

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7月22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. これまでの審査会合コメントと回答状況	3
2. 今回の説明内容	5
3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要（前回説明からの変更点）	7
4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価	
(1) 構造成立性評価に係る審査会合コメント	14
(2) 耐震・耐津波設計の評価内容	
a. 耐津波設計の評価条件	15
b. 耐震設計の評価条件	25
c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性	37
(3) 耐津波設計の評価結果	43
(4) 耐震設計の評価結果	54
(5) 評価結果のまとめ	63
5. 地中連続壁部の残置影響評価	
(1) 地中連続壁部の残置影響評価に係る審査会合コメント	65
(2) 地中連続壁部の残置影響評価に係る検討フロー	66
(3) 地中連続壁部の不具合事象の整理	67
(4) 不具合事象による設計・施工影響の整理	68
(5) 設計対応の検討	70
(6) 耐津波設計の評価結果	74
(7) 耐震設計の評価結果	84
(8) 評価結果のまとめ	89
6. 今後の予定	90
7. 参考資料	92

---

# 1. これまでの審査会合コメントと回答状況

# 1. これまでの審査会合コメントと回答状況

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)

---

## 2. 今回の説明内容

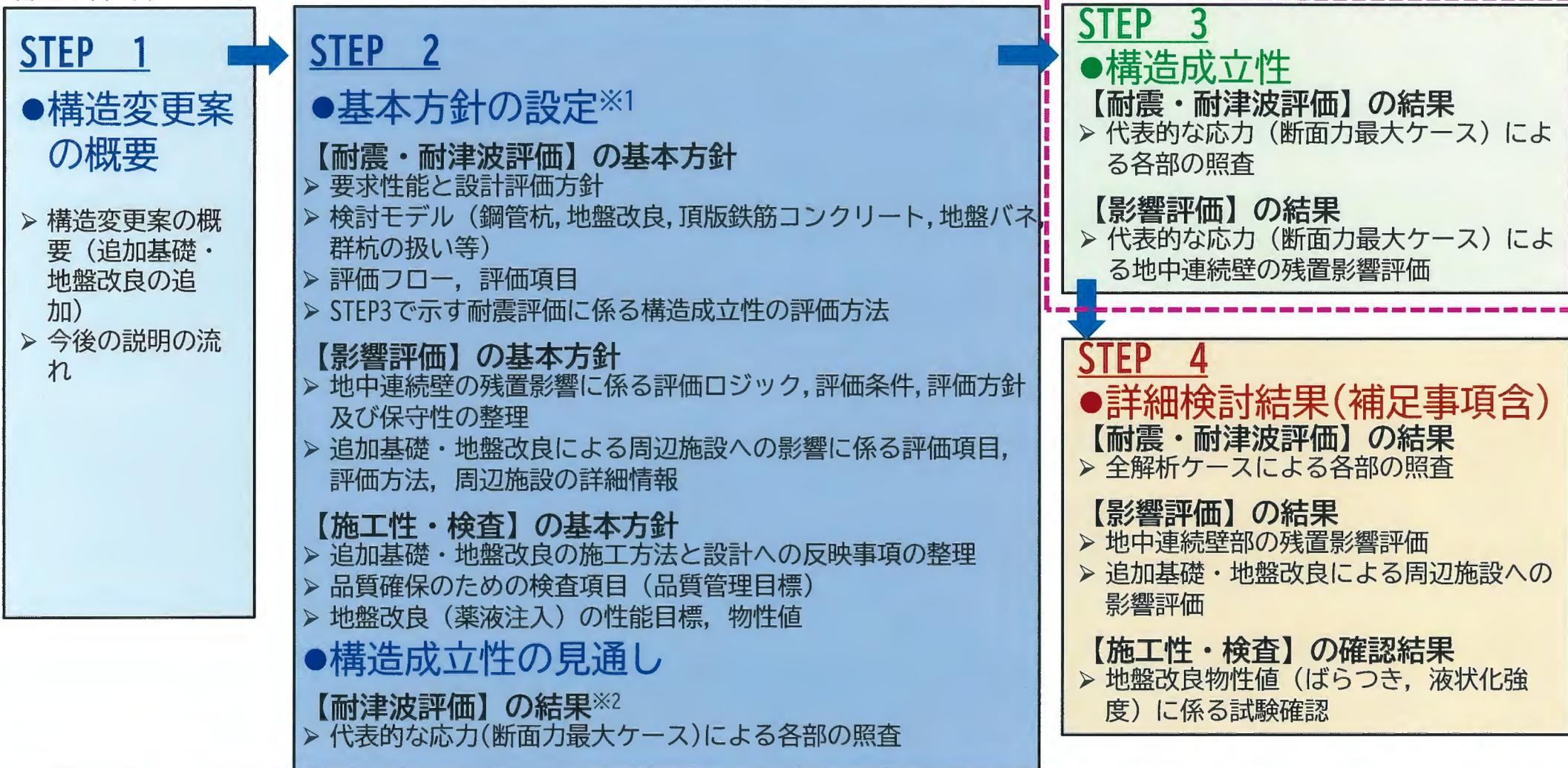
## 2. 今回の説明内容

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



---

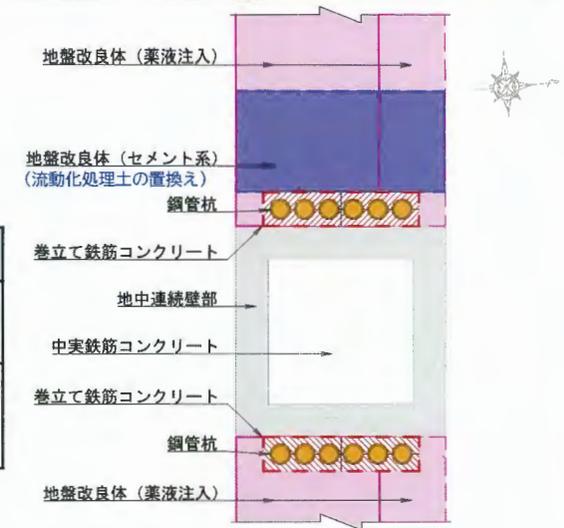
### 3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要 （前回説明からの変更点）

### 3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

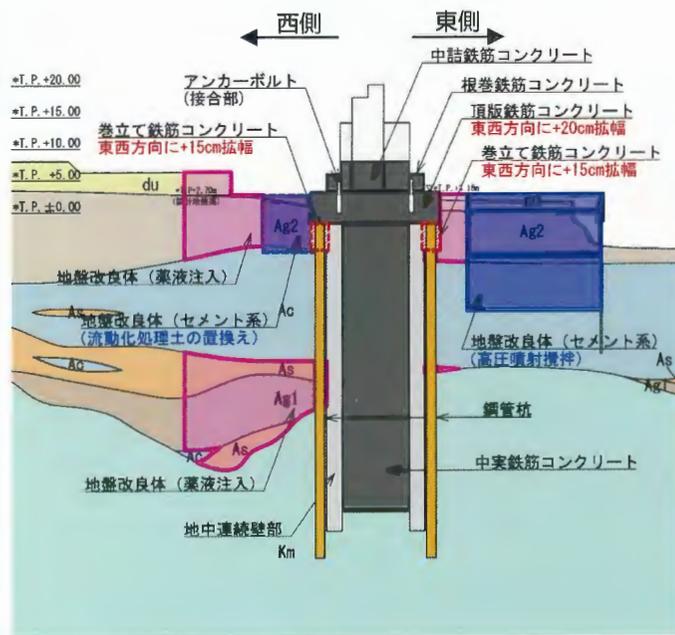
#### (1) 構造概要（変更点）

代表的な応力（断面力最大ケース）を用いた構造成立性評価結果を踏まえ、審査会合（第1329回）で説明した構造形状から以下の点について変更を行った。

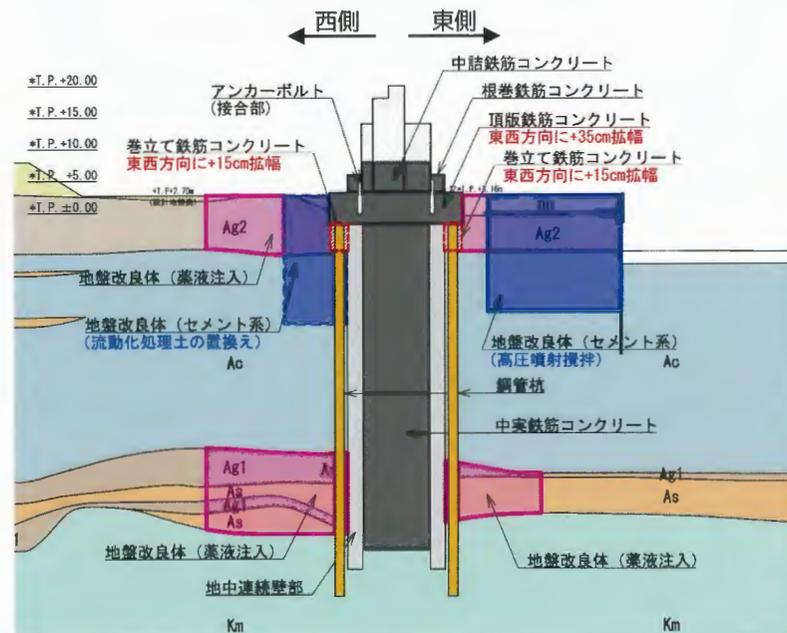
形状の変更箇所	変更点	目的
巻立て鉄筋コンクリート拡幅	東西方向に+15cmずつ拡幅（南・北基礎）	曲げ圧縮力への対策
頂版鉄筋コンクリート拡幅	東西方向に+35cmずつ拡幅（北基礎） 東西方向に+20cmずつ拡幅（南基礎）	巻立て鉄筋コンクリートから連続する鉛直鉄筋との干渉対策



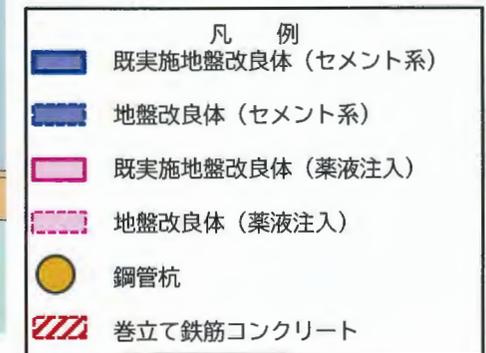
北基礎平面拡大図  
(追加基礎+改良地盤)



南基礎断面図

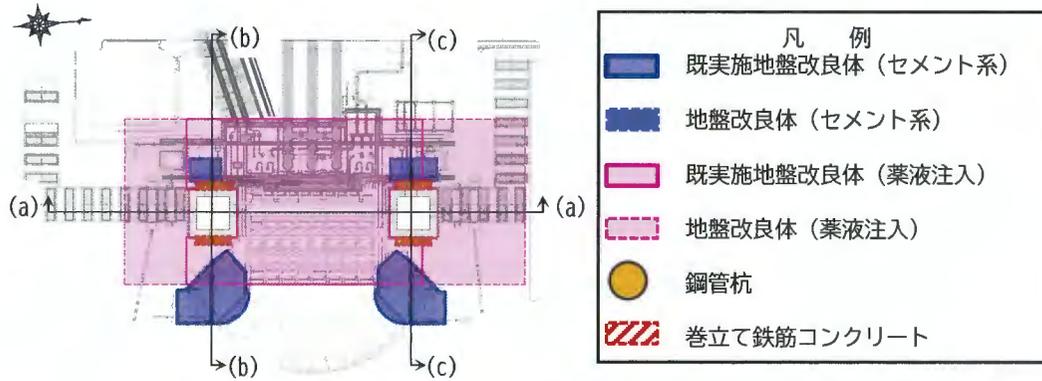


北基礎断面図

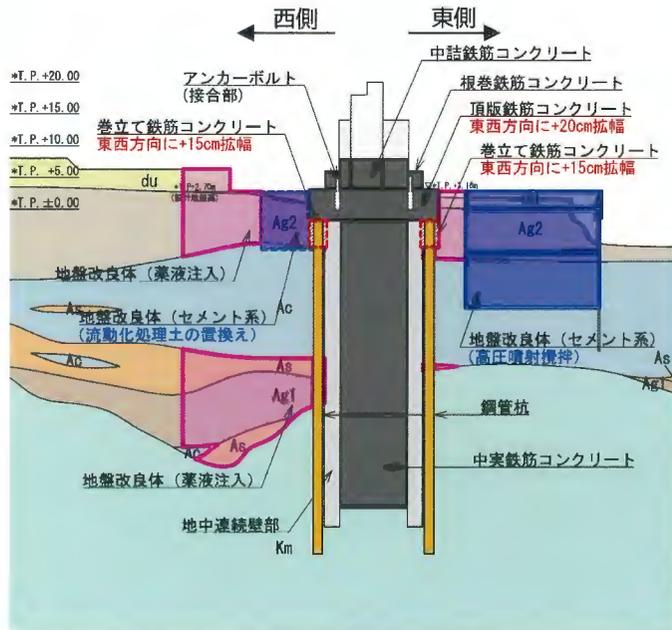


# 3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

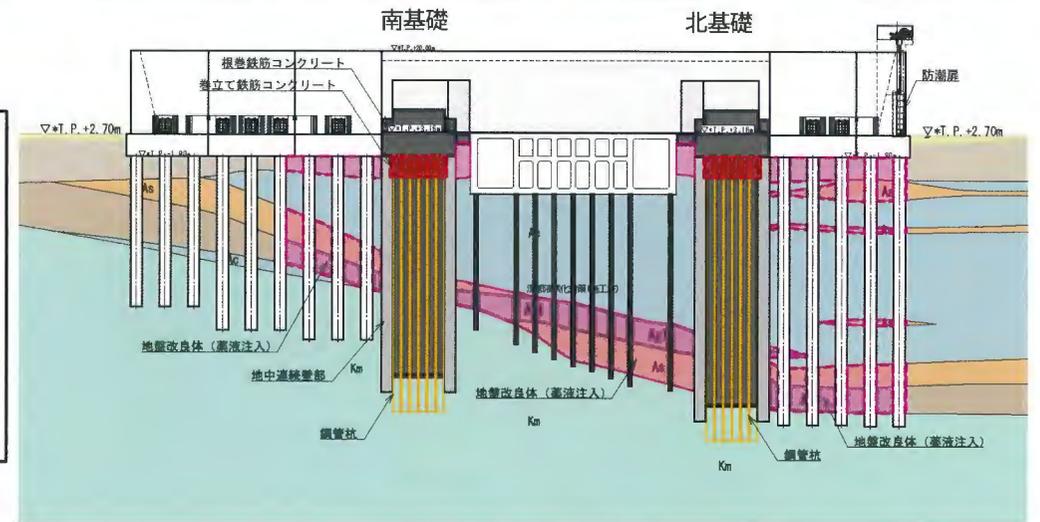
## (2) 構造概要図



断面位置図

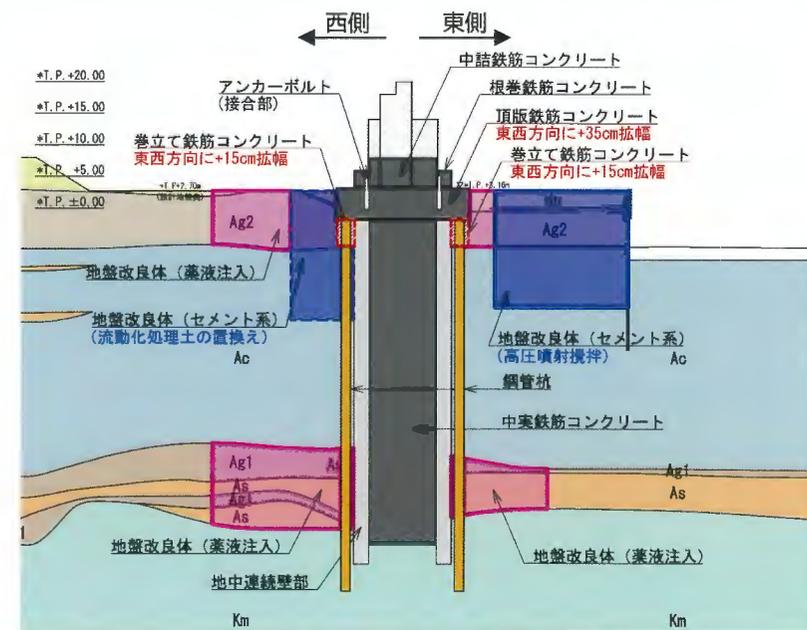


(b)-(b)断面図



(a)-(a)断面図

(鋼管杭は「投影」して記載。)



(c)-(c)断面図

### 3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

#### (3) 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 : $f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ , 鉄筋 : SD345, SD390, SD490	
	根巻鉄筋コンクリート	コンクリート : $f'_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$ , 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
止水ジョイント部②	止水ジョイントの鋼製防護部材	扉体, 扉部ヒンジ, ワイヤ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 : $f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 鉄筋 : SD345, SD390, SD490, <u>SD685</u>	
	中実鉄筋コンクリート	コンクリート : $f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ , 鉄筋 : SD345, SD390, SD490	
	鋼管杭	鋼管杭 $\phi 1500 \text{ mm}$ ( <u>SBHS500</u> ), $t = 50 \text{ mm}$	
	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 : SD345, SD390, <u>SD685</u>	
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	

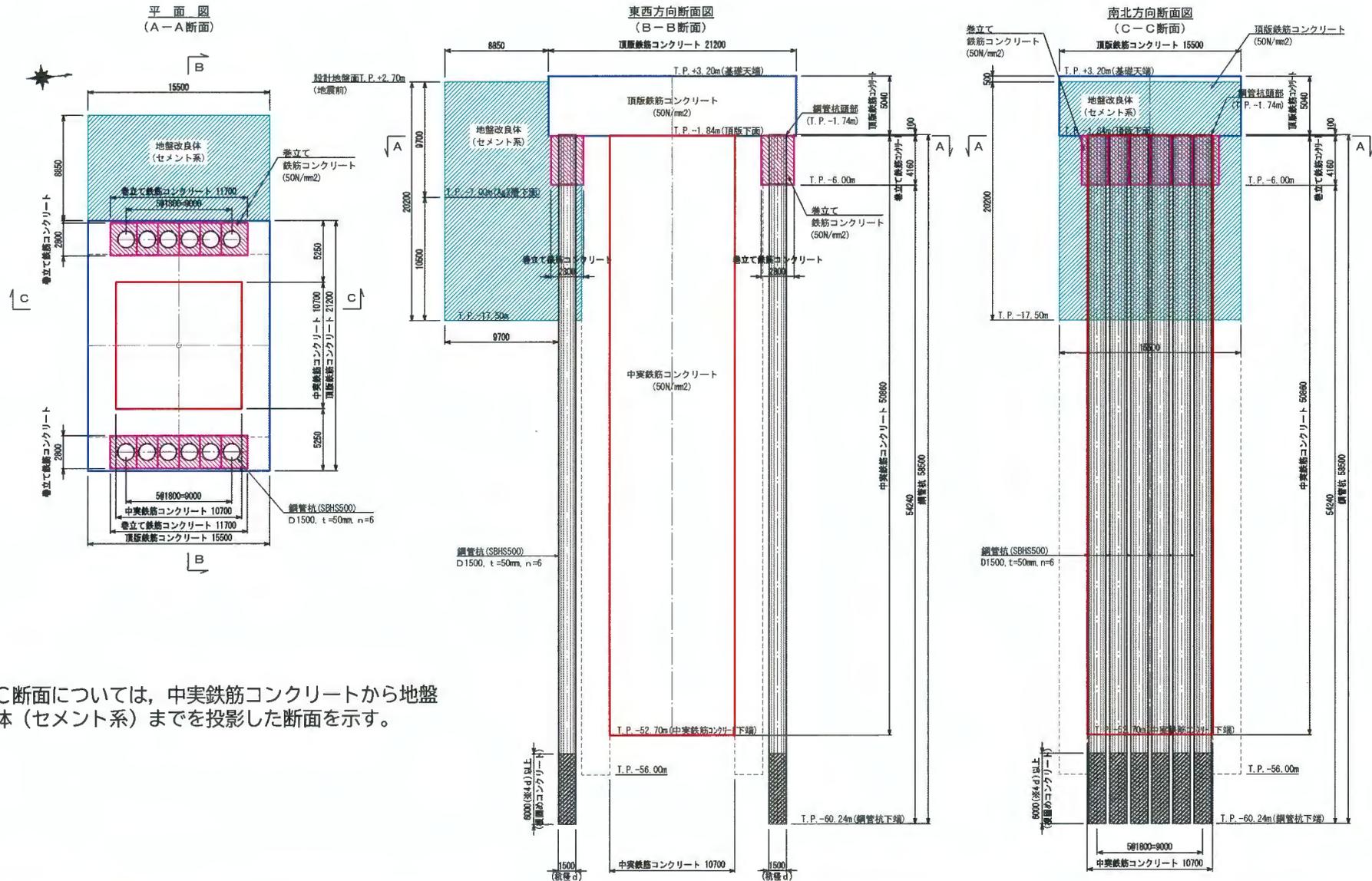
注記1) 青字は、既工認から変更した材料仕様

注記2) 下線は、審査会合 (第1329回) から変更した材料仕様



### 3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

#### (5) 北基礎の構造詳細図



※C-C断面については、中実鉄筋コンクリートから地盤改良体（セメント系）までを投影した断面を示す。

---

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### (1) 構造成立性評価に係る審査会合コメント

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。

### 回答概要

No	回答概要
②, ④, ⑥, ⑩	<p>STEP 2 で説明した耐震・耐津波に係る基本設計方針に基づき各構造部位の照査を実施した。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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、構造成立性があることを確認した。</p> <p>なお、設計条件となる地盤改良体の解析用物性値については、地盤改良体の原位置試験または室内試験等の結果との比較により、その妥当性を確認した。</p>

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲  
（変更点：表から既工認の記載列を削除）

## (2) 耐震・耐津波設計の評価内容

### a. 耐津波設計の評価条件

#### ① 耐津波設計の評価条件一覧表

耐津波設計の評価条件（1 / 3）

項目	内容	評価条件	備考		
耐津波解析	計算機プログラム（解析コード）	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	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			
	構造物のモデル化	モデル	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、線形梁要素※1としてモデル化 増設する下部構造（鋼管杭、巻立て鉄筋コンクリート）も、線形梁要素としてモデル化 また、鋼管杭の増設に伴い頂版鉄筋コンクリートを拡張し平板要素としてモデル化	※1 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：50 N/mm <sup>2</sup> ※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  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	※2 施工時に圧縮強度試験を行い、強度を確認する	
		モデル	中実鉄筋コンクリート周囲の地盤バネについては、非線形地盤バネ要素を採用※3 鋼管杭周囲の地盤バネについても非線形地盤バネ要素を採用するが、加えて群杭効果を考慮		
	地盤のモデル化	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。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤バネ1：初期せん断剛性、ピーク強度</li> <li>・ 地盤バネ2：静弾性係数、残留強度（平均-1σ）</li> <li>・ 地盤バネ3：地表面最大加速度ケース</li> <li>・ 地盤バネ4：地表面最大変位ケース</li> <li>・ 地盤バネ5：最大せん断ひずみケース</li> </ul>	津波時 重畳時	※3 地中連続壁部は非液状化地盤としてモデル化
		非線形特性	地盤反力上限値を考慮したバイリニア型		
		改良地盤	新たに計画した改良地盤（セメント系及び薬液注入）を考慮して地盤バネを設定		

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲  
（変更点：表から既工認の記載列を削除）

### a. 耐津波設計の評価条件

#### ① 耐津波設計の評価条件一覧表

耐津波設計の評価条件（2/3）

項目	内容	評価条件	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		
	荷重の設定	固定荷重	躯体自重	
		積載荷重	機器配管自重（スクリーン室クレーン）	
		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	
		衝突荷重	0.69 tの車両の漂流物荷重	
		積雪荷重	30 cmの積雪を考慮（地上部）	
		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。	
		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	
	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）	
		入力地震動	弾性設計用地震動 $S_d - D1$	
地盤物性のばらつき		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。	

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲（変更点：表から既工認の記載列を削除，材料変更）

### a. 耐津波設計の評価条件

#### ① 耐津波設計の評価条件一覧表

耐津波設計の評価条件（3/3）

項目	内容	評価条件	備考
評価	要求性能	設計基準対象施設 <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造強度（各構造部材/基礎地盤）</li> <li>・支持性能（各構造部材）</li> <li>・止水性（各構造部材/基礎地盤/止水ジョイント）</li> </ul>	
	材料物性	<ul style="list-style-type: none"> <li>■鉄筋コンクリート※5 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</li> <li>・コンクリート：設計基準 50 N/mm<sup>2</sup></li> <li>・鉄筋：SD345，SD390，SD490，SD685</li> <li>■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</li> <li>・鋼材：SM490Y，SM570，SBHS500，SBHS700</li> <li>・アンカーボルト：SM520相当</li> <li>■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</li> <li>・鋼管杭：SBHS500</li> </ul>	※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	<ul style="list-style-type: none"> <li>■構造強度</li> <li>・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度</li> <li>・基礎地盤：津波時，または重畳時／極限支持力度</li> <li>■支持性能</li> <li>・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度</li> <li>■止水性</li> <li>・各構造部材：津波時，または重畳時／短期許容応力度</li> <li>・基礎地盤：津波時，または重畳時／極限支持力度</li> <li>・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</li> </ul>	
その他	改良地盤の評価	改良地盤（セメント系）：すべり安全率1.2以上	道路橋示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編）及び耐津波設計に係る工認審査ガイド

青字は，審査会合（第1329回）から追加・変更した材料仕様

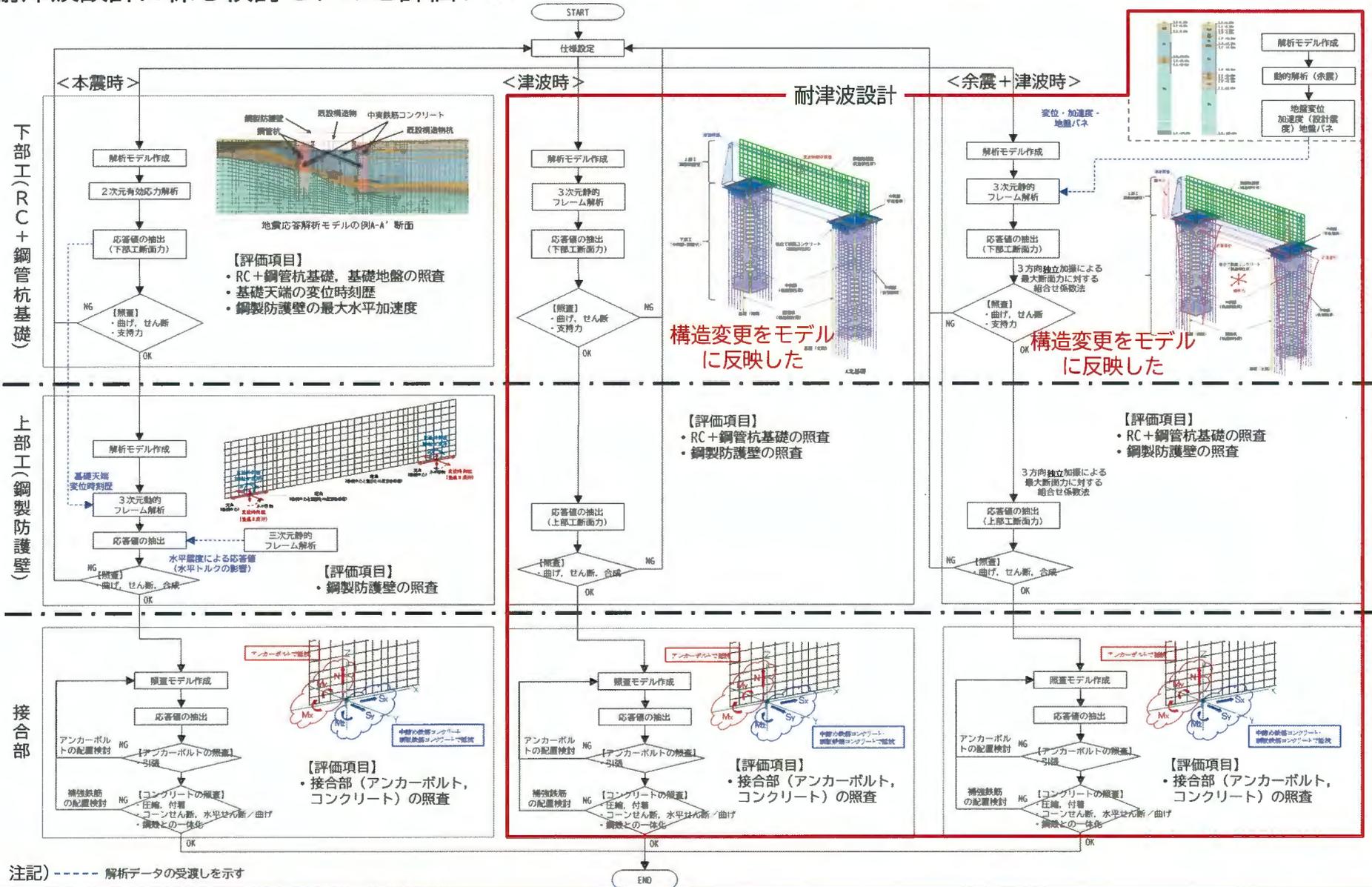
# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から再掲

## a. 耐津波設計の評価条件

### 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。



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：記載の適正化）

## a. 耐津波設計の評価条件

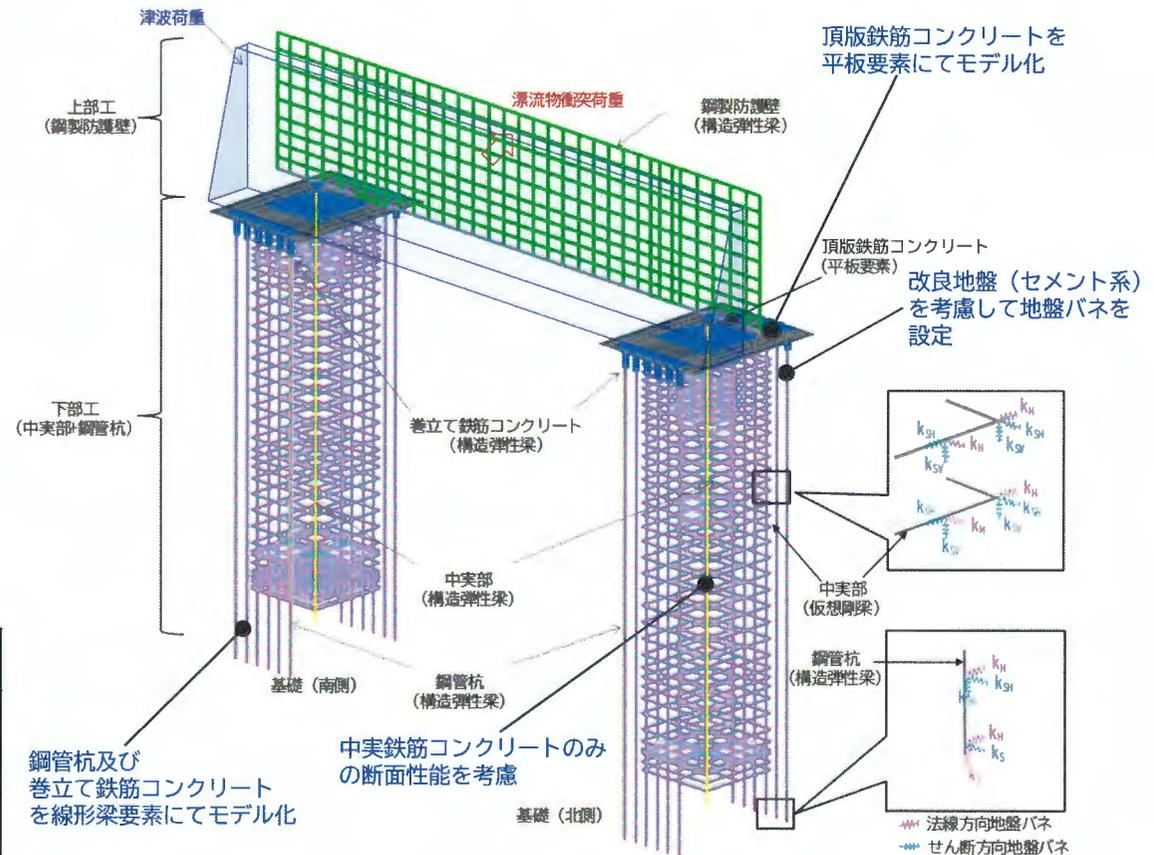
### ③ 耐津波設計モデルの概要（津波時）

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中実鉄筋コンクリートと鋼管杭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（鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリートの各剛性を足し合わせた一本の構造弾性梁）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、部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。

地盤バネの設定

ケース名	地盤バネ定数	上限値
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
地盤バネ2	静弾性係数から設定	残留強度（平均-1σ）から設定



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：記載の適正化）

## a. 耐津波設計の評価条件

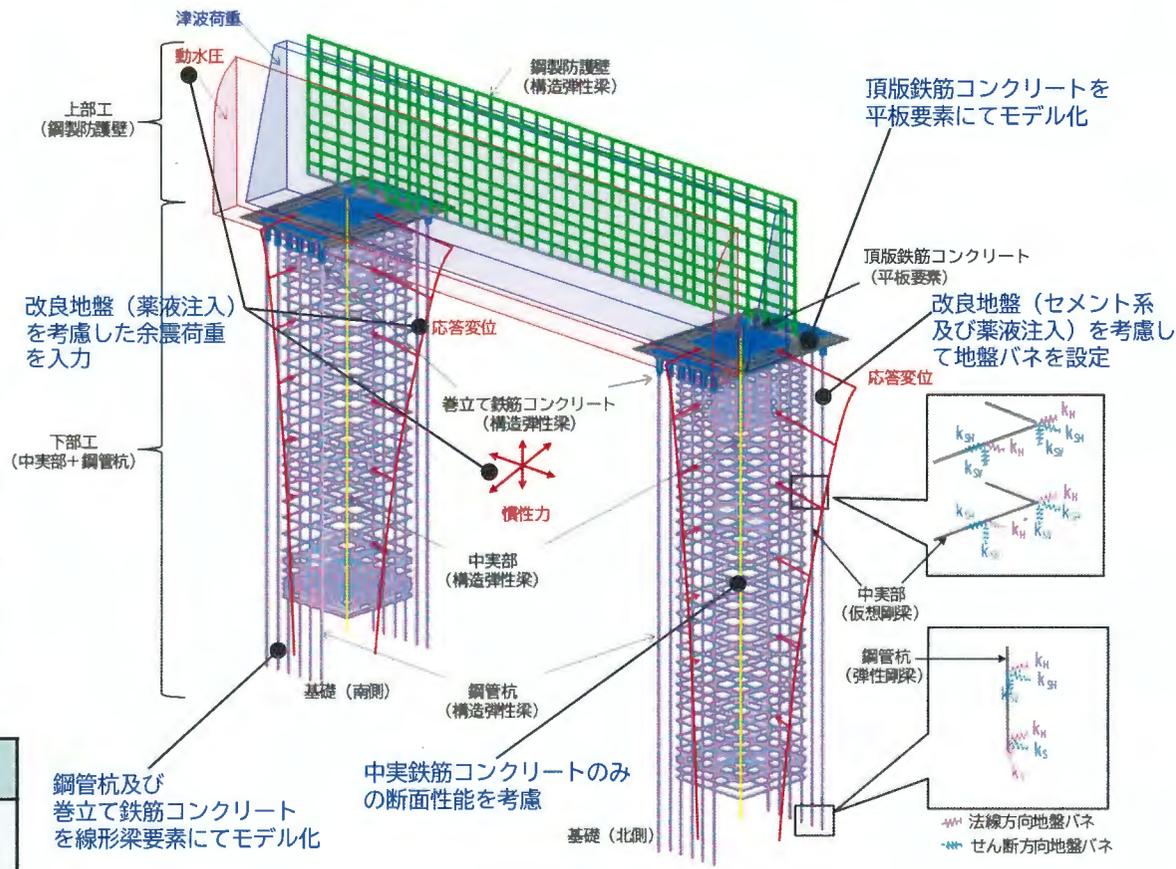
### ③ 耐津波設計モデルの概要（津波時+余震重畳時）

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中実鉄筋コンクリートと鋼管杭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（鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリートの各剛性を足し合わせた一本の構造弾性梁）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、部位ごとに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。
- ・ 余震による水平及び鉛直慣性力（設計震度）は、南北基礎それぞれの地盤条件における一次元地盤応答解析結果から、最大の地表面応答加速度により設定する。

地盤バネの設定

ケース名	地盤バネ定数	上限値
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



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

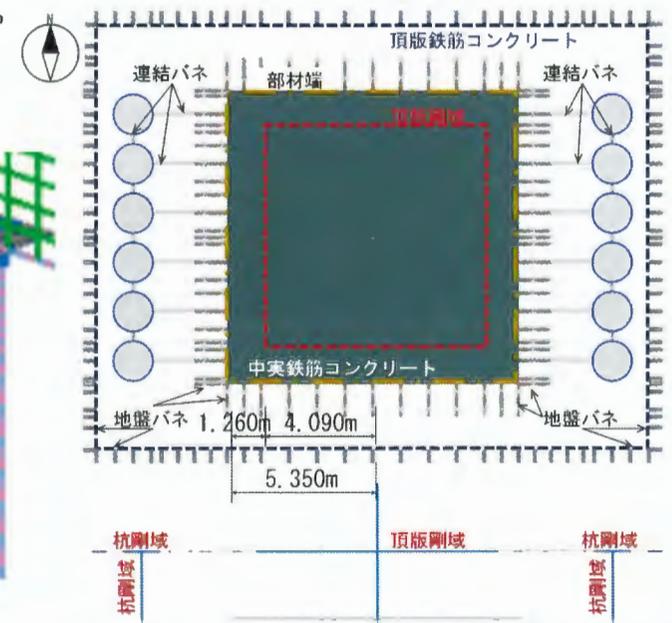
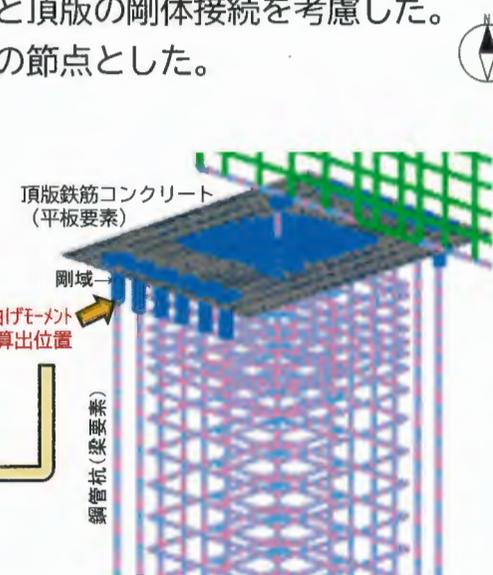
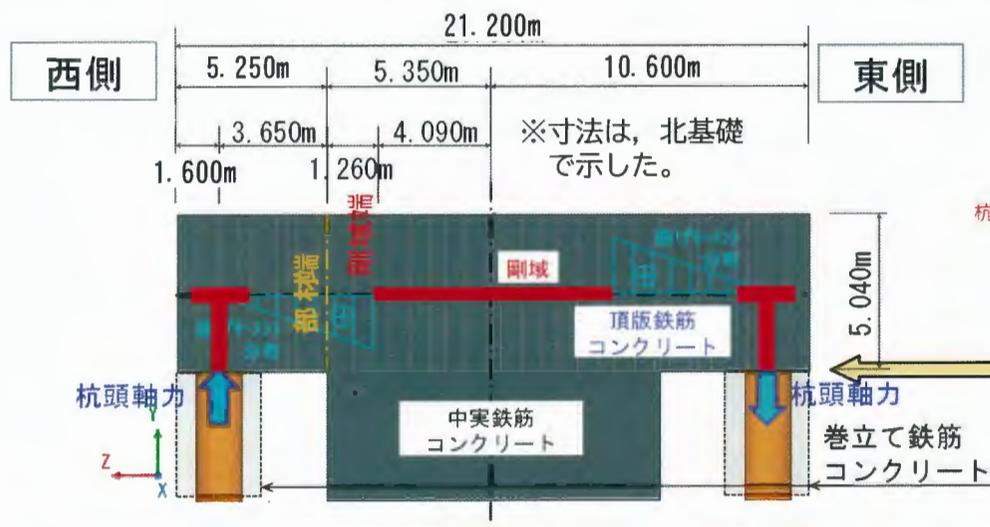
審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：断面図の変更）

## a. 耐津波設計の評価条件

### 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。
- 曲げ軸力ならびにせん断照査位置は、頂版鉄筋コンクリートの剛域端とした。
- 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。
- 杭頭結合部の曲げモーメントの算出位置は、鋼管杭の杭頭の節点とした。



## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

### a. 耐津波設計の評価条件

#### 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。

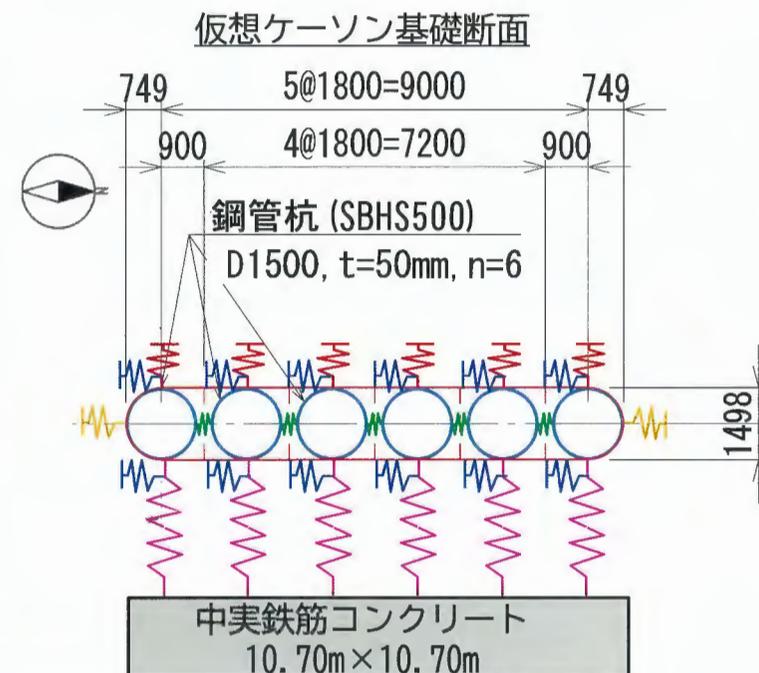
鋼管杭は、鉄筋コンクリート基礎の東西面に各6本を杭中心間隔（L）1.800mで配置する。

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 $\mu=0.74$ を乗じる。

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

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。杭間の連結バネは、面直方向のみ有効とし、杭列方向の相互作用バネとして考慮する。



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	1.198 (鋼管杭外径×0.8)	

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

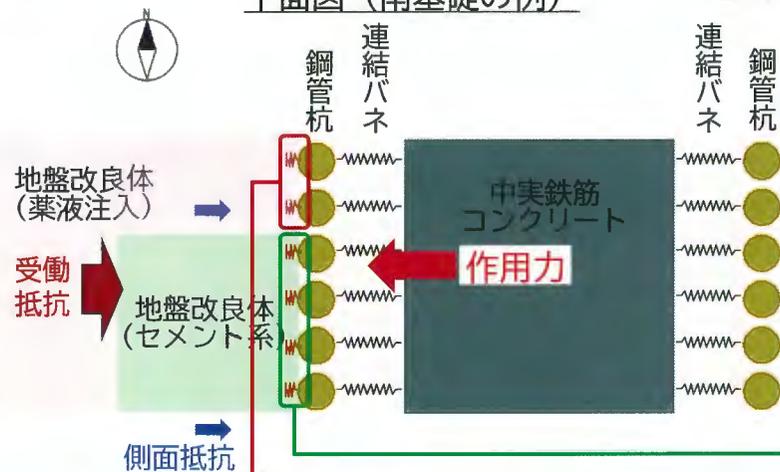
## a. 耐津波設計の評価条件

### ⑥ 地盤改良体を考慮した地盤バネの設定について

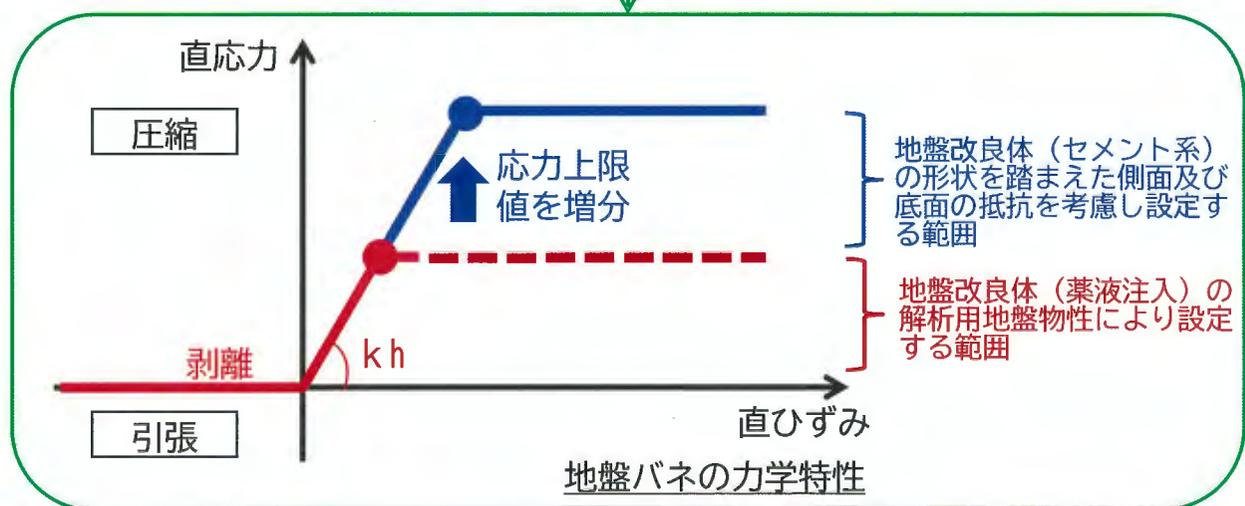
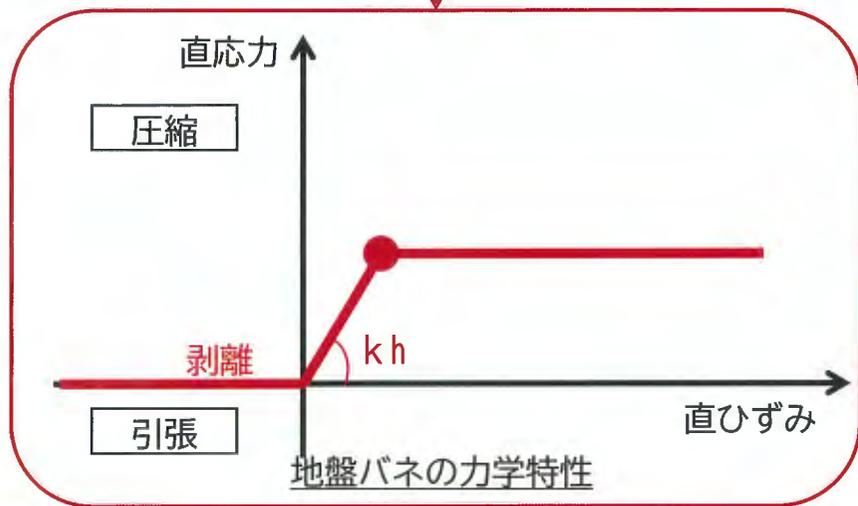
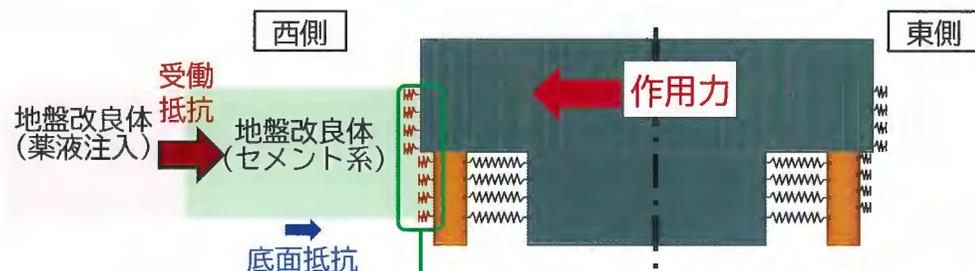
- ・ 南・北基礎の西側の浅部に地盤改良体（セメント系）を設置する。
- ・ 地盤改良体（セメント系）と鋼管杭間のバネの設定において、地盤改良体（セメント系）の剛性による地盤反力係数  $k_h$  の増大は見込まずに、地盤バネの地盤反力度の上限値の増分として加算する\*。

\*地盤改良体（セメント系）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

平面図（南基礎の例）



断面図



## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### a. 耐津波設計の評価条件

#### ⑦ 構造成立性評価に係る解析ケース

- ・ 既工認の耐津波評価結果においては、主要構造部位に対し最も厳しい評価となる地盤のばらつきケースが地盤バネ5であり、その評価で用いた津波は「敷地に遡上する津波」であった。
- ・ 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 $\sigma$ )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	

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲  
（変更点：表から既工認の記載列を削除）

## b. 耐震設計の評価条件

### ① 耐震設計の評価条件一覧表

耐震設計の評価条件（1/3）

項目	内容	評価条件	備考	
（下部構造評価用） 地震応答解析①	入力地震動の算定法	水平・鉛直	基準地震動 $S_g$ を用いて、一次元波動論により算定	
	計算機プログラム（解析コード）		FLIP Ver. 7.3.0_2	
	地震応答解析手法		二次元動的有効応力解析	
	構造物のモデル化	モデル	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、線形梁要素 <sup>※1</sup> としてモデル化 増設する下部構造（鋼管杭、巻立て鉄筋コンクリート）も、線形梁要素としてモデル化 また、鋼管杭の増設に伴い頂版鉄筋コンクリートを拡張し線形梁要素（水平）としてモデル化	※1 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：50 N/mm <sup>2</sup> <sup>※2</sup>  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  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	※2 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 % 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） <sup>※3</sup>	
		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。	※3 地中連続壁部はマルチスプリング要素にて非液化化地盤としてモデル化
		非線形特性	双曲線モデル（H-Dモデル）	
		改良地盤	新たに計画した改良地盤（セメント系及び薬液注入）をモデル化併せて、周辺地盤に施工された既設の改良地盤を考慮	
地下水位設定	地表面			

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲  
（変更点：表から既工認の記載列を削除）

## b. 耐震設計の評価条件

### ① 耐震設計の評価条件一覧表

耐震設計の評価条件（2/3）

項目	内容	評価条件	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 <sub>s</sub> : 地震荷重, P <sub>s</sub> : 積雪荷重 P <sub>k</sub> : 風荷重		
	荷重の設定	固定荷重	躯体自重	
		積載荷重	機器配管自重（スクリーン室クレーン）	
		地震荷重	基準地震動 S <sub>s</sub> による荷重	
		積雪荷重	30 cmの積雪を考慮（地上部）	
	風荷重	風速30 m/sの風圧力を考慮（地上部）		
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			
（上部・接合部構造評価用） 地震応答解析②	入力地震動の算定法	水平・鉛直	地震応答解析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※4	※4 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	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））	
	構造物のモデル化	モデル		
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	
	減衰定数		鋼材：3 %	

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲（変更点：表から既工認の記載列を削除，材料変更）

## b. 耐震設計の評価条件

### ① 耐震設計の評価条件一覧表

耐震設計の評価条件（3／3）

項目	内容	評価条件	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）	
	材料物性	<p>■鉄筋コンクリート※5 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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート：設計基準 50 N/mm<sup>2</sup></li> <li>・鉄筋：SD345, SD390, SD490, SD685</li> </ul> <p>■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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼材：SM490Y, SM570, SBHS500, SBHS700</li> <li>・アンカーボルト：SM520相当</li> </ul> <p>■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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭：SBHS500</li> </ul>	※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	<p>■構造強度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各構造部材：S s / 短期許容応力度</li> <li>・基礎地盤：S s / 極限支持力度</li> </ul> <p>■支持性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各構造部材：S s / 短期許容応力度</li> </ul> <p>■止水性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各構造部材：S s / 短期許容応力度</li> <li>・基礎地盤：S s / 極限支持力度</li> <li>・止水ジョイント：S s / 有意な漏洩が生じない変形量</li> </ul>	
その他	改良地盤の評価	改良地盤（セメント系）：すべり安全率1.2以上	道路橋示方書・同解説(1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

青字は，審査会合（第1329回）から追加・変更した材料仕様

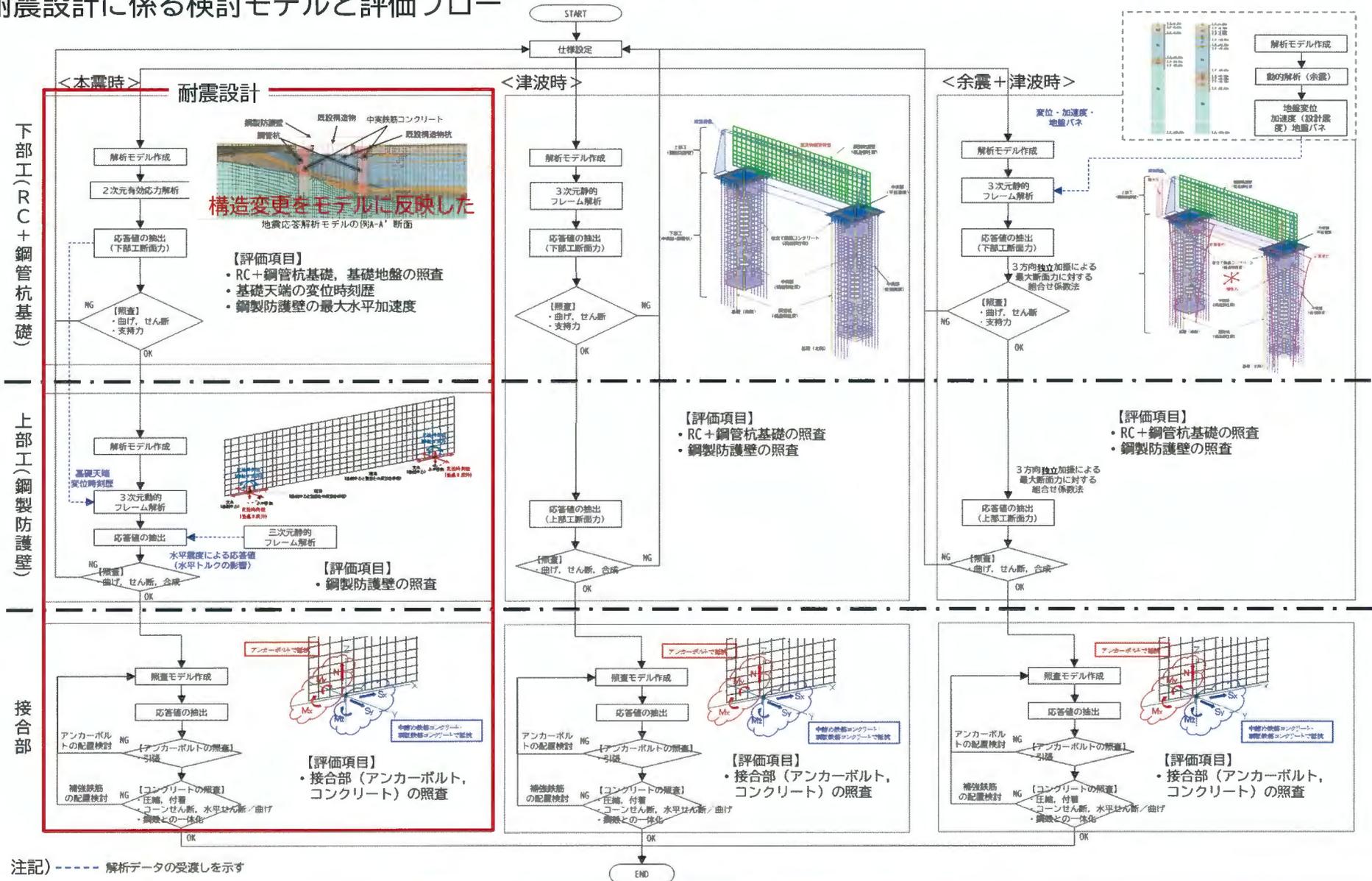
# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から再掲

## b. 耐震設計の評価条件

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。

### ② 耐震設計に係る検討モデルと評価フロー



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料①から一部変更して再掲（変更点：平面図・FEMモデル図の変更）

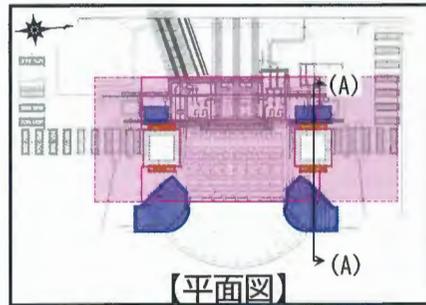
## b. 耐震設計の評価条件

### ③ 耐震設計モデルの概要

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

#### ■ 下部工のモデル概要

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



中実鉄筋コンクリートのみ  
の断面性能を考慮  
改良地盤（セメント系）

頂版鉄筋コンクリートを  
線形梁要素（水平）にてモデル化

既実施改良地盤（薬液注入）

既実施改良地盤（セメント系）

既実施改良地盤  
（薬液注入）

鋼管杭を  
線形梁要素（鉛直）  
にてモデル化

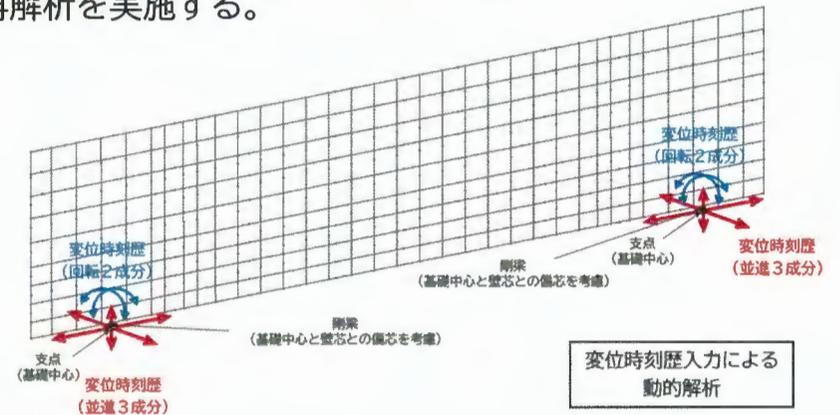
地中連続壁部は  
モデル化しない

【解析モデル図】  
（(A)-(A)断面）

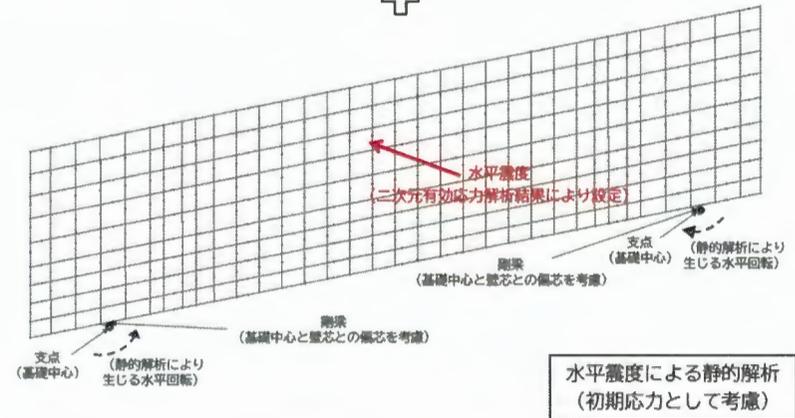
#### ■ 上部工のモデル概要

解析モデルは既工認と同様とする。

下部工の構造変更を踏まえた変位時刻歴及び水平震度を入力して再解析を実施する。



+

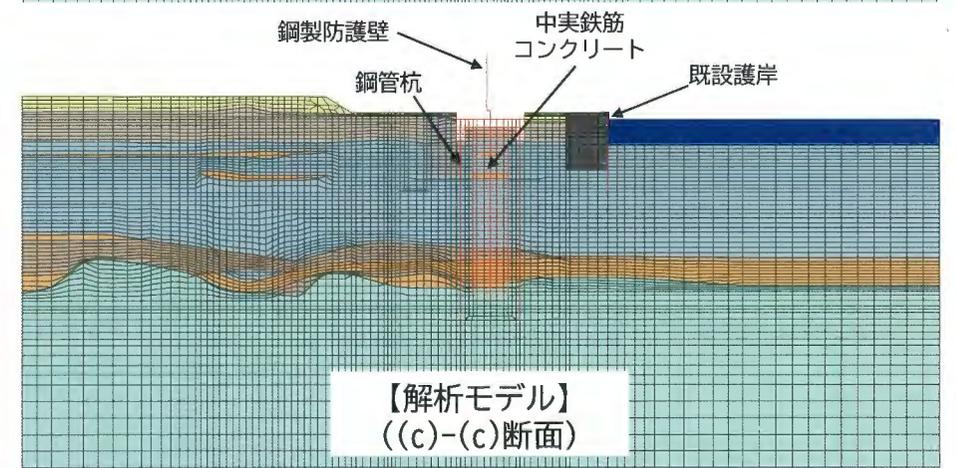
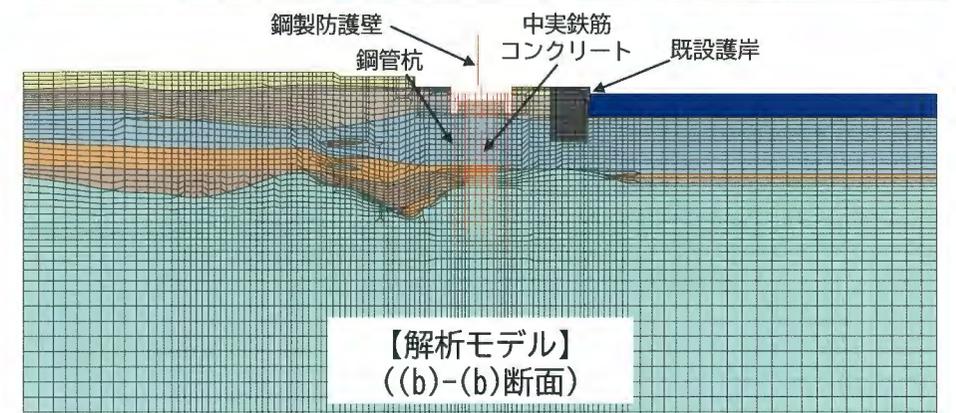
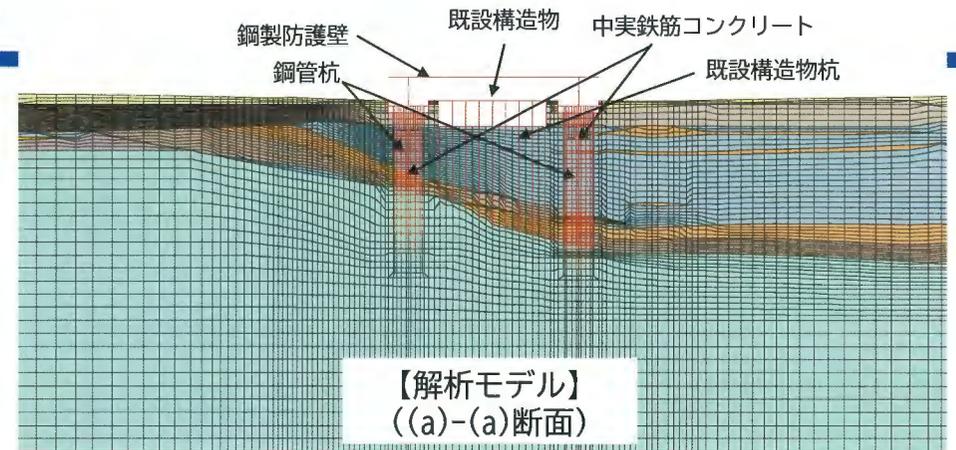
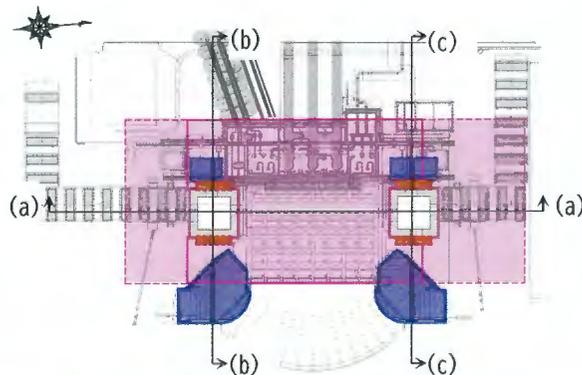


# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## b. 耐震設計の評価条件

### ④ 地盤のモデル化

- 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。



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

## b. 耐震設計の評価条件

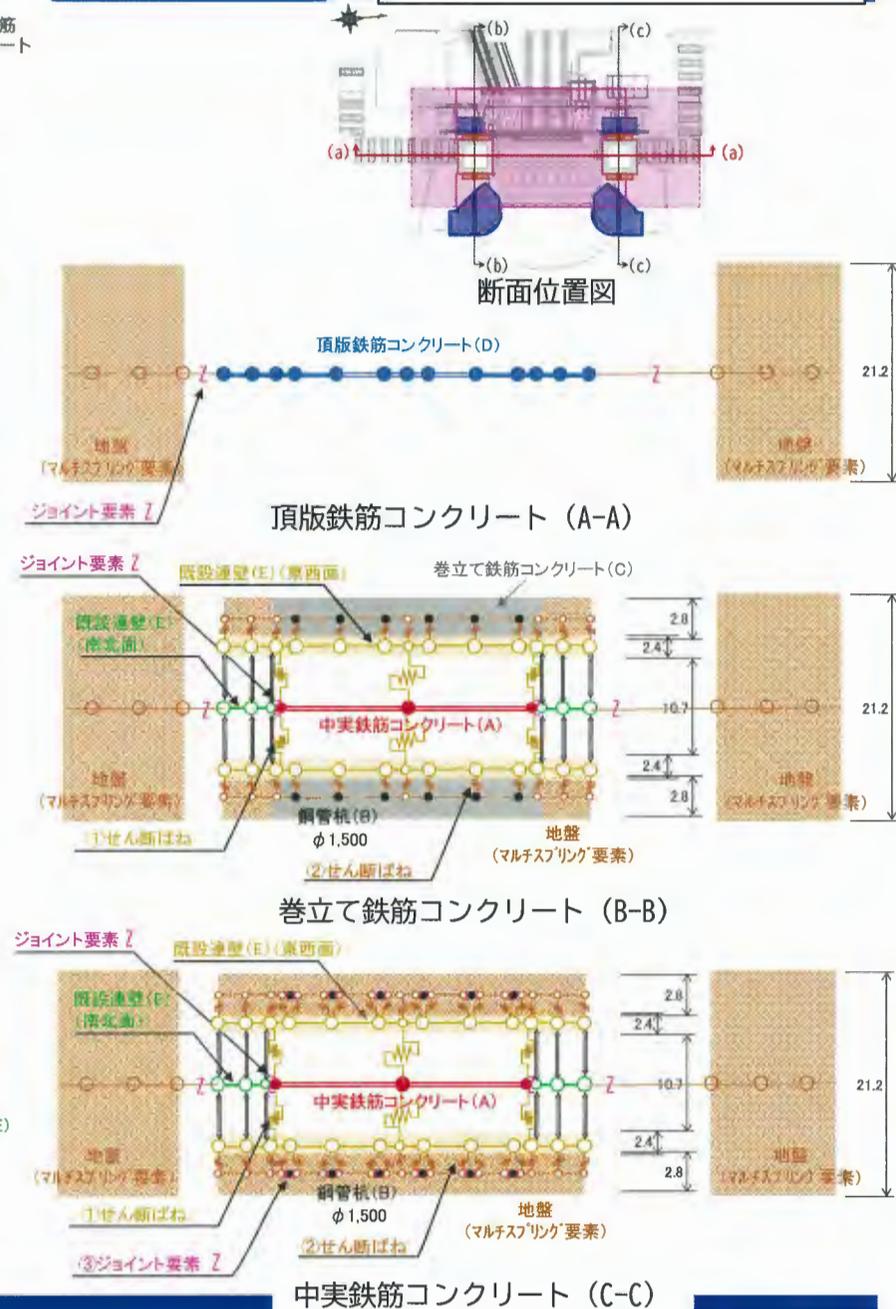
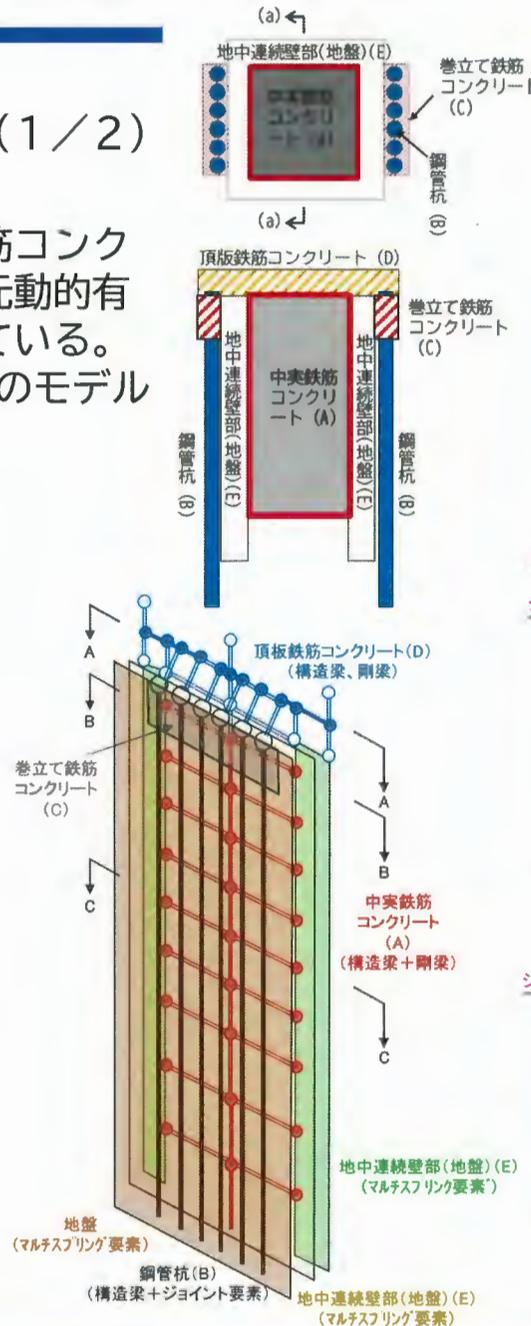
### ⑤ 構造物のモデル化 ((a)-(a)断面) (1/2)

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。

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、複数要素を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)地中連続壁部（地盤）－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)地中連続壁部（地盤）－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



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

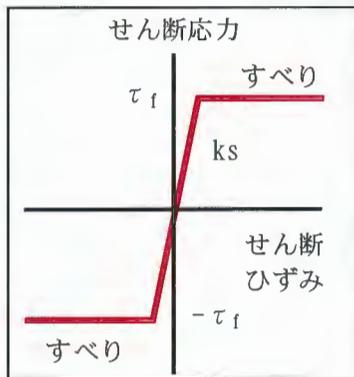
審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

## b. 耐震設計の評価条件

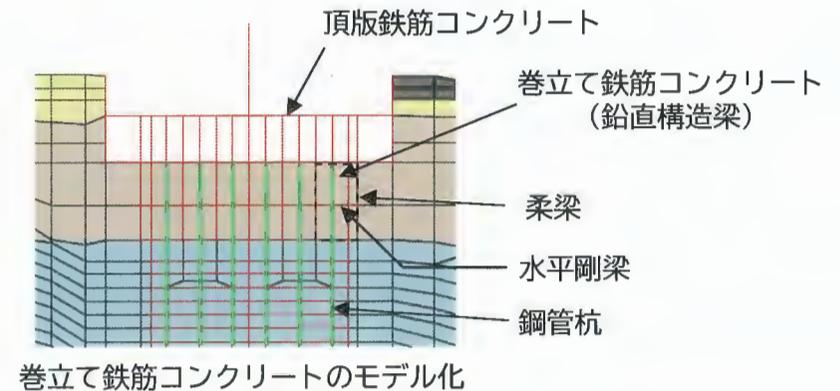
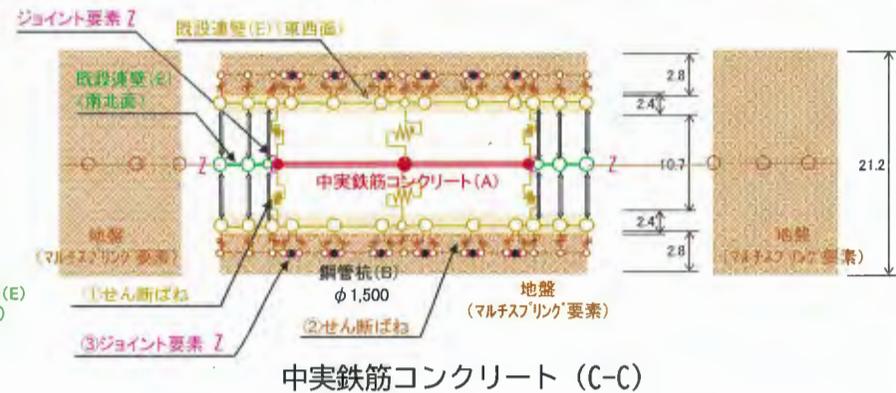
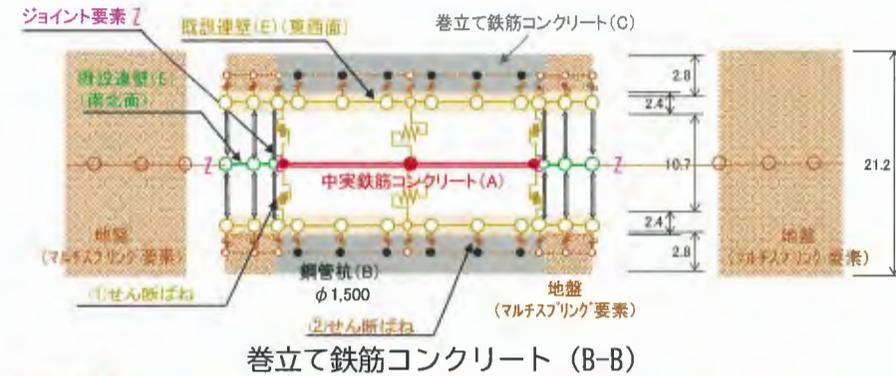
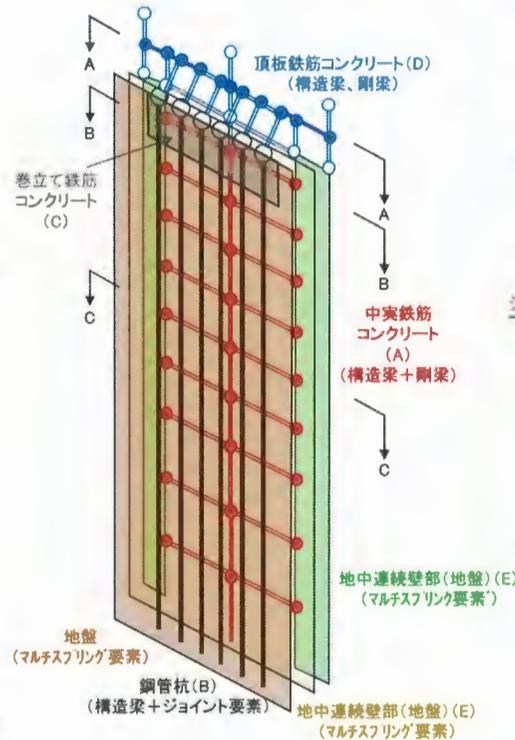
### ⑤ 構造物のモデル化 ((a)-(a)断面) (2/2)

#### 1) 地中連続壁部（地盤）との結合

地中連続壁部（地盤）は液状化対策地盤としてモデル化し、中実鉄筋コンクリートならびに鋼管杭との結合は、既工認におけるジョイント要素と同様、地盤のせん断強度を有する非線形バネ (①, ②) としてモデル化する。



$ks = 1.0 \times 10^6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 $\tau_f$  : 地盤のせん断強度



#### 2) 巻立て鉄筋コンクリート部のモデル化

巻立てコンクリートと鋼管杭はスタッド等により一体化とすることより巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の断面を有する梁要素としてモデル化し、梁要素に発生する断面力に対して照査する。

水平方向の剛梁ならびに側面の柔梁を配置して巻立て鉄筋コンクリートの幅を考慮するのは中実鉄筋コンクリートのモデル化と同様である。

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

## b. 耐震設計の評価条件

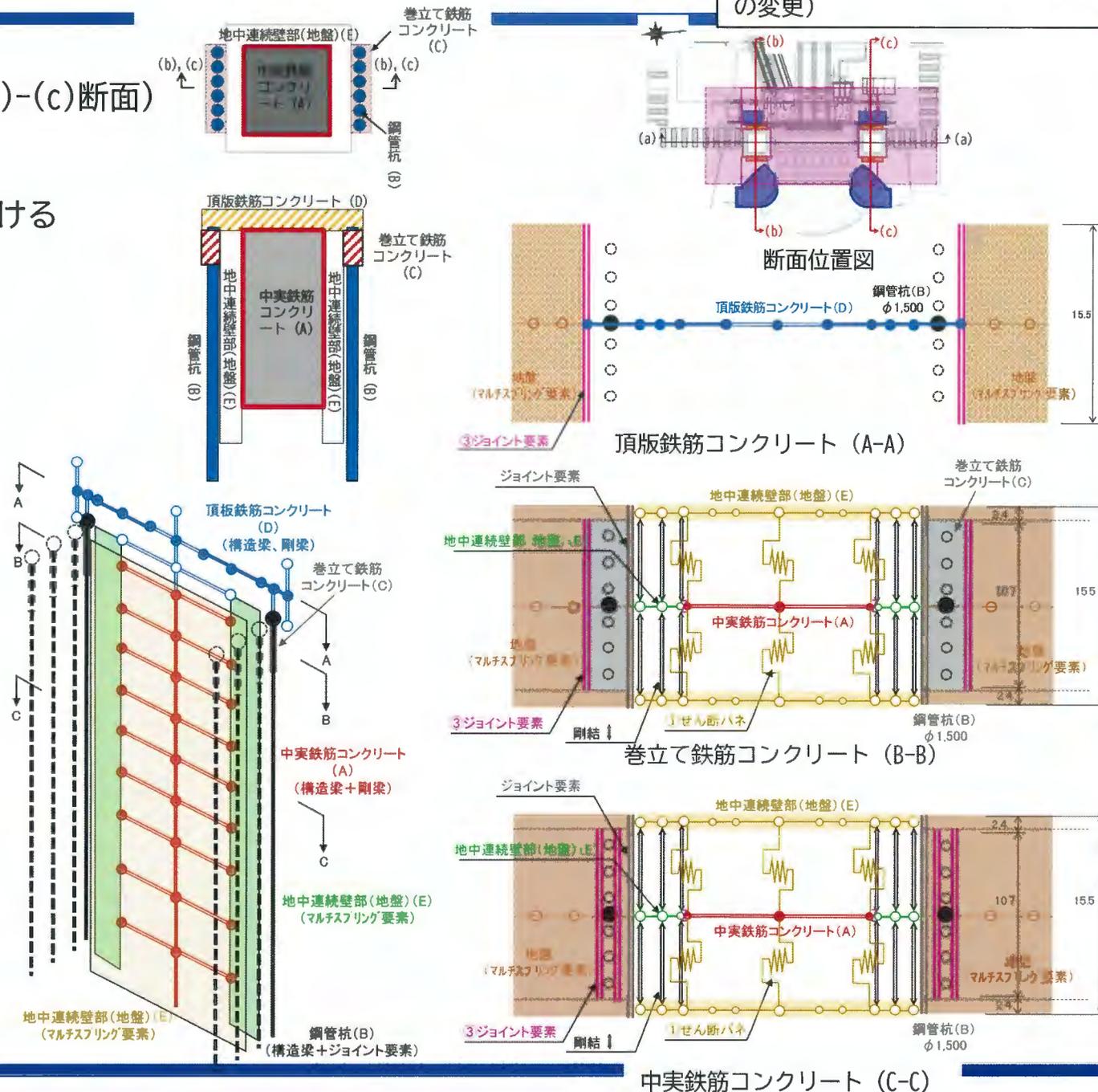
### ⑤ 構造物のモデル化 ((b)-(b)断面, (c)-(c)断面) (1/2)

以下、(b)-(b)、(c)-(c)断面における構造物のモデル化について記載する。

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) 地中連続壁部（地盤）－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

なお、杭径1,500mmに対して杭間の離隔が300mmと狭小であること、周辺地盤には液状化対策としての地盤改良を行なうことから、杭間地盤のすり抜けは考慮せず、全土圧は鋼管杭を介して作用するものとして評価する。



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

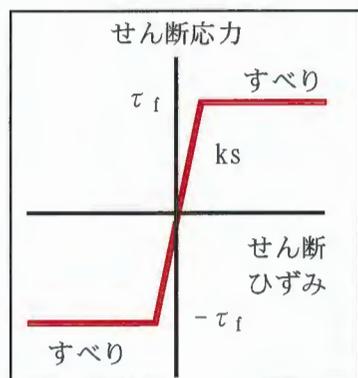
審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

## b. 耐震設計の評価条件

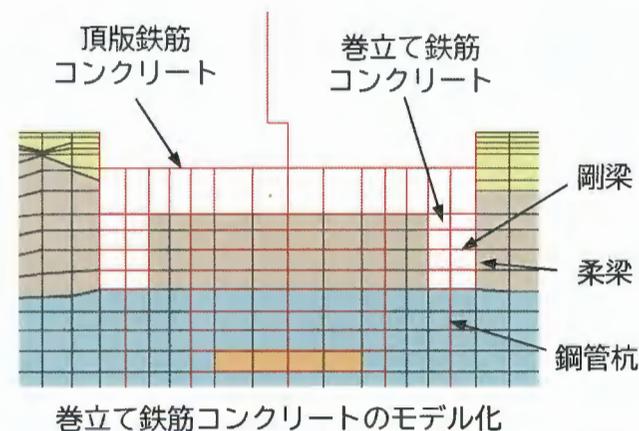
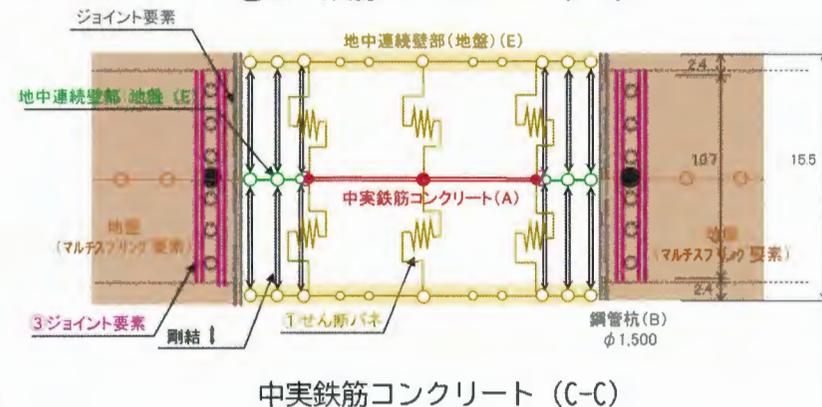
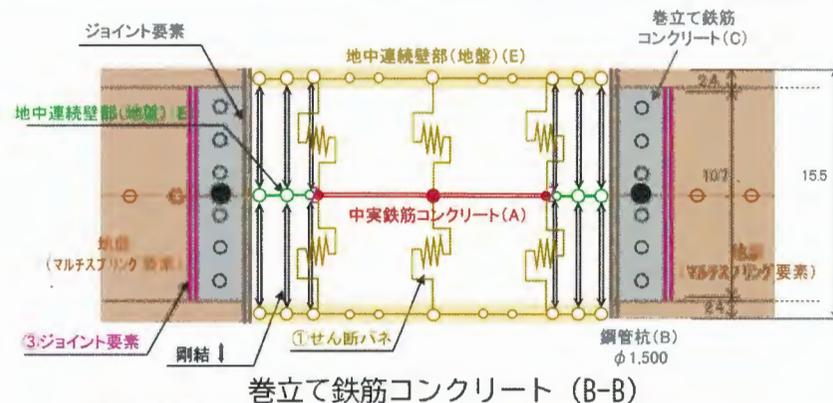
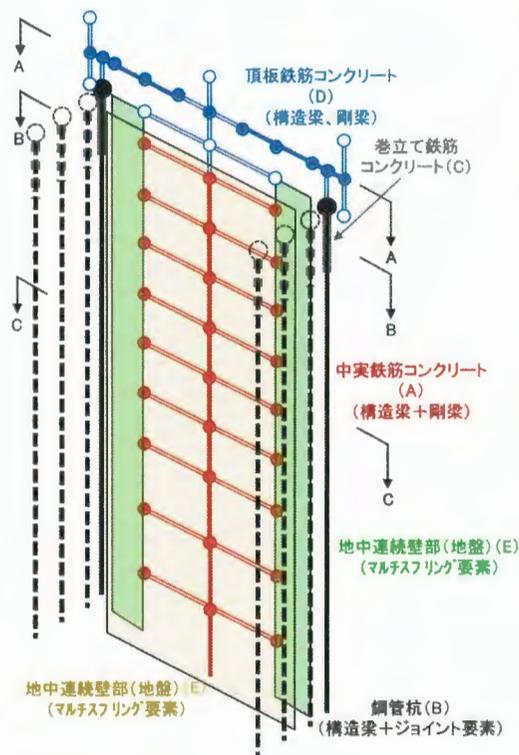
### ⑤ 構造物のモデル化 ((b)-(b)断面, (c)-(c)断面) (2/2)

#### 1) 地中連続壁部（地盤）との結合

地中連続壁部（地盤）は液状化対策地盤としてモデル化し、中実鉄筋コンクリートとの結合は、既工認におけるジョイント要素と同様、地盤のせん断強度を有する非線形バネ (①) としてモデル化する。



$ks = 1.0 \times 10^6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 $\tau_f$ : 地盤のせん断強度



#### 2) 巻立て鉄筋コンクリート部のモデル化

巻立てコンクリートと鋼管杭はスタッド等により一体化とすることにより巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の断面を有する梁要素としてモデル化し、梁要素に発生する断面力に対して照査する。

水平方向の剛梁ならびに側面の柔梁を配置して巻立て鉄筋コンクリートの幅を考慮するのは中実鉄筋コンクリートのモデル化と同様である。

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

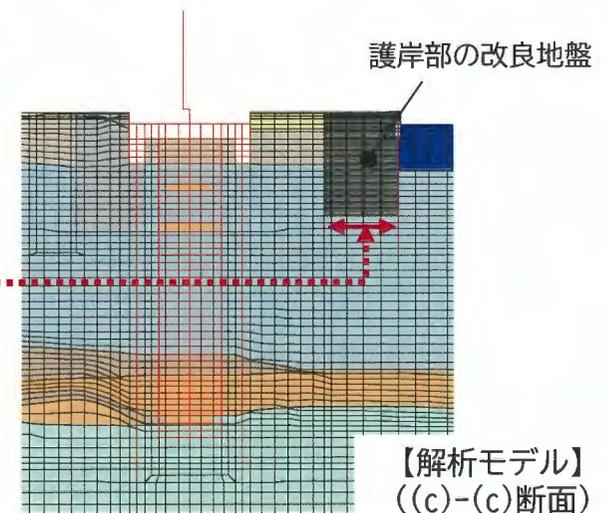
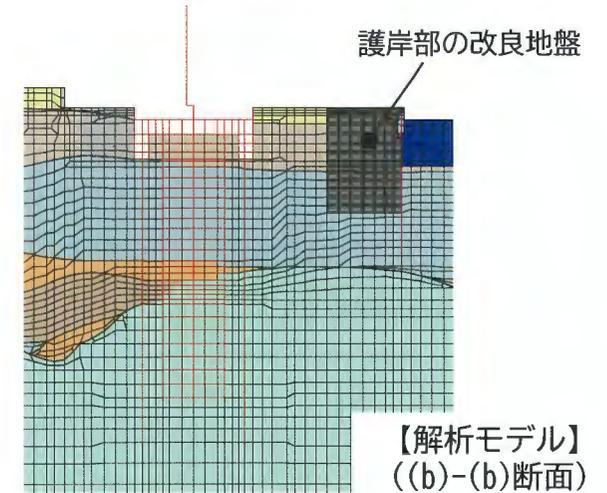
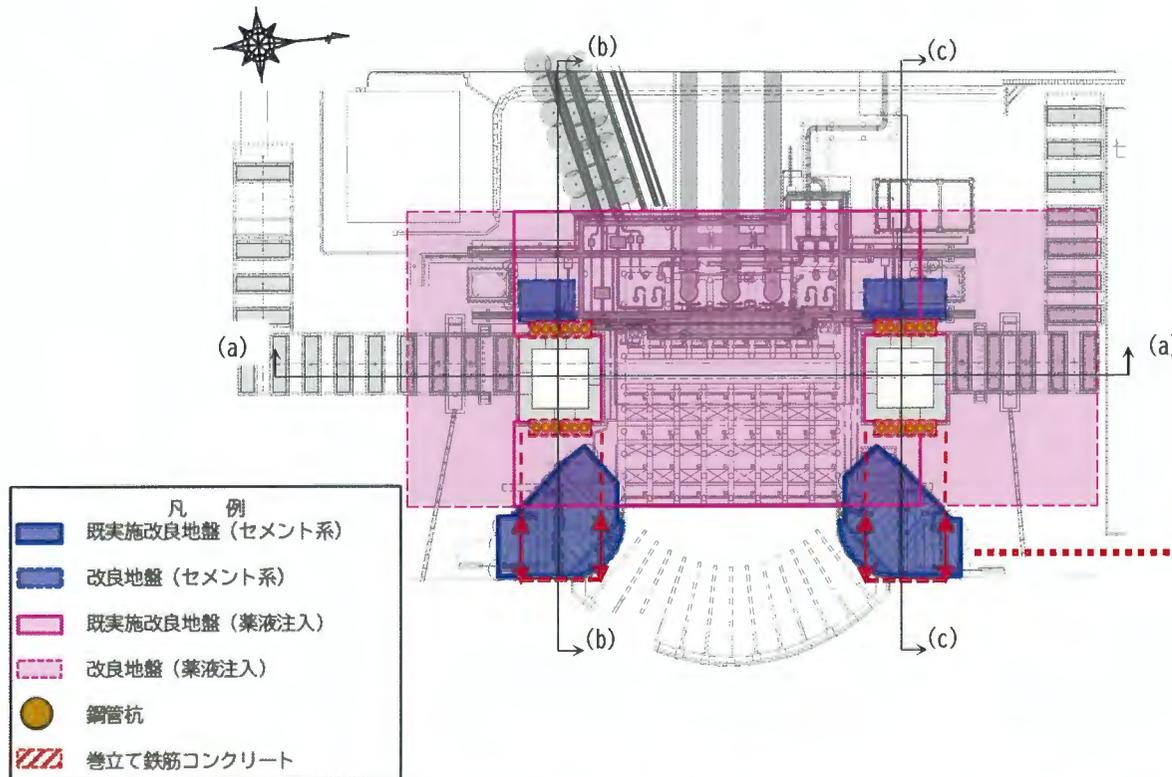
審査会合（第1329回）資料②から一部変更して再掲（変更点：図面の変更）

## b. 耐震設計の評価条件

### ⑥ 地盤改良体のモデル化（護岸部の改良地盤のモデル化，(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改良地盤については，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。

モデル化する改良地盤の形状は，保守的に南北それぞれの基礎幅（解析モデル奥行き＝頂版鉄筋コンクリート幅15.5m）の改良地盤の幅が確保できる範囲として設定する。



## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### b. 耐震設計の評価条件

#### ⑦ 構造成立性評価に係る解析ケース

- 既工認の耐震評価結果では、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Ss-D1入力時であった。
- 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、耐震評価結果により上部工及び接合部の仕様が確定する。
- 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。しかしながら、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ことから、地盤のばらつきケース④では、両基礎の変位は小さくなると判断される。
- 一方、既工認においては両基礎の変位差が比較的大きい地盤のばらつきケース③（地盤物性を $-1\sigma$ 低減させたケース）では、地盤改良（薬液注入）範囲の地盤は液状化せずとも軟質化し、両基礎の変位差の観点で保守的に評価される。
- 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Ss-D1の入力で構造成立性を確認した。
- 耐震評価に用い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震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( $-1\sigma$ )	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( $-1\sigma$ )	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( $-1\sigma$ )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( $-1\sigma$ )	◎既工認において両基礎の変位差が比較的大きい(地盤改良体(薬液注入)の地盤剛性を $-1\sigma$ 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)

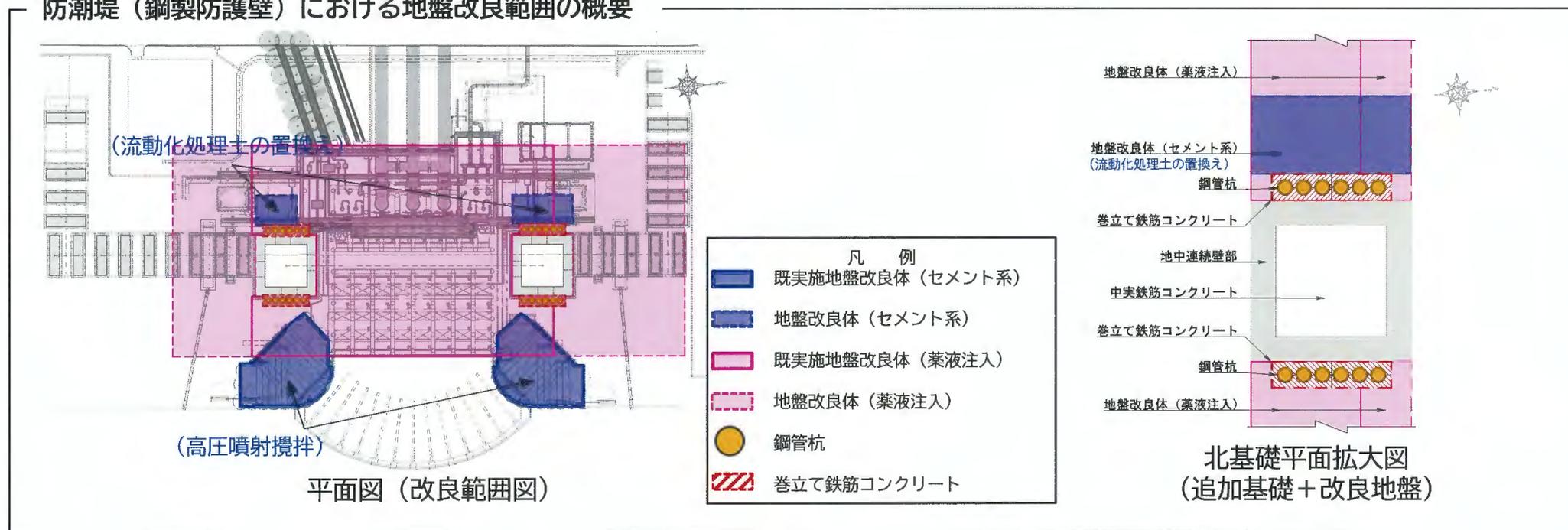
## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

防潮堤（鋼製防護壁）の構造変更においては、基礎の東西側に鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート含む）を追加するとともに、周囲に地盤改良体（セメント系）及び地盤改良体（薬液注入）を敷設することで、基礎の剛性及び耐力を高める計画である。

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震及び耐津波評価では、上記2つの地盤改良体と鋼管杭及び中実鉄筋コンクリートの相互作用を考慮した上で、各構造部材の照査を実施していることから、防潮堤（鋼製防護壁）の成立性を確認するためには、その前提条件である各地盤改良体の解析用物性値の妥当性をあわせて確認する必要がある。

#### 防潮堤（鋼製防護壁）における地盤改良範囲の概要



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## C. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

### 地盤改良体（セメント系）の解析用物性値と設定根拠

地盤改良体（セメント系）の解析用物性値は、敷地を代表する統一的な物性値として、既工認にて既に設定されており、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の添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に記載されている。その物性値と設定根拠は以下のとおりである。

#### ・地盤改良体（セメント系）の解析用物性値

項目	地盤改良体（セメント系）	設定根拠
特物性理	密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	改良対象の原地盤の平均密度×1.1
変形静的特性	静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	581
動的変形特性	初期せん断剛性 $G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	動ポアソン比 $\nu_d$	0.431
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$
強度特性	ピーク強度 $C$ (N/mm <sup>2</sup> )	$C = q_u / 2$ $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )
	残留強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	粘着力 $C=0$ (N/mm <sup>2</sup> ) 内部摩擦角 $\phi=29.1$ (度)
	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot st)}}$ $S_t (= \sigma_t)$ : 地盤改良体の引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )

既設改良体（敷地に分布する原地盤の地盤改良体）の室内試験結果により設定されており、妥当な物性値であると判断する。  
→設定根拠となる試験結果を「参考資料」に示す。

文献情報に基づき設定  
→設定根拠となる文献情報を「参考資料」に示す。

既設改良体（敷地に分布する原地盤の地盤改良体）の原位置試験及び室内試験の結果により設定されており、妥当な物性値であると判断する。  
→設定根拠となる試験結果を「参考資料」に示す。

文献情報または理論式に基づき設定  
→設定根拠となる文献情報を「参考資料」に示す。

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)

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

### 地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設計上の役割

前頁に示す地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠と、地盤改良体（セメント系）の各解析用物性値における設計上の役割を踏まえ、以下のとおり、追加試験により妥当性を確認する物性値を決定した。

・地盤改良体（セメント系）の解析用物性値   : 文献情報または理論式に基づき設定されている物性値

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
特 物 性 理	密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	既設改良体のコアによる密度試験に基づき係数（×1.1）を設定
	変形静的 静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	581	既設改良体を模擬した再構成試料による一軸圧縮試験に基づき設定
動 的 変 形 特 性	初期せん断 剛性 $G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	文献 <sup>(※1)</sup> より「一軸圧縮強さ $q_u$ ～せん断波速度 $V_s$ 」の関係式を引用し設定
	動ポアソン比 $\nu_d$	0.431	既設改良体のPS検層に基づき設定
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.000537}$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定
強 度 特 性	ピーク強度 $C$ (N/mm <sup>2</sup> )	$C = q_u / 2$ $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	一軸圧縮強さ $q_u$ と粘着力 $C$ の関係に基づき設定
	残留強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	粘着力 $C=0$ (N/mm <sup>2</sup> ) 内部摩擦角 $\phi=29.1$ (度)	地盤改良体（セメント改良）を砕いて細粒化した試料を用いた三軸圧縮試験により求められた残留強度（文献 <sup>(※2)</sup> に掲載）よりも十分に小さい値として、敷地の原地盤のうちAc層の内部摩擦角を採用
	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$ : 地盤改良体の引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	文献 <sup>(※2)</sup> に掲載の算定式に基づいて設定

地盤の慣性力や常時応力に影響するパラメータであり、基礎の照査値に与える影響が軽微な物性値

地震時における基礎周辺地盤の剛性や、津波時（重畳時）における地盤バネのバネ剛性に影響する物性値であり、基礎と地盤改良体の相互作用への影響が比較的大きい。

本物性値のうち、文献情報または理論式に基づき設定されている「初期せん断剛性  $G_0$ 」と「ピーク強度  $C$ 」について、追加試験を実施し、物性値の妥当性を確認した。

地盤改良体の安定性照査に使用するパラメータであり、基礎の照査値に与える影響が軽微な物性値

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）

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

### 地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の妥当性

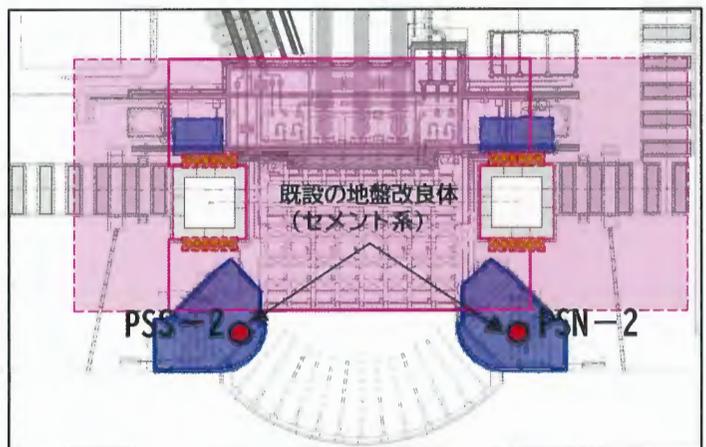
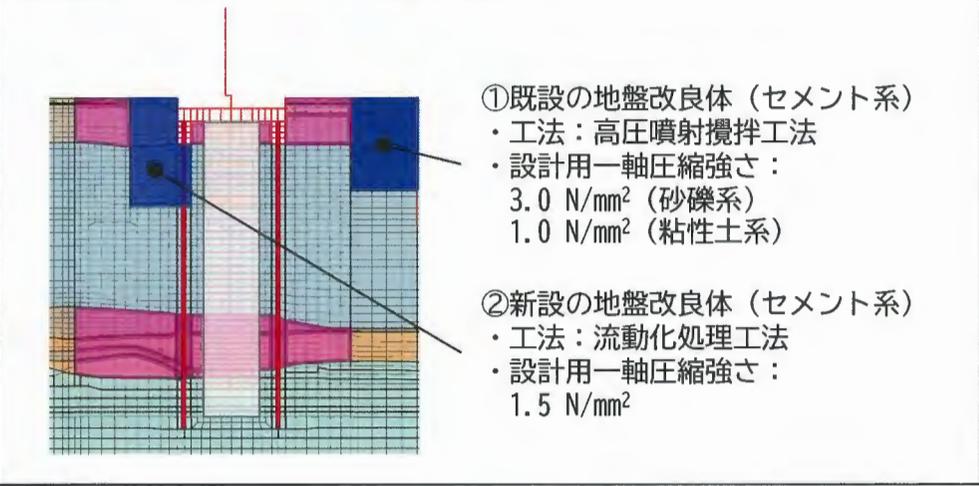
地盤改良体（セメント系）の解析用物性値のうち、初期せん断剛性 $G_0$ 及びピーク強度 $C$ の妥当性を確認するため、以下のとおり、追加試験を実施した。

試験は、右図に示す「地盤改良体（セメント系）の設計仕様」に従い、既設/新設の地盤改良体毎に、初期せん断剛性 $G_0$ についてはせん断波速度 $V_s$ を、ピーク強度 $C$ については一軸圧縮強さ $q_u$ を測定することで、物性値の妥当性を確認した。

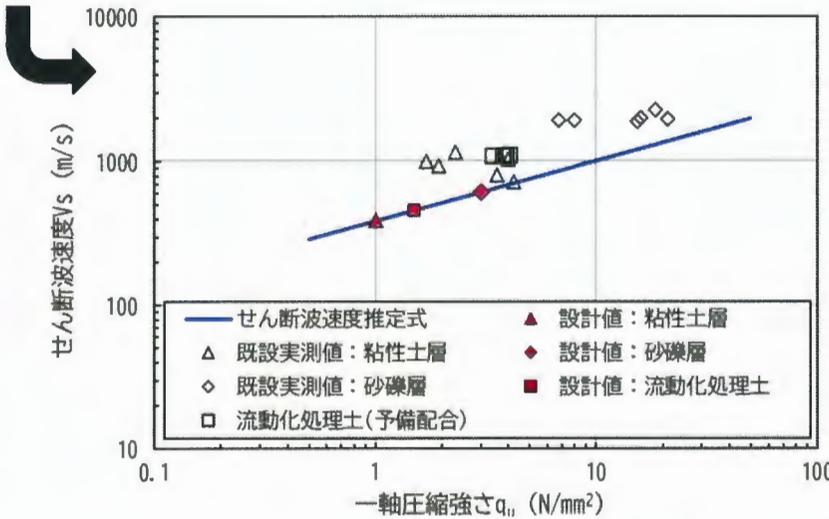
以下に、各物性値の測定方法を示す。

- ①既設の地盤改良体（セメント系）
  - せん断波速度 $V_s$ ：PS検層（実施位置を下図に示す。）
  - 一軸圧縮強さ $q_u$ ：一軸圧縮試験（PS検層実施位置近傍のコア試料）
- ②新設の地盤改良体（セメント系）
  - せん断波速度 $V_s$ ：超音波速度測定（予備配合試験による試料）
  - 一軸圧縮強さ $q_u$ ：一軸圧縮試験（予備配合試験による試料）

地盤改良体（セメント系）の設計仕様について



①既設の地盤改良体（セメント系）のPS検層実施位置



追加試験による各物性値の確認結果

地盤改良体（セメント系）のせん断波速度 $V_s$ 及び一軸圧縮強さ $q_u$ の試験結果は、設計値を包絡して高い値を示すことを確認した。  
 以上より、各設計値は、剛性・強度をより保守的に評価できていることから、解析用物性値として妥当であると判断する。

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

#### 地盤改良体（薬液注入）の解析用物性値について（1 / 2）

地盤改良（薬液注入）は、地下水位以深の砂・礫質土地盤の液状化対策であり、地盤の間隙に薬液を浸透注入して間隙水を薬液に置換させることにより液状化しにくい地盤を形成する工法である。同工法は、砂・礫質土の力学的特性に大きく影響する土粒子の骨格構造を崩さないこと、間隙に注入した薬液により粘着力が付加されることにより、改良後の地盤の動的変形特性や静的せん断特性は改良前と同等となるとされている。よって、地盤改良体（薬液注入）の解析用物性値は、既工認における設計方針と同様、非液状化層とし、改良前の原地盤の解析用物性値を用いる設計方針とする。

解析用物性値のうち、耐震・耐津波評価の解析結果への影響が大きいと考えられる初期せん断剛性 $G_0$ とピーク強度について、既設の地盤改良体（薬液注入）を対象に原位置試験及び室内試験を実施し、改良前の原地盤の解析用物性値と比較した結果について説明する。

試験は、初期せん断剛性 $G_0$ についてはせん断波速度 $V_s$ を、ピーク強度については強度定数 $c$ 、 $\phi$ を確認した。

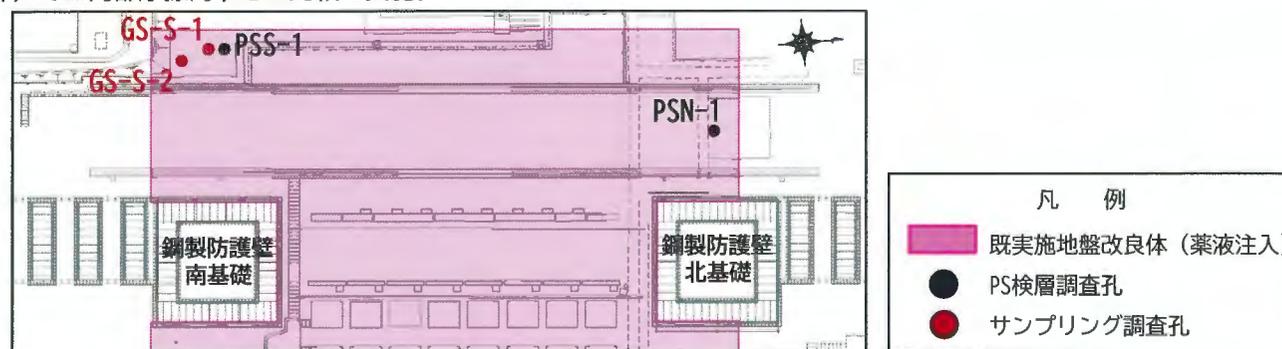
既設の地盤改良体（薬液注入）のPS検層及びサンプリング実施箇所、試験及び検討対象土層について以下に示す。

- ①既設の地盤改良体（薬液注入）：PS検層用調査孔（北側と南側の計2箇所），サンプリング調査孔（2箇所）※1
- ②試験及び検討対象土層

試 験	対象土層	備 考
PS検層：せん断波速度 $V_s$	Ag2層, As層, Ag1層	・ $G_0 = \rho V_s^2$ の関係より初期せん断剛性 $G_0$ を設定
三軸圧縮試験(CUB条件)※2 ：強度定数 $c$ , $\phi$	Ag2層	・ 薬液注入による改良地盤（Ag2層, As層, Ag1層）のうち、浅部における分布範囲が最も広く、地盤バネによる受動抵抗への寄与度が最も大きいと考えられるAg2層を試験対象土層とした。

※1 PS検層を先行し、調査孔間の最小離隔（1.0m以上）を維持し、サンプリングを実施。

※2 地盤改良体（薬液注入）は透水性が小さいためにせん断中に間隙水圧を計測する圧密非排水条件（CUB条件）での試験結果を有効応力で整理することで、透水性が大きい原地盤の圧密排水条件（CD条件）での内部摩擦角 $\phi$ との比較を実施。



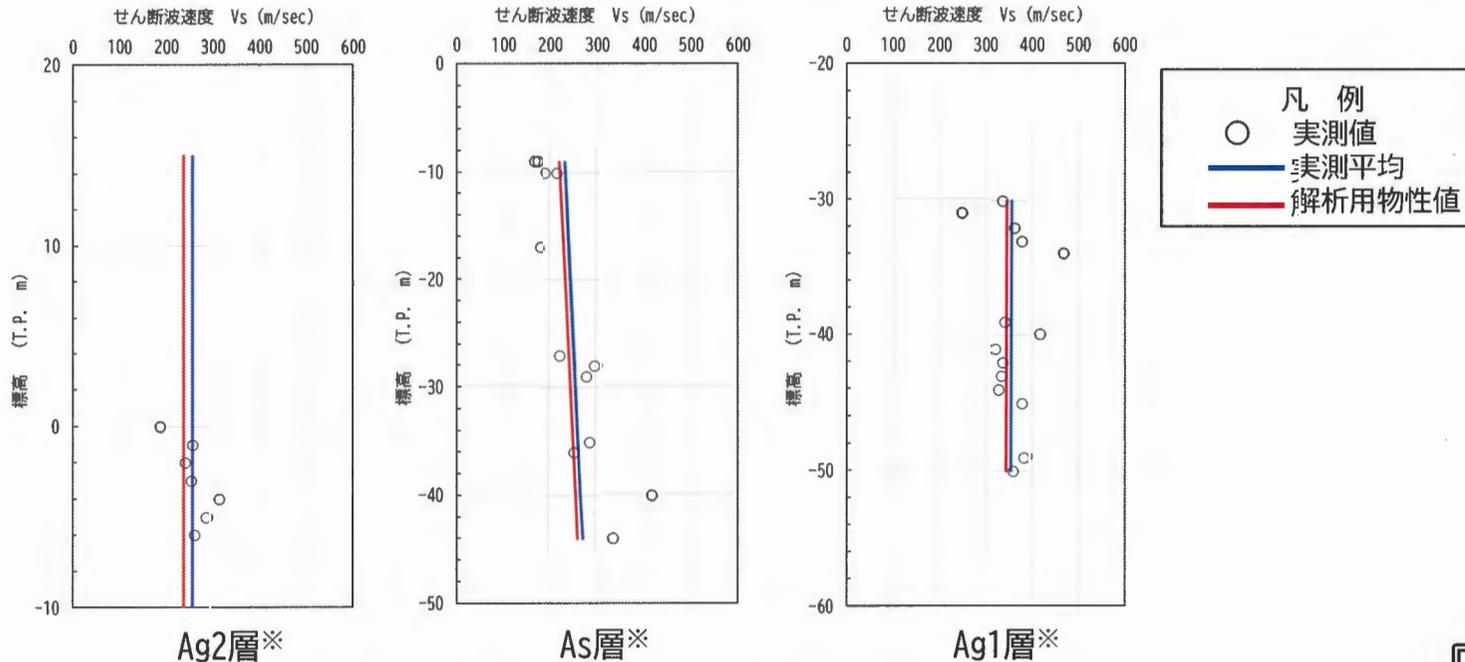
既設の地盤改良体（薬液注入）PS検層及びサンプリング実施箇所

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## c. 地盤改良体の解析用物性値の妥当性

### 地盤改良体（薬液注入）の解析用物性値について（2/2）

地盤改良体（薬液注入）の試験によるせん断波速度 $V_s$ と強度定数（ $c$ ,  $\phi$ ）の解析用物性値との比較結果を以下に示す。



※ 各層のせん断波速度（実測値）を用いて最小二乗法による近似直線（青線）を算出するにあたっては、傾き（深度依存性）を解析用地盤物性値（赤線）と同一として固定している。

解析用物性値と改良後のせん断波速度 $V_s$ の比較

解析用物性値と改良後の強度定数（ $c$ ,  $\phi$ ）の比較

地層	改良前		改良後		評価
	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	
Ag2層	0	37.4	37.1	38.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>c</math>は改良後に増加（薬液による粘着力付加）</li> <li>・<math>\phi</math>は低下なし</li> </ul>

地盤改良体（薬液注入）のせん断波速度 $V_s$ 及び内部摩擦角 $\phi$ は、改良前の原地盤と比較して低下することなく、同等であることを確認した。

以上より、地盤改良体（薬液注入）の解析物性値として原地盤の解析用物性値の適用は妥当であると判断する。

---

## (3) 耐津波設計の評価結果

### 【工認設計モデル】

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### (3) 耐津波設計の評価結果

#### 1) 下部工の照査結果

##### ①中実鉄筋コンクリート

##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	13.3	32.0	0.42	地盤バネ5
	鉄筋圧縮応力度	190.1	478.5	0.40	地盤バネ5
	鉄筋引張応力度	257.4	478.5	0.54	地盤バネ5
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	16.2	32.0	0.51	地盤バネ4
	鉄筋圧縮応力度	230.5	478.5	0.49	地盤バネ4
	鉄筋引張応力度	265.8	478.5	0.56	地盤バネ4

##### せん断照査

	せん断力の 方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	97299	229529	0.43	地盤バネ5
	堤軸直交方向	185592	229529	0.81	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	130817	234985	0.56	地盤バネ5
	堤軸直交方向	214108	247591	0.87	地盤バネ4



中実鉄筋コンクリート  
(北基礎の配筋図)

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ②鋼管杭

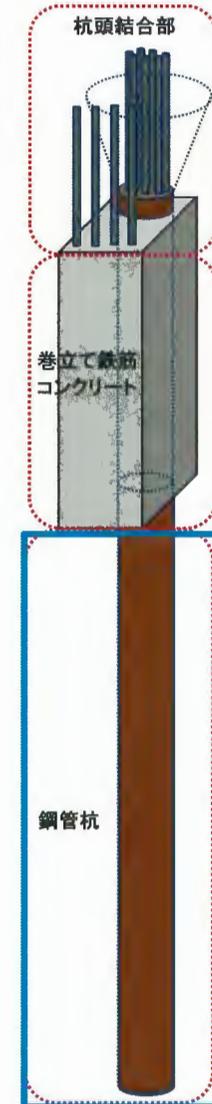
#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	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

#### せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	42.7	285.0	0.15	地盤バネ5
	堤軸直交方向	36.1	285.0	0.13	地盤バネ4
南基礎	堤軸方向	45.3	285.0	0.16	地盤バネ4
	堤軸直交方向	40.1	285.0	0.15	地盤バネ4



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ③巻立て鉄筋コンクリート

照査値は最大値を記載している。

#### 曲げ照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	鉄筋圧縮応力度	299.6	660.0	0.46	地盤バネ2
	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	鉄筋圧縮応力度	295.1	660.0	0.45	地盤バネ2
	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

#### 曲げ照査（鋼管杭）

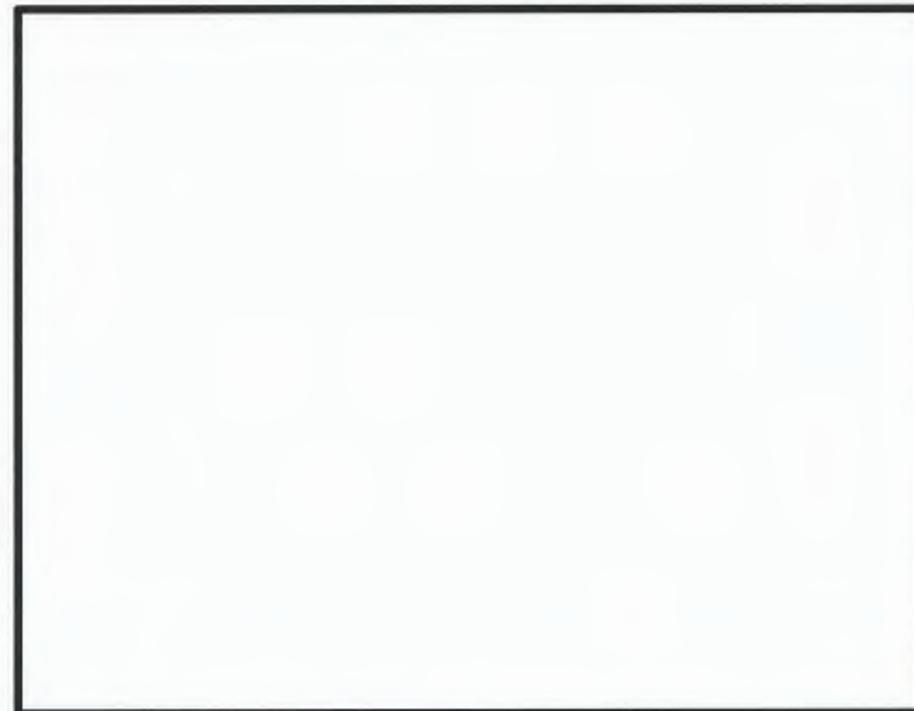
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	194.9	500.0	0.39	地盤バネ5
	引張応力度	311.2	500.0	0.63	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	200.5	500.0	0.41	地盤バネ5
	引張応力度	312.2	500.0	0.63	地盤バネ5

#### せん断照査（巻立て鉄筋コンクリート）

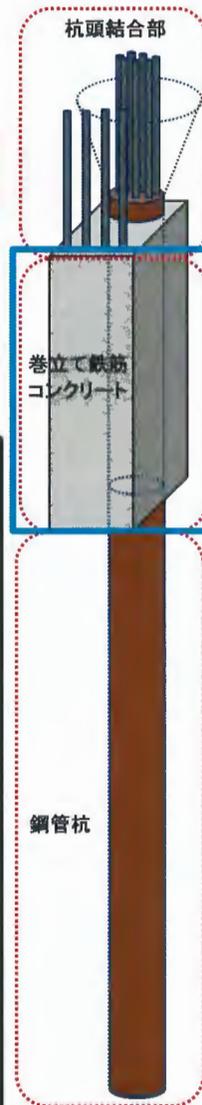
	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	6073	11220	0.55	地盤バネ5
	堤軸直交方向	17896	18916	0.95	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	6657	11220	0.60	地盤バネ5
	堤軸直交方向	13975	18319	0.77	地盤バネ1

#### せん断照査（鋼管杭）

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	87.4	285.0	0.31	地盤バネ5
	堤軸直交方向	237.0	285.0	0.84	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	98.7	285.0	0.35	地盤バネ5
	堤軸直交方向	216.8	285.0	0.77	地盤バネ1



巻立て鉄筋コンクリート（南北両基礎の東側部端部の配筋図）



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ④杭頭接合部

#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	照査断面	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	355.5	660.0	0.54	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	11.8	32.0	0.37	地盤バネ5
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	606.3	660.0	0.92	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	29.1	32.0	0.91	地盤バネ2
南基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	359.3	660.0	0.55	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	11.4	32.0	0.36	地盤バネ5
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	632.5	660.0	0.96	地盤バネ4
		Con圧縮応力度	29.0	32.0	0.91	地盤バネ2

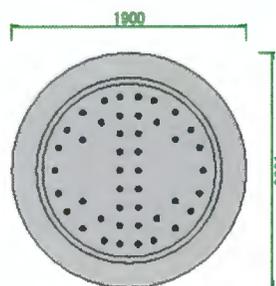


図-1 仮想RC断面  
(鋼管杭頭部)

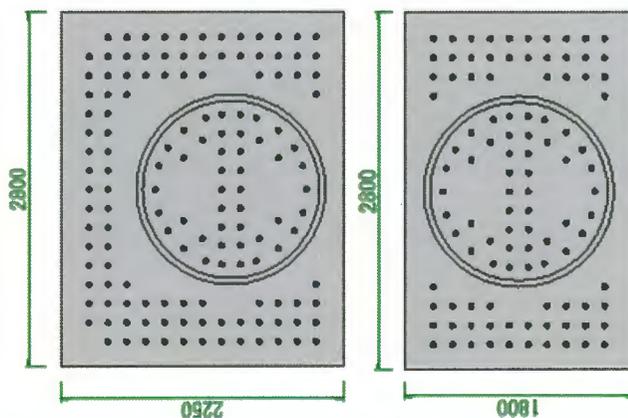
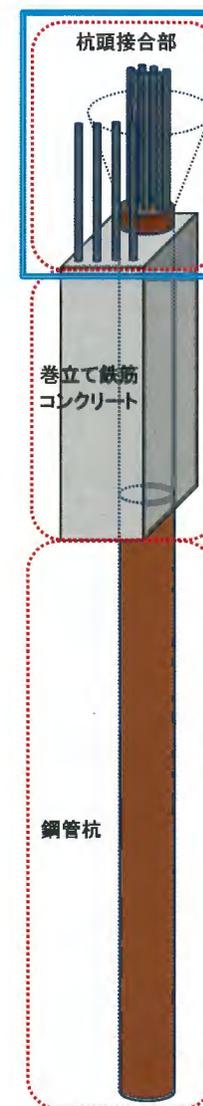


図-2 仮想RC断面  
(巻立てRC部)



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果 ⑤頂版鉄筋コンクリート

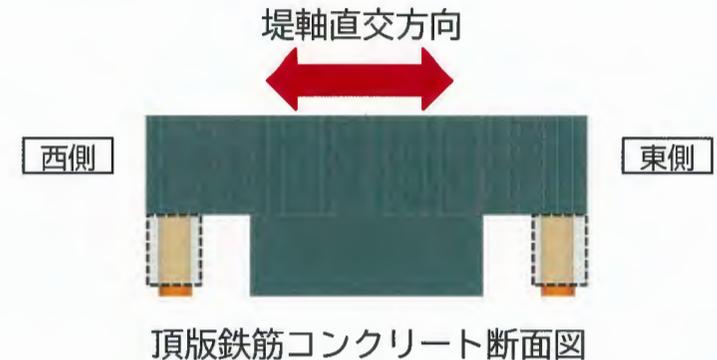
### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	80.0	478.5	0.17	地盤バネ5
		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	鉄筋圧縮応力度	313.4	478.5	0.66	地盤バネ5
		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	鉄筋圧縮応力度	89.3	478.5	0.19	地盤バネ5
		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	鉄筋圧縮応力度	272.2	478.5	0.57	地盤バネ4
		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

### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸及び堤軸直交方向 合成-西側	26761	31712	0.85	地盤バネ5
	堤軸及び堤軸直交方向 合成-東側	28748	31785	0.91	地盤バネ5
南基礎	堤軸及び堤軸直交方向 合成-西側	29790	31712	0.94	地盤バネ5
	堤軸及び堤軸直交方向 合成-東側	26977	31785	0.85	地盤バネ5

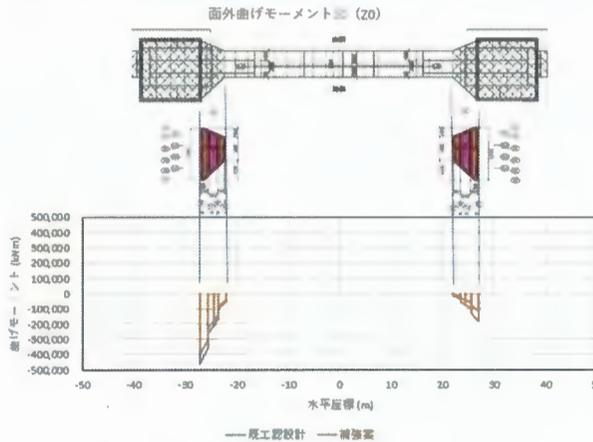
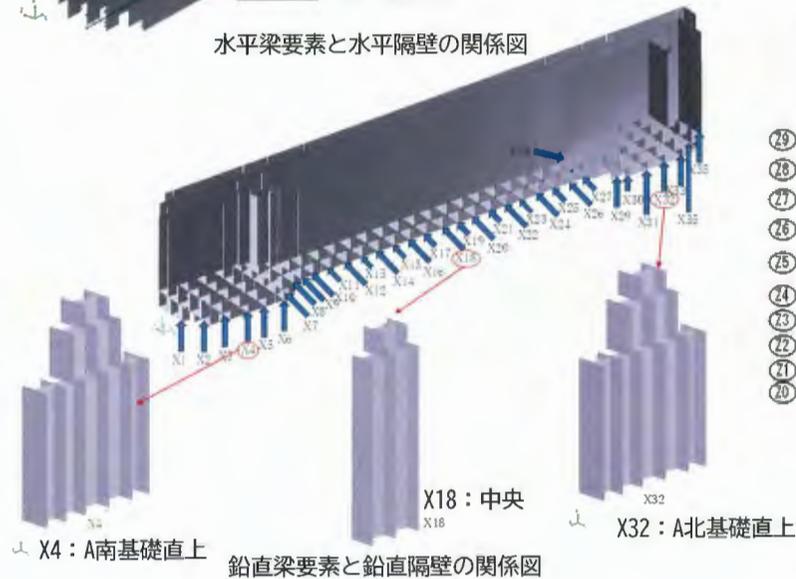
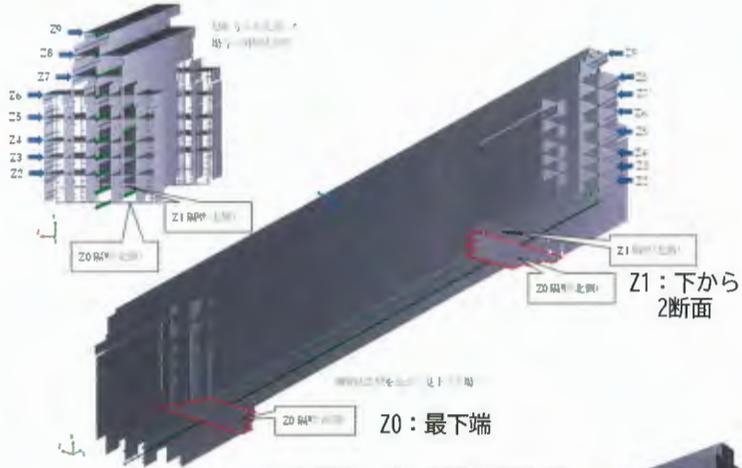


頂版鉄筋コンクリート配筋図（南基礎）

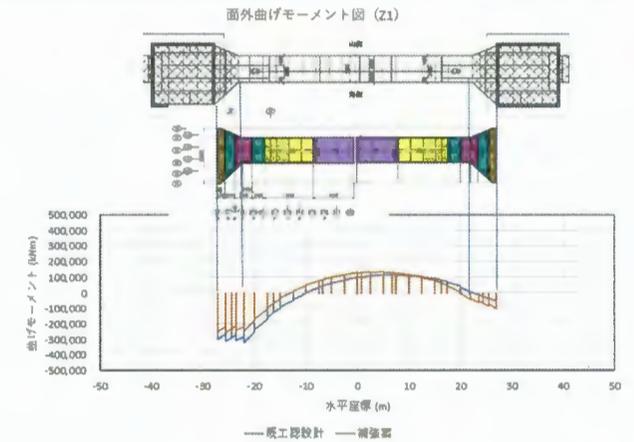
# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 2) 上部工の照査結果 (地盤バネ5)

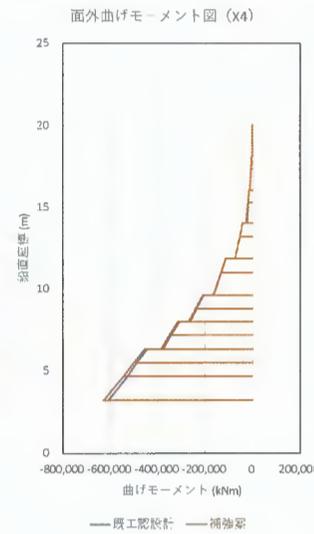
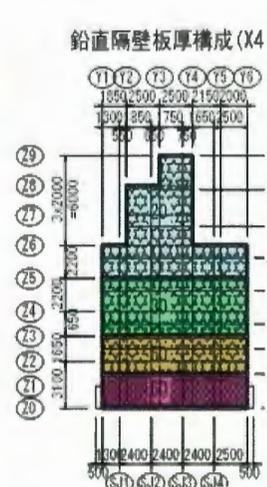
### ① 鋼製防護壁



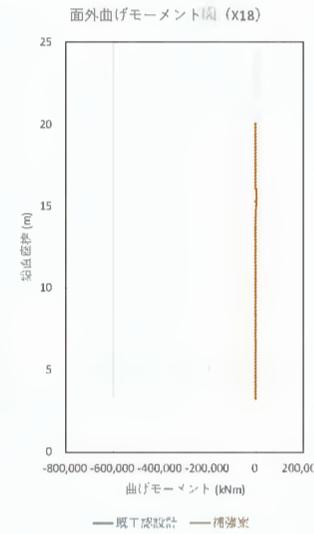
Z0: 最下端の水平梁の堤軸直交方向曲げモーメント図



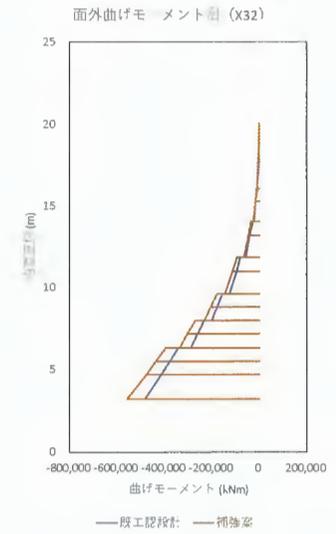
Z1: 下から2断面の水平梁の堤軸直交方向曲げモーメント図



X4: A南基礎直上



X18: 鋼製防護壁中央



X32: A北基礎直上

A基礎直上及び中央の鉛直梁の堤軸直交方向曲げモーメント図

- 既工認では、南北基礎上端部のいずれか大きい方の断面力を用いて鋼製防護壁の部材の仕様を決定している。
- 鋼製防護壁において仕様が最も厳しい部位はZ0隔壁(水平梁)であり、最大板厚75mm及び最高材質SBHS700が必要になるが、当該部位において既工認の断面力を下回ることから、構造成立性を有すると判断した。

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### 2) 上部工の照査結果

#### ②中詰鉄筋コンクリート

##### せん断照査

	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	36007	252547	0.15	地盤バネ5
	堤軸直交方向	198989	252547	0.79	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	63102	252547	0.25	地盤バネ5
	堤軸直交方向	224237	252547	0.89	地盤バネ5

##### 水平回転モーメント照査

	作用方向	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	水平鉄筋	230.1	478.5	0.49	地盤バネ1
	鉛直鉄筋	132.4	478.5	0.28	地盤バネ1
南基礎	水平鉄筋	331.4	478.5	0.70	地盤バネ5
	鉛直鉄筋	190.6	478.5	0.40	地盤バネ5



中詰鉄筋コンクリート配筋図 (北基礎)

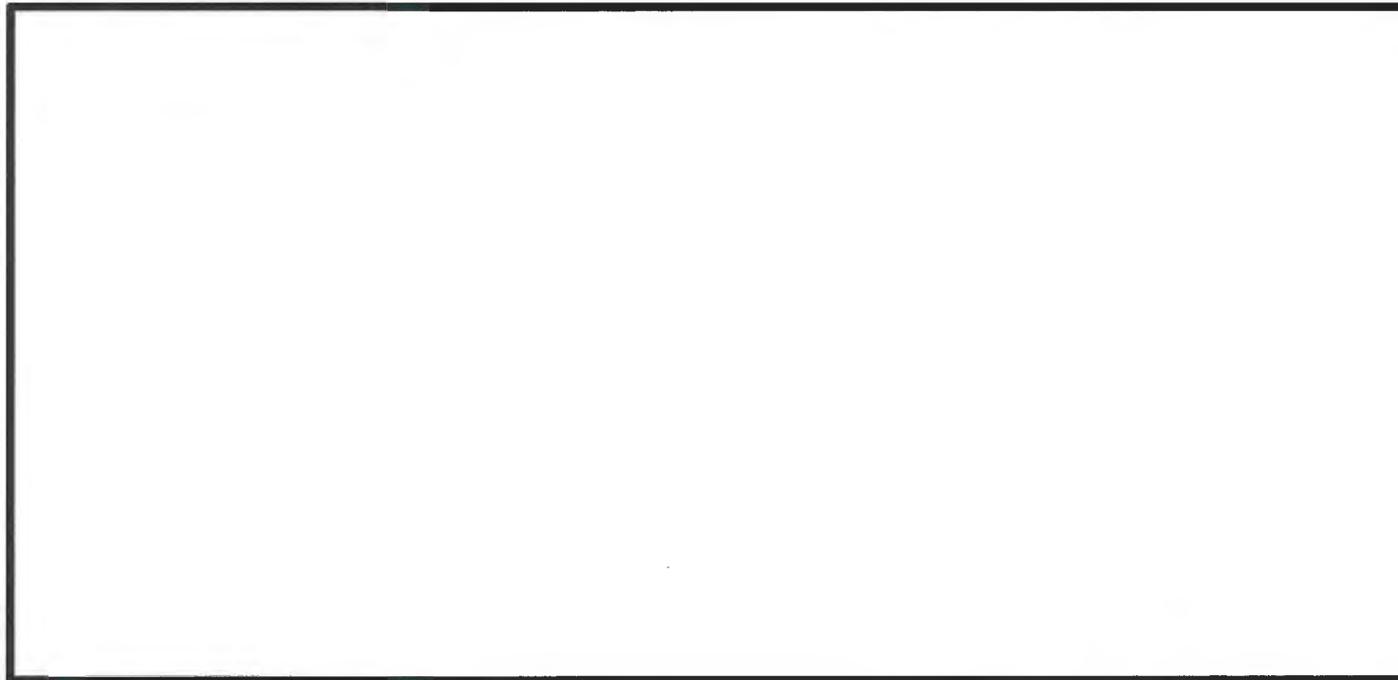
# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 3) 接合部の照査結果

### ① アンカーボルト

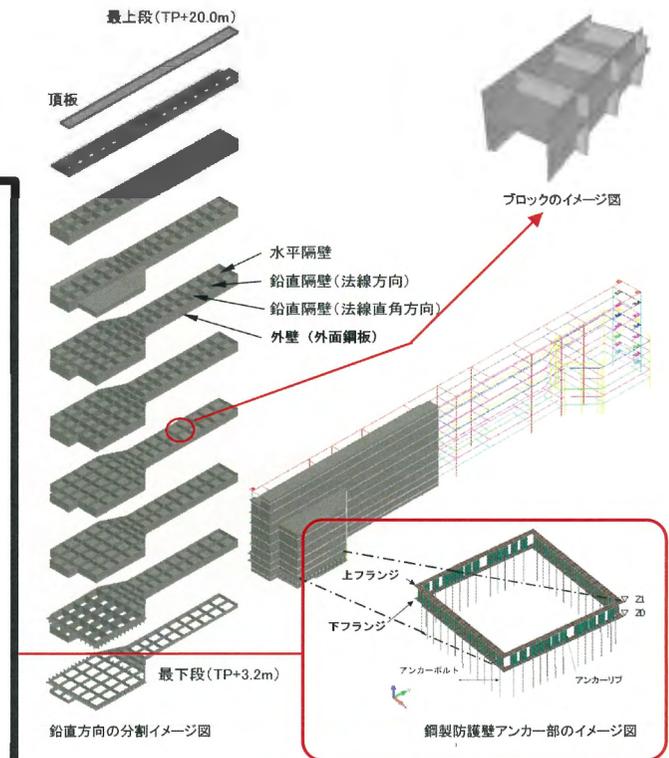
#### 引張応力度照査

	作用方向	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	103.0	355.0	0.30	地盤バネ5
	堤軸直交方向	188.3	355.0	0.54	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	59.7	355.0	0.17	地盤バネ5
	堤軸直交方向	216.2	355.0	0.61	地盤バネ5



アンカーボルトの仕様

アンカーボルトの配置



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

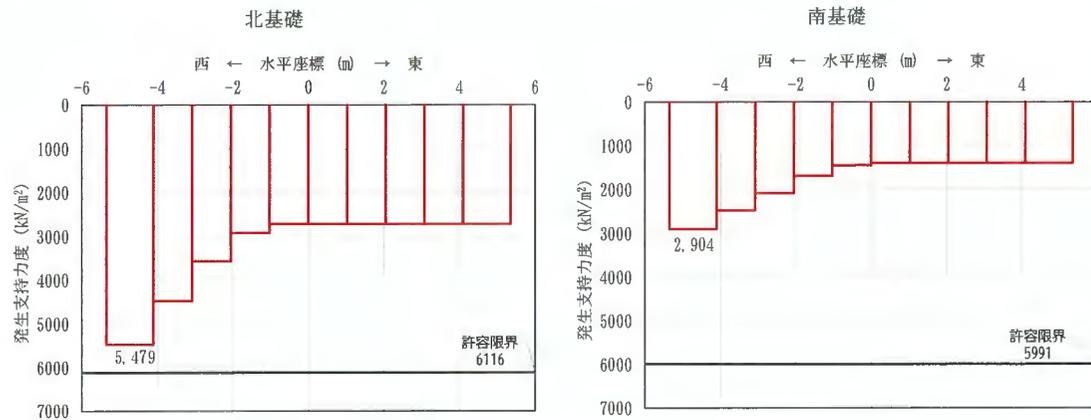
## 4) 基礎地盤の支持力照査結果

### ①中実鉄筋コンクリート部

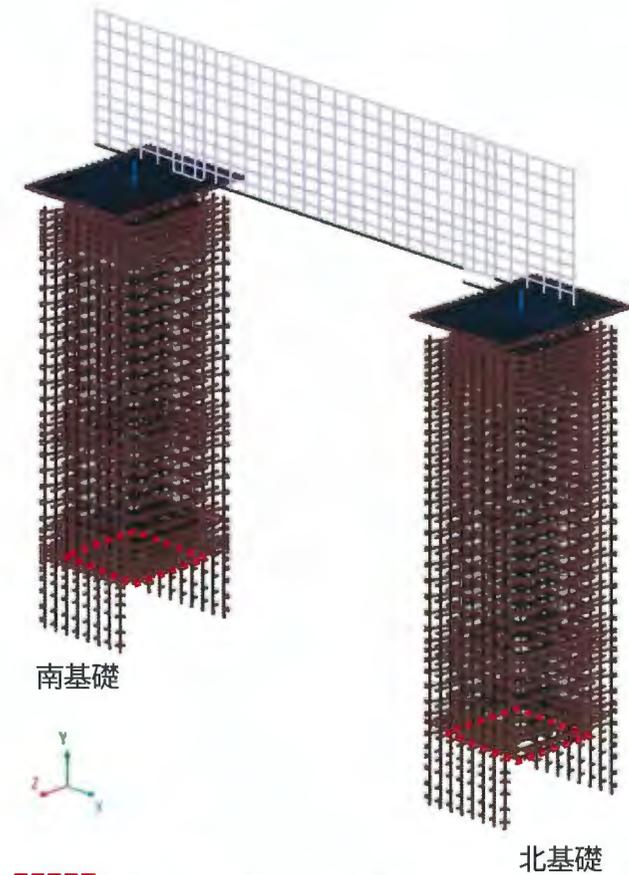
#### 支持力照査

照査値は最大値を記載している。

	発生支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	5479	6116	0.90	地盤バネ5
南基礎	2904	5991	0.49	地盤バネ5



中実鉄筋コンクリート下端の支持力度分布



基礎地盤支持力算定位置

地盤支持力算出位置

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### 4) 基礎地盤の支持力照査結果

#### ②鋼管杭（鋼管杭単体での支持力照査）

##### 支持力照査

照査値は最大値を記載している。

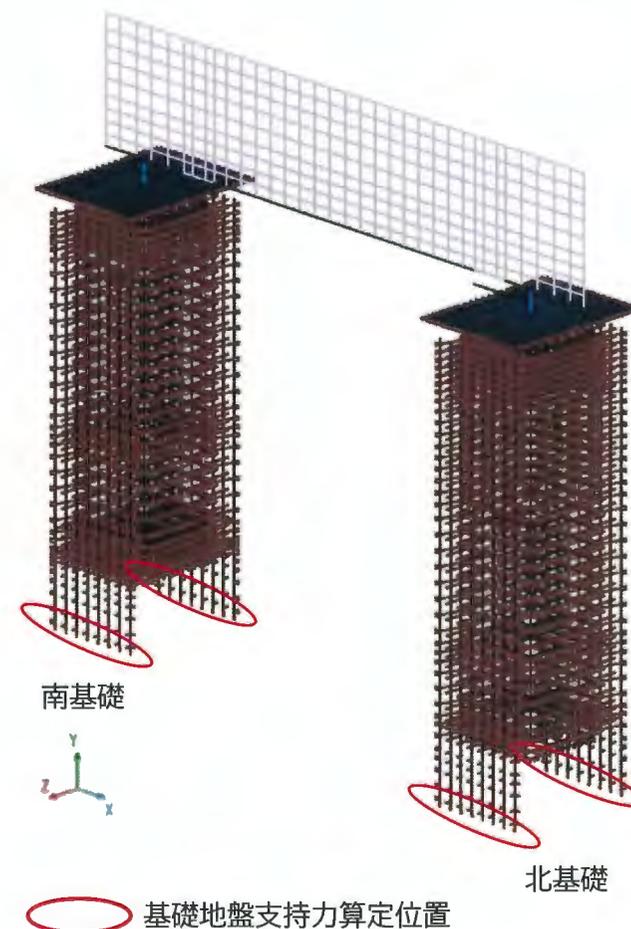
	発生支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	5449	6273	0.87	地盤バネ2
南基礎	1602	6148	0.27	地盤バネ2

#### ③鋼管杭（鋼管杭の群杭効果を考慮した仮想ケーソン断面としたケース）

##### 支持力照査

	発生支持力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	56760	141999	0.40	地盤バネ2
南基礎	16195	135638	0.12	地盤バネ2

※周面摩擦力を考慮せず，鋼管杭先端の支持力に対する照査を実施



地盤支持力算出位置

---

## (4) 耐震設計の評価結果

### 【工認設計モデル】

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### (4) 耐震設計の評価結果

#### 1) 下部工の照査結果

##### ①中実鉄筋コンクリート

##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	5.7	24.0	0.24	解析ケース③
	鉄筋圧縮応力度	82.3	435.0	0.19	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	141.8	435.0	0.33	解析ケース③
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	6.2	24.0	0.26	解析ケース③
	鉄筋圧縮応力度	89.1	435.0	0.21	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	117.1	435.0	0.27	解析ケース③

##### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	89000	195847	0.46	解析ケース③
	堤軸直交方向	99318	195847	0.51	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	164626	228260	0.73	解析ケース③
	堤軸直交方向	136709	221969	0.62	解析ケース③



中実鉄筋コンクリート  
(北基礎の配筋図)

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ② 鋼管杭

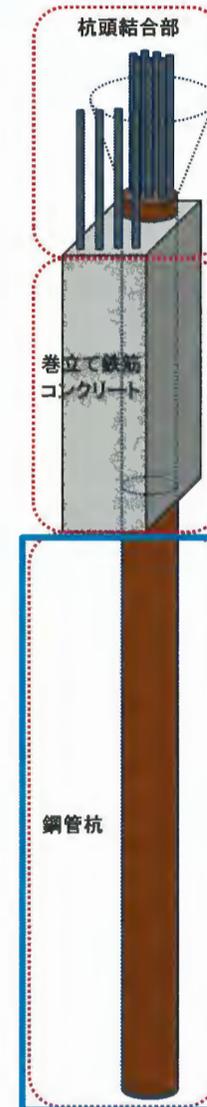
#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	225.8	442.5	0.52	解析ケース③
	引張応力度	145.5	442.5	0.33	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	53.2	442.5	0.13	解析ケース③
	引張応力度	68.0	442.5	0.16	解析ケース③

#### せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	3.6	255.0	0.02	解析ケース③
	堤軸直交方向	10.5	255.0	0.05	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	3.7	255.0	0.02	解析ケース③
	堤軸直交方向	9.2	255.0	0.04	解析ケース③



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ③巻立て鉄筋コンクリート

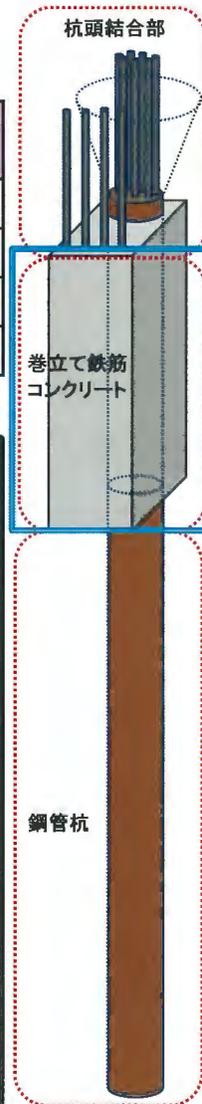
照査値は最大値を記載している。

#### 曲げ照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	鉄筋圧縮応力度	47.6	600.0	0.08	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	73.3	600.0	0.13	解析ケース③
	Con圧縮応力度	3.3	24.0	0.14	解析ケース③
南基礎	鉄筋圧縮応力度	39.5	600.0	0.07	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	63.2	600.0	0.11	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.8	24.0	0.12	解析ケース③

#### せん断照査（鋼管杭）

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	1.4	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	7.0	255.0	0.03	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	1.7	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	2.7	255.0	0.02	解析ケース③

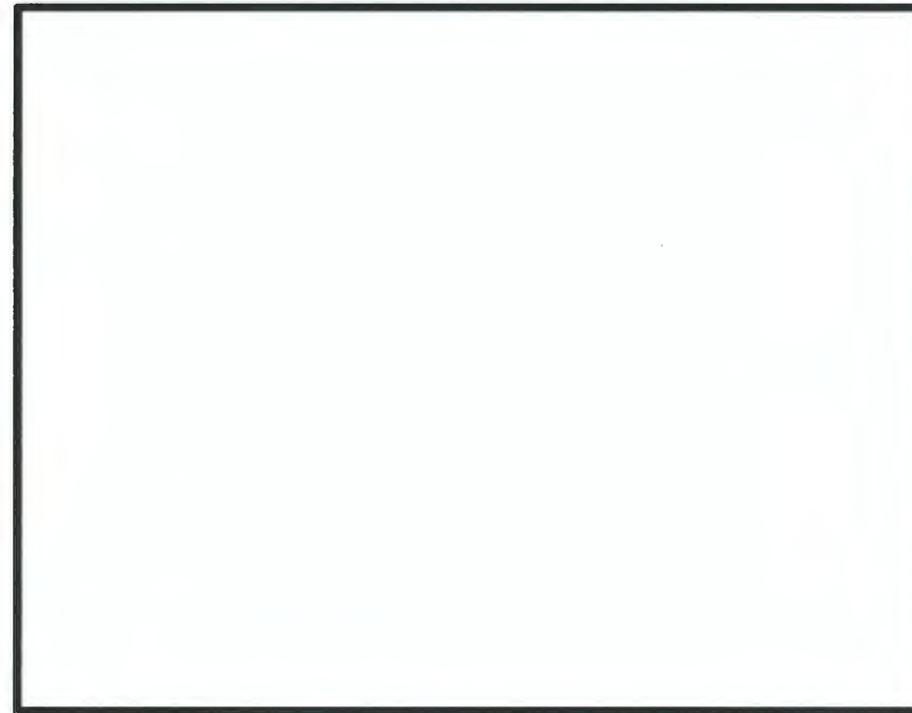


#### 曲げ照査（鋼管杭）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	43.5	442.5	0.10	解析ケース③
	引張応力度	63.4	442.5	0.15	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	36.9	442.5	0.09	解析ケース③
	引張応力度	52.1	442.5	0.12	解析ケース③

#### せん断照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	535.9	5303.9	0.11	解析ケース③
	堤軸直交方向	830.7	3124.9	0.27	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	594.7	5303.9	0.12	解析ケース③
	堤軸直交方向	615.4	3026.2	0.21	解析ケース③



巻立て鉄筋コンクリート（南北両基礎の東側部端部の配筋図）

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ④杭頭接合部

#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	照査断面	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	109.6	600.0	0.19	解析ケース③
		Con圧縮応力度	1.1	24.0	0.05	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	111.4	600.0	0.19	解析ケース③
		Con圧縮応力度	3.4	24.0	0.15	解析ケース③
南基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	100.9	600.0	0.17	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.9	24.0	0.04	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	92.1	600.0	0.16	解析ケース③
		Con圧縮応力度	3.0	24.0	0.13	解析ケース③

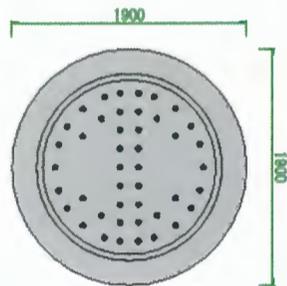


図-1 仮想RC断面  
(鋼管杭頭部)

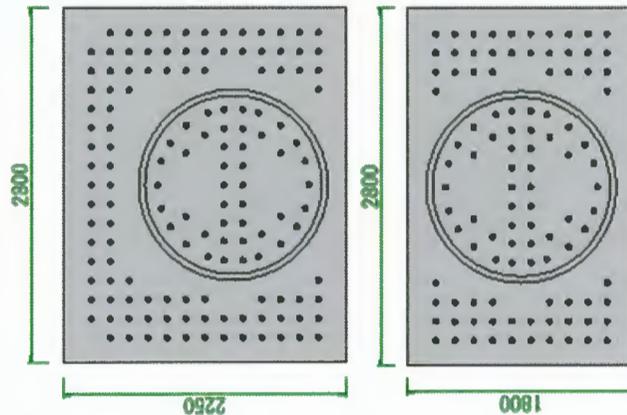
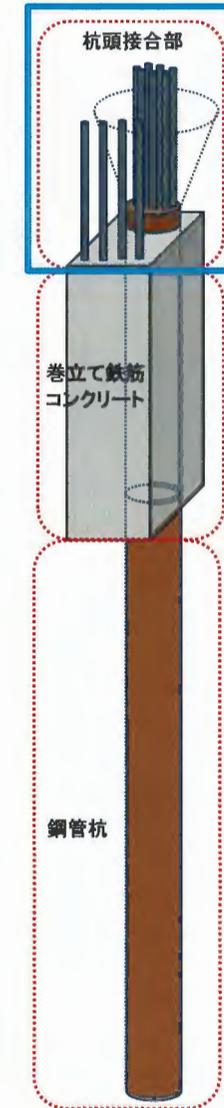


図-2 仮想RC断面  
(巻立てRC部)



# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 1) 下部工の照査結果

### ⑤頂版鉄筋コンクリート

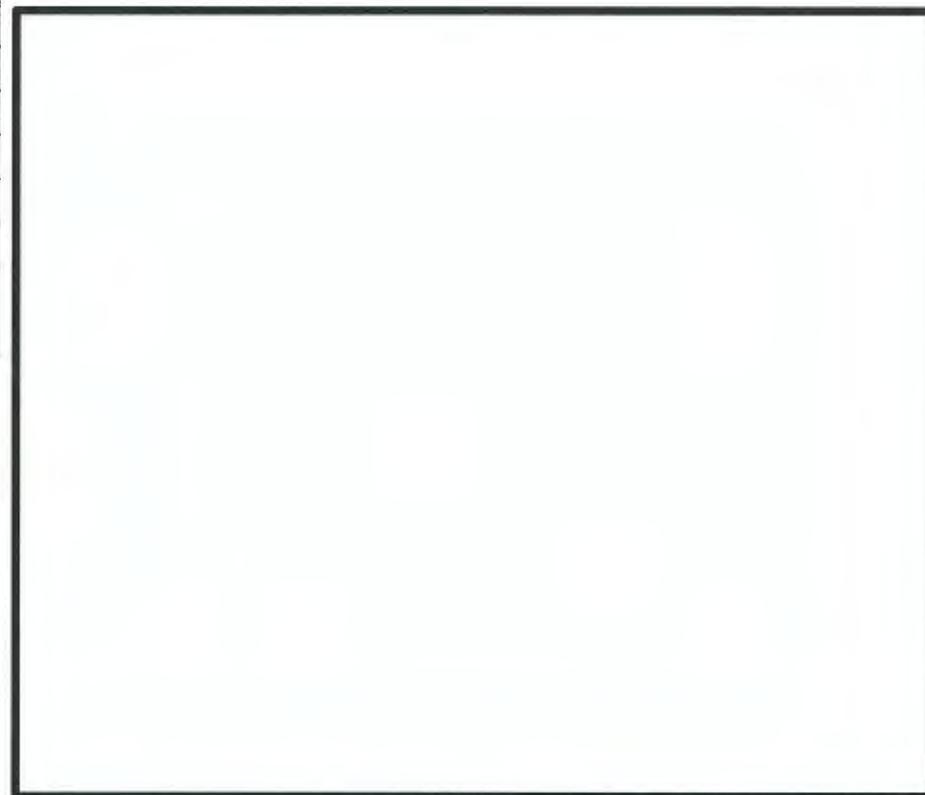
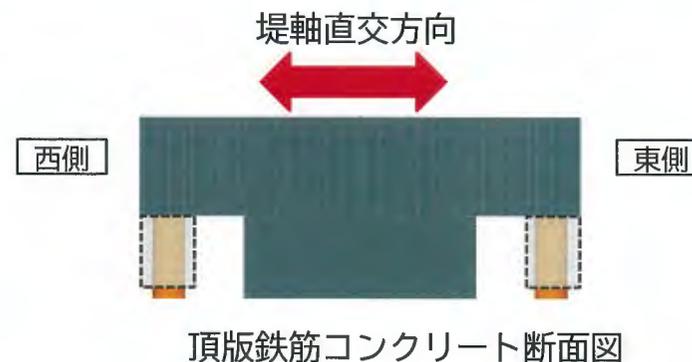
#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	13.1	435.0	0.04	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	31.3	435.0	0.08	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.9	24.0	0.04	解析ケース③
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	84.0	435.0	0.20	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	353.2	435.0	0.82	解析ケース③
		Con圧縮応力度	6.3	24.0	0.27	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	7.0	435.0	0.02	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	23.9	435.0	0.06	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.6	24.0	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	78.8	435.0	0.19	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	305.3	435.0	0.71	解析ケース③
		Con圧縮応力度	6.0	24.0	0.25	解析ケース③

#### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	5507	34370	0.17	解析ケース③
	堤軸直交方向-西側	100732	419676	0.25	解析ケース③
	堤軸直交方向-東側	116157	442914	0.27	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	6277	34370	0.19	解析ケース③
	堤軸直交方向-西側	71186	419676	0.17	解析ケース③
	堤軸直交方向-東側	101572	442914	0.23	解析ケース③



頂版鉄筋コンクリート配筋図 (南基礎)

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

## 2) 上部工の照査結果

鋼製防護壁・中詰め鉄筋コンクリート・アンカーボルトの照査結果

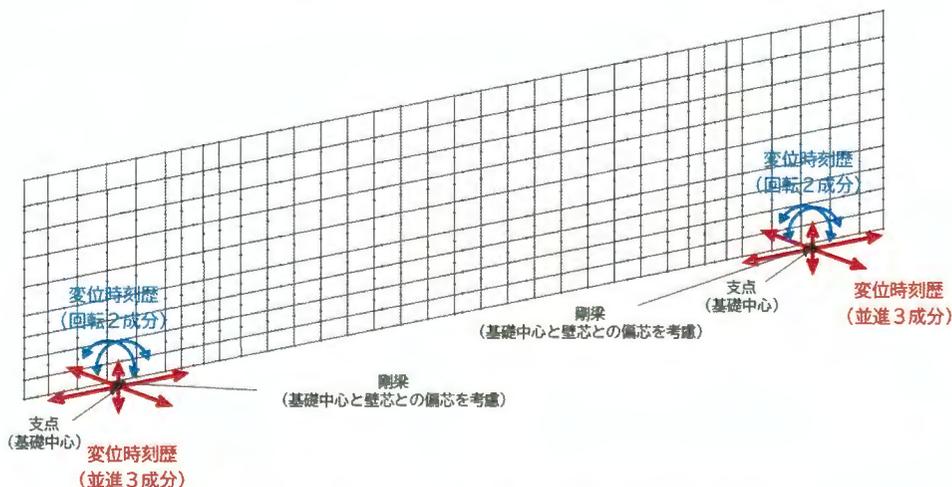
南北基礎相対変位

断面方向	変位成分	既工認	工認設計モデル
堤軸方向	水平相対変位 (mm)	4.6	4.3
	鉛直相対変位 (mm)	29.2	17.3
堤軸直交方向	水平相対変位 (mm)	356.4	221.6
	鉛直相対変位 (mm)	12.0	19.7

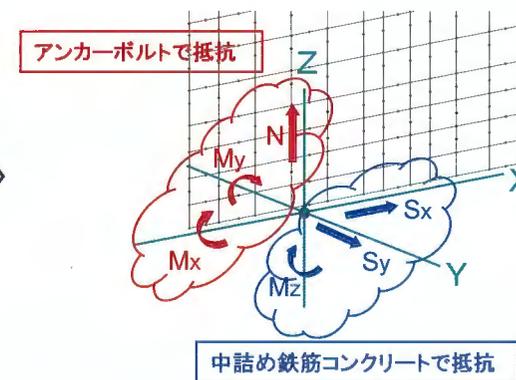
上部工の発生応力や接合部の発生断面力は、地震応答解析（2次元FLIP）で得られる基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、その大きさは南北基礎との接合部における相対変位に依存することになる。

南北基礎の相対変位量は、既工認の値をほとんどの成分で大きく下回っていることから構造成立に問題は無いと判断される。

堤軸直交方向の鉛直変位が若干上回っているものの、南北基礎の支点間距離65.1mに対しては7.7mm/65100mm≒0.012%程度と極微小であり、水平変位が135mm低減している効果が支配的になる。



上部工の部材断面力・基礎との接合部の反力を算出。



上部工の動的解析で得られる部材断面力ならびに基礎との接合部の反力に対して部材照査を実施

地震応答解析（2次元FLIP）で得られる基礎天端の変位時刻歴を入力として上部工の動的解析を実施

# 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

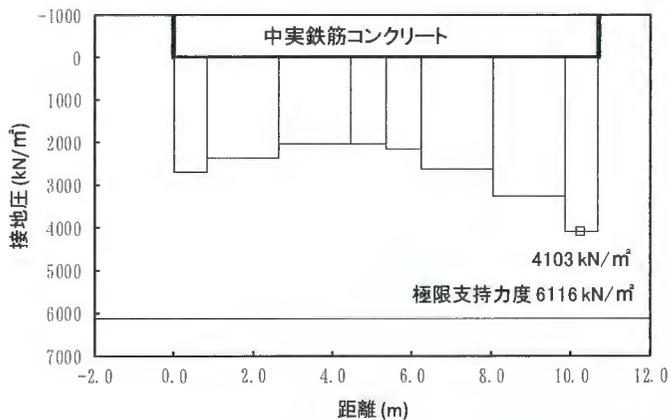
## 3) 基礎地盤の支持力照査結果

### ①中実鉄筋コンクリート部

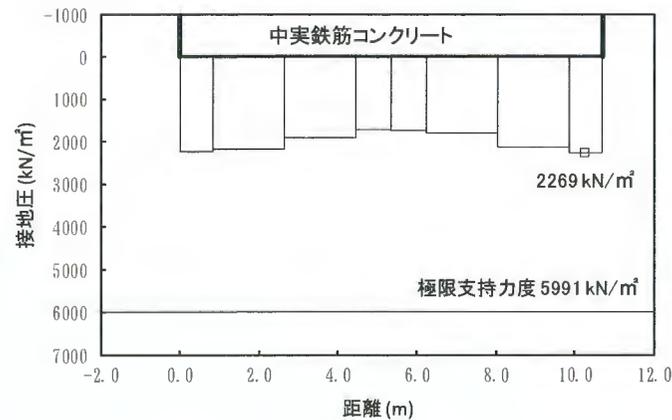
支持力照査

照査値は最大値を記載している。

	発生支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	4103	6116	0.68	解析ケース③
南基礎	2269	5991	0.38	解析ケース③

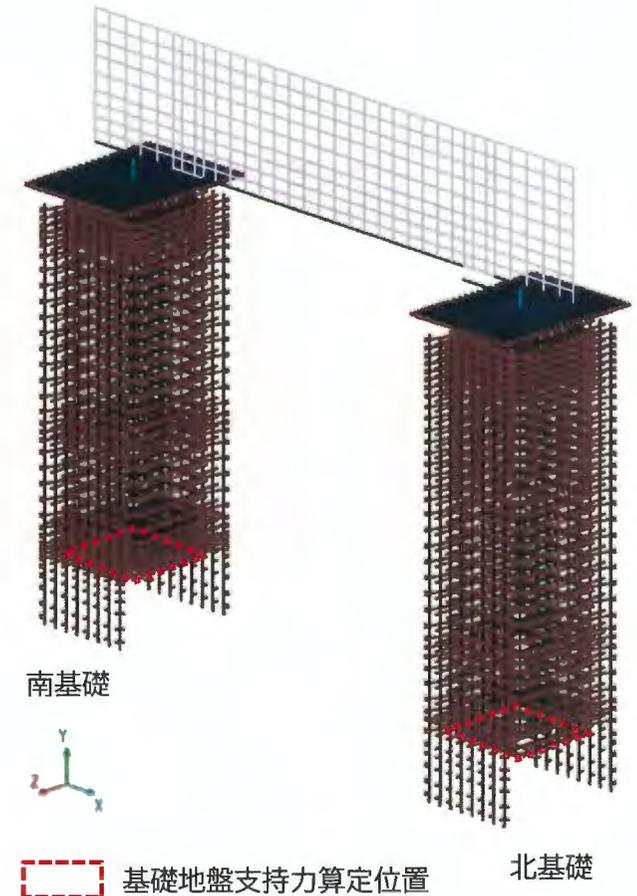


北基礎



南基礎

中実鉄筋コンクリート部の支持力分布図



南基礎

北基礎

地盤支持力算出位置

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

### 3) 基礎地盤の支持力照査結果

#### ②鋼管杭（鋼管杭単体での支持力照査）

##### 支持力照査

照査値は最大値を記載している。

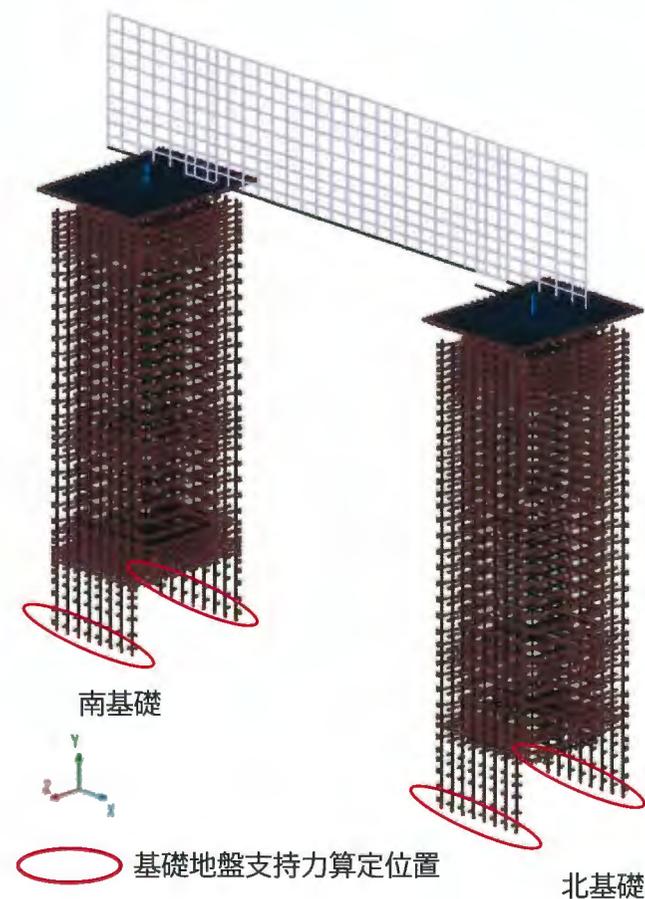
	発生支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	4224	6273	0.68	解析ケース③
南基礎	3935	6148	0.65	解析ケース③

鋼管杭（鋼管杭の群杭効果を考慮した仮想ケーソン断面とした  
ケース）

##### 支持力照査

	発生支持力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	44663	141999	0.32	解析ケース③
南基礎	41611	135638	0.31	解析ケース③

※周面摩擦力を考慮せず、鋼管杭先端の支持力に対する照査を実施



地盤支持力算出位置

## 4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価

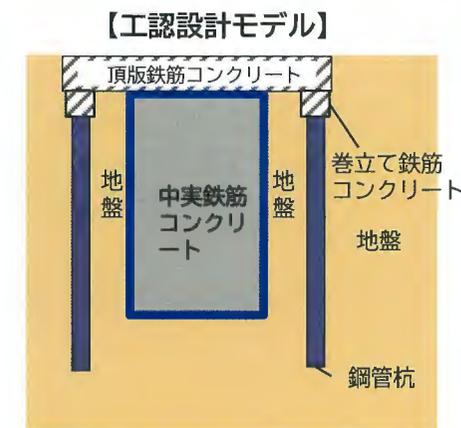
### (5) 評価結果のまとめ

#### 【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、構造が成立することを確認した。



---

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### (1) 地中連続壁部の残置影響評価に係る審査会合コメント

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。

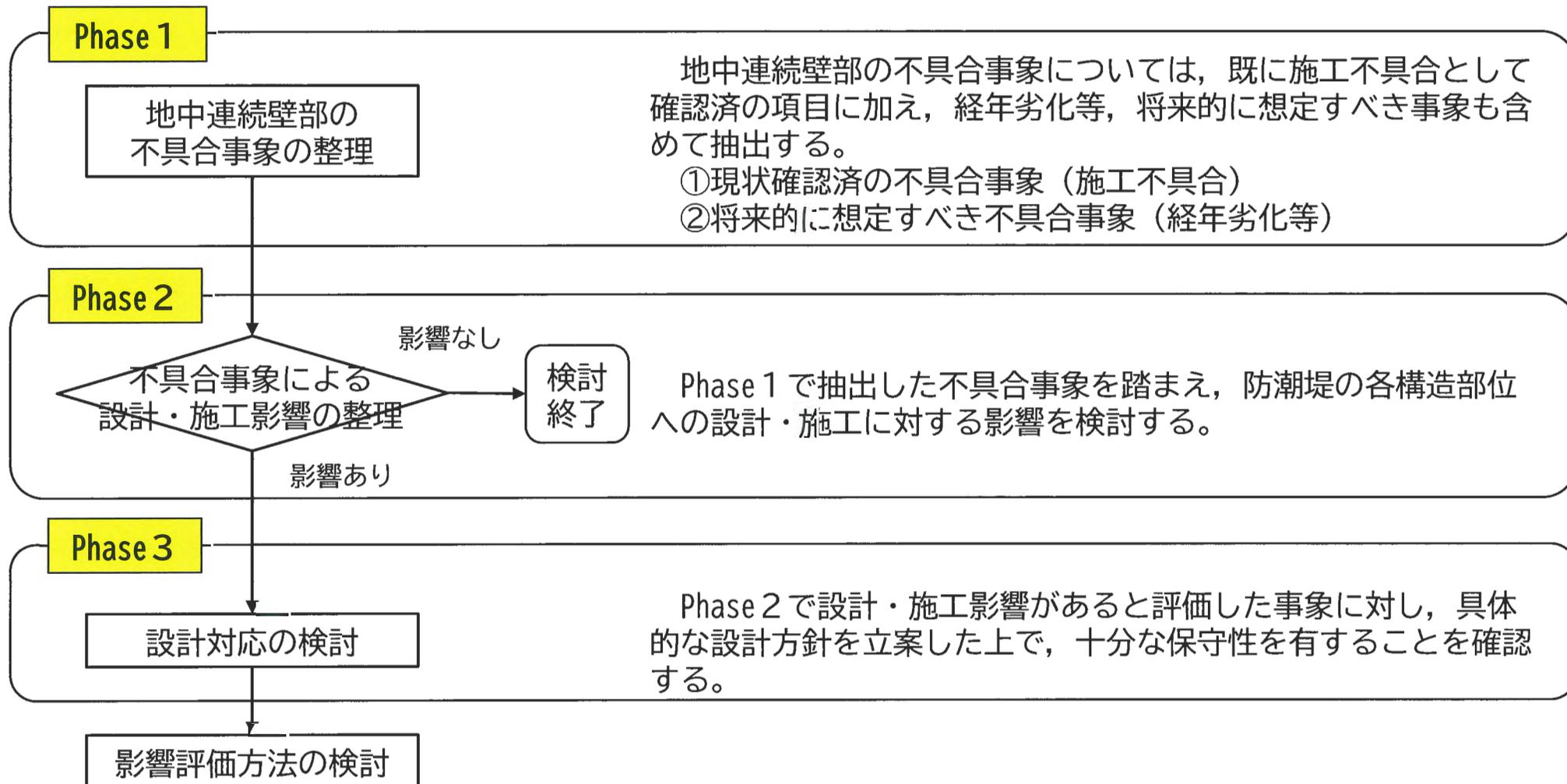
### 回答概要

No	回答概要
②, ③, ⑦, ⑩	<p>鋼製防護壁基礎のうち残置する“地中連続壁部”は、不具合の全容が把握できておらず、地震・津波荷重に対する耐力が期待できない可能性があるため、構造部材として考慮しないこととし、工認設計における解析評価では“地中連続壁部”を「地盤」としてモデル化した（【工認設計モデル】による評価）。</p> <p>ただし、不具合が確認された“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”を健全な「鉄筋コンクリート」としてモデル化し、上部工・下部工・接合部への影響を網羅的に確認した。</p> <p>更に、中実鉄筋コンクリートの設計については、「地中連続壁部が健全」な状態として「中実鉄筋コンクリート部+地中連続壁部」に発生する断面力を、残置する地中連続壁部に期待せず、中実鉄筋コンクリートのみに負担させる設計を成立させることで、中実鉄筋コンクリートが十分な保守性（網羅性）を有する設計とした（「残置影響評価」モデルによる評価）。</p> <p>なお、上記の両極端の2つの評価（“地中連続壁部”を「地盤」としてモデル化した評価，“地中連続壁部”を健全な「鉄筋コンクリート」としてモデル化した評価）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。</p> <p>上記の評価結果から、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。</p>

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### (2) 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。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。



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## (3) 地中連続壁部の不具合事象の整理

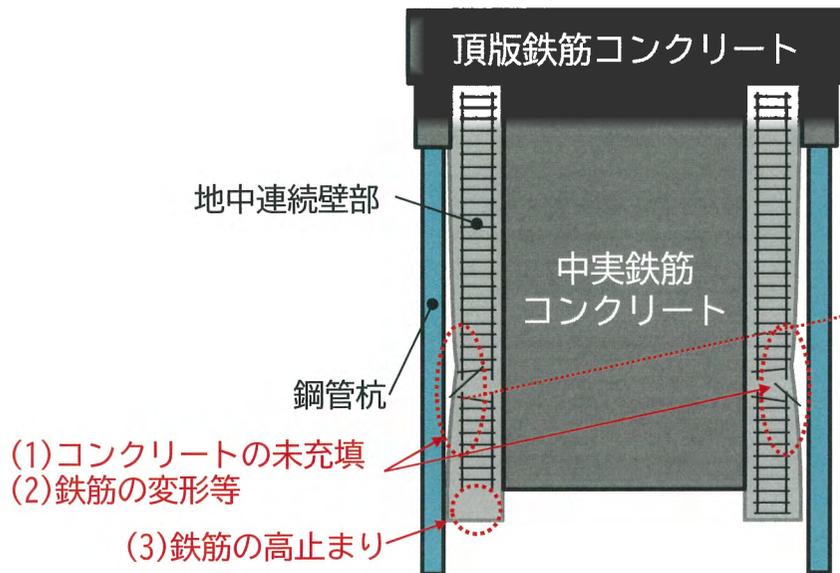
### Phase 1

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。

- ①現状確認済の不具合事象（施工不具合）
- ②将来的に想定すべき不具合事象（経年劣化等）

#### ①現状確認済の不具合事象（施工不具合）

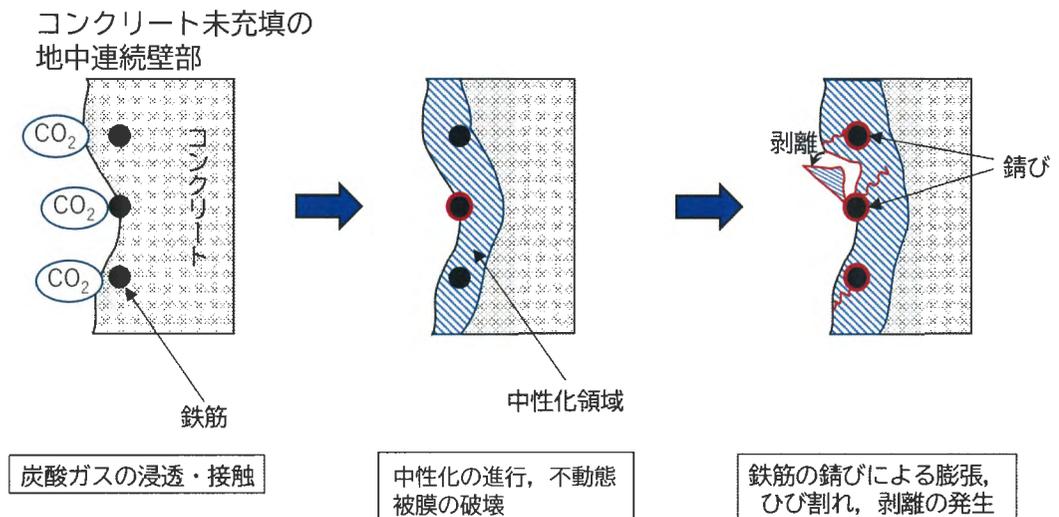
- (1) コンクリートの未充填
- (2) 鉄筋の変形等※1 ※1 鉄筋の破断や脱落
- (3) 鉄筋の高止まり



①現状確認済の不具合事象（施工不具合）イメージ図  
(現状、鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)

#### ②将来的に想定すべき不具合事象（経年劣化等）

- (1) 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）
- (2) 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）



②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

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

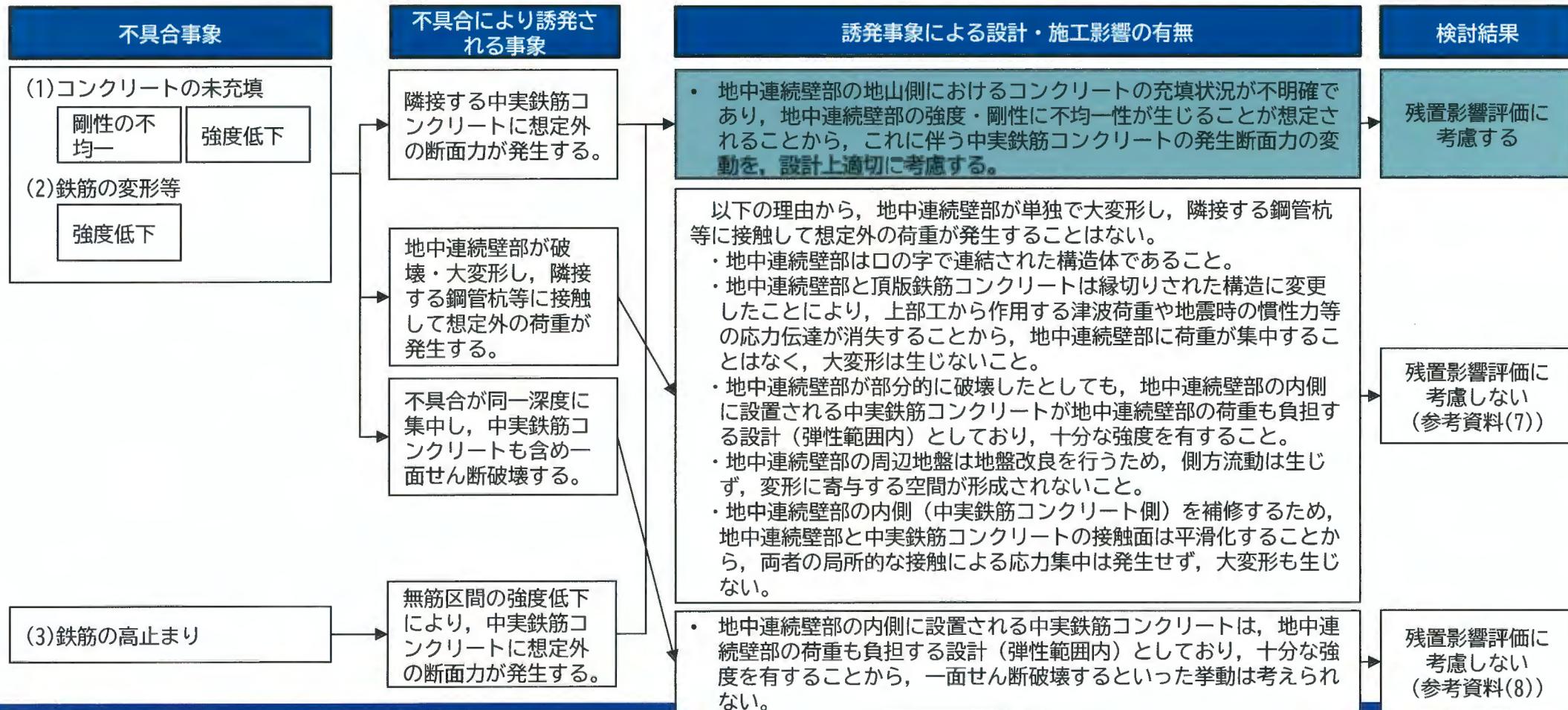
## (4) 不具合事象による設計・施工影響の整理 (1/2)

### 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。

#### ①現状確認済の不具合事象（施工不具合）

(1) コンクリートの未充填, (2) 鉄筋の変形等, (3) 鉄筋の高止まり



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## (4) 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。

#### ②将来的に想定すべき不具合事象（経年劣化等）

- (1) 経年劣化（コンクリートの中酸化・塩分の浸透・凍結融解作用，鉄筋の腐食）
- (2) 工事への干渉（鋼管杭や地盤改良と露出鉄筋の干渉）

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
<p>(1) 経年劣化 （コンクリートの中酸化・塩分浸透・凍結融解作用，鉄筋の腐食）</p>	<p>地中連続壁部の施工不具合に伴うコンクリートの中酸化等による経年劣化や鉄筋の腐食・膨張により，コンクリートにひび割れや剥離が発生し，隣接する中実鉄筋コンクリートにも伝播する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリートの中酸化及び塩分浸透：地中連続壁部は地中構造物であるため，二酸化炭素，塩化物イオン及び酸素の供給が大気中より小さく，環境条件的に劣化の可能性は低い。</li> <li>・ 凍結融解作用：鉄筋コンクリート工事の凍害危険度の分布図では，茨城県の沿岸部は凍害危険度が区分対象外である。</li> <li>・ 鉄筋の腐食：水と酸素の供給が腐食の要因となるが，地下水中の溶存酸素量は大気中に比べごく小さく，地下水位以下にある地中連続壁部の鉄筋の腐食の可能性は低い。</li> <li>・ また，中実鉄筋コンクリートは地中連続壁部と密接しているものの独立した構造として，接触面から鉄筋まで十分な被りを確保していることから，地中連続壁部においてひび割れや腐食を仮定したとしても，中実鉄筋コンクリートが経年劣化することはない。 以上より，本事象による設計・施工影響はないと判断できる。</li> </ul>	<p>残置影響評価に考慮しない （参考資料(9)）</p>
<p>(2) 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）</p>	<p>地山側に露出した鉄筋が，新たに計画している鋼管杭や地盤改良施工と干渉する。</p>	<p>新設する鋼管杭と地中連続壁部との間に，応力集中の原因となる局所的な接触が予め発生しないように配慮した以下の設計・施工を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新設する鋼管杭と地中連続壁部との間は，30cm程度の離隔を確保する。</li> <li>・ 鋼管杭打設前に均質置換土にて打設位置の置換を実施するため，鉄筋が変形・脱落していても，この置換のための掘削にて撤去する。</li> <li>・ 地盤改良（セメント系）は改良範囲を掘削・置換することから，鉄筋が改良範囲にて発見されても撤去する。</li> <li>・ 地盤改良（薬液注入）は，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。 以上より，本事象による設計・施工影響はないと判断できる。</li> </ul>	<p>残置影響評価に考慮しない （参考資料(10)）</p>

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## (5) 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。

#### 本件を踏まえた設計方針

#### 【工認設計】

- 防潮堤（鋼製防護壁）の再設計においては、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てモデル化する。→右図の赤枠を参照

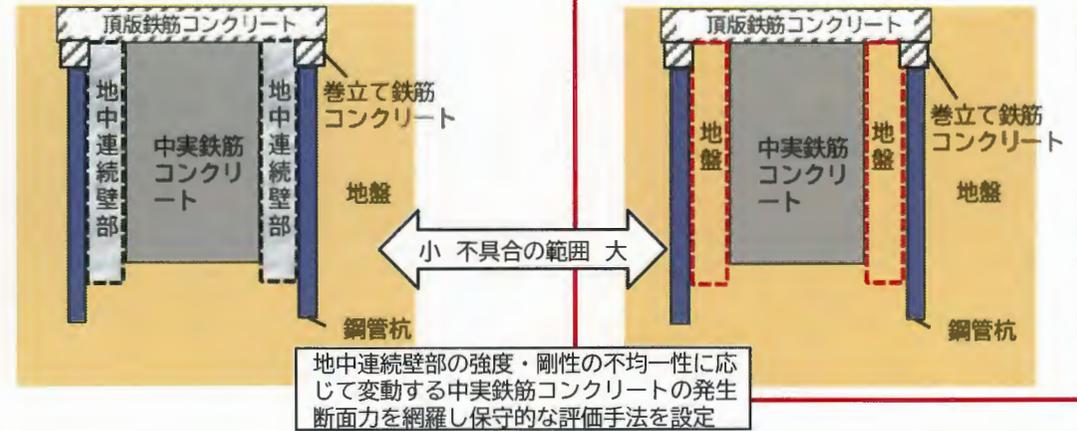
#### 【地中連続壁部の残置影響評価】

- 一方、中実鉄筋コンクリートの発生断面力は、地中連続壁部の強度・剛性の不均一性に依りて変動することから、この変動を網羅して保守的な評価を実施するため、地中連続壁部が耐力を発揮し荷重を負担する「地中連続壁部が健全である」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。→右図の青枠を参照

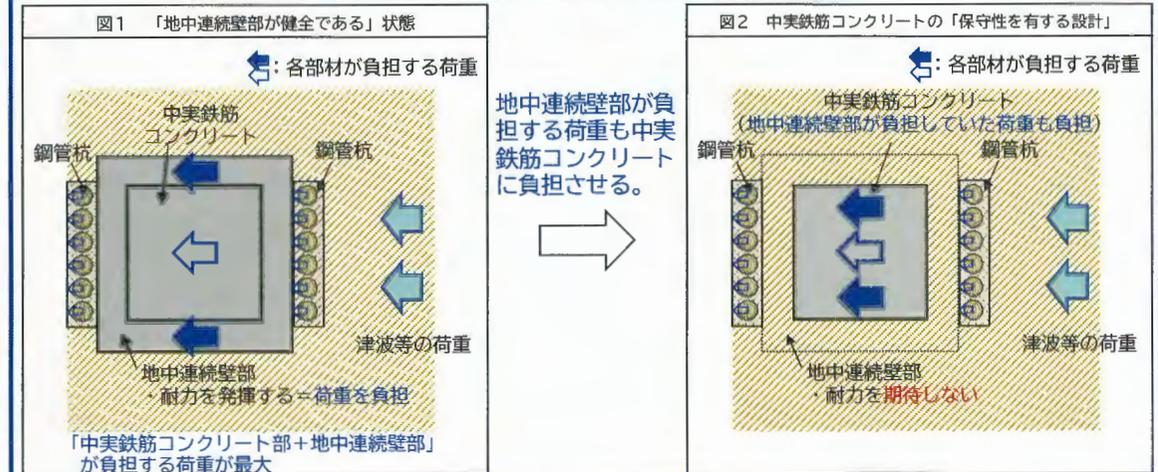
### 地中連続壁部の強度・剛性の不均一性に依りて下部工のモデル化

①地中連続壁部を強度・剛性の大きなコンクリートとして想定したモデル（地中連続壁部が耐力を発揮し荷重を負担）

②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て想定したモデル（地中連続壁部の耐力を期待しない）



### 「残置影響評価モデル」

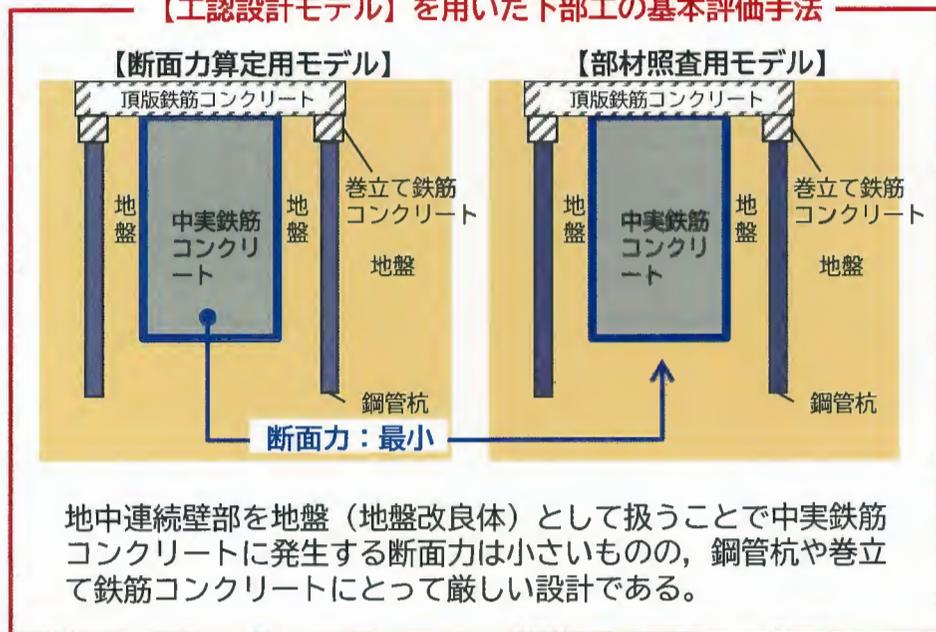


# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

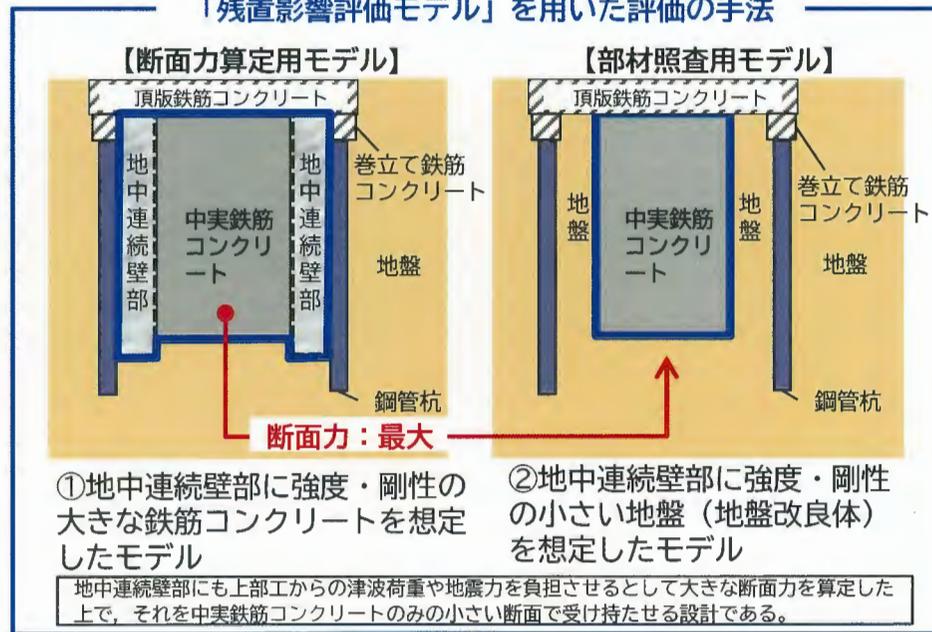
## (5) 設計対応の検討 (2/3)

残置する地中連続壁部に隣接する中実鉄筋コンクリートについては、前述した設計手法により、保守的な評価を実施することとなるが、本検討ではその保守性を確認するため、地中連続壁部の強度・剛性に不均一性を想定したモデルと中実鉄筋コンクリートにおける発生断面力の関係を整理した。

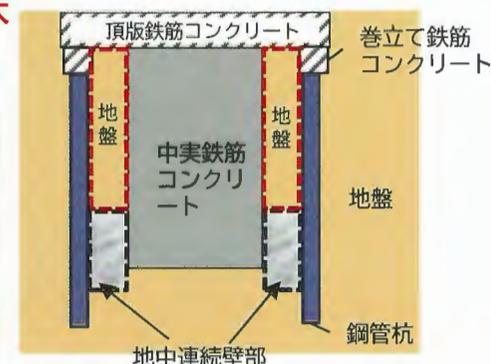
【工認設計モデル】を用いた下部工の基本評価手法



「残置影響評価モデル」を用いた評価の手法



- 中実鉄筋コンクリートの設計については、上記の両極端の2つの評価（“地中連続壁部”を「地盤」としてモデル化した評価，“地中連続壁部”の強度・剛性を考慮した「鉄筋コンクリート」としてモデル化した評価）を実施する。
- 一方で、両極端の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・剛性低下を考慮した場合（右図参照）の評価も行うこととする（保守的評価として局部的な応力集中が起こる事象を仮定する。具体的な確認方法は次頁）。



残置影響評価モデルのうち、「局部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

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

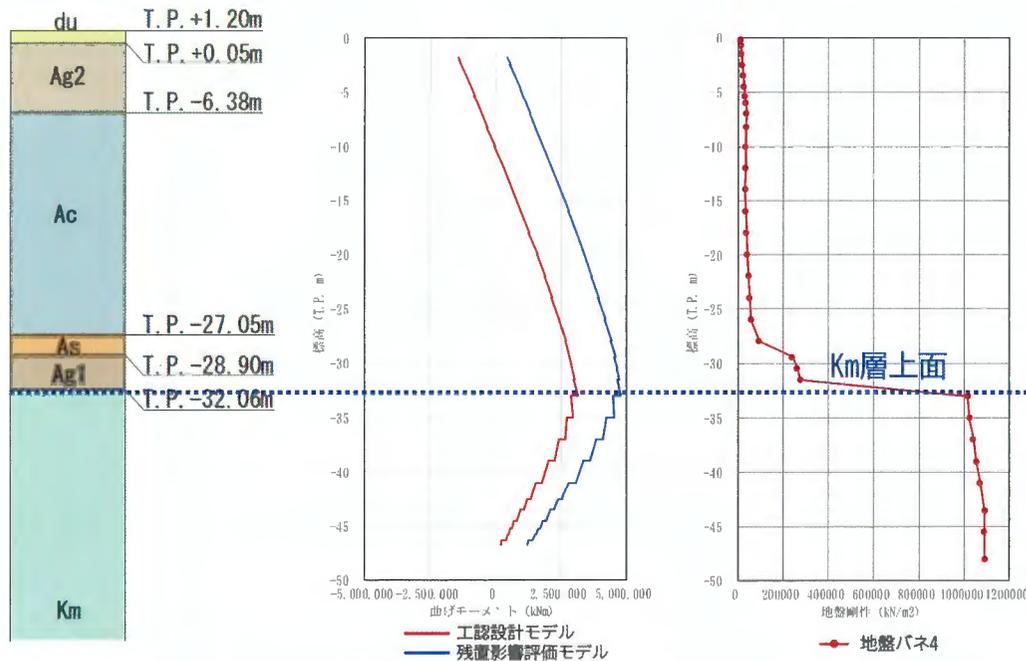
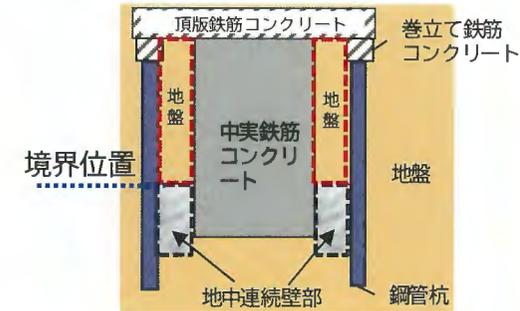
## (5) 設計対応の検討 (3/3)

### 【地中連続壁部の強度・剛性の低下範囲の設定】

保守的評価として、地中連続壁部の一部区間の強度・剛性低下により、中実鉄筋コンクリートに局所的な応力集中が起こる事象を仮定し、これが中実鉄筋コンクリートに及ぼす影響を確認するため、地中連続壁部を地盤として扱う区間と鉄筋コンクリートとして扱う区間を設定したケースを実施した。

上記の区間設定については、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（南基礎：Km層上面、北基礎：As層上面）とし、中実鉄筋コンクリートにとってより保守的な評価（局所的な応力集中する評価）となる設定とした。また、中実鉄筋コンクリートの曲げモーメントが最大となる地盤のばらつきケース（地盤バネ4）で評価した。

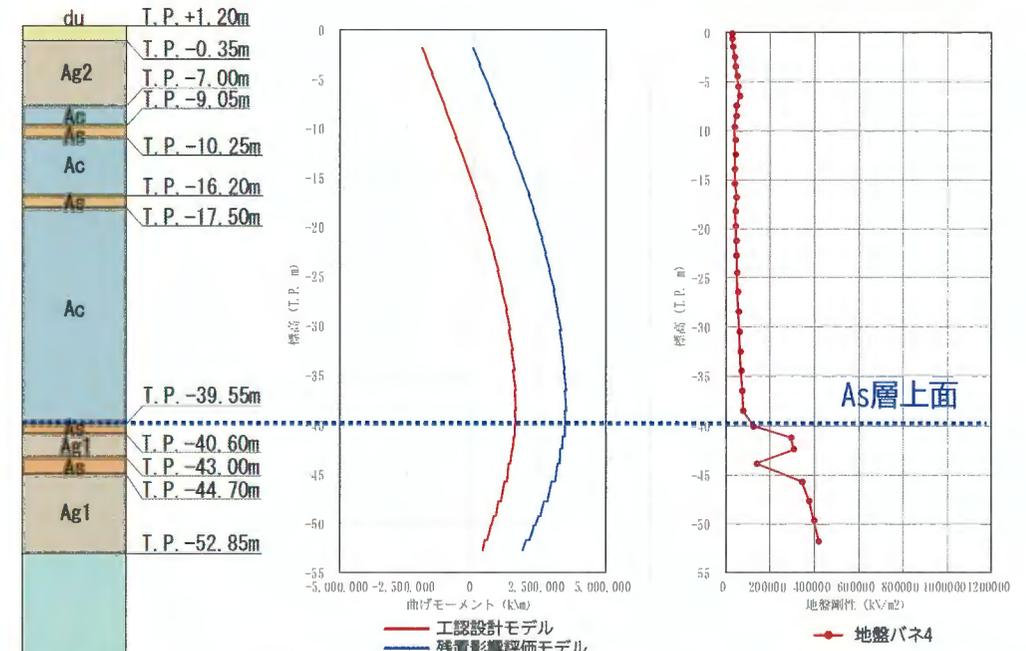
残置影響評価モデルのうち、「局所的な応力集中が起こる事象を仮定したモデル」イメージ図



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

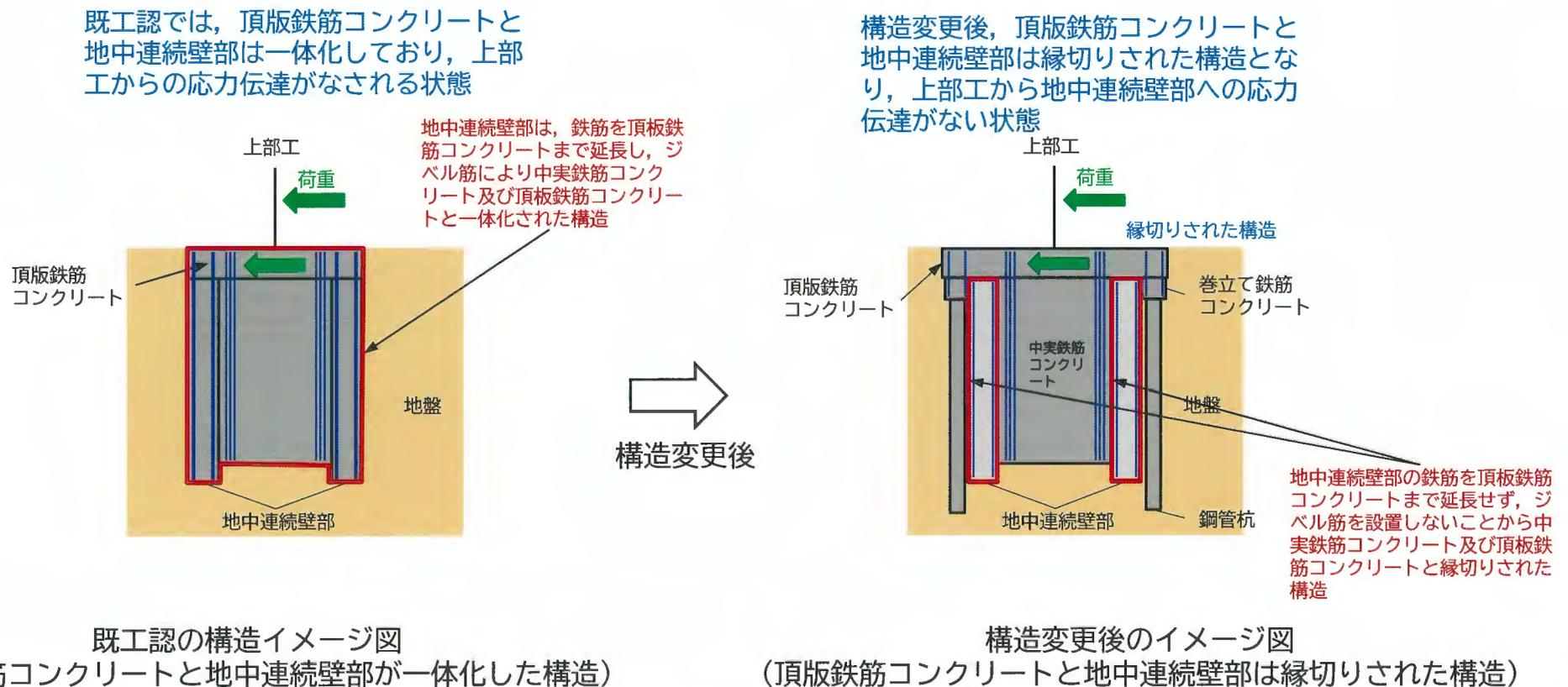
北基礎（中実鉄筋コンクリート）の断面力図  
（地盤バネ4）

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### (5) 設計対応の検討 (参考)

地中連続壁部と頂版鉄筋コンクリートは縁切りされた構造に変更したことにより、上部工から作用する津波荷重や地震時の慣性力等の応力伝達が消失することから、地中連続壁部に荷重が集中することはなく大変形は生じない。

また、構造変更後における地中連続壁部の残置影響評価においては、中実鉄筋コンクリート部を保守的な設計にて補強し、十分な安全性を確保する設計としている。



既工認の構造イメージ図  
(頂版鉄筋コンクリートと地中連続壁部が一体化した構造)

構造変更後のイメージ図  
(頂版鉄筋コンクリートと地中連続壁部は縁切りされた構造)

---

## (6) 耐津波設計の評価結果

### 【残置影響評価モデル】

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### (6) 耐津波設計の影響評価結果

#### 1) 下部工の照査結果

##### ①中実鉄筋コンクリート

##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	19.3	32.0	0.61	地盤バネ4
	鉄筋圧縮応力度	276.9	478.5	0.58	地盤バネ4
	鉄筋引張応力度	344.0	478.5	0.72	地盤バネ4
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	26.4	32.0	0.83	地盤バネ4
	鉄筋圧縮応力度	375.2	478.5	0.79	地盤バネ4
	鉄筋引張応力度	430.1	478.5	0.90	地盤バネ4

##### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	159016	229529	0.70	地盤バネ5
	堤軸直交方向	197607	229529	0.87	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	199903	234985	0.86	地盤バネ5
	堤軸直交方向	214281	222885	0.97	地盤バネ4



中実鉄筋コンクリート  
(北基礎の配筋図)

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### 1) 下部工の照査結果

#### ②鋼管杭

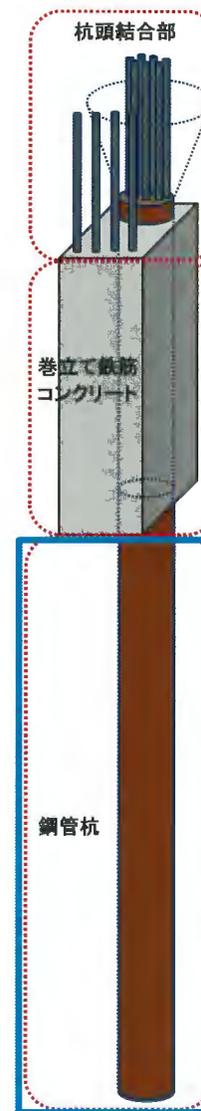
#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	275.3	500.0	0.56	地盤バネ5
	引張応力度	327.6	500.0	0.66	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	220.0	500.0	0.44	地盤バネ5
	引張応力度	257.5	500.0	0.52	地盤バネ5

#### せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	37.4	285.0	0.14	地盤バネ5
	堤軸直交方向	29.5	285.0	0.11	地盤バネ4
南基礎	堤軸方向	35.3	285.0	0.13	地盤バネ5
	堤軸直交方向	40.2	285.0	0.15	地盤バネ4



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

照査値は最大値を記載している。

## 1) 下部工の照査結果

### ③巻立て鉄筋コンクリート

#### 曲げ照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	鉄筋圧縮応力度	217.5	660.0	0.33	地盤バネ5
	鉄筋引張応力度	333.4	660.0	0.51	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	18.1	32.0	0.57	地盤バネ5
南基礎	鉄筋圧縮応力度	179.4	660.0	0.28	地盤バネ5
	鉄筋引張応力度	283.9	660.0	0.44	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	14.7	32.0	0.46	地盤バネ5

#### 曲げ照査（鋼管杭）

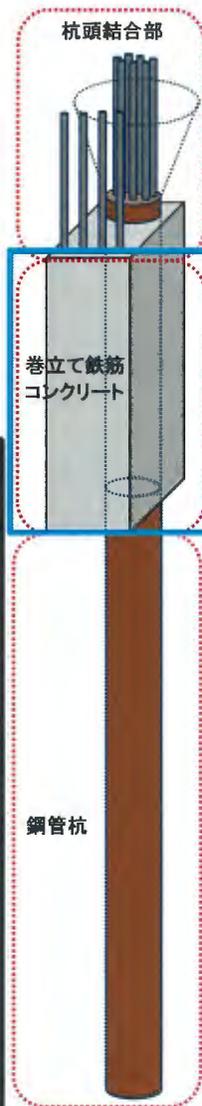
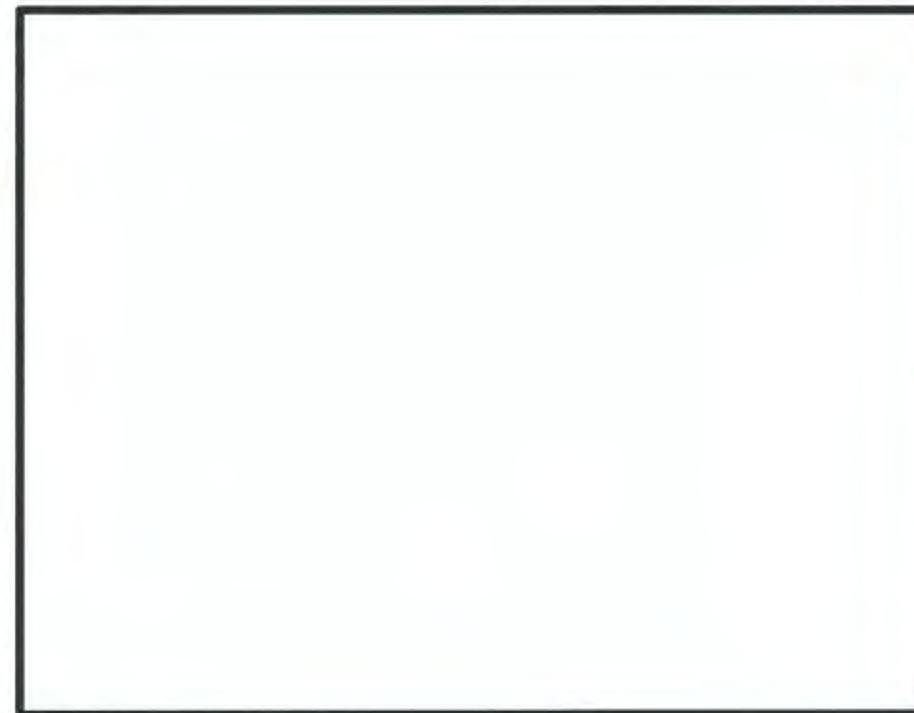
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	155.5	500.0	0.32	地盤バネ5
	引張応力度	242.8	500.0	0.49	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	127.7	500.0	0.26	地盤バネ5
	引張応力度	199.7	500.0	0.40	地盤バネ5

#### せん断照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	5794	11220	0.52	地盤バネ5
	堤軸直交方向	10611	18916	0.57	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	4481	11220	0.40	地盤バネ5
	堤軸直交方向	8563	18319	0.47	地盤バネ1

#### せん断照査（鋼管杭）

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	83.4	285.0	0.30	地盤バネ5
	堤軸直交方向	140.6	285.0	0.50	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	66.4	285.0	0.24	地盤バネ5
	堤軸直交方向	132.8	285.0	0.47	地盤バネ1



巻立て鉄筋コンクリート（南北両基礎の東側部端部の配筋図）

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 1) 下部工の照査結果

### ④杭頭接合部

曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	照査断面	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	426.7	660.0	0.65	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	10.4	32.0	0.33	地盤バネ5
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	509.9	660.0	0.78	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	22.2	32.0	0.70	地盤バネ5
南基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	294.2	660.0	0.45	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	8.4	32.0	0.27	地盤バネ5
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	430.4	660.0	0.66	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	18.0	32.0	0.57	地盤バネ5

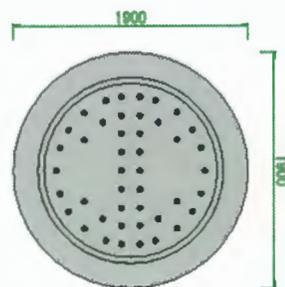


図-1 仮想RC断面  
(鋼管杭頭部)

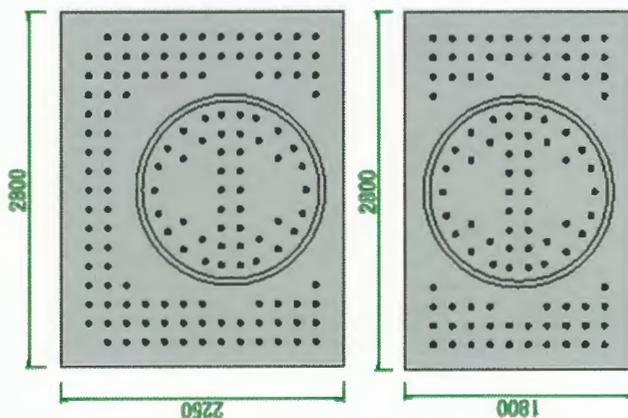
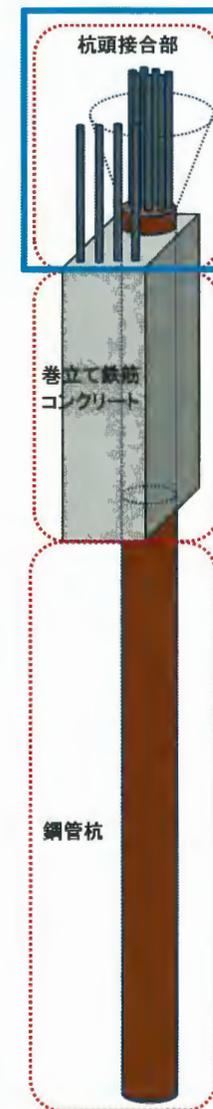


図-2 仮想RC断面  
(巻立てRC部)



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 1) 下部工の照査結果 ⑤頂版鉄筋コンクリート

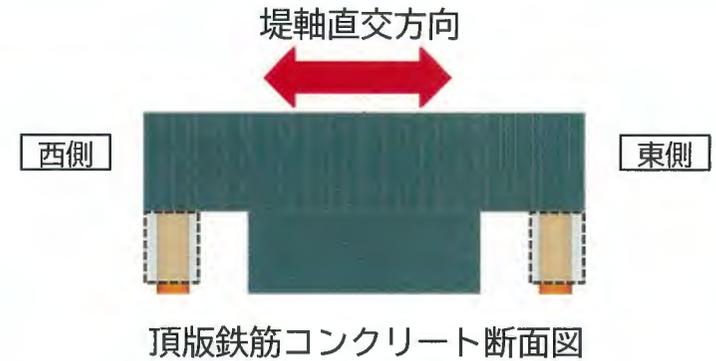
### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	62.4	478.5	0.14	地盤バネ5
		鉄筋引張応力度	301.1	478.5	0.63	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	5.0	32.0	0.16	地盤バネ5
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	182.3	478.5	0.39	地盤バネ5
		鉄筋引張応力度	273.3	478.5	0.58	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	13.8	32.0	0.44	地盤バネ5
南基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	59.9	478.5	0.13	地盤バネ5
		鉄筋引張応力度	273.5	478.5	0.58	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	4.8	32.0	0.15	地盤バネ5
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	128.3	478.5	0.27	地盤バネ4
		鉄筋引張応力度	191.7	478.5	0.41	地盤バネ5
		Con圧縮応力度	9.7	32.0	0.31	地盤バネ4

### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸及び堤軸直交方向合成-西側	17477	31712	0.56	地盤バネ5
	堤軸及び堤軸直交方向合成-東側	18247	31785	0.58	地盤バネ5
南基礎	堤軸及び堤軸直交方向合成-西側	17158	31712	0.55	地盤バネ5
	堤軸及び堤軸直交方向合成-東側	16224	31785	0.52	地盤バネ5

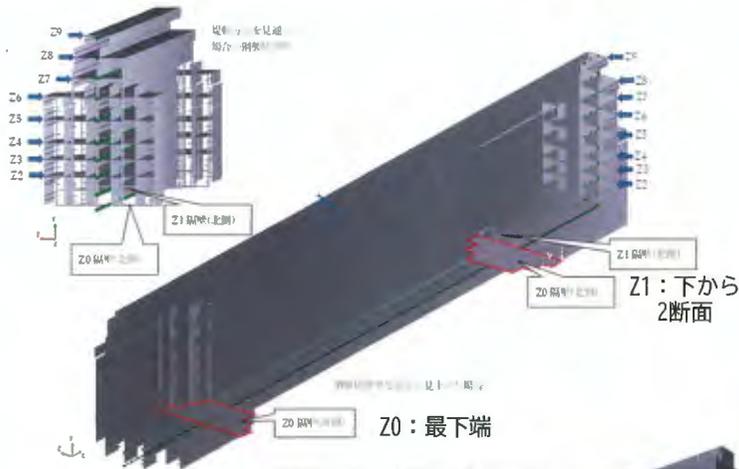


頂版鉄筋コンクリート配筋図 (南基礎)

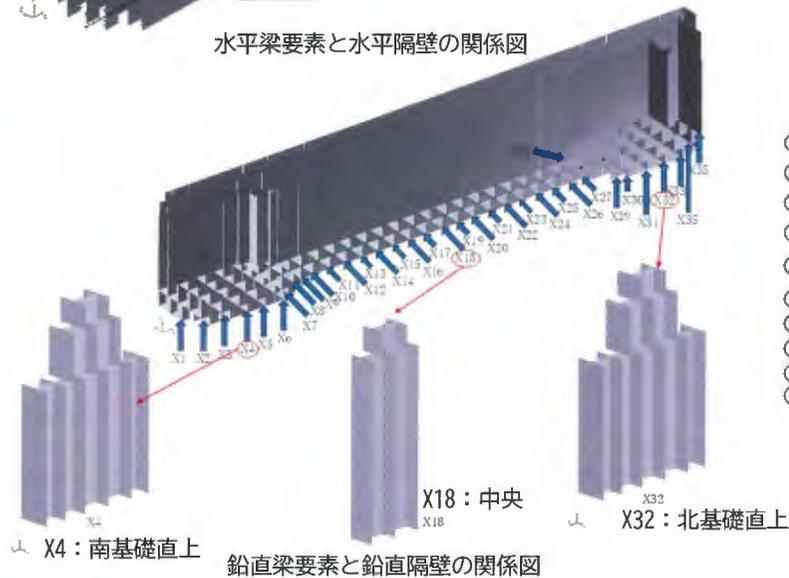
# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 2) 上部工の照査結果

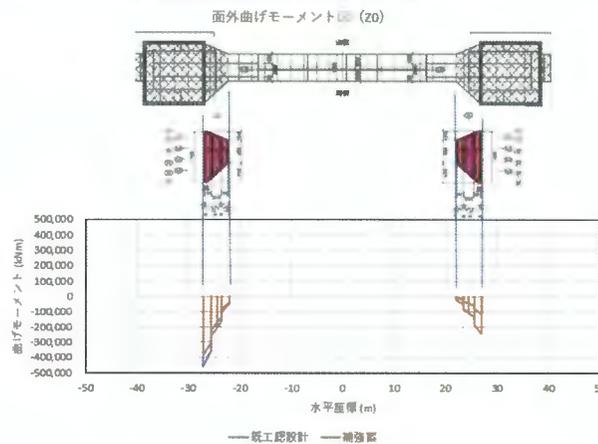
### ① 鋼製防護壁 (地盤バネ5)



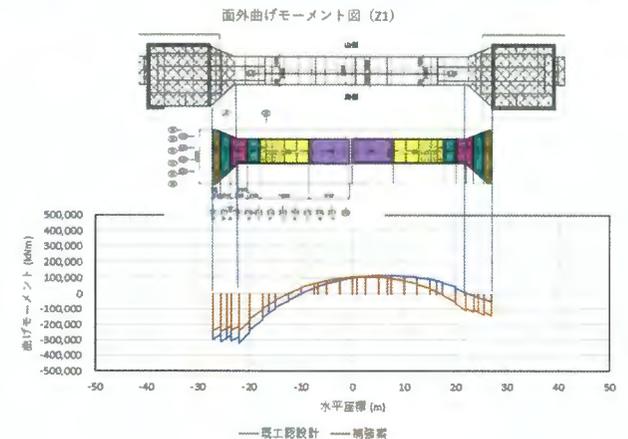
水平梁要素と水平隔壁の関係図



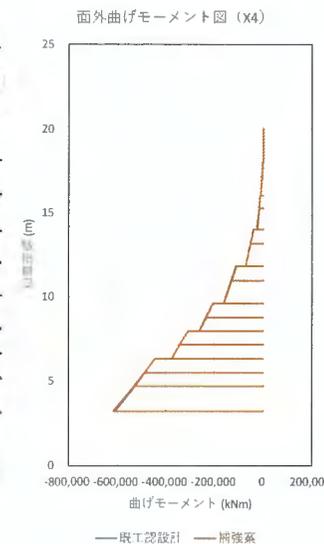
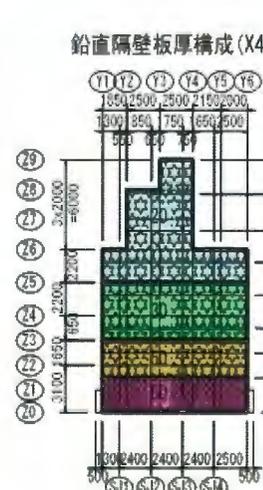
鉛直梁要素と鉛直隔壁の関係図



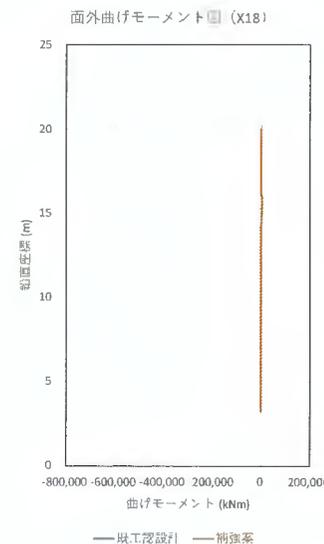
Z0: 最下端の水平梁の堤軸直交方向曲げモーメント図



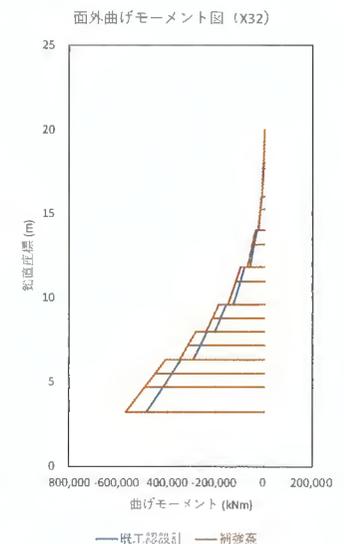
Z1: 下から2断面の水平梁の堤軸直交方向曲げモーメント図



X4: 南基礎直上



X18: 鋼製防護壁中央



X32: 北基礎直上

基礎直上及び中央の鉛直梁の堤軸直交方向曲げモーメント図

- 既工認では、南北基礎上端部のいずれか大きい方の断面力を用いて鋼製防護壁の部材の仕様を決定している。
- 鋼製防護壁において仕様が最も厳しい部位はZ0隔壁(水平梁)であり、最大板厚75mm及び最高材質SBHS700が必要になるが、当該部位において既工認の断面力を下回ることから、構造成立性を有すると判断した。

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

### 2) 上部工の照査結果

#### ②中詰め鉄筋コンクリート

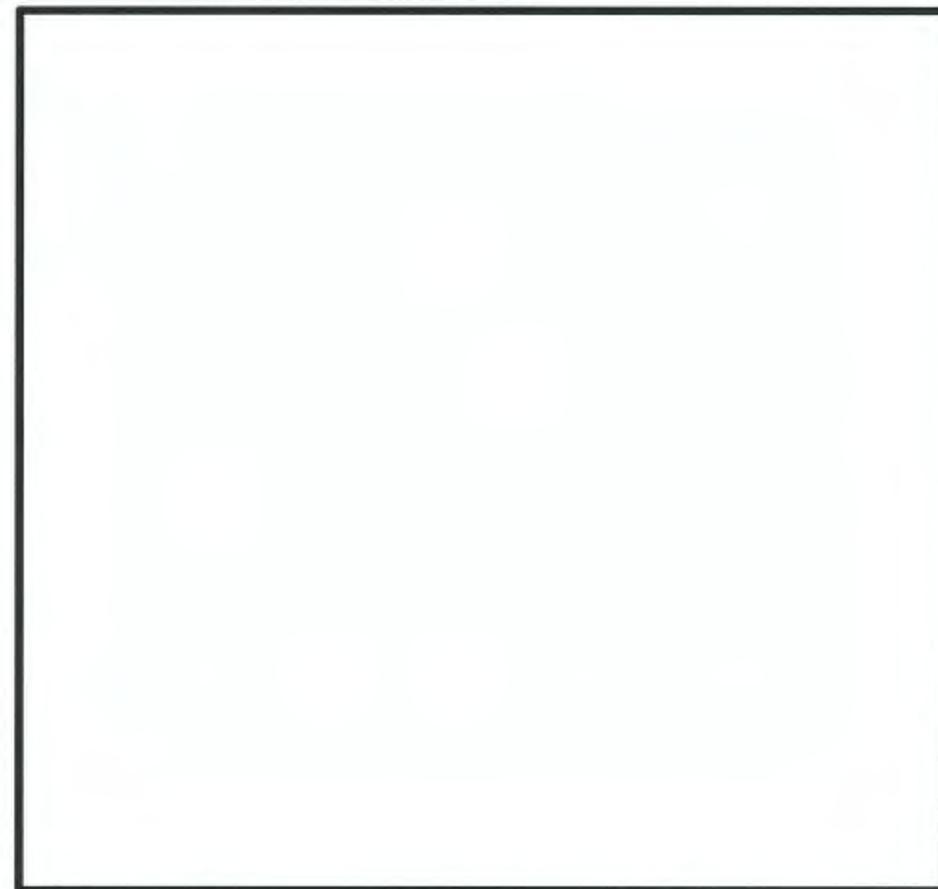
##### せん断照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	53763	252547	0.22	地盤バネ4
	堤軸直交方向	205261	252547	0.82	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	80859	252547	0.33	地盤バネ4
	堤軸直交方向	218542	252547	0.87	地盤バネ5

##### 水平回転モーメント

	作用方向	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	水平鉄筋	250.1	478.5	0.53	地盤バネ3
	鉛直鉄筋	143.9	478.5	0.31	地盤バネ3
南基礎	水平鉄筋	322.7	478.5	0.68	地盤バネ5
	鉛直鉄筋	185.6	478.5	0.39	地盤バネ5



中詰め鉄筋コンクリート配筋図 (北基礎)

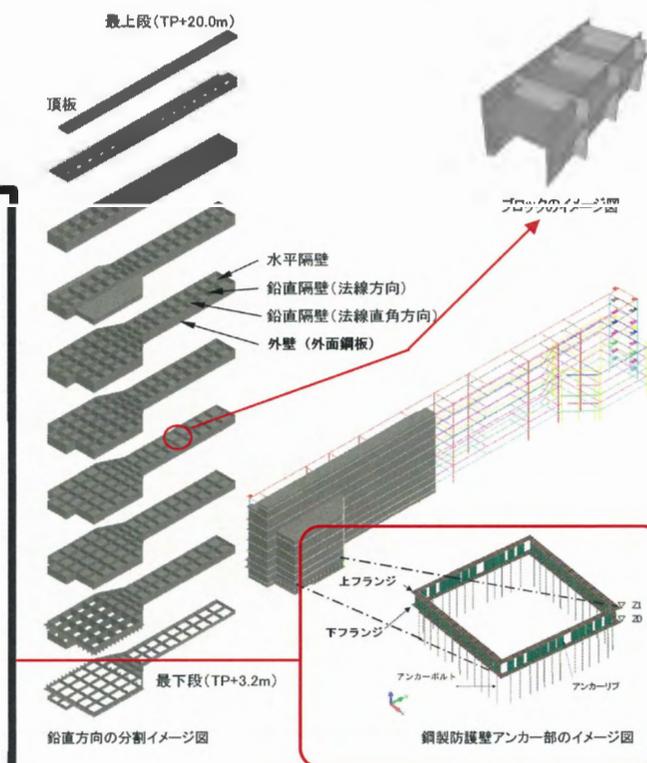
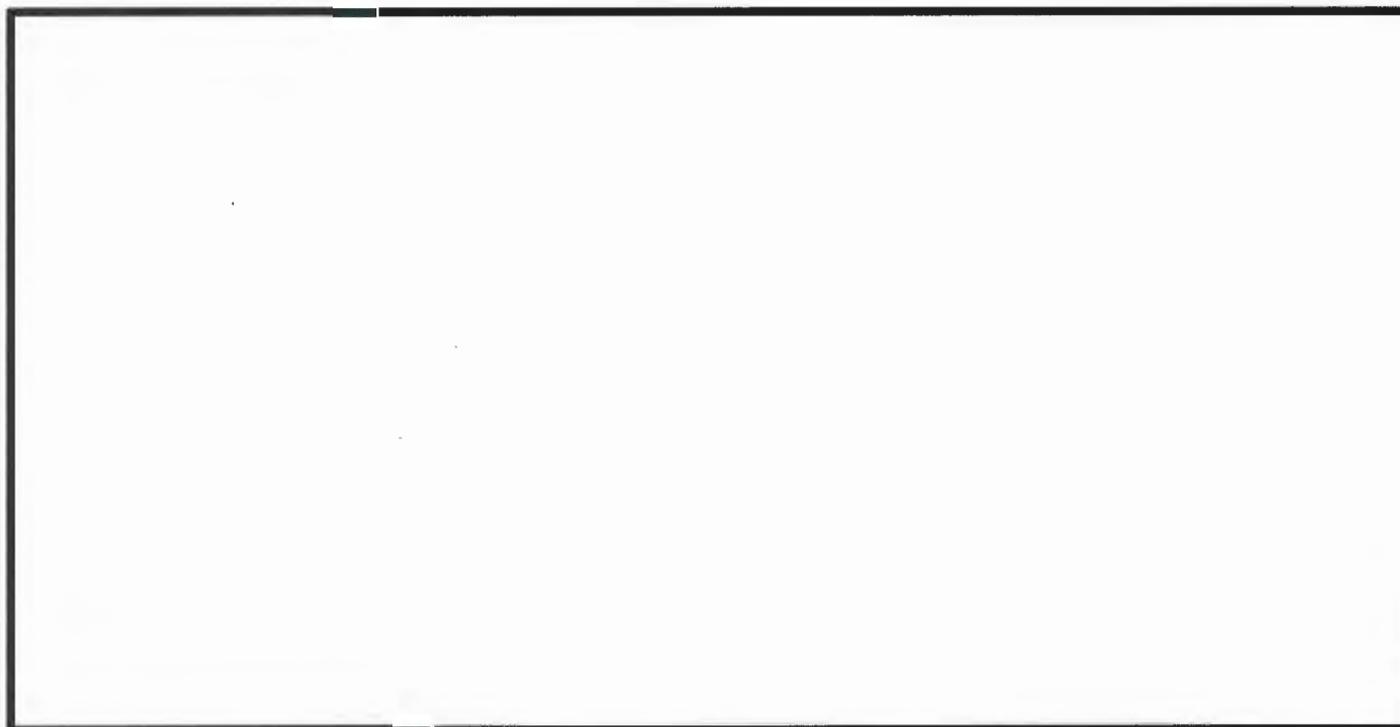
# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 3) 接合部の照査結果

### ①アンカーボルト

#### 引張応力度照査

	作用方向	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	15.3	355.0	0.05	地盤バネ5
	堤軸直交方向	194.4	355.0	0.55	地盤バネ3
南基礎	堤軸方向	100.6	355.0	0.29	地盤バネ5
	堤軸直交方向	209.4	355.0	0.59	地盤バネ5



## 5. 地中連続壁部の残置影響評価

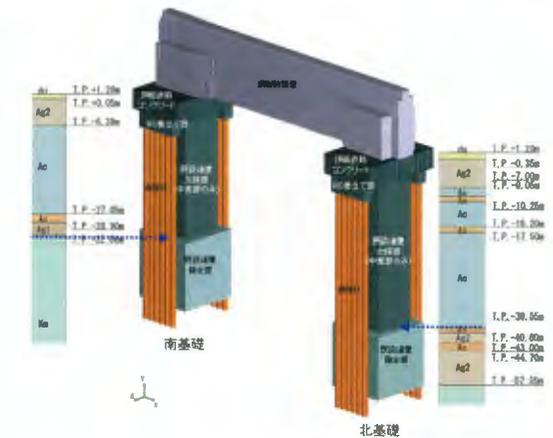
### (6) 耐津波設計の影響評価結果（局所的な応力集中が起こる事象を仮定したモデル）

#### 1) 中実鉄筋コンクリートの照査

##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

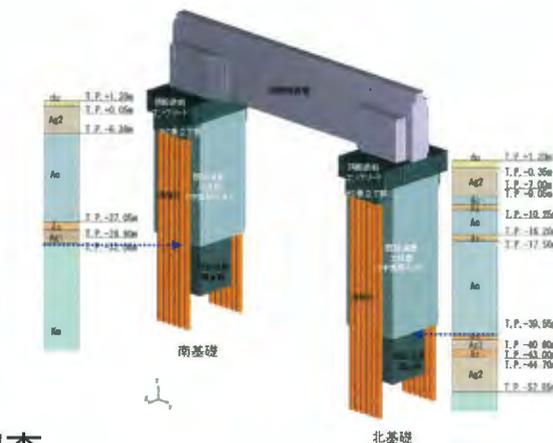
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	16.8	32.0	0.53	地盤バネ4 欠損ケース2
	鉄筋圧縮応力度	241.9	478.5	0.51	地盤バネ4 欠損ケース2
	鉄筋引張応力度	292.8	478.5	0.62	地盤バネ4 欠損ケース2
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	20.7	32.0	0.65	地盤バネ4 欠損ケース2
	鉄筋圧縮応力度	294.7	478.5	0.62	地盤バネ4 欠損ケース2
	鉄筋引張応力度	329.9	478.5	0.69	地盤バネ4 欠損ケース2



部分欠損ケース1

##### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	143201	229529	0.63	地盤バネ4 欠損ケース1
	堤軸直交方向	185490	229529	0.81	地盤バネ4 欠損ケース1
南基礎	堤軸方向	165471	234985	0.71	地盤バネ4 欠損ケース1
	堤軸直交方向	212691	234985	0.91	地盤バネ4 欠損ケース1



部分欠損ケース2

地中連続壁部の部分欠損を考慮したモデルによる中実鉄筋コンクリートの照査の結果、いずれの最大照査値も、地中連続壁部が健全であるモデルによる照査結果（75p）を下回り、中実鉄筋コンクリートへの影響はないことを確認した。

---

## (7) 耐震設計の評価結果

### 【残置影響評価モデル】

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価結果

### (7) 耐震設計の影響評価結果

#### 1) 下部工の照査結果

##### ①中実鉄筋コンクリート

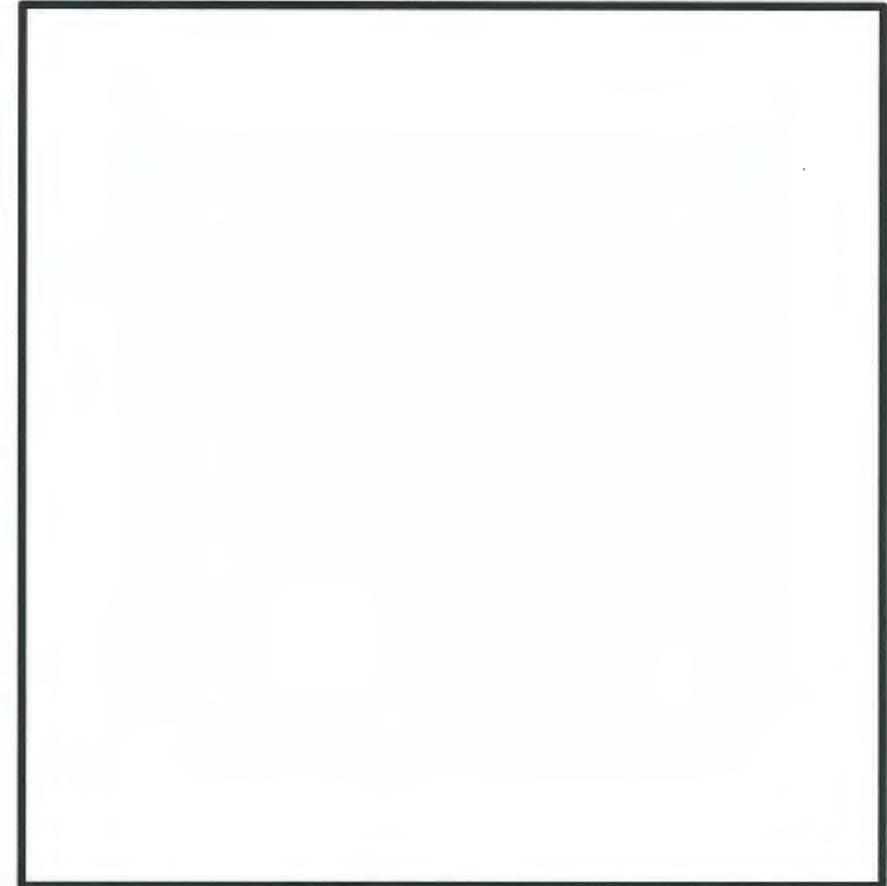
##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	Con曲げ圧縮応力度	9.3	24.0	0.39	解析ケース③
	鉄筋圧縮応力度	134.7	435.0	0.31	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	167.1	435.0	0.39	解析ケース③
南基礎	Con曲げ圧縮応力度	9.0	24.0	0.38	解析ケース③
	鉄筋圧縮応力度	130.4	435.0	0.30	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	119.8	435.0	0.28	解析ケース③

##### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	132531	195847	0.68	解析ケース③
	堤軸直交方向	123787	195847	0.64	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	202321	221969	0.92	解析ケース③
	堤軸直交方向	158871	217138	0.74	解析ケース③



中実鉄筋コンクリート  
(北基礎の配筋図)

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価結果

### 1) 下部工の照査結果

#### ②鋼管杭

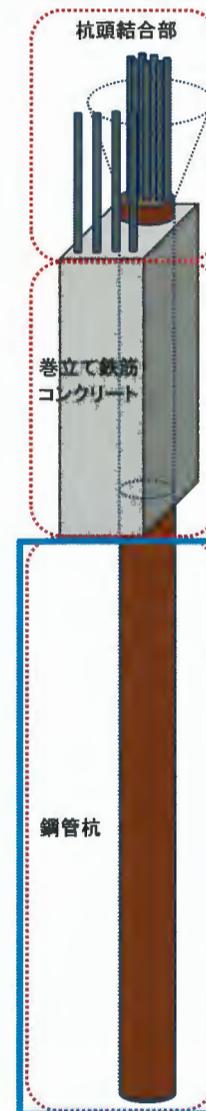
##### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	193.7	442.5	0.44	解析ケース③
	引張応力度	91.1	442.5	0.21	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	102.0	442.5	0.24	解析ケース③
	引張応力度	66.7	442.5	0.16	解析ケース③

##### せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	2.0	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	14.6	255.0	0.06	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	2.4	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	9.0	255.0	0.04	解析ケース③



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

照査値は最大値を記載している。

## 1) 下部工の照査結果

### ③巻立て鉄筋コンクリート

#### 曲げ照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	鉄筋圧縮応力度	39.2	600.0	0.07	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	33.5	600.0	0.06	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.8	24.0	0.12	解析ケース③
南基礎	鉄筋圧縮応力度	33.3	600.0	0.06	解析ケース③
	鉄筋引張応力度	84.6	600.0	0.15	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.4	24.0	0.10	解析ケース③

#### 曲げ照査（鋼管杭）

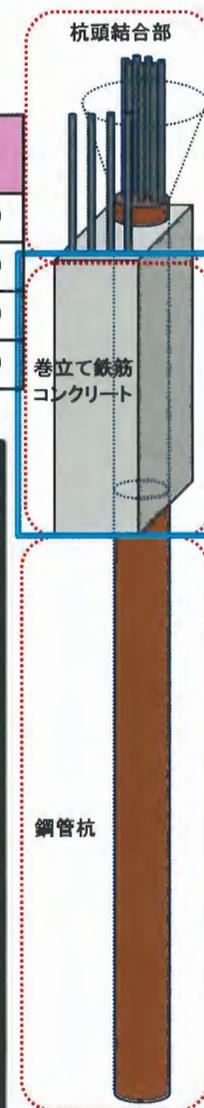
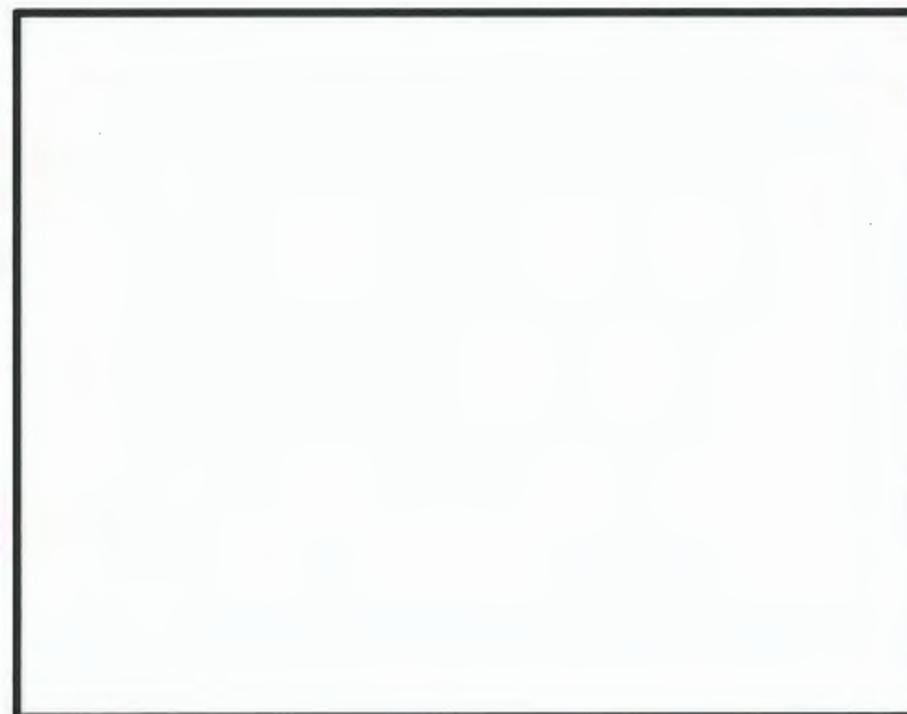
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	32.4	442.5	0.08	解析ケース③
	引張応力度	26.6	442.5	0.07	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	28.0	442.5	0.07	解析ケース③
	引張応力度	66.0	442.5	0.15	解析ケース③

#### せん断照査（巻立て鉄筋コンクリート）

	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	135	5304	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	1108	3125	0.36	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	115	5304	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	1048	3026	0.35	解析ケース③

#### せん断照査（鋼管杭）

	作用方向	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	0.4	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	3.1	255.0	0.02	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	0.4	255.0	0.01	解析ケース③
	堤軸直交方向	4.5	255.0	0.02	解析ケース③



巻立て鉄筋コンクリート（南北両基礎の東側部端部の配筋図）

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価

## 1) 下部工の照査結果

### ④杭頭接合部

曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	照査断面	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	56.5	600.0	0.10	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.9	24.0	0.04	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	49.3	600.0	0.09	解析ケース③
		Con圧縮応力度	3.0	24.0	0.13	解析ケース③
南基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	147.2	600.0	0.25	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.8	24.0	0.04	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	158.3	600.0	0.27	解析ケース③
		Con圧縮応力度	2.9	24.0	0.13	解析ケース③

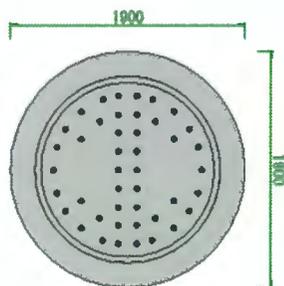


図-1 仮想RC断面  
(鋼管杭頭部)

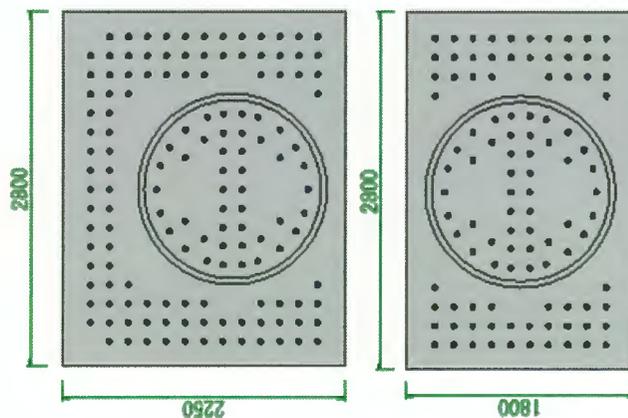
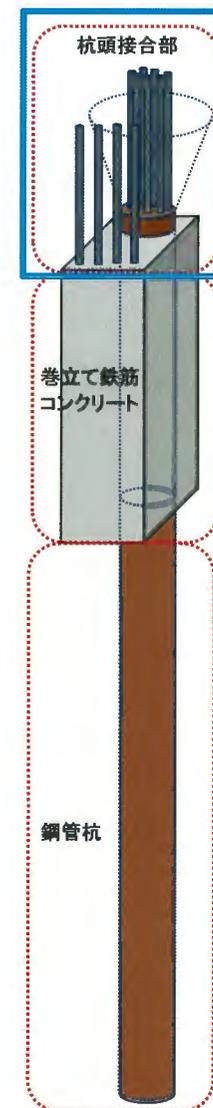


図-2 仮想RC断面  
(巻立てRC部)



# 5. 地中連続壁部の残置影響評価結果

## 1) 下部工の照査結果

### ⑤頂版鉄筋コンクリート

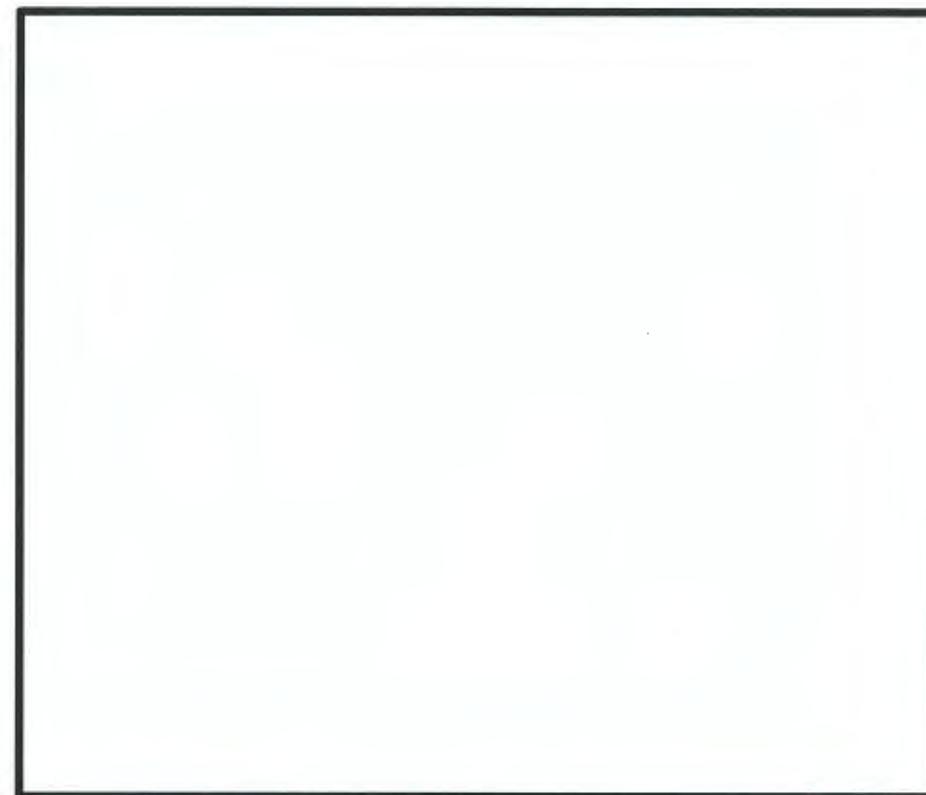
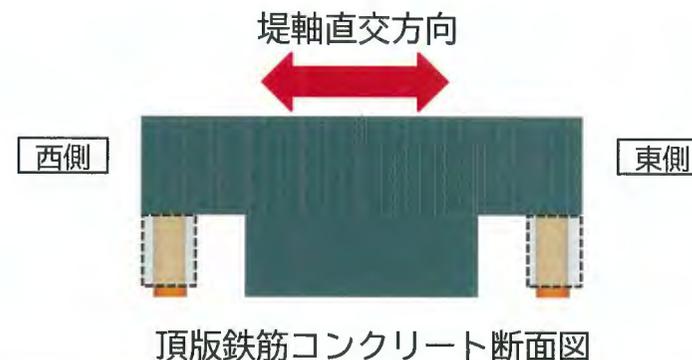
#### 曲げ照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度の種類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	13.6	435.0	0.04	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	28.2	435.0	0.07	解析ケース③
		Con圧縮応力度	1.0	24.0	0.05	解析ケース③
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	44.0	435.0	0.11	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	137.0	435.0	0.32	解析ケース③
		Con圧縮応力度	3.3	24.0	0.14	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	鉄筋圧縮応力度	8.2	435.0	0.02	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	33.7	435.0	0.08	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.6	24.0	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	鉄筋圧縮応力度	55.1	435.0	0.13	解析ケース③
		鉄筋引張応力度	221.0	435.0	0.51	解析ケース③
		Con圧縮応力度	4.2	24.0	0.18	解析ケース③

#### せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	4426	34370	0.14	解析ケース③
	堤軸直交方向-西側	40870	419676	0.10	解析ケース③
	堤軸直交方向-東側	67355	442914	0.16	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	3911	34370	0.12	解析ケース③
	堤軸直交方向-西側	71522	419676	0.18	解析ケース③
	堤軸直交方向-東側	76480	442914	0.18	解析ケース③



頂版鉄筋コンクリート配筋図 (南基礎)

# 5. 地中連続壁部の残置影響評価結果

## 2) 上部工の照査結果

### ①鋼製防護壁・中詰め鉄筋コンクリート・アンカーボルト

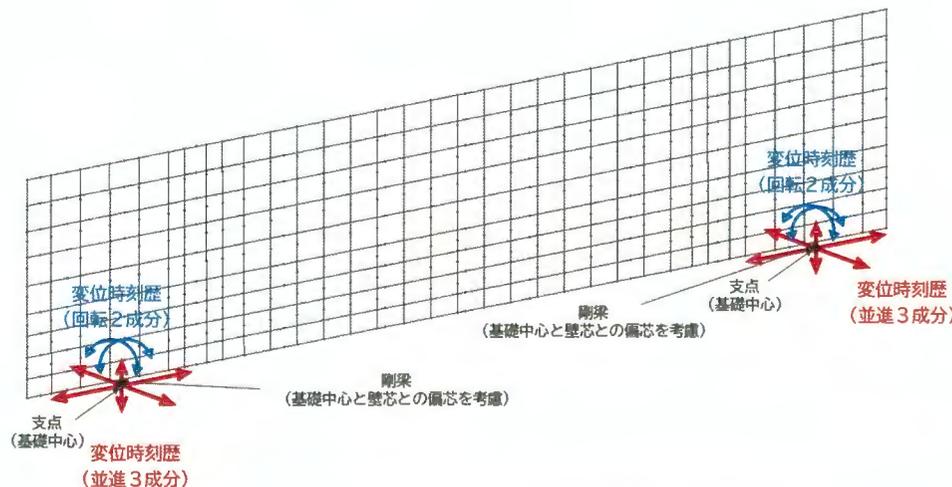
#### 南北基礎相対変位

断面方向	相対変位成分	既工認	残置影響モデル
堤軸方向	水平相対変位 (mm)	4.6	4.3
	鉛直相対変位 (mm)	29.2	16.0
堤軸直交方向	水平相対変位 (mm)	356.4	210.5
	鉛直相対変位 (mm)	12.0	21.5

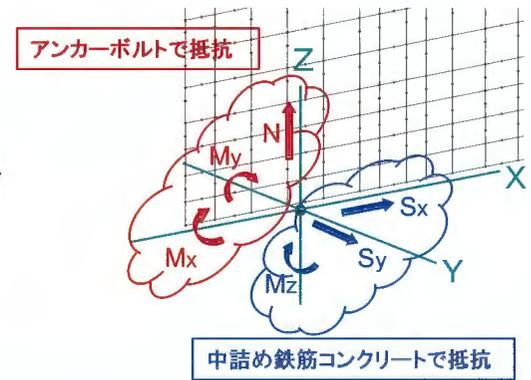
上部工の発生応力や接合部の発生断面力は、地震応答解析（2次元FLIP）で得られる基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、その大きさは南北基礎との接合部における相対変位に依存することになる。

南北基礎の相対変位量は、既工認の値をほとんどの成分で大きく下回っていることから構造成立に問題は無いと判断される。

堤軸直交方向の鉛直変位が若干上回っているものの、南北基礎の支点間距離65.1mに対しては9.5mm/65100mm≒0.015%程度と極微小であり、水平変位が146mm低減している効果が支配的になる。



上部工の部材断面力・基礎との接合部の反力を算出。



地震応答解析（2次元FLIP）で得られる基礎天端の変位時刻歴を入力として上部工の動的解析を実施

上部工の動的解析で得られる部材断面力ならびに基礎との接合部の反力に対して部材照査を実施

## 5. 地中連続壁部の残置影響評価結果

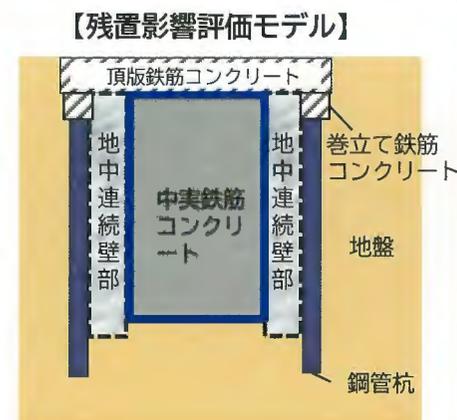
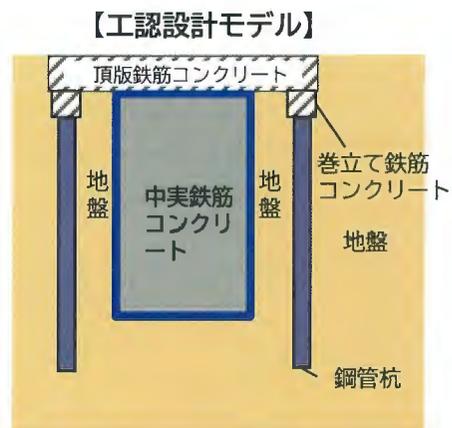
### (8) 残置影響評価結果のまとめ

#### 【評価内容】

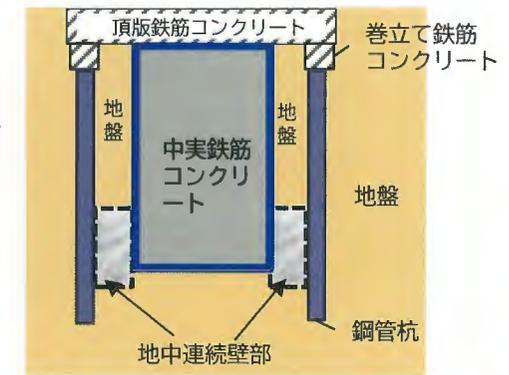
- 地中連続壁部の残置による影響を評価するため、地中連続壁部が健全な鉄筋コンクリートであると想定した「残置影響評価モデル」により、地震や津波時に地中連続壁部が損傷したと仮定しても、中実鉄筋コンクリートのみで構造が成立することを確認する。
- また、「工認設計モデル」及び「残置影響評価モデル」の地中連続壁部の状態を両極端に仮定した2つの評価が、地中連続壁部の強度・剛性の不均一性を網羅した評価となっていることを確認するため、一部区間の強度・剛性低下を想定した評価も行った。

#### 【評価結果】

- 「残置影響評価モデル」による評価の結果を用いて、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で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ことを確認した（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はなく、構造が成立することを確認した。
- 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ことを確認した。



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」



---

## 6. 今後の予定

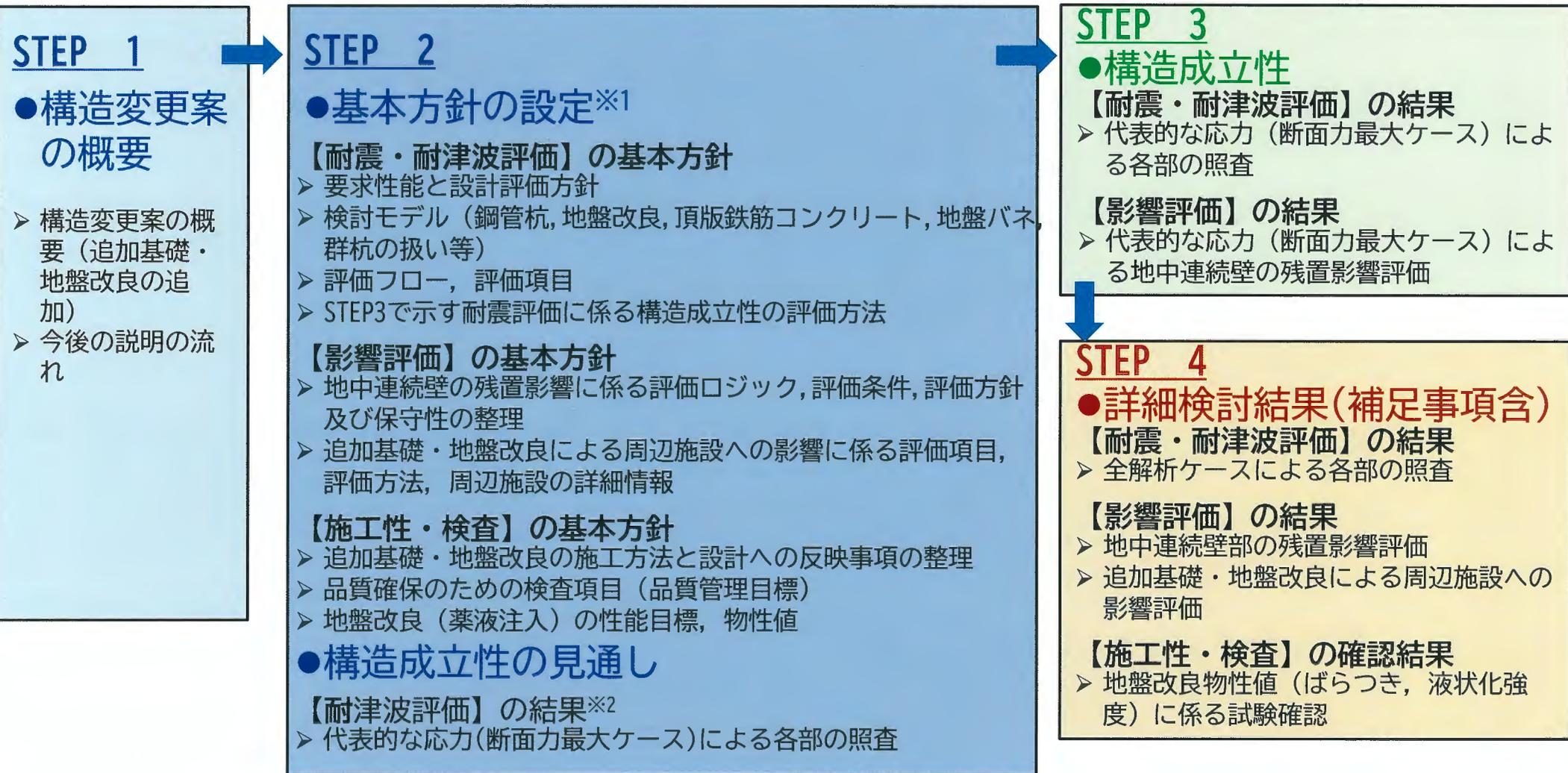
## 6. 今後の予定

STEP 3で構造成立性を確認したため、今後、STEP 4で耐震・強度計算書について確認を進めるとともに、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



---

## 7. 参考資料

# 7. 参考資料（1）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

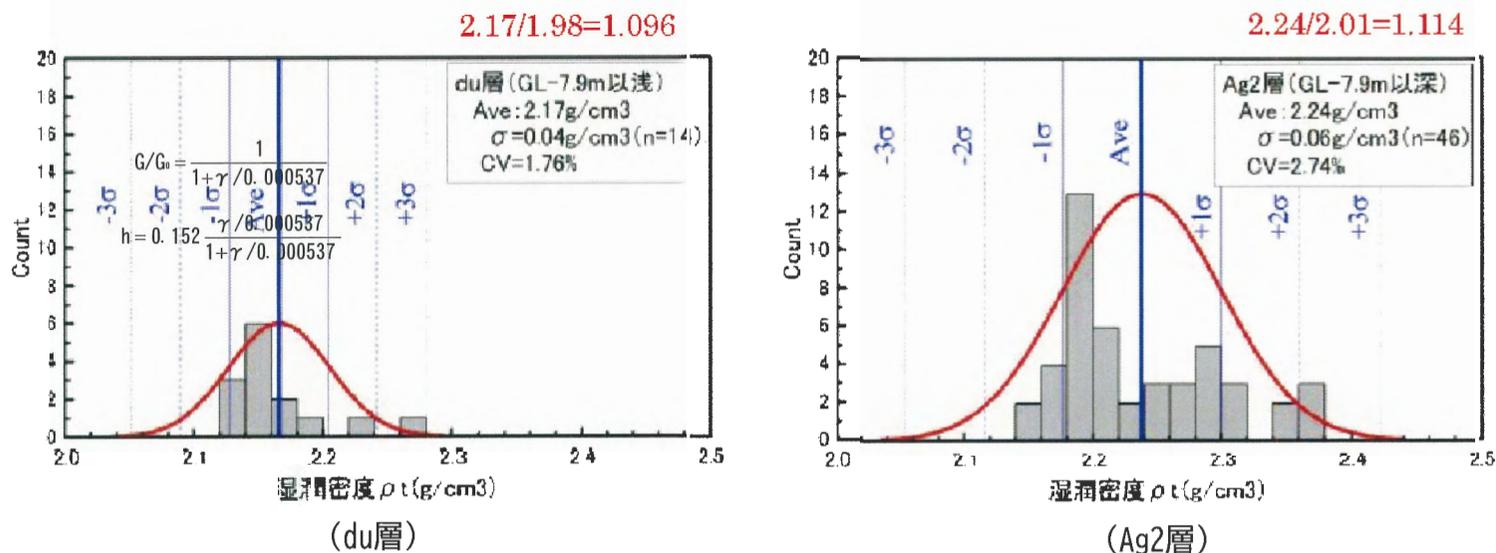
## （1）地盤改良体（セメント系）における密度の設定根拠

地盤改良体（セメント系）における密度は、既設地盤改良体（屋外二重管 既設地盤改良（H20年度））のコア試料を採取して実施した密度試験結果に基づき下表のとおり設定している。

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
物理特性	密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	既設改良体のコアによる密度試験に基づき係数（×1.1）を設定

本物性の設定根拠である密度試験結果を下図にヒストグラムで示す。改良対象地盤は表層付近に分布するdu層とAg2層であり、密度試験の結果は、du層で2.17g/cm<sup>3</sup>、Ag2層で2.24g/cm<sup>3</sup>であり、原地盤の密度（du層で1.98g/cm<sup>3</sup>、Ag2層で2.01g/cm<sup>3</sup>）に対し、概ね1.1倍の比率となった。

以上を根拠として、地盤改良体（セメント系）における密度を設定している。



地盤改良体（セメント系）における密度試験結果

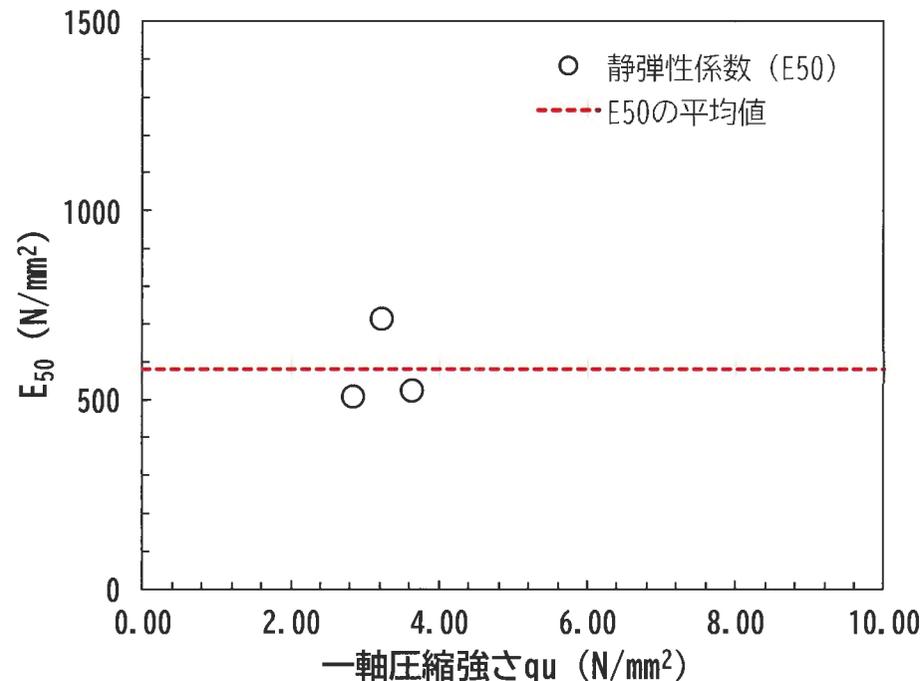
## 7. 参考資料（2）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

### （2）地盤改良体（セメント系）における静弾性係数の設定根拠

地盤改良体（セメント系）における静弾性係数は、既設地盤改良体（屋外二重管 既設地盤改良（H20年度））を模擬して作成した目標強度4.0N/mm<sup>2</sup>の再構成試料による一軸圧縮試験に基づき下表のとおり設定している。

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
静的 変形 特性	静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	581	既設改良体を模擬した再構成試料による一軸圧縮試験に基づき設定

本物性の設定根拠である一軸圧縮試験結果（E50）を以下に示す。



再構成試料による一軸圧縮試験結果

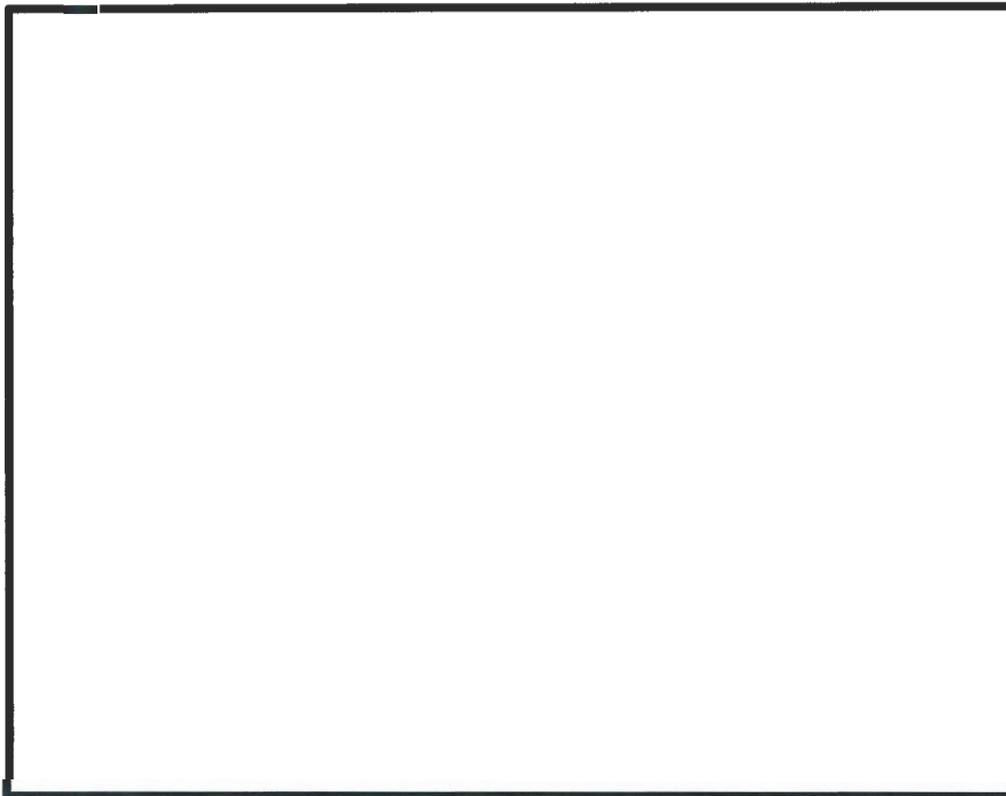
## 7. 参考資料（3）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

### （3）地盤改良体（セメント系）における動ポアソン比の設定根拠

地盤改良体（セメント系）における動ポアソン比は、既設地盤改良体（屋外二重管\_既設地盤改良（H20年度））のPS検層結果に基づき下表のとおり設定している。

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
動的変形特性	動ポアソン比 $\nu_d$	0.431	既設改良体のPS検層に基づき設定

本物性の設定根拠であるPS検層の実施位置及びPS検層結果を以下に示す。



既設地盤改良体（セメント系）におけるPS検層結果

調査孔名	Vs (m/s)	Vp (m/s)	動ポアソン比	
地盤改良体 (セメント改良)	SJ-1	750	2006	0.419
	SJ-2	754	2357	0.443
平均値	752	2182	0.431	

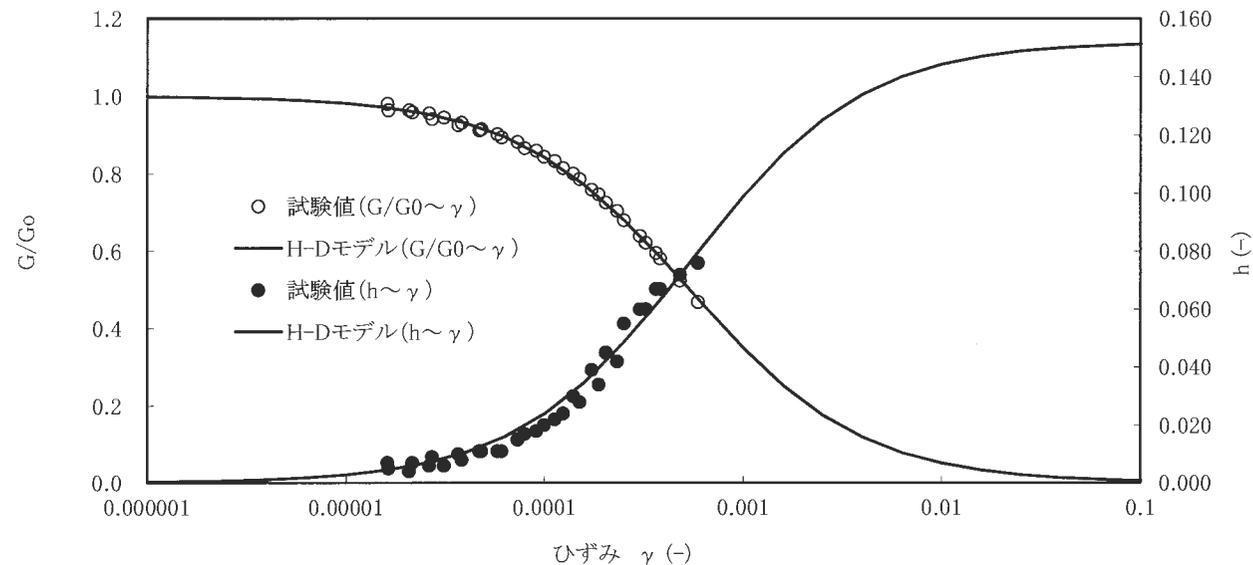
## 7. 参考資料（4）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

### （4）地盤改良体（セメント系）におけるひずみ依存特性の設定根拠

地盤改良体（セメント系）におけるひずみ依存特性は、既設地盤改良体（屋外二重管 既設地盤改良（H20年度））を模擬して作成した目標強度4.0N/mm<sup>2</sup>の再構成試料による動的変形試験結果に基づき下表のとおり設定している。

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
動的変形特性	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定

本物性の設定根拠である動的変形試験結果を以下に示す。



再構成試料による動的変形試験結果

## 7. 参考資料（5）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

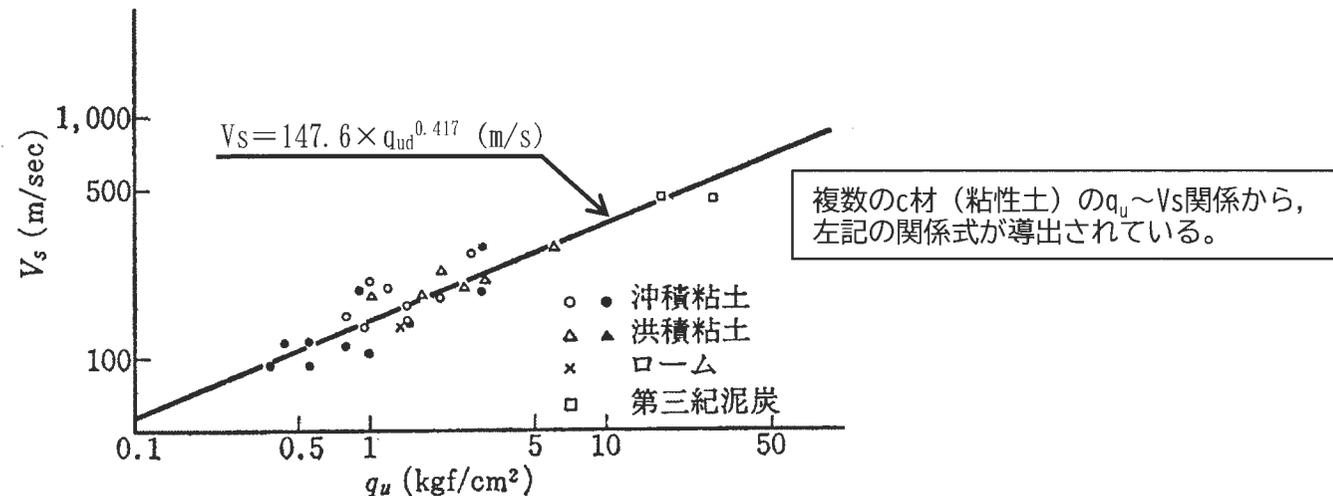
### （5）地盤改良体（セメント系）における初期せん断剛性の設定根拠

地盤改良体（セメント系）における初期せん断剛性（せん断波速度 $V_s$ ）は、文献「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）」に示されている関係式に基づき，以下のとおり設定している。

項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
動的 変形 特性	初期せん断 剛性※1 $G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) $q_u$ ：設計用一軸圧縮強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	文献(※1)より「一軸圧縮強さ $q_u$ ～せん断波速度 $V_s$ 」の関係式を引用し設定

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）

本物性の設定根拠である文献情報を以下に示す。



一軸圧縮強度とせん断波速度の関係

# 7. 参考資料（6）（地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の設定根拠）

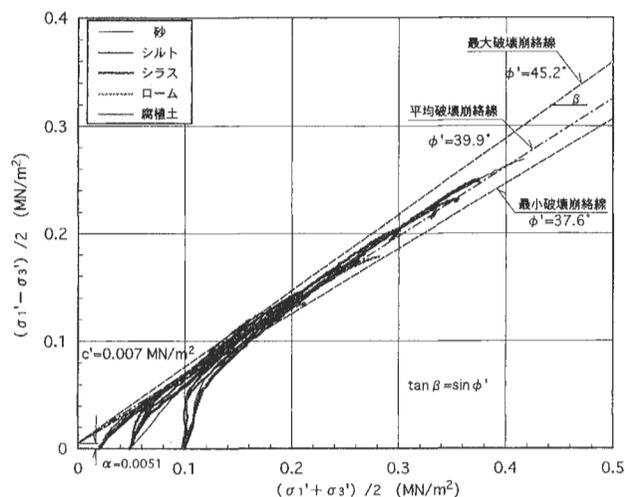
## （6）地盤改良体（セメント系）における残留強度及び引張強度の設定根拠

地盤改良体（セメント系）における残留強度及び引張強度は、文献「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」を参照し、以下のとおり設定している。

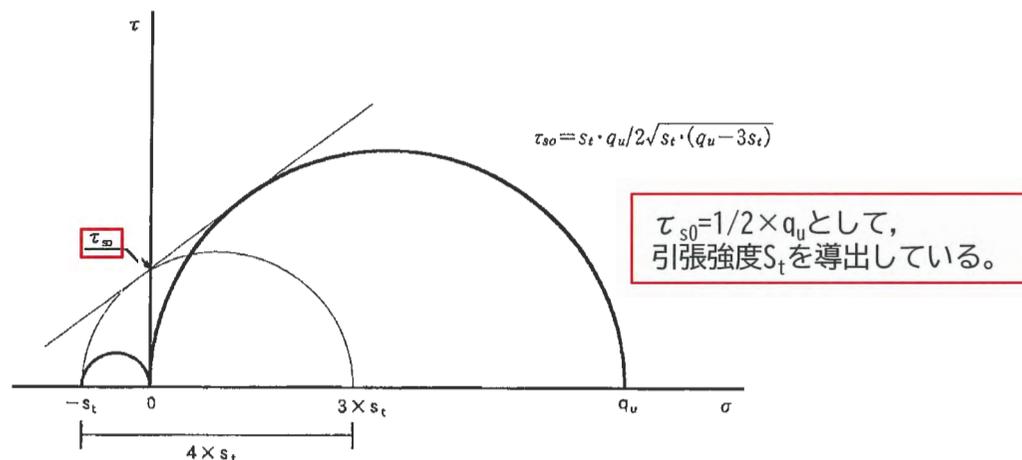
項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
強度特性	残留強度※2 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	粘着力 $c=0$ (N/mm <sup>2</sup> ) 内部摩擦角 $\phi=29.1$ (度)	地盤改良体（セメント改良）を砕いて細粒化した試料を用いた三軸圧縮試験により求められた残留強度（文献※2に掲載）よりも十分に小さい値として、敷地の原地盤のうちAc層の内部摩擦角を採用
	引張強度※2 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$ : 地盤改良体の引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) $q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	文献※2に掲載の算定式に基づいて設定

注記) ※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

本物性の設定根拠である文献情報を以下に示す。

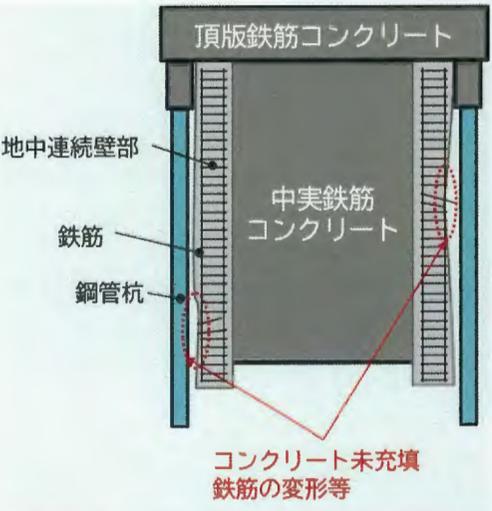
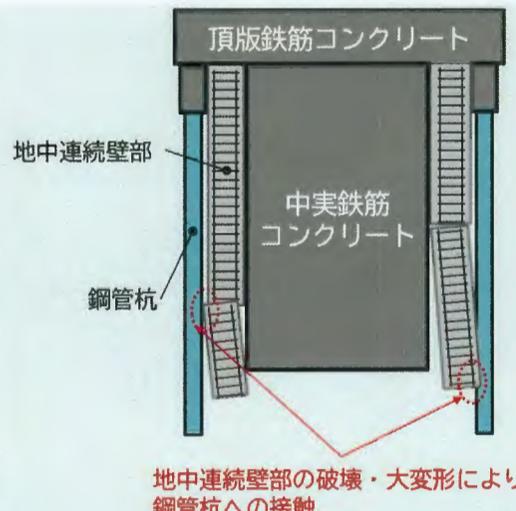
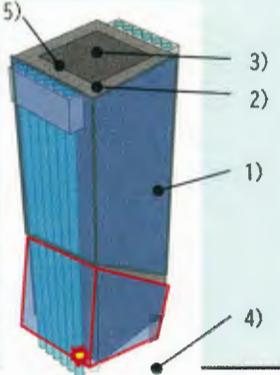


細粒化した地盤改良体の応力経路図（残留強度）

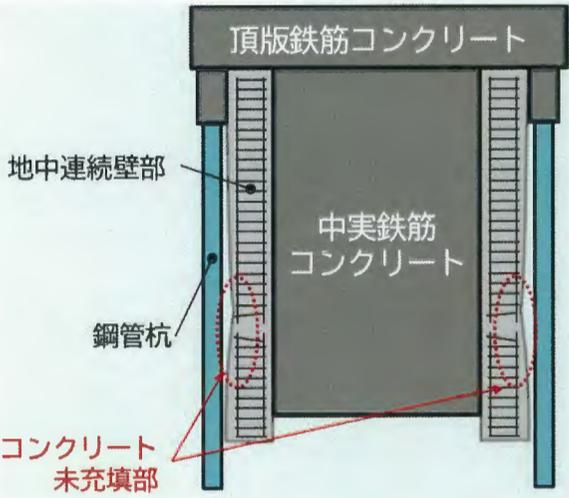
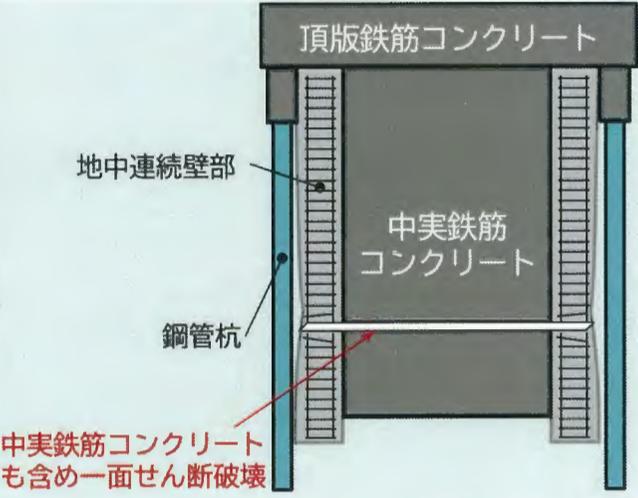
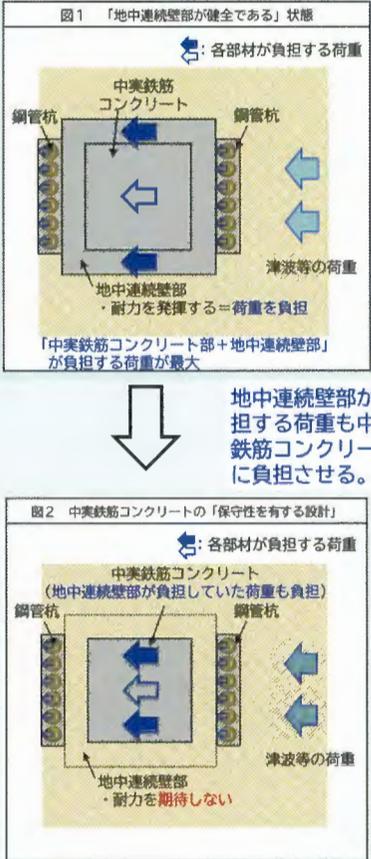


掘部の式の関係図（引張強度）

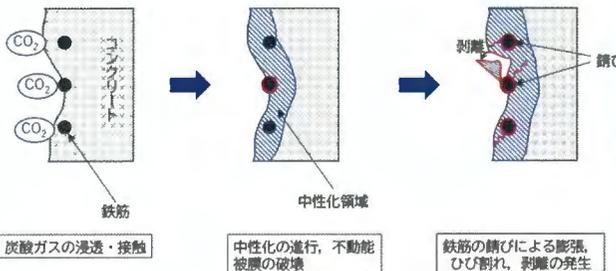
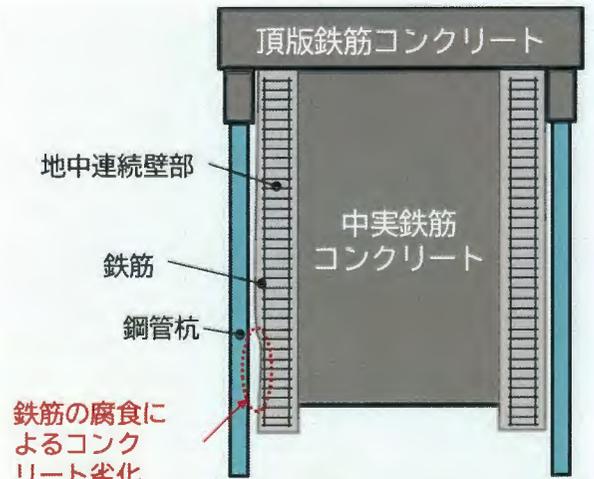
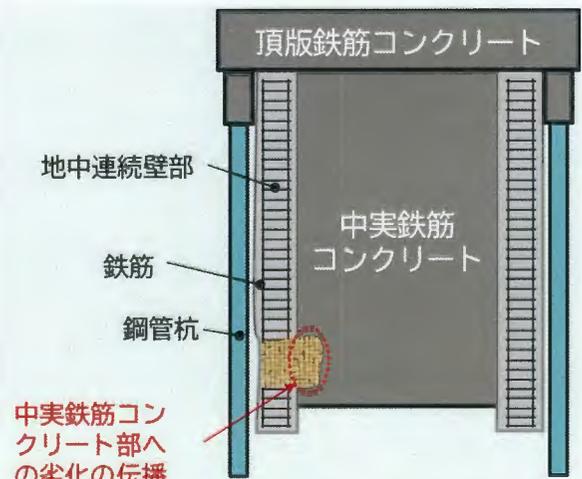
# 7. 参考資料（7）不具合事象による設計・施工影響の整理

地中連続壁部の不具合事象	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
<p>①現状確認済の不具合事象（施工不具合）</p> <p>(1)コンクリートの未充填 (2)鉄筋の変形等</p> <p>地中連続壁部のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等による剛性の不均一及び強度低下</p>  <p>頂版鉄筋コンクリート 地中連続壁部 鉄筋 鋼管杭 中実鉄筋コンクリート コンクリート未充填 鉄筋の変形等</p> <p>(現状, 鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)</p>	<p>地中連続壁部が地震・津波荷重で破壊・大変形し、隣接する鋼管杭等に接触して想定外の荷重が発生する。</p>  <p>頂版鉄筋コンクリート 地中連続壁部 鋼管杭 中実鉄筋コンクリート 地中連続壁部の破壊・大変形により鋼管杭への接触</p>	<p>以下の理由から、地中連続壁部が単独で大変形し、隣接する鋼管杭等に接触して想定外の荷重が発生することはない（残置影響評価に考慮しない）。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1)地中連続壁部は口の字で連結された構造体であること。</li> <li>2)地中連続壁部と頂版鉄筋コンクリートは縁切りされた構造に変更したことにより、上部工から作用する津波荷重や地震時の慣性力等の応力伝達が消失することから、地中連続壁部に荷重が集中することはなく、大変形は生じないこと。</li> <li>3)地中連続壁部が部分的に破壊したとしても、地中連続壁部の内側に設置される中実鉄筋コンクリートが地中連続壁部の荷重も負担する設計（弾性範囲内）としており、十分な強度を有すること。</li> <li>4)地中連続壁部の周辺地盤は地盤改良を行うため、側方流動は生じず、変形に寄与する空間が形成されないこと。</li> <li>5)地中連続壁部の内側（中実鉄筋コンクリート側）を補修するため、地中連続壁部と中実鉄筋コンクリートの接触面は平滑化することから、両者の局所的な接触による応力集中は発生せず、大変形も生じない。</li> </ol> 

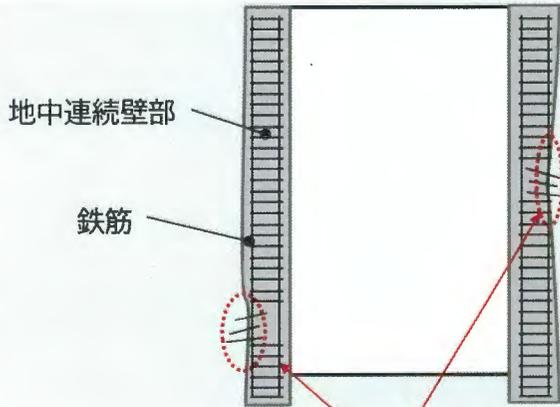
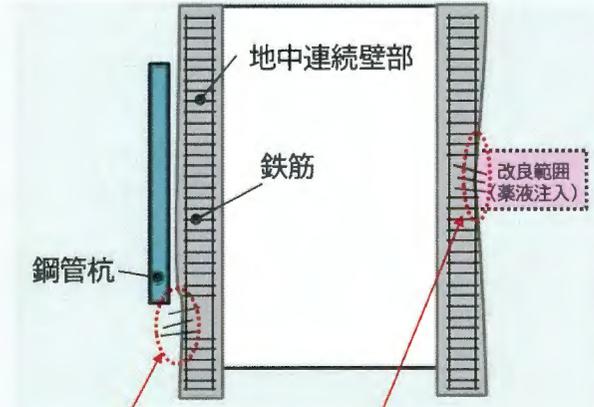
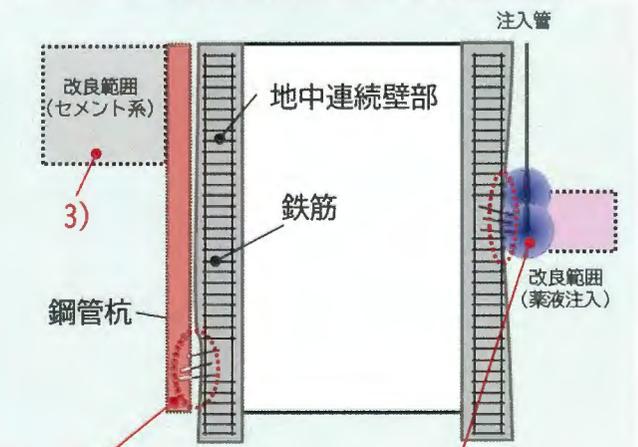
# 7. 参考資料（8）不具合事象による設計・施工影響の整理

地中連続壁部の不具合事象	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
<p>①現状確認済の不具合事象（施工不具合）</p> <p>(1)コンクリートの未充填 (2)鉄筋の変形等</p> <p>地中連続壁部のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等による剛性の不均一及び強度低下</p>  <p>(現状, 鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)</p>	<p>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。</p>  <p>中実鉄筋コンクリートも含め一面せん断破壊</p>	<p>・ 地中連続壁部の内側に設置される中実鉄筋コンクリートは, 地中連続壁部の荷重も負担する設計（弾性範囲内）としており, 十分な強度を有することから, <u>一面せん断破壊するといった挙動は考えられない（残置影響評価に考慮しない）。</u></p>  <p>図1 「地中連続壁部が健全である」状態 各部材が負担する荷重 中実鉄筋コンクリート 鋼管杭 鋼管杭 地中連続壁部 津波等の荷重 耐力を発揮する＝荷重を負担 「中実鉄筋コンクリート部＋地中連続壁部」が負担する荷重が最大</p> <p>↓ 地中連続壁部が負担する荷重も中実鉄筋コンクリートに負担させる。</p> <p>図2 中実鉄筋コンクリートの「保守性を有する設計」 各部材が負担する荷重 中実鉄筋コンクリート （地中連続壁部が負担していた荷重も負担） 鋼管杭 鋼管杭 地中連続壁部 津波等の荷重 耐力を期待しない</p>

# 7. 参考資料（9）不具合事象による設計・施工影響の整理

地中連続壁部の不具合事象	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
<p>②将来的に想定すべき不具合事象（経年劣化等）</p> <p>(1)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）</p>  <p>炭酸ガスの浸透・接触 → 中性化の進行，不動態被膜の破壊 → 鉄筋の錆びによる膨張，ひび割れ，剥離の発生</p> <p>鉄筋 中性化領域</p> <p>コンクリートの中性化のイメージ図</p>  <p>鉄筋の腐食によるコンクリート劣化</p> <p>(現状，鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)</p>	<p>地中連続壁部の施工不具合に伴いコンクリートの中性化等による経年劣化や鉄筋の腐食・膨張により，コンクリートにひび割れや剥離が発生し，隣接する中実鉄筋コンクリートにも伝播する。</p>  <p>中実鉄筋コンクリート部への劣化の伝播</p>	<p>誘発事象による設計・施工影響の有無</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• コンクリートの中性化及び塩分浸透：地中連続壁部は地中構造物であるため，二酸化炭素，塩化物イオン及び酸素の供給が大気中より小さく，環境条件的に劣化の可能性は低い。</li> <li>• 凍結融解作用：鉄筋コンクリート工事の凍害危険度の分布図では，茨城県の沿岸部は凍害危険度が区分対象外である。</li> <li>• 鉄筋の腐食：水と酸素の供給が腐食の要因となるが，地下水中の溶存酸素量は大気中に比べごく小さく，地下水位以下にある地中連続壁部の鉄筋の腐食の可能性は低い。</li> <li>• また，中実鉄筋コンクリートは地中連続壁部と密接しているものの独立した構造として，接触面から鉄筋まで十分な被り厚を確保していることから，地中連続壁部においてひび割れや腐食を仮定したとしても，中実鉄筋コンクリートが経年劣化することはない。</li> </ul> <p>以上より，本事象は残置影響評価に考慮しない。</p>  <p>劣化部 劣化は伝播しない</p> <p>コンクリート被り厚の確保</p>

# 7. 参考資料（10）不具合事象による設計・施工影響の整理

地中連続壁部の不具合事象	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
<p>②将来的に想定すべき不具合事象（経年劣化等）            (2)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）            地中連続壁部の地山側に鉄筋が露出</p>  <p>鉄筋の変形等</p> <p>下部工の現状のイメージ図            （地中連続壁部施工状況）</p>	<p>地山側に露出した鉄筋が、新たに計画している鋼管杭や地盤改良施工と干渉する。</p>  <p>鋼管杭設置との干渉</p> <p>地盤改良施工との干渉</p> <p>下部工の施工時のイメージ図            （鋼管杭打設）</p>	<p>誘発事象による設計・施工影響の有無</p> <p>新設する鋼管杭と地中連続壁部との間に、応力集中の原因となる局所的な接触が予め発生しないように配慮した以下の設計・施工を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1)新設する鋼管杭と地中連続壁部との間は、30cm程度の離隔を確保する。</li> <li>2)鋼管杭打設前に均質置換土にて打設位置の置換を実施するため、鉄筋が変形・脱落していても、この置換のための掘削にて撤去する。</li> <li>3)地盤改良（セメント系）は改良範囲を掘削・置換することから、鉄筋が改良範囲にて発見されても撤去する。</li> <li>4)地盤改良（薬液注入）は、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。</li> </ol> <p>以上より、本事象は残置影響評価に考慮しない。</p>  <p>注入管</p> <p>改良範囲(セメント系)</p> <p>改良範囲(薬液注入)</p>

## 7. 参考資料（11）

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

コメント※		4. 耐震・耐津波設計に係る構造成立性評価	5. 地中連続壁部の残置影響評価	6. 工程	7. 参考資料
②	既工認に立ち返り、設計や工事等の各方面から課題を網羅的に整理した上で対応方法を示すこと。	○	○		
③	不確かさを考慮して設計すること（局部的に応力集中が起こる可能性も否定できない）。		○		
④	既工認と同様に、設計条件及び評価項目のすべてに対して説明する等検討すること。	○			○
⑥	鋼製防護壁全体としての構造と施工方法に成立性が見込まれる形で検討すること。	○			
⑦	地中連続壁を残置する影響については、想定される様々な角度から十分に検討すること。		○		○
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。	○	○		○
⑪	説明スケジュールを明確にすること。			○	

※課題を整理するため、審査会合コメントを再整理して掲載