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2月20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．説明内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
２．構造変更の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
３．耐震・耐津波設計に係る基本設計方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
　３－１．耐震設計の基本設計方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
　３－２．耐津波設計の基本設計方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
４．影響評価に係る基本方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
　４－１．影響評価に係る基本方針（地中連続壁部の残置影響） ・・・・・・・・・ 49
　４－２．影響評価に係る基本方針（地盤改良体の設置による周辺施設への影響）・・ 54
５．施工性・検査性に係る基本方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
６．構造成立性の見通し ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・86
７．工程 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・98

審査会合コメント整理表

		コメント	回答
3/26 会合	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。	6/18 済
	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
	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
6/18 会合	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。	8/29 済
8/29 会合	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
	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
	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
12/24 会合	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
	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．説明内容

審査会合（第1309回）資料を一部変更

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，前回審査会合（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

2024. 12. 24審査会合

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（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。

2．構造変更の概要

2．構造変更の概要

審査会合（第1280回）資料を一部変更

（1）構造変更の経緯と考え方（1）

地中連続壁部を基礎として使用しないことを踏まえ，当初設計の剛性・耐力を確保するため，周辺地盤の地盤改良や基礎の追加等を行い安全裕度を確保する。

当初設計

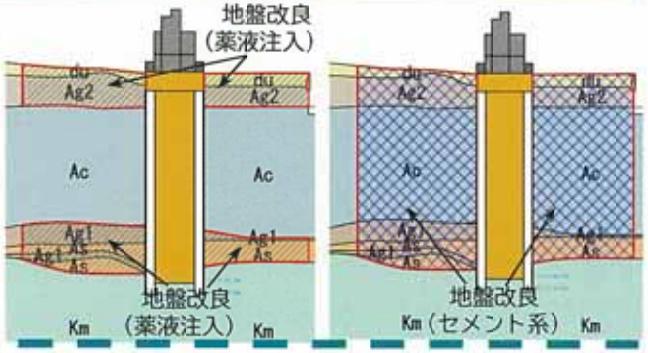
変更後

変形：大
耐力：小

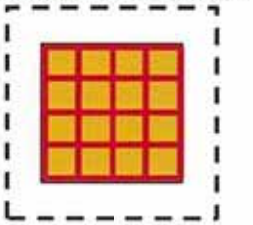
曲げ剛性ＥＩが当初設計の1/4程度に低減

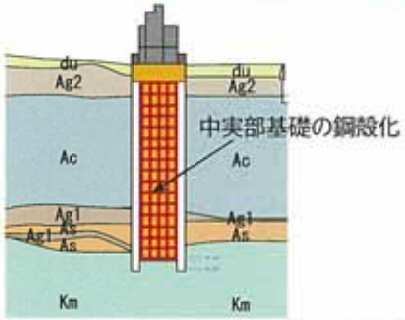
曲げ剛性＝Ｅ（ヤング係数）×Ｉ（断面二次モーメント）

(1)地盤改良
地盤改良により基礎部の変形を抑制（⇒中実部基礎の発生応力も低減）

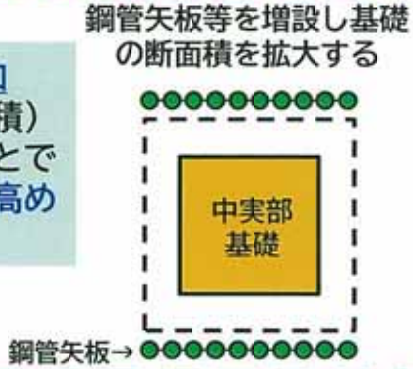


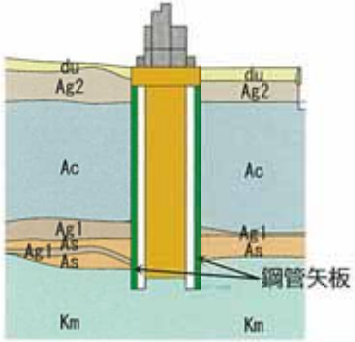
(2)中実部基礎の構造変更
中実部基礎を鋼鈑や鉄骨等を用いて剛性・耐力を高める





(3)基礎の追加
基礎幅（断面積）を拡大することで剛性・耐力を高める





(4)上記(1)～(3)の組合せ

コンクリートの設計基準強度　f’ck＝40 N/mm²

コンクリートの設計基準強度　f’ck＝50 N/mm² ⇒　ＥＩの向上に寄与（２～３ ％）

2．構造変更の概要

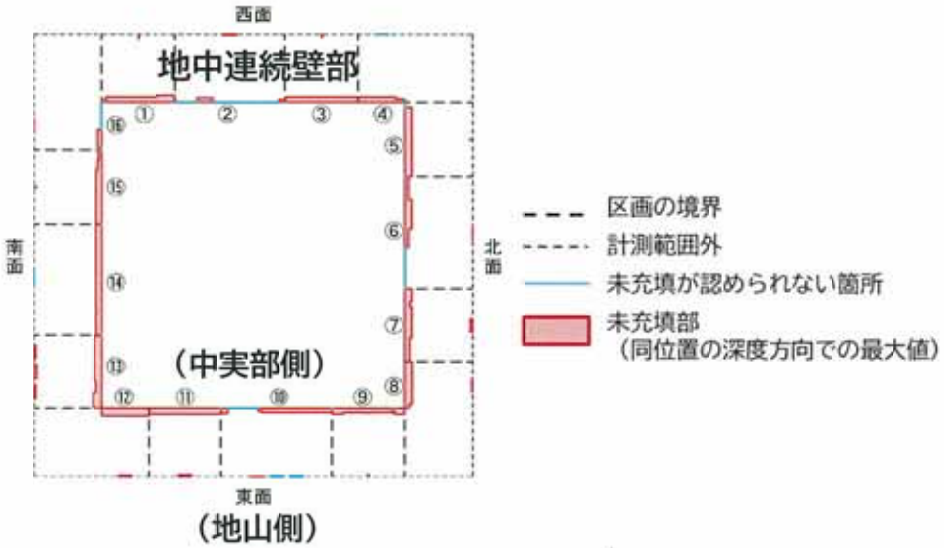
（1）構造変更の経緯と考え方（2）

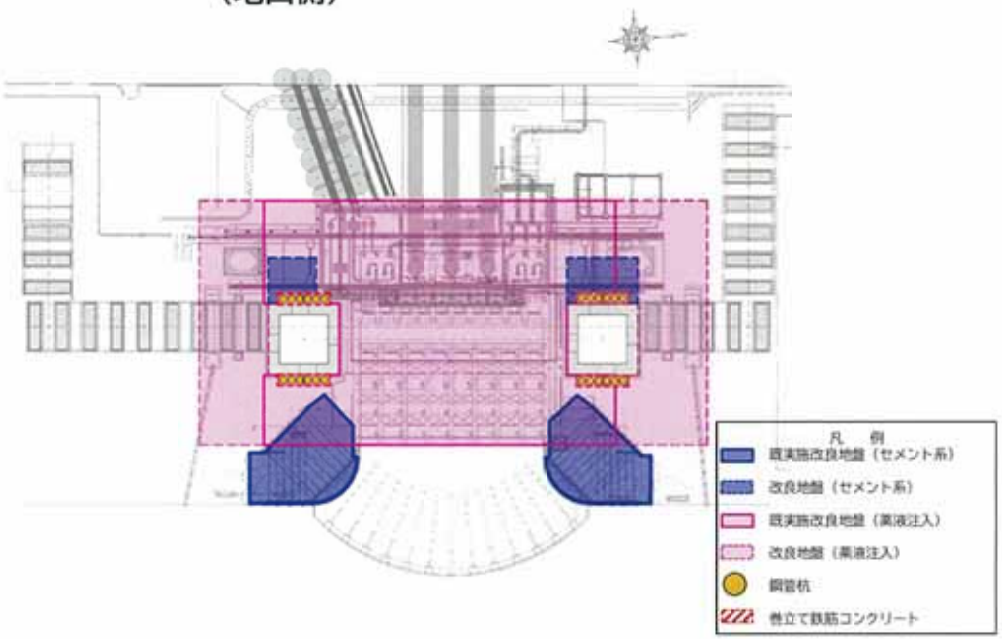
①地中連続壁部の不具合の全容については，中実部側は目視確認できたが，地山側については音響探査等の点や線の情報であり（右図），不具合の全容を把握することはできなかったため，構造部材として考慮しない設計に変更した。（審査会合（第1259回，第1280回））

②地中連続壁部を構造部材として考慮しないことから，基礎の剛性・強度が不足し構造が成立しないため，追加基礎（鋼管杭）及び周辺地盤の地盤改良による構造変更とした（審査会合（第1309回））

なお，中実部を鋼鈑や鉄骨等を用いて剛性・耐力を高める案については，超重量の鋼材を地下深部への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，剛性向上にあまり寄与しないことなどから採用しないこととした。

③追加基礎（鋼管杭）と周辺地盤の地盤改良で構造変更に加え，杭頭部の断面力が大きくなる対策として，杭頭部に巻立て鉄筋コンクリートを設置することとした。また，残置する地中連続壁部の影響を考慮した構造成立性の確認及び新たに追加した地盤改良が近傍施設へ与える影響についても評価する方針とした【今回，方針を説明】。



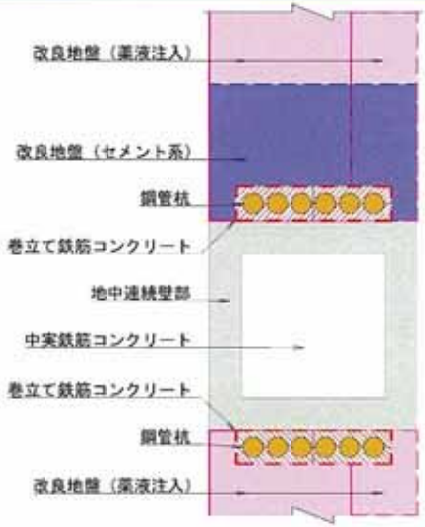


2．構造変更の概要

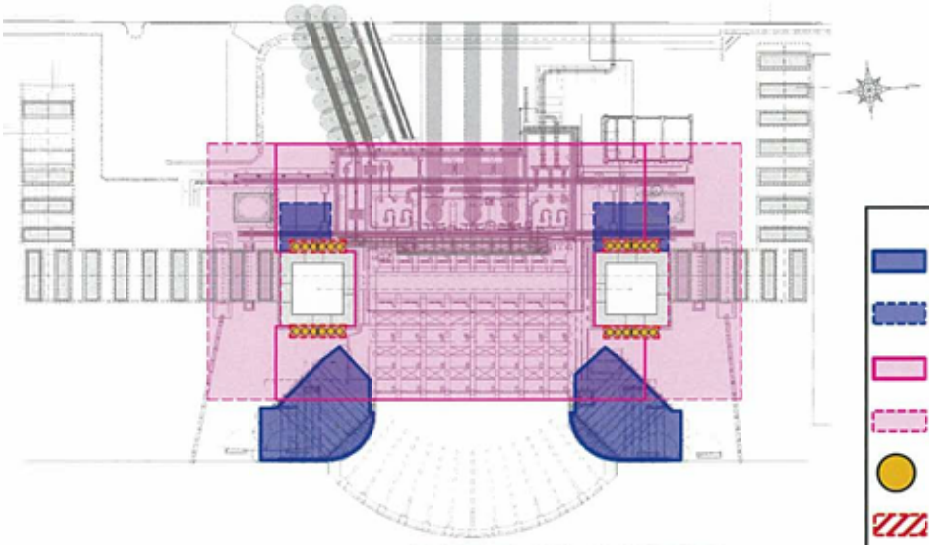
（2）構造変更の概要（追加基礎と地盤改良）

- 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，基礎の変位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。

  ※南側基礎西側の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。

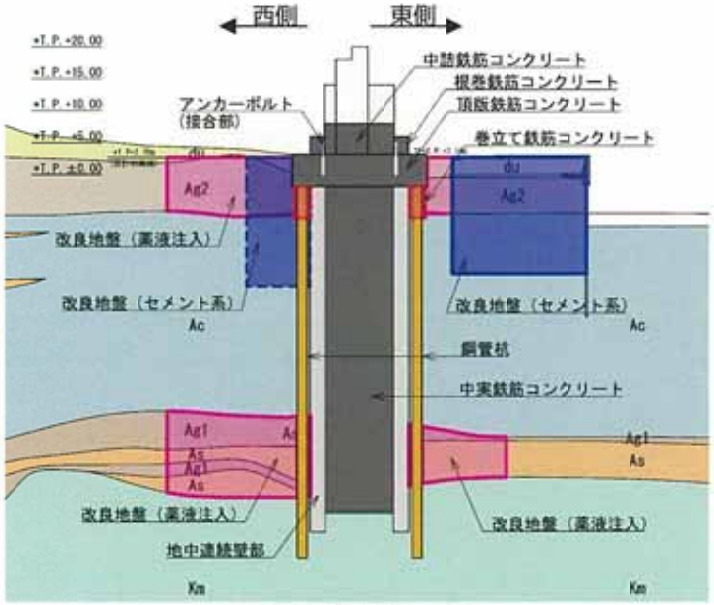


北基礎平面拡大図
（追加基礎＋地盤改良）



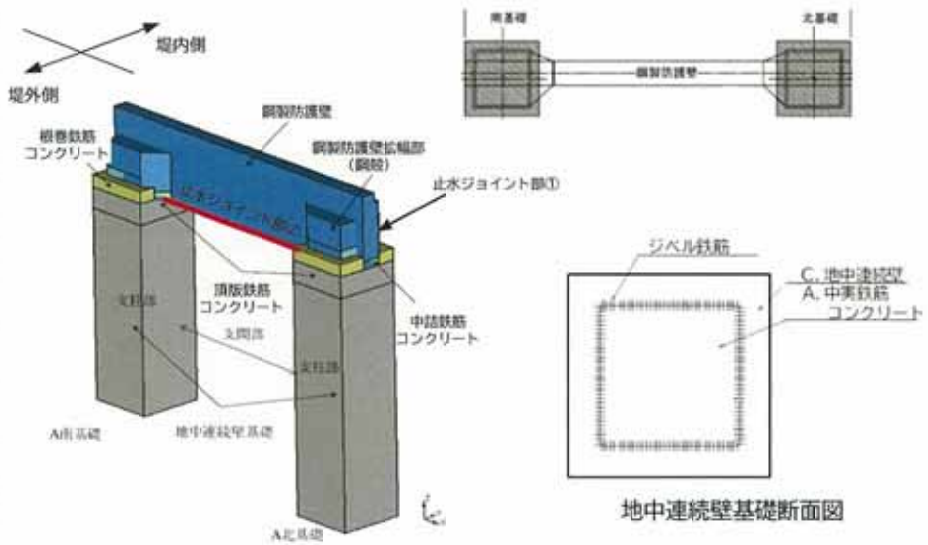
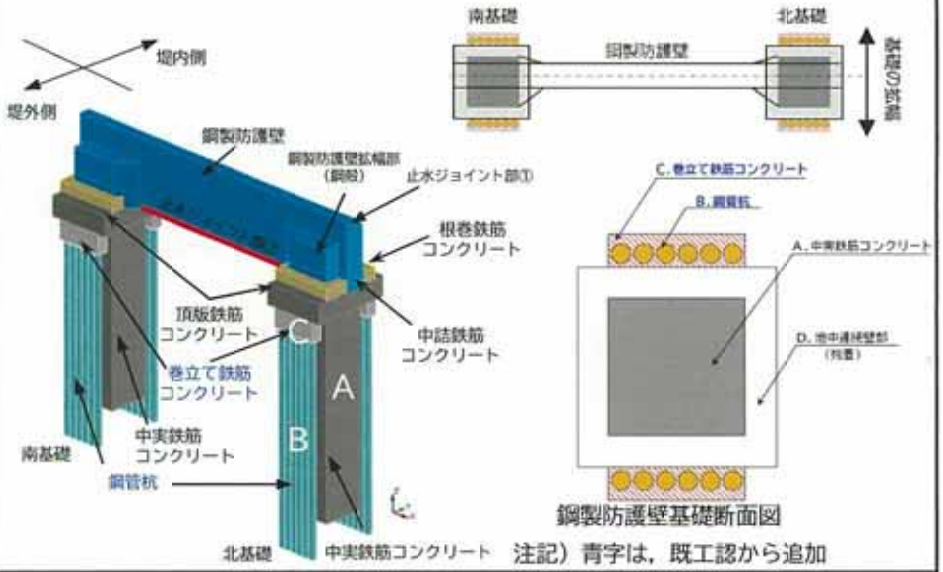
平面図（改良範囲図）

凡　例
- 既実施改良地盤（セメント系）
- 改良地盤（セメント系）
- 既実施改良地盤（薬液注入）
- 改良地盤（薬液注入）
- 鋼管杭
- 巻立て鉄筋コンクリート



北基礎断面図

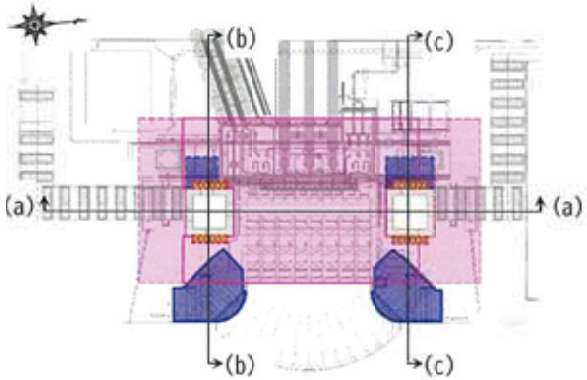
2．構造変更の概要

	既工認※	構造変更（案）
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 ・A. 中実鉄筋コンクリート ・B，Cは追加基礎（鋼管杭，巻立て鉄筋コンクリート） ・AとB，Cの間にはD. 地中連続壁部を残置し，構造評価上は地盤（改良地盤（薬液注入））として扱う。
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。）

2．構造変更の概要

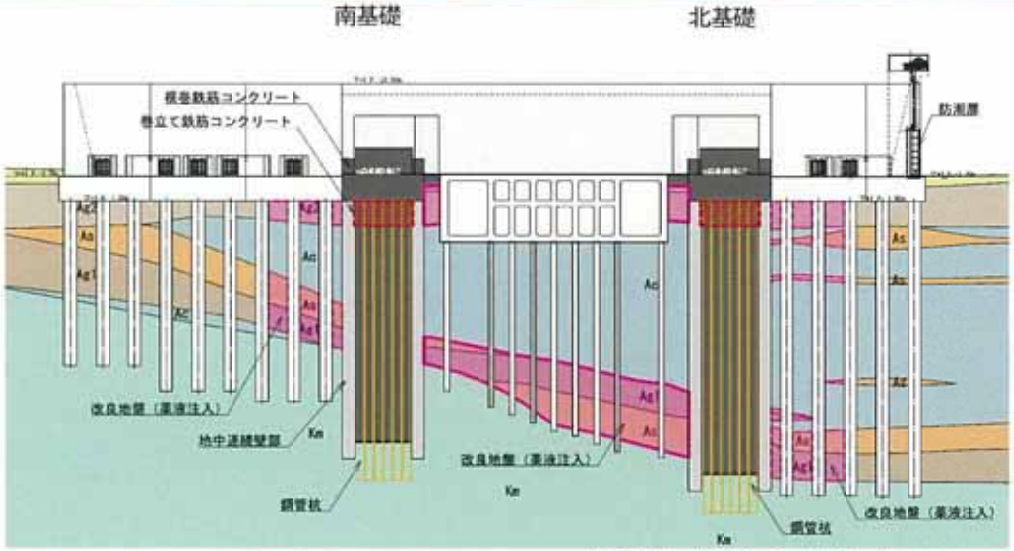
構造変更概要図



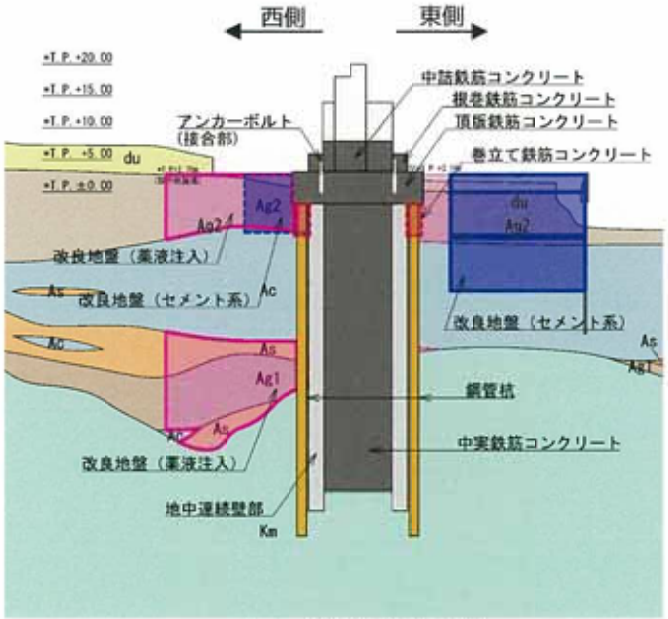
断面位置図

凡　例

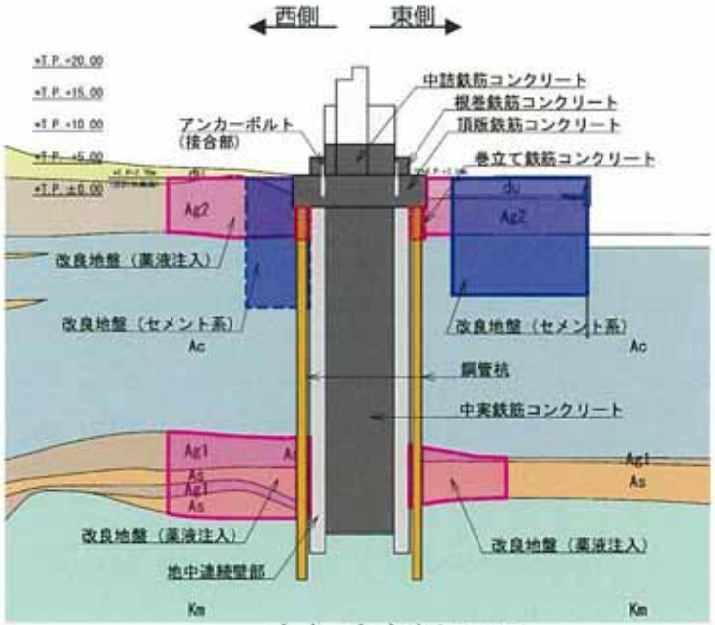
- 既実施改良地盤（セメント系）
- 改良地盤（セメント系）
- 既実施改良地盤（薬液注入）
- 改良地盤（薬液注入）
- 鋼管杭
- 巻立て鉄筋コンクリート



(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

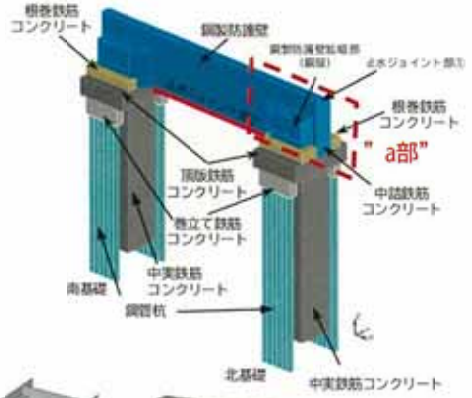
2．構造変更の概要

（3）構成部位と役割（1/2）

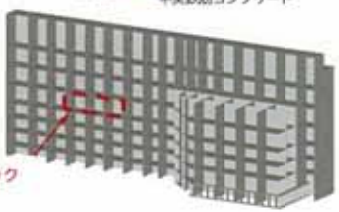
注記）青字は，既工認から追加した構造部材等

区分	分類	構成部位	各部位の役割
上部工	鋼製防護壁	鋼製防護壁	地震時，津波時・重畳時の荷重に抵抗する。 津波による浸水を防止する。
		中詰鉄筋コンクリート	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで，下部工周辺の鋼殻応力の低減と上部工からのせん断力と水平回転モーメント(水平トルク)を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
		根巻鉄筋コンクリート	アンカーボルト頭部の防食などを目的とした鉄筋コンクリート。非構造部材として設計する。
接合部	鋼製防護壁アンカー	アンカーボルト	上部工からの引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
下部工	中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭の複合基礎	頂版鉄筋コンクリート	中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭基礎の上部に構築する鉄筋コンクリート版で，鋼製防護壁からの荷重を基礎に伝達する。アンカーボルト，中詰鉄筋コンクリート，中実鉄筋コンクリート内の鉄筋を定着させる。
		中実鉄筋コンクリート	基礎の主要部材であり，地震時，津波時・重畳時の荷重による発生断面力を負担する。
		鋼管杭	中実鉄筋コンクリートとともに地震及び津波による発生断面力を負担する。
		巻立て鉄筋コンクリート	鋼管杭とともに地震及び津波による発生断面力を負担する。
地盤	改良地盤	①改良地盤(セメント系)	基礎の変位を抑制する。
		②改良地盤(薬液注入)	地盤の液状化防止により地震時応答を抑制する。
	基礎地盤	久米層	地震時及び津波による荷重に対して基礎を支持する。

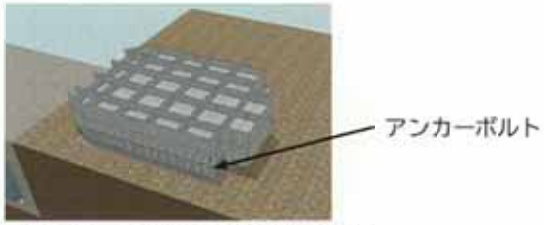
鋼製防護壁全体の構造図（鳥瞰図）



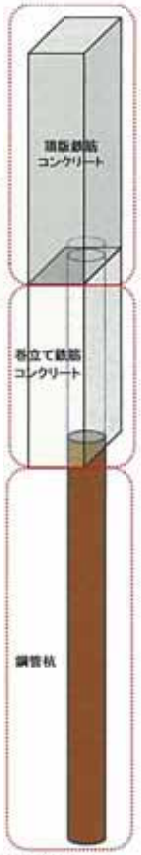
鋼殻ブロックのイメージ図



鋼製防護壁の内部透視図（" a部"）



アンカーボルトの設置イメージ図

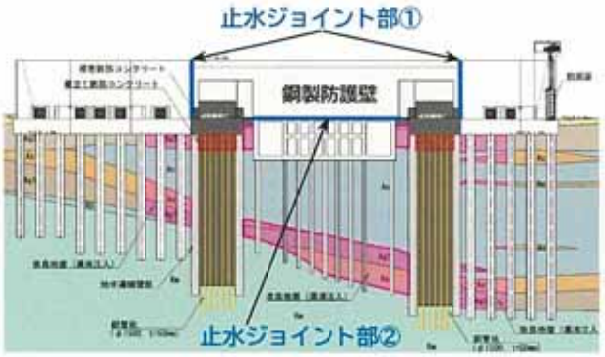


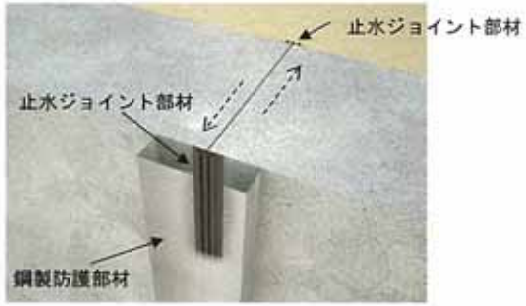
巻立て鉄筋コンクリート・鋼管杭・杭頭接合部イメージ図

2．構造変更の概要

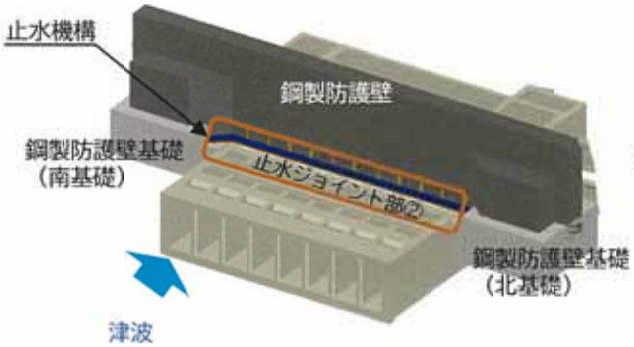
（3）構成部位と役割（2/2）

区分	分類	構成部位	各部位の役割
上部工	止水ジョイント部①	止水シート	鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁の接合部の地震時，及び津波時・重畳時の荷重に伴う構造物の相対変位に追従し，止水性を確保する。
		鋼製アンカー	止水ジョイントの固定部であり，地震時及び津波時・重畳時の引張，せん断に抵抗する。
		止水ジョイントの鋼製防護部材	津波時における漂流物の衝突による止水ジョイント部材を保護し，止水性を確保する。
	止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構	鋼製防護壁（支間部）と既設構造物の間の津波に対する止水性を確保する。

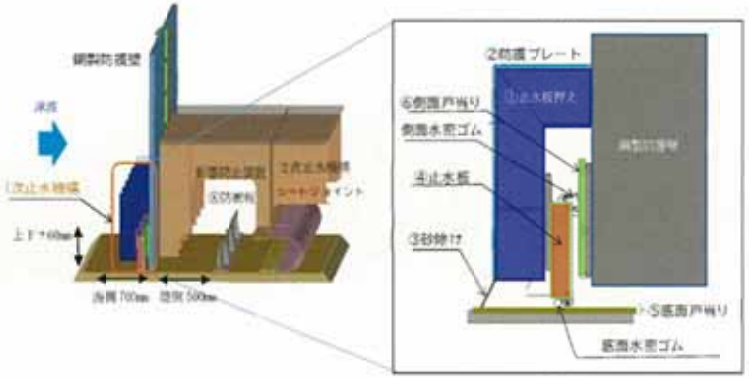




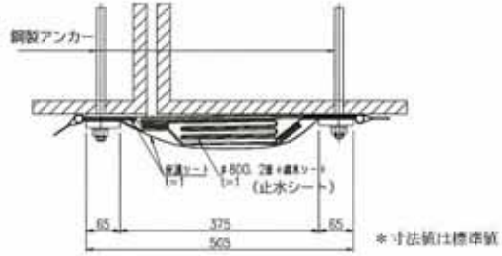
止水ジョイント部材設置イメージ図
（止水ジョイント部①）



鋼製防護壁底部止水機構の設置位置
（止水ジョイント部②）



鋼製防護壁底部止水機構断面図
（止水ジョイント部②）



止水ジョイント部①詳細図

2．構造変更の概要

（4）構成部位の基本仕様

部材名			仕様
上部工	鋼製防護壁		鋼材　　：SM490Y，SM570，SBHS500，SBHS700
	中詰鉄筋コンクリート		コンクリート：f'_{ck}＝50 N/mm²，鉄筋：SD345，SD390，SD490
	根巻鉄筋コンクリート		コンクリート：f'_{ck}＝24 N/mm²，鉄筋：SD345，SD390，SD490
	止水ジョイント部①	止水シート	遮水シート，土木シート（2重）により構成される。
		鋼製アンカー	SS400：M20
		止水ジョイントの鋼製防護部材	扉体，扉部ヒンジ，ワイヤーロープ等により構成される。
	止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構	止水板，シートジョイント，防護プレート，止水板抑え等により構成される。
接合部	アンカーボルト		SM520相当
下部工	頂版鉄筋コンクリート		コンクリート：f'_{ck}＝50 N/mm² 鉄筋：SD345，SD390，SD490
	中実鉄筋コンクリート		コンクリート：f'_{ck}＝50 N/mm²，鉄筋：SD345，SD390，SD490
	鋼管杭		鋼管φ1500mm（SM570），t＝50mm
	巻立て鉄筋コンクリート		コンクリート：f'_{ck}＝50 N/mm²，鉄筋：SD345，SD390，SD490
地盤	①改良地盤（セメント系）		セメント系地盤改良
	②改良地盤（薬液注入）		薬液注入地盤改良（砂・礫質土対象）
	基礎地盤		久米層

注記）青字は，既工認から変更した材料仕様等

３．耐震・耐津波に係る基本設計方針

コメント回答

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	構造変更に係る設計を行うに当たって，各部位の要求機能を喪失する事象等を整理した上で，審査ガイド等に基づく耐震・耐津波設計の全ての評価項目に対して網羅的に検討を行い適合性について確認する。また，設計検討の内容については，施工性や必要な品質確認試験項目も考慮した上で，施工の実現性を踏まえ検討する。 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，2024年6月18日以前の設計方針（地中連続壁基礎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（地中連続壁基礎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．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

構造	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、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。 (1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。 ① 荷重組合せ a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時＋津波，常時＋津波＋地震（余震） ② 荷重の設定 a)津波による荷重（波圧，衝撃力）の設定に関して，考慮する知見（例えば，国交省の暫定指針等）及びそれらの適用性。 b)余震による荷重として，サイト特性（余震の震源，ハザード）が考慮され，合理的な頻度，荷重レベルが設定される。 c)地震により周辺地盤に液状化が発生する場合，防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 ③ 許容限界 a)津波防護機能に対する機能保持限界として，当該構造物全体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し，津波防護機能を保持すること。（なお，機能損傷に至った場合，補修にある程度の期間が必要となることから，地震，津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。） 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3 津波防護施設，浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設，浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は，常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して，当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに，その施設に要求される機能（津波防護機能，浸水防止機能）を保持すること	・防潮堤（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの来襲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，地震後の繰返しの来襲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，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，地震後の繰返しの来襲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， ①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（朔水高さ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，海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口横断部の上部構造は，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取水口横断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，地盤内からの漂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止水シート等を設置し，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．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，越流時の耐性にも配慮した上で，入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。 (1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2)設計方針の確認に加え，入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため，以下の項目について，設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。 ① 荷重組合せ a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時＋津波，常時＋津波＋地震（余震） 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，合理的な傾度，荷重レベルが設定される。 c)地震により周辺地盤に液状化が発生する場合，防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 ③ 許容限界 a)津波防護機能に対する機能保持限界として，当該構造物全体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し，津波防護機能を保持すること。（なお，機能損傷に至った場合，補修にある程度の期間が必要となることから，地震，津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。） 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3 津波防護施設，浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設，浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は，常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して，当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに，その施設に要求される機能（津波防護機能，浸水防止機能）を保持すること	・防潮堤（鋼製防護壁）は，地震後の繰返しの来襲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，地震後の繰返しの来襲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，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，地震後の繰返しの来襲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， ①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さ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，海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ②取水口横断部の上部構造は，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取水口横断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，基準地震動S_sに対し， ⑦鋼材や鉄筋コンクリートの延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するために，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。
						青枠内は，構造変更となった各部位に係る記載					
						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，構造部材である鋼管杭が，おおむね弾性状態に留まることを確認する。	下部工	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，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，鋼製防護壁基礎が降伏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，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，鋼製防護壁基礎が降伏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。

3．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【地震時】（1/3）

構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）における，地震時の荷重伝達メカニズムと発生断面力（応力状態）のイメージを以下に示す。

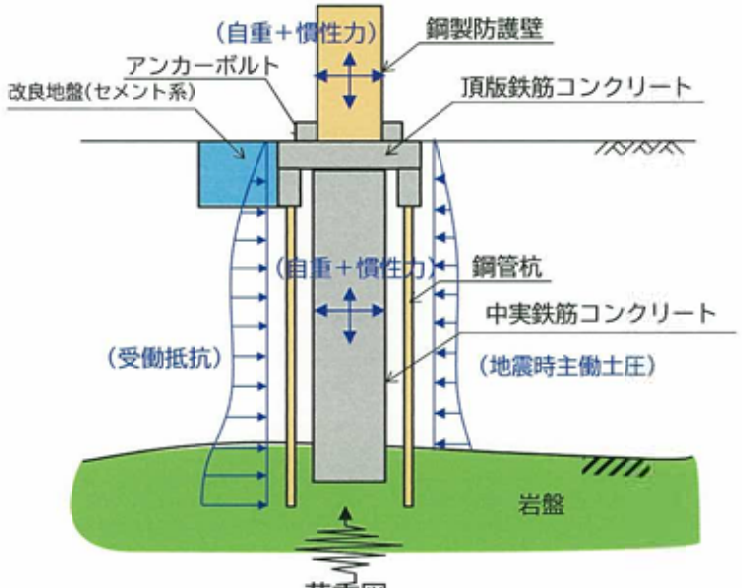
【荷重伝達メカニズム】

- 上部工（鋼製防護壁）に作用する地震荷重（慣性力）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。

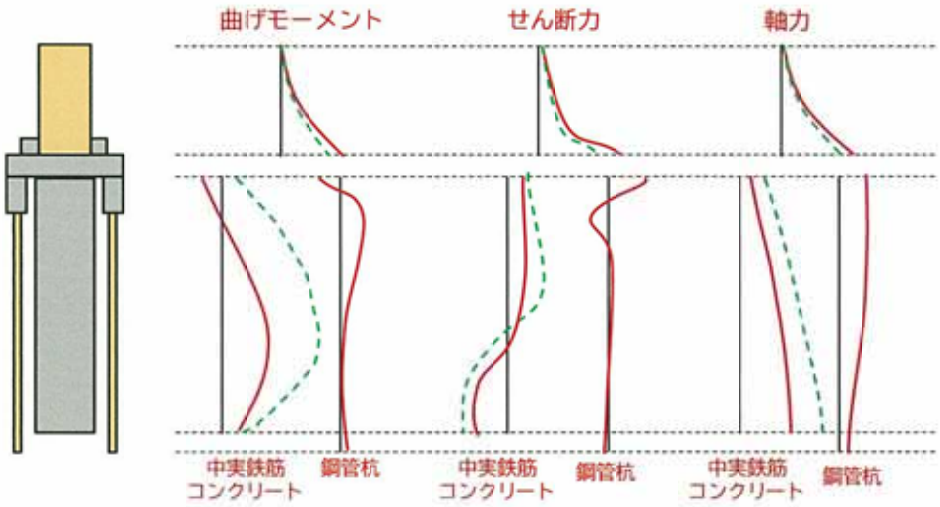
【発生断面力（応力状態）】

- 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する。

構造変更箇所を含む各部位に対し設計・施工上の配慮を整理すると共に，必要照査項目を網羅的に確認する。



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

3．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【津波時】（2/3）

構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）における，津波時の荷重伝達メカニズムと発生断面力（応力状態）のイメージを以下に示す。

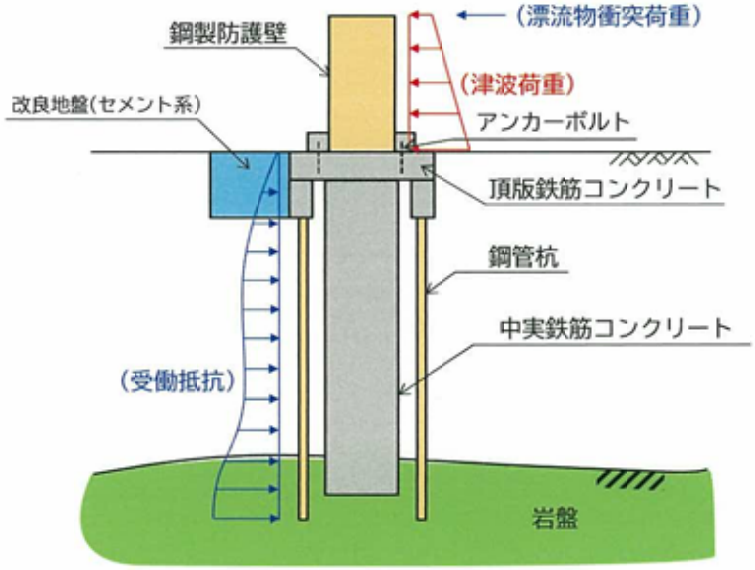
【荷重伝達メカニズム】

- 上部工（鋼製防護壁）に作用する津波荷重及び漂流物衝突荷重は，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。

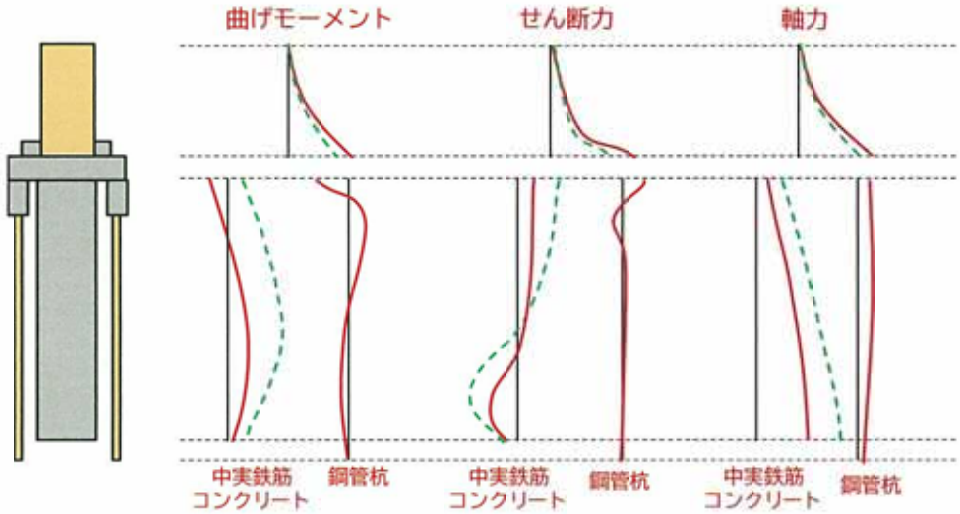
【発生断面力（応力状態）】

- 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する。

構造変更箇所を含む各部位に対し設計・施工上の配慮を整理すると共に，必要照査項目を網羅的に確認する。



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

（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】（3/3）

構造変更後の防潮堤（鋼製防護壁）における，津波と余震の重畳時の荷重伝達メカニズムと発生断面力（応力状態）のイメージを以下に示す。

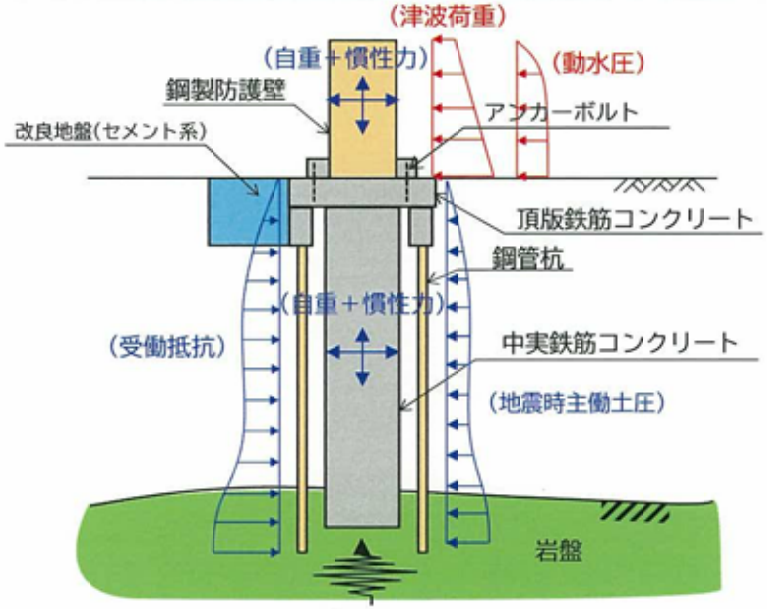
【荷重伝達メカニズム】

- 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。

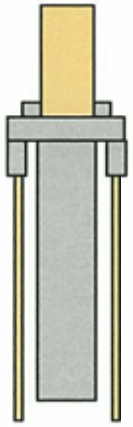
【発生断面力（応力状態）】

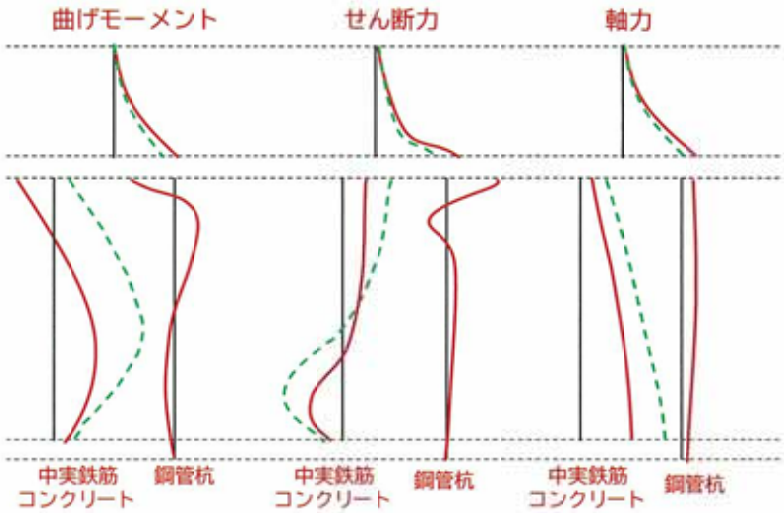
- 防潮堤（鋼製防護壁）の発生断面力は，下図のように構造変更前（既工認）の断面力分布形状と同様な分布形状（上部工の断面力は接合部で，下部工は中央深度や上下端部で大きくなる）を示すと想定される。下部工では，構造変更前（既工認）において中実鉄筋コンクリート（地中連壁を含む。）が負担していた断面力の一部を，構造変更後は鋼管杭が負担する。

構造変更箇所を含む各部位に対し設計・施工上の配慮を整理すると共に，必要照査項目を網羅的に確認する。



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

3．基本設計方針

（3）鋼製防護壁の各部位における要求機能喪失に係る整理

鋼製防護壁の各部位の設計・施工上の配慮について整理するに当たり，各部位が要求機能を喪失する事象を明らかにした。

部位の名称			各部位が要求機能を喪失する事象				備考
			地震時	津波時	余震重畳時	その他	
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		－	－	－		構造部材として扱わない
	止水ジョイント部①	止水シート	○	○	○	紫外線	
		鋼製アンカー	○	○	○		
		鋼製防護部材	○	○	○		
	止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構	○	○	○	紫外線	
接合部	アンカーボルト		○	○	○		
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		○	○	○		
地盤	①改良地盤（セメント系）		○	○	○		
	②改良地盤（薬液注入）		○	－	○		液状化防止対策である
	基礎地盤		○	○	○		

注記）青字は，構造変更により追加・変更される構造部材及び地盤材料

3．基本設計方針

（4）鋼製防護壁の各部位における設計・施工上の配慮（1/3）

防潮堤（鋼製防護壁）構造変更を踏まえ，各部位が損傷して要求機能を喪失する事象を抽出し，それに対する設計・施工上の配慮について整理した。

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※
上部工	鋼製防護壁	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】	○
		隣接する防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）からの荷重により，鋼製防護壁が損傷し，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）	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】	○
	中詰鉄筋コンクリート	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）	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】	○
	根巻鉄筋コンクリート	（構造部材として扱わない）	－	－	－

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“－”

3．基本設計方針

（4）鋼製防護壁の各部位における設計・施工上の配慮（2/3）

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※
上部工	止水ジョイント部①	止水シート	地震時の構造物間の相対変位が止水シートの許容値を超え，止水性を喪失する。	地震時	構造物間の相対変位が止水シート長さ以内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損傷し，止水性を喪失する	津波時（重畳時含）	敷地に遡上する津波（T.P.+24m）時の引張力が許容引張力以下であることを確認する。【設計】 止水ジョイント部は，津波漂流物の万が一の衝突による損傷を想定し，防潮堤の陸側にも設置する。【施工】	○
			設置後の紫外線による自然劣化により津波時の荷重に破損され，止水性を喪失する。	常時	紫外線に係る耐候試験結果から，止水シートの材質性能が低下しないことを確認する。【設計】	－
		鋼製アンカー	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）	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】	○
		鋼製防護部材	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）	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】	○
	止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構	地震時の構造物間の相対変位が，止水機構の許容値を超え，止水性を喪失する。	地震時	変位量が許容変位以下であることを確認する。【設計】 万が一に備え二次止水機構を防潮堤陸側に設置する。【施工】	○
			底面水密ゴムの地震時の摩耗により止水性を喪失する。	地震時	実証試験結果から，底面水密ゴムが摩耗に関して問題ないことを確認する。【設計】	－
			津波時荷重（漂流物含む）及び余震重畳時荷重により追従性が確保できなくなり，止水性を喪失する。	津波時（重畳時含）	変位量が許容値以下であること及び各部材の発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。【設計】	○
			水密ゴムが設置後の自然劣化により津波時の荷重により破損され，止水性を喪失する。	常時	共用期間中に水密ゴムの材質性能が低下しないことを確認する。【設計】	－

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“－”

3．基本設計方針

（4）鋼製防護壁の各部位における設計・施工上の配慮（3/3）

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※
接合部	アンカーボルト	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。また，コーンせん断破壊しないことを確認する。【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）		
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。【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】	－
	基礎地盤	地震及び津波時の基礎（中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭）に伝達する荷重により岩盤が破壊し，鉛直支持機能を喪失する。	地震時 津波時（重畳時含）	中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭の地盤反力度が基礎地盤の極限支持力度以下であることを確認する。【設計】	○

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“－”
上表の赤色点線枠は，構造変更により既工認からの変更または追加される構造部材及び地盤材料を指す。

3．基本設計方針

（5）解析用地盤物性について

耐震及び耐津波設計に用いる解析用地盤物性については，添付書類「V-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

なお，本頁には，上記添付書類の記載のうち，鋼製防護壁の構造変更により新たに追加される地盤材料である改良地盤（セメント系）及び改良地盤（薬液注入）の物性値を示す。

①改良地盤（セメント系）

項目		改良地盤（セメント系）
		流動化処理土
物理特性	密度 ρ_t(g/cm³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm²)	581
動的変形特性	初期せん断剛性※1 G_0 (N/mm²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times Vs^2$ $Vs = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) $q_u = 30.6$ (kgf/cm²) q_u：設計用一軸圧縮強さ
	動ポアソン比 ν_d	0.431
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \dfrac{1}{1+\gamma/0.000537}$
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152\dfrac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$
強度特性	ピーク強度 C (N/mm²)	$C = q_u / 2$ $q_u = 3.0$ (N/mm²) q_u：設計用一軸圧縮強さ
	残留強度※2 τ_0(N/mm²)	粘着力 C=0 (N/mm²) 内部摩擦角 ϕ=29.1（度）

注記）
※1　地盤工学への物理探査技術の適用と事例（地盤工学会，2001），わかりやすい土木技術 ジェットグラウト工法（鹿島出版社 柴崎ら，1983）

※2　改訂版　建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針－セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法－（（財）日本建築センター）

②改良地盤（薬液注入）

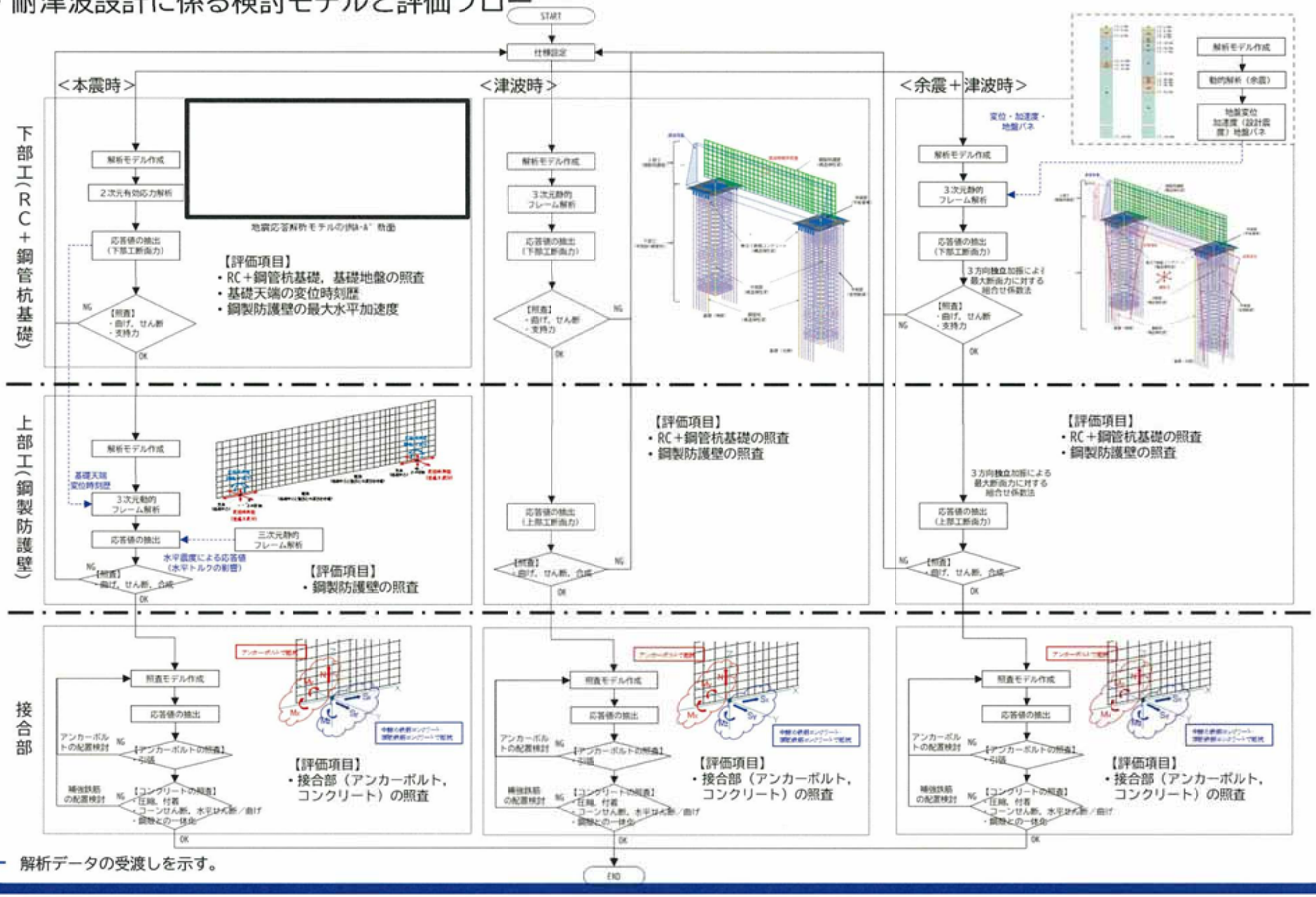
改良地盤（薬液注入）については，改良対象の原地盤の解析用地盤物性値と同等の物性値を用いると共に，数値解析上は非液状化として取り扱う。

改良地盤（薬液注入）の改良範囲は広範囲であり，隣接する重要施設への波及影響等を踏まえ，上記の物性設定（原地盤の解析用地盤物性値と同等）の妥当性については，別途施工試験を実施して確認する。（STEP 4にて説明する。）

3．基本設計方針

耐震・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。

（6）耐震・耐津波設計に係る検討モデルと評価フロー



注記）- - - - 解析データの受渡しを示す。

３－１．耐震設計の基本設計方針

3－1．耐震設計の基本設計方針

（1）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。

項目		内容	既工認※1 （設計変更前）	今回申請 （基礎の追加＋地盤改良）	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）は，線形梁要素 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梁としてモデル化 →（4）構造物のモデル化にて詳細説明	※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	
		地盤改良体	－	新たに計画した地盤改良体（セメント系，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地盤改良体を考慮 →（5）周辺地盤のモデル化にて詳細説明	
	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．耐震設計の基本設計方針

（1）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＋地盤改良）	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．耐震設計の基本設計方針

（1）耐震設計手法の既工認との比較（3/3）

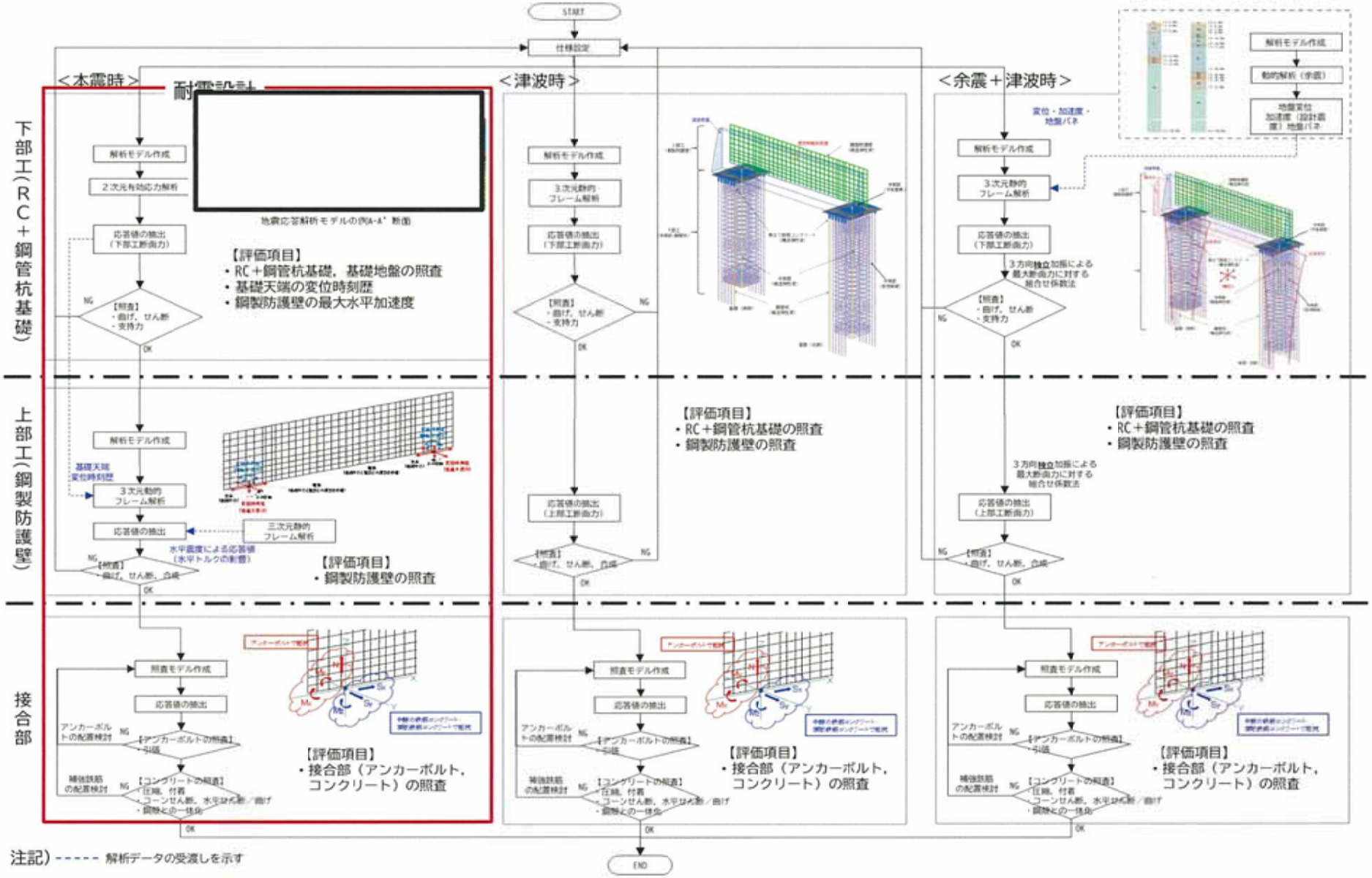
項目	内容	既工認※1 （設計変更前）	今回申請 （基礎の追加＋地盤改良）	備考
応力照査	要求性能	設計基準対象施設 ・構造強度（各構造部材/基礎地盤） ・支持性能（各構造部材） ・止水性（各構造部材/基礎地盤/止水ｼﾞｮｲﾝﾄ）	同左	
	材料物性	■鉄筋コンクリート 道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・コンクリート：設計基準強度 40 N/mm² または 50 N/mm² ・主鉄筋　　：SD490 ・せん断補強筋：SD390 ■鋼材及びアンカーボルト 道路橋示方書，鋼構造物設計基準，土木学会のガイドラインに基づき，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	地盤改良体の評価	－	地盤改良体（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」

3－1．耐震設計の基本設計方針

（2）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。



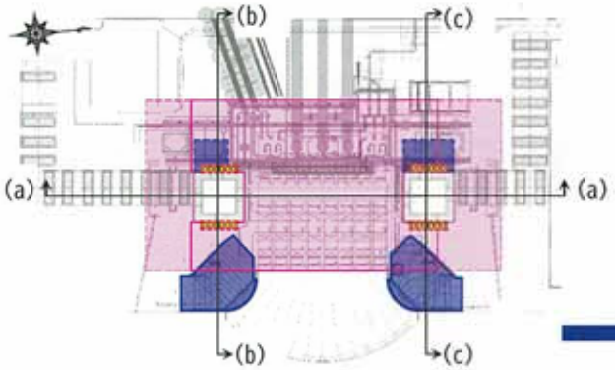
注記）----- 解析データの受渡しを示す

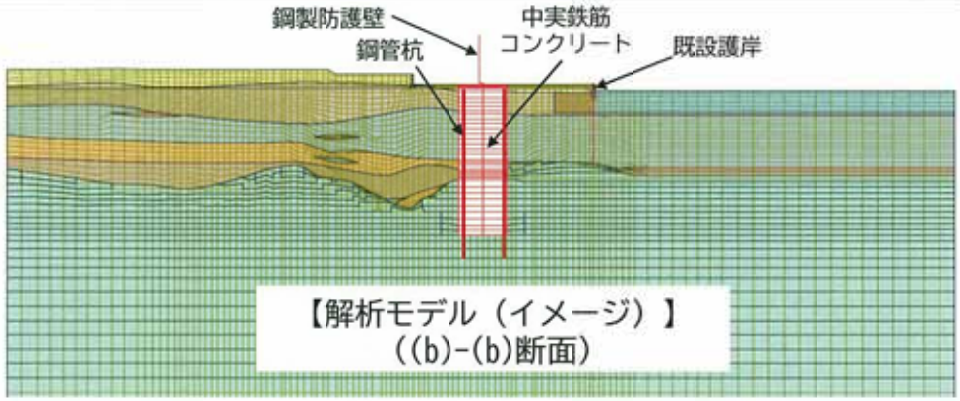
3－1．耐震設計の基本設計方針

（3）耐震設計モデルの概要（下部工）

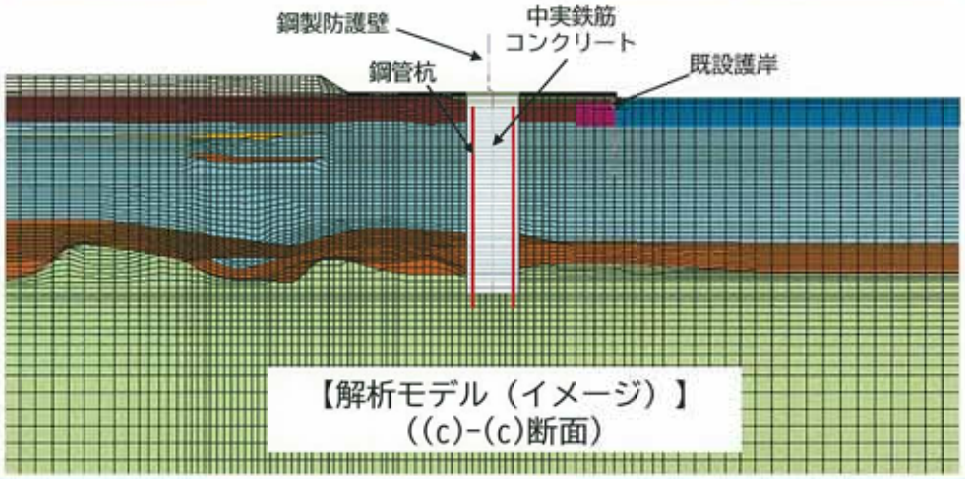
耐震設計モデルの基本的な考え方は，以下のとおり既工認と同様とする。

- 地層の不陸を反映した本震時の鋼製防護壁基礎の挙動を動的に評価する。
- 地盤の有効応力の変化に伴う影響を反映するため地盤－構造物の連成モデルに対して二次元動的有効応力解析法を適用する。
- 中実鉄筋コンクリート，鋼管杭，頂版鉄筋コンクリート，鋼製防護壁は線形梁要素，地盤はマルチスプリング要素でモデル化する。
- 中実鉄筋コンクリートは，縦梁（構造弾性梁），横梁（仮想剛梁）で構成し，側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。
- 鋼製防護壁は構造弾性梁として配置する。
- 有効応力の変化に伴う構造物の周面摩擦力の変化は，有効応力の関数である地盤の剛性及び強度の変化によって自動的に考慮される。
- 既設護岸や既設構造物は，防潮堤本体の挙動と相互作用があると考えられることから，線形梁要素でモデル化しその影響を考慮する。





【解析モデル（イメージ）】
((b)-(b)断面)



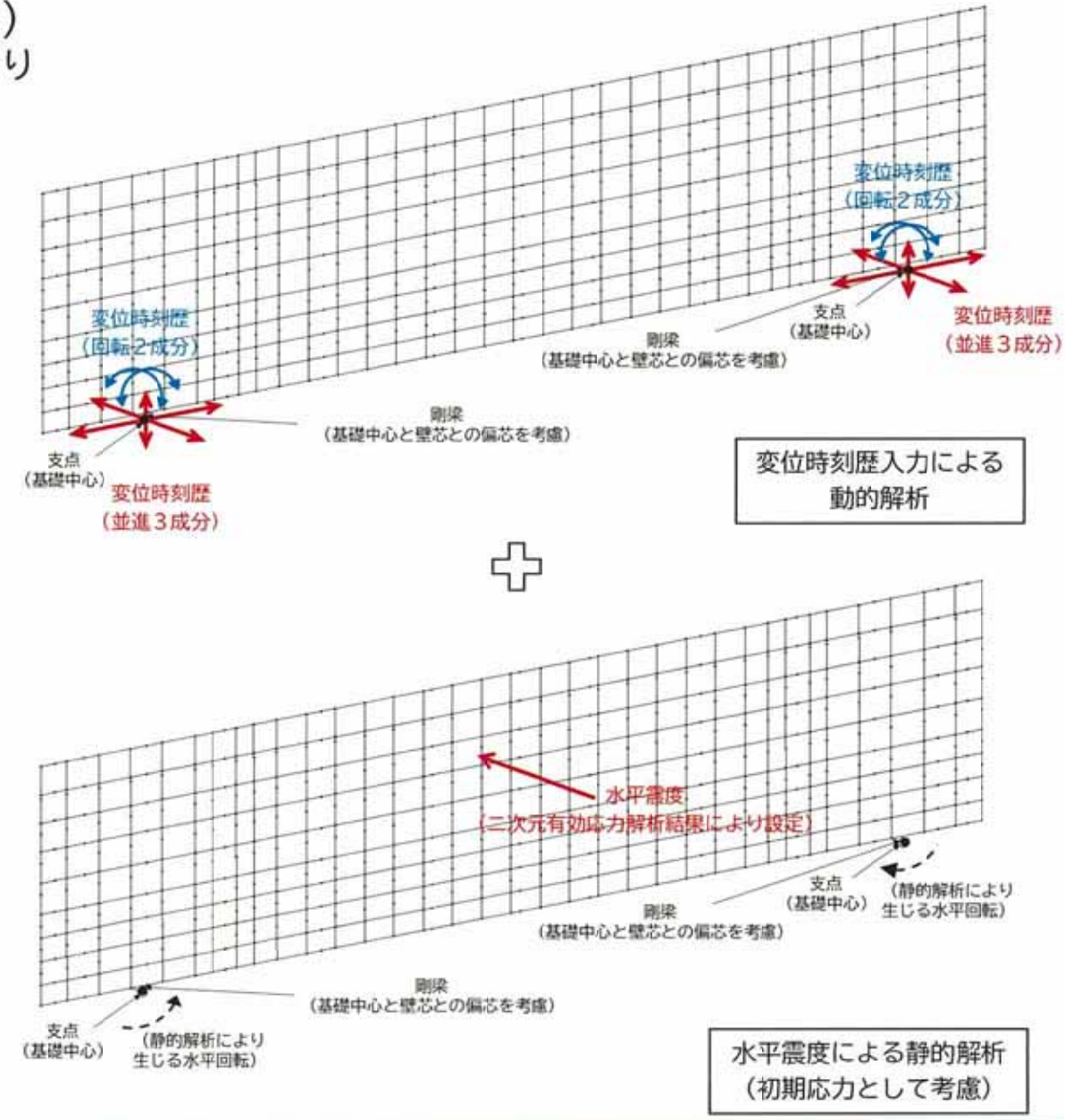
【解析モデル（イメージ）】
((c)-(c)断面)

３－１．耐震設計の基本設計方針

（３）耐震設計モデルの概要（上部工・接合部）

耐震設計モデルの基本的な考え方は，以下のとおり既工認と同様とする。

- 防潮堤基礎の二次元動的有効応力解析から算出される基礎天端中心における並進３成分及び回転２成分の変位時刻歴を強制変位として入力して三次元動的フレーム解析を実施する。
- ①堤軸方向，②堤軸直交方向及び③鉛直方向の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いて応力照査を実施する。
- 二次元動的有効応力解析では水平回転成分の算出ができないため，水平震度による静的解析により応答値を算出し，三次元動的フレーム解析の結果と重ね合わせることにより，水平回転の影響を考慮する。
- 静的解析で与える水平震度は，南北両断面の最大応答加速度から算定する。



3－1．耐震設計の基本設計方針

（4）構造物のモデル化（(a)－(a)断面）

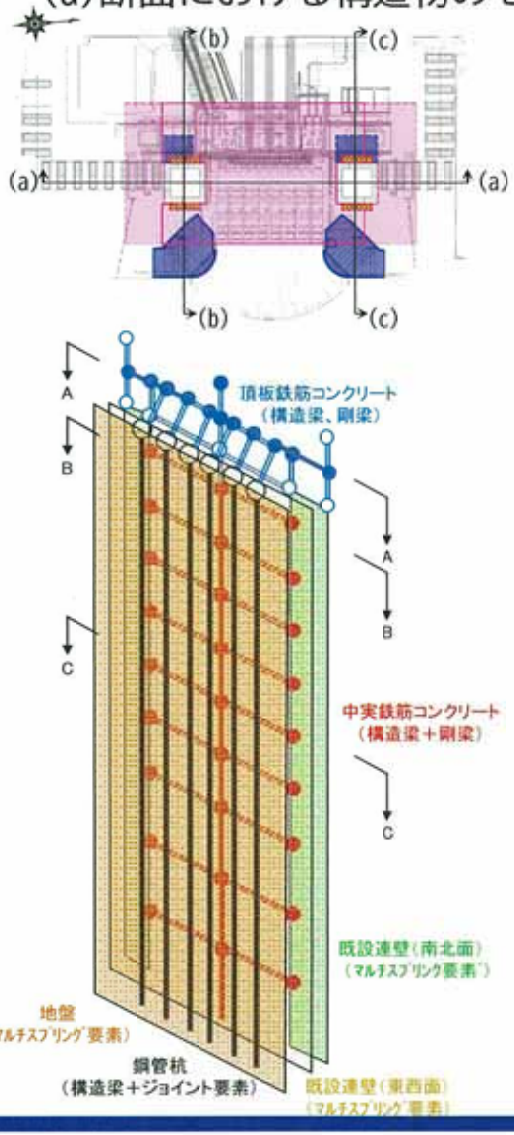
構造変更により鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートが追加されたことに伴い，二次元動的有効応力解析モデルを既工認から変更している。以下，(a)－(a)断面における構造物のモデル化について記載する。

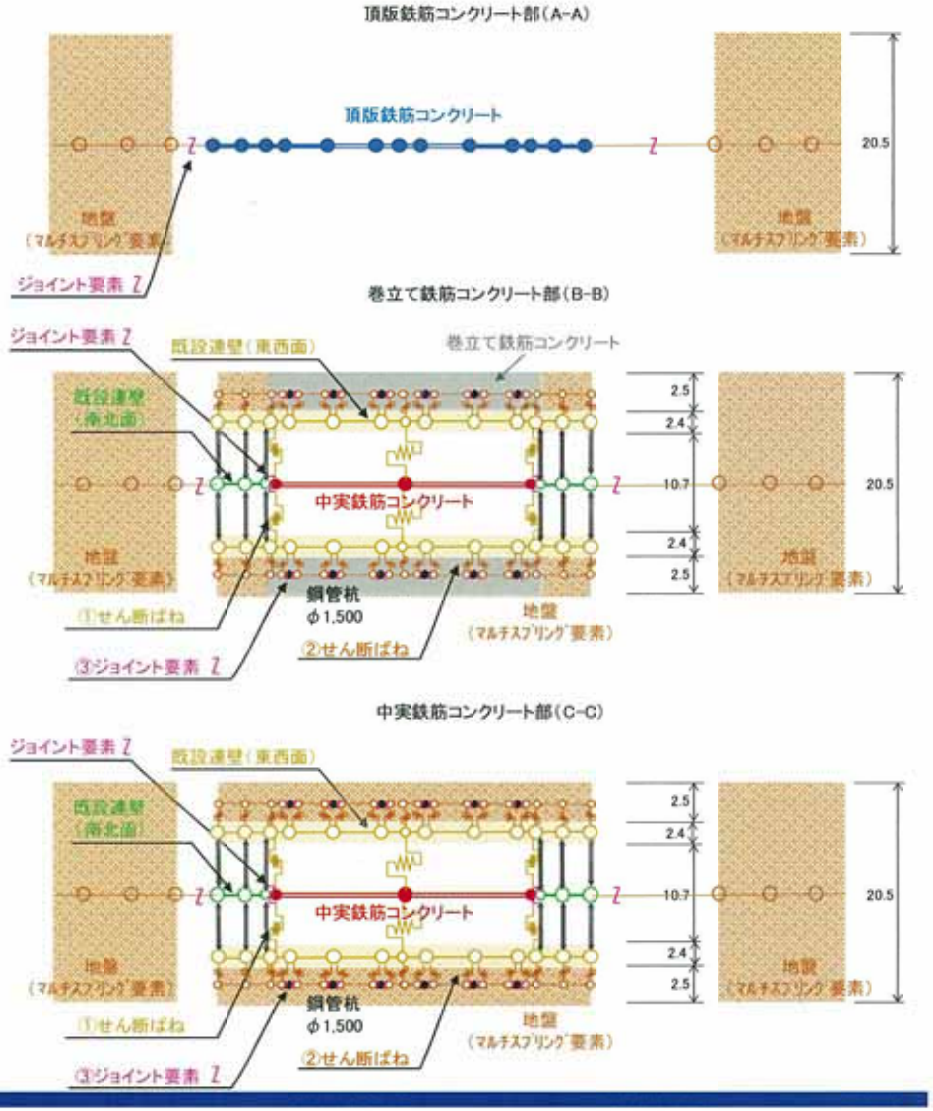
(a)－(a)断面では，断面奥行き方向に配置される鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等の相互作用を考慮するため，複数要素の重ね合わせた解析モデルを作成する。各部位の結合方法は以下のとおり。

(1)既設連壁－中実鉄筋コンクリート間の結合
- ①せん断バネを配置
- せん断強度は原地盤のせん断強度

(2)既設連壁－鋼管杭間の結合
- ②せん断バネを配置
- せん断強度は原地盤のせん断強度

(3)鋼管杭－地盤間の結合
- ③ジョイント要素
- せん断強度は原地盤のせん断強度





３－１．耐震設計の基本設計方針

（４）構造物のモデル化（（b)-(b)断面，(c)-(c)断面））

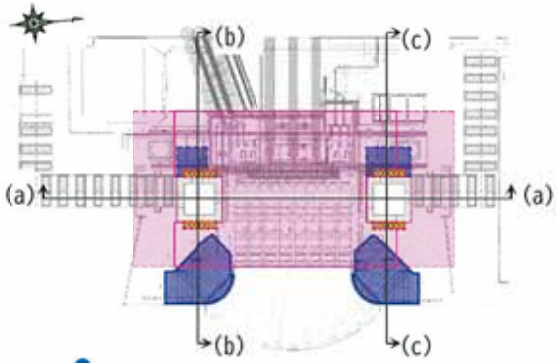
以下，（a)－(a)断面における構造物のモデル化について記載する。

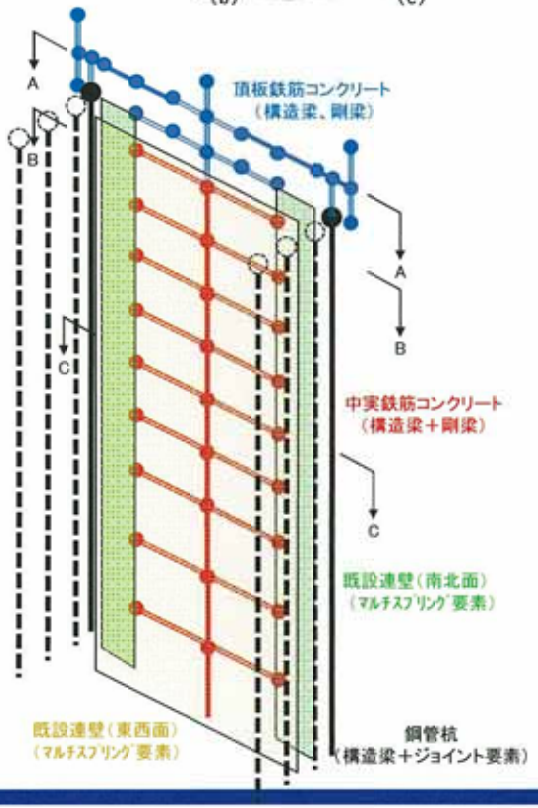
(b)－(b)断面及び(c)－(c)断面では，断面直交方向に配置される鋼管杭と中実鉄筋コンクリートの相互作用を適切に考慮できる解析モデルを作成する。各部位の結合方法は以下のとおり。

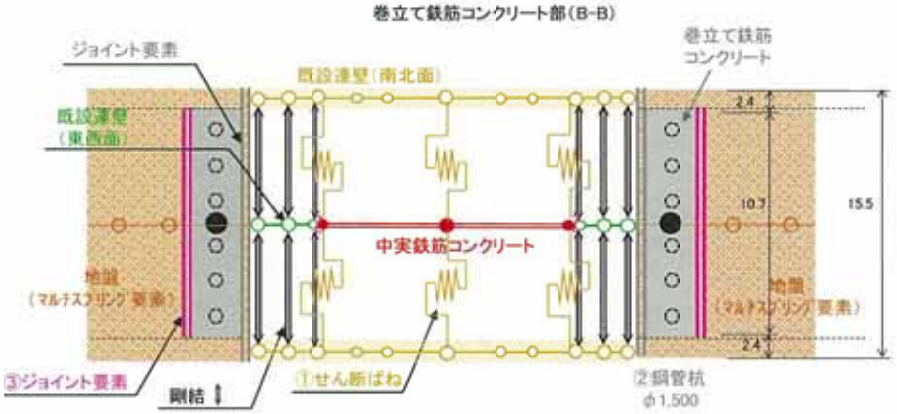
(1)既設連壁－中実鉄筋コンクリート間の結合
- ①せん断バネを配置
- せん断強度は原地盤のせん断強度

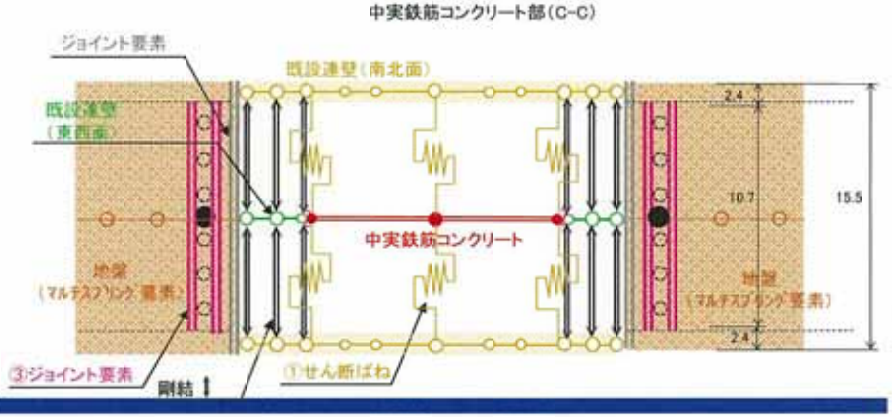
(2)鋼管杭のモデル化
- 奥行15.5mあたり6本分の特性値

(3)鋼管杭－地盤間の結合
- ③ジョイント要素
- せん断強度は原地盤のせん断強度





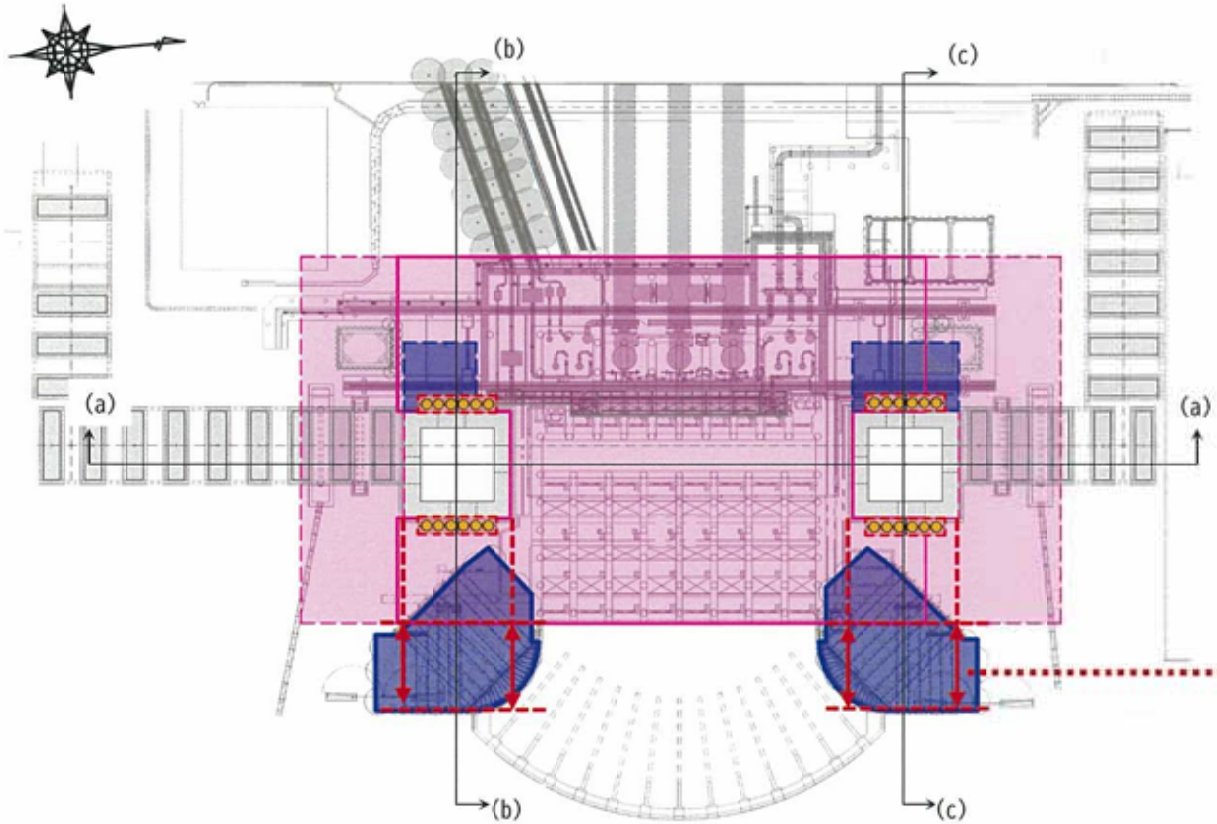


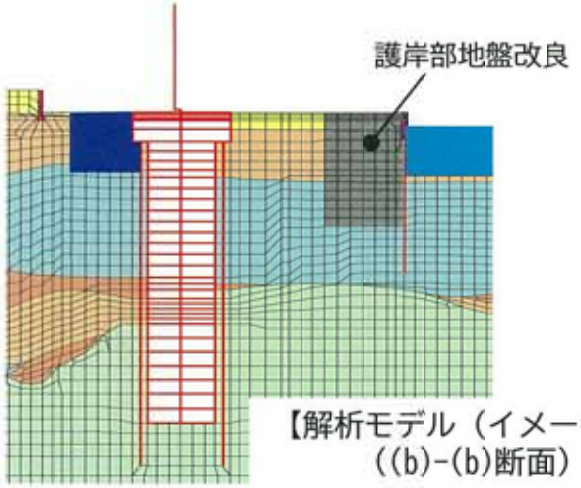


（５）周辺地盤のモデル化（護岸部地盤改良のモデル化，(b)-(b)断面，(c)-(c)断面）

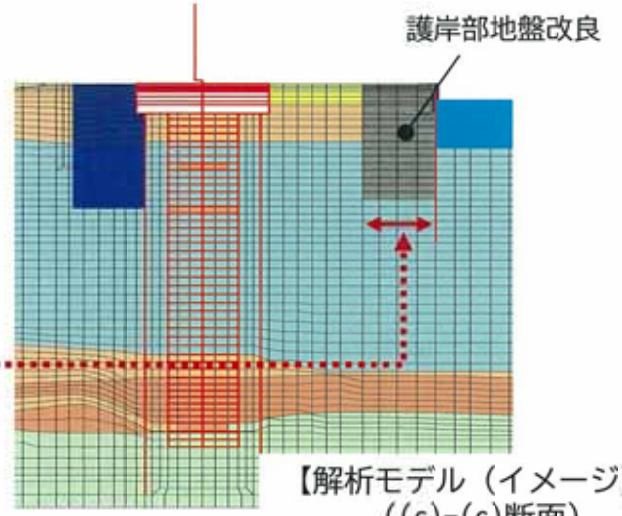
構造変更により周辺地盤に設置される地盤改良体については，二次元断面にてその改良範囲を精緻に反映することとするが，海側の貯留堰取付護岸のために実施した既設の地盤改良（セメント系）については，改良範囲が不整形であることから，以下のように取扱う。

モデル化する地盤改良体の形状は，保守的に南北それぞれの基礎幅（解析モデル奥行き＝頂版コンクリート幅15.5m）の地盤改良幅が確保できる範囲として設定する。





【解析モデル（イメージ）】
((b)-(b)断面)



【解析モデル（イメージ）】
((c)-(c)断面)

３－２．耐津波設計の基本設計方針

3－2．耐津波設計の基本設計方針

（1）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。

項目		内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加＋地盤改良）	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。 →（4）頂版鉄筋コンクリートの平板要素によるモデル化についてにて詳細説明	※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 • 杭周面の地盤バネについては群杭効果を考慮 →（5）群杭の影響を考慮した地盤反力係数の低減についてにて詳細説明	※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 • 地盤バネ５：最大せん断ひずみケース　重畳時	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	
		地盤改良体	－	新たに計画した地盤改良体（セメント系，薬液注入）を考慮して地盤バネを設定 →（6）地盤改良体を考慮した地盤バネの設定についてにて詳細説明	

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」

３－２．耐津波設計の基本設計方針

（１）耐津波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＋地盤改良）	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　周辺地盤に地盤改良（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」

3－2．耐津波設計の基本設計方針

（1）耐津波設計手法の既工認との比較（3/3）

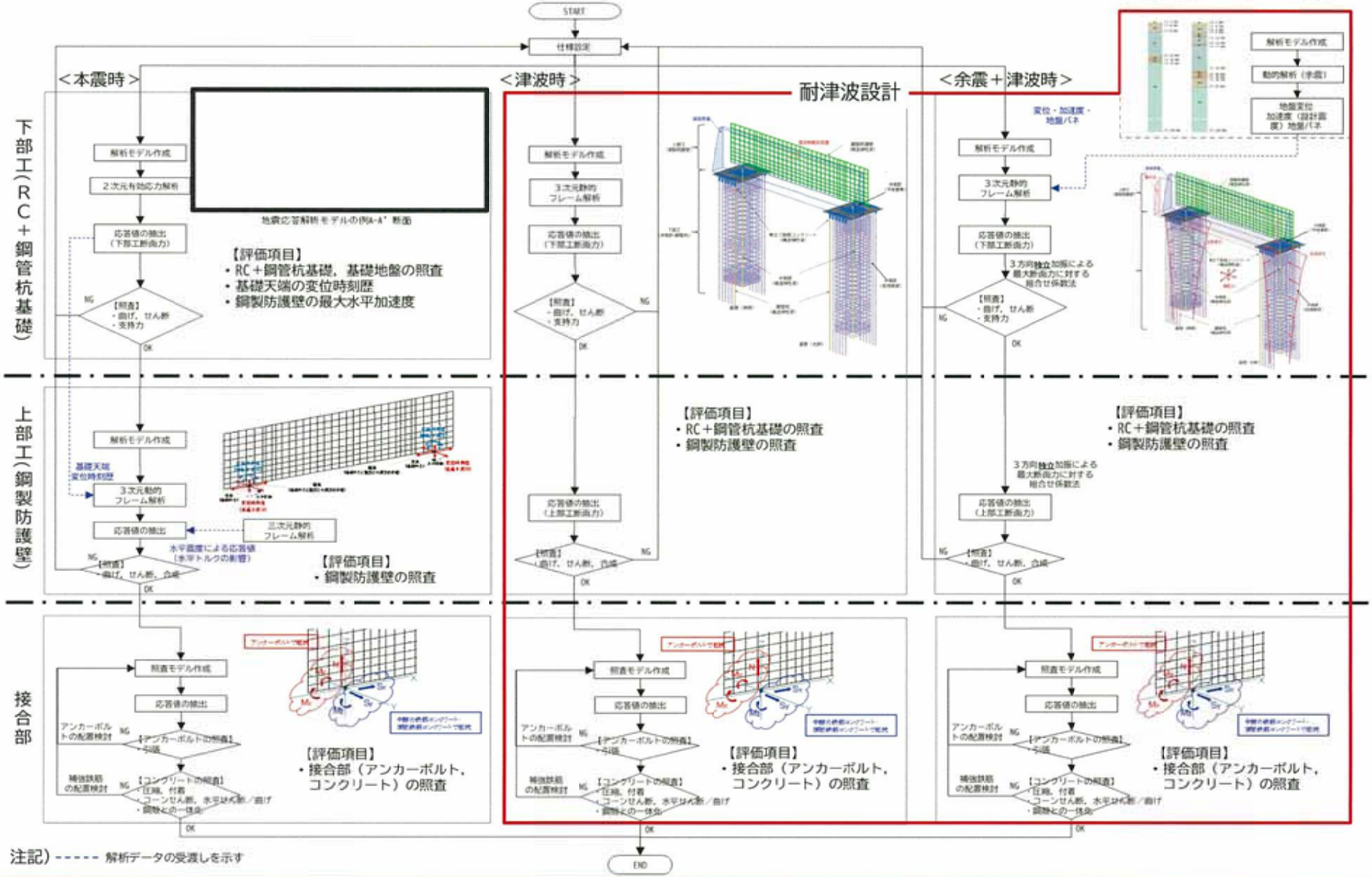
項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加＋地盤改良）	備考
評価	要求性能	設計基準対象施設 ・構造強度（各構造部材/基礎地盤） ・支持性能（各構造部材） ・止水性（各構造部材/基礎地盤/止水ｼﾞｮｲﾝﾄ）	同左	
	材料物性	■鉄筋コンクリート 道路橋示方書，コンクリート標準示方書及び道路土工カルバート工指針に基づき，以下の材料に対する許容限界を設定 ・コンクリート：設計基準強度 40 N/mm² または 50 N/mm² ・主鉄筋　　：SD490 ・せん断補強筋：SD390 ■鋼材及びアンカーボルト 道路橋示方書，鋼構造物設計基準，土木学会のガイドラインに基づき，以下の材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。
	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	地盤改良体の評価	－	地盤改良体（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」

3－2．耐津波設計の基本設計方針

（2）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。



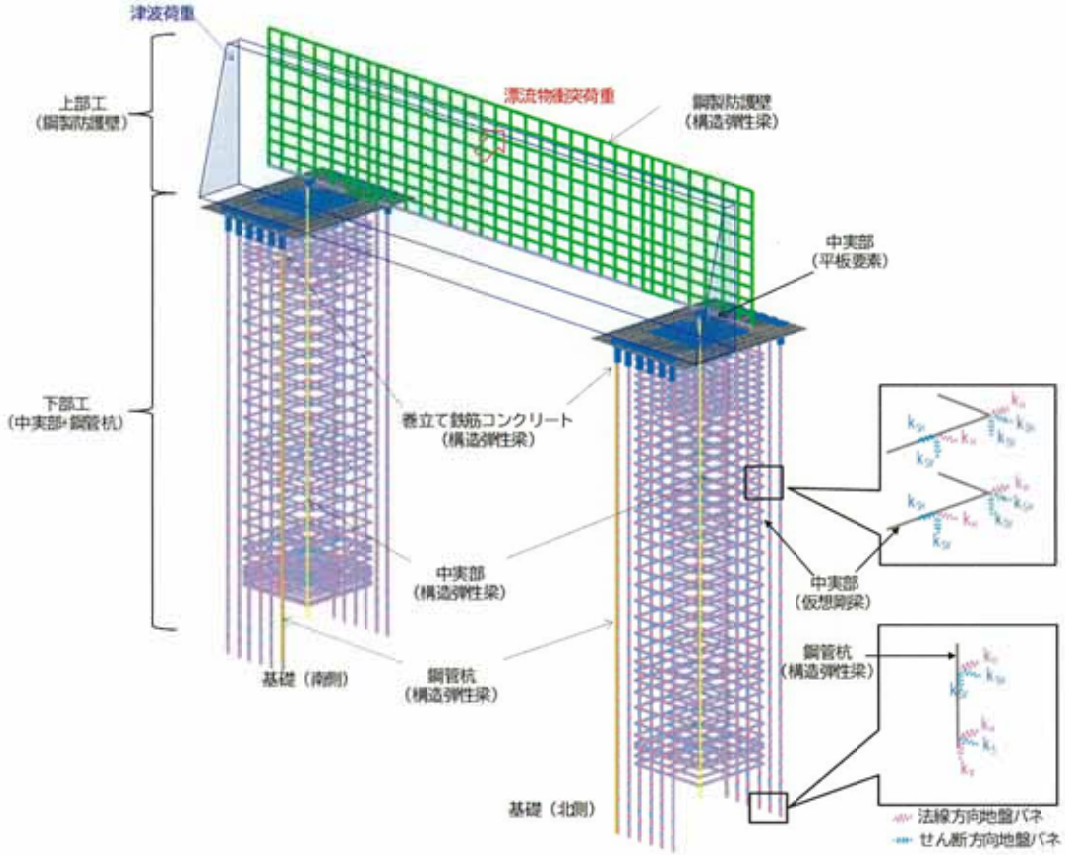
注記）----- 解析データの受渡しを示す

３－２．耐津波設計の基本設計方針

（３）耐津波設計モデルの概要（津波時）

耐津波設計においては，既工認と同様，津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

- 上部工・下部工を一体でモデル化する。
- 中実部は縦梁（構造弾性梁）とその周囲の仮想剛梁で構成し，仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- 鋼管杭および巻立て鉄筋コンクリートは縦梁（構造弾性梁）で構成し，それぞれに地盤バネを設定する。
- 上部工（鋼製防護壁）は，外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- 本震による影響を考慮するとともに，部位ごとで安全側となるよう地盤バネを設定する。



地盤バネの設定

地盤バネ定数	上限値
初期剛性	ピーク強度（平均）
余震時収束剛性	ピーク強度（-1σ低減） 残留強度（平均）
静弾性係数	残留強度（-1σ低減）

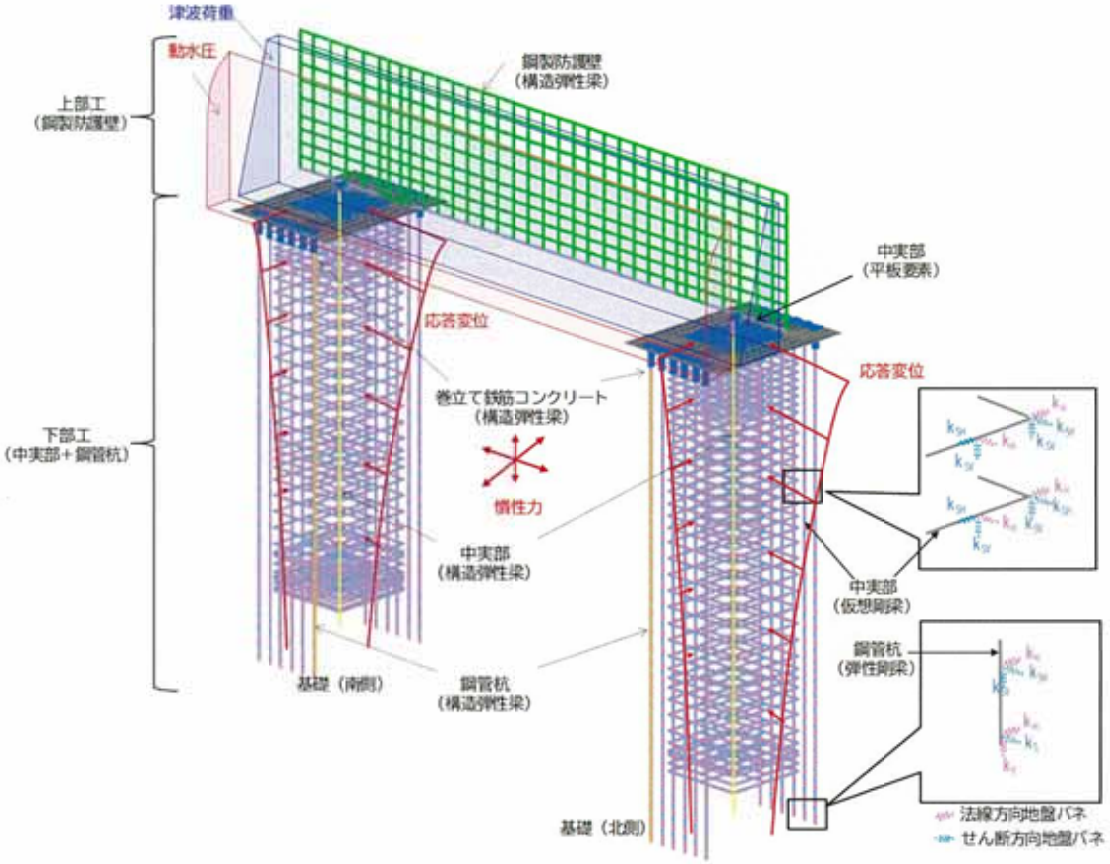
※地盤バネ定数３種類と地盤バネの上限値の４種類を用いて，地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて，各部位で安全側となる設計を行う。

３－２．耐津波設計の基本設計方針

（３）耐津波設計モデルの概要（津波＋余震重畳時）

耐津波設計においては，既工認と同様，津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

- 上部工・下部工を一体でモデル化する。
- 中実部は縦梁（構造弾性梁）とその周囲の仮想剛梁で構成し，仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- 鋼管杭および巻立て鉄筋コンクリートは縦梁（構造弾性梁）で構成し，それぞれに地盤バネを設定する。
- 鋼製防護壁は，外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- 本震及び余震の影響を考慮するとともに，部位ごとで安全側となるよう地盤バネを設定する。
- 余震による地盤の剛性低下は，一次元地盤応答解析結果の収束剛性により考慮する。



地盤バネの設定

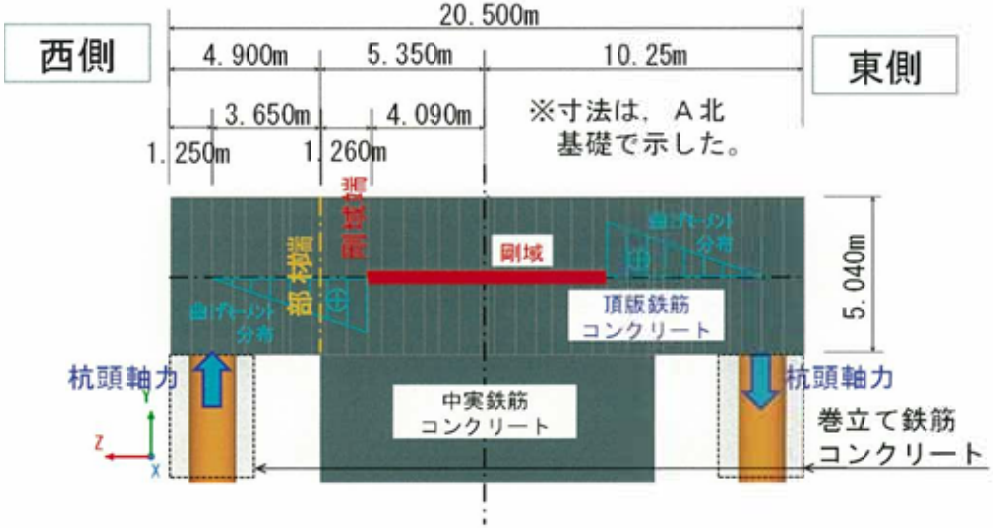
地盤バネ定数	上限値
初期剛性	ピーク強度（平均）
余震時収束剛性	ピーク強度（-1σ低減） 残留強度（平均）
静弾性係数	残留強度（-1σ低減）

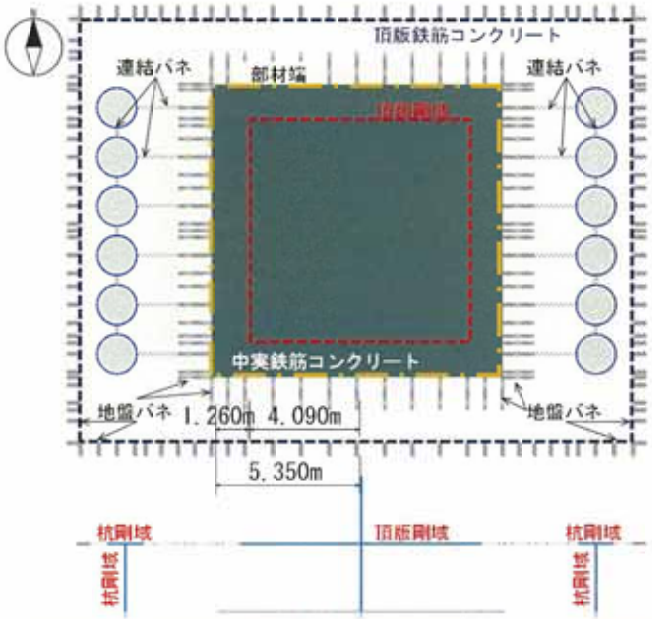
※地盤バネ定数３種類と地盤バネの上限値の４種類を用いて，地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて，各部位で安全側となる設計を行う。

（４）頂版鉄筋コンクリートの平板要素によるモデル化について

構造変更により鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートが追加されたことに伴い，三次元フレームモデルにて頂版鉄筋コンクリートを平板要素としてモデル化する方針とした。以下，その詳細について記載する。

- 頂版鉄筋コンクリート(部材厚5.040m)は，中実鉄筋コンクリートの構造梁と鋼管杭をモデル化するために，鋼管杭の南北方向の複数配置と中実鉄筋コンクリートからの張出しの影響を評価できる平板要素とした。
- 平板要素のメッシュサイズは板厚(5.040m)の1/2以下とし，鋼管杭の配置や剛域，曲げ軸力およびせん断照査位置を考慮して分割を決定した。
- 剛域および曲げ軸力，せん断照査位置の設定は，道路橋示方書Ⅳ(H24)に準拠した。
- 頂版鉄筋コンクリートの剛域は，中実鉄筋コンクリートの外周面を部材端として，部材端から内側に頂版厚×0.25（5.040×0.25＝1.260m）を設定した。
- 曲げ軸力照査位置は，中実部の外周面位置(=部材端)とした。
- せん断照査位置は，部材端から外側に頂版厚×1/2（5.040×1/2＝2.520m）の位置とした。
- 鋼管杭の杭頭から平板要素軸線まで剛域を延ばし，鋼管杭と頂版の剛体接続を考慮した。





（５）群杭の影響を考慮した地盤反力係数の低減について

耐津波設計に当たって設定する地盤バネの内，鋼管杭背後の地盤を模擬した地盤バネについては，鋼管杭の配置が密であることを考慮し，その群杭効果を設計上適切に考慮する必要がある。以下，その詳細について記載する。

鋼管杭は，鉄筋コンクリート基礎の東西面に各６本を杭中心間隔（Ｌ）1.800mで配置する。

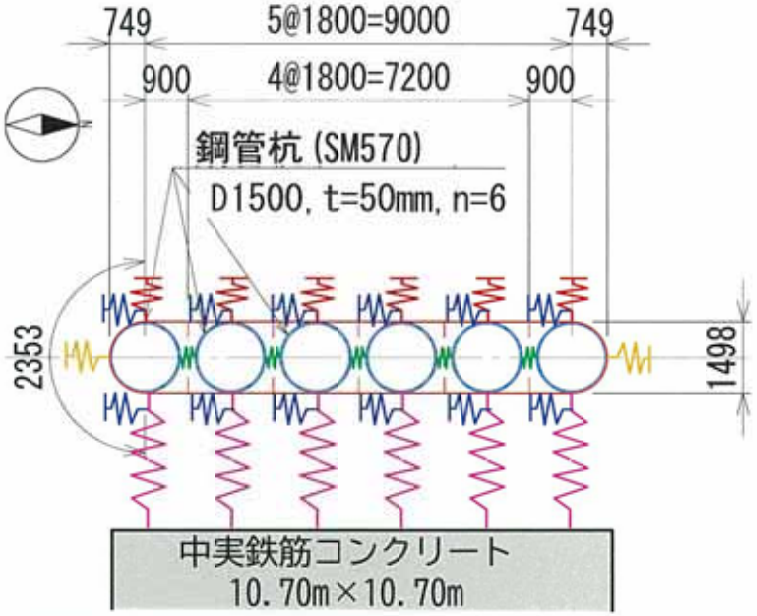
道路橋示方書Ⅳ(H24)では，杭の中心間隔が杭径Ｄの2.5倍以上であると群杭の影響は比較的小さいとしており，本設計においては，1.8/1.5＝1.2Ｄとなることから，鋼管杭の群杭の影響を考慮する必要があると判断される。

群杭の影響は，水平方向地盤反力係数の低下として考慮し，低減の方法は，水平方向地盤反力係数に下式で求めた補正係数μ＝0.74を乗じる。

$$\mu = 1 - 0.2\left(2.5 - \frac{L}{D}\right)$$
$$= 1 - 0.2(2.5 - 1.2)$$
$$= 1 - 0.26 = 0.74 \quad [L < 2.5D]$$

鋼管杭φ1500の換算載荷幅は，仮想ケーソン基礎として算出する。杭間の抵抗要素（地盤バネ）は，相互作用ばねとして考慮する。

仮想ケーソン基礎断面

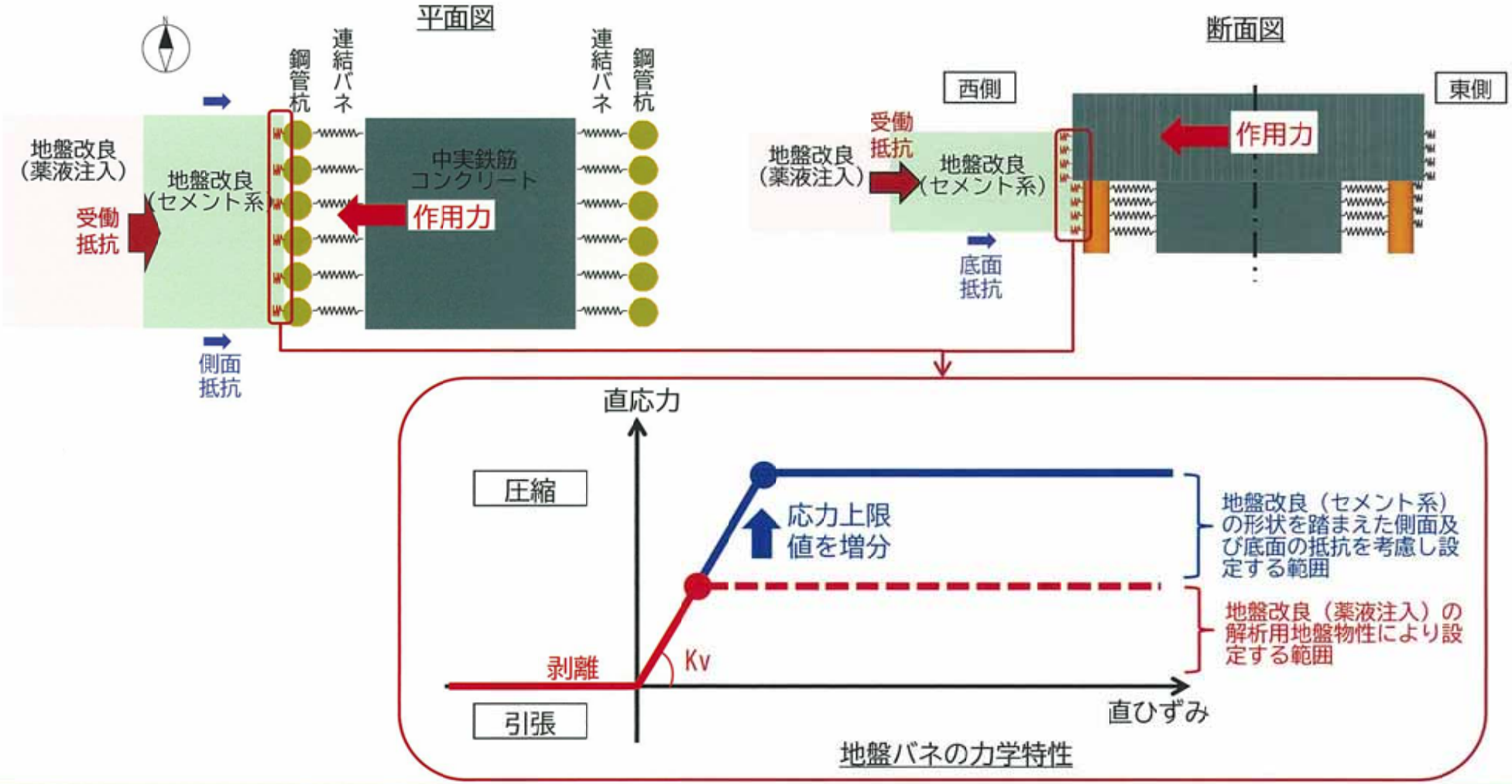


記号（ばね色）	設定面	区分	換算載荷幅（m）	備考
P-1	東西	面直（外向き）	1.498(鋼管杭外径)	群杭の低減考慮
K-1		面直（内向き）	中間部1.800，端部1.649	仮想ｹｰｿﾝ断面考慮
P-2		水平・鉛直せん断	同上	同上
P-3	南北端部のみ	面直	1.498(鋼管杭外径)	
K-2	南北	面直	同上	

（６）地盤改良体を考慮した地盤バネの設定について

- 南・北基礎の西側の浅部に地盤改良（セメント系）を設置する。
- 地盤改良（セメント系）と鋼管杭間のバネの設定において，地盤バネの地盤反力度の上限値の増分として加算する※。

※地盤改良体の側面と底面に作用する水平方向せん断抵抗力を３次元ＦＥＭ解析により別途確認



４．影響評価に係る基本方針

4．影響評価に係る基本方針

（1）影響評価項目の抽出

黄色：地中連続壁の残置に係る影響評価
緑色：地盤改良が他施設に及ぼす影響評価

構造変更に係る既工認との相違点，他施設との干渉を踏まえ，新たな影響評価が必要な箇所を下記表に整理する。

部材名		既工認からの相違点	他施設との干渉	新たな影響評価項目
上部工	鋼製防護壁	有　：一部の部材の板厚，材質を変更（例：SM490Y→SM570のような材質向上）	無	無　：施工設計において品質向上の観点から板厚，材質の向上を図ったものであり，新たな影響評価項目はなく，既工認の手法を用いて評価を実施する。
	中詰鉄筋コンクリート	無	無	無
	根巻鉄筋コンクリート	無	無	無
	止水ジョイント部①	無	無	無
	止水ジョイント部②	無	無	無
接合部	アンカーボルト	有　：設置アンカーボルトの本数（54本→56本）及び配置を変更	無	無　：施工設計においてアンカーボルトの配置，本数を下部工の配筋との干渉を回避するために変更するものであり，新たな影響評価項目はなく，既工認の手法を用いて評価を実施する。
下部工	頂版鉄筋コンクリート	有　：構造の変更に伴い設置する鋼管杭との接合のための断面形状（拡幅）の変更	無	無　：新たな影響評価項目はなく，既工認の手法（他施設）を用いて評価を実施する。
	中実鉄筋コンクリート	有　：構造変更に伴いコンクリート強度を変更（40N/mm²→50N/mm²）	無	無　：新たな影響評価項目はなく，既工認の手法を用いて評価を実施する。
	鋼管杭	有　：構造の変更に伴い追加して設置する基礎構造物	無	無　：新たな影響評価項目はなく，既工認の手法（他施設）を用いて評価を実施する。
	巻立て鉄筋コンクリート	有　：構造の変更に伴い追加して設置する基礎構造物	無	無　：新たな影響評価項目はなく，既工認の手法（他施設）を用いて評価を実施する。
	地中連続壁	有　：施工後不具合が確認された地中連続壁は残置するが，基礎構造部材として考慮せず，設計条件では地盤として設定	無	有　：地中連続壁は地盤として扱うが，実際は鉄筋コンクリートであるため他部位への影響評価が必要。
地盤	①改良地盤（セメント系）	有　：構造変更に伴い追加実施する補助工	有	有　：改良地盤（セメント系）に近接，または干渉する施設・機器への新たな影響評価が必要。
	②改良地盤（薬液注入）	有　：構造変更に伴い追加実施する補助工	有	有　：改良地盤（薬液注入）に近接，または干渉する施設・機器への新たな影響評価が必要。
	基礎地盤	有　：構造変更に伴い基礎地盤に設置する構造物に鋼管杭を追加	無	無　：新たな影響評価項目はなく，既工認の手法を用いて評価を実施する。

４－１．影響評価に係る基本方針
（地中連続壁部の残置影響）

コメント回答

地中連続壁部の残置影響に係るコメント

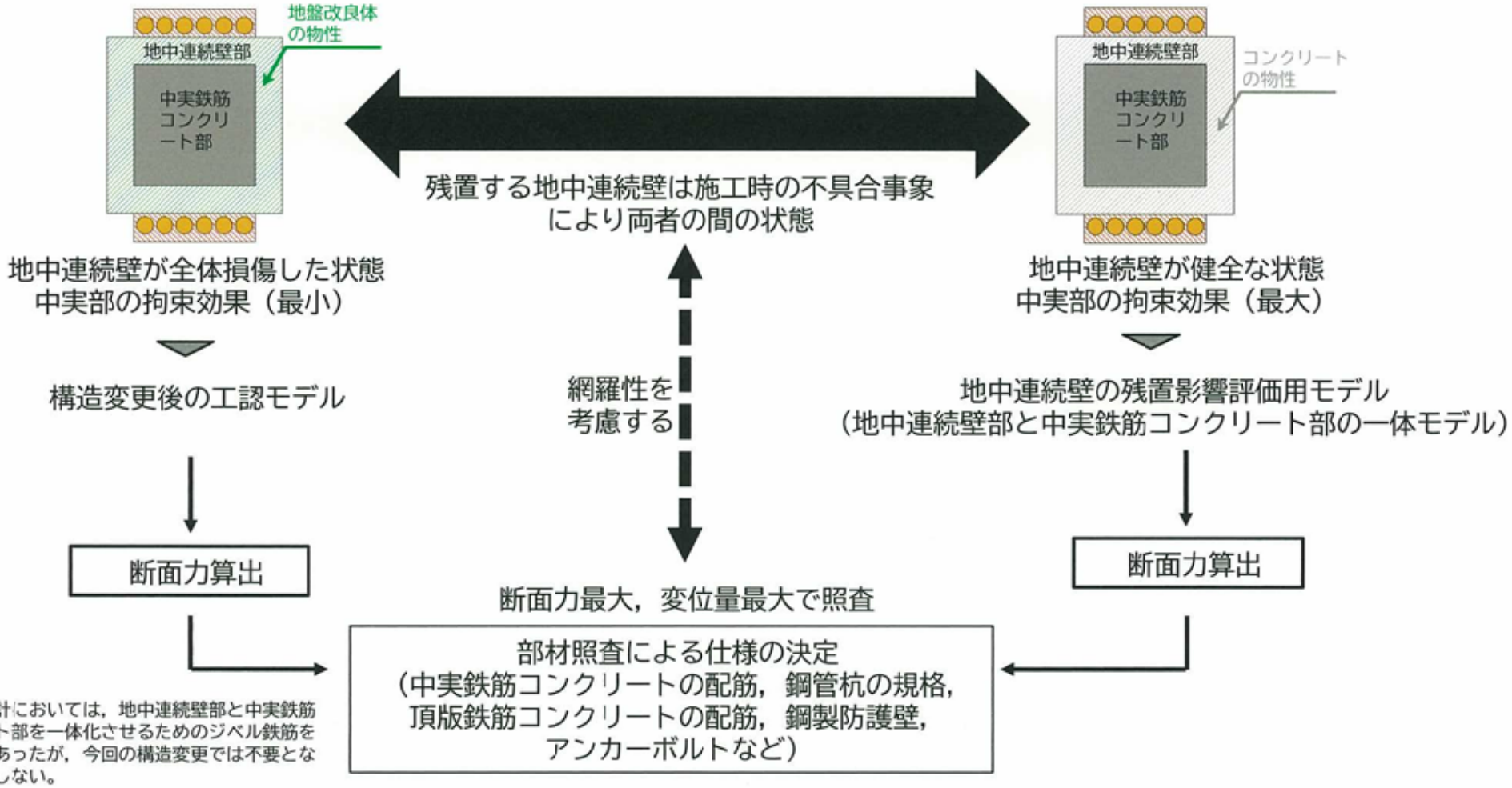
No	コメント
③	不確かさを考慮して設計すること（局部的に応力集中が起こる可能性も否定できない）
⑦	地中連続壁を残置する影響については，想定される様々な角度から十分に検討すること。

回答概要

No	回答概要
③，⑦	残置する地中連続壁部は不具合の全容が明らかでないことから，地中連続壁部が地震時や津波時にどのような状態となっても防潮堤基礎として成立する設計を行う。 具体的には，地中連続壁部を地盤として扱う場合と健全な鉄筋コンクリートとして扱う場合の両極端な想定を行う。更に，仮に地中連続壁部が外力により突然消失したとしても，そこに発生していた断面力を中実鉄筋コンクリート部で負担可能とするような保守的な設計とする。

4－1．影響評価に係る基本方針（地中連続壁部の残置影響）

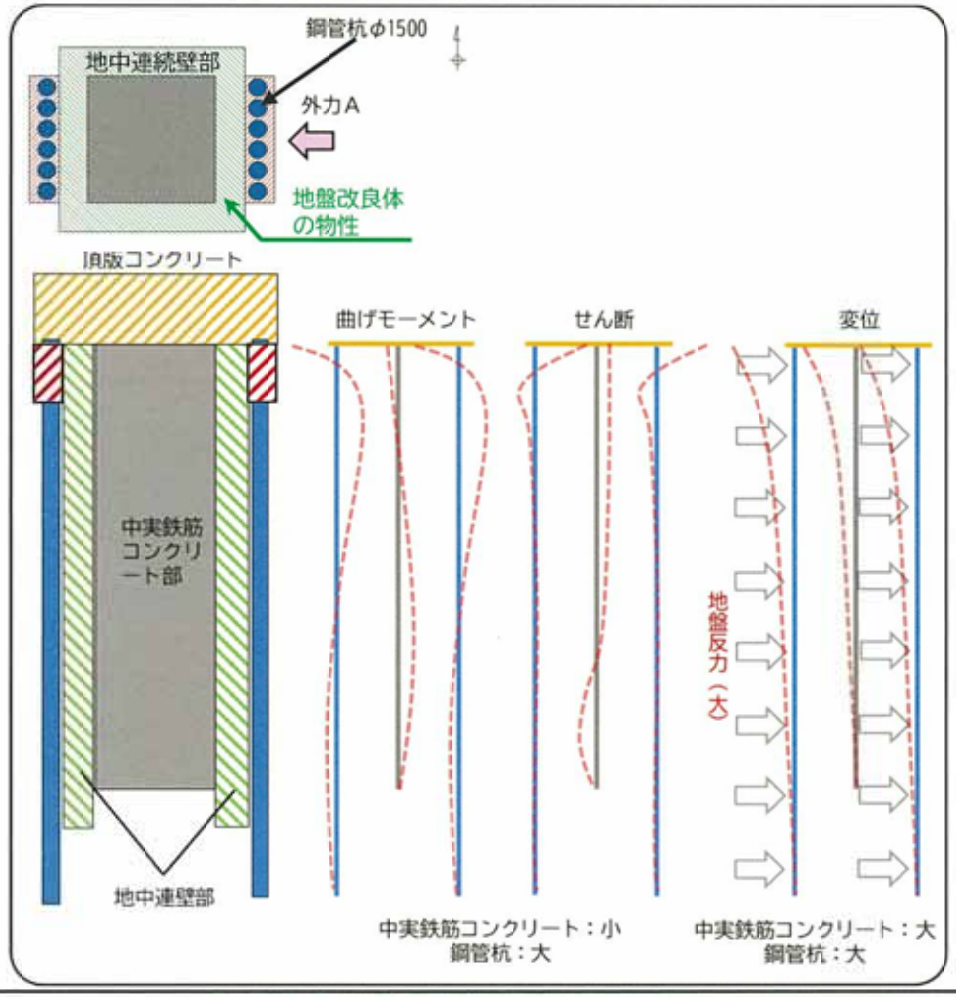
中実鉄筋コンクリート部の周囲に残置される地中連続壁部における施工時の不具合事象を考慮し，その残置影響評価を実施するに当たっては，以下のとおり，網羅性を考慮して，地中連続壁基礎の状態を全体的に損傷した状態と健全な状態を想定し，断面力が最大，変位量が最大となるケースに着目して照査を行う。



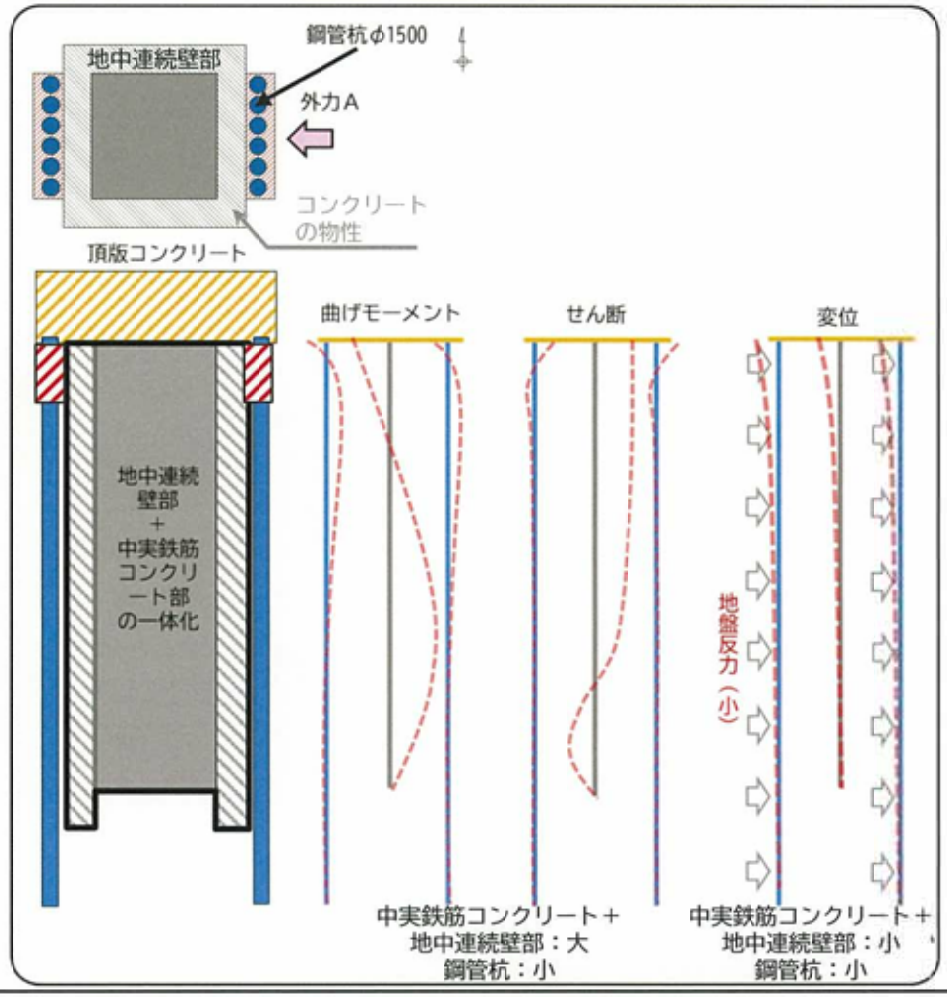
既工認の設計においては，地中連続壁部と中実鉄筋コンクリート部を一体化させるためのジベル鉄筋を施工予定であったが，今回の構造変更では不要となるため設置しない。

4－1．影響評価に係る基本方針（地中連続壁部の残置影響）

構造変更後の工認モデル



地中連続壁の残置影響評価用モデル
（地中連続壁部と中実鉄筋コンクリート部の一体モデル）



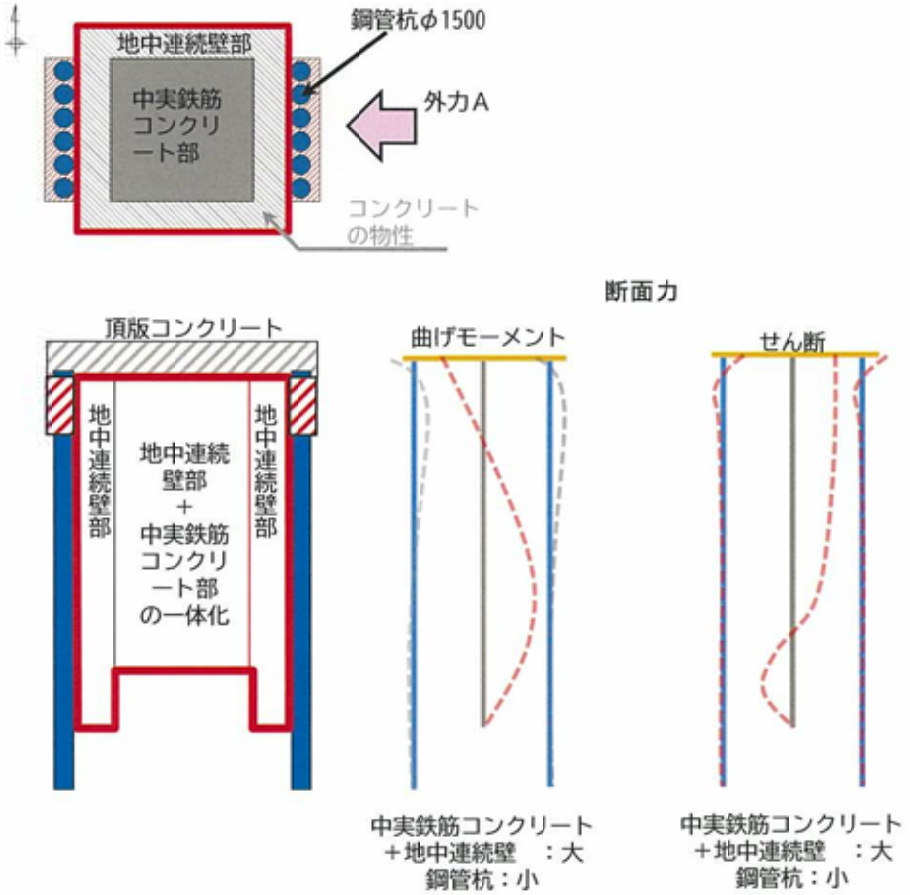
- 鋼管杭については，鋼管杭の変位量が大きく断面力が最も大きくなる（中実鉄筋コンクリートが分担する断面力が最も小さくなる）「構造変更後の工認モデル」で評価することで，地中連続壁部の不具合事象を保守的に考慮して設計していると考えることができる。
- 中実鉄筋コンクリート部については，地中連続壁部の不具合の状態により「断面力」と「照査対象として考慮できる中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部のコンクリートの断面積」の関係が変化するため，不具合事象を保守的に考慮して設計しているとは言えない。したがって，中実鉄筋コンクリート部に対して保守的となる残置影響評価の方針について次ページに示す。

4－1．影響評価に係る基本方針（地中連続壁部の残置影響）

・中実鉄筋コンクリート部については，断面力が最大となる「地中連続壁部が健全である」状態での断面力を用いて，最も断面積が小さい「地中連続壁部を考慮しない中実鉄筋コンクリート部のみ」での照査を行う。
⇒実際にはあり得ない状態を想定し，地中連続壁部の不具合事象を保守的に考慮した影響評価方法と位置付ける。

断面力（最大）

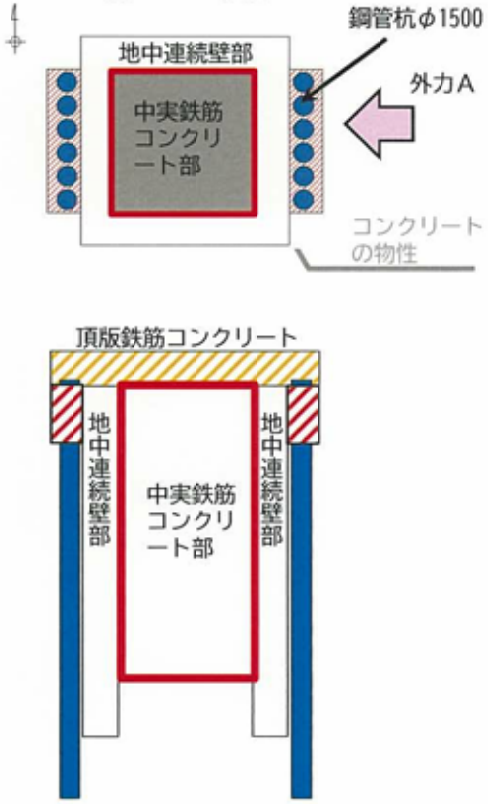
・断面力が最大となるよう，地中連続壁部も考慮



地中連続壁部を残置することによる中実鉄筋コンクリート部への影響評価においては，左図のモデルにより抽出した保守的となる最大断面力を，右図の断面積が最小となる中実鉄筋コンクリート部に全て負担させても安全性が確保できるよう行う。

照査対象（最小）

・断面積が最小となるよう，中実鉄筋コンクリート部のみ考慮



４－２．影響評価に係る基本方針
（地盤改良体の設置による周辺施設への影響）

コメント回答

周辺施設への影響に係るコメント

No	コメント
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。

回答概要

No	回答概要
⑧	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。

４－２．影響評価に係る基本方針（地盤改良体の設置による周辺施設への影響）

（１）追加基礎及び地盤改良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。

防潮堤（鋼製防護壁）基礎の周辺地盤の地盤改良範囲にある施設・設備※は以下のとおり。

- **地盤改良（薬液注入）範囲が**近接する施設の既工認モデル内に及ぶ場合は，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。液状化対象層が地震時に非液状化状態になることから，基本的には施設への悪影響はないものと考えている。
- **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内に及ぶ場合は，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が，基本的には周辺施設の基礎へ影響を及ぼさないよう地盤改良範囲を計画する。

※：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）

鋼製防護壁周辺構造物状況

4－2．影響評価に係る基本方針（地盤改良体の設置による周辺施設への影響）

（2）影響評価対象施設・設備

影響評価の対象となる施設・設備を以下に示す。

No	影響評価対象	概要	備考
1	取水構造物	・屋外重要土木構造物 ・杭基礎	既往の二次元有効応力解析モデルで耐震評価
	・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 ・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	取水構造物内に設置される設備	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いた耐震評価
2	鉄筋コンクリート防潮壁	・津波防護施設 ・地中連続壁基礎	既往の二次元有効応力解析モデルで耐震評価
	・防潮扉	鉄筋コンクリート防潮壁に設置される設備	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いた耐震評価。耐津波評価も実施。
3	集水枡	・屋外重要土木構造物 ・杭基礎	既往の二次元有効応力解析モデルで耐震評価
	・構内排水路逆流防止設備	集水枡に設置される設備	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いた耐震評価
4	屋外二重管	・屋外重要土木構造物 ・杭基礎	既往の二次元有効応力解析モデルで耐震評価
	・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	屋外二重管内に設置される設備	施設の地震応答解析から得られる地震力（ＦＲＳ等）を用いた耐震評価
5	貯留堰・貯留堰取付護岸・土留鋼管矢板	・津波防護施設 ・杭基礎	既往の二次元有効応力解析モデルで耐震評価