

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8月26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	3
2. 耐津波・耐震設計方針	
2－1. 耐津波設計方針	14
2－2. 耐震設計方針	22
3. 耐津波・耐震の評価結果	
3－1. 耐津波に係る評価結果	33
3－2. 耐震に係る評価結果	38
3－3. 耐津波・耐震評価結果のまとめ	39
4. 地中連続壁部の残置影響評価	
4－1. 地中連続壁部の残置影響評価方針	41
4－2. 地中連続壁部の残置影響評価結果	50
5. 今後の予定	53

1. 概要

1. 概要

審査会合コメント一覧を以下に示す。

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、STEP4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 ・基本方針は第1329回説明済
	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 ・基本方針は第1329回説明済
	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。	今回説明 ・基本方針は第1329回説明済 ・評価結果はSTEP4で説明
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 ・基本方針は第1329回説明済
	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 ・基本方針は第1329回説明済
	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。	- 基本方針は第1329回説明済 - 地盤改良等の周辺施設への影響結果は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。	- 基本方針は第1329回説明済 - 地盤改良（薬液注入）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 ・基本方針は第1329回説明済
	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。	回答済 (第1329回)

1. 概要

審査会合コメントについて、回答概要は以下のとおり。

【耐津波・耐震設計に関連するコメント】

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。
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。

No	回答概要（2. 耐震・耐津波設計方針，3. 耐震・耐津波の評価結果）
② ④ ⑥ ⑩	- 既工認との相違点（構造，設計条件，評価方法，使用材料）を比較・整理した上で，STEP 2 で説明した耐津波・耐震に係る基本設計方針に基づき実施した各構造部位の照査結果を説明する。 - 構造変更後の防潮堤は，既工認と同様の門型構造であり，荷重伝達メカニズムもほぼ同様であることから，既工認と同様，耐津波評価結果により基礎の仕様が，耐震評価結果により上部工及び接合部の仕様が確定する。このため，今回の耐津波評価は，基礎の構造変更であることを考慮して地盤のばらつきケースは全解析ケースで確認し，耐震評価は地盤が軟化し上部工・接合部仕様への影響が大きくなると考えられる解析ケースにて確認した。 - 評価の結果，下部工，接合部，上部工，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から，構造成立性の見通しを得た。

【残置影響評価に関連するコメント】

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	地中連続壁部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。

No	回答概要（4. 地中連続壁部の残置影響評価）
② ③ ⑦ ⑩	- 防潮堤（鋼製防護壁）の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可能性があるため，「地盤改良体（薬液注入）」として評価した（「<u>工認設計モデル</u>」による評価）。 - ただし“地中連続壁部”は，実際はある程度の強度・剛性を有することから“地中連続壁部”の不具合事象を整理した上で 上部工・下部工・接合部への影響を網羅的に確認した。 - 地中連続壁部が健全な状態であるものと仮定する場合「中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部」に発生する断面力は最大となる。その上で，地中連続壁部には耐力を期待せず，中実鉄筋コンクリートのみに断面力を負担をさせることとし，中実鉄筋コンクリートが十分な保守性（網羅性）を有する設計とした（「<u>残置影響評価モデル</u>」による評価）。 - なお，上記の両極端の2つの評価の他，局部的な応力集中が起こる可能性を考慮し，地中連続壁部の一部区間の強度・剛性低下を考慮した場合の評価を行った（「<u>残置影響評価モデルのうち，局部的な応力集中を仮定したモデル</u>」による評価）。 - 以上の評価結果から，防潮堤（鋼製防護壁）に対し，地中連続壁部を残置することによる影響はないことを確認した。

1. 概要

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

審査会合（第1329回）では、STEP 2の基本方針及び構造成立性の見通しについて、地中連続壁部は残置するものの基礎として使用しない設計とすること、防潮堤基礎の剛性・耐力を確保するため、「追加基礎（鋼管杭）」及び「周辺地盤の地盤改良」を取り入れた構造変更を実施し、構造成立性の見通しが得られたことを説明した。今回は、STEP 3の残置影響評価を考慮した構造成立性評価について説明する。

審査会合（第1309回）

審査会合（第1329回）

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

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

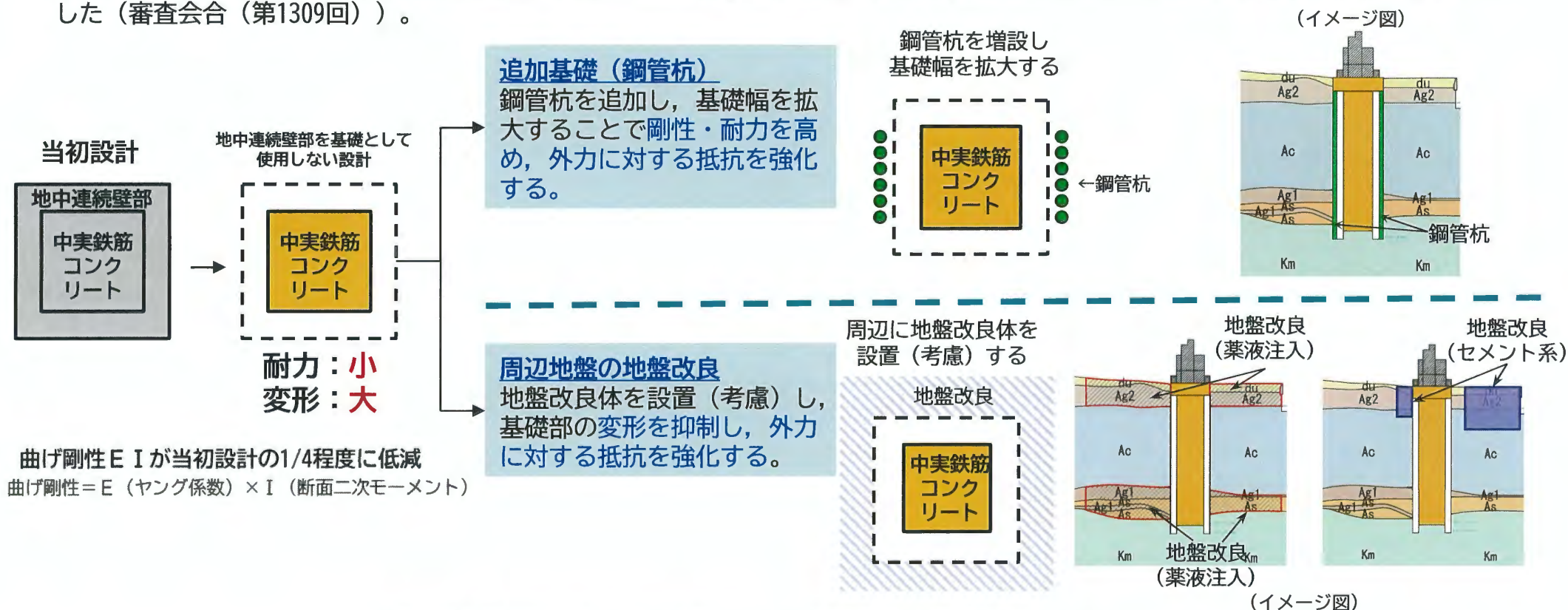
【施工性・検査】の確認結果

- 地盤改良物性値（ばらつき、液状化強度）に係る試験確認

1. 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「追加基礎（鋼管杭）」及び「周辺地盤の地盤改良」を取り入れた構造に変更し、支配的な津波波力に対して抵抗を期待する構造とすることとした（審査会合（第1309回））。



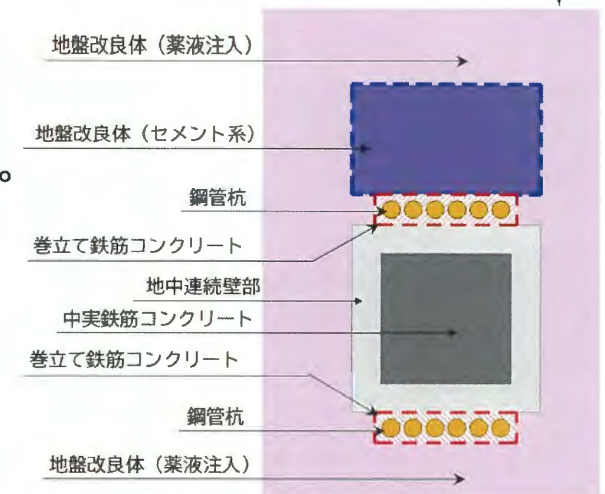
注）審査会合（第1280回）において「中実鉄筋コンクリートの構造変更」も対策の候補として示したが、超重量の鋼材を地下深部へ運搬することが困難であること、厚手鉄板の現地溶接が困難であることから採用しないこととした。

1. 概要

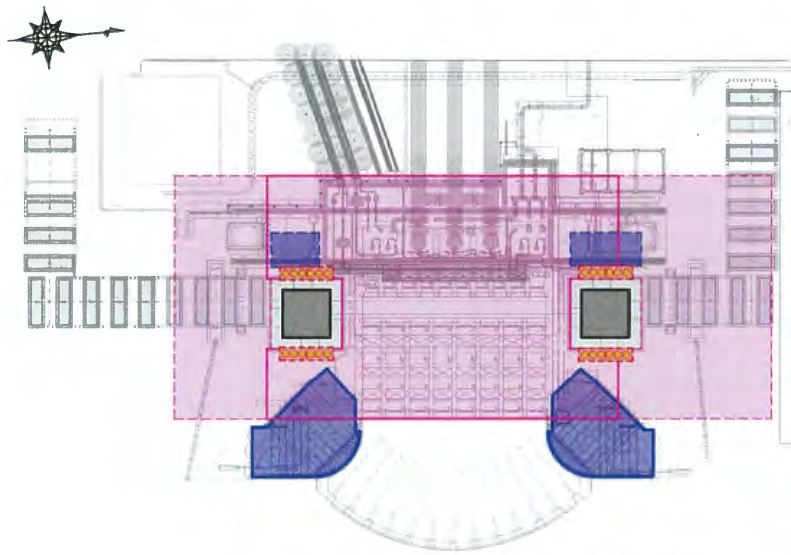
審査会合（第1329回）資料
を一部変更

（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。
- 基礎の応答を低減させるため、基礎周辺地盤の液状化対象層に地盤改良（薬液注入）を実施する（既実施範囲を拡幅して改良）。
- 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地盤改良（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
- 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、評価上は地盤改良体（薬液注入）として扱う。

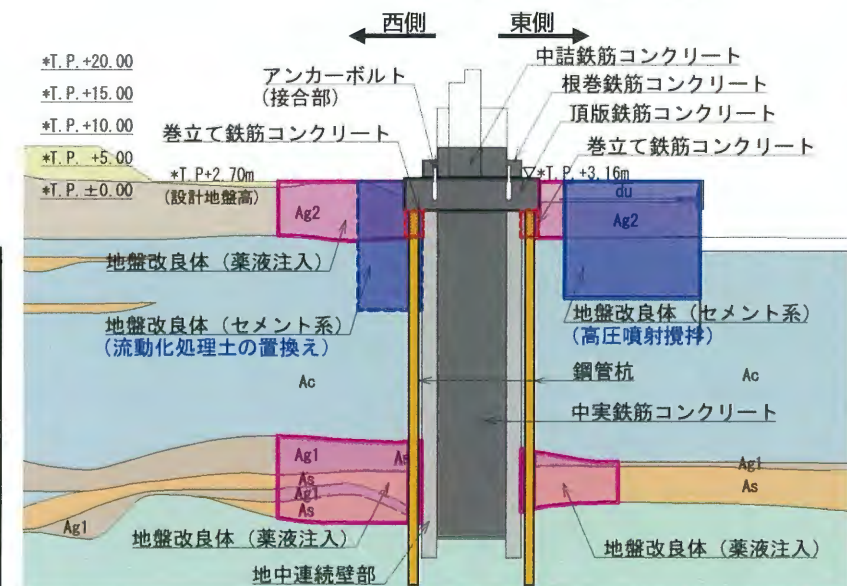


北基礎平面拡大図
（追加基礎＋地盤改良）



平面図（改良範囲図）

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



北基礎断面図

1. 概要

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

（3）既工認との比較

青字は、既工認から変更した箇所

	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. 地中連続壁部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

1. 概要

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

（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/mm ² , 鉄筋 : SD390, SD490
	根巻鉄筋コンクリート（非構造部材）	コンクリート : $f'_{ck}=24$ N/mm ² , 鉄筋 : SD345
	止水ジョイント部①	止水シート
		鋼製アンカー
		止水ジョイントの鋼製防護部材
	止水ジョイント部②	鋼製防護壁底部止水機構
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/mm ² 鉄筋 : SD390, SD490, SD685
	中実鉄筋コンクリート	コンクリート : $f'_{ck}=50$ N/mm ² , 鉄筋 : SD390, SD490
	鋼管杭	鋼管杭φ1500mm (SBHS500) , t=50mm
	巻立て鉄筋コンクリート	コンクリート : $f'_{ck}=50$ N/mm ² , 鉄筋 : SD390, SD685
地盤	①地盤改良体（セメント系）	流動化処理工法 : 設計用一軸圧縮強さ1.5N/mm ² 高圧噴射攪拌工法 : 設計用一軸圧縮強さ1.0及び3.0N/mm ²
	②地盤改良体（薬液注入）	超多点注入工法（砂・礫質土対象）
	基礎地盤	久米層

青字は、既工認から新たに採用した材料仕様

1. 概要

(5) 新たに採用した材料の適用性について

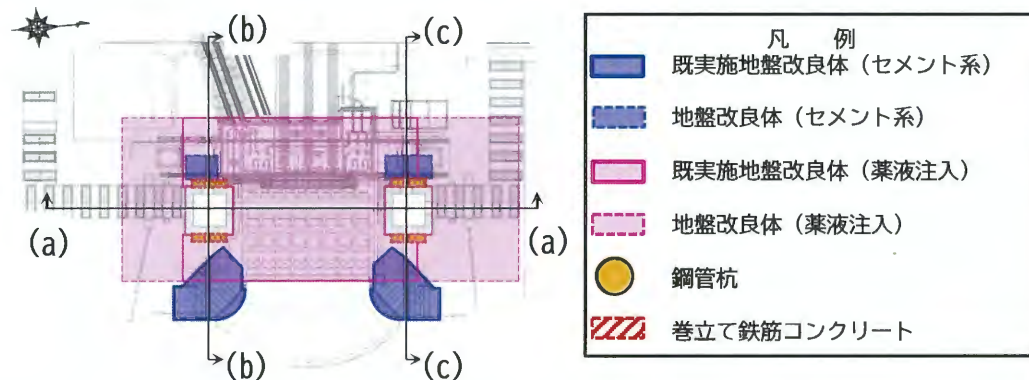
部材名	新材料の仕様	適用性（規格基準類）
頂版鉄筋 コンクリート	コンクリート： $f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$ 鉄筋：SD685, $\phi 51\text{mm}$	・ コンクリート標準示方書（(社)土木学会, 2022）では、圧縮強度の特性値が80N/mm^2以下のコンクリート，引張降伏強度の特性値が685N/mm^2までの鉄筋を適用範囲としている。 ・ 鉄道構造物等設計標準・同解説（国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 2023）では、コンクリートの圧縮強度の特性値が18N/mm^2以上80N/mm^2以下を，軸方向鉄筋はSD295～SD685，横方向鉄筋はSD295～SD685で直径4mm～51mmの鉄筋を適用範囲としている。 ・ 鉄筋SD685が設計基準強度50N/mm^2のコンクリートに対する付着強度については，コンクリート標準示方書及び鉄道構造物等設計標準・同解説における鉄筋の定着長の確認式において問題ないことを確認済み。
巻立て鉄筋 コンクリート	コンクリート： $f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$ 鉄筋：SD685, $\phi 51\text{mm}$	
鋼管杭	鋼管杭 $\phi 1500\text{mm}$ （SBHS500）， $t=50\text{mm}$	・ 道路橋示方書・同解説（I 共通編 IV下部構造編，社団法人 日本道路協会，平成24年3月）では鋼管杭は，JIS A 5525の規格（SKK400，SKK490）に適合するものを標準とし，規定以外の鋼管杭でも所要試験を実施して本規定に定められた鋼管杭と同等以上の性能を有することが確認された場合には用いても良いとしている。 ・ SBHS500（JIS G 3140(2011)）の鋼管杭の製作においては，所要試験（溶接施工試験（開先溶接試験），材料検査（母材，溶接材）等）を実施し，JIS A 5525規格の鋼管杭と同等の性能を有することを確認する。 ・ 当該材料の許容応力度設計は，土木学会の「新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・制作ガイドライン(案)（平成21年11月5日）」に基づき実施する。 ・ 既工認においては他施設でもSBHS500の鋼管杭を用いた施工実施がある。 【東海第二発電所における工認審査実績】 ➢ V-2-2-12 緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンク基礎の地震応答計算書 ➢ V-2-2-13 緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書 ➢ V-2-10-2-4 構内排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書 ➢ V-3-別添3-2-3 構内排水路逆流防止設備の強度計算書 ➢ 【補足-60-1】5.19 耐震及び耐津波設計における許容限界について



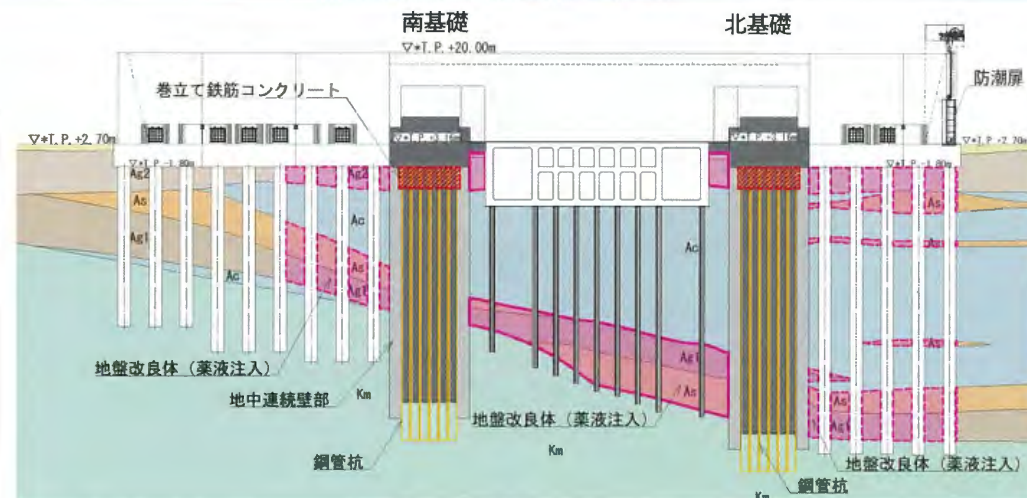
以上より，新たに採用した材料について規格基準による適用性を確認した。

1. 概要

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

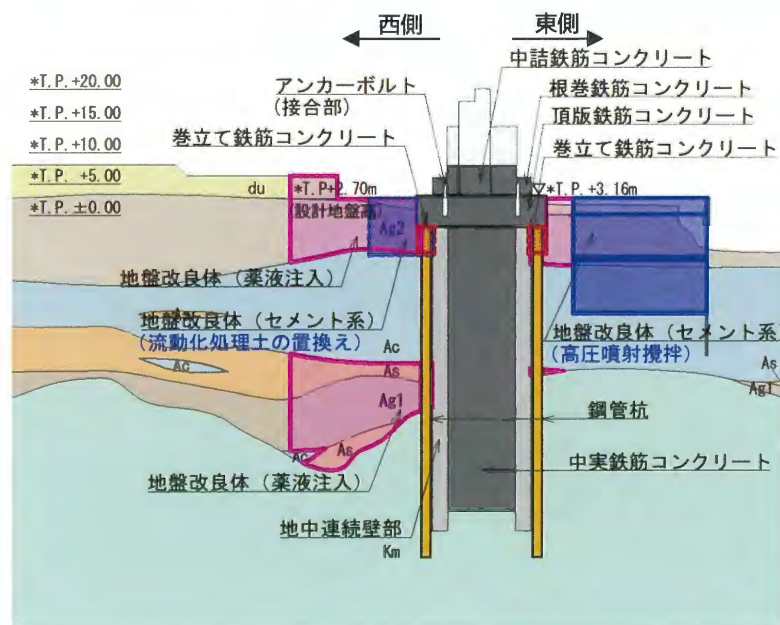


断面位置図

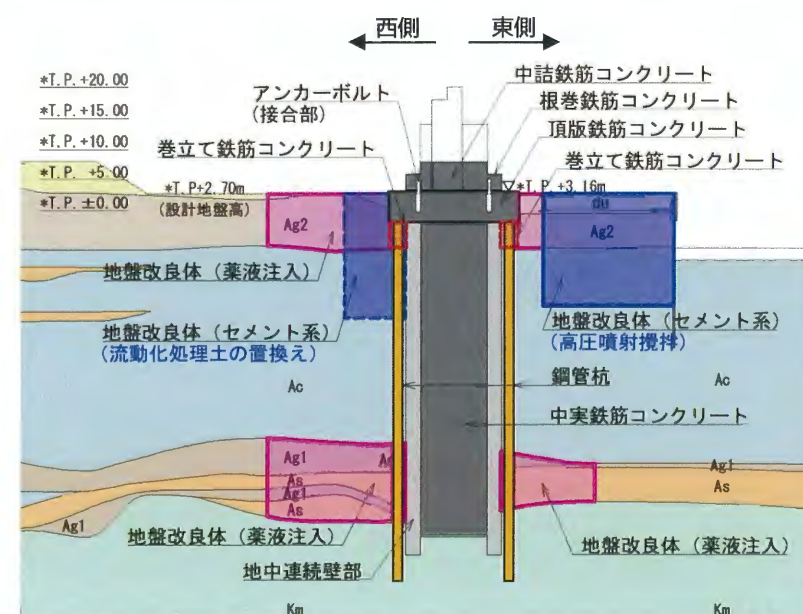


(a)-(a)断面図

（鋼管杭は「投影」して記載。）



(b)-(b)断面図



(c)-(c)断面図

2. 耐津波・耐震設計方針

2－1. 耐津波設計方針

2－2. 耐震設計方針

2-1. 耐津波設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(1) 耐津波設計手法の概要 (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。

 ：既工認からの主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加+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	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（地盤改良体含む）※3 - 鋼管杭背面の地盤バネ（面直バネ）については群杭効果を考慮、さらに地盤改良体（セメント系）を考慮し反力上限値を設定 - 鋼管杭同士及び中実鉄筋コンクリートの間には連結バネを採用	※3 地中連続壁部は非液化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） - 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	津波時 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	

2-1. 耐津波設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(1) 耐津波設計手法の概要（2/3）

 ：既工認からの主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加+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	下記の検討ケース①～⑥のうち，液状化パラメータ非適用※4のケースを採用する。

※4 周辺地盤に地盤改良体（業液注入）を設置するため。

※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」

地盤物性のばらつき検討ケース	地盤剛性の設定	液状化強度特性の設定
① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	原地盤のせん断波速度	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）
② 地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）
③ 地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（ -1σ ）	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）
④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性
⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	原地盤のせん断波速度	液状化パラメータを非適用
⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）	液状化パラメータを非適用

2-1. 耐津波設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

（1）耐津波設計手法の概要（3/3）

 ：既工認からの主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加+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/止水ジョイント）	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/mm ² または 50 N/mm ² ・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/mm ² に統一 ・主鉄筋：SD490, SD685 ・せん断補強筋：SD390 ■鋼材及びアンカーボルト 鋼材、アンカーボルトについては、同左 ■鋼管杭 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 ・鋼管杭： SBHS500	※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、評価上は地盤改良体（薬液注入）として扱う。
	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 ・止水ジョイント：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

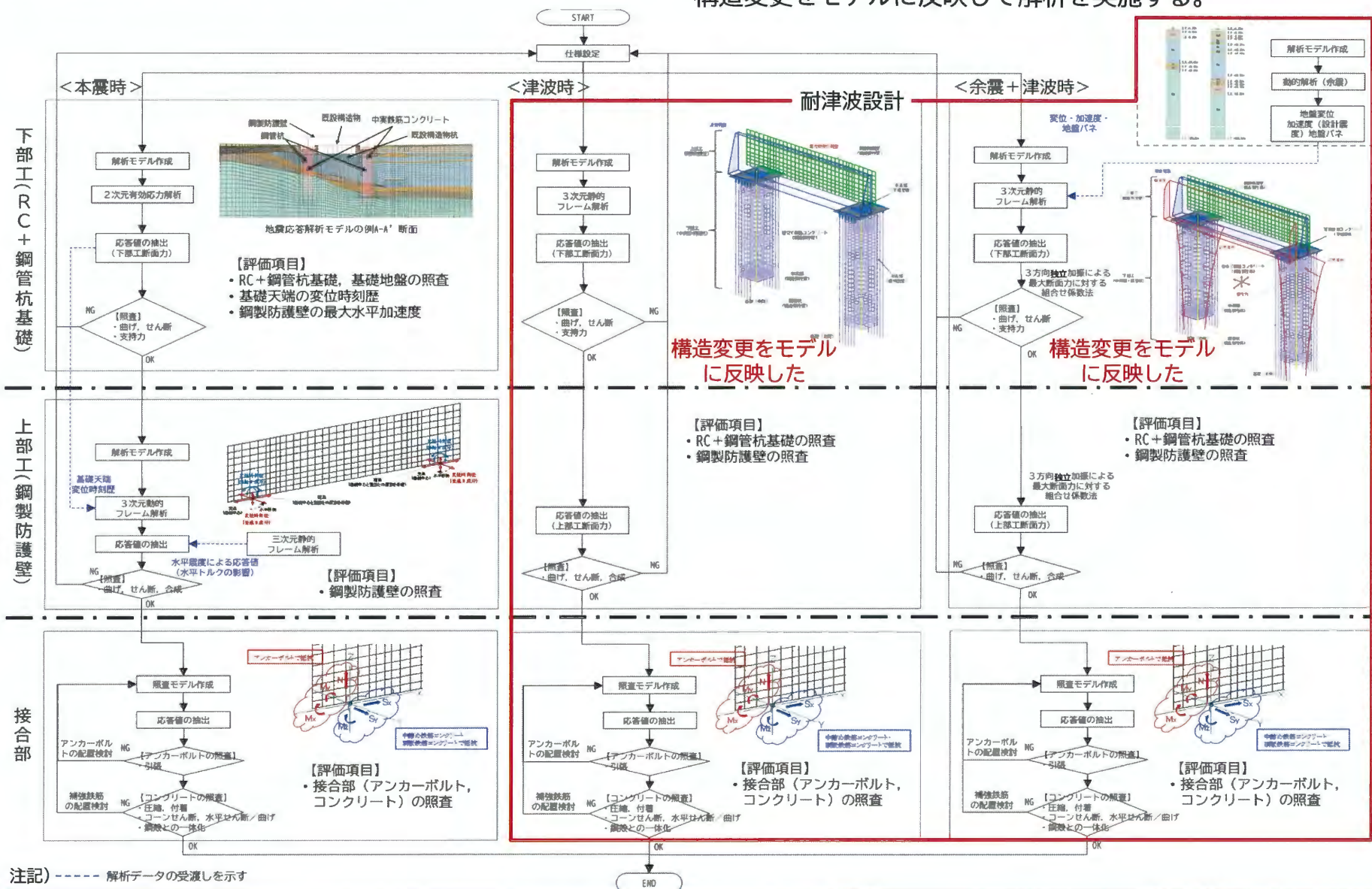
※1 既工認の添付書類「V-3-別添3-2-1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」

2-1. 耐津波設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(2) 耐津波設計に係る評価フロー

耐津波評価に係る評価フローは既工認と同様であり、
構造変更をモデルに反映して解析を実施する。



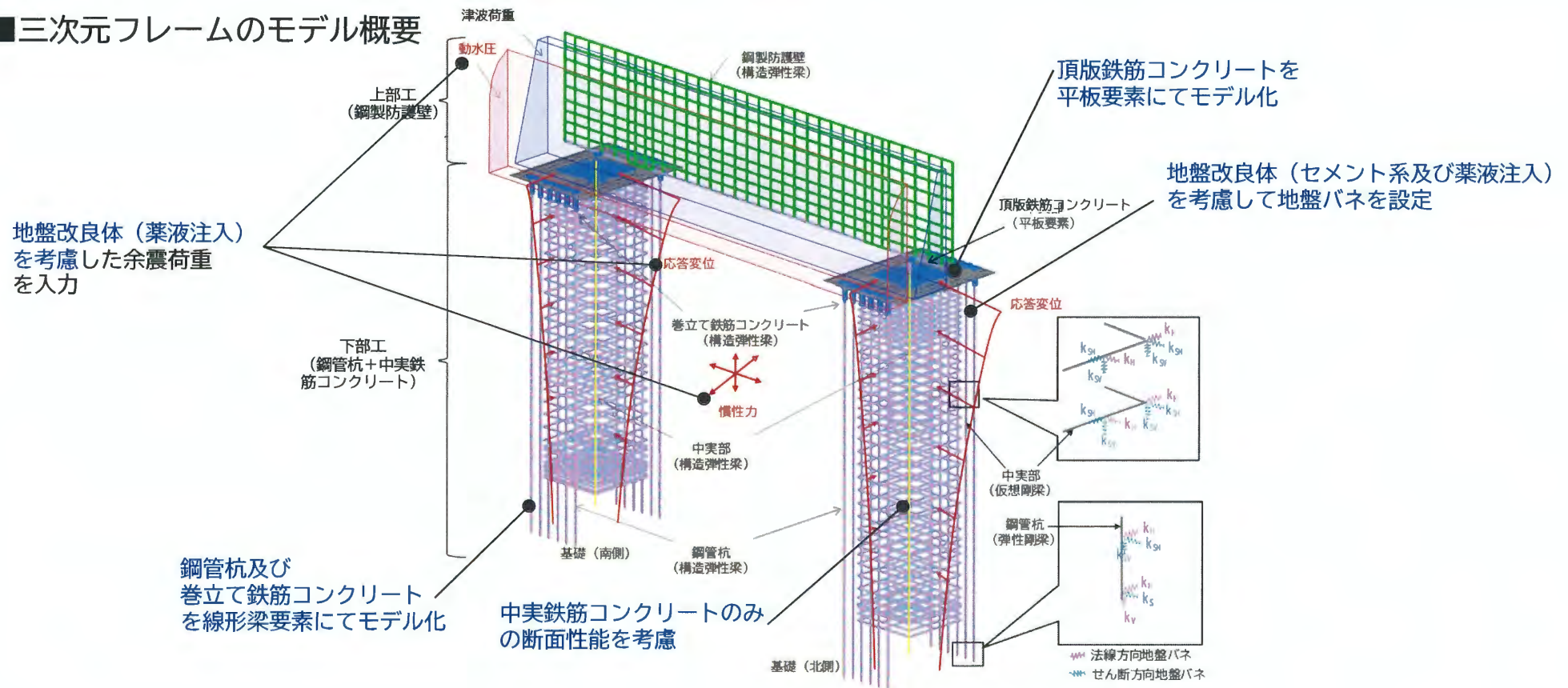
2-1. 耐津波設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(3) 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）、地盤改良体（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



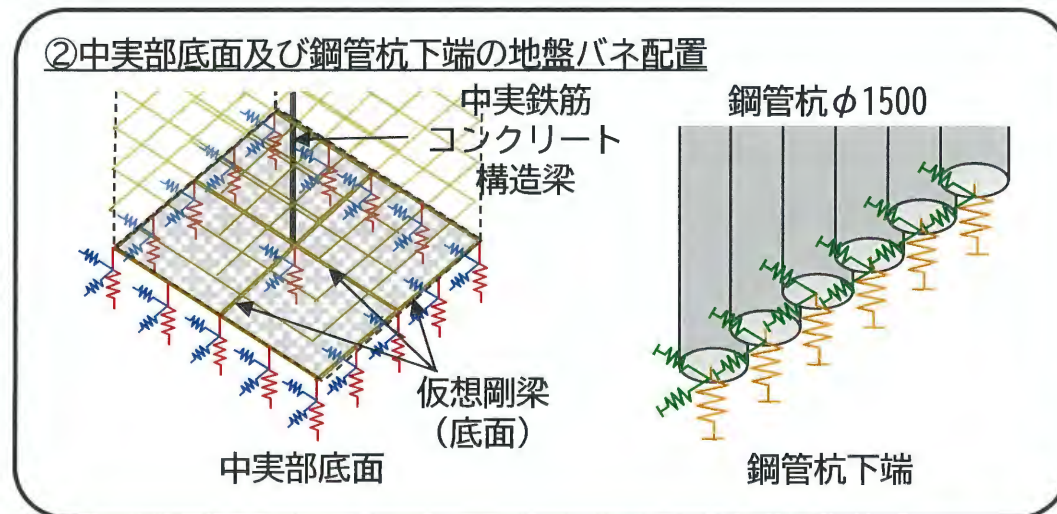
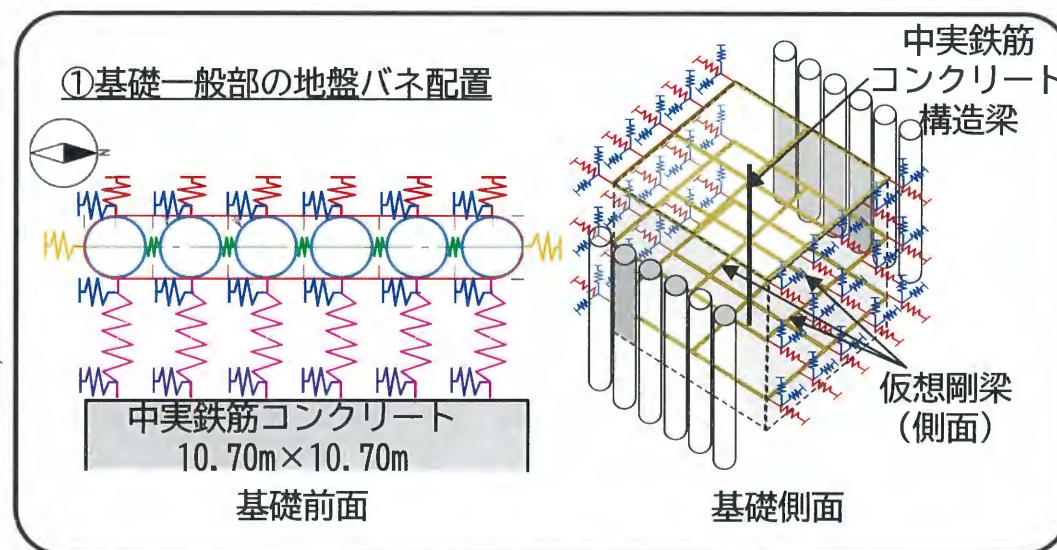
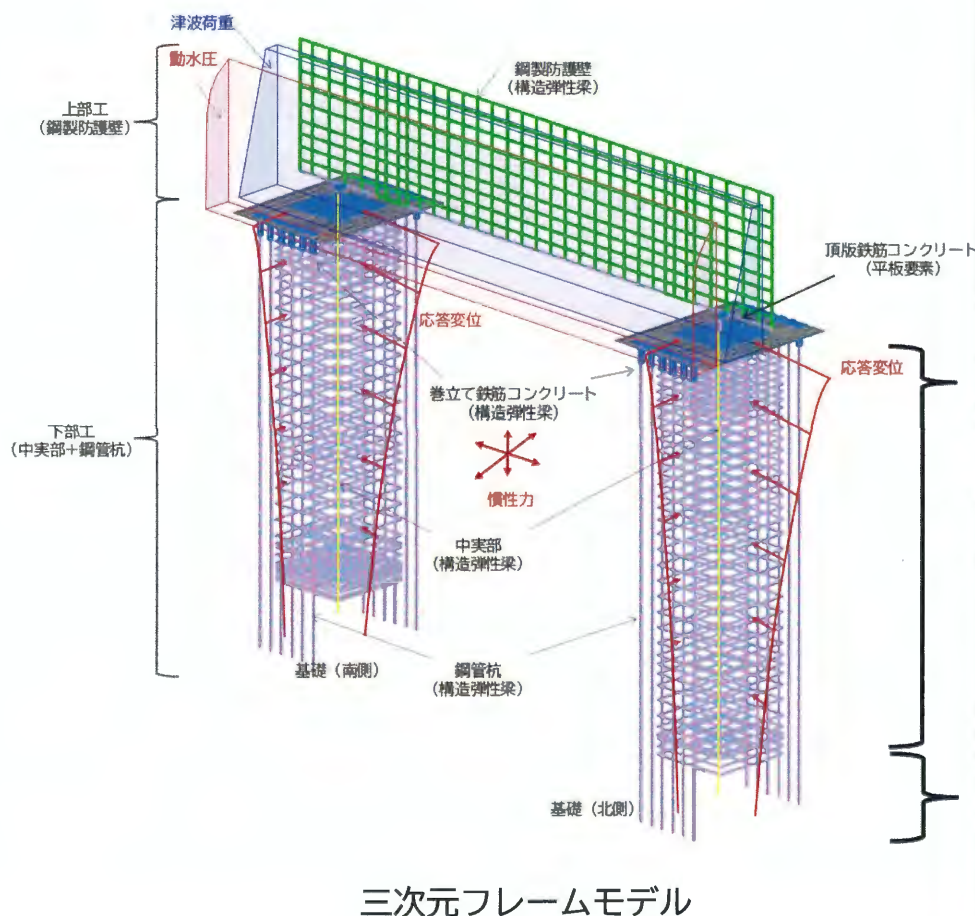
【解析モデル（イメージ）図】（津波と余震の重畳時）

青字は、既工認から変更した箇所

2-1. 耐津波設計方針

(4) 耐津波設計モデルにおける地盤バネ (1/2)

耐津波設計の三次元フレームモデルに用いる地盤バネは、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」に準拠し、地盤反力上限値を考慮したバイリニア型として設定することを基本とする。

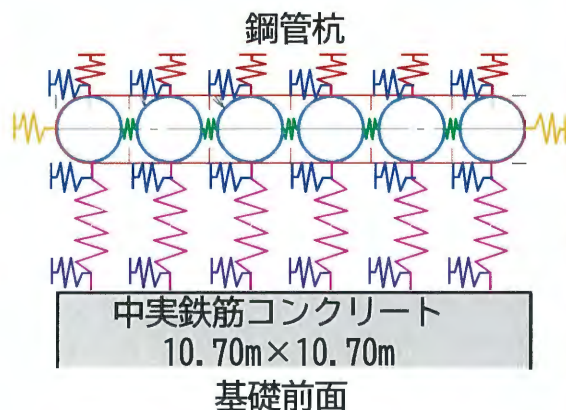


2-1. 耐津波設計方針

(4) 耐津波設計モデルにおける地盤バネ (2/2)

地盤バネの算定方法について、基礎前面 (T.P. -6.0m以深) の事例を示す。

注) 道路橋示方書を“道示”と表示



記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無	その他
■P-1	東西	面直(外向き)	1.498 (鋼管杭外径)	道示 K_H (下記参照)	有	群杭の低減考慮
■K-1		面直(内向き)	中間部1.800 端部1.649	連結バネとして 設定(下記参照)	無	仮想ケーシング断面 考慮
■P-2 ■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SY} (下記参照)	有	同上(P-2のみ)
■P-3	南北 端部のみ	面直	1.198 (鋼管杭外径 ×0.8)	道示 K_H (下記参照)	有	
■K-2	南北	面直	1.320 (鋼管杭間)	連結バネとして 設定(下記参照)	無	

道示 K_H の設定 (■P-1, ■P-3)

- 道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成14年3月) に基づき, 水平方向地盤反力係数として算出
- 地盤の変形係数 E_0 は, 原地盤の物性試験結果に基づき, 津波時及び重畳時における剛性低下等を考慮して適切に設定

道示 K_{SH} , K_{SY} の設定 (■P-2, ■RC-2)

- 道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成14年3月) に基づき, 水平及び鉛直方向せん断地盤反力係数として算出
- 地盤の変形係数 E_0 は, 原地盤の物性試験結果に基づき, 津波時及び重畳時における剛性低下等を考慮して適切に設定

連結バネの設定 (■K-1, ■K-2)

- 鋼管杭同士または鋼管杭と中実鉄筋コンクリートを接続するバネとして, 接続部に充填される地盤材料と充填範囲を考慮して理論的に算出
- 地盤の変形係数 E_0 は, 原地盤の物性試験結果に基づき, 津波時及び重畳時における剛性低下等を考慮して適切に設定

2-1. 耐津波設計方針

(5) 耐津波設計における検討ケース

STEP3（構造成立性）で考慮する耐津波設計における検討ケース選定の考え方を以下に示す。

- ・既工認の耐津波評価においては、地盤のばらつきケースを地盤バネ1～5で実施している。
- ・構造変更後の防潮堤は、既工認と同様の門型構造であり、荷重伝達メカニズムもほぼ同様であることから、既工認と同様、耐津波評価結果により基礎の仕様が確定する。
- ・今回は基礎の構造変更であることから、基礎の仕様を確定する耐津波評価に当たっては、**地盤のばらつきケースを全ケースで実施し確認した（評価で用いる津波は「敷地に遡上する津波」）**。
- ・耐津波評価における地盤のばらつきケースを以下に示す。

構造成立性評価に係る耐津波評価の地盤のばらつきケース

地盤のばらつきケース		地盤バネ定数	地盤バネの反力上限値	津波
津波時	地盤バネ1	初期せん断剛性から設定	ピーク強度（平均）から設定	「敷地に遡上する津波」
	地盤バネ2	静弾性係数から設定	残留強度(-1 σ)から設定	
余震と津波の重畳時	地盤バネ3	余震時収束剛性から設定 (地表面加速度最大)	ピーク強度（平均）から設定	
	地盤バネ4	余震時収束剛性から設定 (地表面変位最大)	同上	
	地盤バネ5	余震時収束剛性から設定 (せん断ひずみ最大)	同上	

2-2. 耐震設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(1) 耐震設計手法の概要 (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。

 ：既工認からの主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1 (設計変更前)	今回申請 (基礎の追加+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	同左
	地震応答解析手法	二次元動的有効応力解析	同左	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	※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/mm ² または 50 N/mm ² 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/mm ² 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
		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 地盤改良体(セメント系及び薬液注入)もモデル化する(既設の地盤改良体も考慮)
		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「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の詳細は本資料の15頁に記載)	同左
	地下水位設定		地表面	同左

※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」

2-2. 耐震設計方針

審査会合（第1329回）資料
を再掲

（1）耐震設計手法の概要（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
（下部構造評価用） 地震応答解析①	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 _g 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
（上部・接合部構造評価用） 地震応答解析②	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
	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
	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

※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。

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。

※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」

2-2. 耐震設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(1) 耐震設計手法の概要 (3/3)

 : 既工認からの主要な変更箇所

項目	内容	既工認※1（設計変更前）	今回申請（基礎の追加+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/止水ジョイント）	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パ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/mm ² または 50 N/mm ² ・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 50N/mm ² に統一 ・主鉄筋：SD490, SD685 ・せん断補強筋：SD390 ■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 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 ・鋼管杭： SBHS500	※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、評価上は地盤改良体（薬液注入）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 ・止水ジョイント： 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

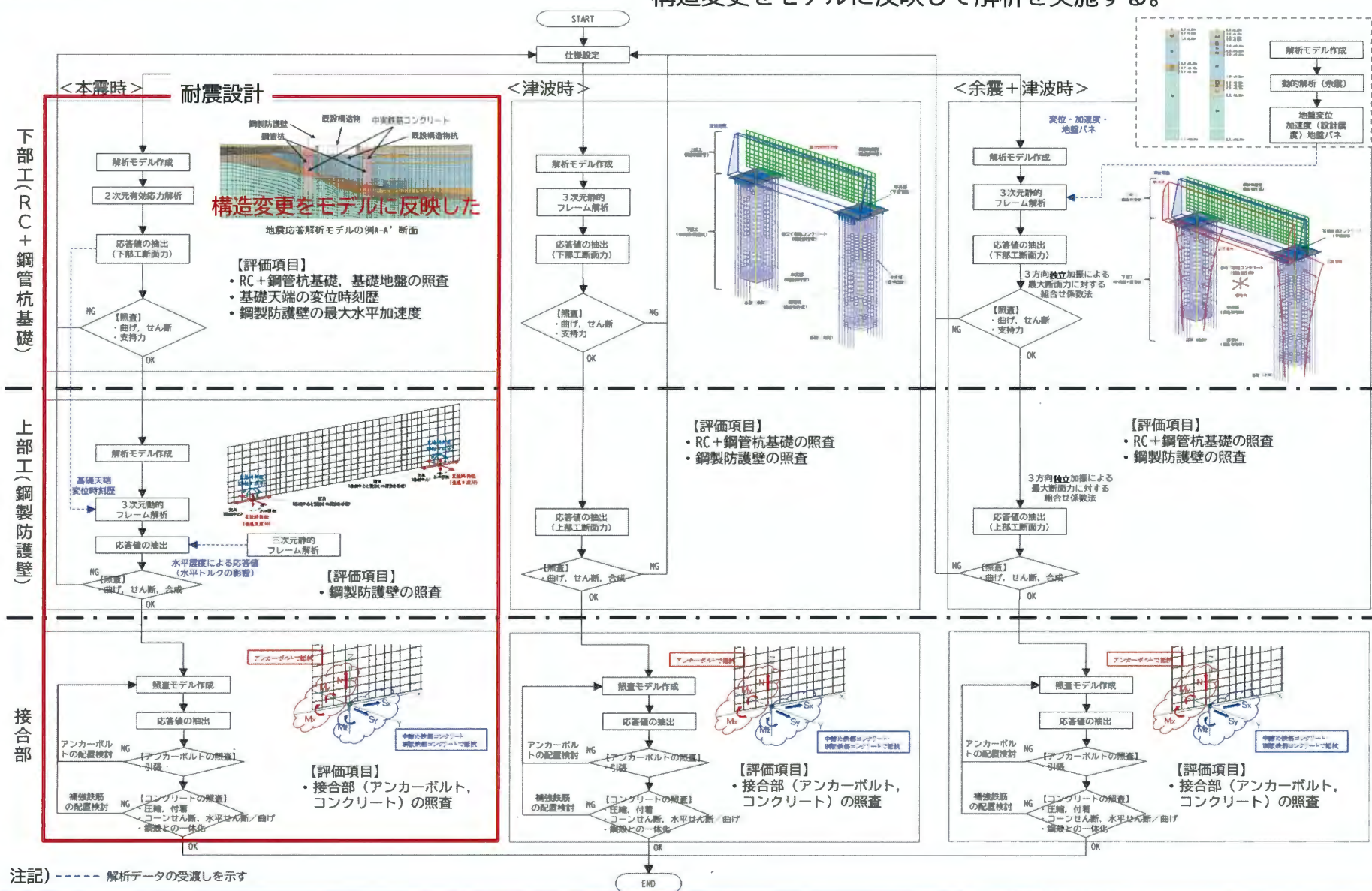
※1 既工認の添付書類「V-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」

2-2. 耐震設計方針

審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(2) 耐震設計に係る評価フロー

耐震評価に係る評価フローは既工認と同様であり、
構造変更をモデルに反映して解析を実施する。



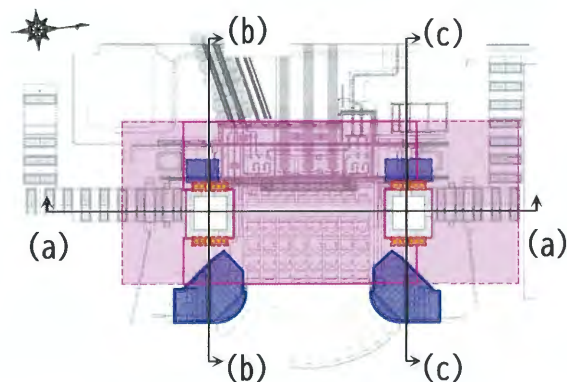
2-2. 耐震設計方針

(3) 耐震設計モデルの概要 (1/2)

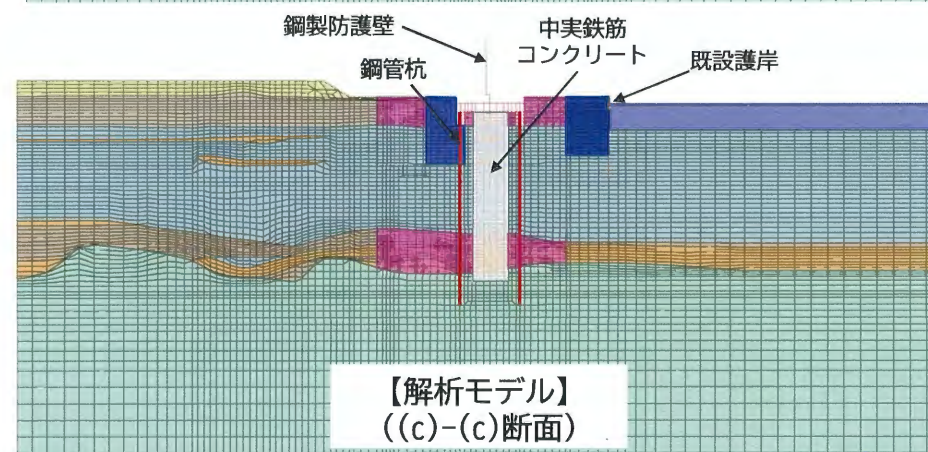
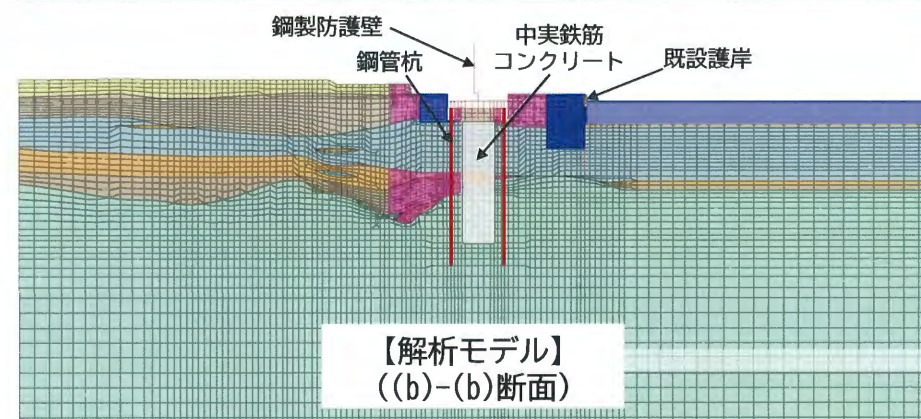
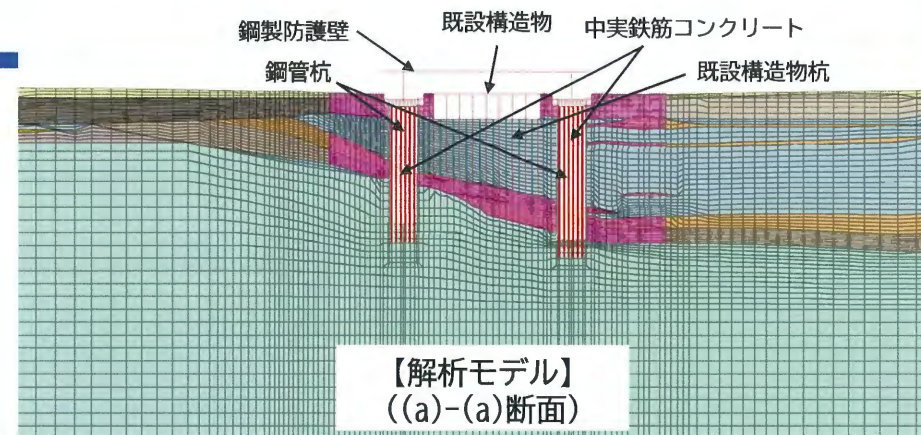
耐震設計モデルの基本的な考え方は、既工認と同様であり、以下のとおり、2次元FEMモデル（右図の3断面）を作成した上で、動的有効応力解析法による地震応答解析を実施する。

【解析モデル作成におけるポイント】

- 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（下部工の詳細なモデル化については次頁参照）。
- 鋼製防護壁は構造弾性梁として配置する。
- 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。



断面位置図



2-2. 耐震設計方針

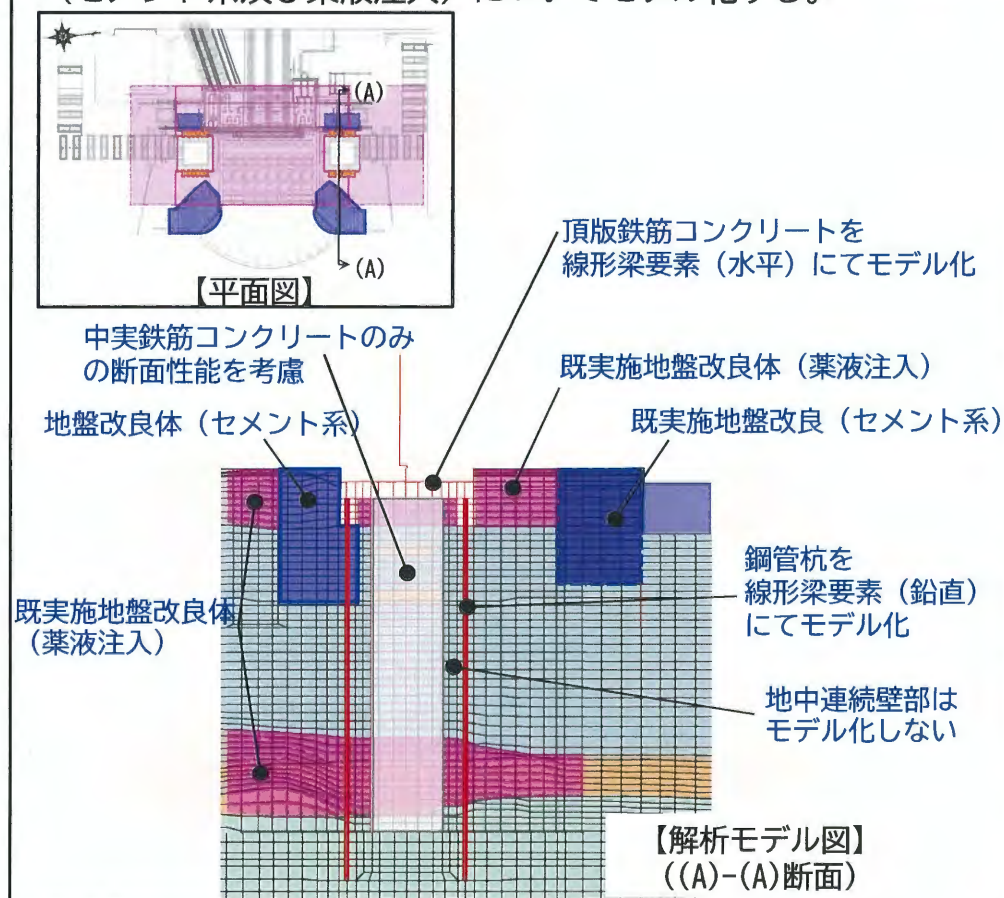
審査会合（第1329回）資料
を一部変更

(3) 耐震設計モデルの概要 (2/2)

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）、地盤改良体（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

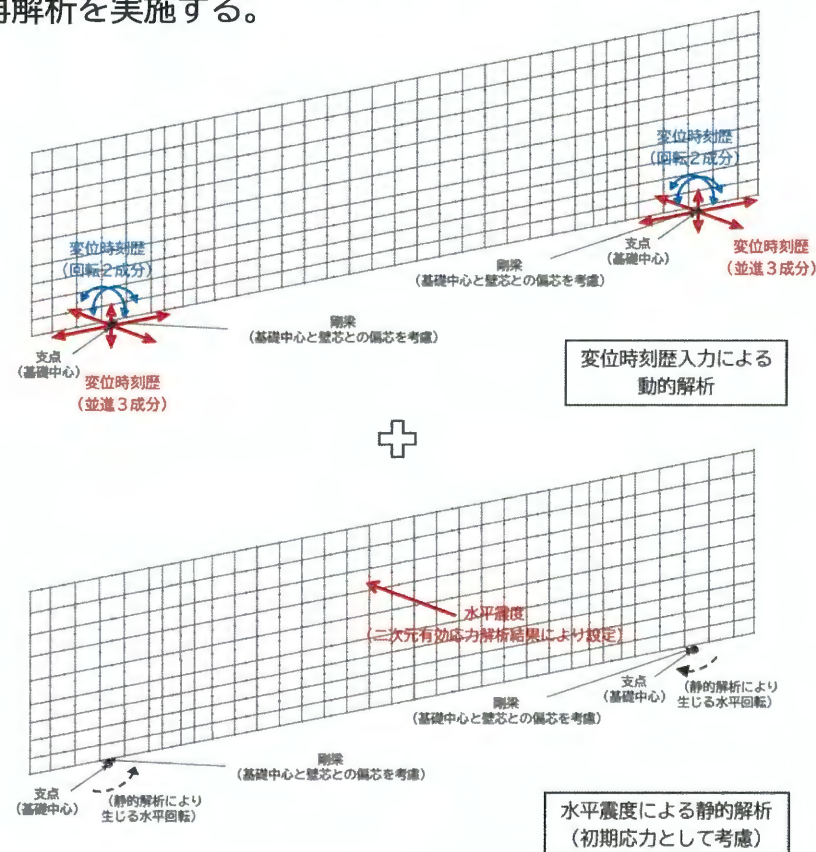
追加する鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート含む）、地盤改良体（セメント系及び薬液注入）についてモデル化する。



■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。



青字は、既工認から変更した箇所

2-2. 耐震設計方針

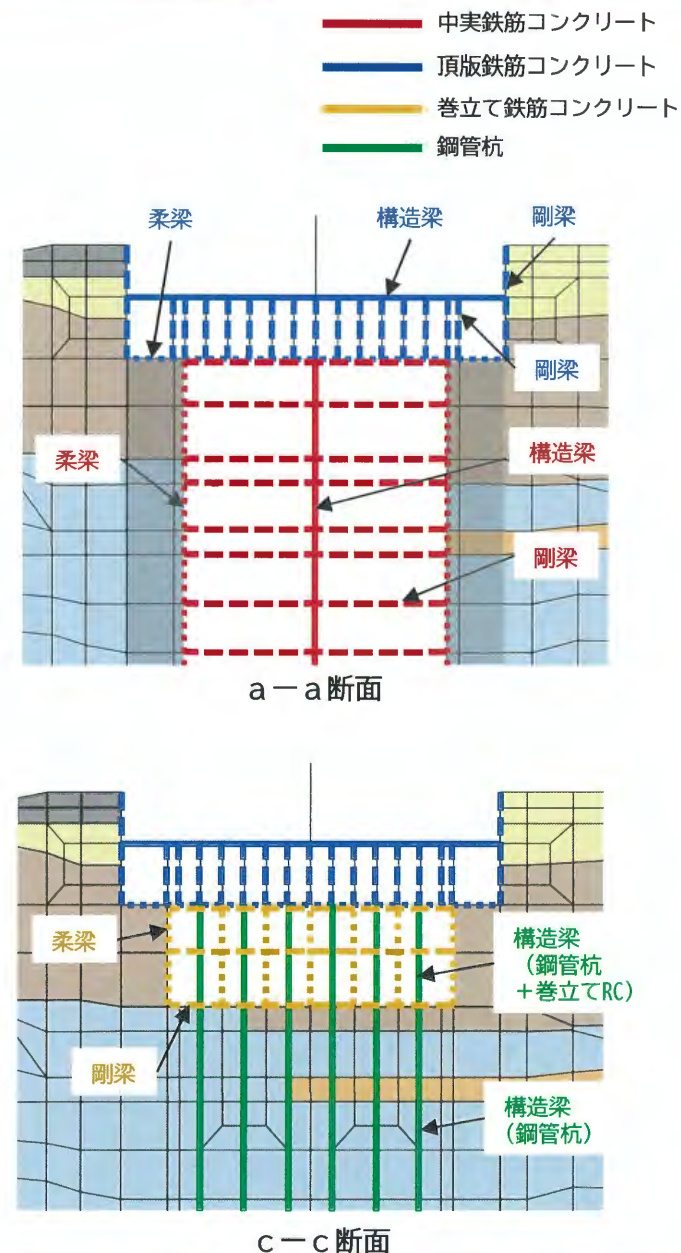
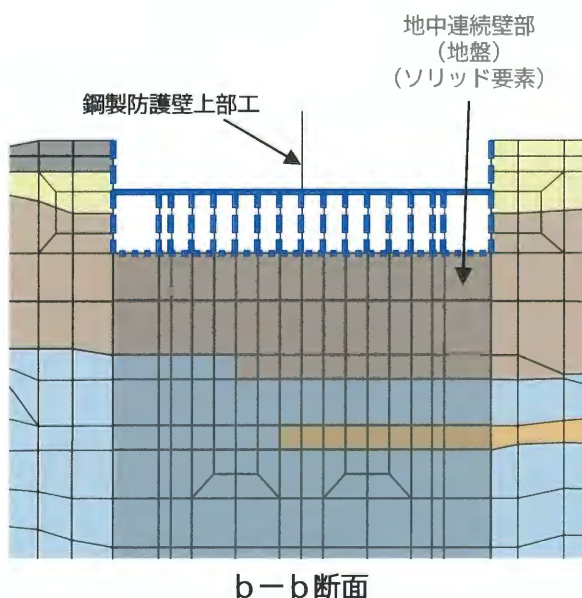
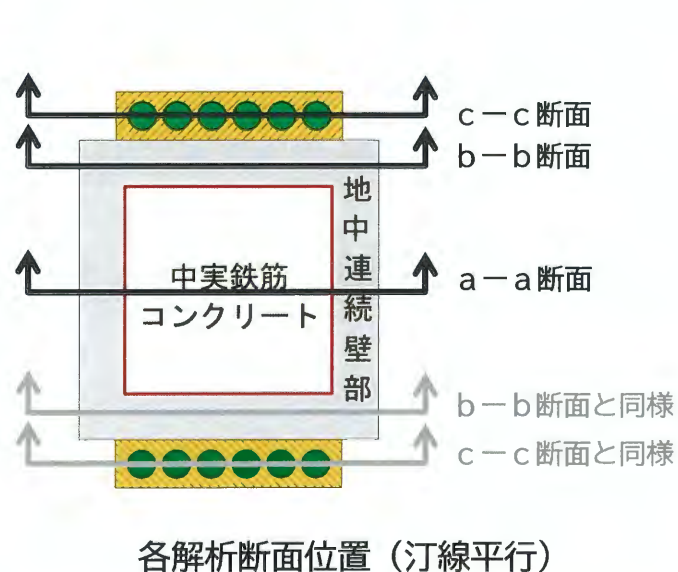
(4) 耐震設計における構造物のモデル化 (1/3)

①耐震評価モデルの概要

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価においては、2次元FEMにより周辺地盤を精緻にモデル化した上で、液状化検討対象層の有効応力の低下を考慮した地震応答解析を実施する。

一方、構造変更により追加された鋼管杭は、頂版鉄筋コンクリートに剛結されることで中実鉄筋コンクリートと一体で外力に抵抗する支持形式であり、耐震評価においては、a～c断面の相互作用を適切に考慮した上で基礎の照査を実施する必要がある。

以上を踏まえ、防潮堤（鋼製防護壁）の耐震評価においては奥行き方向に連続する複数断面を重ね合わせた解析モデルを採用している。以下にモデル図を示す。

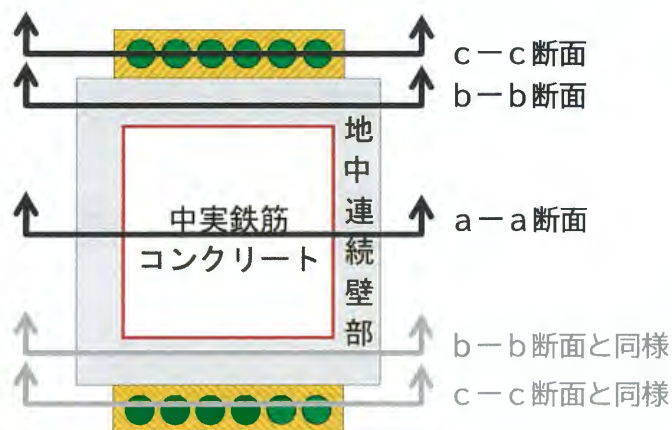


2-2. 耐震設計方針

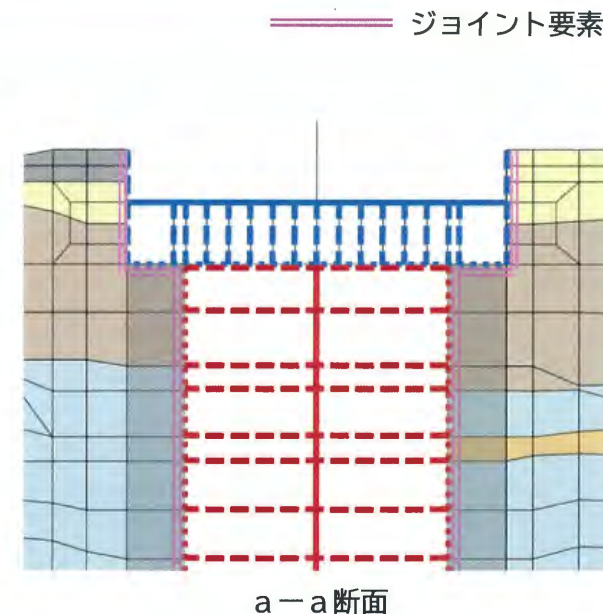
(4) 耐震設計における構造物のモデル化 (2/3)

②各解析断面内における境界条件
有効応力解析においては、地盤と構造物の接合面にジョイント要素を設けることで、接合面における剥離及びすべりを考慮する設計方針である。

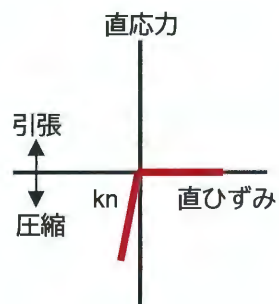
各解析断面におけるジョイント要素の配置について示す。



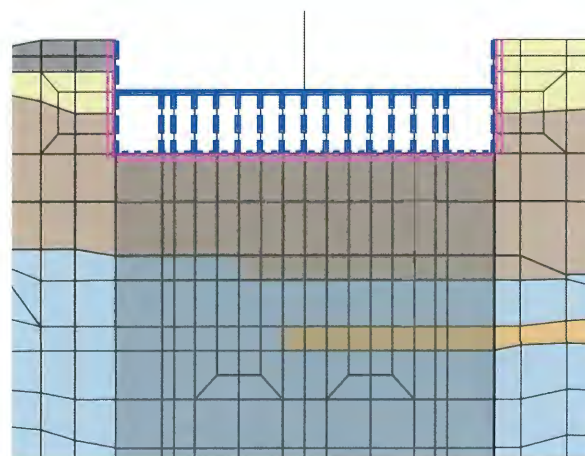
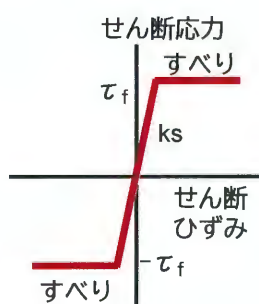
各解析断面位置 (汀線平行)



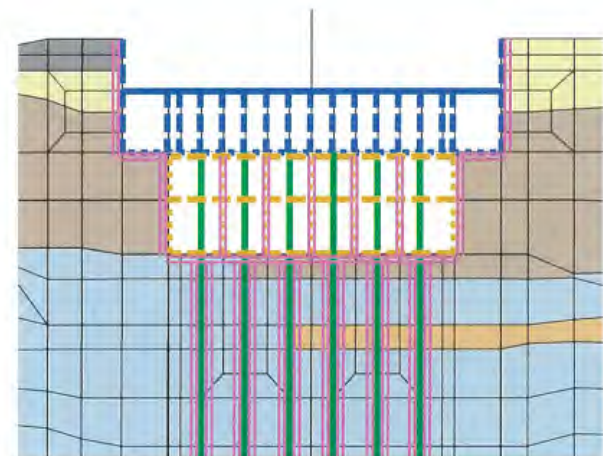
法線方向



せん断方向



b-b断面



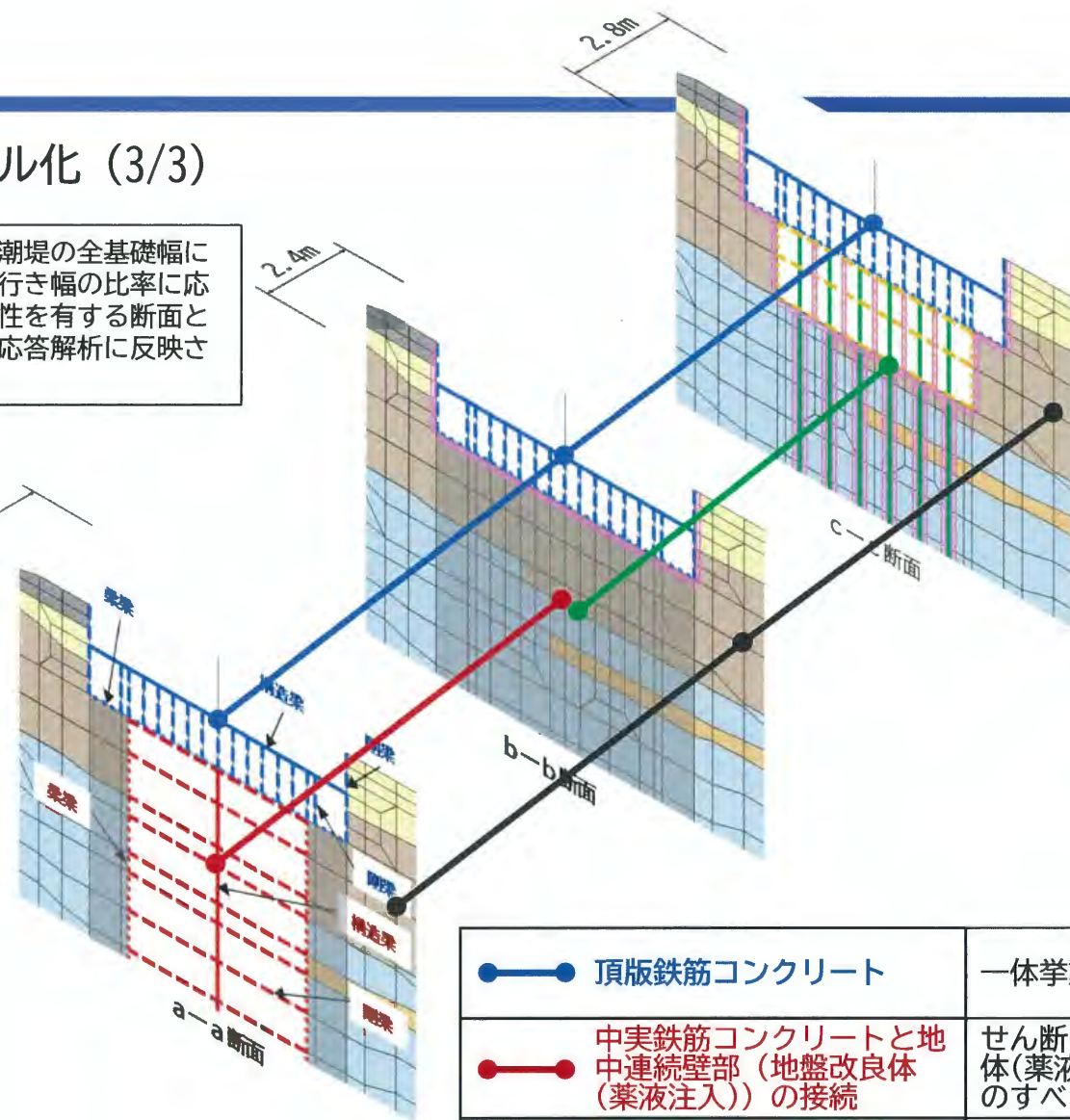
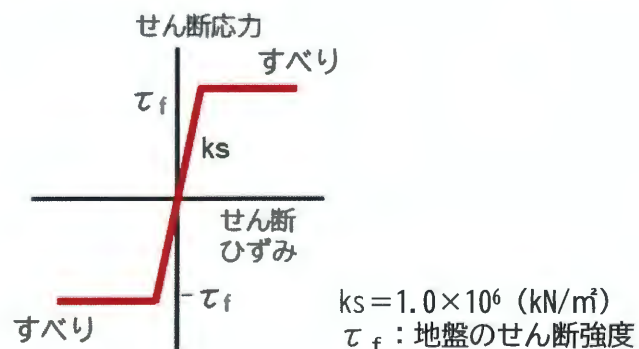
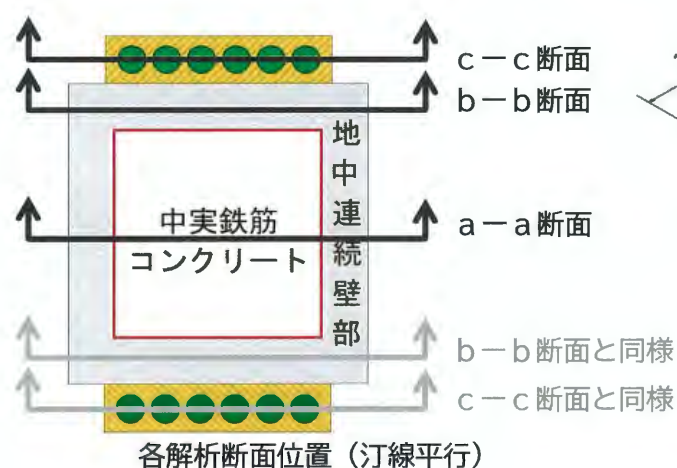
c-c断面

2-2. 耐震設計方針

(4) 耐震設計における構造物のモデル化 (3/3)

③各解析断面奥行き方向の接続
耐震評価においては、奥行き方向に連続する複数断面の相互作用を考慮するため、以下のとおり接続条件を設定する。

各断面は防潮堤の全基礎幅に対し、各奥行き幅の比率に応じた等価物性を有する断面として、地震応答解析に反映される。



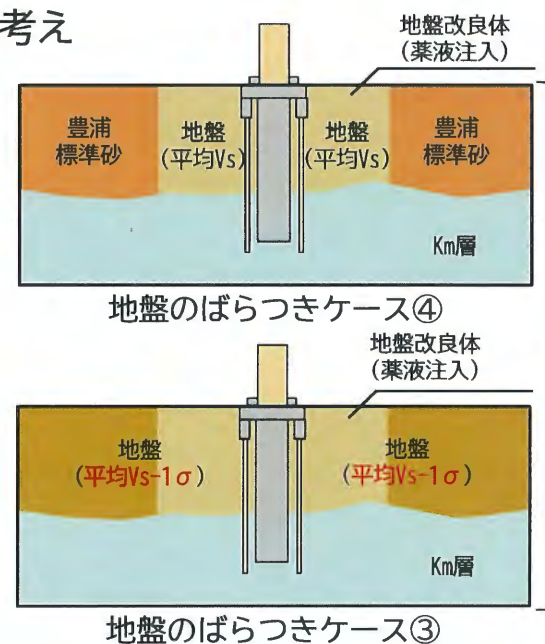
●—● 頂版鉄筋コンクリート	一体挙動 (同一要素)
●—● 中実鉄筋コンクリートと地中連続壁部 (地盤改良体 (薬液注入)) の接続	せん断バネ (地盤改良体 (薬液注入) の強度でのすべりを模擬)
●—● 鋼管杭と地中連続壁部 (地盤改良体 (薬液注入)) の接続	せん断バネ (地盤改良体 (薬液注入) の強度でのすべりを模擬)
●—● 周辺地盤	一体挙動 (同一要素)

2-2. 耐震設計方針

(5) 耐震設計における検討ケース

STEP3（構造成立性）で考慮する耐震設計における検討ケース選定の考え方を以下に示す。

- 既工認の耐震評価では、主要構造部位に対し最も厳しい評価となったのは地盤のばらつきケース④（豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定したケース）の基準地震動 S_s -D1入力時であった。
- 耐震評価では、地盤の液状化・軟化により両基礎の変位差が大きくなり、上部工や接合部への荷重負担が大きくなるが、構造変更後は基礎周辺を広く地盤改良し周辺地盤は液状化しない設計条件となることから、右図に示すとおり、地盤のばらつきケース④よりも地盤のばらつきケース③（地盤物性を -1σ 低減させたケース）の方が周辺地盤の剛性を低く評価することとなるため、両基礎の変位量が大きく算出される。
- 以上より、耐震評価に当たっては、地盤のばらつきケース③の基準地震動 S_s -D1の入力で構造成立性を確認した。



構造変更後の設計条件においては、地盤のばらつきケース③が周辺地盤の剛性を最も小さく評価する。

地盤のばらつきケース	地盤剛性の設定	液状化強度特性の設定	北基礎と南基礎の変位差
① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	原地盤のせん断波速度	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	両基礎の変位差は③, ④に比較して小さい(既工認)
② 地盤物性のばらつきを考慮($+1\sigma$)した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮($+1\sigma$)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	両基礎の変位差は③, ④に比較して小さい(既工認)
③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	◎既工認において両基礎の変位差が比較的大さい (地盤改良体(薬液注入)の地盤剛性を -1σ 低減させた設定とするため、両基礎の変位差の観点で保守的に評価される)
④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	既工認における基礎の変位が最大であるが、豊浦標準砂の液状化特性を用いた強制的な液状化を仮定した評価であり、構造変更後は地盤改良により周辺地盤は液状化しないことから両基礎の変位は小さくなる
⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	原地盤のせん断波速度	液状化パラメータを非適用	両基礎の変位差は③, ④に比較して小さい(既工認)
⑥ 地盤物性のばらつきを考慮($+1\sigma$)して非液状化の条件を仮定した解析ケース	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮($+1\sigma$)	液状化パラメータを非適用	両基礎の変位差は③, ④に比較して小さい(既工認)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果

- 3－1. 耐津波設計に係る評価結果
- 3－2. 耐震設計に係る評価結果
- 3－3. 耐津波・耐震評価結果のまとめ

3-1. 耐津波設計に係る評価結果

(1) 耐津波設計に係る評価結果

- 前頁の検討ケースにて実施した防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波設計に係る評価結果を下表に示す。
- 下表では、防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位における最も厳しい値（最大照査値）を抽出して表記している。

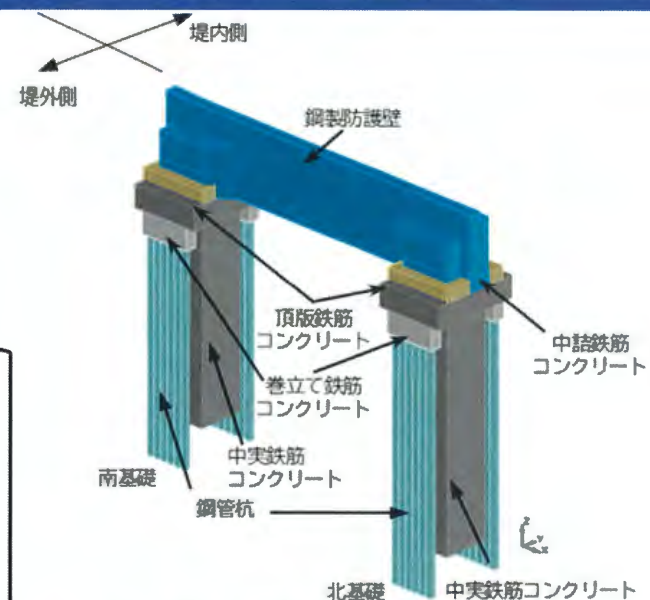
①構造変更となる部位

最大照査値のうち1.00に近接しているものを赤字で記載

区分	構成部位	南北基礎	照査項目；応力度及び断面力の種類		発生値	許容限界	最大照査値	地盤のばらつき
下部工	中実鉄筋コンクリート	南基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	265.8	478.5	0.56	地盤バネ4
		南基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	214108	247591	0.87	地盤バネ4
	鋼管杭	北基礎	曲げ	圧縮応力度(N/mm ²)	452.4	500.0	0.91	地盤バネ4
		南基礎	せん断	堤軸方向せん断応力度(N/mm ²)	45.3	285.0	0.16	地盤バネ4
	巻立て鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	Con圧縮応力度(N/mm ²)	24.9	32.0	0.78	地盤バネ2
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	17896	18916	0.95	地盤バネ1
	杭頭接合部	南基礎	仮想RC断面(RC)	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	632.5	660.0	0.96	地盤バネ4
	頂版鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	603.0	660.0	0.92	地盤バネ5
		南基礎	せん断	堤軸及び堤軸直交方向合成せん断力-西側(kN)	29790	31712	0.94	地盤バネ5

②既工認から変更のない部位

区分	構成部位	南北基礎	照査項目；応力度及び断面力の種類		発生値	許容限界	最大照査値	地盤のばらつき
接合部	アンカーボルト	南基礎	引張	堤軸直交方向 アンカーボルト引張応力度(N/mm ²)	216.2	355.0	0.61	地盤バネ5
上部工	中詰め鉄筋コンクリート	南基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	224237	252547	0.89	地盤バネ5
		南基礎	水平回転モーメント	水平鉄筋応力度(N/mm ²)	331.4	478.5	0.70	地盤バネ5
	鋼製防護壁	—	—	—	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済			



防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位

①構造変更となる部位

- 追加の基礎や地盤改良体により、中実鉄筋コンクリートの裕度は既工認と比べて向上している。
- 鋼管杭等、新設の構成部位は比較的厳しい照査値であるものの、許容限界は満足している。

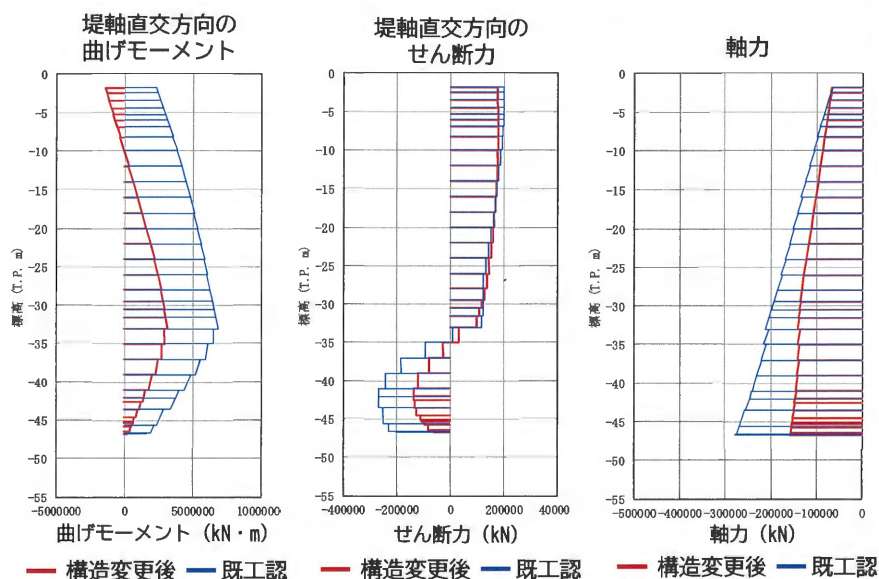
②既工認から変更のない部位

- 既工認と同等の裕度を確保していることを確認した。

3-1. 耐津波設計に係る評価結果

(2) 中実鉄筋コンクリートの耐津波設計に係る考察

- 防潮堤（鋼製防護壁）の構造変更（鋼管杭の追加，周辺地盤の地盤改良）による中実鉄筋コンクリートの裕度向上効果を確認するため，以下のとおり既工認との比較を実施した。
- 比較対象は照査値が相対的に大きい南基礎とし，発生する断面力と必要鉄筋量（主筋）を比較することで，既工認に対し，中実鉄筋コンクリートが津波時においてどのような応力状態かを確認する。

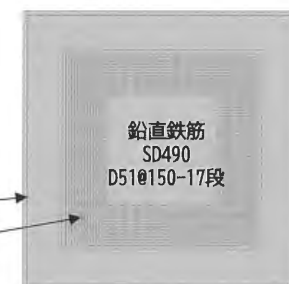


中実鉄筋コンクリートにおける
発生断面力の比較（南基礎）

【既工認】

ケース	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
地盤 パネ5	鉄筋引張 応力度	393.9	478.5	0.83

鉛直鉄筋 SD490
地中連続壁部：D51@150-2段
中実鉄筋コンクリート：D51@150-15段
上記の合計：D51@150-17段

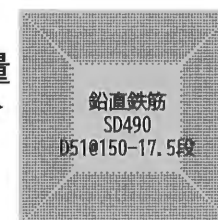


【工認設計モデル（構造変更後）】

ケース	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
地盤 パネ4	鉄筋引張 応力度	265.8	478.5	0.56

- 左記の断面力に対する必要鉄筋量はD51@150-8段であり，既工認から大きく低減するが，後述する保守的な評価である「残置影響評価」により，設計鉄筋量を増強している。
- 中実鉄筋コンクリートの耐津波評価における最大照査値は既工認から低減する結果となった。

設計
鉄筋量



(参考)
必要
鉄筋量



3-1. 耐津波設計に係る評価結果

(3) 鋼管杭の耐津波設計に係る考察

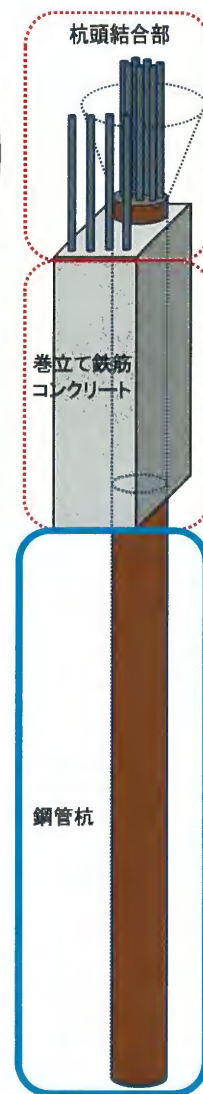
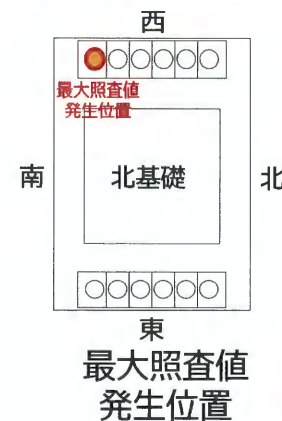
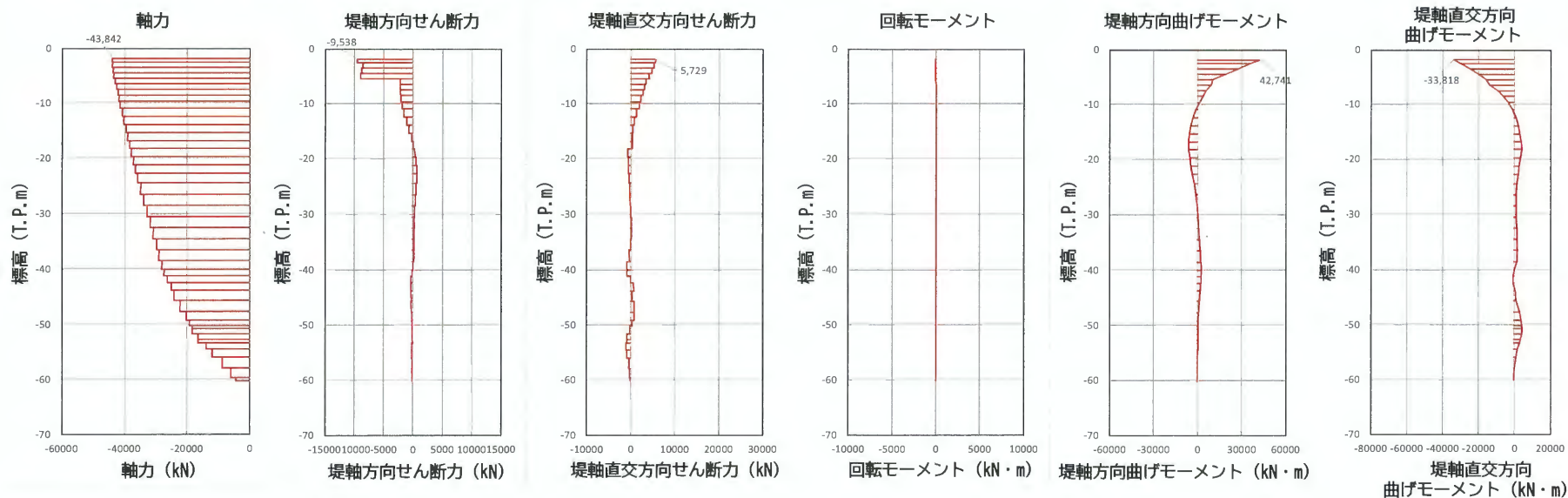
鋼管杭の各最大照査値と断面力分布を以下に示す。

鋼管杭の曲げ照査（最大照査値抜粋）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	452.4	500.0	0.91	地盤バネ4
	引張応力度	420.1	500.0	0.85	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	434.1	500.0	0.87	地盤バネ5
	引張応力度	393.4	500.0	0.79	地盤バネ5

※本照査に対応した断面力分布を以下に示す。

 ：最大発生応力度での照査結果



鋼管杭に対しては、特に浅部における応力集中が顕著であり、本発生断面力（曲げモーメント）に対応するため、橋梁用高降伏点鋼板SBHS500を採用している。

3-1. 耐津波設計に係る評価結果

(4) 頂版鉄筋コンクリートの耐津波設計に係る考察

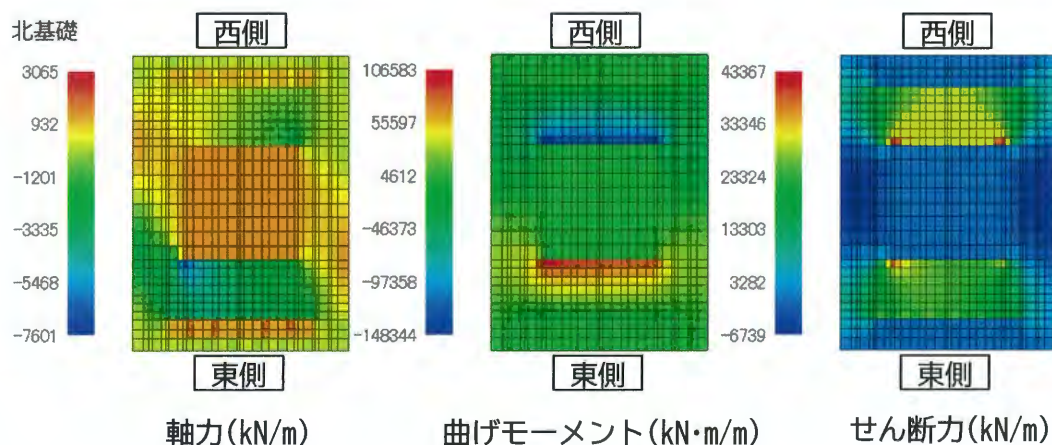
頂版鉄筋コンクリートの各最大照査値と断面力分布を以下に示す。

頂版鉄筋コンクリートの曲げ照査（最大照査値抜粋）

	作用方向	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋引張応力度	402.8	478.5	0.85	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	6.4	32.0	0.20	地盤バネ5
	堤軸直交方向	鉄筋引張応力度	603.0	660.0	0.92	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	23.6	32.0	0.74	地盤バネ5
南基礎	堤軸方向	鉄筋引張応力度	432.3	478.5	0.91	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	7.1	32.0	0.23	地盤バネ5
	堤軸直交方向	鉄筋引張応力度	384.6	478.5	0.81	地盤バネ4
		Con圧縮応力度	20.5	32.0	0.65	地盤バネ4

鉄筋引張応力度：最大発生応力度での照査結果

※本照査に対応した断面力分布を以下に示す。



頂版鉄筋コンクリートの構造仕様（北基礎）

頂版鉄筋コンクリートに対しては、特に中実部側の剛域端における応力集中が顕著であり、本発生断面力（曲げモーメント）に対応するため、高強度鉄筋SD685を採用している。

3-1. 耐津波設計に係る評価結果

(5) 巻立て鉄筋コンクリートの耐津波設計に係る考察

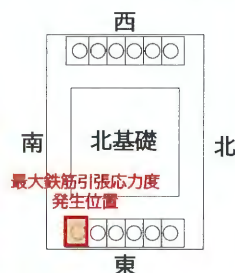
巻立て鉄筋コンクリートの各最大照査値と断面力分布を以下に示す。

巻立て鉄筋コンクリートの曲げ照査（最大照査値抜粋）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鉄筋引張応力度	410.9	660.0	0.63	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	24.9	32.0	0.78	地盤バネ2
南基礎	鉄筋引張応力度	394.3	660.0	0.60	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	24.5	32.0	0.77	地盤バネ2

 ：最大発生応力度での照査結果

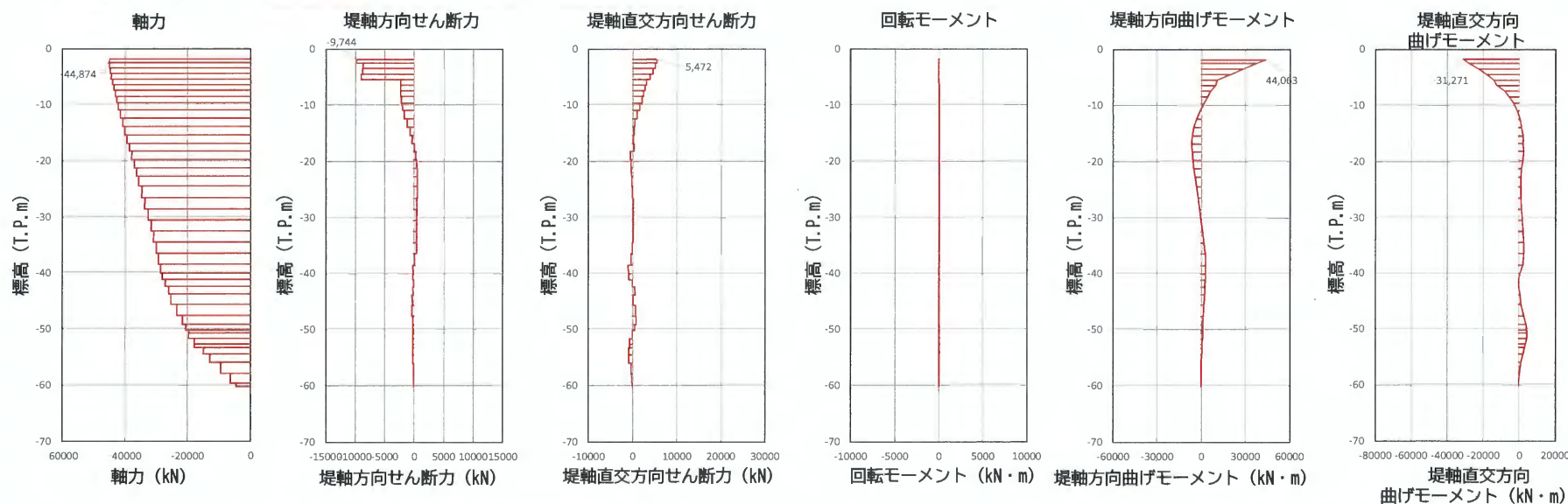
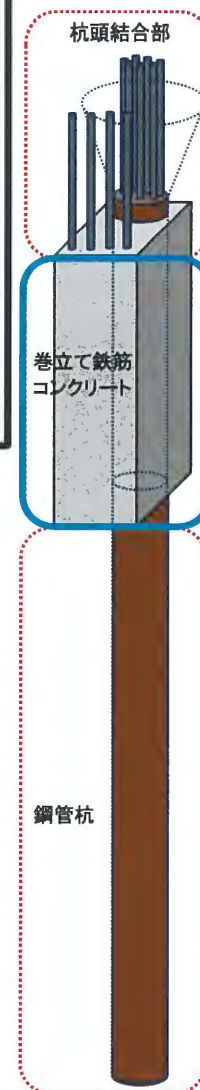
※本照査に対応した断面力分布を以下に示す。



最大照査値
発生位置



巻立て鉄筋コンクリートの構造仕様



鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリートに対しては、特に浅部における応力集中が顕著であり、本発生断面力（曲げモーメント）に対応するため、巻立て鉄筋コンクリートに高強度鉄筋SD685を採用している。杭頭接合部においても同様の設計状況となる。

3-2. 耐震設計に係る評価結果

(1) 耐震設計に係る評価結果

- 前頁の検討ケースにて実施した防潮堤（鋼製防護壁）の耐震設計に係る評価結果を下表に示す。
- 下表では、防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位における最も厳しい値（最大照査値）を抽出して表記している。

①構造変更となる部位

区分	構成部位	南北基礎	照査項目；応力度及び断面力の種類		発生値	許容限界	最大照査値	地盤のばらつき
下部工	中実鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	141.8	435.0	0.33	ケース③
		南基礎	せん断	堤軸方向せん断力(kN)	164626	228260	0.73	ケース③
	鋼管杭	北基礎	曲げ	圧縮応力度(N/mm ²)	225.8	442.5	0.52	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断応力度(N/mm ²)	10.5	255.0	0.05	ケース③
	巻立て鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	コン圧縮応力度(N/mm ²)	3.3	24.0	0.14	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	830.7	3124.9	0.27	ケース③
	杭頭接合部	北基礎	仮想RC断面(RC)	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	111.4	600.0	0.19	ケース③
		北基礎	曲げ	堤軸直交方向鉄筋引張応力度(N/mm ²)	353.2	435.0	0.82	ケース③
	頂版鉄筋コンクリート	北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力-西側(kN)	116157	442914	0.27	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力-西側(kN)	116157	442914	0.27	ケース③

②既工認から変更のない部位（上部工、接合部）

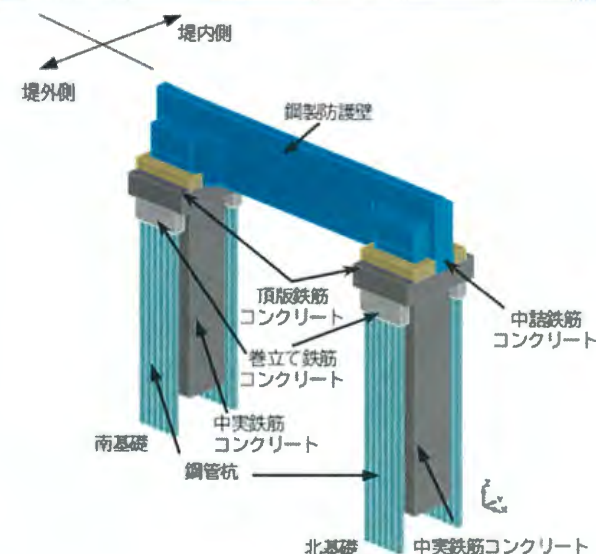
上部工の発生応力や接合部の発生断面力は、地震応答解析で得られる南北基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、構造成立性の確認においては南北基礎の相対変位を参照する。

断面	南北基礎の相対変位成分	最大相対変位(既工認)	最大相対変位(構造変更)	地盤のばらつき
堤軸方向	水平相対変位量(mm)	4.6mm	4.3mm	ケース③
	鉛直相対変位量(mm)	29.2mm	17.3mm	ケース③
堤軸直交方向	水平相対変位量(mm)	356.4mm	221.6mm	ケース③
	鉛直相対変位量(mm)	12.0mm	19.7mm	ケース③



以下の構造部位においては、左記の相対変位を根拠に、構造成立性を有していると判断した。

接合部：アンカーボルト
上部工：中詰め鉄筋コンクリート、鋼製防護壁



防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位

①構造変更となる部位

- 下部工における全ての照査項目において、耐震の照査値は、耐津波の照査値を下回る結果となった。
- 構造変更後の基礎構造においても、設計上のクリティカルケースは耐津波であることを確認した。

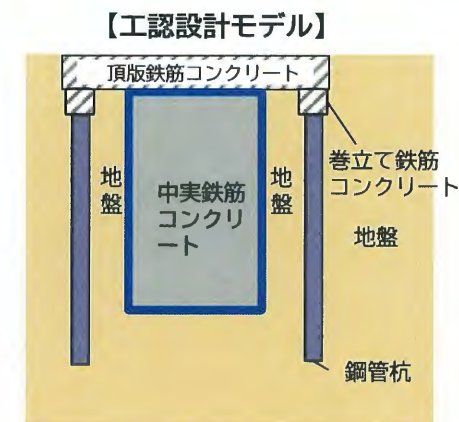
②既工認から変更のない部位

- 南北基礎の相対変位を根拠として、既工認と同等の裕度を確保していることを確認した。

3-3. 耐津波・耐震評価結果のまとめ

【評価内容】

- 地中連続壁部は残置するものの基礎として使用しない設計としたことから、地中連続壁部を地盤として扱うモデル「工認設計モデル」にて耐震・耐津波の評価を行った。
- なお、構造変更後の防潮堤は、既工認と同様の門型構造であり、荷重伝達メカニズムもほぼ同様であることから、耐津波評価結果により基礎の仕様が、耐震評価結果により上部工及び接合部の仕様が確定する。
- 今回は基礎の構造変更であることから、基礎の仕様を確定する耐津波評価における地盤のばらつきケースは全ケースで確認し、耐震評価では地盤が軟化し、上部工・接合部仕様への影響が大きくなると考えられる解析ケースにて評価した。



【評価結果】

「工認設計モデル」による耐震・耐津波評価の結果、構造部位の照査値が許容値を下回ることから、代表的な応力（断面力最大ケース）において地中連続壁部を地盤として扱った場合でも、構造変更後の防潮堤は十分な安全性を確保し構造が成立する見通しを得た。

4. 地中連続壁部の残置影響評価

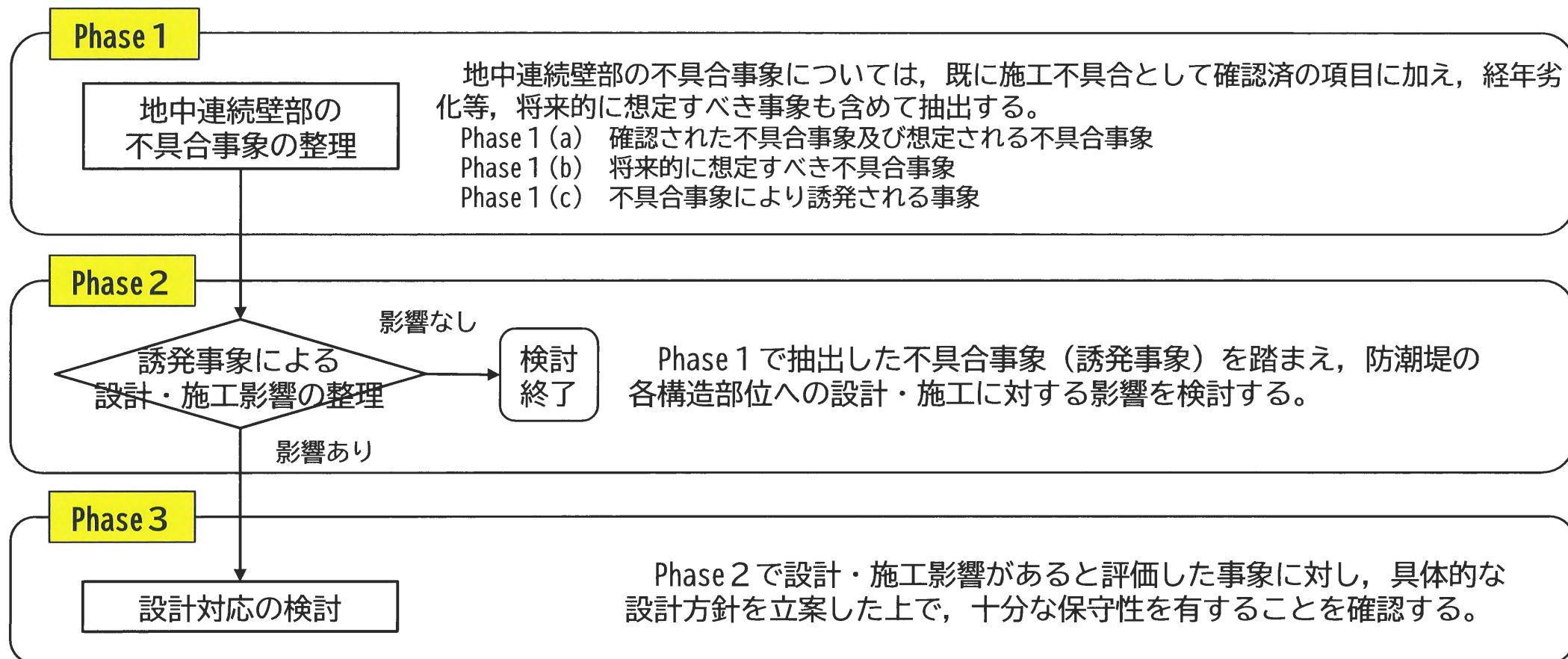
4－1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

4－2. 地中連続壁部の残置影響評価結果

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(1) 地中連続壁部の残置影響評価に係る検討フロー

地中連続壁部の残置影響を検討するに当たり、Phase 1として、現状または将来的に想定すべき地中連続壁部の不具合事象を整理した上で、その結果誘発される可能性のある事象について整理を行った。また、Phase 2として、地中連続壁部に想定される不具合事象による設計・施工の影響を整理した上で、Phase 3として具体的な設計対応についてとりまとめる。



4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(2) 地中連続壁部の不具合事象の整理 (1/3)

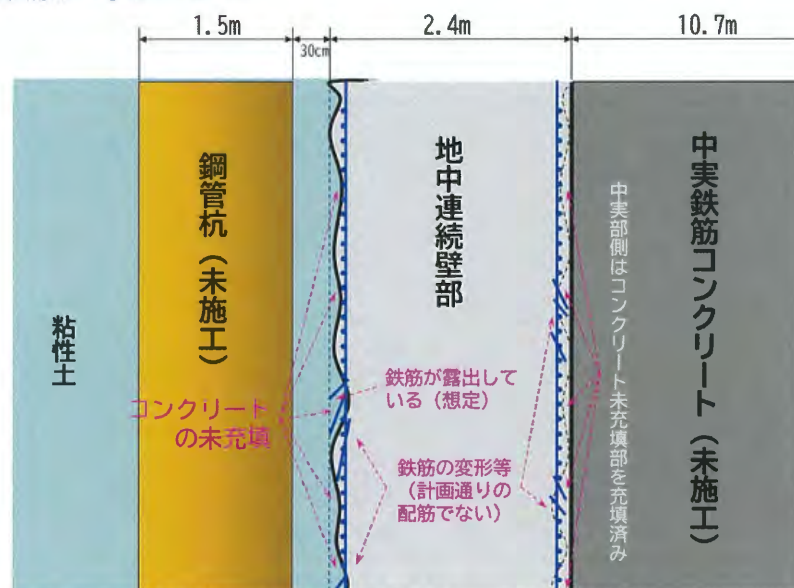
Phase 1

地中連続壁部の不具合事象については、既に施工不具合として確認済の項目に加え、経年劣化等、将来的に想定すべき事象も含めて抽出する。

Phase 1 (a) 確認された不具合事象及び想定される不具合事象

現状確認済の不具合事象（施工不具合）と地中連続壁工事の不具合事象に係る文献を参考に不具合事象を評価

- (1) コンクリートの未充填
 - (2) 鉄筋の変形、破断、脱落等※1
 - (3) 鉄筋の高止まり
- ※1 鉄筋の破断や脱落

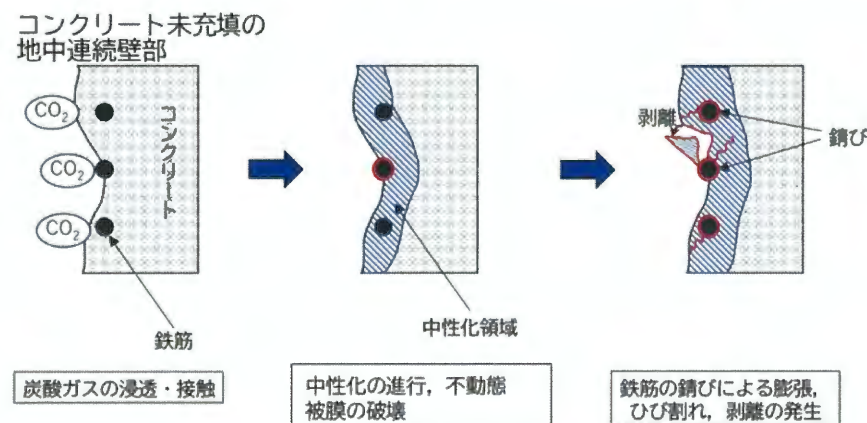


現状の不具合状況イメージ図

Phase 1 (b) 将来的に想定すべき不具合事象

高経年化評価（コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価書）を参考に、地中連続壁部に想定される経年劣化事象を評価

- (4) 経年劣化（鉄筋の腐食、コンクリートの中性化・塩分浸透・凍結融解作用）
- (5) 工事への干渉（鋼管杭設置や地盤改良施工時における変形鉄筋との干渉）



将来的に想定すべき不具合事象
(コンクリートの中性化) イメージ図

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(2) 地中連続壁部の不具合事象の整理 (2/3)

Phase 1 (c) 不具合事象により誘発される事象

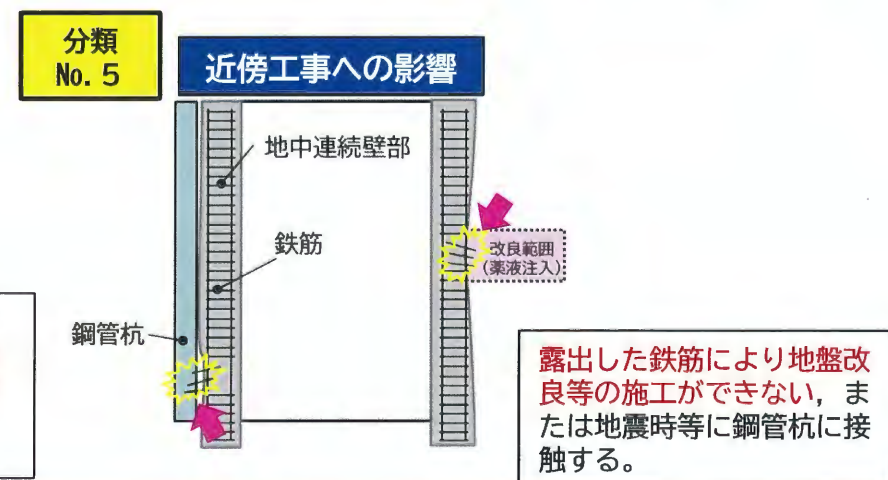
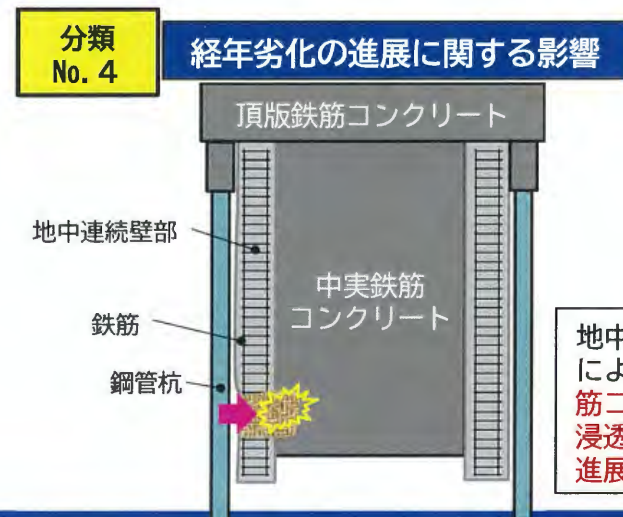
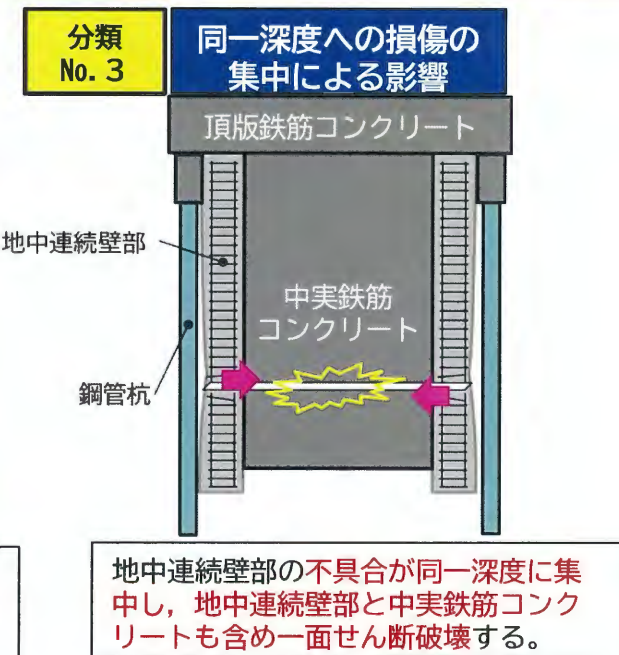
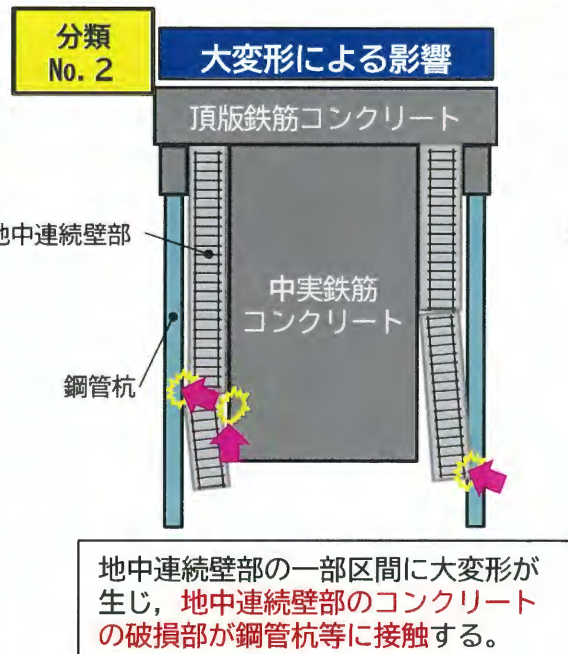
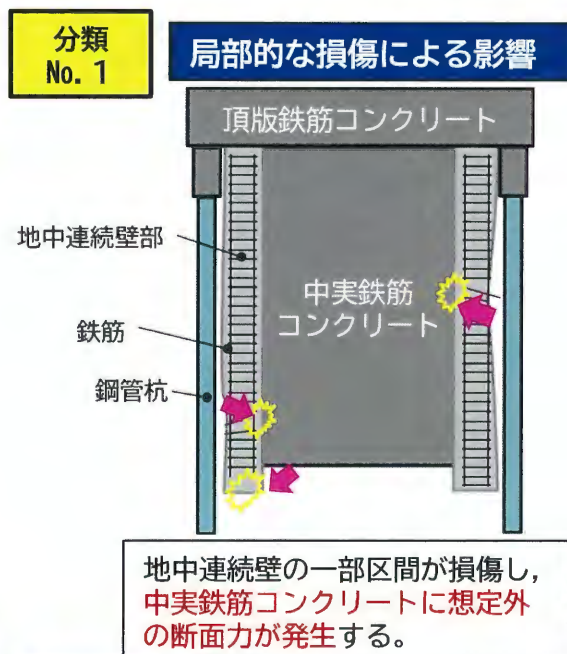
不具合事象がどのような状態の場合に防潮堤基礎に対して影響を及ぼすか整理し、誘発される事象を5つに分類した。

確認された発生事象及び想定される発生事象、将来的に想定すべき不具合事象	状態	不具合事象により誘発される事象	分類 No※
(1) コンクリートの未充填	地震・津波時	地中連続壁部のコンクリートが計画通り充填されていないことから、地中連続壁部の一部区間が損傷し、 中実鉄筋コンクリートに想定外の断面力が発生 する。	1
(1) コンクリートの未充填	地震・津波時	地中連続壁部のコンクリートが計画通り充填されていないことから、地中連続壁部の一部区間に変形が生じ、 地中連続壁部のコンクリートの破損部が鋼管杭に接触 する。	2
(1) コンクリートの未充填	地震・津波時	地中連続壁部のコンクリートが計画通り充填されていないことから、地中連続壁部の一部区間に変形が生じ、 地中連続壁部のコンクリートの破損部が周辺構造物に接触 する。	2
(1) コンクリートの未充填	地震・津波時	地中連続壁部のコンクリートが計画通り充填されていないことから、地中連続壁部の一部区間に変形が生じ、 地中連続壁部のコンクリートの破損部が中実鉄筋コンクリートとの境界部に局所的な損傷 を引き起こす。	2
(1) コンクリートの未充填 (4) 経年劣化	常時	地中連続壁部のコンクリートが計画通り充填されていないことから、地中連続壁部の鉄筋やコンクリートが劣化し、 隣接する中実鉄筋コンクリートへも塩分浸透等(劣化)を発生・進展 させる。	4
(2) 鉄筋の変形等	地震・津波時	地中連続壁部の鉄筋が設計通りの配筋でないことから、地中連続壁部が一部区間で損傷し、 中実鉄筋コンクリートに想定外の断面力が発生 する。	1
(2) 鉄筋の変形等 (4) 経年劣化	地震・津波時	地中連続壁部の鉄筋が地山側へ露出することにより、鉄筋が腐食して地中連続壁の一部区間が損傷し、 中実鉄筋コンクリートに想定外の断面力が発生 する。	1
(2) 鉄筋の変形等	地震・津波時	地中連続壁部の鉄筋が設計通りの配筋でないことから、地中連続壁部の一部区間に変形が生じ、 地中連続壁部のコンクリートの破損部が鋼管杭に接触 する。	2
(2) 鉄筋の変形等	地震・津波時	地中連続壁部の鉄筋が設計通りの配筋でないことから、地中連続壁部の一部区間に変形が生じ、 地中連続壁部のコンクリートの破損部が周辺構造物に接触 する。	2
(2) 鉄筋の変形等 (4) 経年劣化	常時	地中連続壁部の鉄筋が地山側へ露出することにより、鉄筋の腐食が加速して地中連続壁部のコンクリートにひび割れ等が発生し、 隣接する中実鉄筋コンクリートへもひび割れ等を発生・進展 させる。	4
(2) 鉄筋の変形等 (5) 工事への干渉	常時	地中連続壁部の鉄筋が地山側へ露出することにより、 設計範囲の地盤改良や鋼管杭が施工できない 。	5
(2) 鉄筋の変形等	地震・津波時	地中連続壁部の鉄筋が地山側へ露出することにより、 露出した鉄筋が地震・津波時に鋼管杭に接触 する。	5
(1) コンクリートの未充填 (2) 鉄筋の変形等	地震・津波時	不具合が同一深度に集中し、 中実鉄筋コンクリートも含め一面せん断破壊 する。	3
(3) 鉄筋の高止まり	地震・津波時	無筋となる箇所が引張・せん断により損傷し、 中実鉄筋コンクリートに想定外の断面力が発生 する。	1

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(2) 地中連続壁部の不具合事象の整理 (3/3)

Phase 1 (c) 不具合事象により誘発される事象

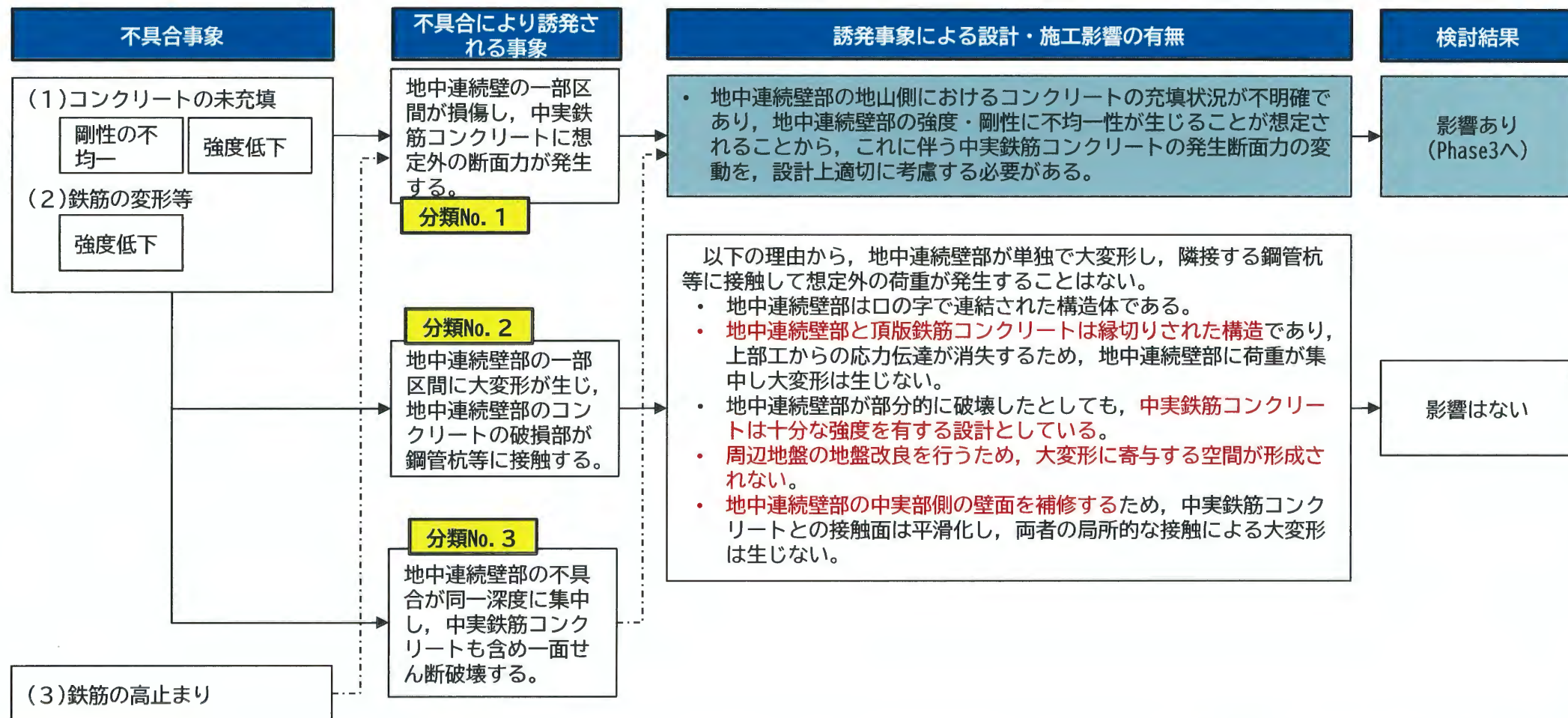


4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(3) 不具合事象による設計・施工影響の整理 (1/2)

Phase 2

Phase 1 で抽出した誘発事象を踏まえ、防潮堤の各構造部位の設計・施工への影響を検討する。



4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(3) 不具合事象による設計・施工影響の整理 (2/2)

Phase 2

Phase 1 で抽出した不具合事象を踏まえ、防潮堤の各構造部位への設計・施工影響を検討する。

不具合事象	不具合により誘発される事象	誘発事象による設計・施工影響の有無	検討結果
(4) 経年劣化 (コンクリートの中性化・塩分浸透・凍結融解作用、鉄筋の腐食)	分類No. 4 地中連続壁部の経年劣化により、隣接する中実鉄筋コンクリートへも塩分浸透等（劣化）を発生・進展させる。	中実鉄筋コンクリートは鉄筋まで十分な被りを確保していることから、地中連続壁部の経年劣化を仮定しても、中実鉄筋コンクリートに影響はない ・ コンクリートの中性化及び塩分浸透：地中構造物であるため、環境条件的に劣化の可能性は低い。 ・ 凍結融解作用：茨城県の沿岸部は凍害危険度が区分対象外である。 ・ 鉄筋の腐食：地下水位以下にあり環境条件的に劣化の可能性は低い。	影響はない
(5) 工事への干渉 (鋼管杭設置や地盤改良施工時における変形鉄筋との干渉)	分類No. 5 露出した鉄筋により地盤改良等の施工ができない、または地震時等に鋼管杭に接触する。	・ 鋼管杭と地中連続壁部との間は、30～50cm程度の離隔を確保する。 ・ 鋼管杭打設前に打設位置の置換を実施し、露出した鉄筋は撤去する。 ・ 地盤改良（セメント系）：改良範囲を掘削・置換するため、鉄筋が発見されても撤去する。 ・ 地盤改良（薬液注入）：改良範囲に鉄筋が分布していても、地盤に薬液を浸透させることから、改良の品質に支障を与えない。	影響はない

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(4) 設計対応の検討 (1/3)

Phase 3

Phase 2 で設計・施工影響があると評価した事象に対し、具体的な設計方針を立案した上で、十分な保守性を有することを確認する。

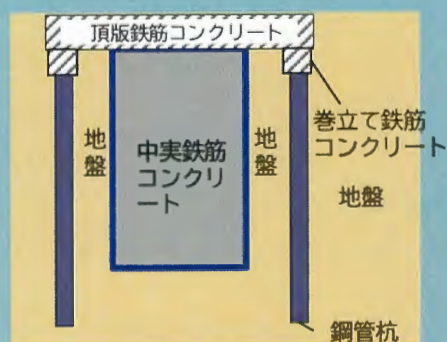
誘発事象による設計・施工影響の有無

地中連続壁部の地山側におけるコンクリートの充填状況が不明確であることから、地中連続壁部の強度・剛性に不均一性が生じることを想定して、これに伴う中実鉄筋コンクリートの発生断面力の変動を、設計上適切に考慮する必要がある。

本件を踏まえた設計方針

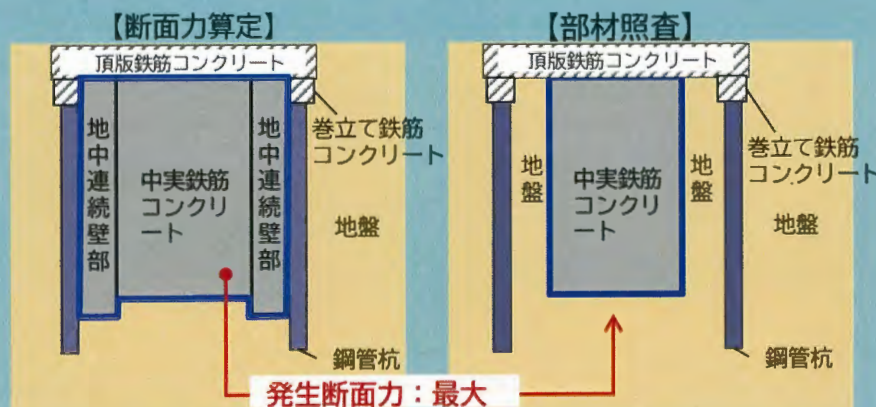
【工認設計モデル】

不具合のあった地中連続壁部を構造部材として考慮せず、強度・剛性の小さい地盤とした設計モデル



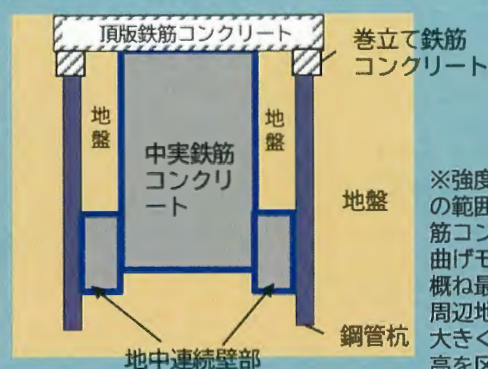
【残置影響評価モデル】

健全な地中連続壁部を仮定して最大限の発生断面力を算定し、中実鉄筋コンクリートのみで構造を成立させる保守的な設計モデル



【残置影響評価モデルのうち、局所的な応力集中を仮定したモデル】

地中連続壁部の強度・剛性の不均一性を網羅した設計となっていることを確認するためのモデル



※強度・剛性低下の範囲は、中実鉄筋コンクリートの曲げモーメントが概ね最大となり、周辺地盤の剛性が大きく変化する標高を区間境界として設定

耐津波評価は、地盤のばらつきケースを全ケースで実施（評価で用いる津波は「敷地に遡上する津波」）
耐震評価は、地盤のばらつきケース③の基準地震動Ss-D1の入力で実施

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(4) 設計対応の検討 (2/3)

残置影響評価モデルが中実鉄筋コンクリートにおける発生断面力を保守側に評価するメカニズムについて以下に示す。

- 津波時には、上部工に作用した津波荷重が頂版鉄筋コンクリートを介して鉄筋コンクリート部及び鋼管杭に分配されるが、この分配比率は、3つの基礎の剛比（剛性の比率）による。
- 残置影響評価モデルでは、「地中連続壁が健全な状態である」状態を模擬しており、鉄筋コンクリート部の剛比が最大となることから、右図に示すように発生断面力が大きく評価される。
- 一方、残置影響評価モデルでは、鋼管杭の剛比が相対的に小さくなることから、発生断面力は工認設計モデルに包絡されるものと考えられる。

発生断面力比較表（中実鉄筋コンクリート）

	工認設計モデル		残置影響評価モデル
解析モデル 図と 基礎の剛比	各基礎の剛比のイメージを大・中・小（微小）にて併記する。	残置する地中連続壁部の状態は両者の間	
発生断面力 イメージ図	鉄筋コンクリート部：小 鋼管杭：大		鉄筋コンクリート部：大 鋼管杭：小

大 不具合の範囲 小
残置する地中連続壁部の状態は両者の間

(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

4-1. 地中連続壁部の残置影響評価方針

(4) 設計対応の検討 (3/3)

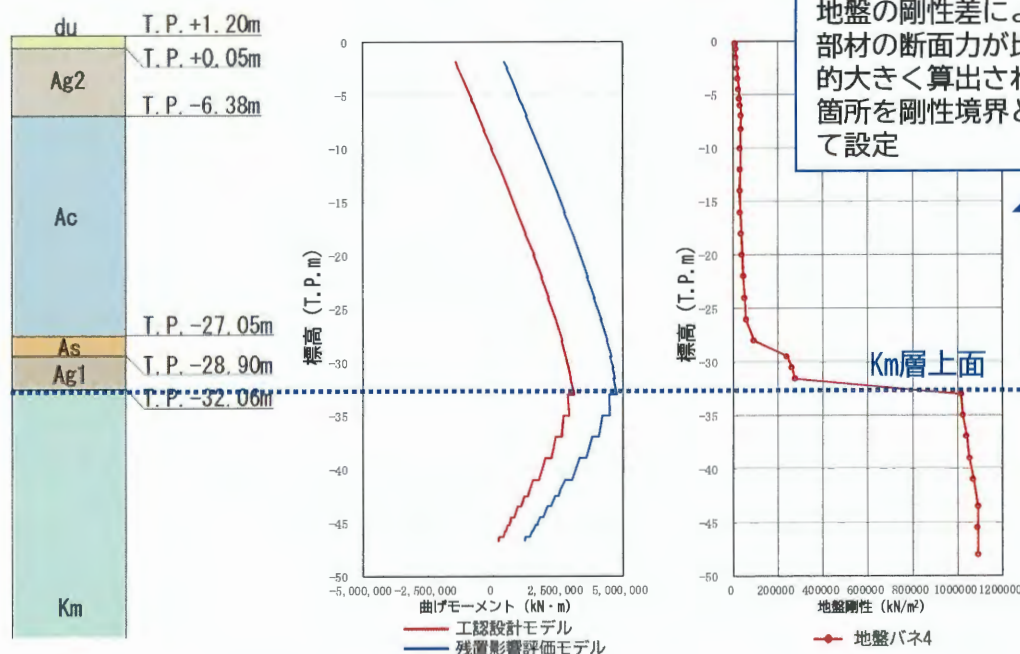
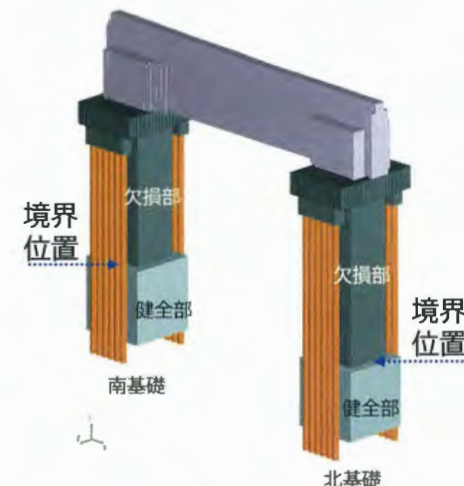
【局所的な応力集中が起こる事象の仮定について】

防潮堤（鋼製防護壁）の残置影響評価においては、前述のとおり、地中連続壁部が耐力を発揮し荷重を負担する「地中連壁部が健全である」状態の断面力を抽出し、これを中実鉄筋コンクリートのみの断面に負担させることで、保守的な評価を実施する方針である。

一方で、本評価が地中連続壁部の強度・剛性の不均一性を網羅した評価となっていることを確認するため、一部区間の強度・剛性低下を考慮した場合（右図参照）の評価を実施する（保守的な評価として局所的な応力集中が起こる事象を仮定する）。本評価にて設定する剛性境界の考え方は以下のとおりである。

なお、本評価は中実鉄筋コンクリートの残置影響評価において最も厳しい結果となる耐津波評価の地盤バネ4のケースに対して実施する。

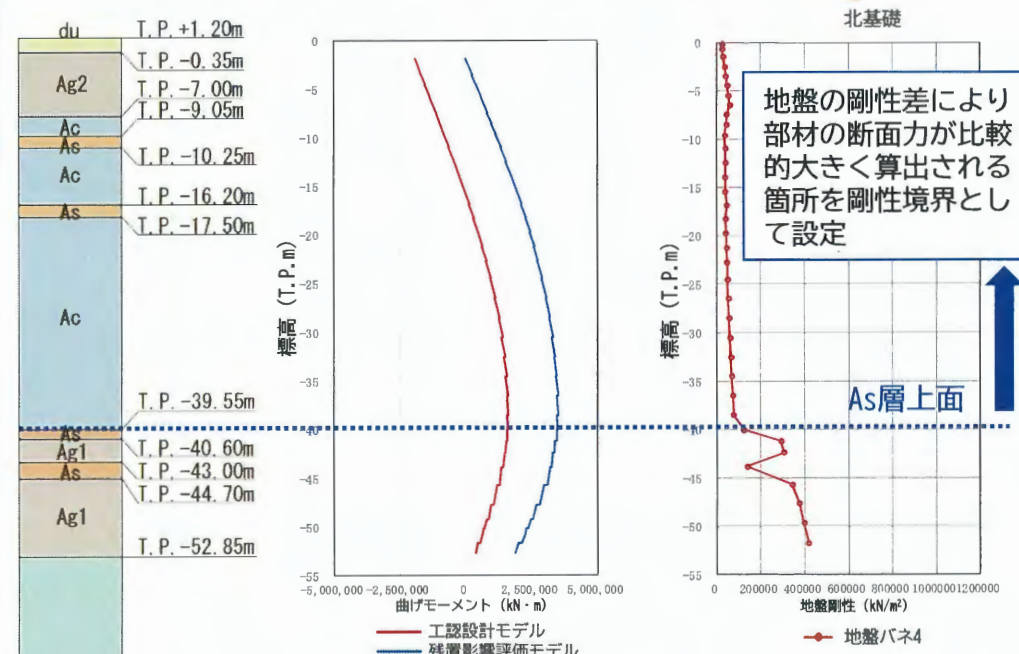
残置影響評価モデルのうち、「局所的な応力集中が起こる事象を仮定したモデル」イメージ図



中実鉄筋コンクリートの堤軸直交方向 曲げモーメント図

収束剛性分布図

南基礎（中実鉄筋コンクリート）の断面力図
（地盤バネ4）



中実鉄筋コンクリートの堤軸直交方向 曲げモーメント図

収束剛性分布図

北基礎（中実鉄筋コンクリート）の断面力図
（地盤バネ4）

4-2. 地中連続壁部の残置影響評価結果

(1) 耐津波設計に係る残置影響評価結果

- 防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波設計に係る残置影響評価結果（局所的な応力集中を仮定した欠損ケース1，2を含む）を示す。
- 下表では，防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位における最も厳しい値（最大照査値）を抽出して表記している。

①構造変更となる部位

工認設計モデル							残置影響評価モデル		局所的な応力集中の仮定※	
区分	構成部位	南北基礎	照査項目；応力度及び断面力の種類		最大照査値	地盤のばらつき	最大照査値	地盤のばらつき	最大照査値	地盤のばらつき
下部工	中実鉄筋コンクリート	南基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.56	地盤バネ4	(南) 0.90	地盤バネ4	(南) 0.69	地盤バネ4, 欠損ケース2
		南基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	0.87	地盤バネ4	(南) 0.97	地盤バネ4	(南) 0.91	地盤バネ4, 欠損ケース1
	鋼管杭	北基礎	曲げ	圧縮応力度(N/mm ²)	0.91	地盤バネ4	(北) 0.66	地盤バネ5		
		南基礎	せん断	堤軸方向せん断応力度(N/mm ²)	0.16	地盤バネ4	(南) 0.15	地盤バネ4		
	巻立て鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	Con圧縮応力度(N/mm ²)	0.78	地盤バネ2	(北) 0.57	地盤バネ5		
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	0.95	地盤バネ1	(北) 0.57	地盤バネ1		
	杭頭接合部	南基礎	仮想RC断面(RC)	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.96	地盤バネ4	(北) 0.78	地盤バネ5		
	頂版鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.92	地盤バネ5	(南) 0.58	地盤バネ5		
		南基礎	せん断	堤軸及び堤軸直交方向合成せん断力-西側(kN)	0.94	地盤バネ5	(北) 0.58	地盤バネ5		

※本評価は，残置影響評価において最大照査値となる中実部にて，地盤バネ4を対象に実施する方針とする。



欠損ケース1



欠損ケース2

②既工認から変更のない部位（上部工，接合部）

工認設計モデル							残置影響評価モデル	
区分	構成部位	南北基礎	応力度及び断面力の種類		最大照査値	地盤のばらつき	最大照査値	地盤のばらつき
接合部	アンカーボルト	南基礎	引張	堤軸直交方向引張応力度(N/mm ²)	0.61	地盤バネ5	(南) 0.59	地盤バネ5
上部工	中詰め鉄筋コンクリート	南基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	0.89	地盤バネ5	(南) 0.87	地盤バネ5
		南基礎	水平回転モーメント	水平鉄筋応力度(N/mm ²)	0.70	地盤バネ5	(南) 0.68	地盤バネ5
	鋼製防護壁	—	—	—	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済			

最大照査値のうち1.00に近接しているものを赤字で表記

- 残置影響評価では，地中連壁基礎部の断面力を負担する中実鉄筋コンクリートのみが厳しい照査値となる結果となったが，許容限界を満足していることを確認した。
- 局所的な応力集中を仮定したモデルにおいては，残置影響評価に包絡される結果となり，設計上有意な影響が無いことを確認した。

4-2. 地中連続壁部の残置影響評価結果

(2) 耐震設計に係る残置影響評価結果

- 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震設計に係る残置影響評価結果を示す。
- 下表では、防潮堤（鋼製防護壁）の各構成部位における最も厳しい値（最大照査値）を抽出して表記している。

①構造変更となる部位

最大照査値のうち1.00に近接しているものを赤字で表記

工認設計モデル							残置影響評価モデル	
区分	構成部位	南北基礎	照査項目；応力度及び断面力の種類		最大照査値	地盤のばらつき	最大照査値	地盤のばらつき
下部工	中実鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.33	ケース③	(北) 0.39	ケース③
		南基礎	せん断	堤軸方向せん断力(kN)	0.73	ケース③	(南) 0.92	ケース③
	鋼管杭	北基礎	曲げ	圧縮応力度(N/mm ²)	0.52	ケース③	(北) 0.44	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(N/mm ²)	0.05	ケース③	(北) 0.06	ケース③
	巻立て鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	Con圧縮応力度(N/mm ²)	0.14	ケース③	鉄筋引張応力度(南) 0.15	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力(kN)	0.27	ケース③	(北) 0.36	ケース③
	杭頭接合部	北基礎	巻立てRC部	鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.19	ケース③	(南) 0.27	ケース③
	頂版鉄筋コンクリート	北基礎	曲げ	堤軸直交方向鉄筋引張応力度(N/mm ²)	0.82	ケース③	(南) 0.51	ケース③
		北基礎	せん断	堤軸直交方向せん断力-東側(kN)	0.27	ケース③	(南) 0.18	ケース③

【耐震設計における“局所的な応力集中の仮定”について】

前頁の耐津波設計において“局所的な応力集中の仮定”が残置影響評価に包絡されることを確認したことから、耐震設計においても同様の結果が得られるものとする。

以上より、耐震設計における“局所的な応力集中の仮定”については、今後の設計進捗を踏まえ必要に応じて実施する方針とする。

②既工認から変更のない部位（上部工、接合部）

上部工の発生応力や接合部の発生断面力は、地震応答解析で得られる南北基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、構造成立性の確認においては南北基礎の相対変位を参照する。

断面	南北基礎の相対変位成分	最大相対変位(既工認)	最大相対変位(残置影響評価)	地盤のばらつき
堤軸方向	水平相対変位量(mm)	4.6mm	4.3mm	ケース③
	鉛直相対変位量(mm)	29.2mm	16.0mm	ケース③
堤軸直交方向	水平相対変位量(mm)	356.4mm	210.5mm	ケース③
	鉛直相対変位量(mm)	12.0mm	21.5mm	ケース③



以下の構造部位においては、左記の相対変位を根拠に、構造成立性を有していると判断した。

接合部：アンカーボルト
上部工：中詰め鉄筋コンクリート、鋼製防護壁

- 耐震設計に係る残置影響評価では、地中連壁基礎部の断面力を負担する中実鉄筋コンクリートに加え、鋼管杭等についても一部工認設計モデルを上回る照査値を確認した。
- ただし、照査値が厳しい値となるのは中実鉄筋コンクリートの堤軸方向における照査値(0.92)のみであった。

4-2. 地中連続壁部の残置影響評価結果

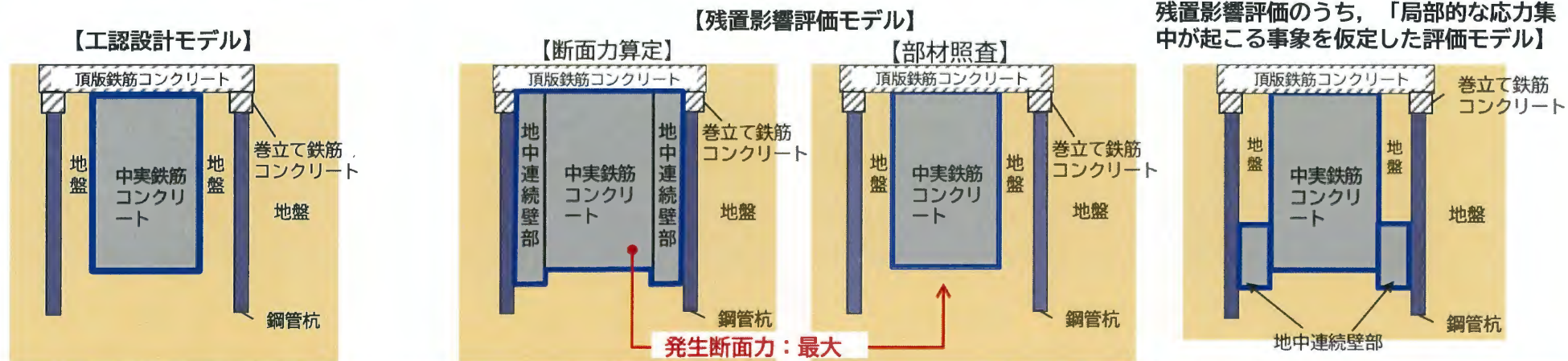
(3) 残置影響評価結果のまとめ

【評価内容】

- 地中連続壁部の残置による影響を評価するため、健全な地中連続壁部を仮定して最大限の発生断面力を算定する保守的な「残置影響評価モデル」により、地震や津波時に地中連続壁部が損傷したと仮定しても、中実鉄筋コンクリートのみで構造が成立することを確認する。
- また、「工認設計モデル」及び「残置影響評価モデル」の地中連続壁部の状態を両極端に仮定した2つの評価が、地中連続壁部の強度・剛性の不均一性を網羅した評価となっていることを確認するため、一部区間の強度・剛性低下を想定した評価も行った。

【評価結果】

- 「残置影響評価モデル」による評価の結果、中実鉄筋コンクリート及び地中連続壁部に発生する保守的な断面力が、中実鉄筋コンクリートのみの小さい断面で受け持たせる設計としても、主鉄筋等を増強することで構造が成立する見通しを得た（この配筋に基づき施工する）。
- 残置影響評価のうち「局所的な応力集中が起こる事象を仮定した評価モデル」では、中実鉄筋コンクリートの照査値は残置影響評価モデルを上回ることではなく、構造が成立する見通しを得た。
- 以上のことから、地中連続壁部を残置した状況においても、構造変更後の防潮堤は十分な安全性を確保した設計により構造が成立する見通しを得た。



5. 今後の予定

STEP 3で代表的な応力により構造成立性を確認したため、今後、STEP 4では全ケースでの耐震・強度計算書について確認を行うとともに、地盤改良体が周辺施設に与える影響の検討結果や地盤改良体の品質管理方法等について説明する。

審査会合（第1309回）

審査会合（第1329回）

今回の審査会合

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

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