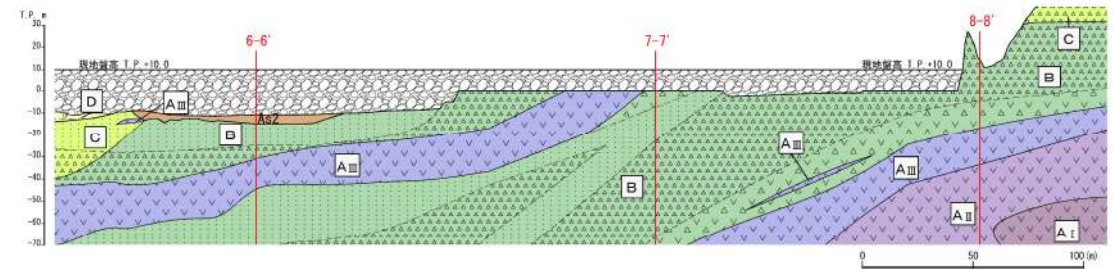
3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (3/11)

○ 防潮堤の縦断方向の断面 (縦断図範囲③) を以下に示す。

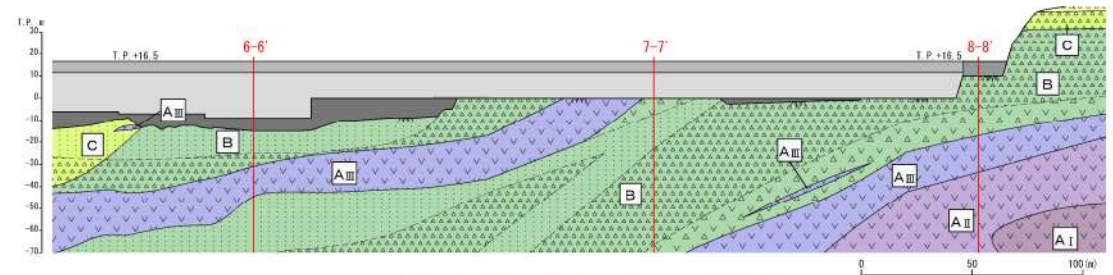


防潮堤平面図

【地盤分類】	【地質の地質分類】	【地質の地質分類】
A1: A1 級岩盤	A1: A1 級岩盤	砂: As1 (粒径<30)
A2: A2 級岩盤	A2: A2 級岩盤	砂: As2 (30≦粒径)
A3: A3 級岩盤	A3: A3 級岩盤	堆積土
B: B 級岩盤	B: B 級岩盤	セメント改良土
C: C 級岩盤	C: C 級岩盤	青洲灰土
D: D 級岩盤	D: D 級岩盤	置換コンクリート
		端部コンクリート



防潮堤設置前の縦断図 (縦断図範囲③)



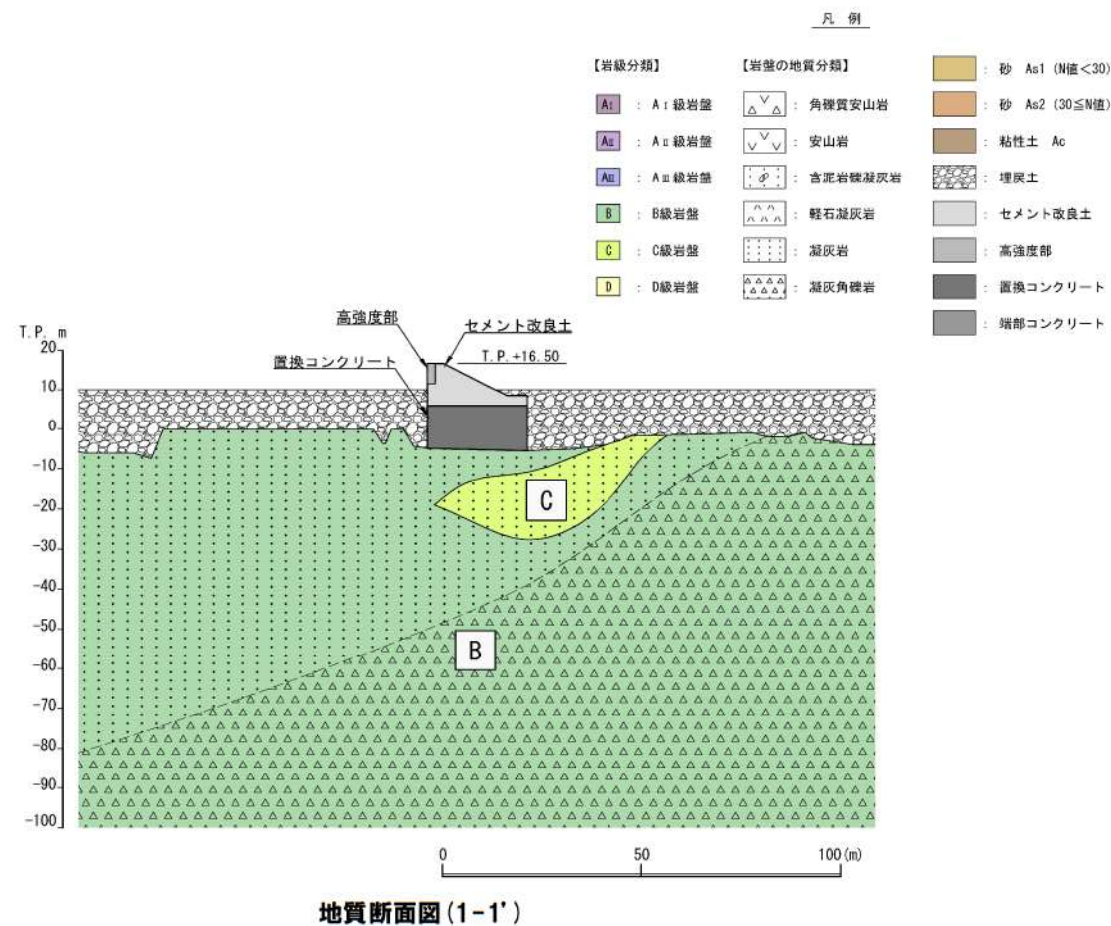
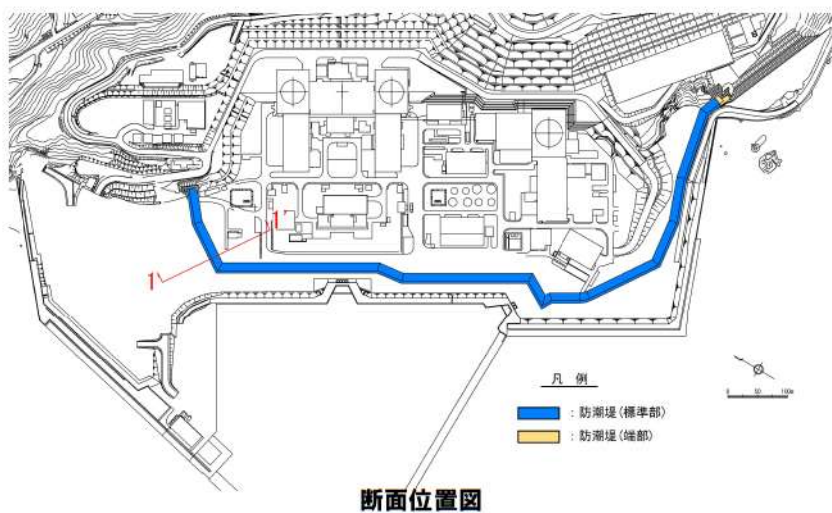
防潮堤設置後の縦断図 (縦断図範囲③)

※: セメント改良土下部及び水路横断部における置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (4/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (1-1' 断面) を以下に示す。

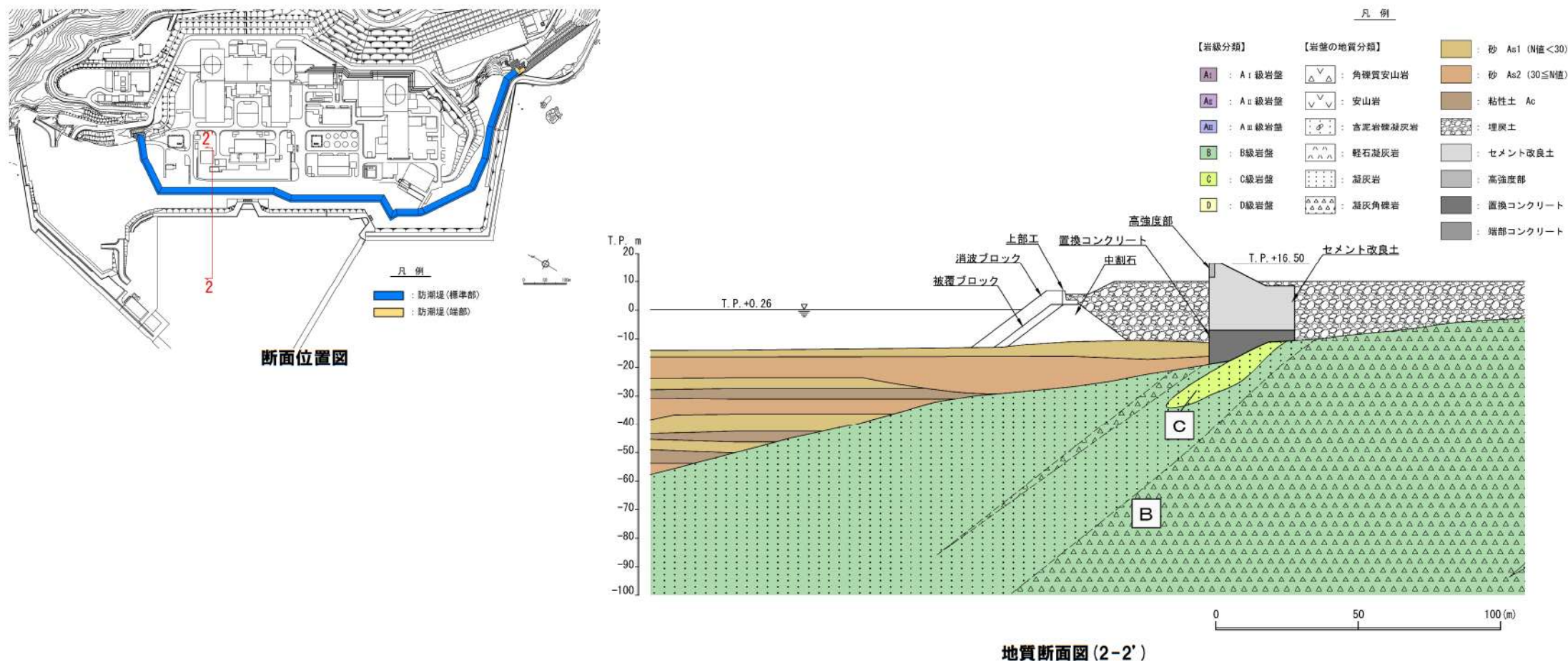


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (5/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (2-2' 断面) を以下に示す。

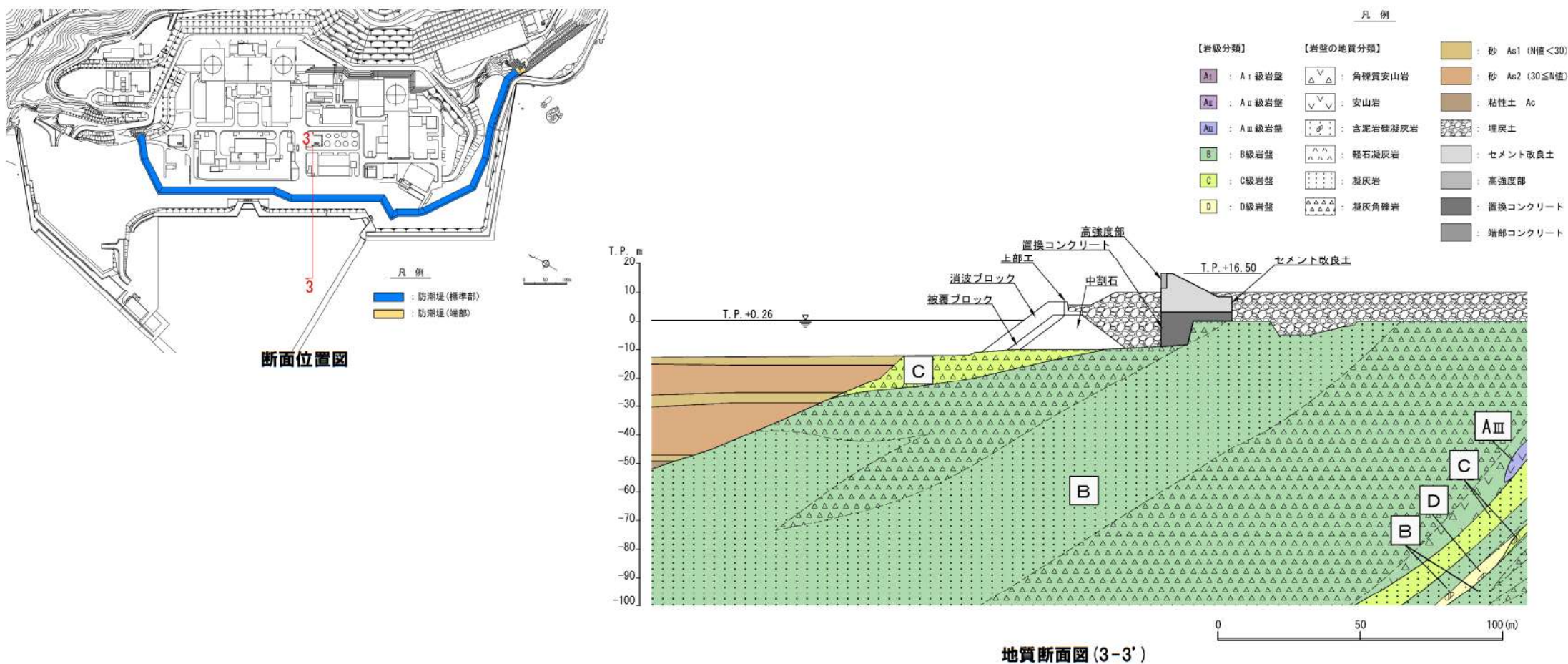


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (6/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (3-3' 断面) を以下に示す。

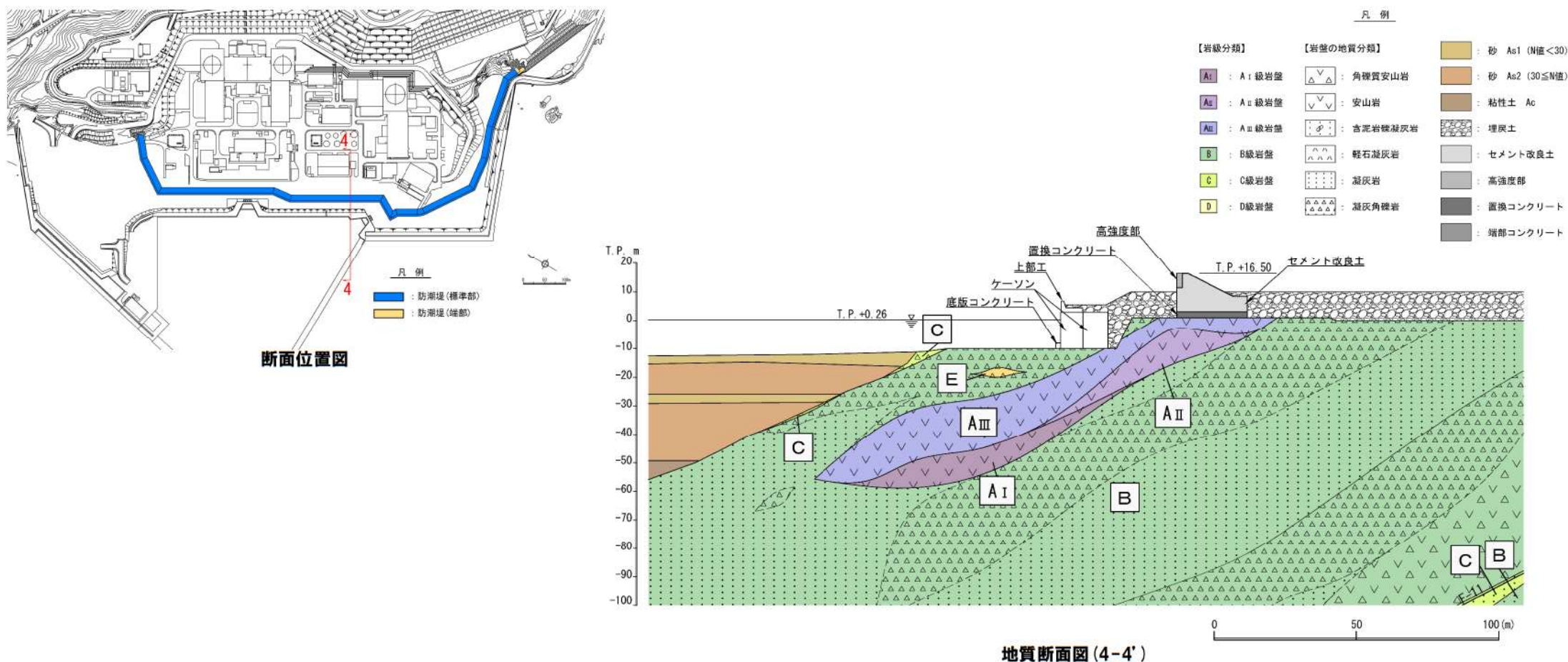


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (7/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (4-4' 断面) を以下に示す。

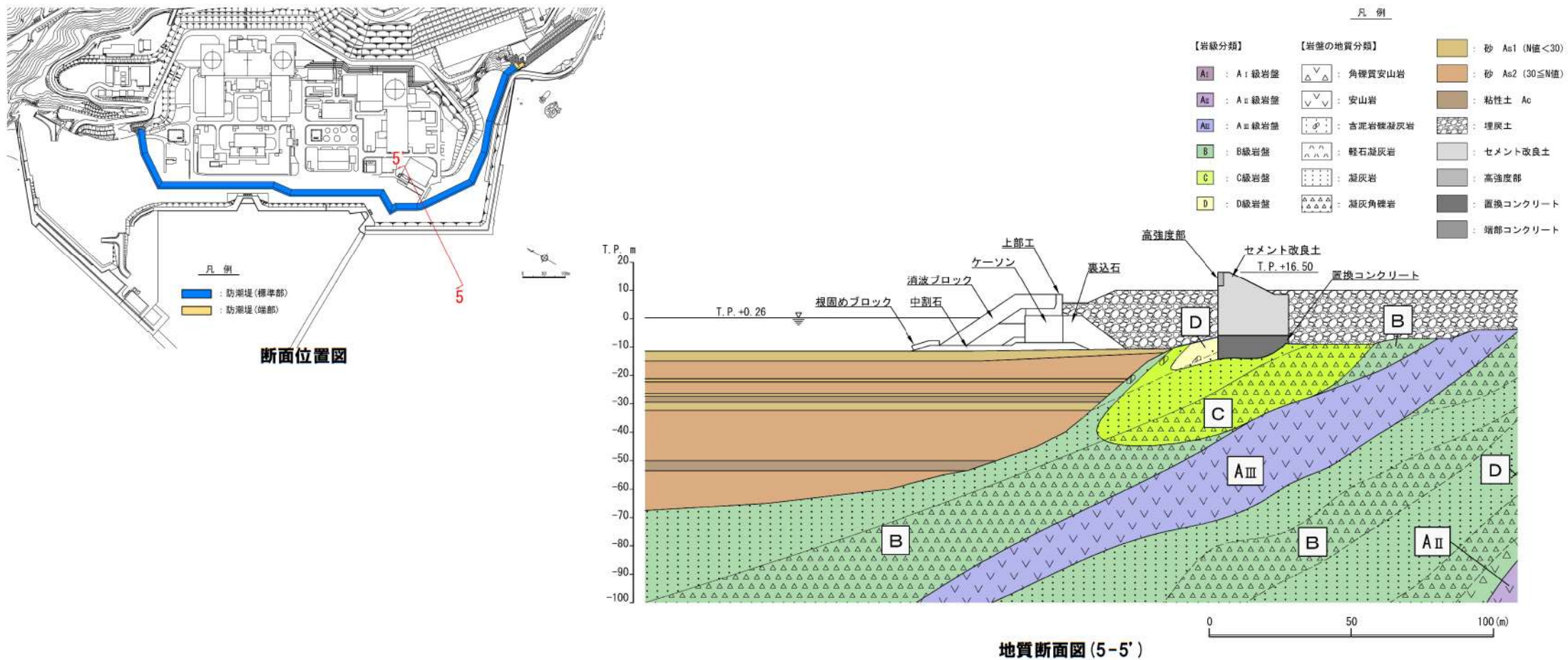


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (8/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (5-5' 断面) を以下に示す。

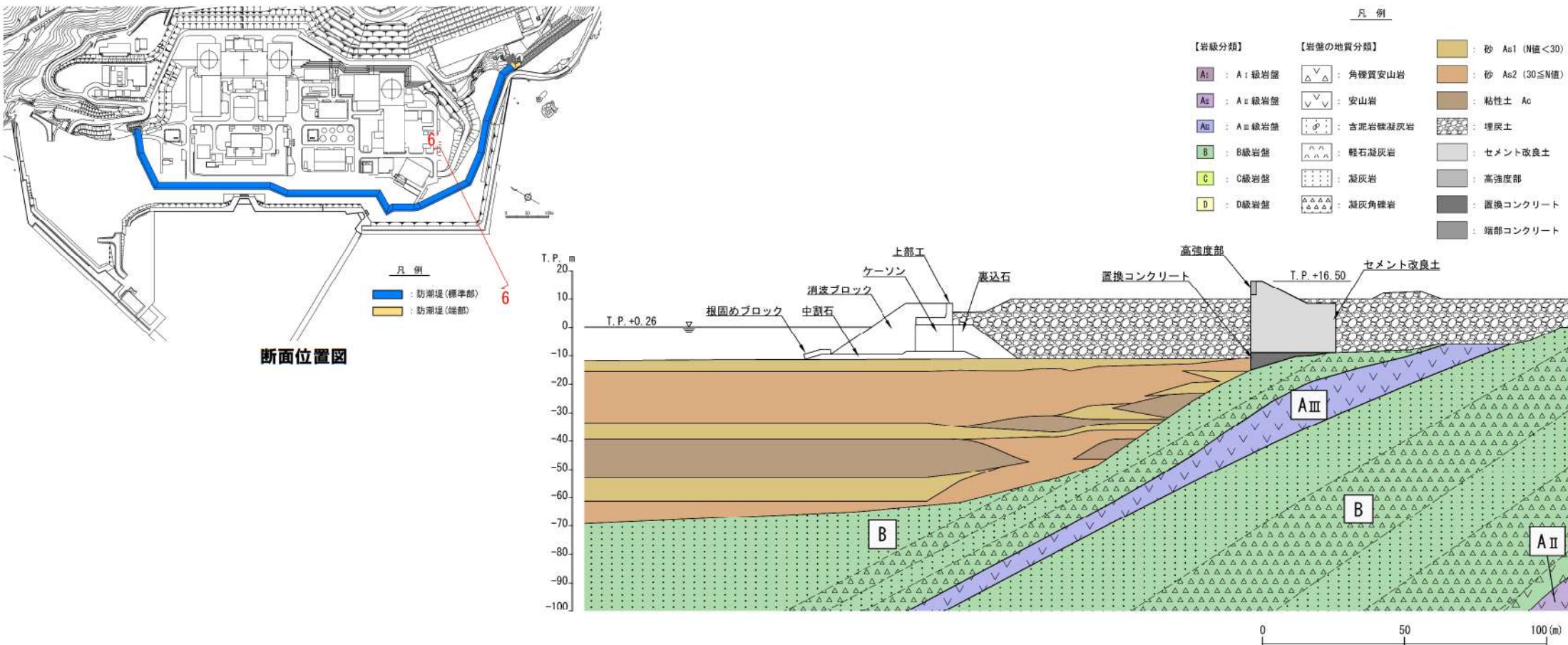


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (9/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (6-6' 断面) を以下に示す。

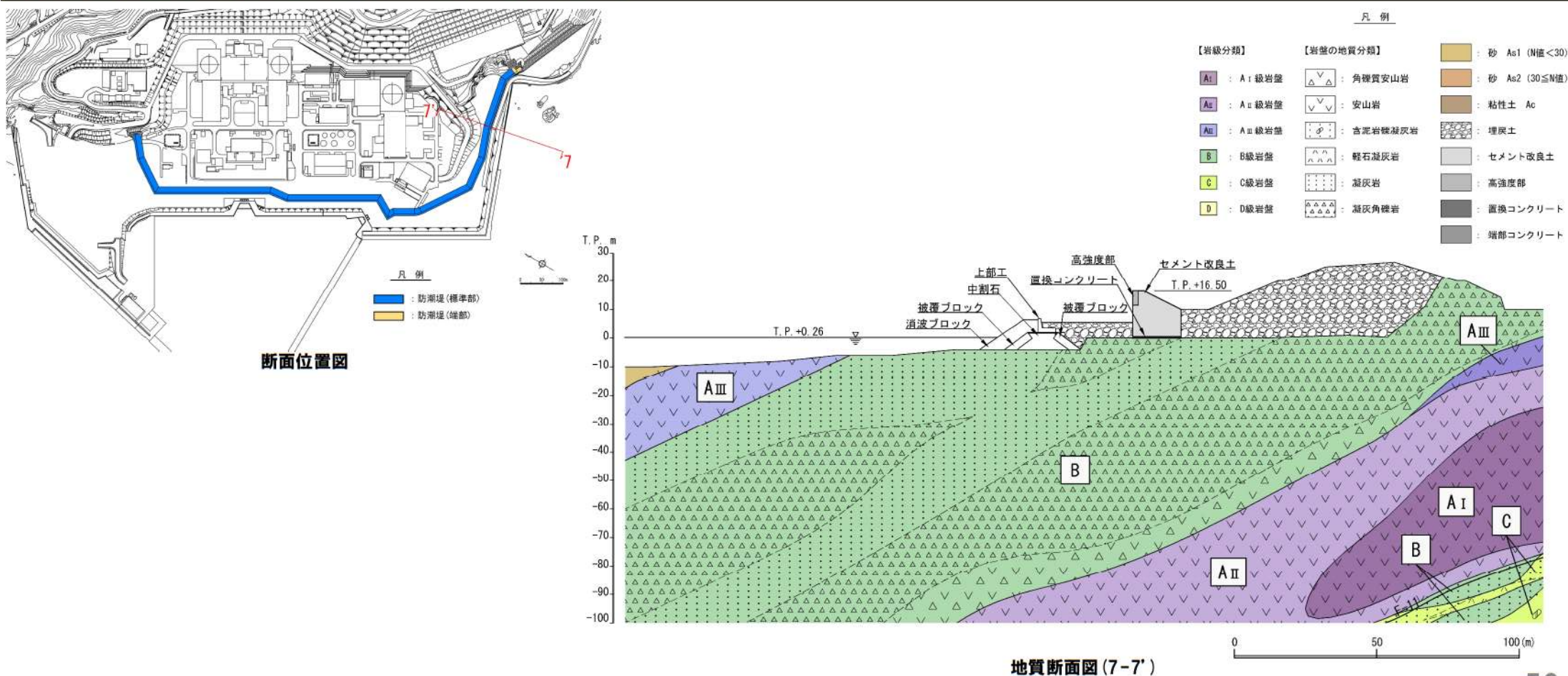


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.9 防潮堤設置位置の地質構造(10/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図(7-7'断面)を以下に示す。

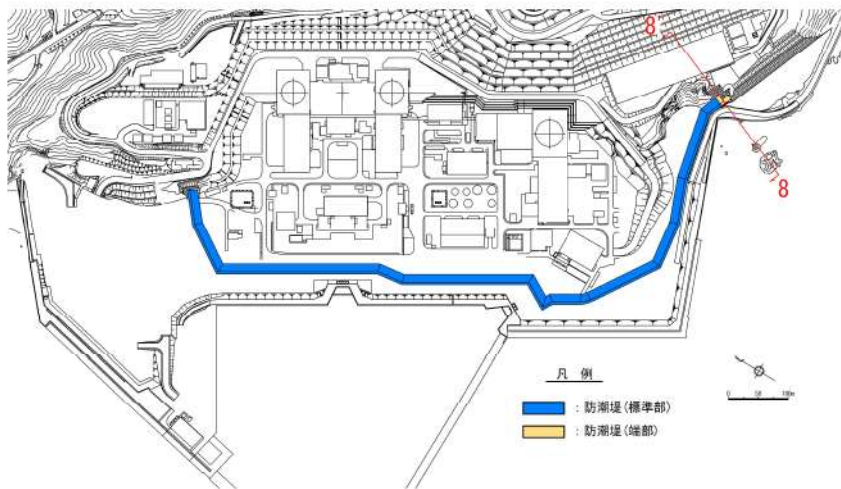


※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

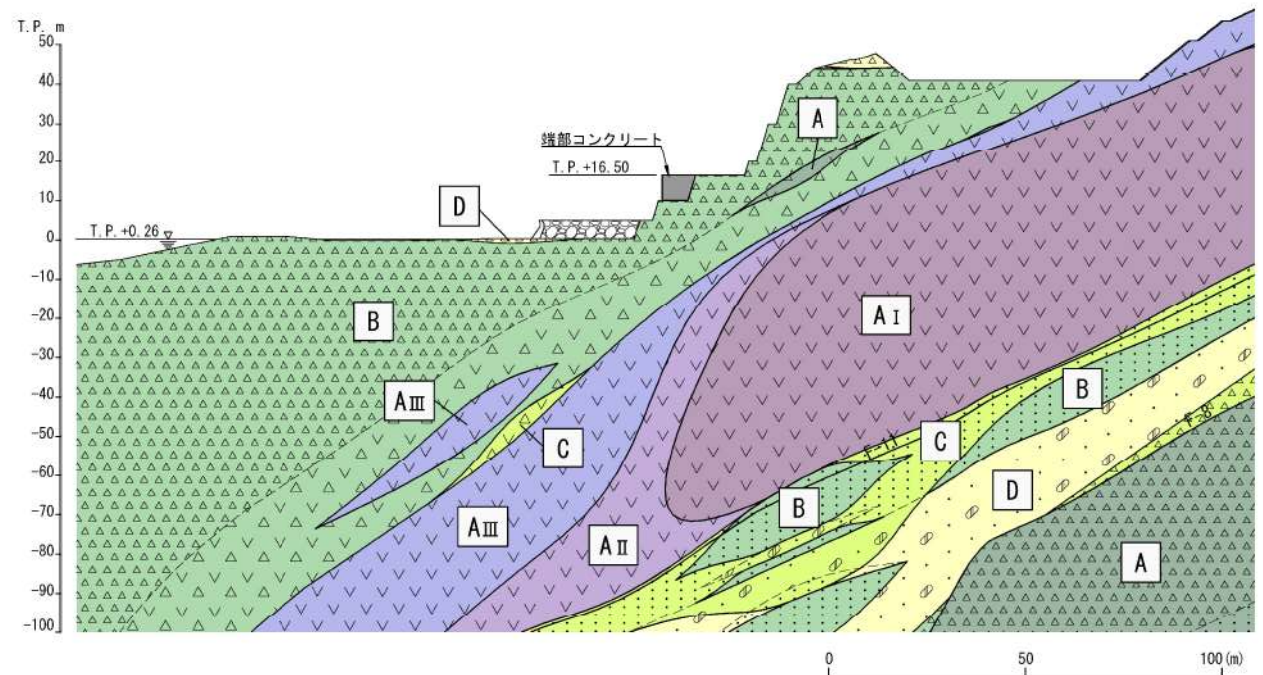
3.9 防潮堤設置位置の地質構造 (11/11)

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図 (8-8' 断面) を以下に示す。



断面位置図

【岩級分類】	【岩盤の地質分類】	
AⅠ : AⅠ級岩盤	△ : 角礫質安山岩	砂 As1 (N値<30)
AⅡ : AⅡ級岩盤	▽ : 安山岩	砂 As2 (30≦N値)
AⅢ : AⅢ級岩盤	◇ : 含泥岩礫凝灰岩	粘性土 Ac
B : B級岩盤	△△ : 軽石凝灰岩	埋戻土
C : C級岩盤	□ : 凝灰岩	セメント改良土
D : D級岩盤	△△△ : 凝灰角礫岩	高強度部
		置換コンクリート
		端部コンクリート



地質断面図 (8-8')

※: 端部コンクリートの形状は検討中であり, 今後変更の可能性がある。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10 解析用物性値

- 防潮堤の設計に用いる解析用物性値のうちセメント改良土の物性値は、構造成立性を評価するに当たり、文献等に基づき設定するため、他の解析用物性値に先行して説明する。
- セメント改良土は、室内配合試験の結果から、文献等に基づき設定した解析用物性値を満足する見通しがあることを説明する。
- 置換コンクリートや防潮堤（端部）のコンクリートの物性値については、コンクリート標準示方書に基づき設定しており、防潮堤の解析条件と併せて説明する。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（1/9）

- セメント改良土は、発電所構内から採取した岩盤を所定の粒径以下に粒度調整した骨材に、セメント及び水等を生コンクリート製造設備と同様の設備で混合して製造する。
- 骨材は、防潮堤構築時の掘削土ではなく、発電所構内の地山を新たに掘削した岩盤を使用するため、細骨材及び粗骨材の品質のばらつきは小さいと考える。
- セメント改良土の配合は、設計で想定する品質のばらつきを考慮した上で、解析用物性値を満足する配合を検討している。
- 今後、設計及び工事計画認可段階で品質管理方針を示した上で、所定の物性値が確保されていることを施工時の品質管理で確認する。

セメント改良土の構築材料

構築材料		仕 様
セメント		フライアッシュセメント(詳細検討中)
水		「練混ぜ水の品質確認試験(JIS A 5308付属書C)」を満足するもの
骨 材	細骨材(9.5mm以下)	火砕岩類(B級及びC級) ふるい(9.5mm)を通過する材料
	粗骨材(9.5～37.5mm)	安山岩(AⅢ級以上) ふるい(37.5mm)を通過し、ふるい(9.5mm)に留まる材料
混和剤		流動化剤、増粘剤等(詳細検討中)

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（2/9）

○ セメント改良土の物性値のうち、一軸圧縮強度については設計値に基づき設定し、その他の物性値は既往文献等に基づき設定する。

		物理特性			強度特性						変形特性				
		密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	一軸圧縮強度 q_u (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	健全		残留		静的特性		動的特性		
							せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	せん断強度 τ (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_0 (10 ³ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
物 性 値		2.10	1200	2400	6.50	0.65	1.30	26.0	0	37.0	8.0	0.33	3.0	0.33	3
設定 根拠	根拠	母材となる 3号B・C級の 平均値	下記文献の V_s - q_u グラフ から設定	$\nu_s=[(V_p/V_s)^2-2]/[2\{(V_p/V_s)^2-1\}]$	構造成立性に 必要な一軸 圧縮強度	一軸圧縮強度の 1/10	一軸圧縮強度 の1/5	下記文献の 地盤改良体の 下限値相当	下記文献の 地盤改良体の 粘着力≒0	下記文献の 地盤改良体の 下限値相当	$E_s=2(1+\nu_s)G_0$	下記文献の 処理土の 一般値	$G_0=\rho V_s^2$	静ポアソン比 と同値	下記文献より 岩盤相当
	出典	既工認資料、 「事前混合処理 工法 技術マ ニュアル(改訂 版)」((財)沿岸 技術研究セン ター)	「事前混合処理 工法 技術マ ニュアル (改訂版)」 ((財)沿岸技 術研究セン ター)	一般式	任意設定	「建築基礎のた めの地盤改良設計 指針案」((社)日 本建築学会)では $q_u/5$ であるが、保 守的に $q_u/10$ と設 定	「乾式キャスク を用いる使用済 燃料中間貯蔵 建屋の基礎構 造の設計に関 する技術規程 JEAC4616- 2009」((社)日 本電気協会)	「建築基礎のための地盤改良設計指針案」 ((社)日本建築学会)		一般式	「事前混合処理 工法 技術マ ニュアル(改訂 版)」((財)沿岸 技術研究セン ター)	一般式	—	「設計用地盤定 数の決め方— 岩盤編—」 ((社)地盤工学 会)、「原子力発 電所の基礎地 盤及び周辺斜 面の安定性評 価技術<技術資 料>」((社)土木 学会)	

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（3/9）

- 「一軸圧縮強度」は、設計上必要な強度を設定する。
- 「せん断強度」は、「乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 JEAC4616-2009（社団法人日本電気協会、平成21年）」に基づき、一軸圧縮強度の1/5倍とする。
- 「引張強度」は、「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会、2006年）」では、一軸圧縮強度の1/5であるが、保守的に一軸圧縮強度の1/10とする。

(2) Ss地震時荷重に対する検討で用いる強度

Ss地震時荷重に対する検討で用いる改良体の強度は、改良体の設計圧縮強度 X_{SC} に基づいて設定する。

a. 圧縮強度

Ss地震時荷重に対する検討で用いる改良体の圧縮強度は次のように設定する。

$$ssf_{sc} = X_{sc} \quad (2.1.2-6)$$

ここで、

ssf_{ss} : Ss地震時荷重に対する検討で用いる改良体の圧縮強度

b. せん断強度

Ss地震時荷重に対する検討で用いる改良体のせん断強度は、長期及び短期荷重に対する設計における許容圧縮応力度と許容せん断応力度の関係と同様として、次のように設定する。

$$ssf_{ss} = \frac{1}{5} ssf_{sc} = \frac{1}{5} X_{sc} \quad (2.1.2-7)$$

ここで、

ssf_{ss} : Ss地震時荷重に対する検討で用いる改良体のせん断強度

「乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 JEAC4616-2009（社団法人日本電気協会、平成21年）」より引用・加筆

一軸圧縮強度とせん断強度の関係

i. 引張強さ

改良体の引張強さを求める方法としては、単純引張試験と割裂引張試験とがある。まず、割裂引張試験により求めた、引張強さと一軸圧縮強さの関係を図4.2.18に示す^{4.2.18)}。ここでは、改良体の引張強さは一軸圧縮強さの約1/5程度の関係であるとしている。一般的なコンクリートのこの関係は

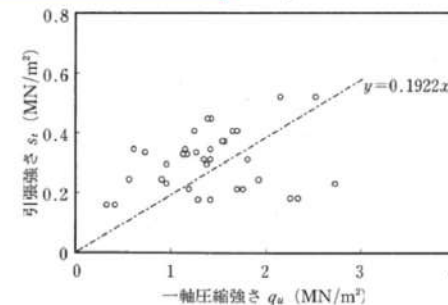


図4.2.18 割裂引張試験による引張強さ^{4.2.18)}

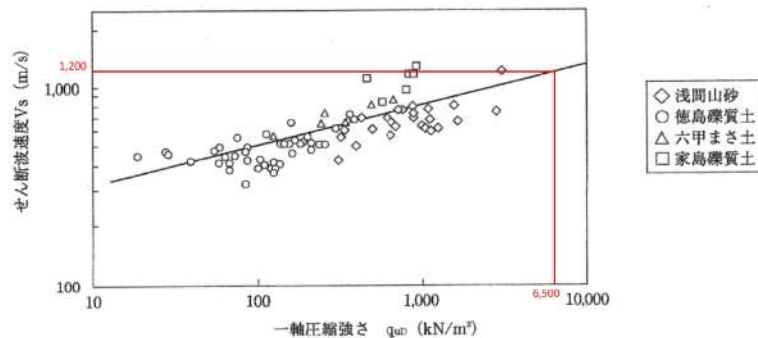
「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会、2006年）」より引用・加筆

一軸圧縮強度と引張強度の関係

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（4/9）

- 「密度」は、「事前混合処理工法技術マニュアル（改訂版）（一般財団法人沿岸技術研究センター，令和元年）」に基づき，母材の密度を採用することとする。
- セメント改良土は発電所構内から採取する火砕岩類B級（ 2.19g/cm^3 ）及び火砕岩類C級（ 2.01g/cm^3 ）を粒度調整した細骨材を主な材料として用いることから，セメント改良土の密度は，各岩級密度の平均値である 2.10g/cm^3 とする。
- 「ポアソン比」は，「事前混合処理工法技術マニュアル（改訂版）（一般財団法人沿岸技術研究センター，令和元年）」に基づき，一般的な値として0.33とする。
- 「S波速度」は，「事前混合処理工法技術マニュアル（改訂版）（一般財団法人沿岸技術研究センター，令和元年）」に基づき，一軸圧縮強度とS波速度の関係から設定する。
- 「P波速度」，「静弾性係数」及び「動せん断弾性係数」は，関係式（一般式）から設定する。
- 「減衰定数」は，「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術（技術資料）（社団法人土木学会）（2009年）」に基づき，岩盤相当とする。



「事前混合処理工法技術マニュアル（改訂版）（一般財団法人沿岸技術研究センター，令和元年）」より引用・加筆
一軸圧縮強度とS波速度の関係

$$G_0 = \rho V_s^2 = \frac{\gamma_L}{g} V_s^2$$

ここに、

V_p ：縦波速度（m/s）

V_s ：横波速度（m/s）

G_0 ：せん断弾性係数（ kN/m^2 ）

E_0 ：ヤング率（ kN/m^2 ）

ν ：ポアソン比

ρ ：密度（ t/m^3 ）

γ_L ：湿潤単位体積重量（ kN/m^3 ）

g ：重力加速度（ m/s^2 ）

$$E_0 = 2(1 + \nu)G_0$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left\{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right\}}$$

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（社団法人日本港湾協会，2007年）」より引用
ポアソン比と弾性波速度の関係

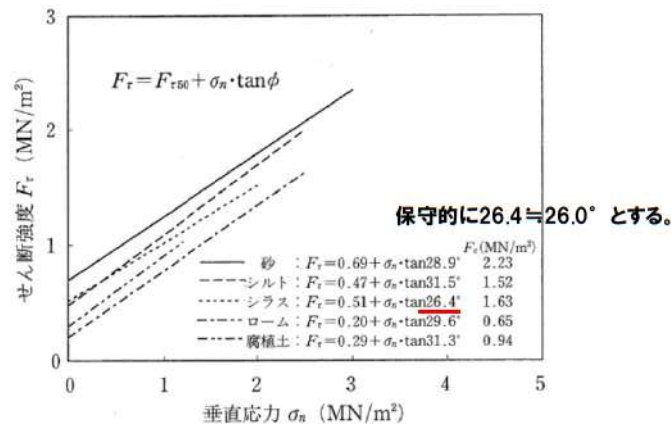
調査結果によれば，全体の8割にあたる8地点において3%，残りの2地点においてそれぞれ2%と5%の減衰定数が用いられていることが分かる。したがって，これらの結果からは地盤安定性評価における減衰定数の慣用値は3%であるといえる。他『によれば，高圧線り返し三軸圧縮試験による微小ひずみ領域における砂岩の履歴減衰は1%から2%，花崗岩においては，1%前後であるという結果が得られており，慣用値はこれらの減衰とおおよそ調和的である。

「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術（技術資料）（社団法人土木学会，2009年）」より引用・加筆
減衰定数

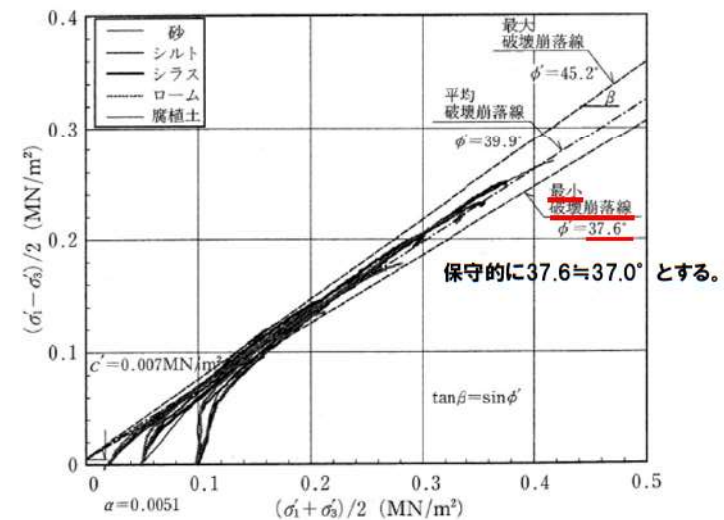
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（5/9）

- 健全時の「内部摩擦角」は、「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会，2006年）」に基づき，土質別にせん断試験を実施した結果から算定した内部摩擦角のうち最低値 26.0° （ $\approx 26.4^{\circ}$ ）を採用する。
- 残留強度時の「粘着力（せん断強度）」及び「内部摩擦角」は、「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会，2006年）」に基づき，土質の違いによる大きな差はないことから，粘着力（せん断強度） $\tau = 0 \text{ N/mm}^2$ ，内部摩擦角 $\phi = 37.0^{\circ}$ （ $\approx 37.6^{\circ}$ ）を採用する。



「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会，2006年）」より引用・加筆
土質別の改良体のせん断強度



「建築基礎のための地盤改良設計指針案（社団法人日本建築学会，2006年）」より引用・加筆
細粒化した改良体の強度（残留強度）

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（6/9）

- セメント改良土について、文献等に基づき設定した解析用物性値を満足するかを室内配合試験により確認した結果、解析用物性値を満足する見通しがあることを確認した。
- よって、設置変更許可段階においては、文献等から設定した解析用物性値を用いた構造成立性評価結果を説明する。
- 設計及び工事計画認可段階においては、設置変更許可段階と同じ解析用物性値を用いた評価を基本とし、材料物性のばらつきによる影響評価として、施工試験で実施予定の下表の試験方法から得られる値を解析用物性値として用いる。
- 施工試験で実施予定の試験は、生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土を用いる。
- また、セメント改良土は、解析用物性値を確保するように施工することから、室内配合試験で得た物性値を解析用物性値としない。

	物理特性			強度特性						変形特性				
	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	一軸圧縮強度 q_u (N/mm^2)	引張強度 σ_t (N/mm^2)	健全		残留		静的特性		動的特性		
						せん断強度 τ_0 (N/mm^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	せん断強度 τ (N/mm^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	静弾性係数 E_s (10^3N/mm^2)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_0 (10^3N/mm^2)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
設計値	2.10	1200	2400	6.50	0.65	1.30	26.0	0	37.0	8.0	0.33	3.0	0.33	3
試験値 (室内配合試験)	2.10	1670	2740	16.2	1.48	2.93	47.4	0.468	49.9	13.6	0.22	5.9	-	-
試験値 (施工試験)	(設計及び工事計画認可段階において、施工試験で実施予定の下記の試験方法から得られる値を用いて影響評価を行なう。)													
試験方法	JGS 2132 岩石の密度 試験方法	JGS 2110 パルス透過法による岩石の 超音波速度測定方法	JIS A 1216 土の一軸圧縮 試験方法	JGS 2551 圧裂による岩 石の引張り強さ 試験方法	JGS 2531 岩石の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験方法				JIS A 1216 土の一軸圧縮 試験方法		$G_0 = \rho V_s^2$	静ポアソン比 と同値	岩盤相当	

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（7/9）

- セメント改良土は、セメント、骨材、水等から構築され、一軸圧縮強度、S波速度及び静弾性係数が大きく、コンクリートと似た性質である。
- 上記のことから、セメント改良土の物性値は、コンクリートと同様に線形物性として設定し、品質管理は、一軸圧縮強度を基本とする方針である。
- セメント改良土を線形物性として設定することによる構造成立性評価への影響は、以下のとおりである。
 - セメント改良土を線形物性と設定する場合の内部応力は、非線形物性と設定する場合と比較すると大きくなる。
 - セメント改良土の健全性はすべり安全率で評価するため、内部応力が大きくなる線形物性と設定する方が保守的である。
 - セメント改良土の変位は、非線形物性と設定する場合の方が大きくなる可能性がある。
 - 止水目地の評価においては、変位を評価するため、止水目地の成立性評価に影響を与える可能性がある。
 - セメント改良土の剛性は大きく、変位は小さいと考えられることから、線形物性に設定することによる止水目地の成立性評価への影響は小さい。
- 室内配合試験結果を踏まえたセメント改良土の特性及び強度設定に関するばらつきの考え方を次頁以降に整理した。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（8/9）

- 防潮堤の評価に関して、設置変更許可、設計及び工事計画認可、使用前事業者検査において用いるセメント改良土の物性値と、物性値を確認するための試験等については、下記のとおりである。
- 設置変更許可においては、室内配合試験によって、文献等から設定した物性値を満足する見通しがあることを確認する。
 - 設計及び工事計画認可段階においては、設置変更許可段階と同じ解析用物性値を用いた評価を基本とし、材料物性のばらつきによる影響評価として、施工試験で実施予定の下表の試験方法から得られる値を解析用物性値として用いる。
 - 施工試験で実施予定の試験は、生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土を用いる。
 - また、施工試験において、一軸圧縮強度とその他の物性値の関連性を整理し、一軸圧縮強度で品質管理する方法について説明する。
 - 使用前事業者検査においては、防潮堤に使用したセメント改良土が、文献等から設定した物性値を満足していることを確認する。

評価に用いるセメント改良土の物性値について

	設置変更許可	設計及び工事計画認可	使用前事業者検査
評価に用いる物性値	文献等から設定した物性値	基本ケース： 文献等から設定した物性値(設置変更許可と同じ) 影響評価ケース： 施工試験で得られる物性値(生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土から取得する。)	—
実施する試験	室内配合試験	施工試験 (生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土を用いて、P61に示した試験方法を実施予定である。)	品質確認試験 (設計及び工事計画認可段階で説明した品質管理方法に基づき試験を実施する。)
試験の目的	文献等から設定した物性値を満足する見通しがあることを確認する。	影響評価ケースに用いる物性値を得る。 一軸圧縮強度とその他の物性値(引張強度等)の関連性を確認する。	防潮堤に使用したセメント改良土が、文献等から設定した物性値を満足していることを確認する。
品質管理方針	コンクリートと似た性質であることから、一軸圧縮強度を基本とし、設計及び工事計画認可段階で、品質管理方法の詳細を説明する。	施工試験を踏まえた品質管理方法(品質確認試験の項目、頻度等)を説明する。	設計及び工事計画認可段階で説明した品質管理方法に基づく管理を行う。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.1 解析用物性値（セメント改良土）（9/9）

○ 室内配合試験で作成した供試体及び試験状況を以下に示す。



一軸圧縮試験用供試体（ $\phi 150\text{mm}$, H300mm）

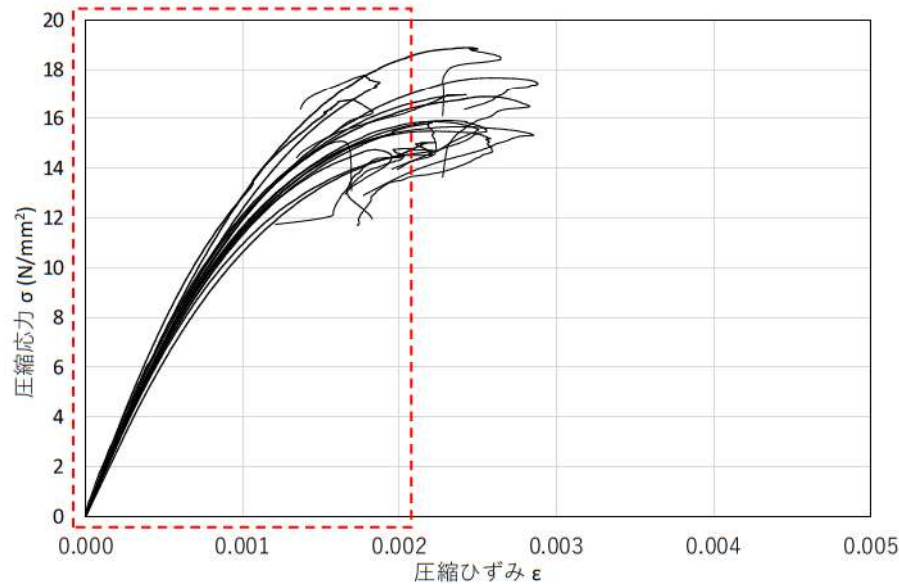


一軸圧縮試験の状況

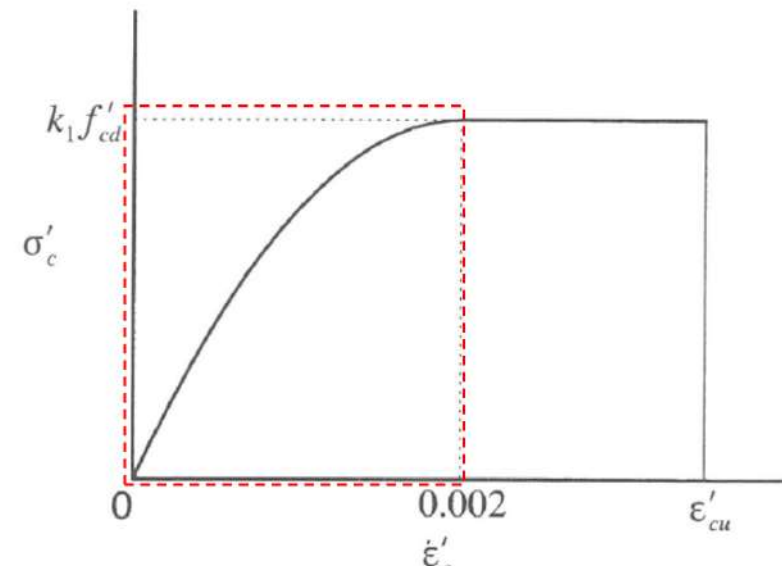
3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.2 解析用物性値（セメント改良土を線形物性にする根拠）（1/2）

- セメント改良土を線形物性とする根拠について、セメント改良土の一軸圧縮試験結果を踏まえて整理した。
- 一軸圧縮試験結果から、セメント改良土は、軸ひずみが概ね0.002程度でピーク強度となっている。
- セメント改良土のピーク強度の軸ひずみ及びピーク強度に至る応力-ひずみ曲線は、一般的なコンクリートと同様の傾向を示している。
- 上記のことから、セメント改良土はコンクリートと同様の性質を有していると考え、コンクリートと同様に線形物性とした。



セメント改良土の一軸圧縮強度試験結果



「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」より引用・加筆

コンクリートの応力-ひずみ曲線

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.2 解析用物性値（セメント改良土を線形物性にする根拠）（2/2）

- 参考として、泊発電所のセメント改良土の物性値について、C級岩盤物性、置換コンクリート及び先行サイトで用いているセメント改良土の物性値を比較した結果を以下に示す。
- 物性値の比較においては、強度及び剛性の観点から、一軸圧縮強度及びS波速度に着目した。
- 泊発電所のC級岩盤（線形物性）の一軸圧縮強度及びS波速度は、泊発電所で用いるセメント改良土の解析用物性値と同程度である。
- 泊発電所のセメント改良土は女川発電所のセメント改良土と比較すると、一軸圧縮強度及びS波速度が2倍程度であり、泊発電所のセメント改良土は岩盤やコンクリートに近い性状である。

C級岩盤及び先行サイトのセメント改良土の物性値との比較

項目	泊発電所				東北電力㈱ 女川発電所(盛土堤防)※3	
材料名	C級岩盤(3号) (平均値)	置換コンクリート	セメント改良土		セメント改良土	
			解析用物性値	室内配合試験値 (平均値)	管理基準値 (-1σ)	平均
一軸圧縮強度 qu (N/mm ²)	5.4~9.5※1	18	6.5	16.2	3.62	(不明)
S波速度 Vs (m/s)	1,200	1,977※2	1,200	1,670	740	870

※1:C級岩盤は、岩種ごとに平均値が整理されている。

※2:静弾性係数からの換算値である。

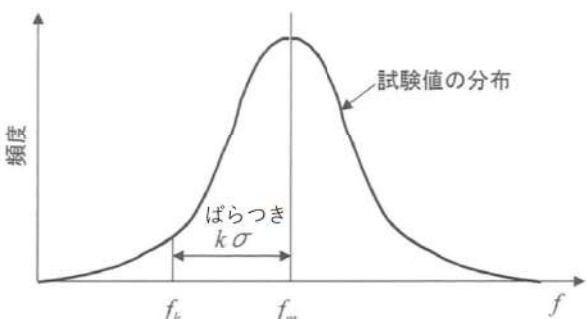
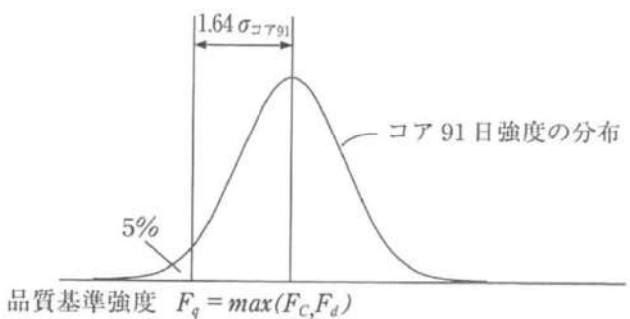
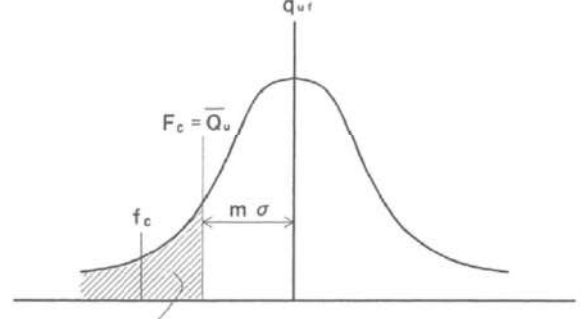
※3:他サイトの情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.3 解析用物性値（セメント改良土の強度のばらつきの考え方）（1/2）

- セメント改良土は、セメント、骨材、水等を生コンクリート製造設備と同様の設備で混合して製造する計画である。
- セメント改良土の配合強度は、設計値（解析用物性値）に対して、コンクリートと同じばらつきを考慮して設定する。
- 強度のばらつきの考え方は、配合強度が高く設定されるコンクリート標準示方書を参考にする。

ばらつきの考え方

参考とする指針	コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	建築工事標準仕様書・同解説 [JASS5 鉄筋コンクリート工事 2018]	2018年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 -セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法-
材料強度の 特性値	 試験値の分布 ばらつき $k\sigma$ 設計値 f_k (解析用物性値) 配合強度 f_m 「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年)」より引用・加筆	 コア 91 日強度の分布 品質基準強度 $F_q = \max(F_c, F_d)$ 「建築工事標準仕様書・同解説 [JASS5 鉄筋コンクリート工事 2018] (一般社団法人日本建築学会, 2018年)」より引用	 不良率 「2018年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 -セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法- (一般社団法人日本建築センター, ベターリビング, 2018年)」より引用
ばらつき	1.645 σ	1.64 σ (コア91日強度)	1.3 σ
変動係数	25%	24% ($\sigma=2.5\text{N/mm}^2$)	25%※
設計値 (解析用物性値)	6.5 N/mm ²	6.5 N/mm ²	6.5 N/mm ²
配合強度	11.1 N/mm ²	10.6 N/mm ²	9.6 N/mm ²

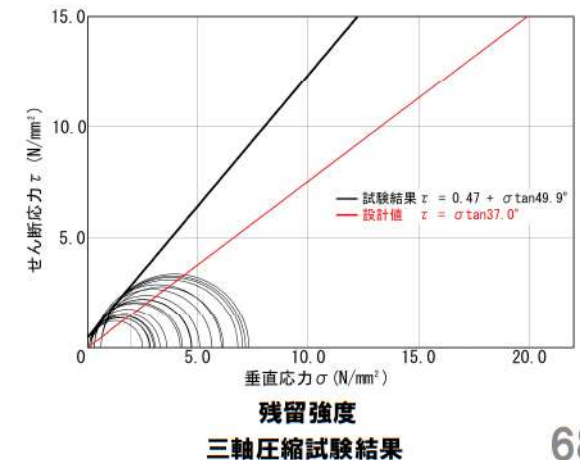
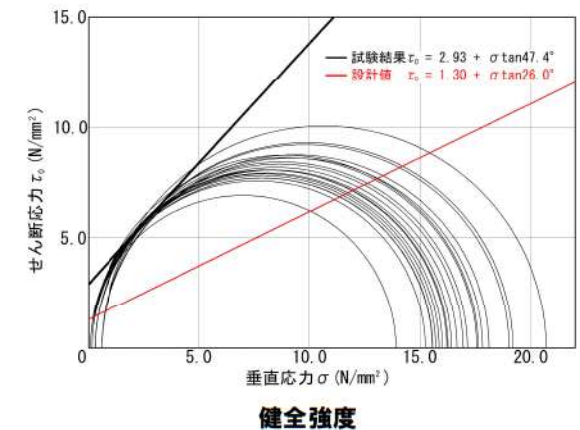
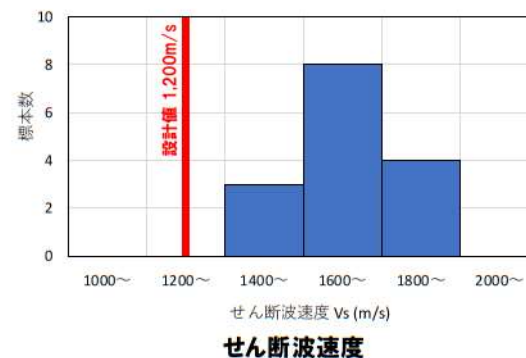
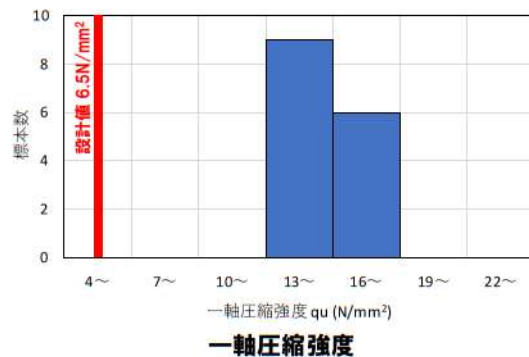
※: 変動係数は、既設防潮堤のセメント改良土の変動係数が概ね25%であったことを踏まえ、25%として仮定した。

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.10.3 解析用物性値（セメント改良土の強度のばらつきの考え方）（2/2）

- セメント改良土の室内配合試験において実施した一軸圧縮強度、せん断波速度、岩石の非圧密非排水三軸圧縮試験の結果を以下に示す。
- 一軸圧縮試験結果、三軸圧縮試験結果のうち健全強度及び残留強度が設計値を満足することを確認している。

項目		設計値	試験結果 (平均値)	試験結果	試験数	試験方法
一軸圧縮強度 q_u (N/mm ²)		6.5	16.2	14.7～18.9	3供試体/1試験×5試験	JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法
せん断波速度 V_s (m/s)		1,200	1,700	1,400～1,880	3供試体/1試験×5試験	JGS 2110 パルス透過法による岩石の 超音波速度測定方法
健全 強度	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	1.3	2.93	—	4供試体/1試験×5試験	JGS 2531 岩石の非圧密非排水 三軸圧縮試験方法
	内部摩擦角 ϕ (°)	26.0	47.4			
残留 強度	せん断強度 τ (N/mm ²)	0.0	0.47			
	内部摩擦角 ϕ (°)	37.0	49.9			



3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.1 既設護岸がある場合の評価方針

- 防潮堤の構造成立性評価において、既設護岸及び埋戻土に役割を期待しないため、基本ケースでは既設護岸及び埋戻土をモデル化しない。
- 一方で、防潮堤前面に存在する既設護岸及び埋戻土が構造成立性評価に与える影響を確認するために、影響評価ケースとして既設護岸及び埋戻土をモデル化した評価を行う。
- 既設護岸及び埋戻土の物性値の設定方法並びに影響評価ケースを実施する断面の考え方は、次頁以降に示す。
- 影響評価ケースでは、地震時において、基本ケースと同じ評価項目を満足し、既設護岸の損傷状態にかかわらず、防潮堤の構造成立性を確保していることを確認する。

既設護岸がある場合のモデルイメージ図

ケース	影響評価ケース	基本ケース
解析モデルイメージ		
防潮堤前面の条件	既設護岸及び中割石・裏込石をモデル化する	既設護岸及び中割石・裏込石は役割を期待しないことから、モデル化しない

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.2 既設護岸の解析用物性値（中割石，裏込石）（1/5）

○ 中割石，裏込石の物性値は，「FLIP研究会14年間の検討結果のまとめ（事例編）（FLIP研究会）」（以下，「FLIP研究会検討結果（事例編）」という。）に基づき設定する。

中割石，裏込石の物性値及び適用根拠

項目	物性値	捨石のモデル化における推奨方法 (FLIP研究会検討結果(事例編))	適用範囲	出典	泊における適用根拠
せん断強度定数	$c=20$ (kN/m ²), $\phi=35$ (°)	$c=20$ (kN/m ²), $\phi=35$ (°)	一軸圧縮強度 30MN/m ² 以上	「港湾の施設の技術上の基準(公益社団法人日本港湾協会, 平成19年)」	中割石の一軸圧縮強度が30MN/m ² 以上であることを確認した
最大減衰定数	$h_{max}=0.24$	$h_{max}=0.2\sim0.3$	—	「FLIP研究会検討結果(事例編)」	同設定値を用いた文献調査から，実測値と解析結果の差異が小さいことから，適用性があると判断した
初期せん断剛性	G_0 $=0.18 \times 10^3$ (N/mm ²)	マウンド $V_s=300$ (m/s) 裏込石 $V_s=225$ (m/s)	せん断波速度 $V_s=300$ m/s	「埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版)(沿岸開発技術研究センター, 平成9年)」	中割石のせん断波速度が $V_s=300$ m/sであることを確認した
間隙水の体積弾性係数	$K_f=2.22 \times 10^4$ (kPa) ($=22.20 \times 10^3$ (kN/m ²))	$K_f=2.22 \times 10^4$ (kPa) 以下の小さな値	—	「FLIP研究会検討結果(事例編)」	水の体積弾性係数($K_f=2.22 \times 10^6$ kPa)の1%程度以下の値が推奨されており，捨石の標準的なモデルとして採用した

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.2 既設護岸の解析用物性値(中割石, 裏込石)(2/5)

○ 中割石, 裏込石の「せん断強度定数」は, 「港湾の施設の技術上の基準(公益社団法人日本港湾協会, 平成19年)」によると, 母岩の一軸圧縮強さが 30MN/m^2 以上の場合, 粘着力 $C=20\text{kN/m}^2$, せん断抵抗角 $\phi_r=35^\circ$ が標準値とされている。

(6) マウンド材及び基礎地盤の強度定数

① マウンド材

偏心傾斜した作用を受ける支持力の模型実験及び現地実験の結果によれば, 三軸圧縮試験から求められた強度定数を用いてビショップ法による円弧滑り解析を行えば精度の高い結果が得られることが明らかになっている⁵⁾。また, 砕石の大型三軸圧縮試験から, 粒径の大きい粒状体の強度定数は均等係数の等しい相似粒度の材料から求められる値にほぼ等しいことが確認されている⁶⁾。したがって, 捨石の強度定数を正確に推定するには相似粒度の試料を用いた三軸圧縮試験を実施することが望ましいが, 強度試験を行わない場合には, 一般に用いられている通常の捨石に対する標準的な強度定数として粘着力 $c_D=20\text{kN/m}^2$, せん断抵抗角 $\phi_D=35^\circ$ の値が用いられている。実際の捨石においては現地での捨石の密度に対応して強度に相違が生じることが予想されるが, 現地での捨石の状態を把握することは非常に困難であるので, 標準的な強度定数の値が設定されている。

標準値は砕石の大型三軸圧縮試験の結果からやや安全側に求めた値であり, 既存防波堤及び係留施設の解析結果からも妥当な値である。なお, 強度定数として粘着力 $c_D=20\text{kN/m}^2$ としているが, これは砕石のせん断抵抗角 ϕ_D の拘束圧による変化を考慮するための見掛けの粘着力である。図-2.2.7 は各種の砕石に関する三軸試験結果をまとめたものであるが⁵⁾, 拘束圧が大きくなるとともに粒子破碎によって ϕ_D は減少する。図中に実線で示された値は見掛けの粘着力 $c_D=20\text{kN/m}^2$, $\phi_D=35^\circ$ とした値であるが, 見掛けの粘着力を考慮することによって ϕ_D の拘束圧依存性が反映されている。母岩の一軸圧縮強さと強度定数の関連を調べた結果によると, これらの標準値が適用できるのは母岩の一軸圧縮強さが 30MN/m^2 以上の石材である。母岩の強度が 30MN/m^2 以下である弱い石材をマウンドの一部として用いる場合, 強度定数はほぼ $c_D=20\text{kN/m}^2$, $\phi_D=30^\circ$ となる⁷⁾。

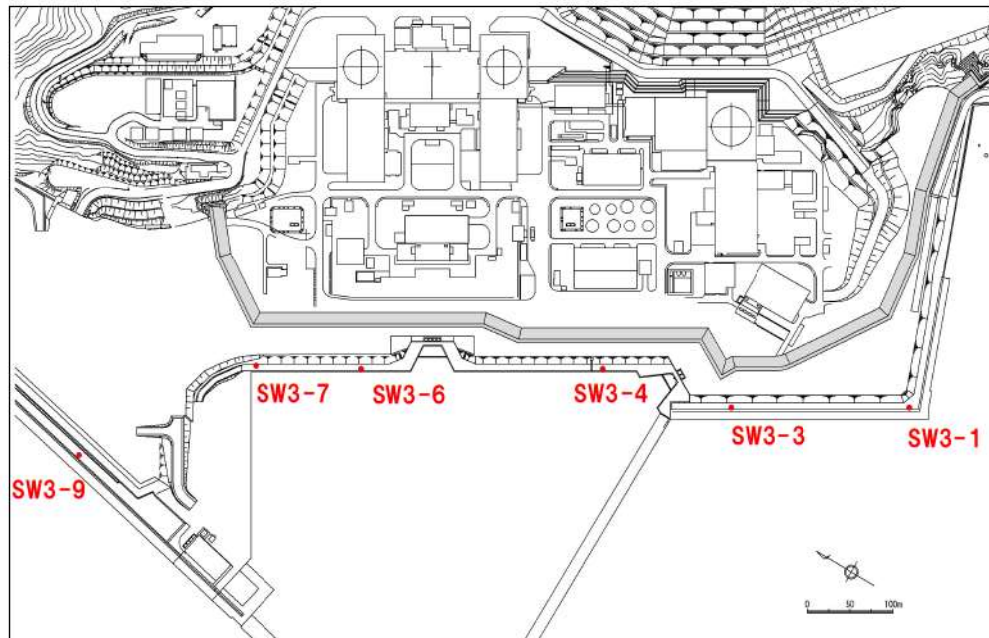
「港湾の施設の技術上の基準(公益社団法人日本港湾協会, 平成19年)」より引用

中割石, 裏込石への適用条件(一軸圧縮強さ)

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.2 既設護岸の解析用物性値（中割石、裏込石）（3/5）

- 中割石、裏込石の「せん断強度定数」は、「港湾の施設の技術上の基準（公益社団法人日本港湾協会、平成19年）」によると、母岩の一軸圧縮強さが 30MN/m^2 以上の場合、粘着力 $C=20\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi_r=35^\circ$ が標準値とされている。
- 泊発電所における中割石は、一軸圧縮強度試験の結果、一軸圧縮強度の最低値は 33.7MN/m^2 であり、 30MN/m^2 以上であることから適用性があると考えられる。



調査位置図（一軸圧縮強さ）

一軸圧縮試験結果

試料番号	一軸圧縮強度
	$\sigma_c (\text{MN/m}^2)$
SW3-1-1	78.0
SW3-1-2	90.7
SW3-3-1	123.7
SW3-3-2	178.4
SW3-3-3	163.3
SW3-4-1	151.4
SW3-4-2	184.9
SW3-4-3	204.3
SW3-4-4	183.1
SW3-6-1	205.0
SW3-6-2	227.6
SW3-6-3	270.3
SW3-6-4	109.4
SW3-6-5	93.5
SW3-6-6	174.3
SW3-7-1	130.4
SW3-7-2	79.1
SW3-9-1	33.7
SW3-9-2	136.6
SW3-9-3	187.2
SW3-9-4	55.0
最低値	33.7

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.2 既設護岸の解析用物性値（中割石、裏込石）（4/5）

- 中割石、裏込石の最大減衰定数は、以下のとおり設定する。
 - 「FLIP研究会検討結果（事例編）」では、標準的なモデル化案では解析結果への影響が小さいことから $h_{\max}=0.2\sim0.3$ が提案されている。
 - また、同設計事例集では、そのうち数である $h_{\max}=0.24$ が設定されている。
 - 以上のことから、 $h_{\max}=0.24$ を採用する。
- 中割石、裏込石の変形特性及び初期せん断剛性は、以下のとおり設定する。
 - 「FLIP研究会検討結果（事例編）」では、「埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版）（沿岸開発技術研究センター、平成9年）」からせん断波速度 $V_s=300\text{m/s}$ とし、せん断波速度から求められる初期せん断剛性 $G_0=0.18\times 10^3\text{N/mm}^2$ を標準の値としている。
 - 泊発電所における中割石を対象としてPS検層を行った結果、せん断波速度 V_s の最低値が 300m/s 以上あることから適用性があると考えられる。
 - 以上のことから、せん断波速度 $V_s=300\text{m/s}$ 、初期せん断剛性 $G_0=0.18\times 10^3\text{N/mm}^2$ を採用する。
- 中割石、裏込石の間隙水の体積弾性係数は、以下のとおり設定する。
 - 地下水位又は海水位以下の中割石、裏込石以外の間隙水要素は、理科年表より一般値（ $K_f=2.22\times 10^6\text{kPa}$ ）を設定している。
 - 捨石の間隙水の体積弾性係数は、標準的なモデル化案では非排水条件での解析を前提とするFLIPによる解析における工夫として、捨石の高透水性を再現するため、一般値の1%程度以下の値とすることが「FLIP研究会検討結果（事例編）」で提案されている。
 - 以上のことから、中割石、裏込石の間隙水の体積弾性係数は、一般値の1%である $K_f=2.22\times 10^4\text{kPa}$ を採用する。

以上の検討結果から推奨された物性は表 2-5-1-6 に示す。要点は、①せん断強度定数は、既往の試験結果を尊重し、 c 、 ϕ 同時指定機能を用いるものとする。②高透水性に配慮し、負圧に抵抗しない条件の $IGKSW=1$ とする。③減衰定数は影響が小さいため $0.2\sim0.3$ の値を設定する。④初期せん断波速度は従来通り $V_s=300, 225(\text{m/sec})$ を用いる。⑤水の体積弾性係数 K_f は、比較的挙動が同等となる 1%以下の小さい値を設定する。

「FLIP研究会検討結果（事例編）」より引用

中割石、裏込石への適用条件（減衰定数、間隙水の体積弾性係数）

マウンドの捨石や裏込めのせん断波速度の測定は非常に困難であり、実測例も数少ない。本ハンドブックでは、混成防波堤における地震観測結果から得られた算定式²²⁾により、水深-10m程度的大型岸壁における捨石および裏込め中のせん断波速度として次の値を用いる。

マウンド捨石のせん断波速度； $V_s=300\text{m/s}$

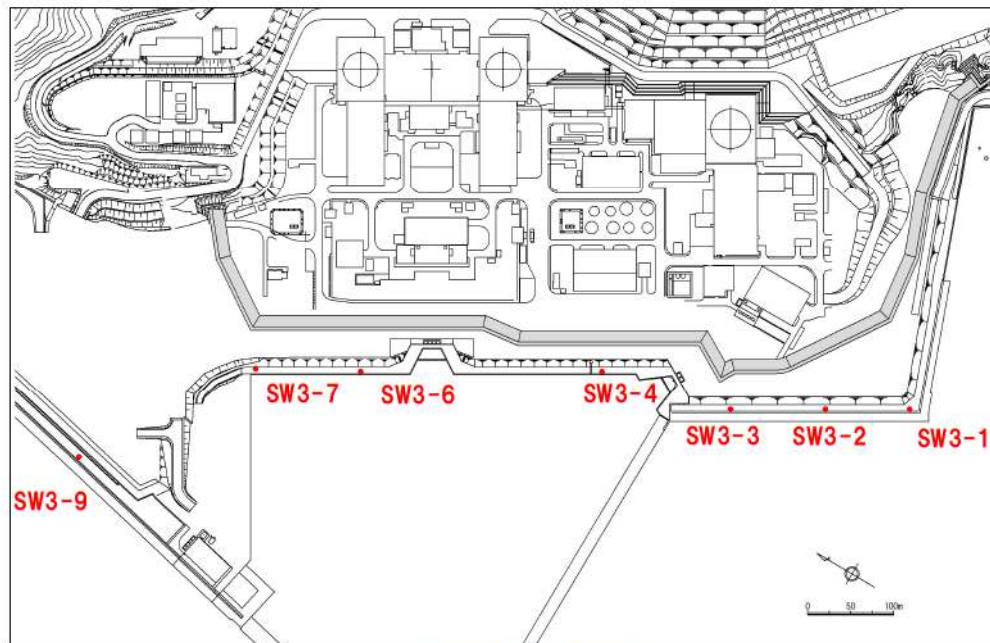
「埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版）（沿岸開発技術研究センター、平成9年）」より引用

中割石、裏込石への適用条件（せん断波速度）

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.11.2 既設護岸の解析用物性値（中割石、裏込石）（5/5）

- 泊発電所における中割石を対象としたPS検層結果から、せん断波速度 V_s の最低値は310m/sであり、「埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版）（沿岸開発技術研究センター，平成9年）」に記載のマウンド捨石のせん断波速度（300m/s）と同等な値である。
- 以上のことから、せん断波速度から求められる初期せん断剛性は、泊においても適用性があると考える。



調査位置図（PS検層）

PS検層結果

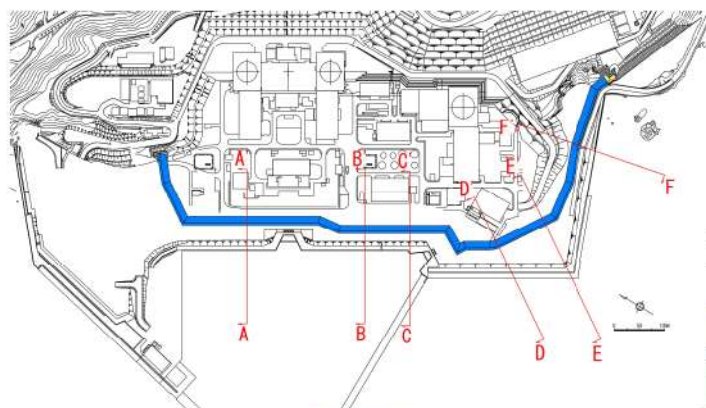
孔No.	せん断波速度 V_s (m/s)
SW3-1	310
SW3-2	320
SW3-3	380
SW3-4	380
SW3-6	390
SW3-7	440
SW3-9	430
最低値	310

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

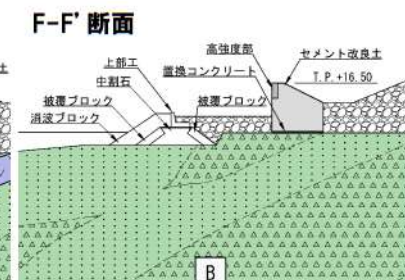
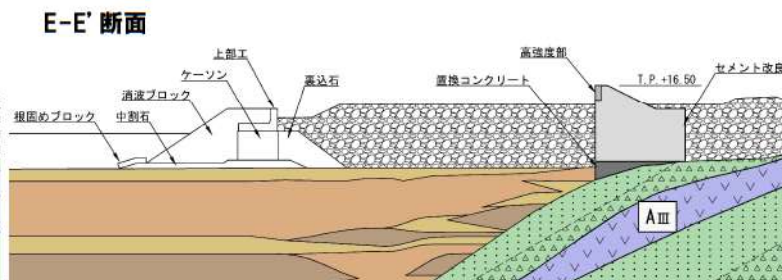
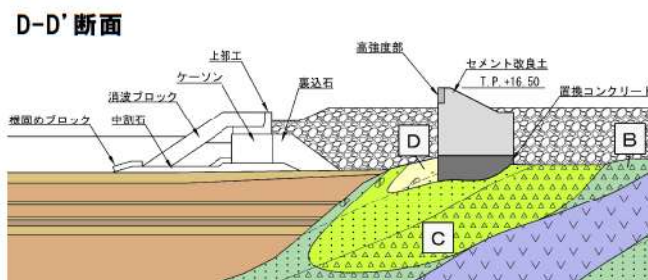
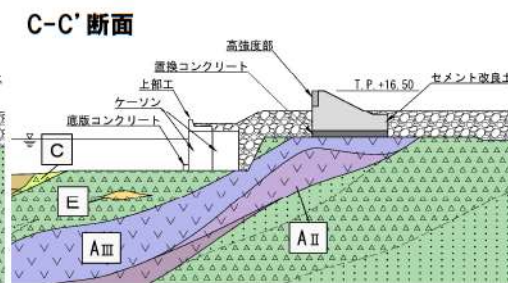
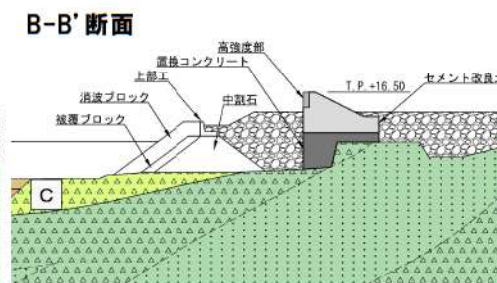
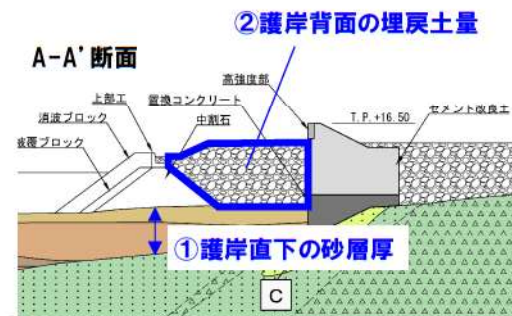
3.11.3 既設護岸の影響評価断面選定

- 防潮堤より海側の既設護岸及び埋戻土は、防潮堤の変形を緩和していることが考えられるが役割を期待していないことから、既設護岸等がないモデルを基本ケースとしている。
- 一方で、既設護岸がある場合の防潮堤への構造成立性への影響は、既設護岸の変形による影響を評価するために、既設護岸の変形が大きいと考えられる断面を選定する。
- 既設護岸の変形に寄与する要因として①既設護岸直下の砂層厚、②既設護岸背面の埋戻土量に着目し、影響評価断面として「E-E' 断面※」を選定した。

※:E-E' 断面は、防潮堤(標準部)の構造成立性評価断面と一致する(「4. 11. 3 構造成立性評価断面の選定結果」を参照)。



断面位置図

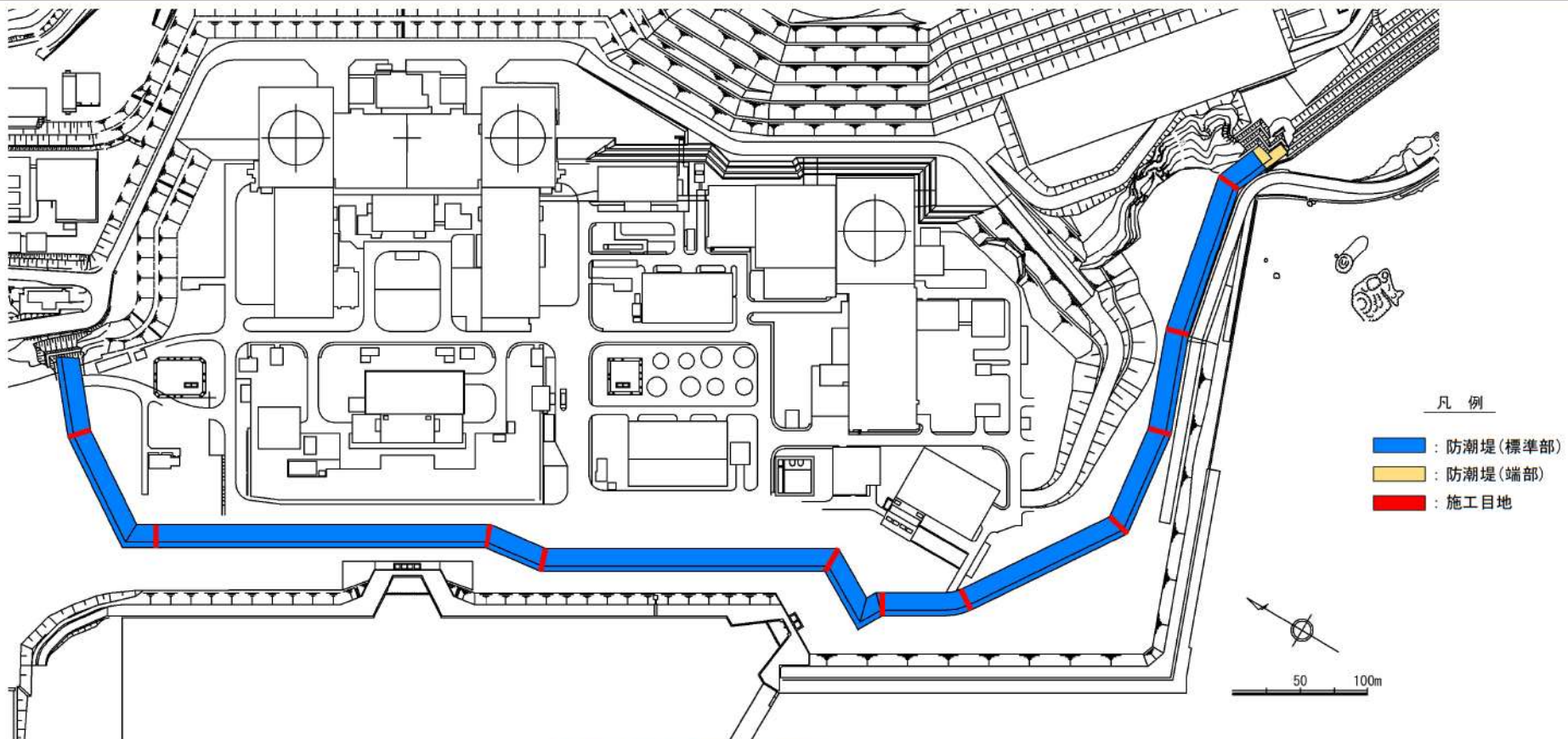


地質断面図

3. 防潮堤の設計に関する基本条件

3.12 施工目地の位置

- 防潮堤の屈曲部の施工目地は、応力集中に配慮し、下図のとおり設置する計画である。
- 屈曲部以外の施工目地は、防潮堤の高さが変化する断面、防潮堤の幅が変化する断面、水路が防潮堤を横断する断面を考慮して設置する計画であり、設置変更許可段階において施工目地の設置方針を説明する。



屈曲部の施工目地設置位置図

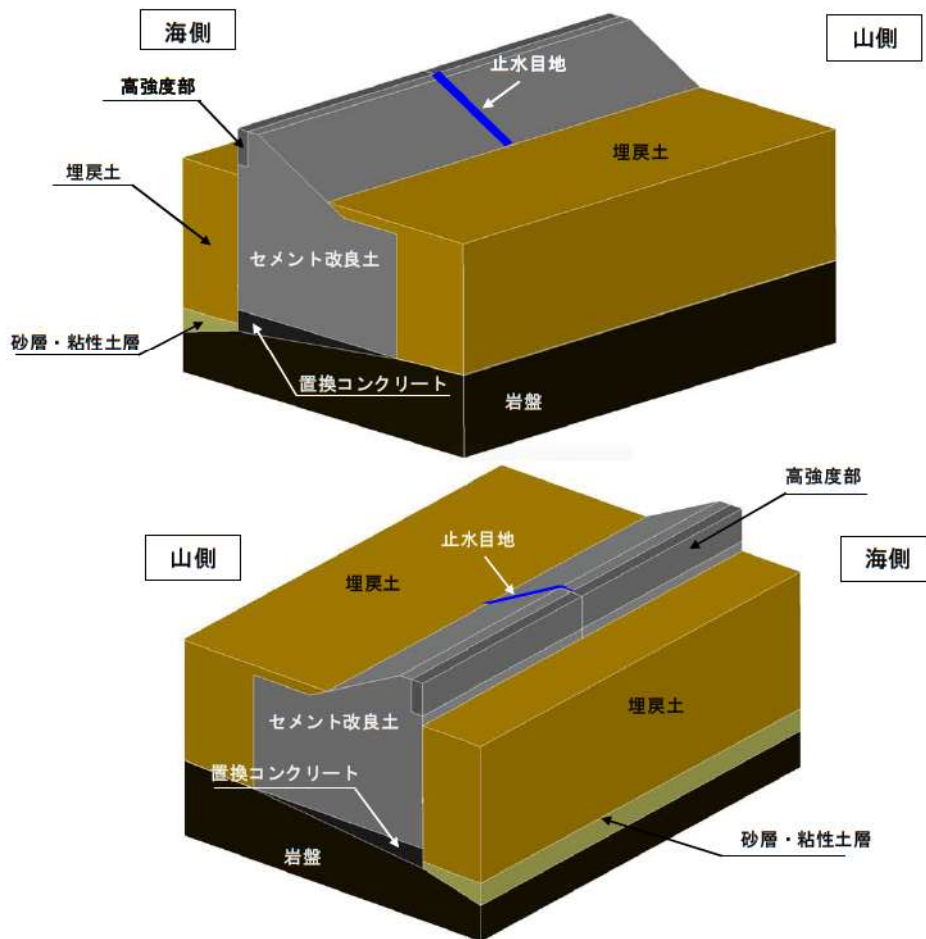
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤（標準部）の設計方針	77
5. 防潮堤（端部）の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

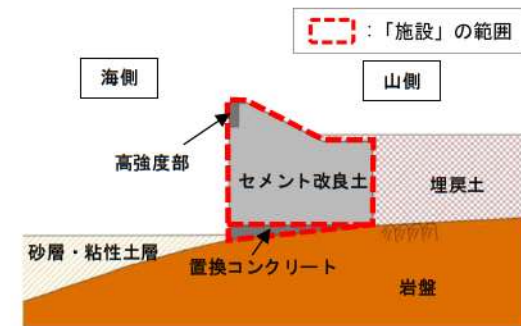
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.1 防潮堤の施設区分（1/2）

○ 防潮堤の構造，評価対象部位，主な役割及び施設の範囲を示す。



防潮堤(標準部)の構造概要



『施設』と『地盤』の区分

【施設】

評価対象部位	主な役割
セメント改良土	堤体高さの維持 難透水性を有し、堤体による止水性の維持
高強度部	堤体高さの維持 セメント改良土の健全性を維持するために漂流物荷重を分散
止水目地	セメント改良土間の遮水性の保持
置換コンクリート	堤体高さの維持 難透水性を有し、堤体による止水性の維持 セメント改良土の鉛直支持 基礎地盤のすべり安定性を確保

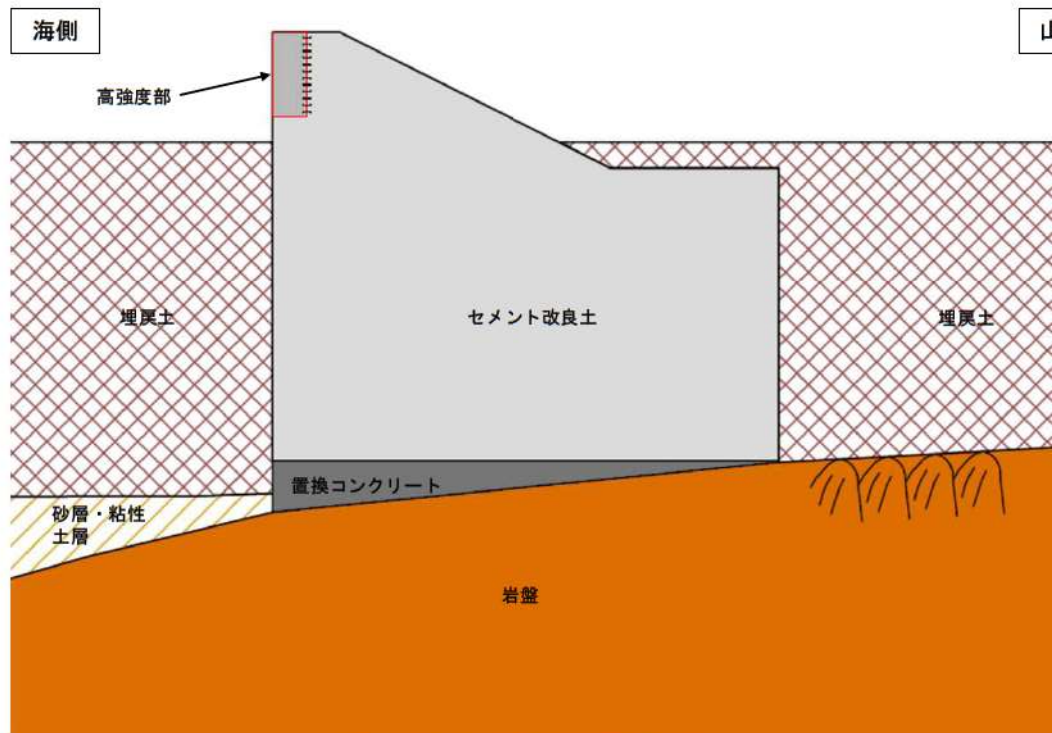
【地盤】

評価対象部位	主な役割
岩盤	セメント改良土及び置換コンクリートの鉛直支持 基礎地盤のすべり安定性に寄与

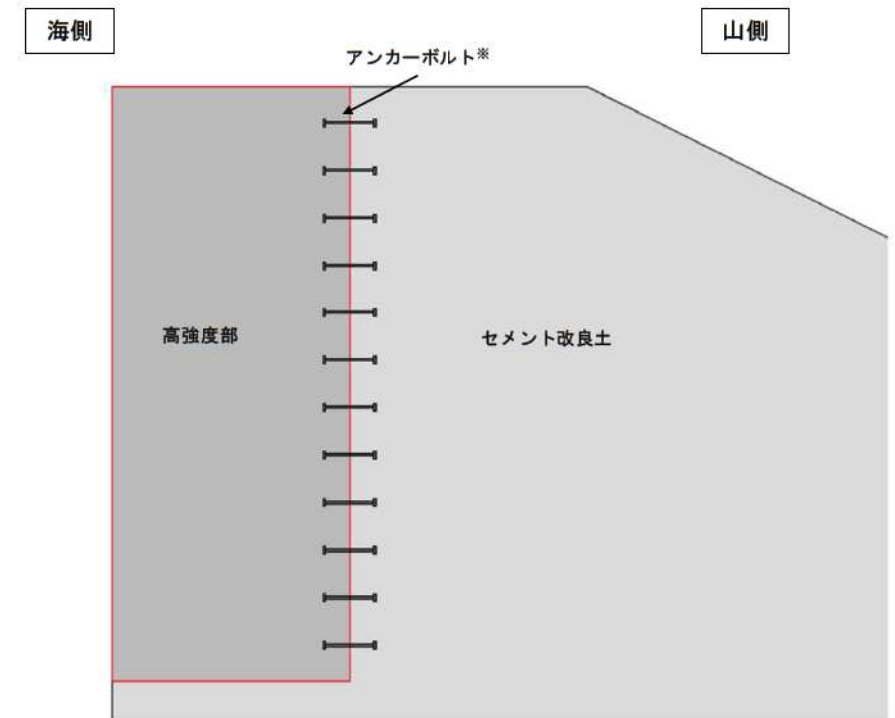
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.1 防潮堤の施設区分（2/2）

○ 高強度部の概要図を以下に示す。



セメント改良土（高強度含む）概要図



高強度部拡大図（イメージ図）

※：アンカーボルトの仕様は現在検討中であるが、先付け工法によるアンカーを計画している。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.2 防潮堤に関する要求機能と設計評価方針（1/2）

○ 津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。

赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

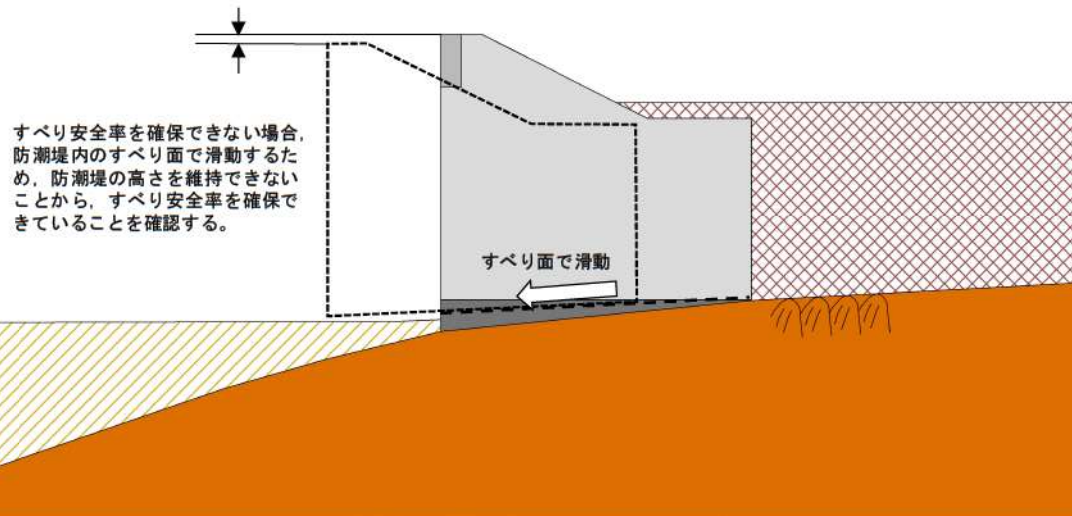
施設名	要求性能		機能設計		構造強度設計						設計に用いる許容限界									
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計（評価方針）	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード											
防潮堤【セメント改良土・高強度部・置換コンクリート】	<u>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</u> 5.1 津波防護施設の設計 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるような設計すること。 (1) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2) 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。 ① 荷重組合せ a) 余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震(余震) b) その他自然現象(降雪、風等)による荷重を考慮して設定すること。 ② 荷重の設定 a) 津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。 b) 余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハサード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。 c) 地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 ③ 許容限界 a) 津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。) <u>基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド</u> 6.3 津波防護施設、浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること	防潮堤は、地震後の繰返しの変位を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なうおそれがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。 ・防潮堤は、基準地震動に対し、津波防護施設が要求される機能を損なうおそれがないよう、構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。	・防潮堤は、地震後の繰返しの変位を想定した週上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定された津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 ・防潮堤は、基準地震動に対し、セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートの健全性を維持することと、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・防潮堤は、地震後の繰返しの変位を想定した週上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの設定により、敷地前面に設置する設計とする。 ②防潮堤の堤体は、セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートで構成され、十分に透水性の低い材料により不透水性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する岩盤に設置する設計とするとともに、十分に低い透水性の材料とすること、またセメント改良土間はゴムジョイントによる止水目地を設置することにより、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。 ・防潮堤は、基準地震動による地震時荷重に対し、セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートで堤体を構成し、津波時においてもセメント改良土、高強度部及び置換コンクリートの健全性を保持する設計とするとともに、十分に低い透水性の材料とすること、またセメント改良土間はゴムジョイントによる止水目地を設置することにより、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。	・防潮堤は、地震後の繰返しの変位を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、セメント改良土の健全性を保持し、有意な漏えいを生じない設計とするため、堤体内部にすべり破壊が生じないことを確認する。 基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの変位を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの健全性を保持し、有意な漏えいを生じない設計とすることを確認する。 基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの変位を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの構造健全性を保持する設計とするため、置換コンクリートが概ね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの変位を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの構造健全性を保持する設計とするため、置換コンクリートが概ね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの変位を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの構造健全性を保持する設計とするため、置換コンクリートが概ね弾性状態に留まることを確認する。	セメント改良土	高強度部	置換コンクリート	止水目地	地盤	岩盤	すべり安全率	すべり安全率	すべり安全率	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用してすべり安全率1.2以上とする。	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用してすべり安全率1.2以上とする。	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用してすべり安全率1.2以上とする。	「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容圧応力度とする。	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。	「道路標示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）」を踏まえ、適切な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。

※：セメント改良土から置換コンクリートに伝達される接地圧を評価する。

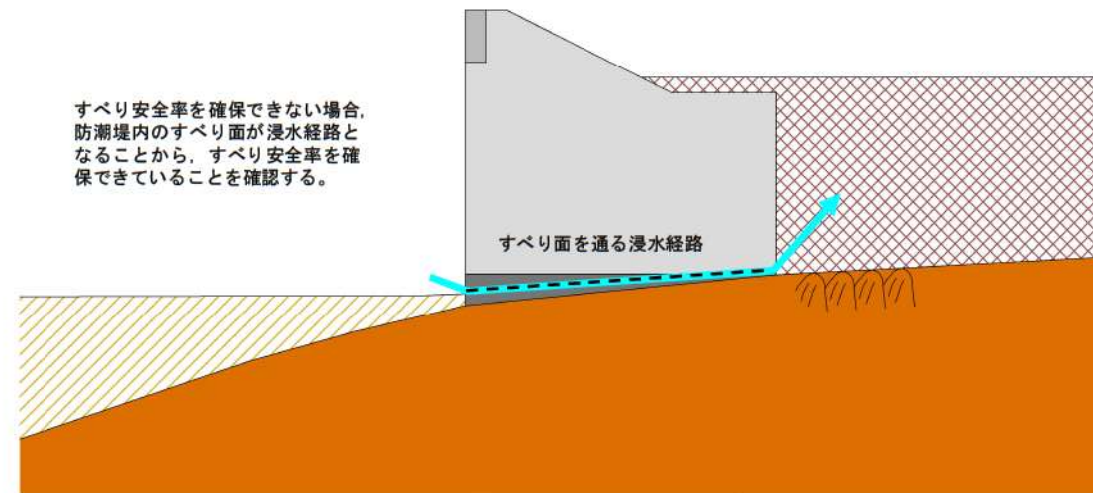
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.2 防潮堤に関する要求機能と設計評価方針（2/2）

- 置換コンクリートに期待する役割は、「堤体高さの維持」「止水性の維持」「セメント改良土の鉛直支持」「基礎地盤のすべり安定性の確保」であり、その評価方法は、下記のとおりである。
- 「堤体高さの維持」「止水性の維持」については、以下の理由から、置換コンクリートのすべり安全率で評価する。
 - すべり安全率を確保している場合、防潮堤内のすべり面で防潮堤が滑動しないため、防潮堤の高さを維持できる。（堤体高さの維持）
 - すべり安全率を確保している場合、防潮堤内にすべり面が生じないため、浸水経路は生じない。（止水性の維持）
 - すべり安全率による評価は、置換コンクリートの薄い箇所を通るすべり線を含めて評価するため、置換コンクリートが役割を維持していることを網羅的に評価することができる。
- その他の役割である「セメント改良土の鉛直支持」については、接地圧が許容支圧応力度内であることを確認し、「基礎地盤のすべり安定性の確保」については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において説明する。



堤体高さを維持できない場合のイメージ図



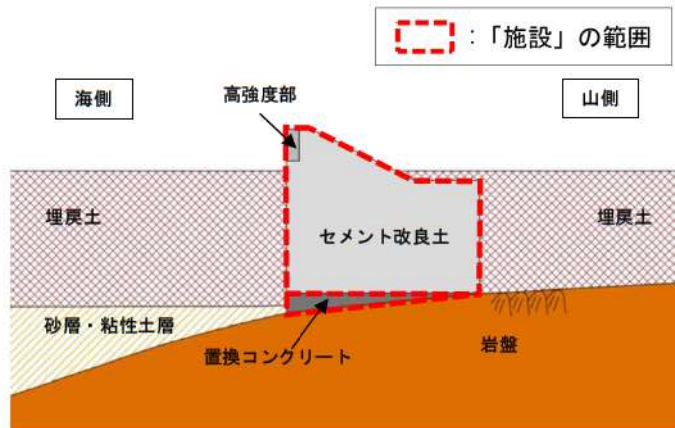
止水性を維持できない場合のイメージ図

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

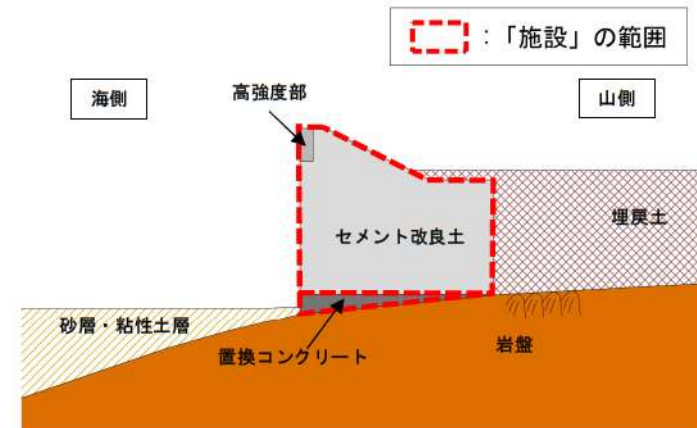
4.3 検討要旨

○ 新規制基準への適合性において、設置許可基準規則の各条文に対する検討要旨を下表に整理した。

検討要旨	
設置許可基準規則	検討要旨
第4条 地震による損傷の防止	・施設と地盤との動的相互作用や液状化検討対象層の地震時の挙動を考慮した上で、施設の耐震安全性を確認する。
第5条 津波による損傷の防止	・地震(本震及び余震)による影響を考慮した上で、機能を保持できることを確認する。



防潮堤断面図(既設護岸及び埋戻土がある状態)



防潮堤断面図(既設護岸及び埋戻土がない状態)

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

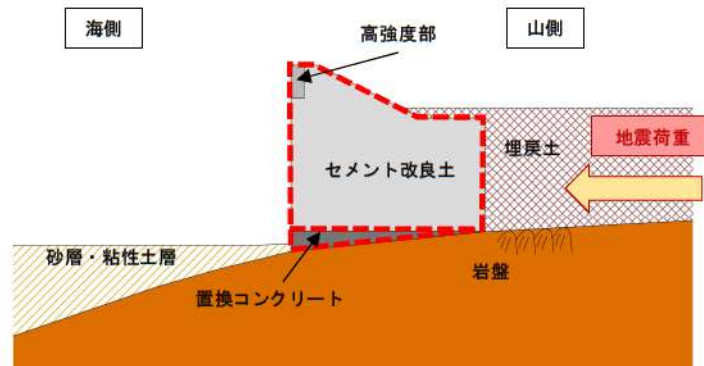
4.4 各部位の役割

- 条文に対応する各部位の役割を下表に整理した。
- なお、津波を遮断する役割を『遮水性』，材料として津波を通しにくい役割を『難透水性』，これらを総称して『止水性』と整理する。

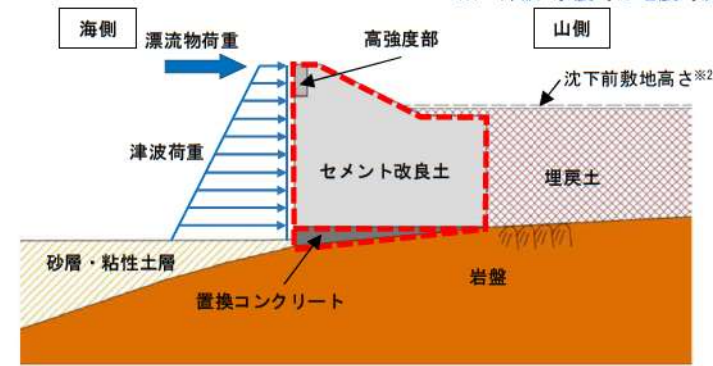
各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割※1
施設	セメント改良土	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - 止水目地を支持する。	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体により止水性を保持する。
	高強度部	入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体により止水性を保持する。 - セメント改良土の健全性を維持するために漂流物荷重を分散させる。
	止水目地	セメント改良土間の変位に追従する。	セメント改良土間の変位に追従し、遮水性を保持する。
	置換コンクリート	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - セメント改良土を鉛直支持し、基礎地盤のすべり安定性を確保する。	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - セメント改良土を鉛直支持する。 - 難透水性を有し、堤体により止水性を保持する。
地盤	岩盤	- セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する。 - 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する。

※1: 津波+余震時は地震時及び津波時の両方の役割を参照する。



役割を期待する範囲(地震時)



役割を期待する範囲(津波時)

※2: 基準地震動による埋戻土の沈下を考慮する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.5 各部位の具体的な役割

- 各部位の具体的な役割を下表に整理した。
○ 要求機能を主体的に満たすために設計上必要な項目を持つ部位は『施設』、施設の役割を維持するために設計に反映する項目を持つ部位は『地盤』とした。

凡 例
◎：要求機能を主体的に満たすために設計上必要な項目（該当する部位を施設と区分する）
○：施設の役割を維持するために設計に反映する項目
—：設計上考慮しない項目

部 位	具体的な役割		支持 鉛直	安定 すべり	健全 性	止水 性	『施設』と『地盤』の区分の考え方
	地震時	津波時					
セメント改良土	- 強度・剛性の高いセメント改良土を設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 止水目地を支持する。	- 強度・剛性の高いセメント改良土を設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体本体としての止水性を保持することで、津波時の水みちを形成しない。	—	—	◎	◎	防潮堤本体として、高さ・止水性維持の役割を主体的に果たすことから、『施設』と区分する。
高強度部	- 強度・剛性の高い高強度部を設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 高強度部とセメント改良土は、地震荷重に対しアンカーボルトで一体性を保持する。	- 強度・剛性の高い高強度部を設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体本体としての止水性を保持することで、津波時の水みちを形成しない。 - セメント改良土の健全性を維持するため、漂流物荷重を分散させる。	—	—	◎	◎	
止水目地	セメント改良土間の変位に追従する。	セメント改良土間の変位に追従し、遮水性を保持する。	—	—	◎	◎	セメント改良土間において、遮水性維持の役割を果たすことから、『施設』と区分する。
置換コンクリート	- 強度・剛性の高い置換コンクリートを設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - セメント改良土の下方の岩盤傾斜及び岩盤不陸をコンクリートで置き換えることで、セメント改良土を鉛直支持するとともに基礎地盤のすべり安定性を確保する。	- 強度・剛性の高い置換コンクリートを設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - セメント改良土の下方の岩盤傾斜及び岩盤不陸をコンクリートで置き換えることで、セメント改良土を鉛直支持する。 - 難透水性を有し、堤体本体としての止水性を保持することで、津波時の水みちを形成しない。	—	—	◎	◎	コンクリートの物性値及び設計形状を期待し、防潮堤本体として、高さ・止水性維持の役割を主体的に果たすことから、『施設』と区分する。
岩 盤	セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持するとともに基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する。	○	○	—	—	—

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.6 各部位の性能目標

○ 条文に対応する各部位の役割を踏まえた性能目標を下表に整理した。

各部位の性能目標

部 位		性能目標			
		鉛直支持	すべり安定性	健全性	止水性
施 設	セメント改良土	—	—	セメント改良土の健全性を保持して、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持するために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。	セメント改良土を横断する水みちが形成されて有意な漏えいを生じないために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。
	高強度部	—	—	高強度部の健全性を保持して、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持するために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。	セメント改良土の健全性を維持するために、漂流物荷重を分散させ、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。
	止水目地	—	—	施工目地から津波が流入することを防止するために、止水目地の変形性能を保持すること。	施工目地から津波が流入することを防止するために、止水目地の変形性能及び遮水性能を保持すること。
施 設	置換コンクリート	—	—	—	コンクリートの健全性を保持して、セメント改良土を鉛直支持すること。 置換コンクリートを横断する水みちが形成されて有意な漏えいを生じないために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。
地 盤	岩 盤	セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安定性を保持すること。		

- | 部 位 | | | 照査項目と許容限界 | | | | |
|-----|---------|------------|-----------|-----------------|------------------------|-----|------------------------|
| | | | 鉛直支持 | すべり安定性 | 健全性 | 止水性 | |
| 施 設 | セメント改良土 | | — | — | すべり安全率※1 | | |
| | | | | | (1.2以上) | | |
| | 高強度部 | コンクリート | | | 引張力及びせん断力 | | 引張力及びせん断力※2 |
| | | アンカーボルト | | | (許容引張力及び許容せん断力※3,※5以下) | | (許容引張力及び許容せん断力※3,※5以下) |
| | 止水目地※6 | 止水目地コンクリート | | | すべり安全率※1 | | |
| | | | | | (1.2以上) | | |
| | | アンカーボルトA | | | —※4 | | 引張力及びせん断力 |
| | | | | | | | (許容引張力及び許容せん断力※5以下) |
| | | アンカーボルトB | | | 引張力及びせん断力 | | |
| | | | | | (許容引張力及び許容せん断力※3,※5以下) | | |
| | ゴムジョイント | 変形 | | 変形及び水圧 | | | |
| | | (許容変形量以下) | | (許容変形量及び許容水圧以下) | | | |

86

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.7 各部位の照査項目と許容限界（2/2）

各部位の照査項目と許容限界(上段:照査項目, 下段:許容限界)

部 位		照査項目と許容限界			
		鉛直支持	すべり安定性	健全性	止水性
施 設	置換コンクリート	—	—	接地圧	
				(短期許容支圧応力度) ^{※7}	
				すべり安全率 ^{※1}	
地 盤	岩 盤	支持力 (極限支持力)	すべり安全率(基礎地盤) ^{※8} (1.5以上)	(1.2以上)	
				—	—

※1:第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。なお、各要素の局所安全率についても確認し、破壊領域が広範囲に連続せず、水みちが生じないことを確認する。

※7:セメント改良土による接地圧が置換コンクリートの短期許容支圧応力度以下であることを確認する。

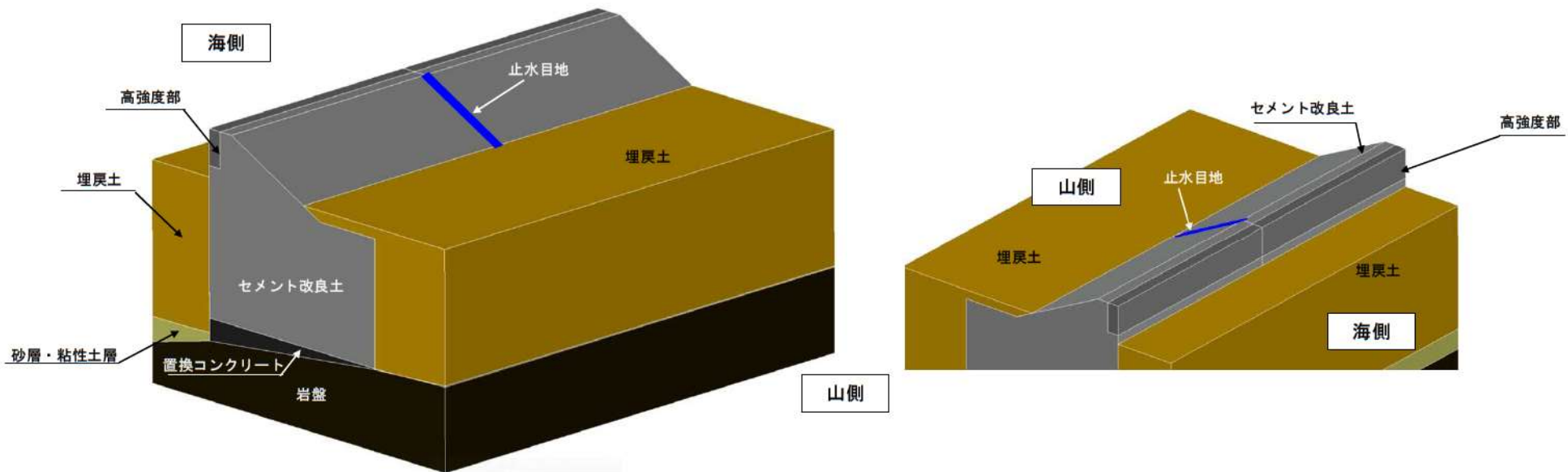
※8:基礎地盤のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基づき1.5以上を許容限界とする。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.8 防潮堤を構成する各部材の仕様（1/2）

- 防潮堤を構成する各部位の仕様は下記に示すとおりであるが、今後、構造成立性評価結果を踏まえて変更する可能性がある。
- なお、防潮堤の構造成立性評価に対する裕度を確保できなくなった場合、基準津波の策定に影響する防潮堤平面線形形状を変更せず、追加の裕度向上対策（セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートの仕様の見直し他）を実施することで対応可能である。

	部 位	仕 様
1	セメント改良土	設計基準強度: 6.5N/mm^2
2	高強度部	無筋コンクリート, 設計基準強度: 40N/mm^2
3	止水目地	鋼製部材, ゴムジョイント(波状型止水ジョイント), 止水目地コンクリート
4	置換コンクリート	無筋コンクリート, 設計基準強度: 18N/mm^2

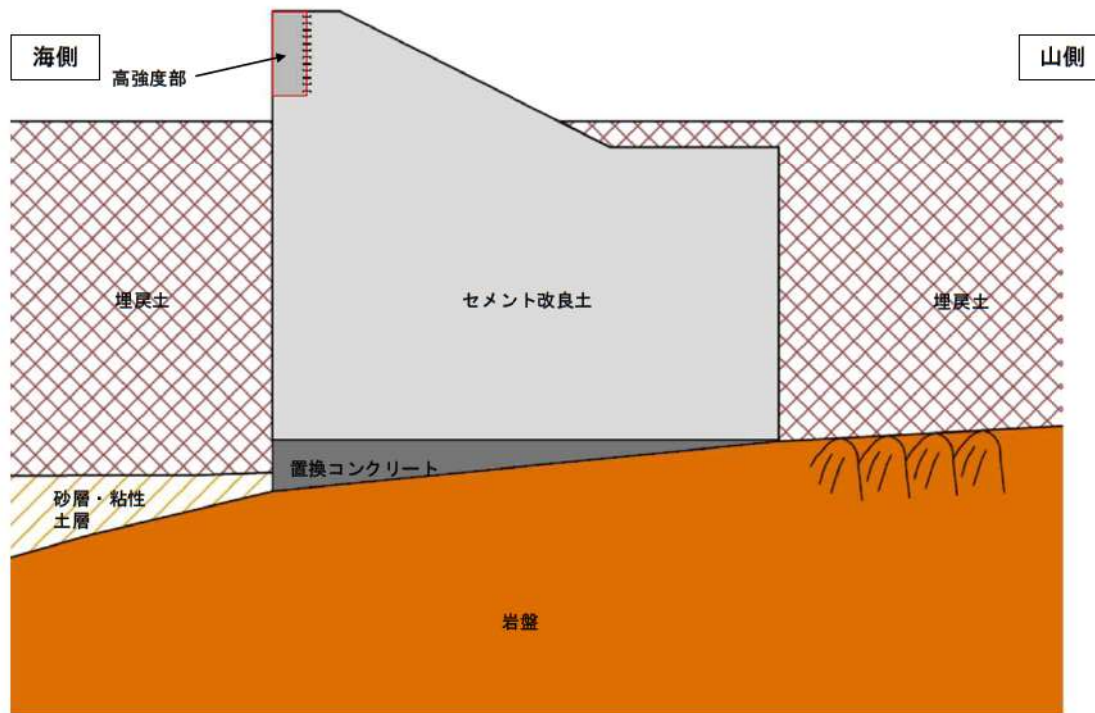


4. 防潮堤（標準部）の設計方針

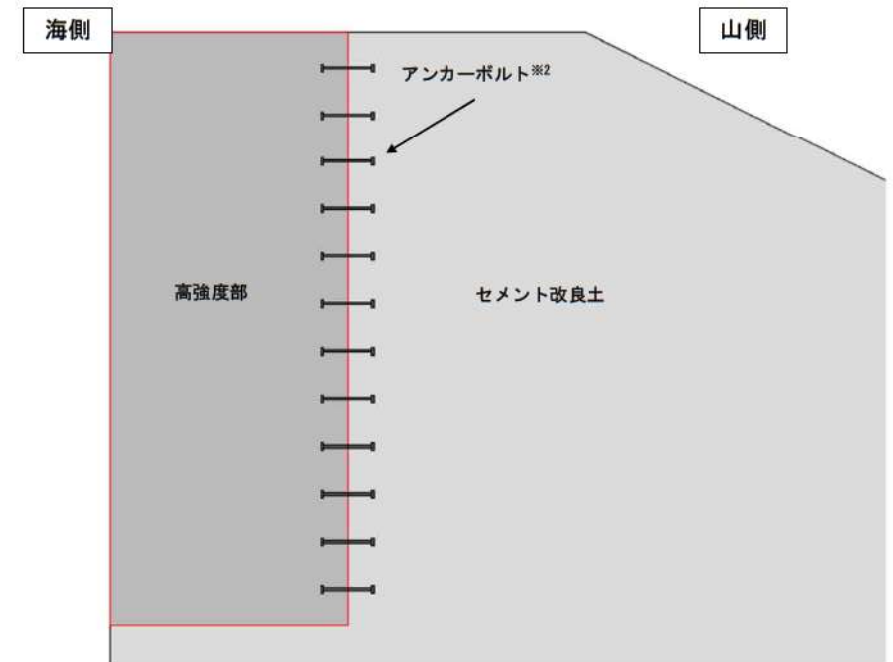
4.8 防潮堤を構成する各部材の仕様（2/2）

- セメント改良土及び高強度部の概要図を以下に示す。
- セメント改良土と高強度部はアンカーボルトで一体化させる構造であり、評価方針等は、「4.9.4 セメント改良土と高強度部の一体化を図るアンカーボルトに作用する荷重と変形モード」で説明する。
- アンカーボルトの許容せん断力及び許容引張力は、止水目地コンクリートに設置するアンカーボルトBと同様に設定する※1。

※1: 高強度部に設置するアンカーボルトの成立性は、止水目地コンクリートに設置するアンカーボルトBと同じ仕様で確認中である。アンカーボルトBと異なる仕様に変更する場合は、追加試験の必要性等を設計及び工事計画認可段階で検討する。



セメント改良土及び高強度部の概要図



※2: アンカーボルトの仕様は現在検討中であり、今後、変更の可能性がある。

高強度部拡大図（イメージ図）

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

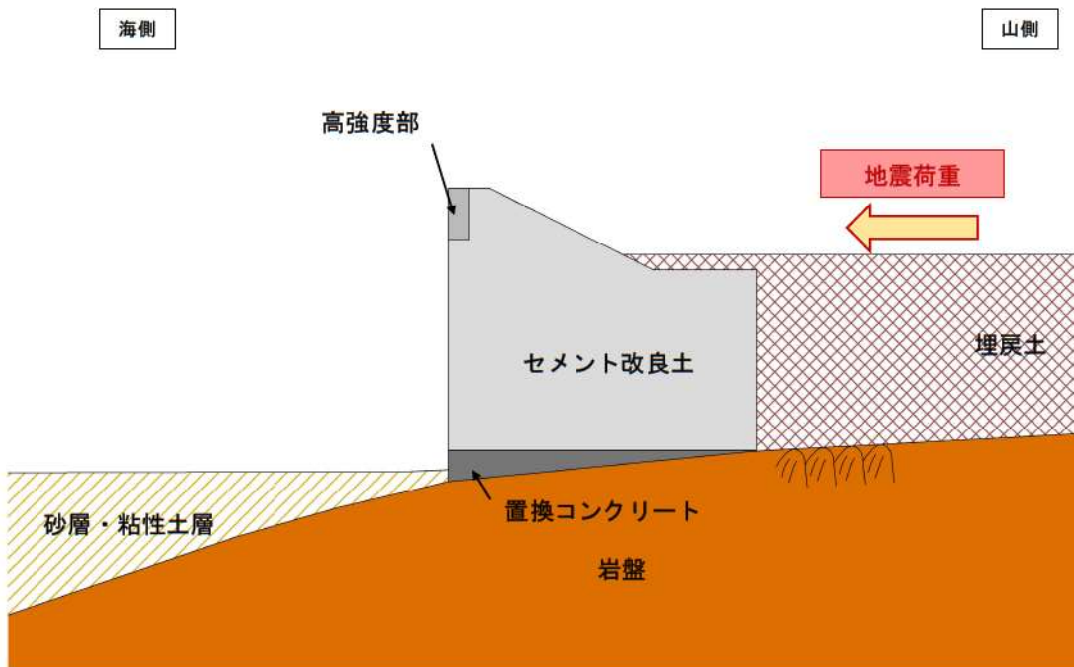
4.9 防潮堤に作用する荷重と変形モード

- 防潮堤の構造は、セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートによる堤体構造である。
- セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートは、岩盤に鉛直支持させるとともに、置換コンクリートにより基礎地盤のすべり安定性を確保する設計としている。
- 防潮堤の構造成立性には、地震時、津波時及び重畳時に作用する荷重に対し各部位が所要の機能を発揮して健全であることが必要である。
- このような観点から、作用する荷重、構造体の変形モード及び各部位の役割について整理する。

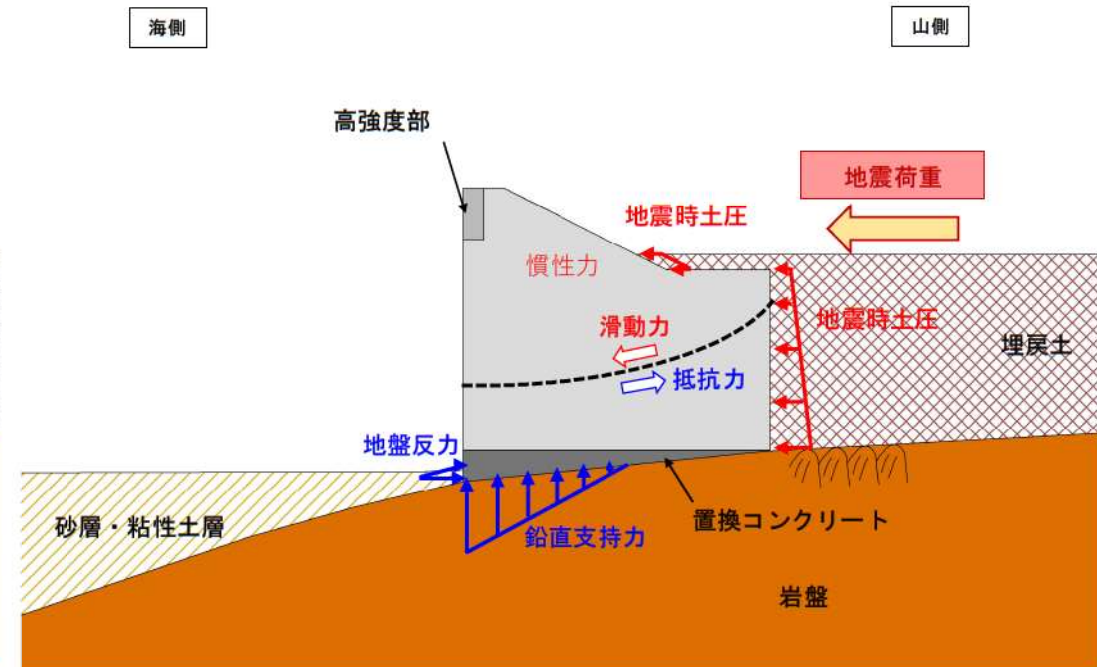
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.9.1 防潮堤に作用する荷重と変形モード（地震時）

- 地震時の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤前面の既設護岸及び埋戻土は、防潮堤の構造成立性に寄与する役割を期待していないため、設置変更許可段階における防潮堤の構造成立性評価においてモデル化しない。
- 防潮堤を構築するセメント改良土、高強度部及び置換コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)

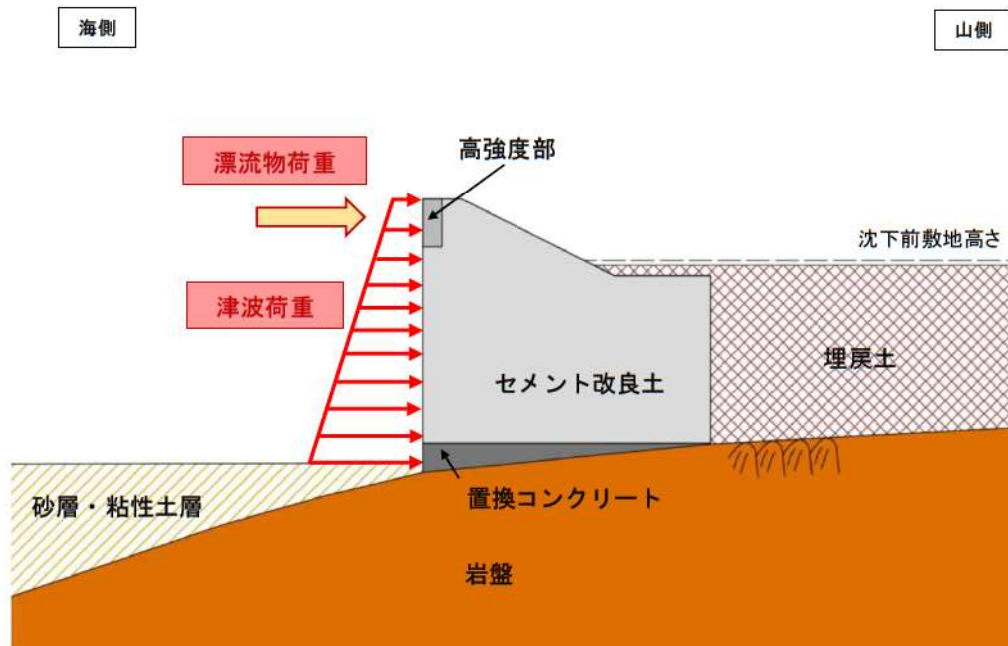


荷重図

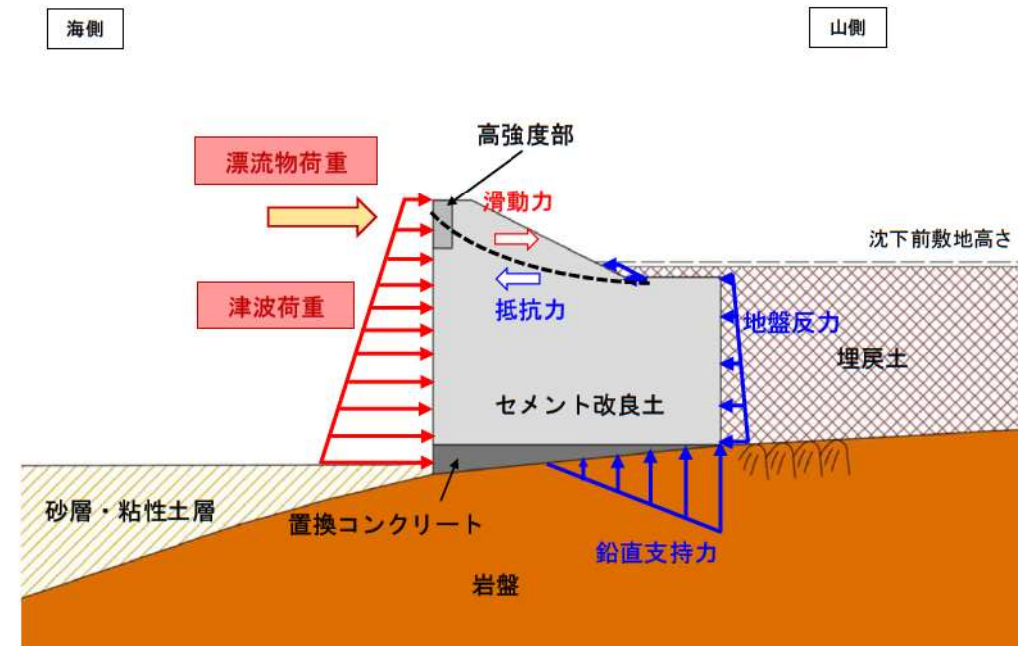
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.9.2 防潮堤に作用する荷重と変形モード（津波時）

- 津波時の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤前面の既設護岸及び埋戻土は、防潮堤の構造成立性に寄与する役割を期待していないため、設置変更許可段階における防潮堤の構造成立性評価においてモデル化しない。
- 防潮堤背面の埋戻土の高さは、基準地震動による敷地地盤の沈下量を考慮した高さとする。
- 防潮堤を構築するセメント改良土、高強度部及び置換コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)

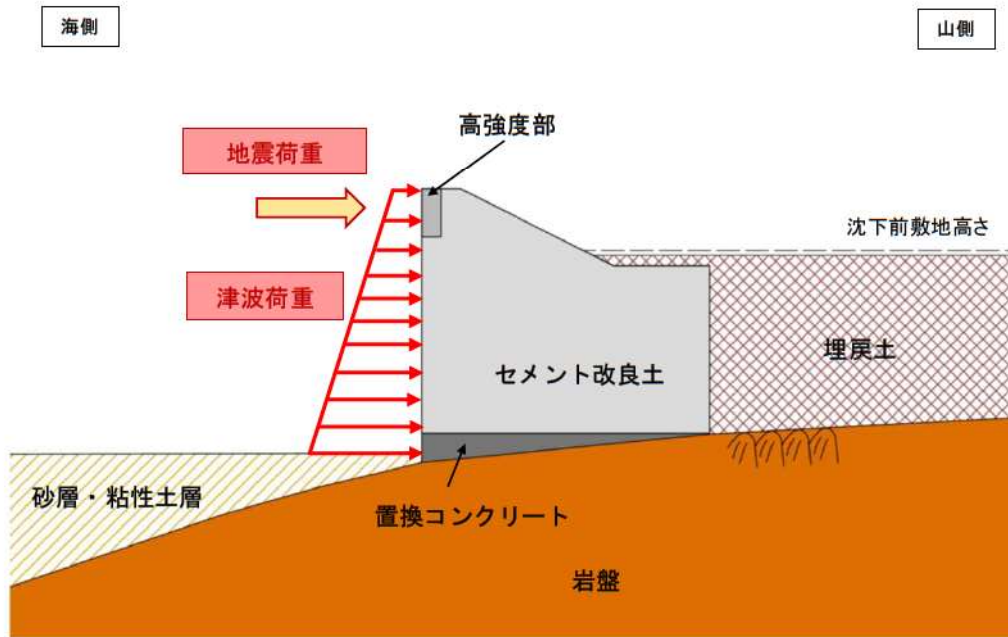


荷重図

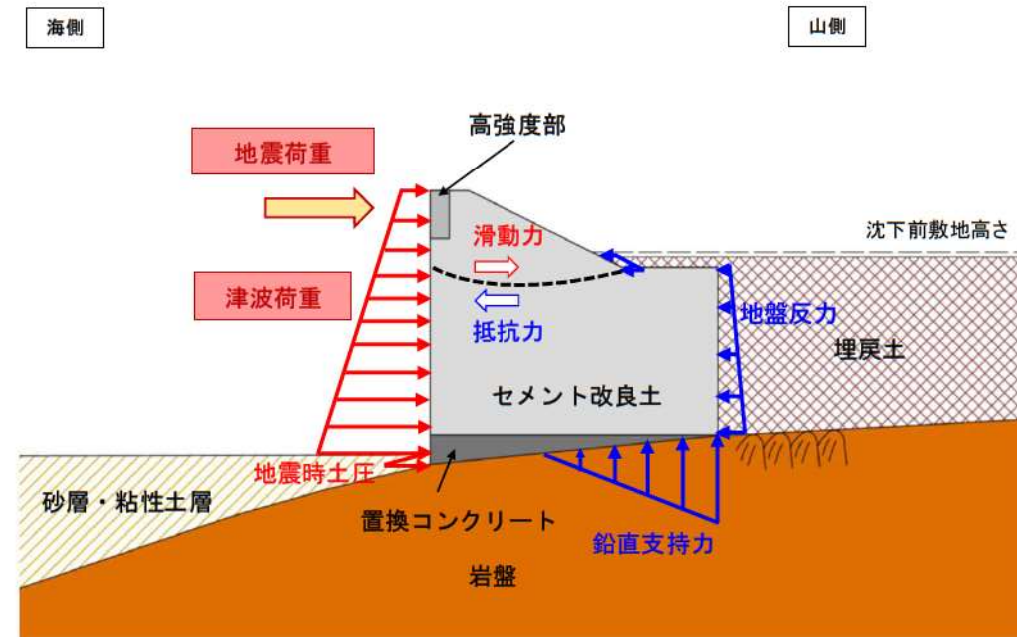
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.9.3 防潮堤に作用する荷重と変形モード（重畳時）

- 重畳時（津波+余震時）の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤前面の既設護岸及び埋戻土は、防潮堤の構造成立性に寄与する役割を期待していないため、設置変更許可段階における防潮堤の構造成立性評価においてモデル化しない。
- 防潮堤背面の埋戻土の高さは、基準地震動による敷地地盤の沈下量を考慮した高さとする。
- 防潮堤を構築するセメント改良土、高強度部及び置換コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)



荷重図

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.9.4 セメント改良土と高強度部の一体化を図るアンカーボルトに作用する荷重と変形モード

- セメント改良土と高強度部の一体化を図るアンカーボルトに作用する荷重は以下のとおりである。
- アンカーボルトの許容せん断力及び許容引張力は、止水目地コンクリートに設置するアンカーボルトBと同様に設定する。

＞地震時

高強度部が慣性力によりセメント改良土から剥離しようとし、鉛直境界面に引張力が発生する。
⇒引張力に抵抗する役割をアンカーボルトに期待する。

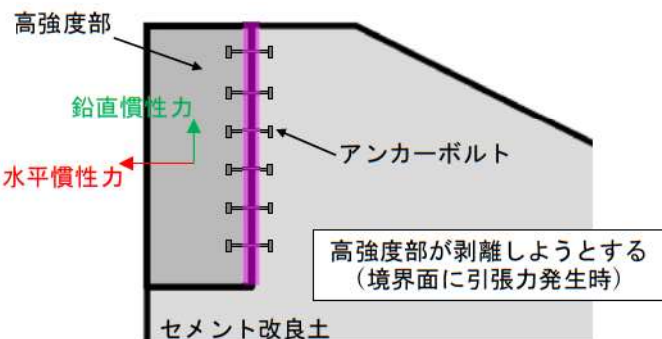
＞重畳時

高強度部が慣性力によりセメント改良土から剥離しようとし、鉛直境界面に引張力※が発生する。
⇒引張力に抵抗する役割をアンカーボルトに期待する。

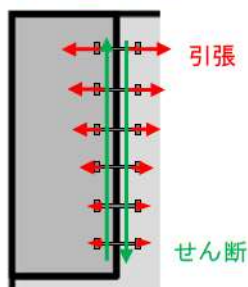
＞津波時

高強度部が津波荷重によりセメント改良土を押し付ける挙動となり、鉛直境界面に圧縮力が発生する。
⇒アンカーボルトに役割を期待しない。

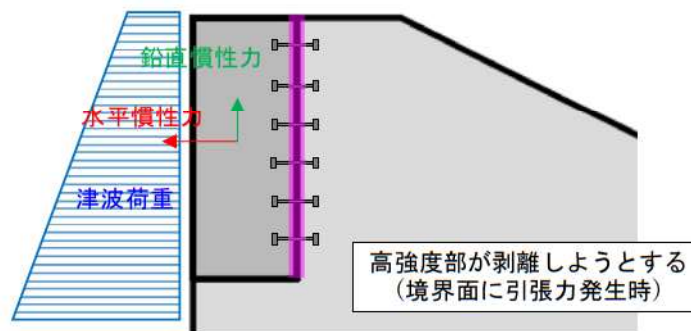
※：鉛直境界面の引張力は、余震による海側方向への慣性力が津波荷重より大きい場合に発生する。



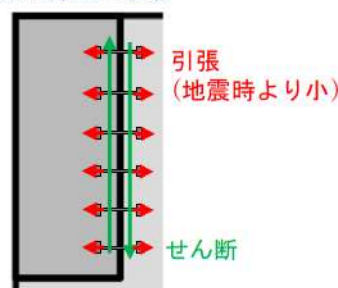
作用荷重と挙動



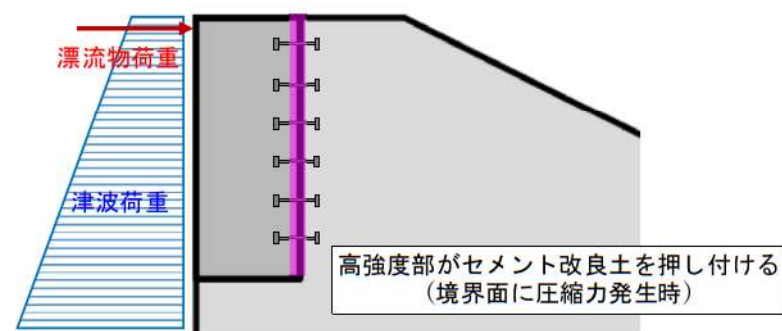
アンカーボルトの作用力



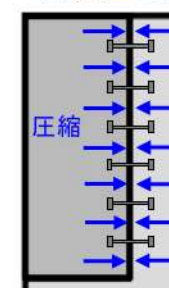
作用荷重と挙動



アンカーボルトの作用力
アンカーボルトの作用荷重と挙動



作用荷重と挙動



アンカーボルトの作用力

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.10 要求機能を喪失する事象と設計・施工上の配慮（1/4）

- 防潮堤の設計方針について地震時、津波時及び重畳時（津波+余震時）に、防潮堤が維持すべき機能を喪失し得る事象（損傷モード）を仮定し、その損傷モードに対する設計・施工上の配慮について整理した。
- 今後、設計に用いる地震動や津波高さ等が決まった段階で、サイト特性を踏まえた構造の特異性及び設計の保守性を整理し、設置変更許可段階において説明する。

4. 防潮堤(標準部)の設計方針

4.10 要求機能を喪失する事象と設計・施工上の配慮(2/4)

○ 防潮堤の各部位が損傷し要求機能を喪失する事象を抽出した。

部位の名称	要求機能を喪失する事象	想定ケース※1	設計・施工上の配慮	照査※2
セメント改良土	・ すべり破壊し、堤体高さが維持できなくなり、難透水性を喪失する。	①, ②	・ セメント改良土と高強度部に想定したすべり線に対して、すべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を確認する。	○
	・ せん断破壊又は引張破壊し、過度なひび割れが連続することで水みちが形成され、難透水性を喪失する。	②		○
	・ 洗掘され、難透水性を喪失する。	②	・ セメント改良土は、津波時の洗掘・浸食に対して十分な耐性をもつことを確認する(補足説明資料2に詳細を記載)。	—
	・ 竜巻の風荷重や飛来物荷重により損傷し、難透水性を喪失する。	—	・ 万一、竜巻及びその随件事象により損傷した場合には、津波防護機能が必要となる前に修復等の対応を実施する。	—
高強度部	・ すべり破壊し、堤体高さが維持できなくなり、難透水性を喪失する。	①, ②	・ セメント改良土と高強度部に想定したすべり線に対して、すべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を確認する。	○
	・ せん断破壊又は引張破壊し、過度なひび割れが連続することで水みちが形成され、難透水性を喪失する。	②		○
	・ 洗掘され、難透水性を喪失する。	②	・ 高強度部は、セメント改良土より強度が大きく、津波時の洗掘・浸食に対して十分な耐性を有する。	—
	・ 竜巻の風荷重や飛来物荷重により損傷し、難透水性を喪失する。	—	・ 万一、竜巻及びその随件事象により損傷した場合には、津波防護機能が必要となる前に修復等の対応を実施する。	—
	・ アンカーボルトの許容引張力及び許容せん断力を上回る引張力及びせん断力がアンカーボルトに作用し、高強度部とセメント改良土が離れることで、漂流物対策工の機能を喪失する。	①	・ 想定される引張力及びせん断力が、アンカーボルトの許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。 ・ アンカーボルトの許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトBの性能試験に基づき決定する。※3	○

※1: ①は地震時、②は津波時を示す。なお、重畳時(津波＋余震時)は、(—)を除いた全ての事象で想定する。

※2: 照査を実施する場合は(○)、照査不要と判断している場合は(—)とする。

※3: アンカーボルトは、止水目地のアンカーボルトBと同じ仕様を検討している。止水目地で実施するアンカーボルトの性能試験結果を用いて、高強度部のアンカーボルトの成立性について説明する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.10 要求機能を喪失する事象と設計・施工上の配慮（3/4）

部位の名称	要求機能を喪失する事象	想定ケース※1	設計・施工上の配慮	照査※2
置換 コンクリート	すべり破壊し、堤体高さが維持できなくなり、難透水性を喪失する。	①, ②	置換コンクリート内部に想定したすべり線に対して、すべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を確認する。	○
	せん断破壊又は引張破壊し、過度なひび割れが連続することで水みちが形成され、難透水性を喪失する。			
	セメント改良土に伝わる荷重により置換コンクリートが破壊し、鉛直支持機能を喪失する。	①, ②	許容限界以下であることを確認する。	○

※1:①は地震時、②は津波時を示す。なお、重畳時(津波＋余震時)は、(―)を除いた全ての事象で想定する。

※2:照査を実施する場合は(○)、照査不要と判断している場合は(―)とする。

4. 防潮堤(標準部)の設計方針

4.10 要求機能を喪失する事象と設計・施工上の配慮(4/4)

地盤の名称	要求機能を喪失する事象	想定ケース※1	設計・施工上の配慮	照査※2
止水目地	・ アンカーボルトAの許容引張力及び許容せん断力を上回る引張力及びせん断力がアンカーボルトAに作用し、アンカーボルトAが損傷することで、遮水性を喪失する。	②	・ 想定される引張力及びせん断力が、アンカーボルトAの許容引張力及び許容せん断力※3以下であることを確認する。	○
	・ 止水目地コンクリートが引張破壊、せん断破壊し、過度なひび割れが連続することで水みちが形成され、遮水性を喪失する。	①, ②	・ 想定したすべり線に対して、すべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を確認する。	○
	・ アンカーボルトBの許容引張力及び許容せん断力を上回る引張力及びせん断力がアンカーボルトBに作用し、止水目地コンクリートとセメント改良土が離れることで、水みちが形成され、遮水性を喪失する。	①, ②	・ 想定される引張力及びせん断力が、アンカーボルトBの許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。 ・ アンカーボルトBの許容引張力及び許容せん断力はアンカーボルトBの性能試験に基づき決定する。	○
	・ ゴムジョイントの許容変形量及び許容水圧を上回る相対変位量及び水圧がゴムジョイントに作用し、ゴムジョイントが損傷することで、遮水性を喪失する。	①, ②	・ 想定される相対変位量及び水圧が、ゴムジョイントの許容変形量及び許容水圧以下であることを確認する。 ・ ゴムジョイントの許容変形量及び許容水圧は性能試験により確認する。	○
	・ 漂流物が衝突することにより、止水目地が損傷し、遮水性を喪失する。	②	・ 止水目地は、漂流物の衝突による損傷を防止するため、防潮堤の山側に設置する。	—
	・ 竜巻の風荷重や飛来物荷重により、止水目地が損傷し、遮水性を喪失する。	—	・ 万一、竜巻及びその随件事象により損傷した場合には、津波防護機能が必要となる前に修復等の対応を実施する。	—
岩盤	・ 岩盤がすべり破壊し、安定性を喪失して防潮堤の高さを維持できなくなり、防潮堤の難透水性を喪失する。	①, ②	・ すべり安全率が許容値以上であることを確認する(3条で確認)。	○
	・ 防潮堤に伝わる荷重により岩盤が破壊し、鉛直支持機能を喪失する。	①	・ 極限支持力以下であることを確認する。	○

※1:①は地震時、②は津波時を示す。なお、重畳時(津波＋余震時)は、(—)を除いた全ての事象で想定する。

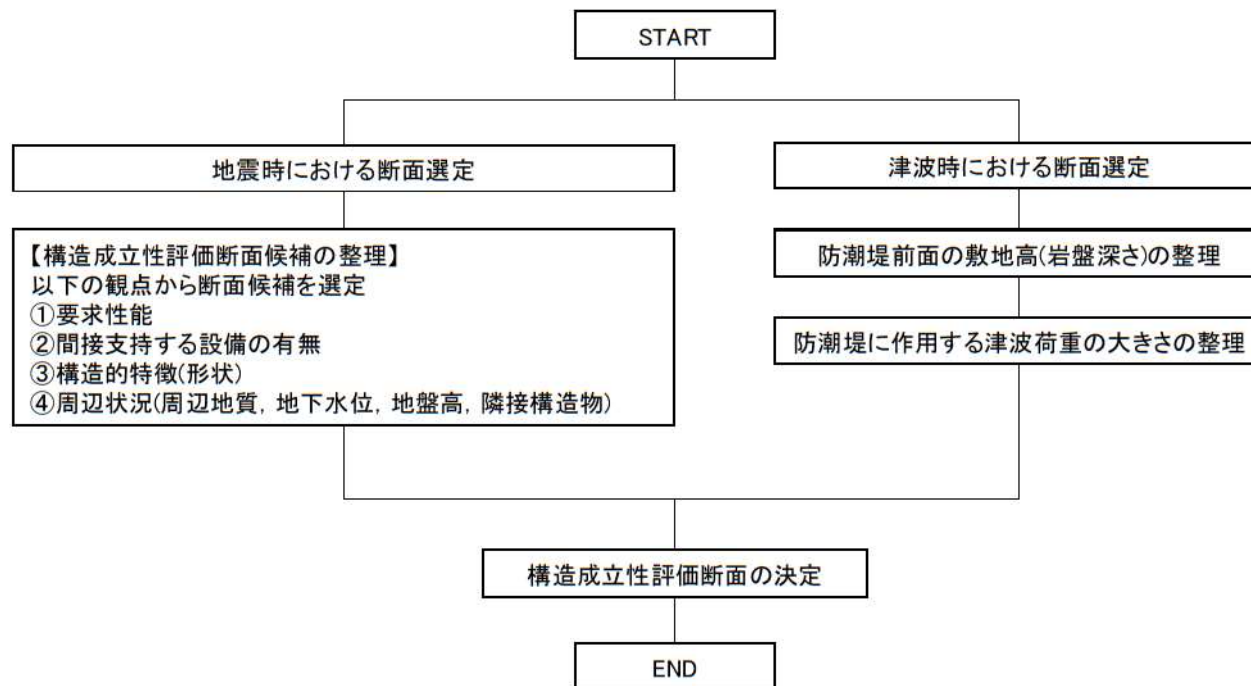
※2:照査を実施する場合は(○)、照査不要と判断している場合は(—)とする。

※3:許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトの降伏及びせん断強度、並びに定着された構造物のコーン状破壊及び支圧強度を考慮して決定する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.1 構造成立性評価断面選定フロー

- 防潮堤の構造成立性評価断面は、防潮堤が敷地の広範囲に設置されることから、地震時については、①要求性能、②間接支持する設備の有無、③構造的特徴、④周辺状況を踏まえて選定する。津波時については、防潮堤に作用する津波荷重の大きさを整理した上で選定する。
- 防潮堤を横断する構造物については、基準地震動に対する健全性評価により損傷しないことを確認するため、候補断面の選定は不要とした。
- 構造成立性評価結果については、今後、設置変更許可段階で説明する。
- なお、設計及び工事計画認可段階では、必要に応じて構造成立性確認において選定した地点以外の断面も選定し評価を行う。



構造成立性評価断面選定フロー

4. 防潮堤(標準部)の設計方針

4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点(1/5)

○ 防潮堤の構造成立性評価断面候補を整理する際の観点は、以下のとおりである。

構造成立性評価断面候補の整理

観 点		防潮堤(セメント改良土(高強度部含む), 置換コンクリート)	整理結果
①要求性能		・ 止水性	・ 要求性能は全線同一であるため、候補断面の選定は不要とした
②間接支持する設備の有無		・ あり(津波監視設備のうち津波監視カメラ) ^{※1}	・ 津波監視カメラの設置による防潮堤の構造成立性への影響はないと考え、候補断面の選定は不要とした ^{※2}
③構造的特徴(形状)		・ 線状構造物 ・ 防潮堤の形状が異なる	・ 防潮堤の形状が異なるため、候補断面の選定が必要である
④周辺状況	周辺地質	・ セメント改良土及び置換コンクリートは岩盤に設置されている ・ 断面位置により岩盤深さが異なる ・ 周辺に液状化対象層(埋戻土・砂層)が分布している	・ 岩盤深さ、液状化対象層(埋戻土・砂層)の分布が異なるため、候補断面の選定が必要である
	地下水位	・ 防潮堤から海側は、朔望平均満潮位(T.P.+0.26m) ・ 防潮堤から山側は、地表面(T.P.+10.0m)	・ 地下水位は全線同一であるため、候補断面の選定は不要とした
	前面地盤高	・ 防潮堤から山側はT.P.+10.0m ・ 防潮堤から海側はT.P.+5.5～+10.0m(津波荷重が前面地盤高に応じて異なる)	・ 防潮堤から海側の埋戻土は解析上モデル化しない方針である ・ 断面位置によって前面地盤高が異なることより、津波荷重も異なるため、津波時における候補断面の選定が必要である
	隣接構造物	・ 道路盛土(埋戻土) ・ 防潮堤を横断する構造物(1,2号取水路, 1,2号放水路, 3号取水路, 屋外排水路)	・ 防潮堤山側に道路盛土(埋戻土)が近接している箇所があるため、候補断面の選定が必要である ・ 防潮堤を横断する構造物について、基準地震動に対する構造健全性評価により損傷しないことを確認するため、設置変更許可段階における構造成立性評価断面として選定しない ・ 設計及び工事計画認可段階において、防潮堤を横断する構造物の健全性の評価結果を説明する(詳細は「補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱い」について)を参照)

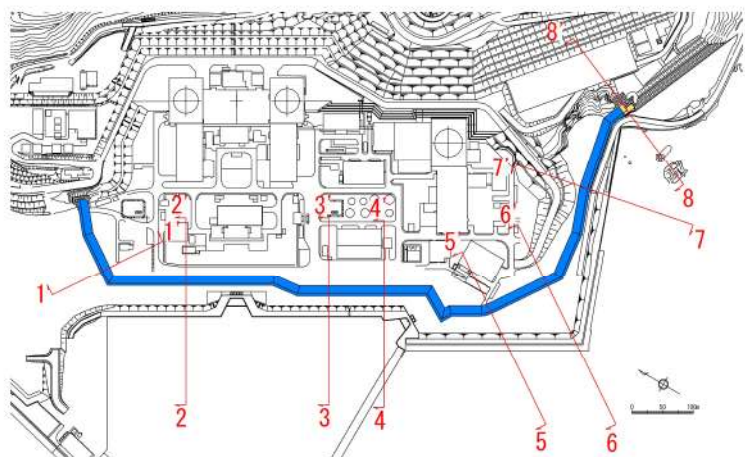
※1: 津波監視設備のうち津波監視カメラを防潮堤上部に設置する計画であり、詳細な設置位置は現在検討中である。

※2: 津波監視カメラは防潮堤に対して軽量であるため、津波監視カメラの設置による防潮堤の構造成立性への影響はないと考える。

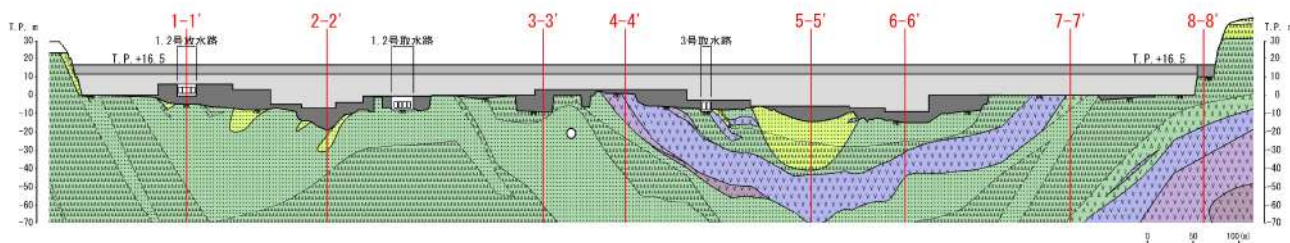
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点（2/5）

- 観点③及び観点④から、構造成立性評価断面の選定における候補断面を抽出した。
- 候補断面及び候補断面の抽出理由は、以下のとおりである。



断面位置図



防潮堤縦断面図(縦:横=2:1)

候補断面の抽出

候補断面※1	抽出理由
1-1' 断面	茶津側端部～1,2号放水路(屈曲部)において、防潮堤天端から岩盤までの高さが概ね一様であり、その中でも1-1'断面が最も岩盤が深い。
2-2' 断面	全区間(茶津側端部～堀株側端部)において、防潮堤天端から岩盤までの高さが最も高い。
3-3' 断面	1,2号取水路～3号取水路区間において既設護岸形状が異なる。
4-4' 断面	ただし、既設護岸に役割を期待しないため、既設護岸の形状が断面選定の観点にはならない。
5-5' 断面	防潮堤設置箇所にD級岩盤が存在する。
6-6' 断面	ただし、防潮堤設置時には、防潮堤下部のD級岩盤を撤去する。
7-7' 断面	全区間(茶津側端部～堀株側端部)において、防潮堤天端から岩盤までの高さが、2-2'断面の次に高い。
8-8' 断面※2	防潮堤背面に存在する道路盛土が高い。

※1: 堀株側端部の8-8'断面の詳細については、「5.防潮堤(端部)の設計方針」において説明する。
 ※2: 道路盛土が高い断面及び道路盛土が防潮堤に近接する断面において、防潮堤に作用する土圧を比較した上で、7-7'断面を選定することを次頁で説明する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点（3/5）

- 防潮堤背面に道路盛土が存在する範囲において、道路盛土高さが高い断面（7-7' 断面）及び道路盛土が防潮堤に近接する断面（7a-7a' 断面）における防潮堤背面の土圧を比較した上で、以下の理由から、道路盛土高さが高い断面（7-7' 断面）を構造成立性評価の候補断面として選定する。
- 道路盛土は、基準地震動による崩壊が生じないように対策する方針であるため、防潮堤の設計において、道路盛土の崩壊による影響は考慮不要である。
 - 防潮堤背面に作用する土圧を比較した結果、土圧が大きい道路盛土高さが高い断面（7-7' 断面）の方が、防潮堤の設計において保守的な断面と考える。

防潮堤背面に作用する土圧の比較

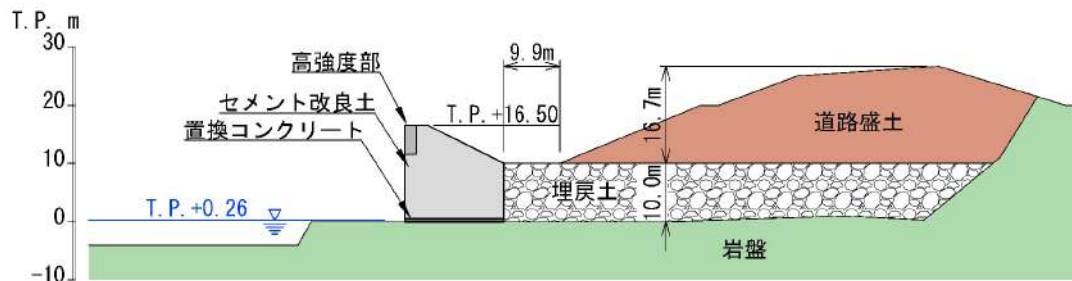
候補断面	防潮堤との距離 (m)	道路盛土高さ (m)	防潮堤背面に作用する土圧（液状化を考慮）(kN/m) ^{※1}		
			①静的圧力	②動的圧力 ^{※2}	③防潮堤背面の土圧 (③=①+②)
7-7' 断面	9.9	16.7	4,256	2,308	6,564
7a-7a' 断面	3.9	12.1	3,354	1,862	5,216

※1:「事前混合処理工法技術マニュアル(改訂版)(沿岸技術研究センター, 令和元年12月)」を参考に、1,2号埋戻土として、道路盛土の天端まで液状化する仮定で算出

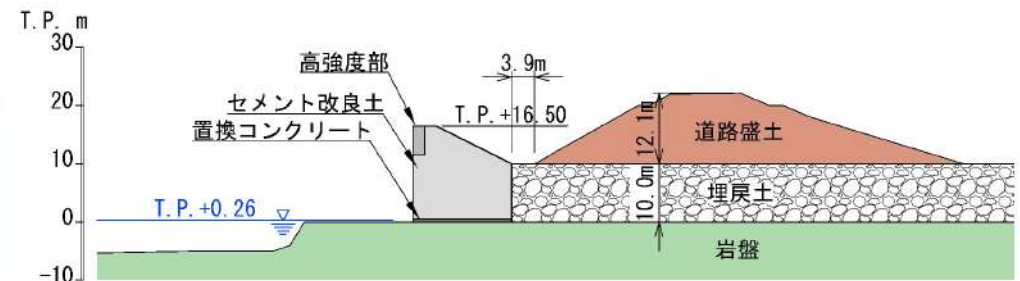
※2:照査用震度は基準地震動Ss1より算出(0.56)

断面位置図

拡大図



断面図(7-7')

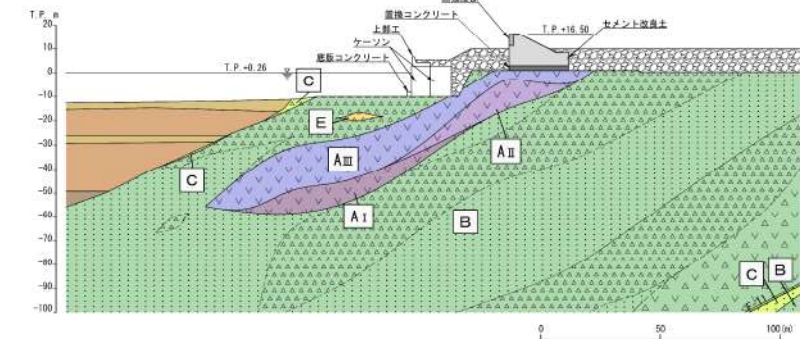
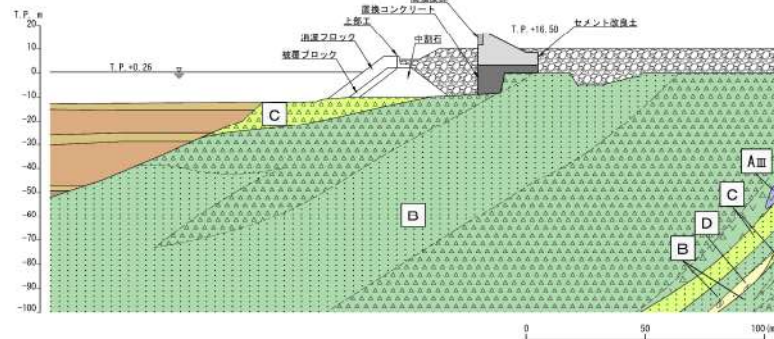
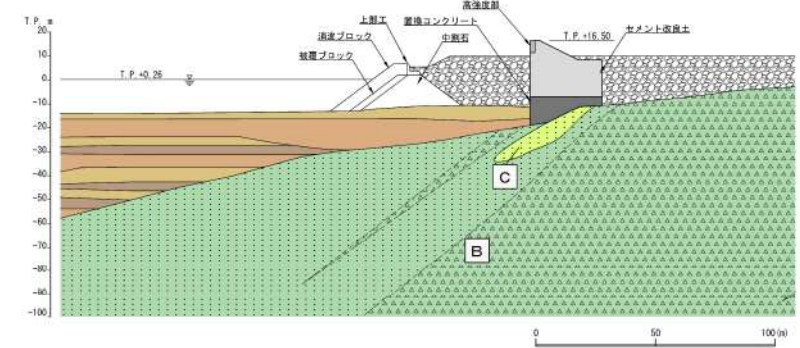
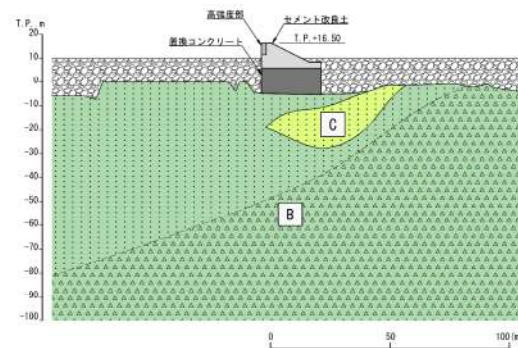
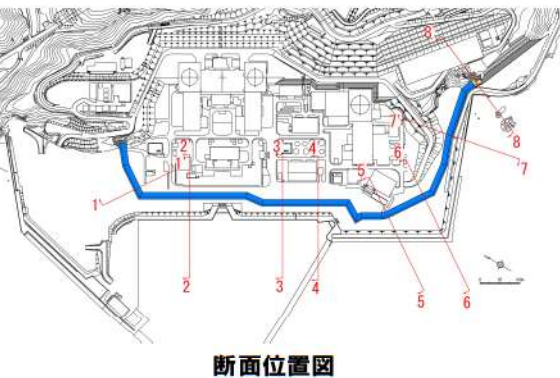


断面図(7a-7a')

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点（4/5）

○ 防潮堤の横断方向の地質断面図を以下に示す。



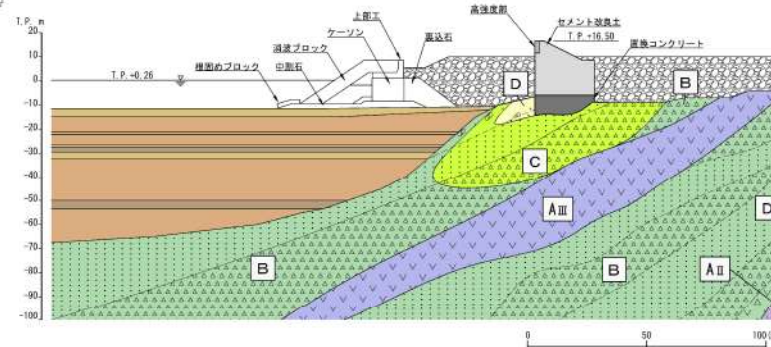
凡例

【岩級分類】	【岩盤の地質分類】	【土質分類】
AⅠ : AⅠ級岩盤	△△ : 角礫質安山岩	○ : 砂 As1 (N値<30)
AⅡ : AⅡ級岩盤	▽▽ : 安山岩	○ : 砂 As2 (30≤N値)
AⅢ : AⅢ級岩盤	◇◇ : 雲母岩・燧石岩	○ : 粘性土 Ac
B : B級岩盤	△△△ : 軽石凝灰岩	■ : 埋戻土
C : C級岩盤	△△△△ : 凝灰岩	■ : セメント改良土
D : D級岩盤	△△△△△ : 凝灰角礫岩	■ : 高強度部
		■ : 置換コンクリート
		■ : 端部コンクリート

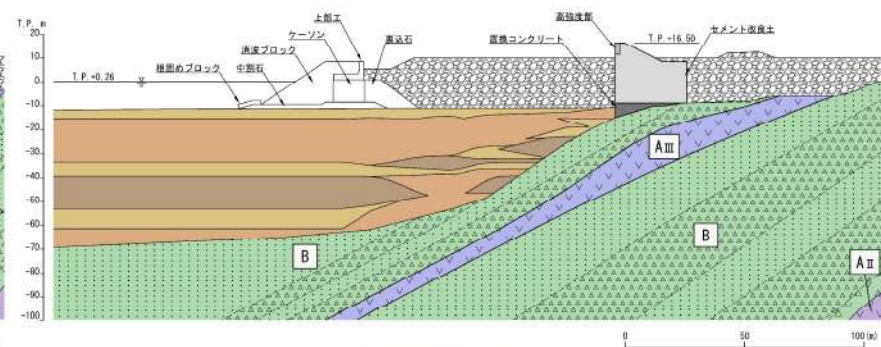
※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.2 構造成立性評価断面選定の観点（5/5）



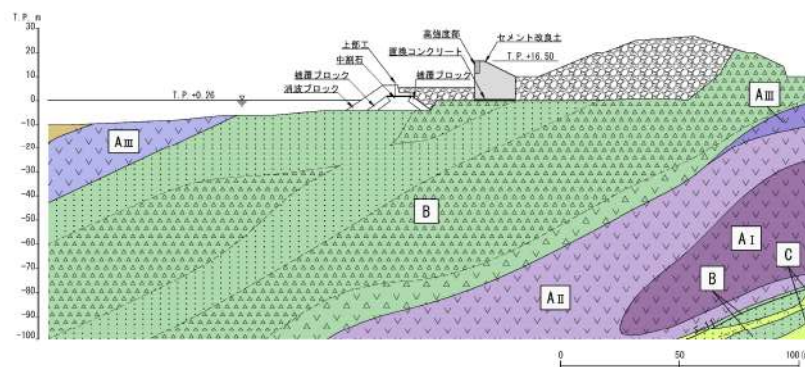
地質断面図 (5-5')



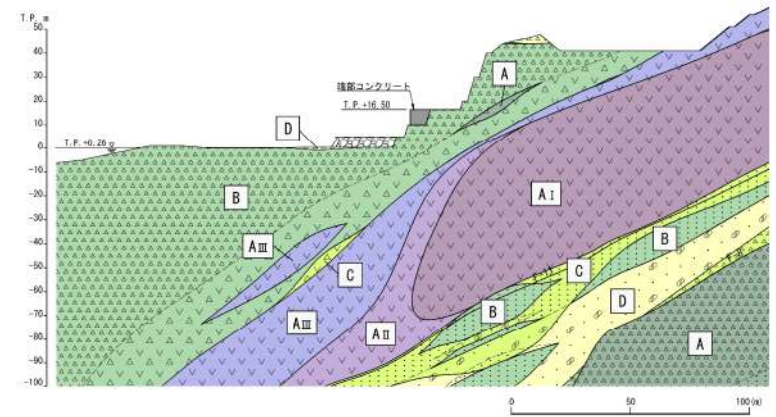
地質断面図 (6-6')

凡 例

【岩級分類】	【岩盤の地質分類】	【土質分類】
AⅠ : AⅠ級岩盤	△△△ : 角礫質安山岩	○ : 砂 As1 (N値<30)
AⅡ : AⅡ級岩盤	▽▽▽ : 安山岩	□ : 砂 As2 (30≤N値)
AⅢ : AⅢ級岩盤	◇◇◇ : 雲母岩礫質灰岩	■ : 粘性土 Ac
B : B級岩盤	□□□ : 軽石凝灰岩	□□ : 埋戻土
C : C級岩盤	□□□ : 凝灰岩	□□ : セメント改良土
D : D級岩盤	△△△ : 凝灰角礫岩	■ : 高強度部
		■ : 置換コンクリート
		■ : 端部コンクリート



地質断面図 (7-7')



地質断面図 (8-8')

※: 置換コンクリートの高さは、岩盤不陸及び岩盤傾斜を踏まえて検討中であり、今後変更の可能性がある。

余 白

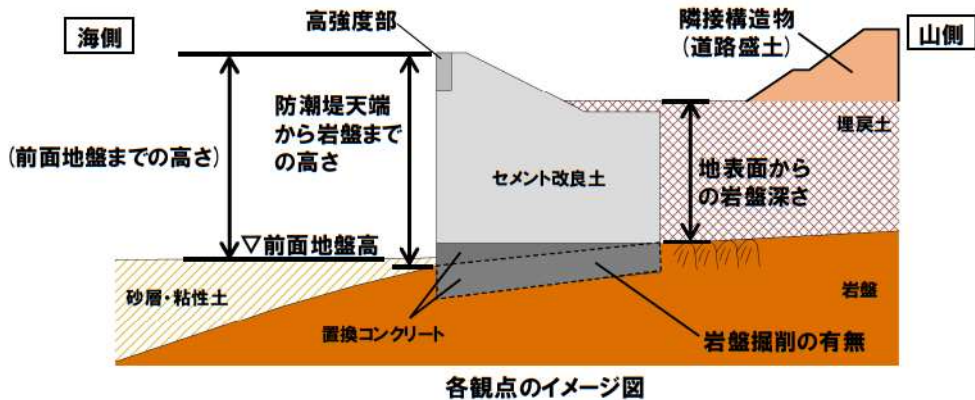
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.3 構造成立性評価断面の選定結果（1/4）

○ 構造成立性評価における評価断面の候補を「観点③構造的特徴（形状）」及び「観点④周辺状況」に基づき整理した。

構造成立性評価断面候補の整理

候補断面	③構造的特徴(形状)		④周辺状況				
	防潮堤天端から岩盤までの高さ	岩盤掘削※1	地表面からの岩盤深さ※2	前面地盤高※3 (前面地盤までの高さ)	【参考】※4 岩盤の傾斜	【参考】※4 岩級	隣接構造物
1-1' 断面	23.7m	無	17.2m	T.P.-7.2m (23.7m)	平坦	B級	—
2-2' 断面	39.4m	有	28.9m	T.P.-11.3m (27.8m)	傾斜有	B級及びC級	—
3-3' 断面	25.5m	無	19.0m	T.P.-9.0m (25.5m)	傾斜有	B級	—
4-4' 断面	23.5m	無	17.0m	T.P.-7.0m (23.5m)	平坦	AⅢ級	—
5-5' 断面	35.0m	有	21.0m	T.P.-11.0m (27.5m)	傾斜有	C級	—
6-6' 断面	31.5m	無	25.0m	T.P.-10.9m (27.4m)	傾斜有	B級	・防潮堤背面に道路盛土が存在する。※5
7-7' 断面	19.1m	無	12.6m	T.P.-2.6m (19.1m)	平坦	B級	・防潮堤背面に道路盛土が存在する。※5



※1: 防潮堤の基礎地盤のすべり安全率を確保するために岩盤掘削を行う可能性があり、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」においてすべり安全率を説明する。

※2: 地表面からの岩盤深さが深いほど、防潮堤に作用する土圧は大きくなる。

※3: 前面地盤高が低い方が、津波波力は大きくなる。

※4: 岩盤の傾斜、岩級、防潮堤の幅に着目した断面選定は、基礎地盤の安定性評価に係る観点であることから、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において説明する。

なお、「防潮堤の幅」は、設置位置によって異なることを想定しており、現在検討中である。

※5: 防潮堤背面の道路盛土は、基準地震動による崩壊が生じないように対策する方針である。道路盛土による断面選定の考え方は、「4.11.3 構造成立性評価断面の選定結果(4/4)」において説明する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.3 構造成立性評価断面の選定結果（2/4）

○ 構造成立性評価断面は、基礎岩盤を掘削する可能性の有無及び防潮堤天端から岩盤までの高さから「2-2' 断面」及び「6-6' 断面」を選定した。

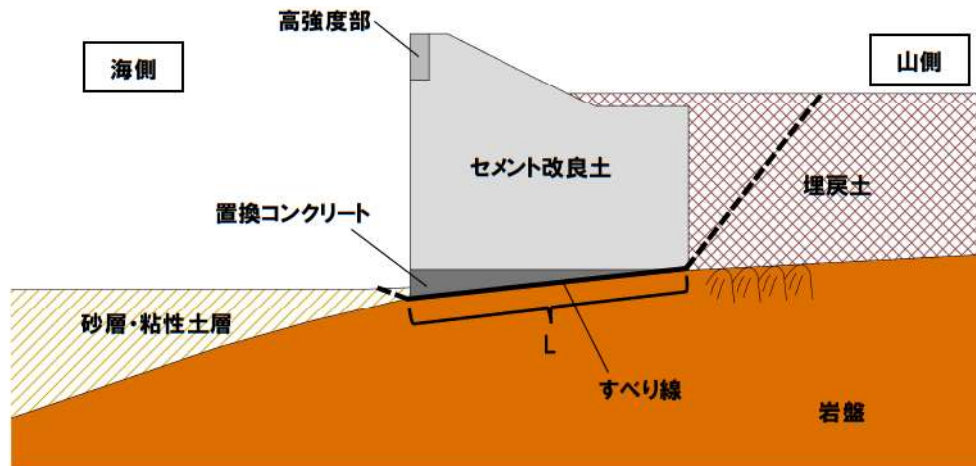
構造成立性評価断面候補の選定結果

候補断面	選定理由
1-1' 断面	岩盤掘削がない断面である6-6' 断面と比較して、防潮堤天端から岩盤までの高さが低い、地表面からの岩盤深さが浅い、前面地盤高が浅いことから、1-1' 断面の評価は、6-6' 断面の評価に包絡され ると考え、構造成立性評価断面として選定しない。
2-2' 断面	岩盤掘削がある断面において、防潮堤天端から岩盤までの高さが高い、地表面からの岩盤深さが深い、前面地盤高が深いことから、構造成立性評価断面として選定する。
3-3' 断面	岩盤掘削がない断面である6-6' 断面と比較して、防潮堤天端から岩盤までの高さが低い、地表面からの岩盤深さが浅い、前面地盤高が浅いことから、3-3' 断面の評価は、6-6' 断面の評価に包絡され ると考え、構造成立性評価断面として選定しない。
4-4' 断面	岩盤掘削がない断面である6-6' 断面と比較して、防潮堤天端から岩盤までの高さが低い、地表面からの岩盤深さが浅い、前面地盤高が浅いことから、4-4' 断面の評価は、6-6' 断面の評価に包絡され ると考え、構造成立性評価断面として選定しない。
5-5' 断面	岩盤掘削がある断面である2-2' 断面と比較して、防潮堤天端から岩盤までの高さが低い、地表面からの岩盤深さが浅い、前面地盤高が浅いことから、5-5' 断面の評価は、2-2' 断面の評価に包絡され ると考え、構造成立性評価断面として選定しない。
6-6' 断面	岩盤掘削がない断面において、防潮堤天端から岩盤までの高さが高い、地表面からの岩盤深さが深い、前面地盤高が深いことから、構造成立性評価断面として選定する。
7-7' 断面	岩盤掘削がない断面である6-6' 断面と比較して、防潮堤天端から岩盤までの高さが低い、地表面からの岩盤深さが浅い、前面地盤高が浅いことから、7-7' 断面の評価は、6-6' 断面の評価に包絡され ると考え、構造成立性評価断面として選定しない。 また、隣接構造物である防潮堤背面の道路盛土の影響は、液状化を考慮した土圧を比較した結果、2-2' 断面及び6-6' 断面に包絡されるため、構造成立性評価断面として選定しない。

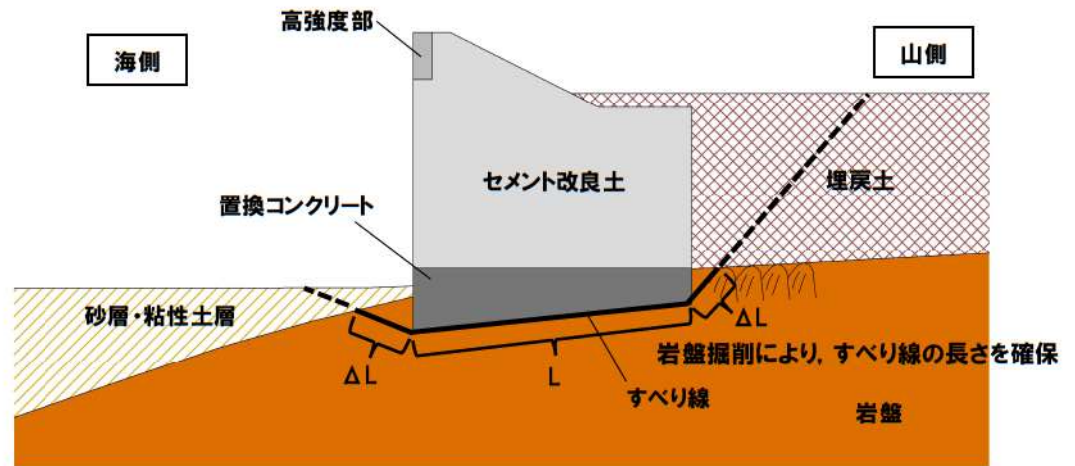
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.3 構造成立性評価断面の選定結果（3/4）

- 「観点③構造的特徴（形状）」のうち岩盤掘削の有無の概要は下図のとおりである。
- 岩盤を掘削して防潮堤を構築することで、岩盤内部をとおりすべり線の長さを確保し、防潮堤のすべり安定性を満足させる。
- 防潮堤のすべり安定性については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において説明する。
- 岩盤掘削の有無により、防潮堤の挙動が異なることが想定されるため、岩盤掘削の有無を構造成立性評価断面の選定要因として考慮する。



岩盤掘削無のすべり線

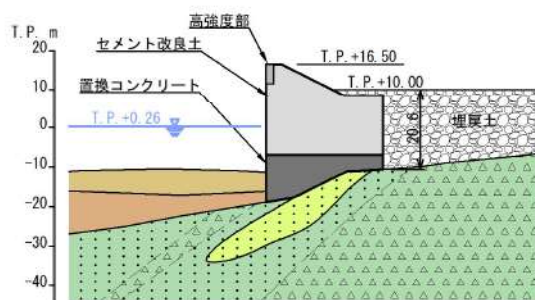


岩盤掘削有のすべり線

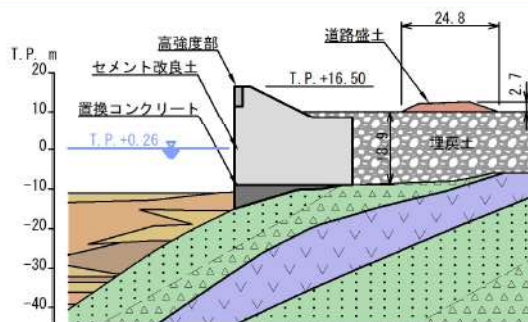
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.3 構造成立性評価断面の選定結果（4/4）

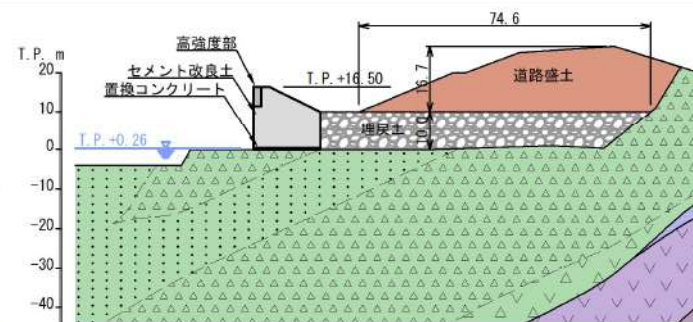
- 防潮堤背面の道路盛土は、屋外アクセスルートとして耐震性を有する構造とする方針である。
- 防潮堤の構造成立性評価における道路盛土による影響は、防潮堤背面に作用する土圧と考えられる。
- 防潮堤に作用する土圧は、「事前混合処理工法 技術マニュアル（改訂版）（沿岸技術研究センター，令和元年12月）」を参考に、埋戻土の液状化を考慮して評価する。
- 道路盛土が最も高く出現する「7-7' 断面」と地表面から岩盤までの深さが深い「2-2' 断面」又は「6-6' 断面」を比較すると、「2-2' 断面」又は「6-6' 断面」の方が大きい。
- 上記から、設置変更許可段階において、道路盛土による影響評価は「2-2' 断面」及び「6-6' 断面」の評価に包絡されると考え、「7-7' 断面」は選定しない。



地質断面図 (2-2')



地質断面図 (6-6')



地質断面図 (7-7')

防潮堤背面に作用する土圧の比較

候補断面	防潮堤背面に作用する土圧（液状化を考慮）(kN/m) ^{※1}		
	①静的圧力	②動的圧力 ^{※2}	③防潮堤背面の土圧 (③=①+②)
2-2' 断面	4,161	2,719	6,880
6-6' 断面	4,504	2,857	7,361
7-7' 断面	4,256	2,308	6,564

※1:「事前混合処理工法技術マニュアル(改訂版)(沿岸技術研究センター，令和元年12月)」を参考に、1,2号埋戻土として、道路盛土の天端まで液状化する仮定で算出

※2:照査用震度は基準地震動Ss1より算出(0.56)

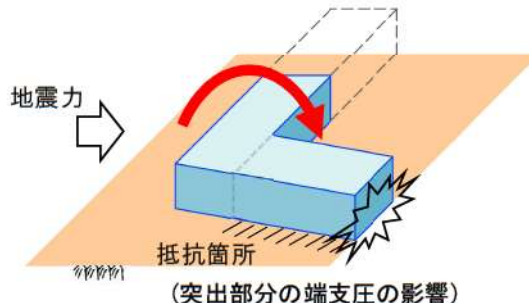
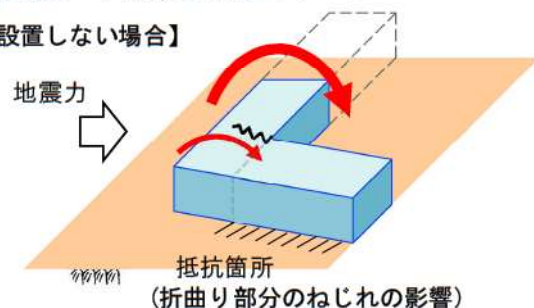
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.11.4 構造成立性評価における屈曲部の評価方針

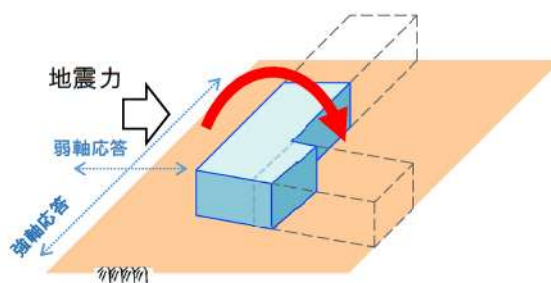
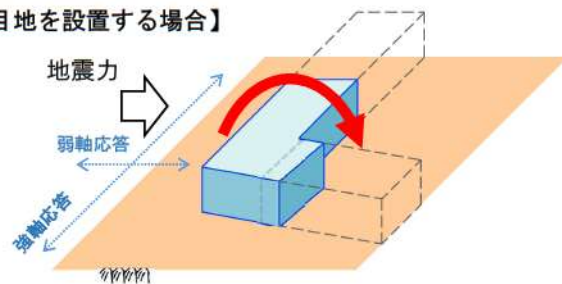
- 防潮堤は線状構造物であるが、1,2号放水路及び3号取水路では屈曲部が生じるため、防潮堤屈曲部に施工目地を設置し、応力集中しないように配慮する。
- 屈曲部形状により想定される損傷モードは下図に示すとおりである。
- 設置変更許可段階においては、施工目地の配置により強軸・弱軸方向が明確になることから、二次元断面で構造成立性を評価し、屈曲部に着目した断面選定は不要とした。
- 設計及び工事計画認可段階においては、水平2方向及び鉛直方向の地震動並びに津波荷重による影響を評価し、応力集中等の悪影響がある場合には、施工目地位置の再検討、材料強度の見直し等を行う。
- 屈曲部の詳細な評価方法は、設計及び工事計画認可段階で説明する。

屈曲部形状による損傷モード（応力集中）のイメージ

【施工目地を設置しない場合】

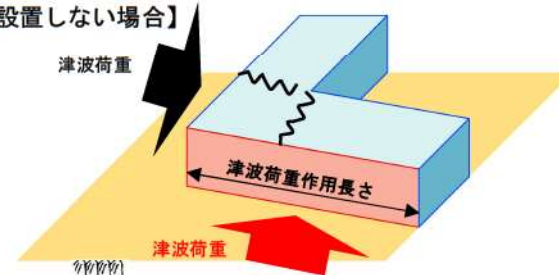


【施工目地を設置する場合】

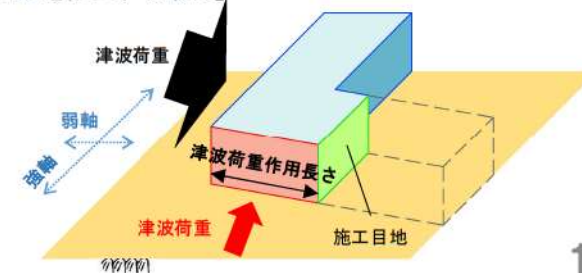


水平2方向荷重による損傷モードのイメージ

【施工目地を設置しない場合】



【施工目地を設置する場合】

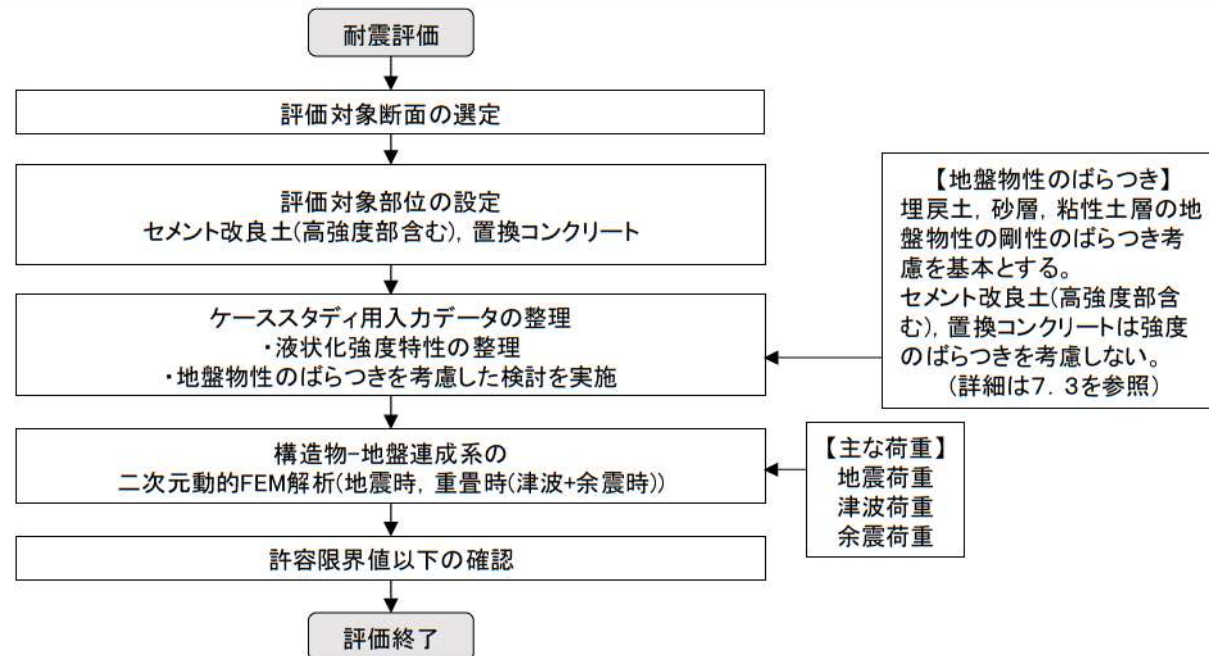


4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.12.1 地震時、重畳時の検討（1/2）

【二次元動的FEM解析】

- 解析の目的
 - 地盤物性及び液状化を考慮し、セメント改良土（高強度部含む）、置換コンクリート、埋戻土、砂層、粘性土層及び岩盤を含めた全体の動的挙動評価
 - 地盤物性及び液状化を考慮した影響評価
- 結果の利用
 - セメント改良土、高強度部及び置換コンクリートの照査
 - 地震時応答
- 解析条件
 - 地盤物性のばらつきを考慮する。



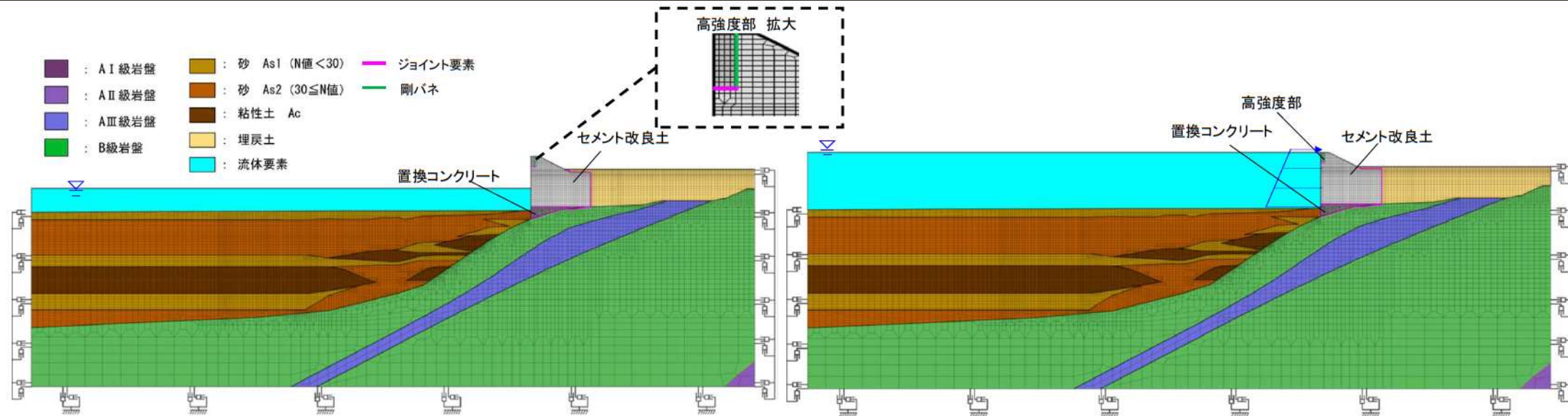
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.12.1 地震時、重畳時の検討（2/2）

【二次元動的FEM解析】

○ モデル化方針

- セメント改良土、高強度部、置換コンクリート及び岩盤は線形要素でモデル化する。
- 埋戻土、砂層、粘性土層はマルチスプリング要素でモデル化する。
- 液状化検討対象層である地下水位以深の埋戻土及び砂層は、液状化パラメータを設定する。
- 海水は液体要素でモデル化する。
- 防潮堤より前面の既設護岸及び埋戻土はモデル化しない。
- セメント改良土と高強度部は、アンカーボルトで一体化させる。アンカーボルトに作用する反力を算出するために剛バネ（面直バネ及びせん断バネ）をセメント改良土と高強度部の鉛直境界面に設定する。アンカーボルトを設置しない高強度部の底面は、ジョイント要素を設定する。



二次元動的FEM解析モデル図（地震時）

二次元動的FEM解析モデル図（重畳時）

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.12.2 津波時の検討（1/2）

○ 解析の目的

- 漂流物荷重が直接作用するセメント改良土及び高強度部について、汀線方向に連続しない漂流物荷重が衝突することによる影響を精緻に考慮したセメント改良土及び高強度部の三次元静的FEM解析
- 漂流物荷重が作用しない置換コンクリートについて、セメント改良土、高強度部、置換コンクリート、埋戻土、砂層、粘性土層及び岩盤を含めた全体の挙動評価を行うための二次元動的FEM解析※1

○ 結果の利用

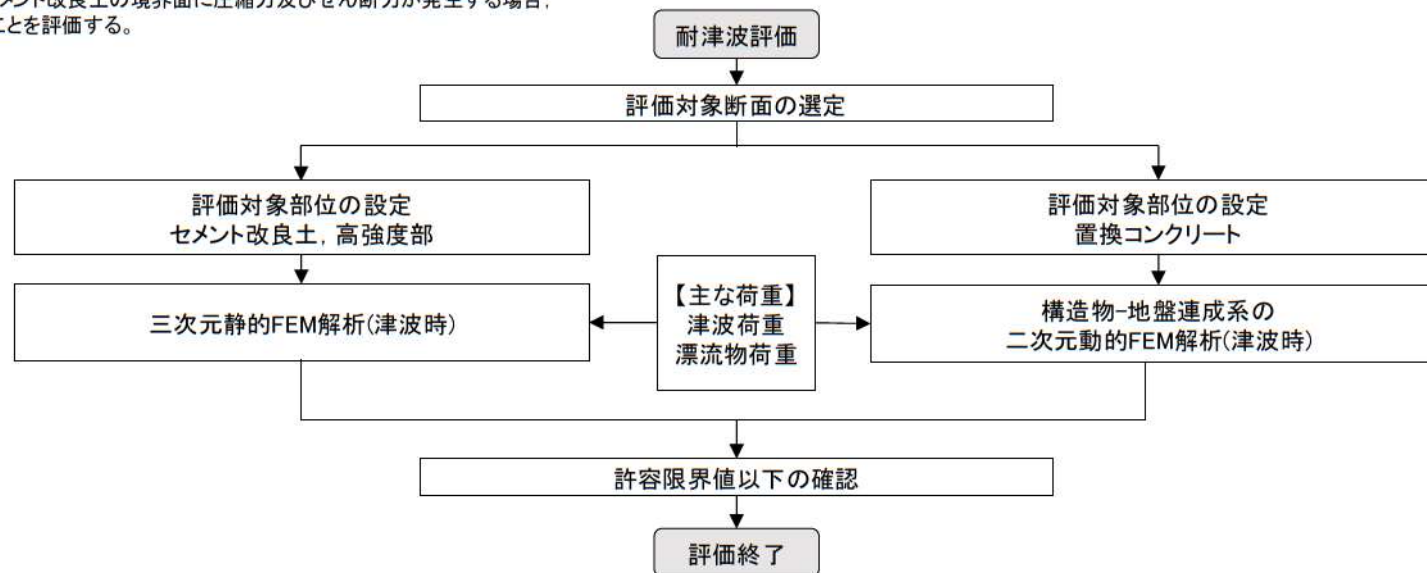
- セメント改良土及び高強度部の照査※2 【三次元静的FEM解析】
- 置換コンクリートの照査 【二次元動的FEM解析】

○ 解析条件

- 津波時においては、津波荷重及び漂流物荷重が主な外力であり、地盤物性のばらつきによる影響は小さいと考え、地盤物性のばらつきは考慮しない。

※1: 二次元動的FEM解析を使用して静的に津波荷重と漂流物荷重を作用させる。

※2: 津波時において、高強度部とセメント改良土の境界面に圧縮力及びせん断力が発生する場合、せん断力が摩擦以下であることを評価する。



4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.12.2 津波時の検討（2/2）

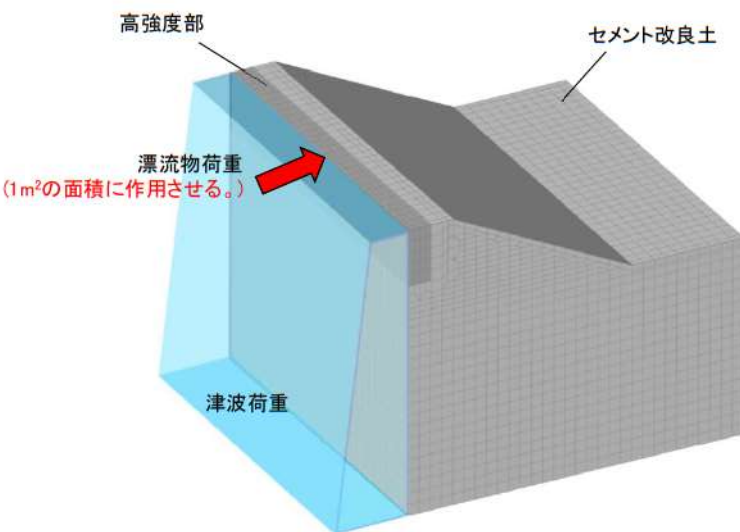
○ モデル化方針

【三次元静的FEM解析】

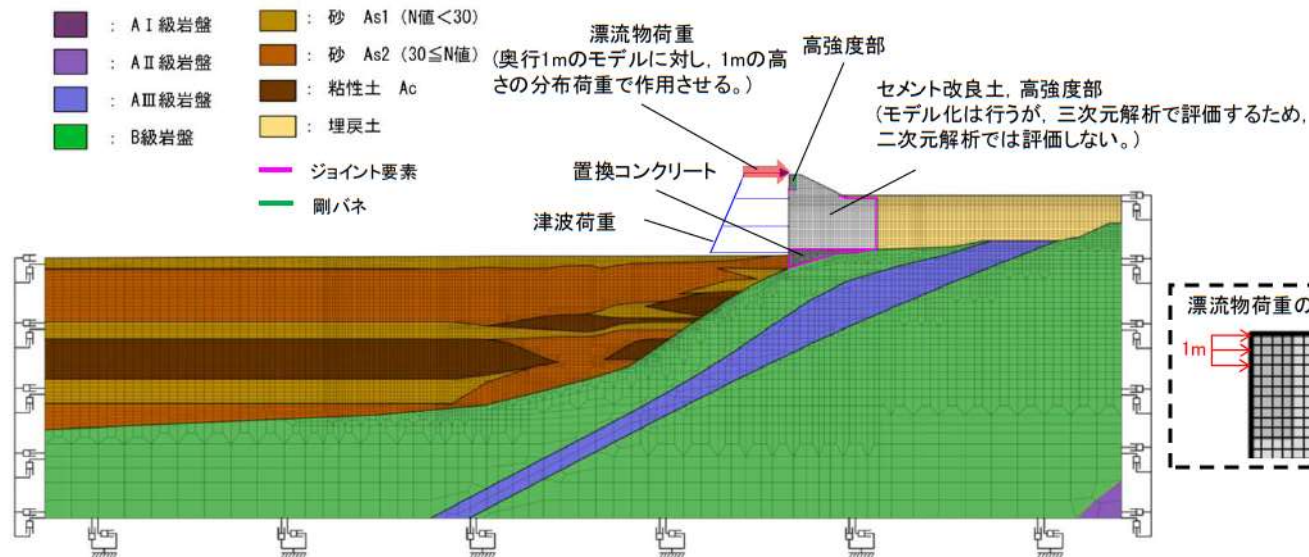
- セメント改良土及び高強度部を線形要素でモデル化する。
- セメント改良土と高強度部の境界条件は地震時と同様であり、鉛直境界面の摩擦力は剛バネ（面直バネ及びせん断バネ）の面直反力を用いて算出する。

【二次元動的FEM解析】

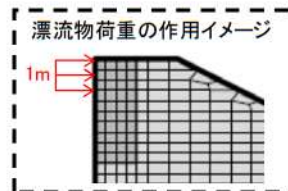
- セメント改良土、高強度部、置換コンクリート及び岩盤は線形要素でモデル化する。
- 埋戻土、砂層及び粘性土層はマルチスプリング要素でモデル化する。
- 液状化検討対象層である地下水位以深の埋戻土及び砂層は、液状化パラメータを設定する。
- 防潮堤より前面の既設護岸及び埋戻土はモデル化しない。
- セメント改良土と高強度部の境界条件は地震時と同様である。



三次元静的FEM解析モデル図（津波時）



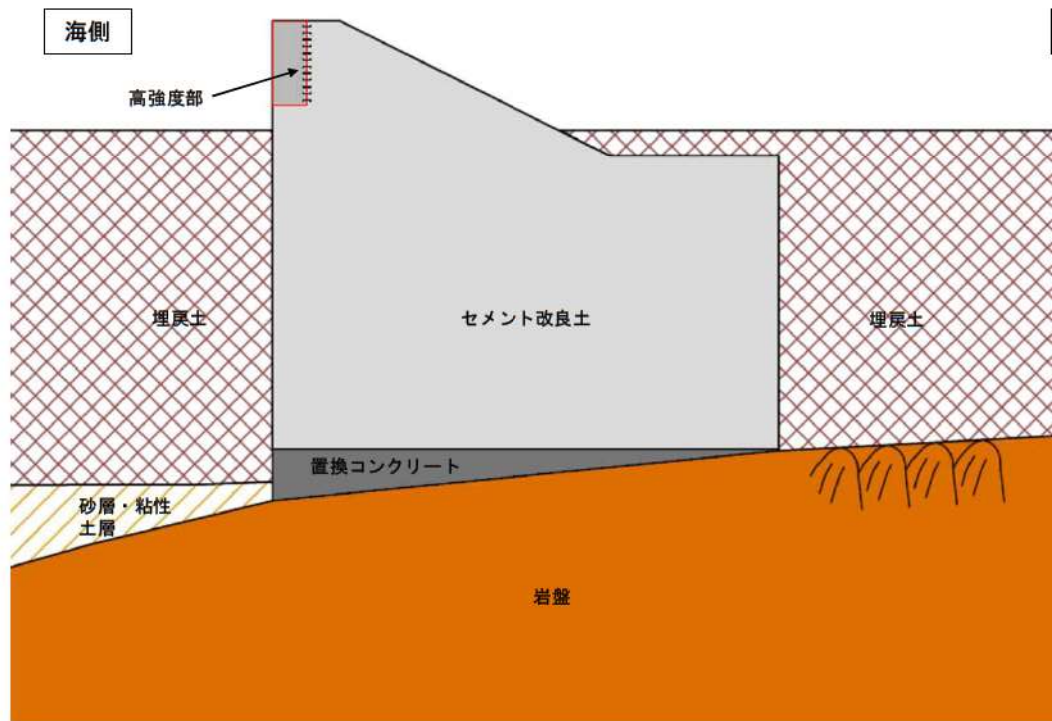
二次元動的FEM解析モデル図（津波時）



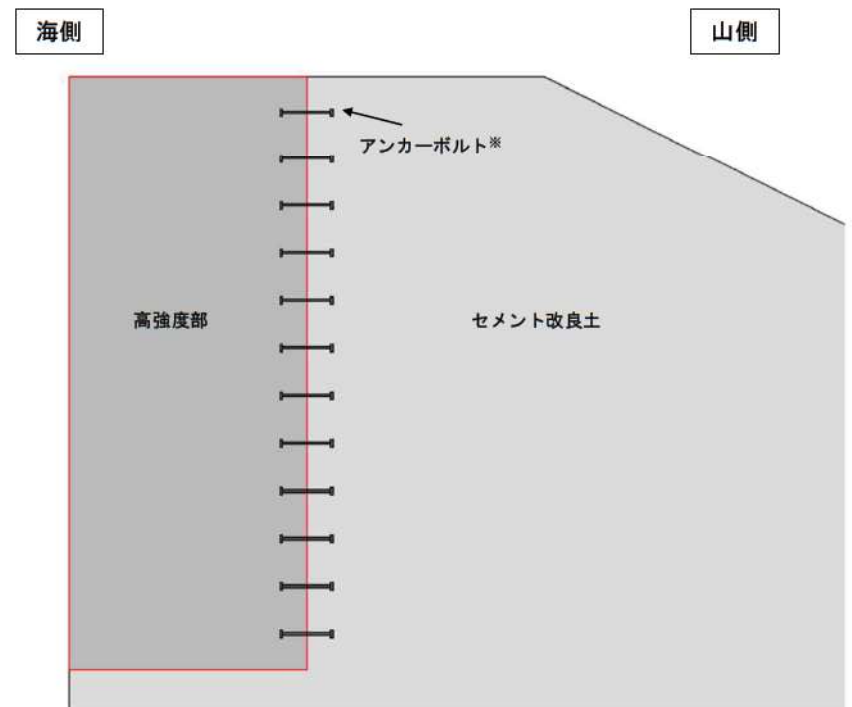
4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.13.1 高強度部の設計方針（1/3）

- 漂流物が衝突し、セメント改良土の損傷が想定される範囲を高強度部とする。
- 高強度部の評価方針は、以下のとおりである。
 - 津波防護施設本体の性能目標である「概ね弾性状態に留まること」を確保するため、高強度部を津波防護施設の一部として位置付ける。
 - 高強度部は、セメント改良土の一部をコンクリートに置き換え、アンカーボルトで一体化した構造であるため、高強度部とセメント改良土を通るすべり線で内的安定（すべり安全率照査）を評価する。
 - 上記評価により、高強度部とセメント改良土が一つの堤体として健全性を保持し、有意な漏えいを生じない構造であることを確認できる。



セメント改良土（高強度含む）概略図



※:アンカーボルトの仕様は現在検討中であり、今後、変更の可能性がある。

高強度部拡大図（イメージ図）

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

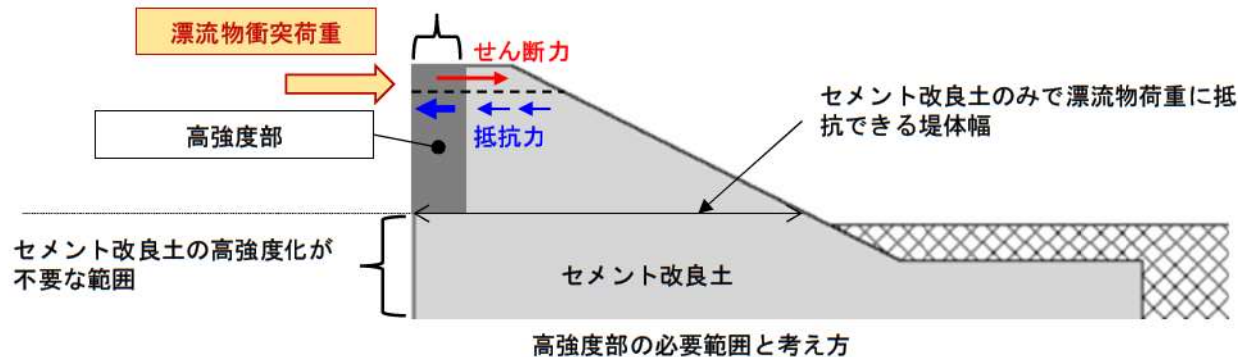
4.13.1 高強度部の設計方針（2/3）

- 高強度部に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムは、下図のとおりである。
- 高強度部とする範囲は、以下のとおり設定する。
 - 高強度部は、漂流物荷重に対し、抵抗する堤体幅が小さく、セメント改良土だけでは健全性・止水性を維持できない可能性があるため、セメント改良土の一部を強度の高いコンクリートに置き換えるものである。
 - 高強度部の幅は、漂流物荷重を分散し、高強度部とセメント改良土が一体となって十分抵抗できる幅とする。
 - 高強度部の高さは、漂流物荷重が直接セメント改良土に作用した場合に、セメント改良土が損傷しない高さまでとする。

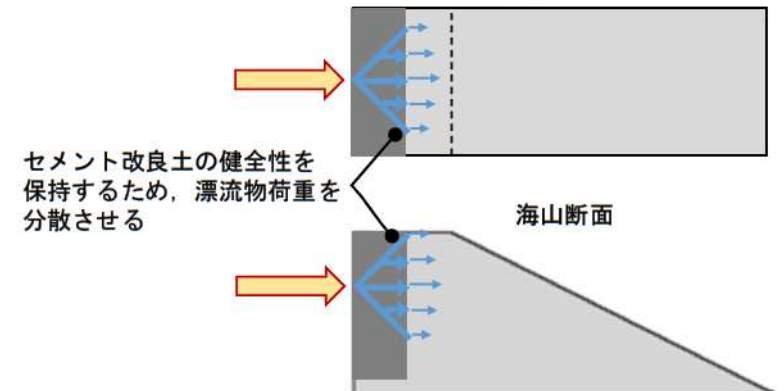
高強度部に期待する効果および効果を発揮するためのメカニズム

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部材(材質)
・漂流物衝突荷重を分散させセメント改良土の健全性を保持する。 ・漂流物衝突荷重に対し、セメント改良土と一体となって抵抗する。	・セメント改良土の一部を強度の高いコンクリートに置き換えることで、漂流物荷重を分散させセメント改良土の健全性を保持し、高強度部はセメント改良土と一体となって抵抗することで津波防護施設の健全性と止水性を維持する。	無筋コンクリート

セメント改良土と一体となって抵抗できる高強度部の必要幅



防潮堤を上から見た図



高強度部の漂流物荷重分散効果のイメージ

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.13.1 高強度部の設計方針（3/3）

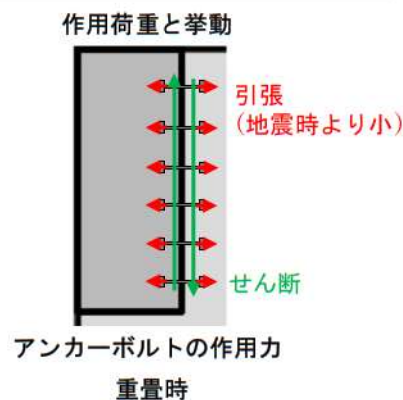
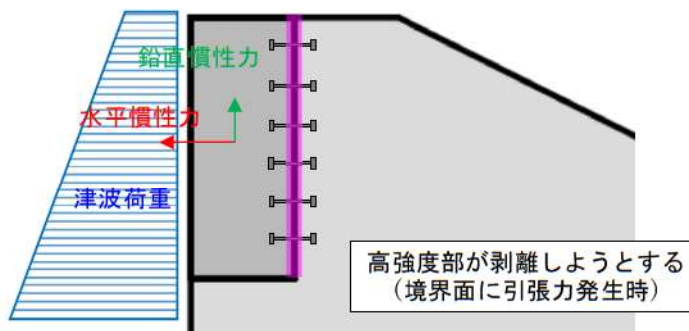
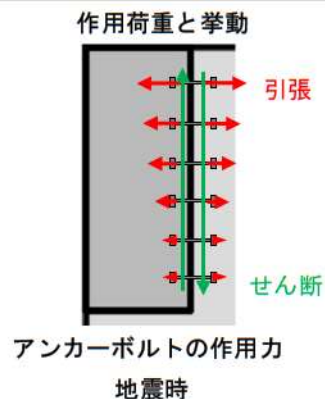
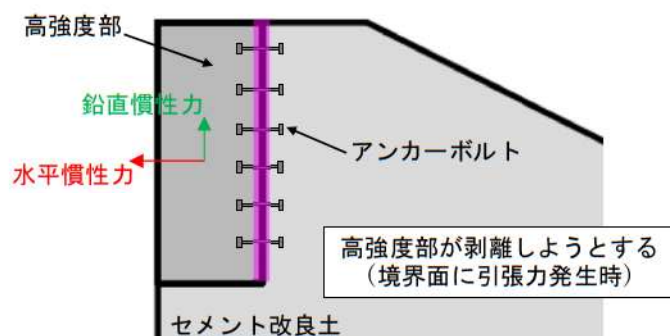
- 高強度部の地震時及び重畳時の評価は、高強度部とセメント改良土を通るすべり安定性が確保されていること、慣性力によってアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力が許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。
- アンカーボルトは、止水目地のアンカーボルトBと同じ仕様を検討しており、止水目地で実施するアンカー性能試験結果において、高強度部とセメント改良土の一体化に用いるアンカーボルトの成立性についても説明する。
- 高強度部とセメント改良土の一体化に用いるアンカーボルトの評価方針は、次頁で説明する。
- 高強度部の範囲は津波時の漂流物荷重に影響するため、津波時のセメント改良土及び高強度部の評価は、汀線方向に連続しない漂流物荷重の影響を精緻にモデル化するために三次元静的FEM解析で実施する。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

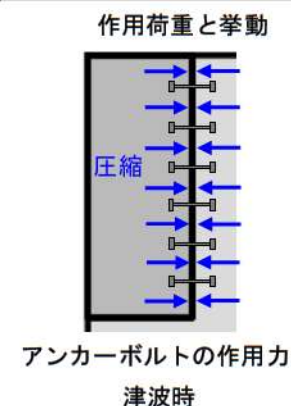
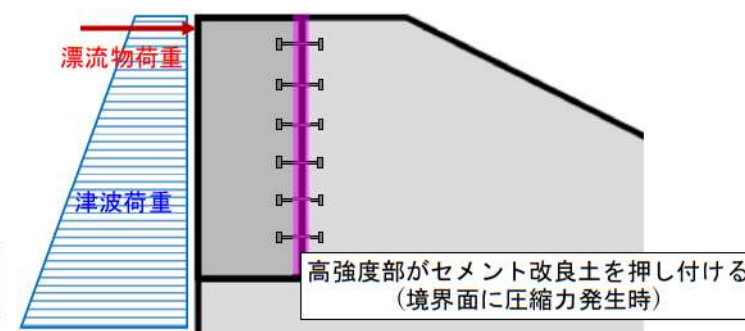
4.13.2 高強度部とセメント改良土間のアンカーボルトの設計方針

○ 高強度部とセメント改良土のアンカーボルトに作用する荷重及びアンカーボルトの設計方針を以下に示す。

- 地震時や重畳時においては、地震による慣性力でセメント改良土と高強度部の境界面に引張力やせん断力が生じる。これらの発生力に対し、アンカーボルトによって一体性が確保される設計を行う。
- 津波時においては、津波波力及び漂流物荷重によって高強度部がセメント改良土を押し付ける挙動となるため、アンカーボルトに役割を期待しない設計を行う。



アンカーボルトの作用荷重と挙動
(「4. 9. 4 セメント改良土と高強度部の一体化を図るアンカーボルトに作用する荷重と変形モード」再掲)



4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.13.3 漂流物対策工に関する先行炉との比較

- 漂流物対策工について、審査実績を有する先行サイトにおける構造及び評価手法について比較した結果を下表に示す。
- 漂流物対策工の評価については、同様の解析手法を用いるため、先行サイトと比較して特異な評価手法ではないと考える。

先行サイトとの比較結果※1

項 目	泊発電所3号炉 漂流物対策工(高強度部)	島根2号炉※2 漂流物対策工	女川2号炉 鋼管杭式鉛直壁 鋼製防護工	先行サイトと泊発電所3号炉との差異	泊発電所3号炉 への適用性
対象とする事象	津波時	津波時	津波時	対象とする事象に差異はない。	○
漂流物対策工の 構造	無筋コンクリート	鉄筋コンクリート	鋼構造	構造に差はあるものの、適切な照査を実施して成立性を確認するため、影響はない。	○
解析手法	三次元静的FEM線形解析	不明	静的フレーム解析 (補足的に三次元静的解析)	同様な解析手法を用いるため、差異はない。	○
衝突物	船舶	船舶	車両※3	衝突物に差異はない。	○
衝突荷重	2,000kN	1,200kN(局所的な荷重)	2,000kN	衝突荷重に差異はない。	○
衝突物の速度	18m/s	10m/s	13m/s	泊の流速は保守性を考慮しているため、審査実績の範囲内に収まっていないが、荷重が同等であるため、適用性はあると判断した。	○

※1: 他サイトの情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

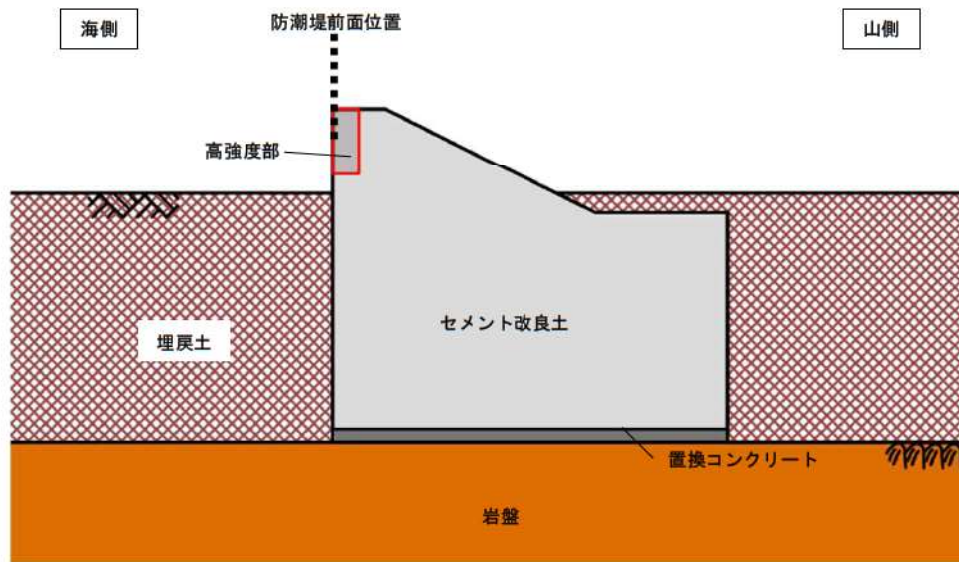
※2: 島根2号炉は、現在、設計及び工事計画認可の審査中である。

※3: 女川2号炉は、船舶の衝突解析を実施した上で、車両による衝突荷重が最大となることを踏まえ、保守的に衝突荷重を設定している。

4. 防潮堤（標準部）の設計方針

4.13.4 高強度部の裕度に関する考え方

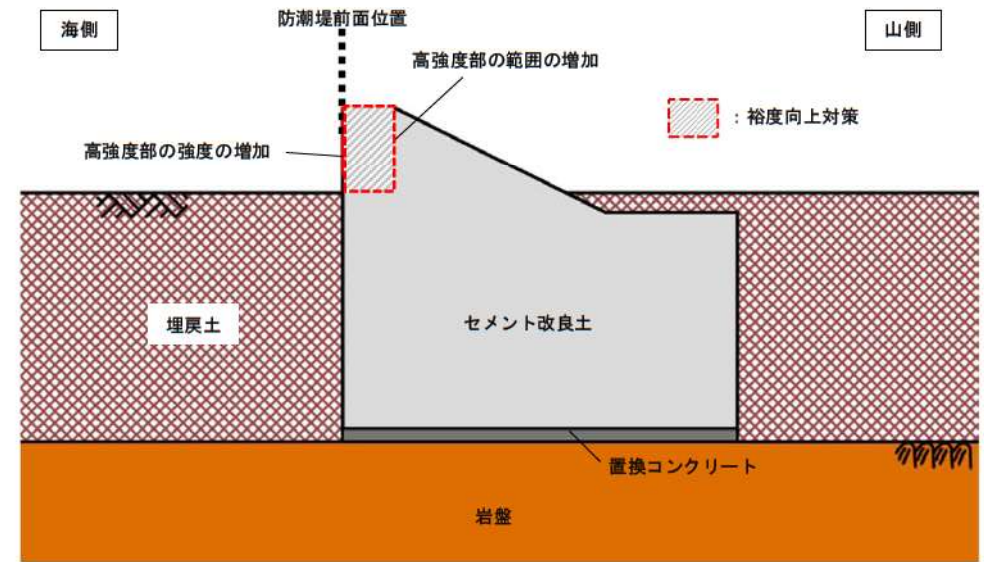
- 設計及び工事計画認可段階において、漂流物荷重が上振れした場合においても、以下の裕度向上対策により、防潮堤の前面位置及び基本構造を変更することなく対応が可能である。
- 高強度部の強度を増加させる。
 - 高強度部の範囲を増加させる。



裕度向上対策前



裕度向上対策



裕度向上対策後(対策イメージ図)

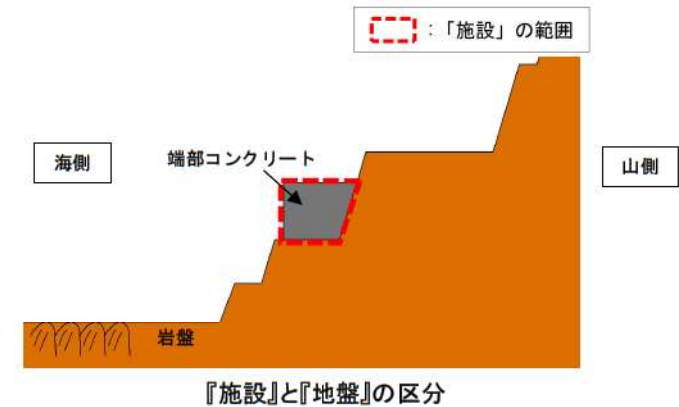
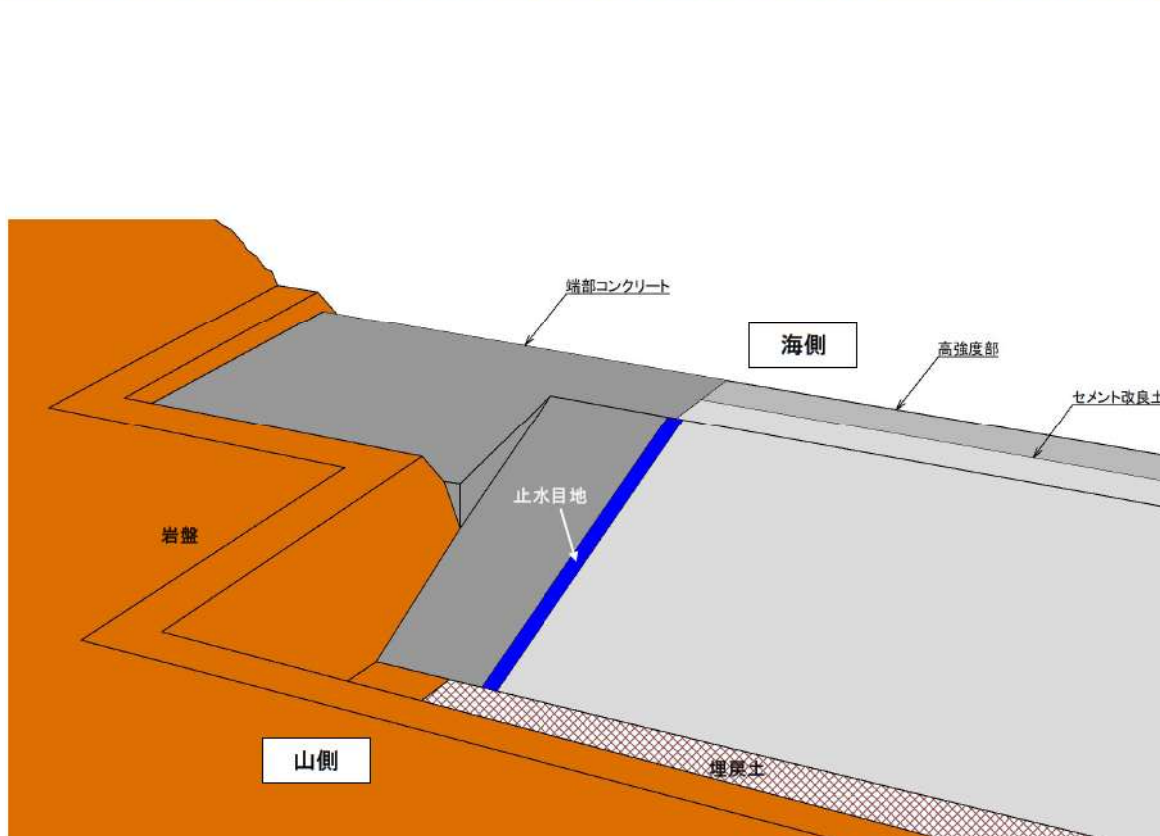
5. 防潮堤(端部)の設計方針

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.1 防潮堤(端部)の施設区分

- 防潮堤(端部)の構造, 評価対象部位, 主な役割及び施設の範囲を示す。
- 防潮堤(端部)形状は, 現在検討中であり, 設置変更許可段階において変更となる可能性がある。



【施設】

評価対象部位	主な役割
端部コンクリート	堤体高さの維持 難透水性を有し, 堤体による止水性の維持
止水目地	端部コンクリート, セメント改良土間の遮水性の保持

【地盤】

評価対象部位	主な役割
岩盤	端部コンクリートの鉛直支持 基礎地盤のすべり安定性に寄与

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.2 防潮堤に関する要求機能と設計評価方針

ともに輝く明日のために。
Light up your future.



○ 津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。

赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

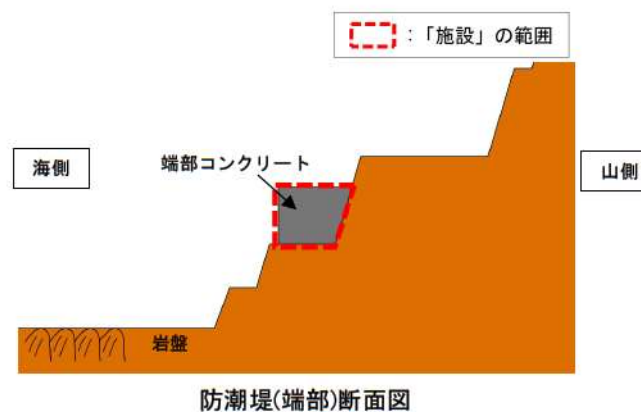
施設名	要求性能		機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界	
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード		
防潮堤 端部コンクリート	基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド 5.1 津波防護施設的设计 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。 (1) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2) 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。 ① 荷重組合せ a) 余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震(余震) b) その他自然現象(降雪、風等)による荷重を考慮して設定すること。 ② 荷重の設定 a) 津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。 b) 余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。 c) 地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 ③ 許容限界 a) 津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の変形能力(終局耐力時の変形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。) 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3 津波防護施設、浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること	防潮堤は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さの境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 ・防潮堤は、基準地震動に対し、津波防護施設が要求される機能を損なうおそれがないよう、津波による浸食及び漏水を防止することが要求される。 ・防潮堤は、基準地震動に対し、端部コンクリートの健全性を維持すること、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・防潮堤は、地震後の繰返しの襲来を想定した週上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さに余裕を考慮した防潮堤高さの境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 ・防潮堤は、基準地震動に対し、端部コンクリートの健全性を維持すること、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・防潮堤は、地震後の繰返しの襲来を想定した週上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さに余裕を考慮した防潮堤高さの境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 ②防潮堤の堤体は、端部コンクリートで構成され、十分に透水性の低い材料により不透水性を保持する設計とする。 ③防潮堤の堤体は、十分な支持性能を有する岩盤に支持する設計とする。 ④津波の波力による浸食や洗掘、地盤中からの回り込みによる浸水に対しては、十分に透水係数の低い地盤により不透水性を保持する設計とする。 ⑤端部コンクリート、セメント改良土間は、波圧による変形に追随する、ゴムジョイントによる止水目地を設置することで遮水性を保持する設計とする。 ・防潮堤は基準地震動に対し、 ⑥地震時に端部コンクリートが滑動・内部すべりを起こさない幅や強度を確保することで、津波時における不透水性を保持する設計とする。 ⑦端部コンクリート、セメント改良土間は、地震による変形に追随するゴムジョイントによる止水目地を設置することで遮水性を保持する設計とする。	・防潮堤は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、端部コンクリートの健全性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する岩盤に設置する設計とすること、また端部コンクリート、セメント改良土間はゴムジョイントによる止水目地を設置することにより、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。 ・防潮堤は、基準地震動による地震時荷重に対し、端部コンクリートで堤体を構成し、津波時の再使用性を考慮し、端部コンクリートの健全性を保持する設計とすること、また端部コンクリート、セメント改良土間はゴムジョイントによる止水目地を設置することにより、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。	基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、端部コンクリートの健全性を保持し、有意な漏えいを生じない設計とすること、堤体内部にすべり破壊が生じないことを確認する。	端部コンクリート	すべり安全率	すべり破壊する状態 すべり破壊し、堤体を横断する水みちが形成され、有意な漏えいに至る状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用してすべり安全率1.2以上とする。	
						基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、端部コンクリート、セメント改良土間から有意な漏えいを生じない設計とするため、端部コンクリートとセメント改良土間に設置するゴムジョイントによる止水目地が有意な漏えいを生じない変形・水圧以下であることを確認する。	止水目地	変形・水圧	有意な漏えいに至る変形・水圧	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。	
							基準地震動による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計とするため、作用する接地圧が許容値以下に留まることを確認する。	地盤	岩盤	支持力	鉛直支持機能を喪失する状態

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.3 検討要旨

○ 新規制基準への適合性において、設置許可基準規則の各条文に対する検討要旨を下表に整理した。

検討要旨	
設置許可基準規則	検討要旨
第4条 地震による損傷の防止	施設と地盤との動的相互作用や液状化検討対象層の地震時の挙動を考慮した上で、施設の耐震安全性を確認する。
第5条 津波による損傷の防止	地震(本震及び余震)による影響を考慮した上で、機能を保持できることを確認する。



5. 防潮堤(端部)の設計方針

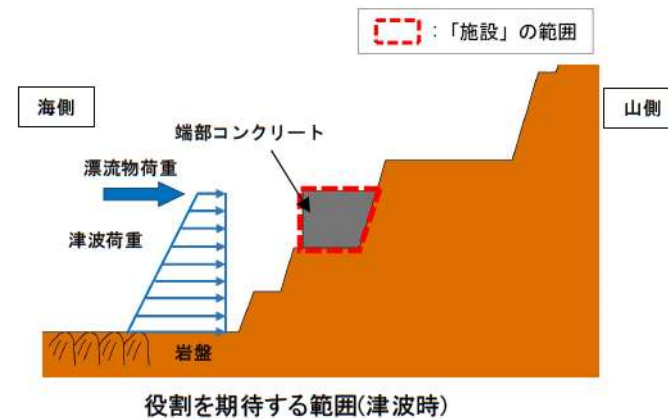
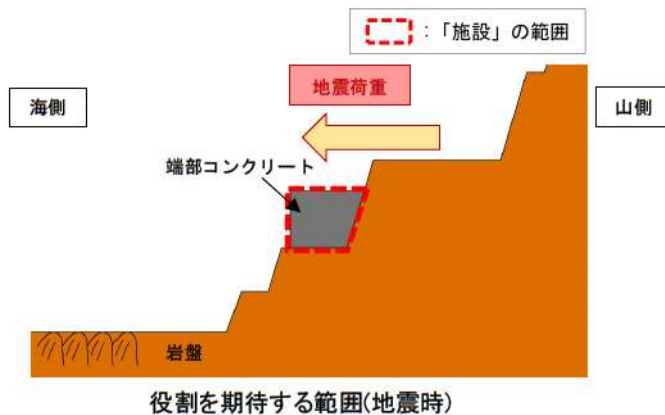
5.4 各部位の役割

- 条文に対応する各部位の役割を下表に整理した。
- なお、津波を遮断する役割を『遮水性』, 材料として津波を通しにくい役割を『難透水性』, これらを総称して『止水性』と整理する。

各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割※
施設	端部コンクリート	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - 止水目地を支持する。	- 入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体により止水性を保持する。
	止水目地	端部コンクリートとセメント改良土間の変位に追従する。	端部コンクリートとセメント改良土間の変位に追従し、遮水性を保持する。
地盤	岩盤	- 端部コンクリートを鉛直支持する。 - 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	端部コンクリートを鉛直支持する。

※:津波+余震時は地震時及び津波時の両方の役割を参照する。



5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.5 各部位の具体的な役割

- 各部位の具体的な役割を下表に整理した。
○ 要求機能を主体的に満たすために設計上必要な項目を持つ部位は『施設』、施設の役割を維持するために設計に反映する項目を持つ部位は『地盤』とした。

各部位の具体的な役割

凡 例
◎: 要求機能を主体的に満たすために設計上必要な項目(該当する部位を施設と区分する)
○: 施設の役割を維持するために設計に反映する項目
—: 設計上考慮しない項目

部 位	具体的な役割						『施設』と『地盤』の区分の考え方
	地震時	津波時	支持 鉛直	安 定 性	す べ り	健全 性	止 水 性
端部コンクリート	- 強度・剛性の高いコンクリートを設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 止水目地を支持する。	- 強度・剛性の高いコンクリートを設置することで、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体本体としての高さを維持する。 - 難透水性を有し、堤体本体としての止水性を保持することで、津波時の水みちを形成しない。	—	—	◎	◎	防潮堤本体として、高さ・止水性維持の役割を主体的に果たすことから、『施設』と区分する。
止水目地	端部コンクリートとセメント改良土間の変位に追従する。	端部コンクリートとセメント改良土間の変位に追従し、遮水性を保持する。	—	—	◎	◎	端部コンクリートとセメント改良土間において、遮水性維持の役割を果たすことから、『施設』と区分する。
岩 盤	端部コンクリートを鉛直支持するとともに基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	端部コンクリートを鉛直支持する。	○	○	—	—	—

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.6 各部位の性能目標

○ 条文に対応する各部位の役割を踏まえた性能目標を下表に整理した。

各部位の性能目標

部 位		性能目標			
		鉛直支持	すべり安定性	健全性	止水性
施 設	端部コンクリート	—	—	端部コンクリートの健全性を保持して、入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持するために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。	端部コンクリートを横断する水みちが形成されて有意な漏えいを生じないために、堤体内部にすべり破壊が生じないこと(内的安定を保持)。
	止水目地	—	—	施工目地から津波が流入することを防止するために、止水目地の変形性能を保持すること。	施工目地から津波が流入することを防止するために、止水目地の変形性能及び遮水性能を保持すること。
地 盤	岩 盤	端部コンクリートを鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安定性を保持すること。	—	—

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.7 各部位の照査項目と許容限界

- 前頁で整理した性能目標を満足するための照査項目と許容限界を下表に整理した。
- 各部位の照査については防潮堤(標準部)と同様に、有効応力解析により施設評価を検討する。
- なお、施設及び地盤の各部位の役割や性能目標を長期的に維持していくために必要な保守管理方法は、設計及び工事計画認可段階において説明する。

各部位の照査項目と許容限界(上段:照査項目, 下段:許容限界)

部 位			照査項目と許容限界			
			鉛直支持	すべり安定性	健全性	止水性
施 設	端 部コンクリート		—	—	すべり安全率※2	
					(1.2以上)	
	止 水 目 地	アンカーボルトA			—※3	引張力及びせん断力
		ゴムジョイント				(許容引張力及び許容せん断力※4以下)
				変形	変形及び水圧	
				(許容変形量※5以下)	(許容変形量及び許容水圧※5以下)	
地 盤	岩 盤		支持力	すべり安全率(基礎地盤)※1	—	—
			(極限支持力)	(1.5以上)		

※1: 基礎地盤のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基づき1.5以上を許容限界とする。

※2: 第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。

※3: 地震時はゴムジョイントに張力が生じないことから、評価対象外とする。

※4: 許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトの降伏及びせん断強度、並びに定着された構造物のコーン状破壊及び支圧強度を考慮して決定する。

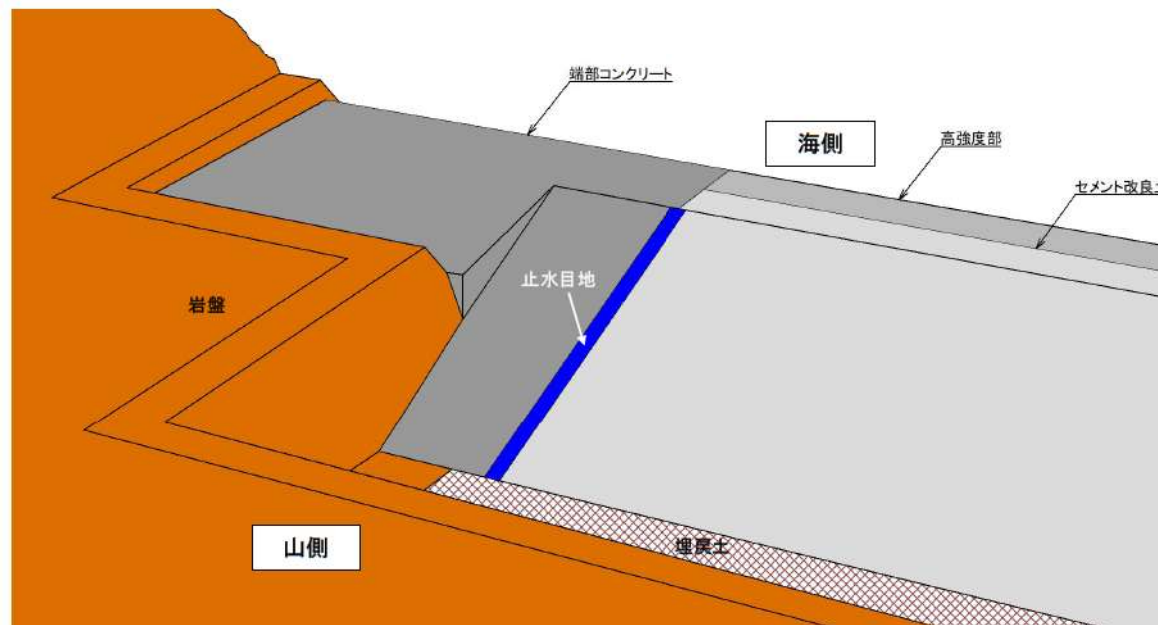
※5: 許容変形量及び許容水圧は、ゴムジョイントの性能試験で確認する。

5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.8 防潮堤を構成する各部材の仕様

- 防潮堤を構成する部位のうち端部コンクリートの仕様は検討中であり、構造成立性評価結果にあわせて説明する。
- なお、防潮堤の構造成立性評価に対する裕度を確保できなくなった場合、基準津波の策定に影響する防潮堤平面線形形状を変更せず、追加の裕度向上対策（端部コンクリートの仕様の見直し他）を実施することで対応可能である。

	部 位	仕 様
1	端部コンクリート	無筋コンクリート(詳細検討中)
2	止水目地	鋼製部材, ゴムジョイント(波状型止水ジョイント), 止水目地コンクリート



5. 防潮堤(端部)の設計方針

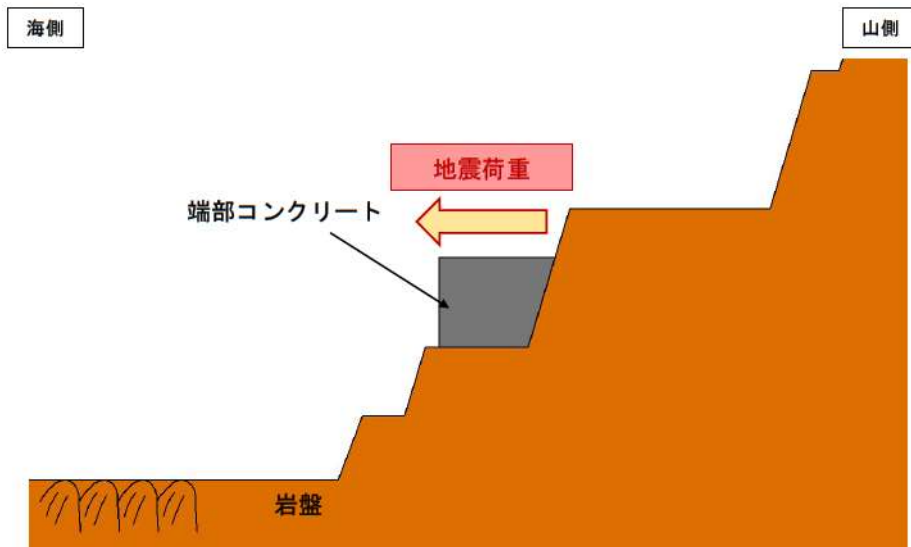
5.9 防潮堤に作用する荷重と変形モード

- 防潮堤(端部)の構造は、無筋コンクリートによる堤体構造である。
- 防潮堤(端部)は、岩盤に鉛直支持させるとともに、基礎地盤のすべり安定性を確保する設計としている。
- 防潮堤の構造成立性には、地震時、津波時及び重畳時に作用する荷重に対し各部位が所要の機能を発揮して安全であることが必要である。
- このような観点から、作用する荷重、構造体の変形モード及び各部位の役割について整理する。

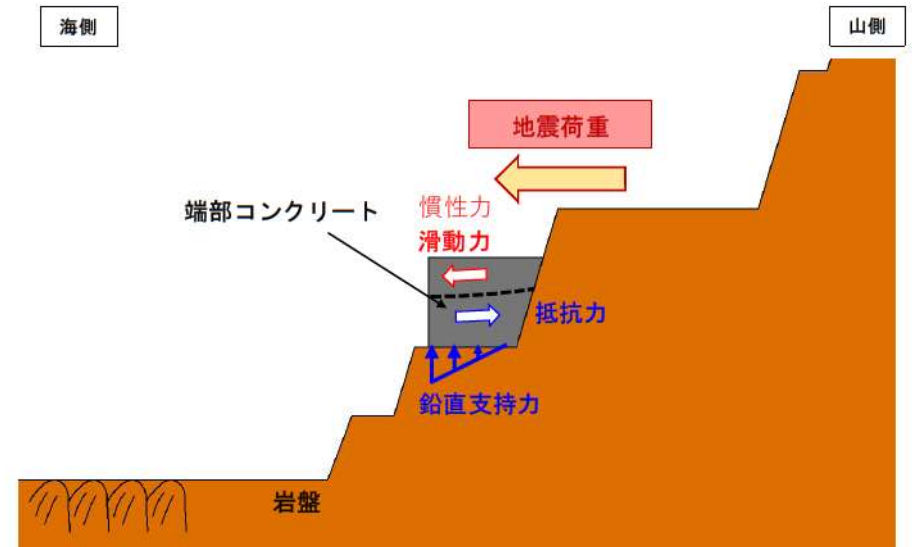
5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.9.1 防潮堤に作用する荷重と変形モード（地震時）

- 地震時の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤を構築する端部コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)

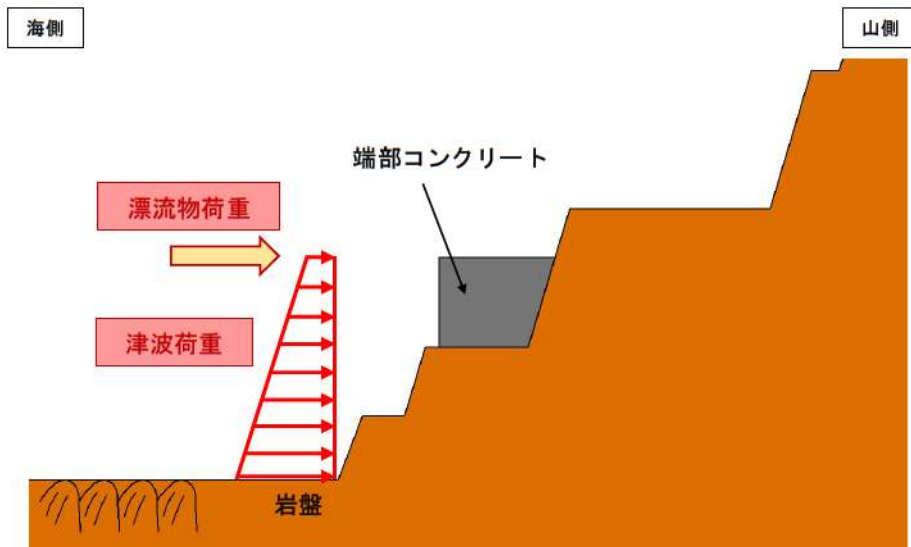


荷重図

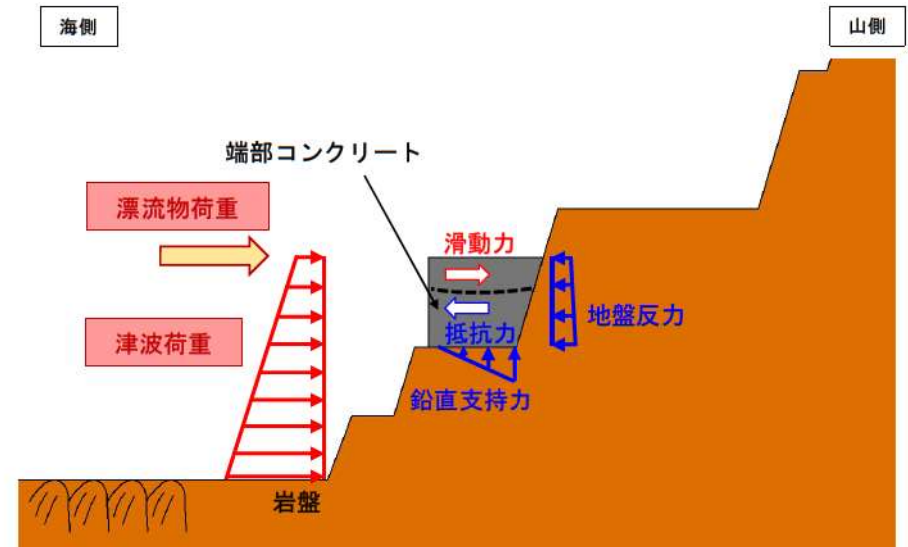
5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.9.2 防潮堤に作用する荷重と変形モード（津波時）

- 津波時の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤を構築する端部コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)

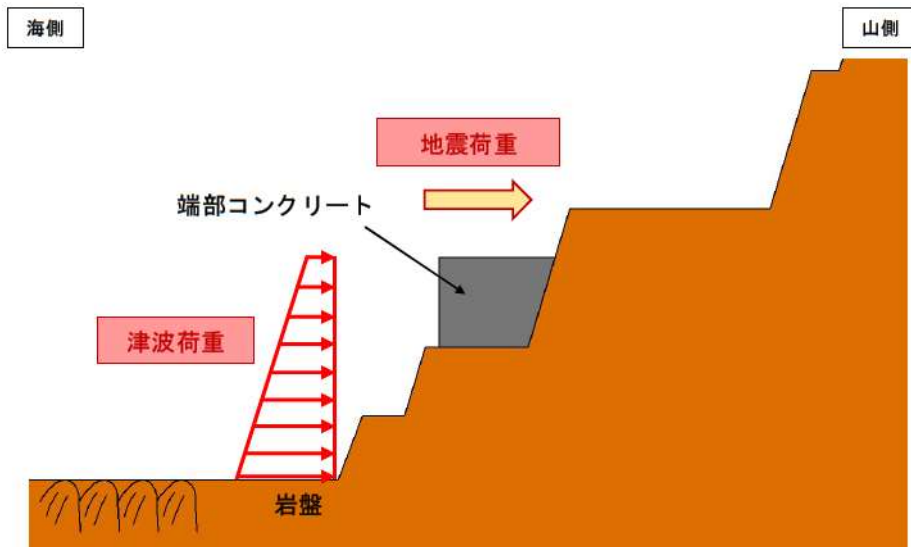


荷重図

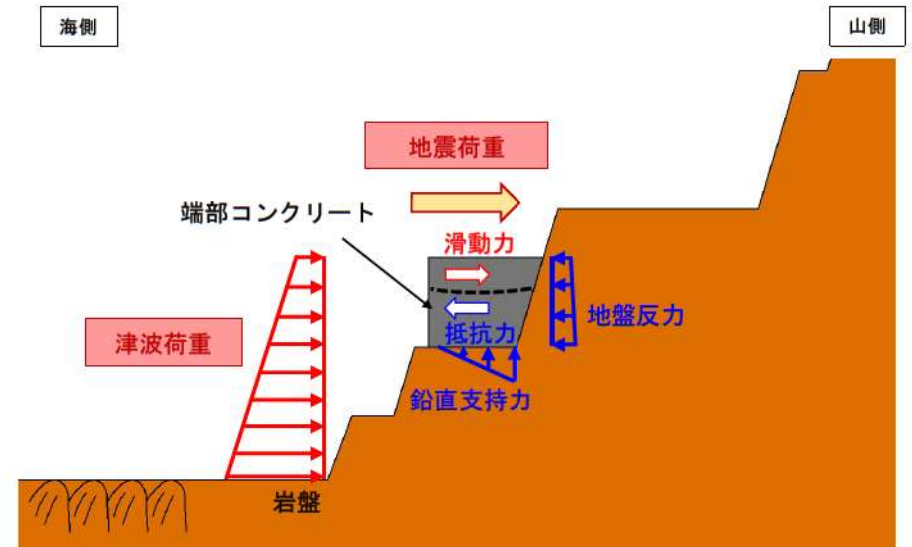
5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.9.3 防潮堤に作用する荷重と変形モード（重畳時）

- 重畳時（津波+余震時）の変形モードと荷重図についてイメージ図を以下に示す。
- 防潮堤を構築する端部コンクリートは、剛性が大きく、岩着構造であるため、防潮堤に生じる変位は小さい。



変形モード
(防潮堤に生じる変位は小さい)

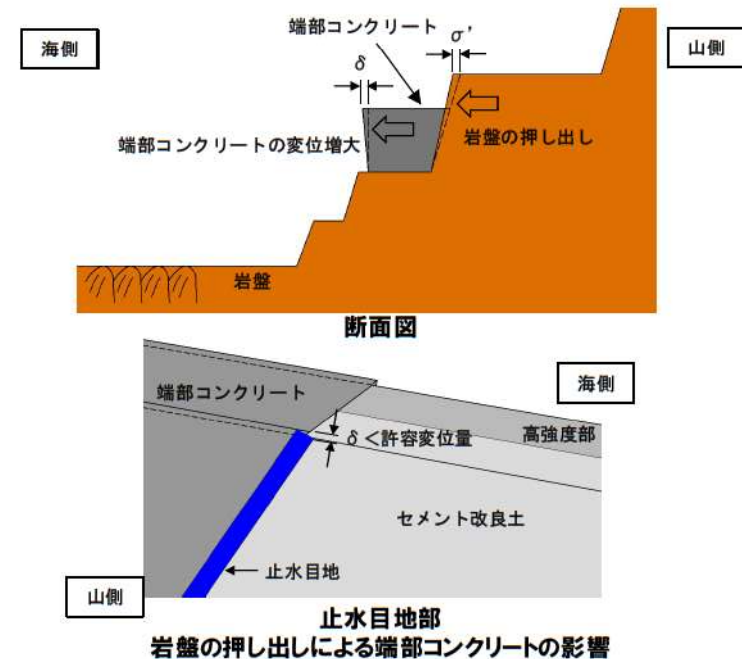
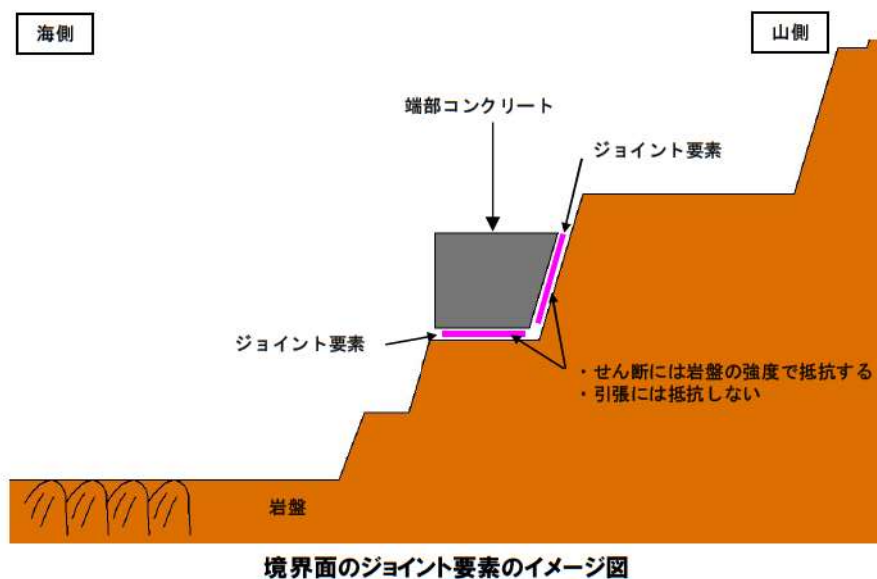


荷重図

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.9.4 防潮堤の背面に存在する岩盤の影響について

- 防潮堤(端部)は、地盤(岩盤)と施設(端部コンクリート)を連成した二次元FEM解析により評価する。
- 二次元FEM解析における岩盤と端部コンクリートの境界面のジョイント要素は、防潮堤(標準部)と同様に以下のとおり設定する。
 - 境界面の接線方向において、接触する要素のうち、せん断強度が低い方の強度で抵抗する。
 - 境界面の法線方向において、岩盤と端部コンクリートの付着力は保守的に考慮しない(引張には抵抗しない)。
- 上記のとおり設定することにより、二次元FEM解析において、背面に存在する岩盤の押し出しによる影響を保守的に評価できると考える。
- 岩盤の押し出しによる影響を端部コンクリートが受ける場合、端部コンクリートの変位が大きくなる。
- 端部コンクリートの変位が、止水目地の許容変位量を上回る場合、止水性を確保できなくなり、防潮堤としての機能を喪失することから、端部コンクリートの変位が、止水目地の許容変位量以下であることを確認する。



5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.10 要求機能を喪失する事象と設計・施工上の配慮

- 防潮堤の設計方針について地震時、津波時及び重畳時(津波+余震時)に、防潮堤が維持すべき機能を喪失し得る事象(損傷モード)を仮定し、その損傷モードに対する設計・施工上の配慮について整理した。
- 今後、設計に用いる地震動や津波高さ等が決まった段階で、サイト特性を踏まえた構造の特異性及び設計の保守性を整理し、設置変更許可段階において説明する。

部位の名称	要求機能を喪失する事象	想定ケース※1	設計・施工上の配慮	照査※2
端部コンクリート	・ すべり破壊し、堤体高さが維持できなくなり、難透水性を喪失する。	①, ②	・ 端部コンクリート内部に想定したすべり線に対して、すべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を確認する。	○
	・ せん断破壊又は引張破壊し、過度なひび割れが連続することで水みちが形成され、難透水性を喪失する。	②		○
	・ 洗掘され、難透水性を喪失する。	②	・ 端部コンクリートは、セメント改良土より強度が大きい無筋コンクリートを想定しており、津波時の洗掘・浸食に対して十分な耐性を有する。	—
	・ 竜巻の風荷重や飛来物荷重により損傷し、難透水性を喪失する。	—	・ 万一、竜巻及びその随伴事象により損傷した場合には、津波防護機能が必要となる前に修復等の対応を実施する。	—
止水目地	(防潮堤(標準部)と同じ)			
岩盤	(防潮堤(標準部)と同じ)			

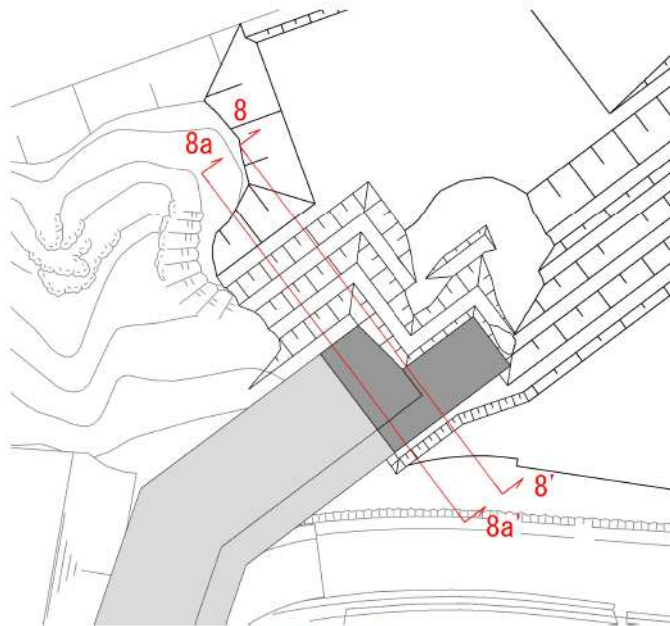
※1:①は地震時、②は津波時を示す。なお、重畳時(津波+余震時)は、(—)を除いた全ての事象で想定する。

※2:照査を実施する場合は(○)、照査不要と判断している場合は(—)とする。

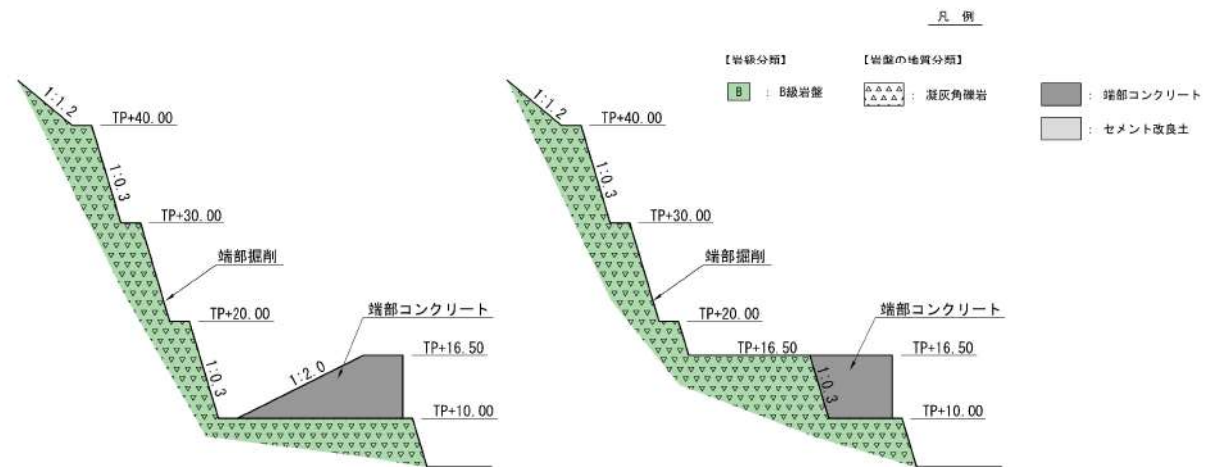
5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.11 構造成立性評価断面選定(1/2)

- 防潮堤(端部)の断面は、地山の形状変化に伴い、「8-8'断面」及び「8a-8a'断面」のとおり変化している。
- 構造成立性評価断面は、以下の理由から、「8-8'断面」とする。
 - 「8a-8a'断面」は防潮堤(標準部)上部と同じ形状であり、防潮堤(標準部)の構造成立性を確認することで、「8a-8a'断面」の構造成立性を確保できる。
 - なお、防潮堤(標準部)はセメント改良土構造であるが、防潮堤(端部)はセメント改良土より強度の高いコンクリート構造である。
 - 「8-8'断面」は、端部コンクリートの下端幅より上端幅の方が広く不安定な形状である。



断面位置図



8a-8a'断面

地質断面図

8-8'断面

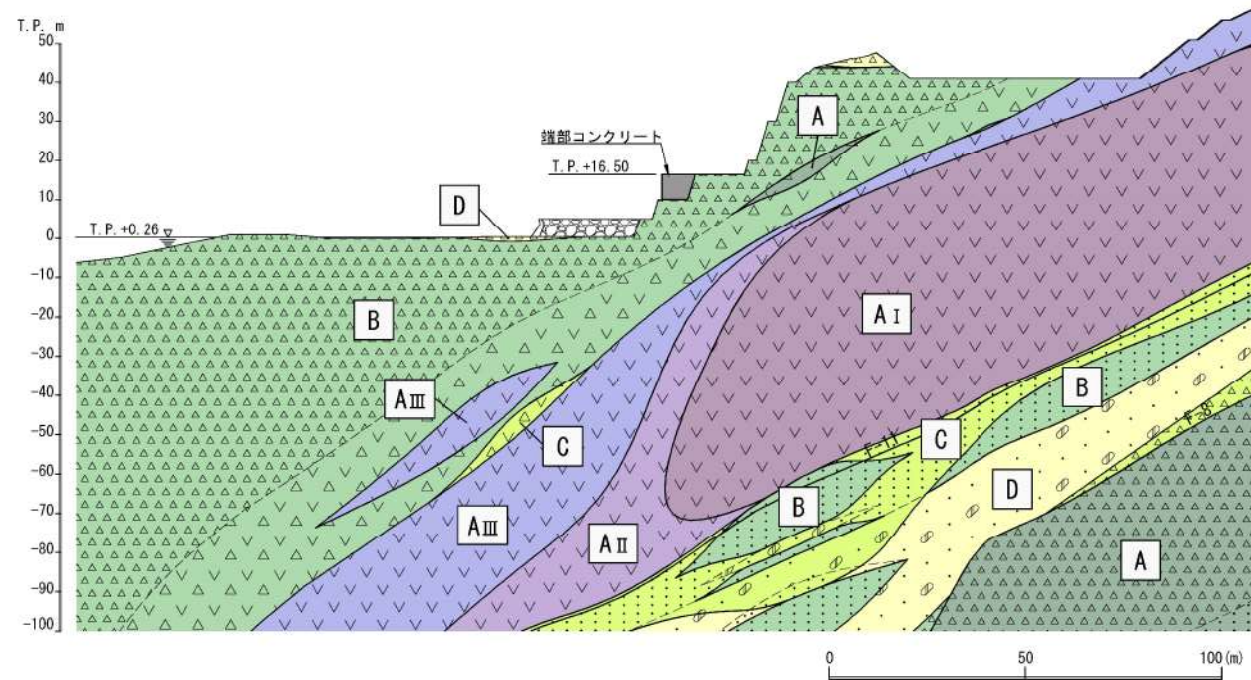
5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.11 構造成立性評価断面選定(2/2)

○ 防潮堤(端部)の構造成立性評価断面である「8-8'断面」の地質断面図を以下に示す。



凡 例	
【岩級分類】	【岩盤の地質分類】
AⅠ : AⅠ級岩盤	△ : 角礫質安山岩
AⅡ : AⅡ級岩盤	▽ : 安山岩
AⅢ : AⅢ級岩盤	◇ : 含泥岩礫凝灰岩
B : B級岩盤	△△ : 軽石凝灰岩
C : C級岩盤	□ : 凝灰岩
D : D級岩盤	△△△ : 凝灰角礫岩
	○ : 砂 As1 (N値<30)
	○ : 砂 As2 (30≤N値)
	■ : 粘性土 Ac
	■ : 埋戻土
	■ : セメント改良土
	■ : 置換コンクリート
	■ : 端部コンクリート

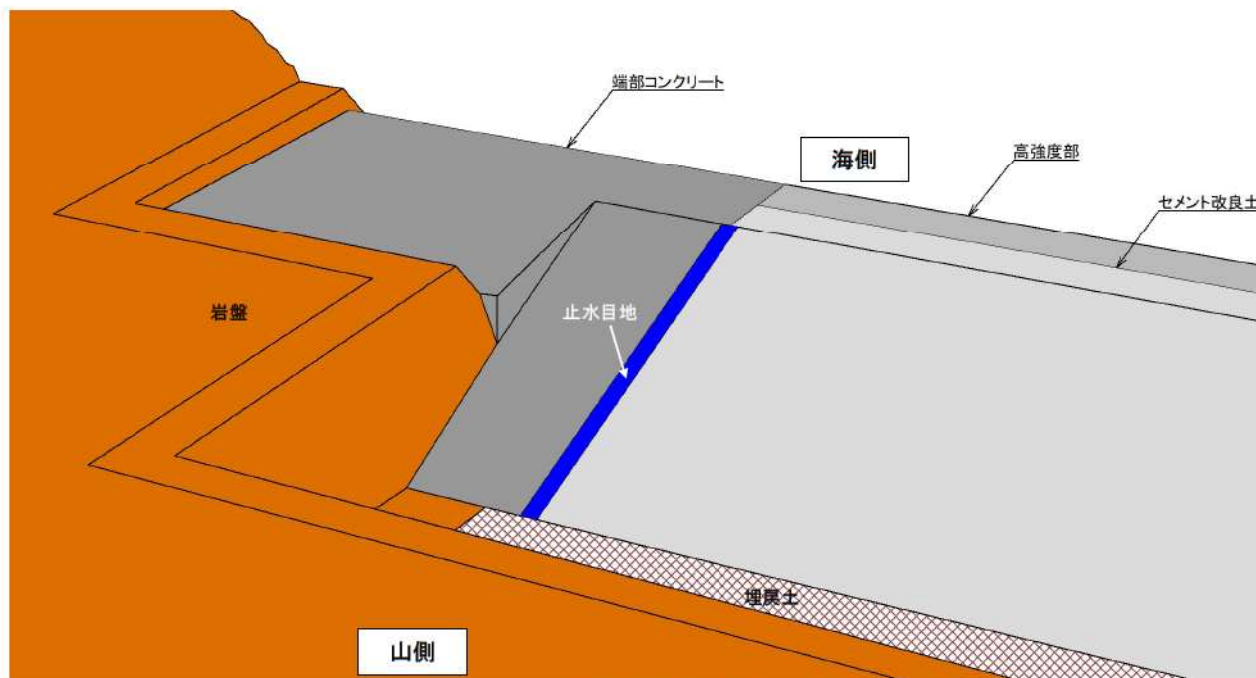


地質断面図(8-8')

5. 防潮堤(端部)の設計方針

5.12 構造境界部の概要(1/2)

- 防潮堤(端部)は、セメント改良土と端部コンクリートの構造境界に施工目地を設置するため、止水目地を設置することで止水性を確保する。
- なお、端部コンクリートと岩盤の境界は、堅固な岩盤を露出させた上でコンクリートを打設する。

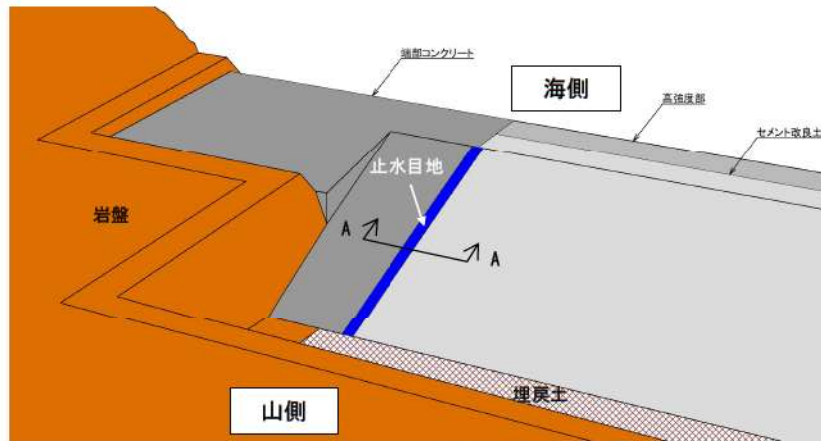


構造境界部の概要

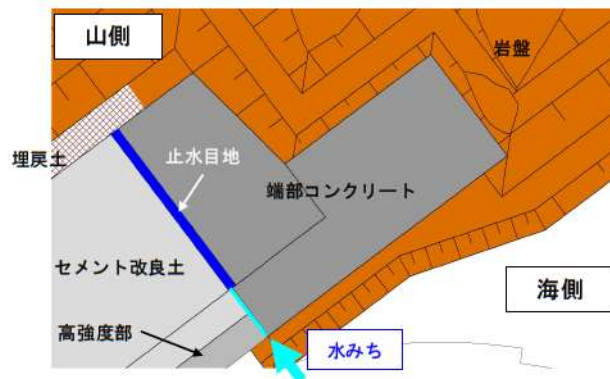
5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.12 構造境界部の概要（2/2）

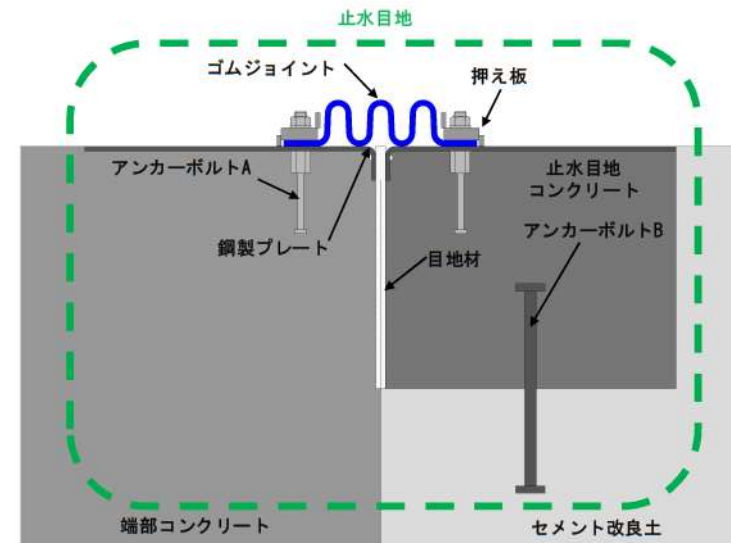
○ 防潮堤（端部）の端部コンクリートと防潮堤（標準部）のセメント改良土の境界部に設置する止水目地の概要を以下に示す。



構造境界部の概要



水みちのイメージ図（平面図）

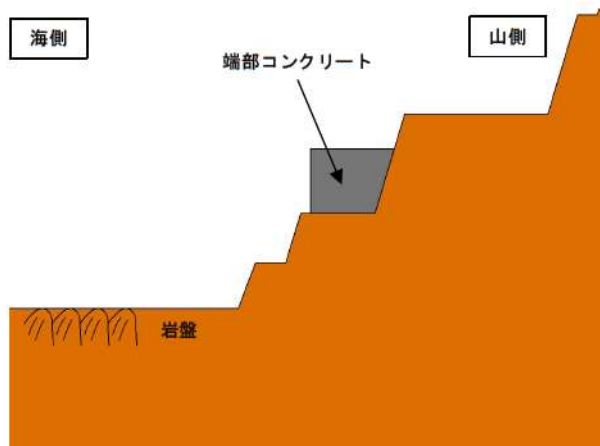


止水目地設置概要（A-A断面）

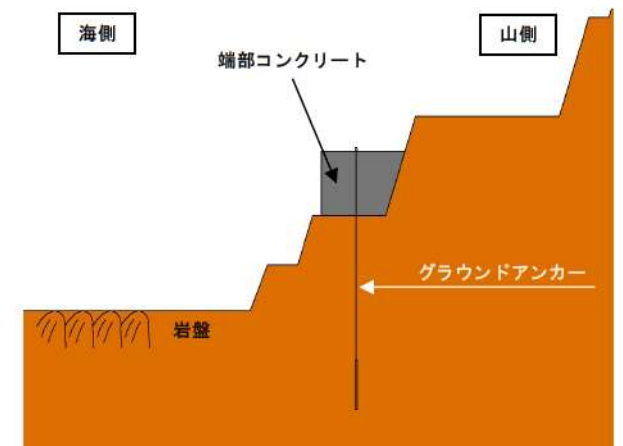
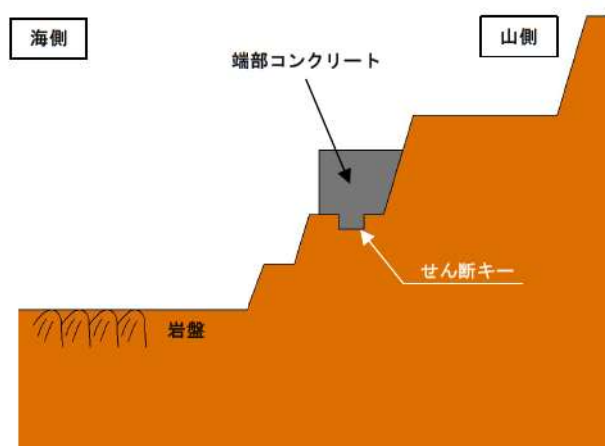
5. 防潮堤（端部）の設計方針

5.13 端部の裕度に関する考え方

- 設計及び工事計画認可段階において、漂流物荷重等が上振れした場合においても、せん断キーやグラウンドアンカーの設置による裕度向上対策を実施することで、地山を含む防潮堤（端部）の形状を変更することなく対応が可能である。



裕度向上対策前 イメージ図



裕度向上対策後（対策イメージ図）

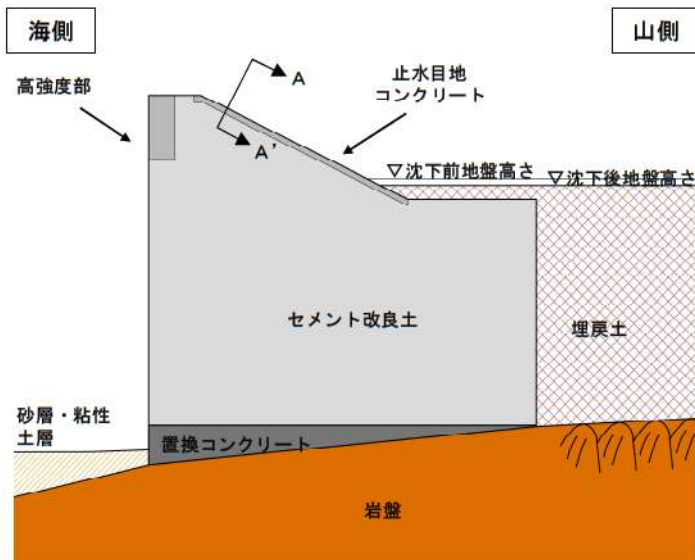
6. 止水目地の設計方針

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

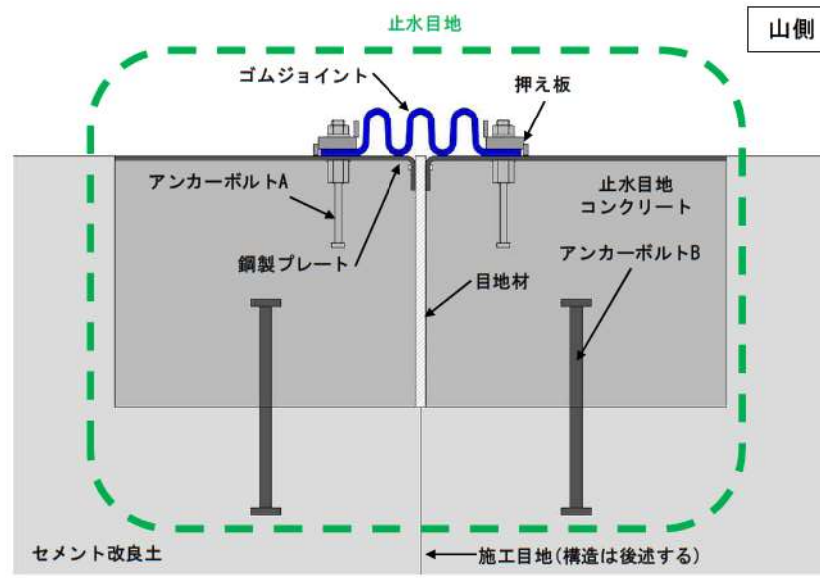
6. 止水目地の設計方針

6.1 止水目地の構造概要 (1/3)

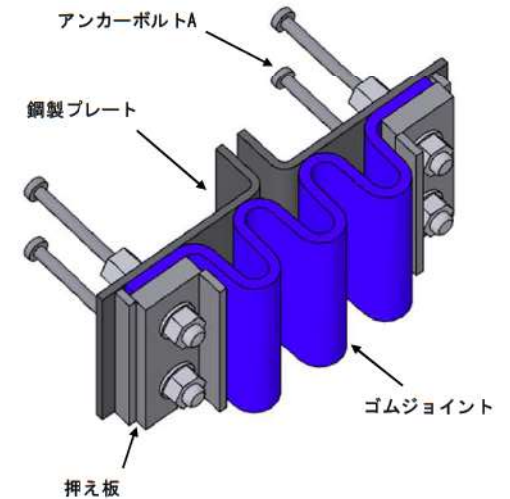
- 施工目地から津波が流入することを防止するため、施工目地には止水目地を設置する。
- 止水目地は、津波漂流物の衝突による損傷を防止するため、防潮堤の山側に設置する。
- 止水目地の上端は防潮堤の天端高さとし、下端は基準地震動による沈下後の敷地地盤高さから1m以上根入れした深さとする。
- 止水目地の構造は、セメント改良土に一体化させた止水目地コンクリートに鋼製部材（アンカーボルトA、押え板及び鋼製プレート）でゴムジョイントを固定する構造である。セメント改良土と止水目地コンクリートは、アンカーボルトBで一体化する。



止水目地設置位置



止水目地設置概要 (A-A' 断面)



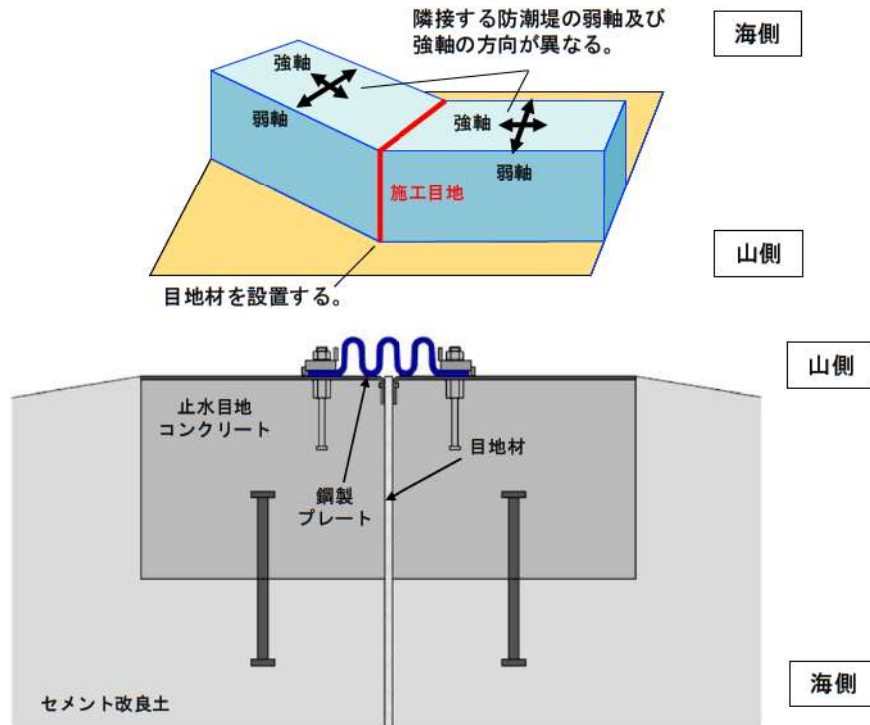
ゴムジョイント固定イメージ図

6. 止水目地の設計方針

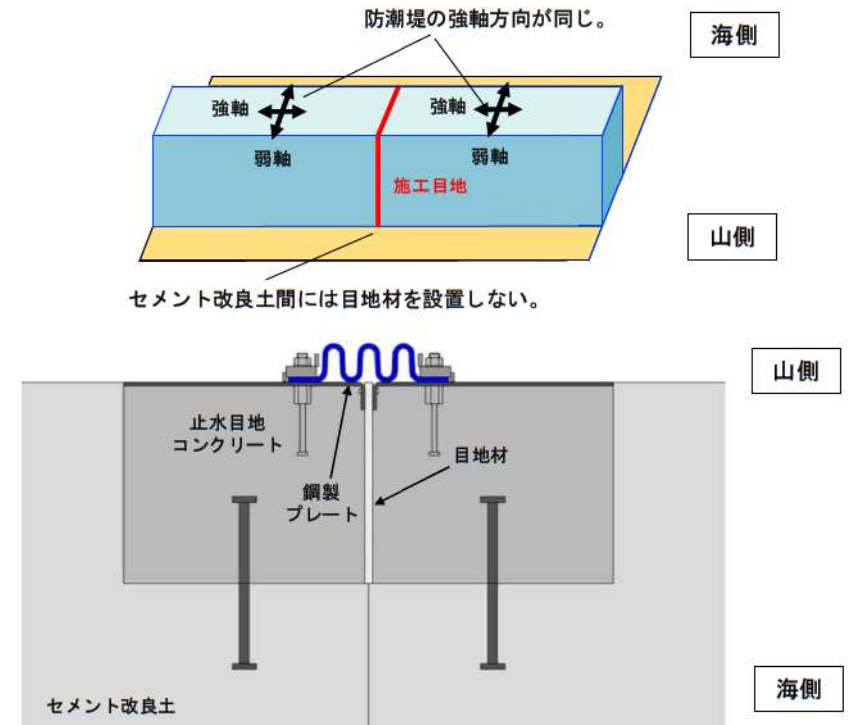
6.1 止水目地の構造概要 (2/3)

【施工目地の構造】

- 屈曲部の施工目地は、応力集中に配慮して設置し、隣接する防潮堤の弱軸及び強軸方向が異なることから目地材を設置する。
- 屈曲部以外の施工目地は、隣接する防潮堤の強軸方向が同じであることから、セメント改良土間には目地材を設置しない。
- 止水目地コンクリート間は、鋼製プレート同士が接触しないように目地材を設置する。



防潮堤 (標準部) 屈曲部の施工目地 構造概要



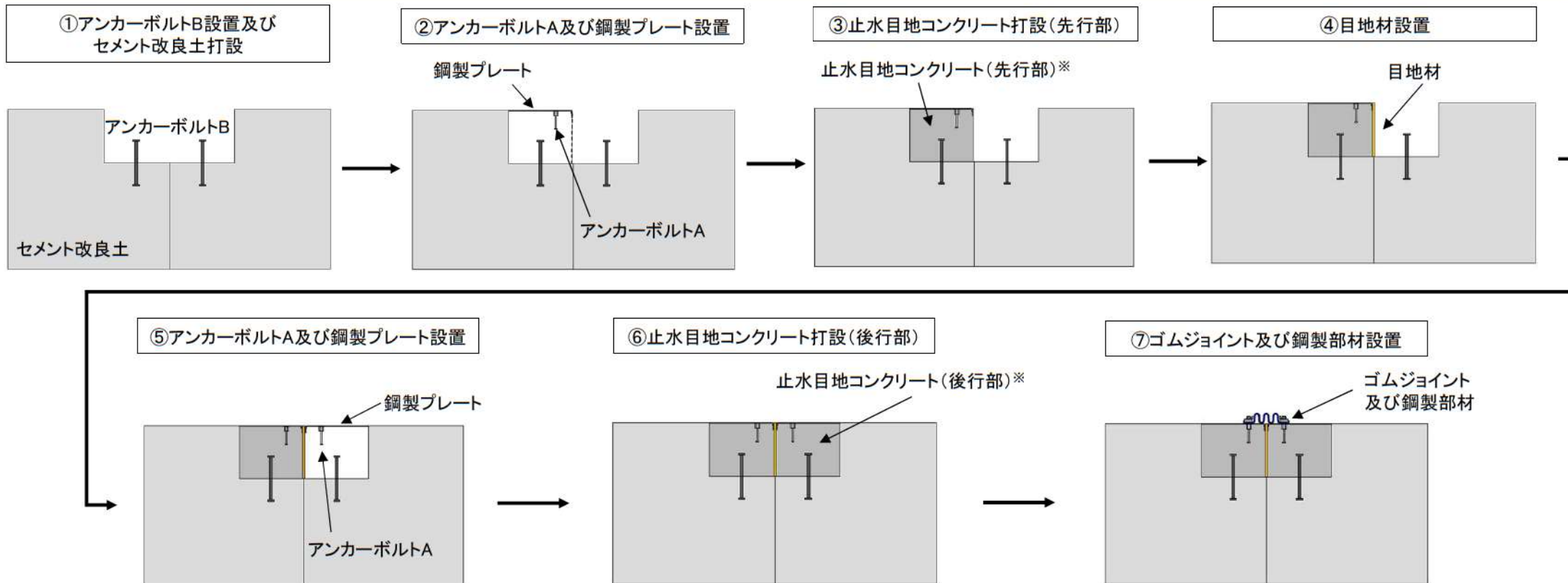
防潮堤 (標準部) 屈曲部以外の施工目地 構造概要

6. 止水目地の設計方針

6.1 止水目地の構造概要 (3/3)

【止水目地の施工方法】

○ セメント改良土と止水目地コンクリートは、以下に示す施工方法によりアンカーボルトBで一体化する。



止水目地の施工方法

※: 止水目地コンクリートは、鋼製プレート及びセメント改良土との境界部に浸水経路が生じないように確実に充填して施工する。

6. 止水目地の設計方針

6.2 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階の説明項目

- 設置変更許可段階では、アンカーボルトA、止水目地コンクリート及びアンカーボルトBの成立性を評価する。
- アンカーボルトAは、各種合成構造設計指針に基づき評価する。
- セメント改良土に埋め込んだアンカーボルトBの評価では、セメント改良土の設計基準強度が各種合成構造設計指針の適用範囲外であることから、アンカーボルトBの性能試験に基づき許容引張力及び許容せん断力を決定する。
- ゴムジョイントの評価は、設計及び工事計画認可段階で説明する。

設置変更許可段階並びに設計及び工事計画認可段階に説明する評価

説明時期	部位の名称	評価方法	照査項目		設計で用いる許容限界
			健全性	止水性	
設置変更許可段階	アンカーボルトA	防潮堤の相対変位と津波波圧を用いて算出したアンカーボルトAに作用する引張力及びせん断力(P147)が許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。	—※1	引張力 せん断力	各種合成構造設計指針に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力※2
	止水目地コンクリート	止水目地コンクリートのすべり線上の応力状態を考慮したすべり安全率が妥当な安全裕度を有していること(内的安定を保持)を、二次元動的FEM解析により確認する。	すべり安全率※3		すべり安全率1.2以上※3
	アンカーボルトB	アンカーボルトAに作用する引張力及びせん断力(P147)と二次元動的FEM解析から得られるアンカーボルトBに作用する引張力及びせん断力を足し合わせたもの(P146～148)が、アンカーボルトBの性能試験に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。	引張力 せん断力		【止水目地コンクリート側】 各種合成構造設計指針に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力※2 【セメント改良土側】 アンカーボルトBの性能試験に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力※4
設計及び工事計画認可段階	ゴムジョイント	防潮堤の相対変位及び津波による水圧が、ゴムジョイントの性能試験に基づき決定した許容変形量及び許容水圧以下であることを確認する。	変形	変形 水圧	ゴムジョイントの性能試験に基づき決定した許容変形量及び許容水圧

※1:地震時はゴムジョイントに張力が生じないことから、評価対象外とする。

※2:許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトの降伏及びせん断強度、並びに定着された構造物のコーン状破壊及び支圧強度を考慮して決定する。

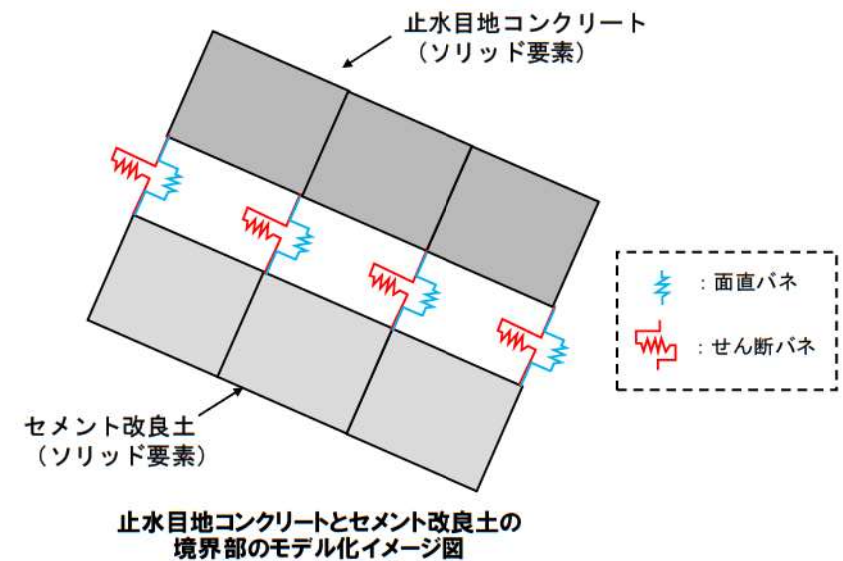
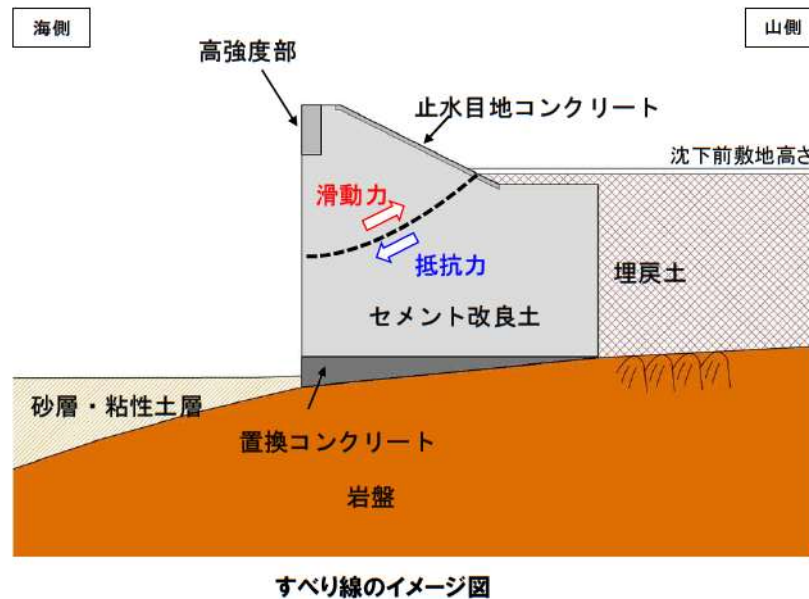
※3:第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。

※4:アンカーボルトBを定着させるセメント改良土は人工物であり、施工時にセメント改良土の強度やアンカーボルトBの根入れ長等を確認することで、アンカーボルトBの性能試験に基づき決定する許容引張力及び許容せん断力を確認できるため、施工時の品質確認試験は不要であると考えている。

6. 止水目地の設計方針

6.3 止水目地の設計方針 (1/5)

- 止水目地の構造成立性評価は、防潮堤（標準部）のモデルに止水目地コンクリートをモデル化した二次元動的FEM解析で行う。
- 解析に当たっては、止水目地コンクリートをソリッド要素でモデル化し、剛バネ（面直バネ及びせん断バネ）で接続する。
- 止水目地コンクリートについては、セメント改良土の一部を止水目地コンクリートに置換え、アンカーボルトBでセメント改良土に一体化した構造であることから、止水目地コンクリート及びセメント改良土を通るすべり線で内的安定を評価する（すべり安全率照査）。
- アンカーボルトBについては、止水目地コンクリートとセメント改良土間の剛バネに発生する引張力及びせん断力に、アンカーボルトAに作用する引張力及びせん断力を足し合わせた値をアンカーボルトBの引張力及びせん断力として評価する。
- アンカーボルトBの引張力及びせん断力は、アンカーボルトBの配置間隔と剛バネの配置間隔が異なるため、剛バネに発生する引張力及びせん断力を配置間隔に応じて換算した上で算出する。

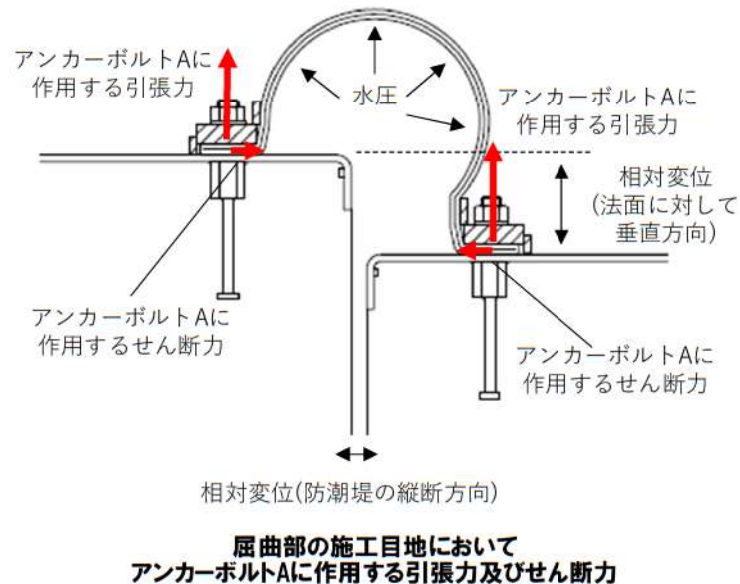


6. 止水目地の設計方針

6.3 止水目地の設計方針 (2/5)

【アンカーボルトAに作用する外力】

- アンカーボルトAに作用する引張力及びせん断力は、ゴムジョイントに発生する張力を引張方向成分とせん断方向成分に分解して算出する。
- ゴムジョイントの張力は津波時及び重畳時における施工目地に生じる相対変位量から求める耐圧半径に、重畳時における津波波圧を考慮して算出する。
- 施工目地に生じる相対変位の算定に当たっては、地震により隣接する防潮堤の位相が逆になることを想定し、保守的に最大変位量の2倍を考慮する。
- また、アンカーボルトAに作用する相対変位は、防潮堤背面の法面傾斜角を考慮して算出する。



施工目地に生じる相対変位の算出方法

	施工目地に生じる相対変位の算出方法	変位イメージ図(横断方向)	変位イメージ図(鉛直方向)
地震時	基準地震動による防潮堤の最大変位量($\delta 1, \delta 1'$) $\times 2$		
津波時	基準地震動による防潮堤の残留変位量($\delta 2, \delta 2'$) $\times 2$ + 津波による防潮堤の最大変位量($\delta 3, \delta 3'$)		
重畳時	基準地震動による防潮堤の残留変位量($\delta 2, \delta 2'$) $\times 2$ + 津波+余震による防潮堤の最大変位量($\delta 4, \delta 4'$) $\times 2$		

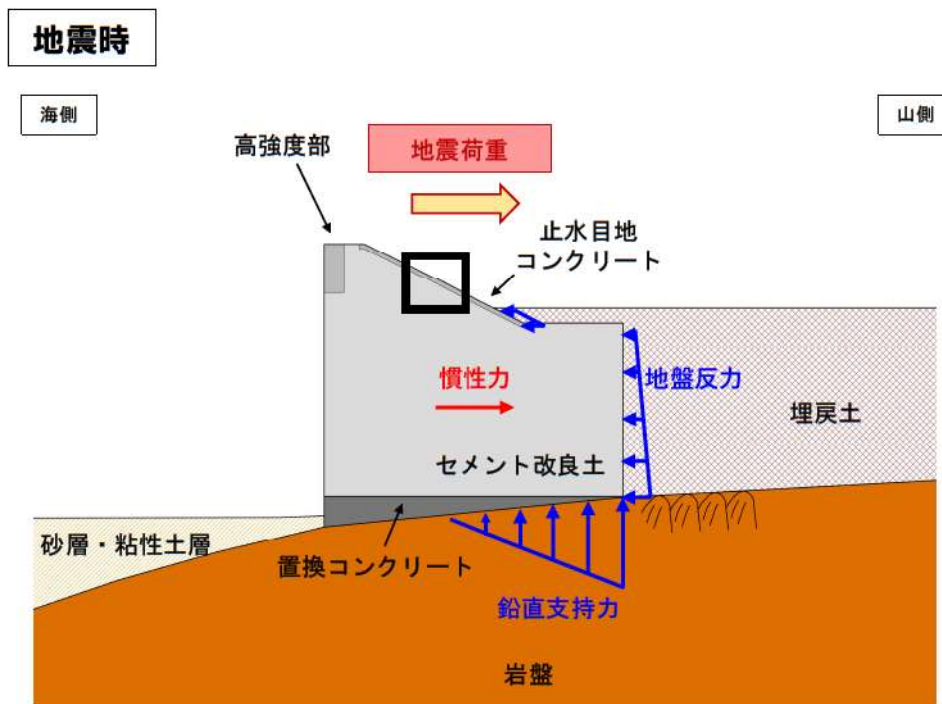
凡例 - - - - - 元の位置 ——— 基準地震動後の位置 ——— 最大変位位置

6. 止水目地の設計方針

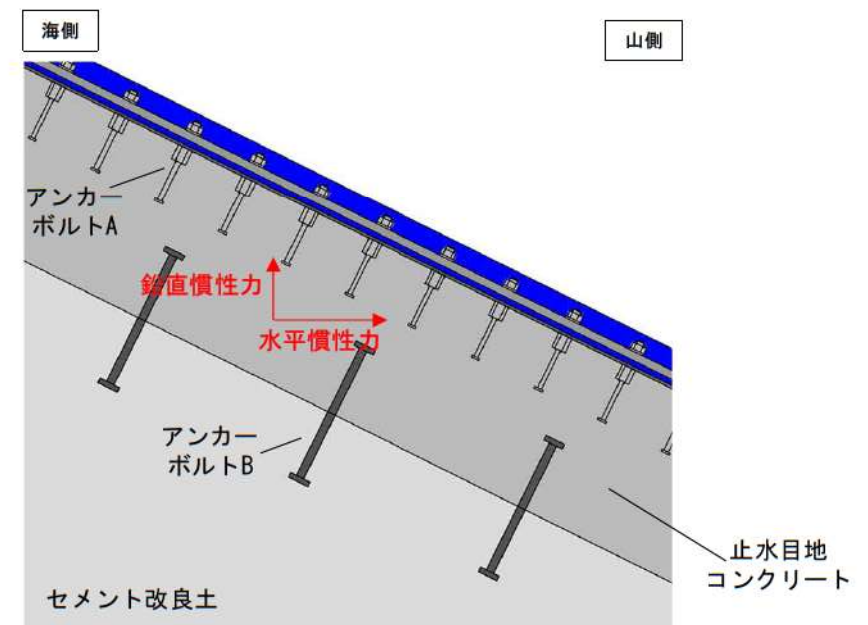
6.3 止水目地の設計方針 (3/5)

【地震時にアンカーボルトBに生じる外力】

○ 地震時に防潮堤及びアンカーボルトBに生じる外力は以下のとおりである。



地震時に防潮堤に生じる外力



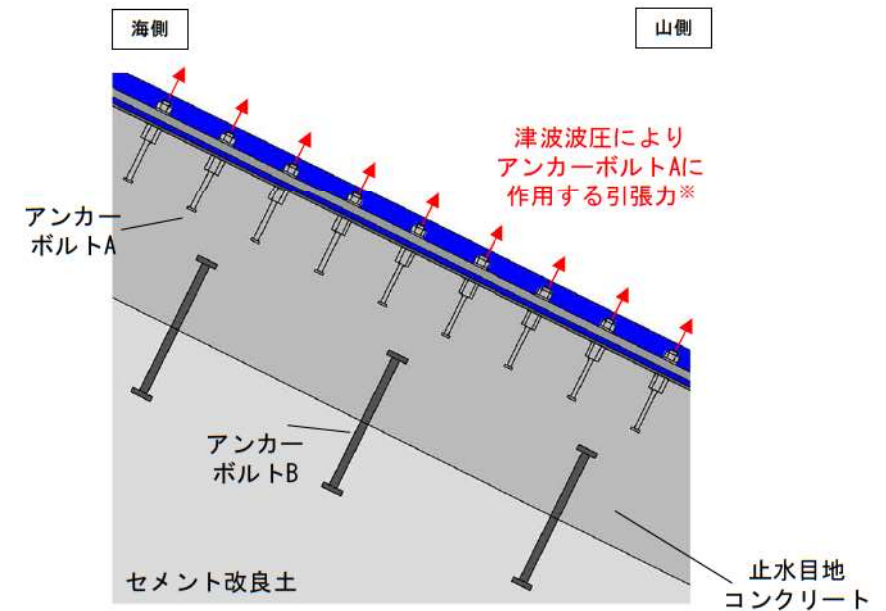
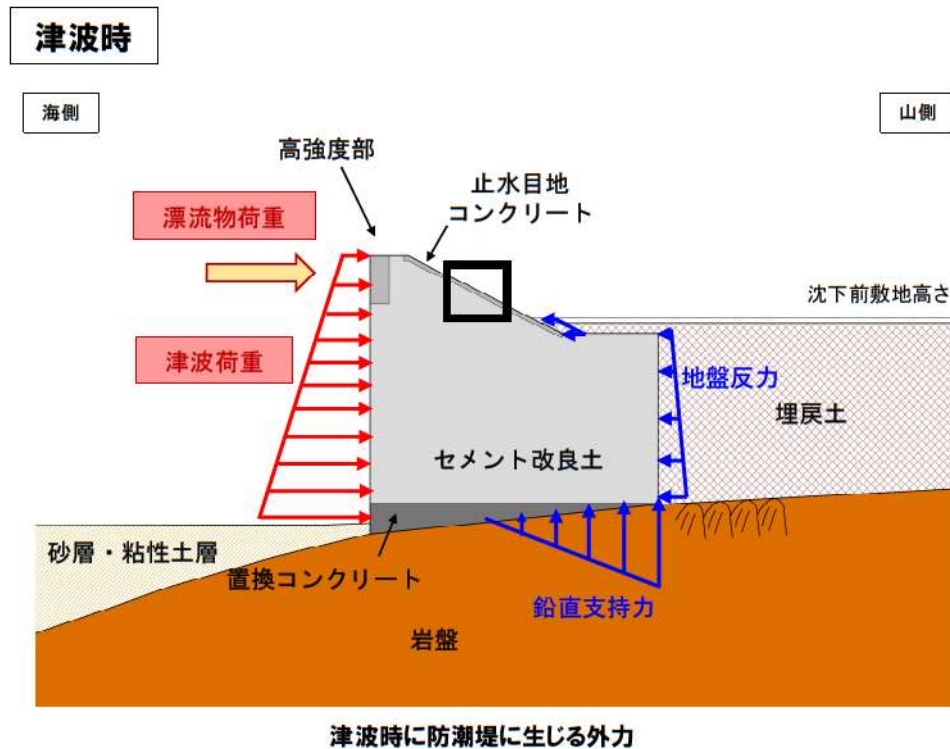
地震時にアンカーボルトBに生じる外力

6. 止水目地の設計方針

6.3 止水目地の設計方針 (4/5)

【津波時にアンカーボルトBに生じる外力】

○ 津波時に防潮堤及びアンカーボルトBに生じる外力は以下のとおりである。



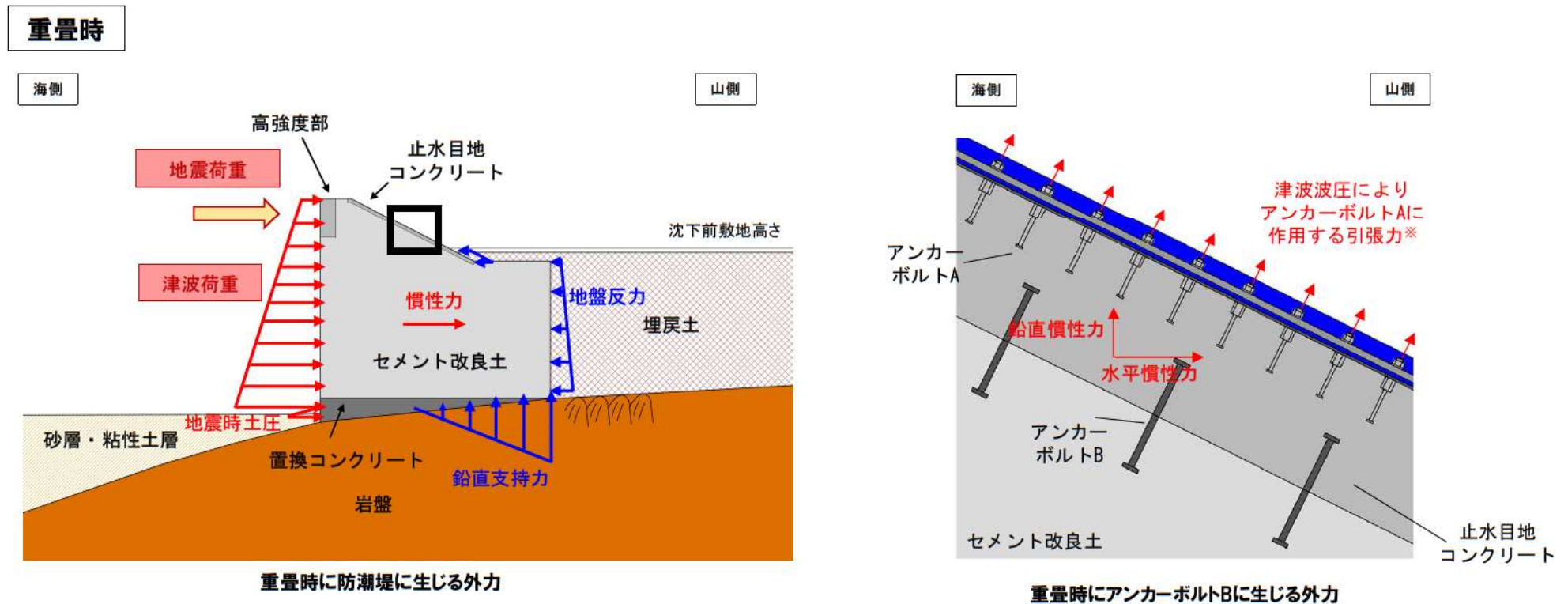
※:縦断方向のアンカーボルトAに作用するせん断力も考慮する。

6. 止水目地の設計方針

6.3 止水目地の設計方針 (5/5)

【重畳時にアンカーボルトBに生じる外力】

○ 重畳時に防潮堤及びアンカーボルトBに生じる外力は以下のとおりである。



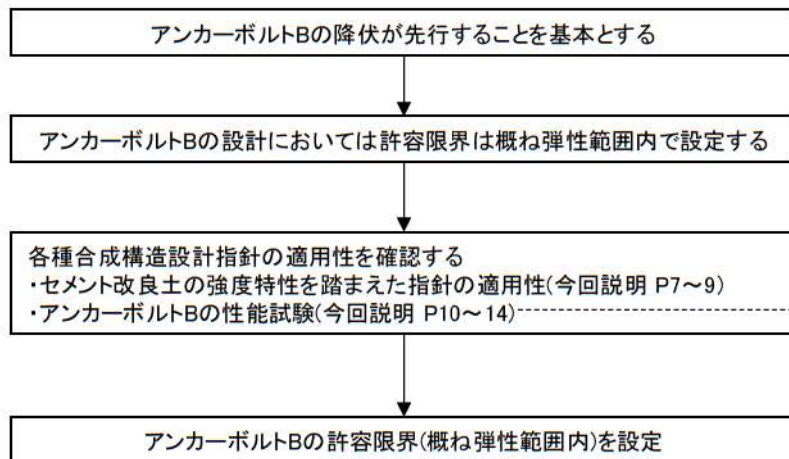
※: 縦断方向のアンカーボルトAに作用するせん断力も考慮する。

6. 止水目地の設計方針

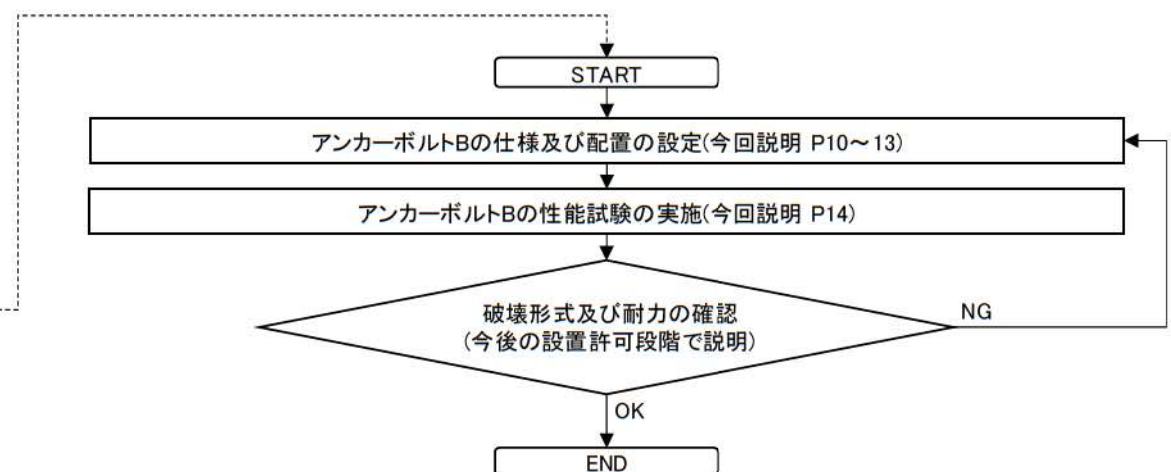
6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(1/9)

【アンカーボルトBの設計方針】

- アンカーボルトBの設計方針及び性能試験フローは、下図のとおりである。
- アンカーボルトの設計指針は、各種合成構造設計指針、「コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（公益社団法人土木学会，2014年）」及び「あと施工アンカー施工指針（一般社団法人日本建築あと施工アンカー協会，2016年）」がある。
- アンカーボルトBの設計で参考にする指針は、アンカーボルトBは先付け工法を計画していることから、先付け工法の設計に関する記載がある各種合成構造設計指針とする。
- アンカーボルトBの設計においては、各種合成構造設計指針を参考に、アンカーボルトBの降伏が先行することを基本とし、許容限界は概ね弾性範囲内で設定する。
- 各種合成構造設計指針の適用性の確認並びにアンカーボルトBの仕様及び許容限界の設定については、アンカーボルトBの性能試験で確認する破壊形式及び耐力を踏まえて行う。



アンカーボルトBの設計方針



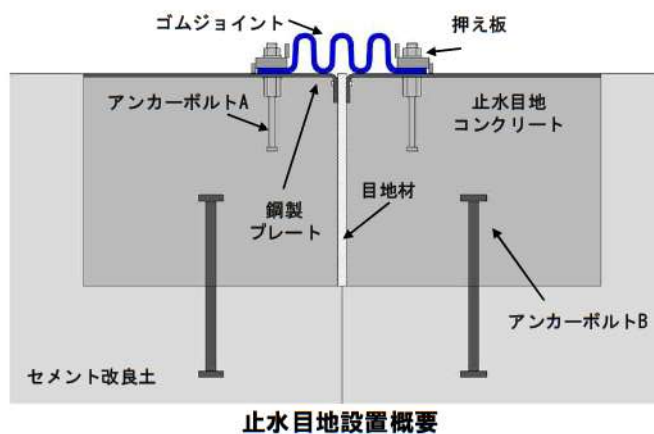
アンカーボルトBの性能試験フロー

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(2/9)

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(1/3)】

- セメント改良土の設計基準強度 (6.5N/mm^2) は、各種合成構造設計指針の適用範囲 ($18\text{N/mm}^2 \sim 48\text{N/mm}^2$) 外であるが、セメント改良土は以下に示すとおり、コンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。
- セメント改良土は、現場で採取した骨材を用いて、セメント及び水を生コンクリート製造設備と同様の設備で練り混ぜて製造する。
- セメント改良土は、室内配合試験の結果、一軸圧縮強度、S波速度及び静弾性係数が大きい(P61参照)。
- 添加するセメント量は 300kg/m^3 程度であり、セメントの水和反応により硬化する材料である。



セメント改良土の室内試験用供試体 (φ150mm, H300mm)

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(3/9)

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(2/3)】

○セメント改良土の室内配合試験(P61参照)で得られた引張強度及びせん断強度は、コンクリート標準示方書※1の関係式を用いて算出した値と比較し、せん断強度はやや低いものの、概ね同じであり、コンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。

セメント改良土の室内配合試験で得られた強度と
コンクリート標準示方書※1の関係式を用いて算出した強度の比較

	セメント改良土の 室内配合試験で得られた強度 (P61参照)	コンクリート標準示方書※1の関係式を 用いて算出した強度
圧縮強度 (N/mm ²)	16.2	—
引張強度 (N/mm ²)	1.48	1.47 ※2
せん断強度 (N/mm ²)	2.93	3.24 ※3

(4) コンクリートの引張強度、付着強度および支圧強度の特性値は、一般の普通コンクリートに対して、圧縮強度の特性値 f'_{ck} (設計基準強度) に基づいて、それぞれ式(3.2.1)～式(3.2.3)により求めてよい。なお、骨材の全部が軽量骨材である軽量骨材コンクリートに対しては、これらの値の70%としてよい。ここで、強度の単位はN/mm²である。

$$\text{引張強度 } f_{tk} = 0.23 f'_{ck}{}^{2/3} \quad \text{関係式①} \quad (3.2.1)$$

f'_{ck} : コンクリートの圧縮強度の特性値, 設計基準強度

「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」より引用・加筆

ダムコンクリートのせん断強度は、ダムコンクリートが等方体と考えられる場合には、設計計算上必要なパラメータとならないが、水平打継目におけるせん断摩擦安全率を検討する場合には、水平打継目のせん断強度が必要となる。水平打継目のせん断強度は打継目処理の方法によって大きく変化するが、丁寧な打継目処理を施した場合、水平打継目のせん断強度はダムコンクリート自身のせん断強度とほぼ等しい値を示す。この値はダムコンクリートの圧縮強度のおよそ1/5である。

関係式②

「コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編] (公益社団法人土木学会, 2013年制定)」より引用・加筆

※1: 引張強度は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (公益社団法人土木学会, 2002年制定)」の関係式を、せん断強度は「コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編] (公益社団法人土木学会, 2013年制定)」の関係式を用いた。

※2: 関係式①の f'_{ck} に、セメント改良土の室内試験で得られた圧縮強度を代入して算出した値である。

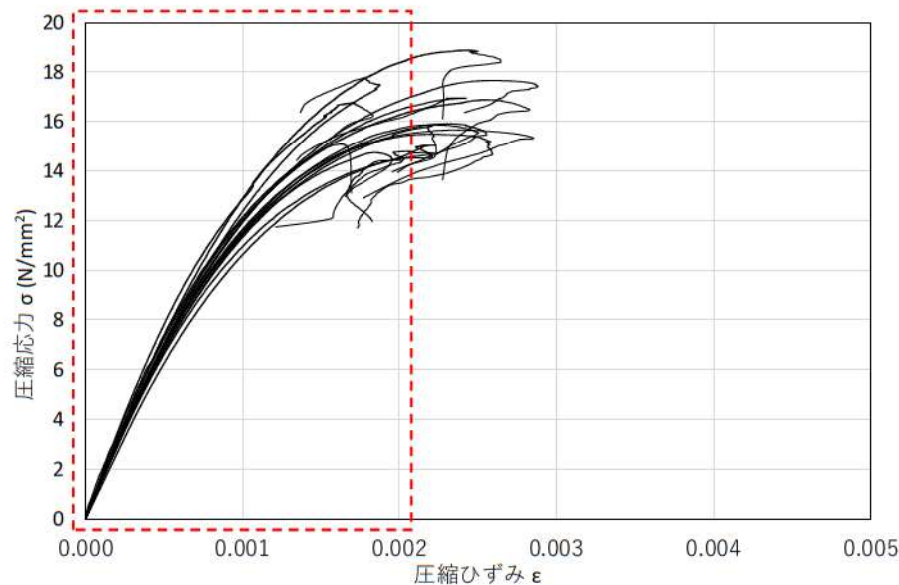
※3: 関係式②のダムコンクリートの圧縮強度を、セメント改良土の室内試験で得られた圧縮強度として算出した値である。

6. 止水目地の設計方針

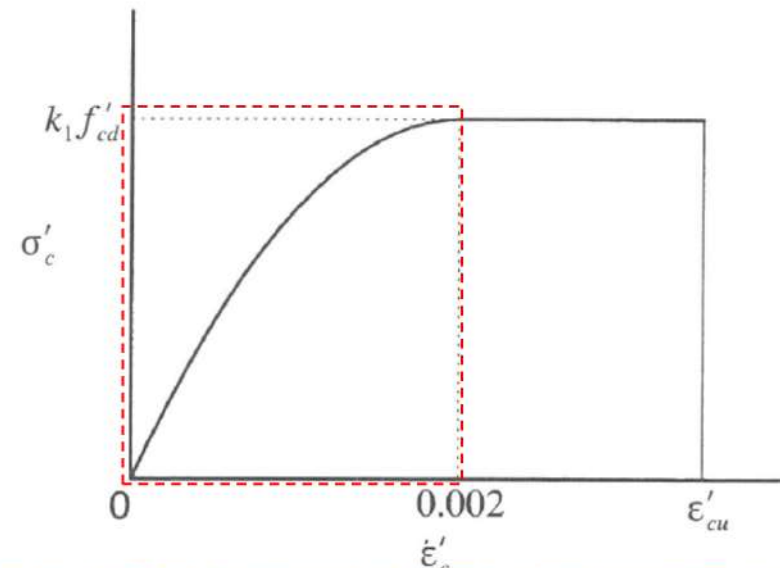
6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(4/9)

【セメント改良土の強度特性を踏まえた指針の適用性(3/3)】

- セメント改良土の強度特性のうち圧縮応力-圧縮ひずみの関係について、一軸圧縮強度試験結果を踏まえて整理した。
 - 一軸圧縮強度試験結果から、セメント改良土は、軸ひずみが概ね0.002程度でピーク強度となっている。
 - セメント改良土のピーク強度の軸ひずみ及びピーク強度に至る応力-ひずみ曲線は、一般的なコンクリートと同様の傾向を示している。
- 上記より、セメント改良土はコンクリートに類似した特性があることから、各種合成構造設計指針の適用性はあると考えられる。



セメント改良土の一軸圧縮強度試験結果



「コンクリート標準示方書[構造性能照査編](公益社団法人土木学会, 2002年制定)」より引用・加筆

コンクリートの応力-ひずみ曲線

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(5/9)

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(1/4))】

○ アンカーボルトで想定される破壊形式(単体配置)を整理した上で、各種合成構造設計指針を参考に、アンカーボルトBの性能試験で想定される破壊形式を選定した。

アンカーボルトで想定される破壊形式(単体配置)※

破壊形式	アンカーボルトBの引張耐力を決める破壊形式						アンカーボルトBのせん断耐力を決める破壊形式			
	アンカーボルト	セメント改良土					アンカーボルト	セメント改良土		
	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	付着破壊	側方局所破壊	割裂破壊	鋼材降伏	コーン状破壊	支圧破壊	プライアウト破壊
イメージ図										
説明	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	アンカーボルトの頭部周辺におけるセメント改良土の圧縮破壊	セメント改良土とアンカーボルトの付着部で生じる破壊	へりあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	セメント改良土に生じる曲げ応力による破壊	アンカーボルトの降伏による破壊	セメント改良土の斜め引張破壊	セメント改良土の圧縮破壊	埋込み長さが不足する場合に発生するセメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×
除外理由	—	—	—	頭付きアンカーボルトを使用する場合は、通常これがアンカーボルトの破壊形式を支配することはないとされている。	各種合成構造設計指針に示す仕様を満足することで生じない破壊であるとされている。	薄肉部材に生じる破壊形式であるとされており、防潮堤(セメント改良土)は薄肉部材ではない。	—	—	—	埋込み長さは、プライアウト破壊を防ぐことを前提としてアンカーボルト径の6倍以上とするのがよいとされている。

※: 破壊形式は、各種合成構造設計指針を参考に整理した。

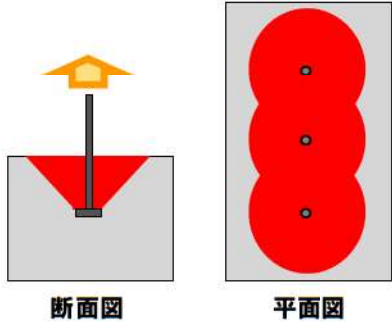
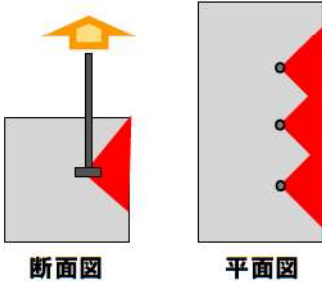
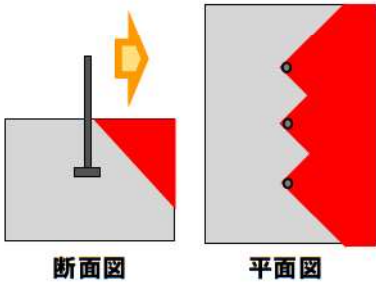
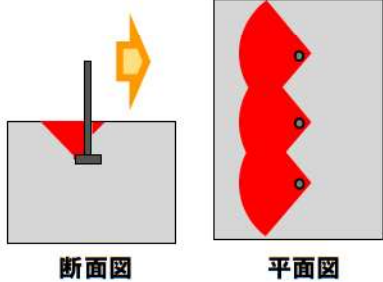
6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(6/9)

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(2/4))】

○ アンカーボルトで想定される破壊形式(群体配置)を整理したが、単体配置とすることから、アンカーボルトBの性能試験における破壊形式として想定しない。

アンカーボルトで想定される破壊形式(群体配置)

破壊形式	アンカーボルトBの引張耐力を決める破壊形式		アンカーボルトBのせん断耐力を決める破壊形式	
	セメント改良土		セメント改良土	
	コーン状破壊	側方局所破壊	コーン状破壊	ブライアウト破壊
イメージ図	 断面図 平面図	 断面図 平面図	 断面図 平面図	 断面図 平面図
説明	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、ヘリあきが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置における、セメント改良土の斜め引張破壊	隣接するアンカーボルトの影響範囲が重なった配置において、埋込み長さが不足する場合に発生する、セメント改良土の剥離破壊
性能試験で想定される破壊形式	×	×	×	×
除外理由	単体配置とすることから、想定しない。			

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(7/9)

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(3/4))】

○ アンカーボルトBの性能試験で想定される破壊形式及び耐力は、各種合成構造設計指針を参考すると下表のように想定される。

- 引張耐力は、セメント改良土の強度が設計基準強度(6.5N/mm²)及び室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm²)のいずれの場合もアンカーボルトの降伏により定まる。
- せん断耐力は、セメント改良土の強度が設計基準強度(6.5N/mm²)の場合は支圧破壊、室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm²)の場合はアンカーボルトの降伏により定まる。

各種合成構造設計指針を参考に算出した引張耐力

		引張耐力(kN/本)	
セメント改良土の強度		設計基準強度(6.5N/mm ²)	室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm ²)
破壊形式	アンカーボルトの降伏	83.0	83.0
	コーン状破壊	131.6	207.8
	支圧破壊	111.8	278.6
	付着破壊	—	—
	側方局所破壊	—	—
	割裂破壊	—	—

各種合成構造設計指針を参考に算出したせん断耐力

		せん断耐力(kN/本)	
セメント改良土の強度		設計基準強度(6.5N/mm ²)	室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm ²)
破壊形式	アンカーボルトの降伏	58.1	58.1
	支圧破壊	40.2	77.8
	コーン状破壊	66.8	105.5
	プライアウト破壊	—	—

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(8/9)

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの仕様及び配置の設定(4/4))】

○ アンカーボルトBの耐力を踏まえ設定したアンカーボルトBの仕様及び配置は下表のとおりである。

アンカーボルトBの仕様及び配置

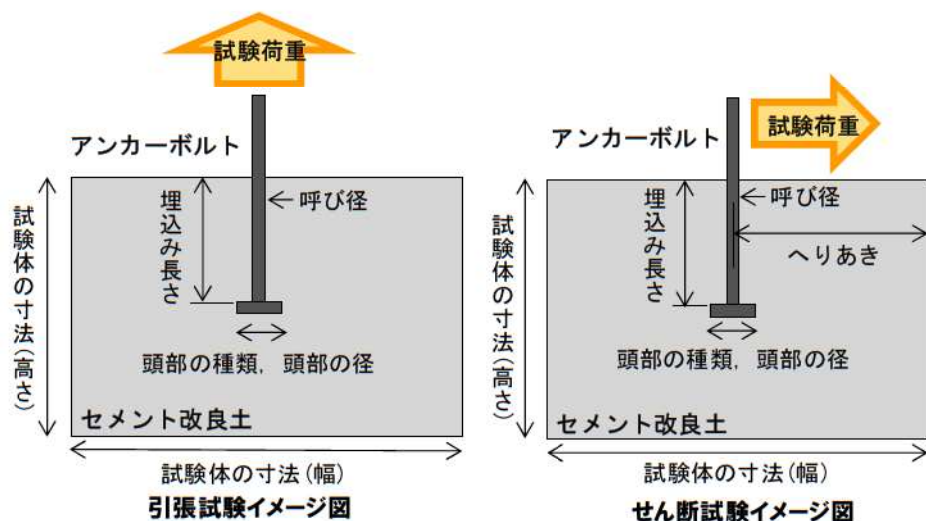
項 目		仕 様	設定の考え方	各種合成構造設計指針の適用範囲
仕 様	呼び径	24mm	・ アンカーボルトの降伏による耐力が、極力、他の耐力よりも小さくなるように設定した。	・ 9mm以上25mm以下
	頭部の種類	頭付き アンカーボルト	・ 付着破壊が生じないように設定した。	・ 頭付きアンカーボルト、鉄筋アンカーボルト、基礎アンカーボルト(先付け工法) ・ 接着系アンカーボルト(後打ち工法)
	頭部の径	65mm	・ 引張の支圧破壊による耐力が大きくなるように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の1.6倍以上
	埋込み長さ	200mm	・ プライアウト破壊が生じないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の6倍以上
配 置	配置間隔	500mm	・ 隣接するアンカーボルトのコーン状破壊の影響範囲が重ならないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の7.5倍以上及び600mm以下
	へりあき	232mm以上	・ せん断のコーン状破壊による耐力が大きくなるように設定した。 ・ 側方局所破壊が生じないように設定した。	・ アンカーボルトの呼び径の3倍以上

6. 止水目地の設計方針

6.4 アンカーボルトBの設計方針と性能試験について(9/9)

【アンカーボルトBの性能試験(アンカーボルトBの性能試験の実施)】

- アンカーボルトBの性能試験では、「各種合成構造設計指針の適用性」及び「アンカーボルトBの破壊形式及び耐力」の確認を目的とする。
- アンカーボルトBは単体配置を計画していることから、単体配置を想定した引張試験及びせん断試験を実施する。
- 試験体の作製に関する確認項目は下表のとおりとし、試験時にはセメント改良土の圧縮強度及び引張強度を確認する。
- 試験に用いるセメント改良土の強度は、設計基準強度(6.5N/mm^2)相当及び室内配合試験で確認した強度(16.2N/mm^2)相当とする。
- なお、P10で発生しないと考えた破壊形式がアンカーボルトの性能試験で確認された場合、若しくは、性能試験に基づいて決定した許容限界がアンカーボルトBに発生する作用力を下回る場合は、アンカーボルトBの仕様及びセメント改良土の強度の見直しを検討する。



試験体の作製に関する確認項目※

確認項目	仕様	仕様を設定する上での考え方
呼び径	24mm	前頁の仕様と同じ。
頭部の種類	頭付きアンカーボルト	前頁の仕様と同じ。
頭部の径	65mm	前頁の仕様と同じ。
埋込み長さ	200mm	前頁の仕様と同じ。
へりあき (せん断試験)	232mm以下	試験の耐力が保守的な条件になるように設定する。
試験体の寸法	【引張試験】 幅:1,000mm, 高さ:650mm, 奥行き:1,500mm 【せん断試験】 幅:600mm, 高さ:450mm, 奥行き:1,400mm	引張方向のコーン状破壊面と干渉しないよう設定する。

※:アンカーボルトBの性能試験は単体配置を想定した引張試験及びせん断試験であることから、配置間隔は確認項目から除く。

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.1 設置許可段階における確認項目

○ 設置変更許可段階の確認項目を以下に示す※。

(設置許可基準規則第3条に対する地盤の確認項目を含む。設置許可基準規則第4条及び第5条に対する基本設計方針は、4章で説明したとおりである。)

※:防潮堤(端部)の基本方針は、防潮堤(標準部)と同様であることから、防潮堤(標準部)を代表として整理した。

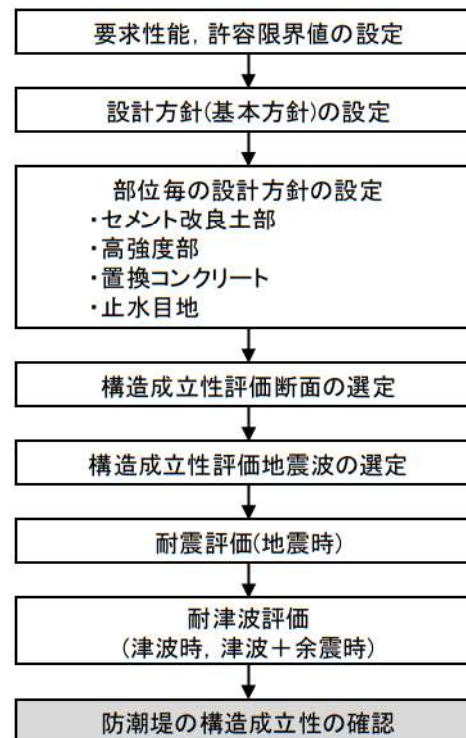
[] : 本資料における確認項目(第4条・第5条)

対 象	役 割	設置変更許可段階の確認項目 《クライテリア》
施 設	〈第4条・第5条〉 セメント改良土 ・入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する ・止水目地を支持する ・難透水性を有し、堤体により止水性を保持する	〈第4条・第5条〉 ・セメント改良土、高強度部の安定性(二次元FEM解析) 《すべり安全率 $F_s \geq 1.2$ 》
	〈第4条・第5条〉 高強度部 ・入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する ・難透水性を有し、堤体により止水性を保持する ・セメント改良土の健全性を維持するため、漂流物荷重を分散させる	
	〈第4条・第5条〉 止水目地 ・セメント改良土間の変位に追従し、遮水性を保持する	〈第4条・第5条〉 ・止水目地の変形・水圧 《許容変形量・許容水圧以下》
	〈第4条・第5条〉 置換コンクリート ・入力津波に対して十分な裕度を確保した堤体高さを維持する ・難透水性を有し、堤体により止水性を保持する ・セメント改良土を鉛直支持し、基礎地盤のすべり安定性を確保する	〈第4条・第5条〉 ・置換コンクリートの接地圧(二次元FEM解析) 《短期許容支圧応力度 $\geq$ 接地圧》 ・置換コンクリートの安定性(二次元FEM解析) 《すべり安全率 $F_s \geq 1.2$ 》
地 盤	〈第3条1項〉 岩 盤 ・セメント改良土及び置換コンクリートを鉛直支持する ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する	〈第3条〉 ・基礎地盤の安定性(二次元FEM解析) 《すべり安全率 $F_s \geq 1.5$ 》 《極限支持力 $\geq$ 支持力》

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.2 構造成立性評価の方針

- 防潮堤の構造成立性を確認するため、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」等に基づき、基準地震動及び基準津波による荷重等に対して、セメント改良土及び置換コンクリートが十分な裕度を確保できていることを確認する。
- なお、構造成立性評価に対する裕度が確保できなくなった場合には、追加の裕度向上対策（防潮堤幅の変更、セメント改良土、高強度部又は置換コンクリートの仕様の見直し）の実施により対応する。



防潮堤の構造成立性評価の流れ

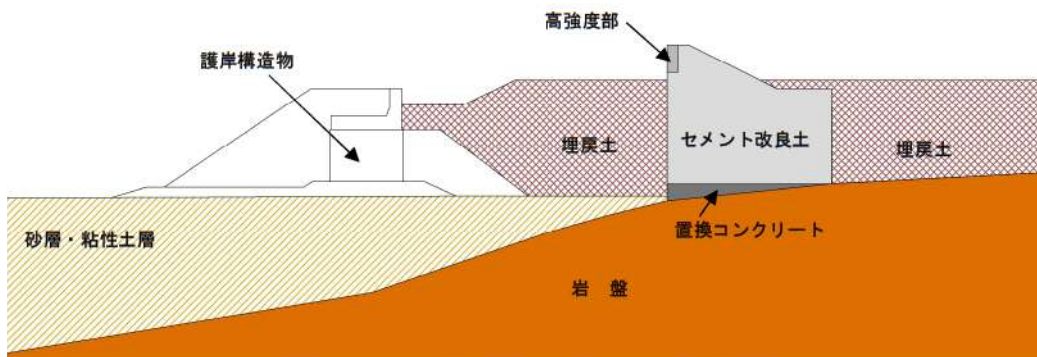
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.3 設置許可段階での提示内容(1/5)

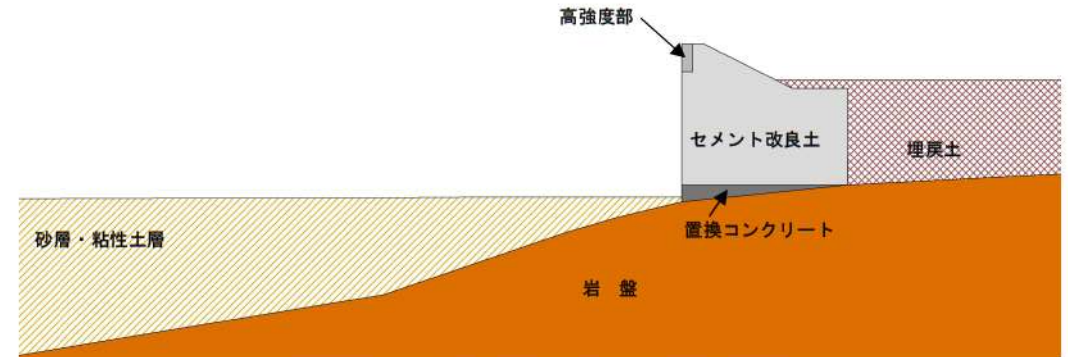
○ 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階において提示する内容のうち対象断面について整理した。

		設置変更許可段階(設計方針と構造成立性評価)	設計及び工事計画認可段階※	本資料の説明範囲
対象断面	構造成立性 (第4条, 第5条)	- 防潮堤の構造成立性評価断面は, ①要求性能, ②間接支持する設備の有無, ③構造的特徴, ④周辺状況を考慮して選定。 - 線状構造物であることから, 防潮堤横断方向(弱軸)断面で評価する。	構造成立性評価断面以外に, 必要に応じて検討対象断面を追加。	○
	地盤安定性 (第3条)	照査項目であるすべり安全率が, 地質状況等から最も小さくなると考えられる断面を代表断面として選定。	—	— (基礎地盤の安定性評価にて説明予定)

※: 万が一, 設計及び工事計画認可段階にて構造成立性に課題が生じた場合は, 追加対策等により対応する。



防潮堤断面図(前面護岸及び埋戻土がある状態)



防潮堤断面図(前面護岸及び埋戻土がない状態)

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.3 設置許可段階での提示内容(2/5)

○ 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階において提示する内容のうち対象地震波，解析方法及び地下水位について整理した。

		設置変更許可段階(設計方針と構造成立性評価)	設計及び工事計画認可段階	本資料の説明範囲
対象地震波	構造成立性 (第4条, 第5条)	・ 構造物への影響が大きい地震動を構造成立性評価の地震動として選定。	・ 全基準地震動で実施。	○
	地盤安定性 (第3条)	・ 全基準地震動で実施。	—	— (基礎地盤の安定性評価にて説明予定)
解析方法		・ 解析方法の詳細は，今後説明する。 ・ セメント改良土及び置換コンクリートの内的安定について，すべり安全率1.2以上であることを確認する。 ・ セメント改良土による接地圧が，置換コンクリートの短期許容支圧応力度以下であることを確認する。	・ セメント改良土及び置換コンクリートの内的安定について，すべり安全率1.2以上であることを確認する。 ・ セメント改良土による接地圧が，置換コンクリートの短期許容支圧応力度以下であることを確認する。 ・ 必要に応じて，より精緻な解析を実施する。	○
地下水位		・ 防潮堤から海側(T.P.+0.26m) ・ 防潮堤から陸側(T.P.+10.0m 地表面)	・ 左記に同じ	○
液状化 (液状化強度特性)		[埋戻土，砂層] (「地盤の液状化の評価方針について」で説明後反映する。)	(「地盤の液状化の評価方針について」で説明後反映する。)	— (地盤の液状化の評価方針について)

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.3 設置許可段階での提示内容(3/5)

- 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階において提示する内容のうち、液状化の影響評価及び地盤物性のばらつきについて整理した。
- 設置変更許可段階において、文献等から設定したセメント改良土の解析用物性値を用いた構造成立性評価結果を説明する。
- 設計及び工事計画認可段階においては、設置変更許可段階と同じ解析用物性値を用いた評価を基本とし、材料物性のばらつきによる影響評価として、施工試験で実施予定のP61に示す試験方法から得られる値を解析用物性値として用いる。
- セメント改良土は、解析用物性値を確保するように配合設計・品質管理を行うことから、設置変更許可段階における強度のばらつきは考慮しない。
- 同様に、置換コンクリートも、解析用物性値を確保するように配合設計・品質管理を行うことから、設置変更許可段階における強度のばらつきは考慮しない。

	設置変更許可段階(設計方針と構造成立性評価)	設計及び工事計画認可段階	本資料の説明範囲
地盤物性のばらつき	- 埋戻土、砂層、粘性土層を対象に地盤物性のばらつきを考慮する。 - 各断面で解析用物性値(基本物性)に基づいた評価を行い、設計及び工事計画認可段階の荷重増分要因である地盤物性のばらつきを考慮しても構造成立性が確保できる見通しであることを確認する※1。 [剛性] - 解析用物性値 [強度] - 解析用物性値※2	- 埋戻土、砂層、粘性土層を対象に地盤物性のばらつきを考慮する。 - 各断面で地盤物性のばらつきを考慮した評価を行う。地盤物性のばらつき設定ケースは以下を基本とし、解析用物性値(基本物性)における各部位の評価結果や裕度等を踏まえて具体的な解析実施ケースを検討する。 [剛性] - 解析用物性値、$\pm 1\sigma$※3 [強度] - 解析用物性値※3	○
防潮堤前面の既設護岸の扱い	- 構造成立性評価の基本ケースにおいて、防潮堤前面の既設護岸をモデル化しない条件で評価する。 - 既設護岸による防潮堤への波及的影響は、代表ケースにおいて、既設護岸をモデル化することで評価する。	防潮堤前面の既設護岸をモデル化しない条件で評価する。	○

※1: 照査値が最も小さいケースを代表として、地震時において、地盤物性のばらつき($\pm 1\sigma$)を考慮した評価を行い、ばらつき係数を算出する。

構造成立性評価の各ケースの安全率にばらつき係数を考慮した場合においても、構造成立性が確保できる見通しであることを確認する。

※2: セメント改良土と置換コンクリートは、解析物性値以上の強度を確保する配合設計・品質管理を行うことから、強度のばらつきは考慮しない。

※3: セメント改良土の物性値は、文献等から定めた解析物性値を基本とし、材料物性のばらつきによる影響評価として、生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土から得られる値を用いて評価する。

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.3 設置許可段階での提示内容(4/5)

○ 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階において提示する内容のうち、セメント改良土の品質及び止水目地について整理した。

		設置変更許可段階(設計方針と構造成立性評価)	設計及び工事計画認可段階	本資料の説明範囲
セメント改良土の品質	評価に用いる物性値	文献等から設定した物性値	- 基本ケース： 文献等から設定した物性値(設置変更許可と同じ) - 影響評価ケース： 施工試験で得られる物性値(生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土から取得する。)	○
	実施する試験	室内配合試験	施工試験 (生コンクリート製造設備と同様の設備で製造したセメント改良土を用いて、P61に示した試験方法を実施予定である。)	
	試験の目的	文献等から設定した物性値を満足する見通しがあることを確認する。	- 影響評価ケースに用いる物性値を得る。 - 一軸圧縮強度とその他の物性値(引張強度等)の関連性を確認する。	
	品質管理方針※1	コンクリートと似た性質であることから、一軸圧縮強度を基本とし、設計及び工事計画認可段階で、品質管理方法の詳細を説明する。	施工試験を踏まえた品質管理方法(品質確認試験の項目、頻度等)を説明する。	
止水目地※2		- 設置変更許可段階の解析により得られるアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力が、アンカーボルトの性能試験に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。 - アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力を得るための解析の条件は、設置変更許可段階における防潮堤(標準部)に準じる。	- 設計及び工事計画認可段階の解析により得られるアンカーボルトに作用する引張力及びせん断力が、アンカーボルトの性能試験に基づき決定した許容引張力及び許容せん断力以下であることを確認する。 - アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力を得るための解析の条件は、設計及び工事計画認可段階における防潮堤(標準部)に準じる。	○

※1: セメント改良土の品質管理方針について、設計及び工事計画認可段階で詳細を説明する。

※2: 止水目地に関する設計及び工事計画認可段階での説明内容は、現在整理中であり、今後説明する。

7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針

7.3 設置許可段階での提示内容(5/5)

○ 設置変更許可段階と設計及び工事計画認可段階において提示する内容のうち、漂流物荷重について整理した。

		設置変更許可段階 (設計方針と構造成立性評価) ※1		設計及び工事計画認可段階	本資料の説明範囲
漂流物荷重	対象漂流物 (算定式)	直近海域	前面海域	・ 漂流物評価結果を踏まえて選定する。	○
		4.9t船舶 (FEMA2012)	19.81t船舶 (道路橋示方書)		
	衝突速度	18m/s		・ 安全側に敷地における最大津波流速を用いる。	
	衝突位置 (標高)	防潮堤天端(T.P.+16.5m)		・ 漂流物の衝突荷重が作用する位置は、安全側に最大津波高さ(入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さを含む)を用いる。	
	荷重組合せ	常時荷重 + 津波荷重 + 漂流物荷重		・ (変更なし) 最大津波高さと最大津波流速は同地点・同時刻に発生しないものの、安全側に漂流物の衝突荷重(最大津波流速)と津波荷重(最大津波高さ)が同時に作用する組合せを考慮する。	
	衝突形態 (漂流物の向き)	防潮堤に直交方向に作用させる		・ 非線形構造解析において、衝突形態(漂流物の向き)の影響を検討した上で、安全側になる条件を考慮する。	
	作用面積	1m ² あたりの荷重として作用させる		・ 非線形構造解析において、作用面積の影響を検討した上で、安全側になる条件を考慮する。	
	漂流物荷重	1,691kN※2	1,059kN※2	・ 基準津波が確定後、適切な漂流物荷重を算定し、防潮堤の評価に用いる。	
< 2,000kN					

※1:防潮堤の構造成立性評価(設置変更許可段階)に用いる仮定の数値であり、設計及び工事計画認可段階においては、基準津波を踏まえた現実的な漂流物荷重で評価を行う。

なお、対象漂流物、衝突速度、漂流物荷重算定式、漂流物荷重の載荷面積等の考え方は、「第5条 耐津波設計方針」において説明する。

※2:漂流物荷重は、4.9t船舶を5t船舶として、19.81t船舶を20t船舶として算出した。

8. 構造等に関する先行炉との比較

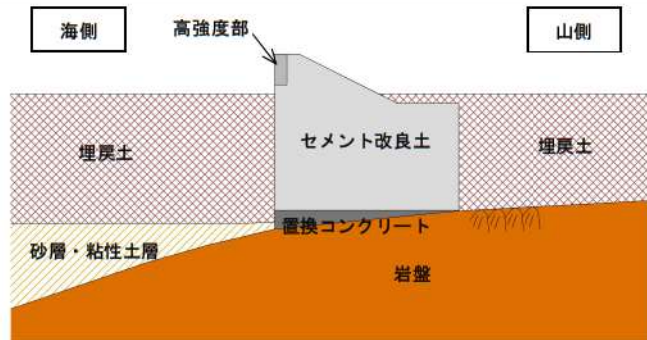
本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概 要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

8. 構造等に関する先行炉との比較

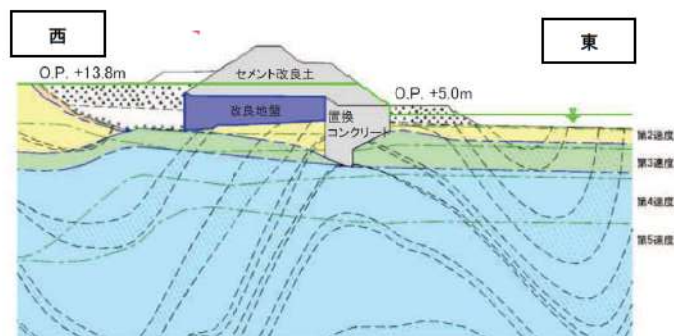
8.1 構造等に関する先行炉との比較 (1/2)

- 泊発電所における防潮堤の特徴を踏まえ、先行炉との類似点及び相違点を抽出するために、類似する先行炉の防潮堤として、女川発電所の盛土堤防及び美浜発電所における防潮堤（地盤改良部）を選定した。
- 女川発電所の盛土防潮堤と泊発電所の防潮堤の類似点は以下のとおりである。
 - 置換コンクリートの強度を考慮して、基礎地盤のすべり安定性を確保すること。
 - 現地発生材にセメントを添加したセメント改良土で防潮堤を構築すること。
- 美浜発電所の防潮堤（地盤改良部）と泊発電所の防潮堤の類似点は以下のとおりである。
 - 基礎岩盤まで掘削し、置換コンクリート及びセメント改良土を岩着させる構造であること。
 - 施工目地に止水目地を設置し、津波が敷地に流入しない設計とすること。
- それぞれの構造概要図を以下に示す。

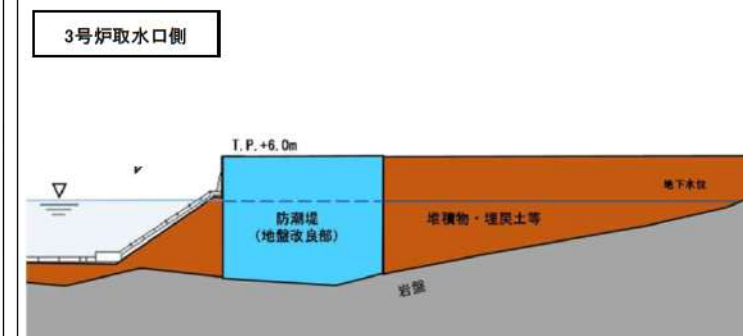
※：他サイトの情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。



断面図
泊発電所



断面図
女川発電所 鋼管杭式鉛直壁(盛土堤防)
(「東北電力株式会社 女川原子力発電所2号機 2021年7月29日
審査会合資料2-2」に一部加筆)



断面図
美浜発電所 防潮堤(地盤改良部)
(「関西電力株式会社 美浜発電所3号炉 平成28年3月22日
審査会合資料1-2」に一部加筆)

8. 構造等に関する先行炉との比較

8.1 構造等に関する先行炉との比較(2/2)

- 泊発電所の防潮堤の構造及び設計条件等に関する特徴を示すとともに、女川発電所及び美浜発電所の構造と比較を行い、類似点及び相違点を抽出した。
○ 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を整理した。

項目		泊の特徴	先行炉類似構造①	先行炉との比較①		先行炉の類似構造②	先行炉との比較②		先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性	先行炉実績との相違点を踏まえた設計への反映事項
			東北電力㈱ 女川発電所(盛土堤防)	類似点	相違点	関西電力㈱ 美浜発電所	類似点	相違点		
津波高さに対する裕度		(整理中)	4.6m	—	—	1.8m～2.0m	—	—	—	—
防潮堤の構造	支持地盤	・岩盤傾斜及び岩盤不陸がある箇所は、置換コンクリートに置き換える。 ・セメント改良土及び置換コンクリートを岩盤に支持させる。	・沈下対策として岩盤までの地盤改良を実施。 ・防潮堤全面にすべり安定性確保を目的とした置換コンクリートを設置。	・置換コンクリートですべり安定性を確保する。 ・セメント改良土により構築する。	・泊の場合、セメント改良土下方の置換コンクリートの形状を考慮した上で、すべり安定性を確保する。	・岩盤上に改良地盤(MMR)により構築。	・基礎岩盤まで掘削後、岩盤に支持させる(泊の場合、基礎岩盤まで掘削後、置換コンクリート及びセメント改良土を構築する)。	・泊の場合、岩盤傾斜及び岩盤不陸がある箇所は、置換コンクリートに置き換える。	・防潮堤を岩盤又は改良地盤に支持させる構造であることから、支持機能の照査においては先行炉の設計方針が適用可能である。	・置換コンクリートの役割を明確にし、役割に応じた評価を行う。
	構築材料	・セメント改良土及び置換コンクリートにより構築する。	・セメント改良土により構築する。	・セメント改良土は、現地発生土にセメント等を混合したセメント改良土で構築する。	—	・改良地盤(MMR)により構築する。	—	・泊の場合、セメント改良土及び置換コンクリートで構築する。	・セメント改良土及び置換コンクリートによる構造であることから、先行炉の設計方針が適用可能である。	・セメント改良土及び置換コンクリートで構築するものの、物性値は異なることから、適切に設定した物性値を用いた評価を行う。
止水対策	止水目地	・止水目地は、防潮堤の山側のセメント改良土に設置する。	— (止水目地なし)	—	—	・ゴムジョイントには、波状型止水ジョイントを用いる。	・改良地盤のブロック間の相対変位に追従する止水目地を設置する(泊の場合、防潮堤間の相対変位に追従する止水目地を設置する)。	・泊の場合、止水目地をセメント改良土に設置する。 ・泊の場合、防潮堤の山側のみに止水目地を設置する。	・防潮堤間の相対変位に追従する止水目地を設置すること、ゴムジョイントには波状型止水ジョイントを用いることから、先行炉の設計方針が適用可能である。	・セメント改良土に止水目地を設置するため、接続部の付着の評価を行う。 ・山側に設置することによる、地震及び津波による引張り及びせん断力に対する評価を行う。
	目地の漂流物対策工	・止水目地は、防潮堤の山側に設置する計画であるため、止水目地の漂流物対策工は不要である。	—	—	—	—	—	—	—	—

補足説明資料1 防潮堤の設計変更について

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概 要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

補足説明資料1 防潮堤の設計変更について

1.1 1,2号取水路及び1,2号放水路の構造変更について

- 新設する防潮堤のうち、1,2号取水路及び1,2号放水路横断部の構造形式は、第1007回審査会合における指摘事項「1,2号取水路及び1,2号放水路直上の埋戻土について、確実な止水性を確保するための対策の必要性」について検討した結果、鋼製壁部をセメント改良土による堤体構造に設計変更することを第1032回審査会合において説明した。
- 1,2号取水路及び1,2号放水路については、セメント改良土を上載荷重として見込んだ場合に耐震裕度が小さくなるため、当該構造物の補強等の対策を検討しており、具体的な補強等の対策の検討方針は、以下のとおりである。
 - 1,2号取水路は、頂版及び側壁の後施工せん断補強筋及び躯体の増厚による補強を検討している。
 - 1,2号放水路は、放水路下部を置換コンクリートに置き換えた後に、通水断面の構造寸法を変更せずに再構築することを検討している。
- 1,2号取水路及び1,2号放水路は、防潮堤の下部を横断することから、主たる外部事象である基準地震動に対する波及的影響評価を行う。

項目		鋼製壁(設計変更前)	セメント改良土(設計変更後)
構造概要図 (1,2号取水路)	正面図		
	断面図		

173

補足説明資料1 防潮堤の設計変更について

1.3 1,2号放水路の構造変更について

○ 1,2号放水路横断範囲の防潮堤について、設計変更前後の構造概要図を以下に示す。

項 目		鋼製壁(設計変更前)	セメント改良土(設計変更後)
構造概要図 (1,2号放水路)	正面図		
	断面図		

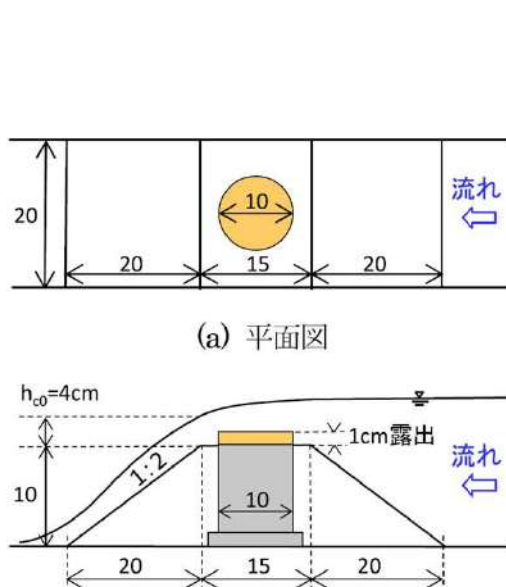
※置換コンクリートの高さ及び1,2号放水路の補強等の対策は検討中であり、今後変更の可能性がある。

補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について

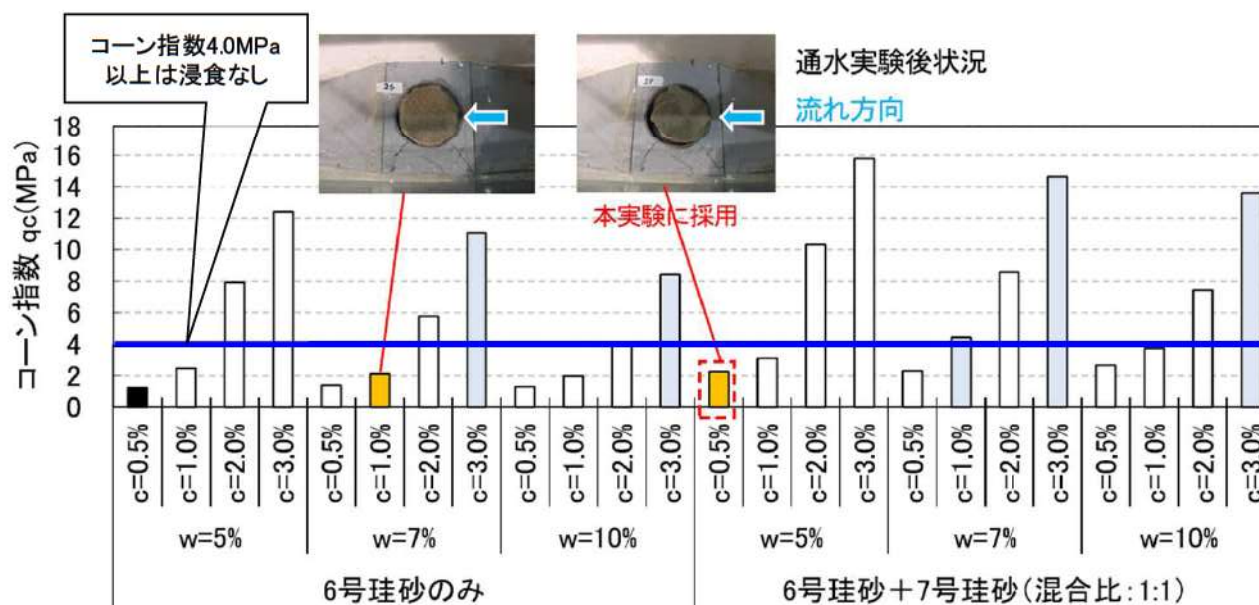
本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について

- セメント改良土は、前頁に記載の仕様を満足する材料を生コンクリート製造設備と同様の設備で製造し、解析物性値以上の強度を確保する品質管理を行う。
- セメント改良土は、下記の理由から、繰り返し来襲する津波による浸食及び洗掘に対する抵抗性がある。
 - 「貧配合セメント混合土を用いた海岸堤防の粘り強さに関する実験的研究(本田ほか, 土木学会論文集B2(海岸工学), 2014)」によると、コーン指数が大きいケース($q_c = 4.0\text{MPa}$ 以上)で試験体の浸食はまったく見られなかったこと。
 - 越流により浸食しない強度であるコーン指数 $q_c = 4.0\text{MPa}$ は、一軸圧縮強度 $q_u = q_c / 5 = 0.8\text{MPa}$ (N/mm^2) 相当であり、セメント改良土の解析用物性値は $q_u = 6.5\text{N/mm}^2$ と大きいこと(コーン指数と一軸圧縮強度は、「地盤調査の方法と解説(地盤工学会, 2004)」に基づき算出)。



通水試験装置



通水実験結果

- 完全流出
- 一部侵食
- 侵食なし
- 通水実験未実施

(「貧配合セメント混合土を用いた海岸堤防の粘り強さに関する実験的研究(本田ほか, 土木学会論文集B2(海岸工学), 2014)」に一部加筆)

実験結果(一部追記)

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

本日の説明主旨	3
本日の説明内容及び今後の説明スケジュール	4
審査会合における指摘事項に対する回答	5
【本編資料】	
1. 概 要	15
2. 設置許可基準規則への適合性について	20
3. 防潮堤の設計に関する基本条件	25
4. 防潮堤(標準部)の設計方針	77
5. 防潮堤(端部)の設計方針	121
6. 止水目地の設計方針	141
7. 設置許可段階における構造成立性評価に係る基本方針	160
8. 構造等に関する先行炉との比較	168
補足説明資料1 防潮堤の設計変更について	171
補足説明資料2 防潮堤の浸食及び洗掘に対する抵抗性について	175
補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	177

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

3.1 防潮堤を横断する構造物(1/2)

- 防潮堤内及び直下を横断する構造物は、設置状況や地震に対する評価状況から、当該構造物の損傷による防潮堤機能への影響の有無を確認する。
- 対象となる構造物は、1,2号取水路、1,2号放水路、3号取水路、3号放水路並びに構内排水設備である。
- 防潮堤を横断する構造物以外の波及的影響評価を与える構造物は、「上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討(第4条)」において選定する。

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

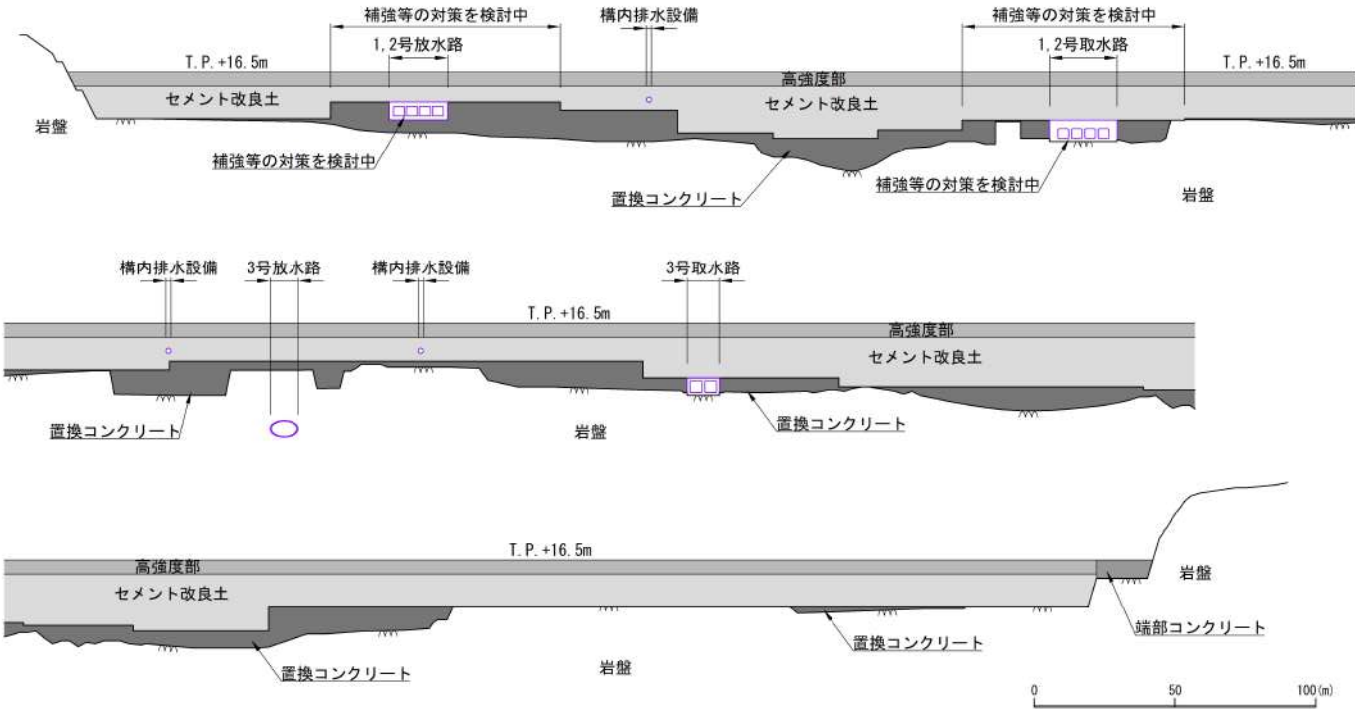
3.1 防潮堤を横断する構造物(2/2)

○ 防潮堤を横断する構造物は、3号放水路を除き、防潮堤内又は置換コンクリート内に設置される。



□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

構造物名	設置状況	構造形式	その他
1,2号 取水路	岩盤上	鉄筋コンクリート造	補強等の対策を検討中
1,2号 放水路	防潮堤内又は置換コンクリート内	鉄筋コンクリート造	再構築を検討中
3号 取水路	岩盤上	鉄筋コンクリート造	—
3号 放水路	岩盤トンネル	鉄筋コンクリート造	—
構内排水設備	検討中	検討中	新設予定



防潮堤設置位置における縦断面図

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

3.2 各構造物の要求機能と影響評価方針(1/2)

- 泊発電所3号炉新規制基準適合性審査において、防潮堤を横断する構造物に対する評価方針は下記のとおりである。
 - 1,2号取水路及び1,2号放水路は、防潮堤の下部又は内部を横断するため、防潮堤の間接支持構造物としての機能を有することを評価する。
 - 3号取水路は、設計基準対象施設であり、通水機能及び貯水機能を有すること、並びに防潮堤の下部を横断するため、防潮堤の間接支持構造物としての機能を有することを評価する。
 - 構内排水設備は、防潮堤の内部に設置する排水管に間接支持機能を期待するものではないことから、排水管の損傷による波及的影響を考慮すべき施設として評価する。
- 各構造物は、基準地震動に対して間接支持機能を維持し、防潮堤機能(止水性)へ影響がないことを確認する。
- なお、3号放水路は、岩盤内に構築され、十分な厚さ(構造物上面から岩盤上面までの離隔)が確保されているため、損傷による防潮堤への影響はないことから、評価の対象としない。

構造物名	設置状況	防潮堤機能を確保するための要求性能と評価方針	防潮堤機能(止水性)への影響の有無
1,2号取水路	岩盤上	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	無 (地震により損傷しないように補強する)
1,2号放水路	防潮堤内又は 置換コンクリート内	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	無 (地震により損傷しないように再構築する)
3号取水路	岩盤上	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	無 (地震による損傷の有無を確認し、必要に応じて補強等を実施する)
3号放水路	岩盤トンネル	岩盤内に構築されており、十分な厚さ(構造物上面から岩盤上面までの離隔)が確保されていることから、損傷による防潮堤への影響はない。	無
構内排水設備	検討中	基準地震動に対して損傷しないこと。	無 (地震により損傷しないように設置する)

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

3.2 各構造物の要求機能と影響評価方針(2/2)

○ 防潮堤を横断する構造物の要求性能と評価方針について、防潮堤の機能を確保するための観点と泊発電所3号炉の新規制基準適合上の観点から整理した。

構造物名	防潮堤の機能を確保するための要求性能と評価方針	泊発電所3号炉の新規制基準適合上必要な各構造物の要求性能と評価方針	説明時期
1,2号取水路	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	—	・設置変更許可段階における「上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討(第4条)」において、各構造物が間接支持機能を有することを説明する。 ・設計及び工事計画認可段階における各構造物の耐震計算書において、水路の健全性の評価結果を説明する。
1,2号放水路	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	—	
3号取水路	基準地震動に対して防潮堤の間接支持機能を維持すること。	基準地震動に対する構造健全性評価により、3号取水路が通水機能(第4条)、貯水機能(第5条)を確保することを確認する。	設計及び工事計画認可段階における「取水路の耐震計算書」において、水路の健全性の評価結果を説明する。
3号放水路	岩盤内に構築されており、十分な厚さ(構造物上面から岩盤上面までの離隔)が確保されていることから、損傷による防潮堤への影響はない。	—	—
構内排水設備※	基準地震動に対して損傷しないこと。	基準地震動に対する構造健全性評価により、構内排水設備が排水機能を維持することを確認する。	・設置変更許可段階における「上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討(第4条)」において、評価方針を説明する。 ・設計及び工事計画認可段階における「波及的影響を及ぼすおそれがある施設の耐震性についての計算書」において、構内排水設備のうち排水管の健全性の評価結果を説明する。

※：構内排水設備のうち防潮堤内部を横断する排水管が対象である。構内排水設備の構造は「屋外排水路に関する設計方針について(第5条)」で説明する。

補足説明資料3 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて

3.3 各水路の既設施工目地と防潮堤の位置

- 新設する防潮堤と各水路の既設施工目地の位置を以下に示す。
- 各水路の補強等の対策は、各水路の既設施工目地と防潮堤の位置を考慮した上で検討する。
 - 1,2号取水路は、既設施工目地を防潮堤が跨ぐため、防潮堤の上載荷重による45度の影響範囲を補強する。
 - 1,2号放水路は、防潮堤による上載荷重の影響を考慮し、防潮堤より外側に新たに施工目地を設置し、その区間を再構築する。
 - 3号取水路は、既設施工目地を跨ぐが、防潮堤の上載荷重による45度の範囲から既設施工目地までの範囲において水路の損傷がないことを確認する。

