

東海第二発電所

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性について

〔 審査会合指摘事項に対する回答 〕

平成29年10月10日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密又は
防護情報の観点から公開できません。

指摘事項



指摘事項		説明頁
1	防潮堤の設計変更によって、安全裕度が向上する根拠を明確に説明すること。	1～5
2	既存の杭の原位置載荷試験が防潮堤設置範囲に適用できるのか根拠を示すこと。	6～8
3	摩擦杭の原位置試験による支持力確認や液状化対策工事後の性能確認試験の見通しについても説明すること。	
6	今回の変更の壁体の実現のための必要な根拠が、どれだけ準備できているのか、今後の種々の検討工程を明確に示すこと。	9～11
18	地盤の構造、有効応力解析等、個々の論点については今後の審査スケジュールについて、優先順位をつけて整理すること。また、次回の審査会合において何が提示できるかのスケジュールを示すこと。特に地質情報の信頼性を確認する計画を優先に、審査スケジュールに優先順位をつけて整理すること。	12～14
25	資料3-1(P2)「3. 防潮堤の構造成立性に係る基本設計方針」に関して、津波時の構造成立性も網羅するよう工程表の記載内容を修正すること。	
26	資料3-1(P2～P3)「3. 防潮堤の構造成立性に係る基本設計方針」の評価結果に影響が大きな項目については、重点化項目として明示したうえで検討結果を示すこと。	
27	資料3-1(P2～3)遡上解析に関連する項目について、防潮壁の配置を変更した敷地の遡上解析やその結果を踏まえた検討の反映時期がわかるようにすること。	
16	余震と津波の組合せを評価する際に、津波の滞留によってdu層の地下水位が上昇し、液状化に伴うdu層の沈下が起因して防潮堤下から津波が流入することについても併せて検討すること。	15～21
17	本会合においては、特に第3条の要求事項を満たすための基礎データや検討が不足している。早急にできるだけデータを集めて示すこと。また設計の方針を示すこと。	22～27
24	防潮堤のルート変更により、基準津波の選定のために用いた敷地前面の評価点における水位が変わると考えられる。基準津波の選定に影響があるので、再評価を実施すること。	28～31
28	遡上解析結果を踏まえ、敷地南西部の他事業所敷地内を含む地山に対する洗掘対策(延長、幅、深さ等)について、整理して説明すること。	32～35
29	設置許可段階で構造成立性を示すべき項目と、工認段階で設計結果を示すべき項目を明確にするとともにその理由も含めて説明すること(地質調査を含む)。工認段階で示すべき項目については、設置許可段階でその目的、手法、条件を説明すること。	36～45
30	上部工・下部工のそれぞれの部位における岩盤傾斜を模擬した解析を含むすべての検討について、荷重伝達を踏まえた荷重の受け渡しや検討条件の整合性又は包絡性について、体系的に整理するとともに、部位について厳しい条件となっているか示すこと。	46～48

【指摘事項】第460回審査会合(H29. 4. 13)

防潮堤の設計変更によって、安全裕度が向上する根拠を明確に説明すること。

【回答概要】

- 盛土構造から鋼管杭構造に変更したことで、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置が可能となり、粘性土層による長期的な圧密沈下がなく、かつ材料強度が大きくなることから、確実に安全裕度が向上する。
- 盛土構造(セメント固化盛土)の設計強度については、有効応力解析の結果により配合の設定や強度のばらつき評価まで多数の試験が必要となるが、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度設定を行う際は、工場製品の組合せにより、迅速かつ柔軟に設計外力へ対応した設計が可能となる。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更 (3)杭構造形式の変更(摩擦杭から岩着支持杭への変更)

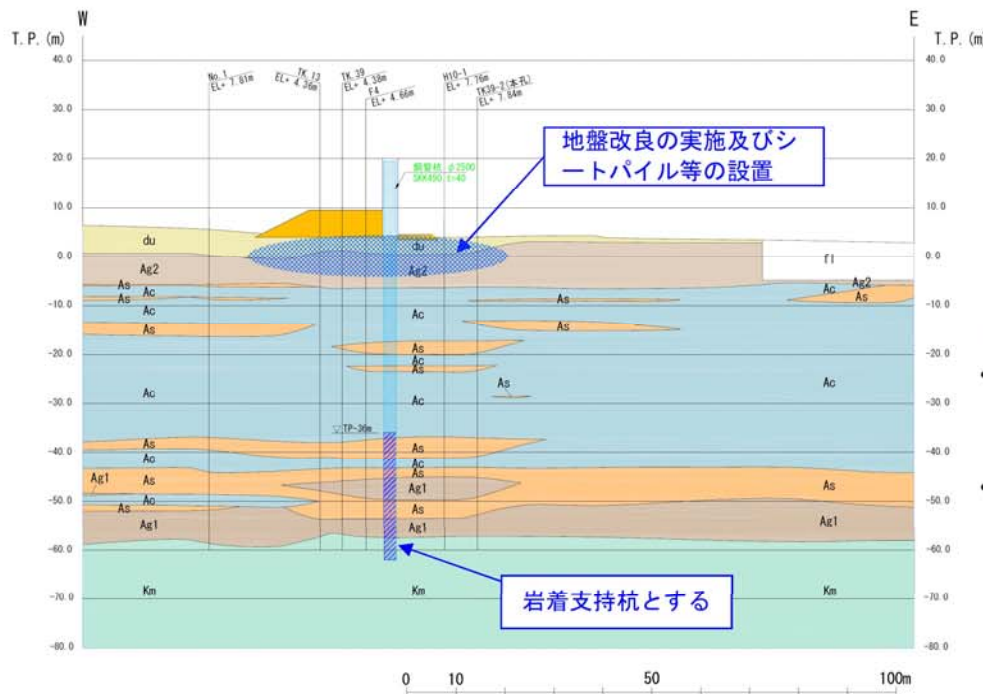
第486回審査会合(H29.07.13)
【資料1-1-2】

東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを**岩着支持杭に変更**する。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対し、浸水防護をより確実なものとするため、**地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う**。

なお、地盤改良範囲等については、保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	層相	備考
新 第三 紀	沖積低地 堆積層	du	砂	敷地全域に広く分布する。
		Ag2	砂礫	敷地全域に広く分布する。
		Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の 谷を埋めて分布する。
新 第三 紀	低位段丘 堆積層	02a-3	シルト	
		02a-1	砂	
	段丘堆積層2	02b-3	砂礫	敷地西部に埋没砂状として 分布する。
		02b-1	シルト	
	中段段丘 堆積層1	02c-1	シルト	敷地の東部部に分布し、 いわゆる扇状地土層を 構成する。
		02c-1	砂礫	
第三紀鮮新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤である。

【変更理由】

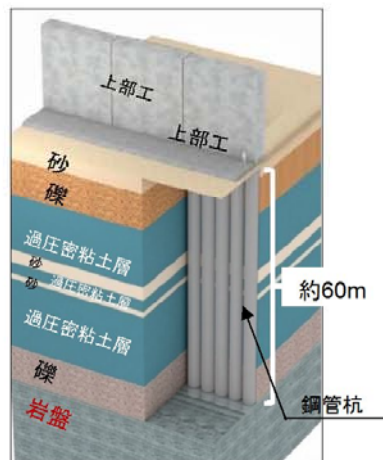
- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更

(7) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応について

第486回審査会合(H29.07.13)

【資料1-1-2】



【概要】

防潮堤のうち、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部工を上部工の天端から連続する鋼製杭で、十分な支持性能を有する岩盤に支持する設計とし、地震時の慣性力、土圧、地震後の繰返し津波波力、漂流物衝突力、余震に対して構造健全性を保持する構造とする。

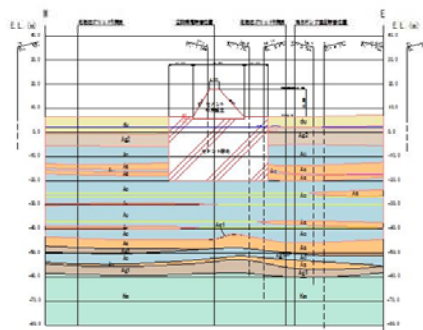
【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応】

設置許可基準規則第3条の要求事項	要求事項に対する対応
十分に支持することができる地盤 (基準地震動に対する支持性能の確保)	・保守的に支持層である岩盤のみで支持力を確保できることを確認
変形した場合においても安全機能が損なわれるおそれがない地盤 (変形:液状化, 揺すり込み沈下等)	・液状化の可能性を考慮した有効応力解析を実施 ・周辺地盤の変形を想定した表層付近の地盤改良の実施 ・施工ブロック間, 異種構造物間へ止水ジョイントを設置
変位が生じるおそれがない地盤	・敷地内に断層が存在しないことを確認

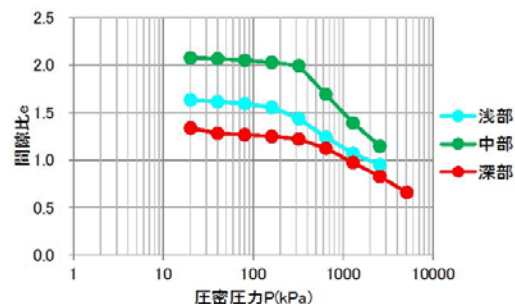
添6 粘性土の圧密沈下対策(サイト固有事項)

第460回審査会合(H29.04.13)
【資料1-1-1】

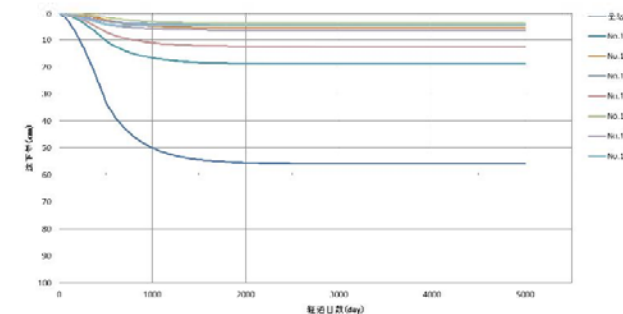
東海第二発電所敷地の北側には、沖積層の粘性土が堆積している。
したがって、防潮堤の設計に当たっては圧密沈下を考慮する必要があり、セメント固化盛土区間について長期的な圧密沈下を評価した。
セメント固化盛土の単位体積重量は配合試験値を用い、基礎地盤の地盤改良はTP-20mまでと仮定した。また、圧密特性については、既往の試験結果をとりまとめた(深度別に3区分)。



圧密沈下評価断面図(粘性土最厚断面)



圧密特性(e-logp曲線)



時間-沈下量曲線

	セメント固化盛土	鋼管杭鉄筋コンクリート壁
圧密沈下量評価	・最終沈下量は約56cm(約1,500日) 【Cc法による圧密沈下量計算】	—
対策案	圧密沈下量を考慮した防潮堤高さを設定する。	鋼管杭は摩擦杭と支持杭の併用を検討している。 (ブロック毎に1本程度の支持杭を含めた構造で検討予定)

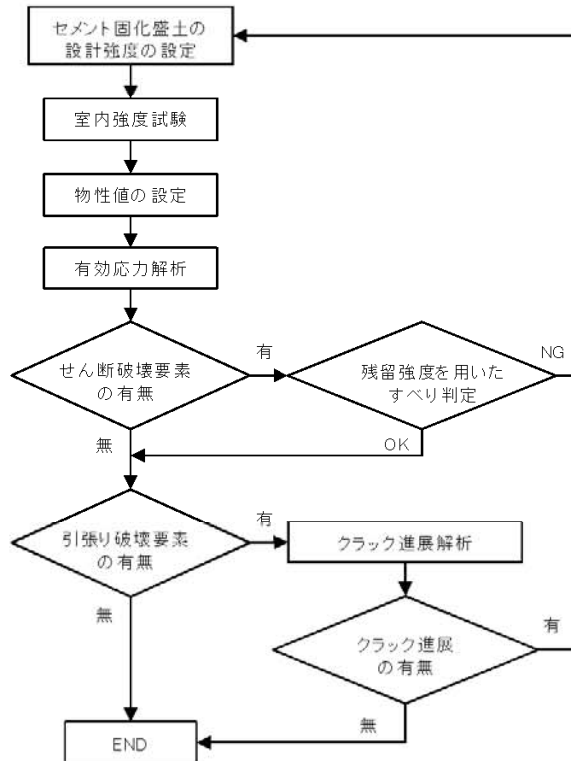
東海第二発電所固有の課題である圧密沈下への対応については、鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造の杭支持により、防潮堤の長期的な安定性を確保する。

添5 防潮堤の設計強度の設定フロー比較

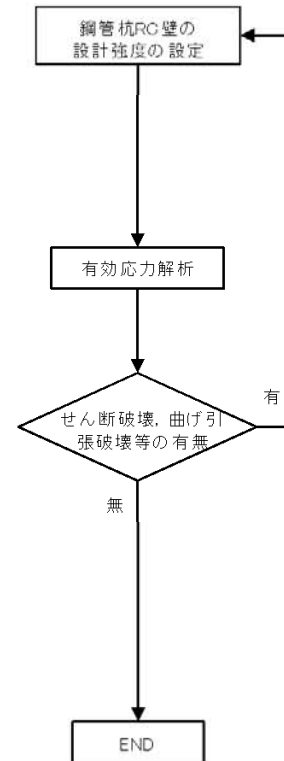
第460回審査会合(H29.04.13)
【資料1-1-1】

東海第二発電所には、液状化検討対象層があるため、有効応力解析を実施し防潮堤の設計強度が安全側に設定されていることを確認する。
セメント固化盛土の設計強度については、今後実施する有効応力解析の結果により、配合の設定や強度のばらつき評価まで多数の試験が必要となる。

セメント固化盛土の強度設定フロー



鋼管杭鉄筋コンクリート壁の強度設定フロー



鋼管杭鉄筋コンクリート壁の強度設定を行う際は、工場製品の組合せにより、迅速かつ柔軟に設計外力へ対応した設計が可能となる。

【指摘事項】第460回審査会合(H29. 4. 13)

既存の杭の原位置載荷試験が防潮堤設置範囲に適用できるのか根拠を示すこと。

摩擦杭の原位置試験による支持力確認や液状化対策工事後の性能確認試験の見通しについても説明すること。

【回答概要】

- 既存の杭の原位置載荷試験については、防潮堤設置位置とは異なる範囲での試験であるため、防潮堤設置位置にて新規に杭載荷試験を実施する方針とした。
- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側エリアにおいて摩擦杭構造を予定していたが、摩擦杭構造は取り止め、全て岩着支持杭構造に変更し、かつ杭の岩着支持部のみでも十分な支持力を有する設計とする方針とした。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更 (3) 杭構造形式の変更(摩擦杭から岩着支持杭への変更)

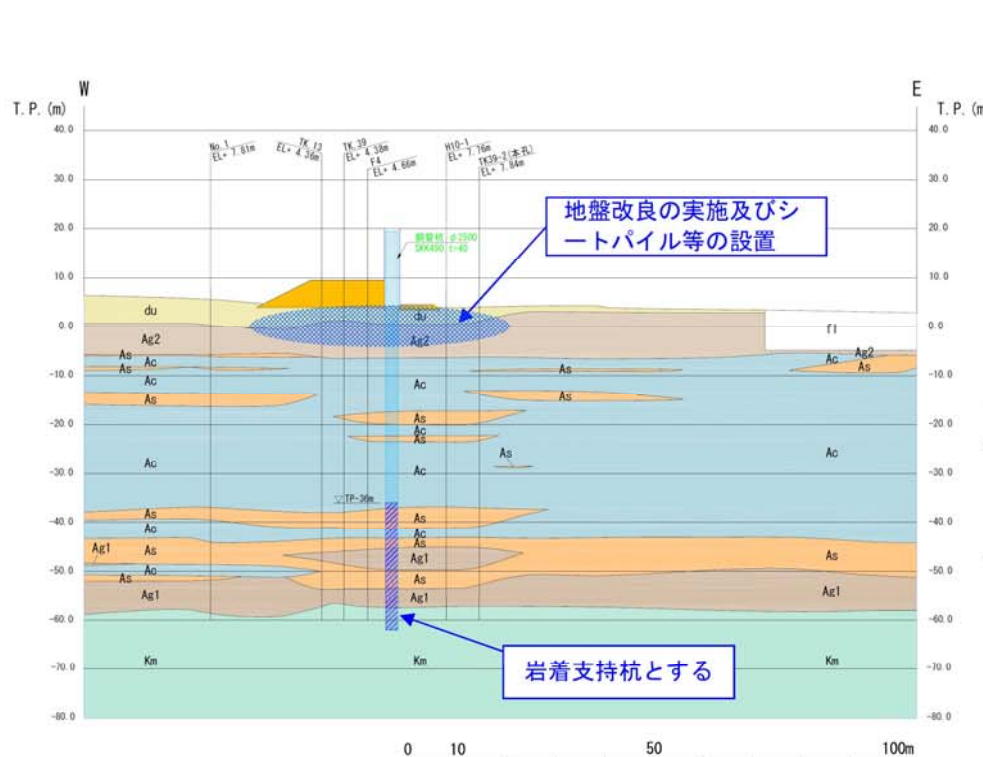
第486回審査会合(H29.07.13)
【資料1-1-2】

東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを**岩着支持杭に変更**する。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対し、浸水防護をより確実なものとするため、**地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う**。

なお、地盤改良範囲等については、保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	層相	備考
新 第三紀	沖積低地 堆積層	du	砂	敷地全域に広く分布する。
		Ag2	砂礫	敷地全域に広く分布する。
		As	砂	久慈川が侵食した凹状の 谷を埋めて分布する。
新 第四紀	低丘陵地 堆積層	D2a-3	シルト	敷地西部に浸食凹状として 分布する。
		D2a-2	砂	
		D2a-1	砂礫	
	中位丘陵 堆積層	Ia	ローム	敷地の侵食凹に分布し、 いくつかの礫状土層を 構成する。
		D1a-1	シルト	
		D1a-2	砂礫	
第三紀新第三紀	久保層	Ka	砂質泥岩	敷地の基盤面である。

【変更理由】

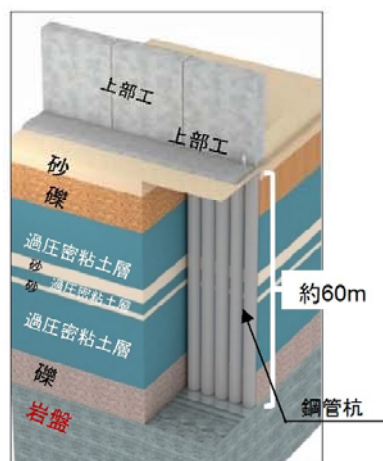
- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更

(7) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応について

第486回審査会合(H29.07.13)

【資料1-1-2】



【概要】

防潮堤のうち、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部工を上部工の天端から連続する鋼製杭で、十分な支持性能を有する岩盤に支持する設計とし、地震時の慣性力、土圧、地震後の繰返し津波波力、漂流物衝突力、余震に対して構造健全性を保持する構造とする。

【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応】

設置許可基準規則第3条の要求事項	要求事項に対する対応
十分に支持することができる地盤 (基準地震動に対する支持性能の確保)	・保守的に支持層である岩盤のみで支持力を確保できることを確認
変形した場合においても安全機能が損なわれるおそれがない地盤 (変形:液状化, 揺すり込み沈下等)	・液状化の可能性を考慮した有効応力解析を実施 ・周辺地盤の変形を想定した表層面付近の地盤改良の実施 ・施工ブロック間, 異種構造物間へ止水ジョイントを設置
変位が生じるおそれがない地盤	・敷地内に断層が存在しないことを確認

【指摘事項】第460回審査会合(H29. 4. 13)

今回の変更の壁体の実現のための必要な根拠が、どれだけ準備できているのか、今後の種々の検討工程を明確に示すこと。

【回答概要】

- 各検討工程及び説明スケジュールを第473回審査会合(H29.6.8)において説明した。

防潮堤関係 指摘事項6(防潮堤)



第473回審査会合(H29.06.08)
【資料1】

【耐津波設計方針に係る各種検討項目の説明スケジュール】(1/2)

■ 第三条関係工程 ■ 第四条、第五条関係工程 — 弊社検討工程 ■ クリティカル工程

項目	4月	5月	6月	7月	8月	概要	
☆/★: 審査可能時期/審査会合実績 (緑字は、第三条審査チームに関するものを示す)			★ 0	☆ 6	☆ 3	—	
1. 耐津波設計方針に係る全体工程の提示			★ 8			耐津波設計に関する課題、確認項目について、設置許可基準規則3条の審査担当チーム殿への説明工程を検討し、各課題向士の関連等が明確になるよう全体の説明スケジュールを示す。	
第三条関係	2. 基礎地盤の安定性評価	全応力解析(電子計算機)		☆		地盤物性値を整理し、基礎地盤のすべり安全率、支持力、傾斜の評価結果を行う。	
	3. 基礎地盤の地震時評価に係る有効応力解析による液状化判定	有効応力解析		☆	☆ 3	有効応力解析の検討方針を示す。 地盤物性値(液状化強度)を整理し、有効応力解析による液状化検討対象層の地震時の液状化判定結果を示す。	
	4. 杭基礎の支持性能に係る摩擦杭の支持力の確認	杭の引抜き試験による地盤の周面摩擦支持力の確認 試験計画		杭打設・養生・引抜き試験		道路橋示方書に基づき、地盤の周面摩擦等を設定し、摩擦杭の支持力の確認を行う。 また、原位置にて杭の引抜き試験を行い、地盤の周面摩擦支持力の確認を行う。	
	5. 基礎地盤の粘土層の過圧密比の確認	原地盤の過圧密比の確認		防波堤による 圧密低下の有無の確認	☆	☆ 3	基礎地盤の粘土層の過圧密比の確認結果を示す。
	6. 防潮堤の設計・評価に用いる津波荷重及び津波荷重と組み合わせる荷重の考え方	水理実験		シミュレーション等	☆		耐津波設計において考慮する津波荷重について、サイト特性及び不確実性を考慮し、水理実験及びシミュレーション等による適切な設定を行う。
第四条及び第五条関係	7. 防潮堤の基本構造に係る設計方針及び構造概要	要求性能の整理 基本設計方針の取り纏め、 類似事例の調査、整理		☆		防潮堤各部について要求性能を整理するとともに、防潮堤の基本構造に係る設計方針を示す。 同構造の類似事例を調査し、一般土木構造物を含む重要土木構造物の道路橋示方書に準拠した本設の群杭の適用事例及び施工実績を集約し整理する。	
	8. 防潮堤の鋼管杭の耐津波設計	津波荷重による鋼管杭の照査		両項目の検討結果を比較し基本断面を決定		津波荷重による設計により、鋼管杭の照査を行う。	
	9. 防潮堤の有効応力解析による地震時の断面力算定、応力度照査、支持力照査	有効応力解析		基本断面の決定		防潮堤の代表断面について、有効応力解析を行い、地震時の断面力算定、応力度照査、支持力照査を行う。	
	10. 防潮堤の鋼管杭の挙動、一体性に係る被覆鉄筋コンクリート部の照査	断面A-Eの応答		断面C-Dの応答	☆	防潮堤の鋼管杭の挙動に応じた防潮堤上部工(鉄筋コンクリート躯体)における応力度等の照査を行う。	
	11. 防潮堤ジョイント部の機能確保 (構造ユニット間の相対変位に対する検討、 漂流物対策)	詳細設計及び漂流物対策設計		相対変位	相対変位	☆	防潮堤上部工のジョイント部に止水ゴム等の止水対策を行う。 当該ジョイント部の相対変位に基づく設計検討を行うとともに、漂流物対策工の検討を行う。

防潮堤関係 指摘事項6(防潮堤)



第473回審査会合(H29.06.08)
【資料1】

【耐津波設計方針に係る各種検討項目の説明スケジュール】(2/2)

■ 第三条関係工程 ■ 第四条、第五条関係工程 — 弊社検討工程 ■ クリティカル工程

項目	4月	5月	6月	7月	8月	概要
12. 防潮堤が寄り付く地山の洗掘対策	洗掘対策の検討					防潮堤の地山への寄り付き部について、地震時、津波時においても止水性能を確保するため、洗掘防止対策を行う。
13. 港湾の防波堤(物揚岸壁含む。)の準地地震動Ssによる状態変化を想定した基準津波の遡上波への影響		津波遡上解析				港湾の防波堤(物揚岸壁含む。)の準地地震動Ssによる状態変化を想定した基準津波の遡上波への影響の検討を行う。
14. 港湾の防波堤の地震時評価と海水取水性への影響		耐津波評価、耐震評価等				港湾の防波堤について、耐震性・耐津波性を確認し、漂流物化の有無及び非常用取水系の取水性への影響を検討する。
15. 外部事象に対する防潮堤の機能確保(外部火災、竜巻飛来物)	必要な防火帯幅(離隔距離)	ジョイント部材及び防潮堤躯体の耐火性能の検討		ジョイント部 構造確定	外部火災、竜巻に関する 審査結果(7/20)	外部事象(外部火災、竜巻飛来物)に対する防潮堤の機能確保を確認するとともに、外部事象の要求事項に対する検討事項への影響の有無を検討する。
16. アクセスルートの機能確保	アクセスルートの要求事項		アクセスルートに関する 審査結果(6/15)			アクセスルートの機能要求に対し、防潮堤設備として必要な対策の検討(防潮堤周辺道路及び防潮堤乗越え道路)を行うとともに、これらの対策について適切な耐震・耐津波設計を行う。
17. 敷地の特徴を踏まえた漂流物への対応						サイト周辺の漂流物の状況を踏まえ、漂流物への対応を検討する。
18. 貯留堰の構造・仕様、継手部の漏水対策、貯留堰内への砂堆積・スロッシングによる有効容量への影響		スロッシングの検討(解析)				引き波時対策として取水口前面の海中に貯留堰を設置する。水位低下時においても必要な取水量が確保できることを、砂の堆積、スロッシングの影響も踏まえ検討する。
19. 放水路ゲートの構造・仕様、止水機能及びゲート閉鎖時の非常用海水ポンプ排水性						放水路を経由した津波が敷地に流入しないよう、放水路に放水路ゲートを設置する。放水路ゲートは、津波襲来時に確実に閉となるよう設計すると共に、非常用海水ポンプの排水性を確保する設計とする。
20. 日立港及び常陸那珂港の延長計画による津波高さの影響評価		津波遡上解析				隣接する日立港区及び常陸那珂港の沖防波堤の延長計画の有無及び津波遡上解析への影響を検討する。
21. 敷地の特徴を踏まえた津波監視カメラの視認範囲と十分性						サイト特性を踏まえ、津波監視カメラの監視可能範囲、台数の十分性について示す。



断面位置図

【指摘事項】第486回審査会合(H29. 7. 13)

地盤の構造, 有効応力解析等, 個々の論点については今後の審査スケジュールについて, 優先順位をつけて整理すること。また, 次回の審査会合において何が提示できるかのスケジュールを示すこと。特に地質情報の信頼性を確認する計画を優先に, 審査スケジュールに優先順位をつけて整理すること。

【指摘事項】第488回審査会合(H29. 7. 20)

資料3-1(P2)「3. 防潮堤の構造成立性に係る基本設計方針」に関して、津波時の構造成立性も網羅するよう工程表の記載内容を修正すること。

資料3-1(P2~P3)「3. 防潮堤の構造成立性に係る基本設計方針」の評価結果に影響が大きな項目については、重点化項目として明示したうえで検討結果を示すこと。

資料3-1(P2~3)遡上解析に関連する項目について、防潮壁の配置を変更した敷地の遡上解析やその結果を踏まえた検討の反映時期がわかるようにすること。

【回答概要】

- 各検討工程及び説明スケジュールを第488回審査会合(H29.7.20)及び第490回審査会合(H29.7.27)において説明した。

防潮堤関係 指摘事項18, 25, 26, 27(防潮堤)



第490回審査会合(H29.07.27)
【資料1-3】

【第三条, 第四条, 第五条等に係る検討項目の説明スケジュール】(1/2)

防潮堤の着着支持杭構造への変更に伴い、検討項目及び説明スケジュールについて修正を行った。

☆/★：審査可能時期/審査会合実績

項目	6月	7月	8月	9月	備考
防潮堤に関する 7月13日までの審査の実績		★	★		
1. 基準津波の評価等		構築及び ルートの変更	モデル化 津波解析(数値のみ) 標準津波策定位置での 年超過確率 審査資料準備 防潮堤位置の津波ハザード解析		○津波解析： ・防潮堤位置で津波水位が高くなるのが既往検討結果から明らかとなっている 上位5波源(既往検討では全10波源の検討を実施)について、防潮堤ルート見直しによる影響を確認する(8月下旬まで)。 ・必要に応じて、残りの波源についても解析を実施する。 ○年超過確率： ・標準津波策定位置における津波の年超過確率に与える影響については、防潮堤ルート見直しによる影響はないものと判断される(標準津波策定位置が沖合19kmであるため)。 ・また、防潮堤位置における津波の年超過確率に与える影響については、既往の検討結果を踏まえ、その影響の程度を確認する(8月下旬まで)。
2. 基礎地盤の安定性評価	評価(原子炉建屋)	評価(原子炉建屋以外)	審査資料準備	☆ コメント回答	○基礎岩盤の深度と施設の支持形式に基づき代表施設を選定 ・岩盤に直接支持されている施設:原子炉建屋及び鉄筋コンクリート防潮壁 ・間接支持されている施設:緊急時対策所及び海水ポンプ室 ○鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁(新ルート含む)の安定性評価については、同様の支持形式で、かつ基礎岩盤が傾斜している、重量が相対的に大きい、“海水ポンプ室”の安定性評価にて代表させる。
3. 防潮堤の構造成立性に係る基本設計方針 及び液状化に関する検討		防潮堤地盤改良検討 津波漂流物荷重 液状化に関する検討及び防潮堤の下部工評価(有効応力解析)[代表波] 防潮堤の上部工評価(二次元フレーム解析, 静的三次元FEM解析)[代表波] 津波波力に対する構造成立性評価	審査資料準備	☆ コメント回答	(8月中) ○液状化の影響検討、防潮堤の上部工の構造成立性、下部工の構造成立性、地盤改良範囲の妥当性評価に対して、最も厳しい結果になるような解析条件の設定方針、解析断面の設定方針を示す。 ○それぞれの解析断面に対し、最も厳しい結果になる標準地震動Ss(代表波)を選定し、代表波を入力とした評価結果を示す。 (9月中旬まで) ○代表波以外を入力とした評価結果を示し、上記の妥当性を確認する。
4. 耐震設計方針及び耐津波設計方針	耐震設計方針・耐震耐津波設計方針に係る検討		審査資料準備	☆ コメント回答	○耐震設計方針、耐津波設計方針を提示する。
5. 防潮堤の設計・評価に用いる津波波圧	水理実験・シミュレーション等		審査資料準備	コメント回答	○敷地前面の海底地形を再現した実験において、ソリトン分裂波の発生を確認したが、波圧は港湾の津波避難施設の設計ガイドライン(H25.10)等に表示される単直線型の津波波圧計算式による波圧と整合していることを確認した。 ○さらに、解析的評価を加え結果を提示する。
6. 防潮堤が寄り付く地山の洗掘対策	洗掘対策検討		審査資料準備	コメント回答	○洗掘防止対策としての地盤改良仕様を示す。
7. 港湾の防波堤(物揚護岸含む)の基準地震動Ssによる状態変化を想定した基準津波の遡上波への影響	津波遡上解析		審査資料準備	☆ コメント回答	○港湾施設の地震後の変形量を有効応力解析で確認し、被災状態での津波評価が基準津波に与える影響を提示する。
8. 港湾の防波堤の漂流による海水取水性への影響	津波時解析, 地震時解析		審査資料準備	コメント回答	○港湾施設の津波時の評価を行い、漂流物化するものについては、海水取水設備への影響について対策方針とあわせて提示する。

防潮堤関係 指摘事項18, 25, 26, 27(防潮堤)



第490回審査会合(H29.07.27)
【資料1-3】

【第三条, 第四条, 第五条等に係る検討項目の説明スケジュール】(2/2)

☆/★：審査可能時期/審査会合実績

項目	6月	7月	8月	9月	備考	
第四条及び第五条	9. 防潮堤乗越道路		構造及びルートの変更★		○防潮堤ルート変更に伴い、防潮堤の乗越道路は不要となる見通しである。その旨の説明を行う。	
	10. 敷地の特徴を踏まえた漂流物への対応	津波遡上解析	ルート変更による再解析 審査資料準備	コメント回答	○サイト周辺の漂流物の状況を踏まえ、漂流物への対応を検討する。	
	11. 貯留堰の構造・仕様、継手部の漏水対策、貯留堰内への砂堆積・スロッシングによる有効容量への影響	スロッシングの検討(解析)		審査資料準備	コメント回答	○引き波時対策として取水口前面の海中に貯留堰を設置する。水位低下時においても必要な取水量が確保できることを、砂の堆積、スロッシングの影響も踏まえ検討する。
	12. 放水路ゲートの構造・仕様、止水機能及びゲート閉鎖時の非常用海水ポンプ排水性	構造・仕様・排水性の確認		審査資料準備	コメント回答	○放水路を経由した津波が敷地に流入しないよう、放水路に放水路ゲートを設置する。放水路ゲートは、津波襲来時に確実に閉となるよう設計するとともに、非常用海水ポンプの排水性を確保する設計とする。
	13. 日立港区及び常陸那珂港区の延長計画による津波高さの影響評価	津波遡上解析			コメント回答	○隣接する日立港区及び常陸那珂港区の沖防波堤の延長計画の有無及び津波遡上解析への影響を検討する。
	14. 敷地の特徴を踏まえた津波監視カメラの視認範囲と十分性	配置計画の見直し検討		審査資料準備	コメント回答	○サイト特性を踏まえ、津波監視カメラの監視可能範囲、台数の十分性について示す。
第六条	15. 外部事象に対する防潮堤の機能確保	外部火災影響、竜巻影響の評価	(外部火災影響) ☆ (竜巻影響) ☆ 審査資料準備	コメント回答	○外部事象(外部火災、竜巻飛来物)に対する防潮堤の機能確保を確認する。 ○外部火災の防潮堤への影響については、変更前ルートの評価結果を用いて説明する。	

【指摘事項】第481回審査会合(H29. 6. 29)

余震と津波の組合せを評価する際に、津波の滞留によってdu層の地下水位が上昇し、液状化に伴うdu層の沈下が起因して防潮堤下から津波が流入することについても併せて検討すること。

【回答概要】

- 津波時の防潮壁の内外で生じる水位差を考慮し、シートパイルによるボーリング、パイピング対策等を行うこととした。
- また、上部工の底部の根入れ長は、地震時に生じる地表面の沈下量に基づき設定する方針を示した。

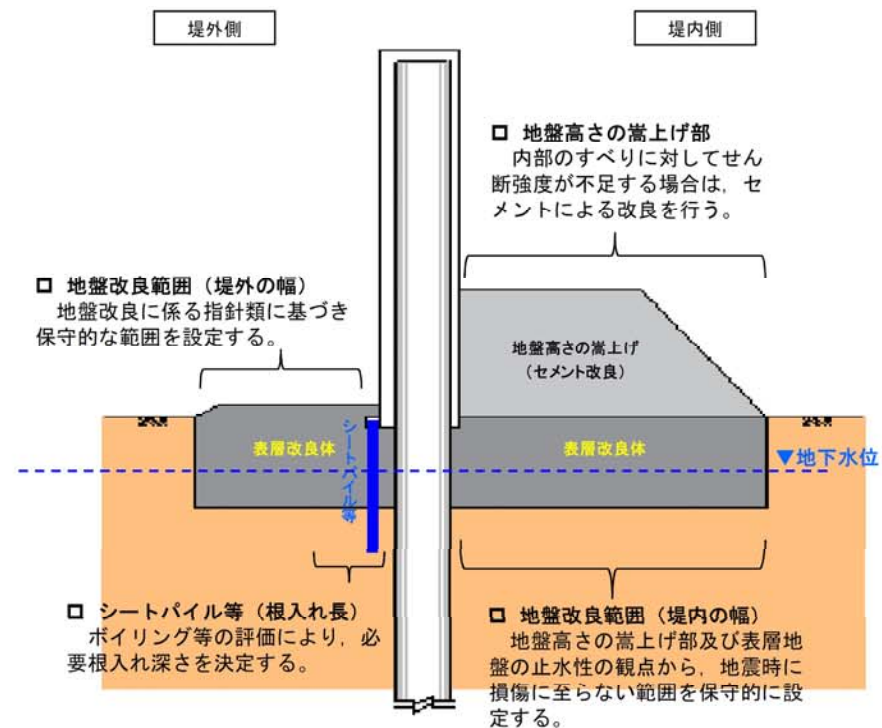
10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針 表層地盤改良及びシートパイル等の設定方針

■ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘等に対して、浸水防護をより確実なものとするために、地盤改良を実施する。

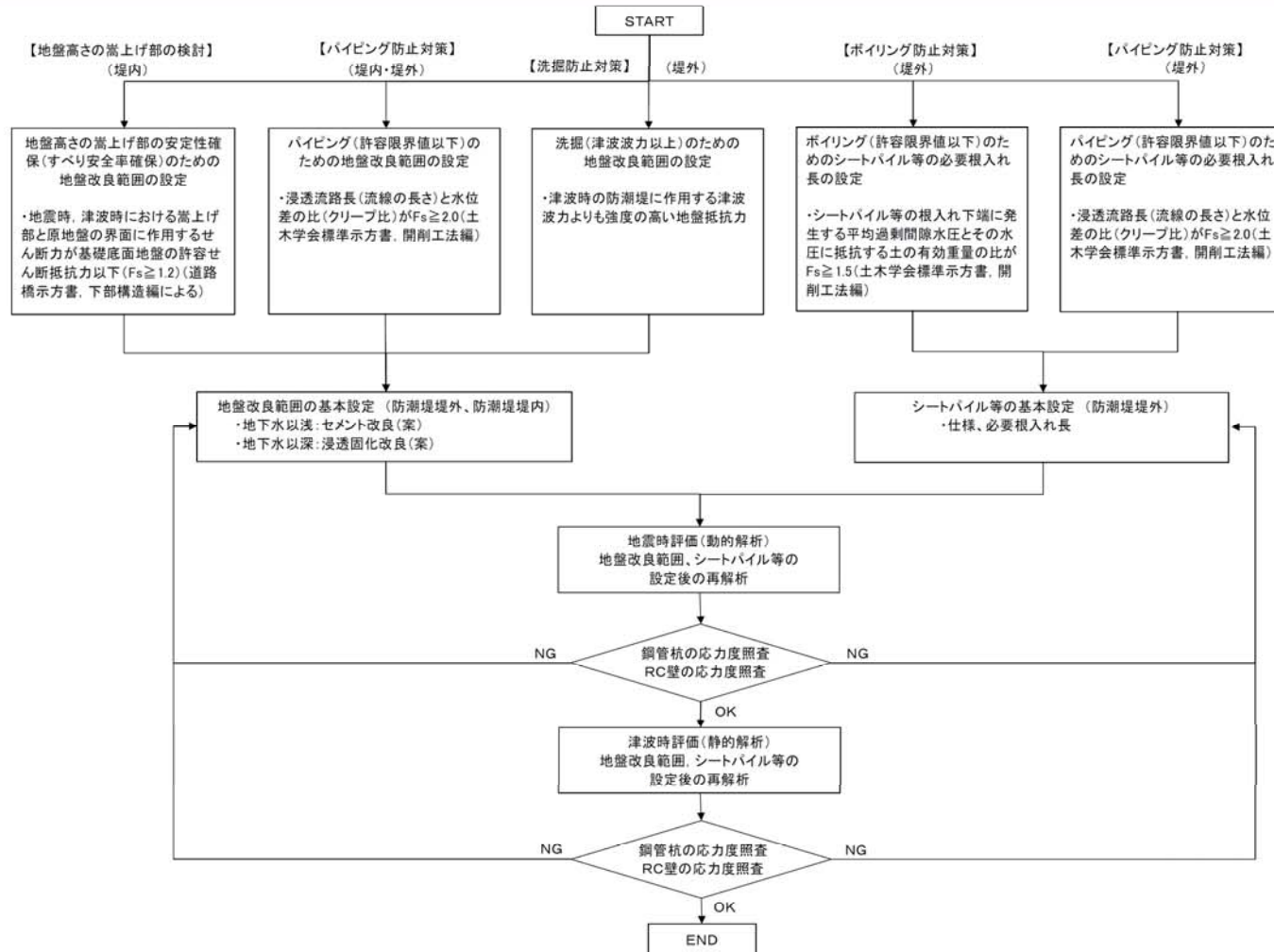
■ 地盤改良範囲（深さ方向）
表層地盤の過剰間隙水圧比が比較的高い範囲や杭体に生じる断面力の低減等を考慮し、深さ方向の改良範囲を保守的に設定する。

■ 地盤改良工法の選定
地盤の剛性急変部により、杭体に局所的な応力を生じさせないように地盤改良工法を選定し、改良仕様を設定する。

また、地盤高さの嵩上げ部は、セメント改良工法を実施する。



10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針 表層地盤改良及びシートパイル等の設定方針



表層地盤改良及びシートパイル等の設定に係るフロー（洗掘防止等防止対策）

10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針 ボイリング, パイピング防止対策の検討方針(1/3)

第504回審査会合(H29.09.05)
【資料1-1-4】

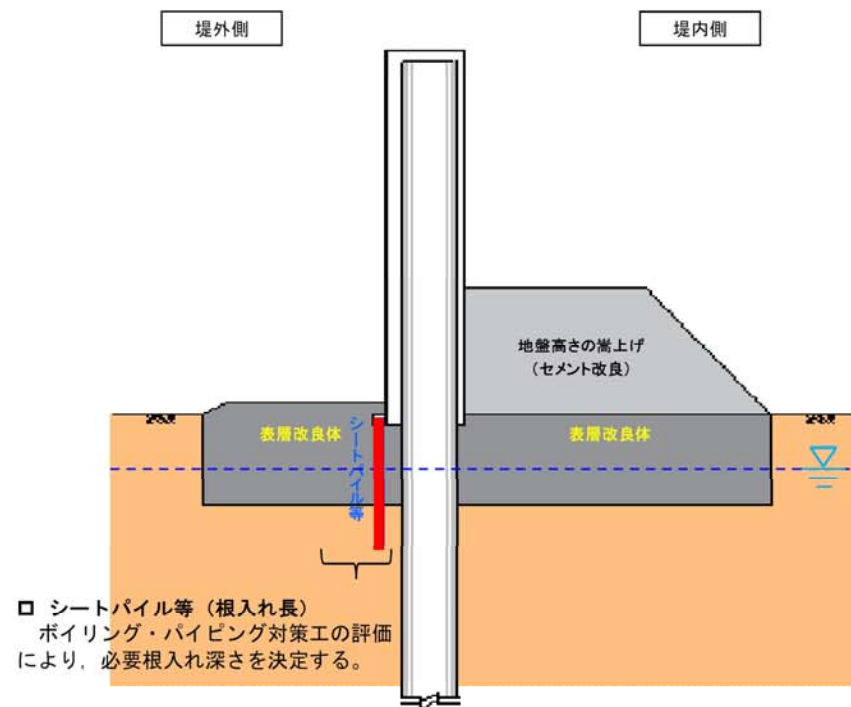
■ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は, 津波時において堤外側と堤内側に水位差を考慮し, ボイリング, パイピングが生じないように対策を講じる。

【ボイリング対策内容】

- ・ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側にシートパイル等を設置し, 堤内側の土の重量とシートパイル等の先端位置に作用する水圧との比から必要根入れ深さを決定する。

【パイピング対策内容】

- ・ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側, 堤内側の表層地盤に対して地盤改良を実施すると共に堤外側にシートパイル等を設置し, 浸透流路長を増加させる。



10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針 ボイリング, パイピング防止対策の検討方針(2/3)

第504回審査会合(H29.09.05)
【資料1-1-4】

■ボイリングの検討

ボイリングは, 津波時の防潮壁前面と背面の水位差によって, 堤内側に上向きの浸透流が生じ, この浸透圧が堤内側の有効重量を超えると発生する。
よって, 堤内側の土の重量とシートパイル先端位置に作用する平均過剰水圧との比を取って下式より照査する。

$$F_s = \frac{w}{u}$$

ここに,

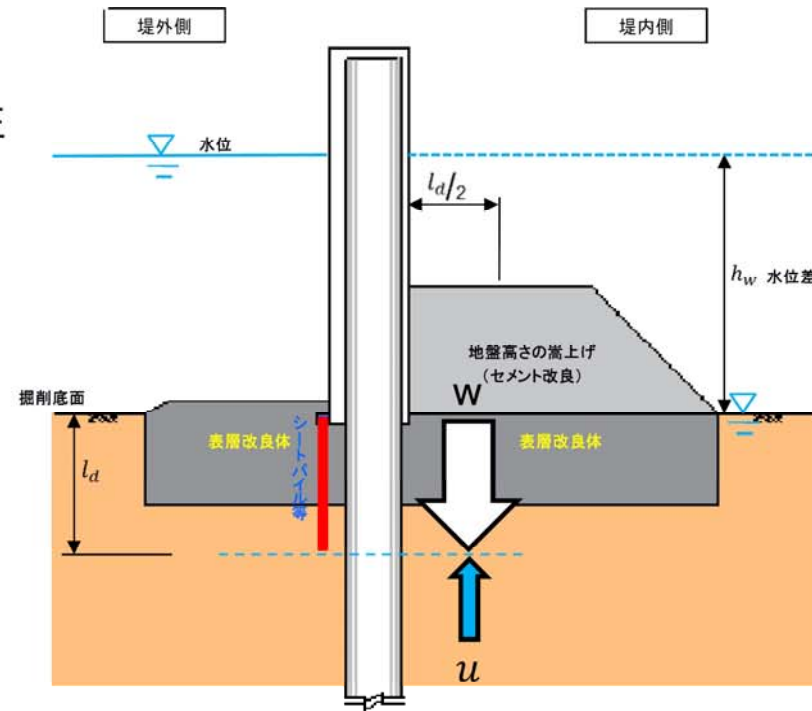
u : 土止め壁先端に作用する平均過剰間隙水圧
 w : 土の有効重量で下式による

$$w = \gamma' l_d$$

ここに,

γ' : 土の水中単位体積重量
 l_d : 土止め壁の根入れ深さ

なお, 安全率は, 土木学会トンネル標準示方書開削編に従い, $F_s \geq 1.5$ を確保する。



10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針
ボーリング, パイピング防止対策の検討方針(3/3)

第504回審査会合(H29.09.05)
 【資料1-1-4】

■パイピングの検討

パイピングに対する検討は, 浸透流路長と
 水位差の比を考慮した下式により算出する。

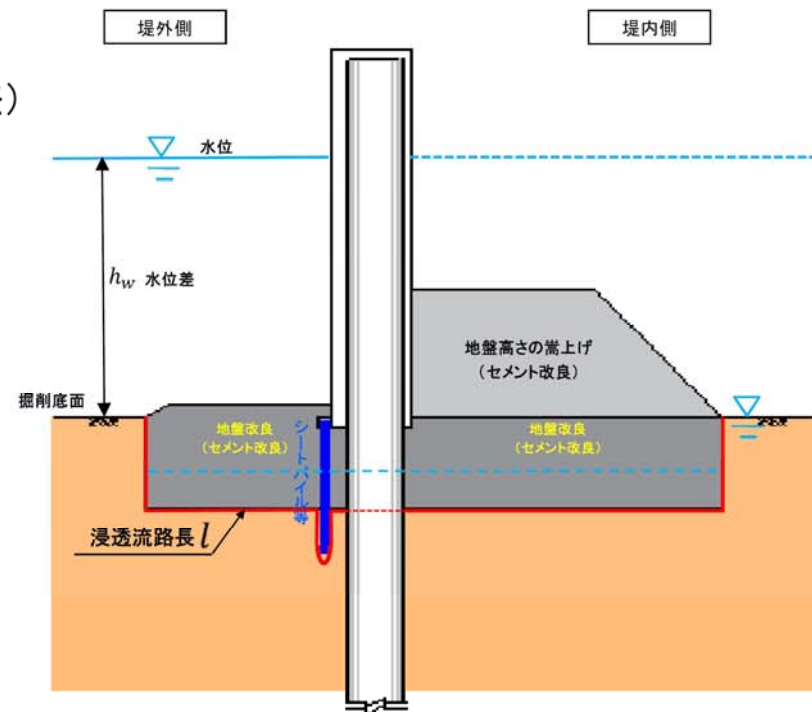
$$l/h_w \geq 2$$

ここに,

l : 浸透流路長

h_w : 水面から掘削底面までの高さ(水位差)

安全率は, 土木学会トンネル標準示方書
 開削編に従い, $F_s \geq 2.0$ を確保する。



10. 地盤の嵩上げ部(改良体), シートパイル, 表層地盤改良等の設計方針

第504回審査会合(H29.09.05)

【資料1-1-4】

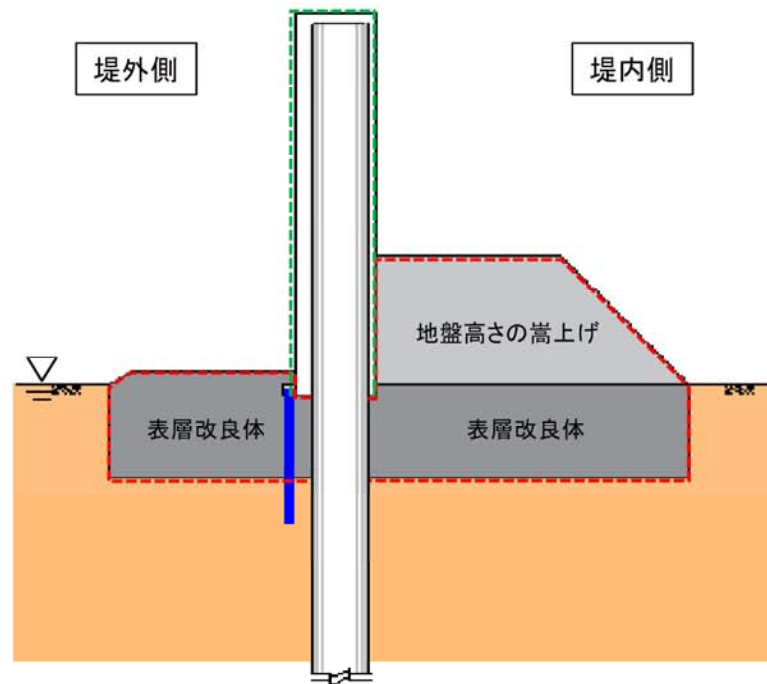
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の地盤根入れ長の設計方針

■ 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の根入れ長は、地震時に生じる地表面の沈下量に基づき設定する。

考慮する地震時の沈下量は、

- ① 不飽和土層のゆすり込み沈下量
- ② FLIPにより算出された残留沈下量
- ③ 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の地盤根入れ長 > 地震による地表面沈下量 = ① + ② + ③



地震時及び地震後

【指摘事項】第481回審査会合(H29. 6. 29)

本会合においては、特に第3条の要求事項を満たすための基礎データや検討が不足している。早急にできるだけデータを集めて示すこと。また設計の方針を示すこと。

【回答概要】

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭構造を計画していたが、第3条の要求事項の観点で岩着支持杭構造に変更すると共に、周辺地盤の変形を想定した表層面付近の地盤改良や施工ブロック間の止水ジョイント設置の方針を示した。
- また、全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた地震時解析結果(二次元有効応力解析)において、岩着支持杭が成立することを確認した。
- なお、防潮堤基礎地盤データ拡充のための追加地質調査を現在実施中である。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更 (3) 杭構造形式の変更(摩擦杭から岩着支持杭への変更)

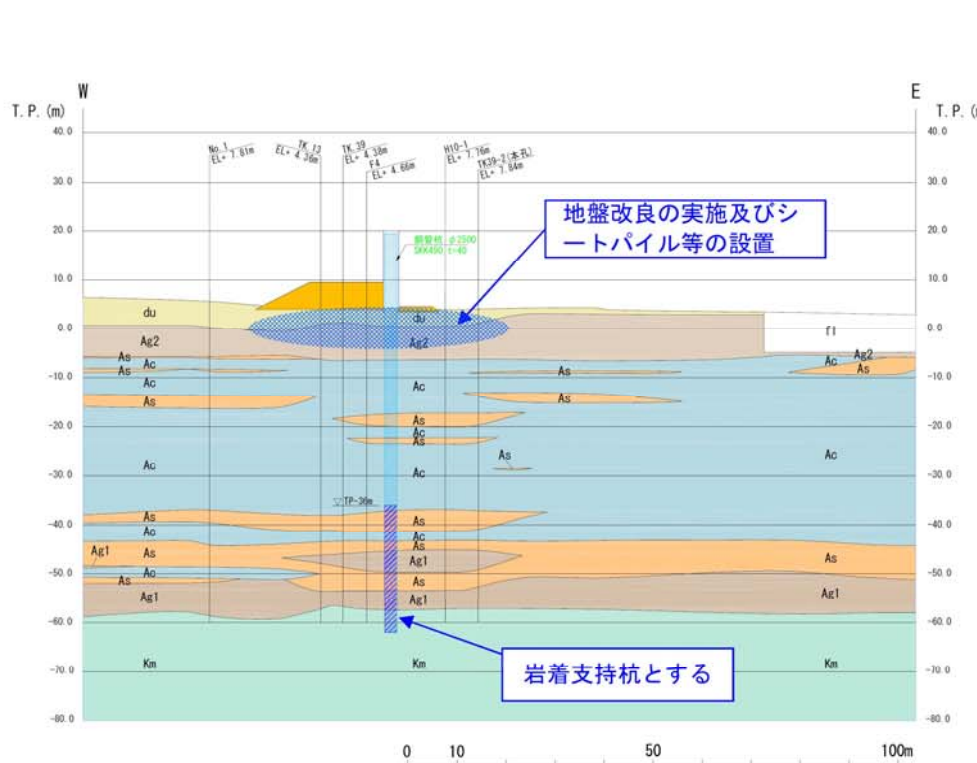
第486回審査会合(H29.07.13)
【資料1-1-2】

東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを岩着支持杭に変更する。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

なお、地盤改良範囲等については、保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	層相	備考
新第三紀	沖積低地堆積層	du	砂	敷地全域に広く分布する。
		Ag2	砂礫	敷地全域に広く分布する。
		As	砂	久慈川が侵食した部分の砂を埋めて分布する。
第四紀	低位段丘堆積層	Ag1	砂礫	
		02a-3	シルト	
		02a-2	砂	
		02a-1	砂礫	敷地南側に埋没砂として分布する。
第四紀	中位段丘堆積層	02b-1	シルト	
		02b-2	砂礫	
		01a-1	砂礫	敷地の東西部に分布し、いくつかの断続的層を構成する。
第三紀鮮新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

【変更理由】

- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

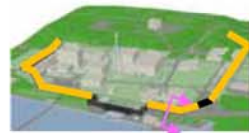
第486回審査会合(H29.07.13)
【資料1-1-2】

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更

(5)-2 有効応力解析による構造成立性確認(「豊浦標準砂」の液状化強度特性を仮定した杭の構造成立性確認)

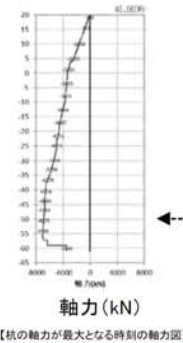
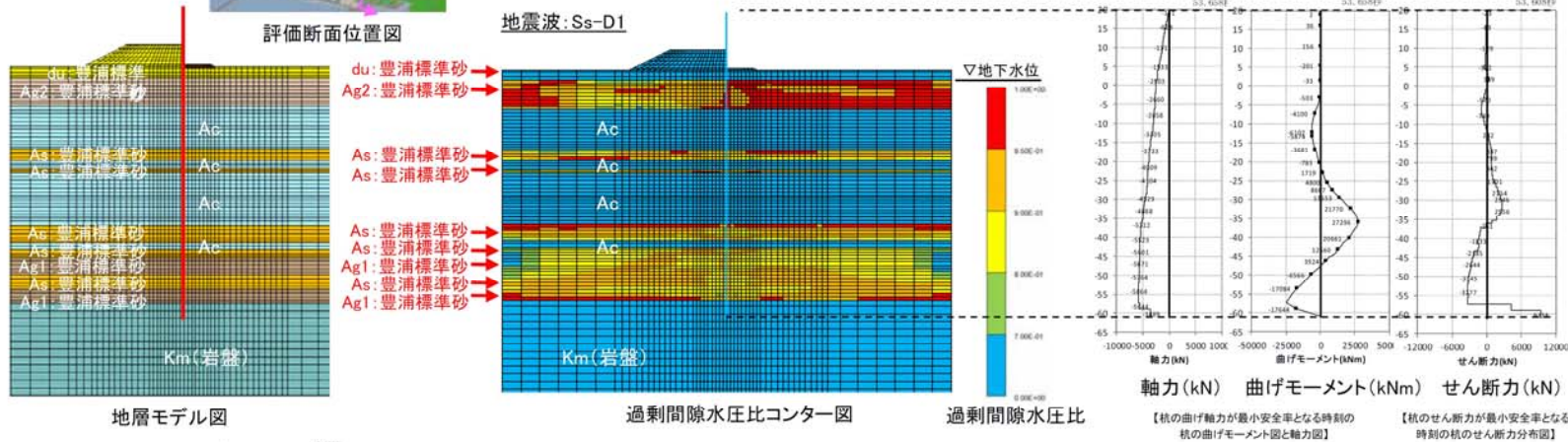
既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果では、液状化検討対象層の過剰間隙水圧比が95%以下であったことから液状化しないことを確認している。しかし、保守的に全ての砂層・礫層を「豊浦標準砂」の液状化強度特性と仮定することにより、強制的に液状化する条件を与え、その条件下でも岩着支持杭が成立することを確認した。

なお、豊浦標準砂とは、粒径が均一で細粒分含有率が小さく液状化し易い性質があり、土質実験等で多用されるものである。



評価断面位置図

全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価



評価項目	応答値	許容限界	判定
杭の曲げ軸力	167N/mm ²	278N/mm ²	OK
杭のせん断力	31N/mm ²	158N/mm ²	OK
杭の支持力(地震時)	5,660kN	【岩盤のみの支持力】 28,936kN	OK
杭の座屈	6,980kN	83,326kN	OK

鋼管杭の仕様
・材質: SKK490
・杭径: φ2,500mm
・肉厚: t=40mm

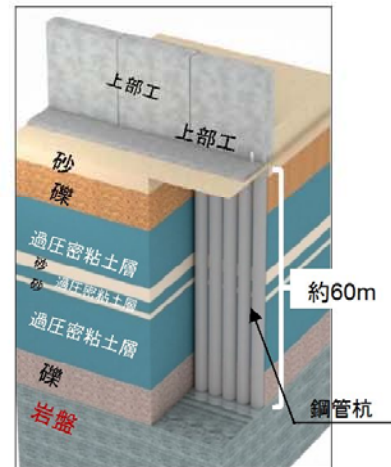
全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価においても、岩着支持杭は成立することを確認した。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式及び設置ルートの変更

(7) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応について

第486回審査会合(H29.07.13)

【資料1-1-2】



【概要】

防潮堤のうち、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部工を上部工の天端から連続する鋼製杭で、十分な支持性能を有する岩盤に支持する設計とし、地震時の慣性力、土圧、地震後の繰返しの津波波力、漂流物衝突力、余震に対して構造健全性を保持する構造とする。

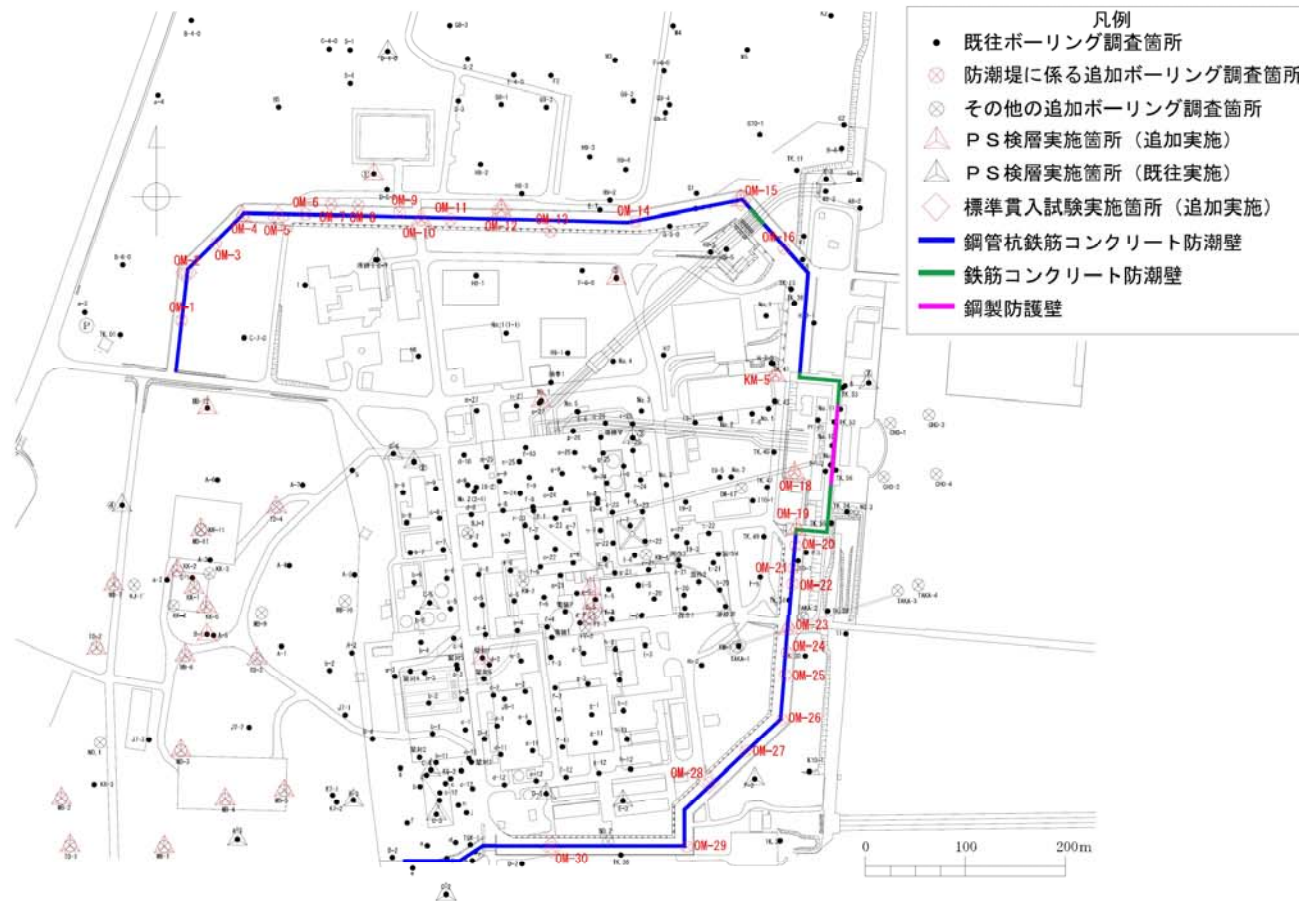
【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎地盤の要求事項とその対応】

設置許可基準規則第3条の要求事項	要求事項に対する対応
十分に支持することができる地盤 (基準地震動に対する支持性能の確保)	・保守的に支持層である岩盤のみで支持力を確保できることを確認
変形した場合においても安全機能が損なわれるおそれがない地盤 (変形:液状化,揺すり込み沈下等)	・液状化の可能性を考慮した有効応力解析を実施 ・周辺地盤の変形を想定した表層面付近の地盤改良の実施 ・施工ブロック間,異種構造物間へ止水ジョイントを設置
変位が生じるおそれがない地盤	・敷地内に断層が存在しないことを確認

2. 敷地の地質及び追加地質調査計画について 第四系の地質構造に関する追加調査について(1/4)



・今後、防潮堤地質縦断面図における第四系の地質構成や岩盤までの深度について、更に精度を高め設計・施工に反映させるため追加ボーリング調査（地質調査、PS検層、標準貫入試験等）を実施する。



※ボーリング調査位置については、干渉物等を回避するため実施時には位置が多少変更となる可能性がある

2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

設置許可基準規則第3条第1項, 第2項の条文適合方針を踏まえた基礎地盤安定性評価方針

【設置許可基準規則第3条第1項, 第2項に対する条文適合方針について】

- ◆ 当社における耐震重要施設等※は, 直接または杭を介して十分な支持性能を有する岩盤(久米層)で支持する。(第1項適合)
- ◆ 杭基礎構造物においては, 豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合においても, 支持機能及び杭本体の構造が成立するよう設計する。また, 液状化を仮定した際の地盤変状を考慮した場合においても, その安全機能が損なわれないよう, 適切な対策を講ずる設計とする。(第1項及び第2項適合)



【上記の条文適合方針を踏まえた基礎地盤安定性評価方針】

基礎地盤のすべり

耐震重要施設※の杭基礎については, 豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合においても, 杭本体の構造が成立するよう設計することから, 基礎地盤安定性評価においては, 杭体を貫通横断するような仮想すべり面は想定しない。

したがって, 杭基礎構造を有する耐震重要施設※については, 杭基礎の先端以深の支持岩盤を通る仮想すべり面を対象とした安定性評価を実施するとともに, 第四紀層のせん断強度をゼロと仮定した場合の安定性評価も実施する。

基礎地盤の支持力

基礎地盤の安定性評価においては, 第四紀層の杭周面摩擦力を支持力として考慮した支持力評価を行うとともに, 第四紀層の杭周面摩擦力を支持力として考慮しない仮定においても, 杭基礎による基礎岩盤への最大鉛直力度(接地圧)に対する支持力評価を行う。

※ 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)

【指摘事項】第486回審査会合(H29. 7. 13)

防潮堤のルート変更により、基準津波の選定のために用いた敷地前面の評価点における水位が変わると考えられる。基準津波の選定に影響があるので、再評価を実施すること。

【回答概要】

- 第486回審査会合(H29.7.13)においてご説明した防潮堤ルートの変更を反映して、基準津波の検討を実施し、防潮堤ルートの変更が基準津波波源への影響がないことを確認した。

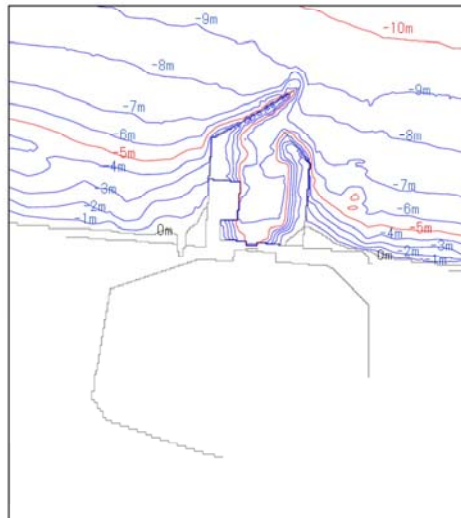
第503回審査会合(H29.09.01)
 (地震・津波側審査会合)
 【資料1-1】

第390回審査会合
 資料1-2 修正

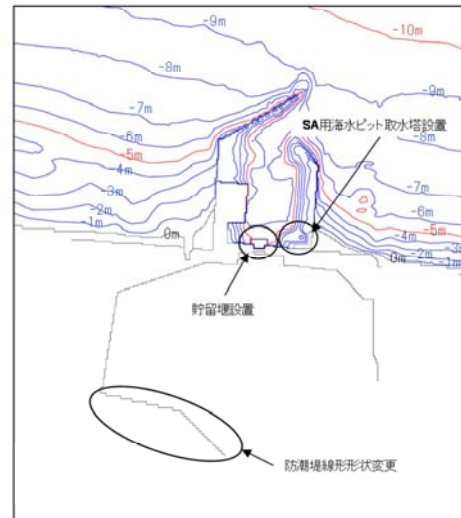
補足説明資料 1. 最終設備形状の反映による基準津波への影響について

2.1 モデル化の概要

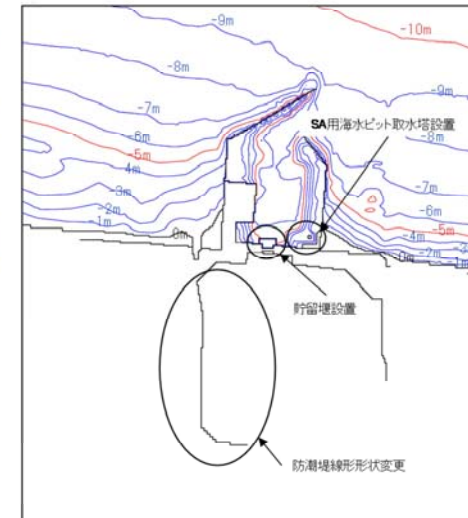
- 設備形状の反映による基準津波への水位の影響を把握するため、設置変更許可申請時のモデルとの水位を比較する。
- 防潮堤線形形状の変更, 貯留堰及びSA用海水ピット取水塔を追加設置したモデルに変更した。



設置変更許可申請時のモデル
 (H28.1.22 第320回審査会合)



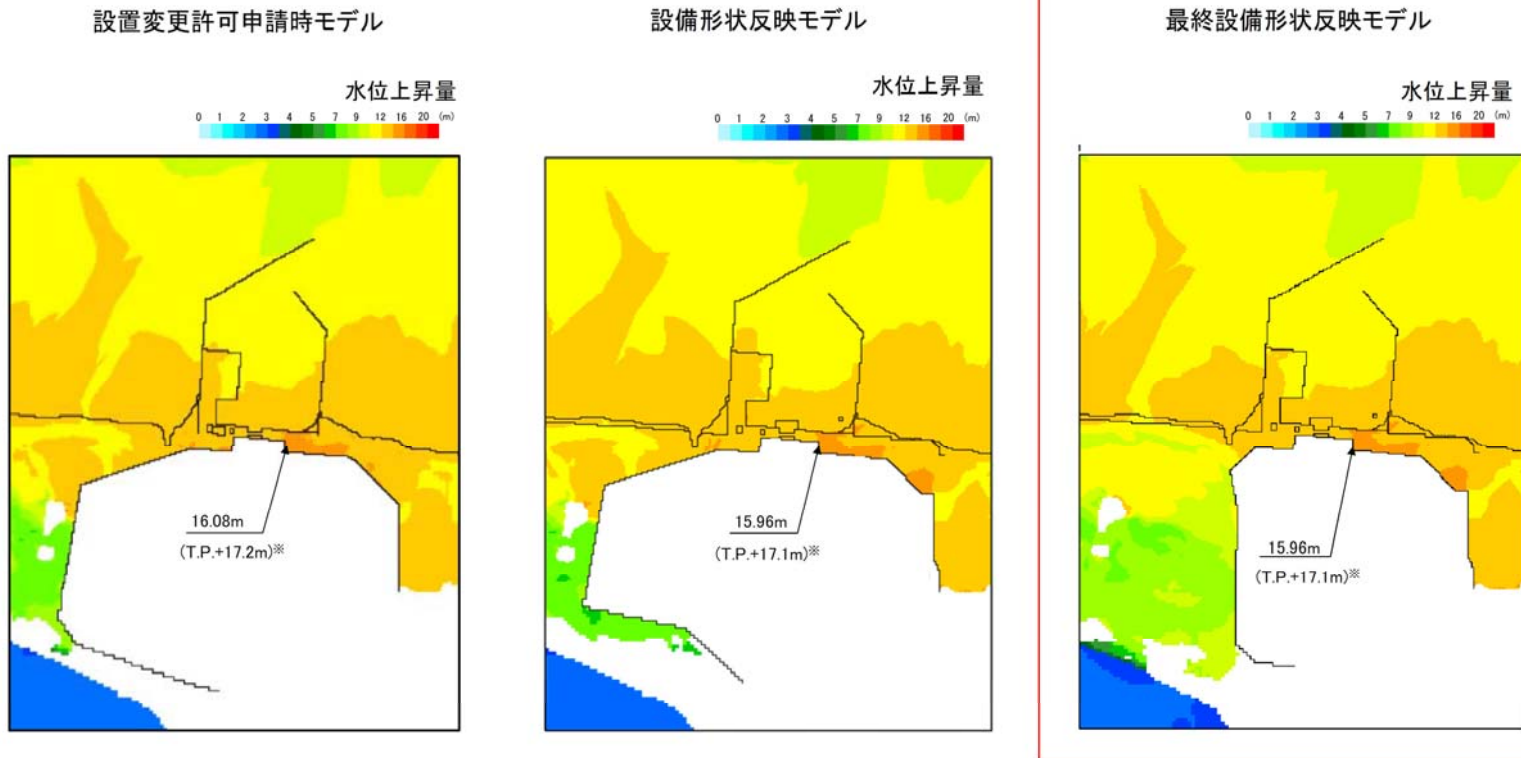
設備形状を反映したモデル
 (H28.8.19 第390回審査会合)



最終設備形状を反映したモデル

第503回審査会合(H29.09.01)
 (地震・津波側審査会合)
 【資料1-1】

補足説明資料 1. 最終設備形状の反映による基準津波への影響について
 2.3 評価結果:水位上昇側(最大水位上昇量分布)



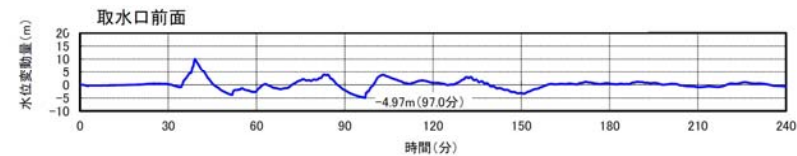
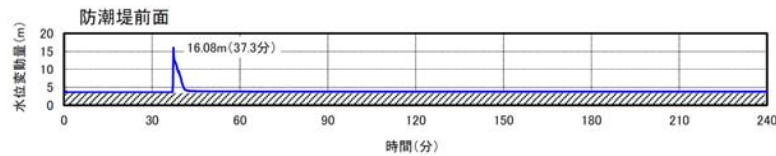
最大水位上昇量分布
 (A-3 : 南へ20km移動, 破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s, 立ち上がり時間30秒)

※ 潮位及び地殻変動量(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む)を考慮

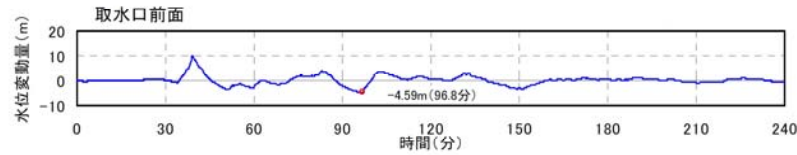
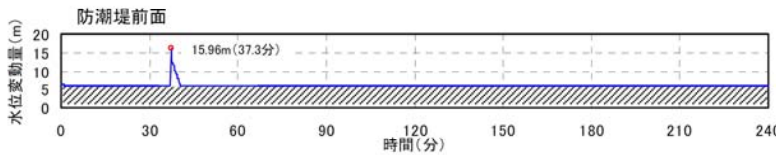
第503回審査会合(H29.09.01)
 (地震・津波側審査会合)
 【資料1-1】

補足説明資料 1. 最終設備形状の反映による基準津波への影響について
2.3 評価結果(時刻歴波形)

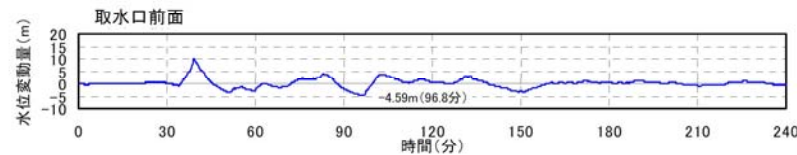
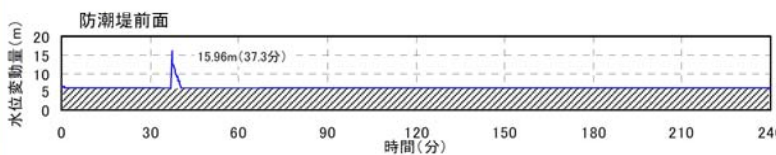
■ 設置変更許可申請時モデル



■ 設備形状反映モデル



■ 最終設備形状反映モデル



【指摘事項】第504回審査会合(H29. 9. 5)

遡上解析結果を踏まえ、敷地南西部の他事業所敷地内を含む地山に対する洗掘対策(延長、幅、深さ等)について、整理して説明すること。

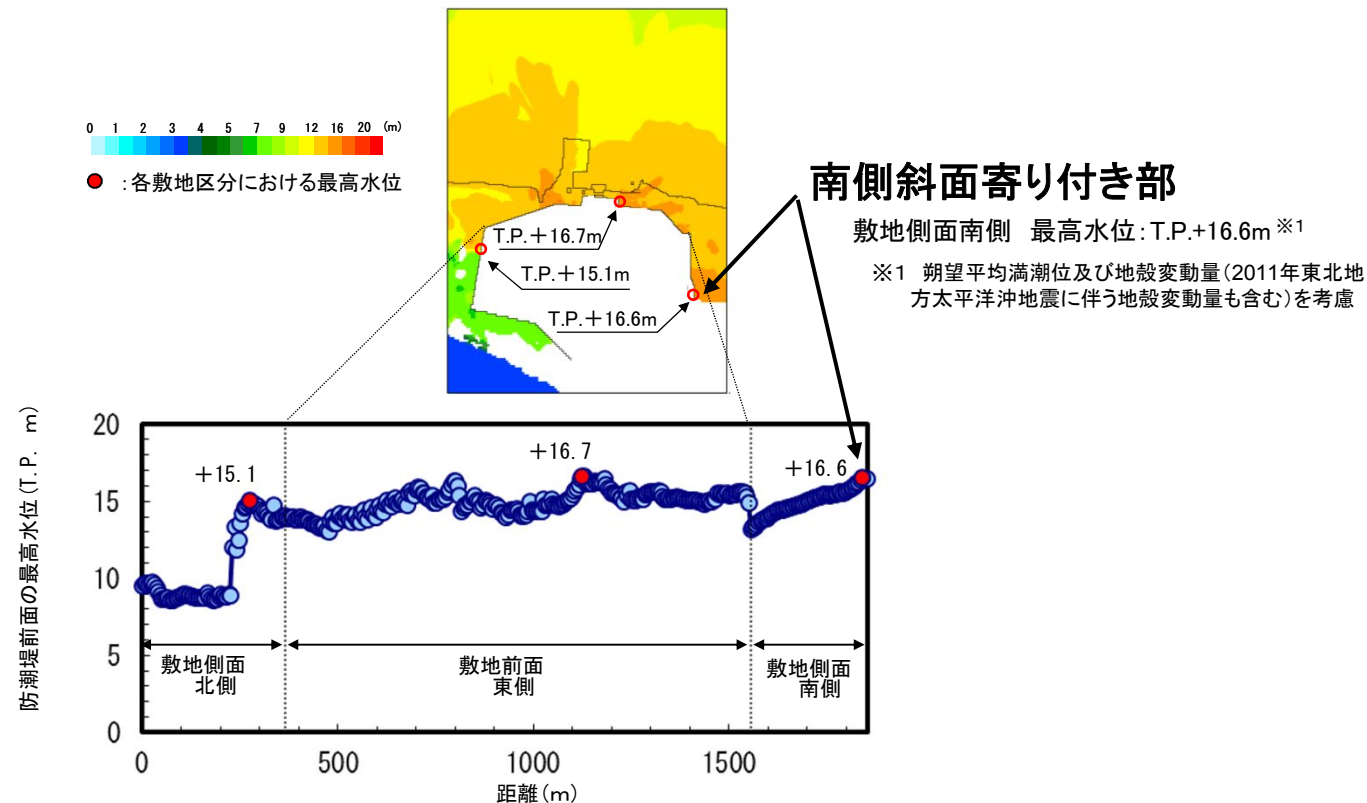
【回答概要】

- 基準津波による津波遡上解析の結果、敷地南西部の防潮堤地山寄り付き部(T.P.+18m)に遡上する津波高さはT.P.+16.6mであることを確認した。これに潮位のばらつきを考慮しても津波遡上高さはT.P.+16.8mであり、防潮堤高さを超えることはない。
- 基準津波を超え敷地に遡上する津波(T.P.+24m津波)による津波遡上解析結果では、南側斜面地山寄り付き部に遡上する津波高さがT.P.+20m程度となる。更に広域で確認すると、南側斜面地山寄り付き部の南側において、最高水位がT.P.+22m程度の範囲が確認される。
- この基準津波を超え敷地に遡上する津波(T.P.+24m津波)の広域における遡上高さを考慮し、南側斜面地山寄り付き部(T.P.+18m)の延長上にT.P.+22m付近まで地盤改良を行い、洗掘防止対策を計画した。

■ 基準津波の津波遡上解析結果（南側斜面寄り付き部）

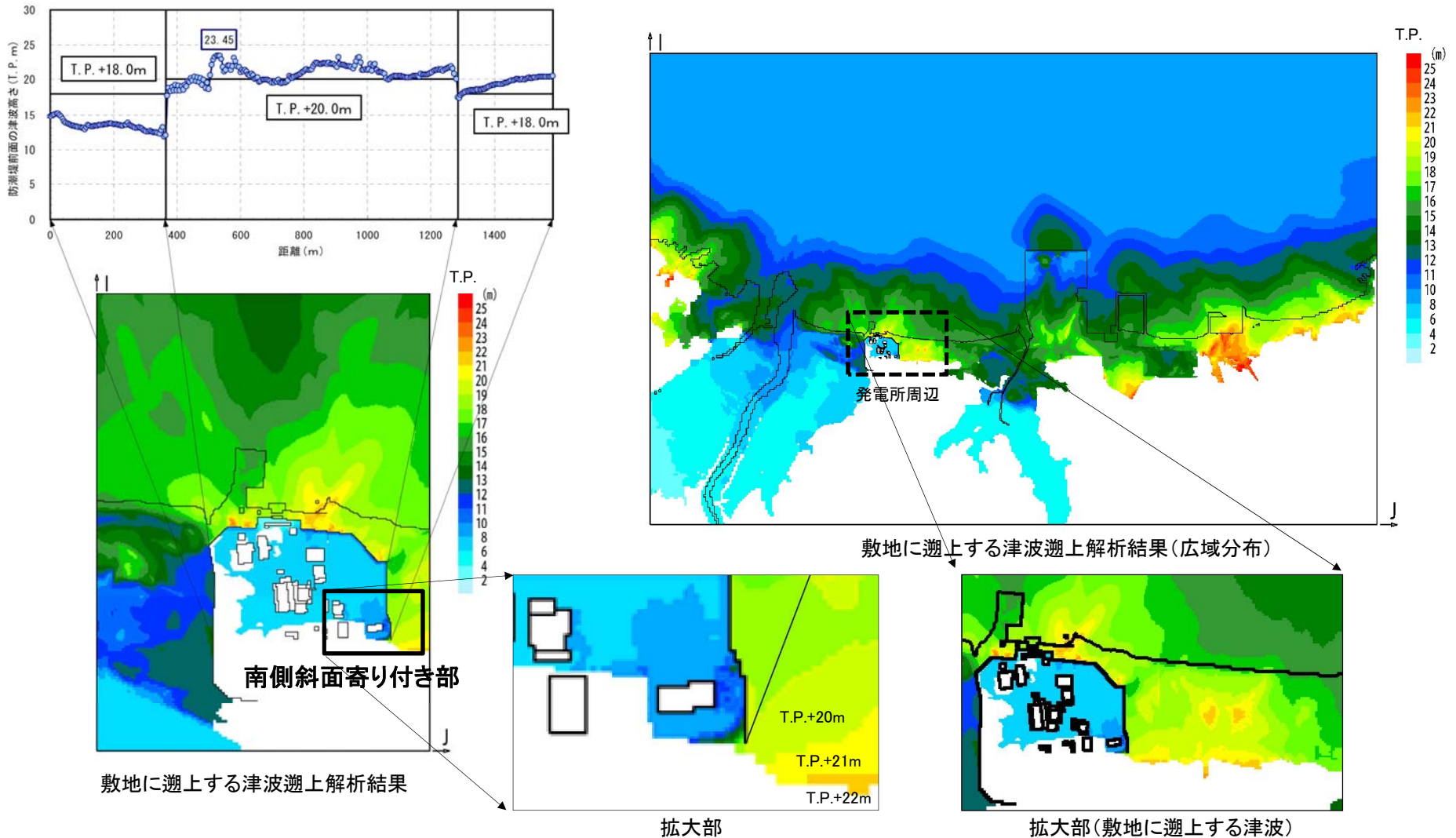
- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と南側斜面寄り付き部の洗掘対策は、津波遡上解析結果を用いて範囲を決定する。
- 津波遡上解析の結果、南側斜面地山寄り付き部の最高水位はT.P.+16.6mであり、潮位のばらつきを考慮した場合でもT.P.+16.8mまで遡上することとなるが、防潮堤天端高さT.P.+18.0mには及ばない。

【地盤変状あり(防波堤なし)モデルによる最高水位】



■ 基準津波を超え敷地に遡上する津波（T.P.+24m津波）の津波遡上解析結果

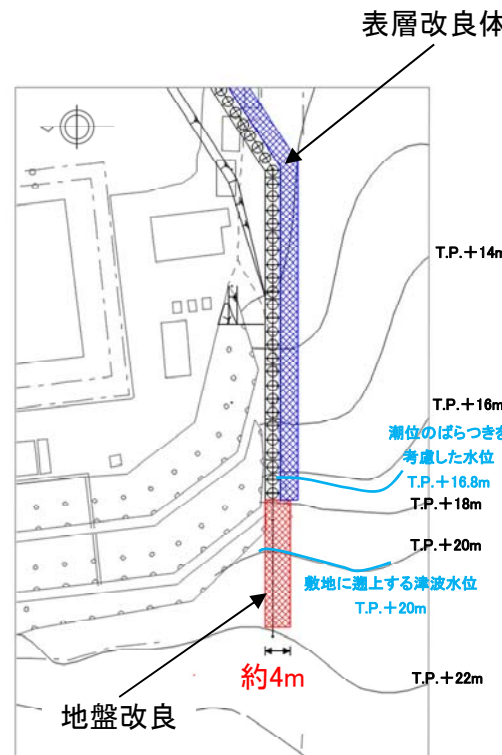
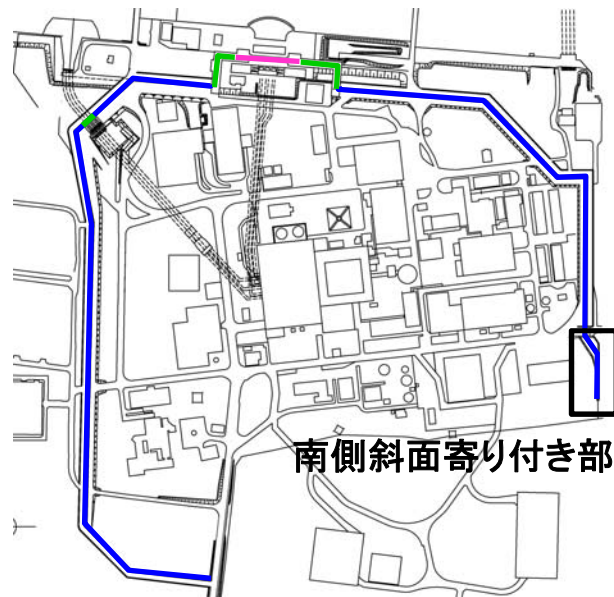
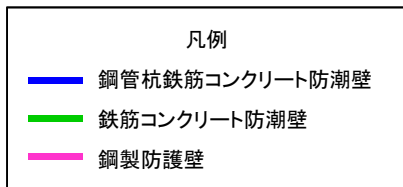
- 基準津波を超え敷地に遡上する津波（T.P.+24m津波）の津波遡上解析の結果，南側斜面寄り付き部の最高水位はT.P.+20m程度となる。
- 更に広域を見ると，南側斜面寄り付き部の南側において最高水位がT.P.+22m程度となる範囲が一部確認される。



防潮堤関係 指摘事項28（耐津波設計方針）



- 基準津波による津波遡上解析結果では、防潮堤南部先端まで津波が及ぶことはないが、基準津波を超え敷地に遡上する津波(T.P.+24m津波)による津波遡上解析結果ではT.P.+20mまで津波が遡上することから、南側斜面寄り付き部からの回り込み等による洗掘を防止するため、地盤改良による洗掘対策を行うこととする。
- 地盤改良深度は岩盤までとし、南側斜面寄り付き部近傍での最高水位である約T.P.+22mを考慮し、防潮堤延長上のT.P.+22m程度まで地盤改良範囲とする。
- なお、地盤改良幅は防潮壁の幅に比較して余裕を持たせ4m程度とする。

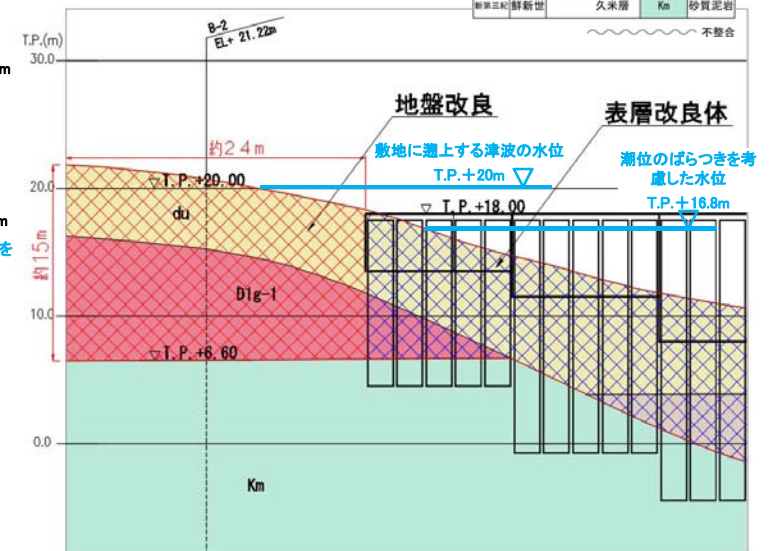


拡大図

地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相
完新世	砂丘砂層	du	砂
		Ag2	砂礫
	沖積層	Ac	粘土
		As	砂
第四紀	D2	Ag1	砂礫
		D2c-3	シルト
	D2	D2a-3	砂
		D2c-2	シルト
	D1	D2a-2	砂礫
		lm	ローム
	D1	D1c-1	シルト
		D1g-1	砂礫
第三紀	久米層	Km	砂質泥岩

不整合



【指摘事項】第504回審査会合(H29. 9. 5)

設置許可段階で構造成立性を示すべき項目と、工認段階で設計結果を示すべき項目を明確にするとともにその理由も含めて説明すること(地質調査を含む)。工認段階で示すべき項目については、設置許可段階でその目的、手法、条件を説明すること。

【回答概要】

- 設置許可段階で構造成立性を示すべき項目と、工認段階で設計結果を示すべき項目を整理した。
- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性を確認するため、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」等に基づき、基準地震動 S_s 及び基準津波による荷重等に対して、構造体の主要構造部位である鋼管杭、地表部の鉄筋コンクリート防潮壁、止水ジョイント部、地盤高さの嵩上げ部、表層改良体の健全性を確認する。その他の構造部位については、設計方針を示し今後の詳細設計でその仕様の詳細を決定する。
- なお、現在実施している追加地質調査により、今後地質分布の細部が更新になる可能性も見据え、主要構造部位の検討に当たっては、構造体に対して厳しい評価となる断面や地質条件での解析評価を行い、十分な構造強度であること及び止水性能を有することについて確認する。

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）

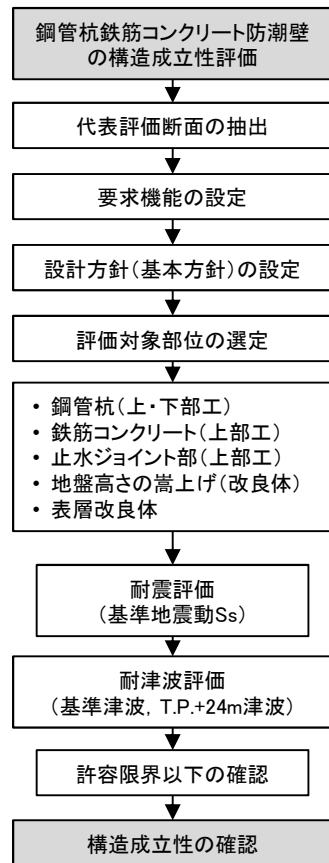
設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性を確認するため、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」等に基づき、基準地震動 S_s 及び基準津波による荷重等に対して、構造体の主要構造部位である鋼管杭、地表部の鉄筋コンクリート防潮壁、止水ジョイント部、地盤高さの嵩上げ部、表層改良体の健全性を確認する。その他の構造部位については、設計方針を示し今後の詳細設計でその仕様の詳細を決定する。

なお、現在実施している追加地質調査により、今後地質分布の細部が更新になる可能性も見据え、主要構造部位の検討に当たっては、構造体に対して厳しい評価となる断面や地質条件での解析評価を行い、十分な構造強度であること及び止水性能を有することについて確認する。

構造成立性評価の荷重等について



耐震・耐津波評価の流れ

荷重ケース	荷重	安全側に設計するための配慮
地震時	<ul style="list-style-type: none"> 地震荷重 基準地震動S_sのうち代表2波(S_s-D1波, S_s-31波) 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての液状化対象層に豊浦標準砂の液状化強度特性を仮定した評価 粘土層の層厚の影響を考慮した評価(最大あるいは最小厚でモデル化) 岩盤の傾斜角の影響を考慮した評価
津波時	<ul style="list-style-type: none"> 津波荷重 以下の入力津波高さ及び設置地盤高さを考慮し朝倉式により算定した波圧以上を設定する。 <ul style="list-style-type: none"> 敷地前面東側: T.P.+17.9m 敷地側面北側: T.P.+15.4m 敷地側面南側: T.P.+16.8m 漂流物衝突荷重: 道路橋示方書式により衝突荷重を算定する。衝突荷重490kN(作業台船重量50tf, 津波流速10m/s) 	<ul style="list-style-type: none"> 本震後の地盤状況を考慮した地盤バネの設定(バネ定数及びバネの上限値を変え、下部工・上部工に最も厳しい組み合わせで評価する) 水理模型実験等で確認した津波波力より大きな波力を用いた設計 鉄筋コンクリート梁壁の梁バネモデルを用いることにより断面力を保守的に算定した照査(三次元モデルによる確認) 1ユニット内で地盤剛性の影響を考慮した設計(両端に$\pm 1\sigma$物性に相当するバネを配置) 津波漂流物を構造体にとって最も厳しくなる位置に載荷 1ユニット内で岩盤の傾斜角の影響を考慮
重畳時 (余震+津波)	<ul style="list-style-type: none"> 余震荷重: 弾性設計用地震動S_d-d1波 津波荷重: 津波時と同様 	
T.P.+24m津波時	<ul style="list-style-type: none"> 津波荷重: 入力津波高さ(T.P.+24m)及び設置地盤高さを考慮し朝倉式により算定 漂流物衝突荷重: 道路橋示方書式により衝突荷重を算定する。衝突荷重736kN(作業台船重量50tf, 津波流速15m/s) 	
重畳時 (余震+TP+24m津波)	<ul style="list-style-type: none"> 余震荷重: 弾性設計用地震動S_d-d1波 津波荷重: T.P.+24m津波時と同様 	

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）



設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁について、安全審査段階で構造成立性を見通しを示す上で必要な確認事項と項目について整理した結果を示す。

下部工の評価について

		設置許可段階(設計方針と見通し)		工認審査段階
評価部位		代表断面③ (壁高が高く、杭長が長い断面)	代表断面④ (岩盤の傾斜角が大きい断面)	代表断面③④他一般部
下部工	基礎地盤 (岩盤:km層)	<p>【確認事項】 基礎地盤の健全性(支持力) 設置許可基準規則第3条第一項に基づき、地質の特長を模擬した評価ケースにおいても、杭の支持層である岩盤部のみで、極限支持力以下であることを確認する。</p>	<p>【確認事項】 杭の周面摩擦力及び岩盤の先端支持力を考慮して、極限支持力以下であることを確認する。</p>	<p>【確認事項】 杭の周面摩擦力及び岩盤の先端支持力を考慮して、極限支持力以下であることを確認する。</p>
		<p>【提示内容】 (1)地震時 (二次元有効応力解析) (2)津波時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)</p> <p>(安全側となる配慮) ・地質分布や地盤物性の不確かさを考慮し、液状化検討対象層に豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定し強制的な液状化をさせるモデルなどのパラメータスタディを実施する。</p>	<p>【提示内容】 (1)地震時 (二次元有効応力解析) (2)津波時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)</p> <p>(安全側となる配慮) ・岩盤傾斜部で最も傾斜角が大きい区間をモデル化し評価を行う。</p>	<p>【提示内容】 (1)地震時 (二次元有効応力解析) (2)津波時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)</p>

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）

設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁について、安全審査段階で構造成立性の見通しを示す上で必要な確認事項と項目について整理した結果を示す。

下部工の評価について

		設置許可段階(設計方針と見通し)		工認審査段階
評価部位		代表断面③ (壁高が高く、杭長が長い断面)	代表断面④ (岩盤の傾斜角が大きい断面)	代表断面③④他一般部
下部工	鋼管杭 (SM570, φ2,500mm, t=35mm)	【確認事項】 鋼管杭の健全性(曲げ, せん断, 座屈) 鋼管杭に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。	【確認事項】 鋼管杭の健全性(特異なモードの有無) 岩盤傾斜部の増幅特性および振動特性について確認し、1ブロック内の挙動について特異なモードがないか評価する。また、1ユニット両端の相対変位量について評価する。	【確認事項】 鋼管杭に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
		【提示内容】 (1)地震時 (二次元有効応力解析) (2)津波時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (安全側となる配慮) ・地盤バネの設定について、地盤ばね定数、上限値の組合せにより、下部工に対して厳しい条件となるケースを確認する。 ・漂流物荷重は、下部工に対して厳しくなる位置に作用させる。	【提示内容】 (1)地震時 (一次元等価線形解析, 二次元有効応力解析, 静的三次元FEM解析) (安全側となる配慮) ・岩盤傾斜部における杭の振動特性を評価する。 ・岩盤傾斜部の1ユニット両端部杭の相対変位について解析モデルでの違いを確認する。 ・岩盤傾斜部の増幅特性について確認する。	【提示内容】 (1)地震時 (二次元有効応力解析) (2)津波時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）

設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針



上部工の評価について

		設置許可段階（設計方針と見直し）		工認審査段階
評価部位		代表断面③ （壁高が高く、杭長が長い断面）	代表断面④ （岩盤の傾斜角が大きい断面）	代表断面③④他一般部
上部工	【梁壁部】 鉄筋コンクリート （鉄筋コンクリート梁壁）	【確認事項】 鉄筋コンクリート梁壁の健全性(曲げ, せん断) 1ユニット内で地質分布が異なる場合を想定し、鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート梁壁)に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。	【確認事項】 鉄筋コンクリート梁壁の健全性(曲げ, せん断) 1ユニット内で基礎岩盤の傾斜を想定し、鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート梁壁)に与える影響について確認する(発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する)。	【確認事項】 鉄筋コンクリート梁壁に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
	コンクリート (Fck=40N/mm ²) 鉄筋 (SD490)	【提示内容】 (1)地震時 (二次元梁バネモデル解析, 三次元FEM解析) (2)津波時 (二次元梁バネモデル解析, 三次元FEM解析) (3)重畳時 (二次元梁バネモデル解析, 三次元FEM解析) (安全側となる配慮) ・1ユニット内で杭両端部の地盤バネ±1σとするなど、上部工に対して厳しい結果となるよう考慮する。 ・地盤バネの設定について、地盤ばね定数、上限値の組合せにより、上部工に対して厳しい条件となるケースを確認する。 ・漂流物荷重は、上部工にとって厳しくなる位置に作用させる。	【提示内容】 (1)地震時 (三次元静的FEM解析) (安全側となる配慮) ・岩盤傾斜部で最も傾斜角が大きい区間をモデル化し評価を行う。	【提示内容】 (1)地震時 (二次元梁バネモデル解析) (2)津波時 (二次元梁バネモデル解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元梁バネモデル解析) (4)最も厳しい荷重 (三次元静的FEM解析) 応答値が大きい「二次元梁バネモデル」で工認資料を提出 鋼管鉄筋コンクリート(SRC部)の配筋は、鉄筋コンクリート梁壁の主筋と同径・同ピッチで主筋を配置し、また、主筋の面積比1/3の配力筋を配置する。 これを基本構造として評価するが、三次元静的FEM解析で最も厳しいケースでも工認資料で示す。

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）

設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針



上部工の評価について

		設置許可段階(設計方針と見通し)		工認審査段階
評価部位		代表断面③ (壁高が高く、杭長が長い断面)	代表断面④ (岩盤の傾斜角が大きい断面)	代表断面③④他一般部
上部工	【SRC部】 鋼管杭(鋼管鉄筋コンクリート壁)	【確認事項】 鋼管鉄筋コンクリートの健全性 1ユニット内で地質分布が異なる場合を想定し、鋼管鉄筋コンクリートに与える影響について確認する(発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する)。	【確認事項】 鋼管鉄筋コンクリートの健全性 1ユニット内で基礎岩盤の傾斜を想定し、鋼管鉄筋コンクリートに与える影響について確認する(発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する)。	【提示内容】 (1)地震時 (二次元梁バネモデル解析) (2)津波時 (二次元梁バネモデル解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時 (二次元梁バネモデル解析) (4)最も厳しい荷重 (三次元静的FEM解析)
	コンクリート (Fck=40N/mm ²) 鉄筋 (SD490) 鋼管杭 (SM570, φ2,500mm, t=35mm)	【提示内容】 (1)地震時(三次元FEM解析) (2)津波時(三次元FEM解析) (3)津波時(三次元FEM解析) (安全側となる配慮) ・地盤バネの設定について、地盤ばね定数、上限値の組合せにより、下部工に対して厳しい条件となるケースを実施する。 ・漂流物荷重は、杭体の曲げが大きくなる防潮堤天端に作用させる。	【提示内容】 (1)地震時(三次元静的FEM解析) (安全側となる配慮) ・岩盤傾斜部で最も傾斜角が大きい区間をモデル化し評価を行う。	応答値が大きい「二次元梁バネモデル」で工認資料を提出 鋼管鉄筋コンクリート(SRC部)の配筋は、鉄筋コンクリート梁壁の主筋と同径・同ピッチで主筋を配置し、また、主筋の面積比1/3の配力筋を配置する。これを基本構造として評価するが、三次元静的FEM解析で最も厳しいケースでも工認資料で示す。

上部工の評価について

		設置許可段階（設計方針と見直し）		工認審査段階
評価部位		一般部（直線部）	特殊部（隅角部）	一般部，特殊部
止水ジョイント部	止水ゴム等 （止水ゴム， 止水シート）	<p>【確認事項】 止水ゴム等の健全性（変位，圧力） 一般部で生じる構造物間の相対変位量に対して，止水ゴムが許容の伸び量範囲以下であることを確認する。 津波波圧について，止水ゴムが許容圧力以下であることを確認する。</p>	<p>【確認事項】 止水ゴム等の健全性（変位，圧力） 隅角部，異種構造物間の特殊部で生じる構造物間の相対変位量に対して，止水シートが許容の伸び量範囲以下であることを確認する。 津波波圧について，止水シートが許容圧力以下であることを確認する。</p>	<p>【確認事項】 一般部および特殊部で生じる構造物間の相対変位量に対して，止水シートが許容の伸び量範囲以下であることを確認する。 津波波圧について，止水シートが許容圧力以下であることを確認する。</p>
		<p>【実施内容】 (1) 止水性能試験（許容変位量） (2) 止水性能試験（許容耐圧力） (3) 地震時の変形量（二次元有効応力解析） (4) 津波時の止水ゴム部に作用する津波波力 (5) 重畳時の変形量（二次元有効応力解析）</p> <p>（安全側となる配慮）</p> <ul style="list-style-type: none"> • T. P. +24m津波波圧に裕度を見込んだ水圧にて水圧試験を実施 • 二次元有効応力解析から算定される変位量により確認 • 余震時の変位量は，安全側に二次元有効応力解析の最大変形量の1/2とする 	<p>【提示内容】 (1) 止水性能試験（許容変位量） (2) 止水性能試験（許容耐圧力） (3) 耐候性試験 (4) 地震時の変形量（二次元有効応力解析） (5) 津波時の止水ゴム部に作用する津波波力 (6) 重畳時の変形量（二次元有効応力解析）</p>	

上部工の評価について

		設置許可段階(設計方針と見通し)		工認審査段階
評価部位		一般部(直線部)	特殊部(隅角部)	一般部, 特殊部
止水ジョイント部	鋼製アンカー	【確認事項】 鋼製アンカーの健全性 止水ゴム等を固定する鋼製アンカーに発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。		【確認事項】 止水ゴム等を固定する鋼製アンカーに発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
		【提示内容】 (設計方針) ・ 地震時の止水ゴム等の引張り荷重に対して耐え得る設計方針	【提示内容】 (設計方針) ・ 地震時の止水ゴム等の引張り荷重に対して耐え得る設計方針	【提示内容】 (1)地震時(構造計算) (2)津波時(構造計算)
	鋼製防護部材	【確認事項】 鋼製防護部材の健全性 止水ゴム等を津波漂流物から防護する鋼製防護部材に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。		【確認事項】 止水ゴム等を津波漂流物から防護する鋼製防護部材に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
		【提示内容】 (設計方針) ・ 50tfの漂流物荷重に耐え得る構造とする設計方針 ・ 外部火災に対して止水ゴムジョイント部への熱対策となり得る構造とする。	【提示内容】 (設計方針) ・ 50tfの漂流物荷重に耐え得る構造とする設計方針	【提示内容】 (1)地震時(構造計算) (2)津波時(構造計算)

防潮堤関係 指摘事項29（防潮堤）

設置許可段階における構造評価の見通しに係る基本方針



その他部位の評価について

	設置許可段階(設計方針と見通し)	工認審査段階
評価部位	代表断面③ (壁高が高く、杭長が長い断面)	代表断面③④他一般部
地盤高さの嵩上げ(改良体) セメント改良 ($q=1N/mm^2$)	<p>【確認事項】 地盤高さの嵩上げ(改良体)の健全性 地盤高さの嵩上げの受働せん断面や底面等のせん断力が改良体のせん断耐力以内であることを確認する。</p> <p>【提示内容】 (1)地震時(二次元有効応力解析) (2)津波時(二次元フレーム解析) (3)重畳時(二次元フレーム解析)</p> <p>(安全側となる配慮) ・地質分布や地盤物性の不確かさを考慮し、液状化検討対象層に豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定し強制的な液状化をさせるモデルなどのパラメータスタディを実施する。 ・地盤高さの嵩上げ部の全体の沈下量が均等になるように配慮する。</p>	<p>【確認事項】 地盤高さの嵩上げの受働せん断面や底面等のせん断力が改良体のせん断耐力以内であることを確認する。</p> <p>【提示内容】 (1)地震時(二次元有効応力解析) (2)津波時(二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時(二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)</p>
表層改良体 セメント改良 ($q=1N/mm^2$)	<p>【確認事項】 表層改良体の健全性 表層改良体の受働せん断面等のせん断耐力が改良体のせん断耐力以下であることを確認する。</p> <p>【提示内容】 (1)地震時(二次元有効応力解析) (2)津波時(二次元フレーム解析) (3)重畳時(二次元フレーム解析)</p> <p>(安全側となる配慮) ・地質分布や地盤物性の不確かさを考慮し、液状化検討対象層に豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定し強制的な液状化をさせるモデルなどのパラメータスタディを実施する。 ・地盤高さの嵩上げ部の全体の沈下量が均等になるように配慮する。</p>	<p>【確認事項】 表層改良体の受働せん断面等のせん断耐力が改良体のせん断耐力以下であることを確認する。</p> <p>【提示内容】 (1)地震時(二次元有効応力解析) (2)津波時(二次元フレーム解析, TP+24m津波時含) (3)重畳時(二次元フレーム解析, TP+24m津波時含)</p>

その他部位の評価について

	設置許可段階（設計方針と見通し）	工認審査段階
評価部位	代表断面③ （壁高が高く、杭長が長い断面）	代表断面③④他一般部
シートパイル	【確認事項】 シートパイルの健全性 シートパイルがせん断耐力以下であることを確認する。	【確認事項】 シートパイルがせん断耐力以下であることを確認する。
	【提示内容】 （設計方針のみ） <ul style="list-style-type: none"> 地震時、津波時荷重に対して耐え得る設計方針とする。 	【提示内容】 (1)地震時（二次元フレーム解析） (2)津波時（二次元フレーム解析） (3)重畳時（二次元フレーム解析）

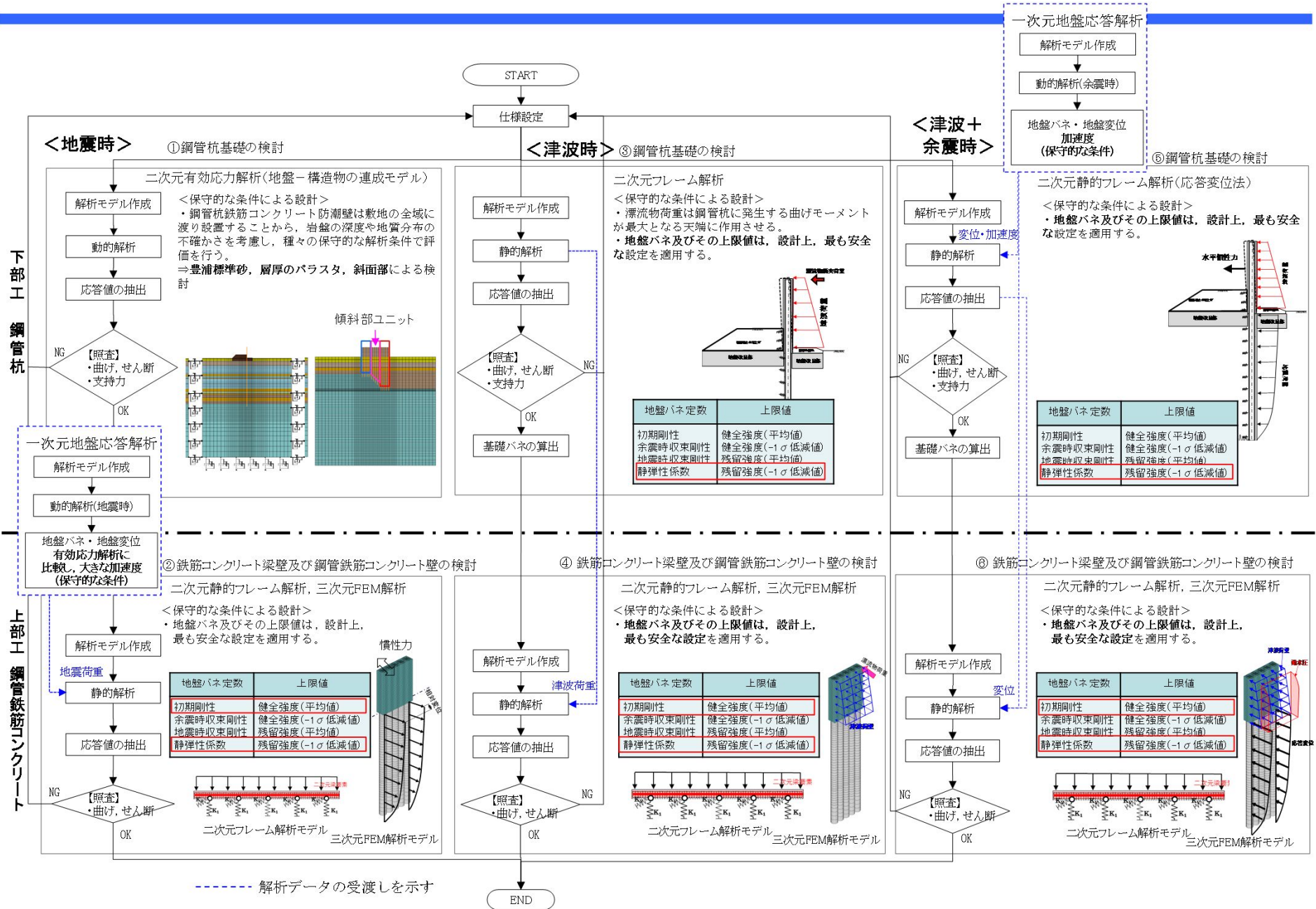
【指摘事項】第504回審査会合(H29. 9. 5)

上部工・下部工のそれぞれの部位における岩盤傾斜を模擬した解析を含むすべての検討について、荷重伝達を踏まえた荷重の受け渡しや検討条件の整合性又は包絡性について、体系的に整理するとともに、部位について厳しい条件となっているか示すこと。

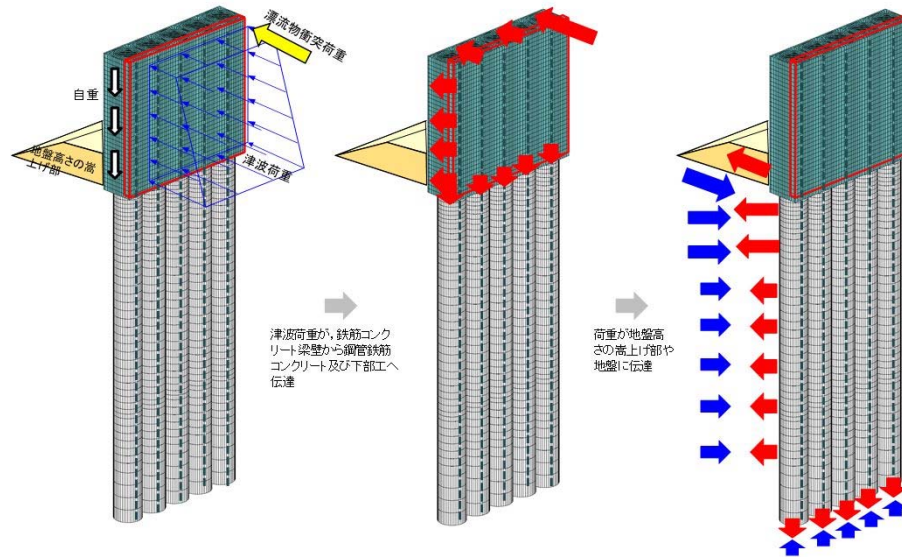
【回答概要】

- 上部工・下部工のそれぞれの部位における荷重条件別の検討についてフローに整理し、荷重伝達を踏まえた荷重の受け渡しや、検討条件の整合性および包括性について表現した。
- また、防潮壁の各部位に対して厳しい条件となるよう、設計条件の保守性について示した。

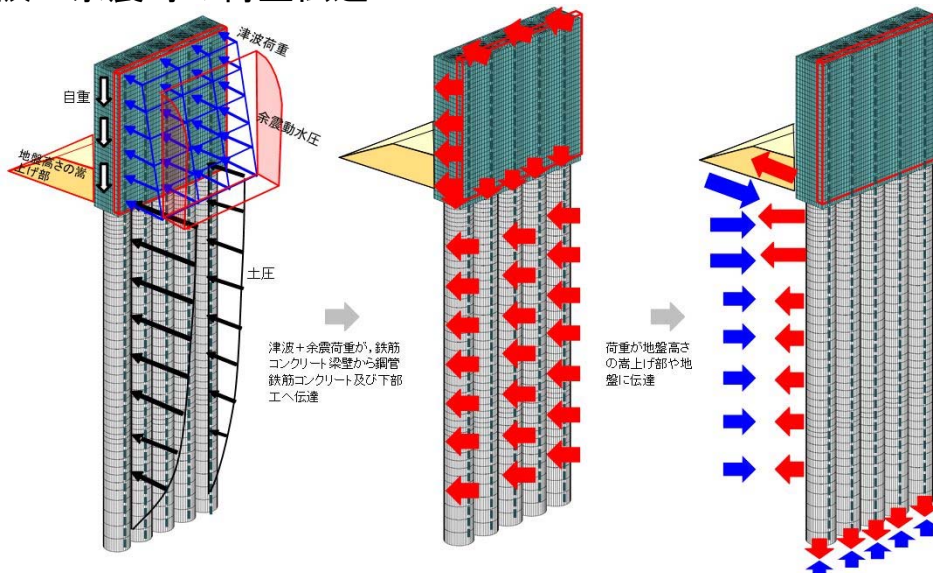
防潮堤関係 指摘事項30 (防潮堤)



津波時の荷重伝達



津波＋余震時の荷重伝達



津波や漂流物に対しては、堤外側の鉄筋コンクリート梁壁に津波や漂流物の荷重が伝わり、鉄筋コンクリート梁構造として鋼管鉄筋コンクリートを支点とした連続梁として抵抗する。その支点反力が鋼管鉄筋コンクリート壁に伝わり、下部工の鋼管杭へ荷重伝達される。

地震に対しては、下部工の鋼管杭の応答変位により各杭間に生じる相対変位から発生する荷重に対して、鋼管鉄筋コンクリート壁間を結んでいる鉄筋コンクリート梁壁により抵抗する。

鉄筋コンクリート梁壁には、せん断耐力筋が密に配置されており、梁壁のせん断抵抗力により構造物全体の健全性を確保することができる。