東海第二発電所　設計及び工事計画に係る説明資料
（防潮堤（鋼製防護壁）の構造変更）

2025年3月25日
日本原子力発電株式会社

本資料中の□は，商業秘密又は防護上の観点で公開できません。

目　次

１．概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
２．課題の整理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
３．課題を踏まえた基本方針
　３－１．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
　３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
　３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針・・・・・・・・・・・・・・・ 34
　３－３．施工性・検査に係る基本方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
４．構造成立性の見通し結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
５．今後の工程　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49

審査会合コメント整理表

今回説明するものでも更なる追加説明が必要なものについては，後段（STEP3以降）で追加説明を実施する。

審査会合		コメント	回答
第1240回	①	● 基準適合性を判断するために必要な調査項目を網羅的に整理し，不具合事象の全容を示すこと。 ● 調査結果を踏まえた既工認との相違点を網羅的に整理して説明すること。	回答済（第1259回）
	②	● 既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。	今回説明
	③	● 不確かさを考慮して設計すること（局部的に応力集中が起こる可能性も否定できない）。	今回説明（残置影響評価結果をSTEP3，4で説明）
	④	● 既工認と同様に，設計条件及び評価項目のすべてに対して説明する等検討すること。 ● ~~既工認の健全な構造での応答値を使って耐震耐津波評価を行っていることの妥当性を検討すること。~~※	今回説明 ※方針変更に伴い削除
第1259回	⑤	● 現状の調査結果からは不具合の全容を確認したことにはならないため，作り直しも含めて対応方針を整理して示すこと。	回答済（第1280回）
第1280回	⑥	● 鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。	今回説明
	⑦	● 地中連続壁を残置する影響については，想定される様々な角度から十分に検討すること。	今回説明（残置影響評価結果をSTEP3，4で説明）
	⑧	● 地盤改良，新規基礎追加等については，周辺施設に与える影響を網羅的に検討すること。また，実現性のある工事計画を綿密に立案すること。	今回説明（周辺施設への評価結果はSTEP4で説明）
	⑨	● 地盤改良を新たに実施する場合には改良土全体が所定の強度を有していることを確認するための品質管理方法について，設工認で示す内容，使用前事業者検査で示す内容を整理すること。	今回説明（試験施工の結果はSTEP4で説明）
第1309回	⑩	● 構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。	今回説明（詳細検討の結果はSTEP4で説明）
	⑪	● 説明スケジュールを明確にすること。	今回説明
	⑫	● 施工性について，施工管理が可能である旨も含めて具体的に説明すること。	今回説明

1．概要

1．概要

審査会合（第1309回）資料を一部変更

前回の審査会合（第1309回）では，STEP１の構造変更の概要及び今後の説明の流れについて示した。
今回は，STEP１の構造変更の詳細内容を含め，STEP２の基本方針の設定及び構造成立性の見通しについて説明する。
構造変更案については，設計及び施工性の基本方針の両者が成立するよう検討しているため，審査会合（第1309回）から一部構造の見直しを行っている。

今回説明範囲

STEP　1

●構造変更案の概要

- 構造変更案の概要（追加基礎・地盤改良の追加）
- 今後の説明の流れ

審査会合（第1309回）

STEP　2

●基本方針の設定※1

【耐震・耐津波評価】の基本方針
- 要求性能と設計評価方針
- 検討モデル（鋼管杭，地盤改良，頂版鉄筋コンクリート，地盤バネ，群杭の扱い等）
- 評価フロー，評価項目
- STEP3で示す耐震評価に係る構造成立性の評価方法

【影響評価】の基本方針
- 地中連続壁の残置影響に係る評価ロジック，評価条件，評価方針及び保守性の整理
- 追加基礎・地盤改良による周辺施設への影響に係る評価項目，評価方法，周辺施設の詳細情報

【施工性・検査】の基本方針
- 追加基礎・地盤改良の施工方法と設計への反映事項の整理
- 品質確保のための検査項目（品質管理目標）
- 地盤改良（薬液注入）の性能目標，物性値

●構造成立性の見通し

【耐津波評価】の結果※2
- 代表的な応力(断面力最大ケース)による各部の照査

STEP　3

●構造成立性

【耐震・耐津波評価】の結果
- 代表的な応力（断面力最大ケース）による各部の照査

【影響評価】の結果
- 代表的な応力（断面力最大ケース）による地中連続壁の残置影響評価

STEP　4

●詳細検討結果(補足事項含)

【耐震・耐津波評価】の結果
- 全解析ケースによる各部の照査

【影響評価】の結果
- 地中連続壁部の残置影響評価
- 追加基礎・地盤改良による周辺施設への影響評価

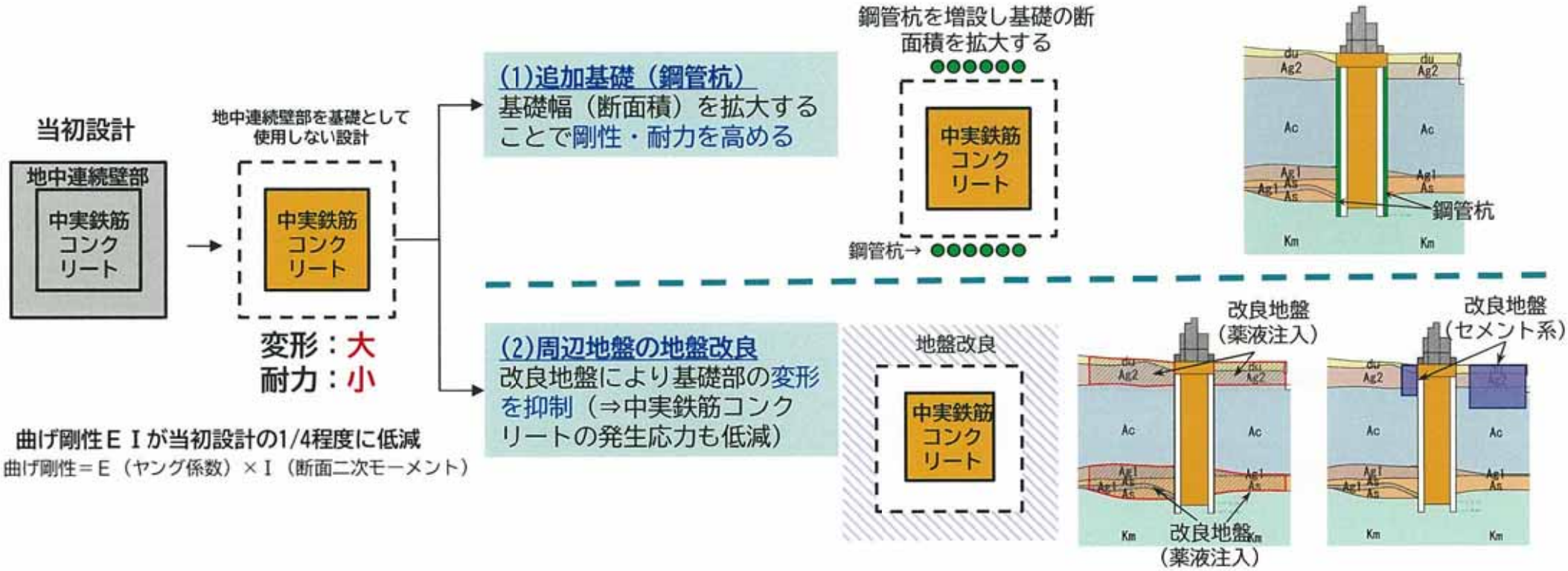
【施工性・検査】の確認結果
- 地盤改良物性値（ばらつき，液状化強度）に係る試験確認

※1　STEP2で設定した基本方針に基づき構造成立性の確認（STEP2，3），詳細検討（STEP4）を実施する。
※2　構造変更する基礎に対して，最も厳しい荷重条件である耐津波時（重畳時）を代表ケースとして見通しを確認する。

1．概要

（1）構造変更の経緯と考え方

- 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎は，地中連続壁部と中実鉄筋コンクリートを一体化して構築するものであるが，先行して設置した地中連続壁部にコンクリートの未充填や鉄筋の変形等の不具合を確認した。当該不具合の状況について調査を実施したが，その全容を把握することができなかったことから，不具合が生じた地中連続壁部については，残置するものの基礎として使用しない設計に変更した（審査会合（第1259回，第1280回））。
- 地中連続壁部を基礎として使用しない設計とすることにより，防潮堤基礎の剛性・耐力が確保できないため，その対策として「(1)追加基礎（鋼管杭）」及び「(2)周辺地盤の地盤改良」を取り入れた構造変更を実施することとした（審査会合（第1309回））。



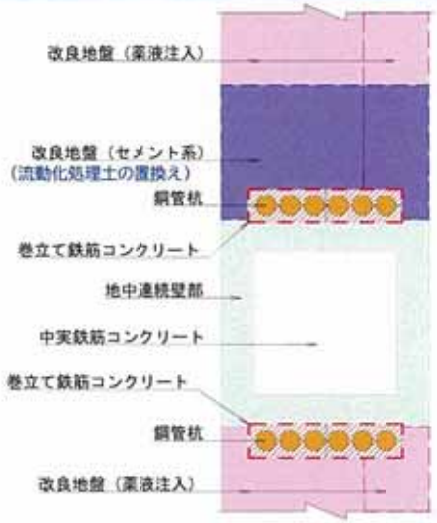
注）審査会合（第1280回）において「中実鉄筋コンクリートの構造変更」も対策の候補として示したが，超重量の鋼材を地下深部へ運搬することが困難であること，厚手鉄板の現地溶接が困難であることから採用しないこととした。

1．概要

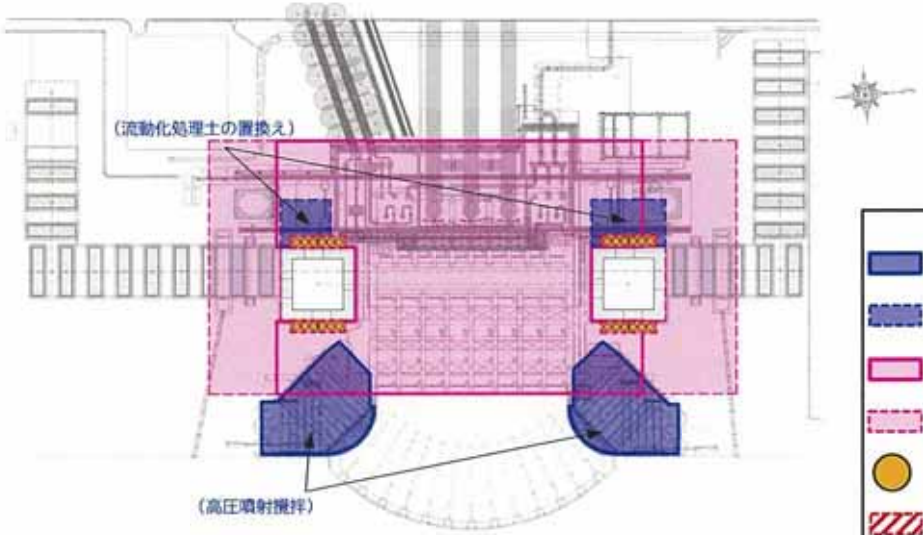
（2）構造変更の概要（追加基礎と改良地盤）

- 基礎を拡幅することで剛性・耐力を高める効果を得るため，基礎の東西側に鋼管杭（杭頭部は巻立て鉄筋コンクリートにより補強）を設置するとともに，頂版鉄筋コンクリートを鋼管杭の範囲まで拡大し，基礎構造として一体化させる。
- 基礎の西面には，基礎の変形抑制を目的として周辺地盤の浅層部にセメント系地盤改良（改良地盤（セメント系））を実施する。

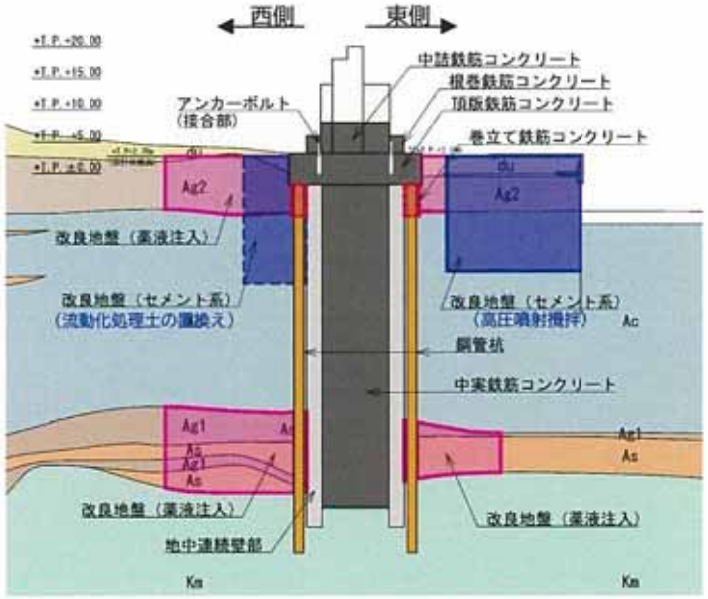
  注）改良範囲については，既設構造物との干渉及び施工性を考慮して範囲を設定
- 基礎の応答を低減させるため，基礎周辺地盤の液状化対象層に薬液注入地盤改良（改良地盤（薬液注入））を実施する。
- 残置する地中連続壁部は鉄筋コンクリートであるものの，強度を期待せず，評価上は地盤（改良地盤（薬液注入））として扱う。



北基礎平面拡大図
（追加基礎＋改良地盤）

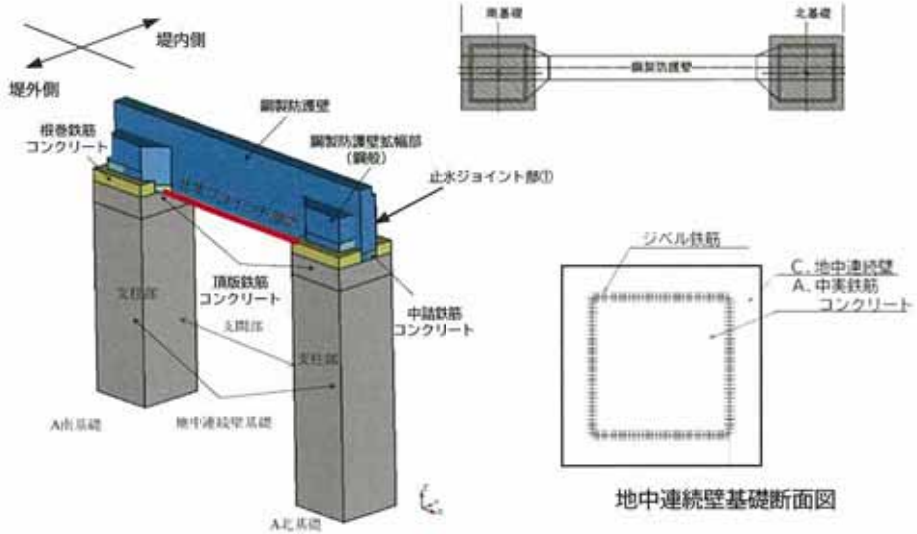
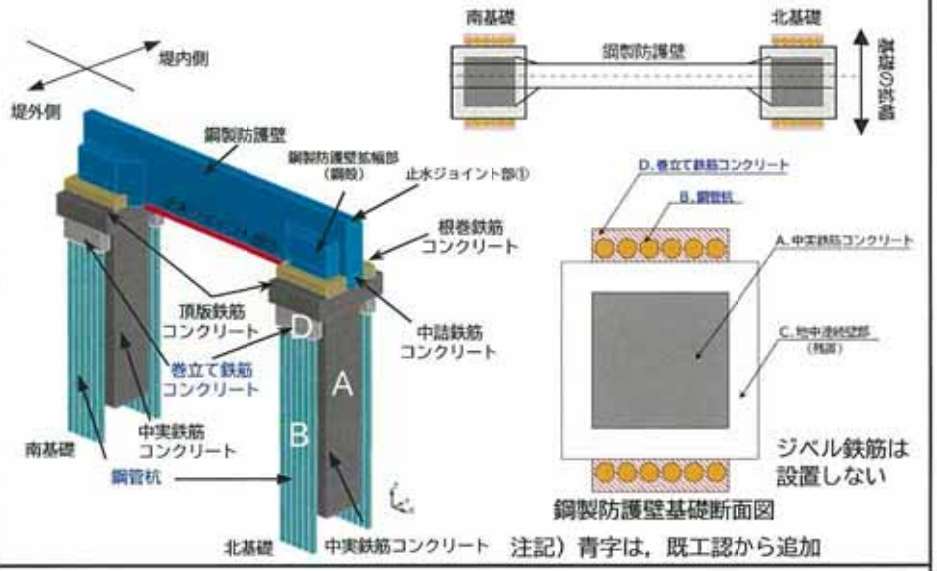


平面図（改良範囲図）



北基礎断面図

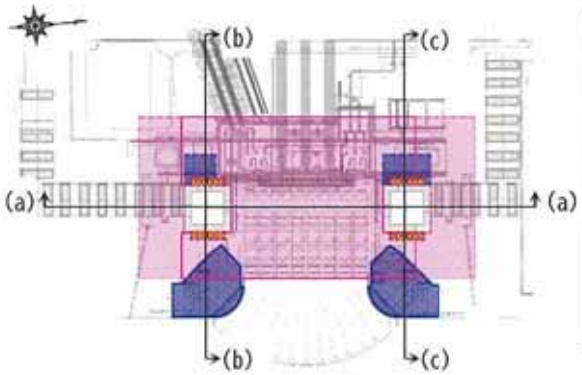
1．概要

	既工認※	構造変更
概略図		
上部工	・鋼製防護壁 ・中詰鉄筋コンクリート ・根巻鉄筋コンクリート ・止水ジョイント部	同左
接合部	・アンカーボルト	同左
下部工	・頂版鉄筋コンクリート ・地中連続壁基礎（A.中実鉄筋コンクリートとC.地中連続壁をジベル鉄筋により一体化した構造）	・頂版鉄筋コンクリート ・複合基礎（A.中実鉄筋コンクリート，B.鋼管杭，D.巻立て鉄筋コンクリート） ・C.地中連続壁は構造部材として考慮しない
周辺地盤	第四系（地盤改良なし）	第四系（地盤改良あり）
基礎地盤	久米層（岩盤）	同左

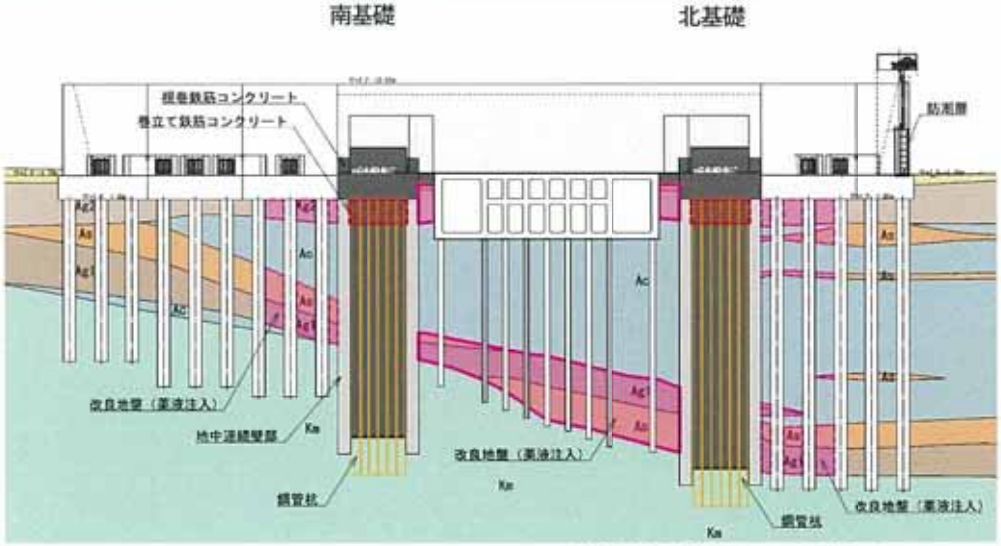
注記）※　平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された工事計画（以下，「既工認」という。）

1．概要

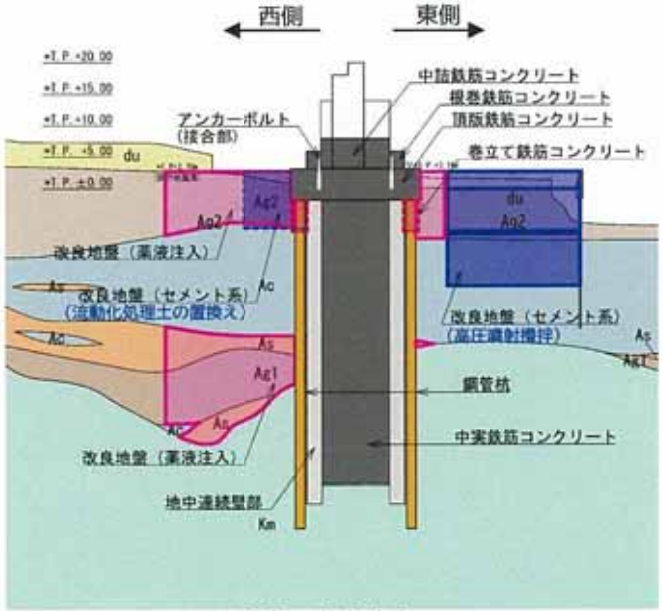
構造変更概要図



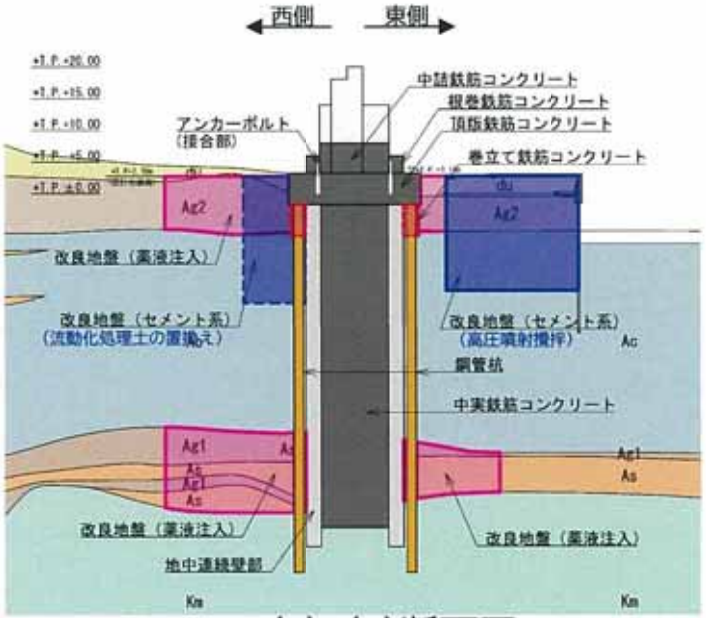
断面位置図



(a)-(a)断面図　（鋼管杭は「投影」して記載。）



(b)-(b)断面図



(c)-(c)断面図

2．課題の整理

2．課題の整理

構造変更に係る防潮堤（鋼製防護壁）の設計を行うに当たり，構造変更内容を踏まえ整理した課題を下表に示す。

構造変更を踏まえた課題の整理表

構造変更等	課題
追加基礎（鋼管杭）の設置	・追加する基礎及び地盤改良の要求性能や評価方法等の基本設計方針について，審査ガイドや既工認を踏まえ網羅的な検討が必要 ・追加する地盤改良等について，周辺施設・設備への影響の有無に係る確認が必要 ・地中連続壁部の不具合事象を踏まえ，実現性のある施工計画の綿密な立案及び確認が必要
周辺地盤の地盤改良	
地中連続壁部の残置 （地中連続壁部は基礎として使用しない設計）	・地中連続壁部を残置することから，構造変更後の防潮堤に与える影響の確認が必要

整理した課題を踏まえ，設定した基本方針について本資料で説明する。本資料の構成を下表に示す。

課題の整理を踏まえた本資料の構成表

(1)	構造変更に係る基本設計方針及び構造成立性評価 【３－１．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針】 【４．構造成立性の見通し結果】
(2)	地中連続壁部を残置することに対しての構造成立性（影響評価） 【３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針】
	地盤改良等に係る周辺施設・設備の構造成立性（影響評価） 【３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針】
(3)	構造変更後の施工性や検査に係る実現性 【３－３．施工性・検査に係る基本方針 】

３．課題を踏まえた基本方針

３－１．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針
３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針
３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針
３－３．施工性・検査に係る基本方針

３－１．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

耐震・耐津波設計に係るコメント

No	コメント
②	既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。
④	既工認と同様に，設計条件及び評価項目のすべてに対して説明する等検討すること。 ~~既工認の健全な構造での応答値を使って耐震耐津波評価を行っていることの妥当性を検討すること。~~
⑥	鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。
⑩	構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。

回答概要

No	回答概要
②，④，⑥，⑩	構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）について，規制・基準に基づく要求機能及び荷重伝達メカニズムと発生断面力の整理等を行った結果，耐震・耐津波設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認し，変更箇所においても適切なモデル化が可能であることを確認した。 また，要求機能を喪失する事象に対する設計・施工上の配慮に関する整理を行うに当たっては，「３－３．施工性・検査に係る基本方針」に示す検討も踏まえ，施工性や検査も考慮した実現性を含めた整理を行った。 なお，④のコメント「既工認の健全な構造での応答値を使って耐震耐津波評価を行っていることの妥当性を検討すること」については，第1259回審査会合以前の設計方針（地中連続壁部に期待した設計方針）を前提としたコメントであり，現在の設計方針（地中連続壁部に期待しない設計方針）には当たらないことから，コメントリストからは削除した。

３－１．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）について，規制・基準に基づく要求機能及び荷重伝達メカニズムと発生断面力の整理等を行った結果，耐震・耐津波設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認し，変更箇所においても適切なモデル化が可能であることを確認した。

また，要求機能を喪失する事象に対する設計・施工上の配慮に関する整理を行うに当たっては，「３－３．施工性・検査に係る基本方針」に示す検討も踏まえ，施工性や検査も考慮した実現性を含めた整理を行い，耐震・耐津波の評価手法を立案する。

検討項目（検討フロー）	検討結果
・ 要求機能と設計方針 ⇩	・ 上部工及び接合部においては，要求機能と設計方針に係る変更はない。 ・ 下部工のうち，構造変更により追加された「鋼管杭」「巻立て鉄筋コンクリート」「改良地盤（セメント系，薬液注入）」については，各要求機能を踏まえて新たに設計方針を設定するが，設計方針としては既工認（他の構造物を含む。）の範疇に包絡される。
・ 荷重伝達メカニズムと発生断面力の検討 ⇩	・ 荷重伝達メカニズムにおいては既工認と概ね同様である。 ・ 発生断面力について，構造変更のない上部工においては既工認と概ね同様であるが，構造変更となる下部工（中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート，頂版鉄筋コンクリート）については変更が生じることから，これを踏まえ，設計・施工上配慮すべき事項を検討する。
・ 要求機能を喪失する事象に対する設計・施工上配慮すべき事項の整理 ⇩	・ 構造変更となる下部工及び追加の改良地盤（セメント系，薬液注入）を中心に，要求機能の喪失を加味した設計・施工上配慮すべき事項を整理し，これを踏まえて耐震・耐津波の評価手法を立案する。
・ 既工認設計での評価手法と構造変更後の評価手法の比較整理	・ 新たに設定した耐震・耐津波設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認し，変更箇所においても適切なモデル化が可能であることを確認した。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（1）要求機能と設計方針（1/2）

防潮堤（鋼製防護壁）の各部位の要求機能と設計方針を一覧で示す。

赤字：荷重条件
緑字：要求性能
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	要求性能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計	評価対象部位		応力等の状態	損傷モード	
防潮堤（鋼製防護壁）	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、波力による倒壊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)余裕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） 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，合理的な解析，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（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波を想定した遡上波に対し，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（鋼製防護壁）は，基準地震動S_sに対し，津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう，構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）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（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波を想定した遡上波に対し，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（津波高さT.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さT.P.+20.0m）の設定により，海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口構造部の上部構造は，鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し，止水性を保持する設計とする。 ③取水口構造部の周辺に敷かる区間は，鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し，止水性を保持する設計とする。 ④上部構造を，頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリートを介して鋼製防護壁基礎に連結し，十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は，波圧による変形に追随する止水性を確保した止水シート等を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。 ⑥津波の波力による浸食や洗掘，地盤内からの浸水に対して耐性を有する頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリート厚を設定することにより，止水性を保持する設計とする。 ・防潮堤（鋼製防護壁）は，基準地震動S_sに対し， ⑦鋼材や鉄筋コンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性能を保持する設計とする。 ⑧上部構造は，頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリートを介して鋼製防護壁基礎に強固に連結し，十分な支持性能を有する地盤に支持するとともに，鋼製防護壁や鉄筋コンクリート防潮壁による止水性を保持する設計とする。 ⑨上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は，試験等により地震時の変形に追随し止水性を確認した止水シート等を設置することによる止水処置を講じる設計とする。	・防潮堤（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの来襲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，中詰鉄筋コンクリートと鋼管杭，敷立て鉄筋コンクリートの鋼製防護壁基礎，頂版鉄筋コンクリート，中詰鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造の構成し，津波後の再使用性を考慮し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし，十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とするとともに，主要な構造体の境界部には止水シート等を設置し，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（鋼製防護壁）は，基準地震動S_sによる地震時荷重に対し，中詰鉄筋コンクリートと鋼管杭，敷立て鉄筋コンクリートの鋼製防護壁基礎，頂版鉄筋コンクリート，中詰鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し，津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするとともに，主要な構造体の境界部には，止水シート等を設置し，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S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの来襲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，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である鋼材が，おおむね弾性状態に留まることを確認する。	上部工	鋼製防護壁	曲げ，せん断，ねじれ	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの来襲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，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である中詰鉄筋コンクリートが，おおむね弾性状態に留まることを確認する。		中詰鉄筋コンクリート	曲げ，引張り，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）」「コンクリート標準示方書」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの来襲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，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため，境界部に設置する止水ゴム，止水シート等が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。 また，止水シート等が止水性能を保持するための接続アンカーや鋼製防護部材は，おおむね弾性状態に留まることを確認する。		止水ジョイント部①	止水シート	変形，引張り	有意な漏えいに至る変形，引張り	メーカー規格及び基準並びに必要に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引張り力以下とする。
									鋼製アンカー	引張り，せん断，引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
									止水ジョイントの鋼製防護部材	曲げ，引張り，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造物設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。
								止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構	曲げ，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）」「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの来襲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，鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎を連結するアンカー部が構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である鋼材が，おおむね弾性状態に留まることを確認する。	接合部	鋼製防護壁アンカー	引張り，せん断，引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）」「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）」「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき短期許容応力度以下とする。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（1）要求機能と設計方針（2/2）

構造変更となった下部工（鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート）及び地盤（各改良地盤）の要求機能と設計方針は以下のとおり。

赤字：荷重条件
緑字：要求性能
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	要求性能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計	評価対象部位		応力等の状態	損傷モード	
防潮堤（鋼製防護壁）	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，波力による侵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，越波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。創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） 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，合理的な解析，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，防潮堤基礎部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本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（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波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恐れがないよう，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（鋼製防護壁）は，基本地震動S_sに対し，津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう，構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）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（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波を想定した施上波に対し，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。 ・防潮堤（鋼製防護壁）は，基本地震動S_sに対し，主要な構造部材の構造健全性を維持することで，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（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波を想定した施上波に対し，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（津水高さ(T.P.+17.9m)に余裕を考慮した天端高さ(T.P.+20.0m)）の設定により，海水ポンプ室周辺に設置する防止とする。 ②取水口構造部の上部構造は，鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し，止水性を保持する設計とする。 ③取水口構造部の南北に繋がる区間は，鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し，止水性を保持する設計とする。 ④上部構造を，頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリートを介して鋼製防護壁基礎に連結し，十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は，波圧による変形に追随する止水性を確認した止水シート等を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。 ⑥津波の波力による浸食や洗掘，地盤内からの浸水に対して耐性を有する頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリート厚を設定することにより，止水性を保持する設計とする。 ・防潮堤（鋼製防護壁）は，基本地震動S_sに対し， ①部材や鉄筋コンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性能を保持する設計とする。 ②上部構造は，頂版鉄筋コンクリート・中詰鉄筋コンクリートを介して鋼製防護壁基礎に強固に連結し，十分な支持性能を有する地盤に支持するとともに，鋼製防護壁や鉄筋コンクリート防潮壁による止水性を保持する設計とする。 ③上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は，試験等により地震時の変形に追随し止水性を確認した止水シート等を設置することによる止水処置を講じる設計とする。	・防潮堤（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの津波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，中実鉄筋コンクリートと鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリートの鋼製防護壁基礎，頂版鉄筋コンクリート，中詰鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し，津波後の再使用性を考慮し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし，十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とするとともに，主要な構造体の境界部には止水シート等を設置し，有害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（鋼製防護壁）は，基本地震動S_sによる地震時荷重に対し，中実鉄筋コンクリートと鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリートの鋼製防護壁基礎，頂版鉄筋コンクリート，中詰鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し，津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするとともに，主要な構造体の境界部には，止水シート等を設置し，有害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S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である頂版鉄筋コンクリートが，おおむね弾性状態に留まることを確認する。	下部工	頂版鉄筋コンクリート	曲げ，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」「コンクリート標準示方書」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である中実鉄筋コンクリートが，おおむね弾性状態に留まることを確認する。		中実鉄筋コンクリート	曲げ，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」，「コンクリート標準仕様書」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」「コンクリート標準示方書」に基づき短期許容応力度以下とする。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である鋼管杭が，おおむね弾性状態に留まることを確認する。	青枠内は，構造変更となった各部位に係る記載	鋼管杭	曲げ，せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編・Ⅴ耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。
								巻立て鉄筋コンクリート			
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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，鋼管杭及び中実鉄筋コンクリート基礎の変形を抑制する設計とし，滑り破壊を生じないことを確認する。	地盤	①改良地盤（セメント系）	せん断	滑り破壊し，変形抑制機能を喪失する状態	【基準地震動，基準津波及びTP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，安全余裕を考慮した受働せん断面方向等のせん断耐力以内とする。
								②改良地盤（薬液注入）	－	地盤改良部が液状化する状態	【基準地震動及び重畳時の余震荷重に対して】 設計仕様（液状化しない）を満足することを確認する。
						基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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する設計とするため，鋼製防壁基礎が転倒に至らないことを確認する。 基準地震動S_sによる地震時荷重，地震後の繰返しの津波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，鋼製防壁基礎が転倒に至らないことを確認する。		基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)」に基づき極限支持力以下とする。

- 上部工及び接合部においては，要求機能と設計方針に係る変更はない。
- 下部工のうち，構造変更により追加された「鋼管杭」「巻立て鉄筋コンクリート」「改良地盤（セメント系，薬液注入）」については，各要求機能を踏まえて新たに設計方針を設定するが，設計方針としては既工認（他の構造物を含む。）の範疇に包絡される。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（2）荷重伝達メカニズムと発生断面力について【津波と余震の重畳時】

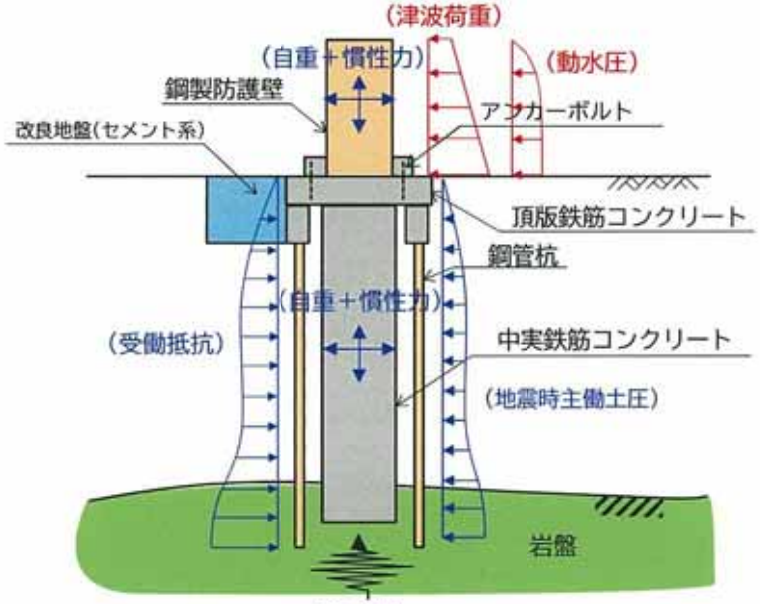
構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）における，荷重伝達メカニズムと発生断面力（応力状態）のイメージについて，津波と余震の重畳時ケースを例示する。地震時及び津波時ケースにおいても考え方は同様である。

【荷重伝達メカニズム】

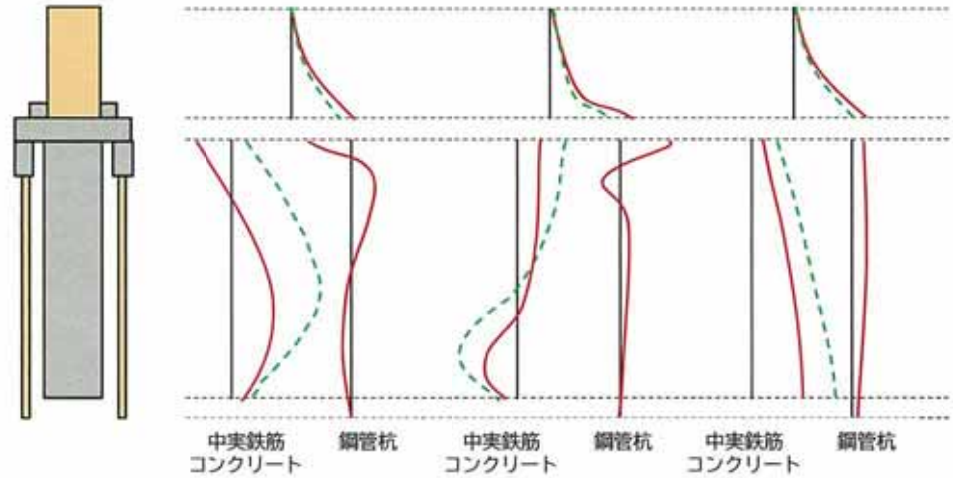
- 上部工（鋼製防護壁）に作用する地震荷重，津波荷重及び動水圧は，接合部（アンカーボルト）を介して下部工（頂版鉄筋コンクリート，中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート）に伝達され，下部工に作用する地震荷重（慣性力＋地震時主働土圧）は，接合部を介して上部工に伝達される。また，下部工に伝達された荷重は，周辺地盤に伝わり，受働抵抗としての地盤反力が生じる。

【発生断面力（応力状態）】

- 防潮堤（鋼製防護壁）の発生断面力は，下図のように構造変更前（既工認）の断面力分布形状と同様な分布形状（上部工の断面力は接合部で，下部工は中央深度や上下端部で大きくなる）を示すと想定される。下部工では，構造変更前（既工認）において中実鉄筋コンクリート（地中連壁を含む。）が負担していた断面力の一部を，構造変更後は鋼管杭が負担し，頂版鉄筋コンクリートは両者（中実鉄筋コンクリートと鋼管杭）の固結結合部としての発生応力を負担する。



荷重図



発生断面力　緑色：既工認（地中連続壁部＋中実鉄筋コンクリート）
赤色：構造変更後

- 荷重伝達メカニズムにおいては既工認と概ね同様である。
- 発生断面力について，構造変更のない上部工においては既工認と概ね同様であるが，構造変更となる下部工（中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート，頂版鉄筋コンクリート）については変更が生じることから，これを踏まえ，設計・施工上配慮すべき事項を検討する。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（3）鋼製防護壁の各部位における設計・施工上の配慮

構造変更により発生断面力等に変更が生じる各部位（下部工）及び新たに計画する改良地盤（セメント系，薬液注入）に係る設計・施工上配慮すべき事項を以下に示す。

なお，上部工及び接合部等の各構造部位における設計・施工上の配慮についても再検討した結果，当該部位については既工認と同様の考え方により設計が可能であることを確認した。

下線部は既工認から追加した配慮すべき事項

部位の名称		要求機能を喪失する事象	想定ケース	設計・施工上の配慮	照査※
下部工	頂版鉄筋コンクリート	地震時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	地震時	上部工と鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート，中実鉄筋コンクリートの固結結合部の発生応力度は短期許容応力度以下であることを確認する。【設計】	○
		津波時荷重（漂流物含む）及び余震重畳時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	津波時（重畳時含）		
	中実鉄筋コンクリート	地震時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	地震時	発生応力度は短期許容応力度以下であることを確認する。【設計】	○
		津波時荷重（漂流物含む）及び余震重畳時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	津波時（重畳時含）		
	鋼管杭	地震時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	地震時	発生応力度は短期許容応力度以下であることを確認する【設計】	○
		津波時荷重（漂流物含む）及び余震重畳時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	津波時（重畳時含）		
	巻立て鉄筋コンクリート	地震時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	地震時	発生応力度は短期許容応力度以下であることを確認する【設計】	○
		津波時荷重（漂流物含む）及び余震重畳時荷重により発生する断面力で損傷し，止水性を喪失する。	津波時（重畳時含）		
地盤	①改良地盤（セメント系）	地震及び津波荷重により，改良地盤がせん断破壊又は引張破壊し，上部工を支持できなくなることで，止水性を喪失する。	地震時 津波時（重畳時含）	基礎の変形抑制機能を維持するため，*改良地盤がせん断破壊しないこと（内的安定を保持）を確認*する。 *既設構造物への影響に配慮した改良範囲を設定*する。【設計】	○
	②改良地盤（薬液注入）	地震時に，改良地盤が液状化し，基礎の水平抵抗を喪失し，上部工を支持できなくなることで，止水性を喪失する。	地震時 重畳時	*設計仕様（液状化しない）を満足することを確認*する。【施工】	－

注記）※ 照査を実施する場合は“○”，照査不要（非構造部材，材質試験で確認等）と判断している場合は“－”

- 構造変更となる下部工及び追加の改良地盤（セメント系，薬液注入）を中心に，要求機能の喪失を加味した設計・施工上配慮すべき事項を整理し，これを踏まえて耐震・耐津波の評価手法を立案する。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（4）耐震設計手法の既工認との比較（1/3）
耐震設計手法の全体について，既工認との比較表を以下に示す。

：主要な変更箇所

項目		内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加＋改良地盤）	備考
地震応答解析①（下部構造評価用）	入力地震動の算定法	水平・鉛直	基準地震動S_sを用いて，一次元波動論により算定	同左	
	計算機プログラム（解析コード）		ＦＬＩＰ Ver. 7.3.0_2	同左	
	地震応答解析手法		二次元動的有効応力解析	同左	
	構造物のモデル化	モデル	上部構造及び下部構造は，線形梁要素※2	上部構造及び下部構造（中実鉄筋コンクリート）については，同左 増設する下部構造（鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート）も，線形梁要素としてモデル化 また，鋼管杭の増設に伴い頂版鉄筋コンクリートを拡張し線形梁要素（水平）としてモデル化	※2　下部構造は，縦梁（構造弾性梁）と横梁（仮想剛梁）で構成
		材料物性	道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき鉄筋コンクリート（下部構造）のヤング係数等を設定 設計基準強度：40 N/mm² または 50 N/mm² 道路橋示方書，鋼構造物設計基準に基づき鋼材（上部構造）のヤング係数等を設定	鉄筋コンクリート（下部構造）については，設計基準強度を50 N/mm² に統一※3 鋼材（上部構造）については，同左 増設する鋼管杭（下部構造）については，道路橋示方書に基づきヤング係数等を設定	※3　施工時に圧縮強度試験を行い，強度を確認する
		減衰定数	鉄筋コンクリート：5 %，鋼材：3 %	鉄筋コンクリート及び鋼材については，同左 鋼管杭：3 %	
	地盤のモデル化	モデル	２次元ＦＥＭモデル（マルチスプリング要素及び間隙水要素）	同左※4	※4　地中連続壁部はマルチスプリング要素にて非液状化地盤としてモデル化
		解析用地盤物性	原地盤の土質試験等に基づき設定したものとして「Ｖ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にとりまとめた物性値を用いる。	同左	
		非線形特性	双曲線モデル（H-Dモデル）	同左	
		改良地盤	－	新たに計画した改良地盤（セメント系及び薬液注入）をモデル化 併せて，周辺地盤に施工された既設の改良地盤を考慮	
	地下水位設定		地表面	同左	

注記）※1　既工認の添付書類「Ｖ-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（4）耐震設計手法の既工認との比較（2/3）

	項目	内容	既工認※1 （設計変更前）	今回申請 （基礎の追加＋改良地盤）	備考
地震応答解析① （下部構造評価用）	荷重組合せ		$G+P+K_s+P_s+P_k$ G　：固定荷重，P　：積載荷重 K_s：地震荷重，P_s：積雪荷重 P_k：風荷重	同左	
	荷重の設定	固定荷重	躯体自重	同左	
		積載荷重	機器配管自重（スクリーン室クレーン）	同左	
		地震荷重	基準地震動S_sによる荷重	同左	
		積雪荷重	30 cmの積雪を考慮（地上部）	同左	
		風荷重	風速30 m/sの風圧力を考慮（地上部）	同左	
	地震応答解析における境界条件		側方：粘性境界 底面：粘性境界 地盤と構造物の接合面：ジョイント要素	同左	
地震応答解析② （上部・接合部構造評価用）	入力地震動の算定法	水平・鉛直	地震応答解析①にて算定した南北基礎天端の時刻歴応答変位により設定※5	同左	※5　下部構造との接合部を固定点（強制変位入力箇所）とする。
	計算機プログラム（解析コード）		TDAPⅢ Ver. 3.08	同左	地震応答解析②における荷重組合せや荷重の設定については，地震応答解析①と同条件とする。
	地震応答解析手法		三次元動的フレーム解析 （南北基礎の支持条件の違いによる３次元的な挙動を設計において考慮（水平二方向））	同左	
	構造物のモデル化	モデル	上部構造は，格子状に配置した線形梁要素	同左	
		材料物性	道路橋示方書，鋼構造物設計基準に基づき鋼材（上部構造）のヤング係数等を設定	同左	
		減衰定数	鋼材：3 %	同左	

注記）※1　既工認の添付書類「V-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（4）耐震設計手法の既工認との比較（3/3）

：主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1 （設計変更前）	今回申請 （基礎の追加＋改良地盤）	備考
応力照査	要求性能	設計基準対象施設 ・構造強度（各構造部材/基礎地盤） ・支持性能（各構造部材） ・止水性（各構造部材/基礎地盤/止水ｼﾞｮｲﾝﾄ）	同左	
	材料物性	■鉄筋コンクリート 道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・コンクリート：設計基準強度 40 N/mm² または 50 N/mm² ・主鉄筋　　：SD490 ・せん断補強筋：SD390 ■鋼材及びアンカーボルト 道路橋示方書，鋼構造物設計基準，土木学会のガイドラインに基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・鋼材　：SM490Y，SM570，SBHS500，SBHS700 ・アンカーボルト：SM520相当	■鉄筋コンクリート※6 コンクリートについて，設計基準強度を50 N/mm²に統一，主鉄筋及びせん断補強筋については，同左 ■鋼材及びアンカーボルト 鋼材及びアンカーボルトについては，同左 ■鋼管杭 道路橋示方書に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・鋼管杭　：SM570	※6　残置する地中連続壁部は鉄筋コンクリートであるものの，その強度に期待せず，評価上は地盤として取り扱う。
	許容限界	■構造強度 ・各構造部材：S_s／短期許容応力度 ・基礎地盤：S_s／極限支持力度 ■支持性能 ・各構造部材：S_s／短期許容応力度 ■止水性 ・各構造部材：S_s／短期許容応力度 ・基礎地盤：S_s／極限支持力度 ・止水ｼﾞｮｲﾝﾄ：S_s／有意な漏洩が生じない変形量	同左	
その他	改良地盤の評価	－	改良地盤（セメント系）：すべり安全率1.2以上	道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）及び耐津波設計に係る工認審査ガイド

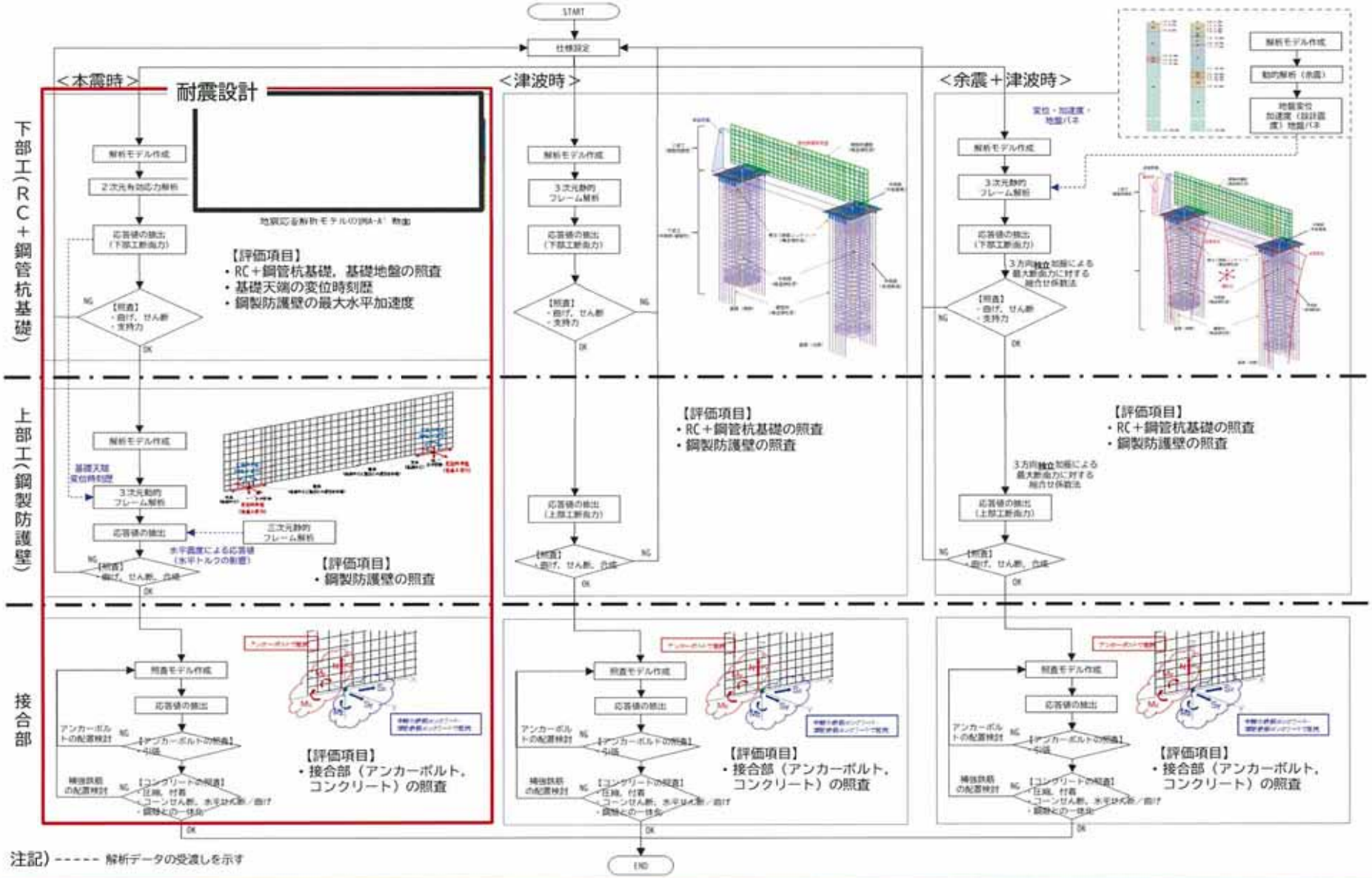
注記）※1　既工認の添付書類「V-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」

・　新たに設定した耐震設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認した。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（5）耐震設計に係る検討モデルと評価フロー

耐震評価に係る設計の流れは既工認と同様，下記フローの通りである。
構造変更で追加される鋼管杭や地盤改良等については，各モデルに反映した上で設計する。



注記）----- 解析データの受渡しを示す

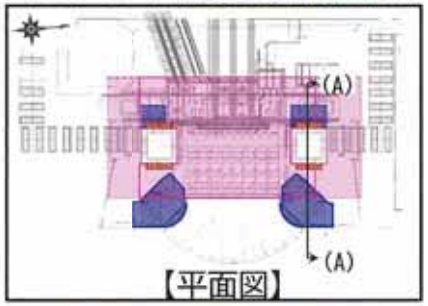
3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（6）耐震設計モデルの概要

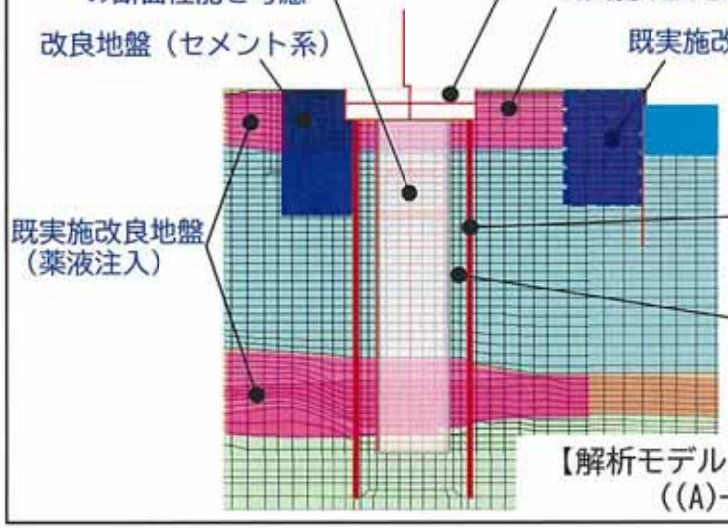
耐震設計モデルの基本的な考え方は，既工認と同様であり，構造変更として追加する鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート含む），改良地盤（セメント系及び薬液注入）については，下部工の解析モデルに反映して解析を実施する。

■下部工のモデル概要

追加する鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート含む），改良地盤（セメント系及び薬液注入）についてモデル化する。



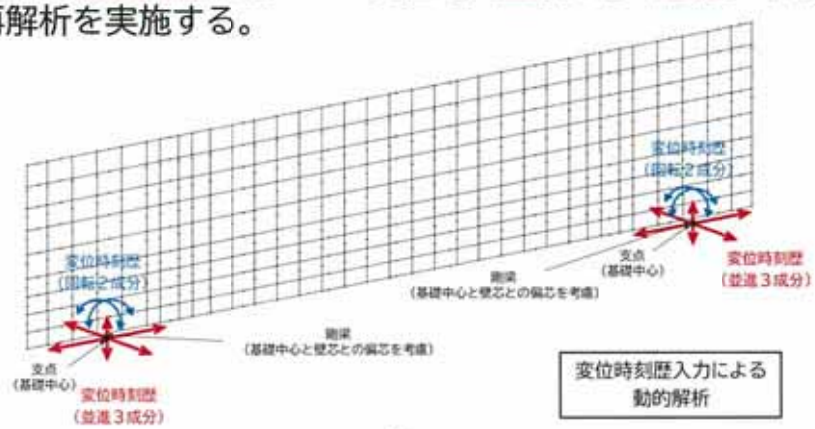
【平面図】

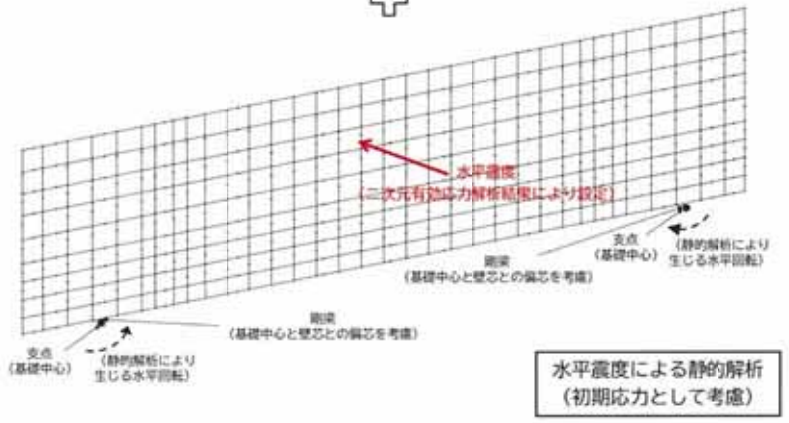


【解析モデル（イメージ）図】
((A)-(A)断面)

■上部工のモデル概要

解析モデルは既工認と同様とする。
下部工の構造変更を踏まえた変位時刻歴及び水平震度を入力して再解析を実施する。





・ 新たに設定した耐震設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認し，変更箇所においても適切なモデル化が可能であることを確認した。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（7）耐津波設計手法の既工認との比較（1/3）

耐津波設計手法の全体について，既工認との比較表を以下に示す。

：主要な変更箇所

項目		内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加＋改良地盤）	備考
耐津波解析	計算機プログラム（解析コード）		Engineer’s Studio ver.6.0.4	Engineer’s Studio ver.11.0.0	
	耐津波解析手法		三次元静的フレーム解析	同左	接合部は三次元材料非線形解析（COM3）でも評価
	荷重ケース		津波時（基準津波及びTP+24m津波）及び重畳時	同左	
	構造物のモデル化	モデル	上部構造及び下部構造は，線形梁要素※2	• 上部構造及び下部構造（中実鉄筋コンクリート）については同左 • 増設する下部構造（鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート）は線形梁要素 • さらに，頂版鉄筋コンクリートを平板要素にてモデル化する。	※2　下部構造は，縦梁（構造弾性梁）と横梁（仮想剛梁）で構成
		材料物性	• 道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき鉄筋コンクリート（下部構造）のヤング係数等を設定 • 設計基準強度：40 N/mm² または 50 N/mm² • 道路橋示方書，鋼構造物設計基準に基づき鋼材（上部構造）のヤング係数等を設定	• 鉄筋コンクリート（下部構造）については，設計基準強度を50 N/mm² に統一 • 鋼材（上部構造）については，同左 • 増設する鋼管杭（下部構造）については，道路橋示方書に基づきヤング係数等を設定	
	地盤のモデル化	モデル	非線形地盤バネ要素	• 中実鉄筋コンクリート周面の地盤バネについては，同左※3 • 鋼管杭周面の地盤バネについては群杭効果を考慮	※3　地中連続壁部は非液状化地盤としてモデル化
		解析用地盤物性	原地盤の土質試験等に基づき設定したものとして「V-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にとりまとめた物性値に基づき，以下のとおり地盤バネを設定する。 • 地盤バネ１：初期せん断剛性，ピーク強度 • 地盤バネ２：静弾性係数，残留強度（平均-1σ）　津波時 • 地盤バネ３：地表面最大加速度ケース • 地盤バネ４：地表面最大変位ケース　重畳時 • 地盤バネ５：最大せん断ひずみケース	同左	
		非線形特性	地盤反力上限値を考慮したバイリニア型	同左	
		改良地盤	－	新たに計画した改良地盤（セメント系及び薬液注入）を考慮して地盤バネを設定	

注記）※1　既工認の添付書類「V-3-別添3-2-1-1　防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（7）耐津波設計手法の既工認との比較（2/3）

：主要な変更箇所

項目		内容	既工認※1 （設計変更前）	今回申請 （基礎の追加＋改良地盤）	備考
耐津波解析	荷重組合せ		津波時：$G+P+P_t+P_c+P_s$ 重畳時：$G+P+P_t+K_{sd}+P_s$ G：固定荷重，P：積載荷重， P_t：遡上津波荷重，P_c：衝突荷重，P_s：積雪荷重，K_{sd}：余震荷重	同左	
	荷重の設定	固定荷重	躯体自重	同左	
		積載荷重	機器配管自重（スクリーン室クレーン）	同左	
		遡上津波荷重	基準津波及び敷地に遡上する津波による水平波圧	同左	
		衝突荷重	0.69 tの車両の漂流物荷重	同左	
		積雪荷重	30 cmの積雪を考慮（地上部）	同左	
		風荷重	津波時は海からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用しない。また，陸からの風荷重は考慮しない方が保守的である。したがって，風荷重を考慮しない。	同左	
		余震荷重	弾性設計用地震動S_d－D1による余震荷重として，慣性力，動水圧及び応答変位	同左	
	余震荷重の設定	地震応答解析手法	一次元地震応答解析（FLIP）	同左	
		入力地震動	弾性設計用地震動S_d－D1	同左	
		地盤物性のばらつき	豊浦標準砂を含む検討ケース①～⑥の計6パターンを考慮	検討ケース①～⑥のうち，非液状化※4 のケースを採用する。	※4　周辺地盤に改良地盤（薬液注入）を実施するため。

注記）※1　既工認の添付書類「V-3-別添3-2-1-1　防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（7）耐津波設計手法の既工認との比較（3/3）

：主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加＋改良地盤）	備考
評価	要求性能	設計基準対象施設 ・構造強度（各構造部材/基礎地盤） ・支持性能（各構造部材） ・止水性（各構造部材/基礎地盤/止水ｼﾞｮｲﾝﾄ）	同左	
評価	材料物性	■鉄筋コンクリート 道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・コンクリート：設計基準強度 40 N/mm² または 50 N/mm² ・主鉄筋　　：SD490 ・せん断補強筋：SD390 ■鋼材及びアンカーボルト 道路橋示方書，鋼構造物設計基準，土木学会のガイドラインに基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・鋼材　：SM490Y，SM570，SBHS500，SBHS700 ・アンカーボルト：SM520相当	■鉄筋コンクリート※5 コンクリートについて，設計基準強度を50 N/mm² に統一，主鉄筋及びせん断補強筋については，同左 ■鋼材及びアンカーボルト 鋼材及びアンカーボルトについては，同左 ■鋼管杭 道路橋示方書に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・鋼管杭　：SM570	※5　残置する地中連続壁部は鉄筋コンクリートであるものの，その強度に期待せず，評価上は地盤として取り扱う。
評価	許容限界	■構造強度 ・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度 ・基礎地盤：津波時，または重畳時／極限支持力度 ■支持性能 ・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度 ■止水性 ・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度 ・基礎地盤：津波時，または重畳時／極限支持力度 ・止水ｼﾞｮｲﾝﾄ：津波時，または重畳時／有意な漏洩が生じない変形量	同左	
その他	改良地盤の評価	－	改良地盤（セメント系）：すべり安全率1.2以上	道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）及び耐津波設計に係る工認審査ガイド

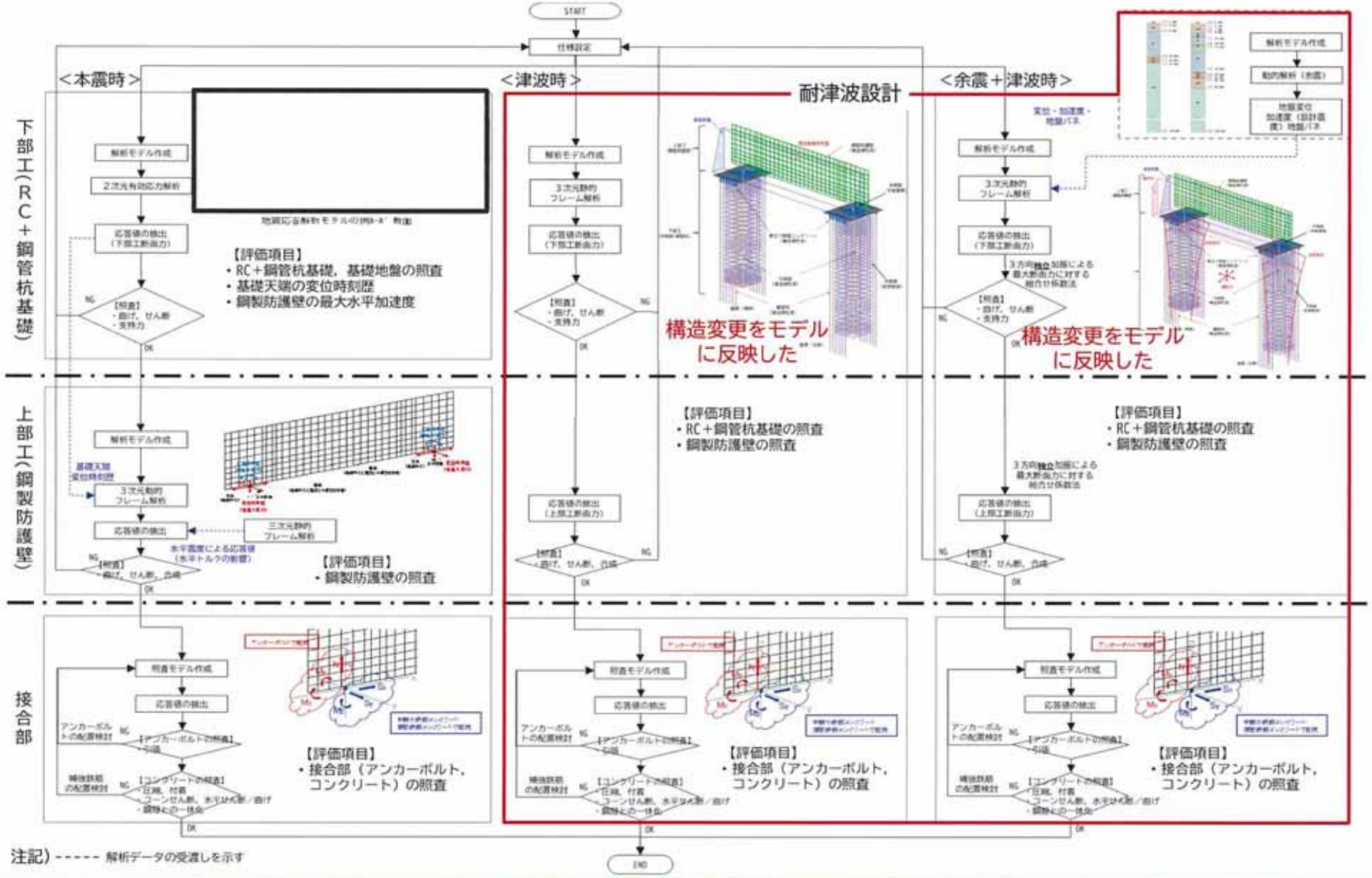
注記）※1　既工認の添付書類「Ⅴ-3-別添3-2-1-1　防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」

・　新たに設定した耐津波設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認した。

3－1．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針

（8）耐津波設計に係る検討モデルと評価フロー

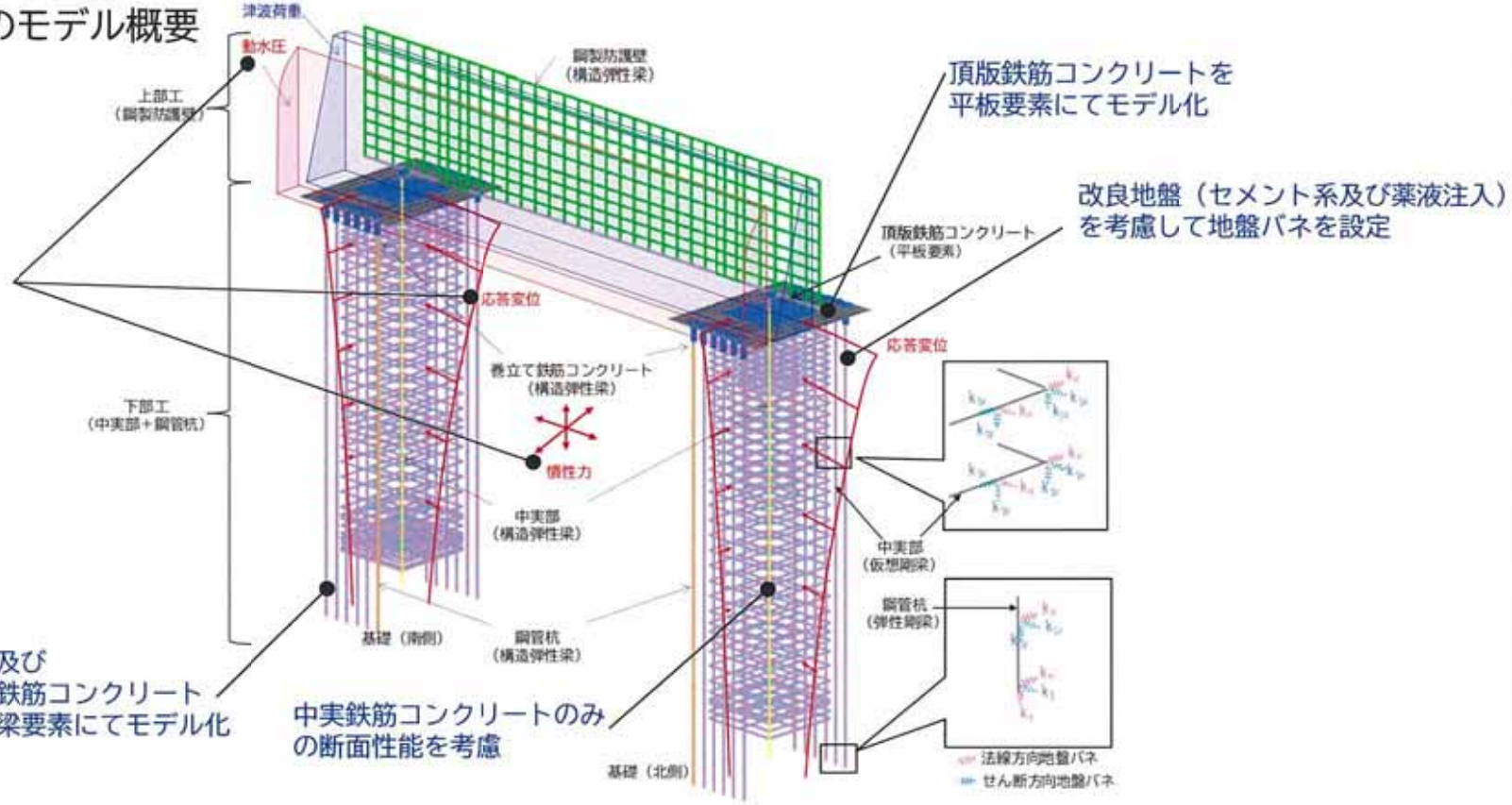
耐津波評価に係る設計の流れは既工認と同様，下記フローの通りである。
構造変更で追加される鋼管杭や地盤改良等については，各モデルに反映した上で設計する。



（９）耐津波設計モデルの概要

耐津波設計モデルの基本的な考え方は，既工認と同様であり，構造変更として追加する鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート含む），改良地盤（セメント系及び薬液注入）については，以下のとおり三次元フレームモデルに反映して解析を実施する。

■三次元フレームのモデル概要



【解析モデル（イメージ）図】（津波と余震の重畳時）

・ 新たに設定した耐津波設計手法について，概ね既工認と同様の手法を適用できることを確認し，変更箇所においても適切なモデル化が可能であることを確認した。

３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針

地中連続壁部の残置影響に係るコメント

No	コメント
②	既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。
③	不確かさを考慮して設計すること（局部的に応力集中が起こる可能性も否定できない）
⑦	地中連続壁を残置する影響については，想定される様々な角度から十分に検討すること。
⑩	構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。

回答概要

No	回答概要
②，③，⑦，⑩	鋼製防護壁基礎のうち残置する“地中連続壁部”は，不具合の全容が把握できておらず，地震・津波荷重に対する耐力が期待できない状態である可能性があるため，構造部材として考慮しないこととし，工認設計における解析評価では“地中連続壁部”を「地盤」としてモデル化する。 ただし，不具合のある“地中連続壁部”は，実際はある程度の強度・剛性を保有することから“地中連続壁部”が中実鉄筋コンクリート・鋼管杭とともに地震・津波荷重を負担することになるため，“地中連続壁部”の強度・剛性を考慮した状態における中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，上部工及び接続部への影響を網羅的に確認するとともに，その結果についてSTEP３及びSTEP４で説明を行う。 なお，中実鉄筋コンクリートの設計については，「地中連続壁部が健全」な状態として「中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部」に発生する断面力を，残置する地中連続壁部を期待せず，中実鉄筋コンクリートのみに負担させる設計を成立させることで，中実鉄筋コンクリートは十分な保守性（網羅性）を有する設計とする。

3－2（1）地中連続壁部の残置影響評価方針

【概要】

- 鋼製防護壁基礎のうち残置する“地中連続壁部”は，不具合の全容が把握できておらず，地震・津波荷重に対する耐力が期待できない状態である可能性があるため，**構造部材として考慮しないこととし，工認設計における解析評価では“地中連続壁部”を中実鉄筋コンクリートと鋼管杭の変形が生じやすい「地盤」としてモデル化する**（表１の左図）。
- ただし，不具合のある“地中連続壁部”は，実際はある程度の強度・剛性を保有することから“地中連続壁部”が中実鉄筋コンクリート・鋼管杭とともに地震・津波荷重を負担することになるため，**“地中連続壁部”の強度・剛性を考慮した状態における中実鉄筋コンクリートと鋼管杭の変形，断面力への影響も確認する必要がある。**
- 中実鉄筋コンクリート・鋼管杭の各部材が負担する荷重は，“地中連続壁部”の不具合の状態に応じて変化し，**残置する“地中連続壁部”の実際の状態は，不具合範囲が極めて大きい状態を想定した「地中連続壁部の耐力が期待できない」状態と不具合範囲が極めて小さい状態を想定した「地中連続壁部が健全である」状態の間**にある（表１）。

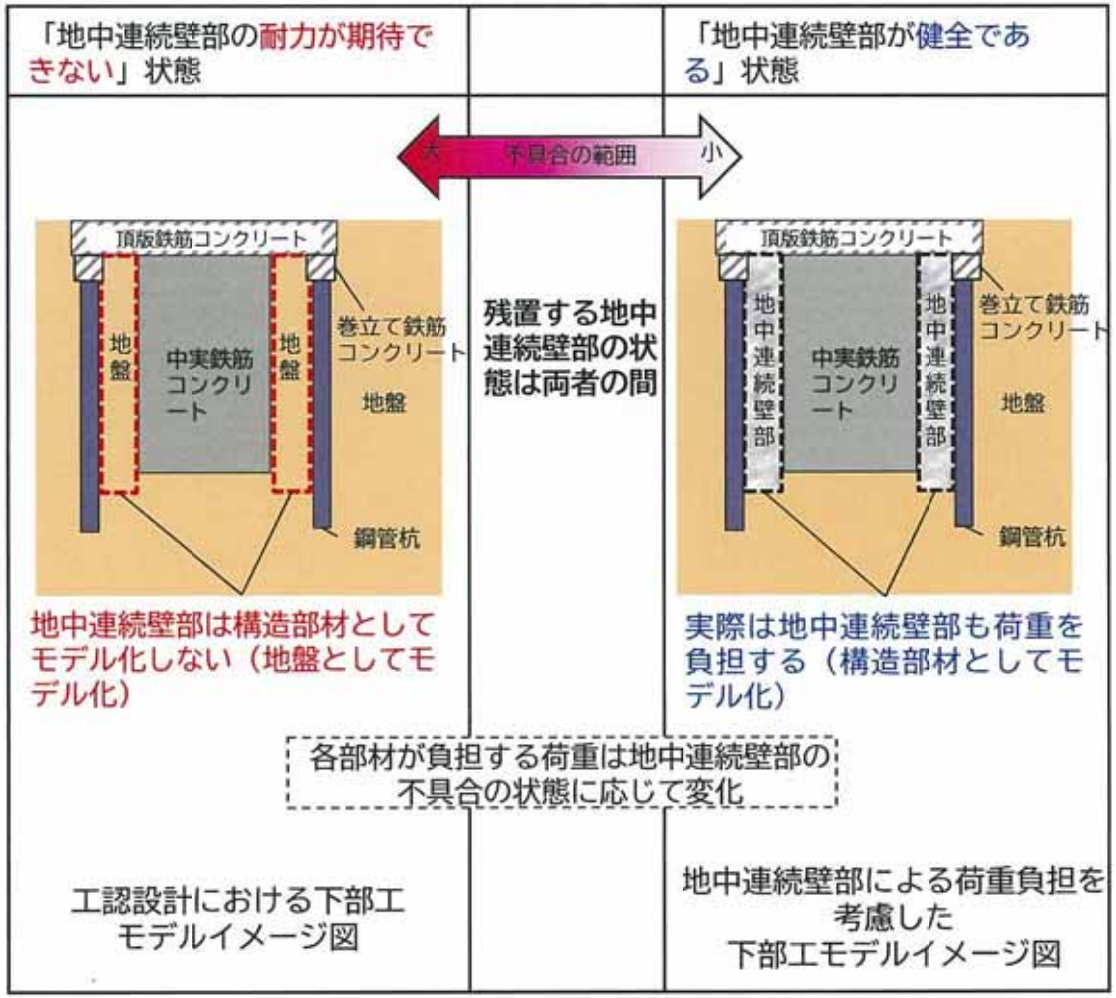


表１　残置する地中連続壁部の状態

以上より，耐震・耐津波評価において中実鉄筋コンクリート，鋼管杭毎に保守的（網羅的）な条件による影響評価を実施

また，上記影響評価において，上部工及び接続部についても影響を確認

３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針

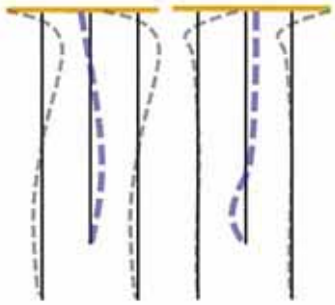
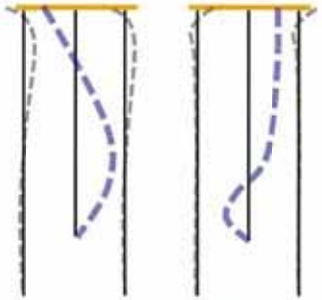
（１）中実鉄筋コンクリート（1/2）

- 「中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部」の負担する荷重が最大となる状態は，曲げ剛性ＥＩ※1が最も大きくなる「地中連続壁部が健全」な場合である。

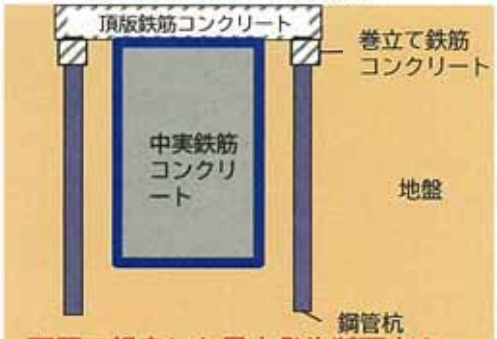
※1　Ｅ：ヤング係数　Ｉ：断面二次モーメント

- この状態において「中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部」に発生する断面力を，残置する地中連続壁部を期待せず，**中実鉄筋コンクリートのみに負担させる設計を成立させることで，中実鉄筋コンクリートは十分な保守性（網羅性）を有する設計となる（下図及び次ページ参照）。**

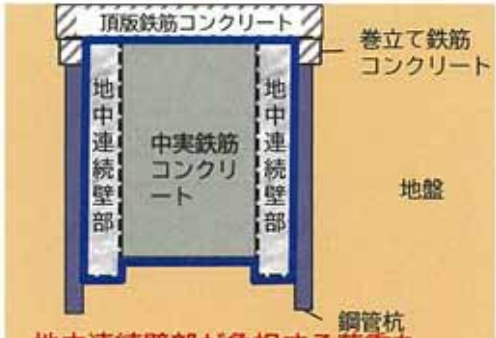
表２　発生断面力比較表（中実鉄筋コンクリート）

	「地中連続壁部の耐力が期待できない」状態		「地中連続壁部が健全である」状態
「中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部」の負担荷重	小	大 不整合の範囲 小 残置する地中連続壁部の状態は両者の間	大
「鋼管杭」の負担荷重	大		小
発生断面力（イメージ図） （凡例） 中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部の断面力 鋼管杭の断面力	曲げモーメント　せん断  中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部：小 鋼管杭：大		曲げモーメント　せん断  中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部：大 鋼管杭：小

保守的に小さな断面で大きな荷重を負担する設計※2



下図で想定した最大発生断面力を中実鉄筋コンクリートのみで負担



地中連続壁部が負担する荷重も考慮した最大発生断面力を想定

※2 当該設計により中実鉄筋コンクリートの仕様を決定する。

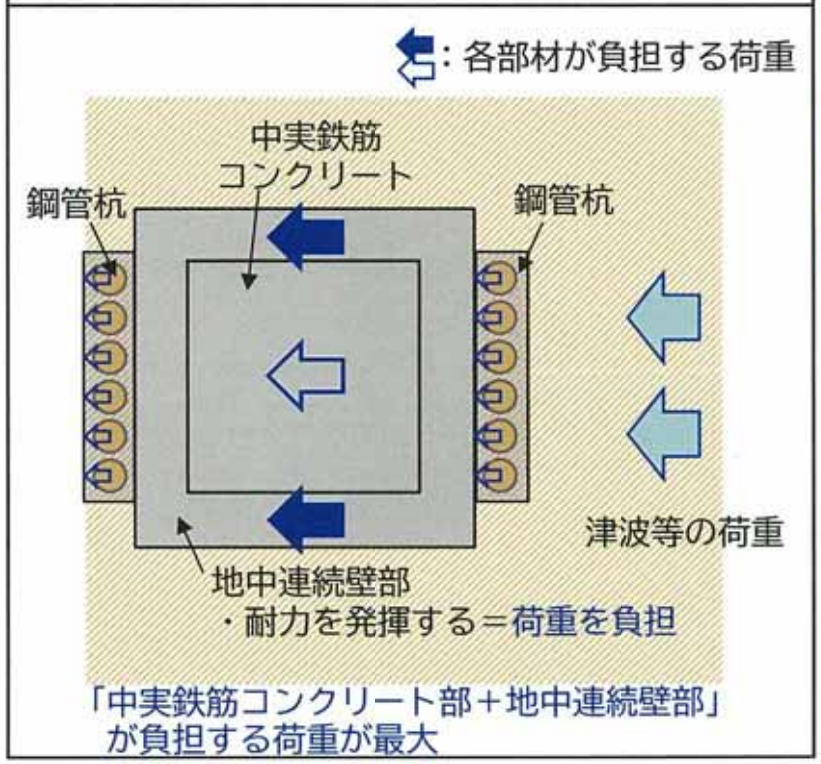
３－２（１）地中連続壁部の残置影響評価方針

（１）中実鉄筋コンクリート（2/2）

中実鉄筋コンクリートの評価のイメージを下図に示す。

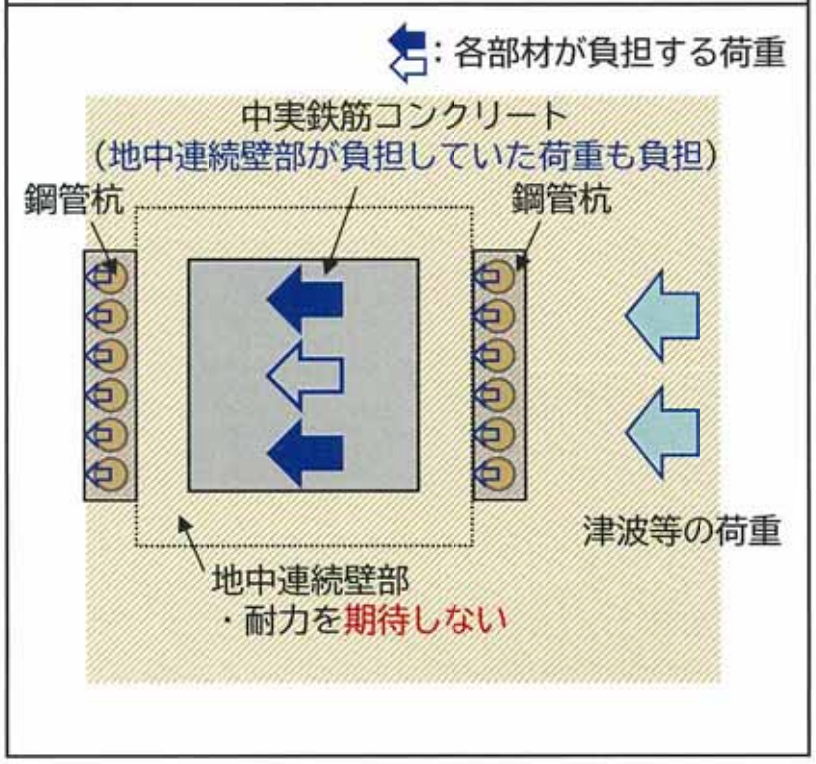
- 「地中連続壁部が健全である」状態は曲げ剛性ＥＩが最も大きくなるため，「中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部」が負担する荷重が最大となる（図１）。
- この時の「地中連続壁部が負担する荷重を中実鉄筋コンクリートに負担させる設計」を成立させることで，中実鉄筋コンクリートは実際にはあり得ない状態を想定した十分な保守性を有する設計となる（図２）。

図１　「地中連続壁部が健全である」状態



地中連続壁部が負担する荷重も中実鉄筋コンクリートに負担させる。

図２　中実鉄筋コンクリートの「保守性を有する設計」

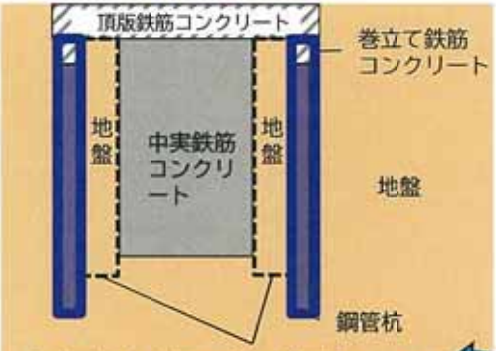


3－2（1）地中連続壁部の残置影響評価方針

（2）鋼管杭

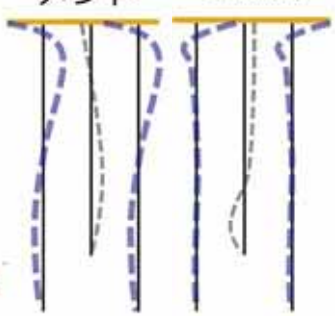
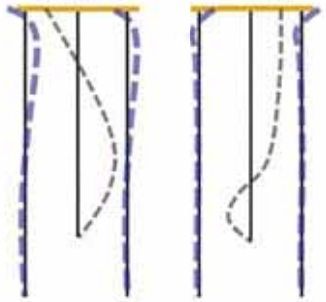
- 鋼管杭が負担する荷重が最大となる状態は，「中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部」の曲げ剛性ＥＩが小さく，鋼管杭の変形が大きく評価される「地中連続壁部の耐力が期待できない」場合である。
- この状態において，鋼管杭に発生する断面力に対して評価を行うことで，**鋼管杭は十分な保守性（網羅性）を有する設計となる。**

保守的に大きな荷重を負担する設計※



地中連続壁部は構造部材としてモデル化しない（地盤としてモデル化）

表３　発生断面力比較表（鋼管杭）

	「地中連続壁部の耐力が期待できない」状態		「地中連続壁部が健全である」状態
「中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部」の負担荷重	小	残置する地中連続壁部の状態は両者の間（大 不整合の範囲 小）	大
「鋼管杭」の負担荷重	大		小
発生断面力（イメージ図）	 中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部：小 鋼管杭：大		 中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部：大 鋼管杭：小

（凡例）
- 鋼管杭の断面力
- 中実鉄筋コンクリート＋地中連続壁部の断面力

※ 当該設計により鋼管杭の仕様を決定する。

３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針

周辺施設への影響に係るコメント

No	コメント
②	既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。
⑧	地盤改良，新規基礎追加等については，周辺施設に与える影響を網羅的に検討すること。また，実現性のある工事計画を綿密に立案すること。
⑩	構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。

回答概要

No	回答概要
②，⑧，⑩	地盤改良等の範囲が周辺施設・設備の近傍まで及ぶ場合，その影響を確認する。 地盤改良範囲から評価対象となる周辺施設・設備について網羅的に抽出し，既往工認解析モデルに地盤改良を反映し評価・確認を行うとともに，その確認結果についてSTEP４で説明を行う。 なお，新規基礎として追加した鋼管杭については，周辺施設と干渉しない。

３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針

（１）地盤改良等による周辺施設への影響内容の抽出

防潮堤（鋼製防護壁）基礎の周辺地盤を地盤改良することで，周辺施設・設備に悪影響（基礎への応力集中，応答加速度の増加）が生じる可能性があることから，地盤改良が近傍まで及ぶ対象施設・設備を整理し，その影響について確認する。

なお，新規基礎として追加した鋼管杭については，周辺施設と干渉しない。

- **地盤改良（薬液注入）範囲が**近接する施設の既工認モデルに及ぶ場合は，対象となる施設の既工認モデルに新たに地盤改良範囲を追加でモデル化し影響評価する。
- **地盤改良（セメント系）範囲**が近接する施設の既工認モデルに及ぶ場合は，上記と同様に対象となる施設の既工認モデルに新たに地盤改良範囲を追加でモデル化し影響評価する。

対象となる周辺施設・設備※は下図のとおり。

※：基準地震動Ｓｓによる機能維持が必要な設備・施設（耐震Ｓクラス，常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備 等）

３－２（２）地盤改良等による周辺施設への影響評価方針

（２）影響評価対象施設・設備

影響評価の対象となる施設・設備とその影響評価方法を以下に示す。

※１：屋外重要土木構造物、Ｓクラスの間接支持構造物等で基準地震動Ｓｓでの機能維持が必要な設計基準対象施設
※２：常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備で基準地震動Ｓｓによる機能維持が必要な重大事故等対処施設

No	影響評価対象となる施設・設備	耐震クラス	影響確認の方法
1	取水構造物	ＤＢ：Ｃクラス（Ｓｓ※1） ＳＡ：重要ＳＡ設備※2	既工認の二次元有効応力解析モデルに地盤改良を反映して評価
	・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及びストレーナ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ及びストレーナ ・残留熱除去系海水系ポンプ及びストレーナ	ＤＢ：Ｓクラス ＳＡ：重要ＳＡ設備※2	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いて評価。
	・取水ピット空気抜き配管逆止弁 ・海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁 ・取水路点検用開口部浸水防止蓋 ・潮位計 ・取水ピット水位計	ＤＢ：Ｓクラス	
2	鉄筋コンクリート防潮壁	ＤＢ：Ｓクラス	既工認の二次元有効応力解析モデルに地盤改良を反映して評価
	・防潮扉	ＤＢ：Ｓクラス	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いて評価。
3	集水枡	ＤＢ：Ｃクラス（Ｓｓ※1）	既工認の二次元有効応力解析モデルに地盤改良を反映して評価
	・構内排水路逆流防止設備	ＤＢ：Ｓクラス	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いて評価。
4	屋外二重管	ＤＢ：Ｃクラス（Ｓｓ※1）	既工認の二次元有効応力解析モデルに地盤改良を反映して評価
	・非常用ディーゼル発電機用海水系配管 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管 ・残留熱除去系海水系配管	ＤＢ：Ｓクラス ＳＡ：重要ＳＡ設備※2	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いて評価。
5	貯留堰	ＤＢ：Ｓクラス	既工認の二次元有効応力解析モデルに地盤改良を反映して評価
	貯留堰取付護岸・土留鋼管矢板	ＤＢ：Ｃクラス（Ｓｓ※1）	

３－３．施工性・検査に係る基本方針

施工性・検査に係るコメント

No	コメント
②	既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。
⑥	鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。
⑧	地盤改良，新規基礎追加等については，周辺施設に与える影響を網羅的に検討すること。また，実現性のある工事計画を綿密に立案すること。
⑨	地盤改良を新たに実施する場合には改良土全体が所定の強度を有していることを確認するための品質管理方法について，設工認で示す内容，使用前事業者検査で示す内容を整理すること。
⑩	構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。
⑫	施工性について，施工管理が可能である旨も含めて具体的に説明すること。

回答概要

No	回答概要
② ⑥ ⑧ ⑩ ⑫	鋼製防護壁の構造設計の進捗と並行して施工性を検討し，必要に応じてその検討結果を構造設計に反映することで実現性を有する構造を選定した。 施工性の検討においては，適用性，施工実績を踏まえ，地盤のはらみ出し・崩落などを回避できる施工方法を選定した。また，施工エリアについて，現場調査や各施工ステップの施工図を作成し，特定した支障物や重機配置場所等への対策を検討の上，実現性を確認した。 更に，各施工ステップにおける検査の項目・時期・方法を整理し，工事が計画どおり行われていることの確認が可能であることを確認した。
⑨	地盤改良の目的及び設計上の扱いを明確にし，品質管理方法について設工認として説明する事項（性能目標）を整理した。 また，使用前事業者検査で説明する事項を整理した。（配合試験等に基づく詳細はSTEP４で回答する。）

３－３．施工性・検査に係る基本方針

（１）不具合事象を踏まえた工事計画の立案

鋼製防護壁の地中連続壁を構築する際，掘削した溝壁の安定性が確保できず，はらみ出し・崩落等の発生により，コンクリートの未充填や鉄筋の高止まりが発生した。また，コンクリートの未充填や鉄筋の変形等の状態についての把握が地中連続壁の構築後となっており，不具合を施工中に検知・是正することができなかった。

これらを踏まえ，鋼製防護壁の工事の計画について施工性の確保及び検査に係る基本方針を以下のとおりとした。

【施工性の確保に係る基本方針】

・鋼製防護壁の施工方法について，適用性，施工実績を踏まえ，地盤のはらみ出し・崩落等を回避できる施工方法を選定する。

・施工エリアについて現場調査や各施工ステップの施工図を作成し，特定した支障物や重機配置場所等への対策を検討の上，施工性を確認する。

・各施工ステップにおけるリスクを想定し，その対策を施すことで施工の実現性を確保する。

【検査の基本方針】

・施工ステップ毎に工事が計画どおり行われていることの確認が可能か，品質を確認（検査）する項目・時期・方法を整理し，確認する。

・不具合を施工中及び施工後に検知・是正できるよう目視等で実態を確認できる検査を選定する。

例：中実鉄筋コンクリート　：気中施工として鉄筋組立・型枠・コンクリート打設の各段階を確認
巻立て鉄筋コンクリート：気中施工として鉄筋組立・型枠・コンクリート打設の各段階を確認
鋼管杭　：打設前に地表にて長さ・径等を確認し，打設後は打設高さを確認
改良地盤（セメント系）：改良範囲は掘削した段階（埋戻し（置換前））に測量により確認

次項以降に，上記の方針に基づく施工性・検査の確認結果を説明する。

3－3．施工性・検査に係る基本方針

（2）施工方法の選定

鋼製防護壁の構造変更により追加となった工事（鋼管杭打設，地盤改良（セメント系），地盤改良（薬液注入））のうち，施工方法が複数考えられる「鋼管杭打設」，「地盤改良（セメント系）」について，適用性・施工実績を確認し施工方法を選定するとともに，品質に影響するリスクを抽出し，その対策を整理した。「地盤改良（薬液注入）」は施工位置近傍で実績がある薬液注入工法を採用する※1。

※1　地盤改良（薬液注入）の施工性等は（4）にて説明

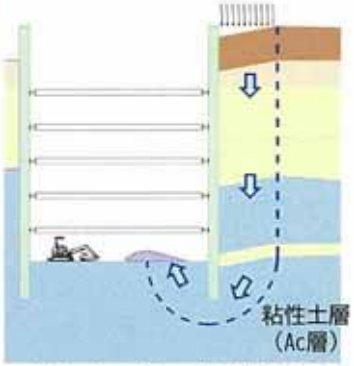
【鋼管杭打設】

施工方法	工法概要	適用性・施工実績	想定リスクへの対策
中掘り 圧入工法	全周回転掘削機を用いて切削ビット付きの鋼管杭を回転させながら，計画深度まで切削（鋼管の内側の土砂は，中掘りして撤去）・圧入する工法	・深度，鋼管径は適用範囲内 ・施工時の振動は小さく，近傍の発電所設備への影響なし ・鋼管杭で地山を抑えながら削孔・掘進するため，土砂の崩壊等は発生しない ・東海第二発電所で同様工事（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）の施工実績あり	想定リスク：鋼管杭が設計深さまで打設できない ・地中の工事仮設物が支障となることに対し，打設作業前に支障となる地中の工事仮設物を撤去 ・打設中の鋼管杭が周辺地盤との摩擦で固着することに対し，摩擦を軽減するフリクションカッターを鋼管杭先端に設置 ・地盤の不均質性の影響で鋼管杭の鉛直精度が低下し鋼管杭同士が干渉することに対し，事前に掘削する堆積層を均質置換土※2に置換。加えて，鋼管杭の鉛直精度管理システムを用いて鋼管杭の鉛直精度の常時確認による精度を確保。また，必要時に鋼管杭内の水位調整を行うためのタンクを現場に確保。

※2　本資料では流動化処理土などを用いて鋼管杭打設用に地盤の均質化として置換した土を「均質置換土」と呼称し，流動化処理土（※3参照）は，地盤改良（セメント系）として埋戻しに使用する土を示す。

【地盤改良（セメント系）】

施工方法	工法概要	適用性・施工実績	想定リスクへの対策
掘削・置換工法（流動化処理土※3）	改良対象範囲の土砂を掘削し，改良した土砂（流動化処理土）で置き換える（埋戻す）工法	・原位置の地盤の撹拌改良する工法と異なり，置換材の流動化処理土は製造品であり，強度の調整が可能 ・改良範囲は，開削により測量で明確に確認可能 ・東海第二発電所の安全性向上対策工事で同様の施工実績あり	想定リスク：掘削時の出水 ・土留めの止水性が不足することに対し，掘削深度が深く地下水の水圧が高くなる北基礎は，より剛性・止水性の高いＳＭＷを土留めに使用し，掘削時の出水を抑制。加えて，土留め壁面からの出水が確認された場合は背後地盤に止水注入を実施 想定リスク：掘削底面の不安定化（ヒービング※4） ・掘削底面の粘性土の強度が不足することに対し，掘削前に掘削底面の粘性土層に対して強度を向上させる地盤改良を実施



※4　ヒービング（模式図）
掘削作業中に土留め背面の土の重量や地表面荷重などによって，掘削底面が押し上げられる現象

※3　土に固化材と混和剤を加え流動性と安定性を持たせた材料

上記の工事を実施するため，施工ステップ毎に施工性，検査性について確認を行う。

3－3．施工性・検査に係る基本方針

（3）工事の流れ※ （施工ステップ）

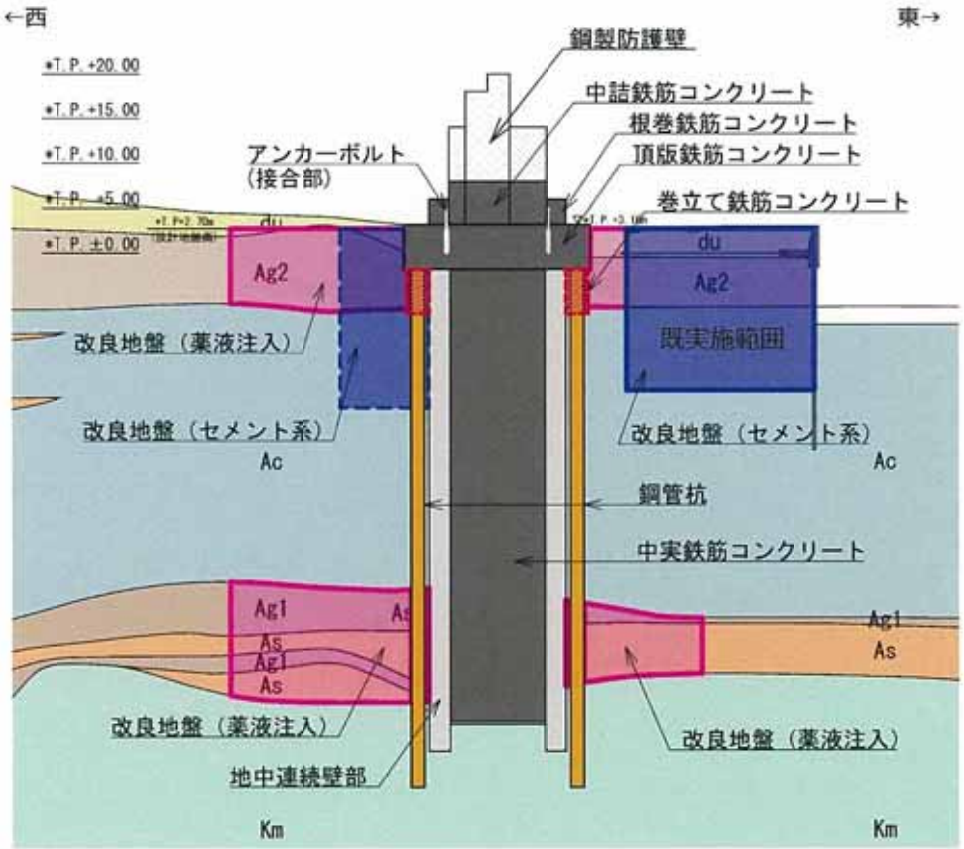
※ 工事の流れの基本を示した図であり，今後の詳細な施工設計で施工の順序などを決定していく。

新たに加わった工事を含め，鋼製防護壁工事の施工ステップを以下に示す。

- 準備工 → i. 地盤改良（薬液注入）：基礎の周辺地盤を薬液注入により地盤改良
- a. 支障物撤去：鋼管杭打設等に支障となる地中連続壁工事の仮設物（SMW等）の撤去 岩盤深度まで掘削し，均質置換土により置換
- b. 地盤改良（セメント系）：基礎の西側にセメント系の地盤改良を実施（地盤改良計画範囲の現地盤を掘削し，流動化処理土により置換）
- c. 鋼管杭打設（巻立て鉄筋コンクリート含）：中掘り圧入工法により鋼管杭を設置 巻立て鉄筋コンクリートを構築
- d. 底部掘削：中実部の底部を岩盤まで掘削 岩盤確認を実施
- e. 中実鉄筋コンクリート構築：中実部（鉄筋コンクリート）を構築
- f. 頂版鉄筋コンクリート構築：頂版鉄筋コンクリートを構築（鋼管杭及び中実鉄筋コンクリートとの一体化）
- g. 鋼製防護壁架設（中詰鉄筋コンクリート含）：鋼製防護壁を架設 鋼製防護壁基部に中詰鉄筋コンクリートを構築
- h. 止水機構等設置：止水機構，ジョイントの設置

施工ステップ：代表として説明する施工ステップ

施工ステップ図



北基礎断面図（例）

施工エリアについて，現場調査や各施工ステップの施工図を作成し，支障物の特定や重機配置場所（用地確保等の対策含む）を検討の上，施工性を確認した。また，各施工ステップにおける検査の項目・時期・方法を整理し，工事が計画どおり行われていることの確認が可能であること（検査性）を確認した。代表として，追加した構造（鋼管杭，地盤改良（セメント系，薬液注入））に係る施工ステップの確認結果を次項にて説明する。

3－3．施工性・検査に係る基本方針

（4）各施工ステップの施工性・検査性

b. 地盤改良（セメント系）

【工事概要】計画範囲の周囲に土留めを設置。当該範囲の土砂を掘削し，流動化処理土で置換

【施工性の確認結果】

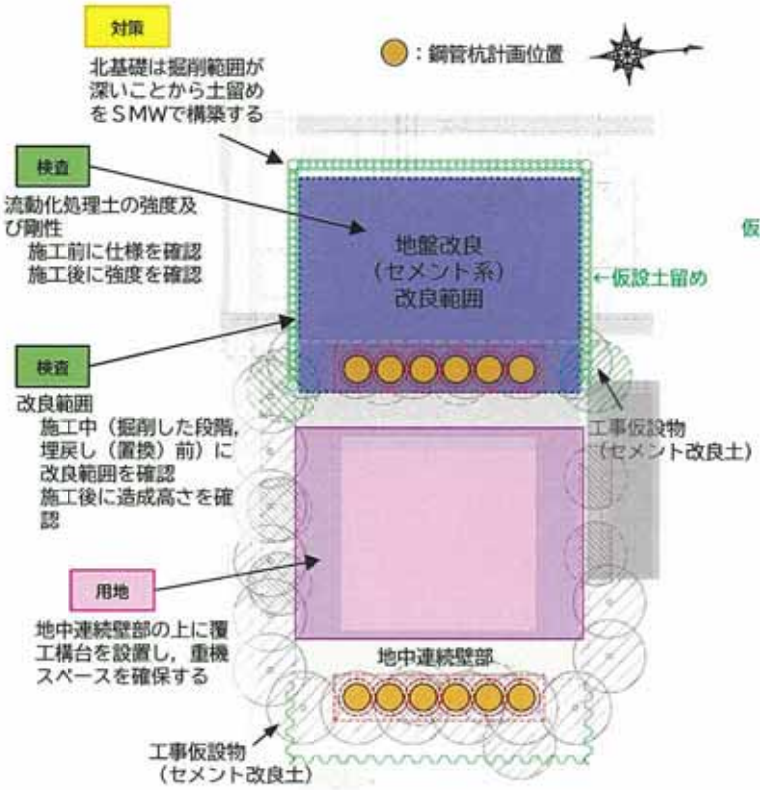
項目	確認結果
用地確保	○：用地確保が可能であることを確認
干渉物	○：特定後，撤去／移設として対策できることを確認 ○：場所的な制約箇所は構造設計に反映（南基礎）

【検査性の確認結果】

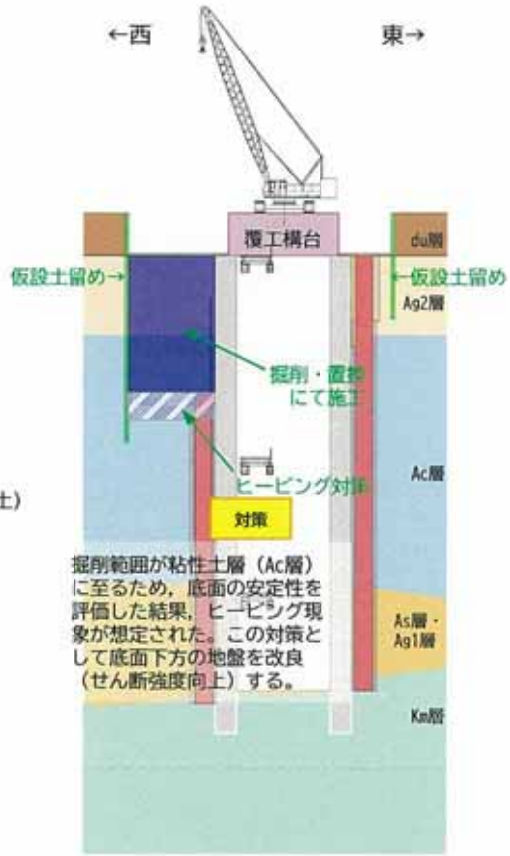
項目	確認結果
改良範囲	○：施工中(置換前)に範囲の確認が可能 施工後に造成高さの確認が可能
強度及び剛性	○：施工前に流動化処理土の仕様の確認が可能。施工後に強度の確認が可能

改良地盤に対する品質管理方法について，設工認で示す内容，使用前事業者検査で示す内容の整理は「（5）改良地盤の検査」にて説明する。

また，想定リスクへの対策※1を行い，施工の実現性を確保する。



北基礎
地盤改良範囲及び施工図（例）※2



置換工法施工イメージ図

※1 「(2)施工方法の選定」に示した想定リスクへの対策

※2 今後の詳細な施工設計で施工方法の詳細を決定

3－3．施工性・検査に係る基本方針

（4）各施工ステップの施工性・検査性

c. 鋼管杭打設

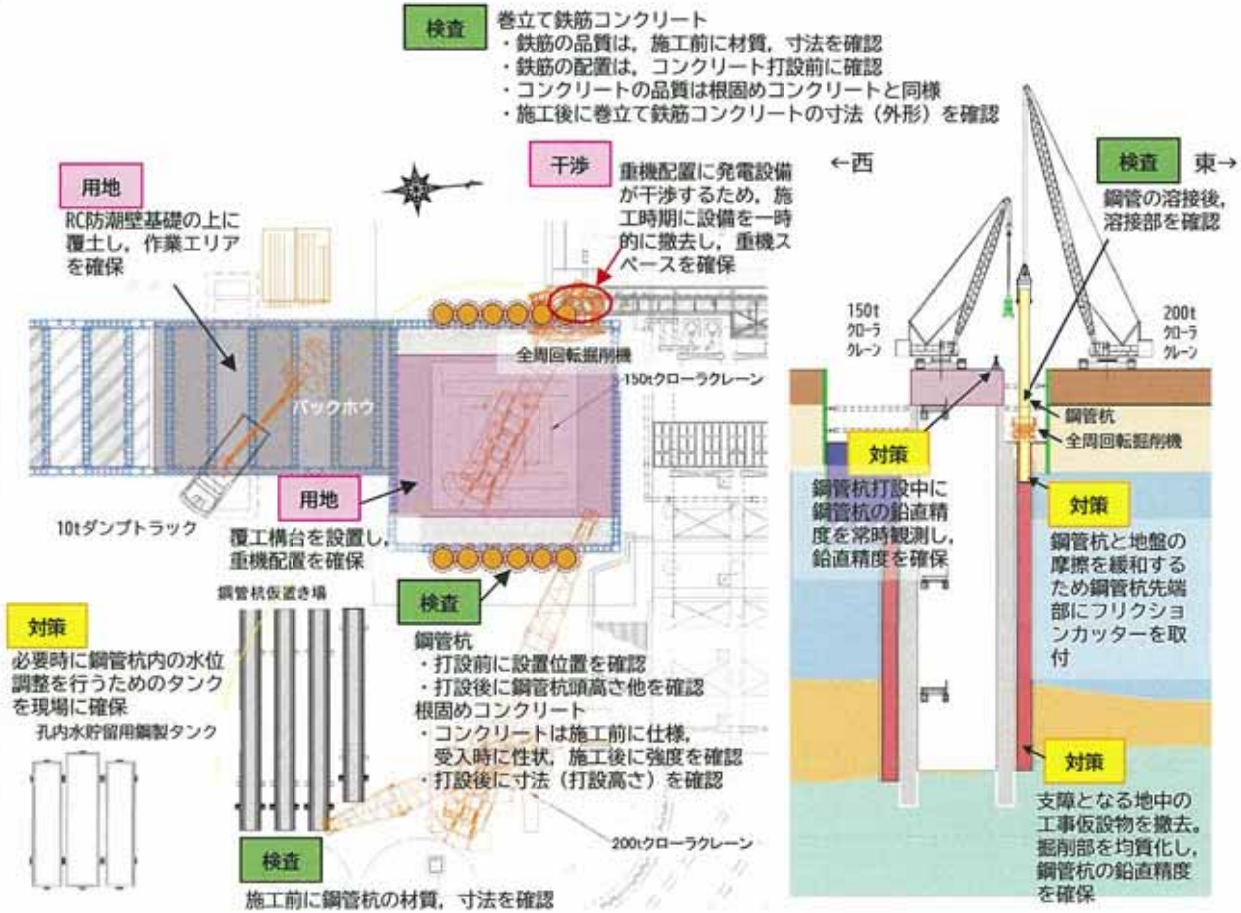
【工事概要】鋼管杭（φ1500mm，t=50mm，南北基礎の東西各６本）をKm層（岩盤）に設置
鋼管杭頭部に巻立て鉄筋コンクリートを構築

【施工性の確認結果】

項目	確認結果
用地確保	○：用地確保が可能であることを確認
干渉物	○：特定後，撤去／移設として対策できることを確認 ○：移設ができない発電設備は施工期間中，一時的に撤去（南基礎）

【検査性の確認結果】

項目	確認結果
鋼管杭	○：施工前に材質・寸法の確認が可能 施工中に溶接部の確認が可能
鋼管杭の位置等	○：施工前に設置位置の確認が可能 施工後に鋼管杭頭高さ他の確認が可能
コンクリート	○：施工前に材料の仕様の確認が可能 施工中(受入時)に性状の確認が可能 施工後(養生期間後)に強度の確認が可能 ○：施工後に形状（打設高さ，外形寸法）の確認が可能
鉄筋	○：施工前に材質・寸法の確認が可能 施工中(コンクリート打設前)に配置の確認が可能



（平面図：南基礎）　（鉛直断面図：北基礎）

鋼管杭打設施工イメージ

また，想定リスクへの対策※1を行い，施工の実現性を確保する。

※1 「(２)施工方法の選定」に示した想定リスクへの対策

3－3．施工性・検査に係る基本方針

凡　例　検査：検査項目・時期

（4）各施工ステップの施工性・検査性

i. 地盤改良（薬液注入）

【工事概要】改良対象位置までボーリングし，薬液注入の配管を設置後，薬液を加圧注入して，地盤を改良

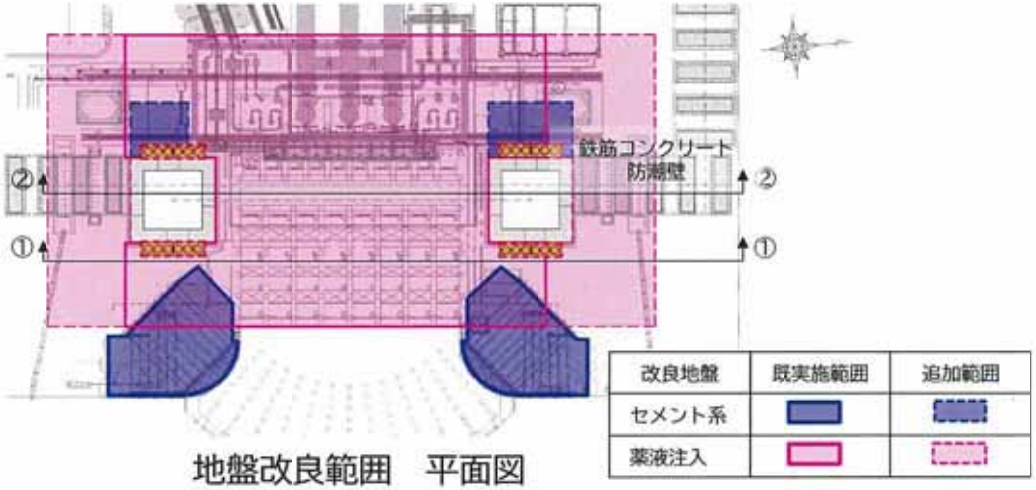
【施工性の確認結果】

項目	確認結果
用地確保	○：用地確保が可能であることを確認
干渉物	○：ボーリングの位置・角度の調整により対応可能

【検査性の確認結果】

項目	確認結果
改良範囲	○：施工中にボーリングの位置，角度等から改良範囲の確認が可能
液状化強度	○：施工後に改良範囲より試料を採取し，改良効果の確認が可能

改良地盤に対する品質管理方法について，設工認で示す内容，使用前事業者検査で示す内容の整理は「（5）改良地盤の検査」にて説明する。



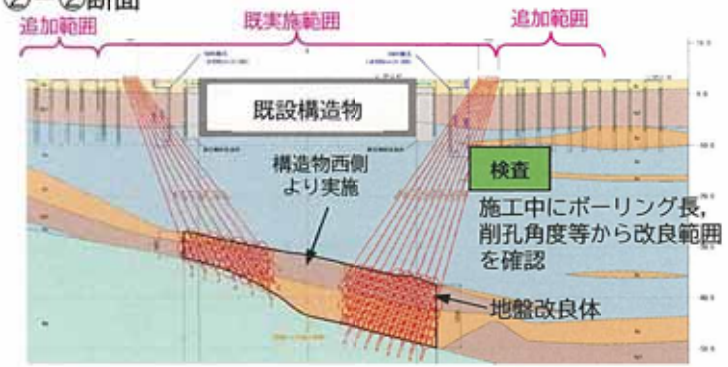
地盤改良範囲　平面図

既設構造物の設置状況を確認し，追加範囲に対する地盤改良のボーリング配置を検討した結果，当該箇所の薬液注入が施工可能であることを確認

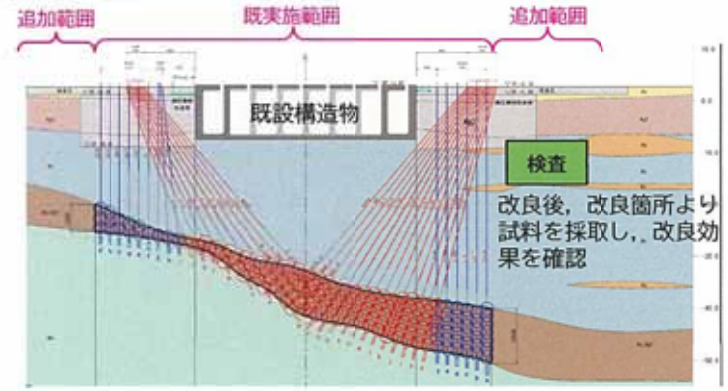
（補足）追加範囲には鉄筋コンクリート防潮壁や発電設備が設置されているが，既施工の施工実績（下図）からの斜めボーリング等により追加範囲の施工は十分可能と判断

青色：鉛直ボーリング及び地盤改良体
赤色：斜めボーリング及び地盤改良体

②－②断面



①－①断面



既設構造物下の地盤改良のボーリング配置図
（既施工範囲）

地下深部の水圧下で薬液が注入できないリスクへの対策として，試験施工により施工仕様の詳細を事前に確認する。

３－３．施工性・検査に係る基本方針

（５）改良地盤の検査

改良地盤に対する品質管理方法について，設工認で示す内容と使用前事業者検査で示す内容を整理する。

改良地盤の目的及び設計上の取扱いを明確にし，設工認として性能目標を定めるとともに，品質管理の項目，確認時期及び方法と品質管理に適用する基準類を整理する。

①改良地盤（薬液注入）の品質管理

【地盤改良の目的及び設計上の取扱いと性能目標】

地盤改良の目的	設計上の取扱い	性能目標
地震応答の低減及び地盤反力の確保のため，地盤の液状化を防止	改良地盤は想定する地震力に対して液状化しない	液状化強度： 設計から得られた地震時の最大せん断応力比に対し，改良地盤の液状化強度比（RL_{20}）が上回ることを確認

【品質管理の項目，確認時期及び方法】

検査項目	確認事項	確認時期	確認方法	備考
改良範囲	改良範囲	施工中	薬液注入工法の基準類に準拠し選定（ボーリングの位置，角度等）	
液状化強度	液状化強度比※	施工後	薬液注入工法の基準類に準拠し選定（シリカ含有量増分量※）	

※地下深部の乱れの少ない試料の採取が困難なことから，配合試験で得られた液状化強度比とシリカ含有量増分量の相関を用いることとし，液状化強度比を確認するための間接的な指標として「シリカ含有量増分量」を採用し，計画値以上であることを確認

なお，薬液注入の配合試験等の結果（液状化強度比とシリカ含有量増分量の関係等）は設工認（STEP４）で説明する。

【品質管理に適用する基準類】

工法	基準・指針名
薬液注入工法	浸透固化処理工法技術マニュアル　平成15年3月，財団法人　沿岸開発技術センター
	薬液注入工法による地盤改良工事に係る地盤改良効果の調査方法等について，平成29年8月，国土交通省

使用前事業者検査では，上記の適用基準に準拠した具体的な検査項目（品質管理項目）・確認時期・確認方法の詳細を説明する。

3－3．施工性・検査に係る基本方針

（5）改良地盤の検査

②改良地盤（セメント系）の品質管理

【地盤改良の目的及び設計上の取扱いと性能目標】

地盤改良の目的	設計上の取扱い	性能目標
地盤の非液状化及び津波波力に対する基礎の変形の抑制のため，地盤の強度・剛性の向上	鋼製防護壁基礎から受ける荷重に対し，必要な地盤反力を発揮	設計で用いた強度及び剛性の確保

【品質管理の項目，確認時期及び方法】

検査項目	確認事項	確認時期	確認方法	備考
改良(置換)範囲	改良場所の位置，深さ，造成高さ	施工中※1or施工後	測量	掘削・置換工法
改良体の強度及び剛性	一軸圧縮強度※2	施工前※3or施工後※3	配合計画書，一軸圧縮試験	流動化処理土

※1 改良範囲の確認の一部は，施工中（掘削した段階，流動化処理土による埋戻し（置換）作業前）に実施
※2 改良体の剛性は一軸圧縮強度に基づき解析用物性値が設定されていることから，強度及び剛性を確認するための間接的な指標として設計に用いた「一軸圧縮強度」を採用
※3 施工前に使用する材料の仕様を確認。施工後にはプラント出荷時に採取した供試体により材料の品質（一軸圧縮強度）を確認

（既実施範囲：高圧噴射撹拌工法）

検査項目	確認事項	確認時期	確認方法	備考
改良範囲	改良範囲	施工中	高圧噴射撹拌工法の基準類に準拠し選定(ボーリングの位置，角度等)	
改良体の強度及び剛性	一軸圧縮強度※2	施工後※4	高圧噴射撹拌工法の基準類に準拠し選定(一軸圧縮試験)	

※4 改良地盤より試料を採取し，一軸圧縮強度試験を実施

なお，解析用物性値の改良地盤（セメント系）の一軸圧縮強度と剛性の関係については，STEP３で説明する。

【品質管理に適用する基準類】

工法	基準・指針名
流動化処理土	流動化処理土利用技術マニュアル《平成19年/第2版》　(独)土木研究所／(株)流動化処理工法総合監理
高圧噴射撹拌工法	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－（財)日本建築センター）

使用前事業者検査では，上記の適用基準に準拠した具体的な検査項目（品質管理項目）・確認時期・確認方法の詳細を説明する。

４．構造成立性の見通し結果

4．構造成立性の見通し結果

構造成立性に係るコメント

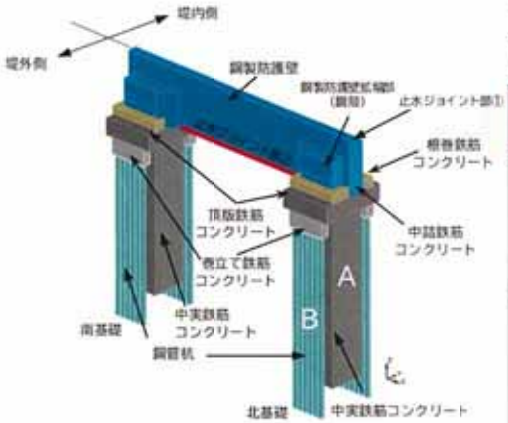
No	コメント
⑥	鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。

回答概要

No	回答概要
⑥	構造変更後の構造成立性の見通しを確認するため，鋼製防護壁基礎にとって最も厳しい荷重条件となる重畳時（敷地に遡上する津波＋余震）のケースで検討した。 耐津波設計の基本設計方針に基づき解析評価を行った結果，基礎（中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート，杭頭接合部，頂版鉄筋コンクリート），接合部（アンカーボルト），上部工（鋼製防護壁），基礎地盤のいずれにおいても許容限界を満足していることを確認できたことから，構造が成立する見通しを得た。なお，施工方法の成立性については「３－３．施工性・検査に係る基本方針」で説明。

4．構造成立性の見通し結果

- 構造変更後の構造成立性の見通しを確認するため，鋼製防護壁基礎にとって最も厳しい荷重条件となる重畳時（敷地に遡上する津波＋余震）のケースで検討を行った。
- 耐津波設計の基本設計方針に基づき解析評価を行った結果，基礎（中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート，杭頭接合部，頂版鉄筋コンクリート），接合部（アンカーボルト），上部工（鋼製防護壁），基礎地盤のいずれにおいても許容限界を満足していることを確認できたことから，構造が成立する見通しを得た。
- 構造成立性の見通し結果の例として基礎の代表部位となる中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭の照査結果を以下に示す（詳細は補足説明資料参照）。



- 照査値は最大値を記載している。
- 今後，保守的な残置影響評価等の設計進捗に伴い，照査値は変更となる可能性がある。

1）中実鉄筋コンクリートの照査

①曲げ照査

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm²)	許容限界 (N/mm²)	照査値
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	10.3	32	0.33
	鉄筋圧縮応力度	147.2	478.5	0.31
	鉄筋引張応力度	191.6	478.5	0.41
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	17.5	32	0.55
	鉄筋圧縮応力度	248.5	478.5	0.52
	鉄筋引張応力度	338.6	478.5	0.71

②せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値
北基礎	堤軸方向	57255	259255	0.23
	堤軸直交方向	187817	259255	0.73
南基礎	堤軸方向	90436	259255	0.35
	堤軸直交方向	207822	259255	0.81

2）鋼管杭の照査

①曲げ照査

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm²)	許容限界 (N/mm²)	照査値
北基礎	圧縮応力度	347.2	433.5	0.81
	引張応力度	279.0	433.5	0.65
南基礎	圧縮応力度	352.0	433.5	0.82
	引張応力度	312.7	433.5	0.73

②せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm²)	許容限界 (N/mm²)	照査値
北基礎	堤軸方向	17.2	246.5	0.07
	堤軸直交方向	20.0	246.5	0.09
南基礎	堤軸方向	20.7	246.5	0.09
	堤軸直交方向	20.5	246.5	0.09

5．今後の工程

5．今後の工程

スケジュールに係るコメント

No	コメント
⑪	説明スケジュールを明確にすること。

回答概要

No	回答概要
⑪	スケジュールについて説明する。 次回のSTEP３については今後速やかに説明を開始する。 STEP４はSTEP３が終了次第，４月以降から説明を開始する予定。

5．今後の工程

今回はSTEP1及びSTEP２について説明した。
次回のSTEP３については今後速やかに説明を開始する。また，STEP４はSTEP３が終了次第，４月以降から説明を開始する予定。

今回説明範囲　　次回説明範囲

STEP　1

●構造変更案の概要

- 構造変更案の概要（追加基礎・地盤改良の追加）
- 今後の説明の流れ

審査会合（第1309回）

STEP　2

●基本方針の設定※1

【耐震・耐津波評価】の基本方針
- 要求性能と設計評価方針
- 検討モデル（鋼管杭，地盤改良，頂版鉄筋コンクリート，地盤バネ，群杭の扱い等）
- 評価フロー，評価項目
- STEP3で示す耐震評価に係る構造成立性の評価方法

【影響評価】の基本方針
- 地中連続壁の残置影響に係る評価ロジック，評価条件，評価方針及び保守性の整理
- 追加基礎・地盤改良による周辺施設への影響に係る評価項目，評価方法，周辺施設の詳細情報

【施工性・検査】の基本方針
- 追加基礎・地盤改良の施工方法と設計への反映事項の整理
- 品質確保のための検査項目（品質管理目標）
- 地盤改良（薬液注入）の性能目標，物性値

●構造成立性の見通し

【耐津波評価】の結果※2
- 代表的な応力(断面力最大ケース)による各部の照査

STEP　3

●構造成立性

【耐震・耐津波評価】の結果
- 代表的な応力（断面力最大ケース）による各部の照査

【影響評価】の結果
- 代表的な応力（断面力最大ケース）による地中連続壁の残置影響評価

STEP　4

●詳細検討結果(補足事項含)

【耐震・耐津波評価】の結果
- 全解析ケースによる各部の照査

【影響評価】の結果
- 地中連続壁部の残置影響評価
- 追加基礎・地盤改良による周辺施設への影響評価

【施工性・検査】の確認結果
- 地盤改良物性値（ばらつき，液状化強度）に係る試験確認

※1　STEP2で設定した基本方針に基づき構造成立性の確認（STEP2, 3），詳細検討（STEP4）を実施する。
※2　構造変更する基礎に対して，最も厳しい荷重条件である耐津波時（重畳時）を代表ケースとして見通しを確認する。

参考資料

（参考１）

審査会合におけるコメントについて，本施設の設計等の観点に従い，下表のように整理した。

コメント※		基本設計方針	影響評価方針		施工の実現性
		3-1. 耐震・耐津波設計に係る基本設計方針 4. 構造成立性の見通し結果	3-2(1)地中連続壁部の残置影響評価方針	3-2(2)地盤改良等による周辺施設への影響評価方針	3-3. 施工性・検査に係る基本方針
②	既工認に立ち返り，設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。	○	○	○	○
③	不確かさを考慮して設計すること（局部的に応力集中が起こる可能性も否定できない）。		○		
④	既工認と同様に，設計条件及び評価項目のすべてに対して説明する等検討すること。	○			
⑥	鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。	○			○
⑦	地中連続壁を残置する影響については，想定される様々な角度から十分に検討すること。		○		
⑧	地盤改良，新規基礎追加等については，周辺施設に与える影響を網羅的に検討すること。また，実現性のある工事計画を綿密に立案すること。			○	○
⑨	地盤改良を新たに実施する場合には改良土全体が所定の強度を有していることを確認するための品質管理方法について，設工認で示す内容，使用前事業者検査で示す内容を整理すること。				○
⑩	構造変更案について具体的な評価の説明に当たっては，実現可能性・基準適合性を的確に審査できるレベルに達した資料を整えて説明すること。 また，特徴や弱点を踏まえて課題を網羅的に抽出してロジックを含めて資料化すること。	○	○	○	○
⑫	施工性について，施工管理が可能である旨も含めて具体的に説明すること。				○

※課題を整理するため，審査会合コメントを再整理して掲載（⑪説明スケジュールの除外等）

（参考２）

構造変更後の北基礎の照査結果の一覧表を以下に示す。

- 照査値は最大値を記載している。
- 今後，保守的な残置影響評価等の設計進捗に伴い，照査値は変更となる可能性がある。

北基礎

区分	構成部位	断面力の種類		断面力	許容限界	照査値
下部工	中実鉄筋コンクリート	曲げ	Con曲げ圧縮応力度	10.3	32	0.33
			鉄筋圧縮応力度	147.2	478.5	0.31
			鉄筋引張応力度	191.6	478.5	0.41
		せん断	堤軸方向	57255	259255	0.23
			堤軸直交方向	187817	259255	0.73
	鋼管杭	曲げ	圧縮応力度	347.2	433.5	0.81
			引張応力度	279.0	433.5	0.65
		せん断	堤軸方向	17.2	246.5	0.07
			堤軸直交方向	20.0	246.5	0.09
	巻立て鉄筋コンクリート	曲げ（巻立て鉄筋コンクリート）	鉄筋圧縮応力度	311.7	478.5	0.66
			鉄筋引張応力度	350.8	478.5	0.74
			Con圧縮応力度	26.8	32.0	0.84
		曲げ（鋼管杭）	圧縮応力度	209.1	433.5	0.49
			引張応力度	260.8	433.5	0.61
		せん断（巻立て鉄筋コンクリート）	堤軸方向	7409	12971	0.58
			堤軸直交方向	5891	7067	0.84
		せん断（鋼管杭）	堤軸方向	33.2	246.5	0.14
			堤軸直交方向	32.8	246.5	0.14
	杭頭接合部	仮想RC断面（鋼管杭）	鉄筋引張応力度	160.0	478.5	0.34
			Con圧縮応力度	5.5	32.0	0.18
		仮想RC断面（RC）	鉄筋引張応力度	371.8	478.5	0.78
			Con圧縮応力度	25.3	32.0	0.80

区分	構成部位	断面力の種類		断面力	許容限界	照査値
下部工	頂版鉄筋コンクリート	曲げ	堤軸方向 鉄筋圧縮応力度	59.6	478.5	0.13
			堤軸方向 鉄筋引張応力度	282.1	478.5	0.59
			堤軸方向 Con圧縮応力度	4.7	32.0	0.15
			堤軸直交方向 鉄筋圧縮応力度	136.9	478.5	0.29
			堤軸直交方向 鉄筋引張応力度	443.0	478.5	0.93
			堤軸直交方向 Con圧縮応力度	18.5	32.0	0.58
		せん断	堤軸方向-西側	15632	31965	0.49
			堤軸方向-東側	14429	30274	0.48
			堤軸直交方向-西側	22704	31712	0.72
			堤軸直交方向-東側	23164	30022	0.78
接合部	アンカーボルト	引張	堤軸方向	36.4	355.0	0.11
			堤軸直交方向	192.6	355.0	0.55
地盤	基礎地盤	支持力	中実鉄筋Con	2987	6152	0.49
			杭（単体）	3345	6185	0.55
			杭（仮想ｹｰｿﾝ）	34474	137252	0.26
上部工	鋼製防護壁	曲げ	水平梁の堤軸方向	鋼製防護壁は，既工認の断面力を超えることがないことを確認（既工認では，南北基礎上端部のいずれか大きい方の断面力を用いて部材の仕様を決定）		
			水平梁の堤軸直交方向			
			鉛直梁の堤軸直交方向			
	中詰鉄筋コンクリート	せん断	堤軸方向	6558	255048	0.03
			堤軸直交方向	202895	255048	0.80
		水平回転モーメント	水平鉄筋 D38-7本@200	221	478.5	0.47
			鉛直鉄筋 D51-7段	127	478.5	0.27

（参考３）

構造変更後の南基礎の照査結果の一覧表を以下に示す。

- 照査値は最大値を記載している。
- 今後，保守的な残置影響評価等の設計進捗に伴い，照査値は変更となる可能性がある。

南基礎

区分	構成部位	断面力の種類		断面力	許容限界	照査値
下部工	中実鉄筋コンクリート	曲げ	Con曲げ圧縮応力度	17.5	32	0.55
			鉄筋圧縮応力度	248.5	478.5	0.52
			鉄筋引張応力度	338.6	478.5	0.71
		せん断	堤軸方向	90436	259255	0.35
			堤軸直交方向	207822	259255	0.81
	鋼管杭	曲げ	圧縮応力度	352.0	433.5	0.82
			引張応力度	312.7	433.5	0.73
		せん断	堤軸方向	20.7	246.5	0.09
			堤軸直交方向	20.5	246.5	0.09
	巻立て鉄筋コンクリート	曲げ（巻立て鉄筋コンクリート）	鉄筋圧縮応力度	296.0	478.5	0.62
			鉄筋引張応力度	363.7	478.5	0.77
			Con圧縮応力度	23.7	32.0	0.75
		曲げ（鋼管杭）	圧縮応力度	204.4	433.5	0.48
			引張応力度	271.8	433.5	0.63
		せん断（巻立て鉄筋コンクリート）	堤軸方向	8271	12971	0.64
			堤軸直交方向	5461	7067	0.78
		せん断（鋼管杭）	堤軸方向	37.1	246.5	0.16
			堤軸直交方向	27.8	246.5	0.12
	杭頭接合部	仮想RC断面（鋼管杭）	鉄筋引張応力度	184.9	478.5	0.39
			Con圧縮応力度	4.6	32.0	0.15
		仮想RC断面（RC）	鉄筋引張応力度	425.0	478.5	0.89
			Con圧縮応力度	20.2	32.0	0.64

区分	構成部位	断面力の種類		断面力	許容限界	照査値
下部工	頂版鉄筋コンクリート	曲げ	堤軸方向 鉄筋圧縮応力度	87.3	478.5	0.19
			堤軸方向 鉄筋引張応力度	390.1	478.5	0.82
			堤軸方向 Con圧縮応力度	6.8	32.0	0.22
			堤軸直交方向 鉄筋圧縮応力度	136.9	478.5	0.29
			堤軸直交方向 鉄筋引張応力度	430.8	478.5	0.91
			堤軸直交方向 Con圧縮応力度	18.1	32.0	0.57
		せん断	堤軸方向-西側	16121	31965	0.51
			堤軸方向-東側	14433	30274	0.48
			堤軸直交方向-西側	23143	31712	0.73
			堤軸直交方向-東側	23074	30022	0.77
接合部	アンカーボルト	引張	堤軸方向	43.2	355.0	0.13
			堤軸直交方向	205.8	355.0	0.58
地盤	基礎地盤	支持力	中実鉄筋Con	1999	6018	0.34
			鋼管杭（単体）	2193	6060	0.37
			鋼管杭（仮想ｹｰｿﾝ）	22494	131906	0.18
上部工	鋼製防護壁	曲げ	水平梁の堤軸方向	鋼製防護壁は，既工認の断面力を超えることがないことを確認（既工認では，南北基礎上端部のいずれか大きい方の断面力を用いて部材の仕様を決定）		
			水平梁の堤軸直交方向			
			鉛直梁の堤軸直交方向			
	中詰鉄筋コンクリート	せん断	堤軸方向	29108	255048	0.12
			堤軸直交方向	215647	255048	0.85
		水平回転モーメント	水平鉄筋 D38-7本@200	284	478.5	0.60
			鉛直鉄筋 D51-7段	163	478.5	0.35