

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-2-10 改9
提出年月日	平成29年8月8日

東海第二発電所

津波による損傷の防止

平成29年8月

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

目 次

第 1 部

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等
 - 1.5 手順等

第 2 部

- ．はじめに
 - ．耐津波設計方針
1. 基本事項
 - 1.1 設計基準対象施設の津波防護対象の選定
 - 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
 - 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
 - 1.4 入力津波の設定
 - 1.5 水位変動・地殻変動の評価
 - 1.6 設計または評価に用いる入力津波
 2. 設計基準対象施設の津波防護方針
 - 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
 - 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）
 - (1) 遡上波の地上部からの到達，流入防止
 - (2) 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止
 - 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）
 - 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
 - (1) 浸水防護重点化範囲の設定
 - (2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策
 - 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
 - (1) 非常用海水冷却系の取水性
 - (2) 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認
 - 2.6 津波監視設備

3. 施設・設備の設計方針

3.1 津波防護施設の設計

3.2 浸水防止設備の設計

3.3 津波監視設備

3.4 施設・設備の設計・評価に係る検討事項

添付資料

- 1 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
- 2 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- 3 耐津波設計における現場確認プロセスについて
- 4 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- 5 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について
- 6 管路解析のモデルについて
- 7 管路解析のパラメータスタディについて
- 8 港湾内の局所的な海面の励起について
- 9 入力津波に用いる潮位条件について
- 10 津波防護対策の設備の位置付けについて
 - (17) 常用海水ポンプ停止の運用手順について
 - (18) 残留熱除去系海水ポンプの水理実験結果について
 - (19) 貯留堰設置位置及び天端高さの決定の考え方について
 - (20) 基準津波に伴う砂移動評価
 - (21) 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
 - (22) 津波漂流物の調査要領について
 - (27) 漂流物の移動量算出の考え方
 - (23) 燃料等輸送船の係留索の耐力について
 - (24) 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
 - (15) 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
 - () 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
 - (11) 防潮堤及び貯留堰における津波荷重の設定方針について
 - (26) 基準類における衝突荷重の算定式
 - (25) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針及び液状化の検討について
 - () 防潮堤の地山への寄り付き部の設計について
 - () 防潮扉の設計と運用について
 - () 放水路ゲートの設計と運用について
 - (30) 貯留堰の構造及び仕様について
 - (31) 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について
 - (16) 貫通部止水対策箇所について
 - (29) 地震後の防波堤の津波による影響評価について
 - (12) 日立港日立港区及び常陸那珂港区の整備計画に基づく防波堤等モデル化した津波遡上解析結果について
 - (13) 防波堤の有無による敷地南側の津波高さについて

- (1 4) 防潮堤設置に伴う隣接する周辺の原子炉施設への影響について
- (2 8) 津波の流況をふまえた漂流物の取水口到達可能性評価について

注：採番されていない資料は、今後追加予定の添付資料

(11) ~ (31)は、今後追加される添付資料により、添付資料番号が変更になる。

東海第二発電所の防潮堤については、地下部の構造の変更，地盤改良等の実施及び敷地北側における設置ルートを変更することを現在説明させていただいております。

本資料は、上記変更及び設置ルート変更に伴う各影響については未反映であり、今後、審査資料に適時反映してまいります。

貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方について

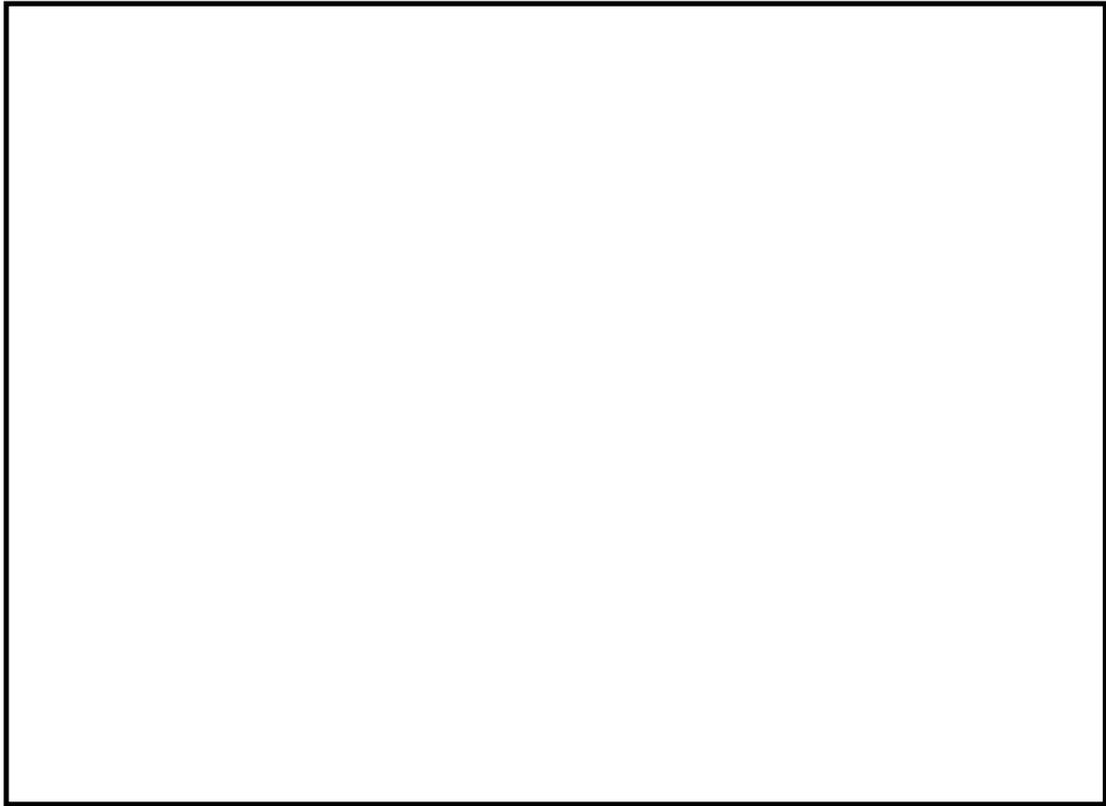
引き波による取水ピットの水位低下に対して、非常用海水ポンプの機能保持を目的として、取水口前面の海中に貯留堰を設置することとしている。貯留堰については、引き波により取水ピット水位が低下した場合においても、非常用海水ポンプの運転に必要な取水量が確保できること、貯留堰設置後においても通常運転時の安定取水（損失水頭、流況等）に影響のないことを条件として、貯留堰の設置位置及び貯留堰の天端高さを設定している。

本資料では、上記条件に基づいた貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方を示すとともに、通常運転時の海水ポンプの取水性の確認結果を示す。

1. 取水施設（取水口から取水ピット）の構造

東海第二発電所の非常用海水ポンプの取水口は、敷地東側の北防波堤及び南防波堤の内側に位置している。取水口からの海水は、取水路を經由して、非常用海水ポンプが設置されている取水ピットまで導かれる。取水口の呑口下端高さは、T.P. - 6.04m、取水口から取水ピットまでの距離は約 27m である。第 1 図に取水施設の平面図、第 2 図に取水施設の断面図を示す。

なお、取水施設は、非常用海水ポンプと常用海水ポンプで共用している。



第 1 図 取水施設の平面図



第 2 図 取水施設の断面図

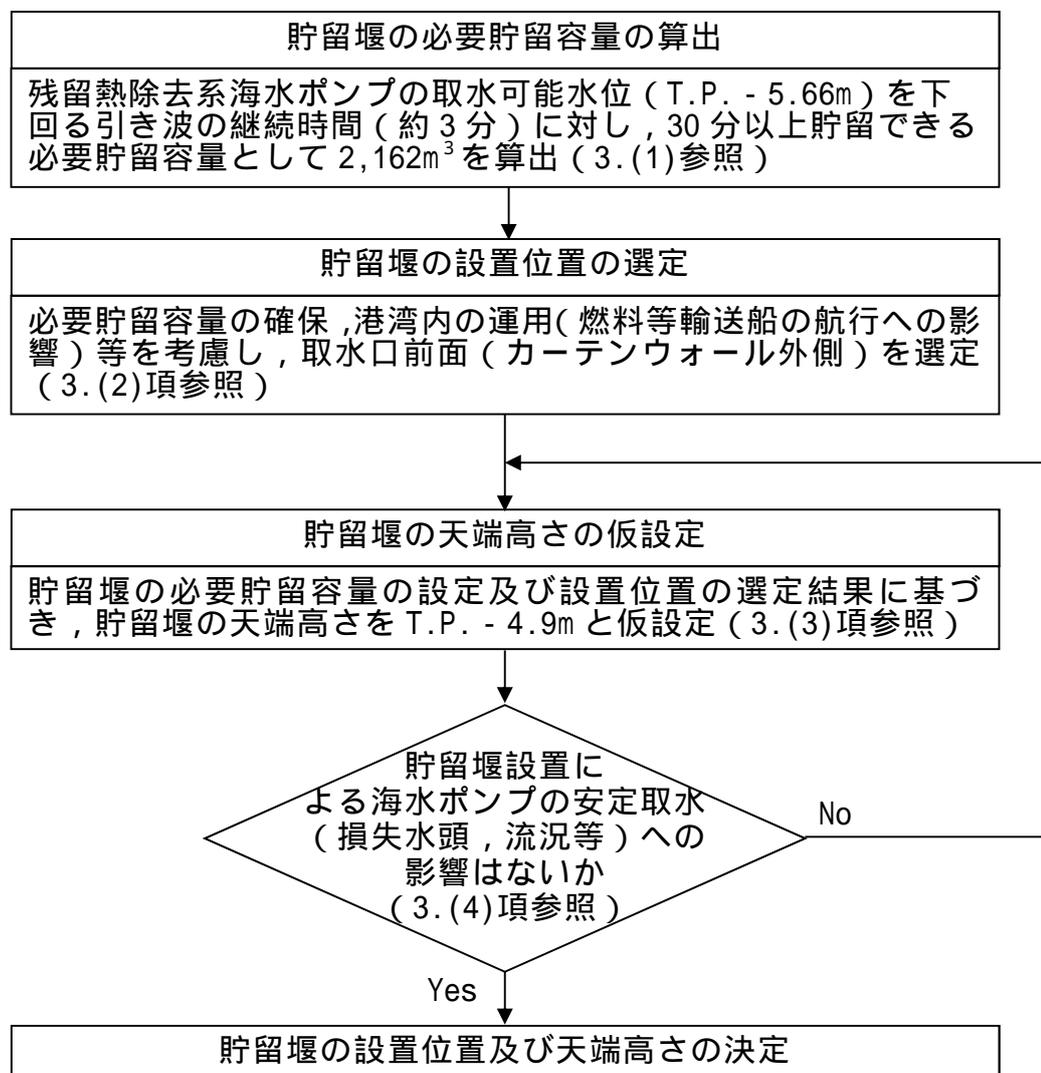
2. 貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方

貯留堰の設置位置及び天端高さの決定に当たっては、非常用海水ポンプの取水量及び取水ピット水位が非常用海水ポンプの取水可能水位を下回る継続時間から、貯留堰の必要貯留容量を算出するとともに、貯留堰の設置位置を

選定した上で、必要貯留容量が確保できる天端高さを決定している。

具体的には、必要貯留容量は、引き波による取水ピットの水位が非常用海水ポンプのうち、最も取水可能水位が高い残留熱除去系海水ポンプの取水可能水位 T.P. - 5.66m を下回る継続時間約 3 分に対し、十分な余裕を考慮して 30 分間以上貯留できる容量とした。また、貯留堰の設置位置は、必要貯留容量を確保でき、かつ、港湾内の運用等を考慮し、取水口の前面（カーテンウォール外側）を選定した。その上で、通常時の海水ポンプの安定取水に影響を及ぼさない貯留堰の天端高さ及び設置位置であることを確認した。

第 3 図に貯留堰の設置位置及び天端高さ設定の検討フローを示す。



第 3 図 貯留堰の設置位置及び天端高さ設定の検討フロー

3. 貯留堰の設置位置及び天端高さの検討

(1) 貯留堰の必要貯留容量の算定

第1表に非常用海水ポンプの取水量と取水可能水位を示す。非常用海水ポンプのすべてが運転したと想定した場合、取水量の合計は $4,323\text{m}^3/\text{h}$ である。このため、引き波による取水ピット水位の低下に対して30分間の運転継続を可能とするために必要な貯留容量は $2,162\text{m}^3$ となる。

第1表 非常用海水ポンプの取水量と取水可能水位

海水ポンプ	台数	取水量 (m^3/h)		評価水位 (T.P.m)	取水可能水位 (T.P.m)
		1台当たり	合計		
残留熱除去系海水ポンプ	4	886	3,544	- 6.0	- 5.42 - 5.66 ¹
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	2	273	546		- 6.08
高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機海水ポンプ	1	233	233		- 6.08m
合計	-	-	4,323 ²		-5.66m ³

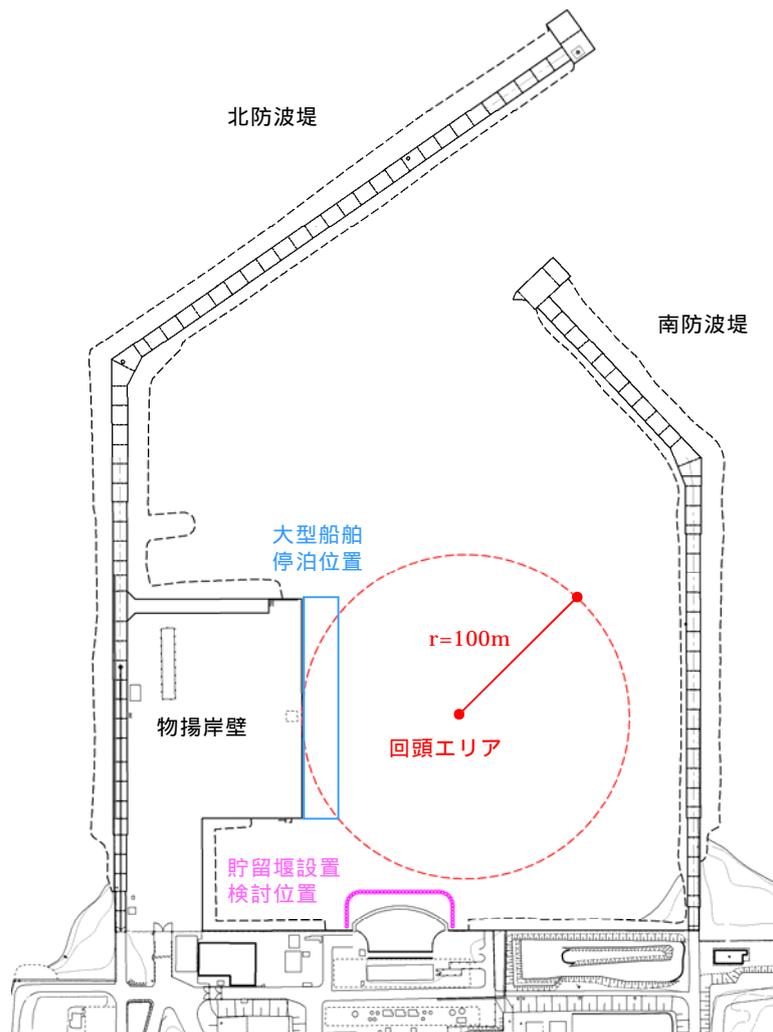
1：実機ポンプを用いた水理実験に基づく値

2：非常用海水ポンプの取水量の合計で、貯留堰の検討において用いる値

3：非常用海水ポンプのうち、最も取水可能水位が高い残留熱除去系海水ポンプの取水可能水位で、貯留堰の検討において用いる取水可能水位

(2) 貯留堰設置位置の選定

(1)で算出した必要貯留容量 $2,162\text{m}^3$ を確保するには、一定程度以上の面積が必要であるため、貯留堰の設置位置を取水口前面（カーテンウォール外側）とし、大型船舶として入港する燃料等輸送船の停泊位置及び回頭エリア（ターニングベースン）に影響を及ぼさない範囲とした。第4図に貯留堰設置位置と船舶の停泊・回頭エリアを示す。



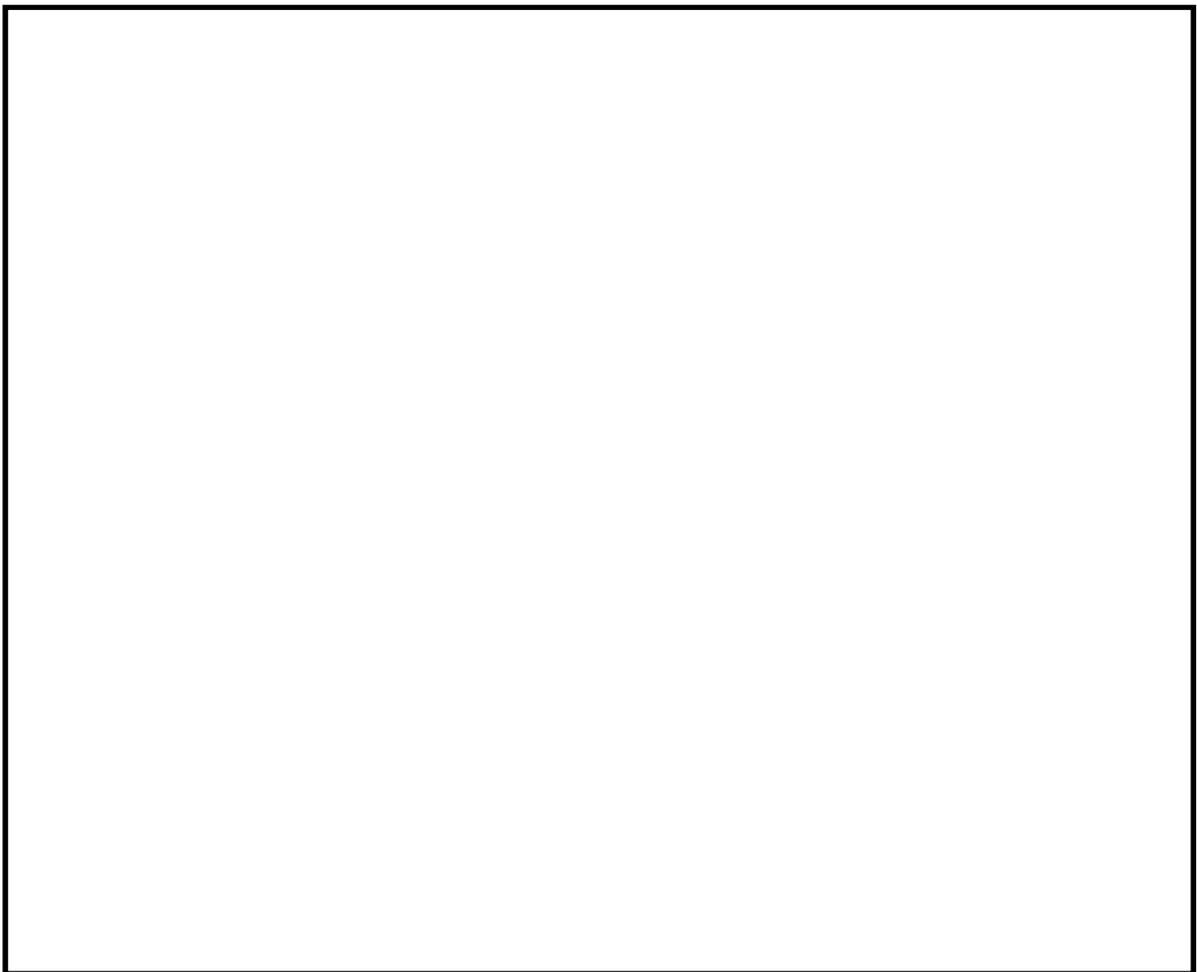
第 4 図 貯留堰の設置位置と船舶の停泊・回頭エリア

(3) 貯留堰天端高さの仮設定

(1)で算出した貯留堰の必要貯留量 $2,162\text{m}^3$ 及び(2)で設定した貯留堰の設置場所の選定結果から，貯留堰の天端高さ（有効水深）を仮設定し，貯留堰の有効貯留容量を算出した。

貯留堰の有効貯留容量の算出に当たっては，貯留堰内の貯留面積に対して，貯留堰内に位置する構造物・設備による控除面積（スクリーンの水中部は網目構造であるが，矩形形状として控除）を考慮するとともに，保守的な設定になるよう取水路壁面及び構造物・設備には貝代として 10cm を考慮した。第 5 図に貯留堰の有効貯留容量算出のための検討断面図を示す。

なお、貝付着については、常時カーテンウォールからの塩素注入効果により取水施設全体にほとんど貝は付着しない。しかし、カーテンウォールの外側に設置する貯留堰については、塩素注入効果が期待できないため貝が付着する可能性がある。そのため、本解析においては貯留堰から取水路全体を保守的に評価し、貝の付着する条件として解析を実施した。貝代については「火力・原子力発電所土木構造物の設計（電力土木技術協会）」より引用し 10cm としている。



第 5 図 貯留堰の有効貯留容量算出のための検討断面図

その上で、貯留堰の天端高さ（有効水深）をパラメータとして貯留堰の有効貯留容量を以下の式より算出した。

有効貯留容量 = 有効水深 × (貯留面積 - 控除面積)

ここで、

有効貯留容量 (m³): 非常用海水ポンプが取水できる量

有効水深 (m) : 貯留堰天端高さから残留熱除去系海水ポンプの取水可能水位

貯留面積 (m²) : 貯留堰内の海水貯留面積

控除面積 (m²) : 貯留堰内の構造物・設備の控除面積

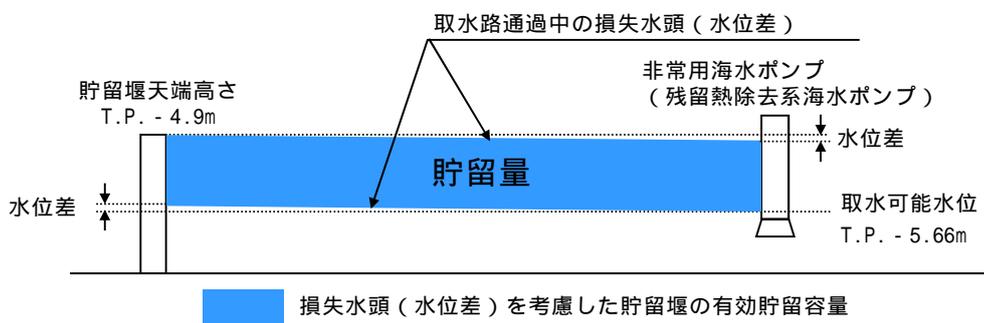
その結果、貯留堰の天端高さを T.P. - 4.9m とすることで、非常用海水ポンプが 30 分以上運転できる有効貯留容量を確保できることを確認した。第 2 表に貯留堰天端高さ (有効水深) をパラメータとした貯留堰の有効貯留容量の算定結果を示す。

第 2 表 貯留堰の有効貯留容量の算定結果

項 目	評価結果		
非常用海水ポンプ 取水可能水位	T.P. - 5.66m		
貯留堰天端高さ	T.P. - 4.80m (0.86m)	T.P. - 4.90m (0.76m)	T.P. - 5.00m (0.66m)
有効水深 (-)	0.86m	0.76m	0.66m
貯留面積	3,334m ²		
控除面積	205m ²		
有効貯留容量 (× (-))	2,690 m ³	2,378 m ³	2,065m ³
非常用海水ポンプ 取水量	4,323m ³		
取水可能時間 (÷)	約 37 分	約 33 分	約 28 分
貯留堰の有効貯留 容量の仮設定	不採用	採用	不採用

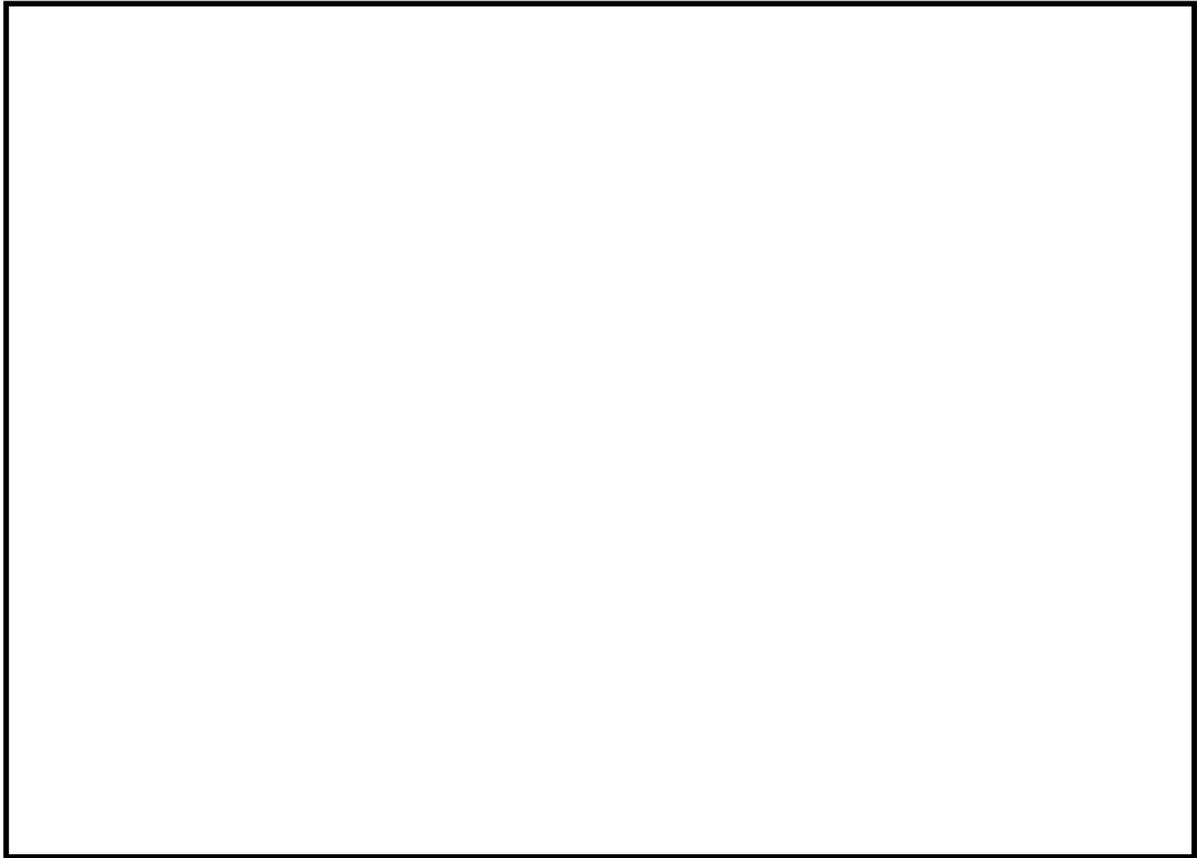
(4) 貯留堰の有効貯留容量の照査

(3)にて仮設定した貯留堰天端高さ T.P. - 4.9m による貯留堰の有効貯留容量 2,378 m³ に対して、海水の貯留堰内通過中の損失水頭（水位差）を考慮した場合においても、貯留堰の有効貯留容量が非常用海水ポンプの取水可能時間である 30 分以上を満足するか評価した。第 6 図に非常用海水ポンプ設置位置における水頭差の評価イメージを示す。



第 6 図 海水の取水路内通過による損失水頭の評価イメージ

評価に当たっては、1 次元水理計算モデルを用いて、取水路を断面形状ごとに区分し、各区分間でベルヌーイの定理及び連続の式を用いた水理計算を実施した。非常用海水ポンプは、第 7 図に示すとおり、取水ピット内において南北のエリアに分散設置されているため、評価においては取水量が多いケースとしてエリア の 0.63m³ / s (2,278m³ / h) を対象にした。また、取水口から非常用海水ポンプ設置位置までの取水路の形状、設置物による損失係数（摩擦、分流、合流、スクリーン等）を考慮した。第 7 図に非常用海水ポンプの配置図、第 3 表に南北エリアごとの非常用海水ポンプの取水量を示す。また、第 4 表に水頭差評価に用いた損失係数を示す。



第7図 非常用海水ポンプの配置図

第3表 非常用海水ポンプの取水量

エリア	ポンプ名称	運転台数 (台)	取水量 (m^3/h)	合計 (m^3/s)
エリア	残留熱除去系海水ポンプ	2	886	0.49
	非常用ディーゼル発電機用 海水ポンプ	1	273	0.08
	高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機用海水ポンプ	1	233	0.06
	合 計	-	2,278	0.63
エリア	残留熱除去系海水ポンプ	2	886	0.49
	非常用ディーゼル発電機用 海水ポンプ	1	273	0.08
	合 計	-	2,045	0.57

第 4 表 水頭差評価に用いた損失係数

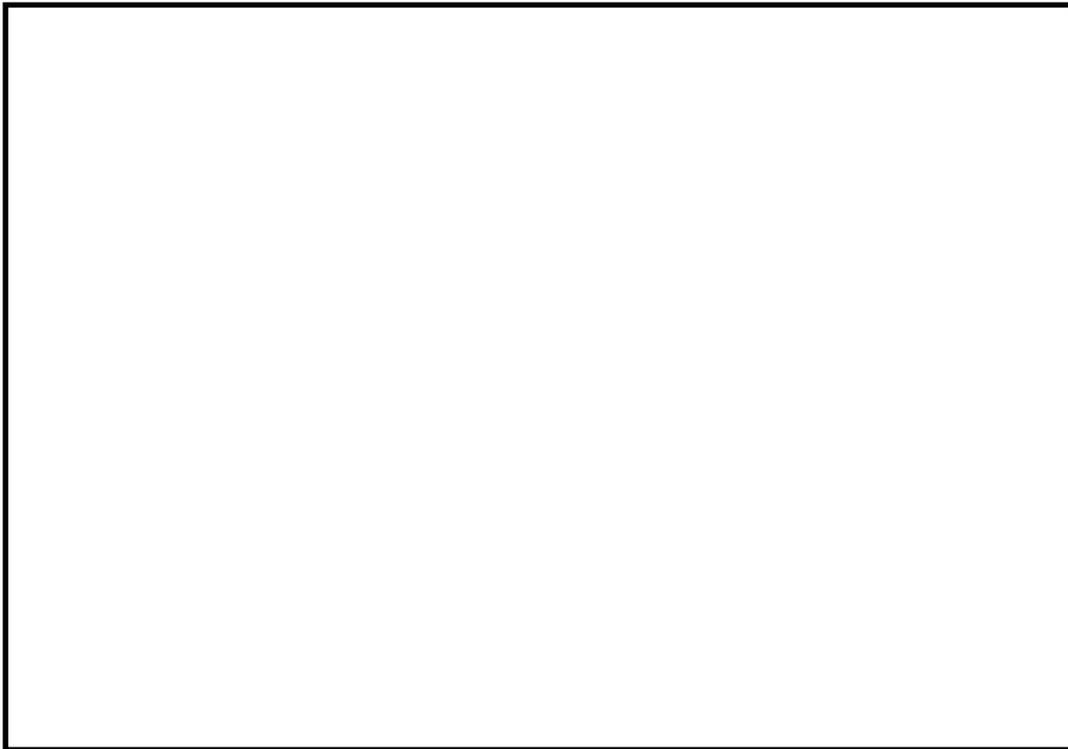
損失係数		
流入損失（取水口呑口部）		0.05 ¹
摩擦損失		$n^2 \times 2g/R^{1/3}$ ¹ , $n=0.02$ ¹
分流損失		1.00 ²
急拡損失		1.00 ¹
急縮損失		0.05 ¹
漸拡損失		1.00 ¹
合流損失		1.00 ²
スクリー ン損失	固定式バースクリーン	0.35 ³
	回転バースクリーン	0.35 ³
	トラベリングバースクリーン	1.2258 ³

1：火力・原子力発電所土木構造物の設計（電機土木技術協会）

2：水理公式集 平成 11 年度（土木学会）

3：スクリーン設計値

評価の結果，貯留堰設置位置と非常用海水ポンプ設置位置での水位差は小さく，(3)で算定した貯留堰の有効貯留容量 2,378m³ に対して 2,362.2m³ であり，非常用海水ポンプが 30 分以上運転可能となる必要容量を満足することを確認した。第 8 図に貯留堰設置位置から非常用海水ポンプ設置位置までの水理計算結果を示す。



第 8 図 非常用海水ポンプ設置位置における水位差（損失水頭）

4. 貯留堰設置による海水ポンプの安定取水への影響評価

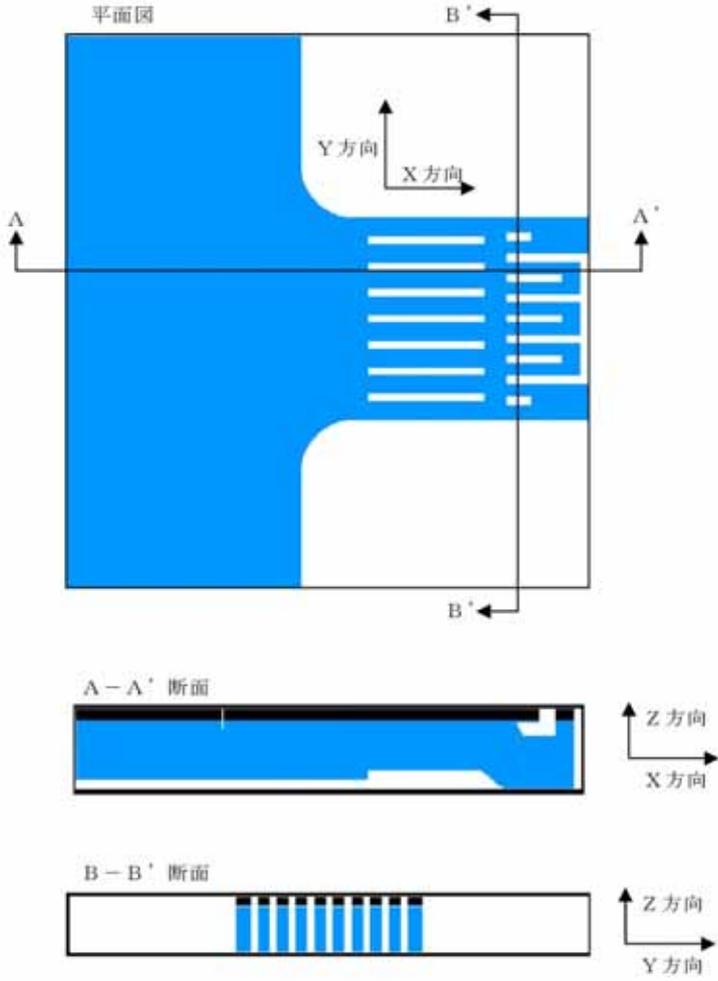
(1) 評価条件

貯留堰設置による通常運転時の海水ポンプの安定取水への影響を確認するため、貯留堰の設置前と設置後における流速分布及び損失水頭による水位変動について、3次元数値波動水槽モデルを用いて確認した。評価に当たっては、発電所の定格運転中に連続運転する海水ポンプとして、循環水ポンプ3台及び補機冷却海水ポンプ2台並びに間欠的に運転するスクリーン洗浄水ポンプ4台及び海水電解装置海水取水ポンプ2台を考慮した。また、プラント停止過程において残留熱除去系海水ポンプ2台が運転されるため、これを考慮した。第5表に通常運転時の海水ポンプの運転条件、第6表に計算条件を示す。

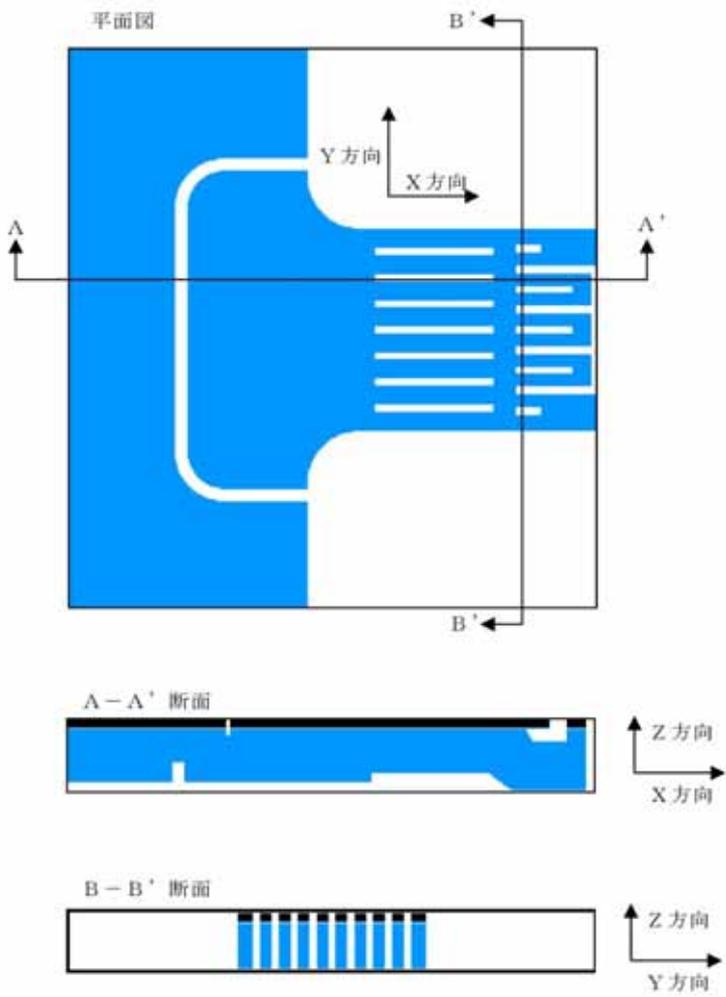
第 5 表 通常運転時の海水ポンプの運転条件

	運転 台数	取水量	合 計	
	(台)	(m ³ /h)	(m ³ / h)	(m ³ /s)
循環水ポンプ	3	74,200	222,600	61.83
補機冷却海水ポンプ	2	2,838	5,676	1.58
残留熱除去系海水ポンプ	2	886	1,772	0.49
スクリーン洗浄水ポンプ	4	186	744	0.21
海水電解装置海水取水ポンプ	2	220	440	0.12
合 計	—	—	231,232	64.23

第 6 表 計算条件 (貯留堰なし条件)(1/2)

項目	計算条件
計算時間	300 秒
分子動粘性係数	$1.19 \times 10^{-6} \text{m}^2 / \text{s}$
乱流モデル	使用する
初期値	0.000m / s
計算領域	x 方向 : 100m、 y 方向 : 110m、 z 方向 : 7.5m
格子間隔	x = 0.15 ~ 0.30m、 y = 0.15 ~ 0.30m、 z = 0.14 ~ 0.31m
計算セル数	x 方向 : 497、 y 方向 : 544、 z 方向 : 39、 総数 10,544,352
計算地形条件	 <p>The diagram illustrates the computational domain for a flow simulation. It consists of three parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> 平面図 (Plan View): Shows a blue-colored flow domain with a complex, curved inlet on the left and a narrower channel on the right. A coordinate system is shown with the X-axis pointing right and the Y-axis pointing up. Section lines A-A' and B-B' are indicated. A-A' 断面 (A-A' Section): A longitudinal cross-section showing the flow path along the X-axis. The Z-axis is vertical, and the X-axis is horizontal. B-B' 断面 (B-B' Section): A transverse cross-section showing the flow path along the Y-axis. The Z-axis is vertical, and the Y-axis is horizontal.

第 6 表 計算条件 (貯留堰あり条件)(2 / 2)

項目	計算条件
計算時間	300 秒
分子動粘性係数	$1.19 \times 10^{-6} \text{m}^2 / \text{s}$
乱流モデル	使用する
初期値	0.000m / s
計算領域	x 方向 : 100m、y 方向 : 110m、z 方向 : 7.5m
格子間隔	x = 0.15 ~ 0.30m、 y = 0.15 ~ 0.30m、 z = 0.14 ~ 0.31m
計算セル数	x 方向 : 497、y 方向 : 544、z 方向 : 39、総数 10,544,352
計算地形条件	 <p>The diagram illustrates the computational domain for a flow simulation. It consists of three parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> 平面図 (Plan View): A top-down view of the domain. A blue region represents the flow area, which includes a large reservoir on the left and a channel on the right. The channel has a curved inlet and a series of horizontal bars (weirs) in the middle. A coordinate system is shown with the X-axis pointing right and the Y-axis pointing up. Section lines A-A' and B-B' are indicated. A-A' 断面 (A-A' Cross-section): A side view of the channel. The X-axis is horizontal and the Z-axis is vertical. It shows the depth of the channel and the profile of the weir structure. B-B' 断面 (B-B' Cross-section): A side view of the weir structure. The Y-axis is horizontal and the Z-axis is vertical. It shows the height and spacing of the individual weir bars.

(2) 評価結果

貯留堰設置による通常運転時の海水ポンプの安定取水への影響を確認するため、貯留堰を設置しない場合(case-1)と貯留堰を設置した場合(case-2)に分けて、平均流速及び水位変動の分布を比較した。その結果、貯留堰を設置した場合(case-2)においても、流速分布及び水位変動分布に有意な差が見られず、海水ポンプの安定取水に影響のないことを確認した。

平均流速分布

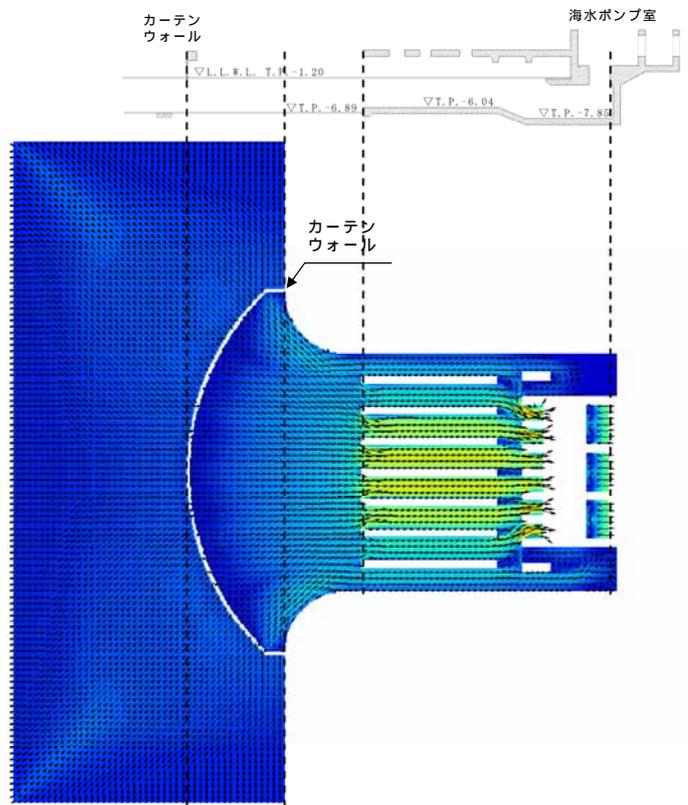
貯留堰を設置しない場合(case-1)と貯留堰を設置した場合(case-2)の流速分布について、第9図に流速平面分布、第10図に平均断面流速分布を示す。

第9図の流速平面分布を比較すると、貯留堰を設置した場合(case-2)では、貯留堰を設置した影響で貯留堰とカーテンウォールの間でやや早い流速が発生するが、カーテンウォールより内側では、貯留堰を設置しない場合(case-1)の流速分布と有意な差は見られない。また、第10図の流速断面分布を比較すると、貯留堰を設置した場合(case-2)では、貯留堰とカーテンウォールの間でやや早い流速が発生するが、取水口呑口に入る前には貯留堰を設置しない場合(case-1)とほぼ同じ流速分布となった。

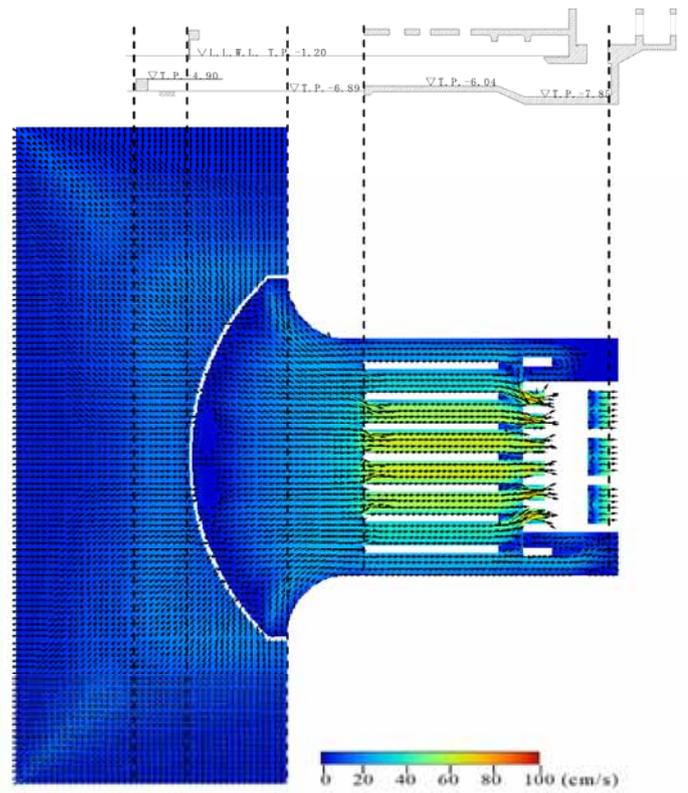
【評価断面】



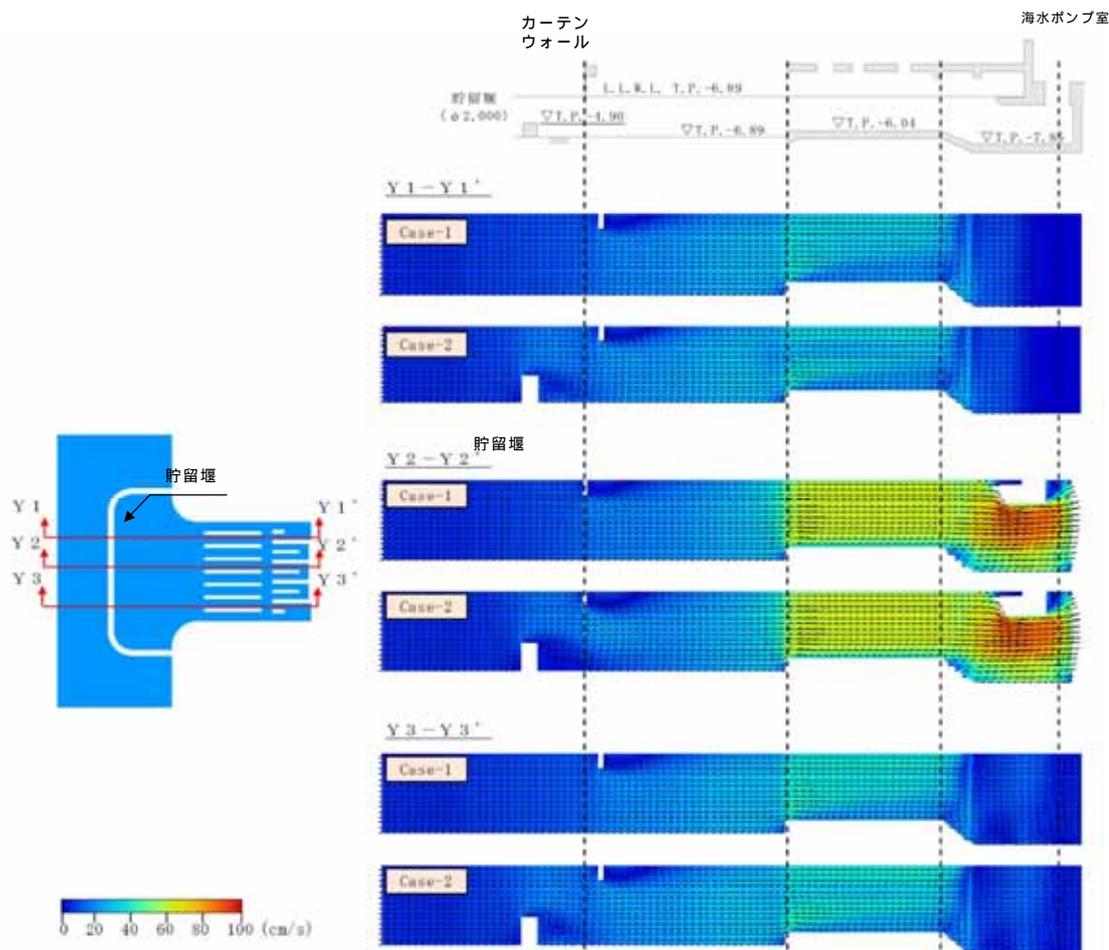
【貯留堰を設置しない場合】
(case-1)



【貯留堰を設置した場合】
(case-2)



第9図 貯留堰の有無による流速平面分布の比較

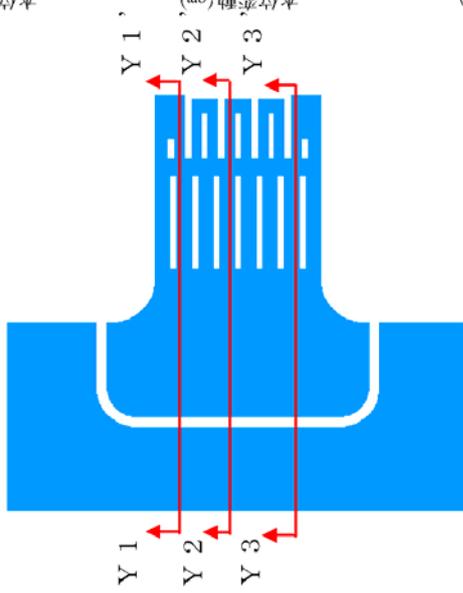
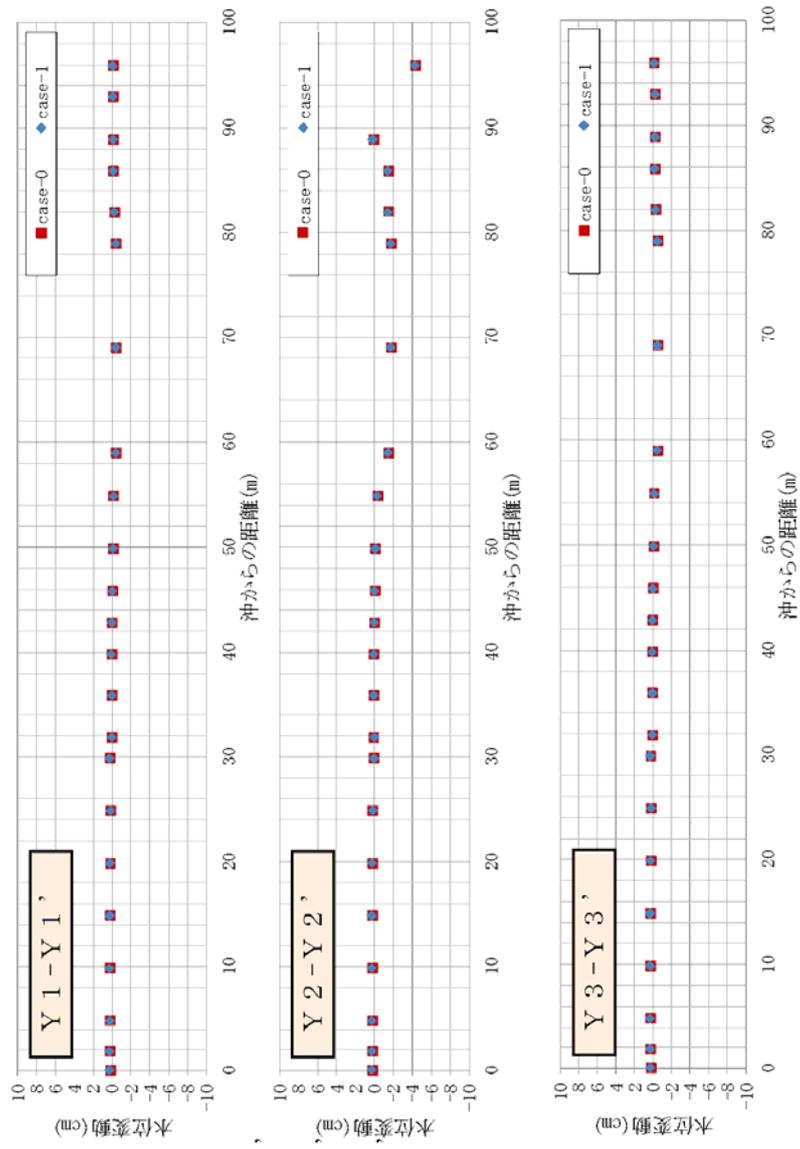
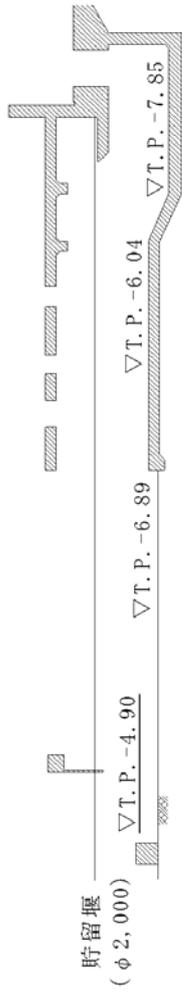


第 10 図 貯留堰の有無による平均断面流速分布の比較

水位変動分布

第 11 図に貯留堰を設置しない場合 (case-1) と貯留堰を設置した場合 (case-2) の水位変動分布を示す。なお、水位変動分布の確認に当たっては、非常用海水ポンプが設置されている南側エリア (Y1 - Y1 断面) 及び北側エリア (Y3 - Y3 断面) 並びに循環水ポンプが設置されるエリア (Y2 - Y2 断面) の合計 3 断面を比較した。

第 11 図の水位変動分布を比較すると、貯留堰を設置しない場合 (case-1) と貯留堰を設置した場合 (case-2) とも、循環水ポンプ設置エリア (Y2 - Y2 断面) は、循環水ポンプによる取水の影響により、他のエリアより水位変動量が大きい。貯留堰を設置しない場合 (case-1) と貯留堰を設置した場合 (case-2) との差はほとんど見られなかった。



第 11 図 貯留堰の有無による水位変動分布比較

5 . 解析結果との検証

本件にて検討した貯留堰の天端高さ T.P.-4.90 を取水路全面に反映した管路解析モデルを作成し，管路解析のパラメータケーススタディを実施した。その結果，様々な取水ケースにおいても非常用海水ポンプの取水機能に影響のない解析結果が得られた。

詳細な時刻歴波形については，「添付資料7 管路解析のパラメータスタディについて」参照。

(参考) 非常用海水ポンプの取水性の有効貯留容量の考え方について
非常用海水ポンプの取水性の有効貯留容量について、砂堆積、漂流物及び、スロッシングによる影響について説明する。

(1) 砂堆積の影響について

取水ピット底部に堆積する砂の量に影響なく非常用海水ポンプの有効貯留容量は確保できることを以下に示す。

2.5 項(2), [1] c 項「取水ピットの構造と砂の堆積厚さ」にて、取水ピットの砂堆積は 0.028m と評価している。

海水ポンプの吸込み下端レベルは、取水ピット底面(T.P. - 7.85m)から 1.32m ~ 1.84m の高い位置に (T.P. - 6.01m ~ T.P. - 6.52m) が設置されていることから、砂の堆積があった場合においても、非常用海水ポンプの取水性能に影響を与えることはない。第 1 図に貯留堰内の水位と海水ポンプ下端レベルについて示す。

第 2.5-5 表 取水ピットの砂の堆積厚さ
(高橋他(1999), 浮遊砂上限濃度 1%)

水位上昇側 (m)	水位下降側 (m)
0.028	0.011



第 1 図 貯留堰内の水位と海水ポンプ下端レベル

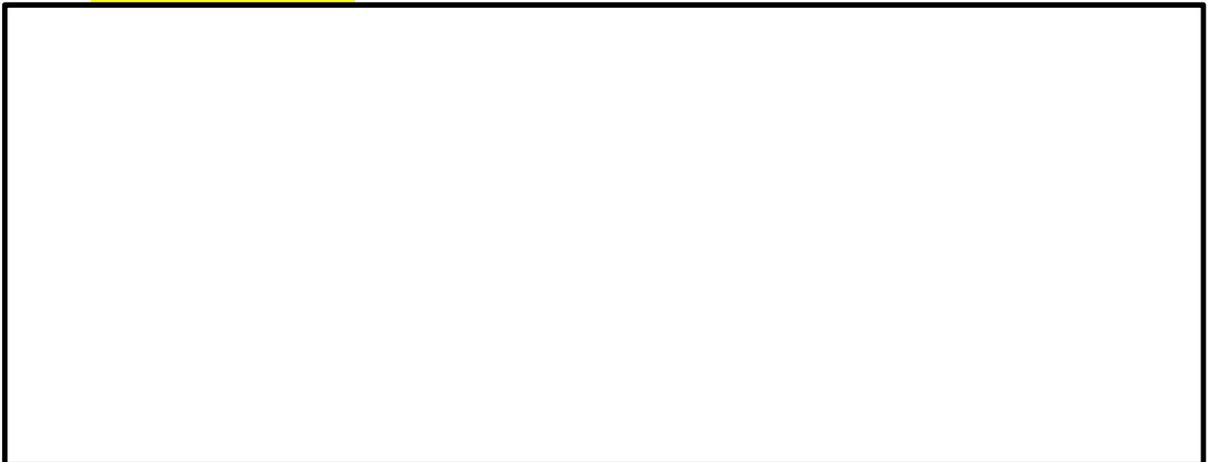
(2) 漂流物による貯留量の影響について

貯留堰は海中にあることから、漂流物の沈降等の影響を受けた場合に貯留量が確保できるか評価する。本件では貯留堰内に唯一設置しているカーテンウォールのPC板(プレストレストコンクリート)が全て貯留堰内に落下した場合を想定し評価した。

カーテンウォールの上部に設置されているPC板の体積は、全数48枚で約 75m^3 (1枚あたり約 1m^3 ~約 1.7m^3)として計算する。

貯留堰の有効貯留容量は天端高さ(T.P. - 4.9m)より0.76m(T.P. - 5.66m)下がった部分までを有効貯留容量(2378m^3)としている。

有効貯留容量下端高さ(T.P. + 5.66m)より低い部分については海水取水に影響のない範囲になり、カーテンウォール破損想定した場合には、海水取水に影響のない範囲に水没することになるが、ここでは、保守的に有効貯留量の範囲にPC板の全体積が影響を及ぼした場合として評価した。第2図に有効貯留容量のイメージを第1表にカーテンウォール破損想定時の取水可能時間を示す。



第2図 有効貯留容量のイメージ

項目	設計	(参考) カーテンウォールの破損想定
非常海水ポンプ取水可能水位	T.P. - 5.66m	同左
貯留堰天端高さ	T.P. - 4.90m (0.76m)	同左
有効水深 (-)	0.76m	同左
貯留面積	3,334m ²	同左
控除面積 (躯体面積)	205m ²	同左
有効貯留容量 (× (-))	2,378m ³	2,378m ³
控除体積 (カーテンウォールPC板全体積)	なし	2303m ³ (約75m ³)
非常用海水ポンプ取水量	4,323m ³	同左
取水可能時間 (又は ÷)	約33分	約32分

第1表 カーテンウォール破損想定時の取水可能時間

評価の結果，第1表のカーテンウォール破損想定時の取水可能時間が原設計約33分に比べ約32分となり約1分程度の影響であり非常用海水ポンプの取水性能に影響を与えることはない。

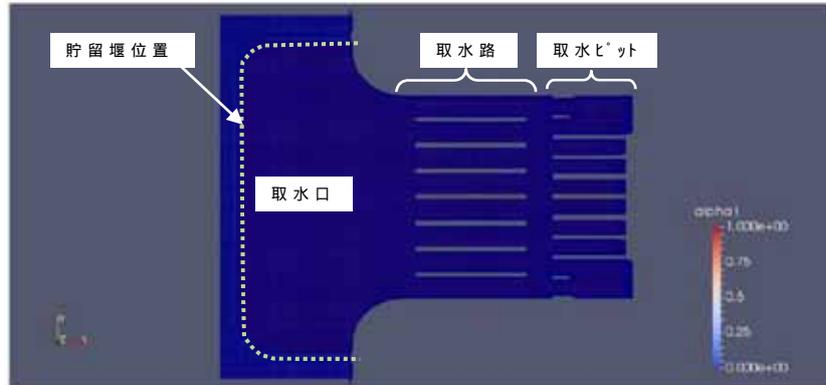
(3) スロッシングによる影響について

貯留堰内に貯留時における余震 (S s - D 1) によるスロッシングによる溢水を考慮した結果においても影響を評価した。

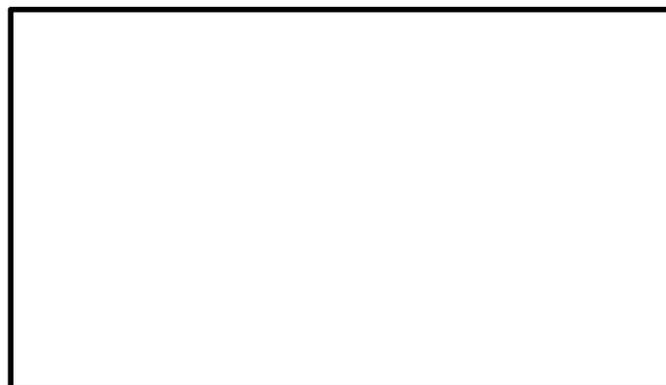
a. 評価条件

- ・地震動：余震 (S s - D 1)
- ・初期水位：貯留堰天端 T.P. - 4.9m
- ・ポンプ運転状態：安全系ポンプ7台 (4 3 2 3 m³ / h)
- ・有効貯留量：2 3 7 8 m³ (損失考慮なし)
- ・取水可能時間：引き波の継続時間約3分に対し約33分。
- ・解析ケース：貯留堰満水時 (天端) T.P. - 4.9m
- ・解析コード：OpenFORM (ver2.2.0)

第3図の解析モデル図及び第4図の出力地点参照



第3図 スロッシング解析のモデル図



第4図 水位時刻歴波形の出力地点

b. 影響評価結果

・ 解析ケース：貯留堰満水時（天端）T.P. - 4.9m

・ 有効貯留量：2 3 7 8 m³（貝代あり）

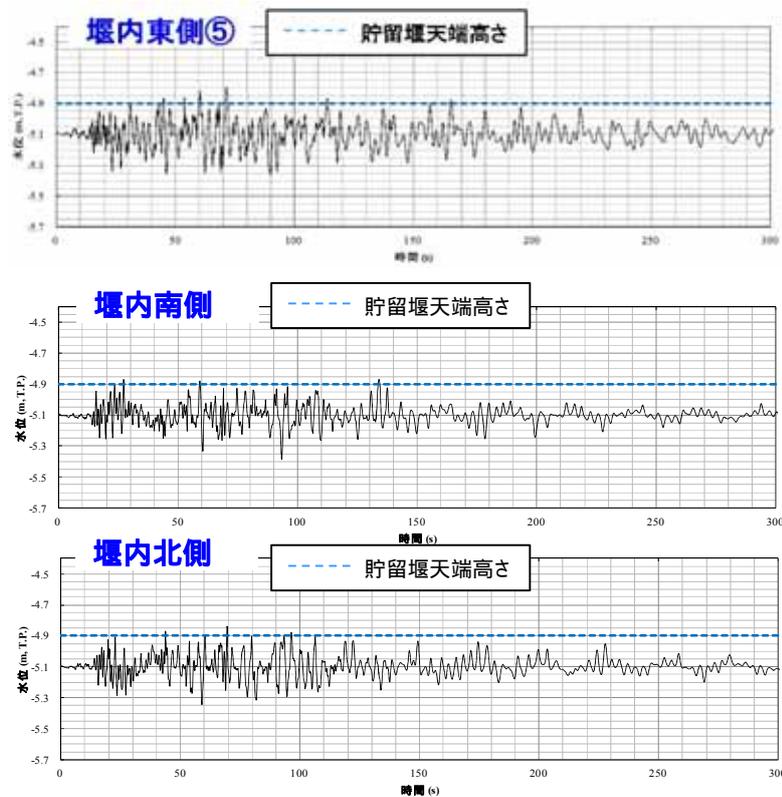
・ スロッシング溢水量：2 4 9 m³

・ 評価結果：

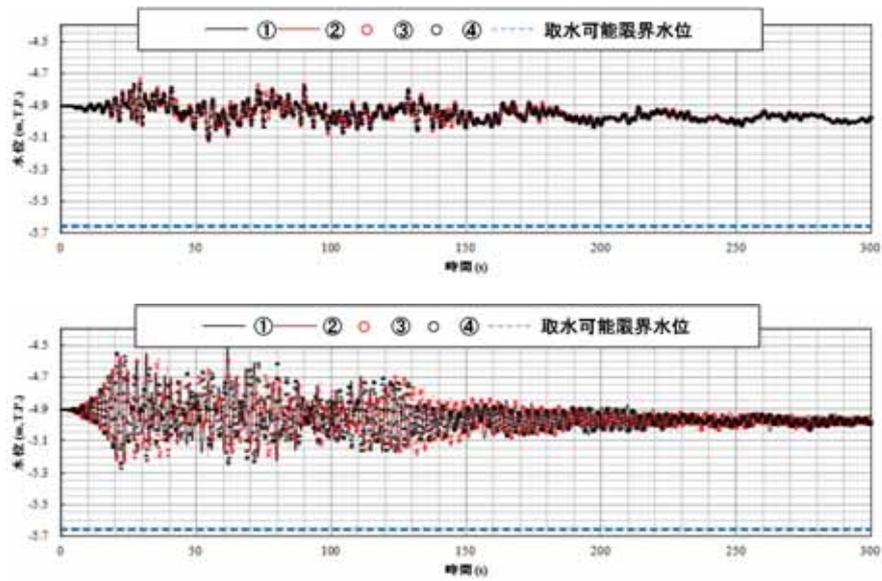
$$\begin{aligned} & \text{有効貯留量 } 2\,3\,7\,8\text{ m}^3 - \text{スロッシング溢水量 } 2\,4\,9\text{ m}^3 \\ & = 2\,1\,2\,9\text{ m}^3 \end{aligned}$$

第5図にスロッシング波形，第6図に水位時刻歴波形及び第7図に水位イメージ図を示す。

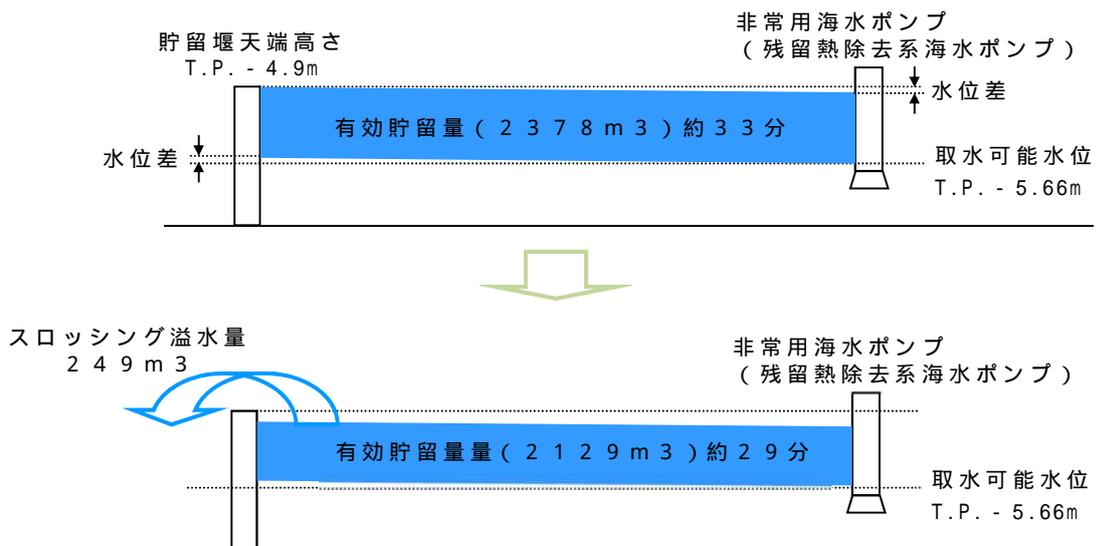
スロッシング後の取水可能時間は約29分であり非常用海水ポンプの取水性能に影響を与えることはない。



第5図 スロッシング波形



第 6 図 非常用海水ポンプ位置での水位時刻歴波形



第 7 図 水位イメージ図

添付資料（ 2 5 ）

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針及び
液状化の検討について

目次

- 1．敷地の地質及び追加地質調査計画について
- 2．鋼管杭に係る設計方針
- 3．上部工（鉄筋コンクリート）に係る設計方針
- 4．地盤改良に係る設計方針
- 5．止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保
- 6．諸配管との交差部における耐震構造
- 7．ボイリング対策等に係る設計方針

1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について

1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について

敷地の地質

第486回審査会合
資料1-1-3再掲

- 敷地の地質は、下位から先白亜系の日立古生層（日立変成岩類）、白亜系の那珂湊層群、新第三系の離山層、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物、第四系更新統の沖積層及び砂丘砂層からなる。

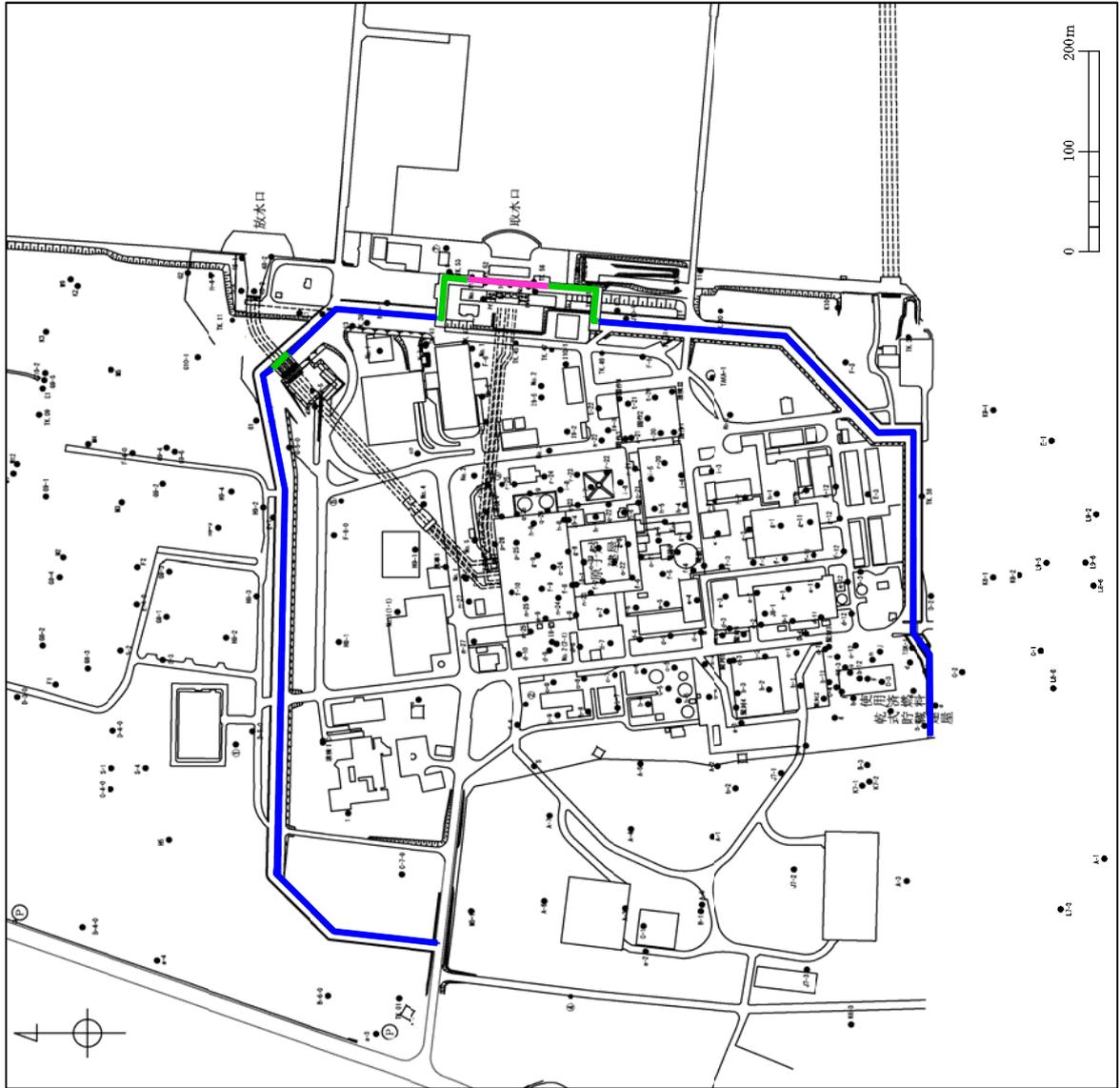
地質層序表

年代層序区分	地層区分	地質記号	主な層相		備考		
第四系	完新統	砂丘砂層	du	砂	灰褐色～黄灰色の砂・中粒砂	敷地全体に広く分布する。	
			沖積層	al	Ag2	砂礫	暗青灰色～灰褐色の粘土・砂 灰褐色～黄褐色の礫混じり砂
	Ac	粘土					
	As	砂					
	Ag1	砂礫					
	D2c-3	シルト					
	更新統	段丘堆積物	D2	D2s-3	砂	黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト	敷地南部に分布する。 敷地周辺のL1段丘堆積物に対比される。 シルト層中の炭物質の年代： 40,830±2,670年BP～48,330±年BPオーパー (14C年代測定法)
				D2g-3	砂礫		
				D2c-2	シルト		
				D2g-2	砂礫		
lm				ローム			
鮮新統	久米層	D1	D1c-1	シルト	敷地南西部に分布する。 敷地周辺のM2段丘堆積物に対比される。 本層上部に分布する風化火山灰層に含まれる テフラの年代： ・赤城鹿沼テフラ >45,000年BP ・赤城水沼テフラ 55,000年BP～60,000BP		
			D1g-1	砂礫			
			Hi	暗灰色～褐色の砂及びシルト 灰褐色～青灰色の砂礫		敷地西部のごく一部に分布する。	
新第三系	離山層	那珂湊層群	Km	暗オリーブ灰色の砂質泥岩	敷地全体に広く分布する。 原子炉建屋等の基礎岩盤である。		
			Hn	泥岩・凝灰岩	敷地では北部を中心に久米層の下位に認められる。		
先白亜系	日立古生層 (日立変成岩類)	日立古生層	Nk	泥岩・砂岩	敷地全体で久米層、離山層の下位に認められる。		
			Hp	泥岩・砂岩・礫岩	1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。 不整合		

1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について ボーリング調査位置図(既往調査)

第486回審査会合
資料1-1-3修正

• 敷地の地質・地質構造評価に係る地質調査のうち、ボーリングの位置を右図に示す。
• なお、右図については、第四系の詳細な堆積構造を把握するためのボーリングも含め全てのボーリングを示している。



- 凡例
- ボーリング位置
 - 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
 - 鉄筋コンクリート防潮壁
 - 鋼製防護壁

1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について 地質平面図

第486回審査会合
資料1-1-3再掲

敷地に分布する地層のうち、最下位の日立古生層(日立変成岩類)は硬質な泥岩、砂岩及び礫岩からなる。礫山層は泥岩、凝灰岩からなる。久米層は砂質泥岩を主としている。東茨城層群と段丘堆積物は砂礫、砂及びシルトからなり、沖積層は粘土を主として砂及び礫混じり砂を挟む。各層は不整合関係で接している。砂丘砂層は均質な細～中粒砂からなり、敷地全体に広く分布する。那珂湊層群は硬質な泥岩、砂岩及び礫岩からなる。那珂湊層群は硬質な泥岩、砂岩及び礫岩からなる。東茨城層群と段丘堆積物は砂礫、砂及びシルトからなり、沖積層は粘土を主として砂及び礫混じり砂を挟む。各層は不整合関係で接している。砂丘砂層は均質な細～中粒砂からなり、敷地全体に広く分布する。

地質層序表

年代層序区分	地層区分	地層記号	主な層相	備考	
第四系	砂丘砂層	du	灰褐色～黄灰色の砂・中粒砂	敷地全体に広く分布する。	
			沖積層	al	暗青灰色～灰褐色の粘土・砂 灰褐色～黄褐色の礫混じり砂
	段丘堆積物	D2	Ag2	砂礫	敷地西部に分布する。 敷地周辺の1段丘堆積物に対比される。 シルト層中の放射性年代：年BPオーパー 40830±2670年BP～46330±年BPオーパー (14C年代測定法)
			Ac	粘土	
			As	砂	
			Ag1	砂礫	
			D2c-3	シルト	
			D2s-3	砂	
			D2g-3	砂礫	
			D2c-2	シルト	
東茨城層群	D1	D2g-2	黄褐色～青灰色の砂礫、砂・シルト	敷地南西部に分布する。 敷地周辺のM2段丘堆積物に対比される。 本層上部に分布する風化火山灰層に含まれる テフラの年代： ・赤城水沼テフラ > 45,000年BP ・赤城水沼テフラ 55,000年BP～60,000BP	
		lm	ローム		
		D1c-1	シルト		
久米層	Hi	D1g-1	砂礫	敷地西部のごく一部に分布する。	
		Hi	暗灰色～褐色の砂及びシルト 灰褐色～青灰色の砂礫		敷地全体に広く分布する。 原子炉建屋等の基礎層である。
礫山層	Hn	Km	暗オリーブ灰色の砂質泥岩	敷地では北部を中心に久米層の下位に認められる。	
		Hn	泥岩・凝灰岩		敷地全体で久米層・礫山層の下位に認められる。
那珂湊層群	NK	Hp	泥岩・砂岩	1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。 ~~~~~;不整合	
			泥岩・砂岩・礫岩		
先白亜系	日立古生層 (日立変成岩類)				



1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について
敷地の地質層序

第486回審査会合
資料1-1-3再掲

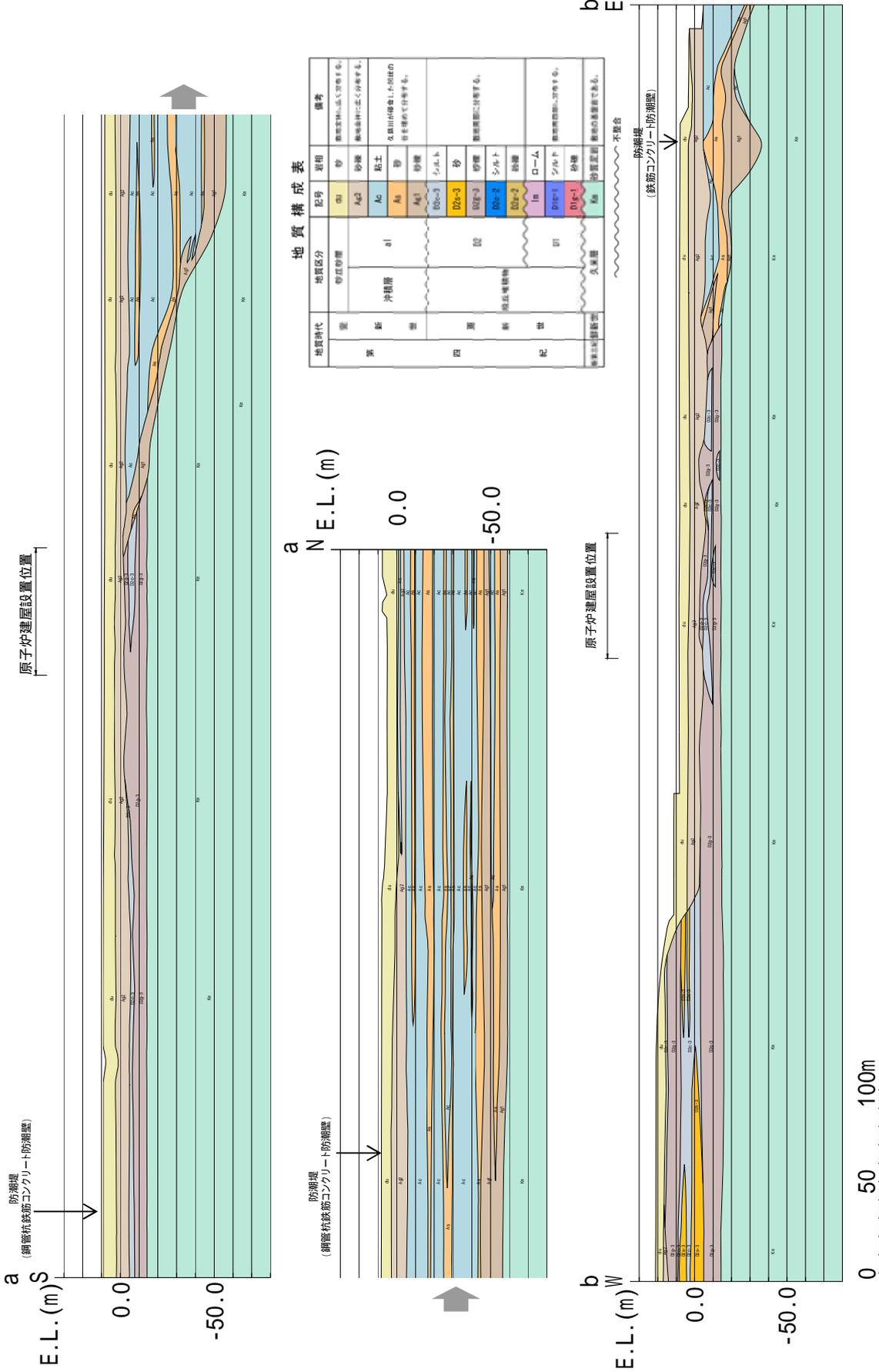
年代層序区分		地層区分	地質記号	主な層相	代表的なコア写真						
第四系	更新統	段丘堆積物	D2	黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト							
						D2c-3	シルト				
第四系	更新統	段丘堆積物	D1	黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト							
						D2g-3	砂礫				
						D2s-3	砂				
						D2c-2	シルト				
						D2g-2	砂礫				
						lm	ローム				
						D1c-1	シルト				
						D1g-1	砂礫				
						第四系	完新統	沖積層	al	暗青灰色～灰褐色の粘土・砂 灰褐色～黄褐色の礫混じり砂	
Ac	粘土										
As	砂										
第四系	完新統	砂丘砂層	du	灰褐色～黄灰色の砂～中粒砂							
						Ag1	砂礫				
新生界											

~~~~~ : 不整合

# 1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について 地質断面図(第四系)

第486回審査会合  
資料1-1-3再掲

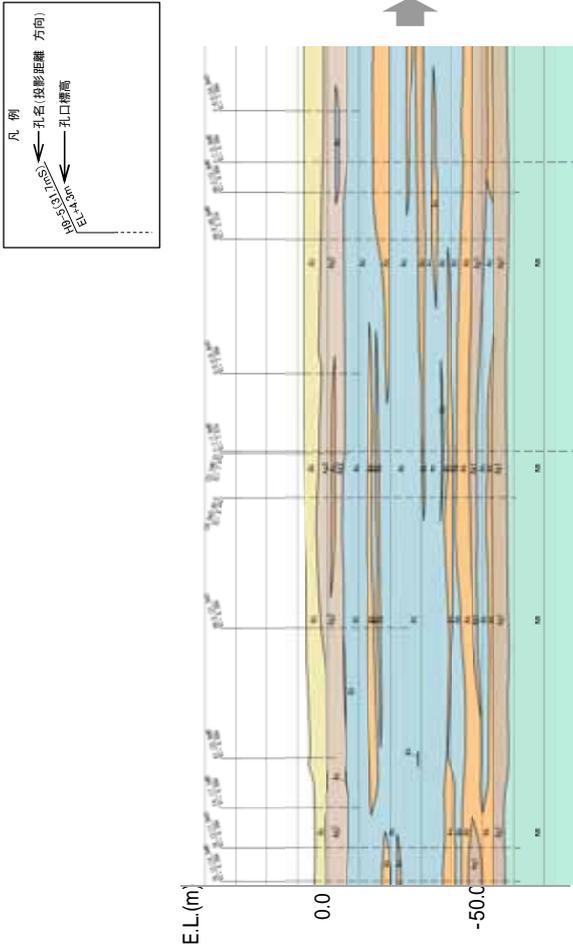
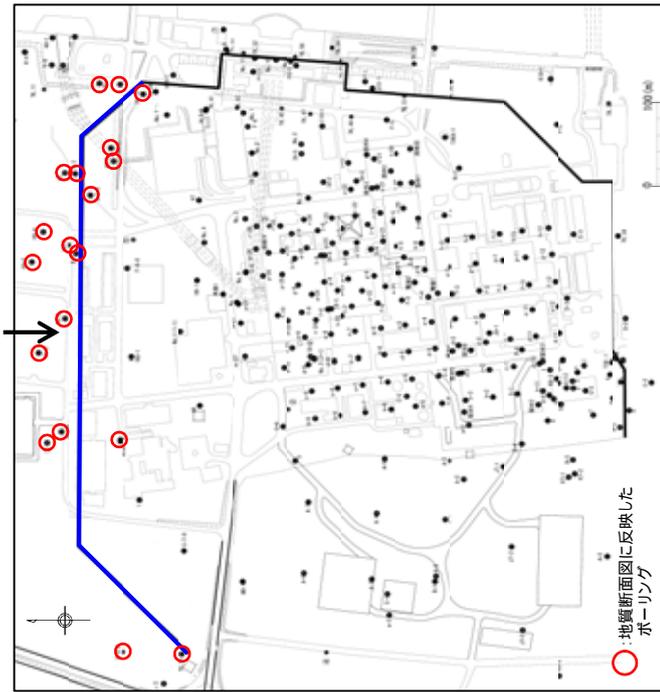
敷地には、敷地全域にわたって新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層が分布し、その上位に第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物、第四系更新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。



# 1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について 防潮堤地質縦断面図(1/3)

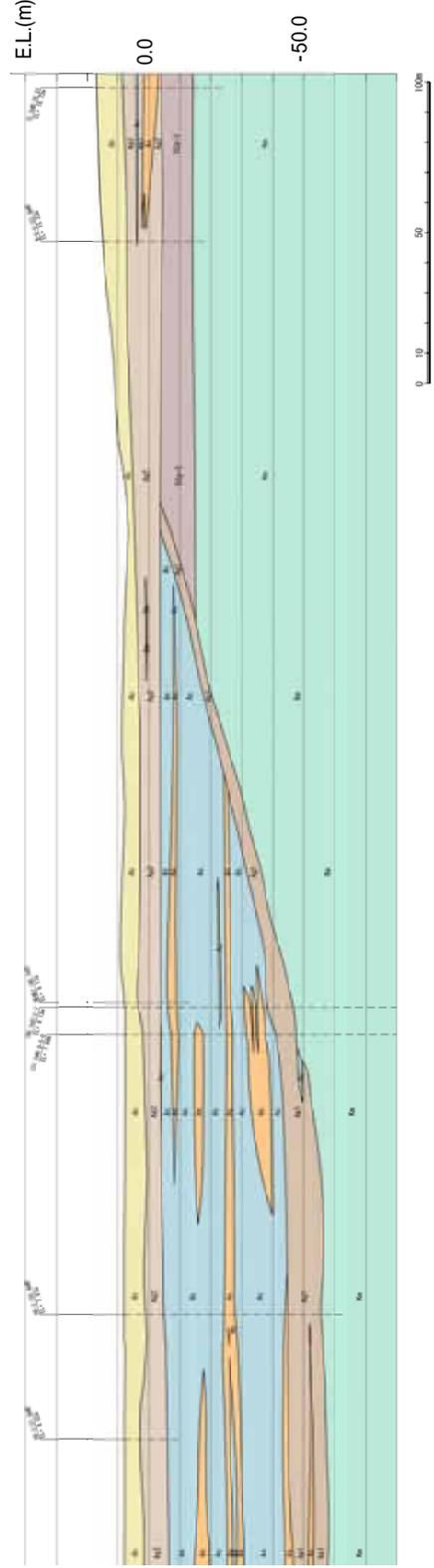
第486回審査会合  
資料1-1-3再掲

- ボーリング調査結果に基づき、防潮堤位置の地質断面図を作成した。
- 地質断面図の作成にあたっては、当該断面からの最も近いボーリング調査の結果を重視するとともに、周辺のボーリングで確認された地層の走向・傾斜や分布の連続性等を加味して作成した。



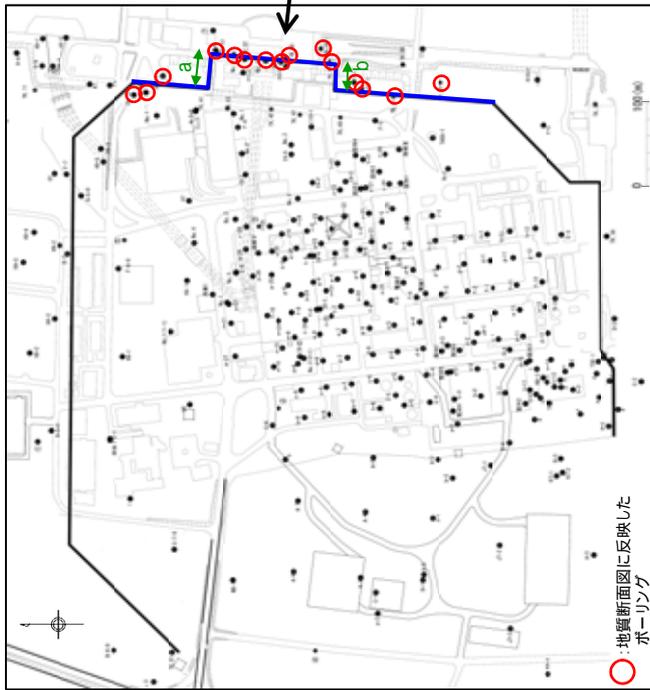
地質構成表

| 地質時代    | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|---------|------|----|----|
| 第 3 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 4 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 5 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 6 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 7 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 8 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 9 系   | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 10 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 11 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 12 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 13 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 14 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 15 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 16 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 17 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 18 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 19 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 20 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 21 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 22 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 23 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 24 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 25 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 26 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 27 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 28 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 29 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 30 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 31 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 32 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 33 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 34 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 35 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 36 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 37 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 38 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 39 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 40 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 41 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 42 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 43 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 44 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 45 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 46 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 47 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 48 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 49 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 50 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 51 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 52 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 53 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 54 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 55 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 56 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 57 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 58 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 59 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 60 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 61 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 62 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 63 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 64 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 65 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 66 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 67 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 68 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 69 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 70 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 71 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 72 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 73 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 74 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 75 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 76 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 77 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 78 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 79 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 80 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 81 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 82 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 83 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 84 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 85 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 86 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 87 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 88 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 89 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 90 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 91 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 92 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 93 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 94 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 95 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 96 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 97 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 98 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 99 系  | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |
| 第 100 系 | 沖積層  | 山  | 砂  |
|         |      | 山  | 砂  |



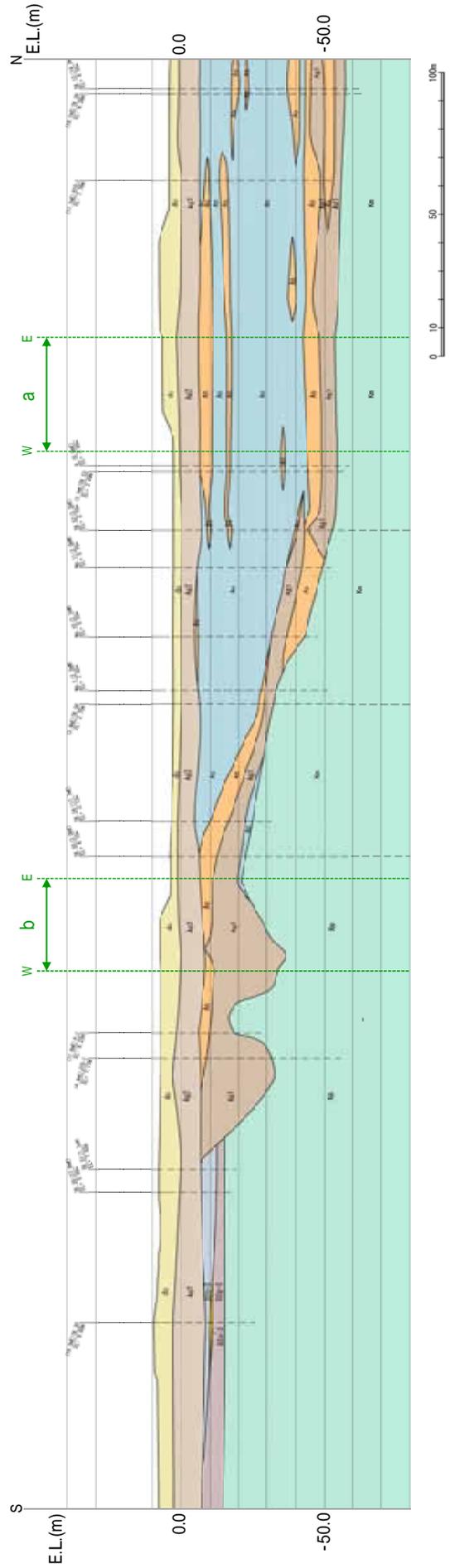
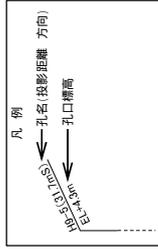
1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について  
防潮堤地質縦断面図(2/3)

第486回審査会合  
資料1-1-3再掲



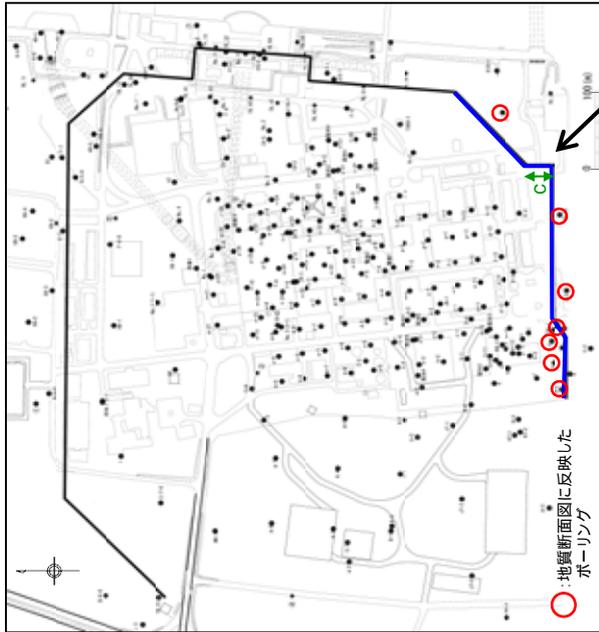
地質構成表

| 地質時代 | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|------|-------|-------|------|
| 完新世  | 砂丘砂層  | di    | 砂    |
|      |       | Ag2   | 砂礫   |
| 新世   | 沖積層   | Ac    | 粘土   |
|      |       | As    | 砂    |
| 旧世   | シルト   | Ag1   | 砂礫   |
|      |       | D2c-3 | シルト  |
| 第四紀  | D2c-3 | D2c-3 | 砂    |
|      |       | D2c-3 | 砂礫   |
| 新世   | 段丘堆積物 | D2c-2 | シルト  |
|      |       | D2c-2 | 砂礫   |
| 旧世   | D1    | ln    | ローム  |
|      |       | D1c-1 | シルト  |
| 不整合  | 久米層   | D1c-1 | 砂礫   |
|      |       | Ms    | 砂質泥層 |



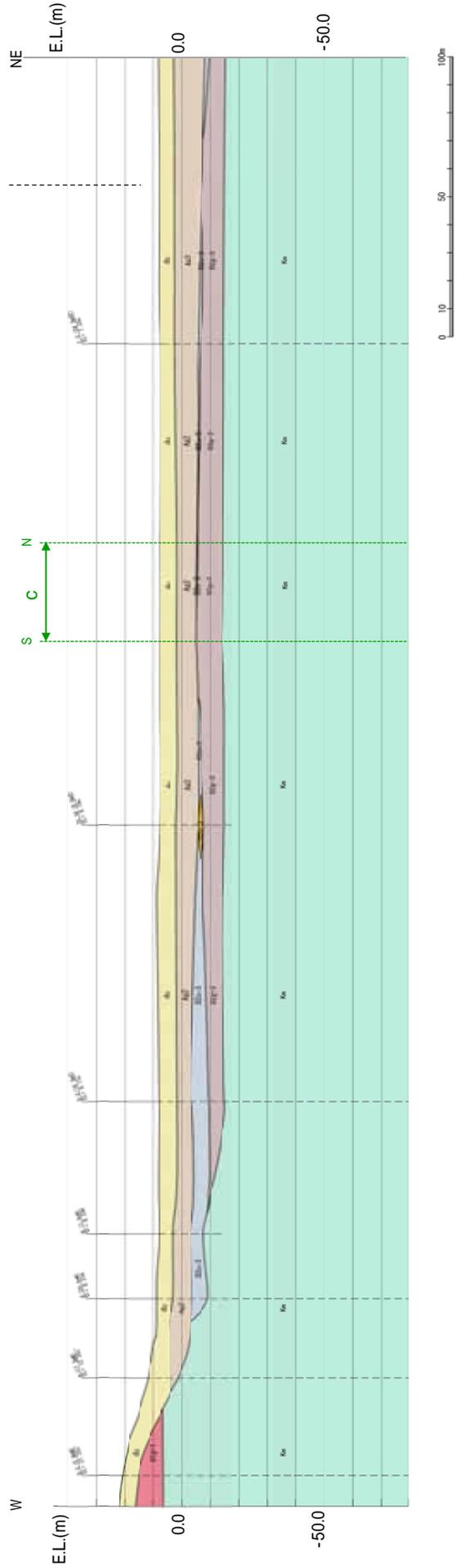
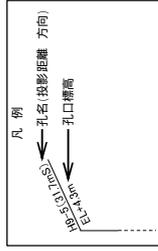
1.敷地の地質及び追加地質調査計画について  
防潮堤地質縦断面図(3/3)

第486回審査会合  
資料1-1-3修正



地質構成表

| 地質時代   | 地質区分  | 記号    | 岩相   |     |
|--------|-------|-------|------|-----|
| 新<br>世 | 砂丘砂層  | du    | 砂    |     |
|        |       | Ag2   | 砂礫   |     |
| 沖積層    | al    | Ac    | 粘土   |     |
|        |       | Ac    | 砂    |     |
|        |       | Ag1   | 砂礫   |     |
| 四<br>重 | D2c-3 | シルト   |      |     |
|        |       | 砂     |      |     |
|        |       | 砂礫    |      |     |
| 新<br>世 | 段丘堆積物 | D2c-2 | シルト  |     |
|        |       | D2c-2 | 砂礫   |     |
|        |       | Im    | ローム  |     |
| 紀      | D1    | D1c-1 | シルト  |     |
|        |       | D1c-1 | 粘礫   |     |
| 準第三紀   | 久米層   | 砂     | 砂質泥岩 |     |
|        |       |       |      | 不整合 |

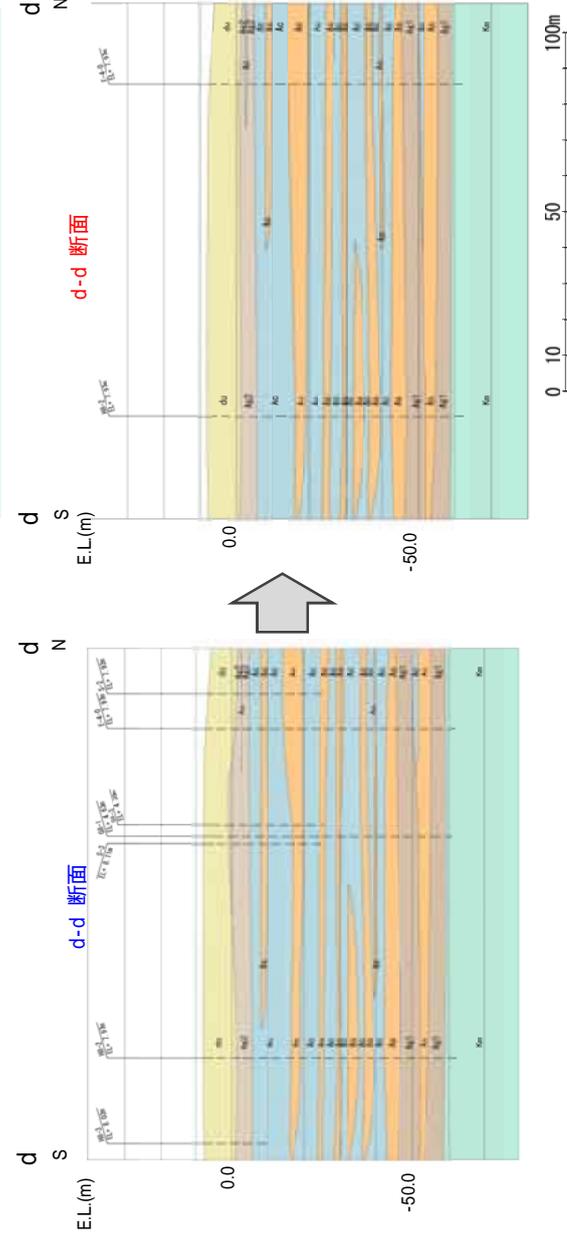
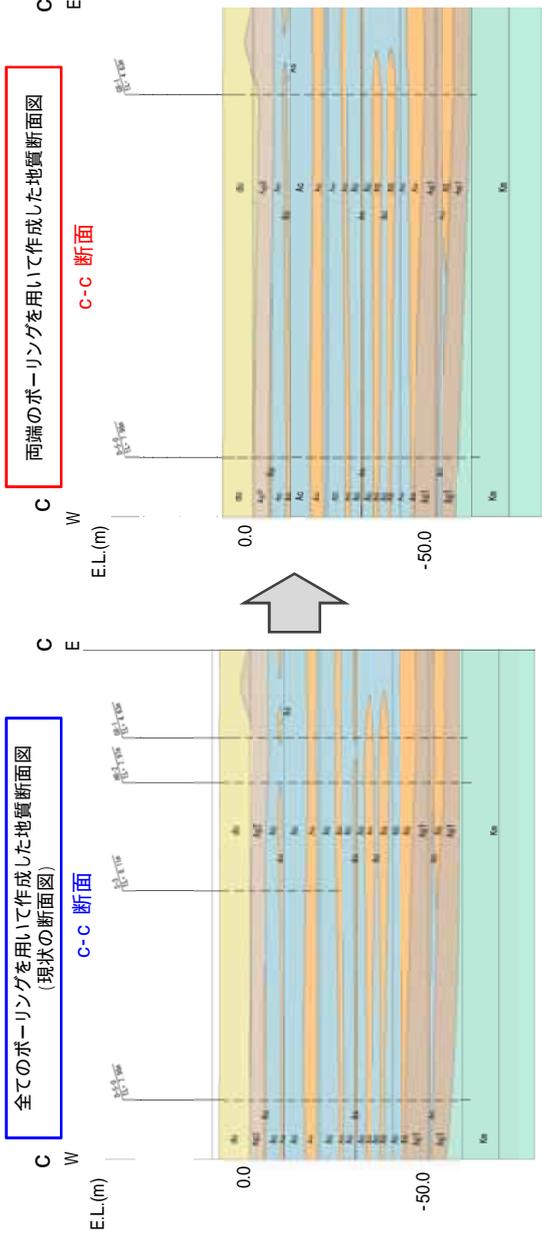
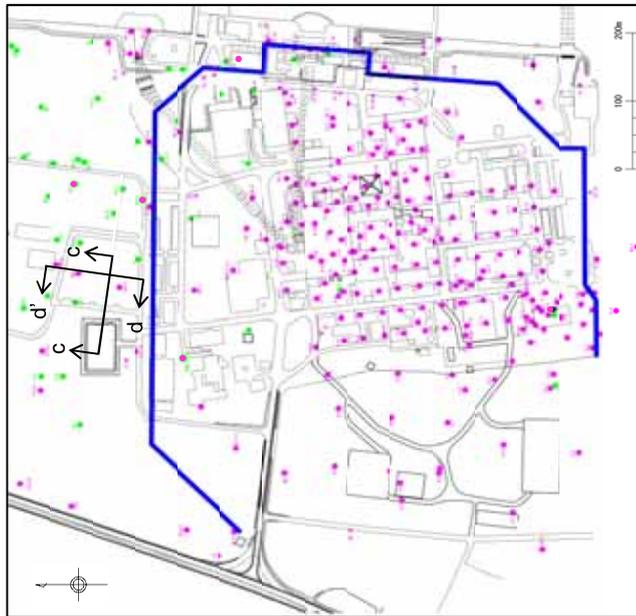


1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について

防潮堤地質縦断面図の精度について(1/2)

第486回審査会合  
資料1-1-3再掲

- ・ 防潮堤地質縦断面図の精度について、敷地の北部及び南部においてボーリング間隔が比較的密な位置で、地層の水平方向への連続性を検討した。
- ・ その結果、第四系の地層構成は100m程度の範囲でほぼ同様であり、両端のボーリングのみを用いて作成した場合でもほぼ同様の断面図が作成される。
- ・ このことから、防潮堤地質縦断面図の作成にあたっては、断面位置から100m程度の範囲内のボーリング調査結果が反映されていることから、防潮堤の構造成立性の検討に用いることに特段問題は無いと考えられる。



凡例

- : 岩着ボーリング位置
- : 非岩着ボーリング位置
- : 防潮堤

地質構成表

| 地質時代  | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|-------|-------|-------|------|
| 新 第三紀 | 沖積層   | du    | 砂    |
|       |       | Au2   | 砂礫   |
|       |       | Au    | 配土   |
| 新 第四紀 | 沖積層   | Al    | 砂    |
|       |       | Al1   | 砂礫   |
|       |       | Al2-3 | シルト  |
| 新 第四紀 | 段丘堆積物 | D2e-3 | 砂    |
|       |       | D2e-2 | 砂礫   |
|       |       | D2e-1 | シルト  |
| 紀     | ローム   | lr    | シルト  |
|       |       | D1e-1 | シルト  |
|       |       | D1e-2 | 砂礫   |
| 久米層   | 砂質泥層  | sb    | 砂質泥層 |
|       |       | sb    | 砂質泥層 |

不整合



1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について

防潮堤地質縦断面図の精度について(2/2)

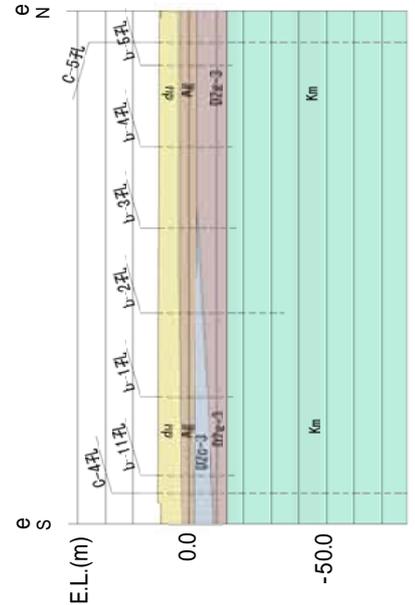
第486回審査会合  
資料1-1-3修正



- 凡例
- : 岩着ボーリング位置
  - : 非岩着ボーリング位置
  - : 防潮堤

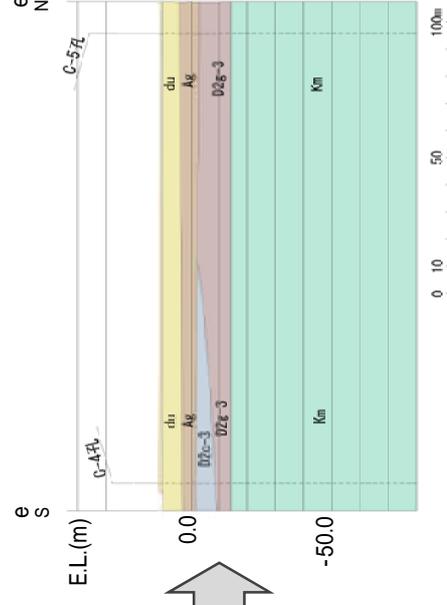
全てのボーリングを用いて作成した地質断面図  
(現状の断面図)

e-e 断面

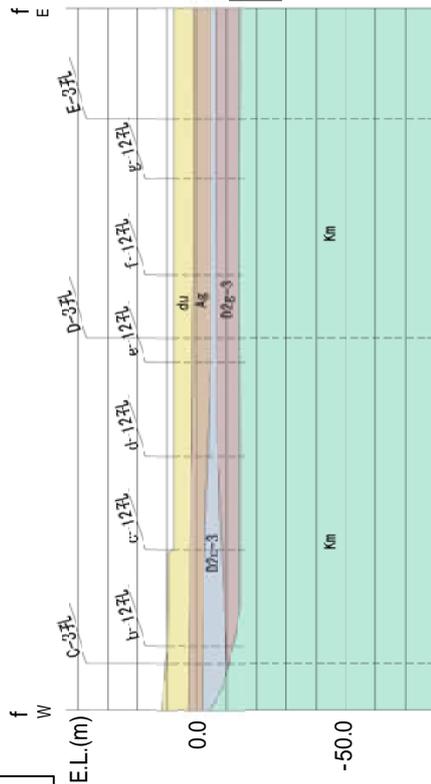


両端のボーリングを用いて作成した地質断面図

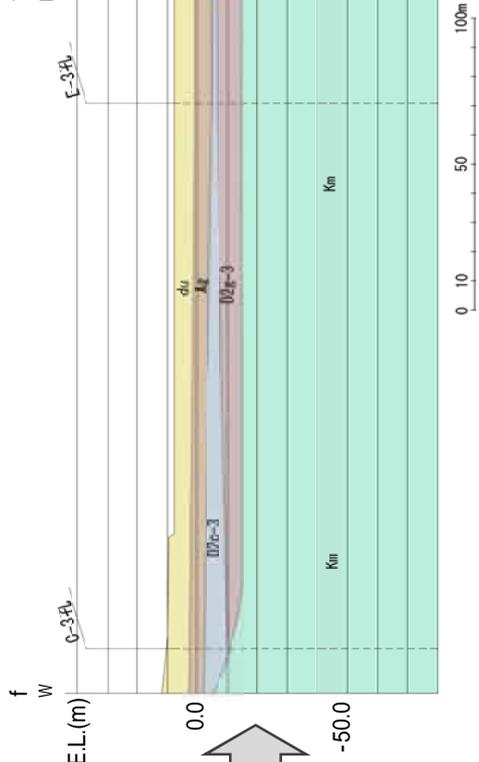
e-e 断面



f-f 断面



f-f 断面

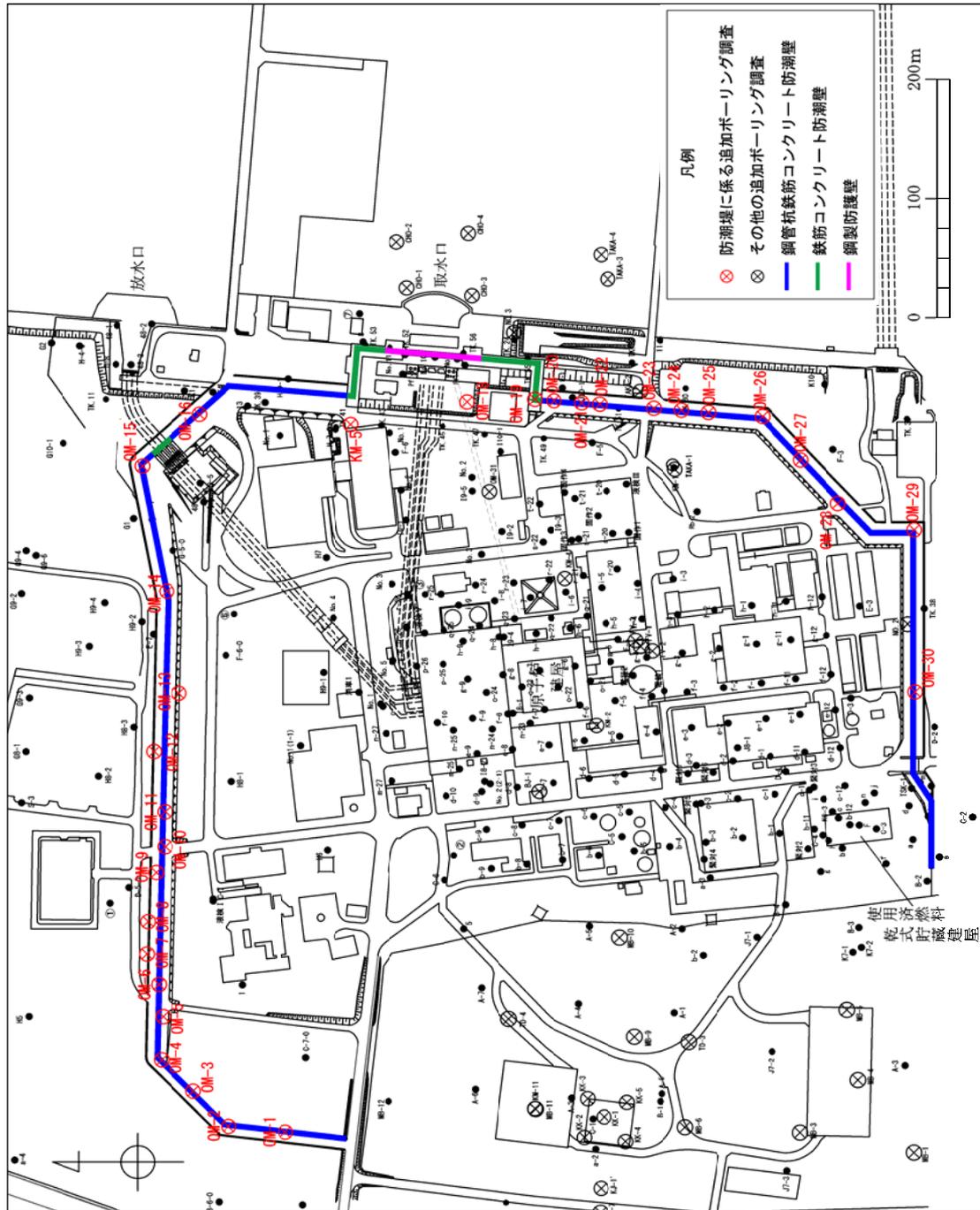


| 地質構成表   |           |
|---------|-----------|
| 地質時代    | 地質区分      |
| 第 1 期   | 砂丘砂層 du   |
| 第 2 期   | 沖積層 al    |
| 第 3 期   | 砂層 Ag     |
|         | 砂層 Ak     |
| 第 4 期   | シルト DZr-3 |
|         | 砂層 DZr-3  |
|         | 砂層 DZr-3  |
| 第 5 期   | シルト DZr-2 |
|         | 沖積層 DZr-2 |
| 第 6 期   | シルト DZr-1 |
|         | シルト DZr-1 |
| 第 7 期   | シルト DZr-1 |
| 第 8 期   | シルト DZr-1 |
| 第 9 期   | シルト DZr-1 |
| 第 10 期  | シルト DZr-1 |
| 第 11 期  | シルト DZr-1 |
| 第 12 期  | シルト DZr-1 |
| 第 13 期  | シルト DZr-1 |
| 第 14 期  | シルト DZr-1 |
| 第 15 期  | シルト DZr-1 |
| 第 16 期  | シルト DZr-1 |
| 第 17 期  | シルト DZr-1 |
| 第 18 期  | シルト DZr-1 |
| 第 19 期  | シルト DZr-1 |
| 第 20 期  | シルト DZr-1 |
| 第 21 期  | シルト DZr-1 |
| 第 22 期  | シルト DZr-1 |
| 第 23 期  | シルト DZr-1 |
| 第 24 期  | シルト DZr-1 |
| 第 25 期  | シルト DZr-1 |
| 第 26 期  | シルト DZr-1 |
| 第 27 期  | シルト DZr-1 |
| 第 28 期  | シルト DZr-1 |
| 第 29 期  | シルト DZr-1 |
| 第 30 期  | シルト DZr-1 |
| 第 31 期  | シルト DZr-1 |
| 第 32 期  | シルト DZr-1 |
| 第 33 期  | シルト DZr-1 |
| 第 34 期  | シルト DZr-1 |
| 第 35 期  | シルト DZr-1 |
| 第 36 期  | シルト DZr-1 |
| 第 37 期  | シルト DZr-1 |
| 第 38 期  | シルト DZr-1 |
| 第 39 期  | シルト DZr-1 |
| 第 40 期  | シルト DZr-1 |
| 第 41 期  | シルト DZr-1 |
| 第 42 期  | シルト DZr-1 |
| 第 43 期  | シルト DZr-1 |
| 第 44 期  | シルト DZr-1 |
| 第 45 期  | シルト DZr-1 |
| 第 46 期  | シルト DZr-1 |
| 第 47 期  | シルト DZr-1 |
| 第 48 期  | シルト DZr-1 |
| 第 49 期  | シルト DZr-1 |
| 第 50 期  | シルト DZr-1 |
| 第 51 期  | シルト DZr-1 |
| 第 52 期  | シルト DZr-1 |
| 第 53 期  | シルト DZr-1 |
| 第 54 期  | シルト DZr-1 |
| 第 55 期  | シルト DZr-1 |
| 第 56 期  | シルト DZr-1 |
| 第 57 期  | シルト DZr-1 |
| 第 58 期  | シルト DZr-1 |
| 第 59 期  | シルト DZr-1 |
| 第 60 期  | シルト DZr-1 |
| 第 61 期  | シルト DZr-1 |
| 第 62 期  | シルト DZr-1 |
| 第 63 期  | シルト DZr-1 |
| 第 64 期  | シルト DZr-1 |
| 第 65 期  | シルト DZr-1 |
| 第 66 期  | シルト DZr-1 |
| 第 67 期  | シルト DZr-1 |
| 第 68 期  | シルト DZr-1 |
| 第 69 期  | シルト DZr-1 |
| 第 70 期  | シルト DZr-1 |
| 第 71 期  | シルト DZr-1 |
| 第 72 期  | シルト DZr-1 |
| 第 73 期  | シルト DZr-1 |
| 第 74 期  | シルト DZr-1 |
| 第 75 期  | シルト DZr-1 |
| 第 76 期  | シルト DZr-1 |
| 第 77 期  | シルト DZr-1 |
| 第 78 期  | シルト DZr-1 |
| 第 79 期  | シルト DZr-1 |
| 第 80 期  | シルト DZr-1 |
| 第 81 期  | シルト DZr-1 |
| 第 82 期  | シルト DZr-1 |
| 第 83 期  | シルト DZr-1 |
| 第 84 期  | シルト DZr-1 |
| 第 85 期  | シルト DZr-1 |
| 第 86 期  | シルト DZr-1 |
| 第 87 期  | シルト DZr-1 |
| 第 88 期  | シルト DZr-1 |
| 第 89 期  | シルト DZr-1 |
| 第 90 期  | シルト DZr-1 |
| 第 91 期  | シルト DZr-1 |
| 第 92 期  | シルト DZr-1 |
| 第 93 期  | シルト DZr-1 |
| 第 94 期  | シルト DZr-1 |
| 第 95 期  | シルト DZr-1 |
| 第 96 期  | シルト DZr-1 |
| 第 97 期  | シルト DZr-1 |
| 第 98 期  | シルト DZr-1 |
| 第 99 期  | シルト DZr-1 |
| 第 100 期 | シルト DZr-1 |



# 1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について 第四系の地質構造に関する追加調査について(1/4)

・今後、防潮堤地質縦断面図における第四系の地質構成や岩盤までの深度について、更に精度を高め設計・施工に反映させるため追加ボーリング調査(地質調査, PS検層, 標準貫入試験等)を実施する。

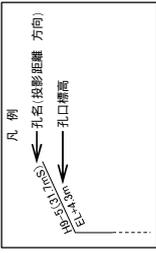
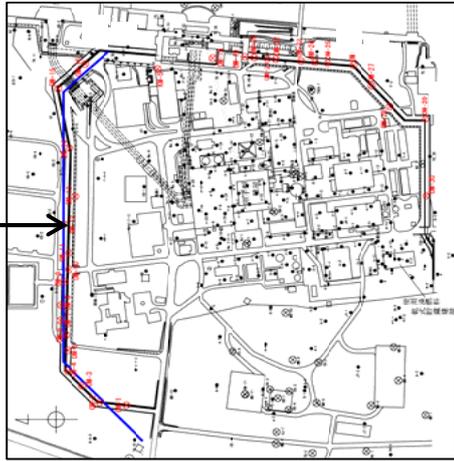


1. 敷地の地質及び追加地質調査計画について

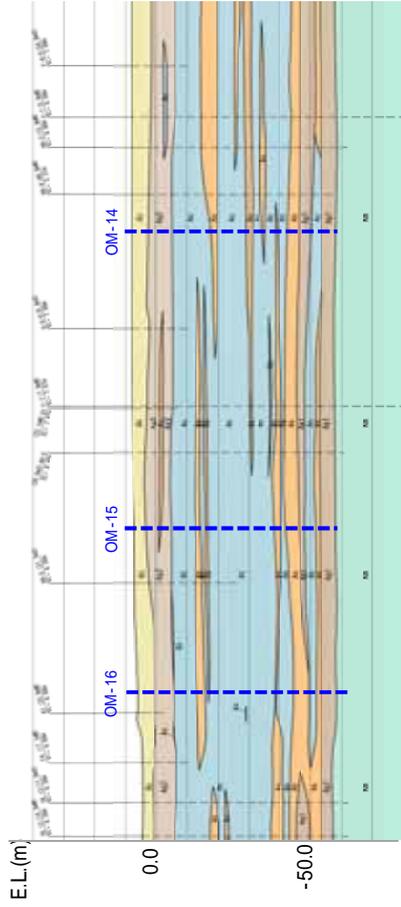
第四系の地質構造に関する追加調査について(2/4)

第486回審査会合  
資料1-1-3修正

今後、防潮堤地質縦断面図における第四系の地質構成や岩盤までの深度について、更に精度を高め設計・施工に反映させるため追加ボーリング調査(地質調査, PS検層, 標準貫入試験等)を実施する。

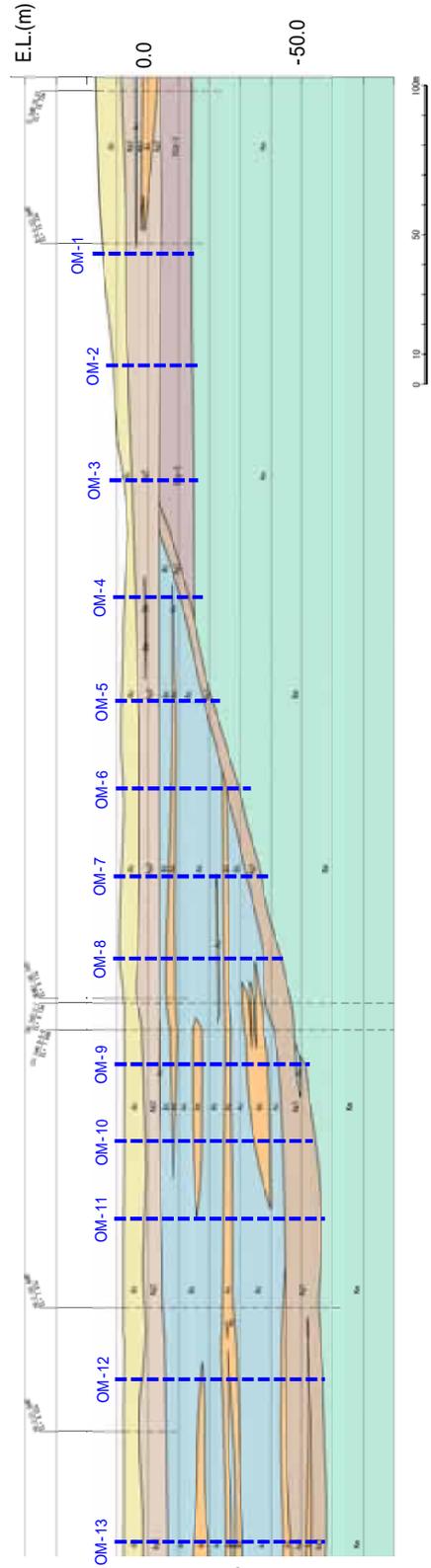


--- : 追加ボーリングの実施位置



地質構成表

| 地質時代  | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|-------|-------|-------|------|
| 第四系   | 砂丘砂層  | ds    | 砂    |
|       |       | ds2   | 砂礫   |
|       | 沖積層   | Aa    | 粘土   |
| Ab    |       | 砂     |      |
| Ac1   |       | 砂礫    |      |
| Ac2-3 |       | シルト   |      |
| 第四系   | 砂礫    | D2a-3 | 砂    |
|       |       | D2b-3 | 砂礫   |
|       | 段丘堆積物 | D2c-2 | シルト  |
|       |       | D2c-3 | 砂礫   |
| 紀     | D1    | li    | li-4 |
|       |       | D1c-1 | シルト  |
|       | li    | 砂礫    |      |
| 第三系   | 久米層   | li    | 砂礫層  |
|       |       |       | 岩盤   |

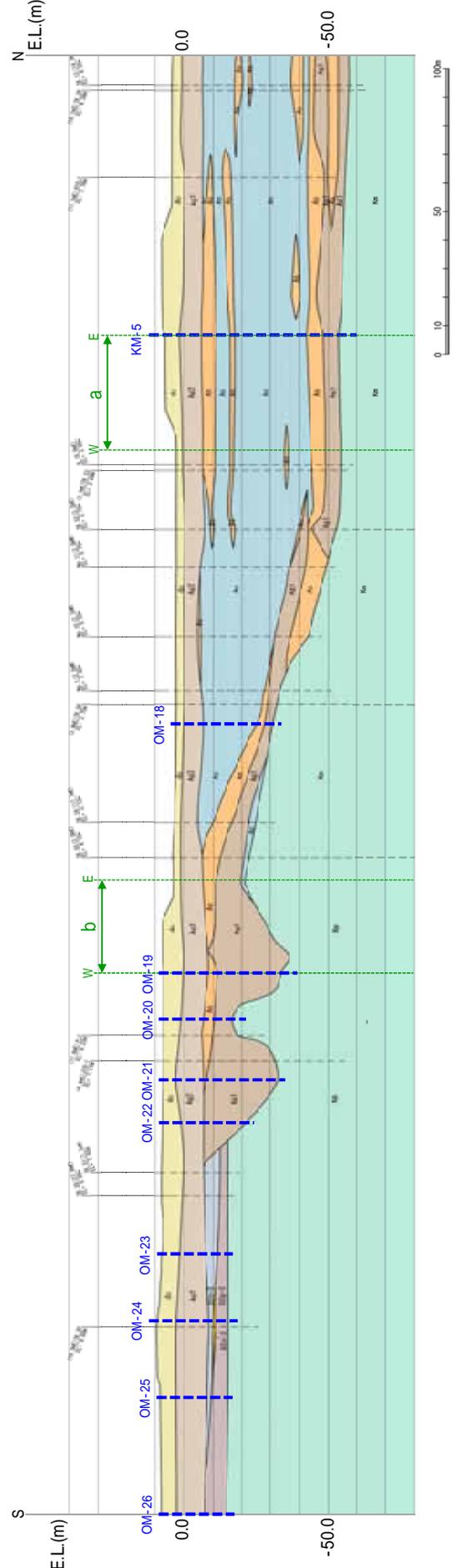
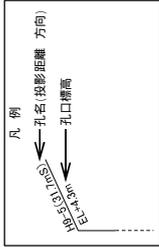


第四系の地質構造に関する追加調査について(3/4)



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分   | 記号    | 岩相   |
|------|--------|-------|------|
| 第三紀  | 砂丘砂層   | du    | 砂    |
|      |        | Ag2   | 砂礫   |
| 第四紀  | 沖積層 a1 | Ao    | 粘土   |
|      |        | As    | 砂    |
|      |        | Ag1   | 砂礫   |
| 第四紀  | D2     | D2c-3 | シルト  |
|      |        | D2s-3 | 砂    |
|      |        | D2e-3 | 砂礫   |
|      |        | D2f-2 | シルト  |
| 第四紀  | 扇丘堆積物  | D2e-2 | 砂礫   |
|      |        | Im    | ローム  |
|      |        | D1e-1 | シルト  |
| 第四紀  | 久米層    | D1e-1 | シルト  |
|      |        | D1e-1 | 粘礫   |
| 第四紀  | 不整合    | 不整合   | 砂質泥炭 |

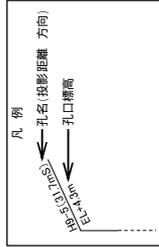


第四系の地質構造に関する追加調査について(4/4)

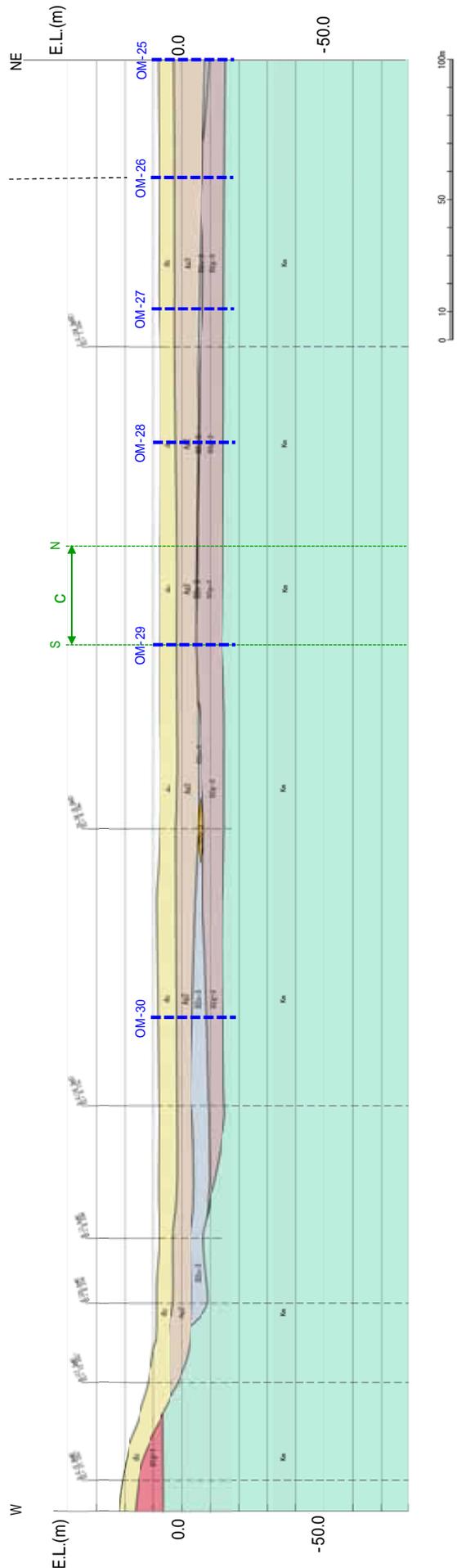


地質構成表

| 地質時代 | 地質区分  | 記号    | 岩相  |
|------|-------|-------|-----|
| 第三系  | 砂丘砂層  | du    | 砂   |
|      |       | Ag2   | 砂礫  |
| 第四系  | 沖積層   | Ao    | 粘土  |
|      |       | Al    | 砂   |
|      |       | Ag1   | 砂礫  |
| 第四系  | 段丘堆積物 | D2c-3 | シルト |
|      |       | D2c-3 | 砂   |
|      |       | D2c-3 | 砂礫  |
|      |       | D2c-2 | シルト |
|      |       | D2c-2 | 砂礫  |
| 第四系  | 久米層   | Im    | ローム |
|      |       | D1c-1 | シルト |
|      |       | D1c-1 | 粘礫  |
| 第四系  | 砂質泥岩  | 砂     | 不整合 |



--- :追加ボーリングの実施位置



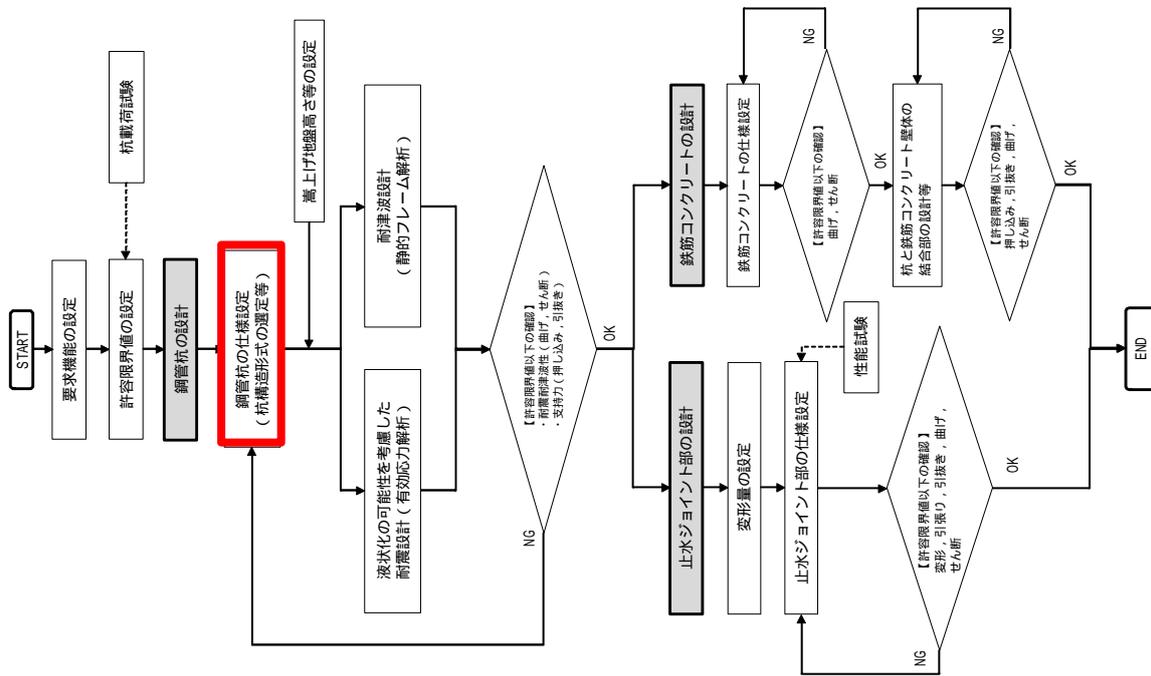
## 第四系の地質構造に関する追加調査について(概略工程)

- ・ 防潮堤に係る追加ボーリング調査計画(概略工程)を以下に示す。
- ・ 調査結果は、逐次データ整理を行い、構造物の構造成立性検討における解析の保守性が妥当であることを確認すると共に、必要に応じて詳細設計に随時反映する。

| H29       |    |    |         |                       |     |     |
|-----------|----|----|---------|-----------------------|-----|-----|
|           | 7月 | 8月 | 9月      | 10月                   | 11月 | 12月 |
| 追加ボーリング調査 |    | 準備 | ボーリング調査 | データ整理(調査結果を随時詳細計画へ反映) |     |     |

## 2. 鋼管杭に係る設計方針

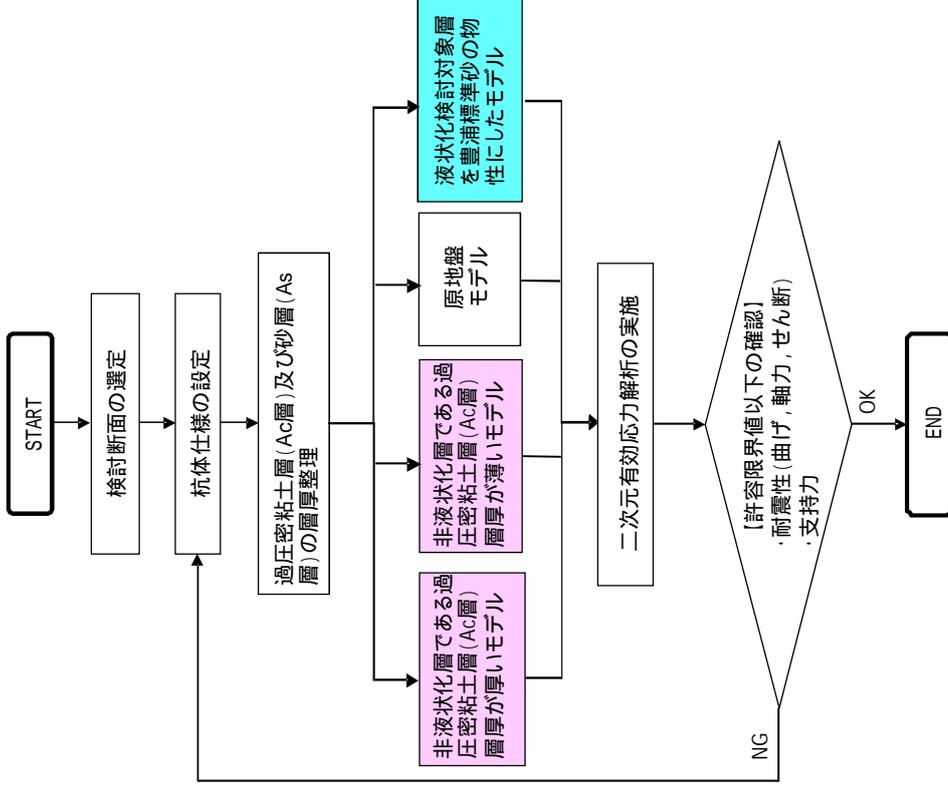
## 鋼管杭の設計手順





## 鋼管杭の設計手順(構造成立性に係る解析条件の保守的設定)

- 敷地の北側は、過圧密粘土層(Ac層)と砂層(As層)が互層となった概ね水平整層の地盤であるが、過圧密粘土層の振動特性に着目し、過圧密粘土層の層厚が最も厚い地盤と、最も薄い地盤とした解析モデルでその影響を確認する。
- 過圧密粘土層の解析層厚については、地質縦断面を整理し設定する。
- 設定した解析モデルで、二次元有効応力解析を実施し、杭体応力度と支持力等の照査を行い許容限界以下であることを確認する。
- 更に保守的な検討として、液化化検討対象層である全ての砂層・礫層に対し、豊浦標準砂の液化化強度特性を仮定することで強制的に液化化する条件を与えた解析モデルで実施し、杭体応力度と支持力の照査を行い許容限界以下であることを確認する。



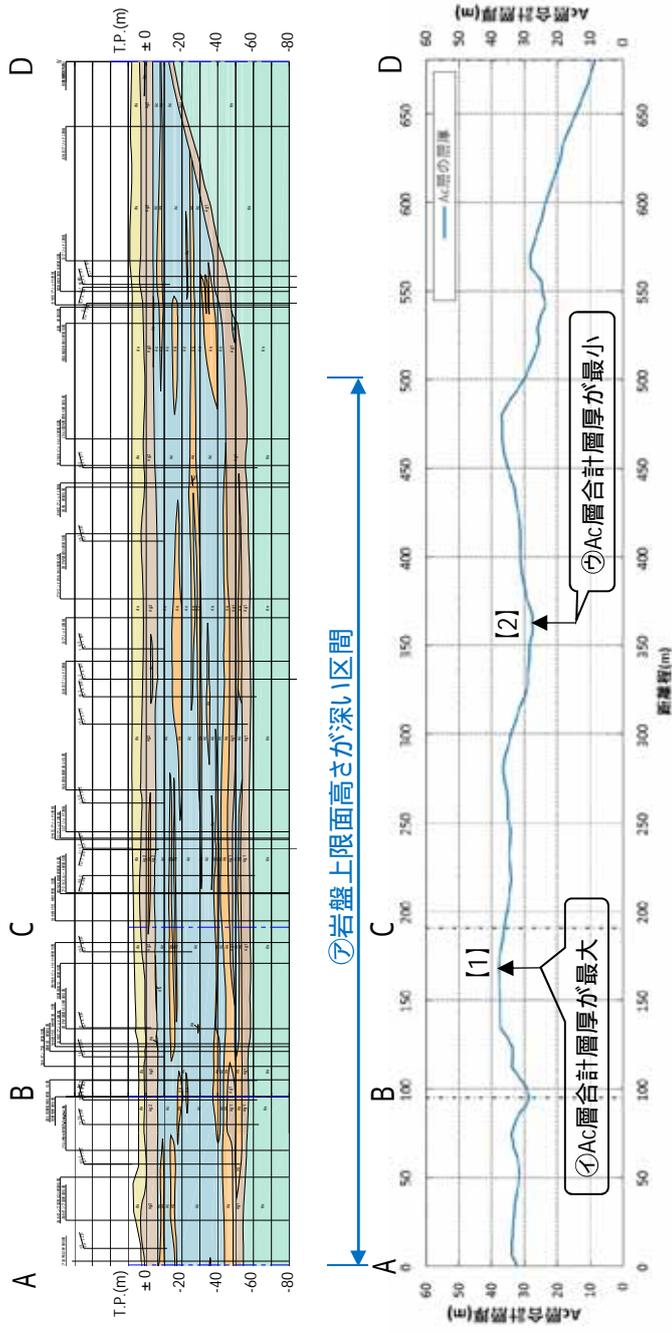
検討フロー

## 鋼管杭の設計手順(構造成立性に係る解析条件の保守的設定)



過圧密粘土層 (Ac層) の厚さについて  
 過圧密粘土層 (Ac層) が厚く分布している区間 (第四紀層の層厚が厚い北側エリア) を対象として検討した。

- ⑦ 非液化化層である過圧密粘土層 (Ac層) が厚く分布し、岩盤上限面高さが深い (T.P.約 - 57m ~ T.P.約 - 58m) の区間において検討する。
- ④ ⑦の区間において、非液化化層であるAc層の合計層厚が最大となる断面を選定。
- ⑤ ⑦の区間において、非液化化層であるAc層の合計層厚が最小、すなわち液化化検討対象層厚がほぼ最大となる断面を選定。



地質構成表

| 地質時代   | 地質区分  | 記号    | 岩相   | 備考                         |
|--------|-------|-------|------|----------------------------|
| 第 三 紀  | 砂質砂層  | Ma    | 砂    | 数箇所に広く分布する。<br>数箇所に広く分布する。 |
|        |       | Ma2   | 砂礫   |                            |
|        | 沖積層   | Ac    | 粘土   | 互層状に堆積した泥礫の<br>存在を極めて特徴する。 |
|        |       | As    | 砂    |                            |
| 四 紀    | D2e-3 | D2e-3 | シルト  | 数箇所に分布する。                  |
|        |       | D2e-3 | 砂    |                            |
|        | D2    | D2e-2 | 砂礫   | 数箇所に分布する。                  |
|        |       | D2e-2 | シルト  |                            |
| 紀      | D1    | In    | ローム  | 数箇所に分布する。                  |
|        |       | D1e-1 | シルト  |                            |
|        |       | D1e-1 | 砂礫   |                            |
| 第四紀更新世 | 久米層   | Ma    | 砂質泥岩 | 数箇所に分布する。<br>不整合           |

□ : 液化化検討対象層

2. 鋼管杭に係る設計方針

鋼管杭の設計手順(構造成立性に係る解析条件の保守的設定)

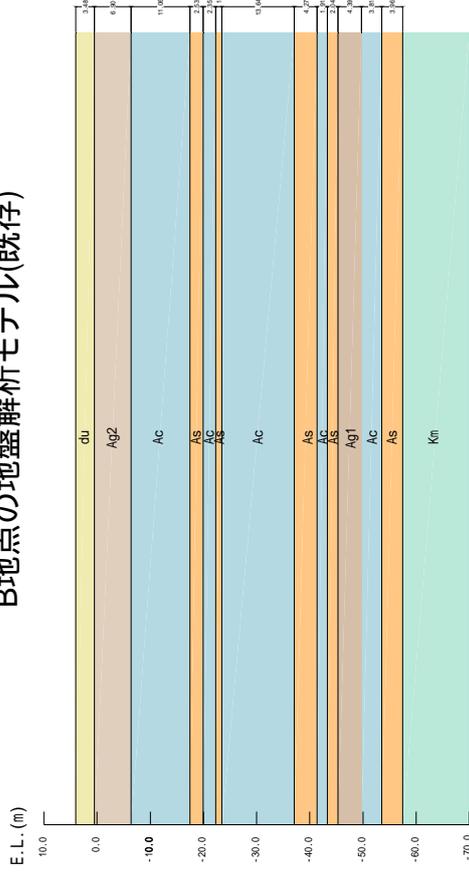
地盤解析モデル

- 液状化による影響が最も大きいと考えられる B地点の地盤解析モデルを用いて, Ac層合計層厚を最大値・最小値に修正した地盤解析モデルを作成する。

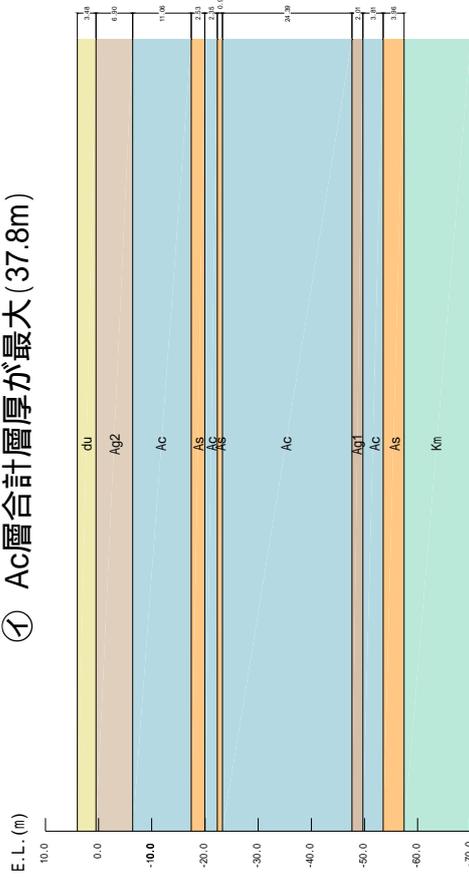
液状化による影響が大きいと考えられる条件

- ・岩盤の上限面の高さが深い区間
- ・液状化検討対象層の分布層厚が最も厚い位置
- ・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の単位長さ当りの重量が重い区間

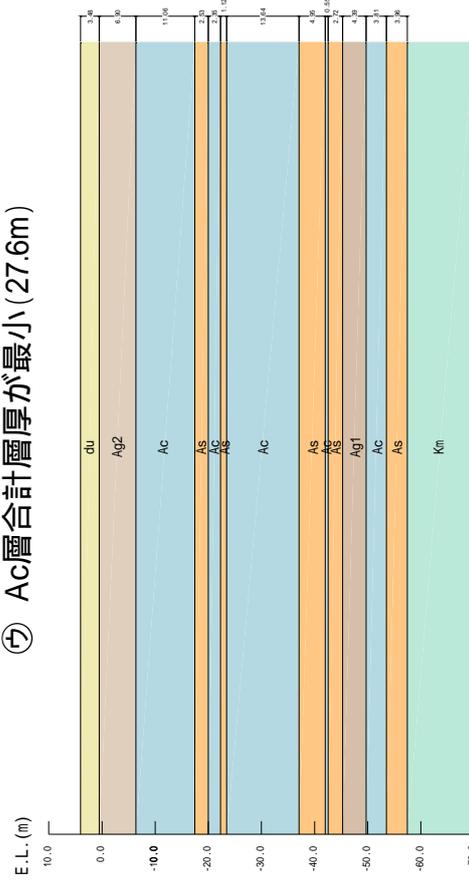
B地点の地盤解析モデル(既存)



① Ac層合計層厚が最大(37.8m)



② Ac層合計層厚が最小(27.6m)

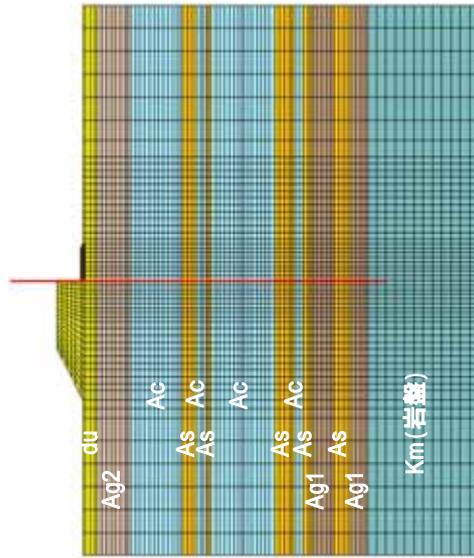


## 鋼管杭の設計手順(構造成立性に係る解析条件の保守的設定)

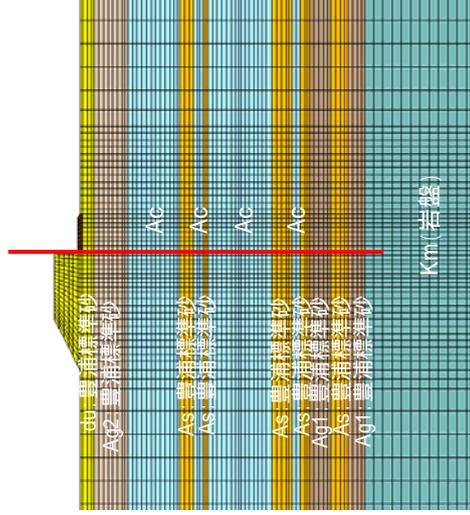
地盤剛性・液状化強度特性について

液状化検討対象層であるdu層, As層, Ag1層, Ag2層に対して, 下記の2ケースについて検討する.

**原地盤**の地盤剛性・液状化強度特性を用いて検討する.



強制的に液状化させる仮定として, **豊浦標準砂**の地盤剛性・液状化強度特性を用いて, 保守的な検討を行う.



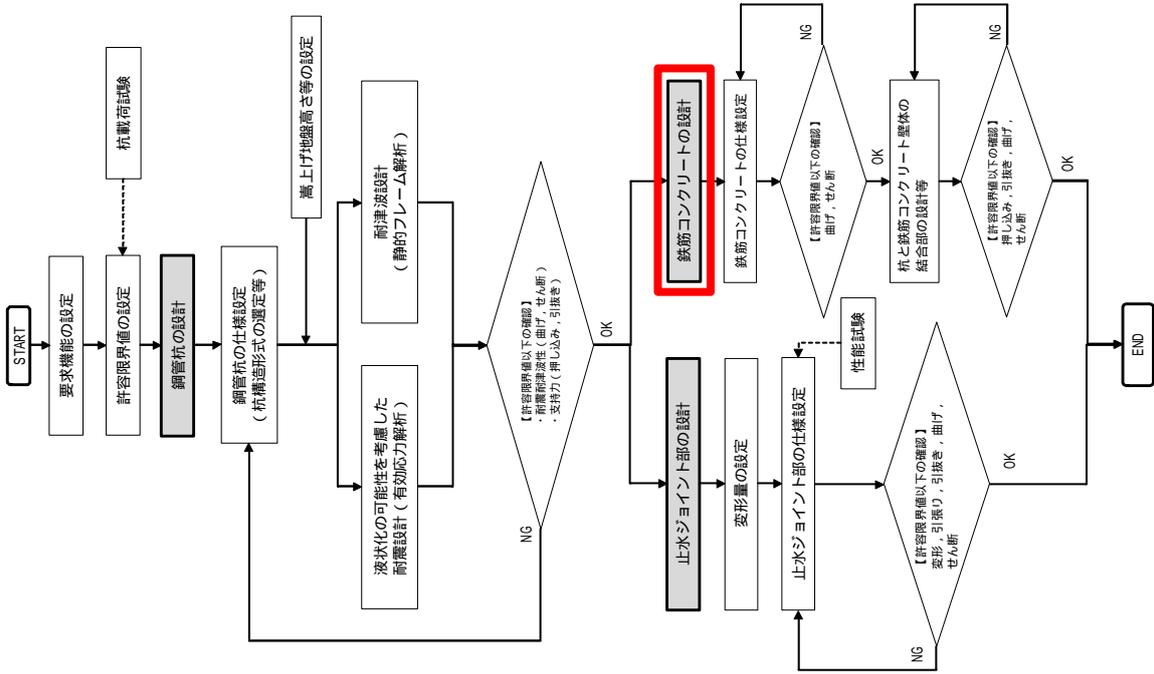
### 検討ケース数

- ・Ac層合計層厚について, 最大・最小の2ケース
- ・地盤剛性, 液状化強度特性について, 原地盤と豊浦標準砂の2ケース
- 2ケース×2ケース=4ケース の検討を行う.

|             |     | 地盤剛性・液状化強度特性 |       |
|-------------|-----|--------------|-------|
|             |     | 原地盤          | 豊浦標準砂 |
| Ac層<br>合計層厚 | ①最大 |              |       |
|             | ②最小 |              |       |

### 3. 上部工(鉄筋コンクリート)に係る設計方針

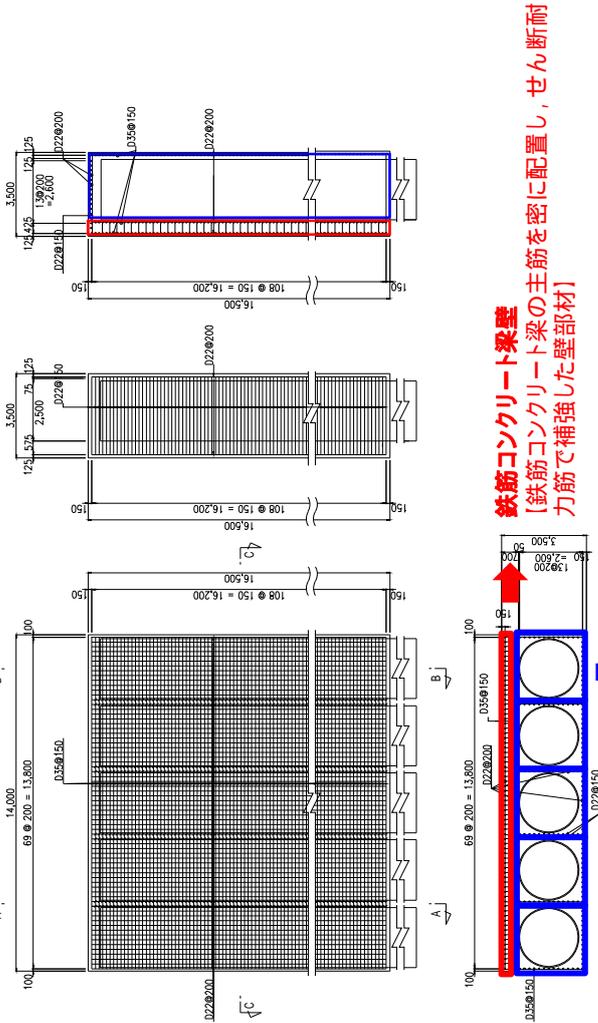
# 鉄筋コンクリートの設計手順



## 鉄筋コンクリートの設計手法

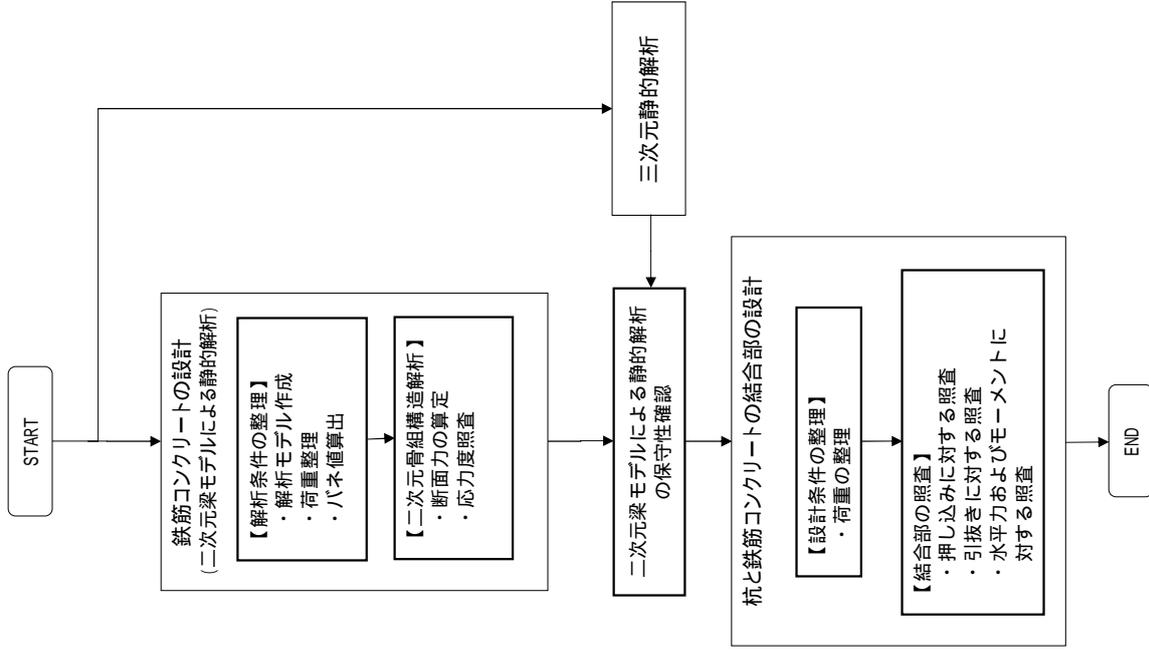
- 鉄筋コンクリート壁に要求される性能は、杭間の止水性を確保するものである。そのため、繰返し襲来する津波荷重が作用した場合の杭間に生じる荷重に対して弾性状態に留まるよう配慮する。
- 鋼管杭を地震・津波荷重に耐える構造躯体とし、杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部構造とした。この上部構造は、漂流物の衝突荷重や津波荷重に耐える鉄筋コンクリートの梁壁と鋼管杭の鉄筋コンクリート(SRC造)を一体化した構造とする。

上部工(鉄筋コンクリート, 鋼管杭)



**鉄筋コンクリート梁壁**  
【鉄筋コンクリート梁の主筋を密に配置し、せん断耐力で補強した壁部材】

**鋼管杭鉄筋コンクリート(SRC造)**  
【下部工の鋼管杭から上部工に連続する鋼管を鉄筋コンクリートで被覆した部材】

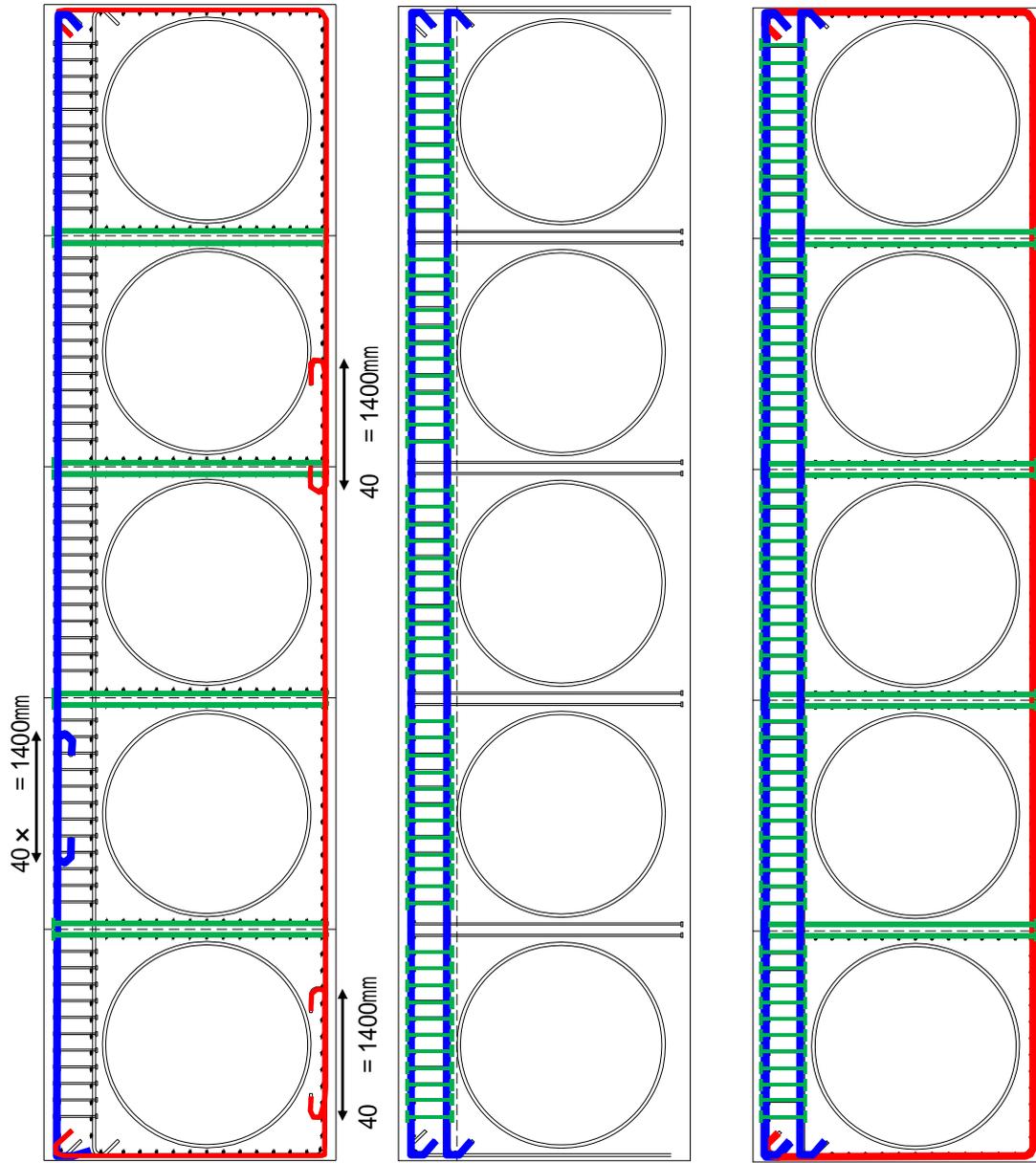


上部工の設計手順

## 鉄筋コンクリート梁壁と鋼管杭鉄筋コンクリートの一体化

### 鉄筋コンクリートの配筋

「5本の柱を束ねる鉄筋」および「梁壁の鉄筋」は鉄筋により結合される。



鉄管コンクリート構造の鉄筋  
(5本の柱を束ねる鉄筋)

梁壁の鉄筋  
(主筋およびせん断補強筋)

両方の鉄筋は、一部を共有して配置される。

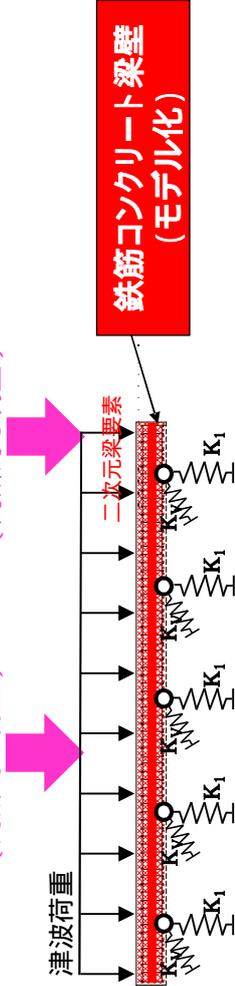
### モデル化方針

「鉄筋コンクリート梁壁」のみを、二次元の梁でモデル化し(鉄筋コンクリート梁壁を一本の梁要素に集約し、保守的に鋼管杭の剛性を考慮しないモデル)、構造評価を行う。

#### 【保守性を考慮した設計】

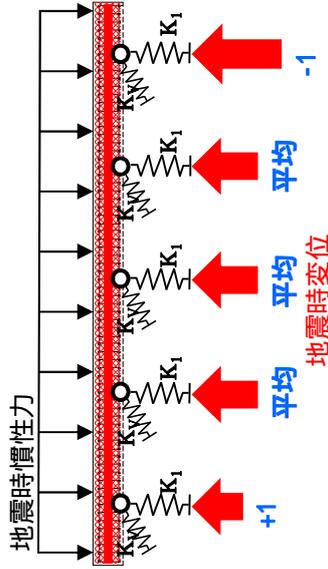
漂流物の衝突荷重は曲げモーメントが最大となる位置に載荷

漂流物の衝突荷重  
(同所的な荷重) or  
漂流物の衝突荷重  
(同所的な荷重)



津波時漂流物の載荷イメージ図

#### 【保守性を考慮した設計】

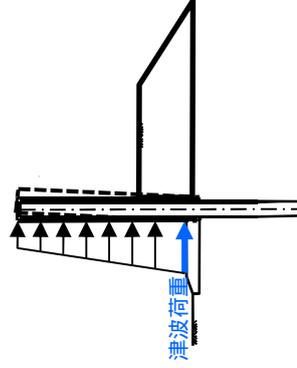


地震時相対変位の載荷イメージ図

- 地盤のばらつきについて、杭バネとして梁モデルに付加する。
- 左右にそれぞれ、+1 に相当するバネ、-1 に相当するバネとしてモデル化する。
- ±1 バネの設定する位置は最も曲げモーメントが大きくなる位置に付与する。

- 二次元梁モデルは津波や漂流物の衝突荷重に耐えうる構造である鉄筋コンクリート梁壁のみをモデル化する。
- 各支点(鋼管杭の中央部)には地盤の水平抵抗及び鉛直抵抗を模擬するバネを設置する。
- バネと梁要素はピン結合され、水平方向バネには水平方向反力、鉛直方向バネには鉛直方向反力が伝わる。
- 津波荷重は、地表面付近の最大荷重を梁モデルに載荷する。
- 津波と漂流物の重畳時については、津波荷重を分布荷重として載荷し、漂流物荷重は、最も曲げモーメントが大きくなる位置に載荷する。  
(例えば、支間中央部分あるいは片持梁となる端部)

#### 【保守性を考慮した設計】

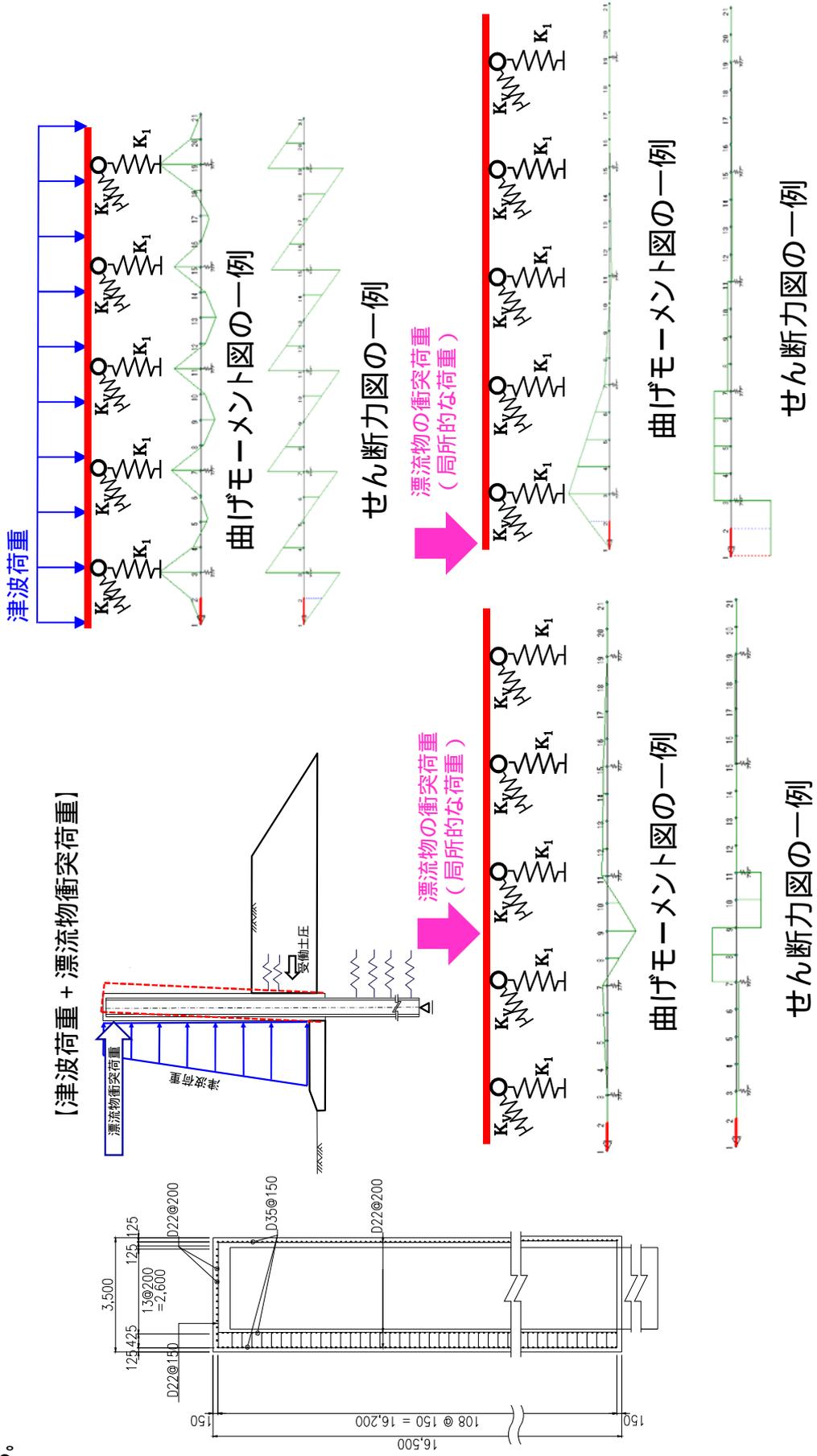


## 二次元梁モデルによる耐津波設計（漂流物の衝突）

### 確認事項

上部構造体に津波荷重や漂流物衝突荷重が作用した場合の鉄筋コンクリート梁壁や鋼管に生じるコンクリート圧縮・せん断応力や鉄筋の引張・せん断応力を照査し、許容限界値以下であることを確認する。

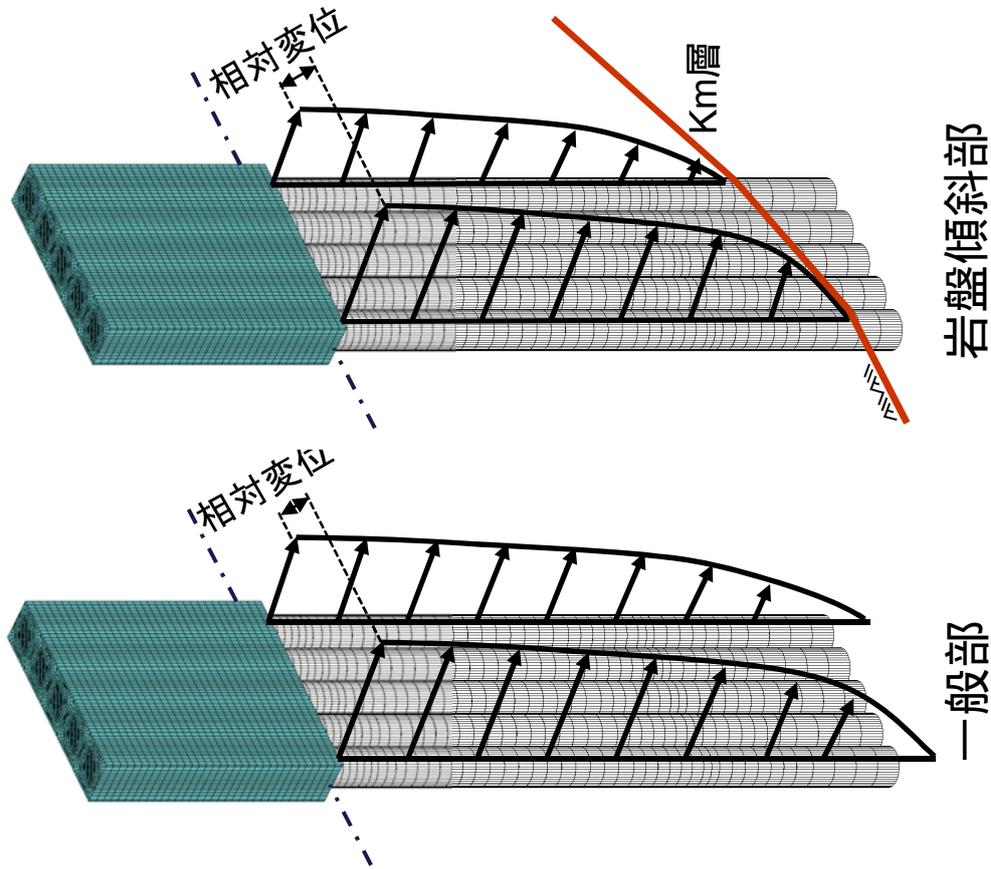
津波荷重に加えて、漂流物衝突荷重を集中荷重として与え、鉄筋コンクリート梁壁内の引張鉄筋，せん断耐力鉄筋の照査を行う。



## 三次元FEM解析モデルを用いた検討

### 確認事項

- 有限要素法による三次元解析モデルによる照査は、二次元梁モデルの保守性の検証を目的とする。
- 上部工の照査を実施し、許容限界値以下であることを確認する。



### 検討内容

#### 【一般部】

- 三次元FEM解析モデルを構築し、杭体には地盤の剛性を与えるため、水平方向地盤バネを配置する。
- 地盤のばらつきを考慮するため、両端部の杭に-1 物性及び+1物性に相当するバネを配置する。
- 応答変位法に用いる変位のうち、両端部については±1 物性を有いた際の地盤の変位をバネを返して杭体を与える。中央部の杭には平均物性による地盤変位を与える。
- 杭及び上部工に作用させる地震時慣性力についても、上記と同様の方法で算出した加速度を載荷する。

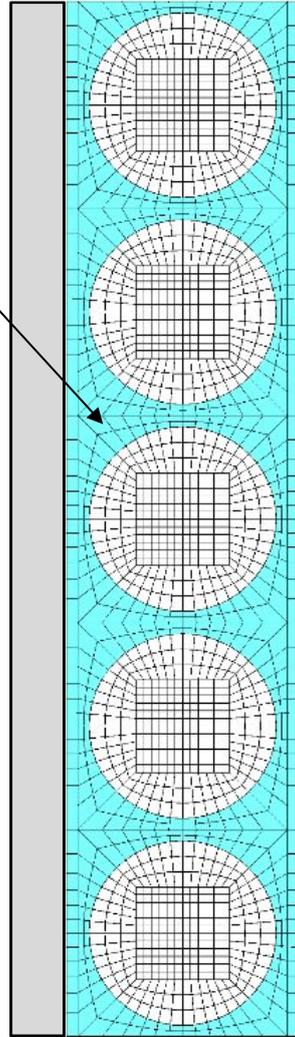
#### 【特殊部(岩盤傾斜部)】

- 岩盤傾斜部について、最も傾斜の厳しい場所を選定する。
- 傾斜部の検討では平均物性に対して実施し、Km層の深度を変化させる。また、それに応じた地盤変位と慣性力を一次元地震応答解析より抽出する。

## 三次元FEM解析モデルを用いた鉄筋コンクリートのひび割れ確認

### 確認事項

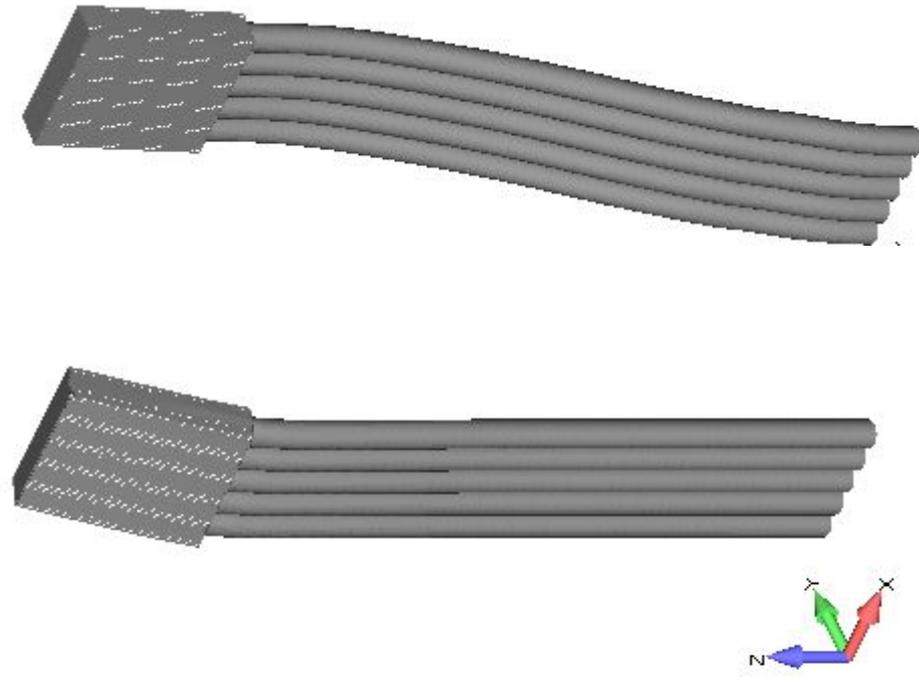
- 鉄筋コンクリートのひび割れ
  - ・ 上部工の主応力(引張側)を算出し、コンクリートのひび割れ発生応力以下であることを確認する。



## 三次元FEM解析モデルを用いた振動特性の確認

### 確認事項

- 一般部ならびに特殊部の振動特性を把握するため、三次元FEM解析モデルによる固有値解析を実施して、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁全体の応答特性の把握を行う。
- 主要振動モードと一次元応答解析より算出された応答スペクトルを比較し、岩盤傾斜部等における地震時挙動を把握する。



### 検討内容

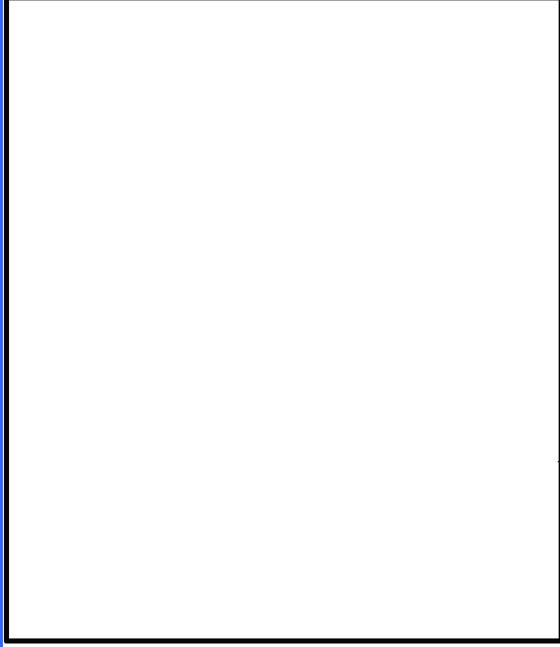
- 一般部と特殊部で三次元FEM解析モデルを用いて固有値解析を実施して主要な振動モードを算出する。
- 基準地震動Ssによる応答スペクトルを算出する。
- 固有値解析から算出された、各振動モードの振動数(周期)、刺激関数、有効質量比から卓越振動モードを抽出し、応答スペクトルから算出された基準地震動Ssの卓越振動数とを比較する。
- 上記の検討から、1ユニットで一般部及び岩盤傾斜部で地震時挙動を確認し、発生応力が許容限界以下であることを確認する。

### 振動モードの一例

3. 上部工(鉄筋コンクリート)に係る設計方針

**基礎岩盤傾斜分布の整理(構造成立性の見通しを得るための解析条件の保守的設定)**

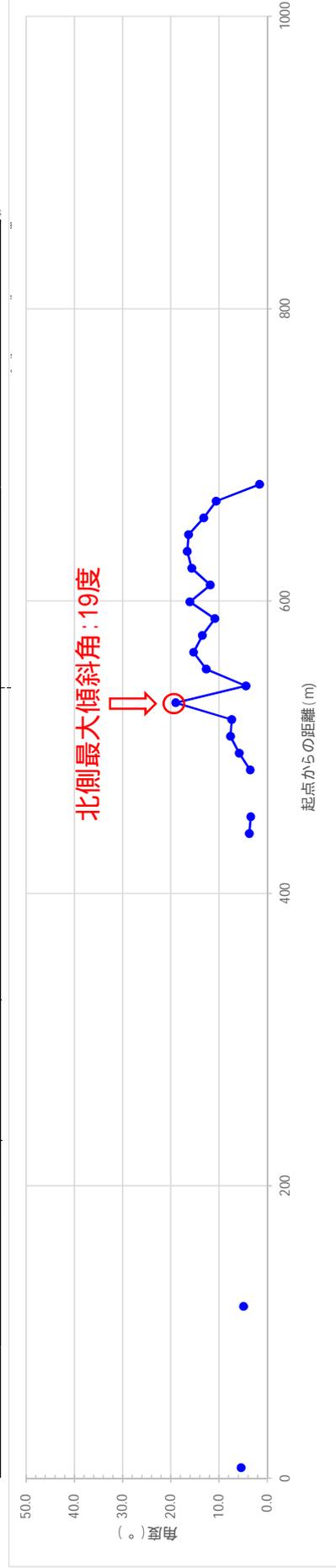
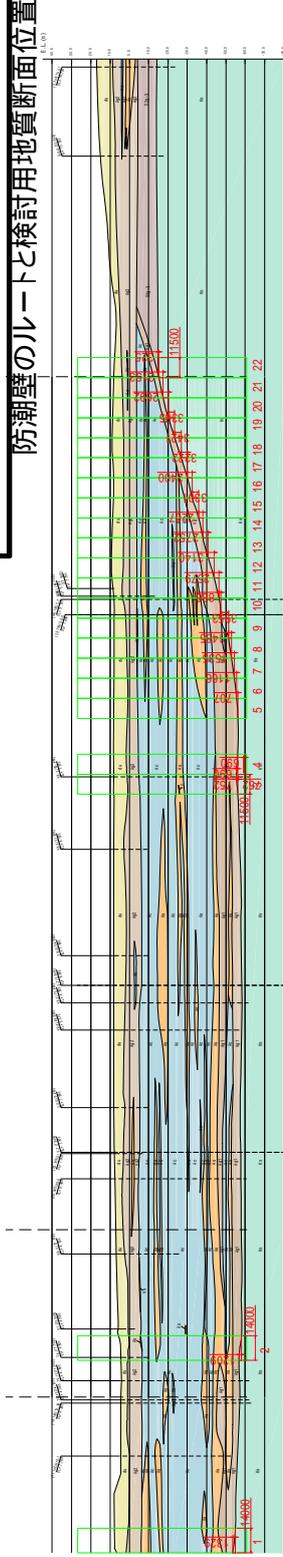
- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の北側区間において、基礎岩盤の傾斜分布を整理した結果を示す。



【北側断面】

2500mm 幅14m

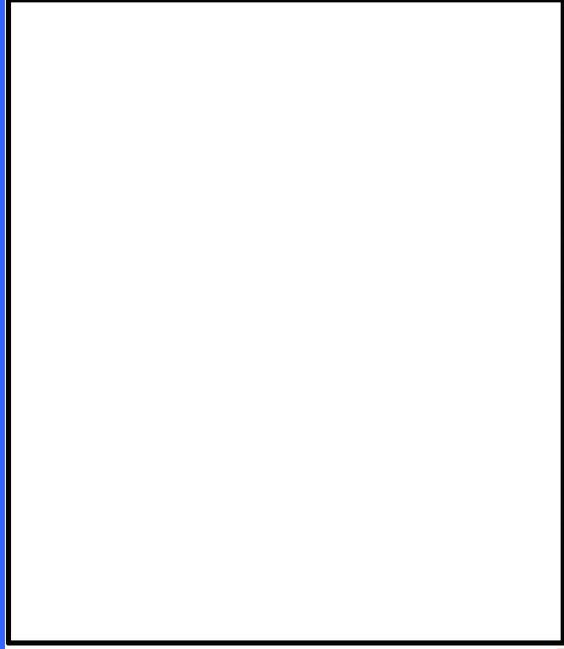
2000mm 幅11.5m



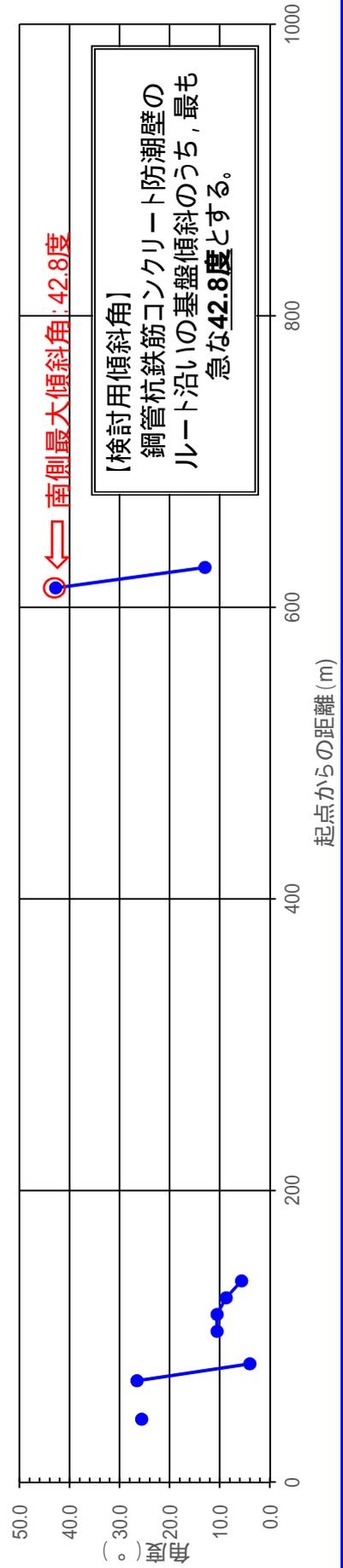
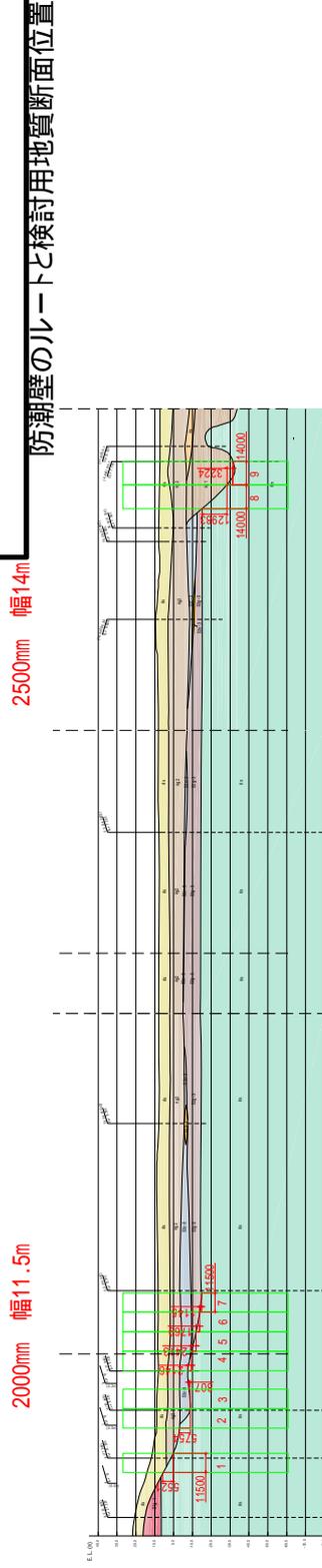
3. 上部工(鉄筋コンクリート)に係る設計方針

**基礎岩盤傾斜分布の整理(構造成立性の見通しを得るための解析条件の保守的設定)**

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の南側区間において、基礎岩盤の傾斜分布を整理した結果を示す。



【南側断面】



## 三次元FEM解析モデルを用いた評価 (構造成立性の見通しを得るための解析条件の保守的設定)

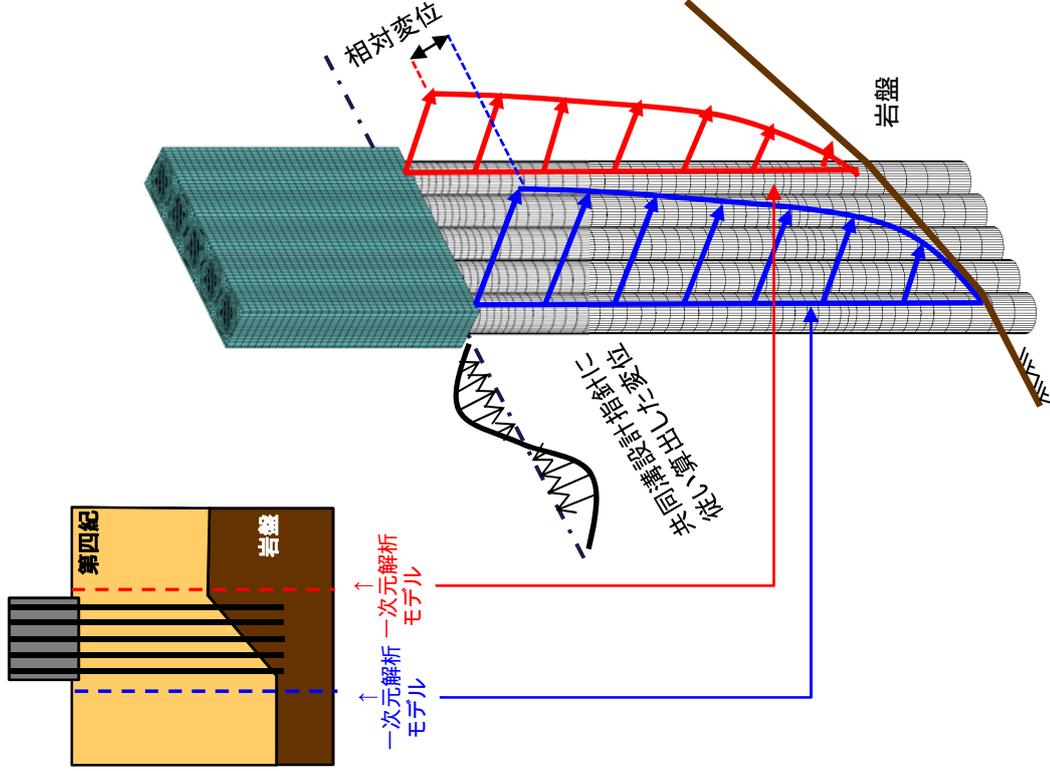
- ・ 岩盤傾斜部による上部構造への影響を検討するため、三次元FEM解析モデルを用いた評価を行う。

### 一次元地震応答解析

- ・ 検討用岩盤傾斜角を考慮し、岩盤の深度を变化させた解析モデルにより、一次元地震応答解析を実施することで、傾斜部を考慮した地盤変位と慣性力を算定する。
- ・ また、共同溝設計指針に従い算定した表面波による相対変位と比較し、厳しい方を採用する。

### 三次元FEM解析モデル

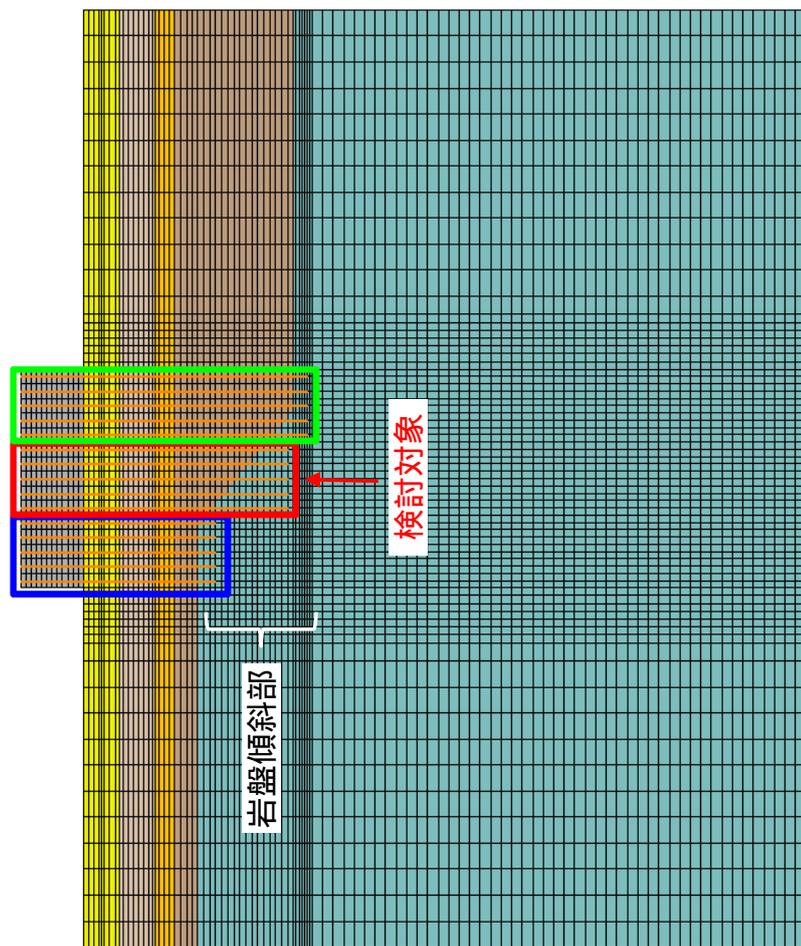
- ・ 三次元FEM解析モデルに対し、検討用岩盤傾斜角を考慮した岩盤の深部分布に基づき、地盤バネを配置する。
- ・ 応答変位と応答加速度については、上記の一次元地震応答解析結果に基づき、対応する位置の応答を入力する。



三次元FEM解析モデル

## 二次元有効応力解析を用いた評価 (構造成立性の見通しを得るための解析条件の保守的設定)

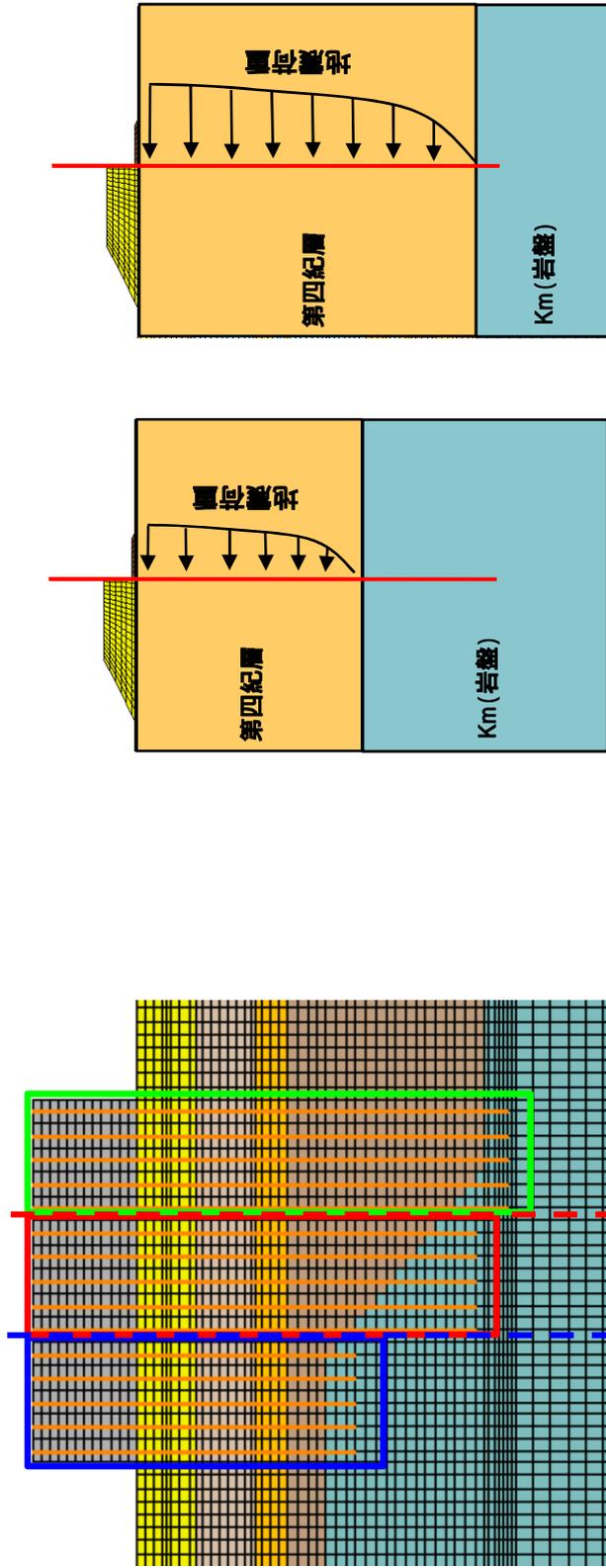
- ・ 検討用傾斜角を反映した岩盤傾斜部をまたぐように、1ユニットを3連でモデル化した防潮壁縦断解析モデルを用いて有効応力解析を実施する。



縦断方向2次元FEM解析モデル

## 二次元有効応力解析を用いた評価 (構造成立性の見通しを得るための解析条件の保守的設定)

- 検討用傾斜角を反映した1ユニット内の岩盤上限面高さ分布に基づき作成した防潮堤横断解析モデルを用いて、FLIPによる地震応答解析を実施し、下部構造の照査を行う。



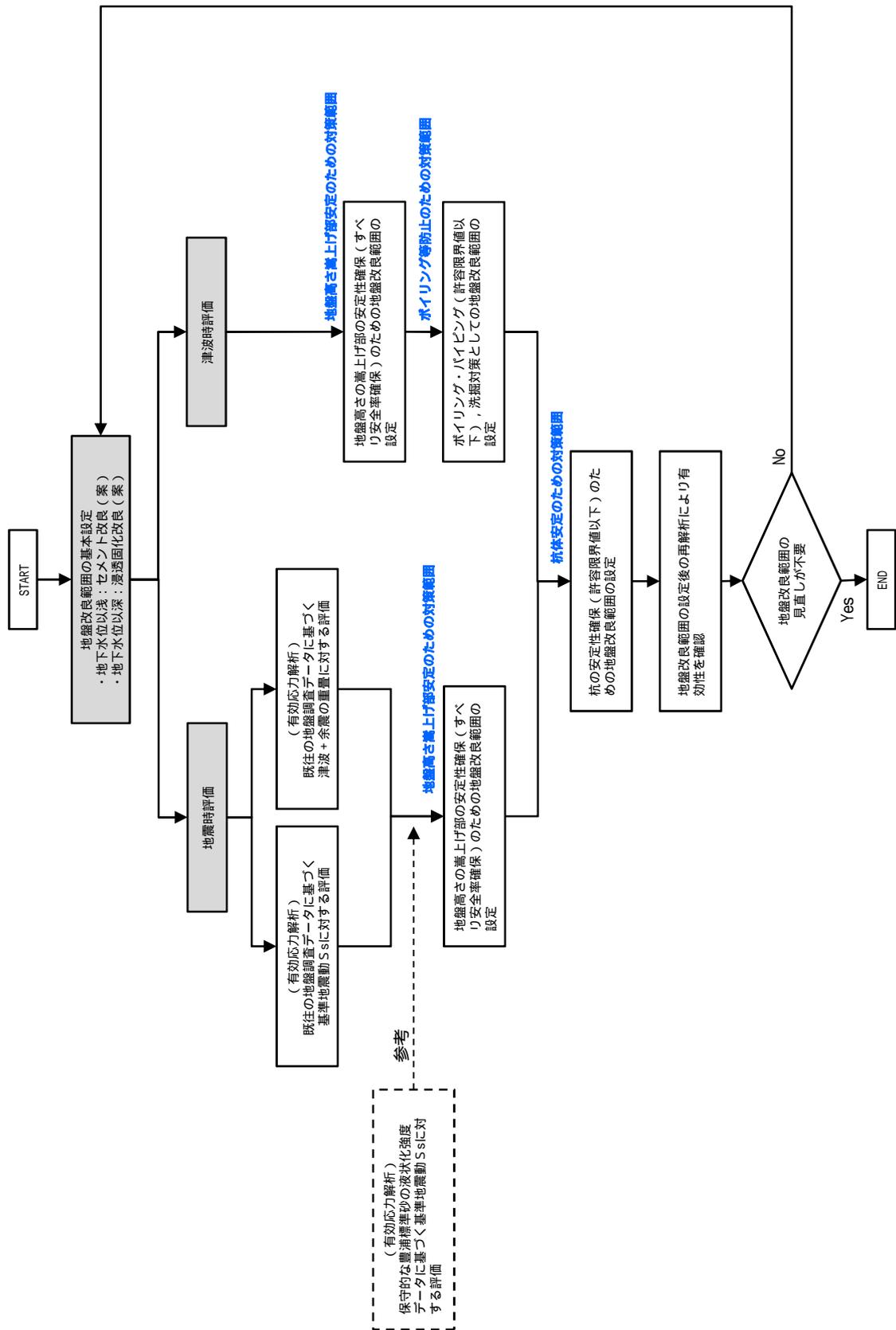
横断解析モデルによる解析イメージ

### 照査項目

| 対象   | 照査項目    | 設計で用いている許容限界 | 適用基準                    |
|------|---------|--------------|-------------------------|
| 鋼管杭  | 曲げ, せん断 | 短期許容応力度以下    | 道路橋示方書・同解説( 共通編・ 下部構造編) |
| 支持地盤 | 支持力     | 極限支持力以下      | 道路橋示方書・同解説( 共通編・ 下部構造編) |

## 4. 地盤改良に係る設計方針

# 地盤改良範囲(幅, 深さ)の設定に係る検討方針



表層地盤の地盤改良範囲の設定に係るフロー

## 地盤改良の範囲と剛性急変部を生じないための組み合わせに関する検討方針(1/2)

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするために、地盤改良を実施する。

地盤改良範囲（深さ方向）

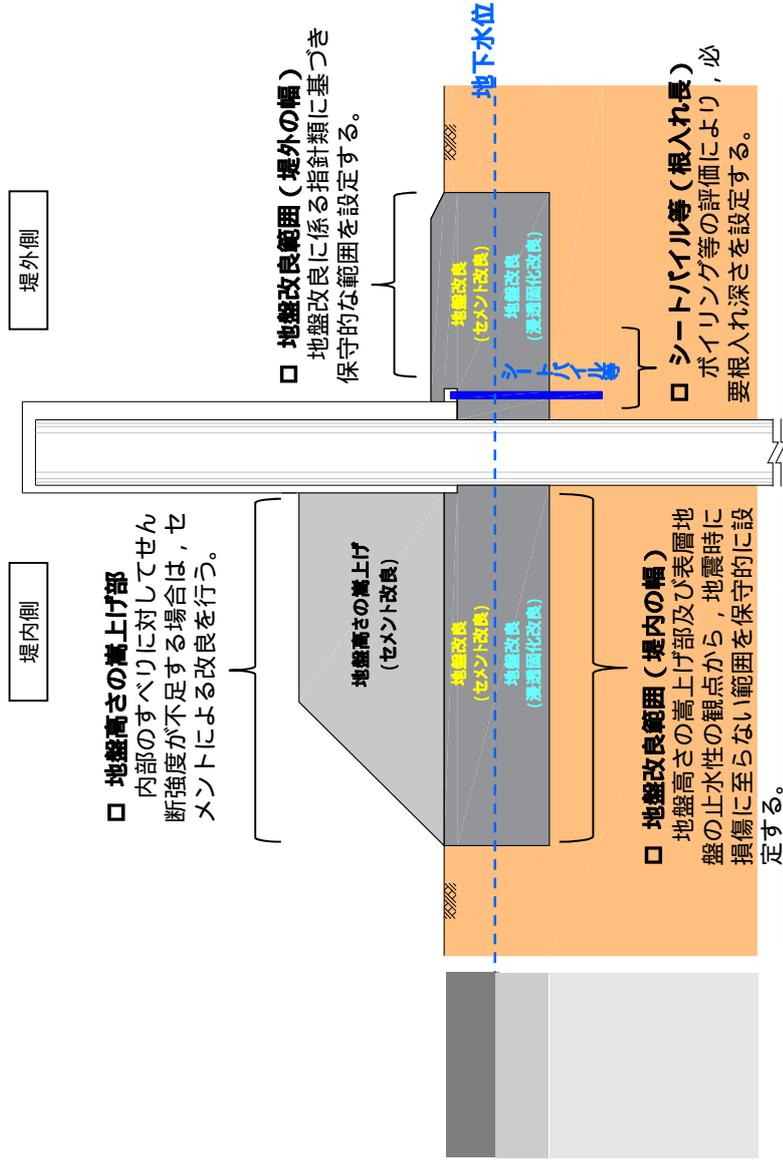
表層地盤の過剰間隙水圧比が比較的高い範囲や杭体に生じる断面力の低減等を考慮し、深さ方向の改良範囲を保守的に設定する。

地盤改良工法の選定

地盤の剛性急変部により、杭体に局所的な応力を生じさせないよう、地盤改良工法を選定し、改良仕様を設定する。

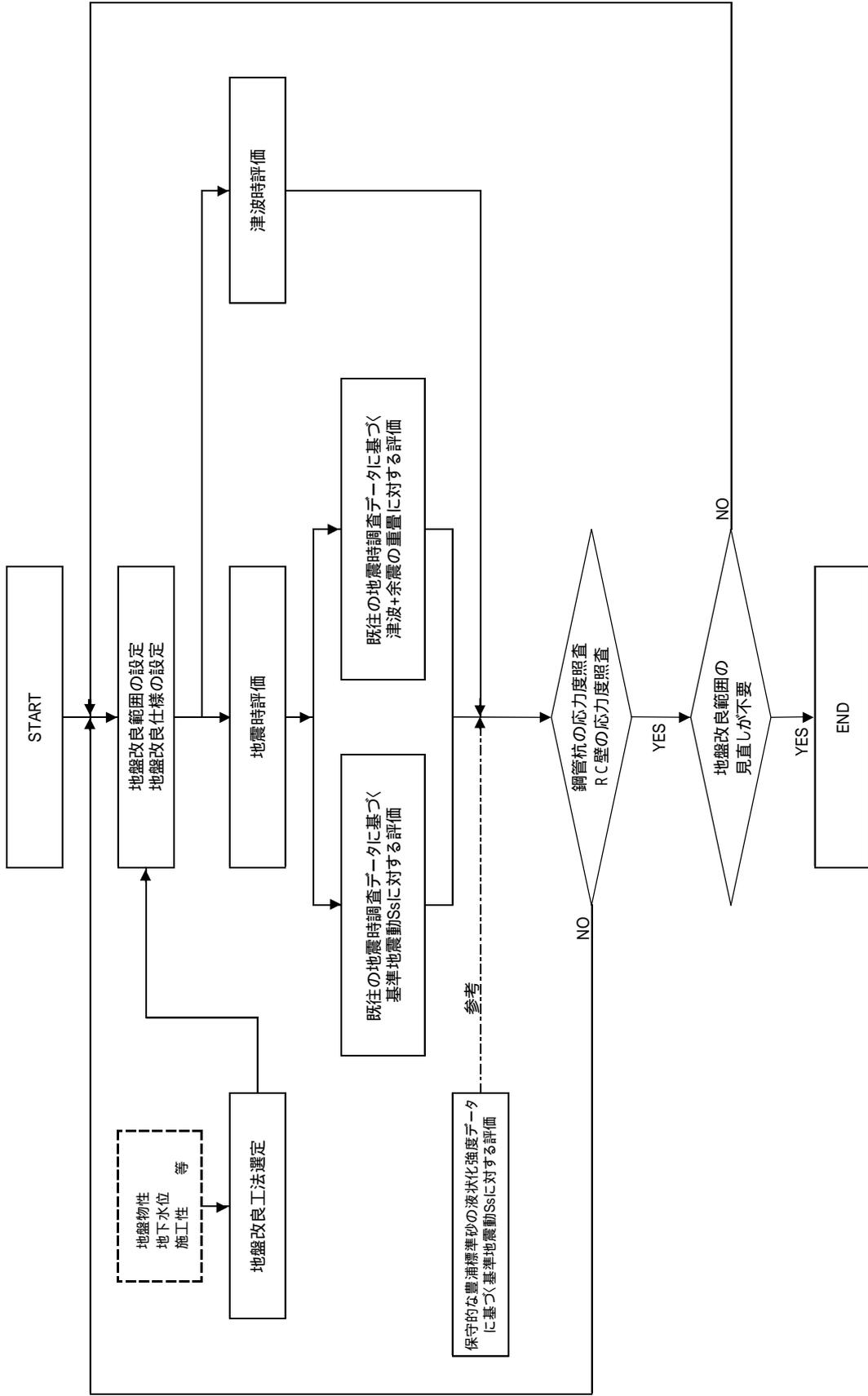
現地盤に剛性急変部を生じさせないよう、地下水位以浅はセメント改良工法を、地下水位以深は、浸透固化工法を基本的に選定する。

また、地盤高さの嵩上げ部は、セメント改良工法を実施する。やや大きめの剛性  
 ↓  
 地盤剛性が、上層から下層に向けて、やや大きめの剛性から現地盤に近い剛性に移行するよう改良仕様を設定する。



現地盤に近い剛性

地盤改良の範囲と剛性急変部を生じないための組み合わせに係る検討方針(2/2)



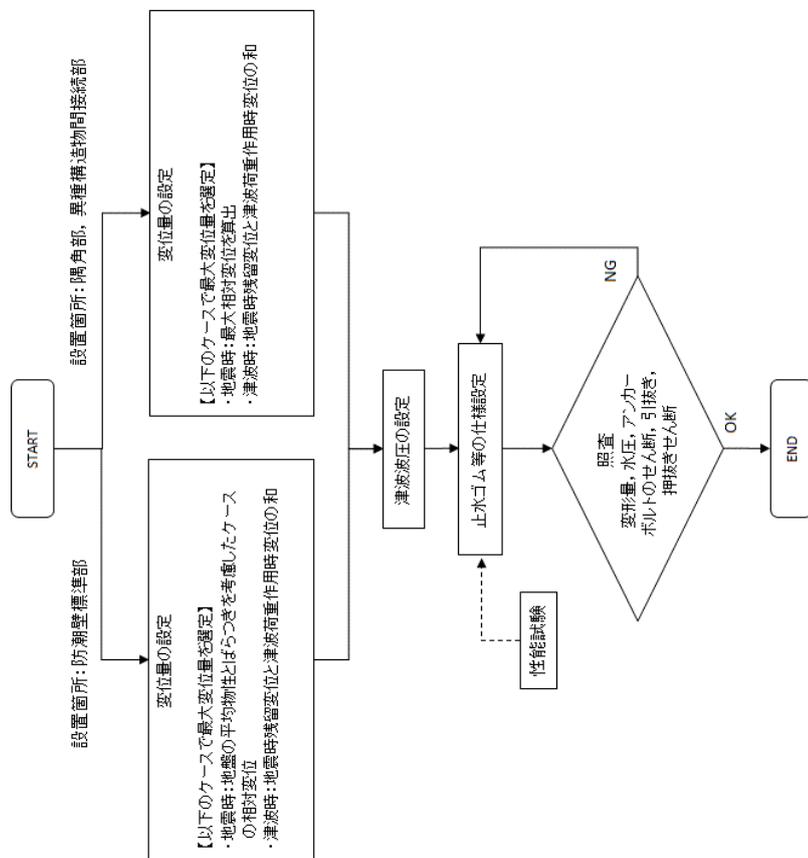
地盤改良の検討フロー

## 5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

## 5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

### 止水ジョイントの設計方針

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工は、鉄筋コンクリートからなるが、ひび割れ防止等の観点で一定間隔の施工ブロックを設定し、その境界に伸縮性を有する止水ジョイントを設置する必要がある。
- また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と地中連続壁タイプの鉄筋コンクリート防潮壁等、異種構造物間の境界にも止水ジョイントを設置する。
- 止水ジョイント部の構造健全性評価については、基準地震動 $S_s$ を用いた地震応答解析及び津波荷重を用いた静的フレーム解析に基づき止水ゴムの変形量及び鋼製アンカーに発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
- また、漂流物衝突防止対策として、鋼製防護部材を設置する。

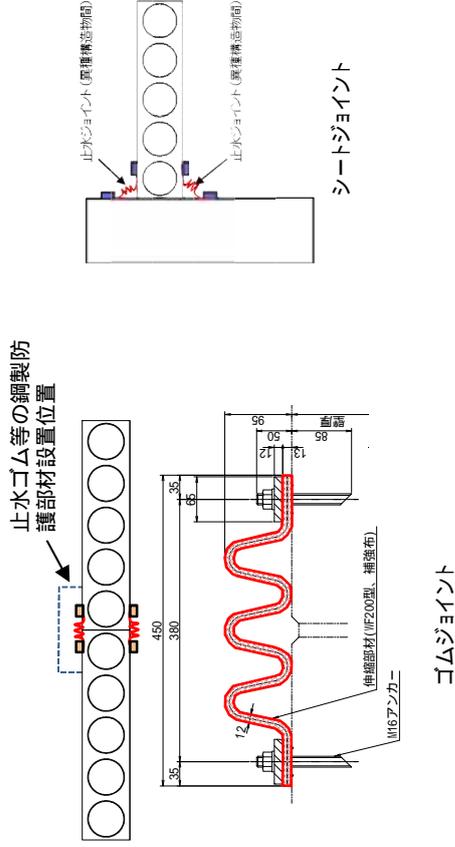


止水ジョイント部の設計フロー

## 5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について 止水ジョイントの適用方針

- 止水ジョイントは、漏水試験・変形試験により津波波圧に耐え、止水機能を維持できる変形量となるよう設定する。  
(このための必要な試験を実施中。)
- 止水ジョイントは構造物間に生じる相対変位に対し、その相対変位に追従可能なジョイント材料を設定する。  
ゴムジョイントの適用は、津波波圧を受ける際(残留変位)の適用許容変位量を250mm以下(1軸)で計画している。  
上記以外の場合は、シートジョイントの適用を計画している。

止水ジョイントは、海側と陸側の両面に設置する。



止水ジョイント部の概念図

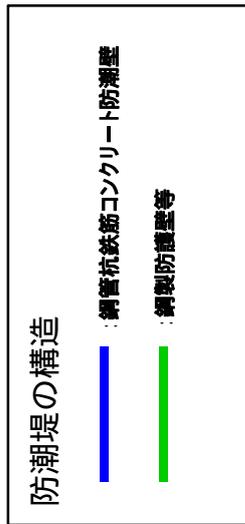
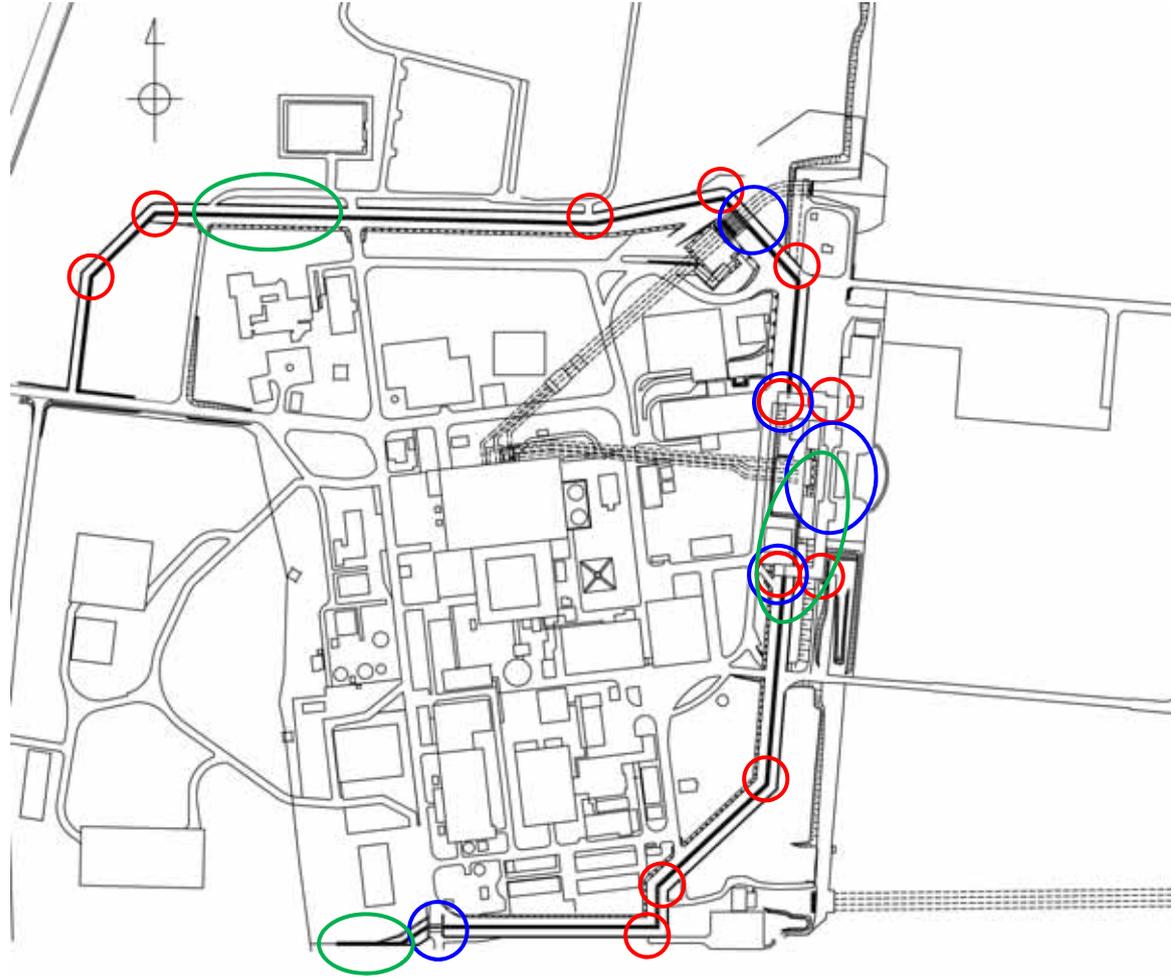


ゴムジョイント (例)



シートジョイント (例)

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
防潮堤構造について



- : 異種構造物間
- : 隅角部
- : 岩盤深度が変化する区間

## 5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

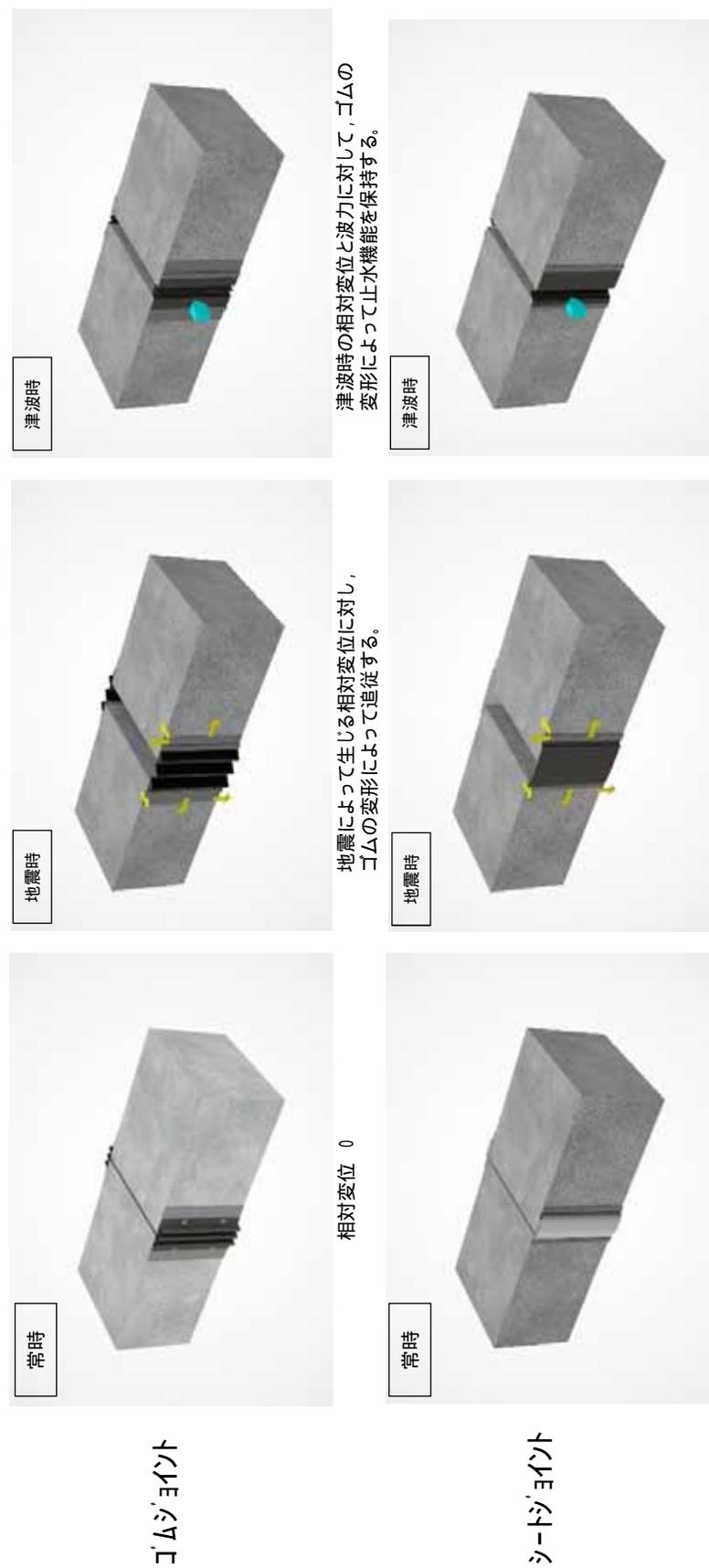
### 地震時相対変位の設定方針

【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁標準部】

- 地震時における変位量の設定は、地盤の平均物性とばらつきを考慮したケースの相対変位を算出して設定する。
- 津波時における変位量の設定は、地震時残留変位と津波荷重用時変位の和を算出して設定する。  
(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁標準部は異種構造物間、隅角部を除く区間である。)

【異種構造物間部等】

- 地震時における変位量の設定は、最大相対変位量を算出して設定する。
- 津波時における変位量の設定は、地震時残留変位と津波荷重用時変位の和を算出して設定する。
- 地震時及び津波時の変位量による合成変位量は、X方向、Y方向、Z方向の3成分の相対変位を算出し、これらを合成した最大変位量として設定する。



津波時の相対変位と波力に対して、シートが展開し、所定のシート強度を確保できるだけ撓むことにより、止水機能を保持する。

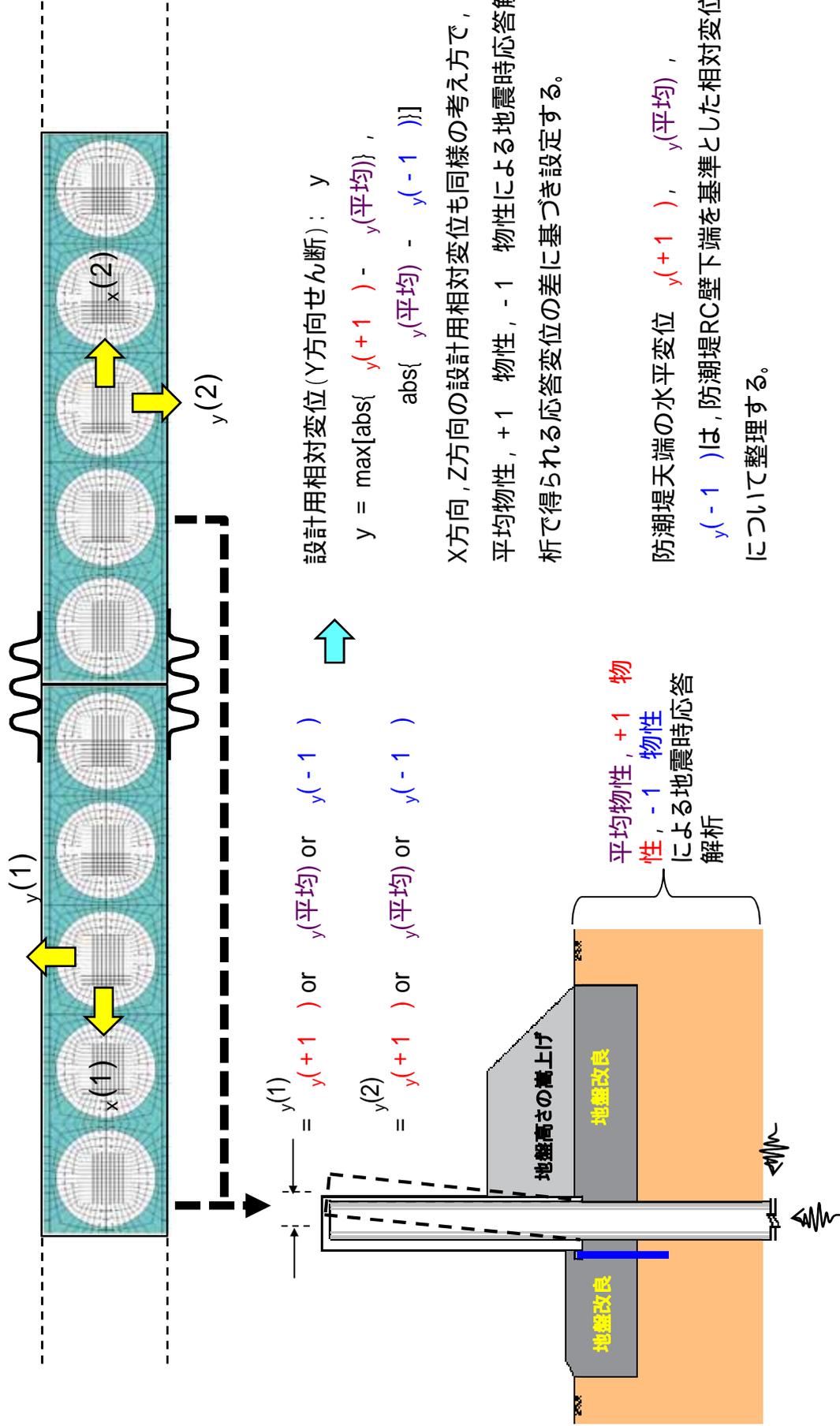
地震によって生じる相対変位に対し、シートが展開し、その余長によって変位に追従する。

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁標準部における相対変位の設定方針(1/3)

地震時相対変位量

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の標準部は、隣り合う防潮壁同士が同一の挙動を示すと考えられるため、地震時においては、地盤のせん断波速度Vsの平均物性、+1, -1 を考慮した相対変位を設定する。設定方針説明図を下図に示す。

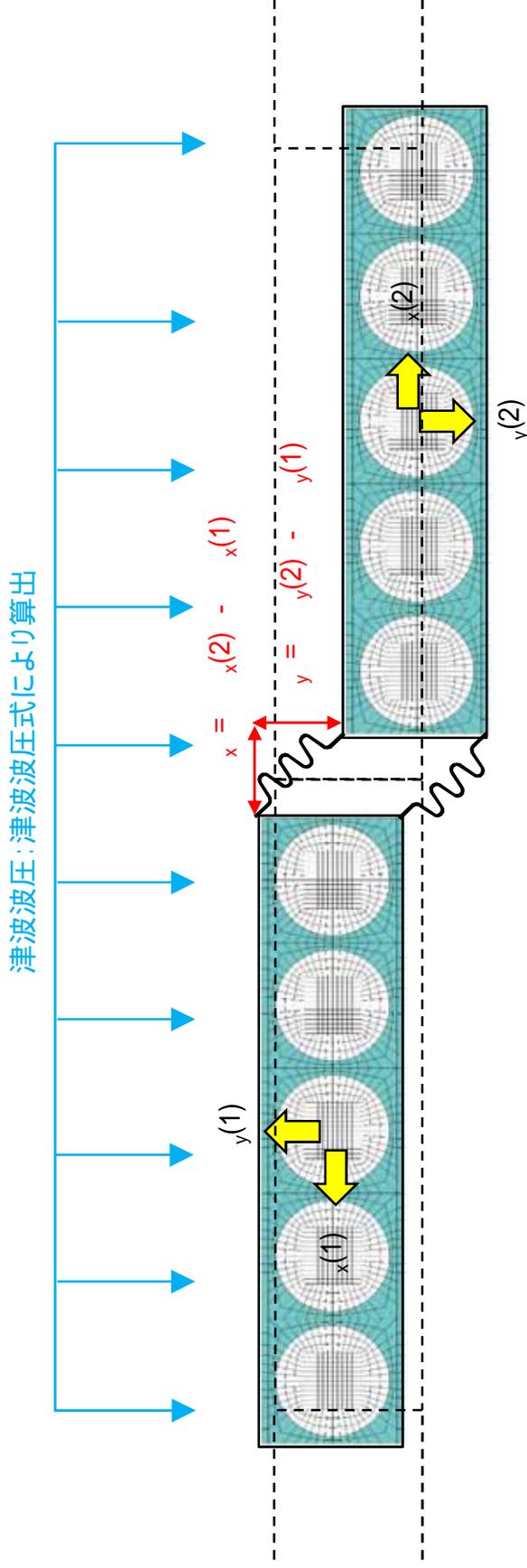


5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁標準部における相対変位の設定方針(2 / 3)

津波時相対変位量

- 津波時においては，地震時の残留変位を防潮壁ブロック間の相対変位として設定する。設定方針説明図を下図に示す。



【止水ジョイントの設計で考慮する変位(津波時)】

$x(1)$  ,  $y(1)$  ,  $x(2)$  ,  $y(2)$ :地震時の残留変位 として ブロック間の相対変位を設計変位として入力

$$x = x(2) - x(1)$$

$$y = y(2) - y(1)$$

【止水ジョイントの設計で考慮する荷重(津波時)】

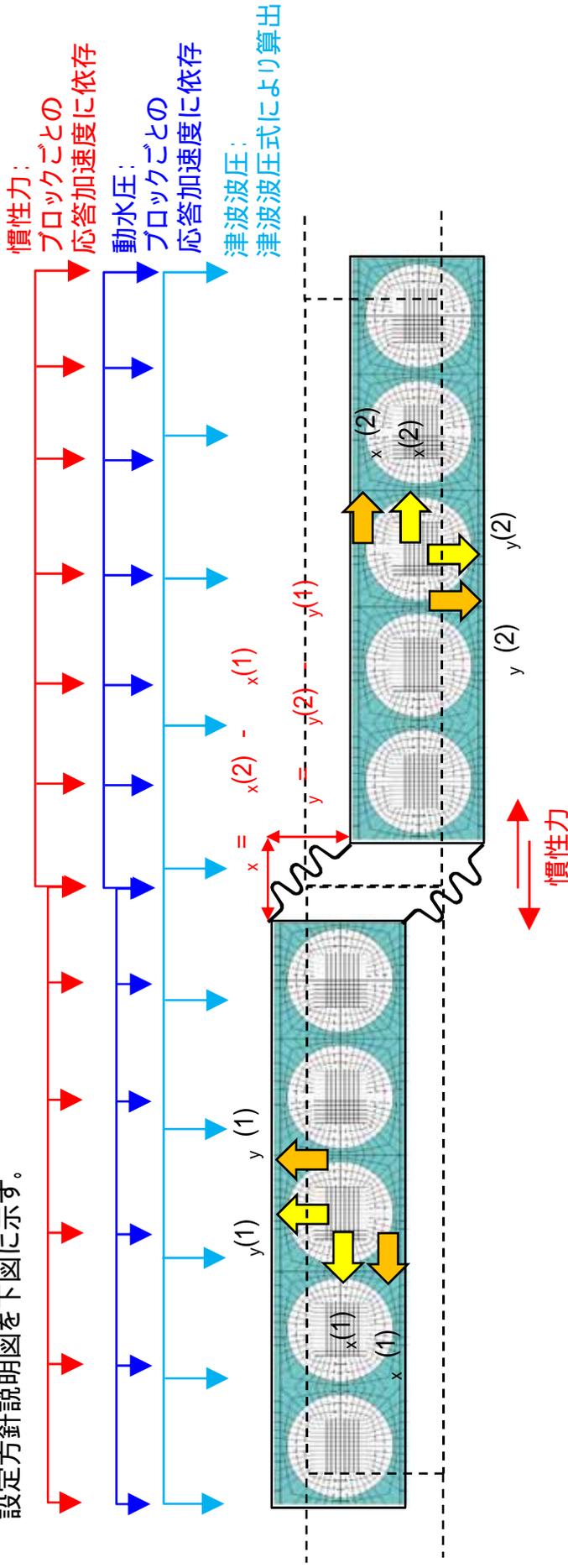
津波波圧式により算出した津波波圧を設計荷重として入力

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁標準部における相対変位の設定方針(3 / 3)

余震 + 津波時相対変位量

- 重畳時(余震 + 津波時)においては、地震時の残留変位と余震による応答変位を防潮壁ブロック間の相対変位として設定する。  
設定方針説明図を下図に示す。



【止水ジョイントの設計で考慮する変位(津波 + 余震時)】

$x(1)$ ,  $y(1)$ ,  $x(2)$ ,  $y(2)$ :地震時の残留変位  $x(1)$ ,  $y(1)$ ,  $x(2)$ ,  $y(2)$ :余震による応答変位 として

ブロック間の相対変位を設計変位として入力

$$x = \{ x(2) + x(1) \} - \{ x(1) + x(1) \} \quad y = \{ y(2) + y(2) \} - \{ y(1) + y(1) \}$$

【止水ジョイントの設計で考慮する荷重(津波 + 余震時)】

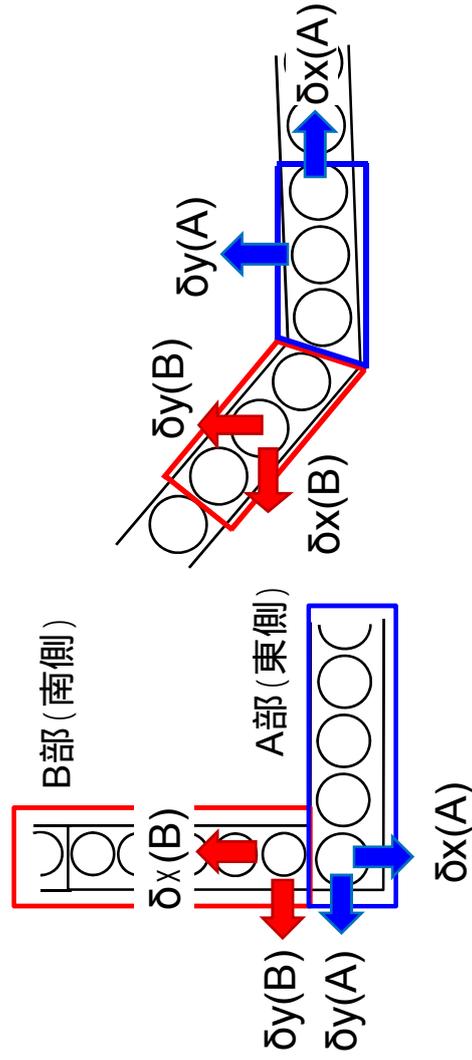
津波波圧:津波波圧式により算出した波圧を設計荷重として入力

動水圧, 慣性力(防潮壁の横断 + 縦断方向):ブロックごとの応答加速度に依存する設計荷重として入力

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
隅角部における相対変位の設定方針(1/3)

地震時相対変位量

- 隅角部の変形については、同一方向の変形量を基に、変形量を算出する。
- 具体的にはA部の弱軸方向  $x(A)$ の変形量とB部の強軸方向  $x(B)$ との差を地震時相対変位とする。反対に、A部の強軸方向  $y(A)$ の変形量とB部の弱軸方向  $y(B)$ との差を地震時相対変位とする。
- なお、鉛直方向については、A部とB部の差を地震時相対変位とする。
- さらに、 $x$ 方向、 $y$ 方向及び  $z$ 方向(鉛直)の二乗平方和による相対変位を算出し、合成方向の変位量の照査を行う。



地震時相対変位 (X方向せん断) :  $x$

$$x = \max[\text{abs}\{x(A) - x(B)\}]$$

地震時相対変位 (Y方向せん断) :  $y$

$$y = \max[\text{abs}\{y(A) - y(B)\}]$$

地震時相対変位 (Z方向せん断) :  $z$

$$z = \max[\text{abs}\{z(A) - z(B)\}]$$

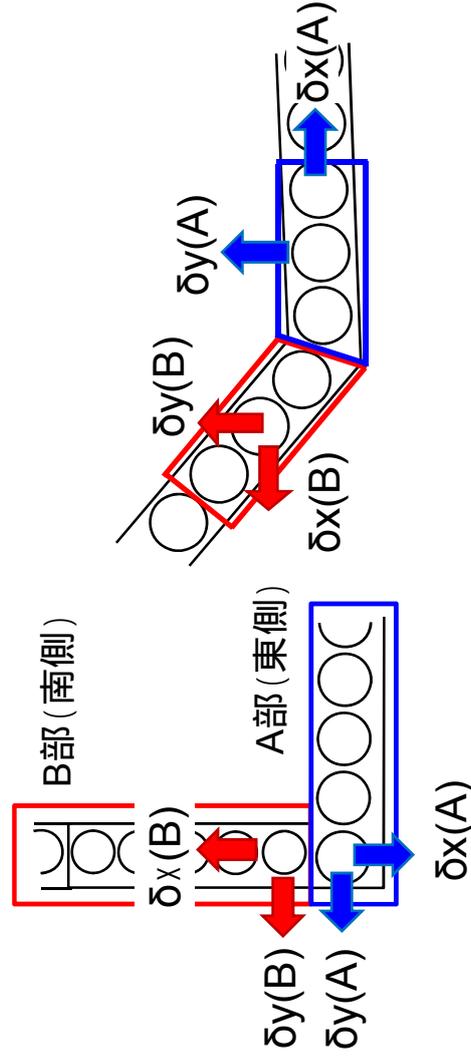
合成方向変位 (3方向合成) :

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
隅角部における相対変位の設定方針(2/3)

津波時相対変位量

- 津波時の相対変位は標準部と同様に残留変位とする。
- 各方向の相対変位の考え方については地震時同様とする。



津波時相対変位 (X方向せん断) : x

$$x = \text{残留変位}[\text{abs}\{x(A) - x(B)\}]$$

津波時相対変位 (Y方向せん断) : y

$$y = \text{残留変位}[\text{abs}\{y(A) - y(B)\}]$$

津波時相対変位 (Z方向せん断) : z

$$z = \text{残留変位}[\text{abs}\{z(A) - z(B)\}]$$

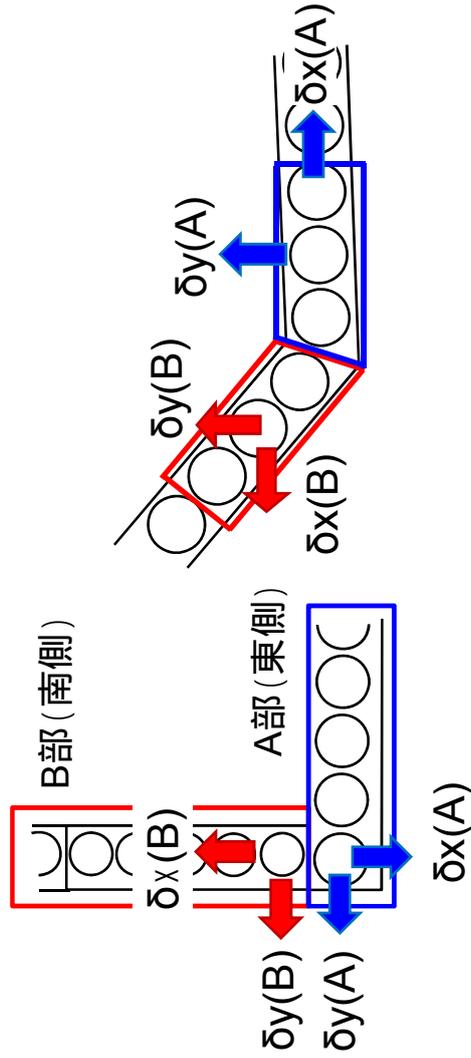
合成方向変位 (3方向合成) :

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
隅角部における相対変位の設定方針(3/3)

余震 + 津波時相対変位量

- 津波時の変位量 (地震時残留変位) に余震時の相対変位量を加えた値とする。
- ジョイント部に作用する荷重としては、地震時動水圧、津波浸水深に応じた静水圧となる。



余震+津波時相対変位 (X方向せん断) : x

$$x = \text{残留変位} [\text{abs}\{ (x_e(A) + x_t(A)) - (x_e(B) + x_t(B)) \}]$$

余震+津波時相対変位 (Y方向せん断) : y

$$y = \text{残留変位} [\text{abs}\{ (y_e(A) + y_t(A)) - (y_e(B) + y_t(B)) \}]$$

余震+津波時相対変位 (Z方向せん断) : z

$$z = \text{残留変位} [\text{abs}\{ (z_e(A) + z_t(A)) - (z_e(B) + z_t(B)) \}]$$

合成方向変位 (3方向合成) :

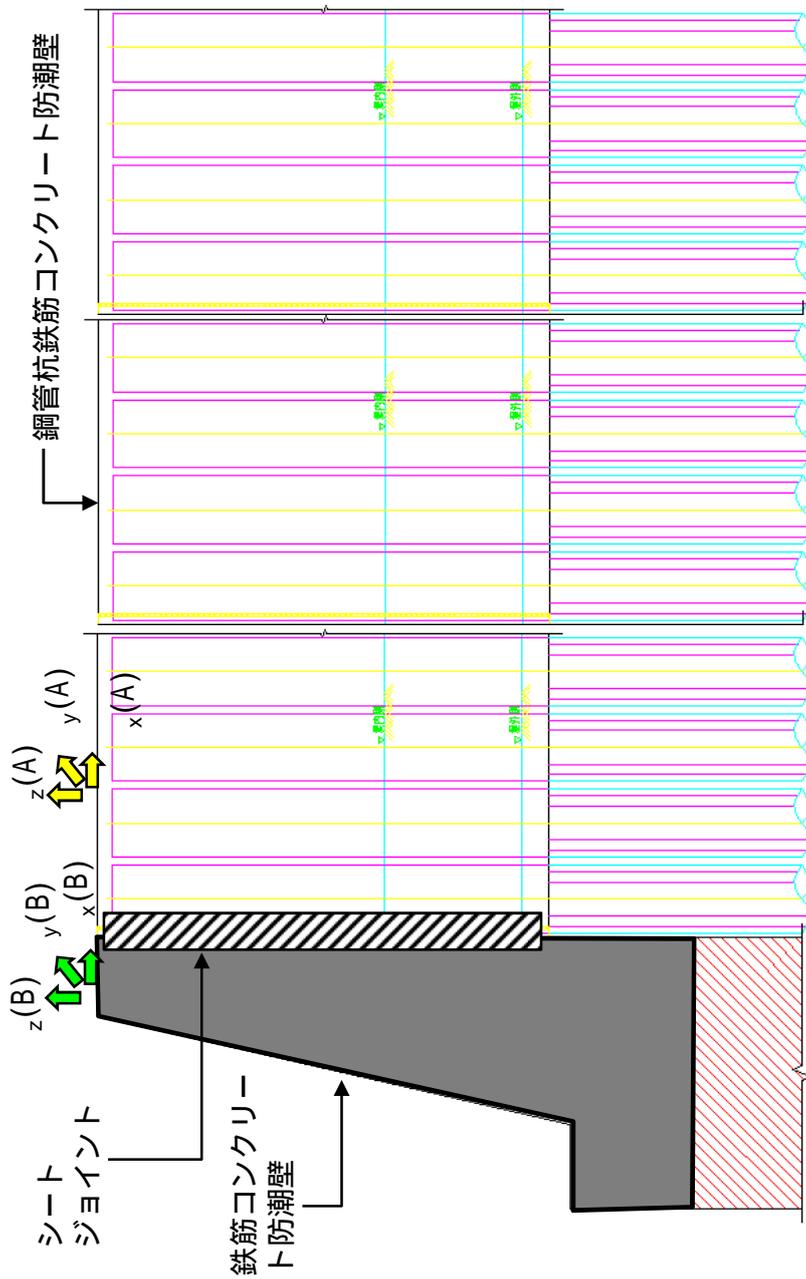
$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

ここに、下付きのeは地震時を示し、下付きのtは津波時を示す。

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
**異種構造物間における相対変位の設定方針(1/3)**

地震時相対変位量

- 異種構造物間の止水ジョイントはシートジョイントを用いる。
- シートジョイントの設計に用いる異種構造物間の相対変位は、水平(軸方向および軸直角方向)・鉛直の3方向の相対変位の二乗平方和の合成方向変位量とする。



X方向相対変位:  $x$   
 $x = \max[\text{abs}\{x(A) - x(B)\}]$

Y方向相対変位:  $y$   
 $y = \max[\text{abs}\{y(A) - y(B)\}]$

Z方向相対変位:  $z$   
 $z = \max[\text{abs}\{z(A) - z(B)\}]$

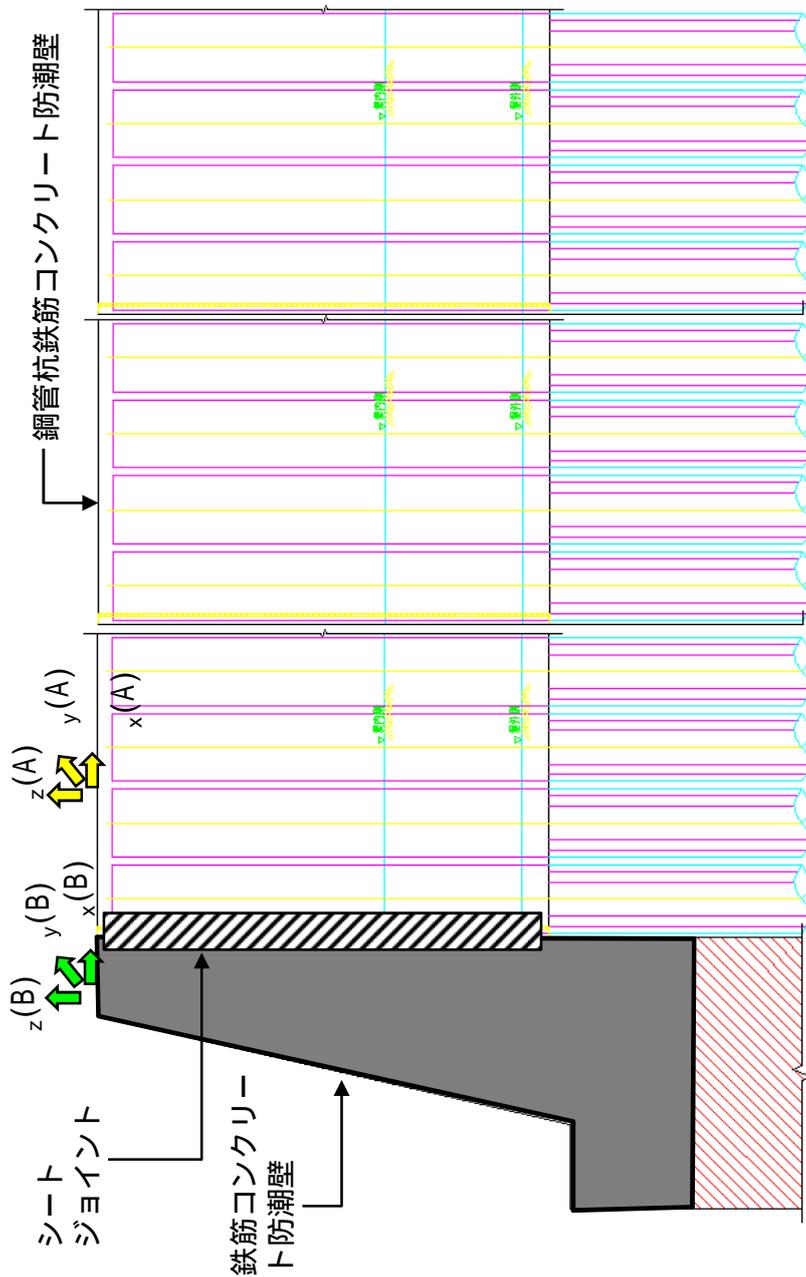
合成方向変位(3方向合成):

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
**異種構造物間における相対変位の設定方針(2/3)**

**津波時相対変位量**

- 津波時の相対変位は標準部と同様に残留変位とする。
- 各方向の相対変位の考え方については地震時同様とする。
- 上記の相対変位に加え、津波時の静水圧を波圧として考慮する。



X方向相対変位:  $x$   
 $x = \text{残留変位}[\text{abs}\{x(A) - x(B)\}]$

Y方向相対変位:  $y$   
 $y = \text{残留変位}[\text{abs}\{y(A) - y(B)\}]$

Z方向相対変位:  $z$   
 $z = \text{残留変位}[\text{abs}\{z(A) - z(B)\}]$

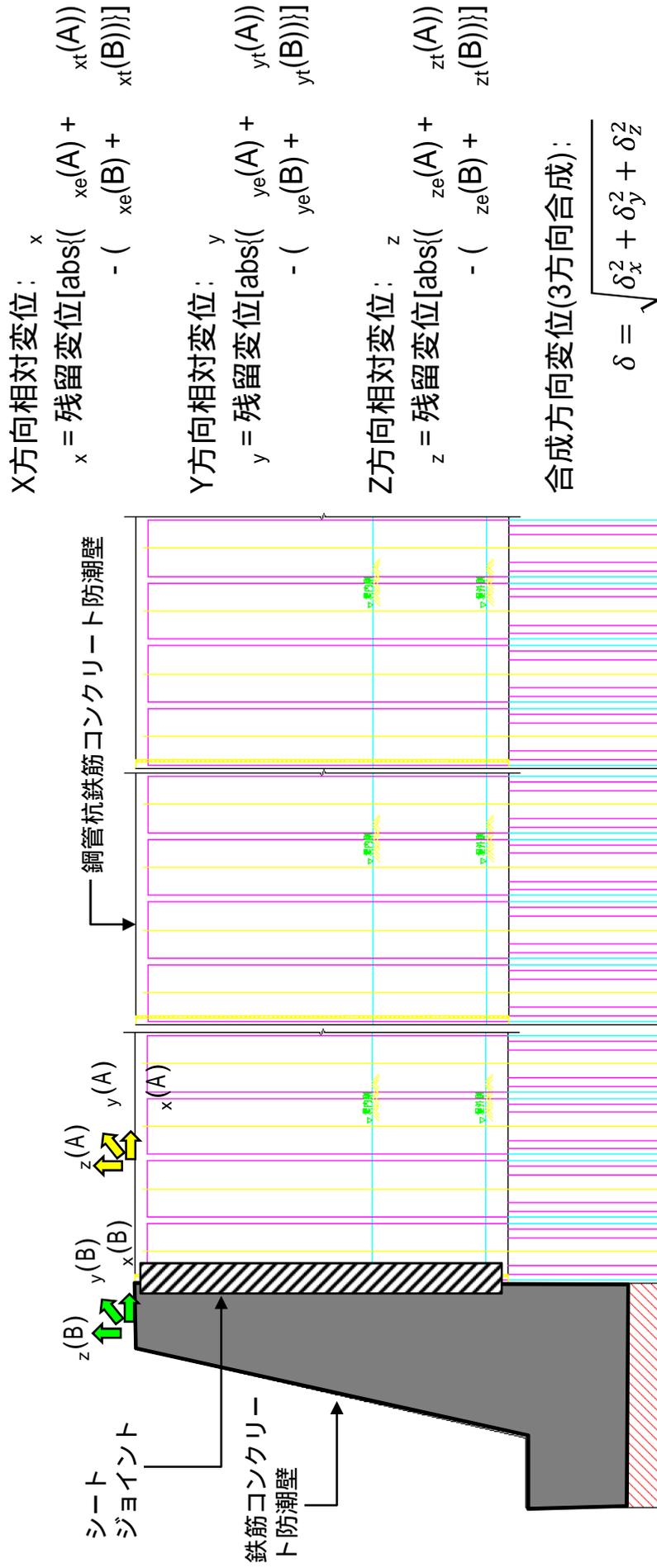
合成方向変位(3方向合成):

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について  
**異種構造物間における相対変位の設定方針(3/3)**

**余震 + 津波時相対変位量**

- 津波時の変位量(地震時残留変位)に余震時の相対変位量を加えた値とする。
- ジョイント部に作用する荷重としては、地震時動水圧、津波浸水深に応じた静水圧となる。



ここに、下付きのeは地震時を示し、  
 下付きのtは津波時を示す。

5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

## ジョイント部における構造物間の衝突に関する照査

- 標準部、隅角部及び異種構造物はあきを開けけない構造とすることから、地震時に衝突する恐れがある。よって、衝突してもRC壁体に損傷を与えないことを照査する。
- 具体的には、反対側防潮壁あるいはポンプ室側の縦壁の慣性力を防潮壁側面に載荷して、支圧応力の照査を実施する。

ポンプ室に働く慣性力： $F = ma$

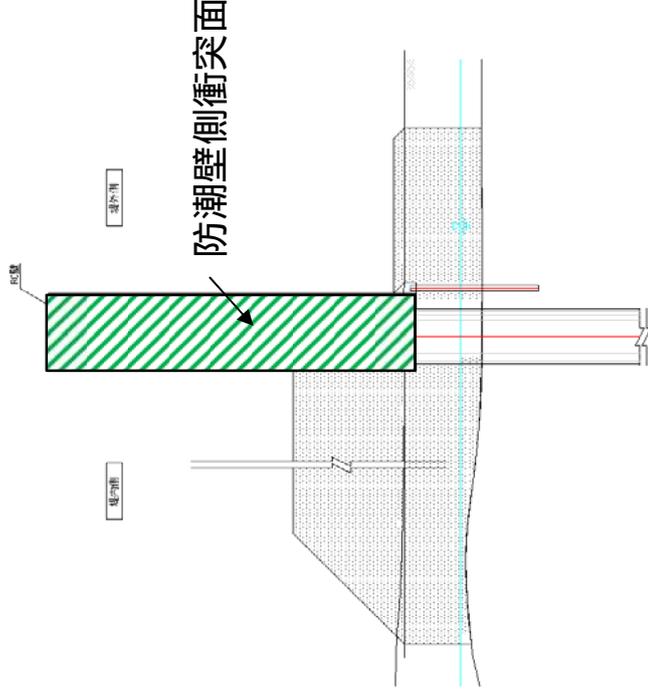
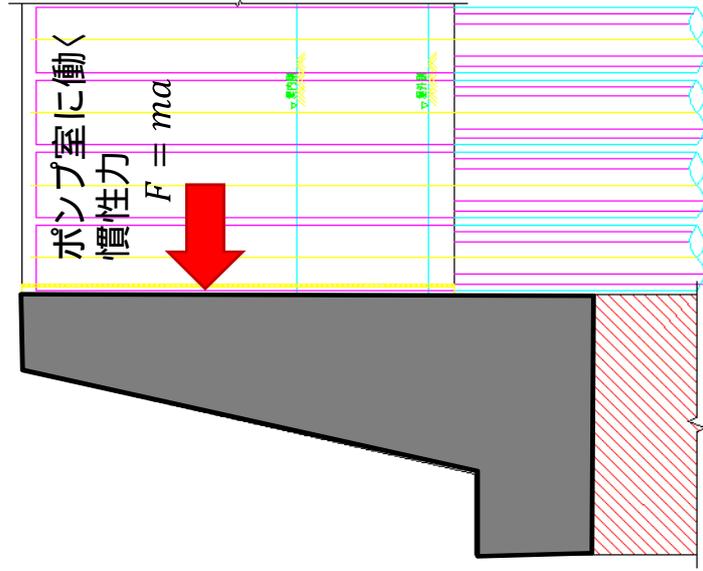
ここに、 $m$ はポンプ室側慣性力、 $a$ は地震時加速度

防潮壁側支圧応力 $\sigma_{cv}$

$$\sigma_{cv} = \frac{F}{b \cdot h} \leq \sigma_{ca}$$

ここに、 $b$ は防潮壁の幅、 $h$ は防潮壁高さ

支圧応力の許容応力は道示 下部構造編に従う



## 5. 止水ジョイント部の相対変位に対する止水機能の確保について

### 止水ジョイントの性能確認について

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁同士の標準部に設置する止水ジョイント(ゴムジョイント)および鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と地中連続壁タイプの鉄筋コンクリート防潮壁等、異種構造物間の境界等に設置する止水ジョイント(シートジョイント)の性能を確認するために止水ジョイントの耐圧試験等を実施する。
- ゴムジョイントの試験は、所定の変位を与えたくえで津波波圧相当の荷重での耐圧試験を実施する。
- シートジョイントの試験は、材料試験(定着部引張試験、母材引張試験、縫合部引張試験)、津波波圧相当の荷重での耐圧試験、母材の耐候性試験を実施する。



止水ゴムジョイント 耐圧試験(例)



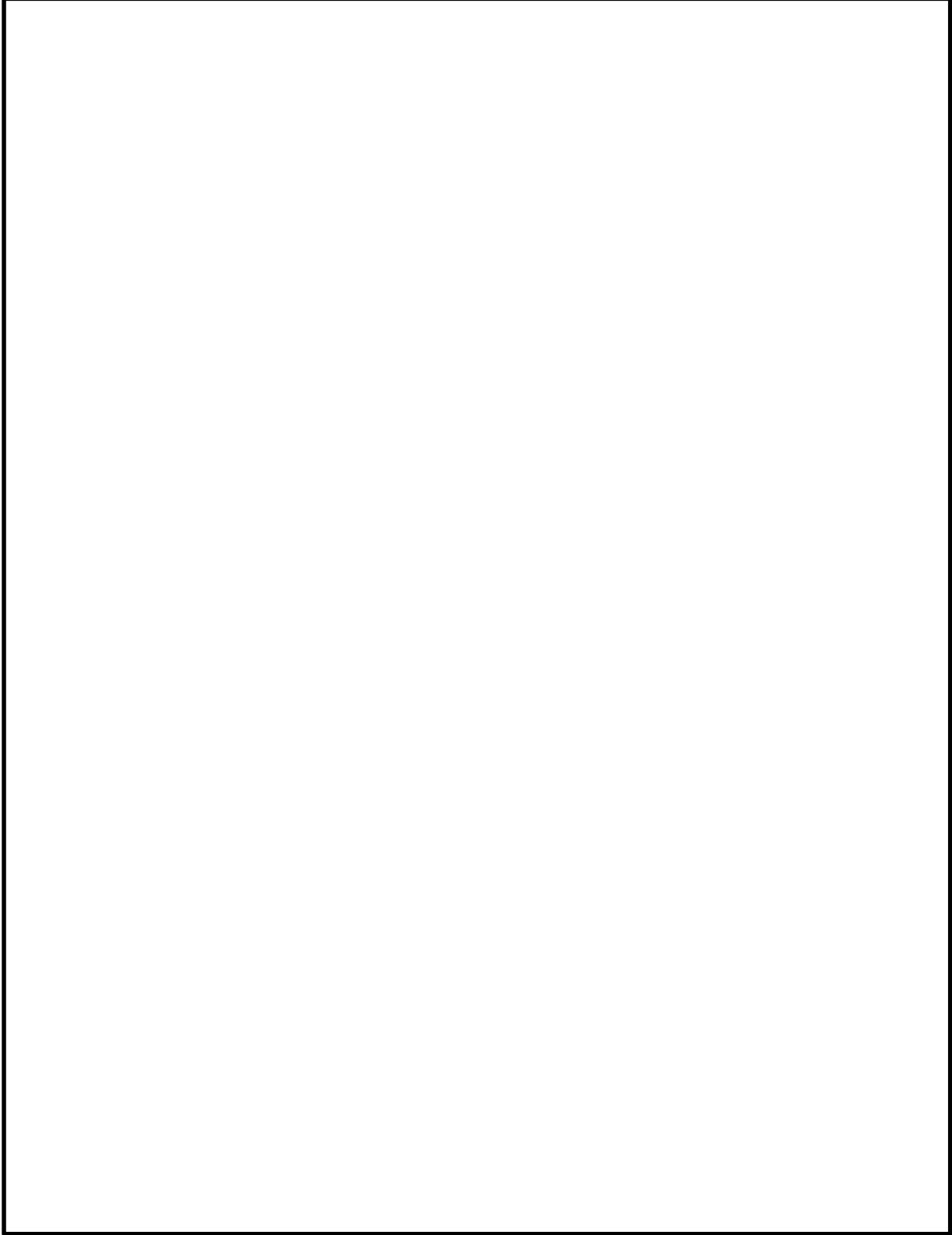
止水シートジョイント 耐圧試験(例)



## 6. 諸配管との交差部における耐震構造

6. 諸配管との交差部における耐震構造

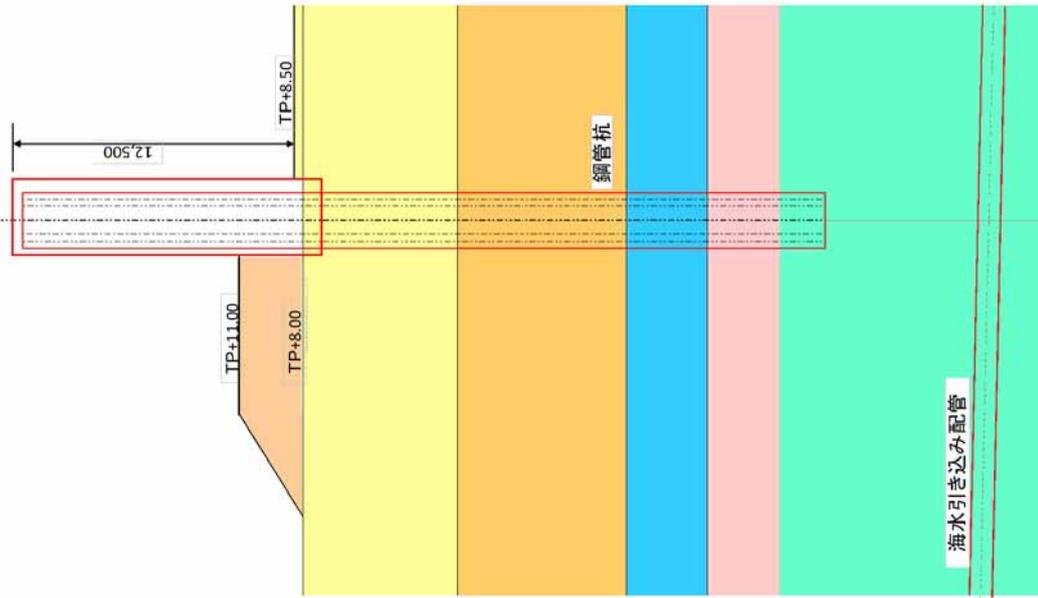
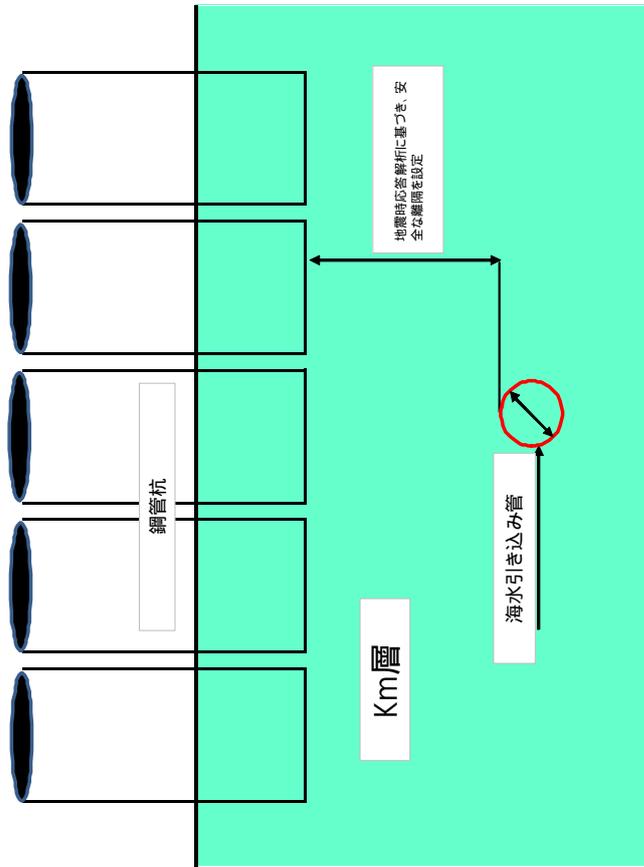
諸配管平面配置図



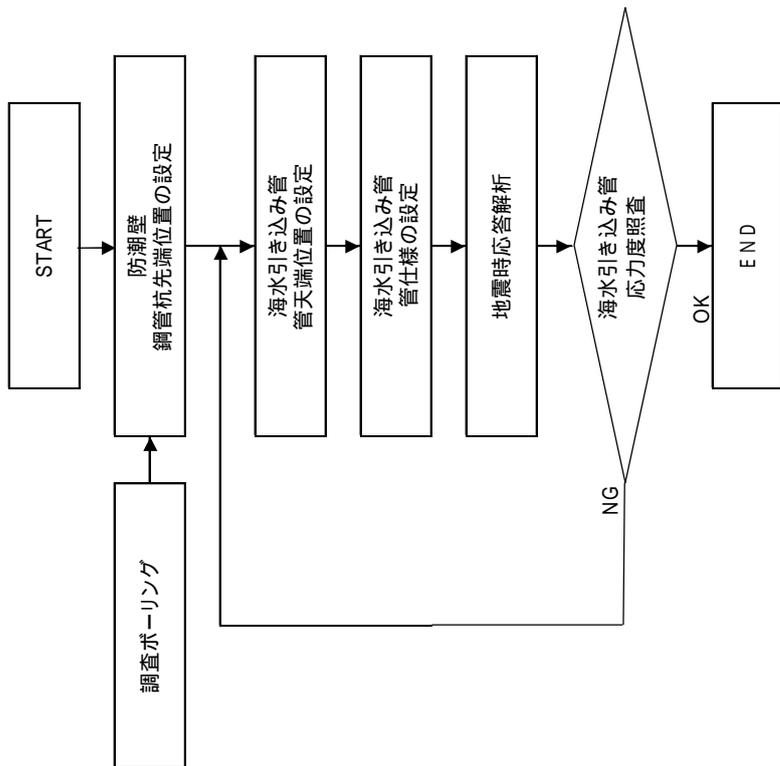
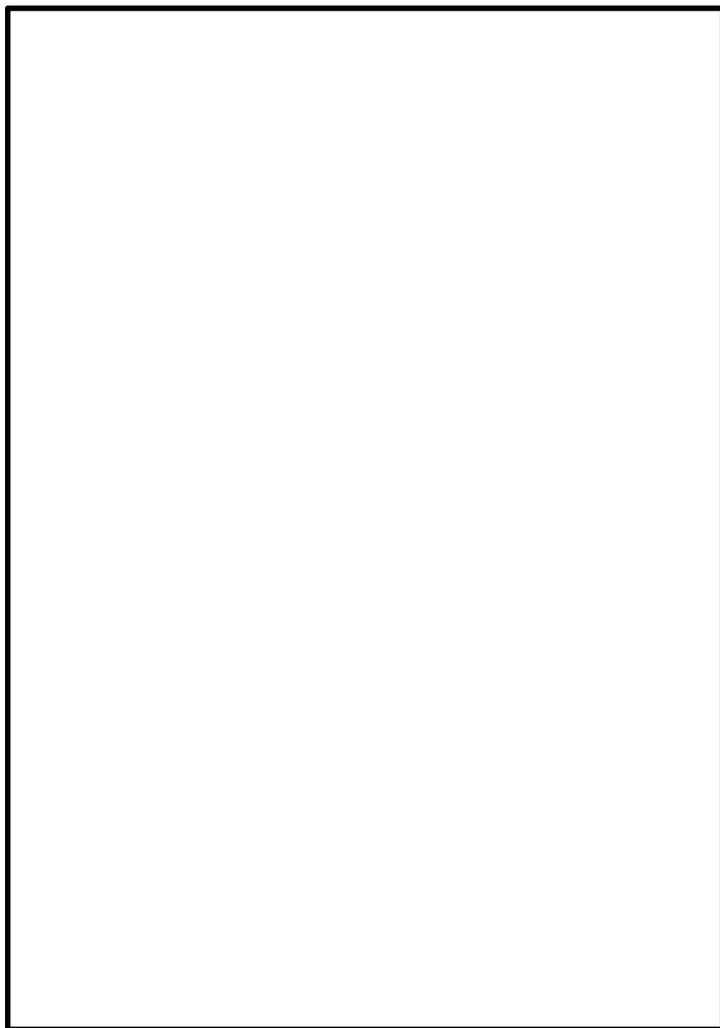
## 6. 諸配管との交差部における耐震構造 海水引き込み管 (1/2)

海水引き込み管は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部構造である鋼管杭先端より深い位置に設置される。

鋼管杭の先端と海水引き込み管天端の離隔は、『トンネル標準示方書 シールド工法編』を参照し、地震時応答解析に基づき、安全な離隔を設定する。



6. 諸配管との交差部における耐震構造  
海水引き込み管 (2/2)



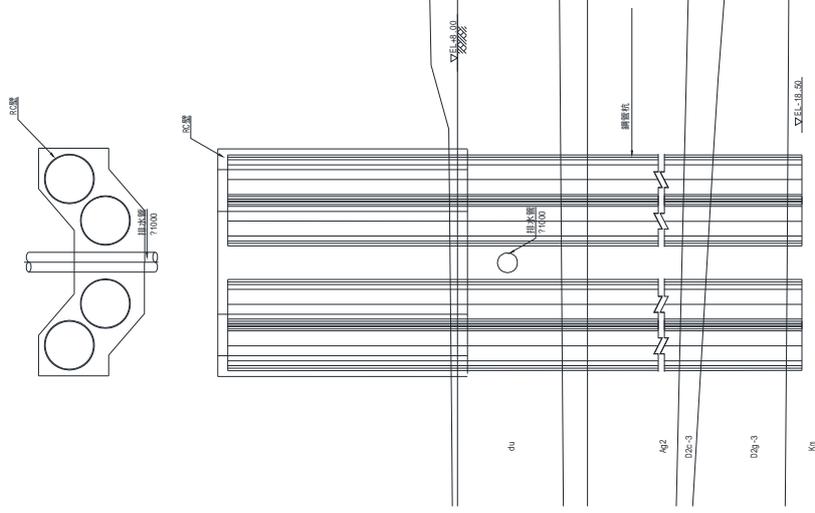
調査ボーリング位置図

海水引き込み配管設計フロー

## 6. 諸配管との交差部における耐震構造 一般排水路(排水管)

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と一般排水路（排水管）の交差部は、一般排水路（排水管）が鋼管杭間を横断できる構造とする。

一般排水路交差部の防潮壁は、標準部の防潮壁と比較して、むしろ弱軸方向の断面性能が上回る。



出口側集水水桁および入口側集水水桁の支持構造は、岩着支持杭とする。一般排水路については変位量、応力照査を行い杭支持仕様等を検討する。

## 7. ボイリング対策等に係る設計方針

## 7. ボイリング対策等に係る設計方針

### ボイリング対策、パイピング防止対策の検討方針(1/3)

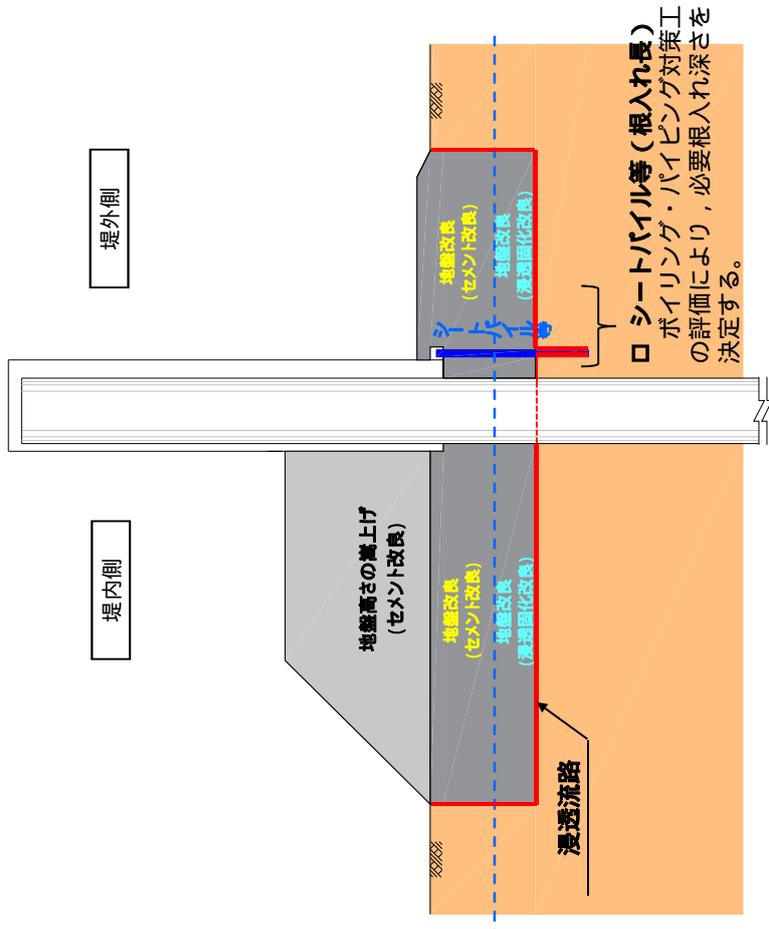
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、津波時に堤内側と堤外側に水位差を考慮し、ボイリング、パイピングが生じないように対策を講じる。

#### 【ボイリング対策内容】

- ・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側にシートパイル等を設置し、堤内側の土の重量とシートパイル等の先端位置に作用する水圧との比から必要根入れ深さを設定する。

#### 【パイピング対策内容】

- ・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側、堤内側の表層地盤に対して地盤改良を実施すると共に堤外側にシートパイル等を設置し、浸透流路長を増加させる。



## ボイリング対策、パイピング防止対策の検討方針(2/3)

### ボイリングの検討

ボイリングは、津波時の防潮壁前面と背面の水位差によって、堤内側に上向きの浸透流が生じ、この浸透圧が堤内側の有効重量を超えると発生する。よって、堤内側の土の重量とシートパイル先端位置に作用する平均過剰水圧との比を取って下式より照査する。

$$F_s = \frac{W}{u}$$

ここに、

$u$ : 土止め先端に作用する平均過剰間隙水圧

$W$ : 土の有効重量で下式による

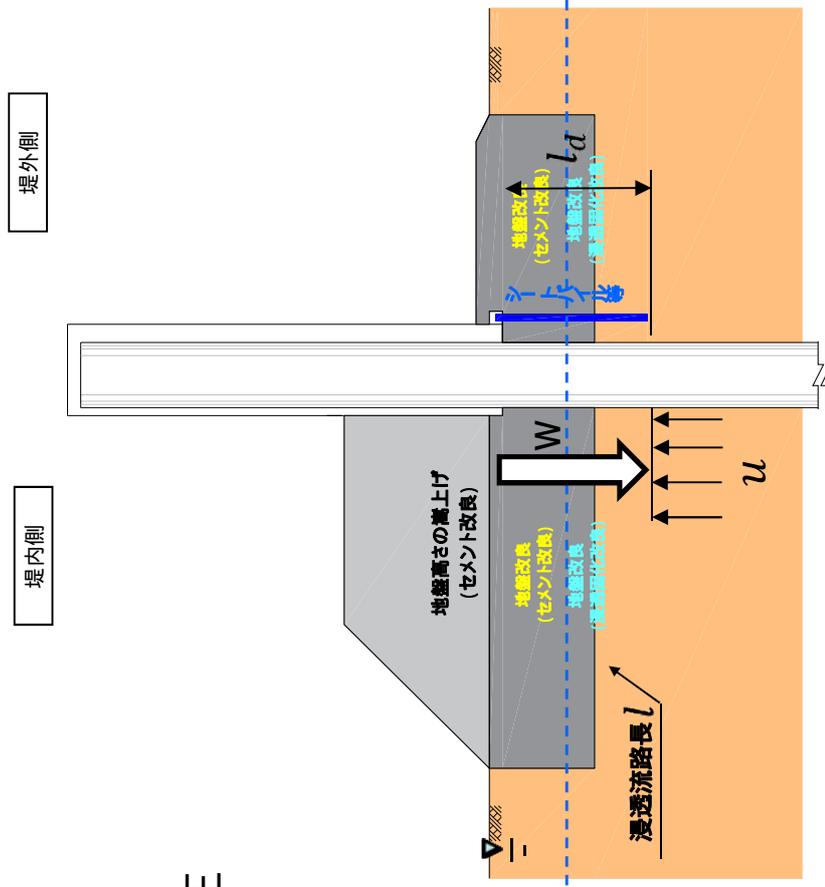
$$W = \gamma' l_d$$

ここに、

$\gamma'$ : 土の水中単位体積重量

$l_d$ : 土止め壁の根入れ深さ

なお、安全率は、土木学会トンネル標準示方書開削編に従い、 $F_s=1.5$ 以上を確保する。



### パイピングの検討

パイピングに対する検討は、浸透流路長と水位差の比を考慮した下式により算出する。

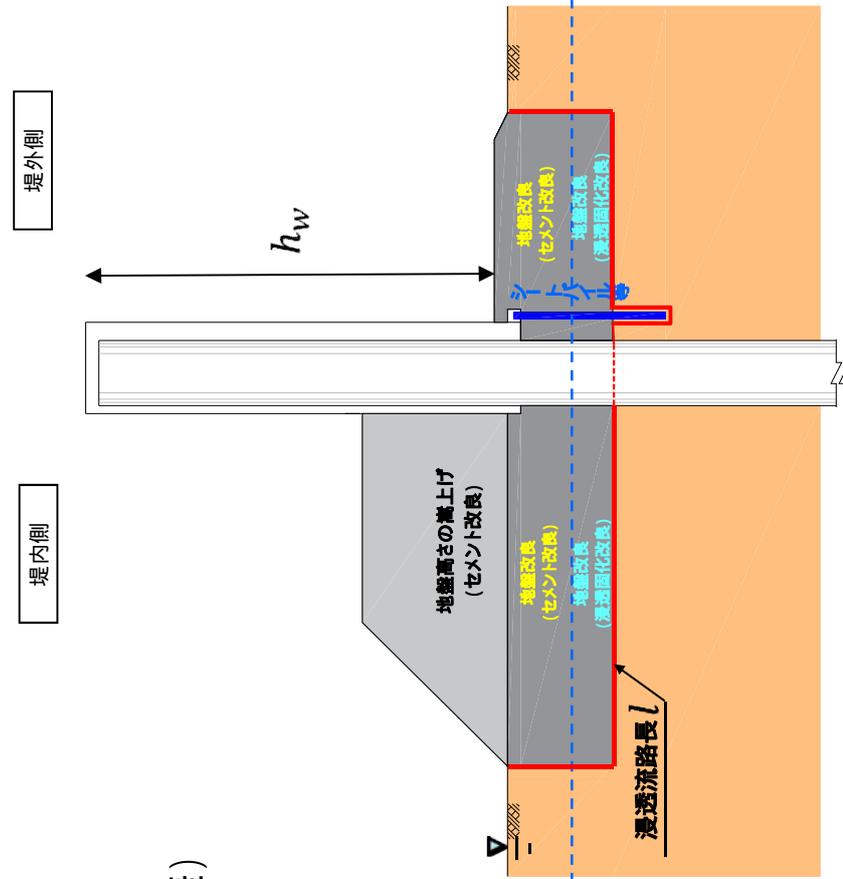
$$l/h_w \geq 2$$

ここに、

$l$ : 浸透流路長

$h_w$ : 水面から掘削底面までの高さ(水位差)

安全率は、土木学会トンネル標準示方書開削編に従い、 $F_s=2.0$ 以上を確保する。



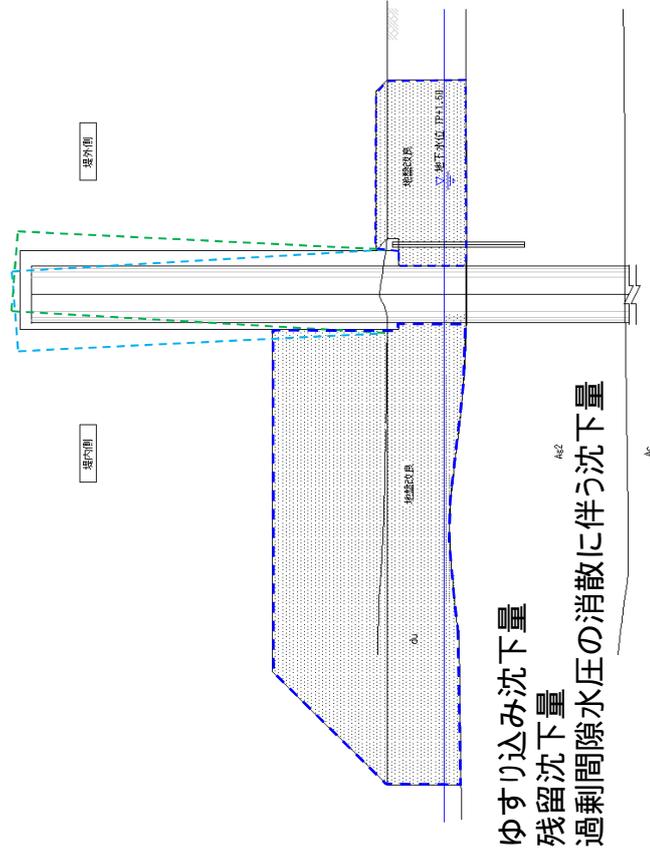
## 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の地盤根入れ長の設計方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の根入れ長は、地震時に生じる地表面の沈下量に基づき設定する。

考慮する地震時の沈下量は、

- 不飽和土層のゆすり込み沈下量
- FLIPにより算出された残留沈下量
- 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の地盤根入れ長 > 地震による地表面沈下量 = + +



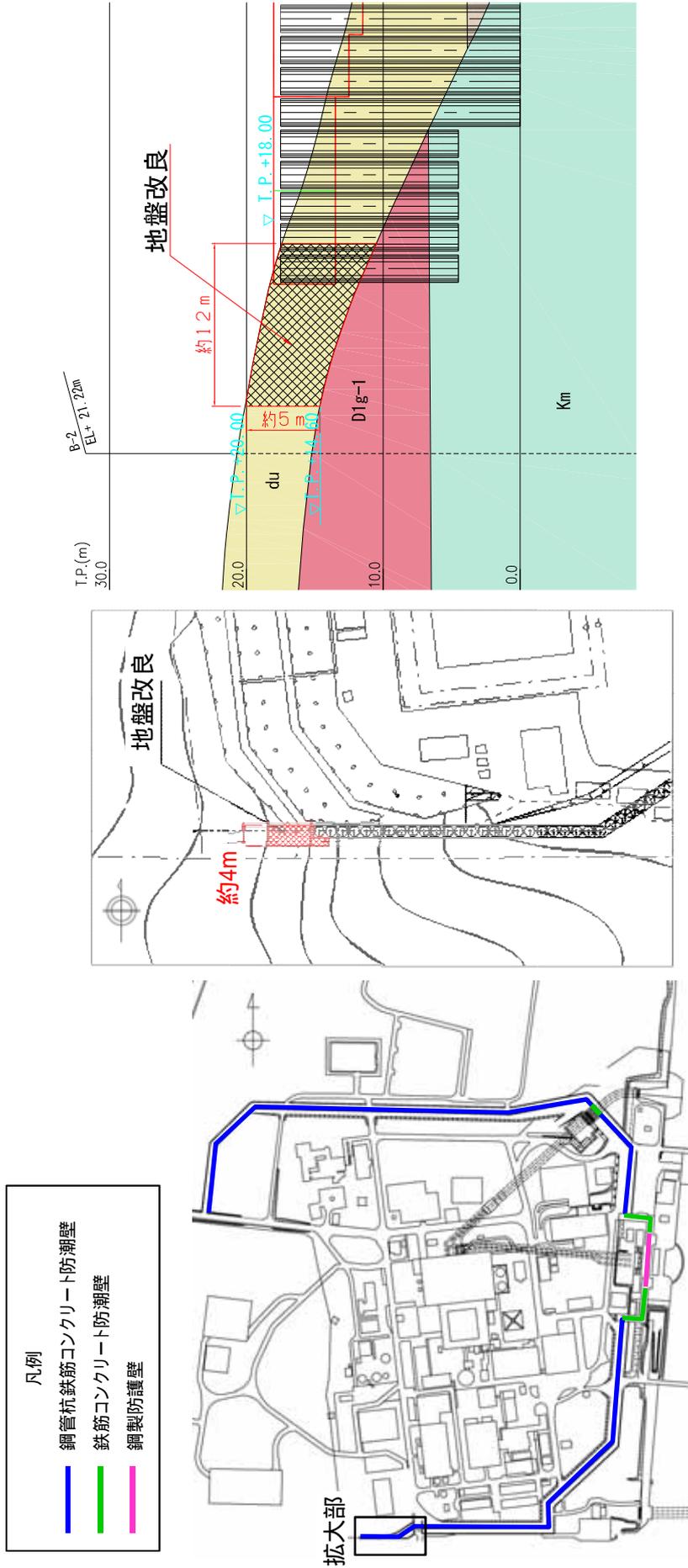
地震時及び地震後

7. ボイリング対策等に係る設計方針

敷地南側斜面摺り付け部の津波対策

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と南側斜面の摺り付け部において、津波による洗掘対策として表層地盤の地盤改良を実施する。

地盤改良の対象は、非常に硬い洪積礫層であるD1g-1層の上に堆積する完新統のdu層とし、防潮堤天端であるT.P.+18mに余裕を持たせてT.P.+20mまでの範囲とする。



## 貯留堰の構造及び仕様について

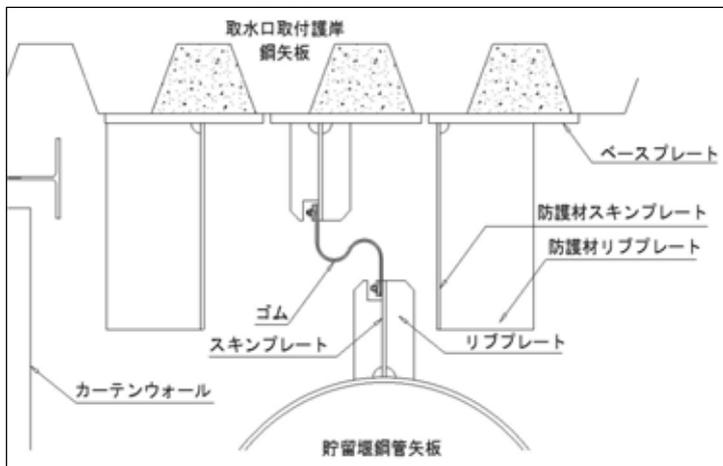
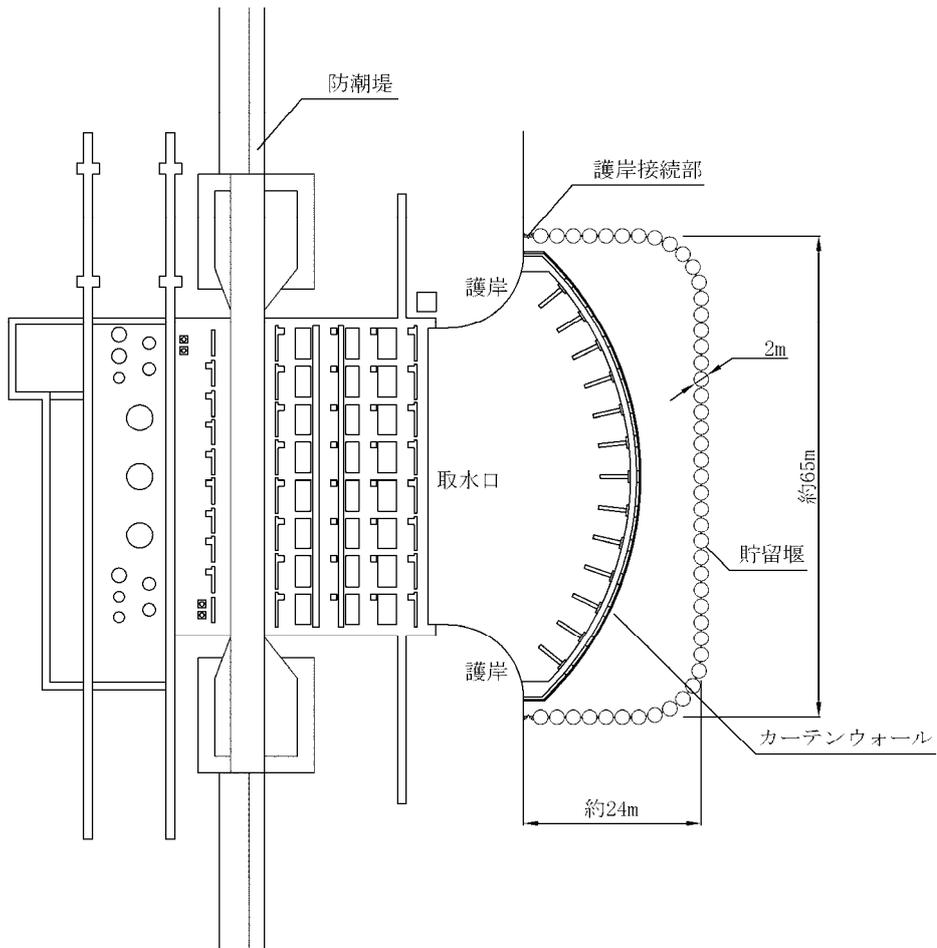
引き波による取水ピットの水位低下に対して、非常用海水ポンプの機能保持を目的として、取水口前面の海中に貯留堰を設置する。

本資料では、貯留堰の構造及び仕様について示すとともに、貯留堰に求められる海水の貯留機能を確保するため、設計において考慮している事項、施工において確認すべき事項について整理した。

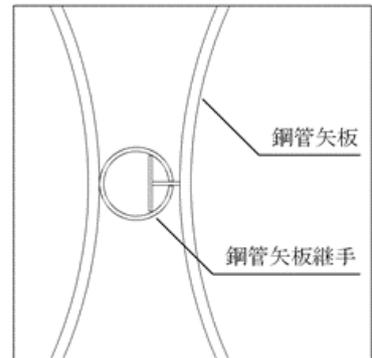
### 1. 貯留堰の構造及び仕様

貯留堰は、鋼管矢板、鋼管矢板同士を接続する鋼管矢板継手等からなる貯留部並びに止水ゴム、鋼板等からなる護岸接続部に大別される。

鋼管矢板は、2,000mmの炭素鋼鋼管であり、全47本の鋼管矢板を連続的に打設することにより堰形状を構成する。鋼管矢板は、下端を岩盤に十分根入れすることにより支持性能を確保するとともに、天端は、非常用海水ポンプの取水に必要な水量を確保するため、海底地盤レベルT.P. - 6.89mに対して天端高さをT.P. - 4.9mとしており、約2mの堰高さを有する。貯留堰の寸法は、約65m×約24mである。第1図に貯留堰の全体構造、第1表に貯留堰の主要仕様を示す。



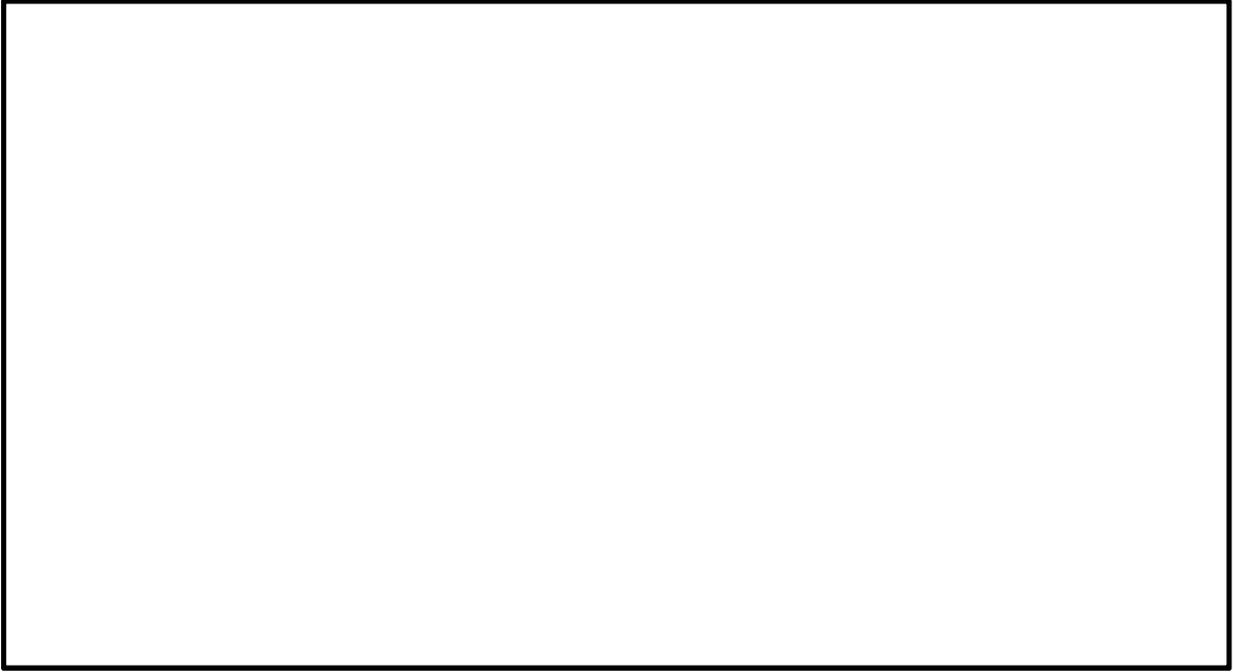
護岸接続部拡大（概略構造図）



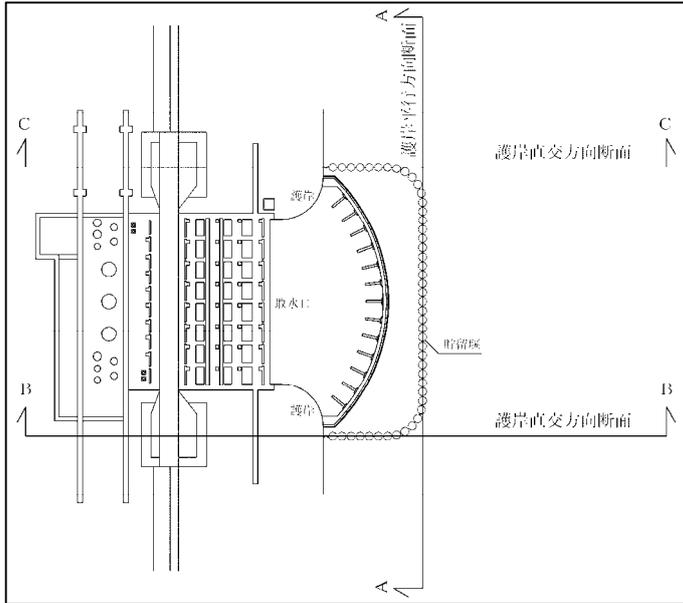
鋼管矢板継手部拡大（概略構造図）

（貯留堰平面図（貯留堰～海水ポンプ室））

第1図 貯留堰全体構造（1/4）



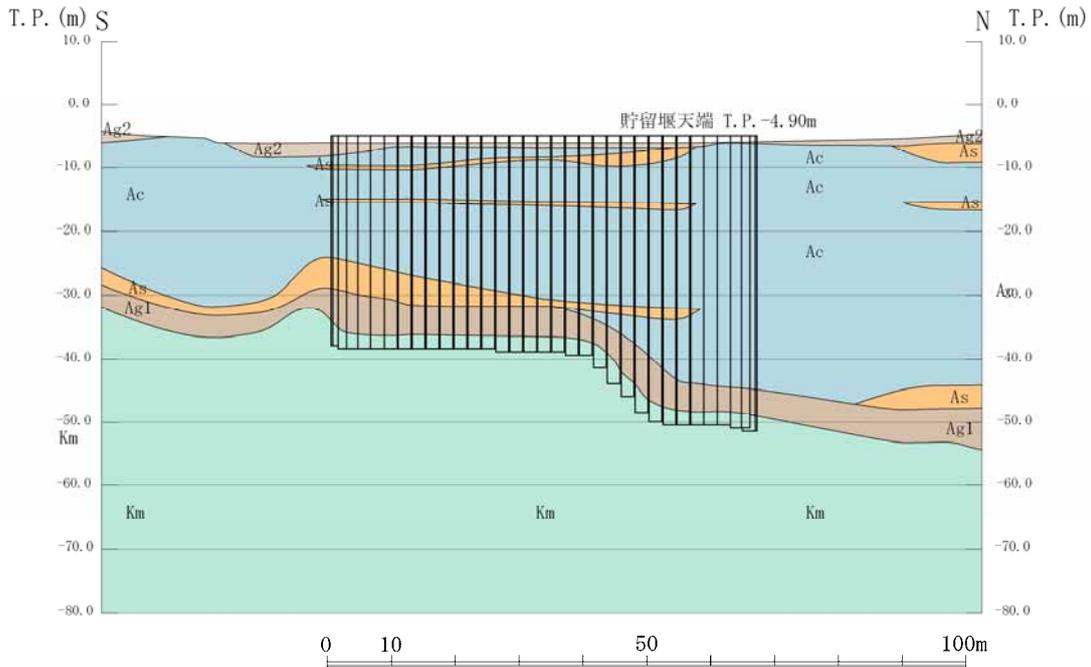
第1図 貯留堰全体構造 (2 / 4)



地質構成表

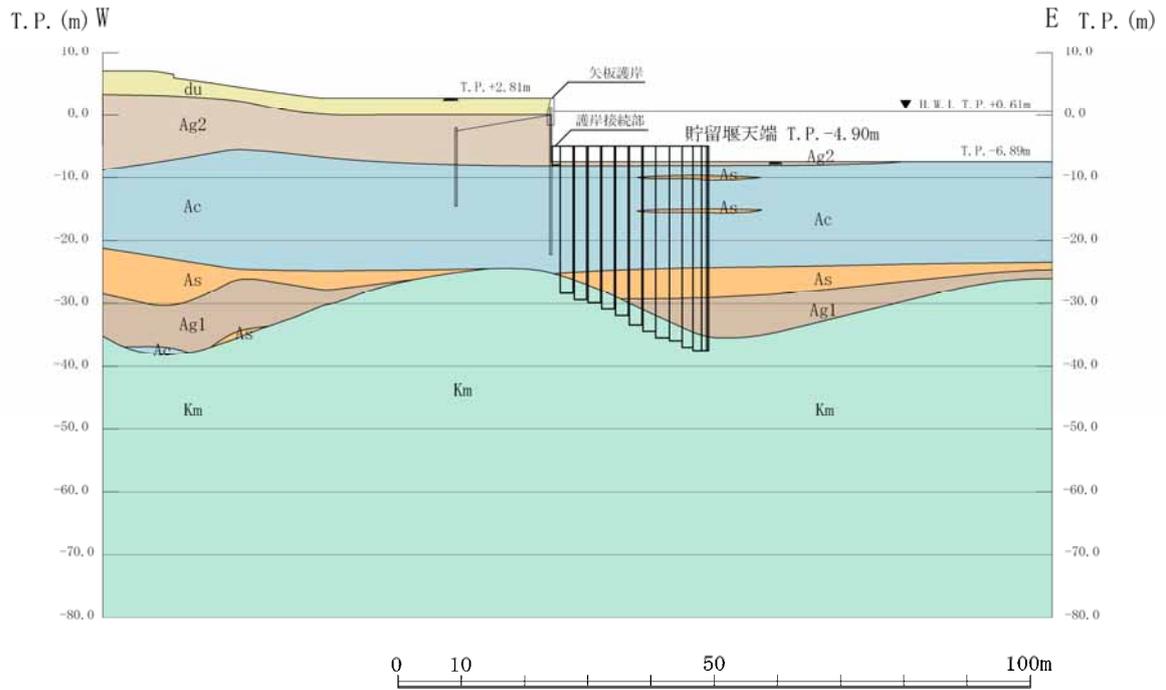
| 地質時代        | 地質区分        | 記号         | 岩相    | 備考         |                                    |
|-------------|-------------|------------|-------|------------|------------------------------------|
| 第<br>新<br>世 | 砂丘層         |            | du    | 砂          | 敷地全体に広く分布する。                       |
|             | 沖積低地<br>堆積層 | 久慈川<br>堆積層 | Ag2   | 砂礫         | 敷地全体に広く分布する。                       |
|             |             |            | Ac    | 粘土         | 久慈川が侵食した凹状の<br>谷を埋めて分布する。          |
|             |             |            | As    | 砂          |                                    |
|             |             |            | Ag1   | 砂礫         |                                    |
| 四<br>更<br>紀 | 低位段丘<br>堆積層 | 段丘堆積層2     | D2c-3 | シルト        | 敷地南部に埋没段丘として<br>分布する。              |
|             |             |            | D2s-3 | 砂          |                                    |
|             |             |            | D2g-3 | 砂礫         |                                    |
|             |             |            | D2c-2 | シルト        |                                    |
|             |             |            | D2g-2 | 砂礫         |                                    |
|             | 中位段丘<br>堆積層 | 段丘堆積層1     | Im    | ローム        | 敷地の南西部に分布し、<br>いわゆる鶴田段丘面を<br>構成する。 |
|             |             |            | D1c-1 | シルト        |                                    |
|             |             | D1g-1      | 砂礫    |            |                                    |
| 第三紀 鮮新世     | 久米層         | Km         | 砂質泥岩  | 敷地の基礎岩である。 |                                    |

断面位置図及び地質構成表

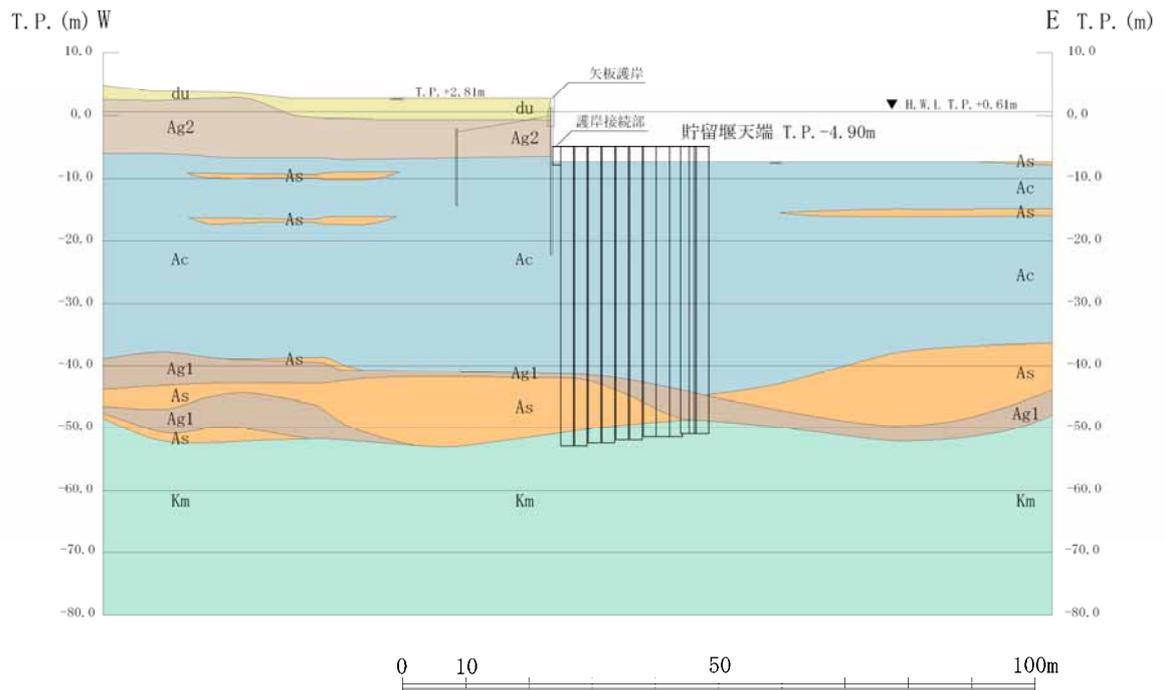


護岸平行方向断面 ( A - A 断面 )

第1図 貯留堰全体構造 ( 3 / 4 )



護岸直角方向断面 ( B - B 断面 )



護岸直角方向断面 ( C - C 断面 )

第1図 貯留堰全体構造 ( 4 / 4 )

第1表 貯留堰の主要仕様

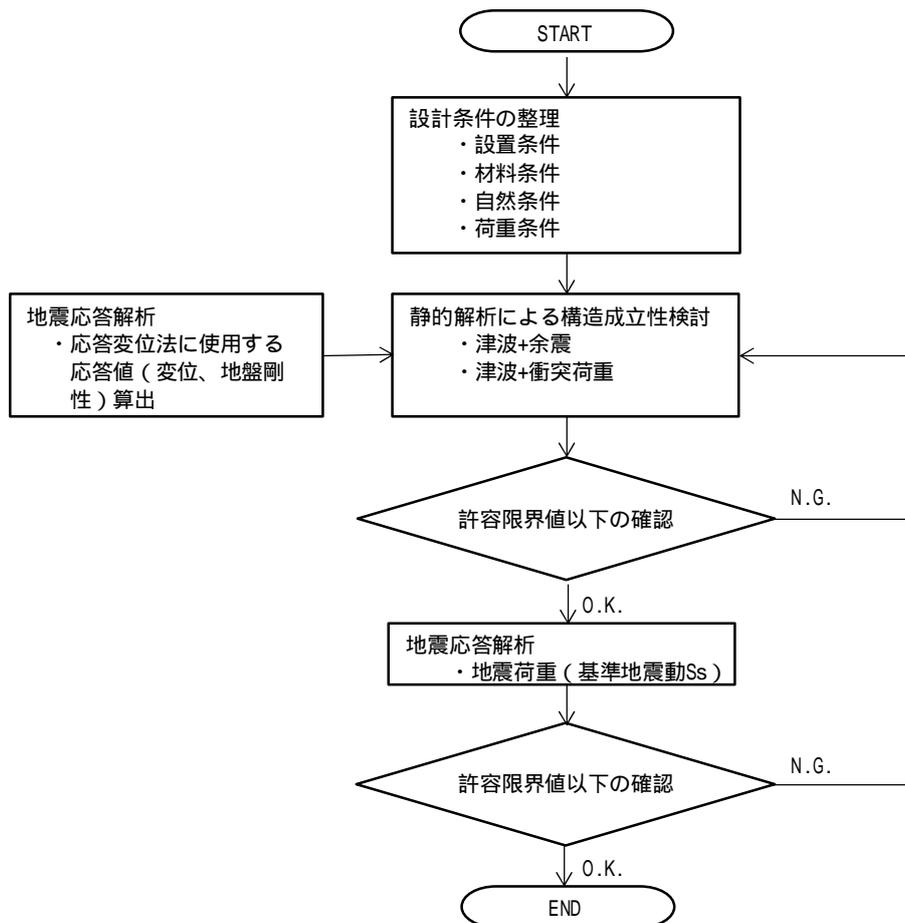
|        | 項 目                           |      | 仕 様   |
|--------|-------------------------------|------|-------|
| 鋼管矢板   | 材 料                           |      | SM570 |
|        | 寸 法 (mm)                      | 外 径  | 2000  |
|        | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引 張  | 255   |
|        |                               | 圧 縮  | 255   |
|        |                               | せん断  | 145   |
| 鋼管矢板継手 | 材 料                           |      | SM400 |
|        | 型 式                           |      | P-T型  |
|        | 寸 法 (mm)                      | 継手間隔 | 180   |
|        | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引 張  | 140   |
|        |                               | 圧 縮  | 140   |
|        |                               | せん断  | 80    |

## 2. 貯留堰の貯留機能確保のための考慮・確認事項

貯留堰は、津波防護施設であるため、「3.1 津波防護施設の設計」に記載のとおり、審査ガイドに基づき、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組合せた条件で設計を行うとともに、漂流物の衝突及び自然現象による荷重との組合せを適切に考慮することにより、耐震・耐津波設計上の十分な裕度を確保する。

このため、ここでは、貯留堰の海水貯留機能を確保するために漏水の防止の観点から、設計において考慮している事項及び施工において確認すべき事項について整理した。

貯留堰の耐震・耐津波設計における構造検討フローを第2図に、部材の健全性及び支持性能の観点から照査する項目と許容限界値を第2表に示す。



第2図 構造検討フロー

第2表 貯留堰の照査項目と許容限界値

| 鋼管矢板の照査項目 | 評価対象               | 許容限界値           |
|-----------|--------------------|-----------------|
| 部材の健全性    | 圧縮側縁応力及び<br>引張側縁応力 | 曲げ応力度及び<br>軸応力度 |
|           | せん断応力              | 許容せん断応力度        |
| 支持性能      | 押込み力               | 許容支持力           |

(1) 設計において考慮している事項

貯留堰の海水貯留機能を確保するため、以下に示す事項を考慮した設計としている。

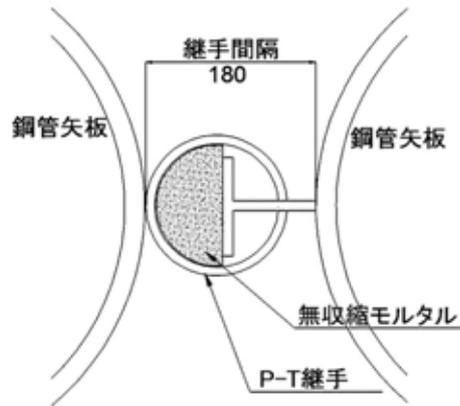
貯留部の鋼管矢板からの漏水防止

鋼管矢板間の止水性を確保するため、鋼管矢板同士は、鋼管矢板継手により連結する構造としている。鋼管矢板継手は、連結する片方の鋼管矢板に取り付けたP型の継手と、もう片方の鋼管矢板に取り付けたT型の継手を重ねることにより、鋼管矢板を連結する。

重ね合せ部には、袋体（モルタルジャケット）を挿入し、袋体の中に無収縮モルタルを充填することにより、重ね合せ部の止水性を確保する設計としている。本構造は、「廃棄物海面処分場施工要領（改訂版）」（（社）日本埋立浚渫協会（平成21年3月））に基づくものであり、管理型廃棄物埋立護岸等における汚染水の流出防止を目的として多くの適用実績がある。なお、上記施工要領は、斎藤等による鋼管矢板継手の遮水性能評価試験結果<sup>(1)</sup>に基づくものである。第3図に鋼管矢板継手の概略構造を示す。

斎藤等による遮水性能評価試験結果から、本構造の換算透水係数（ $\text{cm/s}$ ）は、 $1 \times 10^{-6}$ オーダーである。このため、換算透水係数を保守的に $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ とした上で、貯留堰において想定される漏水量を評

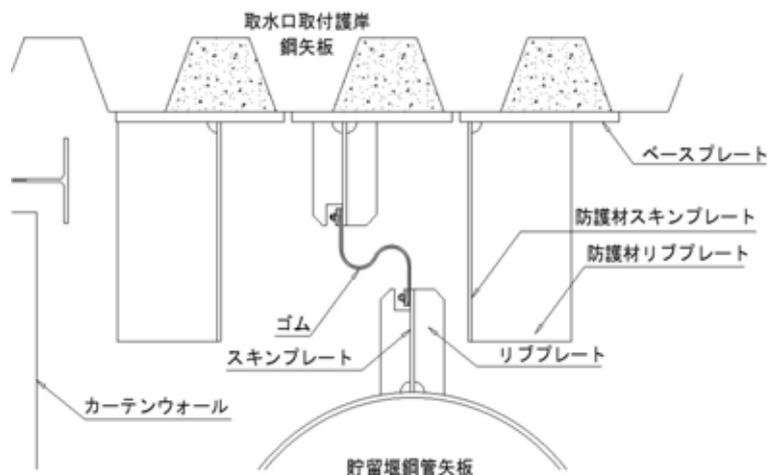
価した結果，非常用海水ポンプの取水可能時間に相当する30分間の漏水量は約 $0.1\text{m}^3$ であり，貯留堰の貯留性能に問題となる影響はないことを確認した。



第3図 鋼管矢板継手の概略構造

#### 護岸接続部からの漏水防止

護岸接続部においては，貯留堰と既設護岸との取り合い部からの漏水が想定される。このため，既設護岸前面と護岸との間には鋼板を介した止水ゴムジョイントを設置することで，護岸接続部からの漏水を防止する設計としている。この構造により，貯留堰と護岸に相対変位が生じた場合においても，たわませて設置した止水ゴムジョイントの変形により，鋼管矢板への影響を防止する。第4図に護岸接続部の概略構造を示す。



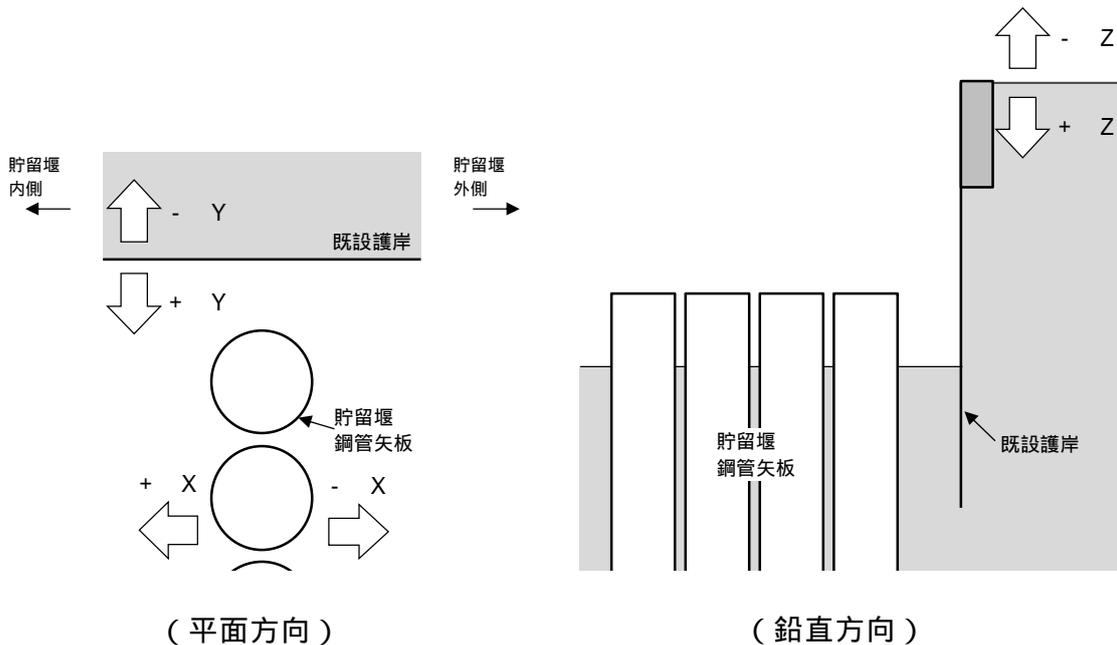
第4図 護岸接続部の概略構造

護岸接続部の耐震・耐津波設計においては、部材の健全性及び止水性能の観点から、津波による荷重及び地震時の相対変位にて照査を行う。考慮する相対変位として、既設護岸法線平行方向、法線直角方向および鉛直方向（第5図に示す $\pm X$ 、 $\pm Y$ および $\pm Z$ ）の3方向において、以下の2ケースを設定する。

- ・地震時：地震時の既設護岸と貯留壁の最大相対変位を考慮
- ・重畳時：地震時残留相対変位と（余震＋津波）による最大相対変位の合計を考慮

また漂流物の衝突による止水ゴムジョイントの損傷を防ぐため、止水ゴムジョイントの内側・外側に鋼製の防護材を設置する。

第5図に止水ゴムジョイントと既設護岸との相対変位の考え方を示す。



第5図 止水ゴムジョイントと既設護岸との相対変位の考え方

## (2) 施工において確認すべき事項

(1)に記載した設計において考慮した事項は、施工において適切に管理することにより達成できる。このため、設計で考慮した事項に対して、施

工において確認すべき事項について整理する。

#### 貯留部の鋼管矢板からの漏水防止

鋼管矢板に予め設置された鋼管矢板継手内にモルタルを確実に充填するためには、鋼管矢板を精度良く打設する必要がある。このため、鋼管矢板は、位置決めされた導材に沿わせて打設する。また、鋼管矢板の打設位置、傾斜及び高さ並びに鋼管矢板継手の状態について、打設中及び打設後に測量機器等により確認する。

鋼管矢板継手へのモルタルの充填に当たっては、継手内の土砂の排土が必要であるため、所定の深度までの排土が完了していることを確認する管理を行う。

その後、継手からのモルタルの漏出防止のため、モルタルを充填する全深度に対して、袋体（モルタルジャケット）を挿入し、継手内にモルタルを打設し打ち上げる。袋体の挿入状況及びモルタルの充填状況については、潜水土にて確認するとともに、規定数量のモルタルが充填されたことを流量計等により確認する。

#### 護岸と鋼管矢板の接続部の施工管理

護岸と止水ゴムジョイントの接続のため、既設護岸に鋼板を溶接にて接続する。溶接は水中溶接にて施工する計画であり、溶接部については、母材の表面状態の確認等を行い溶接の品質管理を実施すると共に既設護岸部の板厚検査等を実施し、構造強度の担保を行う。

### (3) 貯留堰の海水貯留機能に係る事項の整理

上述(1)及び(2)を踏まえ、貯留堰の海水貯留機能喪失に至る事象として、

漏水に対する設計における考慮事項及び施工における確認事項を整理した。  
第3表に貯留堰の漏水に対する対応事項を示す。

第 3 表 貯留堰の漏水に対する対応事項

| 部位        | 想定事象                      | 想定事象に対する対応事項                    |                                                   |
|-----------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
|           |                           | 設計                              | 施工                                                |
| 貯留部       | 鋼管矢板及び<br>鋼管矢板継手<br>からの漏水 | 鋼管矢板継手内への<br>無収縮モルタルの充<br>填     | 計測機器等による鋼管<br>矢板の設置状態の確認<br>(位置, 傾斜, 高さ, 状<br>態等) |
|           |                           |                                 | 鋼管矢板継手内の排土<br>状況の確認                               |
| 護岸接<br>続部 | 護岸と鋼管矢<br>板接続部から<br>の漏水   | 護岸と鋼管矢板との<br>間に止水ゴムジョイ<br>ントの設置 | 既設護岸の構造の確認<br>(板厚)及び水中溶接の<br>品質管理                 |

### 3. 参考文献

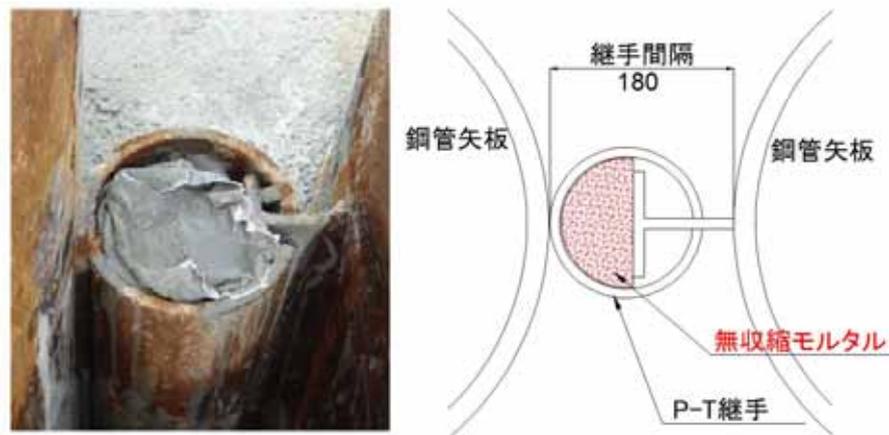
- (1) 斎藤等：鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第56回年次学術講演会，2001

## 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について

## 1. 漏水量の評価方針

貯留堰は、鋼管矢板連続壁として止水機能を確保している。鋼管矢板連続壁は、鋼管同士を継手により連結した構造であり、鋼管矢板継手部（P-T継手）へのモルタル充填を行う。

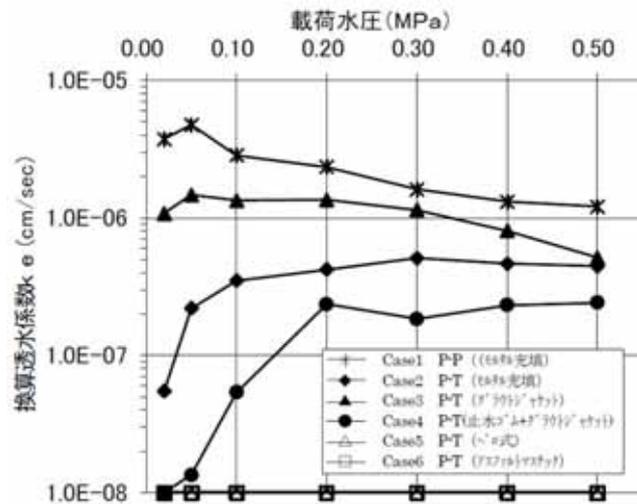
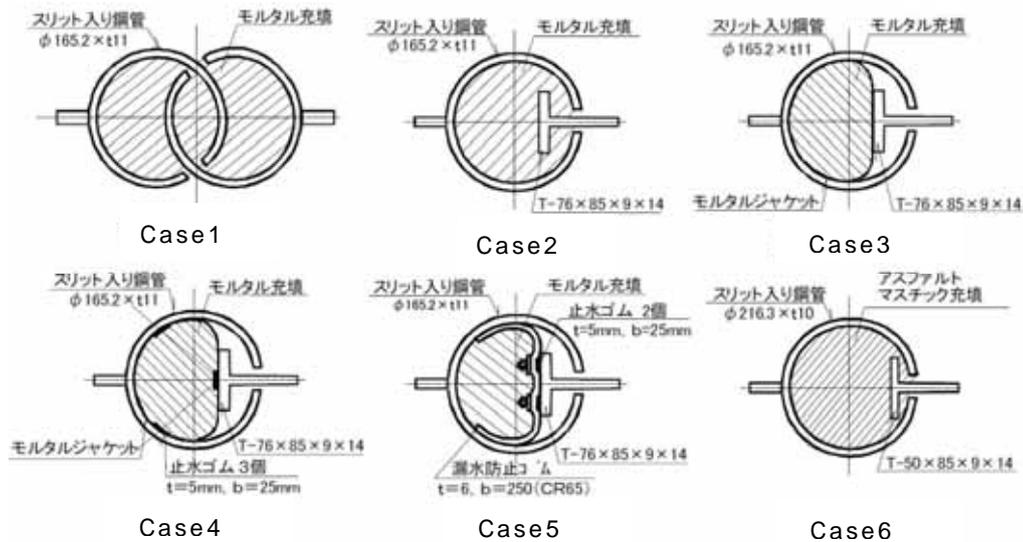
継手部にモルタルを充填した状態（事例写真および構造概要）を第1図に示す。



第1図 モルタルによる継手部止水処理図

斎藤等の「鋼管矢板継手の遮水性能評価試験」(土木学会第56回年次学術講演会, 2001)で報告された、継手部にモルタルを充填した場合の止水性能の結果を第2図に示す。継手部へのモルタル充填には、施工性を考慮して袋体(モルタルジャケット)を用いることから、継手部(P-T継手部)の換算透水係数は、 $1 \times 10^{-6}$ オーダー(Case3)であることから、本検討の止水性能の評価に用いる換算透水係数は、保守的に $1 \times 10^{-5}$ とする。

なお，斎藤等の評価における止水性能の換算透水係数は，鋼管矢板外縁で降伏点を超える程度の変形状態を載荷試験により再現し，載荷後の変形した継手部に対して耐水試験を実施した結果から得られたものである。



第 2 図 鋼管矢板継手部止水処理形状および止水性能評価試験結果

(斎藤等:鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第 56 回  
年次学術講演会，2001)

## 2. 漏水量の評価結果

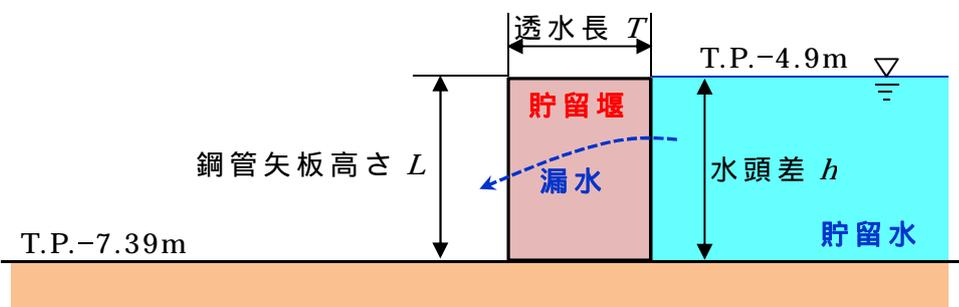
換算透水係数  $ke = 1 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$  を用い、また貯留堰内の水位が貯留堰天端高さを下回る時間を保守的に 30 分と仮定し、漏水量を算定した。

$$\begin{aligned} Q &= n \times q \\ &= n \times A \times ke \times i \\ &= n \times B \times L \times ke \times h / T \end{aligned}$$

ここに、

- $Q$  : 全漏水流量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )
- $n$  : 継手箇所数 (鋼管矢板打設本数 47 本、継手箇所数は 46 箇所として計算)
- $q$  : 継手 1 箇所あたりの漏水流量 ( $\text{cm/s}$ )
- $A$  : 断面積 ( $\text{cm}^2$ ) ( $= B \times L$ )
- $B$  : 換算透水係数算出時に用いた鋼管矢板の幅 ( $= 1.0 \text{ m}$ )<sup>1</sup>
- $L$  : 鋼管矢板高さ (= 水頭差  $h$ ) ( $= 249 \text{ cm}$ )<sup>2</sup>
- $ke$  : 換算透水係数 ( $= 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ )
- $i$  : 動水勾配
- $h$  : 水頭差 (= 鋼管矢板高さ  $L$ ) ( $= 249 \text{ cm}$ )<sup>2</sup>
- $T$  : 換算透水係数算出時に用いた透水長 ( $= 50 \text{ cm}$ )<sup>1</sup>

- 1 斎藤らは鋼管矢板継手 6 種類に対し、鋼管矢板の縁ひずみが材料降伏点以上になるように曲げ載荷した後、試験体を取り出し遮水試験を行った。段階的に水圧を載荷した遮水試験結果から、ダルシー則を参考に換算透水厚さを 50cm とし、継手部の換算透水係数を求めている。
- 2 水頭差  $h$  は時間とともに変化する値であるが、保守的に海域の水量がないものとして算定した。



$$\begin{aligned} Q &= n \times B \times L \times ke \times h / T \\ &= 46 \times 100 \text{ cm} \times 249 \text{ cm} \times 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s} \times 249 \text{ cm} / 50 \text{ cm} \\ &= 57 \text{ cm}^3/\text{s} \end{aligned}$$

取水可能継続時間を 30 分 (1,800 s) とした場合 , 漏水量  $V$  は以下のとおり。

$$\begin{aligned} V &= Q \times 1,800 \text{ s} \\ &= 57 \text{ cm}^3/\text{s} \times 1,800 \text{ s} \\ &= 102,600 \text{ cm}^3 \\ &= 0.10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

以上の算定結果より , 30 分間での貯留堰からの漏水量は約  $0.10\text{m}^3$  であることから , 貯留堰の貯留性能に問題となる影響はないことを確認した。