

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)
【補足説明資料】

2025年8月26日
日本原子力発電株式会社

本資料中の  は、商業秘密又は防護上の観点で公開できません。

目 次

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明	
（1）前回会合（第1329回）からの変更箇所について	4
（2）橋梁用高性能構造用鋼材SBHS500の適用性について	5
（3）高強度鉄筋（SD685）の使用について	7
（4）北基礎の中実鉄筋コンクリートの根入れの考え方	13
（5）中実鉄筋コンクリートにおける機械式継手について	14
（6）鋼管杭の先端根固め方法について	16
（7）鋼管杭の溶接継手部について	17
（8）巻立て鉄筋コンクリート間の目地材について	19
（9）防潮堤（鋼製防護壁）の構造詳細図	20
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明	
（1）耐津波設計方針に係る補足説明	23
（2）耐震設計方針に係る補足説明	39
（3）解析用物性値に係る補足説明	46
（4）応力照査に係る補足説明	58
3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明	
（1）耐津波設計結果に係る補足説明	63
（2）耐震設計結果に係る補足説明	74
（3）構造変更による裕度向上効果について	82
4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明	
（1）地中連続壁部の不具合事象に係る補足	84
（2）残置される地中連続壁部についての補足	88
5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明	
（1）残置影響評価結果に係る補足説明	90

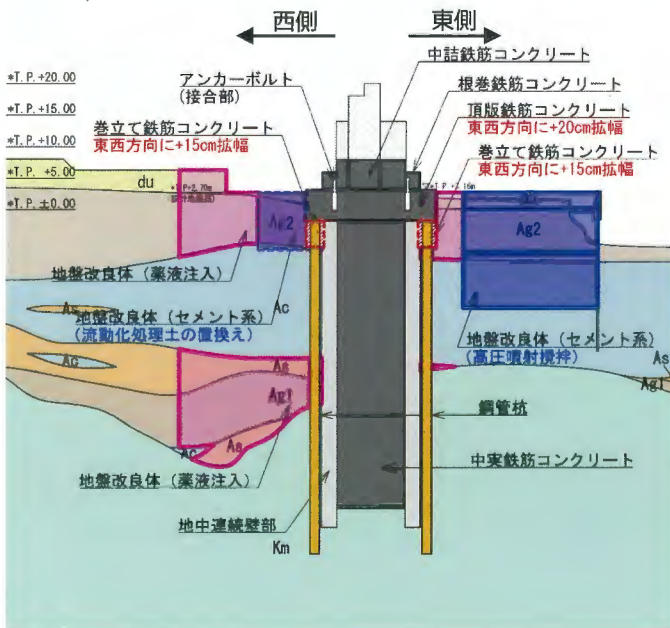
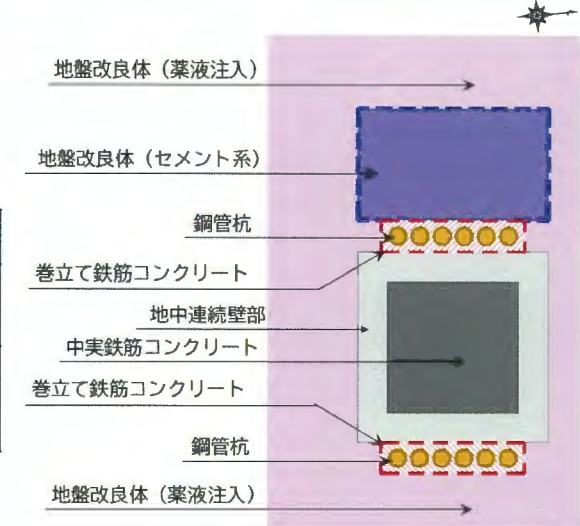
1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要 に係る補足説明

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

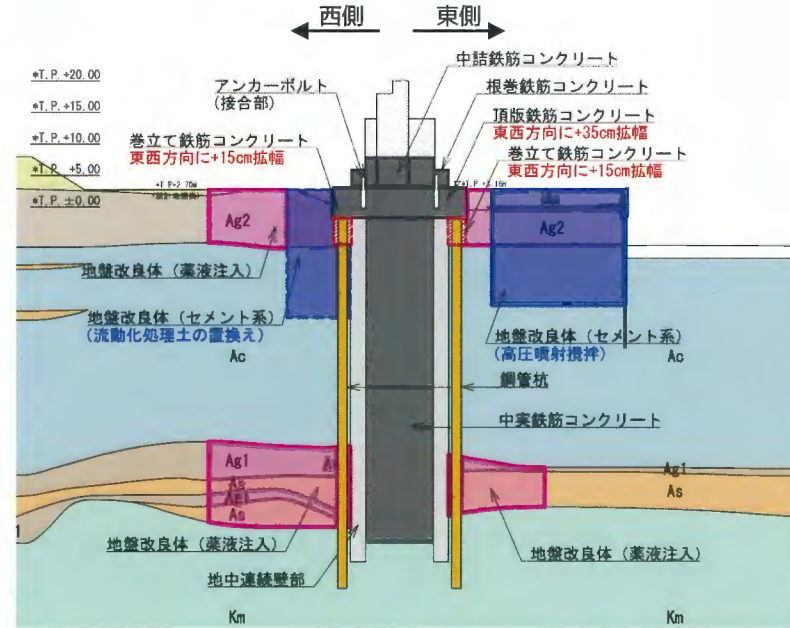
（1）前回会合（第1329回）からの変更箇所について

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。

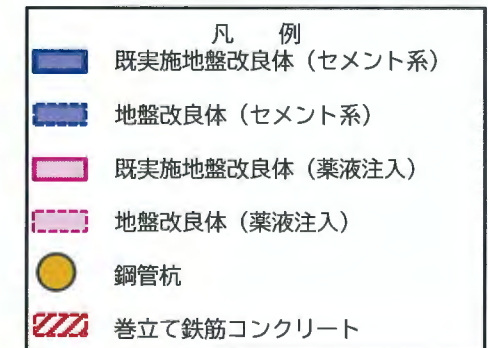
形状の変更箇所	変更点	目的
巻立て鉄筋コンクリート拡幅	東西方向に+15cmずつ拡幅（南・北基礎）	曲げ圧縮力への対策
頂版鉄筋コンクリート拡幅	東西方向に+35cmずつ拡幅（北基礎） 東西方向に+20cmずつ拡幅（南基礎）	巻立て鉄筋コンクリートから連続する鉛直鉄筋との干渉対策



南基礎断面図



北基礎断面図



1. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要に係る補足説明

（2）橋梁用高性能構造用鋼材SBHS500の適用性について（1/2）

➤ SBHS500鋼材の鋼管杭への適用及び許容応力度の特性値

- ・防潮堤（鋼製防護壁）基礎の鋼管杭は、JIS G 3140（橋梁用高降伏点鋼板）のSBHS500の鋼材を使用して製造する。
- ・道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編，平成24年3月，社団法人 日本道路協会）では、JIS A 5525（鋼管ぐい）の規格の鋼材SKK400及びSKK490から製造される鋼管杭を標準とし、それ以外の鋼管杭については所要の試験等を実施して当規定に定められた鋼管杭と同等以上の性能を有することを確認する場合は用いても良いとしている。
- ・所要試験は、杭の製造方法，化学成分，機械的性質（母材及び溶接部），工場用円周溶接（溶接及び品質），形状・寸法であり，各々の管理値は各規定に定まる値とする。
- ・東海第二発電所では，既工認において「緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンク基礎」及び「構内排水路逆流防止設備」でSBHS鋼管杭を適用している。
- ・設計においては，土木学会の「新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)^{※1}，SBHS700(W)^{※1}の設計・制作ガイドライン（案）（平成21年11月5日）」のSBHS鋼材の許容応力度設計法での各特性値を適用している。表1にSBHS鋼材の許容応力度の特性値を示す。
- ・施工においては，SBHS500鋼材の鋼管杭製作において製管時に所要試験を実施することにより，JIS A 5525規格の同等以上の性能を有していることを確認している。

東海第二発電所のSBHS500鋼材の鋼管杭を適用した既工認審査実績を以下に示す。また，所要試験の実施項目を表2に示す。

【東海第二発電所におけるSBHS500鋼管に関する工認審査実績】

- V-2-2-12 緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンク基礎の地震応答計算書
- V-2-2-13 緊急時対策所用発電機燃料貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書
- V-2-10-2-4 構内排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書
- V-3-別添3-2-3 構内排水路逆流防止設備の強度計算書
- 補足-60-1 5.19 耐震及び耐津波設計における許容限界について



- ・SBHS500鋼材を用いた鋼管杭は，所要試験の実施によりJIS A 5525規格と同等以上の性能を有していることを確認し，防潮堤（鋼製防護壁）基礎への適用・施工を行う。
- ・設計においては，土木学会の「新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)^{※1}，SBHS700(W)^{※1}の設計・制作ガイドライン（案）（平成21年11月5日）」のSBHS鋼材の許容応力度の各特性値を適用する。

注記：※1)Wを付したものは対候性を示す。

1. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要に係る補足説明

（2）橋梁用高性能構造用鋼材SBHS500の適用性について（2/2）

表1 SBHS鋼材の特性値及び許容応力度※2)

種類の記号	降伏点又は耐力	引張強さ	許容軸方向引張応力度 許容曲げ引張応力度	許容せん断応力度
SBHS500	500 (N/mm ²) 以上	520～720 (N/mm ²)	295 (N/mm ²)	170 (N/mm ²)
SBHS700	700 (N/mm ²) 以上	780～930 (N/mm ²)	410 (N/mm ²)	235 (N/mm ²)

注記：※2)土木学会の「新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)※1), SBHS700(W)※1)の設計・制作ガイドライン(案)（平成21年11月5日）」より引用。

表2 所要試験実施項目及び規格値※3)

確認項目	試験項目	適用規格・基準類	規格値	備考
鋼管杭 (母材)	化学成分	JIS G 3140 橋梁用高降伏点鋼板 JIS G 0320 鋼材の溶鋼分析方法	JIS G 3140 成分値参照	規格値以内
	引張試験	JIS G 3140 橋梁用高降伏点鋼板 JIS Z 2241 金属材料引張試験方法	570～720 (N/mm ²)	規格値以内
	衝撃試験 (シャルピー吸収エネルギー)	JIS G 3140 橋梁用高降伏点鋼板 JIS Z 2242 金属材料引張試験方法	試験温度-5℃, 150 (J) 以上	鋼管内側半径が板厚7倍以上の冷間曲げ加工
鋼管杭 (製管)	形状・外観 (外径, 厚さ, 長さ, 横曲がり)	JIS A 5525 鋼管ぐい	JIS A 5525 基準値適用	寸法計測
鋼管杭 (製管), 現場溶接 (完全溶け込み 開先溶接)	引張試験 (溶接部)	JIS G 3140 橋梁用高降伏点鋼板 JIS Z 3121 溶接継手の引張試験	570～720 (N/mm ²)	規格値以内
	非破壊試験 (溶接部)	JIS Z 3060 溶接継手の超音波深傷試験 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編	・内部きず寸法は ①円周方向：t/6 (mm) 以下 ②縦方向：t/3 (mm) 以下 tは板厚 ・表面に開口した割れ等の面状きずはあってはならない。	規格値以内

注記）※3）「防潮堤（鋼管杭区間）設置工事 排水路工 検査・試験計画一覧表」（2023年4月）より引用

3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

（3）高強度鉄筋（SD685）の使用について（1/6）

➤ 鉄筋コンクリート部材での高強度鉄筋SD685の適用

防潮堤（鋼製防護壁）の頂版鉄筋コンクリート及び巻立て鉄筋コンクリートにおいては、設計基準強度（ f'_{ck} ）50（N/mm²）のコンクリート及び引張降伏強度（ σ_y ）685（N/mm²）の鉄筋SD685を適用している。

当該設計で適用しているコンクリート及び鉄筋の特性値に関する規格基準類等の記載内容について以下に示す。

【コンクリート標準示方書（設計編，2022年，土木学会）】

- ・ 圧縮強度の特性値が80（N/mm²）までのコンクリート，引張降伏強度の特性値が685（N/mm²）までの鉄筋を適用範囲とし，鉄筋径はJIS G 3112のD51（公称直径50.8mm）までとする。
- ・ 鉄筋の強度を十分に発揮させるために，鉄筋端部がコンクリートから抜け出さないよう，コンクリート中に確実に定着しなければならない。鉄筋コンクリートにおいては，外力に対して鉄筋とコンクリートが一体となって働く必要があり，外力が作用した時の鉄筋端部の定着はきわめて重要なために，完全に行わなければならない。
- ・ 鉄筋端部の定着が十分なされている場合には，局部付着の影響は無視することができる。

コンクリート強度による使用可能な鉄筋の強度の限界について：田中※1)の研究報告より

- ・ 鉄筋コンクリート梁部材の所要の断面条件でのコンクリート強度と引張鉄筋の降伏後の曲げ靱性によって制約される鉄筋の強度の限界について理論的考察により，コンクリート強度40（N/mm²）では鉄筋の限界は610～970（N/mm²）である。
- ・ 本検討は引張鉄筋が有効であるための部材端での定着が確保されている条件のもとでの検討である。

注記）※1)田中 礼治：鉄筋コンクリートに利用し得る鉄筋の高強度の限界に関する研究（その1－はりの曲げによる制約），日本建築学会論文集，第184号，pp. 51－61，1971年6月



- ・ コンクリート設計基準強度（ f'_{ck} ）50（N/mm²）と引張降伏強度（ σ_y ）685（N/mm²）の鉄筋SD685の適用は，鉄筋の定着が十分確保されていれば，鉄筋コンクリートとして問題ない。

引張側の鉄筋が有効であるための部材端での定着長について，SD685を適用範囲としているコンクリート標準示方書，鉄道構造物等設計標準・同解説の算定方法にて評価を行うとともに，更に道路橋示方書・同解説による定着長の算定結果を比較し，より保守的な定着が確保できるよう検討する。

3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

（3）高強度鉄筋（SD685）の使用について（2/6）

➤ 設計基準・指針類の材料特性値範囲及び定着の設計法

①コンクリート標準示方書（社団法人 土木学会，2022年）

コンクリートの圧縮強度特性値が80（N/mm²）以下，鉄筋の引張強度の特性値が685（N/mm²）までを適用範囲としている。鉄筋の定着長は下記の式で算定される。

「コンクリート標準示方書（設計編，社団法人 土木学会，2022年）」より抜粋

（1）鉄筋の基本定着長 l_d は，式（2.5.1）による算定値を，次の（i）～（iii）に従って補正した値とする。ただし，この補正した値 l_d は 20 ϕ 以上とする。また，鉄筋の降伏強度の特性値が 390N/mm² を超える場合は，降伏強度の影響を適切に考慮しなければならない。

$$l_d = \alpha \frac{f_{yd}}{4f_{bod}} \phi \quad (2.5.1)$$

ここに， ϕ ：鉄筋の直径

f_{yd} ：鉄筋の設計引張降伏強度

f_{bod} ：コンクリートの設計付着強度で， γ_c は 1.3 として，「設計編：本編」式（解 5.4.2）

の f_{bok} より求めてよい。ただし， $f_{bod} \leq 3.2$ N/mm²

$\alpha = 1.0$ （ $k_c \leq 1.0$ の場合）

$= 0.9$ （ $1.0 < k_c \leq 1.5$ の場合）

$= 0.8$ （ $1.5 < k_c \leq 2.0$ の場合）

$= 0.7$ （ $2.0 < k_c \leq 2.5$ の場合）

$= 0.6$ （ $2.5 < k_c$ の場合）

$$\text{ここに， } k_c = \frac{c}{\phi} + \frac{15 A_t}{s \phi}$$

c ：鉄筋の下側のかぶりの値と定着する鉄筋のあきの半分の中の小さい方

A_t ：仮定される割裂破壊断面に垂直な横方向鉄筋の断面積

s ：横方向鉄筋の中心間隔

（i）引張鉄筋の基本定着長 l_d は，式（2.5.1）による算定値とする。ただし，標準フックを設ける場合には，この算定値から 10 ϕ だけ減じることができる。

（ii）圧縮鉄筋の基本定着長 l_d は，式（2.5.1）による算定値の 0.8 倍とする。ただし，標準フックを設ける場合でも，これ以上減じてはならない。

（iii）定着を行う鉄筋が，コンクリートの打込みの際に，打込み終了面から 300 mm の深さより上方の位置で，鉄筋の下側におけるコンクリートの打込み高さが 300mm 以上ある場合，かつ水平から 45° 以内の角度で配置されている場合は，引張鉄筋または圧縮鉄筋の基本定着長は，（i）または（ii）で算定される値の 1.3 倍とする。

【解説】（一部抜粋）

SD490 や SD685 等の鉄筋の降伏強度の特性値が 390N/mm² を超える JIS 規格による鉄筋の定着長は，実験等により検討することが望ましい。

3. 防潮堤（鋼製防護壁）構造の概要

（3）高強度鉄筋（SD685）の使用について（3/6）

➤ 設計基準・指針類の材料特性値範囲及び定着の設計法

②鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）第Ⅲ編 コンクリート構造（国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 令和5年1月）

コンクリートは圧縮強度特性値が18～80（N/mm²）の普通骨材コンクリート，18～40（N/mm²）の軽量コンクリートとしている。鉄筋においては，軸方向鉄筋はSD295，SD345，SD490，SD685（A，B），横方向鉄筋はSR235，SR295，SD295，SD345，SD390，SD490，SD685（A，B，R），SD785Rとし，鉄筋の径は4mm～51mmを適用範囲としている。また，これによらない場合は，継手，疲労，部材のひび割れ，部材の変形特性等に対して十分に検討を行ううえで使用するものとしている。鉄筋の規格のSDは異形棒鋼，SRは丸棒鋼を示す。

鉄筋の定着長は下記の式で算定される。

「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）第Ⅲ編 コンクリート構造（令和5年1月）」より抜粋

（b） マッシブなコンクリートとみなせないコンクリートに埋め込む鉄筋の基本定着長は，式（2.3.3）による算定値を，（i）～（iii）に従って補正した値とするが，鉄筋の直径の20倍以上を確保するものとする。また，鉄筋の降伏強度の特性値が390 N/mm²を超える場合は，降伏強度の影響を適切に設定するものとする。

$$l_{d02} = \alpha_b \cdot \frac{f_{syd}}{4f_{bod}} \cdot \phi \quad (2.3.3)$$

ここに， l_{d02} ：マッシブなコンクリートとみなせないコンクリートに埋め込む鉄筋の基本定着長

f_{syd} ：鉄筋の設計引張降伏強度

f_{bod} ：コンクリートの設計付着強度（式4.2.2）

ϕ ：定着する鉄筋の直径

$$\alpha_b = (0.75/K_c) + 0.2$$

ただし， $0.5 \leq \alpha_b \leq 1.0$

$$K_c = (c_b/\phi) + \{15A_t/(s \cdot \phi)\}$$

c_b ：定着する鉄筋のかぶりと定着する鉄筋のあきの1/2のうち，小さい方の値

A_t ：仮定される割裂破壊断面に垂直な横方向鉄筋の断面積

s ：横方向鉄筋の中心間隔

（i） 引張鉄筋の基本定着長は，式（2.3.3）による算定値とする。ただし，標準フックを設ける場合には式（2.3.3）による算定値から鉄筋の直径の10倍減じることができる。

（ii） 圧縮鉄筋の基本定着長は，式（2.3.3）による算定値の0.8倍としてよい。ただし，標準フックを設ける場合でも，これ以上減じてはならない。

（iii） 水平から45°以内の角度に配置する鉄筋がコンクリートの打込み終了面から300 mmの深さよりも上方に位置し，かつ鉄筋のト側におけるコンクリートの打込み高さが300 mm以上ある場合，引張鉄筋または圧縮鉄筋の基本定着長は，（2）（b）

（i）（ii）で算定される値の1.3倍とする。

【解説】（一部抜粋）

（2）（b）について

SD490やSD685A，SD685Bの鉄筋の基本定着長 l_{d02} は，実験等により検討するのが望ましい。特別な検討を行わない場合には，式（解2.3.4）により算定してもよい。

$$l_{d02} = \alpha_b \cdot \alpha_t \cdot \frac{f_{syd}}{4f_{bod}} \cdot \phi \quad (\text{解2.3.4})$$
$$\alpha_t = (f_{syd}/345)^{1/3}$$

（2）（b）（iii）について

定着を行う鉄筋の配筋角度や下側のコンクリートの打込み高さに関して，鉄筋の付着強度がブリーディング等の影響により低下することを考慮して，定着長の延伸を定めた。解説図2.3.18に示したような位置にあり，水平から45°以内の角度に配置する鉄筋が該当する。ただし，ブリーディングを生じないコンクリートを用いる場合は，コンクリートの打込み高さに関する基本定着長の補正は行わなくよい。

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（3）高強度鉄筋SD685の適用性について（4/6）

➤ 設計基準・指針類の材料特性値範囲及び定着の設計法

③定着長の算定結果

コンクリート標準示方書（設計編，2022年，土木学会）と鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）第Ⅲ編 コンクリート構造（国土交通省鉄道局 監修・鉄道総合技術研究所 令和5年1月）の定着長算定式による算定結果を以下に示す。

なお，道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編）による定着長の算定結果を評価した結果，定着長が最も長く保守側の設定になることを確認した。

設計基準・指針類での定着長算定結果

設計基準・指針	コンクリート標準示方書	鉄道構造物等設計標準・同解説	道路橋示方書
鉄筋の基準値： f_{yd}	685N/mm ²	685N/mm ²	400N/mm ² ※1)
コンクリート設計基準強度： f_{ck}'	50N/mm ²	50N/mm ²	50N/mm ²
付着力補正係数 γ_c	1.3	—	—
コンクリートの付着強度： f_{bod}	3.19N/mm ²	3.80N/mm ²	2.00N/mm ² ※2)
係数 α_b 算定のための パラメータ： K_c	1.62	1.62	—
鉄筋のかぶり・あき，横方向鉄筋量による補正係数： α_b	0.80	0.663	—
鉄筋種別による補正係数： α_t	—	1.257	—
定着長： $\alpha_b \cdot \alpha_t \cdot f_{yd} / (4 \cdot f_{bod}) \times \phi$	42.9 ϕ	37.6 ϕ	50 ϕ ※3)

注記）※1）鉄筋の基準値は鉄筋のSD685の許容応力度（ σ_{sa} ）を使用。

※2）コンクリート付着強度はコンクリートの許容付着応力度（ τ_{sa} ）を使用。

※3）定着長の算定は $l_a = \sigma_{sa} \cdot \phi / \tau_{sa}$ で算定。

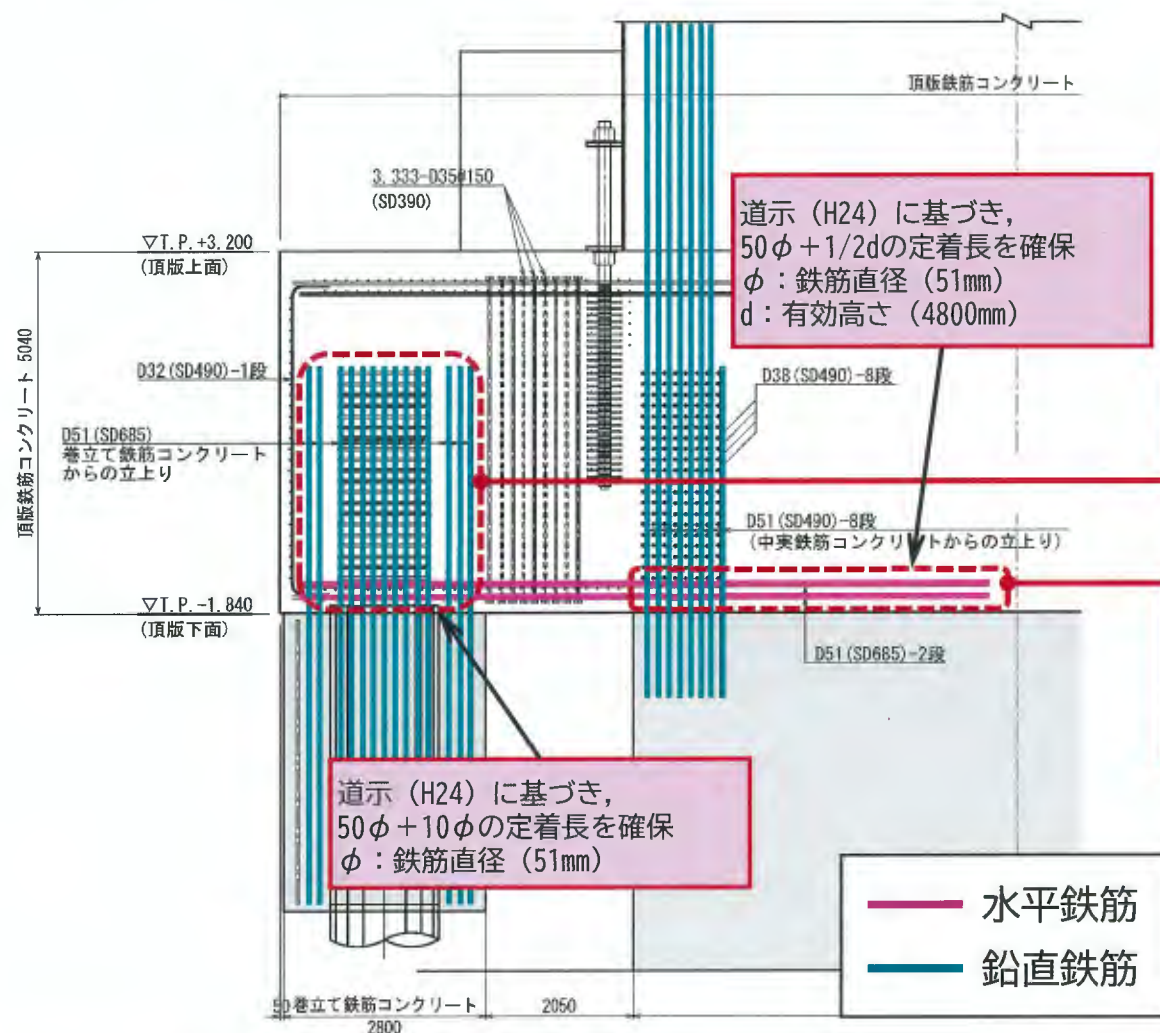


定着長の設計においては，道路橋示方書・同解説による算定結果が最も保守側な設定となることから，これを採用することとした。

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

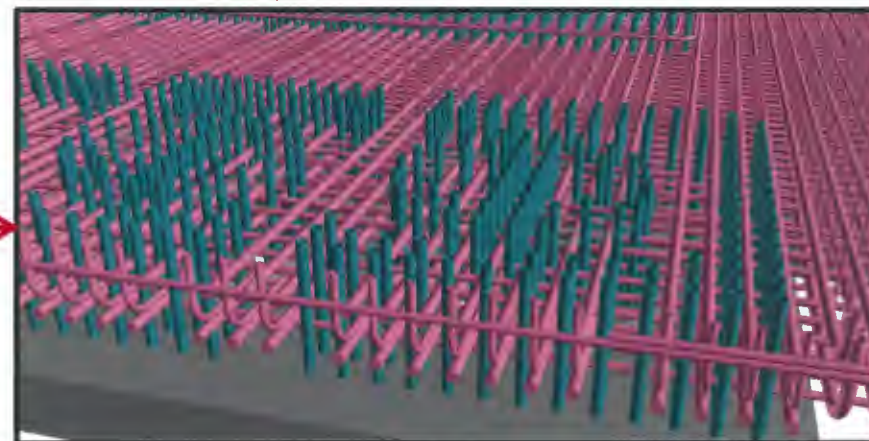
（3）高強度鉄筋SD685の適用性について（5/6）

頂版鉄筋コンクリートは自身の構造鉄筋に加え、鋼管杭（巻立て鉄筋コンクリート）等からの定着鉄筋などが複雑に交錯する配筋状況を呈している。本項では、頂版鉄筋コンクリートにおける主要な定着の考え方と、鉄筋同士の干渉確認結果を掲載する。

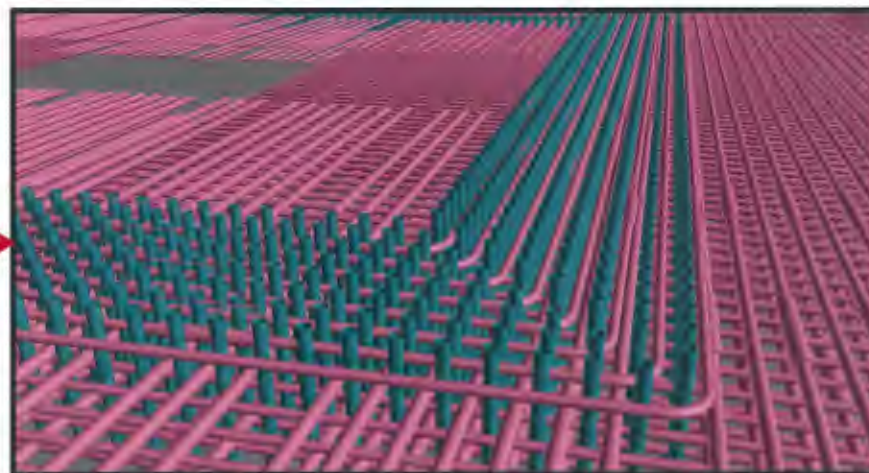


頂版鉄筋コンクリート及び周辺部材の配筋状況

鉄筋干渉確認結果①



鉄筋干渉確認結果②

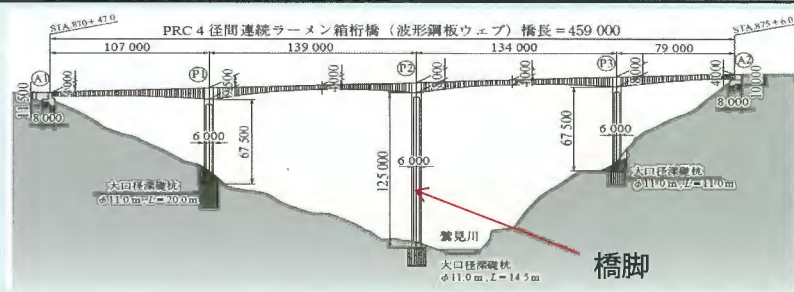
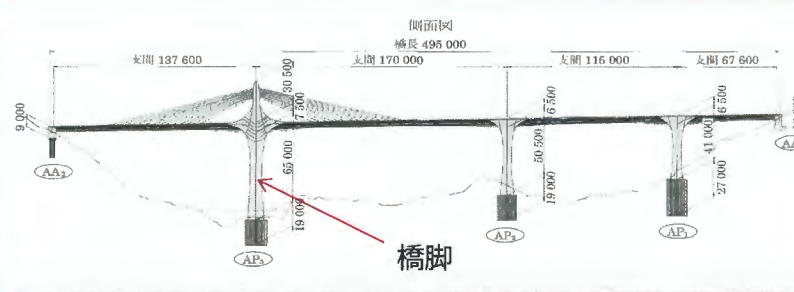
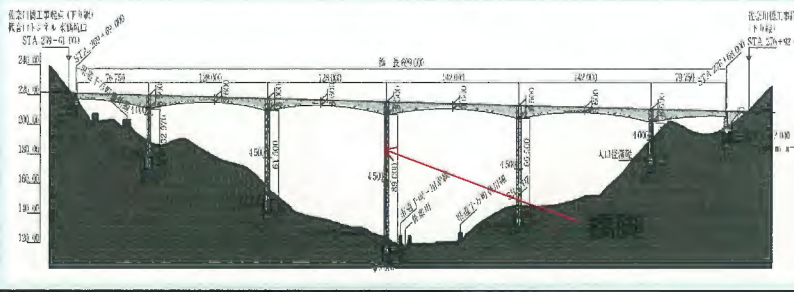


3次元モデルにより、水平鉄筋及び鉛直鉄筋は干渉しないことを確認した。

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（3）高強度鉄筋SD685の適用性について（6/6）

施工実績（土木工事）

全景写真	名称 (所在)	施主	コンクリート 設計基準 強度	鉄筋種別	採用 箇所	全体図（側面図）
	鷺見橋 (岐阜県)	NEXCO	50N/mm ²	SD685	橋脚	
	栗東橋 (滋賀県)	NEXCO	50N/mm ²	SD685	橋脚	
	佐奈川橋 (愛知県)	NEXCO	50N/mm ²	SD685	橋脚	

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（４）北基礎の中実鉄筋コンクリートの根入れの考え方

道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編，平成24年3月，公益社団法人 日本道路協会）では，以下のよう
に，基礎は良質な支持層に支持させることを原則とし，各基礎の支持機構及び施工性を考慮して根入れ深さを決
めることとしている。

- (1)直接基礎，ケーソン基礎及び深礎基礎は，良質な支持層に支持させなければならない。
- (2)杭基礎は，上部構造の形式と機能，地質条件，杭の支持機構及び施工性を考慮して適切な根入れ深さを決めな
ければならない。
- (3)鋼管矢板基礎の鋼管矢板先端及び地中連続壁基礎の地中連続壁先端は，良質な支持層に根入れさせなければなら
ない。

良質な支持層は，長期的に安定（斜面の影響や地震の影響（液状化等）により不安定にならない，洗堀や圧密沈下の影響を受けな
い）する地層としている。また，基礎の支持機構（側面摩擦による鉛直荷重の分担支持性能），施工性等から基礎先端支持力の信頼性
を増すための支持層への貫入（根入れ深さ）を必要としている。

防潮堤（鋼製防護壁）の基礎の中実鉄筋コンクリートは，構築形式から深礎基礎に分類でき，掘削後に基礎設置全面において良質な
支持層（km層）であることを目視で確認することより，基礎は良質な支持層に支持させることができる。

一方，防潮堤（鋼製防護壁）の基礎の鋼管杭は，地中での施工であり，地盤の不均一性に等による支持層の深度の誤差等が含まれる
こと等から確実に支持層への到達させるために杭径程度以上（1D以上，Dは杭の直径）の根入れ深さを確保することとする。

第9章 基礎の安定に関する基本事項

深礎基礎の場合は，斜面上に設置され基礎前面地盤が有限であるため，岩盤中に設置
するような場合でも過度に水平抵抗に依存することは望ましくない。このため，良質な
支持層を選定し確実に支持させることが重要である。

第15章 深礎基礎の設計

本章は，地表面の傾斜が 10 度以上の斜面上において深礎工法により施工され，一般に
根入れ深さが基礎幅に比較して大きい深礎基礎を対象とする。ここで深礎工法とは，地下
水位の低い比較的堅固な地盤において土留めを用いて地盤を掘削し，支持層の状況を目視
等で直接確認し，気中と同様の施工条件及び施工管理にて鉄筋コンクリートを構築する工
法を指す。土留構造には，自立性の低い又は湧水のある地盤などで適用されるライナープ
レート等の土留材を用いる場合と，自立性の高い地盤で適用されるモルタルライニングや
吹付けコンクリートを用いる場合がある。前者と後者では基礎周囲のせん断地盤抵抗等の
考え方が異なるため，設計の際には基礎周囲の地盤状況を考慮して適切に土留構造を選定
することが求められる。

道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編，平成24年3月，公益社団法人 日本道路協会）より抜粋

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（５）中実鉄筋コンクリートにおける機械式継手について（1/2）

① 機械式継手の施工性及び準拠基準

鋼製防護壁の工事のうち鉄筋コンクリートを構築する作業に共通して想定される「鉄筋の密な配置によるコンクリートの未充填」のリスクについては、以下の対策を行い、施工の確実性を確保する。なお、鉄筋コンクリート工事は気中工事で行うことから、工事が計画どおり行われていることが確認できる。

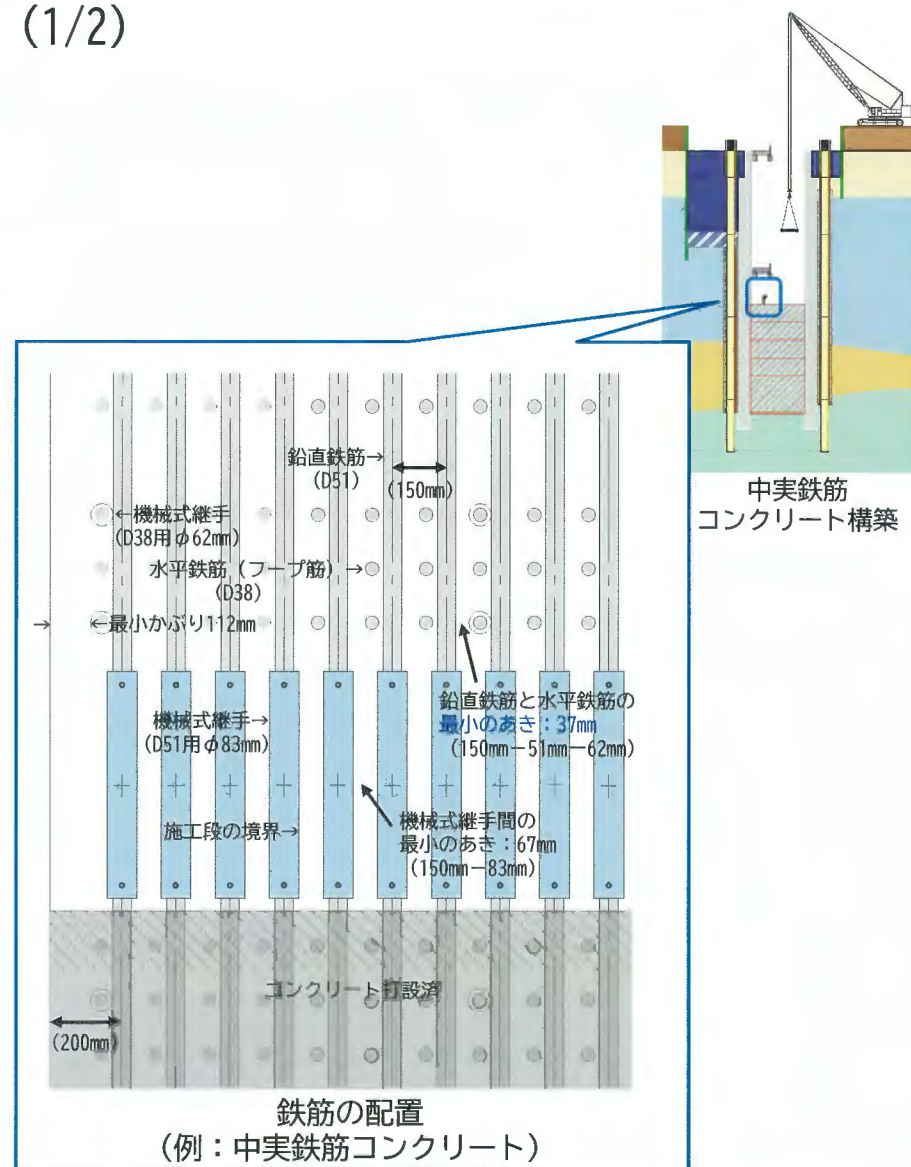
- ・ 構造設計の段階でコンクリートの充填性の観点で鉄筋の配置を確認する。
- ・ 鉄筋、機械式継手の配置を確認し、「コンクリートライブラリー156 鉄筋定着・継手指針[2020年度]（土木学会）」（以下「継手指針」という。）に準拠して、照査（設計）に反映する。
- ・ 鉄筋が密な配置になる部材については高流動コンクリートを採用する。

高流動コンクリートの仕様例
設計基準強度：50N/mm²
最大骨材径：20mm
自己充填性のランク：ランク1
スランプフローの目安：700mm

自己充填性のランク※1	1	2	3
鋼材の最小あき（mm）※1	35～60程度	60～200程度	200程度以上
主な対象構造物※1	高密度配筋部材、複雑・異形型枠を使用した構造物	通常のRC構造物や複合構造物	配筋量の少ないマスコンクリート構造物や無筋構造物
スランプフローの目安※2	700mm	650mm	600mm

※スランプフロー：スランプフロー試験（JIS A 1150）において、スランプコーンを引き抜いた後にコンクリートが広がった長さ

※1 コンクリートライブラリー136 高流動コンクリートの配合設計・施工指針[2012年版]（土木学会）P26(解説 表2.1.1)
※2 2023年制定 コンクリート標準示方書 施工編（土木学会）P161（解説 表11.5.1, 解説 表11.5.2, 解説 表11.5.3）



1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（５）中実鉄筋コンクリートにおける機械式継手について（２／２）

② 基準に基づく機械式継手の配置

継手指針※に基づき、以下のように整理する。

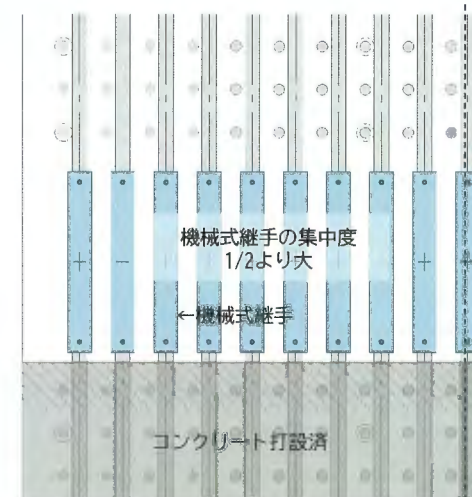
- ・機械式継手部は引張降伏強度の低減係数 α （表3.5.2），継手単体の材料修正係数 p_{mj} （表3.6.2）を用いて照査を行う。
- ・鉛直鉄筋は、多段配筋となり、継手相互の軸方向距離を確保した施工が困難なことから、機械式継手の集中度は「1/2より大（通称「イモ継ぎ」）」となる。
- ・機械式継手の施工レベルは2（解説表3.1），検査レベルは1（解説表3.2）として計画するため、機械式継手の信頼度はⅠ種（解説表3.5.2）に該当する。
- ・機械式継手の種類はS A級またはA級を採用する計画である。

以上の結果、

機械式継手の引張降伏強度の低減係数 α は1.0（表3.5.2）

機械式継手単体の材料修正係数 p_{mj} は1.0（表3.6.2）

として、照査（設計）する。



鉄筋の配置
（例：中実鉄筋コンクリート）

※ コンクリートライブラリー156 鉄筋定着・継手指針[2020年度]（土木学会） 掲載頁

$$f_{jd} = \alpha f_{jk} / \gamma_s$$

f_{jd} ：継手の引張降伏強度の設計値（N/mm²）

f_{jk} ：継手単体の引張降伏強度の特性値（N/mm²）

α ：引張降伏強度の低減係数（表3.5.2参照）

γ_s ：母材鋼材の材料係数

表3.5.2 引張降伏強度の低減係数 α （P28※）

継手の信頼度	継手の集中度	
	1/2以下	1/2より大
Ⅰ種	1.0	1.0
Ⅱ種	0.9	0.8
Ⅲ種	0.8	—

解説 表3.5.2 施工および検査のレベルから定まる継手の信頼度（P27※）

施工のレベル	検査のレベル		
	1	2	3
1	Ⅰ種	Ⅱ種	Ⅱ種
2	Ⅰ種	Ⅱ種	Ⅲ種
3	Ⅱ種	Ⅲ種	Ⅲ種

解説 表3.1 機械式継手の施工のレベル（P157※）

施工のレベル	1
	公的認定機関の認定書類に示される施工手順に従って、継手製造元技術者またはそれに準ずる技術者から教育を受けた作業者が、公的認定機関から認定された品質管理体制の下で、施工仕様書に従って施工を行う場合。
2	公的認定機関の認定書類に示される施工手順に従って、継手製造元技術者またはそれに準ずる技術者から教育を受けた作業者が、施工仕様書に従って施工を行う場合。

解説 表3.2 機械式継手の検査のレベル（P157※）

検査のレベル	1
	公的認定機関から認定を受けた検査員が、全数検査を行う場合。
2	公的認定機関の認定を受けた機械式継手のメーカーの技術講習会を受講し資格を取得した検査者が、全数検査を行う場合。

$$f_{jk} = p_{mj} f_{yk}$$

f_{jk} ：継手単体の引張降伏強度の設計値（N/mm²）

f_{yk} ：母材鉄筋の規格降伏強度の特性値（N/mm²）

p_{mj} ：継手単体の材料修正係数（表3.6.2参照）

表3.6.2 継手単体の材料修正係数 p_{mj} （P33※）

継手種類	継手単体の材料修正係数
S A級	1.0
A級	1.0
B級	0.8
C級	0.6

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（6）鋼管杭の先端根固め方法について

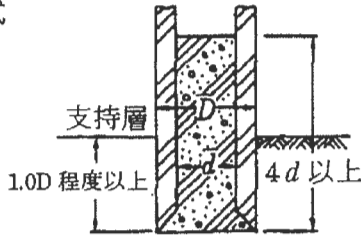
杭の極限支持力は、地盤条件、施工法による支持力の特性が異なるために施工方法等を考慮して決める必要があり、杭先端の支持力と杭周面の摩擦力の和として推定することが一般的である。道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編，平成24年，社団法人 日本道路協会）では、工法別の杭の先端の支持力及び杭周面の摩擦力の標準的な推定式を示している。

➤ 鋼管杭施工工法及び先端処理方法

防潮堤（鋼製防護壁）基礎の鋼管杭の施工は、中掘り杭工法の中掘り圧入工法を採用する。中掘り圧入工法は、全周回転掘削機を用いて鋼管内の土砂を撤去しながら鋼管を回転・圧入し、杭を築造する工法であり、施工予定の鋼管径、地盤条件での既存の実績が多く、東海第二発電所では防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート）の施工を完了した実績がある。

中掘り杭工法の先端処理方法は、最終打撃による方法、セメントミルク噴出攪拌による方法（砂質系地盤のみ適用）、コンクリート打設による方法があり、各先端処理方式による杭先端の極限支持力の算定方法を下表に示す。

中掘り杭工法による杭先端の極限支持力※1)

先端処理方法	杭先端の極限支持力の算定法
最終打撃方式	打込み杭の算定式を適用
セメントミルク噴出攪拌方式	極限支持力度 (kN/m ²) $q_d = \begin{cases} 150N (\leq 7,500) & \text{砂層} \\ 200N (\leq 10,000) & \text{砂れき層} \end{cases}$ ここに、 N ：杭先端地盤の N 値
コンクリート 打設方式 	場所打ち杭の極限支持力度を適用 杭の中に充填したコンクリートと杭が一体化して杭先端を築造するために、杭先端の支持力発現機構が場所打ち杭工法とおおむね同様とみなせることによるものである。

防潮堤（鋼製防護壁）鋼管杭は、杭径Dの4D以上根固めコンクリートを打設することとし、杭先端の極限支持力算定には場所打ち杭の極限支持力度算定方法を適用する。

注記）※1)道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅳ下部構造編，社団法人 日本道路協会，平成24年3月）より引用・加筆

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（7）鋼管杭の溶接継手部について（1/2）

従来、溶接継手部の現場溶接の許容応力度は、工場溶接の許容応力度の90%と低下した値を適用していた。しかし、道路橋示方書・同解説（Ⅱ共通編Ⅳ下部構造編，平成24年，社団法人 日本道路協会）では、溶接技術の向上に加えて適切な技能を有する溶接工が適切な溶接環境のもとで施工するとともに、非破壊検査や施工過程の記録などにより施工管理が行われる場合、十分な溶接品質が確保できることから現場溶接と工場溶接は同じ許容応力度で管理できるとしている。

防潮堤（鋼製防護壁）基礎の鋼管杭の継手の現場溶接は、溶接材料の種類及び特性，保有資格作業員，継手の形状と精度，溶接環境及び使用設備，溶接施工条件及び留意事項，溶接部の検査方法及び記録，不適合品の取り扱いについて施工計画としてまとめ，品質が確保できる適切な施工を実施することとする。東海第二発電所「防潮堤（鋼管杭区間）排水路工」のSBHS500鋼材の鋼管杭の溶接継手の検査・試験項目を次頁以降に示す。

以上より，鋼管杭の継手の現場溶接は，十分な品質が確保できることより，工場溶接の許容応力度を適用することとする。

SBHS500鋼材の鋼管杭の溶接継手の許容応力度※1)

鋼 種			SBHS500（板厚100mm以下）
工場溶接	完全溶込み 開先溶接	圧縮応力度	295（N/mm ² ）
		引張応力度	295（N/mm ² ）
		せん断力度	170（N/mm ² ）
	すみ肉溶接及び 部分溶込み開先溶接	せん断応力度	170（N/mm ² ）
現場溶接			原則として工場溶接と同じ値とする。

注記：※1) 土木学会「橋梁用高降伏点鋼板JIS G 3140 SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計指針（案）（平成21年11月5日）」より引用・加筆。

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（7）鋼管杭の溶接継手部について（2/2）

溶接品質について、道路橋示方書・同解説（下部工編，平成24年3月）に準拠し，現場でのアーク溶接継手（半自動溶接）を施工する際に，適切な技能を有する溶接工が適切な溶接環境のもとで施工するとともに，非破壊検査や施工過程の記録化などにより品質管理を行うことで品質を確保する。

その管理内容は以下のとおりである。

- 知識経験のある溶接施工管理技術者を常置し，その者は溶接工の選定並びに溶接の管理，指導検査及び記録を行う。
- 溶接部の検査は，有害な内部きず，外部きずが無いことを確認するために下表に基づき検査を実施する。検査の結果，発見された欠陥のうち手直しを要するものについては，補修溶接を実施し，かつ，補修状況が確認できるように記録する。
- 杭の現場溶接継手にあたっては，良好な溶接環境の確保や適切な溶接管理を行うとともに，溶接条件，溶接作業，検査結果等を記録する。

現場溶接検査・管理項目※1)

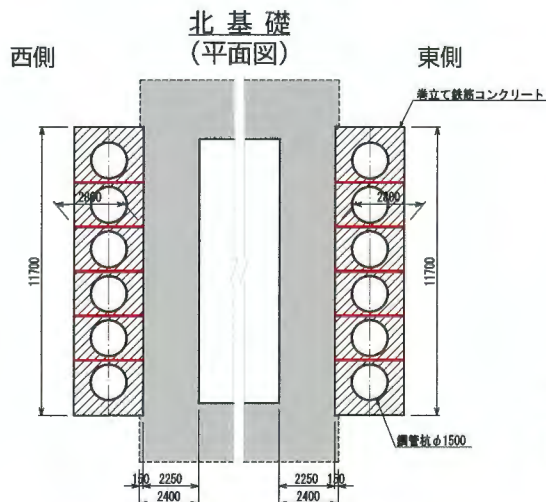
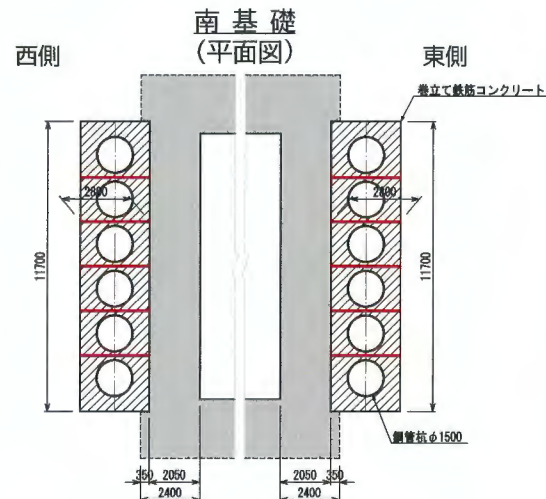
管理 内容	検査項目・基準値及び準拠した仕様書類			検査方法		管理時期
	管理項目	参考文献等	規格値	検査方法	使用する検査・ 試験器具等	
内部 きず	突合せ継手の 内部欠陥	国土交通省 品質管理基準及び規格値 (溶接工)	試験で検出されたきず寸法は、設計上許容される寸法以下。寸法によらず表面に開口した割れ等の面上 きずはないこと。1類から3類であること。	超音波探傷試験(UT) (手探傷) (Ⅰe' /Ⅱ2以上の有資格者による)	超音波探傷試験機	溶接完了時
外部 きず	外観検査 (割れ)		試験で検出されたきず寸法は、設計上許容される寸法以下。寸法によらず表面に開口した割れ等の面上 きずはないこと。	浸透探傷試験(PT) (手探傷) (Ⅰe' /Ⅱ2以上の有資格者による)	浸透探傷剤	溶接完了時
	外観検査(割れ)		あってはならない	目視	—	溶接完了後
	外観形状検査 (ビード表面のピット)		主要部分の突合せ継手及び断面を構成するT継手、角継手には、ビード表面にピットがあつてはなら ない。その他のすみ肉溶接及び部分溶け込み開先溶接には1継手につき3個又は継手長さ1mにつき3個までを 許容する。ただしピットの大きさが1mm以下の場合は、3個を1個として計算する。	目視及び ノギス等による計測	ノギス コンベックス	溶接完了後
	外観形状検査 (ビード表面の凹凸)		ビード長25mmの範囲で 3mm未満	目視及び ノギス等による計測	溶接ゲージ ノギス	溶接完了後
	外観形状検査 (アンダーカット)		0.5mm以下	目視及び ノギス等による計測	溶接ゲージ ノギス	溶接完了後
	外観形状検査 (オーバーラップ)		あつてはならない	目視	—	溶接完了後
	外観形状検査 (アークストライク)		あつてはならない	目視	—	溶接完了後
	溶接 条件		予熱	SBHS500 板厚区分(mm) 40<t≤50 予熱なし (但し、溶接材による)	測定	温度計
バス間温度		最高バス間温度 SBHS500 Tmax≤300℃	測定	温度計	施工中	
入熱制限(1バス)		SBHS500 Q≤10,000J/mm	電流計、電圧計、溶接時間入熱量 Q(J/mm)=電流(A)×電圧(V)× 60sec/溶接速度(mm/min)	電流・電圧計	溶接中	
現場円周溶接部の 目違い		鋼管杭現場継ぎ溶接作業要領書 ((社)鋼管杭・鋼矢板技術協会) 《JIS A 5525(鋼管ぐい)》	4mm以下	測定	溶接ゲージ	溶接前

注記) ※1) 「防潮堤（鋼管杭区間）設置工事 排水路工 検査・試験計画一覧表」（2023年4月）

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（８）巻立て鉄筋コンクリート間の目地材について

- ・巻立て鉄筋コンクリートは各杭ごとに施工し、杭間（コンクリート間）には目地材（縁切り材）を配置する計画である。
- ・目地材（縁切り材）は、以下のとおり、弾性プラスチック加圧発砲目地(オレフィン系樹脂)を使用する。



製品名：ウルトラ目地タイト

カタログより抜粋

ウルトラ目地タイトの特徴

- 1 弾性に富む**
ゴムに似た弾性に富み、コンクリート・防壁等の膨脹・収縮に対しなじみが非常に良く、すき間のあぐ心配がありません。
- 2 耐久性に優れている**
耐熱性、耐オゾン性は、ゴム・ポリエチレン等の発泡体と比較して数倍優れています。
- 3 透水性・透湿性に優れている**
ウルトラ目地タイトは独立気泡でセルが非常に小さいために、ゴム・ポリエチレン等の発泡体と比較して透水量、透湿量が少なくなっています。
- 4 軽くて、しかも作業性が良い**
ゴムより軽く、ポリエチレンとほぼ同程度のため、作業時の取扱い・運搬時あるいは切断等の加工も容易で作業性が向上します。
- 5 復元力に優れている**
ゴムや他のプラスチック製の発泡体と比較して復元力が優れています。
- 6 へたりやばみだしが少ない**
独立気泡体で独立気泡のため圧縮に対するばみだしやへたりが少なく、水密性に富み、事故防止につながります。
- 7 耐寒性に優れている**
冬期間でも夏期間でもほとんど同じやわらかさを保っています。
- 8 燃焼性に優れている**
難燃剤を配合しているウルトラ目地タイトは着火点・発火点が高く燃焼性にすぐれています。特に溶接の火花が散る作業現場および燃焼性を必要とする構造物の目地材として使用されます。

試験項目	単位	数 値
圧 縮 強 さ	N/cm ²	0.1
復 元 率	%	95
硬 度	—	20
密 度	g/cm ³	0.03

— 目地材 (10mm)

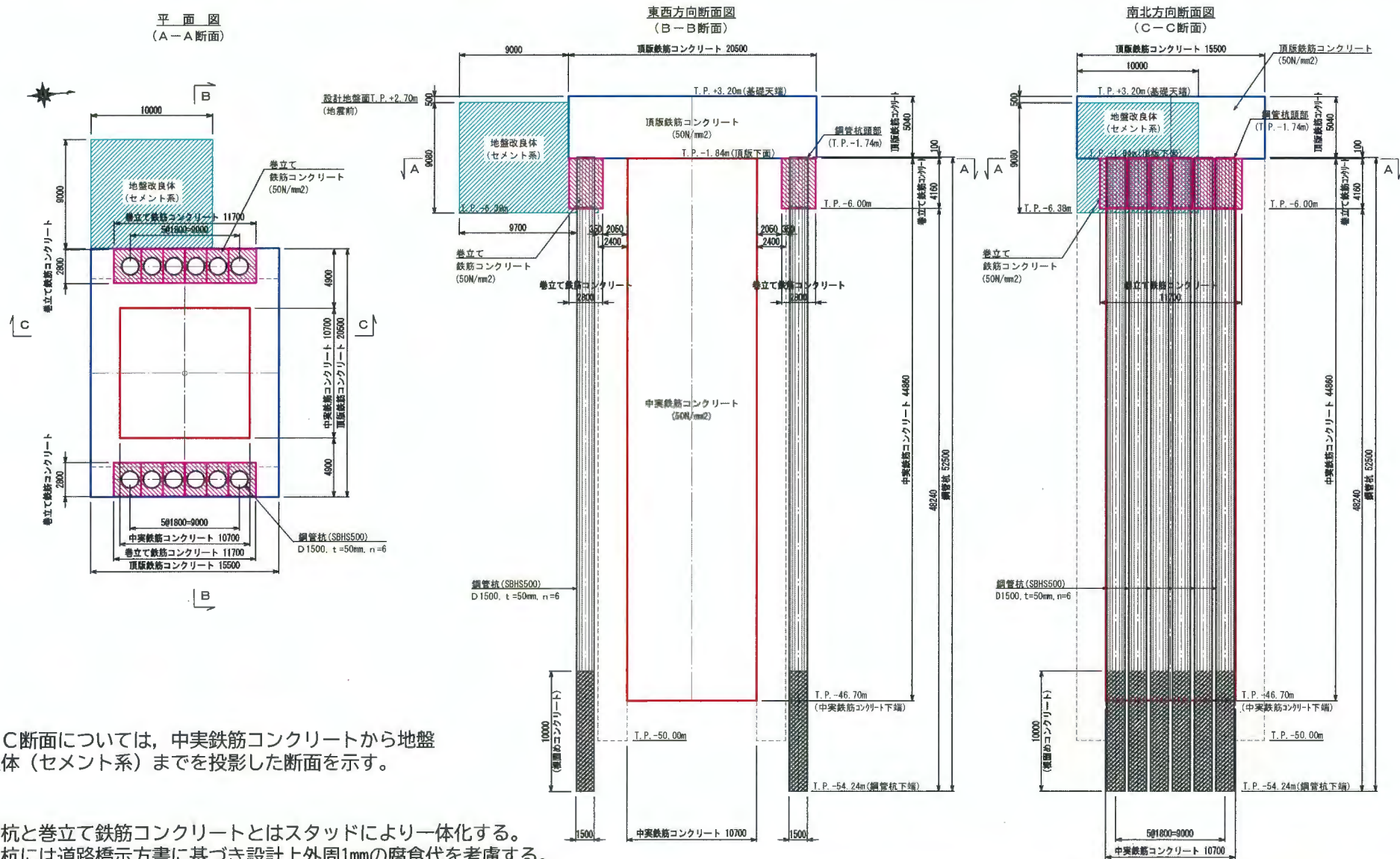
■ 地中連続壁

【解析モデル上の取り扱いについて】

- ・当該目地部は、耐津波評価においては“連結バネ”，耐震評価においては“ジョイント要素”にてモデル化されており、いずれのモデルにおいてもコンクリート相当の剛性を有する設定としている。
- ・目地材の幅が10mmと極めて小さいこと、巻立て鉄筋コンクリートは直上の頂版鉄筋コンクリートにより拘束されており、杭間の変形は極めて小さいと考えられることから、杭間要素の影響は顕著でなく、現状のモデル化は妥当であると判断される。

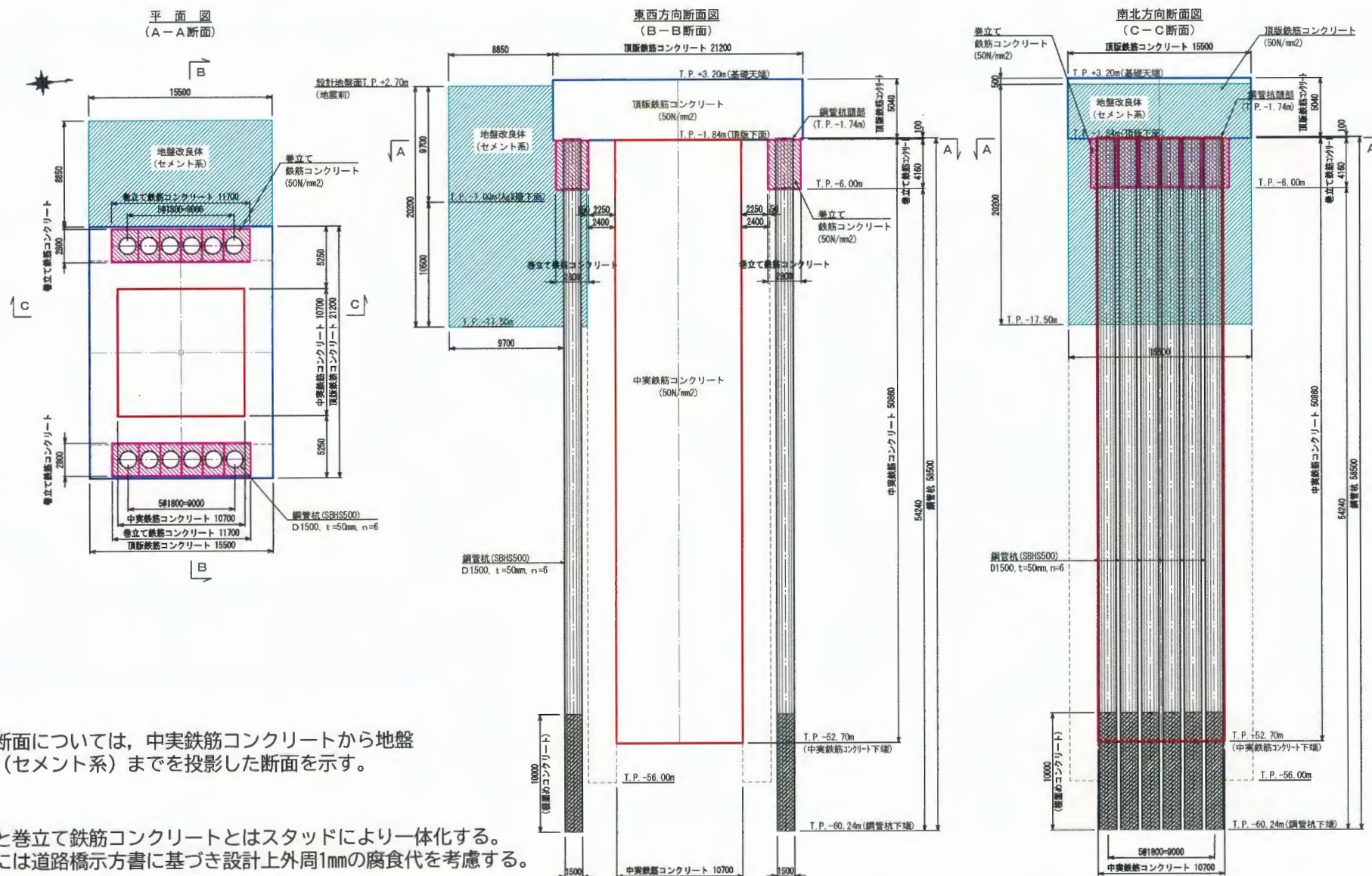
1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（9）防潮堤（鋼製防護壁）の構造詳細図（1/2）



1. 防潮堤（鋼製防護壁）の構造概要に係る補足説明

（9）防潮堤（鋼製防護壁）の構造詳細図（2/2）



2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (1/16)

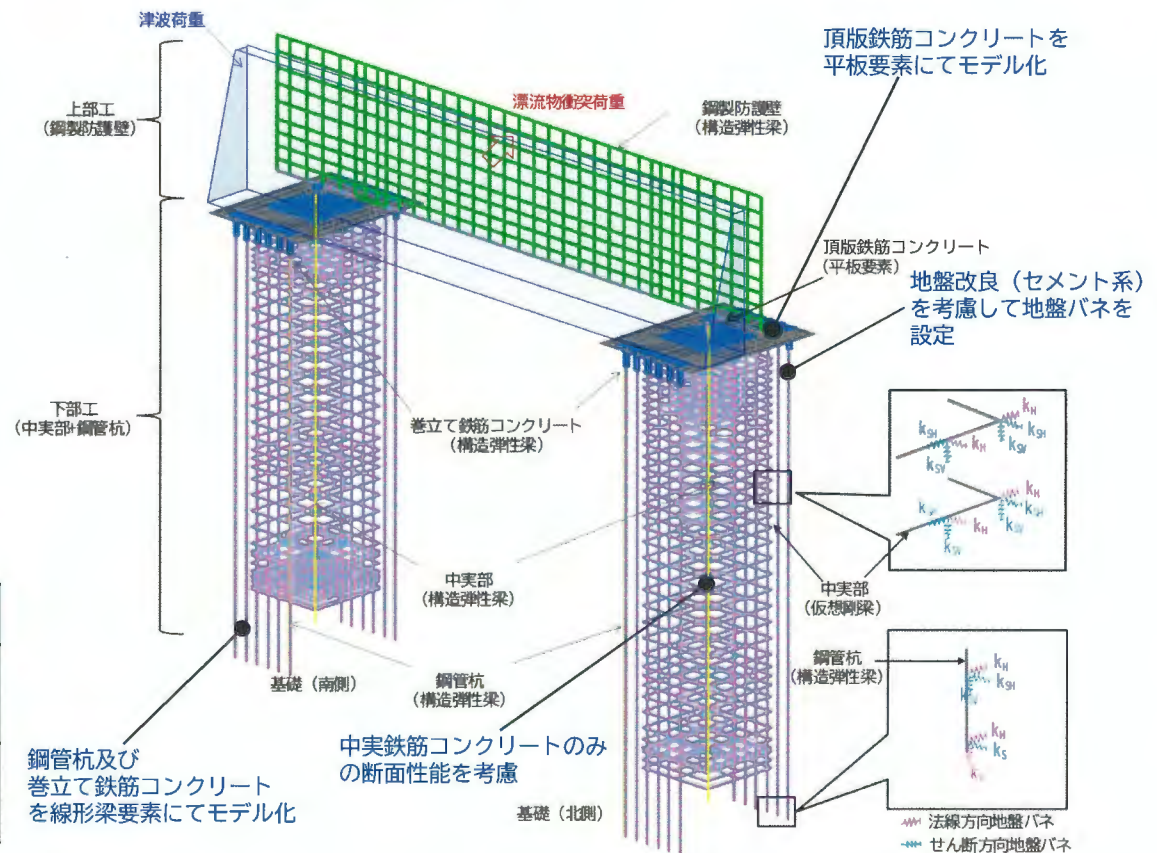
a. 耐津波設計における解析モデル概要【津波時】

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。モデル化のポイントは以下のとおり。

- ・ 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（周辺地盤の沈下）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-1 σ ）から設定



青字は、既工認から変更した箇所

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (2/16)

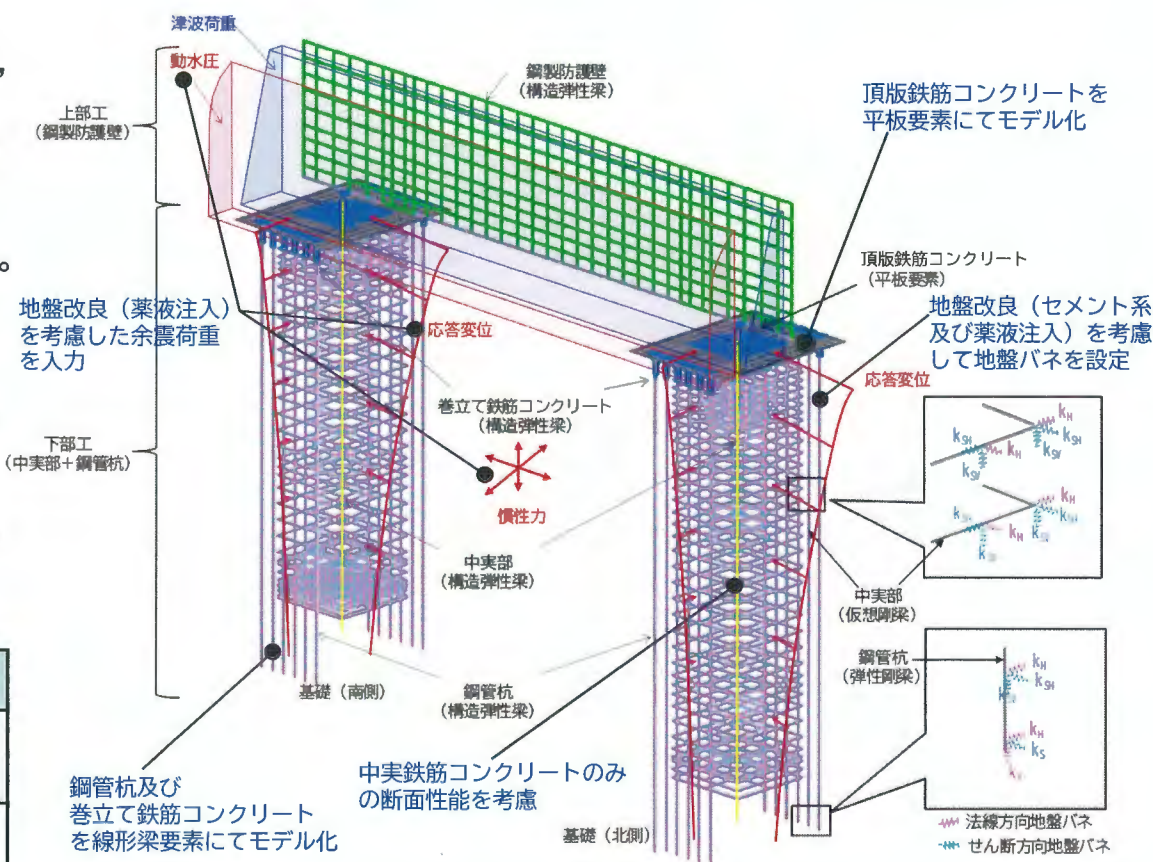
a. 耐津波設計における解析モデル概要【重畳時】

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。モデル化のポイントは以下のとおり。

- ・ 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。
- ・ 本震の影響（周辺地盤の沈下）及び余震の影響（剛性低下）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



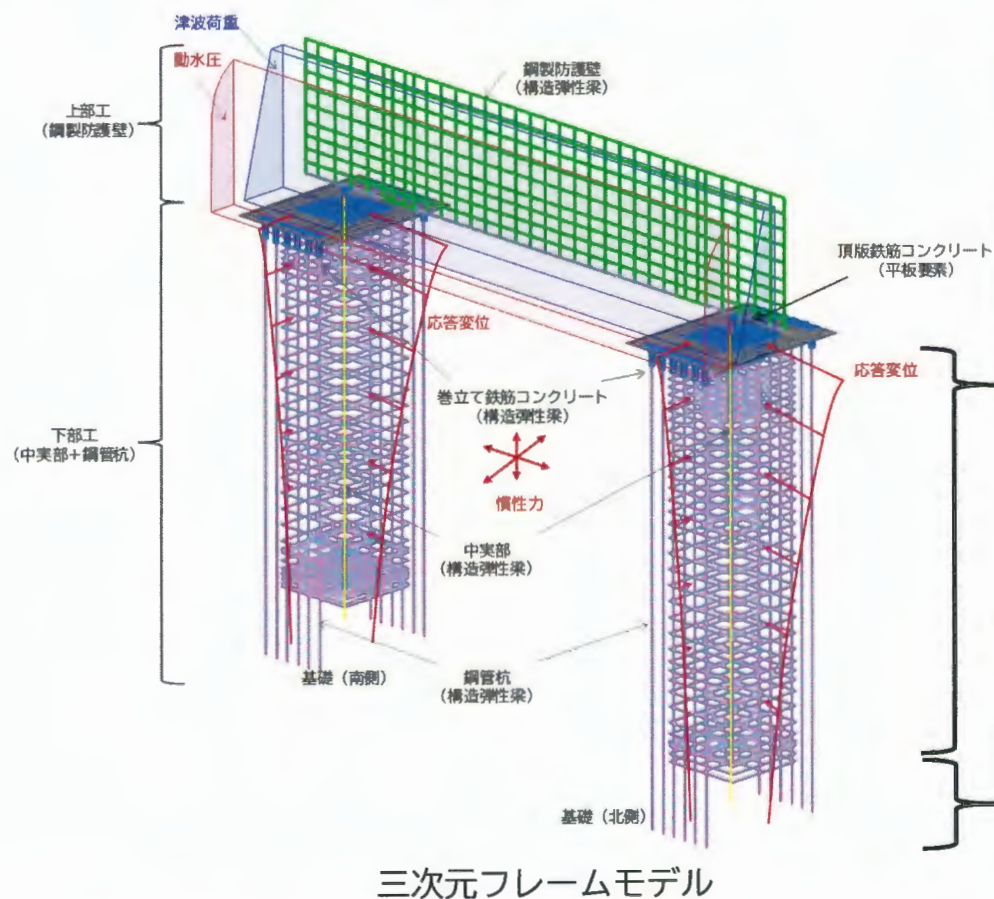
青字は、既工認から変更した箇所

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

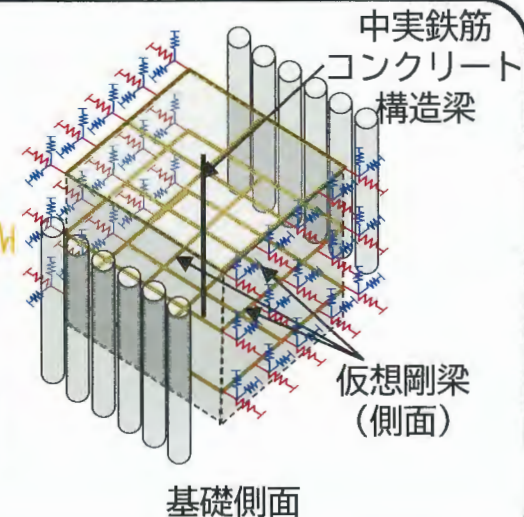
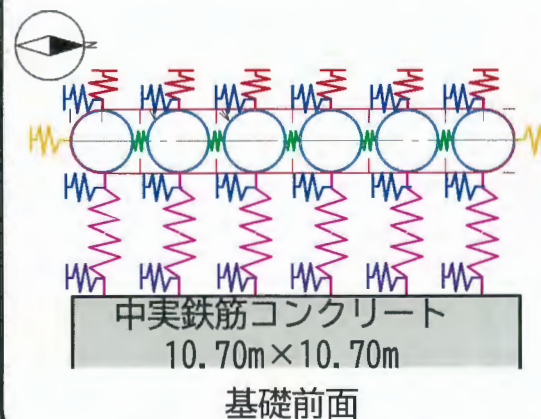
(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (4/16)

c. 地盤バネの設定について

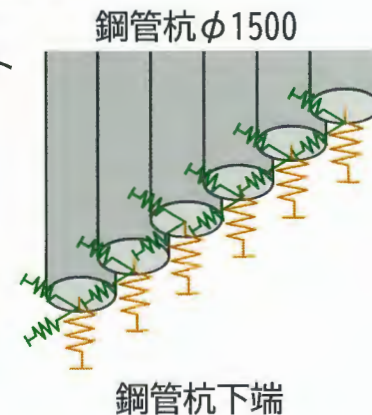
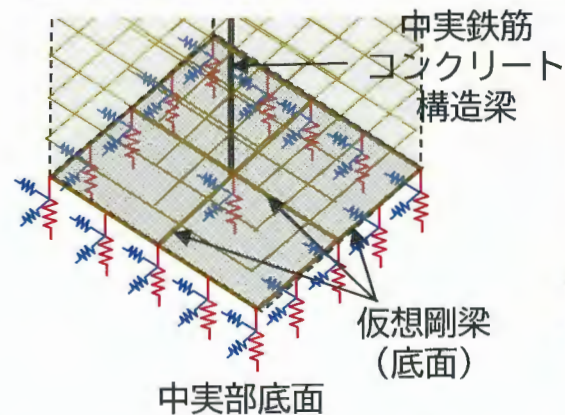
耐津波設計の三次元フレームモデルに用いる地盤バネは、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」に準拠し，地盤反力上限値を考慮したバイリニア型として設定することを基本とする。



①基礎一般部の地盤バネ配置



②中実部底面及び鋼管杭下端の地盤バネ配置

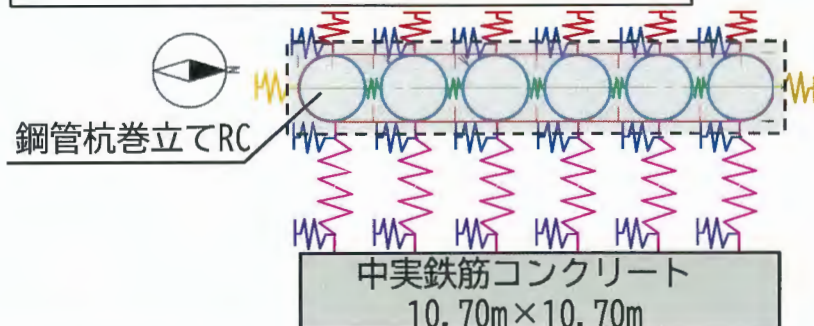


2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (5/16)

c. 地盤バネの設定について

①基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）
巻立て鉄筋コンクリート(T.P.-6.0m以浅)



地盤バネ一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無
■P-1	東西	面直(外向き)	中間部1.800 端部2.250	道示 K_H (下式参照)	有
■K-1		面直(内向き)	中間部1.800 端部2.250	連結バネとして設定 (下式参照)	無
■P-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	有
■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	無
■P-3	南北 端部のみ	面直	2.500 (巻立て厚)	道示 K_H (下式参照)	有
■K-2	南北	面直	2.500 (巻立て厚)	連結バネとして設定 (下式参照)	無

道示 K_H の算定式 (■P-1, ■P-3)

$$K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

K_H : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m³)

α_k : K_H の推定に用いる補正係数 (=1.5)

K_{H0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値
に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1.0$)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G$$

ν_d : 動ポアソン比

G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m²)

B_H : 換算載荷幅

(上記“地盤バネ一覧表のとおり。)

道示 K_{SH} , K_{SV} の算定式 (■P-2, ■RC-2)

$$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$$

K_{SH} : 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数
(kN/m²)

K_{SV} : 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数
(kN/m²)

連結バネの算定式 (■K-1, ■K-2)

$$K_{RCR} = E_0 / l_{RC} \quad K_{PR} = E_c / l_{PR}$$

K_{RCR} : 鉄筋コンクリート基礎と鋼管杭の連結バネ
(K-1)の反力係数 (kN/m²)

K_{PR} : 巻立てRC間の連結バネ (K-2)の反力係数
(kN/m²)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

E_c : コンクリートの変形係数 (kN/m²)

l_{RC} , l_{PR} : 連結バネの長さ (m)

地盤の変形係数 E_0 , 地盤のせん断弾性係数 G

地盤の変形係数 E_0 (地盤のせん断弾性係数 G)は, 地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。

津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定, 地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定
(上限値は, 地盤バネ1がピーク強度(平均), 地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定)

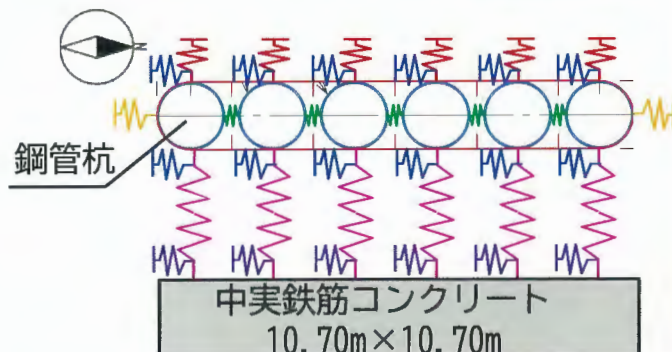
重畳時: 地盤バネ3~5は, 余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定
(上限値は, ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_f , せん断 τ_f)から設定)

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (6/16)

c. 地盤バネの設定について

①基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）
鋼管杭(T.P.-6.0m以深)



地盤バネ一覧表

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

道示 K_H の算定式 (■P-1, ■P-3)

$$K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

K_H : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m^3)

α_k : K_H の推定に用いる補正係数 ($=1.5$)

K_{H0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値
に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m^3)

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1.0$)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2)

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G$$

ν_d : 動ポアソン比

G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m^2)

B_H : 換算載荷幅

(上記“地盤バネ一覧表のとおり。)

道示 K_{SH} , K_{SV} の算定式 (■P-2, ■RC-2)

$$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$$

K_{SH} : 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数
(kN/m^2)

K_{SV} : 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数
(kN/m^2)

連結バネの算定式 (■K-1, ■K-2)

$$K_{RCR} = E_0 / l_{RC} \quad K_{PR} = E_0 / l_{PR}$$

K_{RCR} : 鉄筋コンクリート基礎と鋼管杭の連結バネ
(K-1)の反力係数 (kN/m^2)

K_{PR} : 鋼管杭間の連結バネ (K-2)の反力係数
(kN/m^2)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2)

l_{RC} , l_{PR} : 連結バネの長さ (m)

地盤の変形係数 E_0 , 地盤のせん断弾性係数 G

地盤の変形係数 E_0 (地盤のせん断弾性係数 G)は, 地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。

津波時: 地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定, 地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定
(上限値は, 地盤バネ1がピーク強度(平均), 地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定)

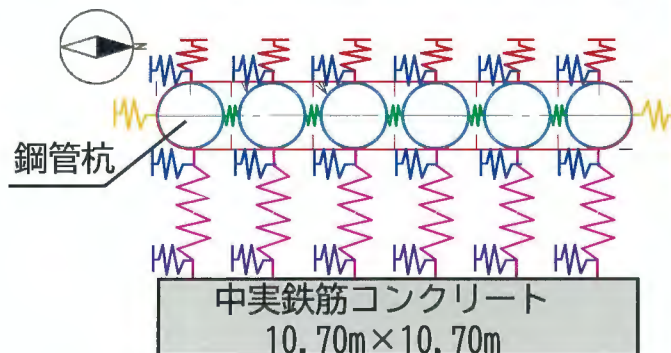
重畳時: 地盤バネ3~5は, 余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定
(上限値は, ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_f , せん断 τ_f)から設定)

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (7/16)

c. 地盤バネの設定について

①基礎一般部の地盤バネ（基礎前面）
群杭効果及び仮想ケーソン断面による
評価に係る補足



■ 群杭効果を考慮した地盤バネの低減

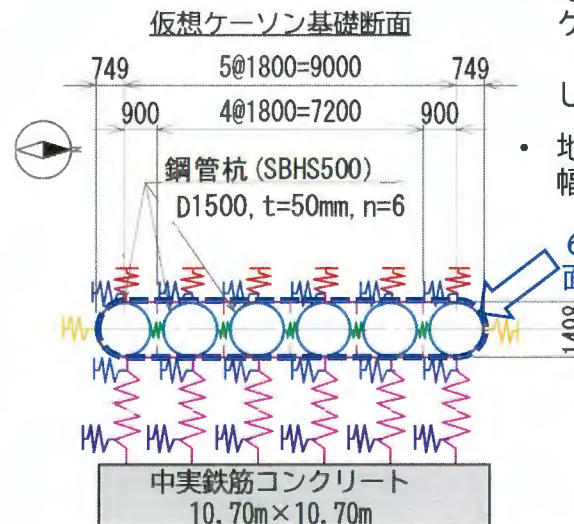
- 道路橋示方書Ⅳ(H24)において、鋼管杭の中心間隔が杭径Dの2.5倍以上であると群杭の影響は比較的小さい。
- 中心間隔は、 $1.8/1.5 = 1.2D < 2.5D$ であり、鋼管杭の群杭の影響を考慮する必要がある。
- 群杭の影響は、水平方向地盤反力係数の低減により考慮
- 低減の方法は、水平方向地盤反力係数に下式の補正係数 $\mu = 0.74$ を乗じる。

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

地盤バネ一覧表

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

■ 仮想ケーソン断面の考え方を考慮して有効載荷幅を設定



- 地盤バネK-1及びP-2は、左図の小判型の仮想ケーソン基礎断面を考慮して、換算載荷幅（中間杭：1.800m，端部杭：1.649m）を設定した。
- 地盤バネP-3は、有効幅 B_e を考慮して換算載荷幅1.198m（鋼管杭外径 $\times 0.8$ ）とした。

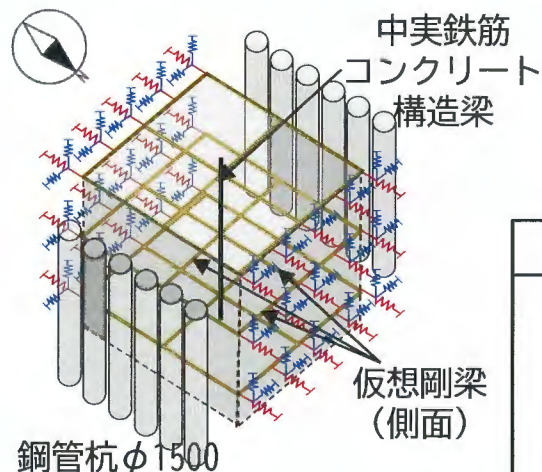
6本の鋼管杭を小判型の仮想ケーソン基礎断面として考える。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (8/16)

c. 地盤バネの設定について

①基礎一般部の地盤バネ（基礎側面）



地盤バネ一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無
■RC-1	南北	面直	10.7m	道示 K_H (下式参照)	有
■RC-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SH} , K_{SV} (下式参照)	有

道示 K_H の算定式 (■RC-1)

$$K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

K_H : 部材面法線方向地盤反力係数 (kN/m³)
 α_k : K_H の推定に用いる補正係数 (=1.5)
 K_{H0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値
 に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha=1.0$)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G$$

ν_d : 動ポアソン比

G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m²)

B_H : 換算載荷幅
 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。)

道示 K_{SH} , K_{SV} の算定式 (■RC-2)

$$K_{SH} = K_{SV} = 0.3K_H$$

K_{SH} : 部材面接線(水平せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²)

K_{SV} : 部材面接線(鉛直せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²)

地盤の変形係数 E_0 , 地盤のせん断弾性係数 G

地盤の変形係数 E_0 (地盤のせん断弾性係数 G) は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。

津波時：地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定
 (上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度(-1σ)から設定)

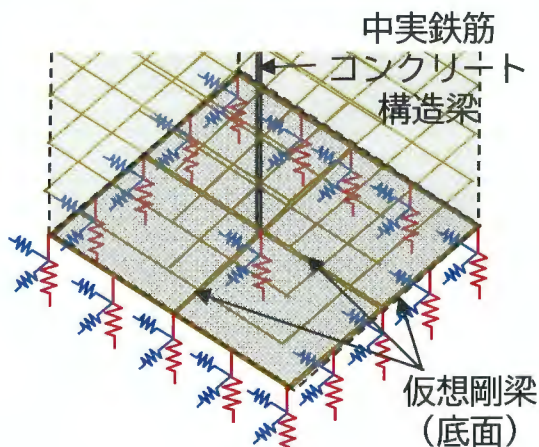
重畳時：地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定
 (上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_f , せん断 τ_f)から設定)

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

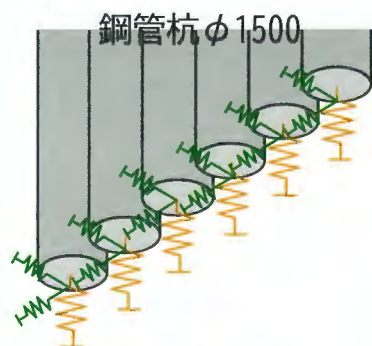
(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (9/16)

c. 地盤バネの設定について

②中実部底面及び鋼管杭下端の地盤バネ



中実部底面



鋼管杭下端

地盤バネ一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数等	地盤反力上限値 の有無
■RCb-1	中実部 底面	面直	10.7	道示 K_V (下式参照)	有
■RCb-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SL} , K_{ST} (下式参照)	有
■Pb-1	鋼管杭 下端	面直	1.328 (等価矩形断面幅)	道示 K_V (下式参照)	有
■Pb-2		水平・鉛直 せん断	同上	道示 K_{SL} , K_{ST} (下式参照)	有

道示 K_V の算定式 (■RCb-1, ■Pb-1)

$$K_V = K_{V0} \left(\frac{B_V}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

K_V : 部材底面法線方向地盤反力係数 (kN/m³)
 K_{V0} : 直径0.3 m剛体円板の平板載荷試験の値
 に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$K_{V0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1.0$)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G$$

ν_d : 動ポアソン比

G : 地盤のせん断弾性係数 (kN/m²)

B_V : 換算載荷幅
 (上記“地盤バネ一覧表のとおり。)

道示 K_{SL} , K_{ST} の算定式 (■RCb-2, ■Pb-2)

$$K_{SL} = K_{ST} = 0.3K_H$$

K_{SL} : 部材底面接線(堤軸せん断)方向地盤反力係数 (kN/m²)

K_{ST} : 部材面接線(堤軸直交せん断)方向地盤反力係数
 (kN/m²)

地盤の変形係数 E_0 , 地盤のせん断弾性係数 G

地盤の変形係数 E_0 (地盤のせん断弾性係数 G) は、地盤バネの種類に応じて下記のとおり設定する。

津波時：地盤バネ1は初期せん断弾性係数 G_m に基づき設定、地盤バネ2は静弾性係数 E に基づき設定
 (上限値は、地盤バネ1がピーク強度(平均)、地盤バネ2が残留強度($-\sigma_f$)から設定)

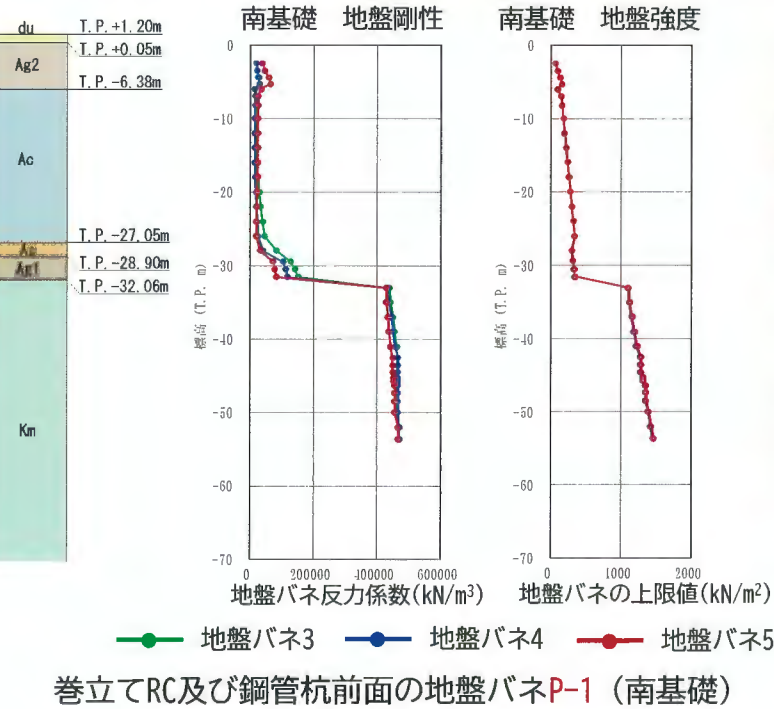
重畳時：地盤バネ3～5は、余震時の一次元地盤応答解析により算出した収束剛性 G に基づき設定
 (上限値は、ピーク強度(平均)の余震時の収束強度(面直 σ_f , せん断 τ_f)から設定)

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

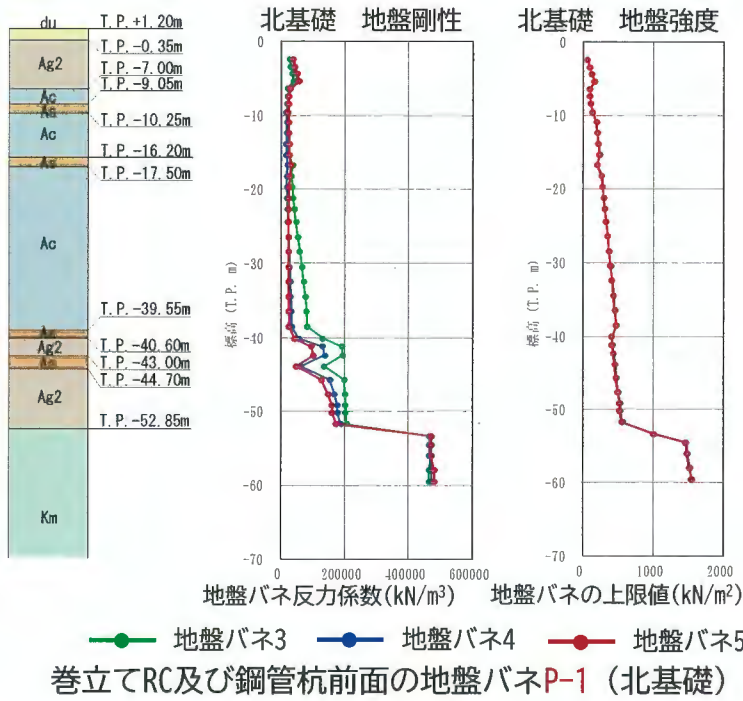
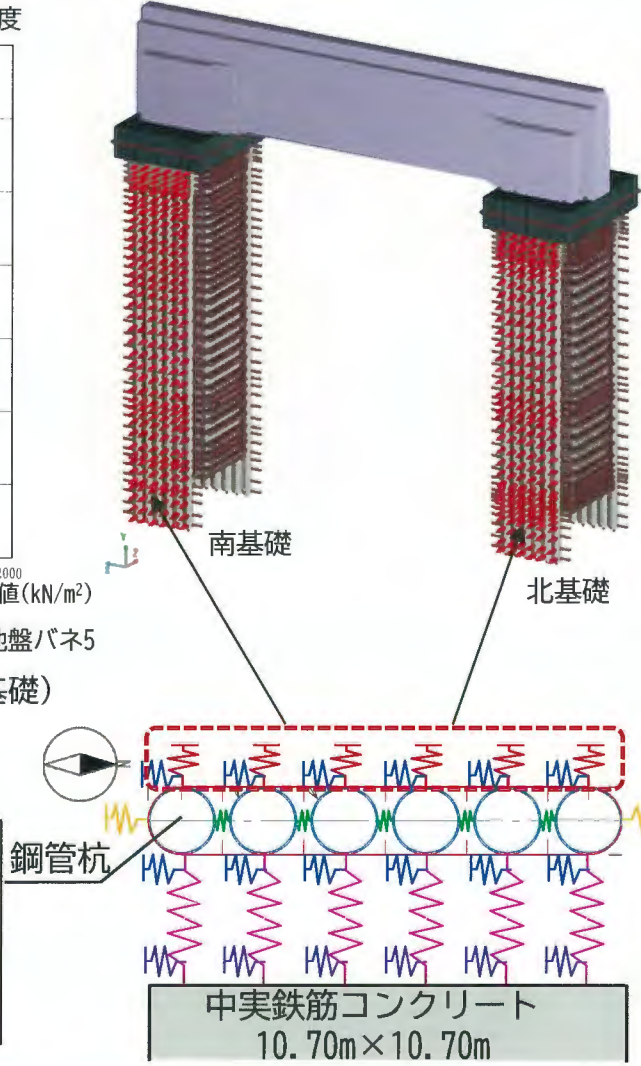
(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (10/16)

c. 地盤バネの設定について

地盤バネの設定事例 (基礎前面 地盤バネP-1の場合)



余震との重畳時には、一次元地盤応答解析により得られた地盤剛性及び地盤強度に基づき、三次元フレーム解析における地盤バネ係数及び地盤バネの上限値を設定した。



基礎前面の地盤バネ一覧表

記号 (ばね色)	設定面	区分
■ P-1	東西	面直 (外向き)
■ K-1		面直 (内向き)
■ P-2		水平・鉛直せん断
■ RC-1		水平・鉛直せん断
■ P-3	南北 端部のみ	面直
■ K-2	南北	面直

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (11/16)

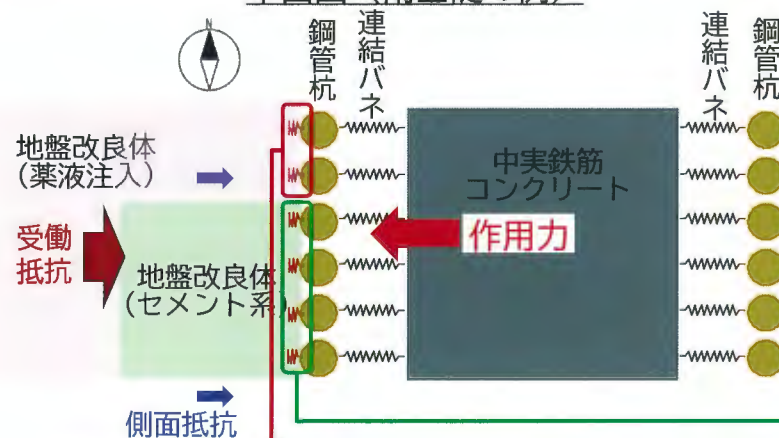
c. 地盤バネの設定について

地盤改良体（セメント系）の考慮

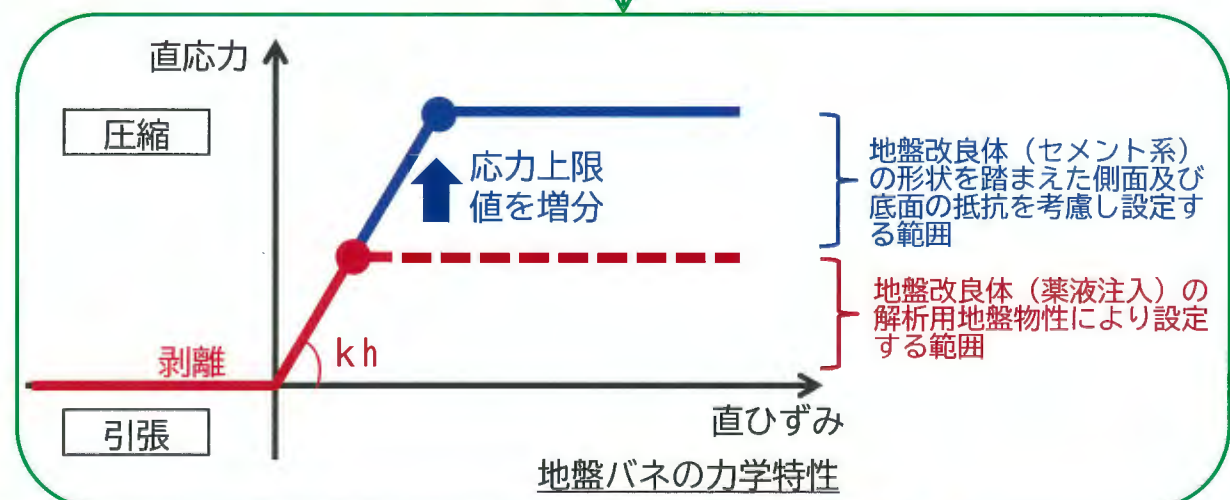
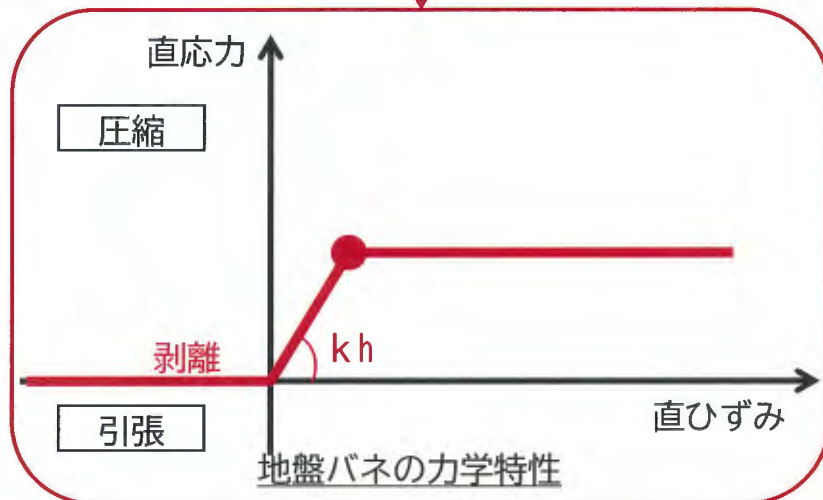
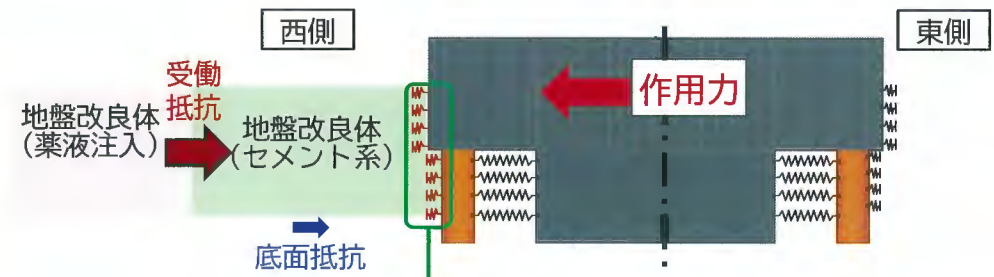
- ・ 南・北基礎の西側の浅部に地盤改良体（セメント系）を設置する。
- ・ 地盤改良体（セメント系）と鋼管杭間のバネの設定において、地盤改良体（セメント系）の剛性による地盤反力係数 kh の増大は見込まずに、地盤バネの地盤反力度の上限値の増分として加算する※。

※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

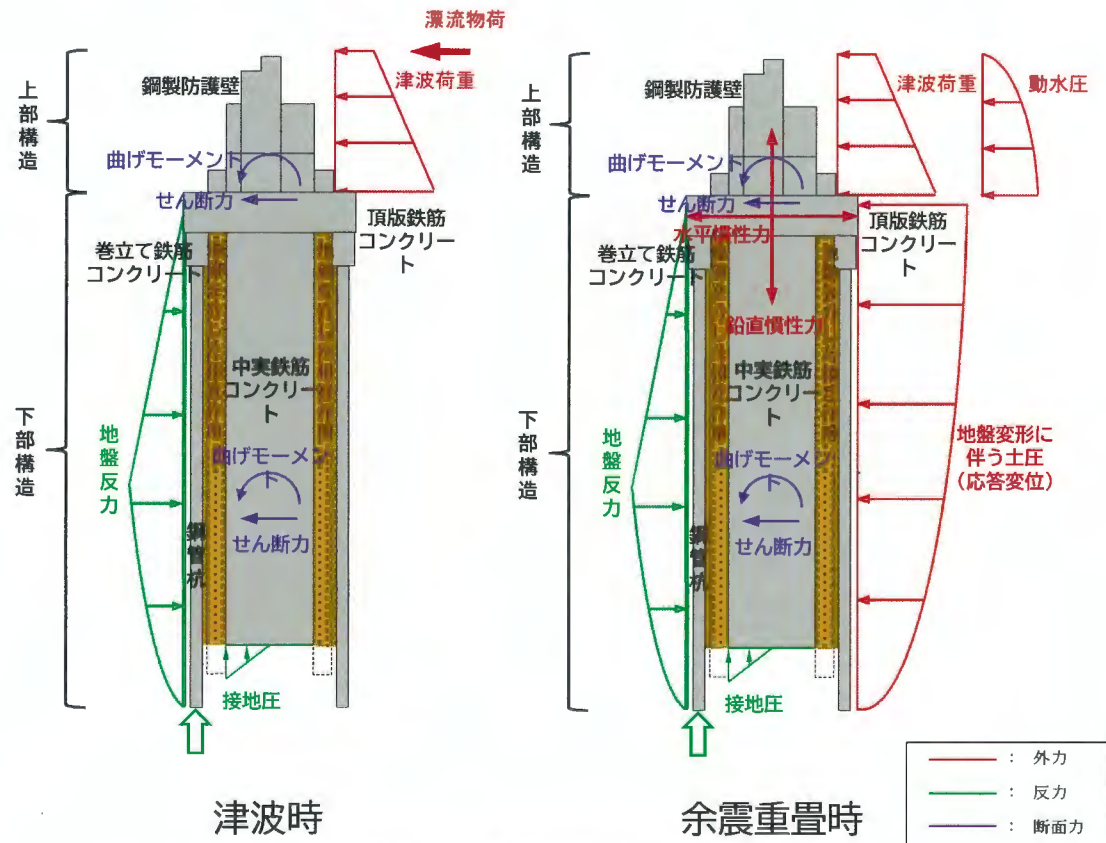


2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

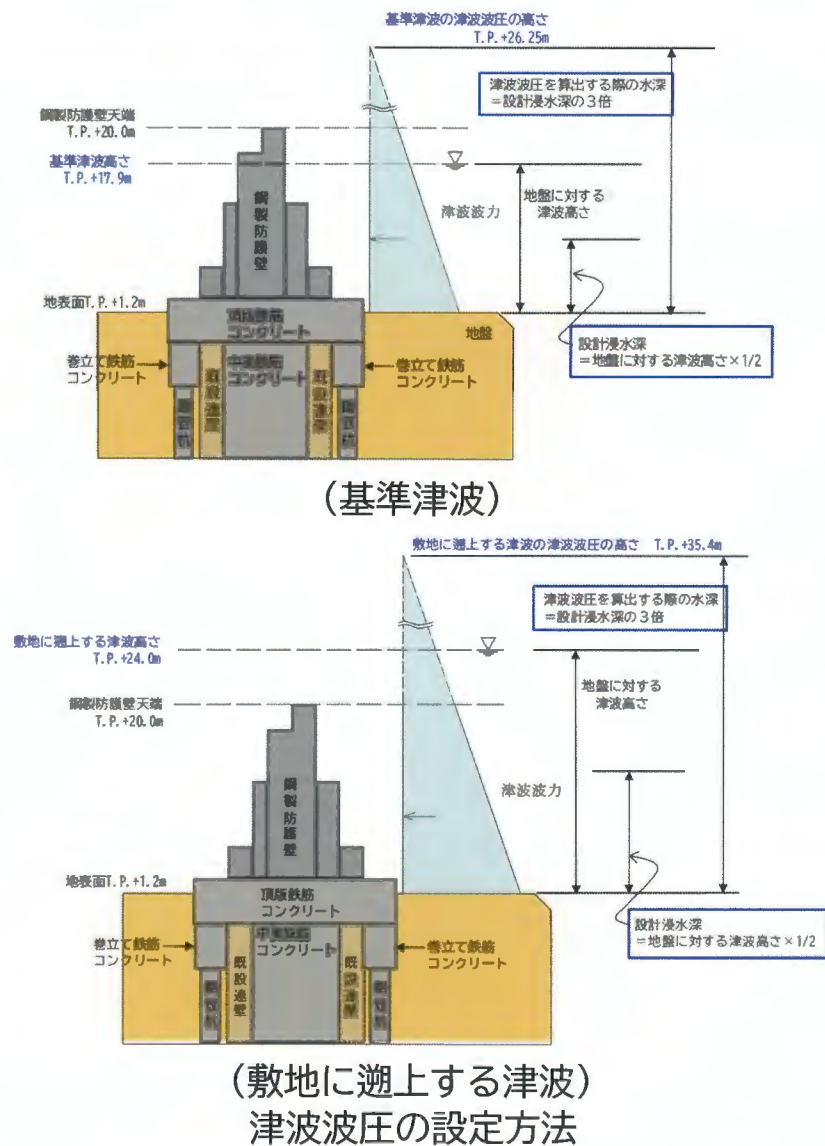
(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (12/16)

d. 荷重の入力方法について

鋼製防護壁の荷重伝達の概念図を以下に示す。



津波時及び余震重畳時の荷重伝達の概念図



(敷地に遡上する津波)
津波波圧の設定方法

余震荷重（余震時慣性力，動水圧，応答変位）においては，堤軸方向，堤軸直交方向及び鉛直方向（3方向）の組合せ係数法を適用した。⇒組合せ係数法の基本的な考え方を次頁に示す。

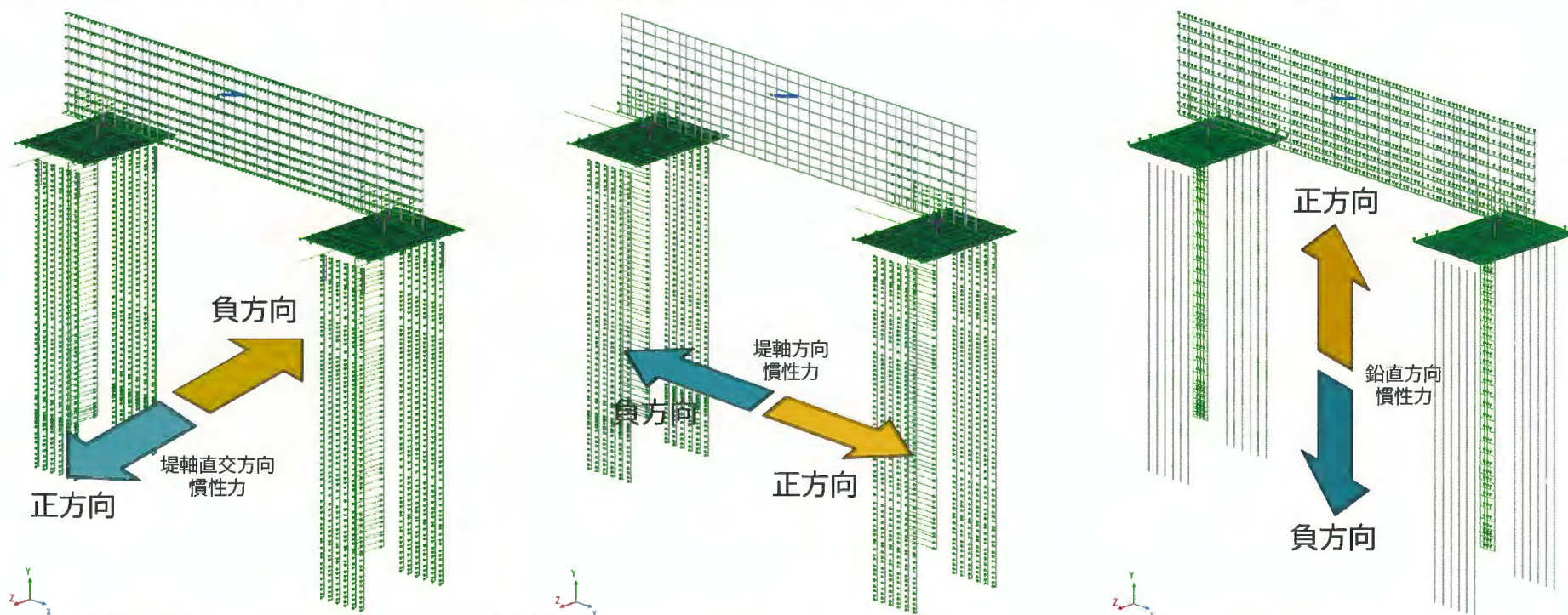
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (13/16)

d. 荷重の入力方法について

余震荷重に対する組合せ係数法の考え方を以下に示す。

- ・ 余震荷重は、一次元地盤応答解析により得られた設計震度や応答変位に基づき設定する。
- ・ 余震荷重の入力方向は、各方向の正負両方向を考慮する。
- ・ 組合せ係数法を考慮するため、3方向の余震荷重のうち1方向が ± 1.0 倍、他の2方向が ± 0.4 倍になる。



組合せ
係数法

堤軸直交方向慣性力 $\times \pm 1.0$	+	堤軸方向慣性力 $\times \pm 0.4$	+	鉛直方向慣性力 $\times \pm 0.4$
堤軸直交方向慣性力 $\times \pm 0.4$	+	堤軸方向慣性力 $\times \pm 1.0$	+	鉛直方向慣性力 $\times \pm 0.4$
堤軸直交方向慣性力 $\times \pm 0.4$	+	堤軸方向慣性力 $\times \pm 0.4$	+	鉛直方向慣性力 $\times \pm 1.0$

堤軸直交方向慣性力

堤軸方向慣性力

鉛直方向慣性力

計24ケース
の荷重組合
せとなる。

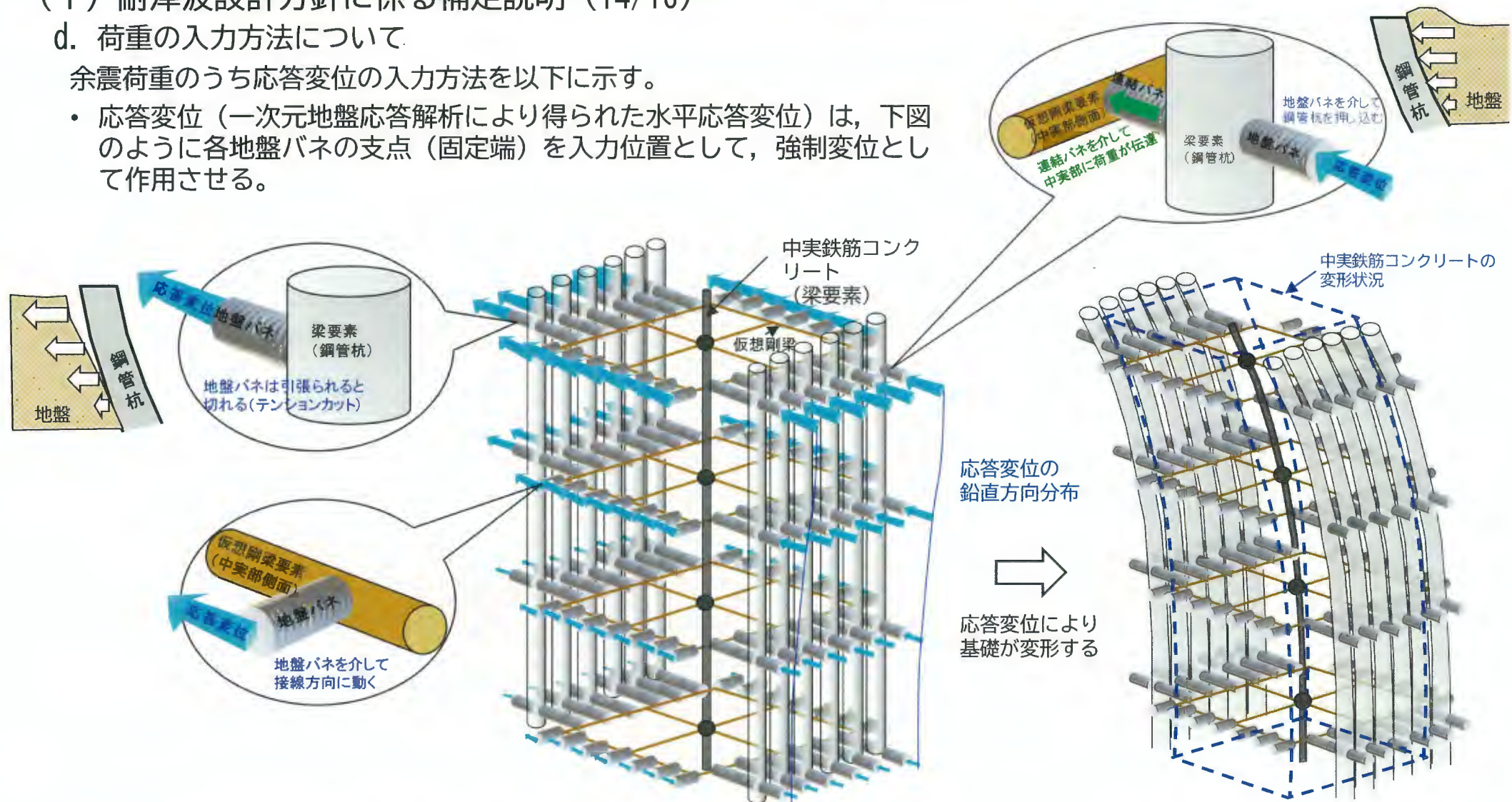
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (14/16)

d. 荷重の入力方法について

余震荷重のうち応答変位の入力方法を以下に示す。

- ・ 応答変位（一次元地盤応答解析により得られた水平応答変位）は、下図のように各地盤バネの支点（固定端）を入力位置として、強制変位として作用させる。



基礎の応答変位設定の概念図（堤軸直交方向の応答変位を設定する場合）

応答変位による基礎の変形図

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

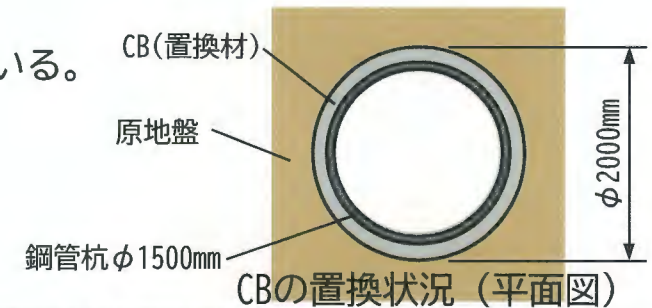
(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (15/16)

e. 鋼管杭の先行置換材について

◆先行置換材の材料仕様について

先行置換材は、セメントベントナイト（CB）とし、以下の材料仕様を計画している。

- ・一軸圧縮強さ q_u : 500 kN/m²
- ・せん断強度 τ_f : 250 kN/m² ($\tau_f = q_u/2$ として算定)
- ・初期せん断弾性係数 : 339,000 kN/m² (配合試験による試験値)



【耐津波設計におけるモデル化の妥当性について】

- ・耐津波設計モデルでは置換材を原地盤（地盤バネ）としてモデル化している。
- ・耐津波設計モデルにおける原地盤とCBの物性値を以下のとおり比較する。

初期せん断弾性係数およびせん断強度の比較
(各地層で最大となる最深部の値)

北基礎	標高 (T. P.)	層厚 (m)	σ'_m (kN/m ²)	平均有効 拘束圧 σ'_{ma}	基準せん断 弾性係数 (kN/m ²)	C_{CD} (kN/m ²)	ϕ_{CD}	初期せん断 弾性係数 (kN/m ²)	せん断強度 τ_f (kN/m ²)
Ag2	-7.00	3.00	57.1	497.0	278087.0	0.0	37.4	94289	34.7
Ac	-39.55	4.05	164.1	480.0	121829.0	25.0	29.1	63766	101.7
As	-44.70	1.70	229.1	378.0	143284.0	12.0	41.0	110176	159.4
Ag1	-52.85	2.15	253.5	814.0	392073.0	0.0	37.4	218792	154.0



CBの初期せん断弾性係数及びせん断強度は、原地盤よりも大きく、CBの残置が鋼管杭と原地盤の応力伝達に影響を与えるものではないことを確認した。

※各物性値が相対的に大きい北基礎の算定結果を掲載する。

※耐震設計においては置換材を原地盤（マルチスプリング要素）としてモデル化しているが、耐津波設計と同様、CBの各物性値は原地盤よりも大きいことを確認している。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(1) 耐津波設計方針に係る補足説明 (16/16)

e. 鋼管杭の先行置換材について

前述した材料仕様を満足するためのCBの品質管理方針を以下に示す。

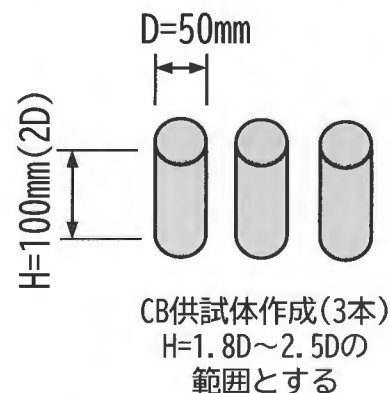
◆先行置換材 (CB) の品質管理について

CBの一軸圧縮強さ (現場必要強度) は, $q_u=500 \text{ kN/m}^2$ であり, 本強度を確保するため, 施工計画上の室内目標強度は現場必要強度に対して安全率 $\alpha=2.0$ を考慮した値として $500 \times \alpha=1,000 \text{ kN/m}^2$ とする。

CBは「JIS A 1216」に定める土の一軸圧縮試験方法に基づき, 3本の供試体により一軸圧縮強さを確認する。

一軸圧縮強さの評価方法については「JIS A 1216」に定めされていないことから, 国土交通省の品質管理基準で定めているコンクリートの圧縮強度の評価と同様とし, 各供試体で室内目標強度の85%以上かつ3本の供試体の平均が室内目標強度以上であることを確認する。

「JIS A 1216」土の一軸圧縮試験方法による圧縮強度の確認



一軸圧縮強度試験

国土交通省の品質管理基準による
圧縮強度の評価

各供試体で室内目標強度の85%以上
かつ3本の供試体の平均が室内目標強
度以上であることを確認する。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (1/7)

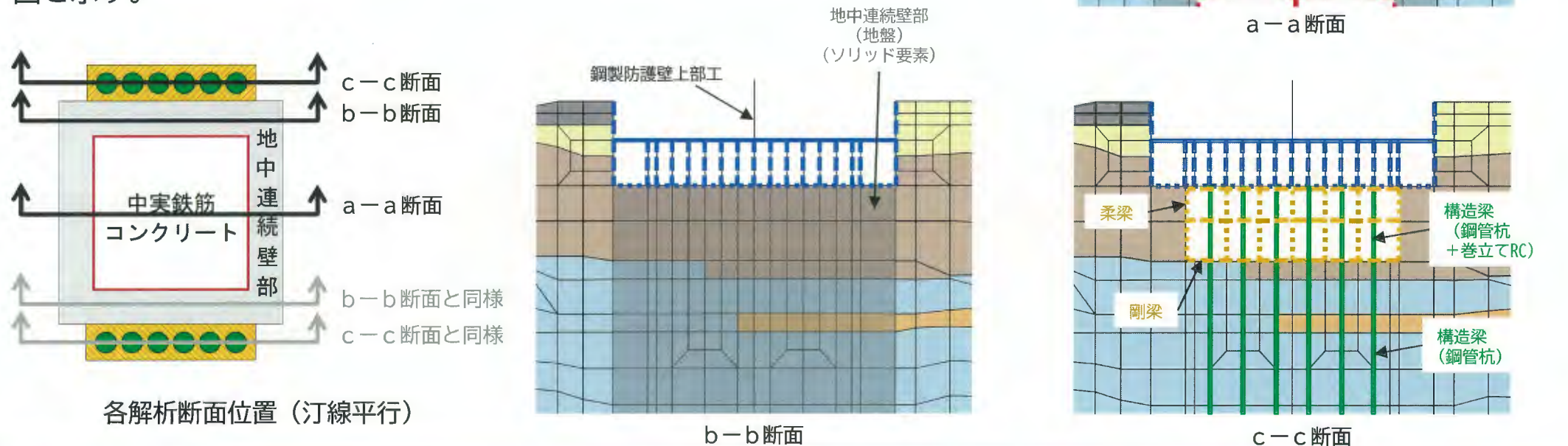
a. 構造物のモデル化について（汀線平行(a)-(a)断面）

【解析モデルの概要】

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

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

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

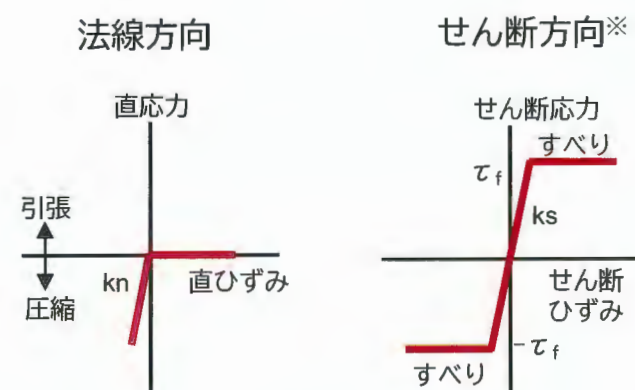


2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

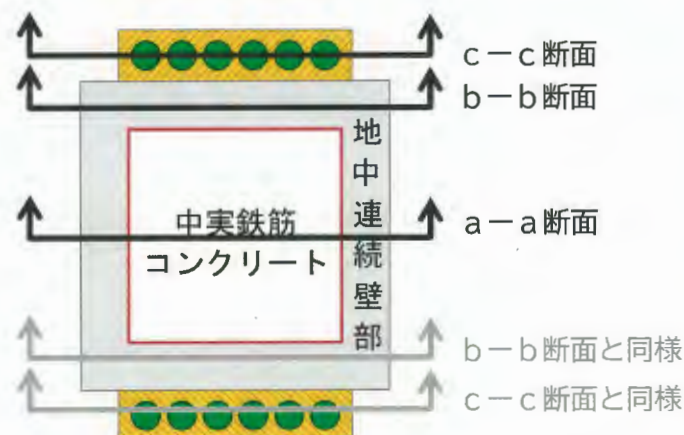
(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (2/7)

a. 構造物のモデル化について (汀線平行(a)-(a)断面)

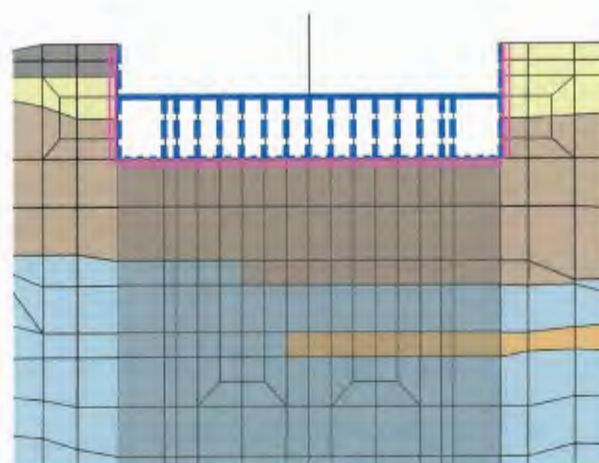
【各解析断面内における境界条件】
有効応力解析においては、地盤と構造物の接合面にジョイント要素を設けることで、接合面における剥離及びすべりを考慮する設計方針である。



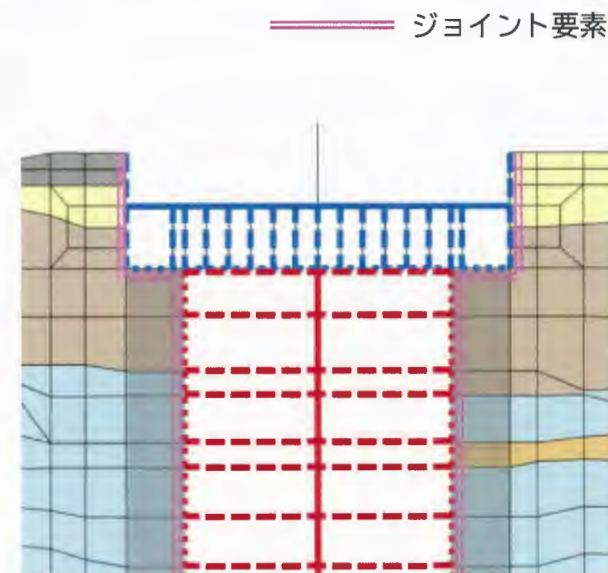
※せん断方向の応力上限値は、ジョイント要素の面直応力（有効応力）と原地盤の強度特性により、解析上自動的に決定する。



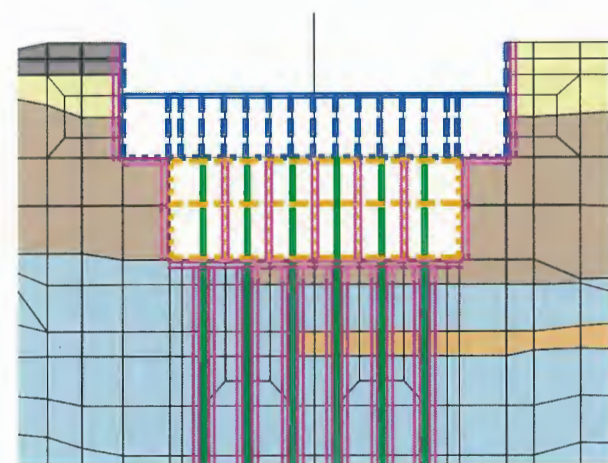
各解析断面位置 (汀線平行)



b-b 断面



a-a 断面



c-c 断面

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

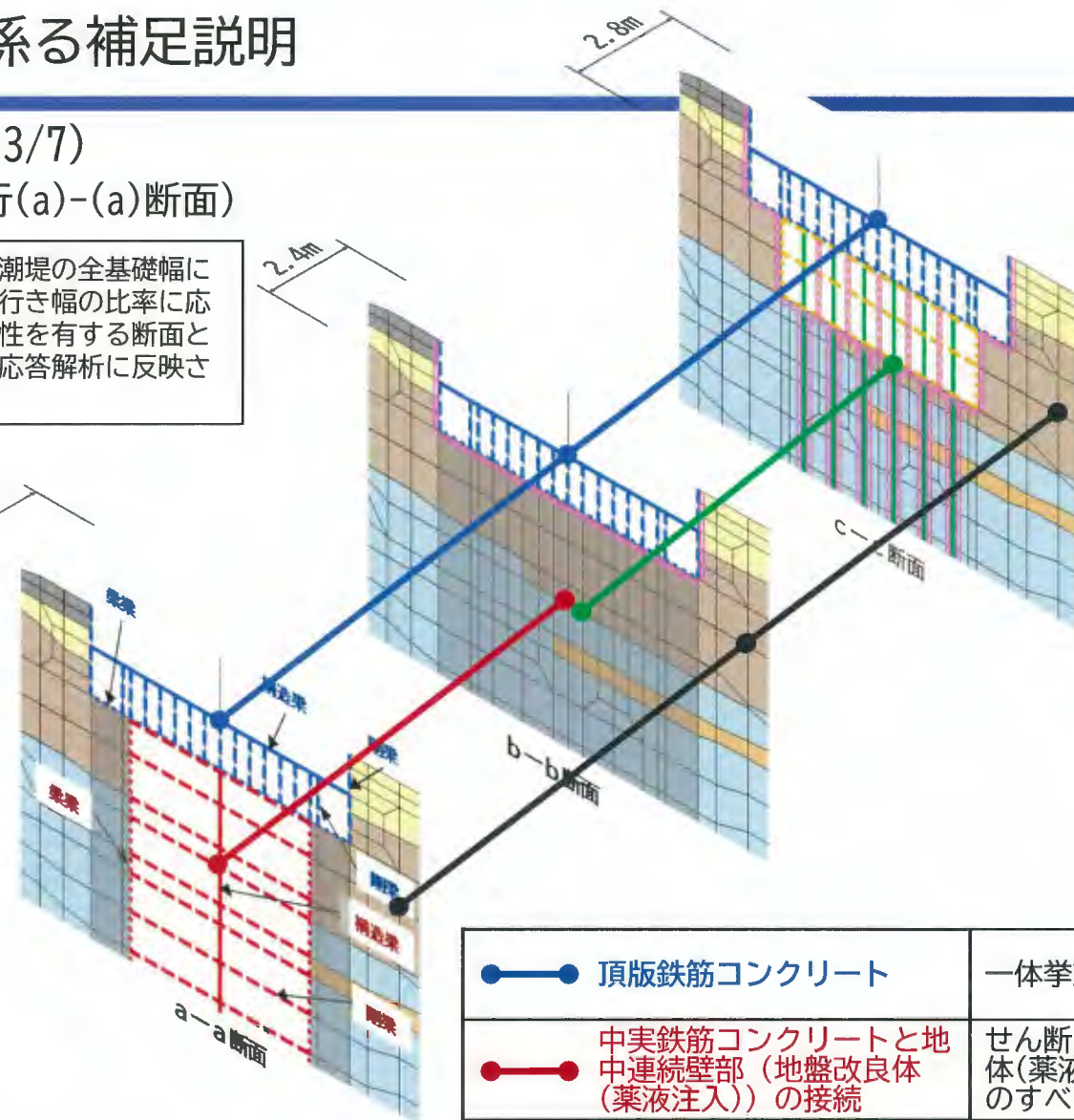
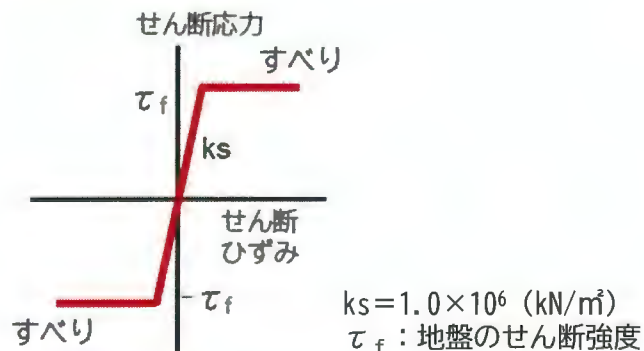
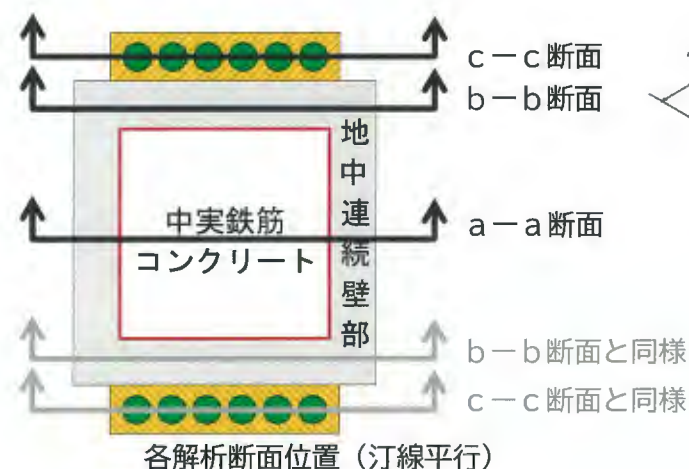
(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (3/7)

a. 構造物のモデル化について (汀線平行(a)-(a)断面)

【各解析断面奥行き方向の接続】

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

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



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

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

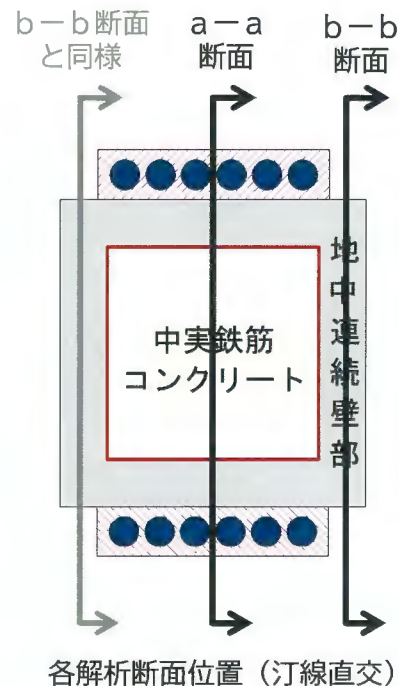
(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (4/7)

a. 構造物のモデル化について (汀線直交(b)-(b)断面, (c)-(c)断面)

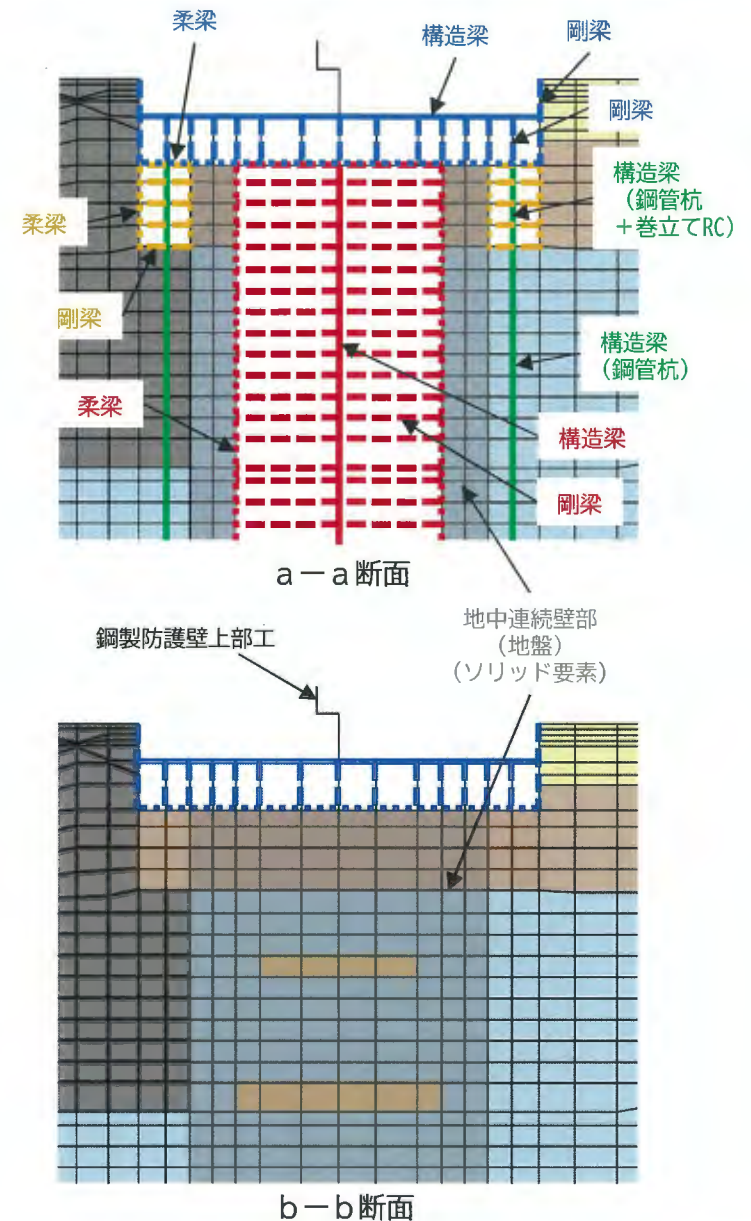
【解析モデルの概要】

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

汀線直交の (b)-(b)断面, (c)-(c)断面においては、前述した汀線平行の(a)-(a)断面と同様、右図に示すa～b断面の相互作用を適切に考慮するため、奥行き方向に連続する複数断面を重ね合わせた解析モデルを採用する。



- 中実鉄筋コンクリート
- 頂版鉄筋コンクリート
- 巻立て鉄筋コンクリート
- 鋼管杭



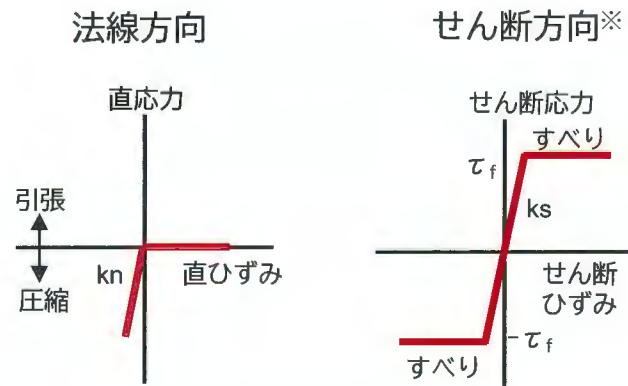
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (5/7)

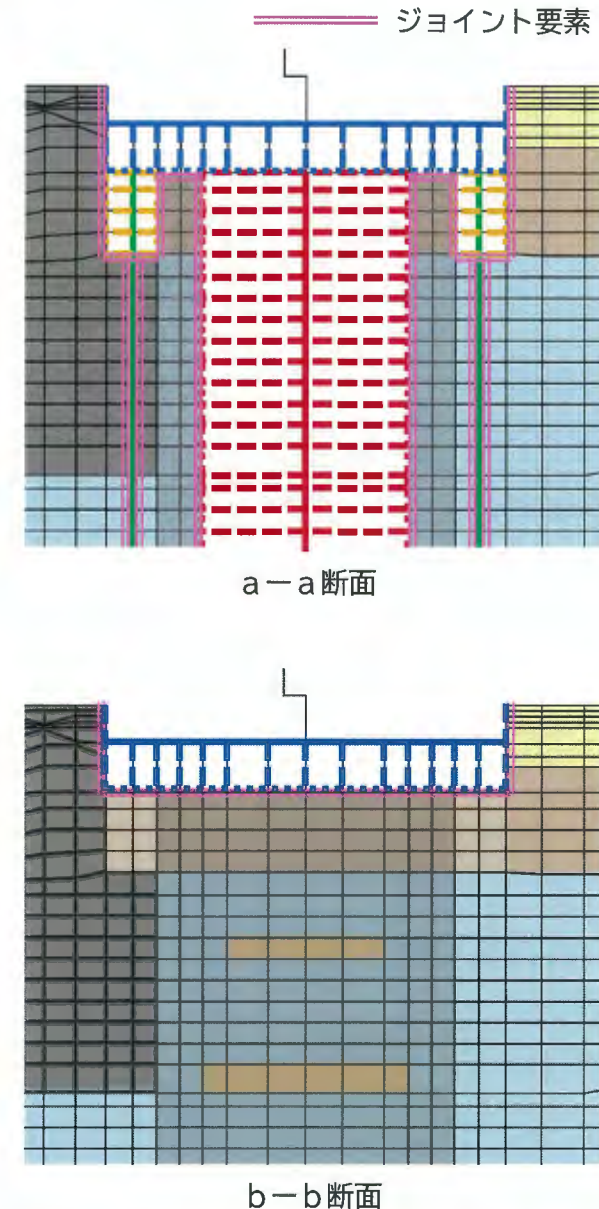
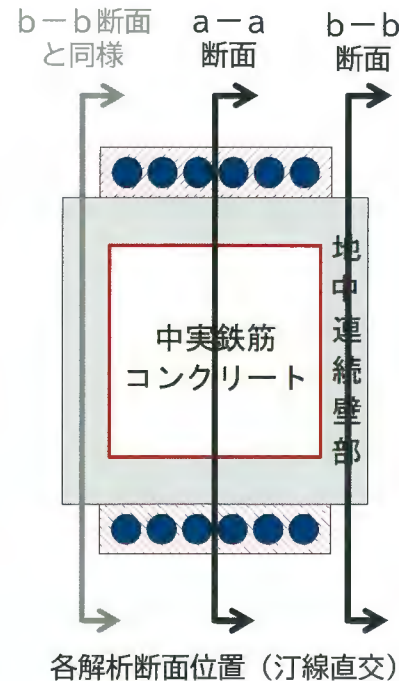
a. 構造物のモデル化について (汀線直交(b)-(b)断面, (c)-(c)断面)

【各解析断面内における境界条件】

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



※せん断方向の応力上限値は、ジョイント要素の面直応力（有効応力）と原地盤の強度特性により、解析上自動的に決定する。



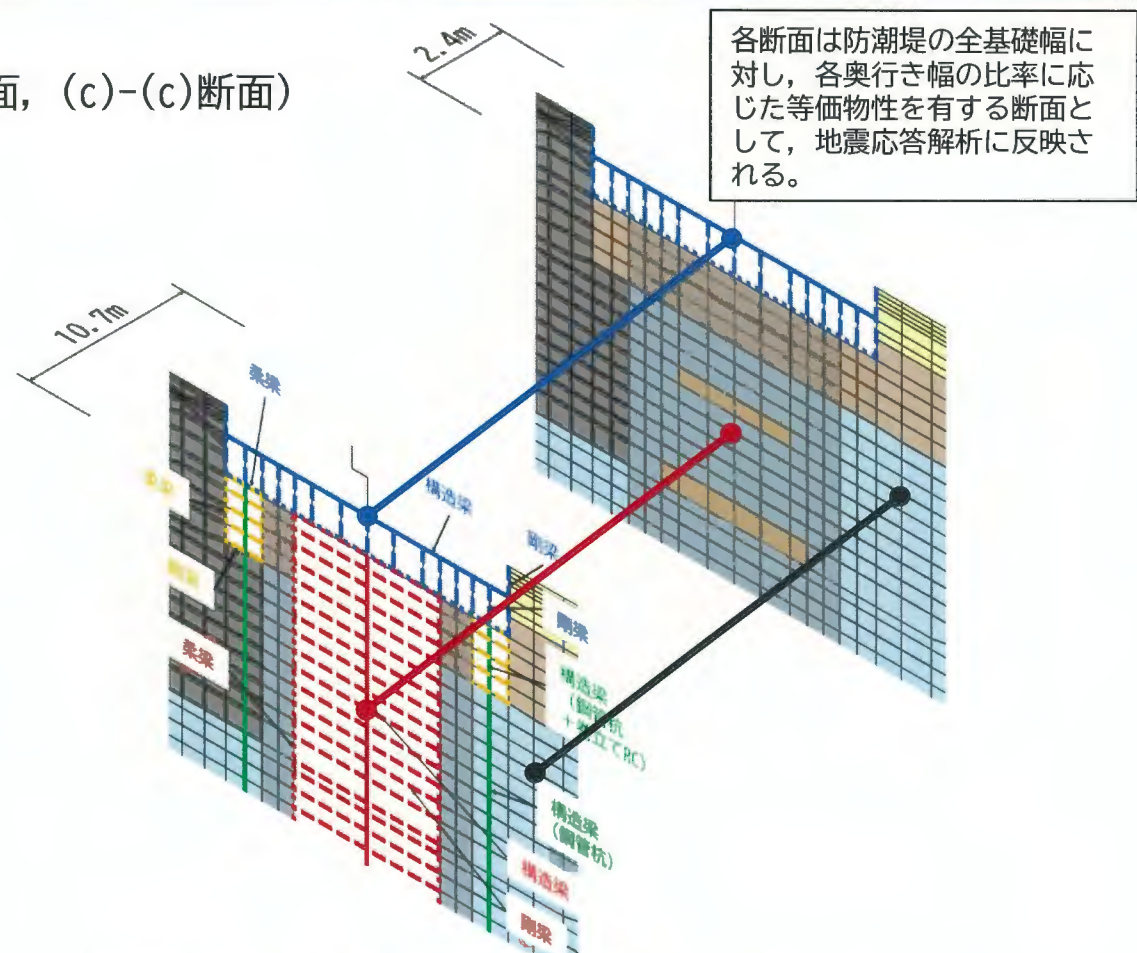
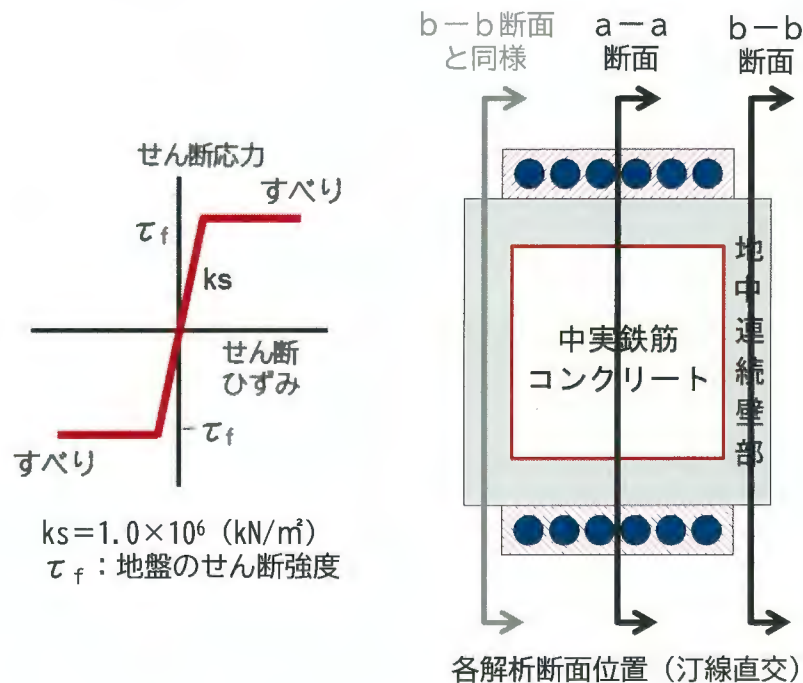
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (6/7)

a. 構造物のモデル化について (汀線直交(b)-(b)断面, (c)-(c)断面)

【各解析断面奥行き方向の接続】

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



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

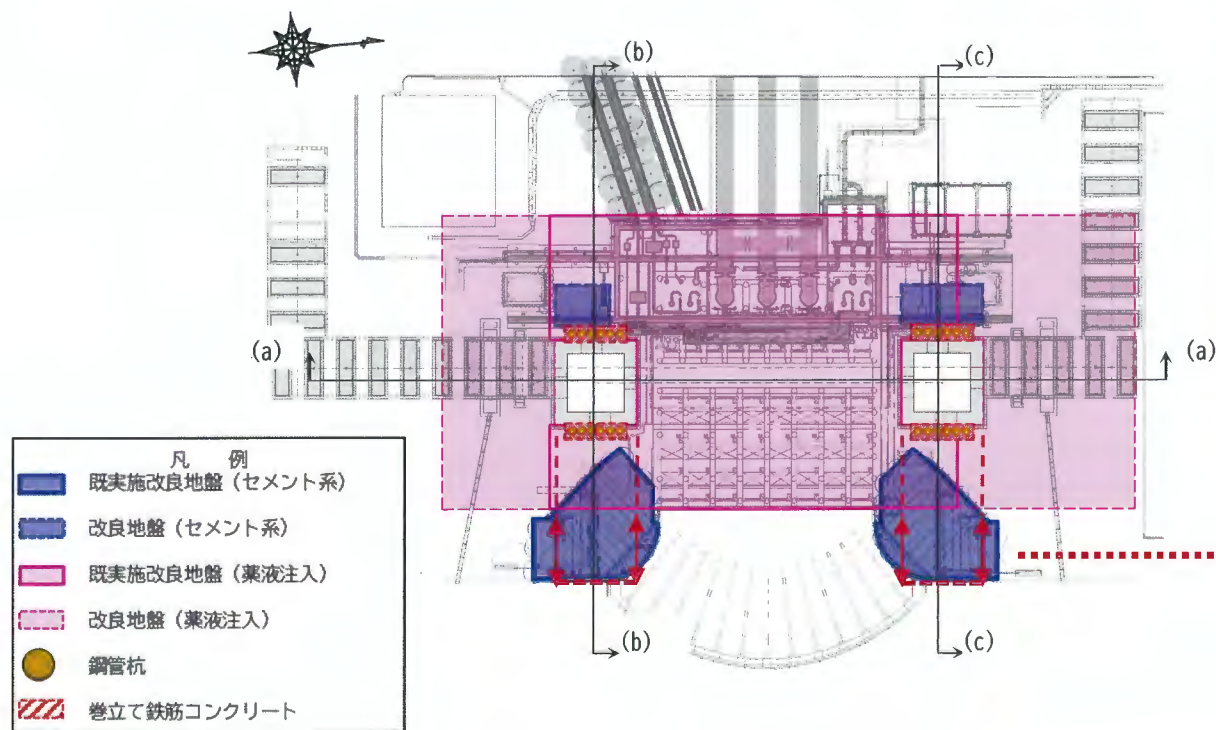
2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(2) 耐震設計方針に係る補足説明 (7/7)

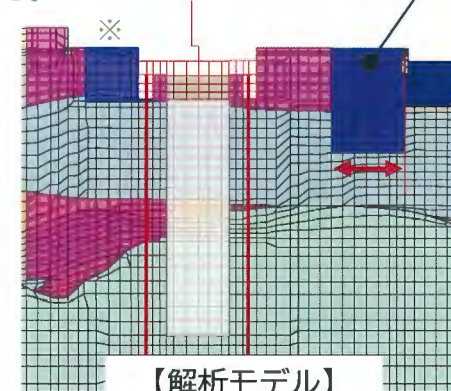
b. 地盤改良体のモデル化について (汀線直交(b)-(b)断面, (c)-(c)断面)

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。

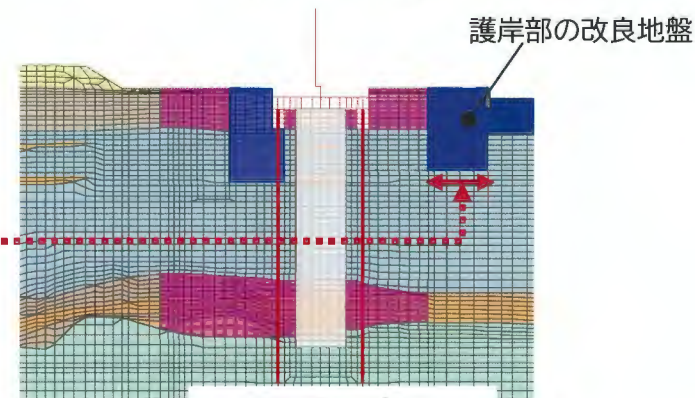
モデル化する改良地盤の形状は、保守的に南北それぞれの基礎幅（解析モデル奥行き＝頂版鉄筋コンクリート幅15.5m）の改良地盤の幅が確保できる範囲として設定する。



※奥行き幅を考慮して密度・剛性を低減する。



【解析モデル】
((b)-(b)断面)



【解析モデル】
((c)-(c)断面)

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

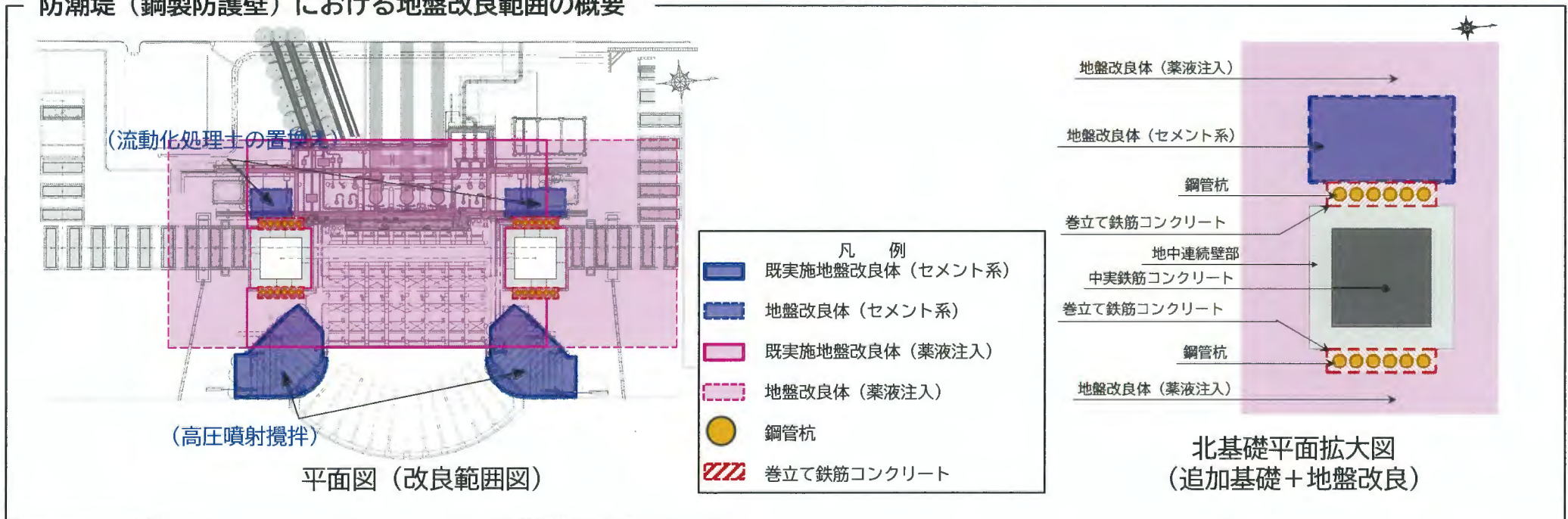
(3) 解析用物性値に係る補足説明 (1/12)

a. 地盤改良体の概要について

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



2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (2/12)

b. 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 ρ_t (g/cm ³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1
変 形 特 性	静弾性係数 (N/mm ²)	581
動 的 変 形 特 性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 設計用一軸圧縮強さ (kgf/cm ²)
	動ポアソン比 ν_d	0.431
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$
	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 ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm ²)
	残留強度 τ_0 (N/mm ²)	粘着力 $C=0$ (N/mm ²) 内部摩擦角 $\phi = 29.1$ (度)
	引張強度 σ_t (N/mm ²)	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_u : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm ²)

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）

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (3/12)

b. 地盤改良体（セメント系）の解析用物性値の妥当性

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、以下に示す地盤改良体（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、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 性 物 性 理	密度 ρ_t (g/cm ³)	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
	静弾性係数 (N/mm ²)	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 ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 設計用一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	文献 ^(※1) より「一軸圧縮強度 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 ν_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 ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 設計用一軸圧縮強度 (N/mm ²)	一軸圧縮強度 q_u と粘着力 C の関係に基づき設定
	残留強度 τ_0 (N/mm ²)	粘着力 $C=0$ (N/mm ²) 内部摩擦角 $\phi=29.1$ (度)	地盤改良体（セメント改良）を碎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 σ_t (N/mm ²)	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_u : 設計用一軸圧縮強度 (N/mm ²)	文献 ^(※2) 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）

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (4/12)

b. 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度 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。）

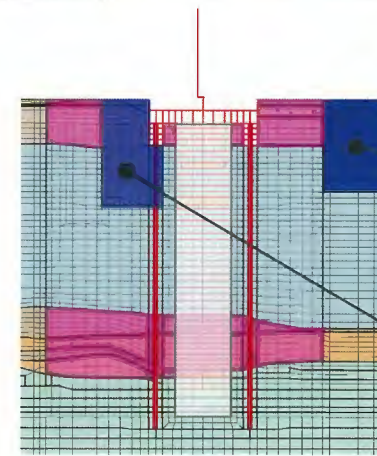
一軸圧縮強度 q_u ：一軸圧縮試験（PS検層実施位置近傍のコア試料）

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）

一軸圧縮強度 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

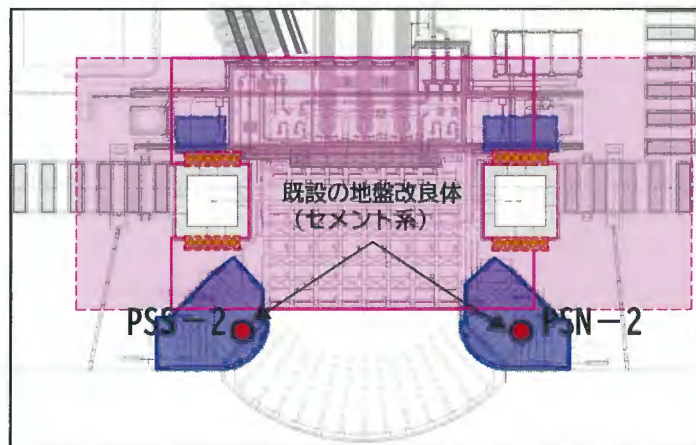


①既設の地盤改良体（セメント系）

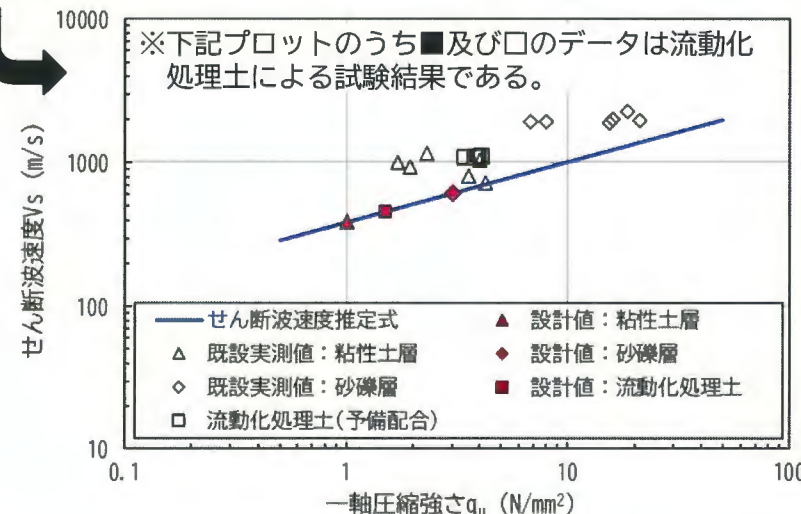
- ・工法：高圧噴射攪拌工法
- ・設計用一軸圧縮強度：
3.0 N/mm²（砂礫系）
1.0 N/mm²（粘性土系）

②新設の地盤改良体（セメント系）

- ・工法：流動化処理工法
- ・設計用一軸圧縮強度：
1.5 N/mm²



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 及び一軸圧縮強度 q_u の試験結果は、改良工法（高圧噴射攪拌工法、流動化処理工法）によらず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。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (5/12)

c. 地盤改良体（薬液注入）の解析用物性値の妥当性

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 、 ϕ 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。

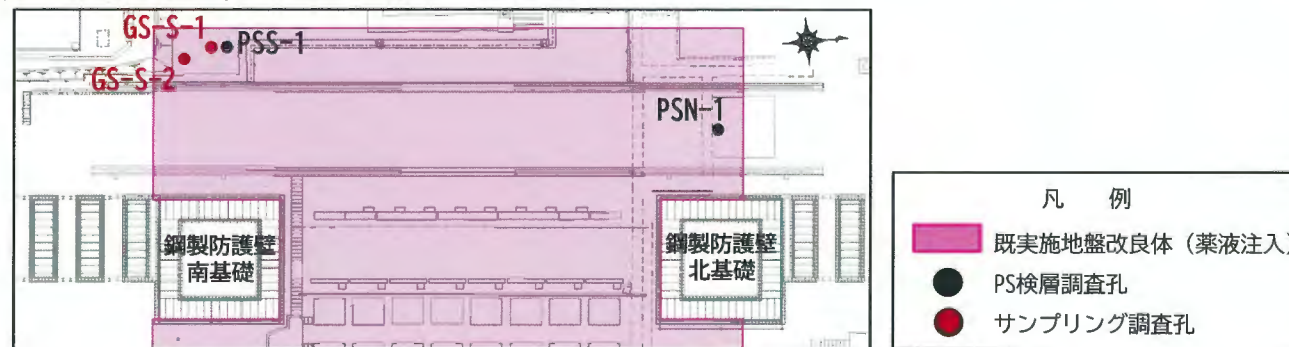
①既設の地盤改良体（薬液注入）：PS検層用調査孔（北側と南側の計2箇所）、サンプリング調査孔（2箇所）※1

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 , ϕ	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 ϕ との比較を実施。



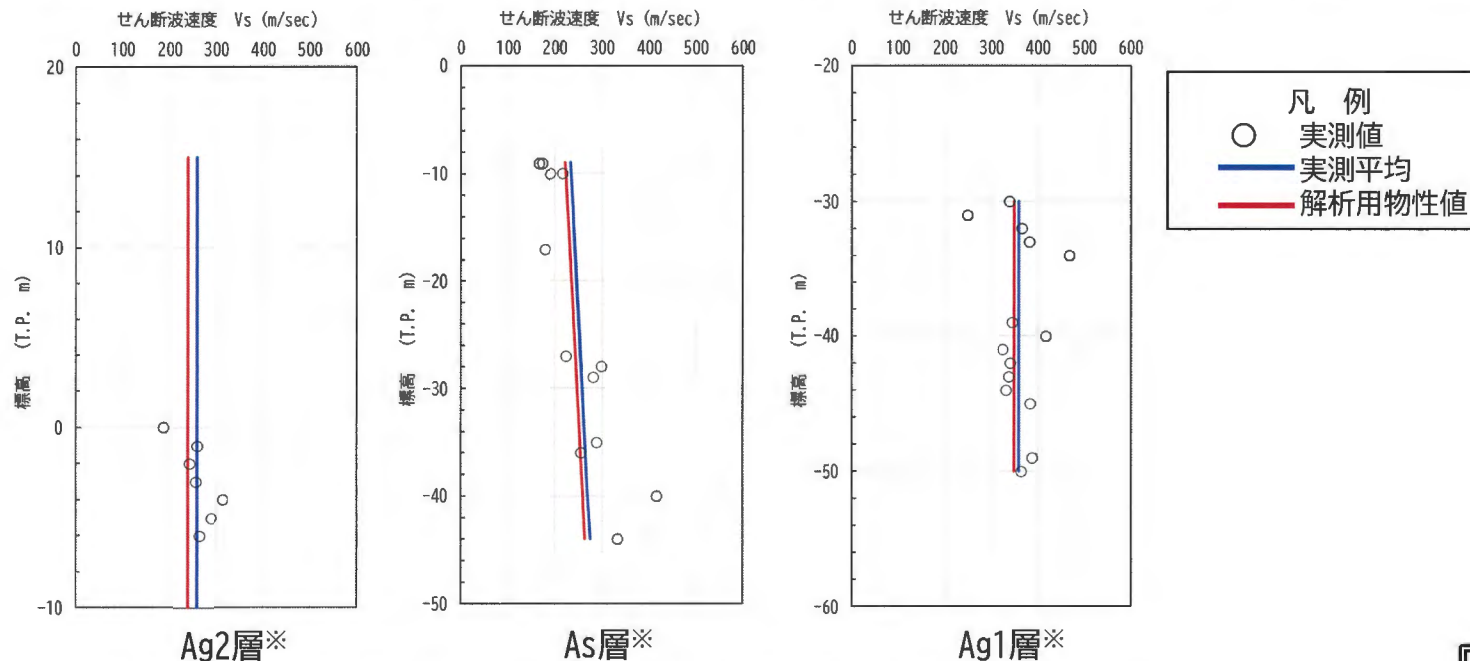
既設の地盤改良体（薬液注入）PS検層及びサンプリング実施箇所

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (6/12)

c. 地盤改良体（薬液注入）の解析用物性値の妥当性

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 ， ϕ ）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 ， ϕ ）の比較

地層	改良前		改良後		評価
	c (kN/m ²)	ϕ (°)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	
Ag2層	0	37.4	37.1	38.7	・ Cは改良後に増加（薬液による粘着力付加） ・ ϕは低下なし

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 ϕ 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。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

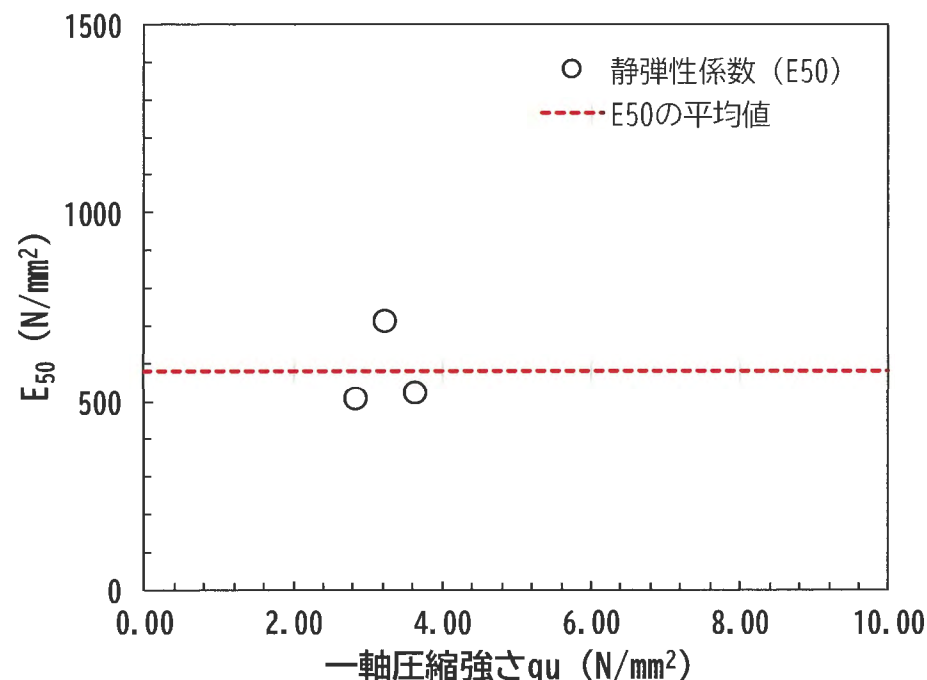
(3) 解析用物性値に係る補足説明 (8/12)

d. 参考資料（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/mm²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 ²)	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

【試験データに係る補足】

静弾性係数の根拠となる一軸圧縮試験データは3プロットと少ないが、48pに示すとおり、本物性による耐津波及び耐震設計への感度が小さいことを考慮し、解析用物性値としては妥当であると判断している。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

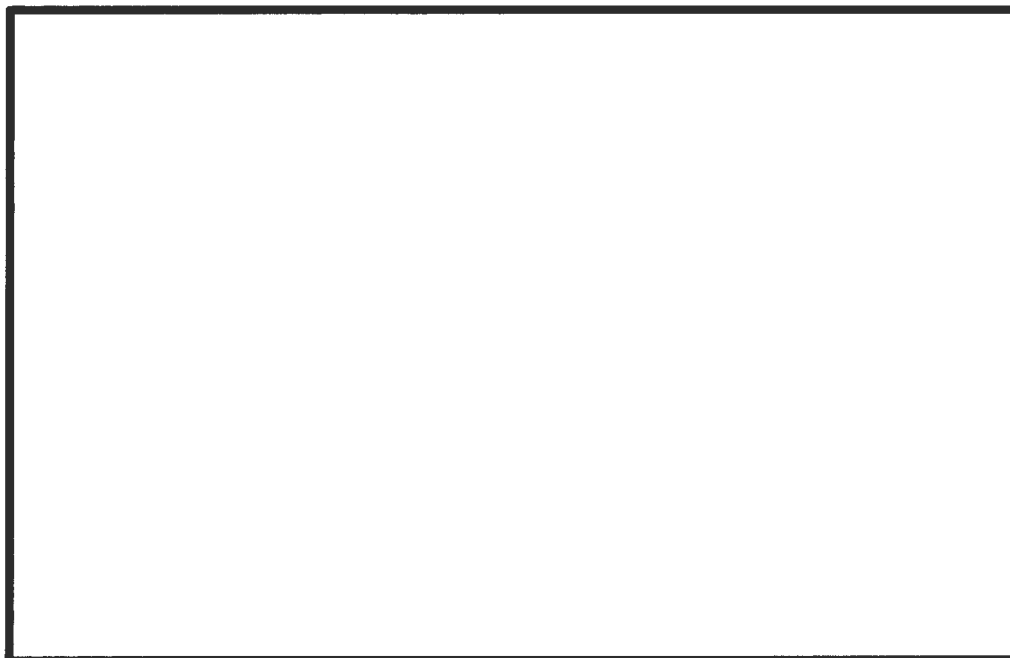
(3) 解析用物性値に係る補足説明 (9/12)

d. 参考資料（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 ν_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

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

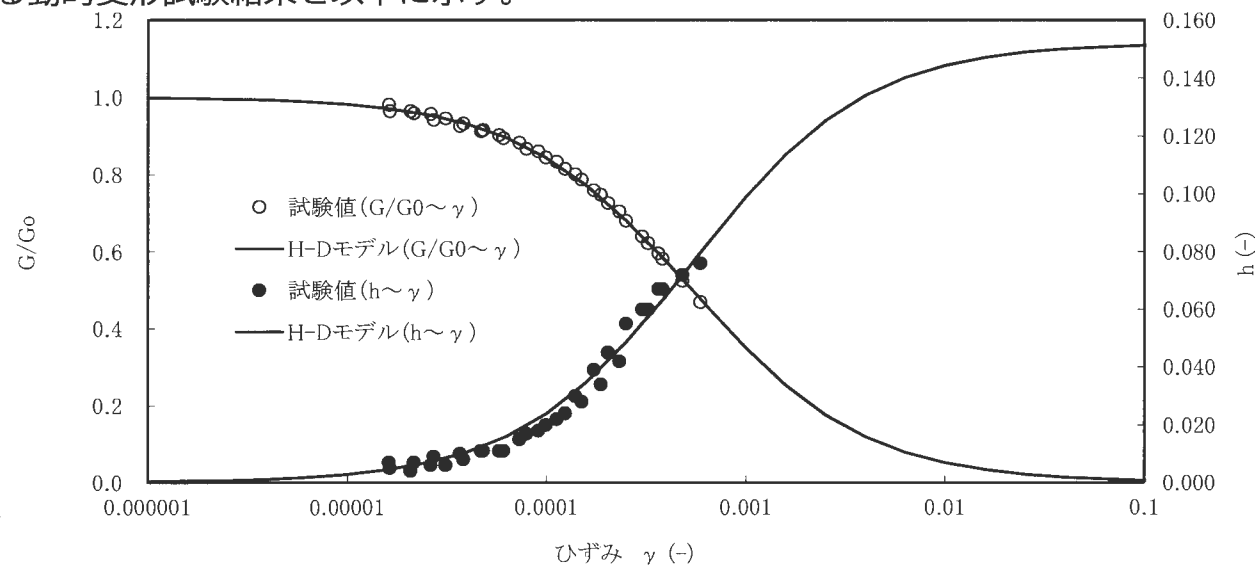
(3) 解析用物性値に係る補足説明 (10/12)

d. 参考資料（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/mm²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。



2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (11/12)

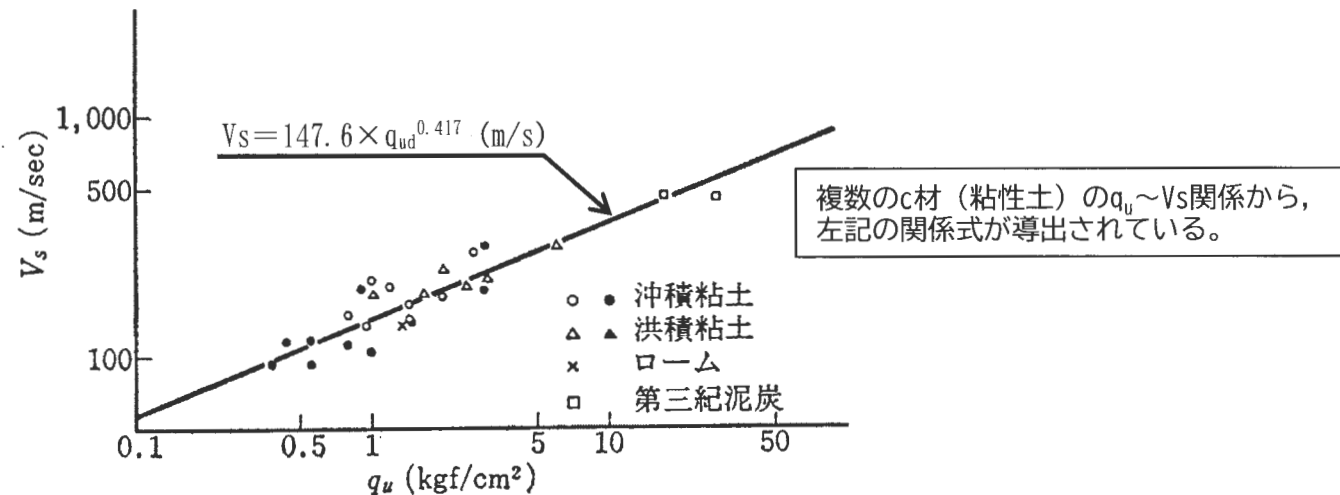
d. 参考資料（地盤改良体（セメント系）における初期せん断剛性の設定根拠）

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 ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u ：設計用一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	文献(※1)より「一軸圧縮強度 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

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(3) 解析用物性値に係る補足説明 (12/12)

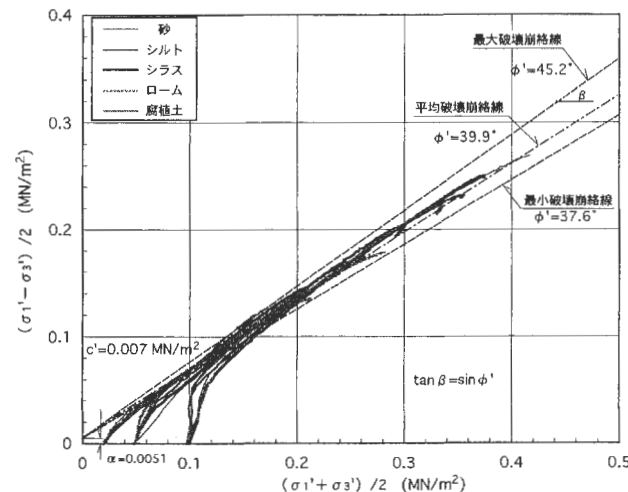
d. 参考資料（地盤改良体（セメント系）における残留強度及び引張強度の設定根拠）

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。

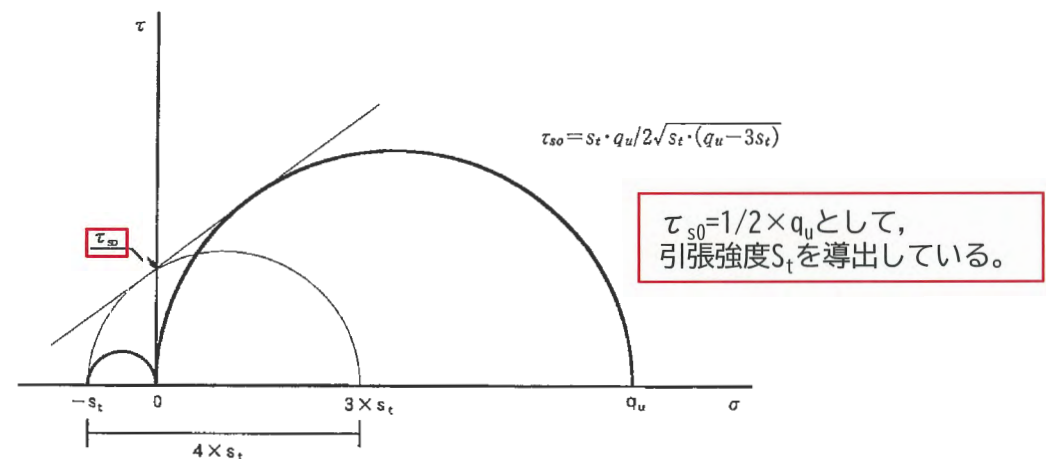
項目		地盤改良体（セメント系）	設定根拠
強度特性	残留強度※2 τ_0 (N/mm ²)	粘着力 $c=0$ (N/mm ²) 内部摩擦角 $\phi=29.1$ (度)	地盤改良体（セメント改良）を砕いて細粒化した試料を用いた三軸圧縮試験により求められた残留強度（文献※2に掲載）よりも十分に小さい値として、敷地の原地盤のうちAc層の内部摩擦角を採用
	引張強度※2 σ_t (N/mm ²)	$q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3 \cdot s_t)}}$ $S_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_u : 設計用一軸圧縮強さ (N/mm ²)	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）

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(4) 応力照査に係る補足説明 (1/4)

a. 鉄筋コンクリート部材におけるヤング係数比

防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波・耐震設計において、鉄筋コンクリート部材の応力照査を実施する際のヤング係数比は、以下の規格基準に基づき $n=15$ とする。

道路橋示方書 共通編
（（社）日本道路協会，平成24年）

道路土工 カルバート工指針
（（社）日本道路協会，平成22年）

3.3 設計計算に用いる物理定数

(4) コンクリートのヤング係数は次による。

- 1) 鉄筋コンクリート構造物の不静定力又は弾性変形の算出及びプレストレストコンクリート部材の設計計算に用いるヤング係数は表-3.3.3の値とする。
- 2) 鉄筋コンクリート部材の応力度の計算に用いるヤング係数比 n は15とする。

表-3.3.3 コンクリートのヤング係数(N/mm²)

設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
ヤング係数	2.35×10^4	2.5×10^4	2.65×10^4	2.8×10^4	3.1×10^4	3.3×10^4	3.5×10^4

5-4-2 曲げモーメント及び軸方向力が作用するコンクリート部材

鉄筋コンクリート部材断面に生じるコンクリート及び鉄筋の応力度については、軸ひずみは中立軸からの距離に比例し、鉄筋とコンクリートのヤング係数比は15、さらにコンクリートの引張応力度は無視するものと仮定して算出するものとする。また、それぞれの応力度は、4-5に示す許容応力度を超えてはならない。

許容応力度法による鉄筋コンクリート部材の曲げモーメントに対する照査の基本的な考え方について示したものである。曲げモーメント及び軸方向力を受ける鉄筋コンクリート部材の応力度を計算するための仮定については、従来から一般的に行われている仮定を適用するものとした。

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(4) 応力照査に係る補足説明 (2/4)

b. 釣合鉄筋比について

防潮堤（鋼製防護壁）の耐津波・耐震設計においては、道路橋示方書（Ⅲ コンクリート橋編，（社）日本道路協会，平成24年）に準拠し，軸方向鉄筋が釣合鉄筋比以下であることを確認している。

以下，軸方向鉄筋が最大となる中実鉄筋コンクリート（南基礎）の計算事例を示す。

中実鉄筋コンクリート（南基礎）の釣合鉄筋比に係る確認結果

	照査の種類	終局釣合鉄筋比 (%)	引張鉄筋比 (%)	結果	備考
南基礎	釣合鉄筋比	3.71	3.69	OK	詳細を右表に示す。



中実鉄筋コンクリート（南基礎）の配筋図

・中実鉄筋コンクリート（南基礎）の計算シート

鉄筋降伏ひずみ	ε_{sy}	0.00245	
鉄筋の降伏点	σ_{sy}	490	N/mm ²
鉄筋の弾性係数	E_s	200000	N/mm ²
圧縮鉄筋総断面積	$A_{s'}$	3652654	mm ²
鉄筋総本数	n	3604	本
D51断面積	$A_{s'} D51$	2027	mm ²
コンクリート設計基準強度	σ'_{ck}	50	N/mm ²
コンクリートの終局ひずみ	ε_{cu}	0.0035	
圧縮鋼材の応力度	$\sigma'_{s'}$	197.4	N/mm ²
終局荷重作用時の軸方向力	N_d	303327357	N
終局釣合い鋼材比	p_b	0.0494	
終局釣合い鋼材比に乘じる係数75%		0.75	
終局釣合い鋼材比 × 0.75	$0.75p_b$	0.037	
終局釣合い鋼材比 × 0.75の百分率表示		3.71	%
有効断面積	$A=Bd$	99099833	mm ²
引張鉄筋本数	n_s	1802	
引張鉄筋の総断面積	A_s	3652654	mm ²
引張鉄筋比	p_t	0.037	
引張鉄筋比の百分率表示		3.69	%

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(4) 応力照査に係る補足説明 (3/4)

c. 耐津波・耐震設計における許容限界

防潮堤（鋼製防護壁）の許容限界（短期許容応力度）は、以下の規格基準に基づき設定している。

敷地に遡上する津波時、余震＋敷地に遡上する津波時の許容限界は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）に示される極めてまれな荷重を考える場合の割増し係数を適用する。

防潮堤（鋼製防護壁）の許容限界一覧表

部材(材料)	規格	許容応力度 (N/mm ²)		許容限界				適用する規格、基準類
				地震時、基準津波時、余震＋基準津波時		敷地に遡上する津波時、余震＋敷地に遡上する津波時		
				割増し係数*1	短期許容応力度 (N/mm ²)	割増し係数*1	短期許容応力度*2 (N/mm ²)	
コンクリート	設計基準強度 f'ck=50 N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度	16	1.5	24	2.0	32	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年制定) ・カルバートに指針(平成21年度版)(日本道路協会, 平成22年3月)
		許容せん断応力度	0.55	1.5	0.825	2.0	1.1	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年制定)
鉄筋	SD685	許容引張応力度	400	1.5	600	1.65	660	・道路橋示方書(Ⅱ鋼橋編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)に準拠して設定
	SD490	許容引張応力度	290	1.5	435	1.65	478.5	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年制定) ・道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)
		許容引張応力度(せん断補強筋)	200	1.5	300	1.65	330	
	SD390	許容引張応力度	206	1.5	309	1.65	339.9	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年制定)
		許容引張応力度(せん断補強筋)	206	1.5	309	1.65	339.9	
	鋼材	SM570	許容引張応力度	255	1.5	382.5	1.7	433.5
許容せん断応力度			145	1.5	217.5	1.7	246.5	
SM490Y		許容引張応力度	210	1.5	315	—	355*3	・鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月)
		許容せん断応力度	120	1.5	180	1.7	204	
SM520B相当		許容引張応力度	210	1.5	315	—	355*4	・道路橋示方書・同解説(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)(日本道路協会, 平成29年11月) ・新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W), SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン(案)～(土木学会, 平成21年11月)
SBHS500		許容引張応力度	295	1.5	442.5	—	500*3	
		許容せん断応力度	170	1.5	255	—	285*3	
SBHS700		許容引張応力度	410	1.5	615	1.7	697	
		許容せん断応力度	235	1.5	352.5	1.7	399	

注記 *1: 短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組み合わせに対して割増し係数を乗じた値であることがそれぞれの規格、基準類に示されている。

*2: 敷地に遡上する津波時、余震＋敷地に遡上する津波時の許容限界は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会，2002年制定)に示される極めてまれな荷重を考える場合の割増し係数を用いて短期許容応力度を算定する。

*3: 許容応力度に割増し係数1.7をかけた値が降伏応力度を超える場合は、降伏応力度を短期許容応力度とする。

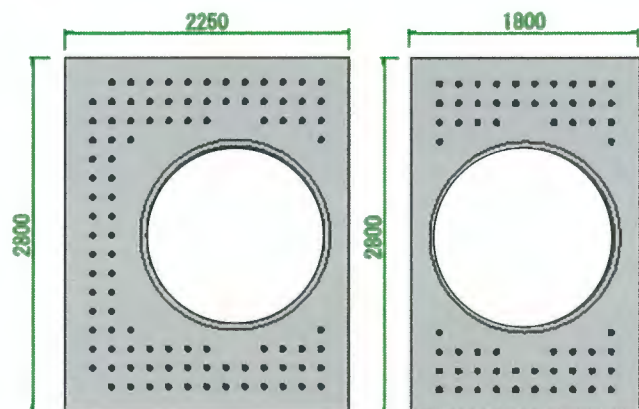
*4: 「敷地に遡上する津波時、余震＋敷地に遡上する津波時のSM520B相当(鋼製防護壁接合部のアンカーボルト)の許容限界は、鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成15年10月)に基づき降伏応力度とする。」

2. 耐津波・耐震設計方針に係る補足説明

(4) 応力照査に係る補足説明 (4/4)

d. 巻立て鉄筋コンクリートの応力照査について

曲げ軸力照査



巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の複合断面

- 設計断面力は、上図の複合断面を考慮した梁要素断面力として算出した。
- 堤軸方向と堤軸直交方向の2軸回りの曲げモーメントを合成した曲げモーメントを用いた曲げ軸力照査を実施。
- 上図の複合断面を用いて下記の応力度を算出した。



【鋼管杭】

曲げ圧縮応力度及び曲げ引張応力度を算出し、照査を実施

【巻立て鉄筋コンクリート】

コンクリートの曲げ圧縮応力度、鉄筋の圧縮応力度、鉄筋の引張応力度を算出し、照査を実施

せん断照査

- 設計せん断力は、曲げ軸力照査と同様に左図の複合断面を考慮した梁要素のせん断力として算出した。
- 複合構造標準示方書に準拠し、せん断力を鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリートの負担分に分離する。

【鋼管杭のせん断力】

$$V_s = \alpha_s \times V \quad \alpha_s = Z_s / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

【巻立て鉄筋コンクリートのせん断力】

$$V_{rc} = \alpha_{rc} \times V \quad \alpha_{rc} = A_s \times Z_{rc} / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

V：鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート一体構造において算出したせん断力

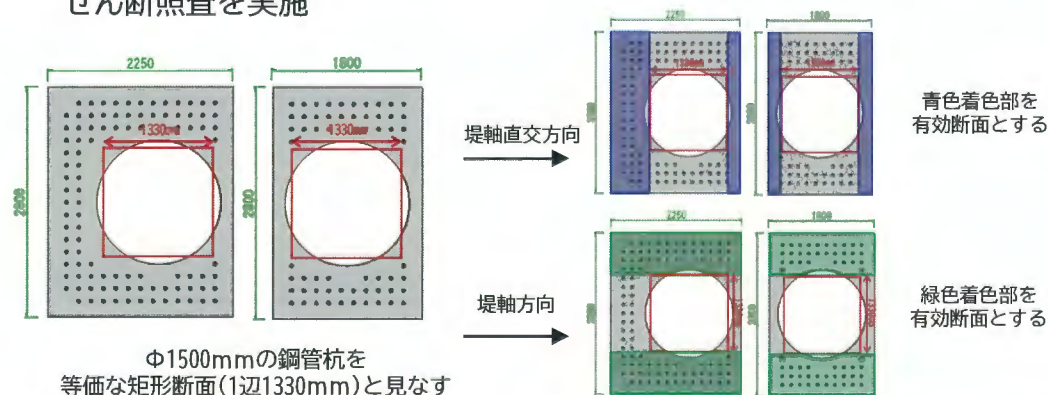
A_s ：軸方向引張鉄筋の総断面積

Z_s ：鋼管杭の断面係数

Z_{rc} ：圧縮応力度の作用位置から引張鉄筋の図芯までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい (d は有効高さ)



鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート各々に分担したせん断力を用いてせん断照査を実施



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

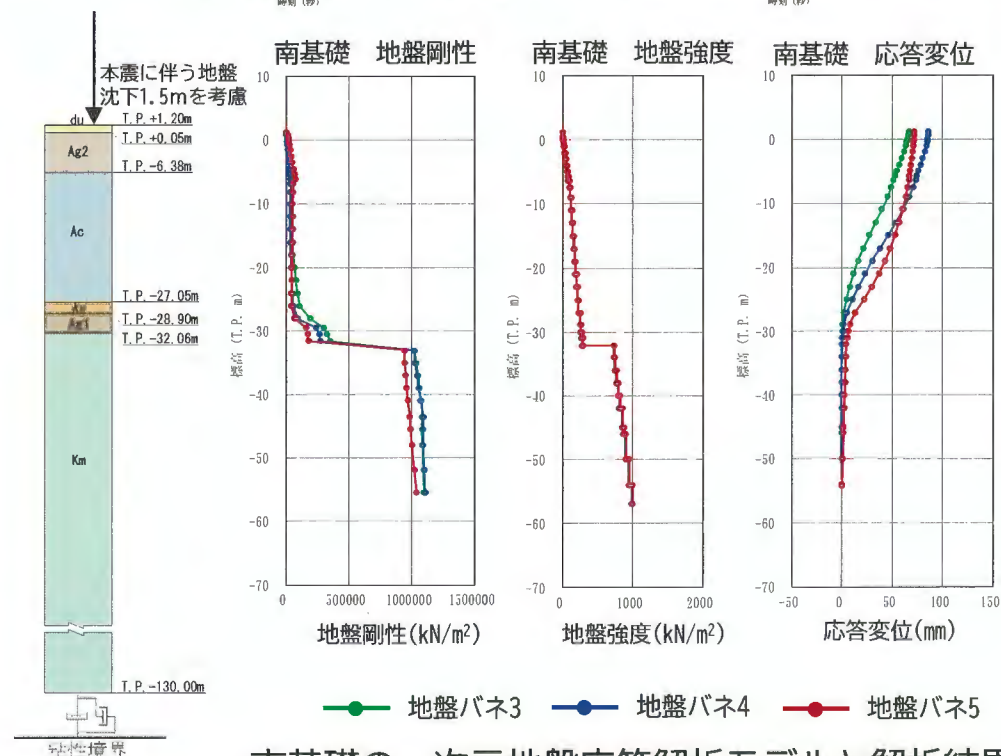
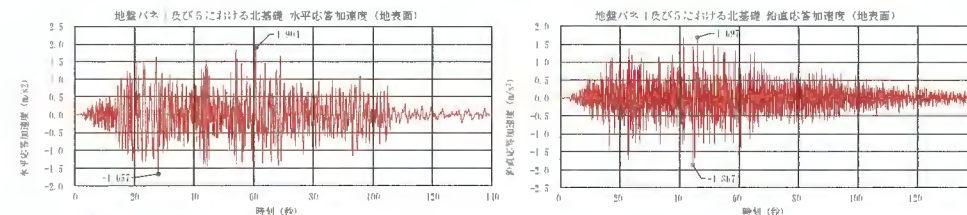
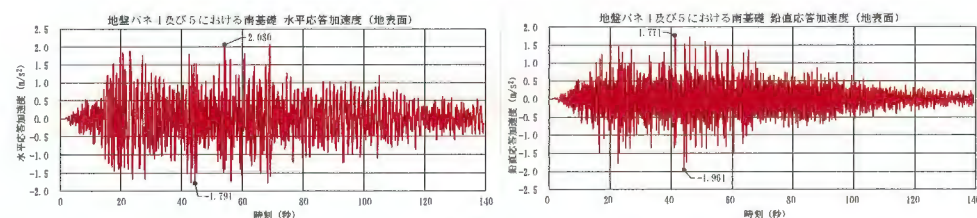
3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (1/11)

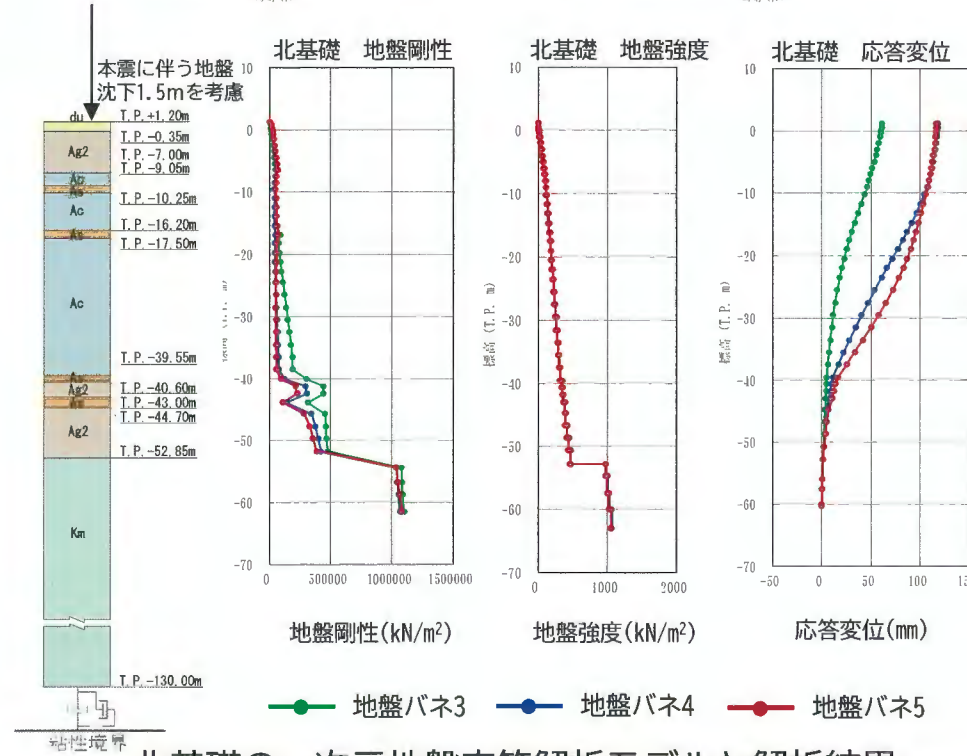
a. 余震荷重設定のための一次元地盤応答解析結果

一次元地盤応答解析モデル及び一次元地盤応答解析の結果を以下に示す。

一次元地盤応答解析により得られた地表面応答加速度、地盤剛性及び強度、地盤変位に基づき、三次元フレーム解析における設計震度、地盤バネ係数及び上限値、応答変位を設定する。



南基礎の一次元地盤応答解析モデルと解析結果



北基礎の一次元地盤応答解析モデルと解析結果

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (2/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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
(南基礎の配筋図)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (3/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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。

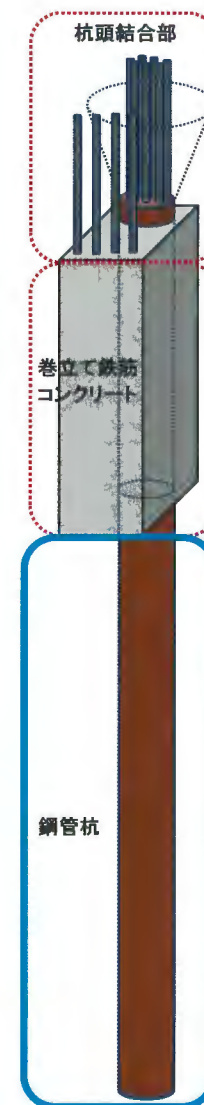
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	圧縮応力度	452.4	500.0	0.91	地盤バネ4
	引張応力度	420.1	500.0	0.85	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	434.1	500.0	0.87	地盤バネ5
	引張応力度	393.4	500.0	0.79	地盤バネ5

せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	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



鋼管杭の構造仕様



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (4/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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)

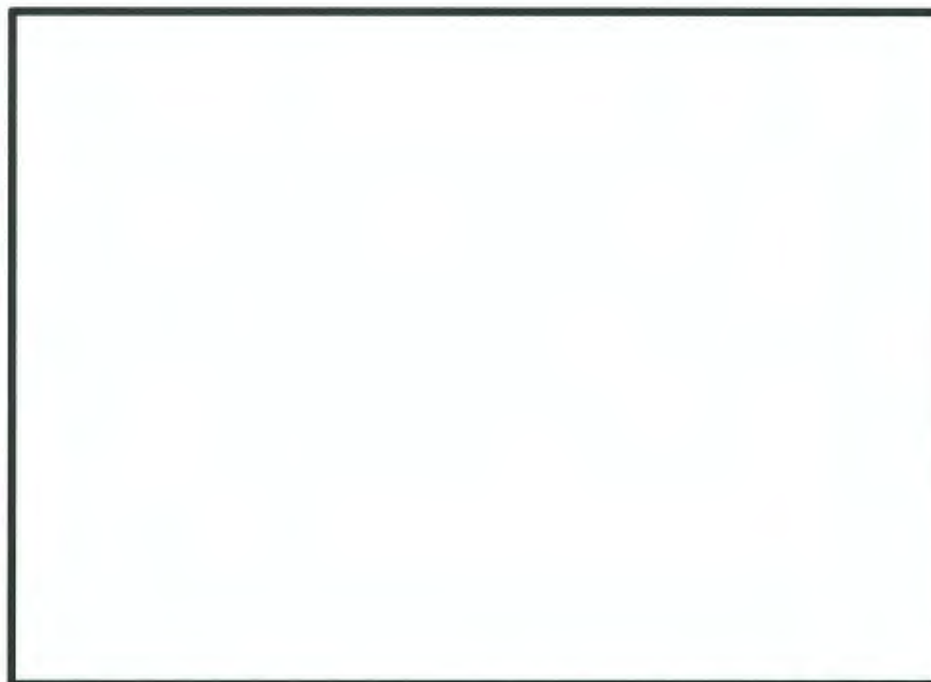
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鉄筋引張応力度	410.9	660.0	0.63	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	24.9	32.0	0.78	地盤バネ2
南基礎	鉄筋引張応力度	394.3	660.0	0.60	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	24.5	32.0	0.77	地盤バネ2

曲げ照査 (鋼管杭)

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	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)

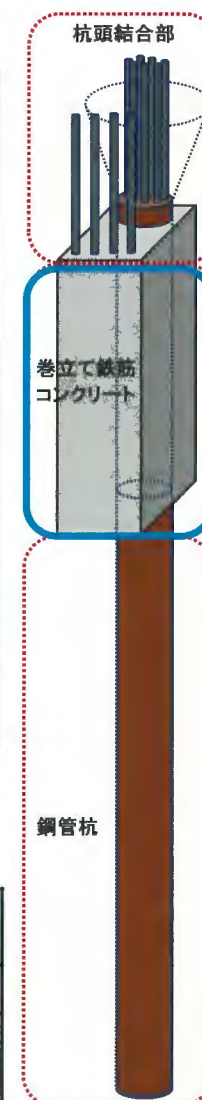
	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	6073	11220	0.55	地盤バネ5
	堤軸直交方向	17896	18916	0.95	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	6657	11220	0.60	地盤バネ5
	堤軸直交方向	13975	18319	0.77	地盤バネ1



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)

せん断照査 (鋼管杭)

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (5/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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）

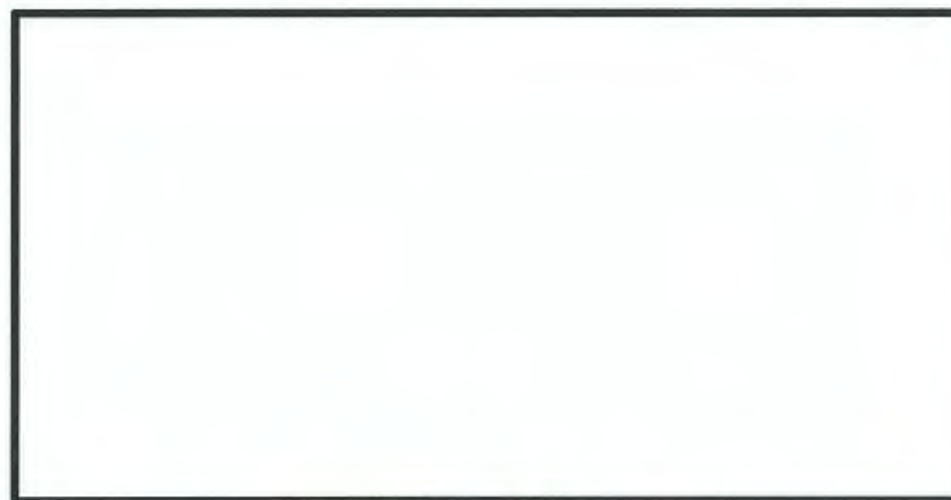
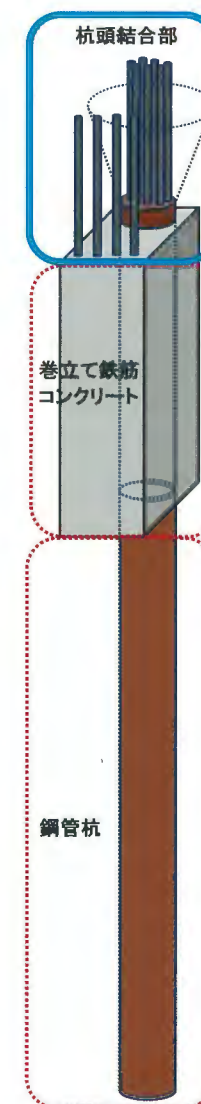


図-2 仮想RC断面（巻立てRC部）



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (6/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

1) 下部工の照査結果

⑤頂版鉄筋コンクリート

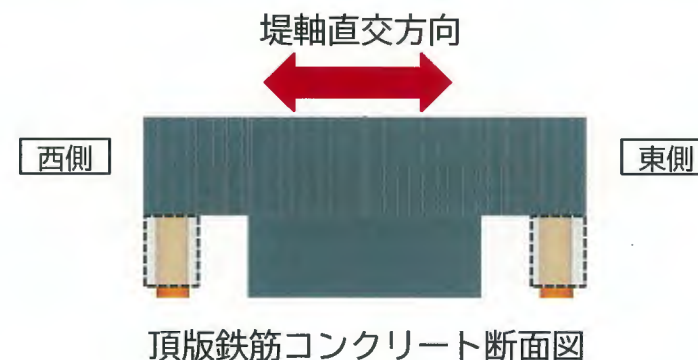
曲げ照査

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

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)

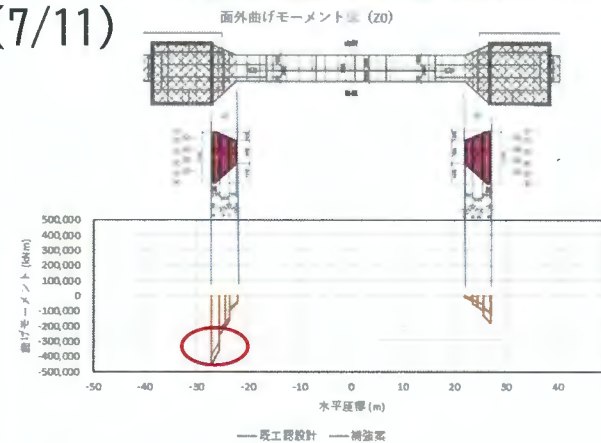
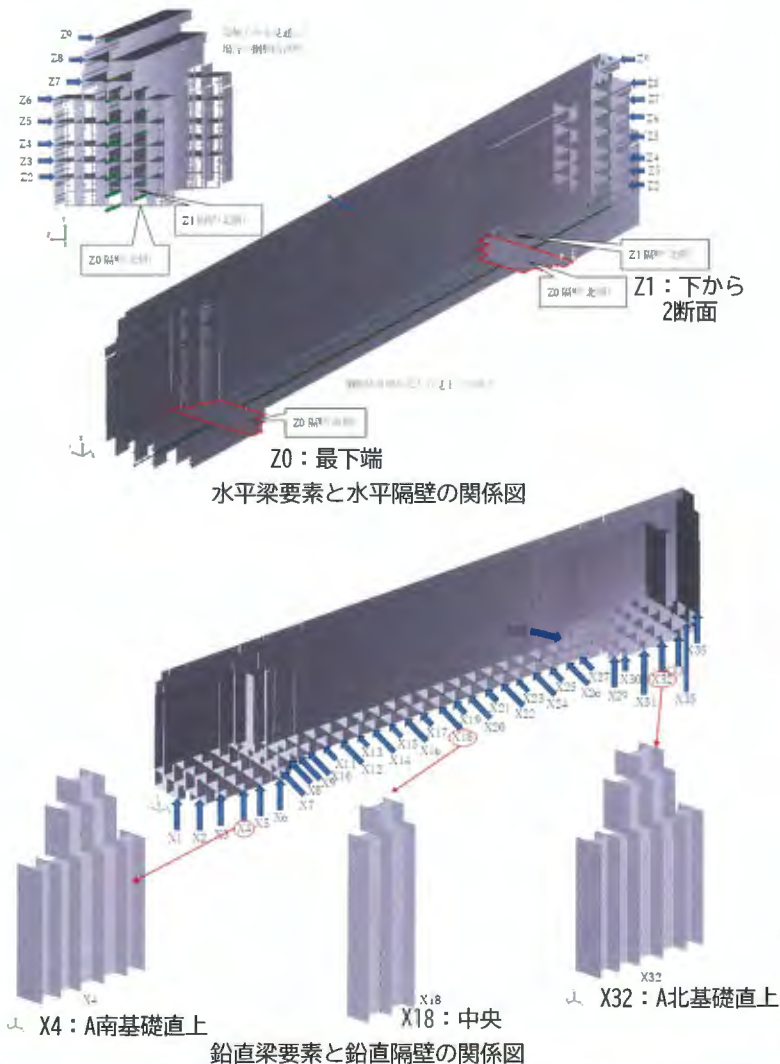
3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (7/11)

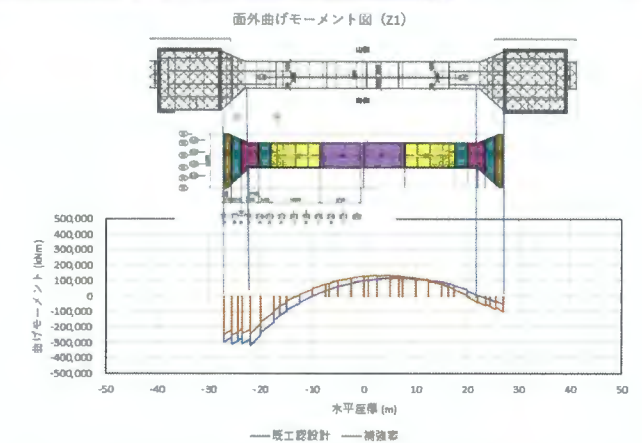
b. 工認設計モデルによる照査結果

2) 上部工の照査結果 (地盤バネ5)

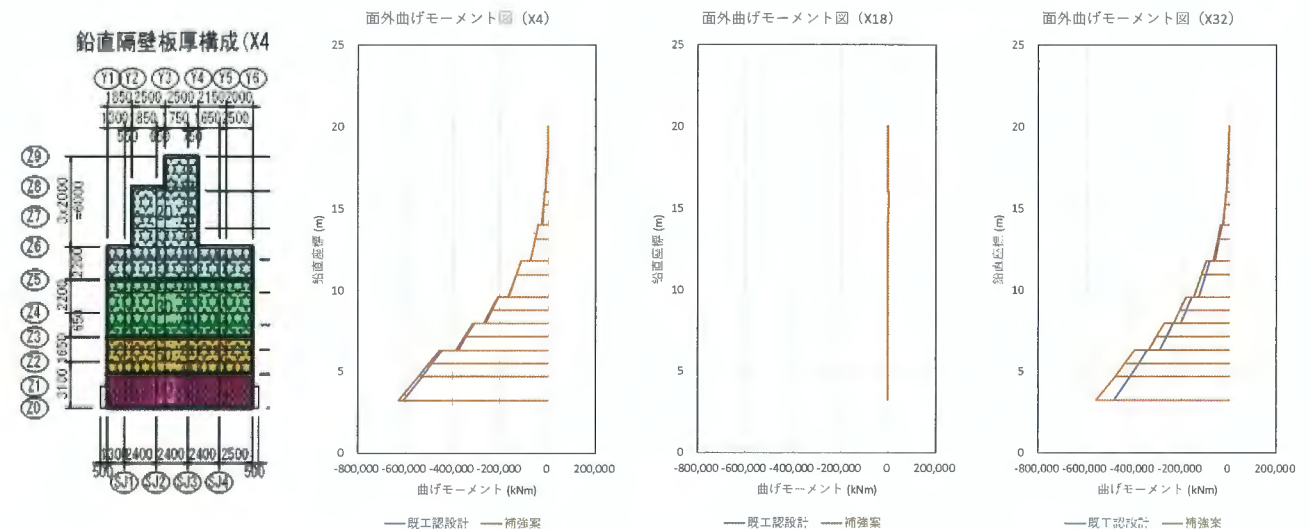
① 鋼製防護壁



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

- 上部工は、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。(左右対称形 of 材料構成となる。)
- 上部工において材料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である。評価結果により、当該部位において既工認の断面力を下回ることを確認したため、構造成立性を有すると判断した。

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (8/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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

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	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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (9/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

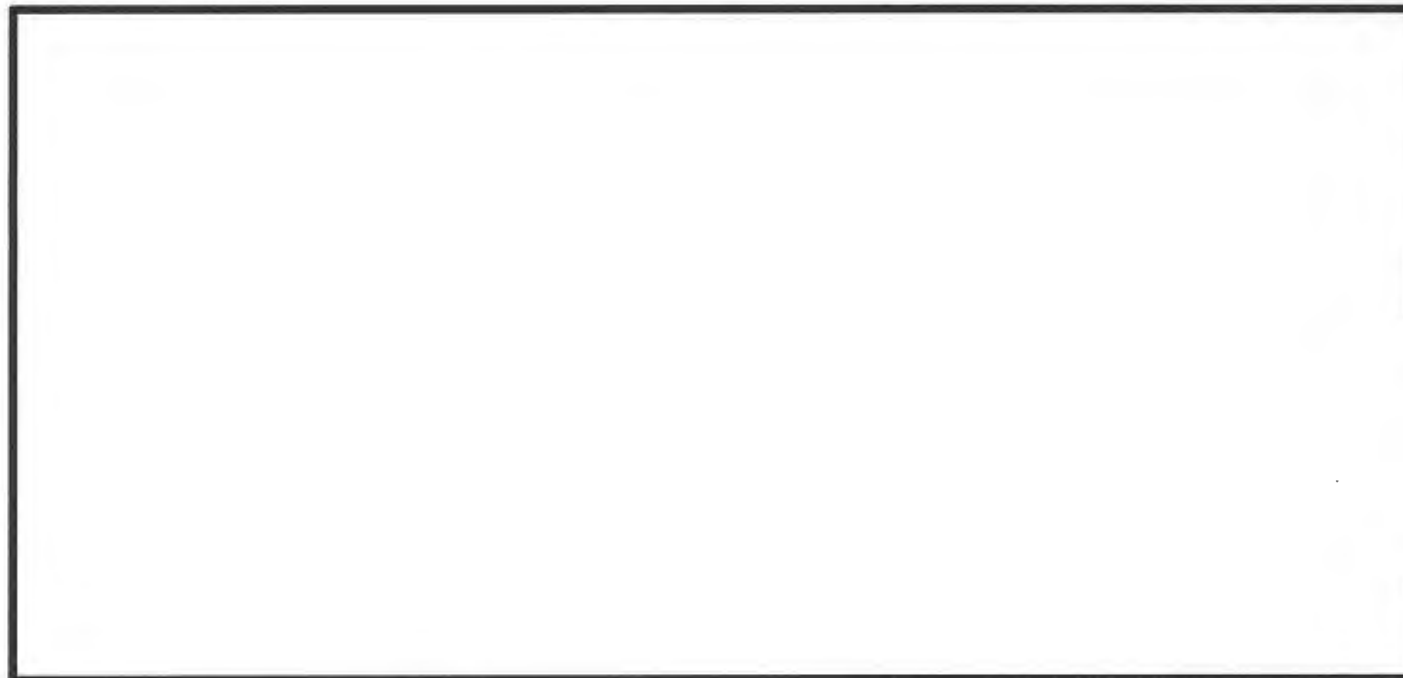
3) 接合部の照査結果

① アンカーボルト

引張応力度照査

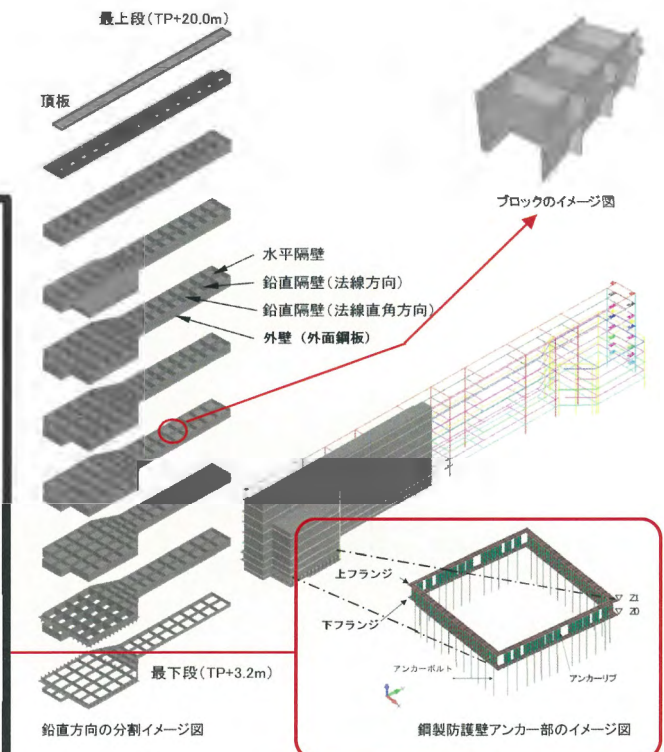
照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤のばらつき
北基礎	堤軸方向	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



上部工及び接合部の部材構成

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (10/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

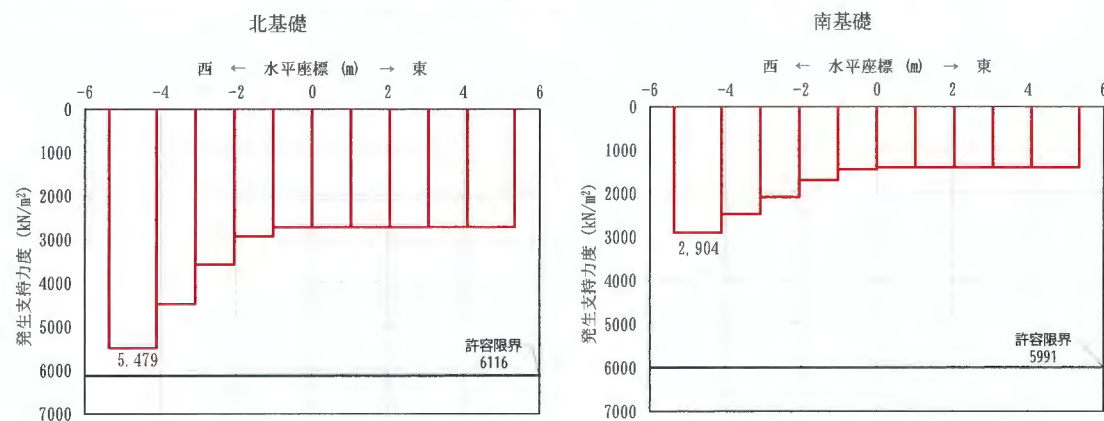
4) 基礎地盤の支持力照査結果

①中実鉄筋コンクリート部

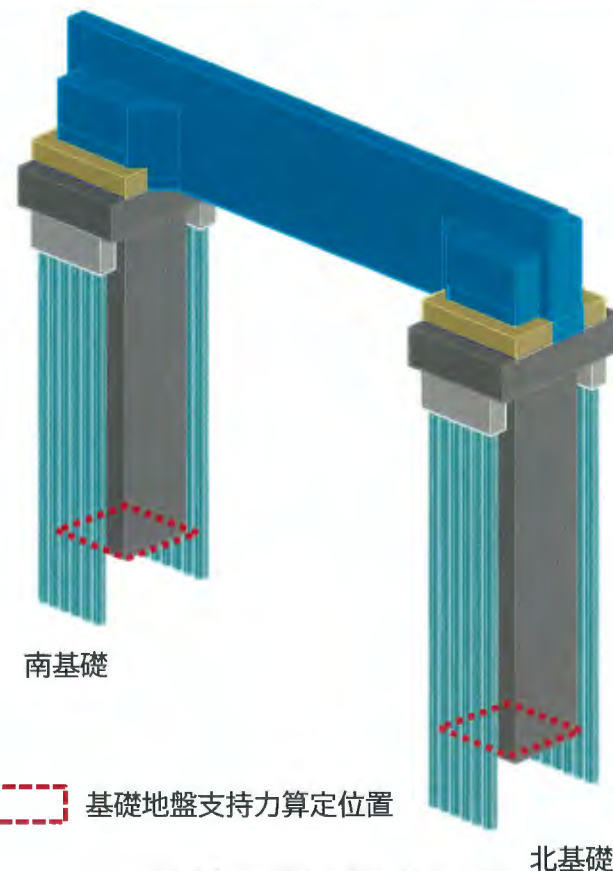
支持力照査

照査値は最大値を記載している。

	発生支持力度 (kN/m ²)	許容限界 (kN/m ²)	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

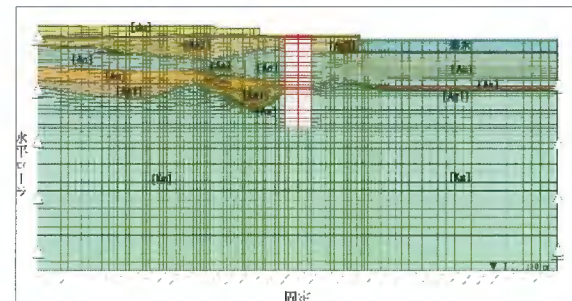


地盤支持力算出位置

【耐津波設計における支持力照査（既工認）について】

既工認の耐津波設計においては、基礎の周辺地盤をより精緻にモデル化することを目的として、右図に示すとおり2次元静的FEMによる支持力照査を実施している。

上述の支持力照査は、3次元フレームモデルのバネ反力に基づく評価であり暫定的なものと位置付けているが、今後は既工認と同様、2次元静的FEMによる精緻な評価を実施し、強度計算書に掲載する予定である。



既工認の支持力照査モデル (2次元静的FEM)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(1) 耐津波設計結果に係る補足説明 (11/11)

b. 工認設計モデルによる照査結果

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。

	杭先端の地盤反力度 (kN/m^2)	許容限界 (kN/m^2)	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

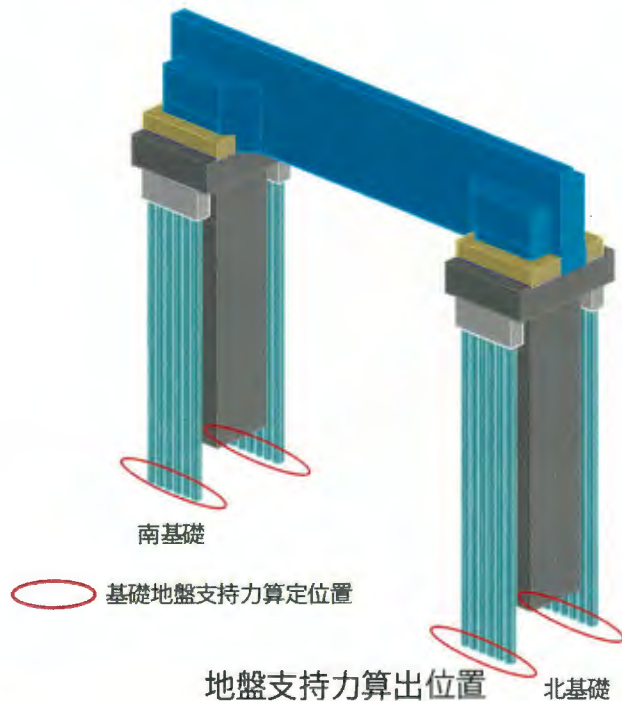
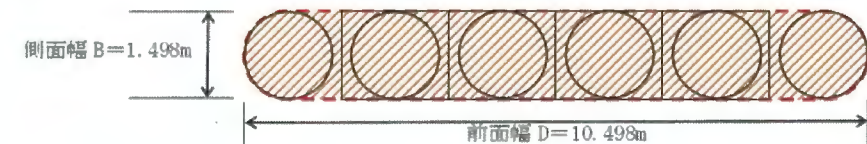
③鋼管杭（鋼管杭の群杭効果を考慮し仮想ケーソン断面としたケース）

支持力照査

	杭先端の地盤反力度 (kN/m^2)	許容限界 (kN/m^2)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	4193	5092	0.83	地盤バネ2
南基礎	1129	5039	0.23	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

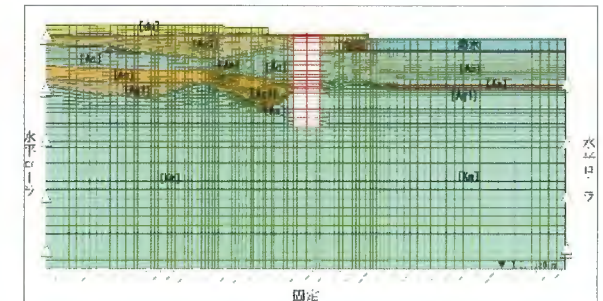
※道路橋示方書に基づき群杭効果を考慮した仮想ケーソン断面の許容限界値を設定



【耐津波設計における支持力照査（既工認）について】

既工認の耐津波設計においては、基礎の周辺地盤をより精緻にモデル化することを目的として、右図に示すとおり2次元静的FEMによる支持力照査を実施している。

上述の支持力照査は、3次元フレームモデルのバネ反力に基づく評価であり暫定的なものと位置付けているが、今後は既工認と同様、2次元静的FEMによる精緻な評価を実施し、強度計算書に掲載する予定である。



既工認の支持力照査モデル（2次元静的FEM）

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (1/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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
(南基礎の配筋図)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (2/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

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。

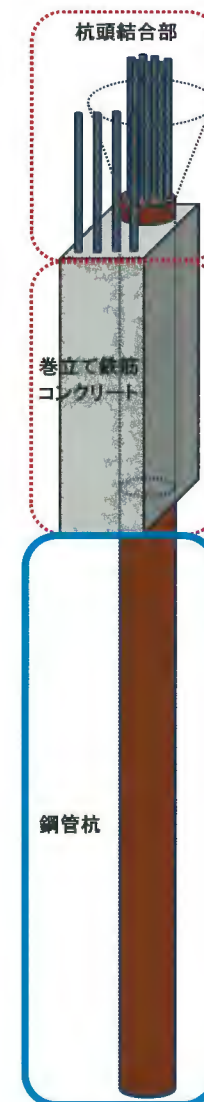
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	225.8	442.5	0.52	解析ケース③
	引張応力度	145.5	442.5	0.33	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	53.2	442.5	0.13	解析ケース③
	引張応力度	68.0	442.5	0.16	解析ケース③

せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



鋼管杭の構造仕様



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (3/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

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)

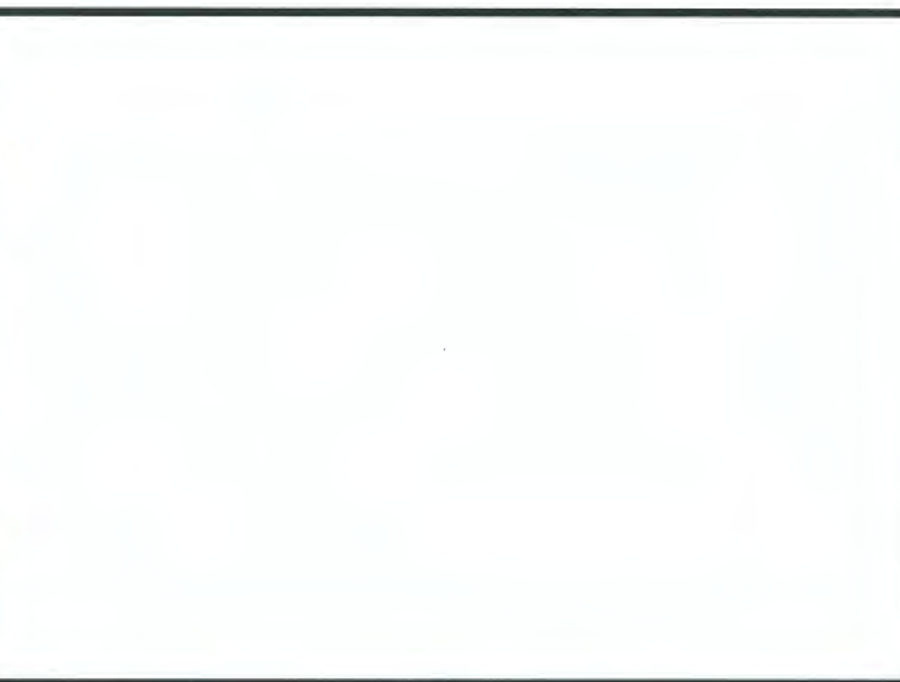
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鉄筋引張応力度	73.3	600.0	0.13	解析ケース③
	Con圧縮応力度	3.3	24.0	0.14	解析ケース③
南基礎	鉄筋引張応力度	63.2	600.0	0.11	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.8	24.0	0.12	解析ケース③

曲げ照査 (鋼管杭)

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	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)

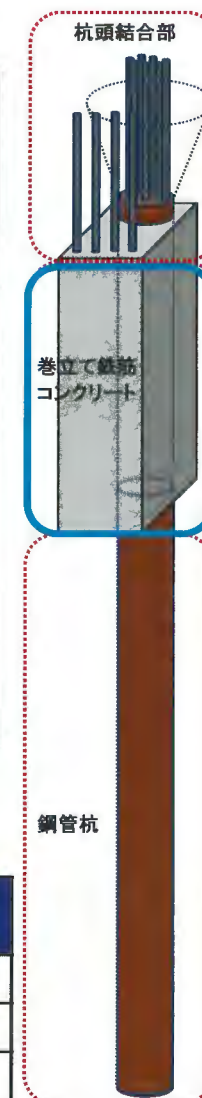
	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	535.9	5303.9	0.11	解析ケース③
	堤軸直交方向	830.7	3124.9	0.27	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	594.7	5303.9	0.12	解析ケース③
	堤軸直交方向	615.4	3026.2	0.21	解析ケース③



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)

せん断照査 (鋼管杭)

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (4/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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）

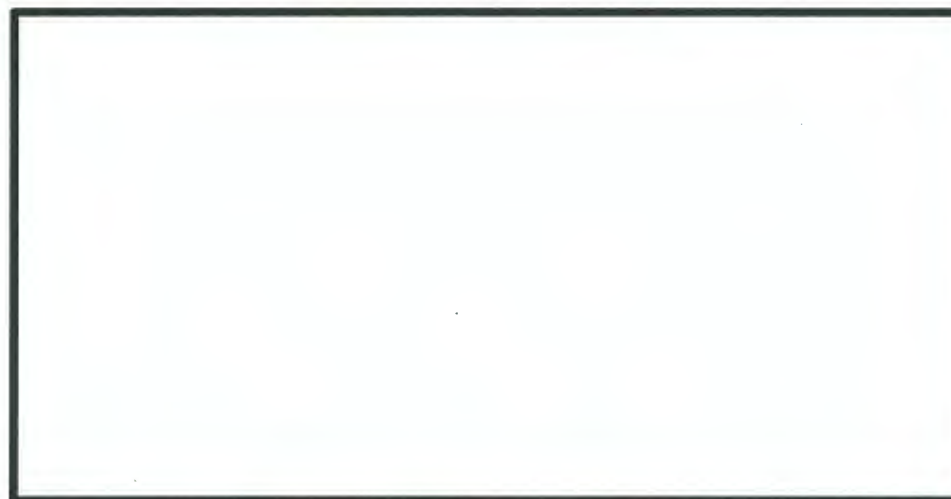
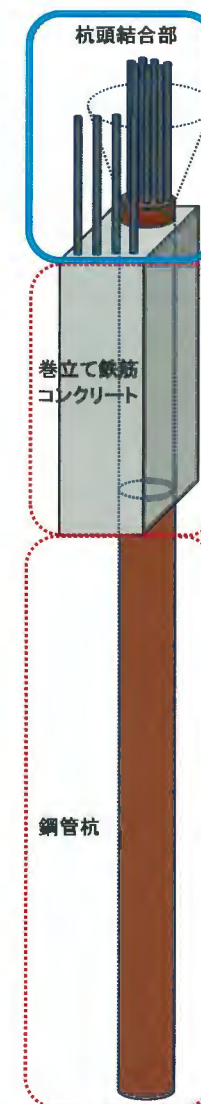


図-2 仮想RC断面（巻立てRC部）



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (5/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

1) 下部工の照査結果

⑤頂版鉄筋コンクリート

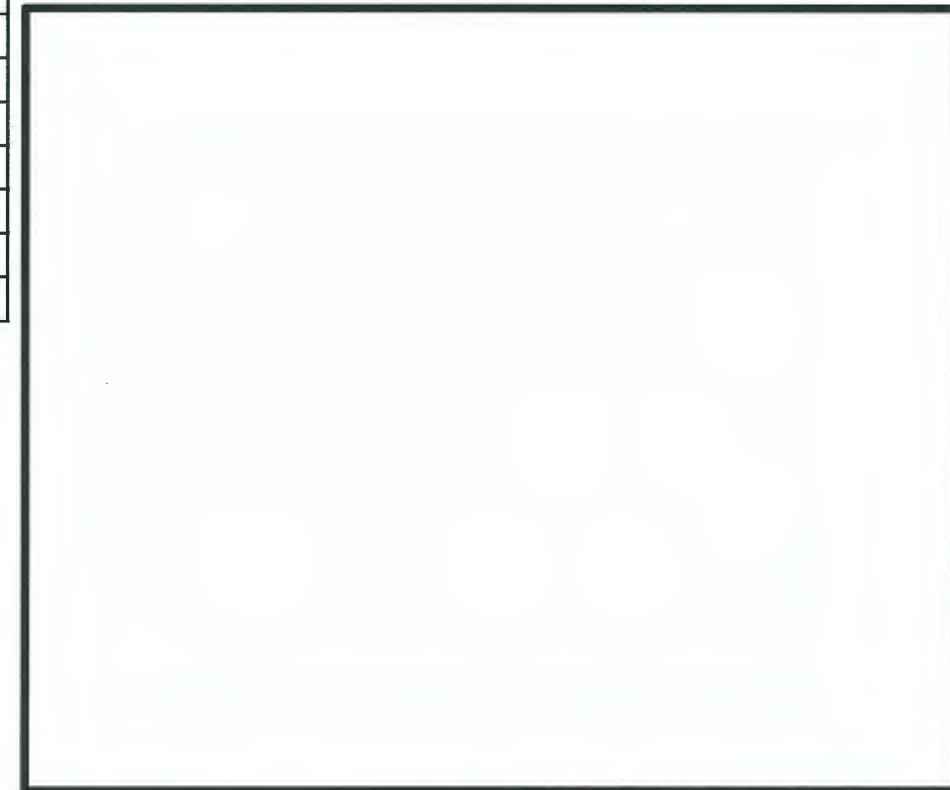
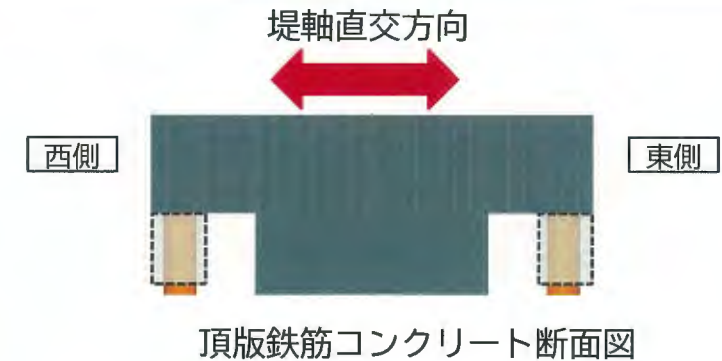
曲げ照査

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋引張応力度	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)

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (6/8)

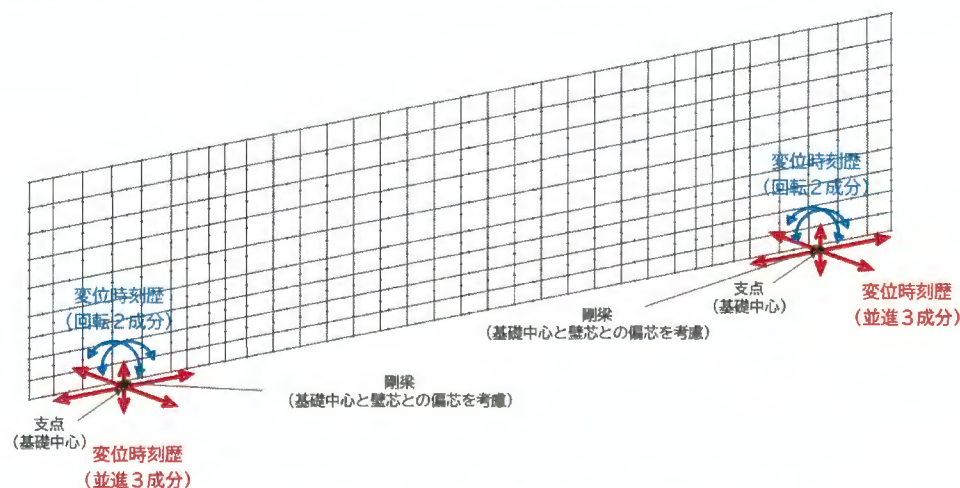
a. 工認設計モデルによる照査結果

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

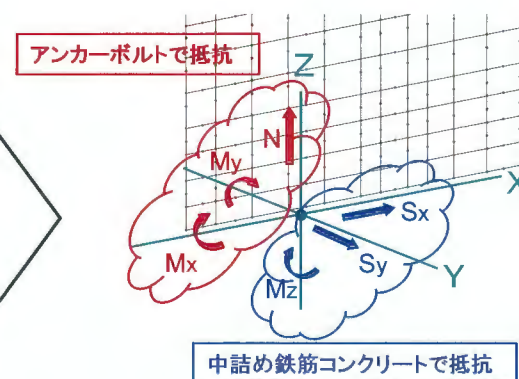
断面方向	変位成分	既工認	工認設計モデル
堤軸方向	水平相対変位 (mm)	4.6	4.3
	鉛直相対変位 (mm)	29.2	17.3
堤軸直交方向	水平相対変位 (mm)	356.4	221.6
	鉛直相対変位 (mm)	12.0	19.7



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

- 耐震設計における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) で得られる南北基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、その大きさは南北基礎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、構造成立性に問題は無いと判断した。
- 堤軸直交方向の鉛直変位が若干既工認を上回っているものの、南北基礎の支点間距離が65.1mであること考慮すると、その比率は $7.7\text{mm}/65100\text{mm} \div 0.012\%$ 程度と極微小であり、上部工の構造成立性に影響を及ぼすとは考えにくい。

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

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (7/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

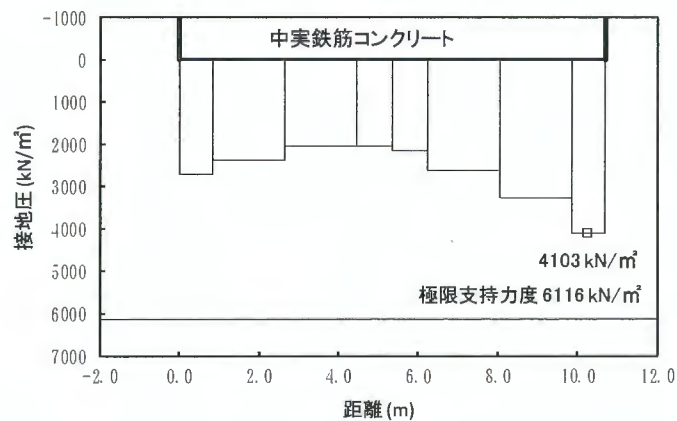
3) 基礎地盤の支持力照査結果

①中実鉄筋コンクリート部

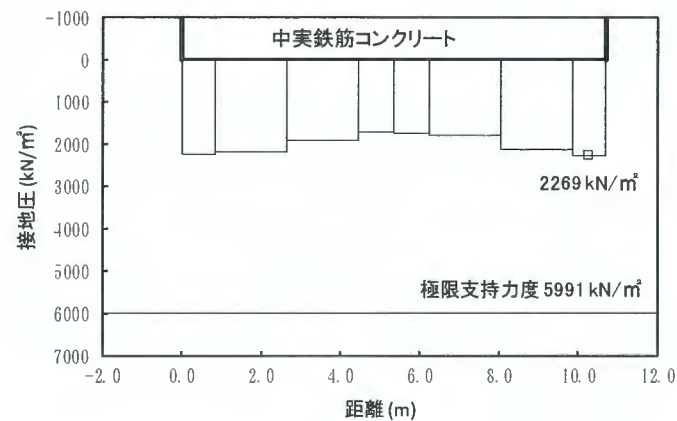
支持力照査

照査値は最大値を記載している。

	発生支持力度 (kN/m^2)	許容限界 (kN/m^2)	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

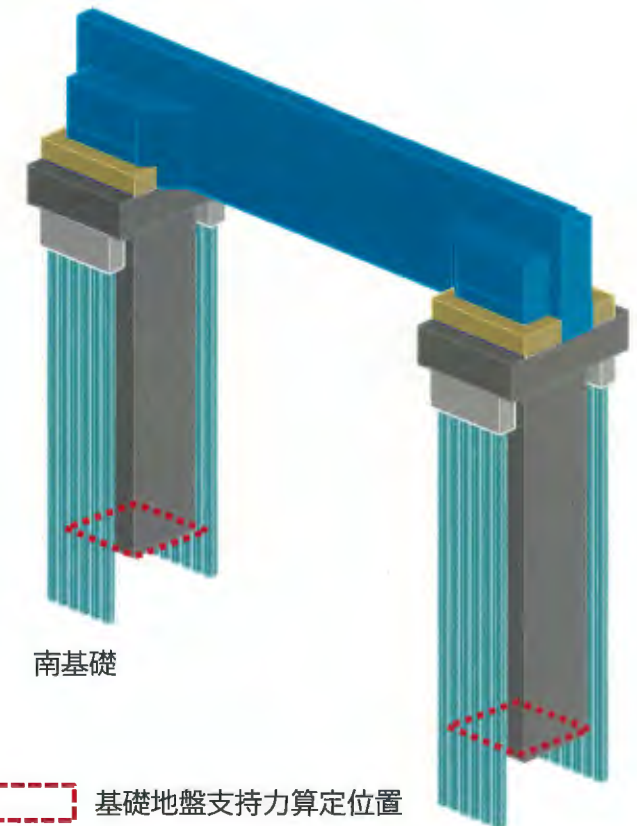


北基礎



南基礎

中実鉄筋コンクリート部の支持力分布図



基礎地盤支持力算定位置

地盤支持力算出位置

3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

(2) 耐震設計結果に係る補足説明 (8/8)

a. 工認設計モデルによる照査結果

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。

	杭先端の地盤反力度 (kN/m ²)	許容限界 (kN/m ²)	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

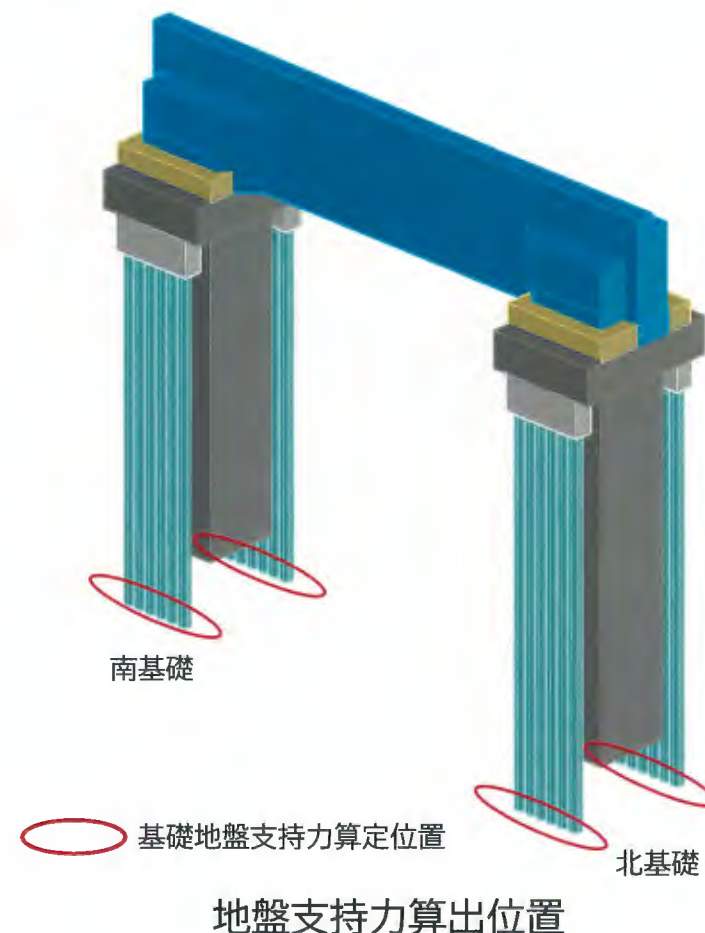
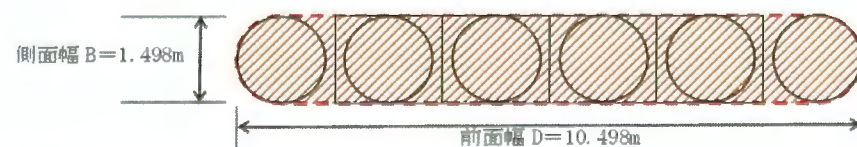
③鋼管杭（鋼管杭の群杭効果を考慮し仮想ケーソン断面としたケース）

支持力照査

	杭先端の地盤反力度 (kN/m ²)	許容限界 (kN/m ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	4224	5092	0.83	解析ケース③
南基礎	3935	5039	0.79	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

※道路橋示方書に基づき群杭効果を考慮した仮想ケーソン断面の許容限界値を設定



3. 耐津波・耐震設計の評価結果に係る補足説明

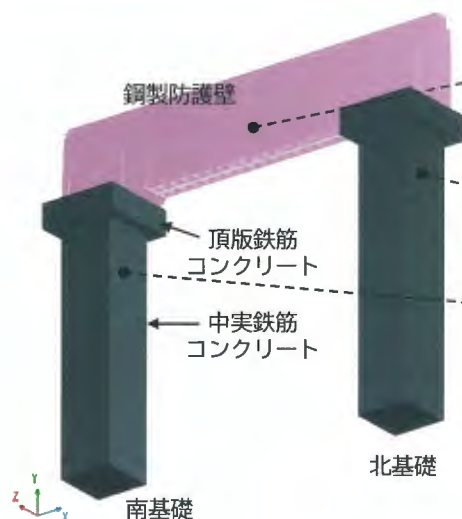
(3) 構造変更による裕度向上効果について

耐津波設計における裕度向上効果を確認するため、以下2つの解析モデルによる南北基礎の変形状況を確認した。

①中実鉄筋コンクリートのみのモデル（地中連続壁を考慮しないモデル）

②工認設計モデル（基礎及び地盤改良体の追加を考慮）

①中実鉄筋コンクリートのみのモデル
（地中連続壁を考慮しないモデル）

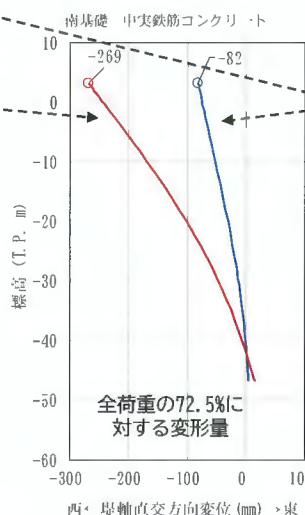
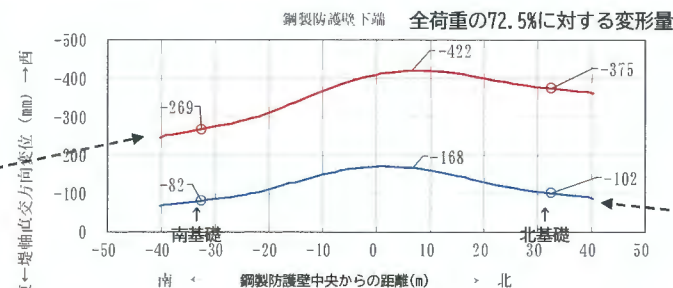


【解析条件】

- ・ 地盤バネ3
- ・ 敷地に遡上する津波の余震重畳時
- ・ 地盤反力を受けられる面積が2/3倍に低減

【評価結果】

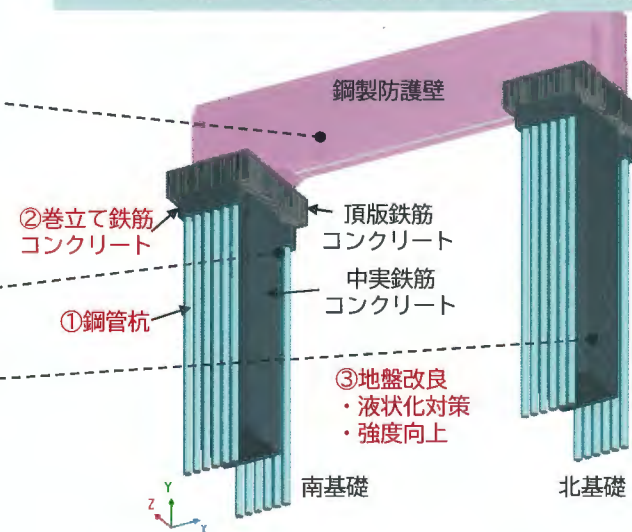
- ・ 全津波荷重の73%が作用した時点で、地盤バネが全て塑性化して地盤反力不足となり構造が不安定となる。
- ・ 全津波荷重に対して構造が成立しない。



— 工認設計モデル（補強後）
— 中実鉄筋コンクリートのみのモデル

敷地に遡上する津波の重畳時の変形比較図

②工認設計モデル
（基礎及び地盤改良体の追加を考慮）



【解析条件】

- ・ 地盤バネ3
- ・ 敷地に遡上する津波の余震重畳時
- ・ 全荷重の73%を载荷（モデル①と同条件）

【評価結果】

- ・ モデル①と比較し、南北基礎の絶対変位及び相対変位が大きく低減する。
- ・ 全津波荷重に対しても構造が安定し、各構造部材も照査値を満足する結果となる。

上記2つの解析モデルによる比較結果より、構造変更（基礎及び地盤改良体の追加）が防潮堤（鋼製防護壁）の裕度向上に大きく寄与していることを確認した。

4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

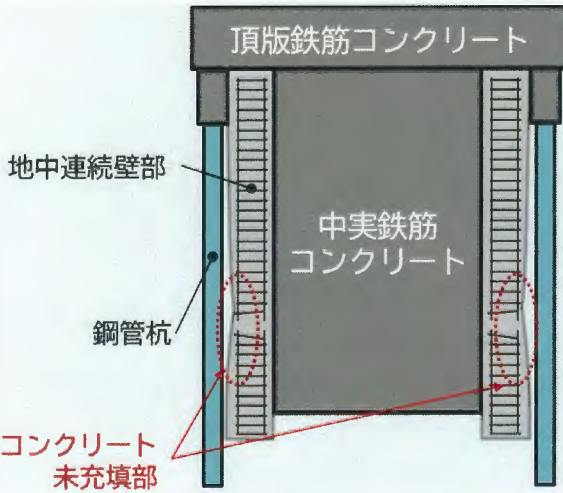
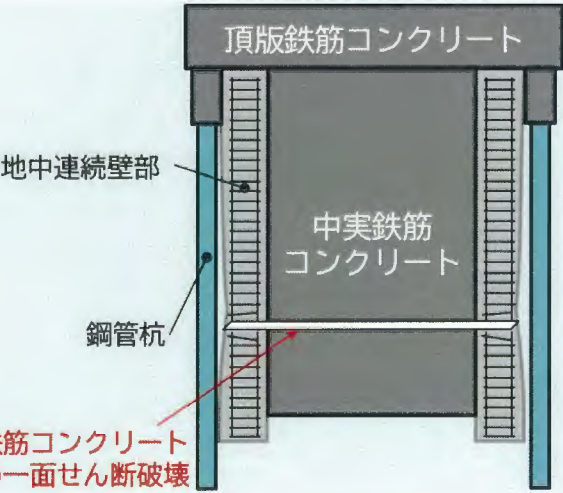
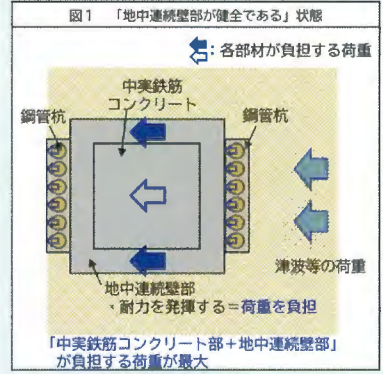
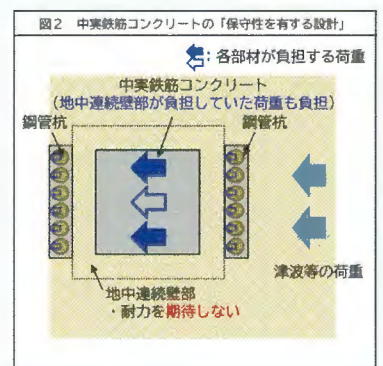
4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

(1) 地中連続壁部の不具合事象に係る補足

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
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 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 (現状、鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)	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。 地中連続壁部の破壊・大変形により鋼管杭への接触	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）。 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。 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。 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。 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。 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。

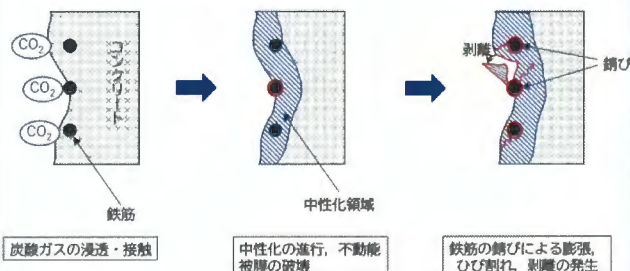
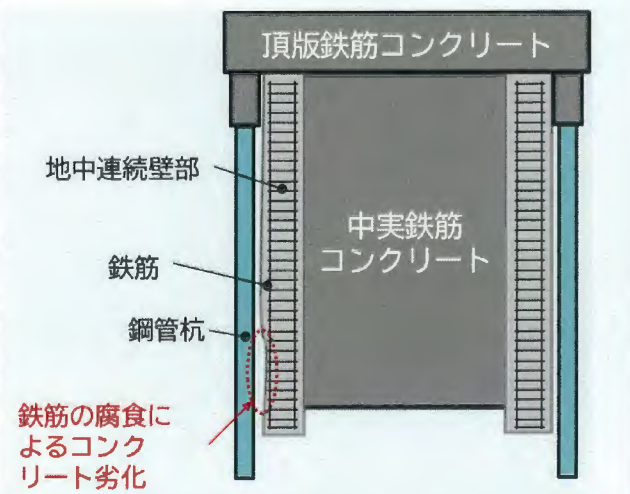
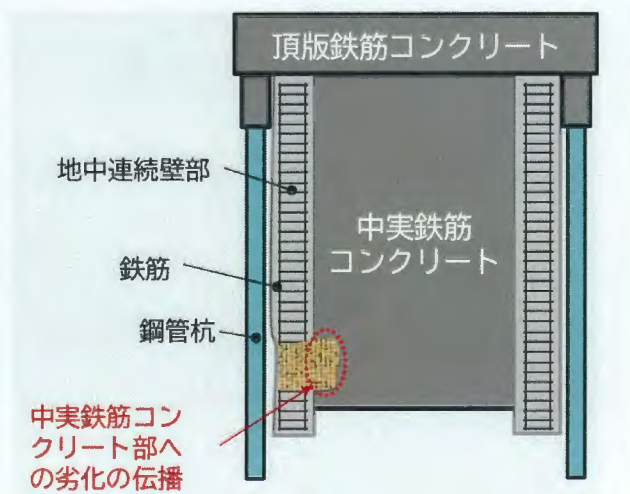
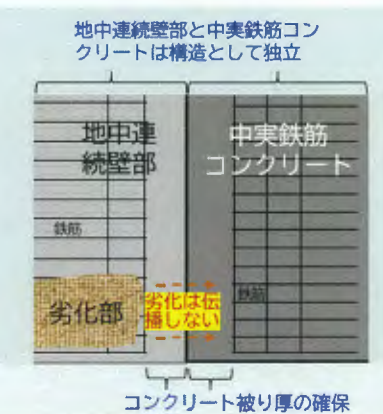
4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

(1) 地中連続壁部の不具合事象に係る補足

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
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 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  (現状、鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工)	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。 	・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> 図1 「地中連続壁部が健全である」状態  ↓ 図2 中実鉄筋コンクリートの「保守性を有する設計」  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。

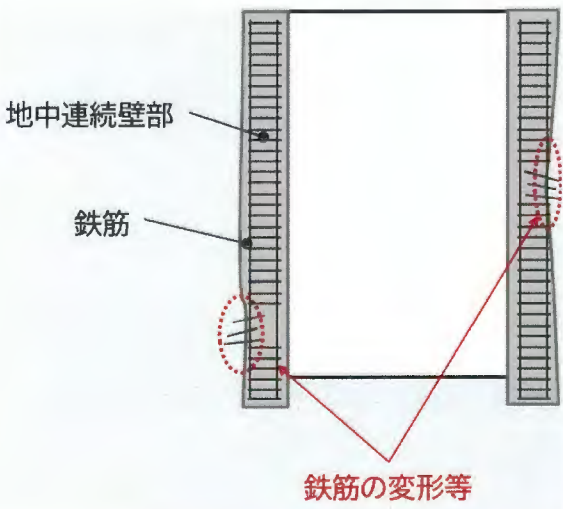
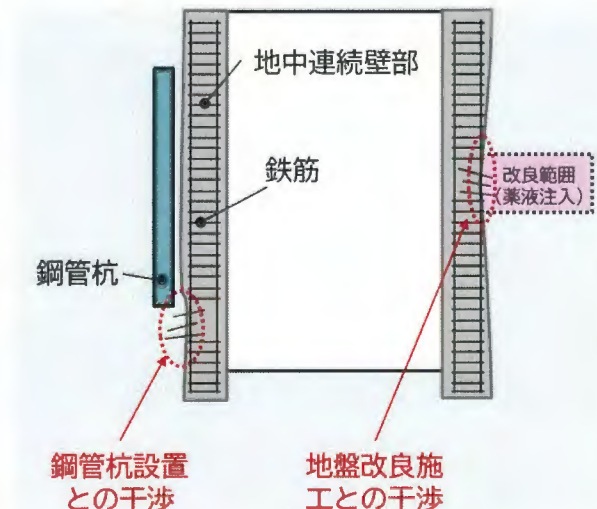
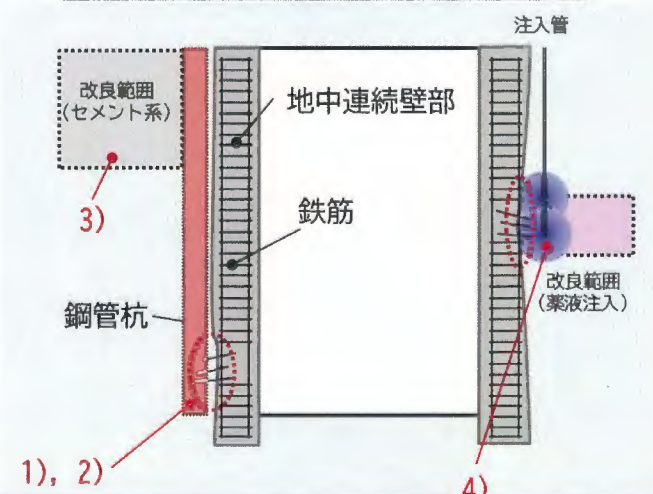
4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

(1) 地中連続壁部の不具合事象に係る補足

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
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）  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 コンクリートの中性化のイメージ図  鉄筋の腐食によるコンクリート劣化 （現状，鋼管杭や中実鉄筋コンクリート等は未施工）	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。  中実鉄筋コンクリート部への劣化の伝播	・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。 ・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。 ・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。 ・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，本事象は残置影響評価に考慮しない。  地中連続壁部と中実鉄筋コンクリートは構造として独立 劣化部 劣化は伝播しない コンクリート被り厚の確保

4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

(1) 地中連続壁部の不具合事象に係る補足

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
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  下部工の現状のイメージ図 (地中連続壁部施工状況)	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。  下部工の施工時のイメージ図 (鋼管杭打設)	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。 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。 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。 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。 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。 以上より、本事象は残置影響評価に考慮しない。 

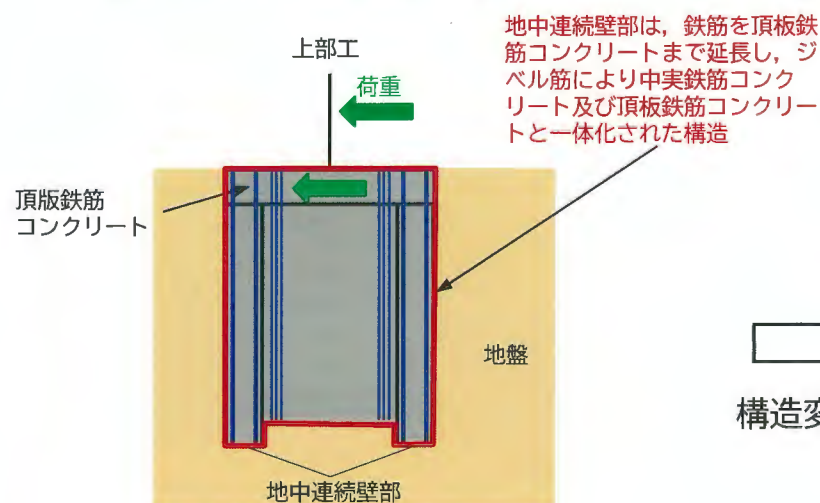
4. 地中連続壁部の残置影響評価方針に係る補足説明

(2) 残置される地中連続壁部についての補足

残置される地中連続壁部については、施工上の配慮として頂版鉄筋コンクリートと構造的に縁を切り離す計画である。本構造変更により、地中連続壁部に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は消失し、作用するのは周辺地盤からの動土圧や動水圧など面的な荷重が主体となる。このような荷重条件下においては、残置される地中連続壁部に局所的な荷重が集中することなどは考えにくく、本資料のP84やP85に示すような脆性的な破壊が起こる可能性は極めて低いと考えている。

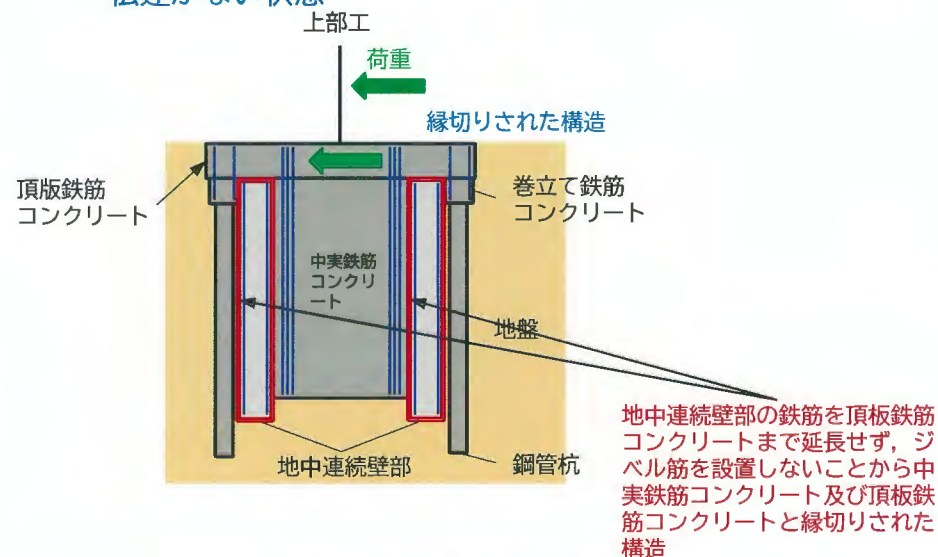
また、構造変更後における地中連続壁部の残置影響評価においては、中実鉄筋コンクリート部を保守的な設計にて補強し、十分な安全性を確保する設計としており、これは地中連続壁の残置影響を十分に考慮した保守的な設計であると考えられる。

既工認では、頂版鉄筋コンクリートと地中連続壁部は一体化しており、上部工からの応力伝達が行なわれる状態



構造変更後

構造変更後、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となり、上部工から地中連続壁部への応力伝達がない状態



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)

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (1/16)

a. 耐津波設計における照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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
(南基礎の配筋図)

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (2/16)

a. 耐津波設計における照査結果

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。

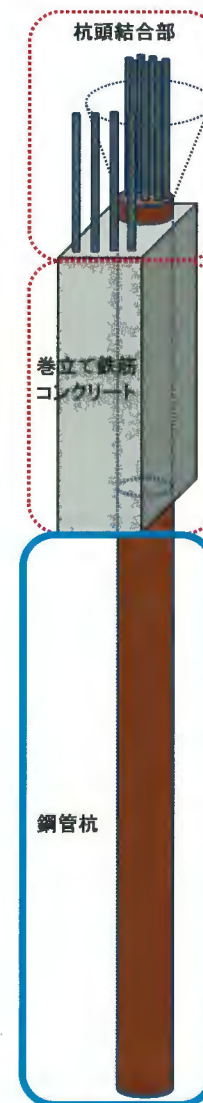
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	275.3	500.0	0.56	地盤バネ5
	引張応力度	327.6	500.0	0.66	地盤バネ5
南基礎	圧縮応力度	220.0	500.0	0.44	地盤バネ5
	引張応力度	257.5	500.0	0.52	地盤バネ5

せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



鋼管杭の構造仕様



5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (3/16)

a. 耐津波設計における照査結果

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)

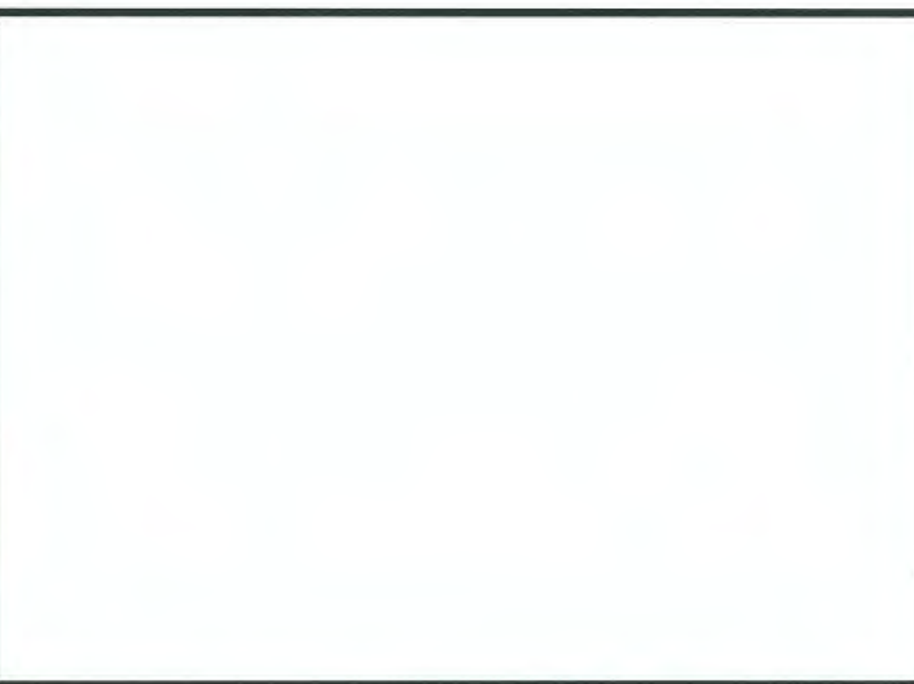
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鉄筋引張応力度	333.4	660.0	0.51	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	18.1	32.0	0.57	地盤バネ5
南基礎	鉄筋引張応力度	283.9	660.0	0.44	地盤バネ5
	Con圧縮応力度	14.7	32.0	0.46	地盤バネ5

曲げ照査 (鋼管杭)

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	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)

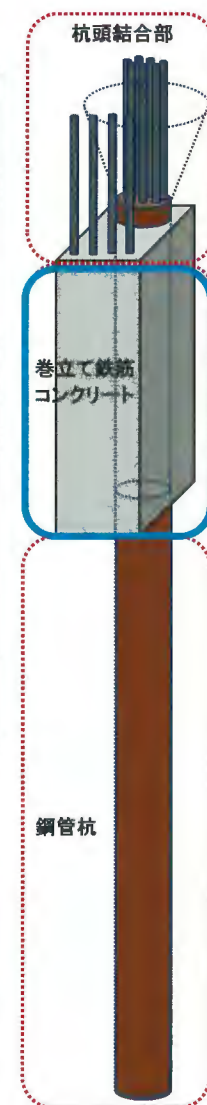
	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	5794	11220	0.52	地盤バネ5
	堤軸直交方向	10611	18916	0.57	地盤バネ1
南基礎	堤軸方向	4481	11220	0.40	地盤バネ5
	堤軸直交方向	8563	18319	0.47	地盤バネ1



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)

せん断照査 (鋼管杭)

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (4/16)

a. 耐津波設計における照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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

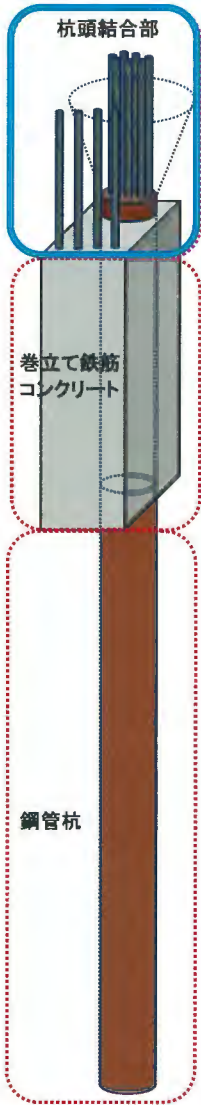


図-1 仮想RC断面 (鋼管杭頭部)



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結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (5/16)

a. 耐津波設計における照査結果

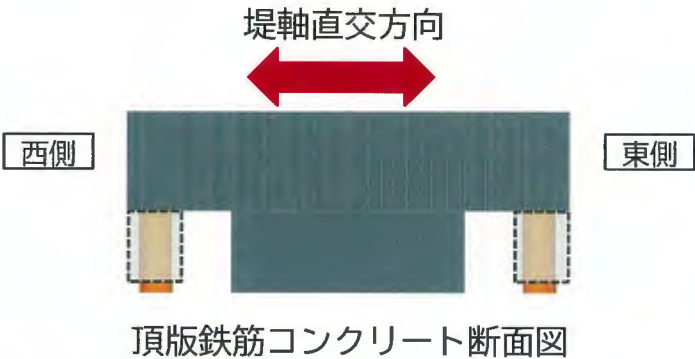
1) 下部工の照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋引張応力度	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)

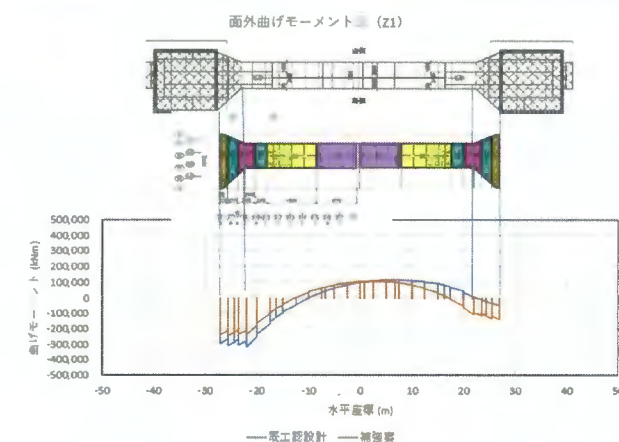
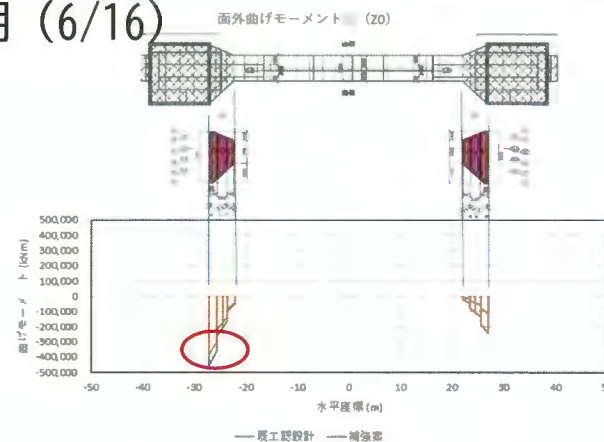
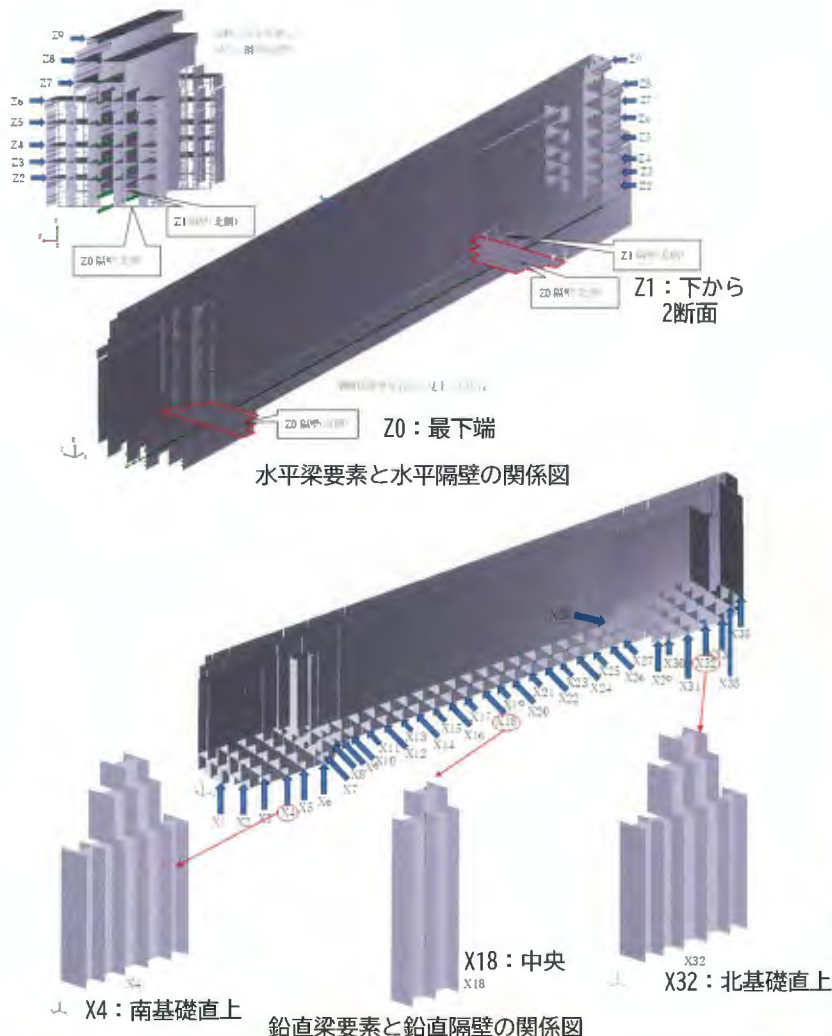
5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (6/16)

a. 耐津波設計における照査結果

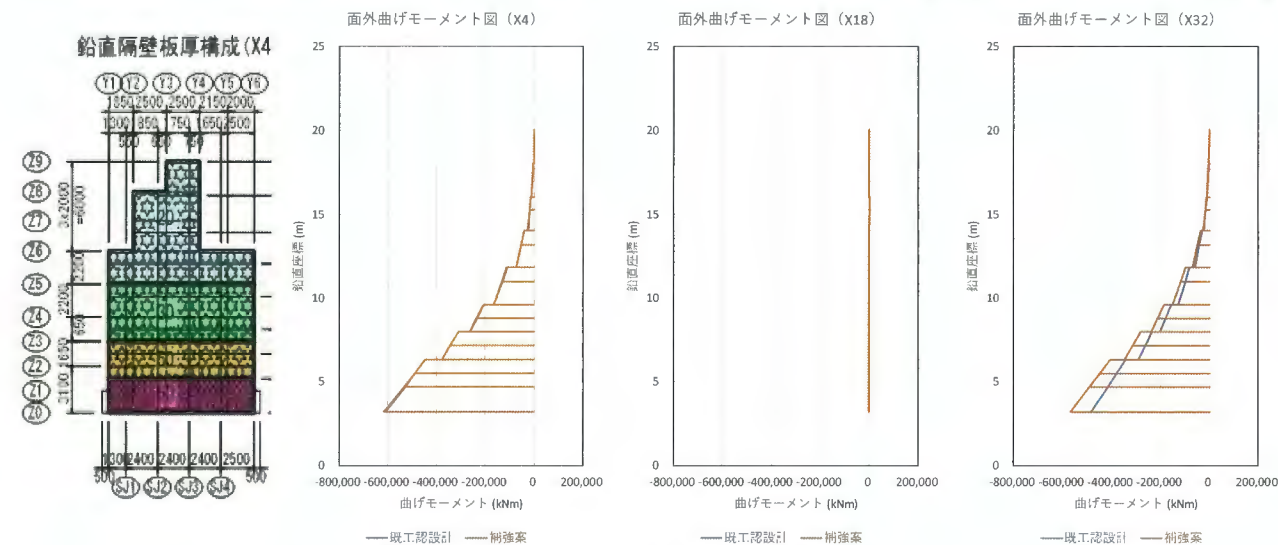
2) 上部工の照査結果 (地盤バネ5)

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: 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

- 上部工は、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。(左右対称形 of 材料構成となる。)
- 上部工において材料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である。評価結果により、当該部位において既工認の断面力を下回ることを確認したため、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結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (7/16)

- a. 耐津波設計における照査結果
- 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 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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (8/16)

a. 耐津波設計における照査結果

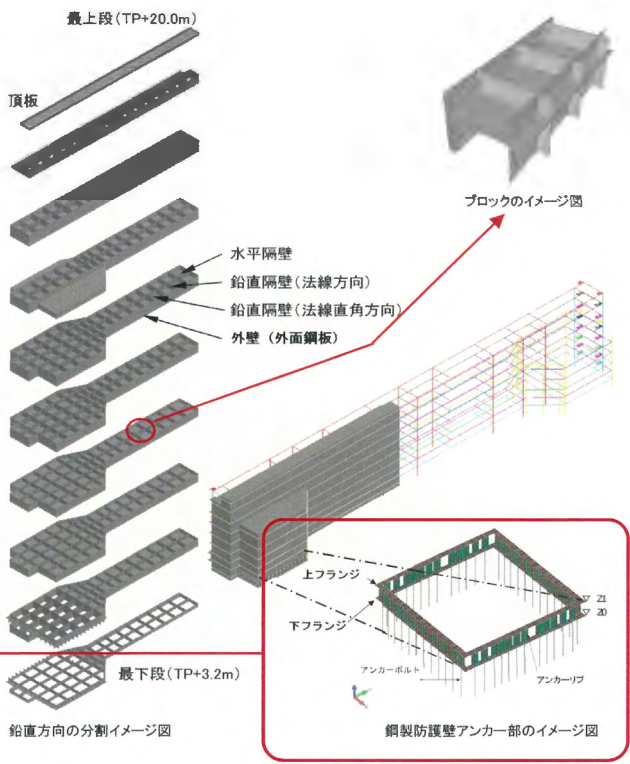
3) 接合部の照査結果

①アンカーボルト

引張応力度照査

照査値は最大値を記載している。

	作用方向	応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



上部工及び接合部の部材構成

アンカーボルトの仕様

アンカーボルトの配置



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。

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (9/16)

a. 耐津波設計における照査結果

4) 局所的な応力集中を仮定した照査 (中実鉄筋コンクリート)

曲げ照査

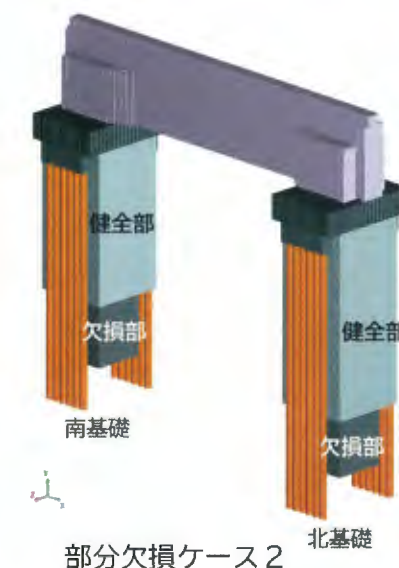
照査値は最大値を記載している。

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	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
	鉄筋引張応力度	329.9	478.5	0.69	地盤バネ4 欠損ケース2

せん断照査

	せん断力の方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	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

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(P90)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。



5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (10/16)

b. 耐震設計における照査結果

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	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
(南基礎の配筋図)

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (11/16)

b. 耐震設計における照査結果

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。

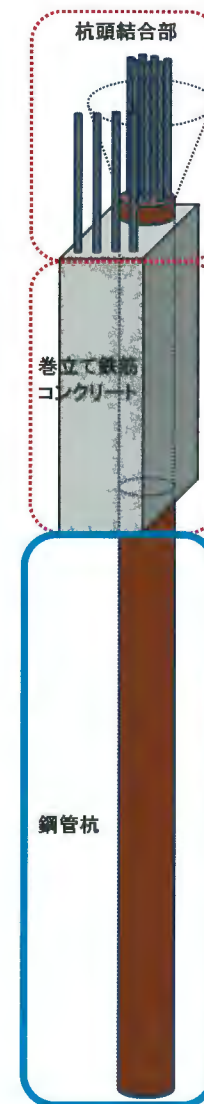
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	193.7	442.5	0.44	解析ケース③
	引張応力度	91.1	442.5	0.21	解析ケース③
南基礎	圧縮応力度	102.0	442.5	0.24	解析ケース③
	引張応力度	66.7	442.5	0.16	解析ケース③

せん断照査

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



鋼管杭の構造仕様



5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (12/16)

b. 耐震設計における照査結果

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)

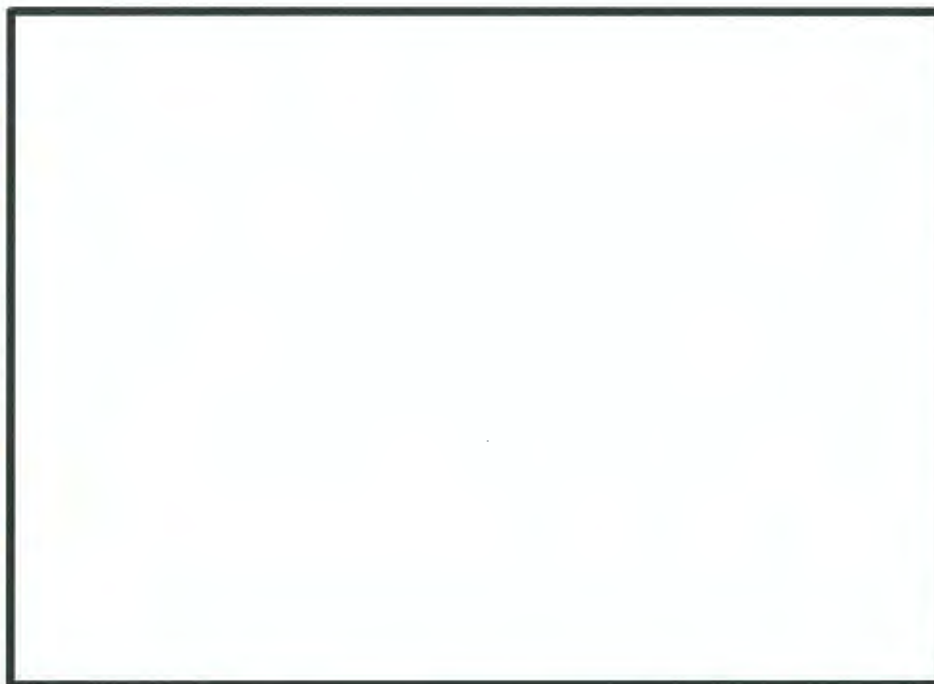
	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鉄筋引張応力度	33.5	600.0	0.06	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.8	24.0	0.12	解析ケース③
南基礎	鉄筋引張応力度	84.6	600.0	0.15	解析ケース③
	Con圧縮応力度	2.4	24.0	0.10	解析ケース③

曲げ照査 (鋼管杭)

	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	圧縮応力度	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)

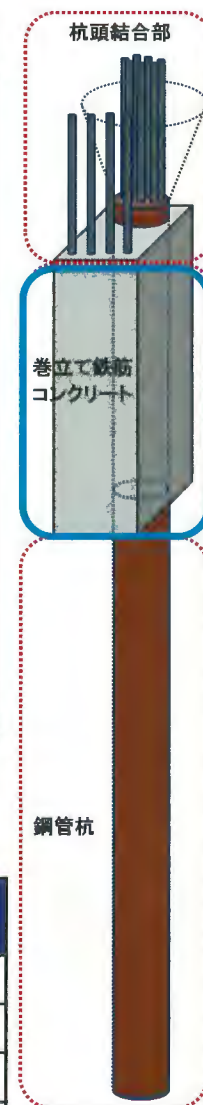
	作用方向	発生せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	135	5304	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	1108	3125	0.36	解析ケース③
南基礎	堤軸方向	115	5304	0.03	解析ケース③
	堤軸直交方向	1048	3026	0.35	解析ケース③



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)

せん断照査 (鋼管杭)

	作用方向	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	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



5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (13/16)

b. 耐震設計における照査結果

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。

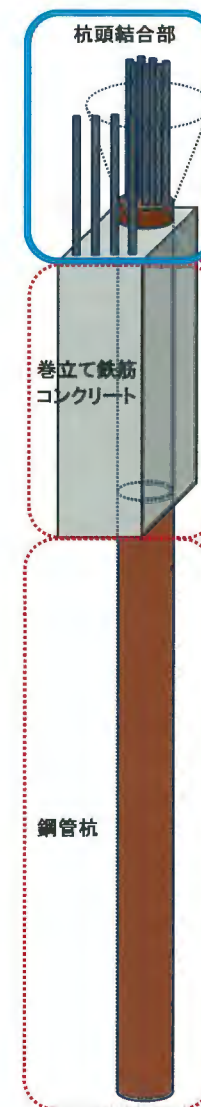
	照査断面	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	56.5	600.0	0.10	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.9	24.0	0.04	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)	鉄筋引張応力度	49.3	600.0	0.09	解析ケース③
		Con圧縮応力度	3.0	24.0	0.13	解析ケース③
南基礎	鋼管杭頭部 (図-1)	鉄筋引張応力度	147.2	600.0	0.25	解析ケース③
		Con圧縮応力度	0.8	24.0	0.04	解析ケース③
	巻立てRC部 (図-2)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

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (14/16)

b. 耐震設計における照査結果

1) 下部工の照査結果

⑤頂版鉄筋コンクリート

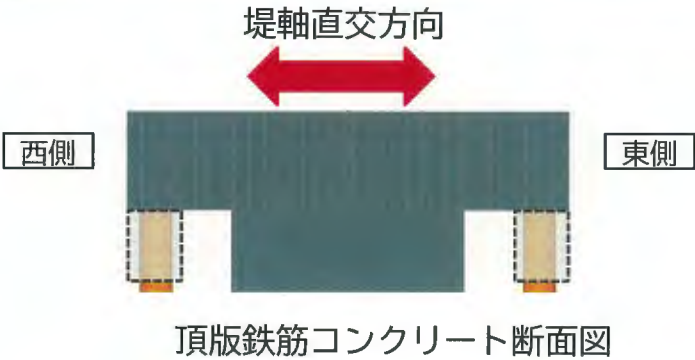
曲げ照査

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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	地盤の ばらつき
北基礎	堤軸方向	鉄筋引張応力度	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に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (15/16)

b. 耐震設計における照査結果

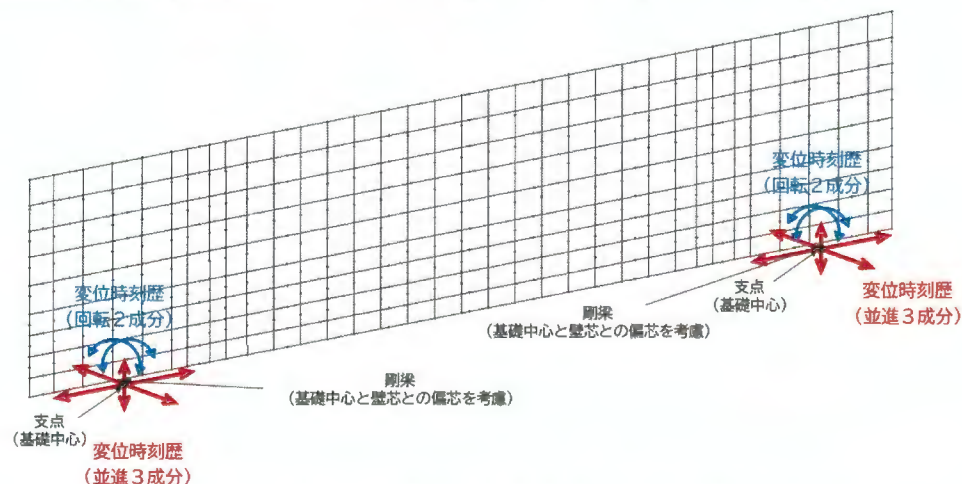
2) 上部工の照査結果

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

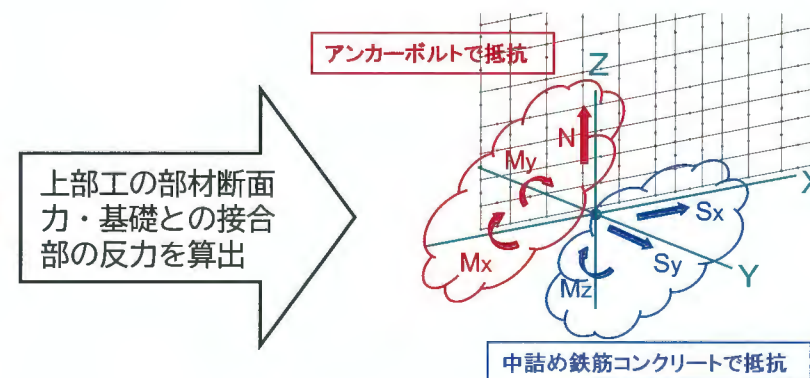
南北基礎相対変位

断面方向	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

- 耐震設計における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）で得られる南北基礎天端の変位時刻歴を入力として実施する上部工の動的解析によって算出するため、その大きさは南北基礎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、構造成立性に問題は無いと判断した。
- 堤軸直交方向の鉛直変位が若干既工認を上回っているものの、南北基礎の支点間距離が65.1mであること考慮すると、その比率は $9.5\text{mm}/65100\text{mm} \div 0.015\%$ 程度と極微小であり、上部工の構造成立性に影響を及ぼすとは考えにくい。



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

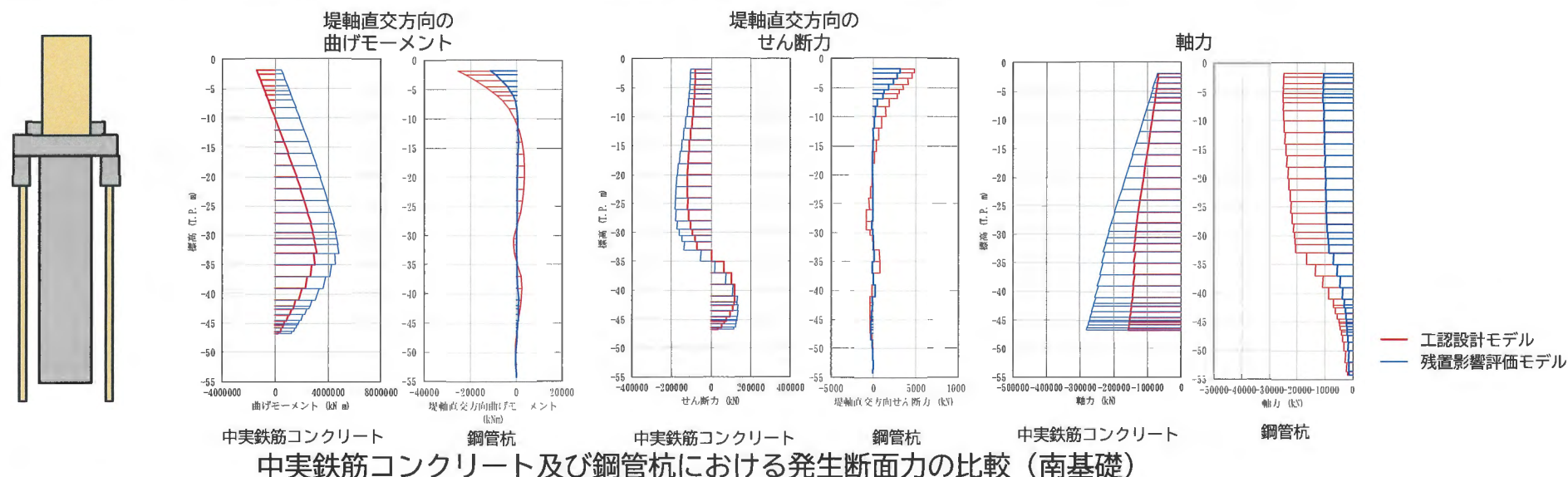
上部工の動的解析で得られる部材断面力ならびに基礎との接合部の反力に対して部材照査を実施

5. 地中連続壁部の残置影響評価結果に係る補足説明

(1) 残置影響評価結果に係る補足説明 (16/16)

c. 残置影響評価の保守性について

耐津波設計における残置影響評価の保守性を確認するため、工認設計モデルと残置影響評価モデルにおける発生断面力の比較を実施した。比較対象は各モデルにおける最大照査値ケースである。



【工認設計モデル】

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

【残置影響評価モデル】

ケース	応力度の種類	発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
地盤 パネ4	鉄筋引張 応力度	430.1	478.5	0.90

必要
鉛直鉄筋
SD490
D51@150-8段

必要
鉛直鉄筋
SD490
D51@150-17.5段

←設計鉄筋量

- 中実鉄筋コンクリートについては、工認設計モデルに対し、残置影響評価モデルの発生断面力が顕著に大きくなり、必要鉄筋量が大きく増加する結果となった。
- 一方で、鋼管杭については工認設計モデルが保守的に大きな断面力となることを確認した。