

泊発電所3号炉

防潮堤の構造成立性確認結果及び指摘事項に対する回答

令和5年11月16日
北海道電力株式会社

: 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。

無断複製・転載等禁止

本日の説明主旨	3
1. 構造成立性評価結果	
1.1 構造成立性評価の流れ	4
1.2 構造成立性評価断面の選定	5
1.3 構造成立性評価地震波の選定	6
1.4 防潮堤の構造概要	7
1.5 防潮堤解析モデル(2次元動的FEM解析の共通条件)	8
1.6 防潮堤(標準部)解析モデル	9
1.7 防潮堤(端部)解析モデル	11
1.8 防潮堤(標準部)の評価	12
1.9 防潮堤(端部)の評価	16
1.10 防潮堤の構造成立性評価における裕度について	17
2. 審査会合における指摘事項に対する回答	
2.1.【指摘事項 210930-06】	18
2.2.【指摘事項 220303-01】	20
2.3.【指摘事項 220303-03】	22

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結果及び審査会合における指摘事項に対する回答である。
- 構造成立性評価結果については、全ての照査項目において許容値を満足しており、構造成立性があることを説明する。
- 審査会合における指摘事項については、以下のとおりである。
 - 第1007回審査会合指摘事項(210930-06)「防潮堤の前面にある護岸等の構築物による波及的影響の検討」について、波及的影響の検討結果は設計及び工事計画認可段階で示すとしていたが、一部の構築物について、設置変更許可段階で波及的影響評価結果を示すことを説明する。
 - 第1032回審査会合指摘事項(220303-01)「止水目地の構造成立性」について、泊発電所の設計方針を踏まえて、止水ジョイント^{※1}の構造成立性を説明する。
 - 第1032回審査会合指摘事項(220303-03)「複雑な形状となる箇所^{※1}の水平2方向及び鉛直方向の地震動並びに津波荷重による評価」について、屈曲部と同様に応力が集中しないように配慮して施工目地を設置する方針であることを整理したうえで、今後説明としていた代表断面における防潮堤の構造成立性があることを説明する。

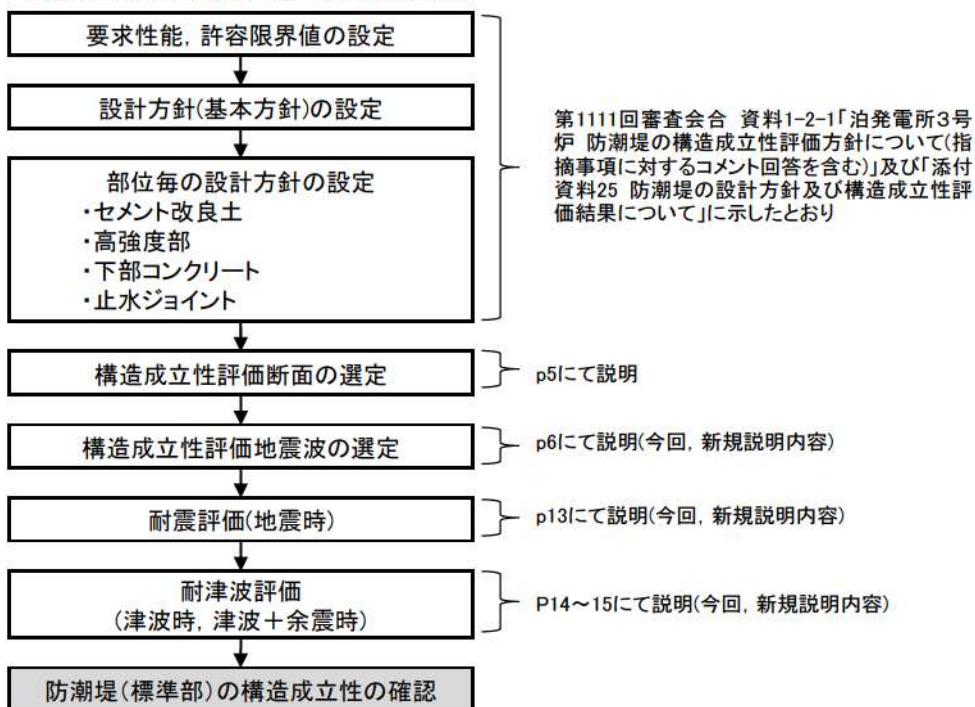
※1：12月4日週の審査会合において、止水目地の名称を「止水ジョイント」に変更することを説明予定である。

1. 構造成立性評価結果

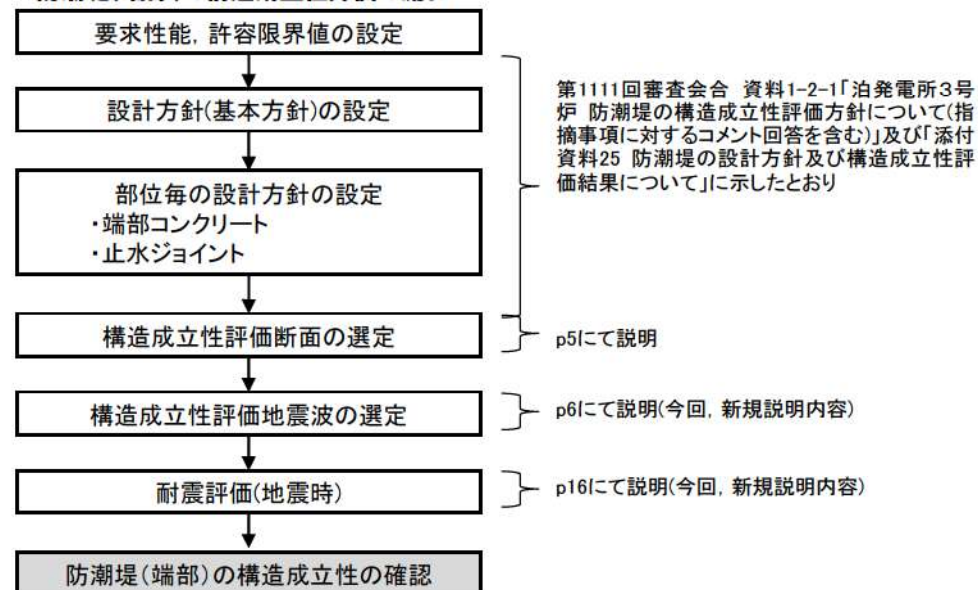
1.1 構造成立性評価の流れ

- 防潮堤の構造成立性評価は、下図に示す構造成立性評価の流れのとおり実施している。
- 設置変更許可段階における防潮堤（端部）の津波時、重畳時（津波+余震時）の構造成立性は、以下の理由から防潮堤（標準部）の構造成立性評価に代表させ、評価結果については設計及び工事計画認可段階において示す。
 - 防潮堤（端部）の津波時の評価は、防潮堤（端部）の形状から津波時は背面の岩盤に押される方向に津波波力が作用するため、地震時よりも安全側の結果となる。
 - 防潮堤（端部）は、防潮堤（標準部）のセメント改良土に比べて強度の大きいコンクリートを用いること及び背面が岩盤と接地していることから、防潮堤（標準部）よりも安全側の結果となる。

防潮堤（標準部）の構造成立性評価の流れ



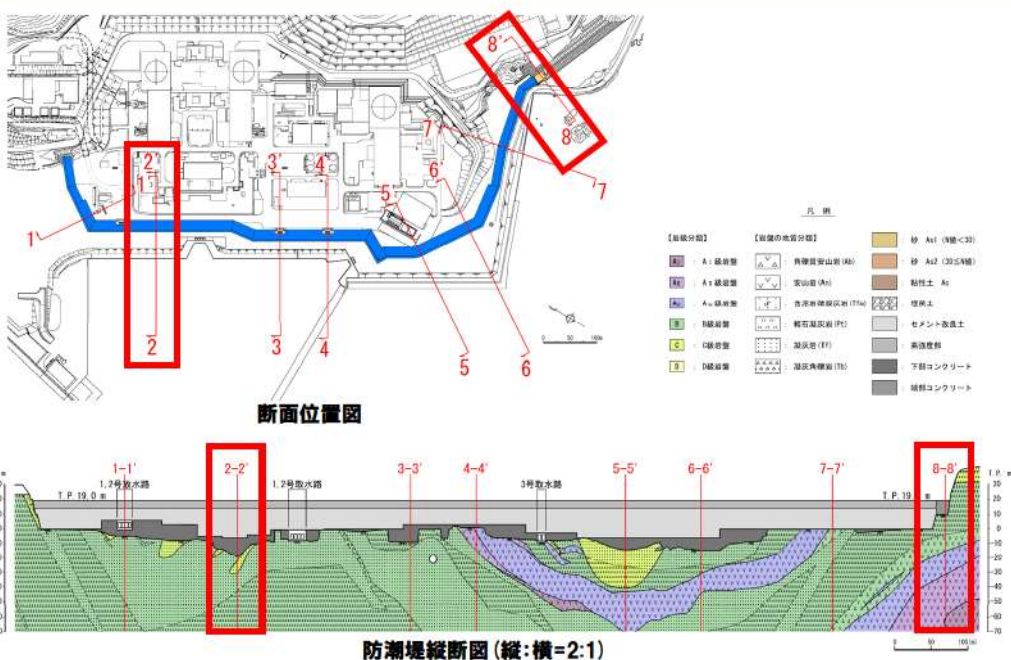
防潮堤（端部）の構造成立性評価の流れ



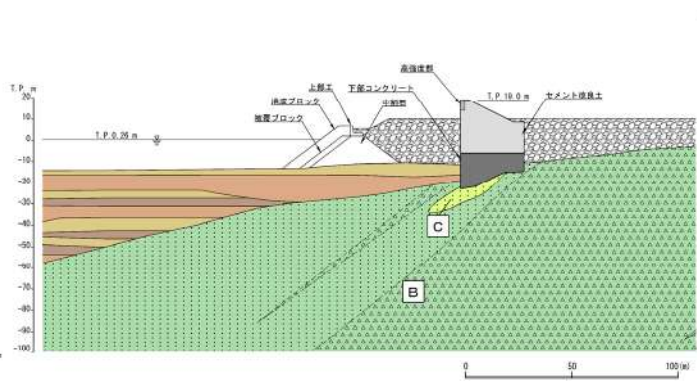
1. 構造成立性評価結果

1.2 構造成立性評価断面の選定

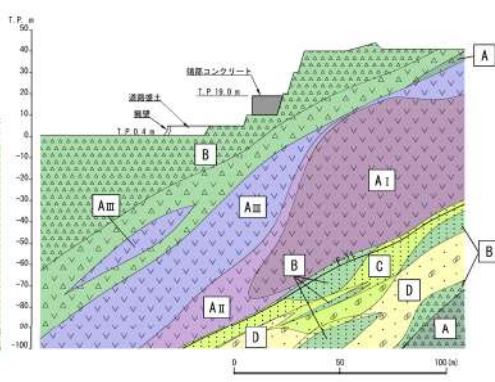
- 防潮堤（標準部）の構造成立性評価断面は、第1192回審査会合において説明したとおり、評価条件を保守的に設定することで「2-2' 断面」に決定した。
 - 防潮堤天端から岩盤までの高さは、「2-2' 断面」が最も高い。
 - 防潮堤前面に作用する津波荷重は、「2-2' 断面」が最も大きい。
 - 防潮堤背面に作用する土圧は、「6-6' 断面」の方が「2-2' 断面」より大きい。このため、以下のとおり、評価条件を保守的に設定する。
 - ⇒地震時は、防潮堤背面の土圧が防潮堤を海側に押す方向に作用することから、「6-6' 断面」の土圧を「2-2' 断面」に保守的に作用させる。
 - ⇒津波時及び重畳時（津波+余震時）は、防潮堤背面の土圧が津波荷重を打ち消す方向に作用することから、「2-2' 断面」の土圧を作用させる。
- 防潮堤（端部）の構造成立性評価断面は、第1111回審査会合 資料1-2-1「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）」に示したとおり、端部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「8-8' 断面」に決定した。



防潮堤縦断面(縦:横=2:1)
構造成立性評価断面位置図(上:平面図, 下:縦断面)



防潮堤（標準部）の構造成立性評価断面
（「2-2' 断面*1」）



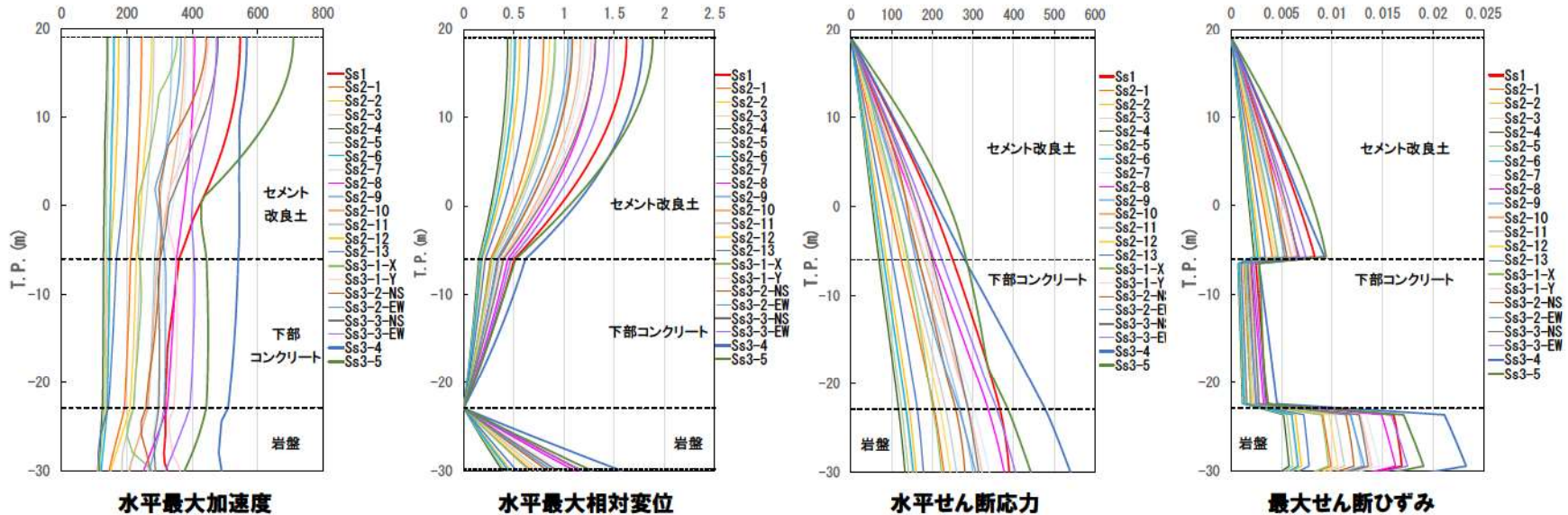
防潮堤（端部）の構造成立性評価断面
（「8-8' 断面」）

*1: 構造成立性評価において、地震時には防潮堤背面に「6-6' 断面」の土圧を作用させる。

1. 構造成立性評価結果

1.3 構造成立性評価地震波の選定

- 第1157回審査会合において説明した泊発電所における基準地震動19波のうち、構造成立性評価に用いる基準地震動を1波に選定するために「2-2'断面」において1次元波動論による地震応答解析を行った。
- 地震応答解析の結果（水平最大加速度、水平最大相対変位、水平せん断応力、最大せん断ひずみ）、以下の観点からSs3-5（標準応答スペクトルを考慮した地震動）を構造成立性評価地震波として選定した。
 - 水平最大加速度に関して、下部コンクリートより強度の小さいセメント改良土の成立性の観点から、応答が大きいSs3-5を選定する。
 - 水平最大相対変位に関して、止水ジョイントの構造成立性の観点から、応答が大きいSs3-5を選定する。
 - 水平せん断応力に関して、下部コンクリートより強度の小さいセメント改良土の成立性の観点から、応答が大きいSs3-5を選定する。
 - 最大せん断ひずみにに関して、セメント改良土において応答が大きいSs3-5を選定する。



※:防潮堤はセメント改良土及び下部コンクリートが主な部材であり、高強度部は部分的な部材であることから、防潮堤全体の挙動を評価するための1次元波動論による地震応答解析のモデルにおいてモデル化しない。

1次元波動論による地震応答解析結果

1. 構造成立性評価結果

1.4 防潮堤の構造概要

- 防潮堤の構造概要を以下に示す。
- 施工目地における津波による地中部の透水力に対しては、止水ジョイントの根入れ深さの延長又はその他の対策を設置変更許可段階で説明する。

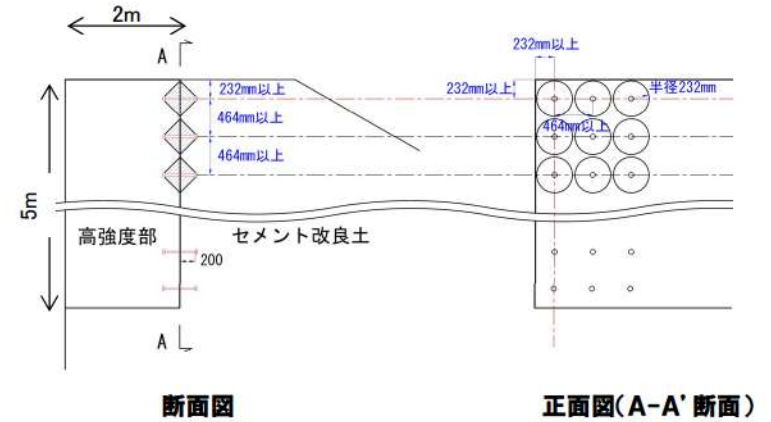
【防潮堤（標準部）の各部位の仕様】

部位	仕様	
セメント改良土	設計基準強度: 6.5N/mm ²	
高強度部	無筋コンクリート, 設計基準強度: 40N/mm ²	
止水ジョイント	定着部材	SM400
	アンカーボルト	頭付きアンカーボルト(M24)
	ゴムジョイント	波状型止水ジョイント
下部コンクリート	無筋コンクリート, 設計基準強度: 24N/mm ²	

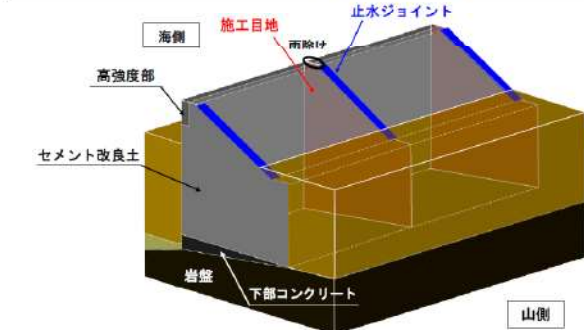
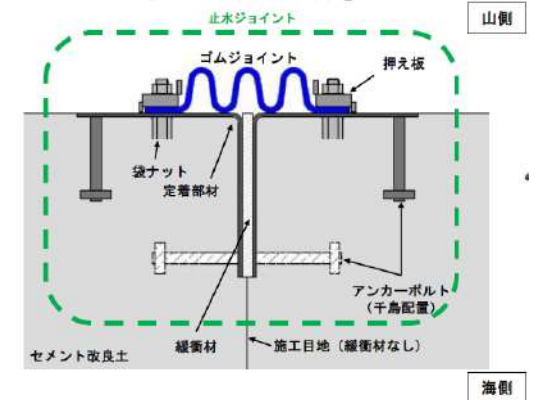
【防潮堤（端部）の各部位の仕様】

部位	仕様	
端部コンクリート	無筋コンクリート, 設計基準強度: 40N/mm ²	
止水ジョイント	定着部材	SM400
	アンカーボルト	頭付きアンカーボルト(M13)
	ゴムジョイント	波状型止水ジョイント

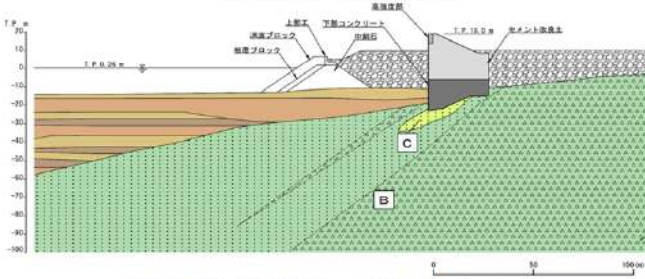
【高強度部の構造】



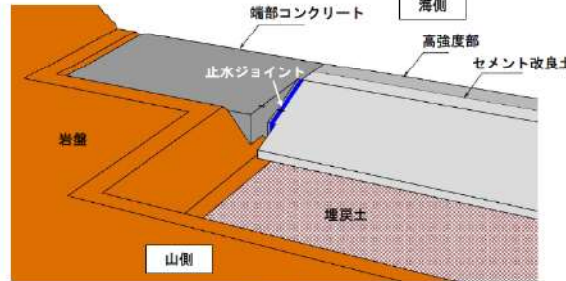
【止水ジョイントの構造（防潮堤（標準部））】



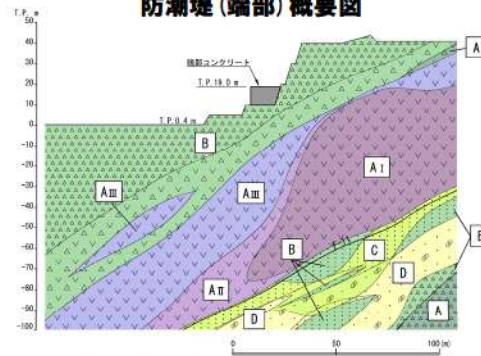
防潮堤（標準部）概要図



防潮堤（標準部）断面図「2-2' 断面」



防潮堤（端部）概要図



防潮堤（端部）断面図「8-8' 断面」

1. 構造成立性評価結果

1.5 防潮堤解析モデル(2次元動的FEM解析の共通条件)

○ 防潮堤の解析条件を以下に示す。

【モデル化条件】

- セメント改良土、高強度部、下部コンクリート及び岩盤は線形平面ひずみ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暫定的に設定する※¹。
- ※:液状化パラメータの詳細は、「第四条 地震による損傷の防止 別紙-9 施設の耐震評価に用いる地盤の液状化の評価方針」で説明する。

【モデル化領域】

- 鉛直方向は、下端から十分な距離を確保するため、T.P.-100mまでモデル化する。
- 水平方向は、十分な領域を確保するよう防潮堤前面位置から海側及び山側共に100m以上をモデル化する。

【ジョイント要素】

- 防潮堤と周辺地盤などの滑り・剥離を考慮する箇所はジョイント要素を設定する。

【地盤要素の要素高さ】

- 地盤の要素高さは、最大周波数及び地盤のせん断波速度Vsより求まる最大要素高さを上回らないように設定する。

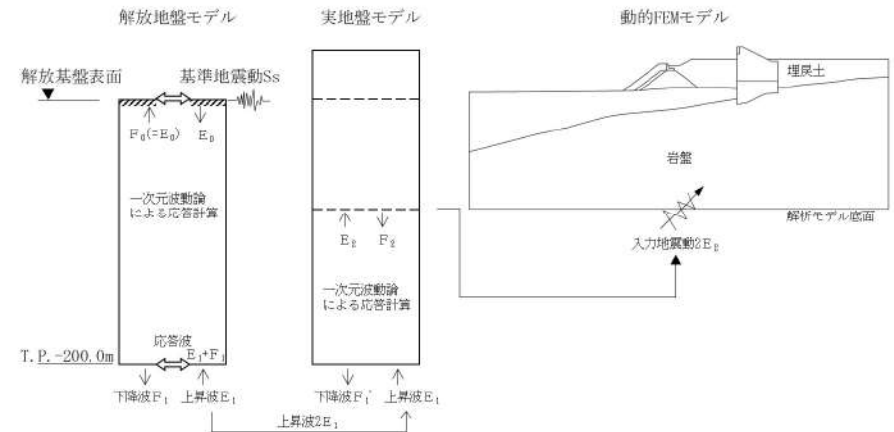
$$\text{最大要素高さ } h(m) = \frac{1}{5} \times \frac{\text{地盤のせん断波速度 } V_s(m/s)}{\text{地盤毎の振動数 } f(Hz)}$$

【境界条件】

- 境界条件は、静的解析(常時解析)では、モデル側方を鉛直ローラー境界、モデル底面を固定境界とする。動的解析(地震時・重畳時(津波時+余震時))では、半無限地盤へのエネルギー散逸を評価するため、モデル側方及び底面に粘性境界を設ける。動的解析(津波時)では、モデル側方及び底面に固定境界を設ける。

【入力地震動】

- 入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動を、1次元波動論により解析モデル下端で評価し、水平方向及び鉛直方向に同時に与える。



【減衰特性】

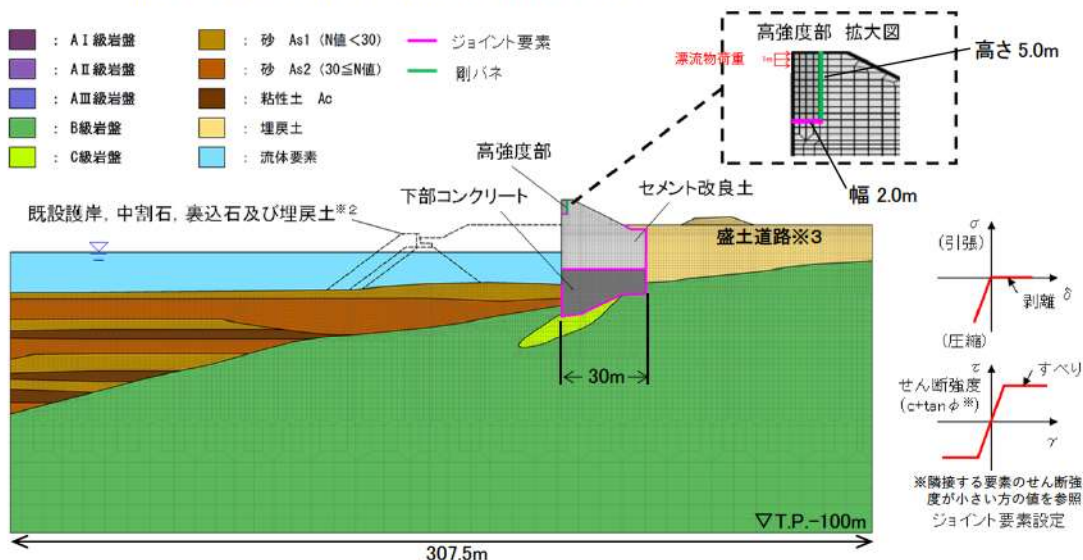
- 減衰特性は、「FLIP研究会14年間の検討成果資料, FLIP研究会, 平成23年」に基づき、Rayleigh減衰による剛性比例型減衰とする。なお、地盤の非線形性を考慮するマルチスプリング要素(埋戻土、砂層、粘性土層)は履歴減衰も考慮する。

1. 構造成立性評価結果

1.6 防潮堤(標準部)解析モデル(1/2)【2次元動的FEM解析】

○ 防潮堤(標準部)の地震時, 津波時^{※1}, 重畳時の解析モデル(2次元動的FEM解析)を以下に示す。

※1: セメント改良土及び高強度部は3次元静的FEM解析で評価する



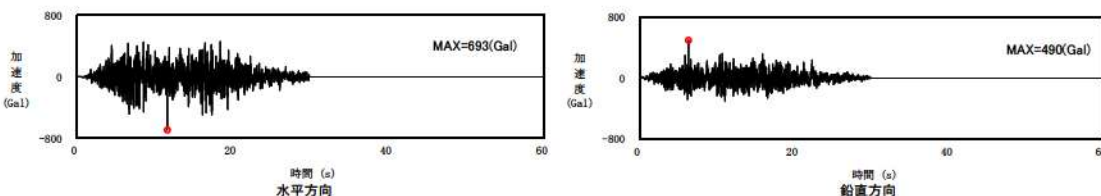
2次元動的FEM解析モデル

※2: 既設護岸, 中割石, 裏込石及び埋戻土は影響検討ケースにてモデル化する。

※3: 地震時には, 保守的に「6-6'断面」の土圧を作用させる。

【評価用地震動】

• 評価用地震動は, 構造成立性評価地震波として選定されたSs3-5を用いる。



【セメント改良土と高強度部の境界条件】

• アンカーボルトに作用する反力を算出するために剛パネ(面直パネ及びせん断パネ)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。

【地下水位及び地盤の条件】

• 地震時には, 防潮堤から山側の水位は地表面(T.P.10.0m)を設定する。なお, 防潮堤から海側の水位は, 防潮堤より海側の埋戻土及び既設護岸をモデル化しないことから, 朔望平均満潮位(T.P.0.26m)を設定する。
• 津波時及び重畳時では, 防潮堤背面の埋戻土の敷地高さに基づき地震動による地盤沈下量を考慮することから, 防潮堤から山側の水位は地表面(T.P.9.5m)を暫定的に設定する。また, 防潮堤から海側の水位は, 防潮堤より海側の埋戻土及び既設護岸をモデル化しないことから, 防潮堤天端高さ(T.P.19.0m)を設定する。

【荷重の組合せ】

検討ケース	常時荷重			短期荷重				
	自重	上載荷重	風荷重	地震荷重	余震荷重	津波荷重	漂流物荷重	動水圧
地震時	○	○	○	○	-	-	-	○
津波時	○	○	-※4	-	-	○	○	-
重畳時	○	○	-※4	-	○	○	-	○

※4: 防潮堤の変形に寄与する方向(山→海側)は津波波力を打ち消す方向であるため保守的に作用させない。

【津波荷重】

• 津波荷重について, 設置変更許可段階の構造成立性評価では, 暫定的に設定した津波高さ(T.P.19.0m)とし, 防潮堤前面の地盤高さとの差の1/2を津波浸水深として, 朝倉式より算定した津波波力と漂流物荷重を静的に200分割で漸増載荷する。

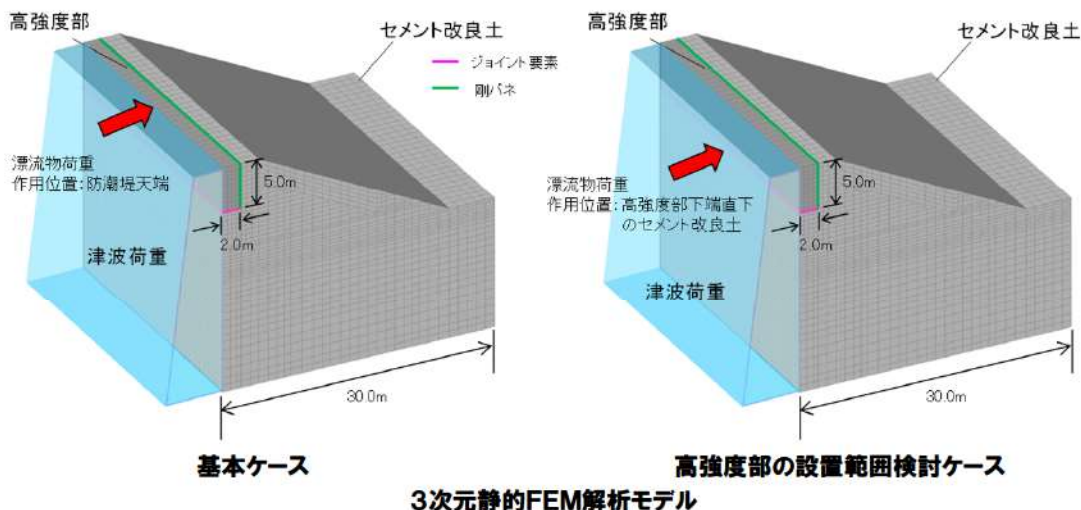
【漂流物荷重】

• 漂流物荷重は第1111回に示した通り, 暫定的に2,000kNを設定し, 載荷面積は1m²とする。

1. 構造成立性評価結果

1.6 防潮堤(標準部)解析モデル(2/2)【3次元静的FEM解析】

○ 防潮堤(標準部)の津波時のセメント改良土及び高強度部の解析モデル(3次元静的FEM解析)を以下に示す。



【モデル化条件】

- 3次元静的FEM解析ではセメント改良土及び高強度部を線形ソリッド要素でモデル化し、周囲の埋戻土は地盤ばねでモデル化する。

【セメント改良土と高強度部の境界条件】

- 3次元静的FEM解析の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。

【地下水位及び地盤の条件】

- 津波時及び重畳時では、防潮堤背面の埋戻土の敷地高さに基づき地震動による地盤沈下量を考慮することから、防潮堤から山側の水位は地表面(T.P.9.5m)を暫定的に設定する。また、防潮堤から海側の水位は、防潮堤より海側の埋戻土及び既設護岸をモデル化しないことから、防潮堤天端高さ(T.P.19.0m)を設定する。

【荷重の組合せ】

検討ケース	常時荷重			短期荷重				
	自重	上載荷重	風荷重	地震荷重	余震荷重	津波荷重	漂流物荷重	動水圧
津波時	○	○	-*	-	-	○	○	-

※:防潮堤の変形に寄与する方向(山→海側)は津波波力を打ち消す方向であるため保守的に作用させない。

【津波荷重】

- 津波荷重について、設置変更許可段階の構造成立性評価では、暫定的に設定した津波高さ(T.P.19.0m)とし、防潮堤前面の地盤高さとの差の1/2を津波浸水深として、朝倉式より算定した津波波力を載荷する。

【漂流物荷重】

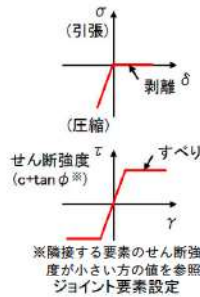
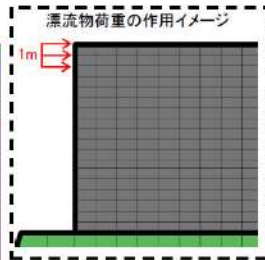
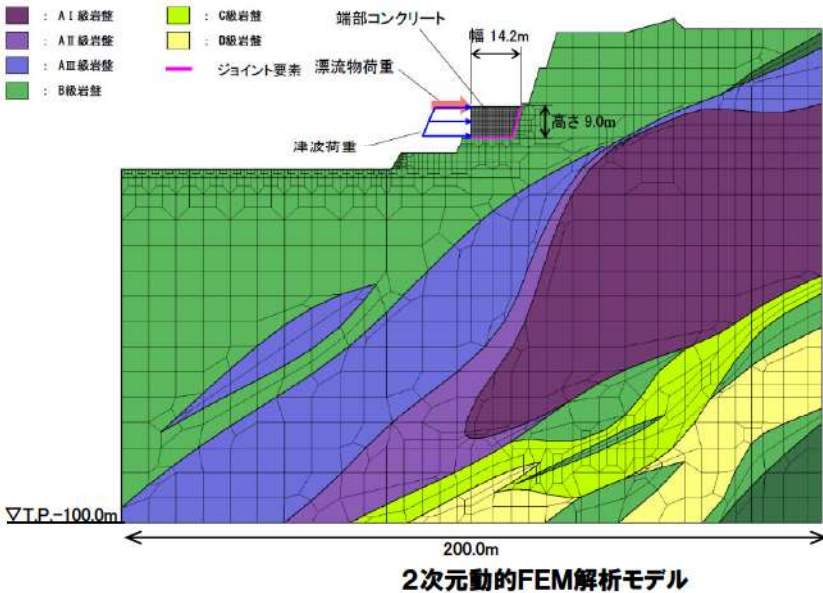
- 漂流物荷重は第1111回に示した通り、暫定的に2,000kNを設定し、載荷面積は1m²とする。
- 高強度部下端直下のセメント改良土に漂流物荷重を作用した解析を実施し、設定した高さ、幅の高強度部によって防潮堤が健全性、止水性を有していることを確認する。

1. 構造成立性評価結果

1.7 防潮堤(端部)解析モデル【2次元動的FEM解析】

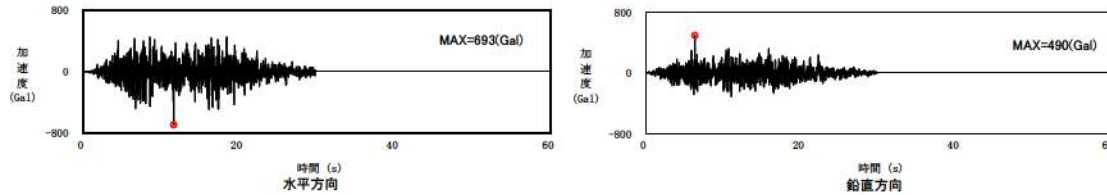
○ 防潮堤(端部)の地震時, 津波時※1, 重畳時※1の解析モデル(2次元動的FEM解析)を以下に示す。

※1: 防潮堤(端部)の津波時, 重畳時(津波+余震時)の構造成立性評価結果については, p4の理由から設計及び工事計画認可段階において示す。



【評価用地震動】

・ 評価用地震動は, 構造成立性評価地震波として選定されたSs3-5を用いる。



【地下水位及び地盤の条件】

・ 設置変更許可段階における構造成立性評価では, 防潮堤から海側, 陸側どちらも地下水位設定を地表面とする。

【荷重の組合せ】

検討 ケース	常時荷重			短期荷重				
	自重	上載荷重	風荷重	地震荷重	余震荷重	津波荷重	漂流物荷重	動水圧
地震時	○	○	—※2	○	—	—	—	—

※2: 防潮堤の変形に寄与する方向(山→海側)は防潮堤背後が岩盤と接地しているため, 作用させない。

1. 構造成立性評価結果

1.8 防潮堤(標準部)の評価(1/4)【照査項目, 許容限界】

○ 防潮堤(標準部)の照査項目, 許容限界は下表の通りである。

防潮堤(標準部)の照査項目, 許容限界

評価部位	検討ケース	解析方法	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
セメント改良土	地震時	2次元動的FEM解析※1	すべり安全率	すべり安全率1.2以上	耐津波設計に係る工認審査ガイド
	津波時	3次元静的FEM解析			
	重畳時	2次元動的FEM解析※1			
高強度部 コンクリート	地震時	2次元動的FEM解析※1			
	津波時	3次元静的FEM解析			
	重畳時	2次元動的FEM解析※1			
アンカーボルト	地震時	2次元動的FEM解析※1	引張力 せん断力	許容引張力 許容せん断力	各種合成構造設計指針・同解説, 日本建築学会, 2010年※4
	津波時	3次元静的FEM解析※2			
	重畳時	2次元動的FEM解析※1			
下部コンクリート	地震時	2次元動的FEM解析※1	接地圧 すべり安全率	短期許容支圧応力度 すべり安全率1.2以上	コンクリート標準示方書, 構造性能照査編, 土木学会, 2002年 耐津波設計に係る工認審査ガイド
	津波時	2次元動的FEM解析※3			
	重畳時	2次元動的FEM解析※1			

※1: 液状化の影響を評価するために有効応力解析を実施する。※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, せん断力が摩擦力以下であることを評価する。※3: 2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。※4: アンカーボルトの性能試験で確認する破壊形式及び耐力を踏まえて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の仕様及び許容限界を設定する。

防潮堤(標準部)のうち止水ジョイントの照査項目, 許容限界

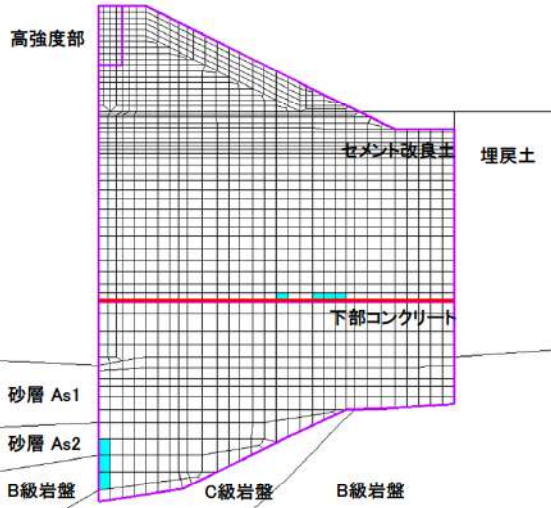
評価部位	検討ケース	解析方法	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
定着部材	地震時※1	「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性結果について」に示す。	曲げ せん断	短期許容応力度	道路橋示方書・同解説 [I 共通編・II 鋼橋編], 日本道路協会, 平成24年
	津波時※2				
	重畳時				
アンカーボルト	地震時	「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性結果について」に示す。	引張力 せん断力	許容引張力 許容せん断力※3	各種合成構造設計指針, 日本建築学会, 2010年
	津波時				
	重畳時				

※1: 地震時の定着部材の短手方向の照査は, 地震時はゴムジョイントに作用する水圧が作用しないため, 照査は不要である。※2: 津波時の定着部材の短手方向の照査は, 津波高さが津波時と重畳時で同じであること及び重畳時には動水圧が加わることを考慮すると, 重畳時の方がゴムジョイントに作用する水圧が大きいこと, 重畳時に包絡される。※3: アンカーボルトの設計において「各種合成構造設計指針」の耐力算定式を参考にすることの妥当性は, アンカーボルトの性能試験で確認する。

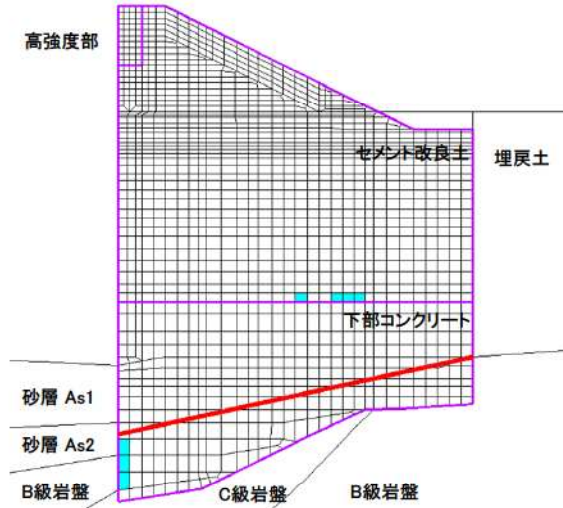
1. 構造成立性評価結果

1.8 防潮堤(標準部)の評価(2/4)【耐震評価(地震時)】

- 防潮堤(標準部)の地震時における照査結果を以下に示す。
- 各部位の照査値は、許容値を満足しており、構造成立性があることを確認した。



セメント改良土及び高強度部における
すべり安全率最小時刻時の局所安全係数分布



下部コンクリートにおける
すべり安全率最小時刻時の局所安全係数分布

防潮堤(標準部)の地震時の構造成立性評価結果

評価部位	照査項目	時刻 (s)	照査値	許容値	判定	
セメント改良土及び高強度部	すべり安全率	16.77	3.85	1.2以上	OK	
下部コンクリート	すべり安全率	16.77	7.44	1.2以上	OK	
	接地圧	16.75	0.19	1.0以下	OK	
高強度部 (アンカーボルト)	引張力	—	0.33	1.0以下	OK	
	せん断力	—	0.26		OK	
止水 ジョイント	定着部材 (長手)	曲げ	—	1.0以下	OK	
		せん断	—		0.01	OK
	アンカー ボルト	引張方向	—	0.03※1	1.0以下	OK
		せん断方向	—	0.17※2		OK

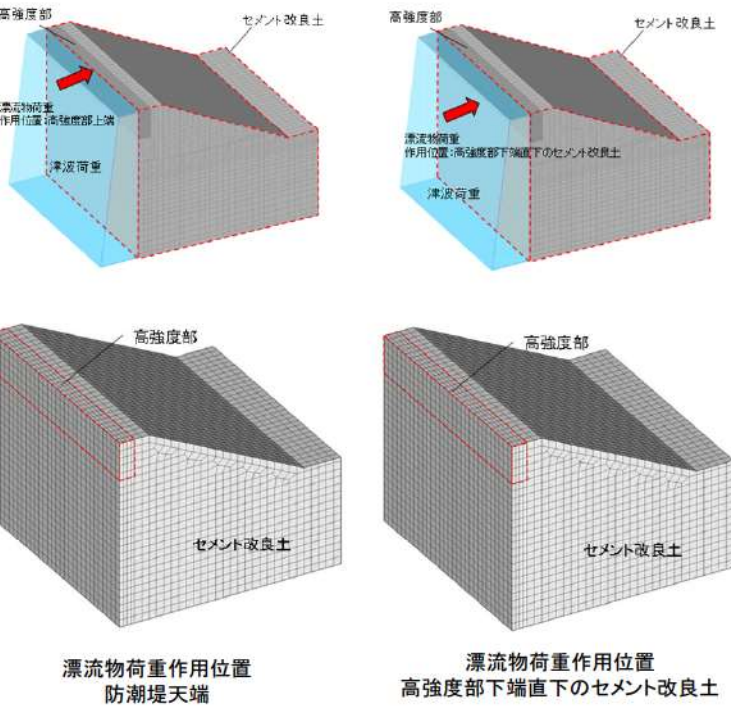
※1: 引張方向とせん断方向の組合せの照査値を考慮した上で、最厳値を示す。

※2: 縦方向と横方向のアンカーボルトのうち、最厳値を示す。

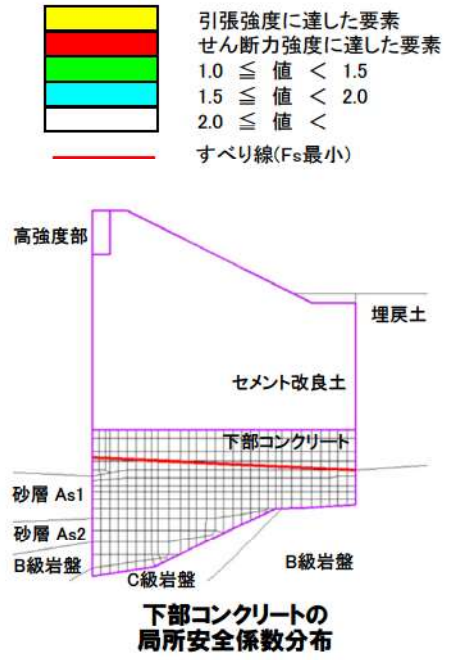
1. 構造成立性評価結果

1.7 防潮堤（標準部）の評価（3/4）【耐津波評価（津波時）】

- 防潮堤（標準部）の津波時における照査結果を以下に示す。
- 各部位の照査値は、許容値を満足しており、構造成立性があることを確認した。
- 高強度部の範囲については、3次元静的FEM解析において、防潮堤天端（T.P.19.0m）又は高強度部下端（T.P.14.0m）直下のセメント改良土に漂流物荷重を作用しても、セメント改良土及び高強度部の局所安全係数がすべての要素で $f_s > 1.5$ かつ破壊領域が存在せず、すべり安全率1.2以上を確保しており、暫定的に設定した漂流物荷重に対して問題ないことを確認した。



セメント改良土及び高強度部の局所安全係数



下部コンクリートの局所安全係数分布

防潮堤（標準部）の津波時の構造成立性評価結果

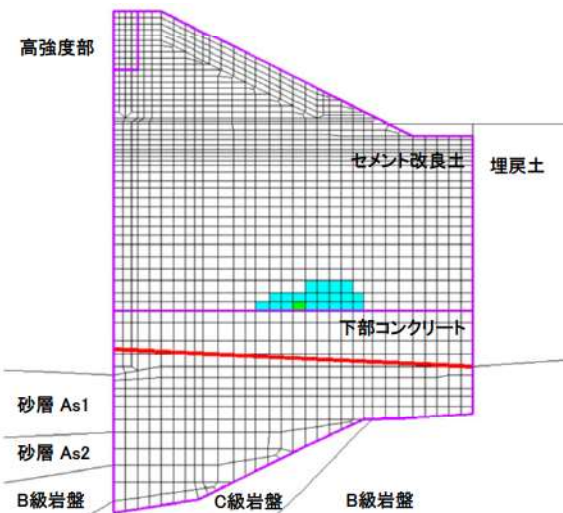
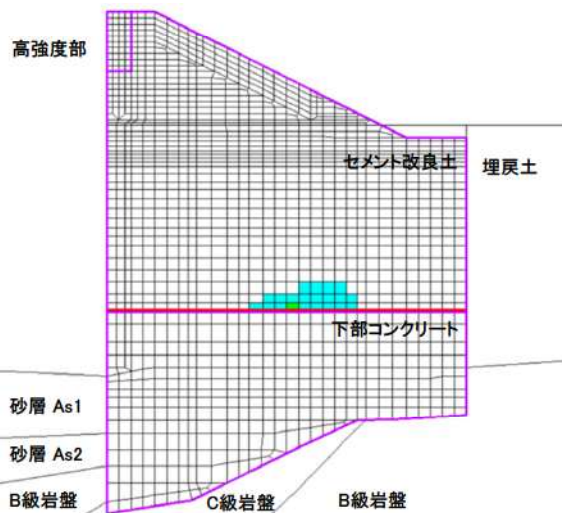
評価部位	照査項目	照査値	許容値	判定	
セメント改良土及び高強度部	すべり安全率	—	1.2以上	OK※1	
下部コンクリート	すべり安全率	21.40	1.2以上	OK	
	接地圧	0.12	1.0以下	OK	
高強度部（アンカーボルト）	引張力	全圧縮	1.0以下	OK	
	せん断力※2	0.44		OK	
止水ジョイント	定着部材（長手）	曲げ	1.0以下	OK	
		せん断		0.04	OK
	アンカーボルト	引張方向	1.0以下	0.36※3	OK
		せん断方向		0.55※4	OK

※1: セメント改良土及び高強度部の局所安全係数がすべての要素で $f_s > 1.5$ かつ破壊領域が存在しないため、すべり安全率1.2以上を確保できる。
 ※2: セメント改良土と高強度部の境界面に圧縮力が発生するため、境界面に発生するせん断力が境界面に生じる摩擦力以下であることを確認した。
 ※3: 引張方向とせん断方向の組合せの照査値を考慮した上で、最厳値を示す。
 ※4: 縦方向と横方向のアンカーボルトのうち、最厳値を示す。

1. 構造成立性評価結果

1.8 防潮堤(標準部)の評価(4/4)【耐津波評価(重畳時(津波時+余震時))】

- 防潮堤(標準部)の重畳時における照査結果を以下に示す。
- 各部位の照査値は、許容値を満足しており、構造成立性があることを確認した。
- なお、1次元波動論の地震応答解析における下部コンクリートの応答はSs3-4の方が大きいですが、下部コンクリートの照査値には裕度があり、Ss3-4でも構造成立性が見通しがあることを確認した。



セメント改良土及び高強度部における
すべり安全率最小時刻時の局所安全係数分布

下部コンクリートにおける
すべり安全率最小時刻時の局所安全係数分布

防潮堤(標準部)の重畳時の構造成立性評価結果

評価部位	照査項目	時刻 (s)	照査値	許容値	判定	
セメント改良土及び高強度部	すべり安全率	33.46	3.64	1.2以上	OK	
下部コンクリート	すべり安全率	33.46	11.14	1.2以上	OK	
	接地圧	33.47	0.19	1.0以下	OK	
高強度部 (アンカーボルト)	引張力	—	全圧縮	1.0以下	OK	
	せん断力	—	0.22		OK	
止水 ジョイント	定着部材 (長手)	曲げ	—	1.0以下	OK	
		せん断	—		0.04	OK
	定着部材 (短手)	曲げ	—	1.0以下	OK	
		せん断	—		0.17	OK
	アンカー ボルト	引張方向	—	0.37※1	1.0以下	OK
		せん断方向	—	0.54※2		OK

※1: 引張方向とせん断方向の組合せの照査値を考慮した上で、最厳値を示す。

※2: 縦方向と横方向のアンカーボルトのうち、最厳値を示す。

1. 構造成立性評価結果

1.9 防潮堤(端部)の評価【照査項目, 許容限界及び耐震評価(地震時)】

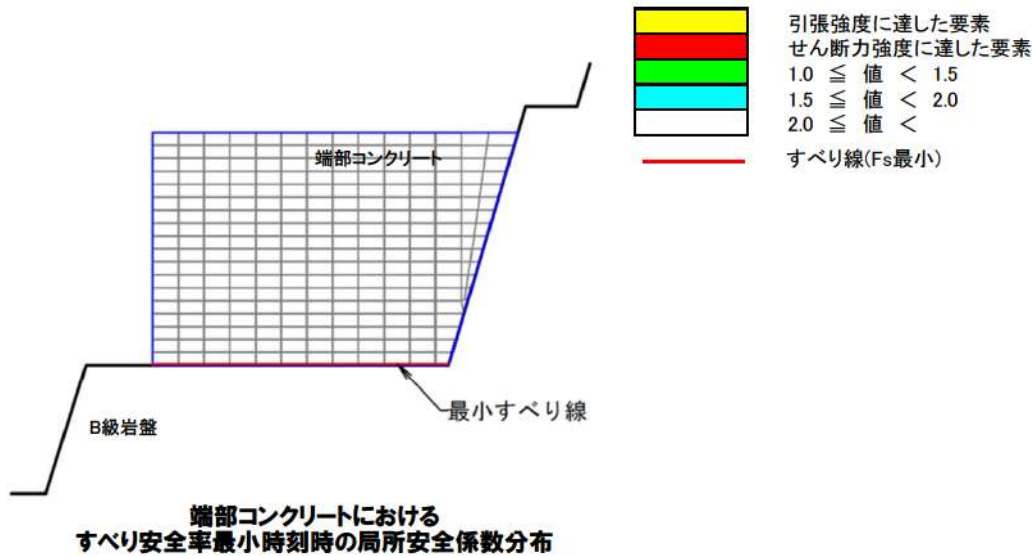
- 防潮堤(端部)の照査項目, 許容限界及び地震時における照査結果を以下に示す。
- 各部位の照査値は, 許容値を満足しており, 構造成立性があることを確認した。

防潮堤(端部)の照査項目, 許容限界

評価部位	検討ケース	解析方法	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
端部コンクリート	地震時	2次元動的FEM解析※1	すべり安全率	すべり安全率1.2以上	耐津波設計に係る工認審査ガイド
	津波時	2次元動的FEM解析※2			
	重畳時	2次元動的FEM解析※2			

※1: 防潮堤(標準部)と同様に有効応力解析を実施する。

※2: 防潮堤(標準部)の構造成立性評価結果から防潮堤(端部)の構造成立性を示し, 詳細は設計及び工事計画認可段階にて示す。



防潮堤(端部)の地震時の構造成立性評価結果

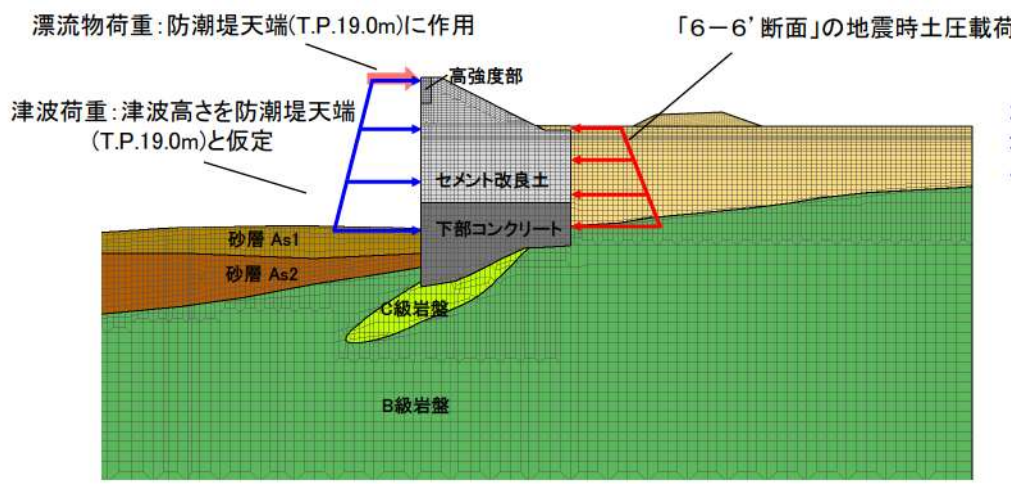
評価部位※3	照査項目	時刻 (s)	照査値	許容値	判定
端部コンクリート	すべり安全率	16.10	18.27	1.2以上	OK

※3: 防潮堤(端部)は, 防潮堤(標準部)のセメント改良土($f'_{ck}=6.5 \text{ N/mm}^2$)に比べて強度の大きいコンクリート($f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$)を用いることや津波荷重が小さいことから, 端部コンクリートの変位や端部コンクリートに作用する外力は小さい。そのため, 防潮堤(端部)に設置する止水ジョイントの評価は, 防潮堤(標準部)の評価に代表されることを踏まえて, 詳細は設計及び工事計画認可段階にて説明する。

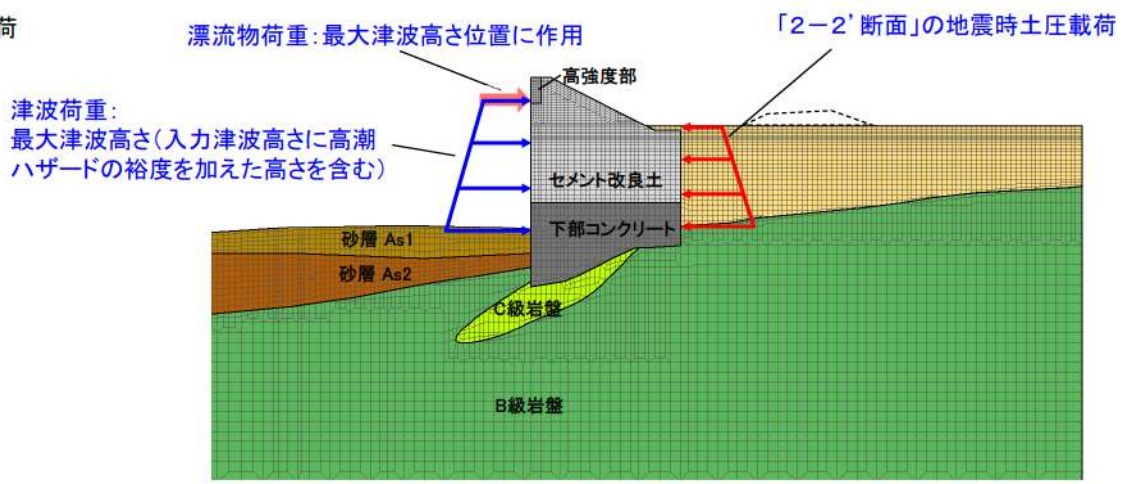
1. 構造成立性評価結果

1.10 防潮堤の構造成立性評価における裕度について

- 防潮堤の構造成立性評価について、以下に示す保守的に設定した条件において、構造成立性があることを確認した。
 - 津波荷重について、設置変更許可段階の構造成立性評価では、暫定的に設定した津波高さ(T.P.19.0m)としたこと
 - 漂流物荷重の作用位置について、防潮堤天端に作用させたこと
 - 防潮堤背面に作用する土圧について、「6-6'断面」の方が「2-2'断面」より大きいことを考慮して、断面を集約するために地震時に「6-6'断面」の土圧を「2-2'断面」に保守的に作用させたこと
- 設計及び工事計画認可段階において作用荷重が上振れした場合には、「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性結果について」に示す安全裕度の向上対策により、基本構造を変更することなく対応が可能である。



設置変更許可段階の解析モデル



設計及び工事計画認可段階の解析モデル

2. 審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 210930-06】(1/2)

【指摘事項 210930-06】
 防潮堤の前面にある護岸等の構築物について、防潮堤に近接している場合には、地盤の液状化による変状を考慮して波及的影響を検討し説明すること。また、地盤の液状化による変状が防潮堤に及ぼす影響について、護岸が緩和している場合は、防潮堤の耐震評価上の護岸の位置付けを検討し説明すること。

【回答】

- 第1032回審査会合において、防潮堤前面の既設護岸及び埋戻土については、耐震評価上の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において基本ケースではモデル化しないこと、地震時の波及的影響については、既設護岸の形状を適切にモデル化し、有効応力解析により防潮堤の耐震性を評価することを回答し、既設護岸以外の構築物の波及的影響評価については設計及び工事計画認可段階で説明するとしていた。
- 今回、第1111回審査会合 資料3-1-2「泊発電所3号炉 設置許可基準規則等への適合状況について(設計基準対象施設等)第4条 地震による損傷の防止」において防潮堤に近接する構築物等を抽出した結果、構築物以外の周辺斜面については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において評価するため、設置変更許可段階において説明することを次頁で説明する。

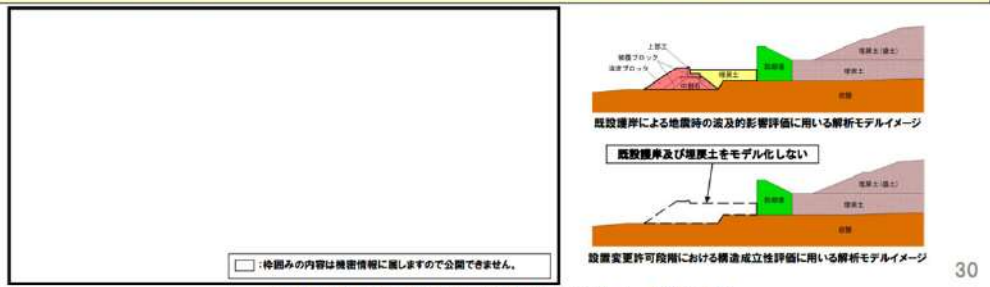
検討状況(通し番号 ⑤)
 審査会合における指摘事項に対する回答(指摘事項No. 7)

【指摘事項No.7】
 防潮堤の前面にある護岸等の構築物について、防潮堤に近接している場合には、地盤の液状化による変状を考慮して波及的影響を検討し説明すること。また、地盤の液状化による変状が防潮堤に及ぼす影響について、護岸が緩和している場合は、防潮堤の耐震評価上の護岸の位置付けを検討し説明すること。

【回答】

- 防潮堤の構造成立性(すべり安定性)は、防潮堤に作用する慣性力に対して必要な防潮堤幅を確保することで、成立させる方針である。
- 防潮堤前面の既設護岸及び埋戻土は、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。
- 既設護岸による防潮堤への地震時の波及的影響は、既設護岸の形状を適切にモデル化し、有効応力解析により耐震性を評価することで考慮する。
- 防潮堤に近接する構築物のうち既設護岸以外の構築物は、『第4条_耐震設計方針』において網羅的に抽出し、抽出された構築物による防潮堤への波及的影響評価結果については、設計及び工事計画認可段階でご説明する。
- 既設護岸が地震により損傷した場合に、漂流物となる可能性については、『第5条_耐津波設計方針』においてご説明する。

次頁にて回答



2. 審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 210930-06】(2/2)

19

- 防潮堤に近接する既設護岸以外の構築物等は、周辺斜面（防潮堤背後斜面（掘株側）、掘株側盛土斜面、防潮堤背後斜面（茶津側））及び構内排水設備（集水樹、排水管）である。
 - 周辺斜面については、設置変更許可段階における「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において、基準地震動に対する安定解析を実施し、周辺斜面が崩壊せず防潮堤への影響がないことを確認する。
 - 構内排水設備については、構内排水設備を構成する各部位の役割を整理したうえで、設計及び工事計画認可段階において、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（集水樹、排水管）が損傷せず防潮堤への影響がないことを確認する。
- 上記以外の構築物等として、1号及び2号炉取水路、1号及び2号炉放水路及び3号炉取水路が防潮堤を横断するが、これらの構築物については、設計及び工事計画認可段階において、防潮堤の機能を確保するために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を確認する。



2. 審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 220303-01】

20

【指摘事項 220303-01】

セメント改良土間の施工目地に設置される止水目地について、セメント改良土の特性を踏まえ、構造成立性を説明すること。

【回答】

- 止水ジョイントの評価について、定着部材とアンカーボルトの構造成立性を説明する。
- 定着部材の評価は、「道路橋示方書・同解説[Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編]」に準拠して照査を実施し、構造成立性を確認した(次頁参照)。
- アンカーボルトの評価は、アンカーボルトの性能試験で「各種合成構造設計指針」を参考に設計することの妥当性を確認した上で、直交するアンカーボルトについて荷重分担を考慮して以下の照査を実施し、構造成立性を確認した(次頁参照)。
 - アンカーボルトの引張方向の照査
 - 引張方向の照査において同時にせん断力が作用することを考慮した組合せ荷重の照査
 - アンカーボルトのせん断方向の照査

止水ジョイントの照査項目及び許容限界

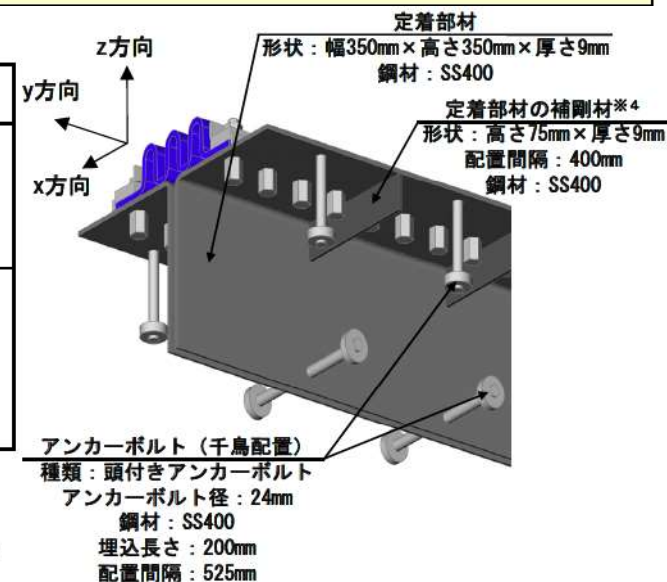
評価部位	検討ケース	解析方法	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
定着部材	地震時※1	「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性結果について」に示す。	曲げ せん断	短期許容応力度	道路橋示方書・同解説 [Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編]、 日本道路協会、平成24年
	津波時※2				
	重畳時				
アンカーボルト	地震時	「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性結果について」に示す。	引張力 せん断力	許容引張力 許容せん断力	—※3
	津波時				
	重畳時				

※1:地震時の定着部材の短手方向の照査は、地震時はゴムジョイントに作用する水圧が作用しないため、照査は不要である。

※2:津波時の定着部材の短手方向の照査は、津波高さが津波時と重畳時と同じであること及び重畳時には動水圧が加わることを考慮すると、重畳時の方がゴムジョイントに作用する水圧が大きいため、重畳時に包絡される。

※3:アンカーボルトの性能試験で、「各種合成構造設計指針」の耐力算定式を参考にすることの妥当性を確認する。また、許容引張力及び許容せん断力は、アンカーボルトの降伏、並びにセメント改良土のコーン状破壊及び支圧破壊を考慮して決定する。

※4:定着部材の仕様は、今後変更する可能性がある。



定着部材及びアンカーボルトの配置イメージ

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 220303-01】(2/2)

○ 下表に示す通り、止水ジョイントの構造成立性評価の結果、構造成立性が確保されることを確認した。

定着部材の照査結果(曲げ)

評価部位	検討ケース	評価項目	発生曲げ応力 (N/mm ²)	許容曲げ応力 (N/mm ²)	照査値	判定 (1.0以下)
定着部材 (長手方向)	地震時	曲げ	30.6	210.0	0.15	OK
	津波時		23.2	210.0	0.12	OK
	重畳時		31.3	210.0	0.15	OK
定着部材 (短手方向)	重畳時		112.4	210.0	0.54	OK

定着部材の照査結果(せん断)

評価部位	検討ケース	評価項目	発生せん断力 (N/mm ²)	許容せん断力 (N/mm ²)	照査値	判定 (1.0以下)
定着部材 (長手方向)	地震時	せん断	0.7	120.0	0.01	OK
	津波時		4.0	120.0	0.04	OK
	重畳時		4.1	120.0	0.04	OK
定着部材 (短手方向)	重畳時		20.0	120.0	0.17	OK

アンカーボルトの照査項目及び許容限界(埋込長さ200mm)

評価部位	検討ケース	アンカーボルトの方向	引張方向の照査 引張許容力:83.0kN/本		組合せの照査※1 許容せん断力:26.8kN/本			せん断方向の照査 許容せん断力:26.8kN/本		判定 1.0以下
			引張力 (x方向, z方向)	引張方向 照査値①	せん断力 (y方向)	せん断方向 照査値②	組合せの 照査値※2	せん断力の 合力※3	照査値	
アンカーボルト	地震時	縦方向	2.4	0.03	4.1	0.16	0.03	4.1	0.16	OK
		横方向	-	-	4.1	0.16	0.03	4.3	0.17	OK
	津波時	縦方向	29.8	0.36	5.2	0.20	0.17	5.2	0.20	OK
		横方向	0.3	0.01	5.2	0.20	0.05	14.5	0.55	OK
	重畳時	縦方向	30.4	0.37	4.0	0.15	0.16	16.6	0.15	OK
		横方向	0.0	0.00	4.0	0.15	0.03	14.4	0.54	OK

※1:アンカーボルトの引張方向に作用するx方向, z方向の荷重と同時にせん断方向に作用したy方向の荷重を考慮して、組合せの照査を実施する。

※2:組み合わせの照査は、「各種合成構造設計指針」を参考に、(引張方向の照査値①)²+ (せん断方向の照査値②)²が1.0を下回ることを確認する。

※3:アンカーボルトのせん断方向に作用するx方向, z方向の荷重と同時にせん断方向に作用したy方向の合力を用いて、せん断方向の照査を実施する。

2. 審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 220303-03】(1/2)

22

【指摘事項 220303-03】

防潮堤の平面線形の形状決定の考え方により複雑な形状となる箇所について、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応答特性並びに津波荷重の評価を含め、防潮堤の設計に与える悪影響の有無を説明すること。

【回答】

- 第1063回審査会合において、複雑な形状となる屈曲部については、水平2方向及び鉛直方向の地震動並びに津波荷重により応力が集中する悪影響が想定されるため、防潮堤屈曲部に施工目地を設置し弱軸・強軸が明確となり応力が集中しないように配慮すること、設置変更許可段階においては2次元断面で構造成立性を評価することを上記の指摘事項に対する一部回答としている。
- 第1192回審査会合において、屈曲部を含めた構造成立性評価断面は「2-2'断面」に決定した。
- 今回、防潮堤全線の施工目地について、屈曲部と同様に応力が集中しないように配慮して設置する方針を整理した(p23参照)うえで、第1111回審査会合資料1-2-2「泊発電所3号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表(第5条 津波による損傷の防止(防潮堤の設計方針))」において今後説明としていた防潮堤の構造成立性について、構造成立性評価断面において成立性があることを確認した(p13~15参照)。

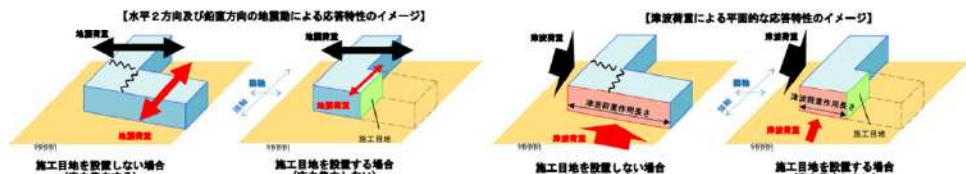
3. 審査会合指摘事項に対する回答<② 防潮堤本体の構造設計に係る事項> (指摘事項No. 11) (1/2)

【指摘事項No.11】

防潮堤の平面線形の形状決定の考え方により複雑な形状となる箇所について、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応答特性並びに津波荷重の評価を含め、防潮堤の設計に与える悪影響の有無を説明すること。

【回答】

- 防潮堤が複雑な形状となる屈曲部については、水平2方向及び鉛直方向の地震動並びに津波荷重により応力が集中する悪影響が想定されるため、防潮堤屈曲部に施工目地を設置し、応力が集中しないように配慮する。
- 設置変更許可段階においては、施工目地を設置することで弱軸・強軸が明確になることから、2次元断面で構造成立性を評価する。
- 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見込んだ評価を実施し、応力状態を確認したうえで施工目地位置の再検討、材料強度の見直し等を行い、構造成立性を確保する。
- 施工目地を設置する箇所には、目地からの浸水を防止することを目的に止水目地を設置し、止水性を確保する。

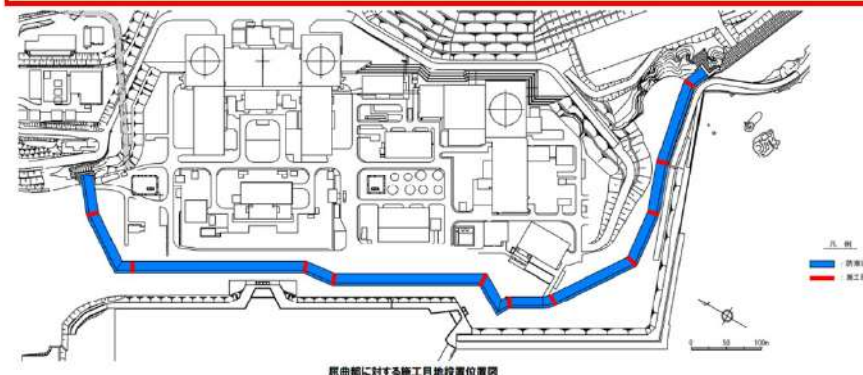


第1063回審査会合_資料2-1-1_p24 (一部加筆)

3. 審査会合指摘事項に対する回答<② 防潮堤本体の構造設計に係る事項> (指摘事項No. 11) (2/2)

【回答】

- 防潮堤の屈曲部に対する施工目地は、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。



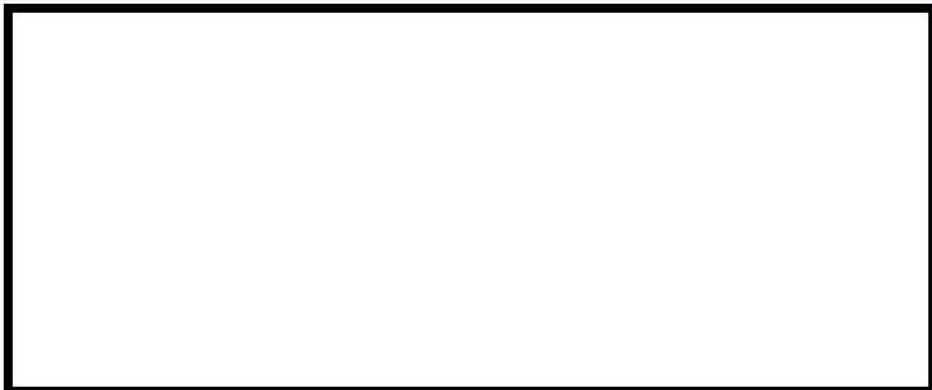
第1063回審査会合_資料2-1-1_p25 (一部加筆)

p10にて回答

p9にて回答

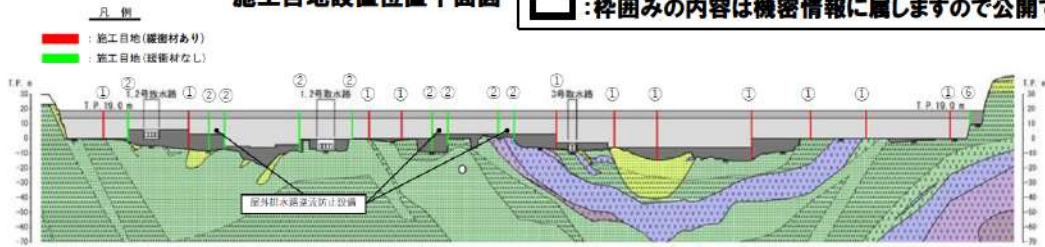
2. 審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項 220303-03】(2/2)

- 防潮堤の施工目地は、設置箇所①防潮堤が屈曲する断面(屈曲部)以外に、②水路が横断する断面、③防潮堤の幅が変化する断面、④防潮堤の高さが変化する断面、⑤施工量に基づくブロック割箇所、⑥防潮堤(標準部)と防潮堤(端部)の境界に設置する。
- 設置箇所③、④、⑤については、以下のとおり設置する方針であり、詳細は設計及び工事計画認可段階で説明する。
 - 設置箇所③: 防潮堤の幅は防潮堤の基礎地盤の安定性を確保できるように設定するものであり、幅が変化する断面に設置する。
 - 設置箇所④: 同一ブロック内における地震時の挙動差の影響が小さくなるよう、基礎地盤の不陸が小さくなるように配慮して設置することを基本とする。
 - 設置箇所⑤: 施工時の温度応力によるひび割れ影響に配慮したうえで、1日当たりの下部コンクリート又はセメント改良土の施工能力に応じて設置する。
- 屈曲部以外の施工目地についても、屈曲部と同様に応力が集中しないように配慮し設置することから、防潮堤の構造成立性は2次元断面で評価した。
- 構造成立性評価の結果、p13~15に示すとおり、全部材において許容値以下であり、構造成立性があることを確認した。



施工目地設置位置平面図

□: 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。



施工目地設置位置*縦断面図

施工目地設置断面

設置箇所	緩衝材の有無※3	詳細な設置箇所の説明時期
①防潮堤が屈曲する断面(屈曲部)	有	設置変更許可段階
②水路が横断する断面	無	設置変更許可段階
③防潮堤の幅が変化する断面※1	無	設計及び工事計画認可段階
④防潮堤の高さが変化する断面※2	無	設計及び工事計画認可段階
⑤施工量に基づくブロック割箇所	無	設計及び工事計画認可段階
⑥防潮堤(標準部)と防潮堤(端部)の境界	無	設置変更許可段階

※1: 防潮堤の幅は、防潮堤の基礎地盤の安定性を確保できるように設定するものであり、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」において説明する。

※2: 防潮堤の高さは、防潮堤天端から基礎地盤の表面までの高さであり、基礎地盤の高さによって変化する。

※3: 緩衝材の有無の構造は「添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性評価結果について」に整理している。