

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-2-10 改 16
提出年月日	平成 29 年 9 月 19 日

## 東海第二発電所

### 津波による損傷の防止

平成 29 年 9 月

日本原子力発電株式会社

## 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 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
- 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
- 3 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
- 4 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について
- 5 管路解析のモデルについて
- 6 管路解析のパラメータスタディについて
- 7 港湾内の局所的な海面の励起について
- 8 入力津波に用いる潮位条件について
- 9 津波防護対策の設備の位置付けについて
- 10 常用海水ポンプ停止の運用手順について
- 11 残留熱除去系海水ポンプの水理実験結果について
- 12 貯留堰設置位置及び天端高さの決定の考え方について
- 13 基準津波に伴う砂移動評価
- 14 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
- 15 漂流物の移動量算出の考え方
- 16 津波漂流物の調査要領について
- 17 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 18 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
- 19 津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価について
- 20 地震後の防波堤の津波による影響評価について
- 21 鋼製防護壁の設計方針について
- 22 鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について
- 23 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計方針について
- 24 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について
- 25 防潮扉の設計と運用について
- 26 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- 27 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
- 28 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
- 29 各種基準類における衝突荷重の算定式及び衝突荷重について
- 30 放水路ゲートの設計と運用について
- 31 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について
- 32 貯留堰の構造及び仕様について
- 33 貫通部止水対策箇所について
- 34 隣接する日立港及び常陸那珂港区の防波堤の延長計画の有無について

- 3 5 防波堤の有無による敷地南側の津波高さについて
- 3 6 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
- 3 7 設計基準対象施設の安全重要度分類クラス3の設備の津波防護について
- 3 8 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）

(b) 発電所敷地外における漂流物調査結果

発電所敷地外には，民家，商業施設，倉庫等の他，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構，日立LNG基地，モータプール，常陸那珂火力発電所，工場等の施設があり，これらを含めて調査した結果を以下に示す。

また，発電所から北方約4kmの位置に久慈漁港があるため，漁船が発電所付近で操業することを考慮して調査を実施した結果を以下に示す。

発電所敷地外の調査範囲には，民家の家屋，商業施設，学校，工場等の建物類等が点在しており，これらを抽出した。また，鉄塔，電柱，車両等を抽出した。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構では，建物類等として，，，，，等が抽出された。設備類等については，等の設備，資機材等の他，車両，防砂林等が抽出された。

茨城港日立港区の日立LNG基地では  等の建物類等が抽出された。設備類等として，タンク等の設備，資機材等の他，車両が抽出された。

茨城港日立港区のモータプールでは，建物類等として ，設備類等として，，自動販売機等が抽出された。

茨城港日立港区の工場では，等の建物類等が抽出された。設備類等としては，等の他，車両が抽出された。

茨城港日立港区の船舶として，，車両，等のが抽出された。

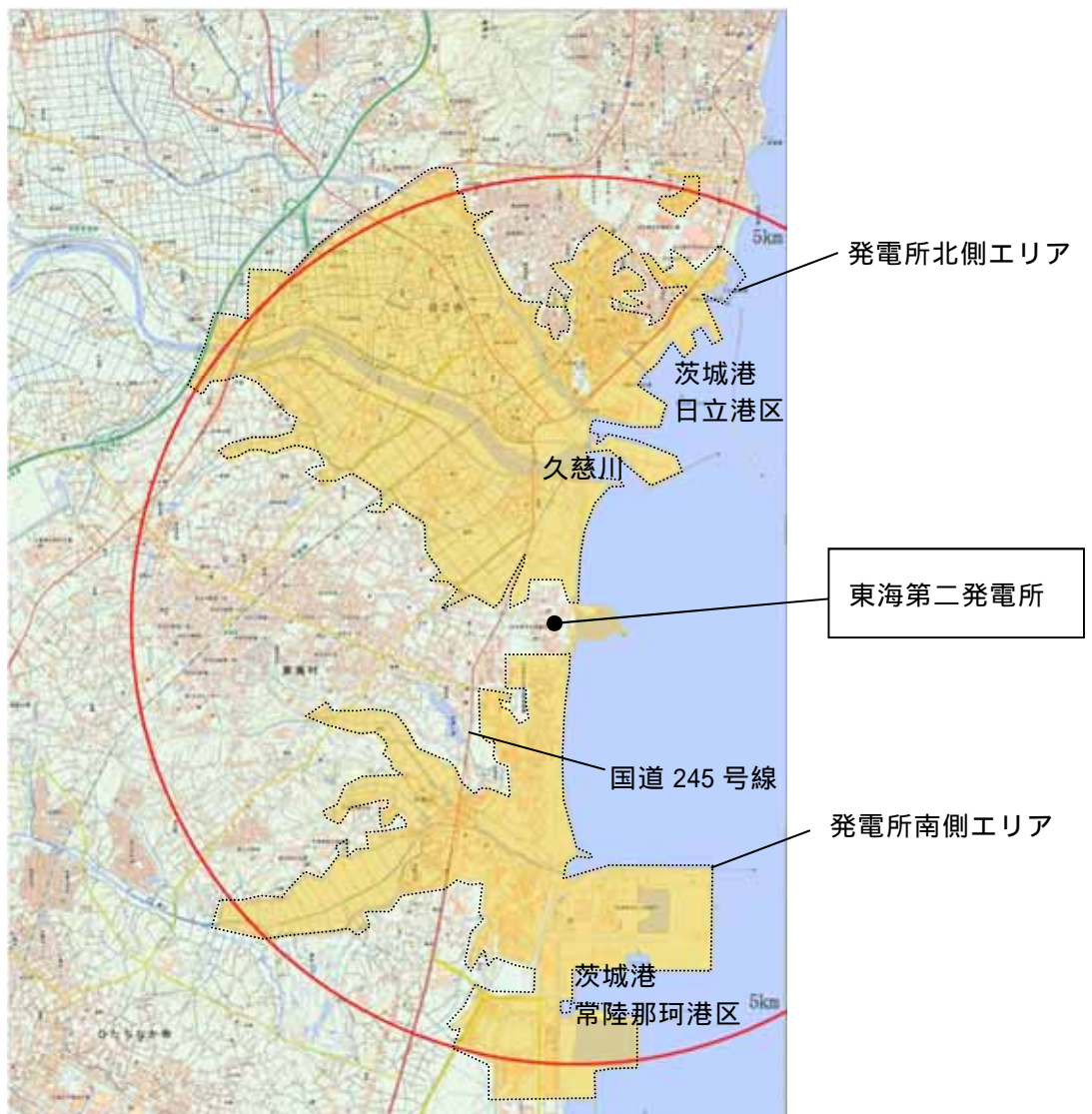
茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所では，，等の建物類等が抽出された。設備類等としては，

[ ]等の機器，資機材類の他， [ ]  
[ ]，車両等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所以外の箇所については，建屋，倉庫等の建物類等，クレーン，コンテナ，車両等の設備類等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の船舶として， [ ]が抽出された。

第 2.5-21 図に発電所敷地外における漂流物調査のエリアを示す。また，第 2.5-12 表～第 2.5-19 表に発電所敷地外における漂流物調査結果を示す。



■ : 調査範囲（基準津波の遡上域を包絡した範囲）

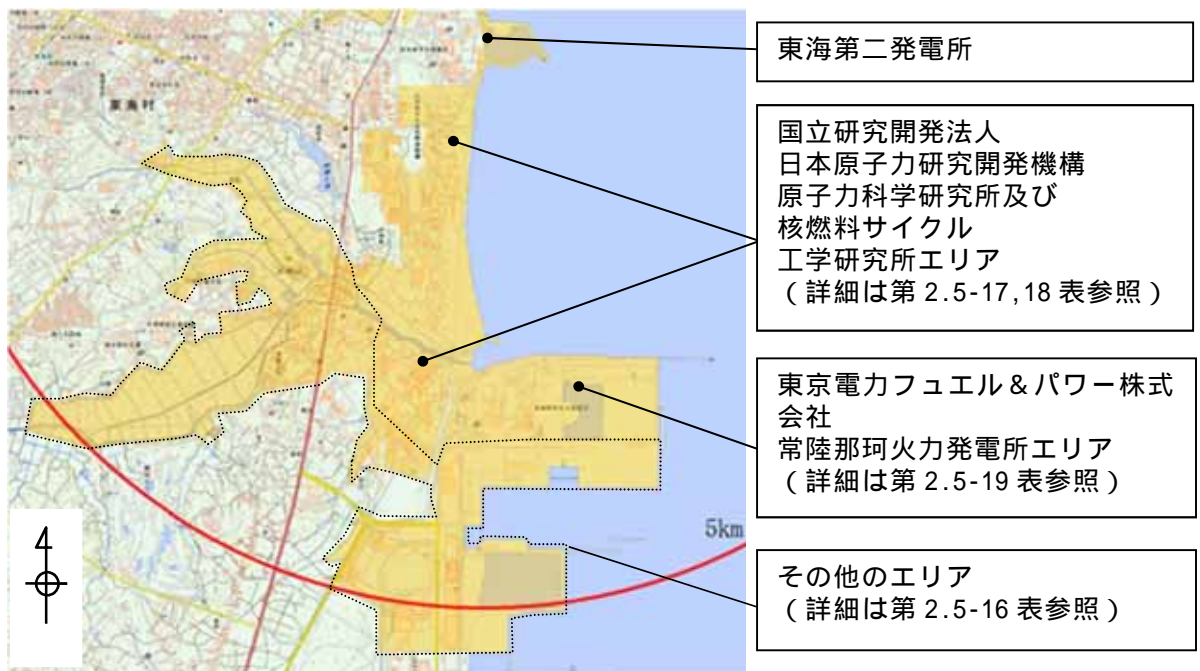
第 2.5-21 図 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図（1 / 2）



< 発電所北側エリア >



< 発電所南側エリア >



第2.5-21図 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図 (2 / 2)

第2.5-12表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（1/2）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類
船舶	漁船	敷地外	35	航行/停泊	-	5t未満	・漁船が発電所付近で操業することを考慮すると津波襲来時に漂流する可能性があるが、取水口を完全に閉塞することはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 ・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	C
船舶	漁船	敷地外	7	航行/停泊	-	5～20t		B

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等	衛生センター	敷地外	一式	設置	-	-	-	< 本体 > ・地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることがはないと考えられる。	< 本体 > A
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	-	-	-	< がれき類 > ・地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	< がれき類 > B
建物類等	公共施設	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	-	-	-		

第2.5-12表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（2/2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	-	-	-	<p>&lt;本体&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。</li> </ul>	<本体> A
建物類等	学校	敷地外	一式	設置	-	-	-	<p>&lt;がれき類&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。</li> </ul>	<がれき類> B
建物類等	欽塔	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	-	-	-		
設備類等	柵	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震又は津波の波力により損壊し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。</li> </ul>	B
設備類等	石油タンク	敷地外	一式	設置	-	-	-		
設備類等	電柱，街灯	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり，気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。</li> </ul>	A
設備類等	臺石，記念碑	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波の波力により滑動し漂流する可能性があるが，設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。</li> </ul>	B
設備類等	普通車，大型車	敷地外	約3500	駐車	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波の波力により倒木し，漂流するおそれがあるが，防砂林の分布及び流況から取水口へは到達しないと考えられる。</li> </ul>	B
設備類等	防砂林	敷地内	-	-	-	-	-		

第2.5-11図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-13 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立 LNG 基地）（1/2）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	重量 （最も大きなもの を記載）	評価	分類
船舶								
設備類等								

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									

第 2.5-13 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立 LNG 基地）（2 / 2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等									
建物類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-14 表 漂流物検討対象選定結果一覧表  
 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所埠頭工場）（1/2）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きな ものを記載）	評価	分類
船舶								

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等									
建物類等									
設備類等									
設備類等									

第 2.5-14 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所埠頭工場）（2/2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等	電柱								
設備類等	大型車・普通車								

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-15 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（茨城港日立港区モータープール）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類
船舶								

5 条 2.5-65

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等	街灯								
設備類等	普通車								
設備類等									

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。  
 分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。  
 分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。  
 分類 D：漂流物対策を実施する。



第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（その他）（1/2）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類
船舶								
船舶								

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	-	-	-	< 本体 > ・地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。	< 本体 > A
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	-	-	-	< がれき類 > ・地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流し取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	< がれき類 > C
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	下水処理場	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	-	-	-		
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	-	-	-		
設備類等	ジブクレーン	敷地外	2	設置	-	-	-	・地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。	A
設備類等	門型クレーン	敷地外	4	設置	-	-	-		

第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（その他）（2/2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等	コンテナ	敷地外	約350	固定なし	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させるとはならないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。</li> </ul>	C
設備類等	電柱，街灯	敷地外	一式	固定あり	-	-			
設備類等	倉庫	敷地外	一式	固定あり	-	-			
設備類等	普通車，大型車	敷地外	約3500	駐車	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波の波力により滑動し、漂流するおそれがあるが、漂流過程で沈降すると考えられることから、非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。</li> </ul>	B
設備類等	建設重機	敷地外	一式	駐車	-	-			
設備類等	トレーラー	敷地外	約200	固定なし	-	-			

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覧表  
 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（1/4）

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等	自転車置場								
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
設備類等									

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（2 / 4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	街灯								
設備類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等									

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覽表  
 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（3 / 4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	消火器入り保管箱								
設備類等									
設備類等	自転車								
設備類等	植生								
設備類等	防砂林								

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（4 / 4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等	マンホール								
設備類等	普通車・大型車								

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A: 漂流物とはならない。  
 分類 B: 津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。  
 分類 C: 津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。  
 分類 D: 漂流物対策を実施する。

第 2.5-18 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所））（1/2）

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等	車庫								
建物類等									
建物類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

第 2.5-18 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所））（2/2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									△
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	防砂林								
設備類等	普通車								
設備類等									

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D：漂流物対策を実施する。



第 2.5-19 表 漂流物検討対象選定結果一覧表  
 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル & パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（1 / 4）

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等	車庫								
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									

第 2.5-19 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル & パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（2 / 4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

第 2.5-19 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フェニックス & パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（3/4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

第 2.5-19 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フェユエル & パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（4 / 4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	普通車・大型車								
設備類等									

第 2.5-11 図に示す分類

- 分類 A：漂流物とはならない。
- 分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。
- 分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。
- 分類 D：漂流物対策を実施する。

#### d . 漂流物検討対象の選定

c . の漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出結果に基づき，非常用海水ポンプの取水性への影響について評価を実施した。なお，漂流物となる可能性のある施設・設備の評価のうち「漂流物となるか」の評価において，漂流物とはならないと評価するもの（分類：A）及び「津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に到達する漂流物となるか」の評価において津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならないと評価するもの（分類：B）については第2.5-22図に示す通り判断基準を整理した。

##### 漂流物とはならないと評価するもの（分類：A）

- ・撤去するため漂流物とはならない。
- ・重量物であり，気密性がなく沈降するため漂流物とはならない。
- ・施設・設備が本来の形状を維持したまま滑動し漂流を続ける事例は確認されていないため，本来の形状を維持したまま漂流物とはならない。<sup>1</sup>（損壊により生じたがれき等については別途評価）
- ・退避可能であるため漂流物とはならない。<sup>2</sup>

##### 津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならないと評価するもの（分類：B）

- ・設置位置及び津波の流況から到達しない。<sup>3</sup>
- ・津波の流況を考慮の上到達しないと考えられるエリアへ移設するため到達しない。
- ・漂流過程で沈降するため到達しない。<sup>4</sup>

- 1 過去の被災事例をもとに評価
- 2 退避の実効性を確認することにより評価
- 3 施設・設備の設置位置及び津波の流況により評価
- 4 参考文献等をもとに評価

第2.5-22図 漂流物評価における分類：A及び分類：Bの判断基準

(a) 発電所敷地内

発電所敷地内の評価結果について、以下に示す。また、第 2.5-11 表に評価結果の一覧を示す。

建物類等

検潮室，海水電解装置建屋，物揚場倉庫，メンテナンスセンター，輸送本部建屋，輸送本部倉庫等の鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋については，基礎に固定された建物である。過去の被災事例を考慮すると，これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが，本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり，損壊により生じたコンクリート片等のがれきが漂流物となる可能性がある。鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性があり，破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。評価の結果，がれき，外装板及び軽量な物品等が漂流した場合，取水口へ向かう可能性を否定できないため，非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

なお，調査にて抽出された仮設ハウス，再利用物品置場テント等については，防潮堤の設置前に移設又は撤去することから，漂流物とはならない。

設備類等

ジブクレーン，海水電解装置等の機器については，支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により，損壊するおそれがあるが，重量物であり，気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

クレーン荷重試験用ウェイト，角落し等については重量物であるこ

とから漂流物とはならない。

フェンス，空調室外機，車両等の比較的軽量なものは，漂流物となる可能性がある。評価の結果，フェンス，空調室外機，車両等の比較的軽量なものが漂流した場合，取水口へ向かう可能性を否定できないため，非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

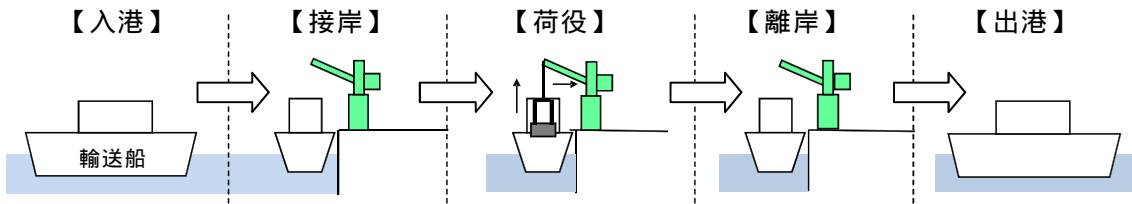
防砂林については，津波により倒木して漂流物となる可能性があるが，設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから，取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。

なお，除塵装置については，「[5] 取水スクリーンの破損による通水性への影響」において，評価する。

発電所敷地前面の沖合にある標識ブイは，津波の波力によりチェーンが破損し，漂流する可能性があるため，漂流するものとして評価した。評価の結果，標識ブイが漂流した場合，取水口に向かう可能性は否定できないため，非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

#### 船舶（燃料等輸送船）

発電所敷地内には港湾施設として物揚岸壁があり，燃料等輸送船が停泊する。第 2.5-23 図に燃料等輸送船の入港から出港までの主な輸送行程を示す。

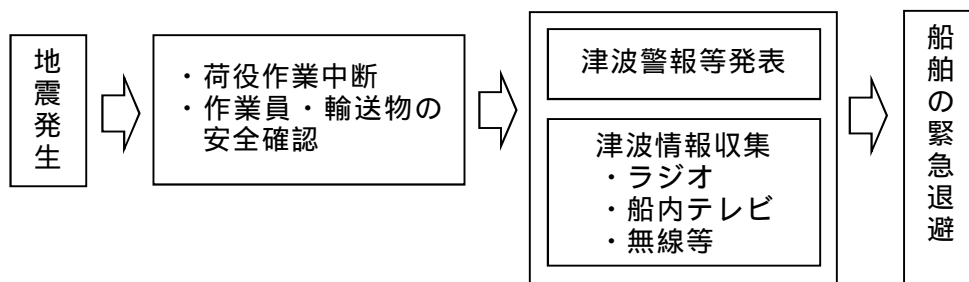


第 2.5-23 図 燃料等輸送船の主な輸送行程

燃料等輸送船は，港湾施設に停泊中に大津波警報，津波警報又は津波注意報（以下「津波警報等」という。）発表時には，緊急退避を行うこととしており，2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえ，輸送に先立ち，第 2.5-24 図に示す緊急退避フローを取り込んだマニュアルを整備している。

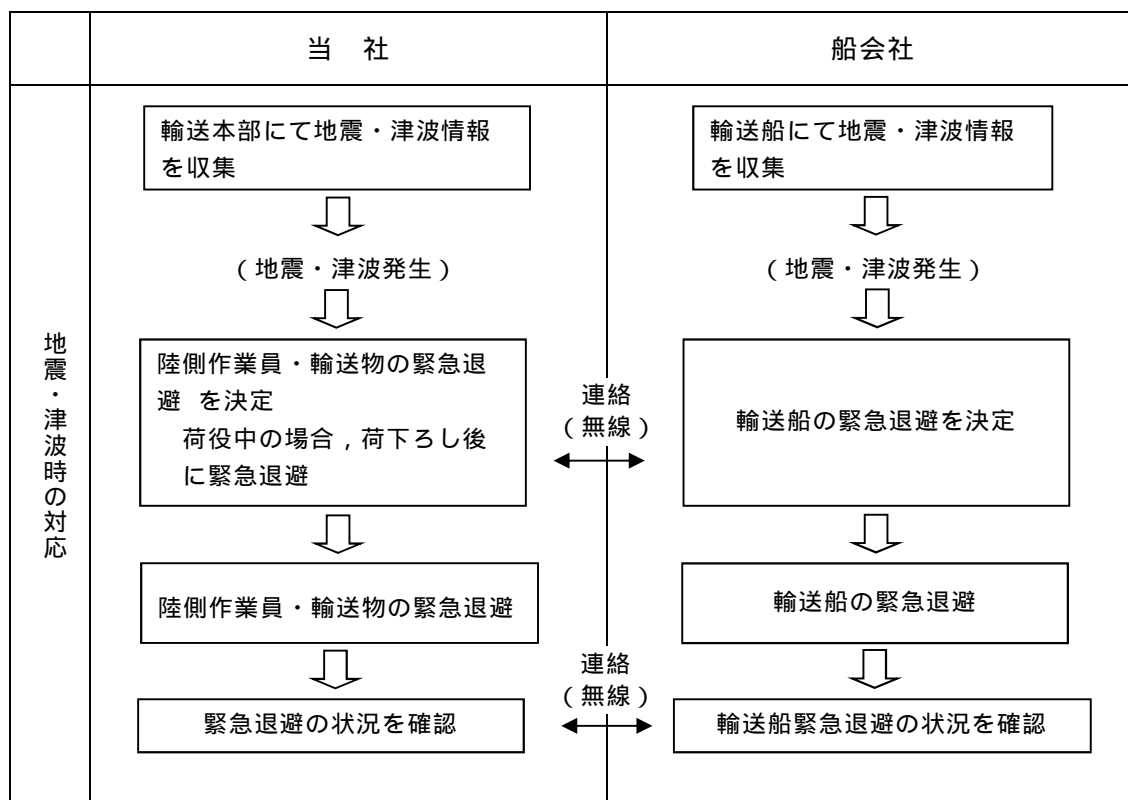
また，燃料等輸送船の緊急退避についての当社と船会社の対応分担は第 2.5-25 図に示すとおりであり，これら一連の対応を行うため，当社は，当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに，地震・津波発生時の緊急対応マニュアルを整備し，緊急退避訓練を実施している。燃料等輸送船の緊急退避は船会社が実施するため，当社は，緊急対応の措置の状況を，監査や訓練報告書等により確認している。





津波到達時間等を考慮し船長が判断・指示

第 2.5-24 図 燃料等輸送船の緊急退避フロー



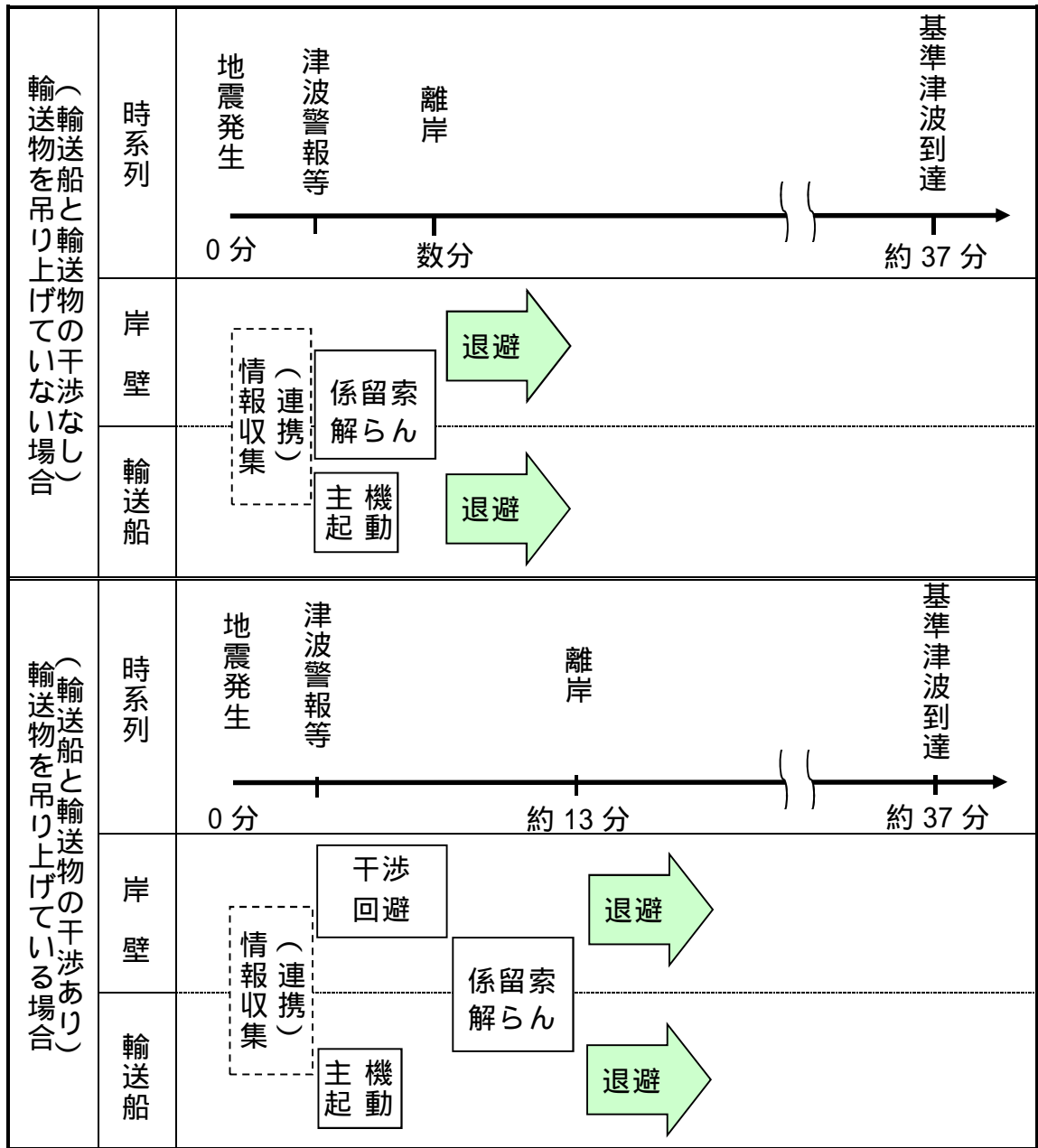
第 2.5-25 図 燃料等輸送船の緊急退避時の当社と船会社の運用の対応分担

燃料等輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程は、輸送行程の大部分を占めており、津波警報等発令から数分で緊急退避が可能である。燃料等輸送船と輸送物が干渉しうる「荷役」行程は、これよりも退避までに時間を要するが、輸送行程の中で極めて短時間であること、また、電源喪失時にも物揚岸壁クレーンを使用可能とし、緊急退避ができるように、物揚岸壁クレーンには非常用電源を用意していること、さらに緊急離岸が可能となるまでの時間(係留索解らん完了)は、地震発生後約 13 分であり、基準津波の到達時間である約 37 分までに緊急退避が可能であることから、燃料等輸送船は漂流物とはならない。第 2.5-26 図に津波襲来時の緊急退避可能時間を示す。

なお、数分で津波が襲来する場合を想定すると、「荷役」行程では、離岸のための荷下ろし作業中となることもあり得るが、以下の理由から燃料等輸送船は航行不能になるとは考えられず、燃料等輸送船は漂流物とはならない。

- ・物揚岸壁に係留されており、津波高さと喫水高さの関係から物揚岸壁を越えず留まる。
- ・物揚岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ、法令(危険物船舶運送及び貯蔵規則)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有している。

添付資料 17 に燃料等輸送船の係留索の耐力の評価結果、添付資料 18 に燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係を示す。



第 2.5-26 図 津波襲来時の緊急退避可能時間

船舶（浚渫用作業台船他）

発電所港湾内の浚渫作業のため、作業台船が不定期に入港する。作業台船については、緊急退避の実効性が確認されていないため、漂流するものとして評価した。評価の結果、作業台船が漂流した場合、取水口に向かう可能性は否定できないため、非常用海水ポンプの取水性

に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

貨物船等については入港する前に、地震・津波発生時の緊急対応の体制及び手順が整備されていることを当社が確認する。また、当社と船会社との連絡体制を確立することにより、緊急退避の実効性があることを確認する。

(b) 発電所敷地外

発電所敷地外の評価結果について、以下に示す。なお、発電所敷地外については発電所北側エリア及び発電所南側エリアに分けて評価を実施する。発電所北側エリアにおける評価結果の一覧を第2.5-12表～第2.5-15表に、発電所南側エリアにおける評価結果の一覧を第2.5-16表～第2.5-19表にそれぞれ示す。

i) 発電所北側エリア

建物類等

鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋及び構築物については、基礎に固定された建物である。過去の被災事例を考慮すると、これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり、損壊により生じたコンクリート片等のがれきが漂流物となる可能性がある。鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性があり、破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。家屋、倉庫等は、波力により破損する可能性があり、破損した部材及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。上記の施設・設備が漂流物となった場合においても、設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられること

から、取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならないと評価した。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料（28）に示す。

#### 設備類等

株式会社日立製作所日立事業所埠頭工場の[ ]等の機器については支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により、損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

日立港区モータープールの[ ]等については重量物であることから漂流物とはならない。

東京ガス株式会社日立LNG基地、株式会社日立製作所日立事業所埠頭工場の[ ]等の機器は、支持構造物により基礎に固定されているが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。その他の設備類等についても、多くのものが漂流物となり海域に流出する可能性があると考えられる。上記の施設・設備が漂流物となった場合においても、設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから、取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならないと評価した。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料19に示す。

#### 船舶（漁船，定期船）

発電所敷地の北方約4kmに漁港があり5t未満の漁船については、発電所近郊の海上で操業することを考慮し、保守的に津波襲来時に漂流する可能性があるものとして評価した。評価の結果、漁船が津波により航行不能になり漂流するとした場合、取水口に向かう可能性は否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については

(c)に示す。

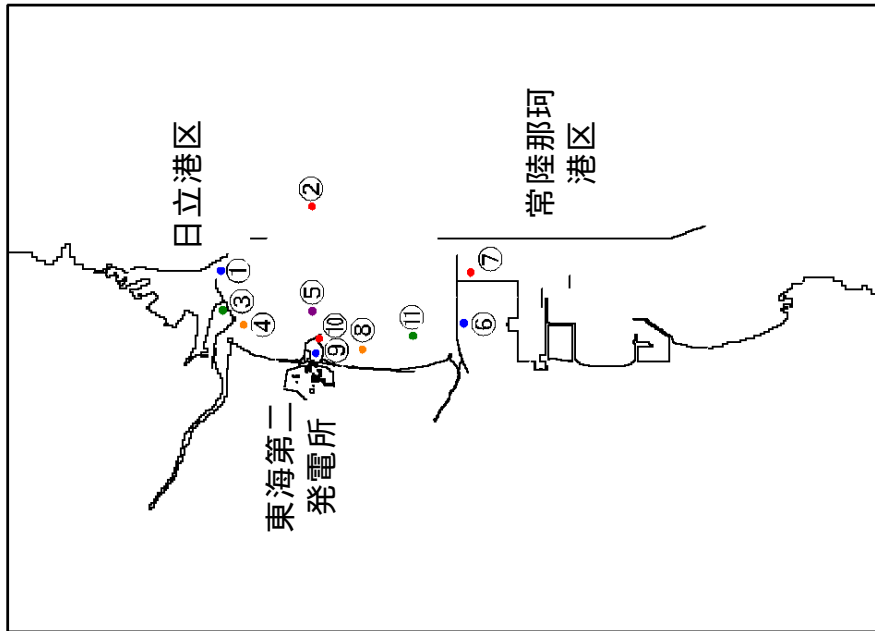
また、発電所周辺を定期的に航行する定期船としては、発電所敷地北方約 2.5 kmに位置する茨城港日立港区に寄港する[ ]、[ ]等がある。これらの船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、荷役及び作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用としていることから、漂流物とはならない。

#### 津波の流向について

第 2.5-27 図に発電所敷地周辺に漂流物を想定した軌跡解析を実施した結果を示す。発電所北側エリアのうち日立港区周辺の評価点(初期配置 [ ]、[ ])及び久慈川河口周辺の評価点(初期配置 [ ])については、防波堤ありケースと防波堤なしケースにおいて大きな挙動の違いは確認されなかった。日立港区周辺の評価点(初期配置 [ ]、[ ])は初期地点の近辺にて漂流を続ける挙動を示しており、久慈川河口周辺の評価点(初期配置 [ ])は久慈川へ遡上する挙動が確認された。発電所前面海域の評価点(初期配置 [ ])及び遠洋海域の評価点(初期配置 [ ])については防波堤なしケースに比べて防波堤ありケースの解析において漂流範囲が広がる傾向が確認された。漂流範囲が広がる傾向にあった防波堤ありケースでは、発電所前面海域の評価点(初期配置 [ ])については南方向へ移動する挙動が確認され、遠洋海域の評価点(初期配置 [ ])については外海方向へ移動する挙動が確認された。以上より、軌跡解析の結果からも発電所北側エリアで発生する漂流物は発電所へ接近してこないと考えられる。

なお、解析は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物の発電所への影響を評価するうえで重要な流向(漂流物の移動方向)については、十分に

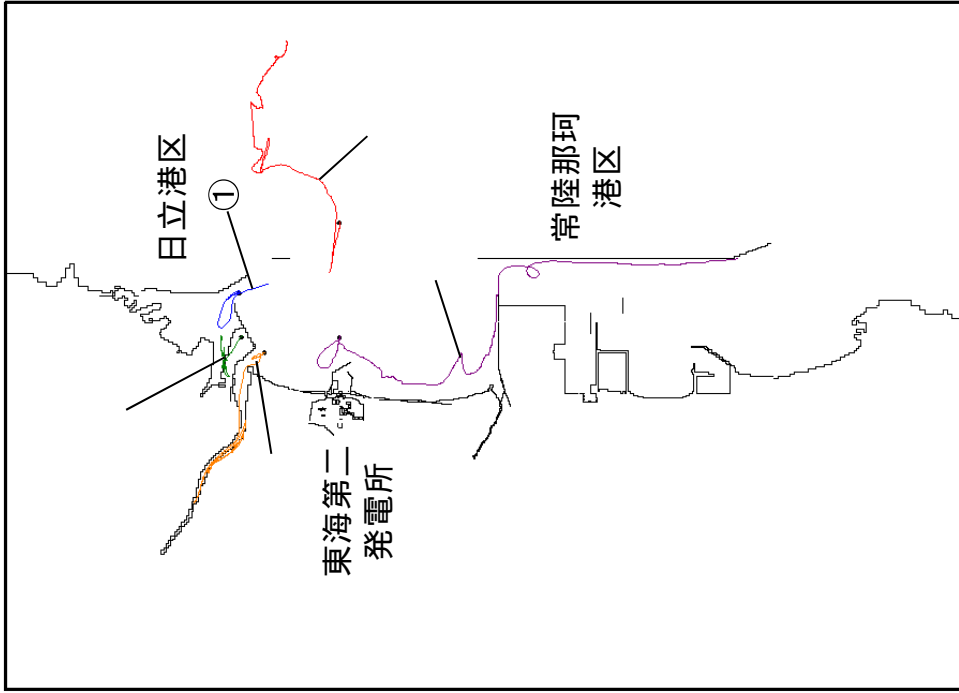
把握できると考えられる。また、水粒子の軌跡は押し波、引き波を交互に受けてある一定の範囲内を移動する挙動又は発電所へ接近してこない傾向を示していることから、漂流物に作用する慣性力を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示すおそれはない。



漂流物軌跡解析の初期配置図

解析条件

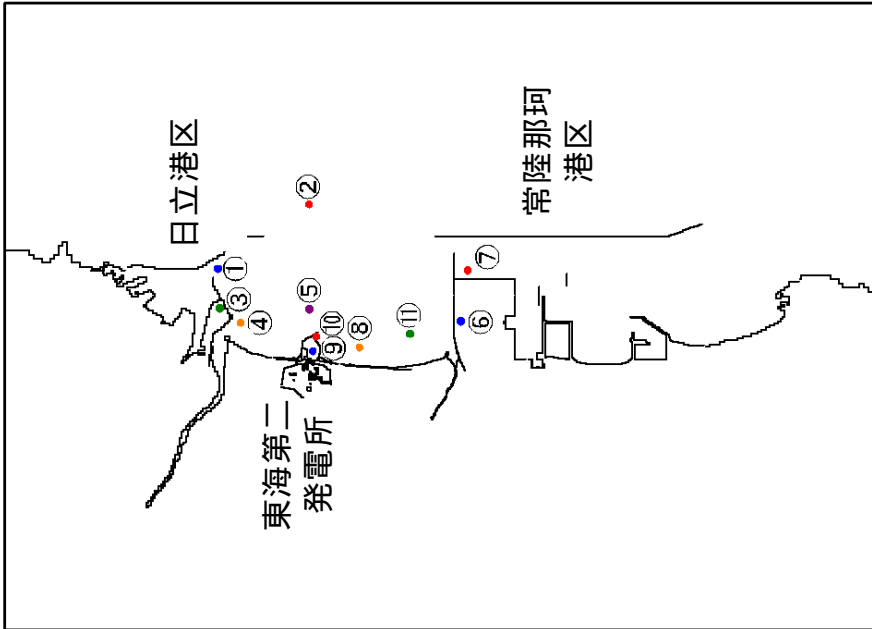
- ・ 漂流物移動開始：浸水深 10cm
- ・ 解析時間：地震発生から 240 分



～の軌跡  
(防波堤あり)

第 2.5-27 図 漂流物の軌跡解析結果 (1 / 4)

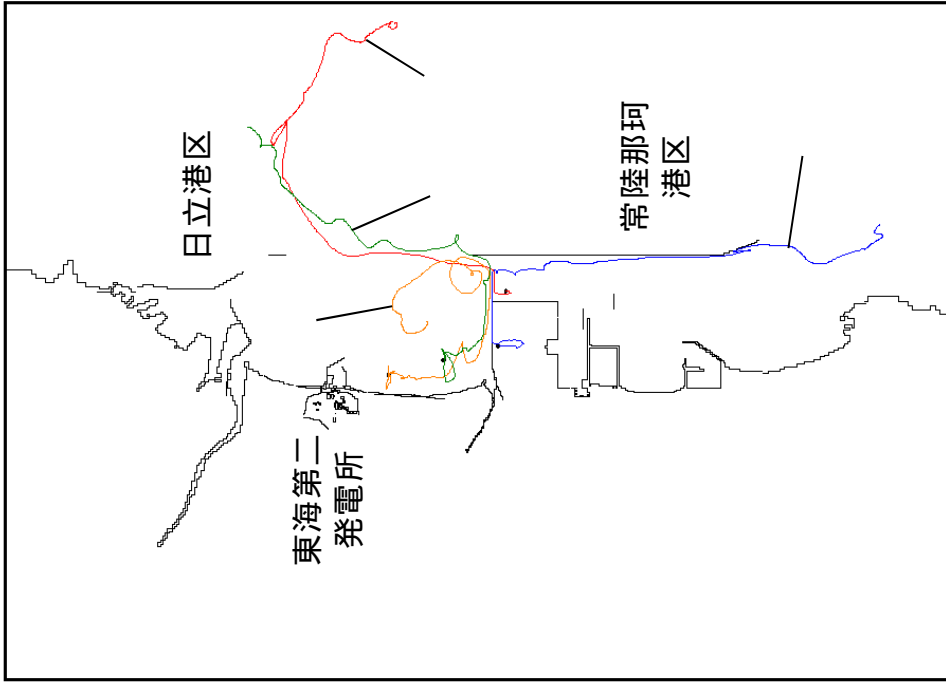




漂流物軌跡解析の初期配置図

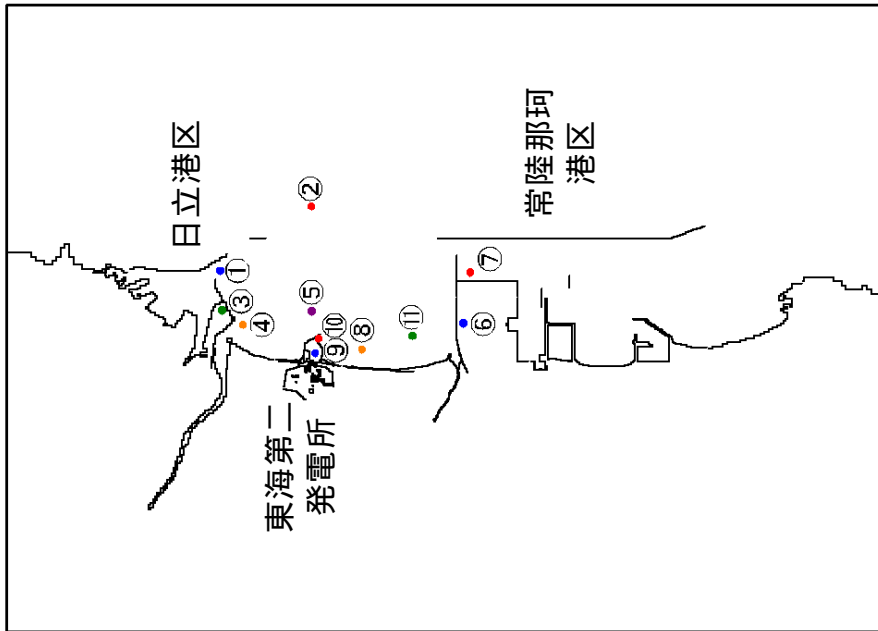
解析条件

- ・ 漂流物移動開始：浸水深 10cm
- ・ 解析時間：地震発生から 240 分



の軌跡  
(防波堤あり)

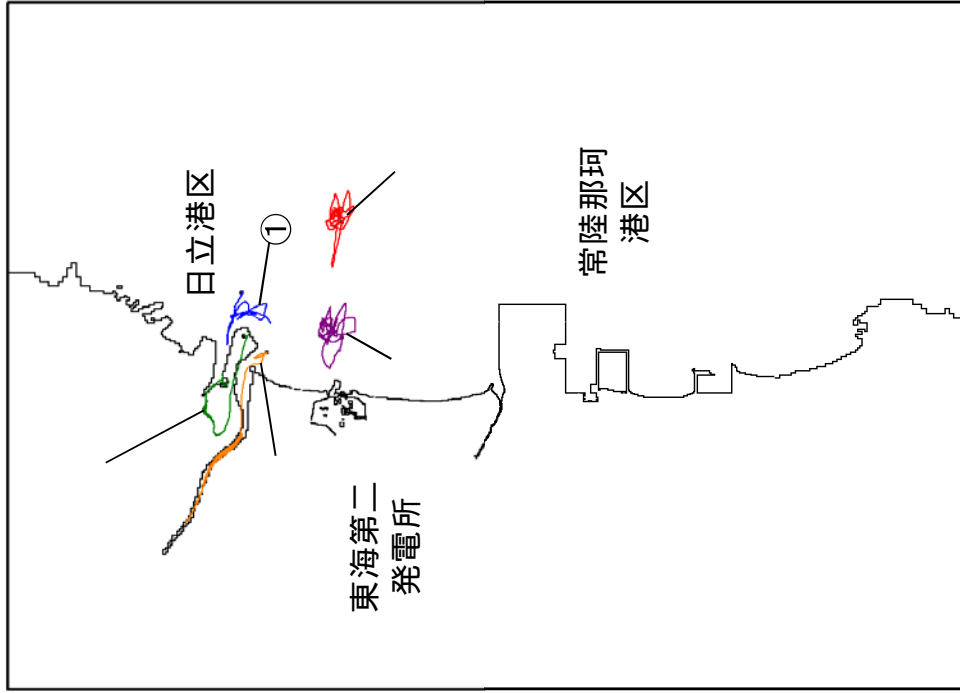
第 2.5-27 図 漂流物の軌跡解析結果 (2 / 4)



漂流物軌跡解析の初期配置図

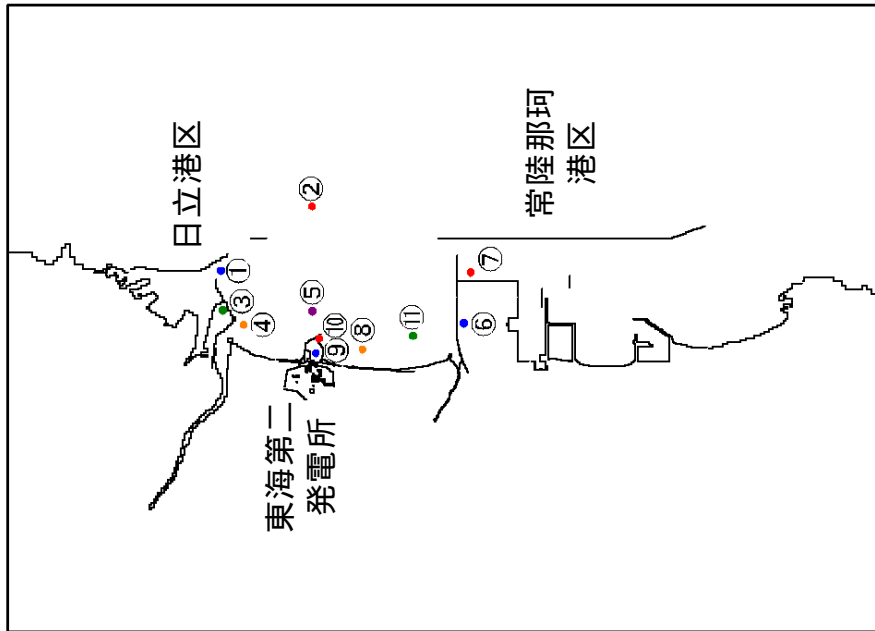
解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



～の軌跡  
(防波堤なし)

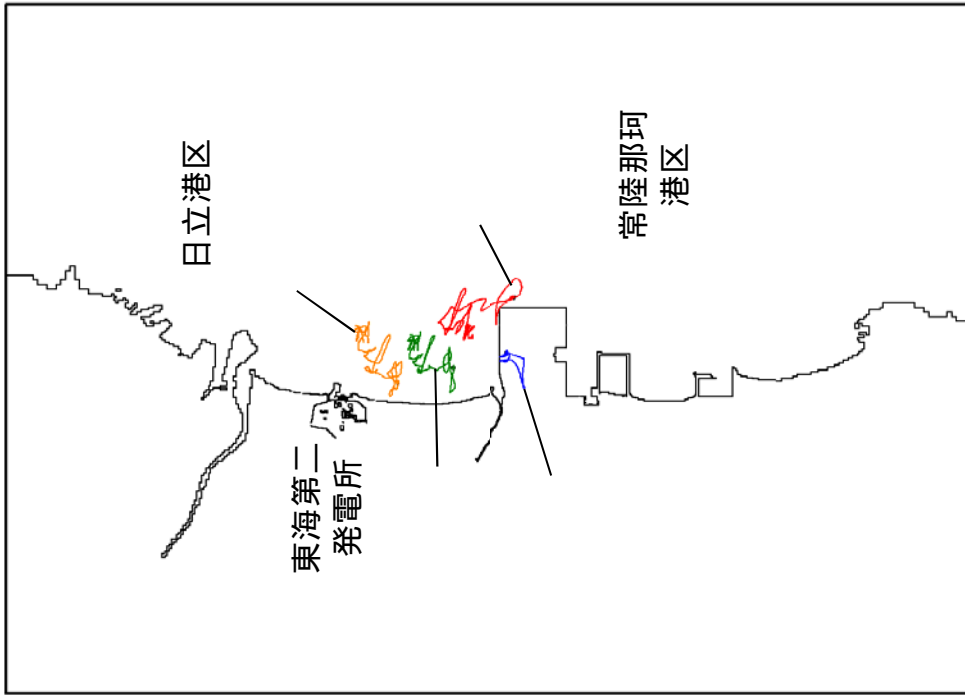
第 2.5-27 図 漂流物の軌跡解析結果 (3 / 4)



漂流物軌跡解析の初期配置図

解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



～ の軌跡  
(防波堤なし)

第 2.5-27 図 漂流物の軌跡解析結果 (4 / 4)

ii) 発電所南側エリア

建物類等

鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋及び構築物については、基礎に固定された建物である。過去の被災事例を考慮すると、これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。また、鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり、損壊により生じたコンクリート片等のがれきが漂流物となる可能性がある。また、鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性がある、破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。家屋、倉庫等は、波力により破損する可能性がある、破損した部材及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。評価の結果、がれき、外装版及び軽量な物品等が漂流した場合、取水口へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

設備類等

東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所の [ ] [ ] 等の機器については支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により、損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の [ ] [ ] 等については重量物であることから漂流物とはならない。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所の [ ] 及び [ ] 等の機器は

支持構造物により基礎に固定されているが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。また、各調査エリアに存在する[ ]、街灯等の比較的軽量なものは、漂流物となる可能性がある。評価の結果、[ ]、[ ]及び[ ]、街灯等の比較的軽量なものが漂流した場合、取水口へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

車両については漂流物となる可能性があるが、漂流の過程で沈降すると考えられることから、取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。

防砂林については、津波により倒木して漂流物となる可能性がある。評価の結果、防砂林が漂流した場合、取水口へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

#### 船舶（定期船）

発電所周辺を定期的に航行する定期船としては、発電所敷地南方約 3 kmに位置する常陸那珂火力発電所に寄港する[ ]等がある。これらの船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、荷役及び作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用とされていることから、漂流物とはならない。

#### 津波の流向について

軌跡解析の結果からも発電所北側エリアで発生する漂流物は発電所へ接近してこないと考えられる。

第 2.5-27 図に発電所敷地周辺に漂流物を想定した軌跡解析を実施した結果を示す。発電所南側エリアの評価点については、防波堤なし

ケースに比べて防波堤ありケースの解析において漂流範囲が広くなる傾向が確認された。漂流範囲が広くなる傾向にあった防波堤ありケースでは、発電所南側エリアの北部の評価点(初期配置)については発電所南側エリアの北部の前面海域を漂流する挙動が確認された。発電所南側エリアの北部の他の評価点(初期配置)及び常陸那珂火力発電所敷地前面海域の評価点(初期配置)については北上しながら外海方向へ移動する挙動が確認された。常陸那珂火力発電所敷地の評価点(初期配置)については外海方向へ移動した後南方向へ移動する挙動が確認された。

以上より、軌跡解析の結果では発電所南側エリアで発生する漂流物が発電所へ接近してくる挙動は確認されなかった。

なお、解析は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物の発電所への影響を評価するうえで重要な流向(漂流物の移動方向)については、十分に把握できると考えられる。また、水粒子の軌跡は押し波、引き波を交互に受けてある一定の範囲内を移動する挙動又は発電所へ接近してこない傾向を示していることから、漂流物に作用する慣性力を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示すおそれはない。

(c) 非常用海水ポンプの取水性への評価結果

i) 評価結果の整理

(a)及び(b)において，津波襲来時に取水口に向かう可能性が否定できない漂流物として，発電所敷地内においては作業台船，標識ブイ，建物の部分的な損壊によって生じるおそれのあるがれきや外装板及び構成部材等，車両，資機材等の軽量な物品が抽出され，発電所敷地外においては発電所北側の漁船，発電所南側の仮設ハウス等，建物や設備の部分的な損壊によって生じるおそれのあるがれきや外装板及び構成部材等，タンクやサイロ，ポンベ類，資機材等の軽量な物品，防砂林が抽出された。発電所敷地内評価結果のうち取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物と評価した対象物一覧を第 2.5-20 表に，発電所敷地外評価結果のうち取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物と評価した対象物一覧を第 2.5-21 表にそれぞれ示す。

なお，発電所敷地外のうち発電所南側エリアで発生する漂流物については，軌跡解析の結果から取水口へ向かうことは考え難いが，保守的に取水口へ向かうことが否定できない漂流物として評価した。

第 2.5-20 表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地内）(1/4)

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きなものを記載）	備考
船舶	浚渫船（台船）	敷地内 港湾エリア	1	航行 / 停泊	-	約44t	
設備類等	標識ブイ	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	-	-	

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	備考
建物類等	桟橋小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	2.9m × 2.9m × 2.3m	-	がれき類のみ
建物類等	海水電解装置建屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	8m × 11m × 3.7m	-	
建物類等	放水口モニター小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4m × 5m × 3m	-	
建物類等	北防波堤灯台	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3m × 9m	-	
建物類等	復水冷却用水路 スクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	-	-	
建物類等	塩素処理室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10m × 13m × 10m	-	
建物類等	放水口放射能 測定機器上屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3m × 5m × 3m	-	
建物類等	ロータリースクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	13m × 21m × 11m	-	
建物類等	主ゲート	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4m × 18m × 10m	-	
建物類等	次亜塩素酸ソーダ注入室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	-	-	



第 2.5-20 表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地内）(2/4)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	備考
建物類等	合併処理浄化槽設備	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10m × 15m × 10m	-	がれき類のみ
建物類等	海上レーダー	敷地内 発電所構内	1	設置	鋼製支柱	-	-	
建物類等	物揚場倉庫	敷地内	1	設置	コンクリート製ブロック	7m × 12m × 3m	-	
建物類等	栈橋	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製コンクリート造	1.2m × 40m × 4m	-	
建物類等	カーテンウォール	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造 （鋼材支柱）	-	-	
建物類等	メンテナンスセンター	敷地内	1	設置	鉄骨造	34m × 19m × 11m	-	外装板等のみ
建物類等	輸送本部建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	22m × 13m × 7m	-	
建物類等	輸送本部倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	12m × 8m × 4m	-	
建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	1	固定あり	-	-	-	構成部材等のみ
設備類等	フェンス	敷地内	一式	設置	-	-	-	
設備類等	水路変圧器函	敷地内	1	設置	直方	2m × 1.5m × 2m	-	
設備類等	放水口モニター	敷地内	1	設置	円柱 / 鋼製	0.5m × 1.5m	-	
設備類等	ジブクレーン ケーブル収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.6m × 0.6m × 0.6m	-	
設備類等	ホース収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2m × 0.8m × 1.4m	-	
設備類等	ページング・ 電話ボックス	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2m × 0.5m × 0.5m	-	
設備類等	合併処理浄化槽電源盤	敷地内	1	設置	直方体	1m × 1m × 2.5m	-	

第 2.5-20 表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地内）(3/4)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	備考
設備類等	出入管理所空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-	
設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	2	固定あり	直方体	0.5m×0.8m×2m	-	
設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.3m×0.8m×1.5m	-	
設備類等	仮設ハウス空調室外機	敷地内	3	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-	
設備類等	海水電解装置建屋 空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	1.2m×1m×2m	-	
設備類等	メンテナンスセンター 空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-	
設備類等	ミラー	敷地内	1	固定あり	-	高さ2m	-	
設備類等	街灯	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	-	-	-	
設備類等	鉄製防護柵	敷地内	1	固定あり	-	-	-	
設備類等	自動販売機	敷地内	2	固定あり	直方体	2m×0.8m×2m	-	
設備類等	標識	敷地内	1	固定あり	-	-	-	
設備類等	潜水用防護柵	敷地内	1	固定なし	鋼製	2.5m×3.5m×1m	-	
設備類等	オイルフェンス巻取機	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	-	6m×7m×6m	-	
設備類等	使用済燃料輸送用 区画器具保管箱	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1.2m×2.5m×1.6m	-	
設備類等	オイルフェンス	敷地内	一式	固定なし	-	5m×5m×0.3m	-	
設備類等	工所用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼製架台	3m×5m×0.5m	-	

第 2.5-20 表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地内）(4/4)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/ 材質	寸法	重量	備考
設備類等	工所用資材	敷地内 港湾エリア	3	固定なし	鋼材等	0.8m×8m	-	
設備類等	工所用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼材等	6m×6m×1.5m	-	
設備類等	工所用資材	敷地内 港湾エリア	5	固定なし	鋼製	5m×7m×6m	-	
設備類等	資材	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1m×3m×3m	-	
設備類等	塵芥廃棄用コンテナ	敷地内	2	固定なし	直方体	3m×1.5m×1.5m	-	
設備類等	塵芥入れかご	敷地内	1	固定なし	直方体	1m×1m×1m	-	
設備類等	次亜塩素酸ソーダ 注入装置（仮設）	敷地内	一式	固定なし	-	3m×3m×2m	-	
設備類等	使用済燃料輸送関連機材	敷地内	1	固定なし	直方体	1.5m×6m×1m	-	
設備類等	工所用資材	敷地内	一式	固定なし	-	-	-	
設備類等	敷鉄板	敷地内	35	固定なし	直方体	1m×8m×0.1m	-	
設備類等	コンテナ	敷地内	1	固定なし	直方体	2m×4m×1m	-	
設備類等	パレット	敷地内	6	固定なし	直方体	1.2m×1.2m×0.2m	-	
設備類等	手洗いシンク	敷地内	1	固定なし	-	0.6m×2m×1m	-	
設備類等	普通車	敷地内	2	駐車	-	-	-	

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(1/7)

< 発電所北側エリア（その他） 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きなものを記載）	備考
船舶	漁船	敷地外	35	航行/停泊	-	5t未満	

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(2/7)

< 発電所南側エリア（その他） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	備考
設備類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	-	-	-	がれき類のみ
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	-	-	-	
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	-	-	-	
建物類等	下水処理場	敷地外	一式	設置	-	-	-	
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	-	-	-	
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	-	-	-	
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	-	-	-	
設備類等	コンテナ	敷地外	約350	固定なし	-	-	-	
設備類等	電柱，街灯	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	
設備類等	倉庫	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(3/7)

< 発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所）） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	備考
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等	街灯							
設備類等	自動販売機							
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(4/7)

< 発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所）） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	備考
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等	消火器入り保管箱							
設備類等								
設備類等	自転車							
設備類等	植生							
設備類等	防砂林							

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(5/7)

< 発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所）） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	備考
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等	車庫							
建物類等								
建物類等								
建物類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等	防砂林							



第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(6/7)

< 発電所南側エリア（東京電力フェユエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	備考
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等	車庫							
建物類等								
建物類等								
建物類等								
建物類等								
設備類等								
設備類等								

第2.5-21表 取水口へ向かう可能性が否定できない漂流物（発電所敷地外）(7/7)

< 発電所南側エリア（東京電力フェユエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	備考
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								
設備類等								

ii) 漂流物による影響を考慮した取水性評価

第 2.5-20 表及び第 2.5-21 表に示す施設・設備に対して、非常用海水ポンプの取水性に及ぼす影響について評価した。具体的には 漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性及び 漂流物の貯留堰内での堆積を想定した非常用海水ポンプの取水性について評価を実施した。以下に評価結果を示す。

漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価

漂流物が取水口へ到達した場合に取水口を閉塞させ、取水性に影響を及ぼすおそれがあることから、漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価を実施した。取水口上部の標高は T.P. + 3.31m であるのに対し、基準津波による取水口前面における水位は T.P. 約 + 14m であることから、漂流した場合、取水口へ向かう可能性が否定できない第 2.5-20 表及び第 2.5-21 表に示す施設・設備のうち発電所敷地内の海域における施設・設備及び発電所敷地外における施設・設備については、津波襲来時においては取水口の上部を通過し、取水口の上部を通過後は発電所敷地内の施設・設備も同様に、敷地前面東側から敷地側面北側又は敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動するものと考えられる。また、引き波時には外海方向へ移動するものと考えられることから取水口前面へは向かわないと考えられるが、ここでは保守的に第 2.5-20 表及び第 2.5-21 表に示す施設・設備が取水口前面に到達するものとして扱い、通水性に与える影響について評価した。

津波は流向を有していることから、漂流物が全て取水口前面に到達する可能性は低いと考えられる。万が一、漂流物の全てが取水口前面へ集約された場合を想定しても、漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また、漂流物の形状から取水口に密着することは

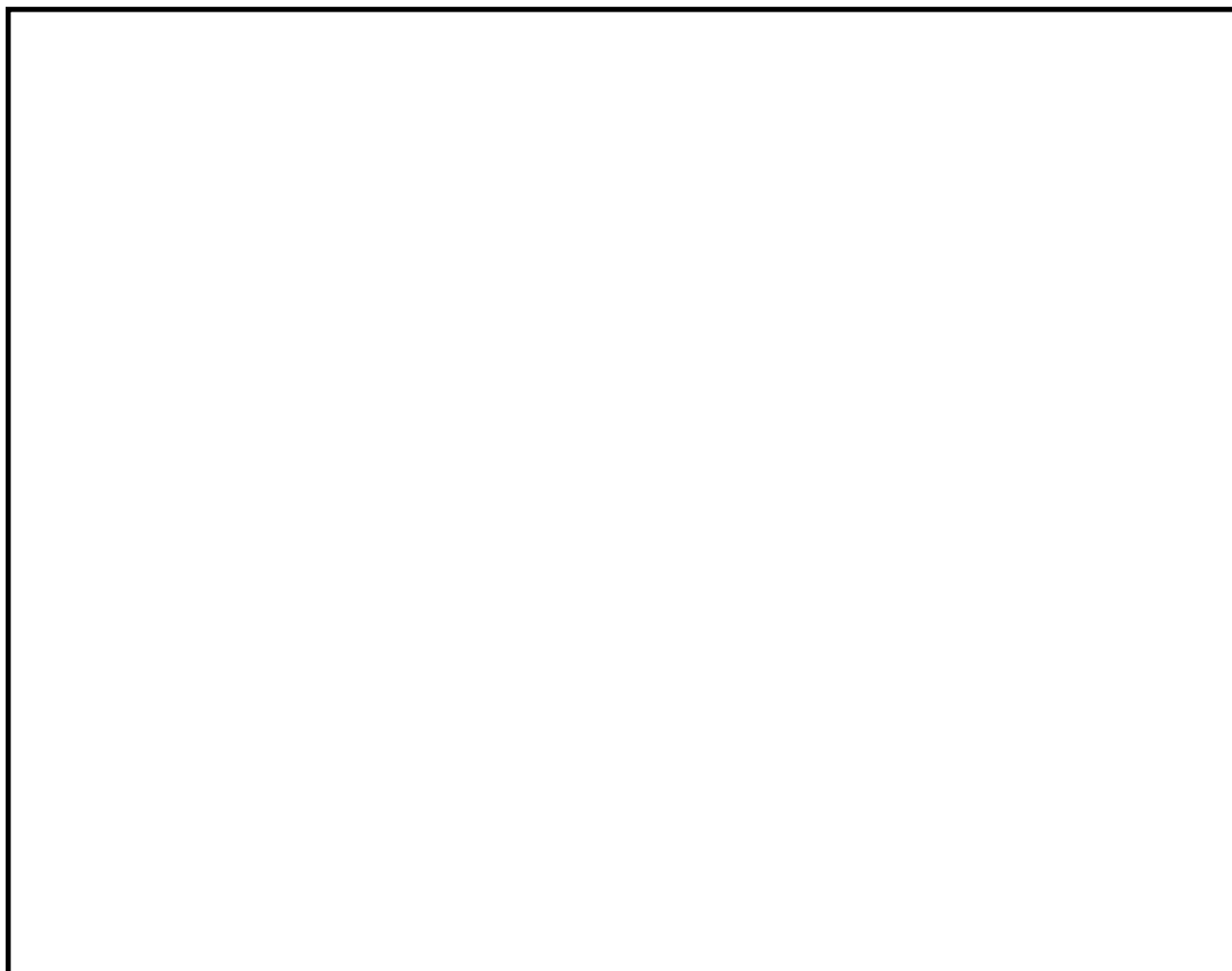
考えにくいいため，取水口を完全に閉塞させることはなく，非常用海水ポンプの取水は可能であると考えられる。

実際に漂流物が取水口前面に堆積した場合における通水性に与える影響は，取水口を閉塞させるおそれのある面積に依存して大きくなることから，通水性に対する主要な影響因子は第 2.5-20 表及び第 2.5-21 表から発電所敷地内のメンテナンスセンターの外装板であると考えられる。第 2.5-22 表にメンテナンスセンターの主要諸元を示す。

第 2.5-22 表 メンテナンスセンターの主要諸元


対象	主要構造	寸法	棟数
メンテナンスセンター	鉄骨造	長さ約 34m × 幅約 19m × 高さ約 11m	1

(a)にて示したとおり，メンテナンスセンターについては外装板が波力により破損する可能性がある。破損した外装板が漂流した場合に，壁一面分の面積を有したまま取水口へ到達することは考え難いが，保守的に壁一面分の面積を有したまま取水口へ到達した場合を想定して取水性評価を実施した。第 2.5-28 図に取水口構造及び外装板による閉塞想定図，第 2.5-23 表に外装板の取水口前面への到達を想定した取水性評価結果を示す。第 2.5-23 表に示すとおり想定閉塞面積に対して，取水口呑口面積が大きいため取水口を完全に閉塞させることはなく，非常用海水ポンプの取水は可能である。





第 2.5-28 図 取水口構造及び外装板による閉塞想定図

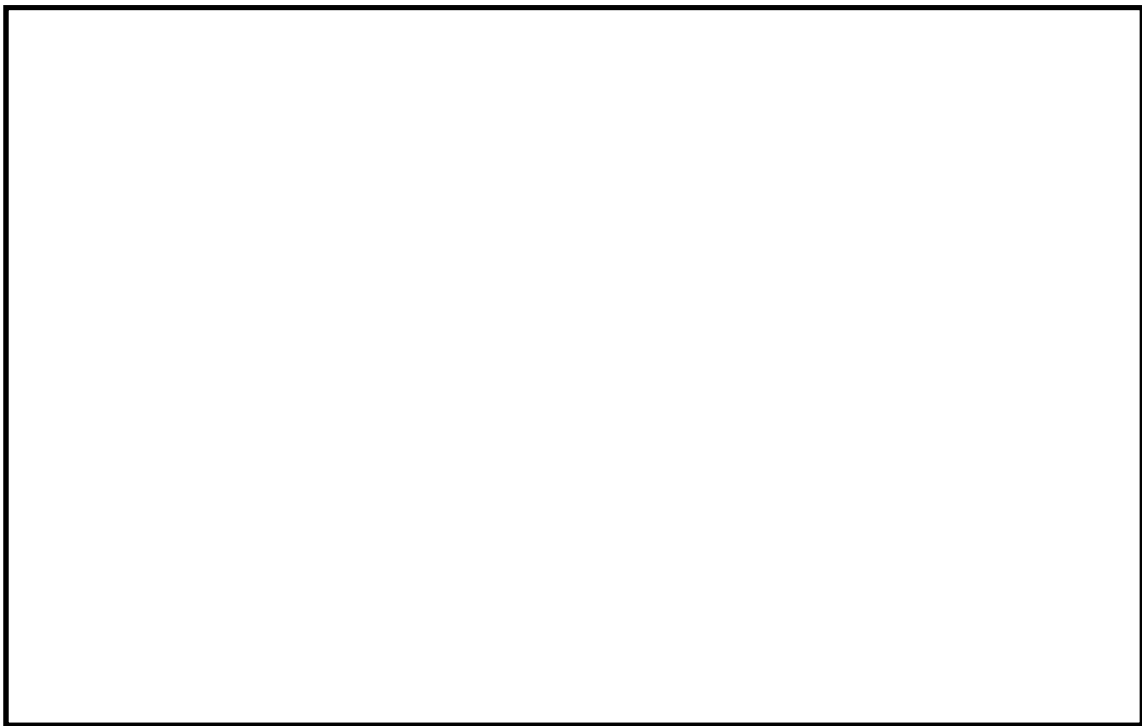
第 2.5-23 表 外装板の取水口前面への到達を想定した取水性評価

対象	想定閉塞面積 (m <sup>2</sup> )	取水口呑口面積 (m <sup>2</sup> )	取水の可否
メンテナンスセンター 外装板	234 <sup>1</sup>	 <sup>2</sup>	可

1：第 2.5-22 表に示す寸法をもとに，外装板を長さ 34m，高さ 11m の長方形として扱い，外装板に閉塞されうる取水口呑口面積を算出

2：第 2.5-27 図に示す内部寸法から，1 口当たりの有効面積を幅  m，高さ  m の長方形の面積とし，8 口分の面積として算出


次に地震又は津波の波力によりカーテンウォールが倒壊した場合の取水性評価結果について示す。カーテンウォールが地震又は津波により倒壊した場合は、取水口前面に堆積し、取水性に影響を及ぼす可能性があることから取水性評価を実施した。カーテンウォールの構造を第 2.5-29 図に示す。カーテンウォールについては、基準地震動  $S_s$  による耐震性を確認していないことから、漂流物に対する捕捉効果は期待しない。第 2.5-24 表にカーテンウォールが倒壊し、取水口前面に堆積した場合における取水性評価結果を示す。第 2.5-24 表に示すとおり想定閉塞面積に対して、取水口呑口面積が大きいいため取水口を完全に閉塞させることはなく、非常用海水ポンプの取水は可能である。





A A断面図

第 2.5-29 図 カーテンウォール構造図

第 2.5-24 表 カーテンウォールの倒壊を想定した取水性評価

対象	想定閉塞面積 (m <sup>2</sup> )	取水口呑口面積 (m <sup>2</sup> )	取水の可否
カーテンウォール	164 <sup>1</sup>	 <sup>2</sup>	可

- 1：想定閉塞高さについては保守的にカーテンウォールの高さ 5m，想定閉塞幅については，取水口前面に到達しうる最大の幅として取水口呑口の幅である 42.8m とし，長方形の面積として算出  
 2：第 2.5-27 図に示す内部寸法から，1 口当たりの有効面積を幅  m，高さ  m の長方形の面積とし，8 口の面積として算出

漂流物の貯留堰内での堆積を想定した非常用海水ポンプの取水性評価

漂流物の取水口前面又は固定バースクリーンへの到達可能性について再整理すると，(b)にて示した軌跡解析結果及び津波の流況から漂流物はそもそも東海第二発電所へ到達し難く，仮に取水口周辺に到達した場合においても貯留堰やカーテンウォールの鋼管杭等の存在，海底 (T.P. -6.89m) と取水口呑口下端 (T.P. -6.04m) との高低差等の障害を考慮すると，漂流物が取水口前面又は固定バースクリーンへ到達し難いことは明らかである。しかしながら，万が一漂流物が取水口周辺まで漂流し，かつ上記の障害をくぐり抜けて貯留堰内に堆積した場合に，貯留堰の有効貯留容量が低減し，引き波時における非常用海水ポンプの継続運転に影響を及ぼす可能性があることから，漂流物の貯留堰内での堆積を想定した引き波時における非常用海水ポンプの取水性評価を実施した。貯留堰の有効貯留容量及び堆積物により想定する低減範囲を第 2.5-30 図に示す。仮に取水口前面に漂流物が堆積した場合においても，堆積物による低減を想定した場合の有効貯留容量は第 2.5-25 表に示すとおり約 517m<sup>3</sup>であり，非常用海水ポンプの運転継続可能時間は約 7 分である。引き波継続時間は 2.5-31 図に示すとおり約 3 分であることから，取水口前面への漂流物の堆積を想定した場合においても非常用海水ポンプ

の取水性への影響はない。

なお，地震後の防波堤の津波による影響評価について，添付資料 2 0 に示す。

第 2.5-25 表 貯留堰内への漂流物の堆積を想定した  
非常用海水ポンプの取水性評価

項目	評価結果
有効貯留面積	1008.6m <sup>2</sup> <sup>1</sup>
有効水深	0.76m <sup>2</sup>
スロッシングによる溢水量	249m <sup>3</sup> <sup>3</sup>
有効貯留容量 ( × - )	約 517m <sup>3</sup>
低減容量を差し引いた有効貯留容量における非常用海水ポンプの運転継続可能時間	約 7 分 <sup>4</sup>

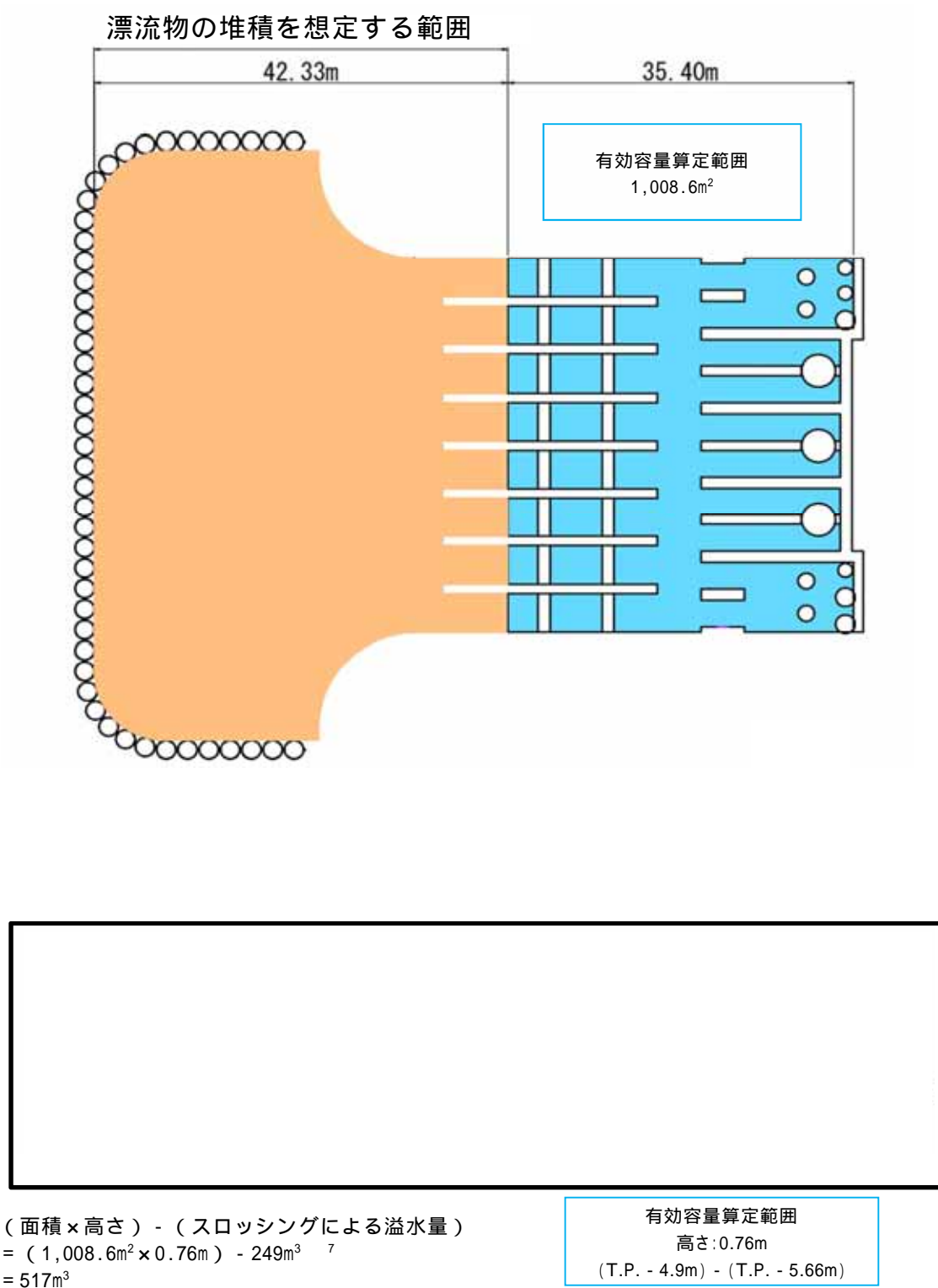
1：取水ピット内構造物及び海水ポンプの面積を控除した第 2.5-30 図に示す面積とした。

2：貯留堰天端高さと残留熱除去系海水ポンプの取水可能水位の差から算出（有効水深の算出については添付資料 1 2 参照）

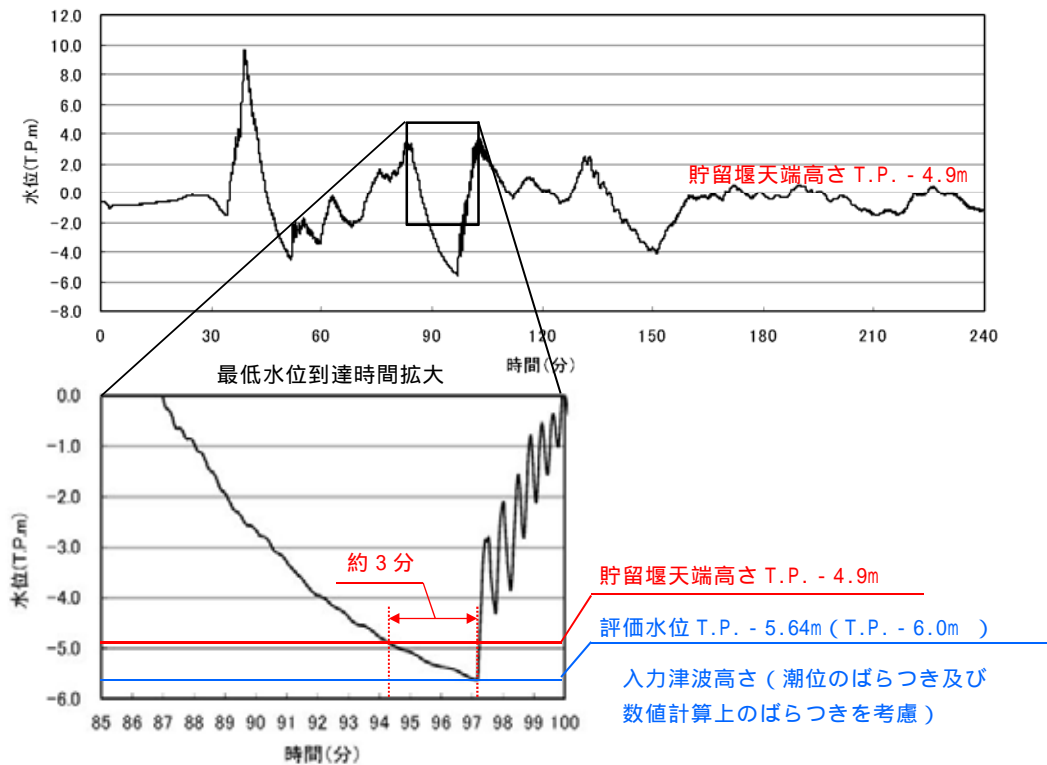
3：スロッシングによる溢水量算定については添付資料 1 2 参照

4：非常用海水ポンプ取水量を 4,323m<sup>3</sup>/h として算出





第 2.5-30 図 貯留堰の有効貯留容量及び堆積物により想定する低減範囲



第 2.5-31 図 引き波の継続時間

及び の評価結果から、漂流物による取水性への影響はないものと考えられる。また、地震発生後長期間においてがれきや流木等が取水口付近に到達する可能性があるが、大津波警報発表時は循環水ポンプが停止しており、比較的取水量が少ない非常用海水ポンプのみの運転状態であることから、万が一がれきや流木等が取水口付近に到達した場合においても、漂流物が引き寄せられ取水口を完全に閉塞させることはないと考えられる。しかしながら、漂流物による取水性への影響がないことを確認するため、津波監視カメラにより取水口前面における漂流物の堆積状況を監視し、取水ピット水位計により取水ピット内の水位が取水可能な水位であることを監視することとする。

なお、漂流物による影響としては前述のとおり「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響(波及的影響)」があり、津波防護施

設，浸水防止設備のうち同影響を考慮する必要のある施設又は設備については，対象漂流物を設定し，影響評価を実施する。対象漂流物については，本項における「[4] 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の評価プロセスを踏まえ次のとおり設定する。

#### 対象漂流物

影響評価のプロセスにおいて東海第二発電所の取水口に到達し得るとされたものを対象とする。第 2.5-20 表及び第 2.5-21 表から，最も重量の大きい 44t の浚渫船（台船）を代表とする。

## [5] 取水スクリーンの破損による通水性への影響

海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置（固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーン）については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物となった構成部材等が取水路を閉塞させることより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認した。

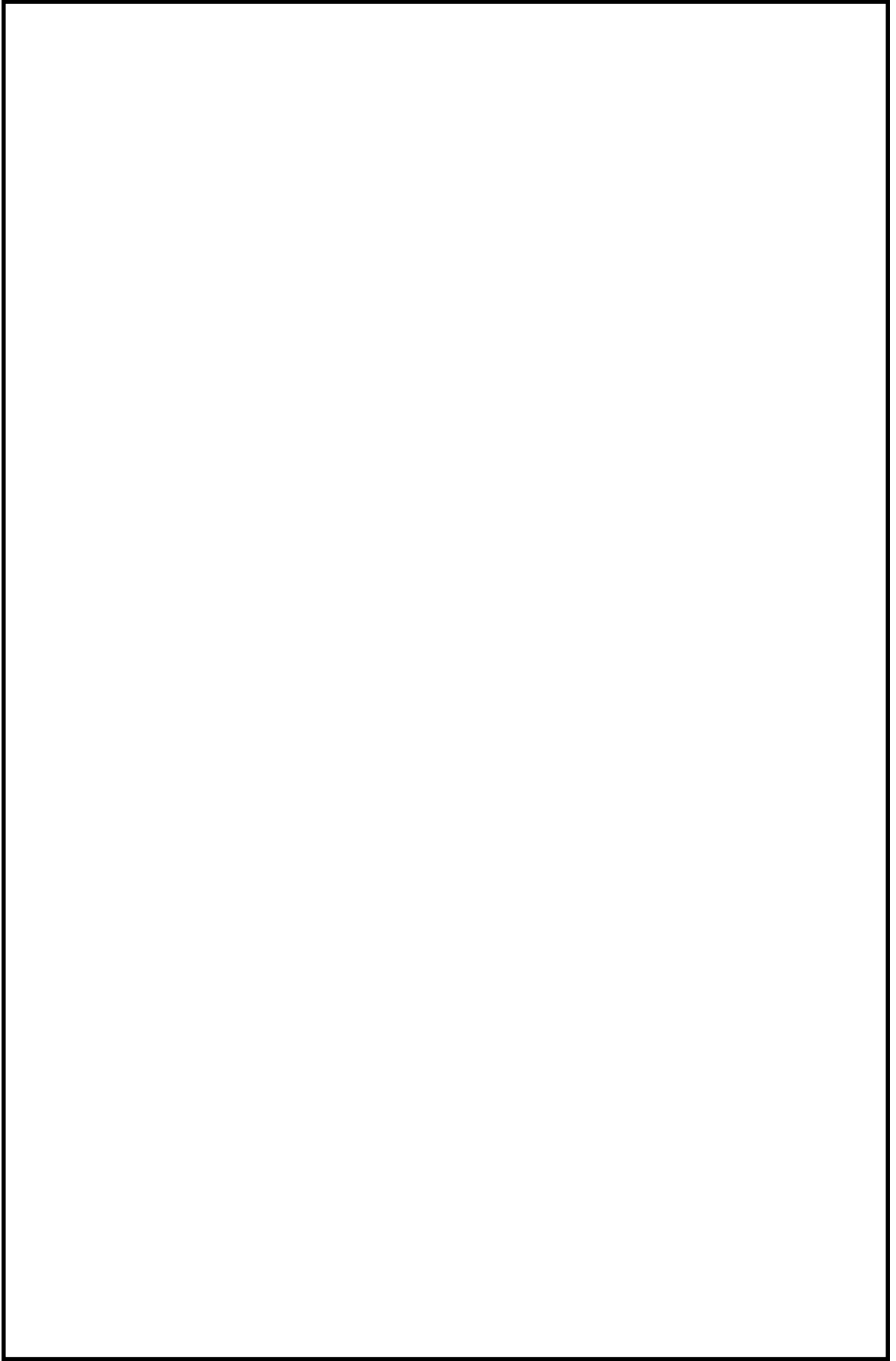
その結果、除塵装置は、基準津波により破損して漂流物になることはなく、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。以下に除塵装置に構造を示すとともに、確認内容、確認結果を示す。

### a. 構造

除塵装置は、取水する海水中の塵芥を除去するために、取水口から取水ピットに至る取水路の経路 8 区画に対して設置されており、取水口から固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン、トラベリングスクリーンの順に設置されている。第 2.5-32 図に除塵装置の配置図、第 2.5-33 図に除塵装置の概略構造図を示す。

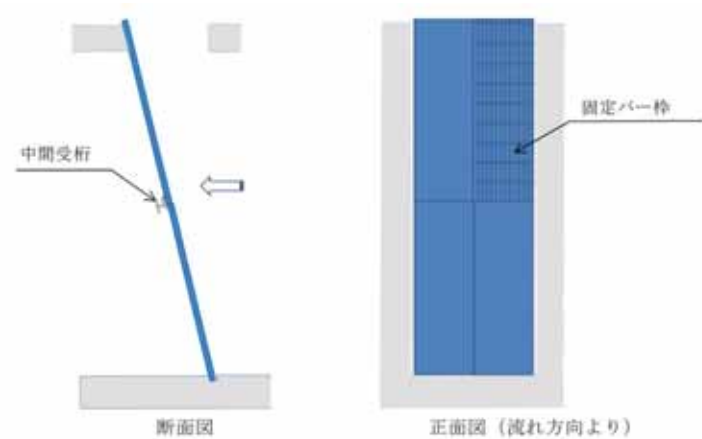
固定バースクリーンは、鋼材を溶接により格子状に接合した固定バー枠構造であり、取水路 1 区画当たり 4 分割された固定バー枠からなる。固定バー枠の上端及び下端は取水路に支持され、中間部分は中間受桁により支持される。

回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンは、それぞれ多数のバスケット（バー枠又は網枠）がキャリングチェーンにより接合された構造であり、キャリングチェーンは上部の駆動機構により回転する。下部スプロケットは取水路、上部スプロケットは駆動装置に支持される。

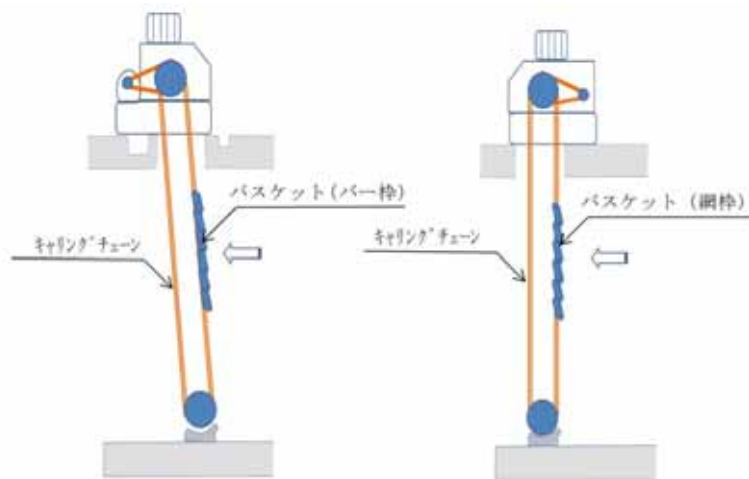


第 2.5-32 図 除塵装置配置図

5 条 2.5-117



(固定バースクリーン)



(回転レイキ付バースクリーン)

(トラベリングスクリーン)

図 2.5-33 図 除塵装置概略構造

b . 評価内容

評価条件

- ・ 取水路内の津波流速は，取水路の管路解析により得られた取水口前面の流速である  $1.5\text{m/s}$  を適用する。
- ・ 取水路内流速  $1.5\text{m/s}$  において，除塵装置に生じる水位差（損失水頭）が設計水位差内に収まっていることを確認する。
- ・ 除塵装置に生じる水位差が設計水位差を超える場合には，構造部材の強度評価を実施する。

c . 評価結果

固定バースクリーンについては、設計水位差内であったが、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンについては、設計水位差以上であった。

このため、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンに対して、基準津波により生じる水位差によって発生する荷重又は応力を評価した。その結果、各スクリーンの許容値以下であることを確認した。

以上の確認結果より、いずれの除塵装置においても基準津波によって破損することはなく漂流物にならないため、取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。第 2.5-26 表に除塵装置の取水性影響評価結果を示す。

第 2.5-26 表 流速 1.5m / s 時の除塵装置の取水性影響確認結果

設備	部材	設計水位差	流速 1.5m/s 時の水位差	基準津波による水位差の際の発生値 / 許容値	判定
固定バースクリーン	バースクリーン	0.5m	0.2m	-	
	中間受桁	0.5m	0.2m	-	
回転レイキ付バースクリーン	キャリングチェーン	1.5m	1.5m	124kN / 156kN (張力 / 許容張力)	○
	バスケット(バー枠)	1.5m	1.5m	84N/mm <sup>2</sup> / 156N/mm <sup>2</sup> (発生応力 / 許容応力)	○
トラベリングスクリーン	キャリングチェーン	1.5m	2.0m	138kN / 156kN (張力 / 許容張力)	○
	バスケット(網枠)	1.5m	2.0m	149N/mm <sup>2</sup> / 156N/mm <sup>2</sup> (発生応力 / 許容応力)	○

(10) 貫通部止水処置

「第 3.2-1 表 浸水防止設備の種類と設置位置」に示したとおり，外郭防護として防潮堤及び防潮扉を取付けるコンクリート躯体下部の貫通部，内郭防護として海水ポンプ室の配管等の貫通口，タービン建屋及び非常用海水系配管トレンチと隣接する原子炉建屋壁の配管等の貫通口に対して止水処置を実施する。

貫通部止水処置は，充てん構造，ブーツ構造及び閉止構造に大別され，これらの貫通部止水処置は，津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるように設計する。第 3.2-18 表に貫通部止水構造区分と実施箇所を示す。また，以降に各止水構造について設計方針を示す。

なお，貫通部止水対策箇所について添付資料 3 3 に示す。



第 3.2-18 表 貫通部止水構造区分と実施箇所

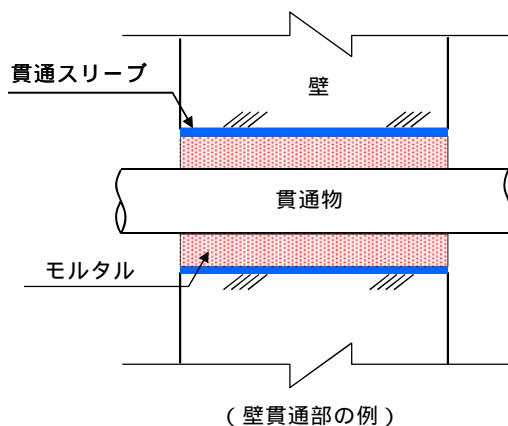
止水構造		特徴・主な用途	変位追従性	実施箇所
区分	構造概要			
a. 充てん構造 (モルタル)	貫通口あるいは貫通口と貫通物の間の隙間にモルタルを充てんすることにより止水する構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>経年変化等に対する耐久性に優れる</li> <li>剛性が高く、高い拘束力を有するため変位追従性がなく、躯体と貫通部間で相対変位が生じない部位(低温配管部、地震による相対変位が生じない部位)に適する。</li> </ul>	なし	<b>【外郭防護】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤及び防潮扉を取付けるコンクリート躯体下部の貫通部</li> </ul> <b>【内郭防護】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋境界壁</li> </ul>
	b. 充てん構造	貫通口と貫通物の間の隙間にパテによる仕切りを設けて、ウレタンゴムを充てんすることにより止水する構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定の変位追従性を有するもので、貫通部の温度(内包流体温度等)がシール材の使用制限温度以下で、かつ大きな熱移動が生じない低温配管部、地震による躯体と貫通物間の相対変位が小さい部位に適する。</li> </ul>	小～中
シリコンゴム		貫通口と貫通物の間の隙間に銅板による閉止板を設けて、シリコンゴムを充てんすることにより止水する構造		
c. ブーツ構造	貫通口と貫通物の間の隙間にラバーブーツを設置することにより止水する構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>変位追従性に優れ、地震による躯体と貫通部間の相対変位が大きい部位、高温配管で配管の熱移動が生じる部位に適する</li> </ul>	大	<b>【内郭防護】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋境界壁</li> </ul>
d. 閉止構造	貫通口に金属製の閉止板を溶接あるいは閉止フランジ等をシール材とともにボルト等にて取り付けることにより止水する構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備スリーブ等の閉塞可能な部位に適する。</li> <li>「充てん構造」では充てん材の充てん量が多くなり施工性が難しい大型開口部などに適する。</li> </ul>	-	<b>【内郭防護】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋境界壁</li> </ul>

実施箇所における施工については、JEAG4630-2016 浸水防止設備の技術指針に準じて施工計画を実施する。

a . 充てん構造（モルタル）【外郭防護】【内郭防護】

(a) 構造

貫通口あるいは貫通口と貫通物との隙間にモルタルを充てんすることにより止水する構造である。第 3.2-18 図に充てん構造（モルタル）の標準的な構造図を示す。



第 3.2-18 図 充てん構造（モルタル）の標準的な構造図

(b) 水密性

貫通部のモルタル充てん箇所には，無収縮モルタルを使用することから隙間は生じ難く，また，モルタルは基本的に壁・床版（上版）と同等の強度を有し，圧縮強度や付着強度も高いため，水圧に対する耐性は十分あると考えられる。

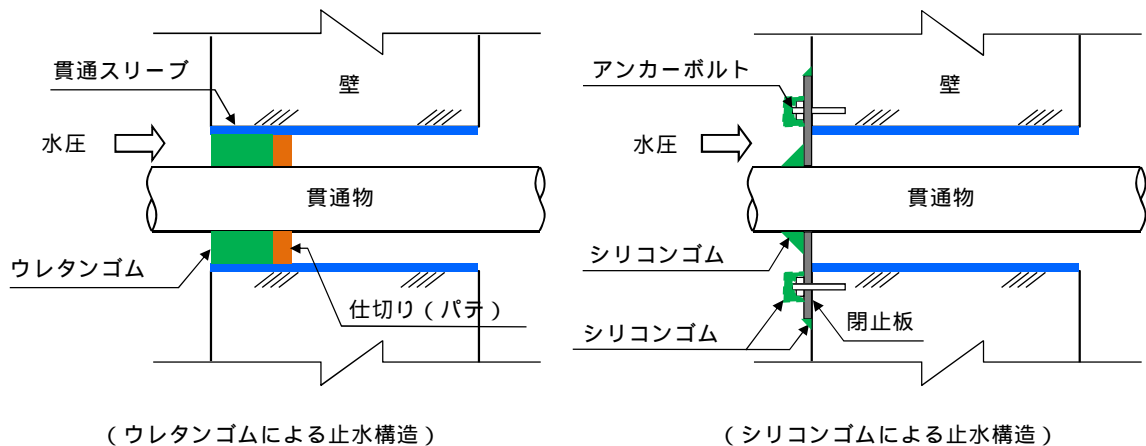
(c) 耐震性

貫通口内に貫通物が存在する構造では，基準地震動  $S_s$  によりモルタル充てん部に発生する配管反力がモルタルの許容圧縮強度及び許容付着強度以下であることを確認する。

b . 充てん構造（ウレタンゴム又はシリコンゴム）【内郭防護】

(a) 構造

充てん構造（ウレタンゴム）は，貫通口と貫通物の間の隙間にパテによる仕切りを設けて，ウレタンゴムを充てんすることにより止水する構造である。また，充てん構造（シリコンゴム）は，貫通口と貫通物の間の隙間に鋼板による閉止板を設けて，シリコンゴムを充てんすることにより止水する構造である。第 3.2-19 図に充てん構造（ウレタンゴム及びシリコンゴム）の標準的な概略構造図を示す。



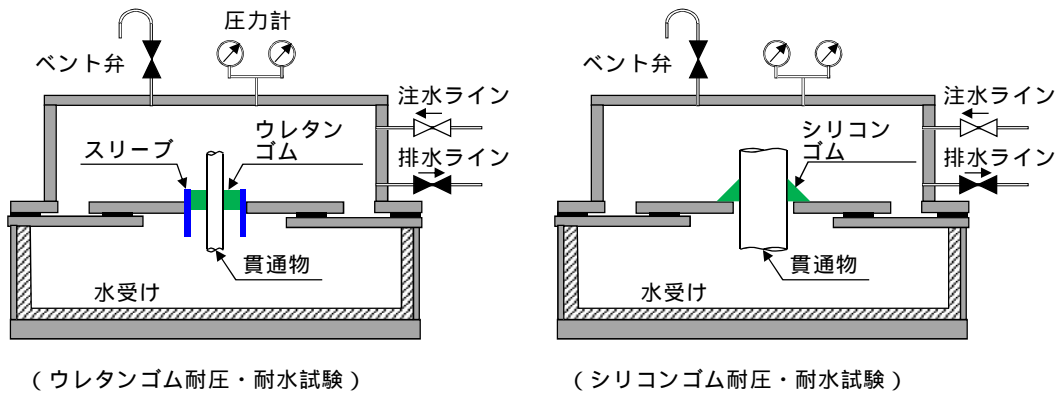
第 3.2-19 図 充てん構造（ウレタンゴム又はシリコンゴム）  
の標準的な構造図

(b) 水密性

充てん構造（ウレタンゴム又はシリコンゴム）は，直接，津波波力（水平力）を受ける箇所に設置するものではないため，静的荷重（静水頭圧）に対する水密性を確保する。

本構造では，耐水性は補強板及びウレタンゴム又はシリコンゴム材が担い水密性を確保することを基本としており，設置箇所想定され

る浸水（静水頭圧）に対して，浸水防止機能が保持できることを必要に応じて耐圧・漏水試験により確認する。第 3.2-20 図に実機模擬耐圧・漏水試験の実施例を示す。



第 3.2-20 図 実機模擬耐圧・漏水試験の実施例

(c) 耐震性

貫通口を通る配管等の貫通物は，同一建屋内の支持構造物により拘束されており，地震時には建屋と配管等が連動した振動となることから，充てん材への地震の影響は軽微と考えられる。

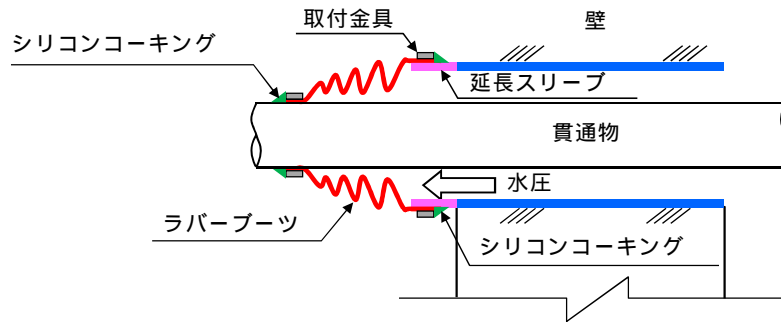
なお，建屋間を貫通する配管等の地震時に躯体と貫通物間で大きな相対変位が想定される箇所については，変位追従性に優れたブーツ構造を適用する方針とする。

c . ブーツ構造【内郭防護】

ブーツ構造は，貫通口と貫通物の間の隙間にラバーブーツ（シールカバー）を設置することにより止水する構造である。第 3.2-21 図にブーツ構造の標準的な構造図を示す。

ブーツ構造は，変位追従性に優れ，主に地震による躯体と貫通物間の相対変位が大きい部位，高温配管で配管の熱移動が生じる部位に適

用するものであり、貫通物の建屋間相対変位、熱変位を評価し、かつ、施工性も考慮した上でウレタンゴム又はシリコンゴムによる充てん構造では適用が困難と判断される貫通口に適用する。

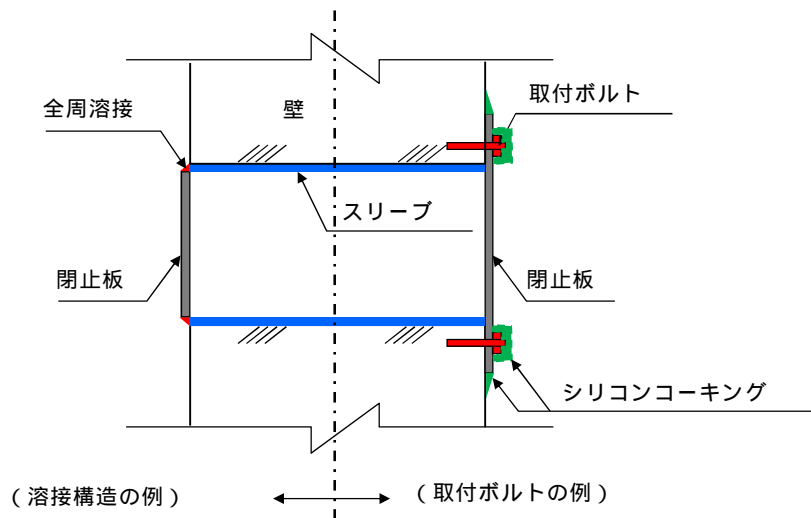


第 3.2-21 図 ブーツ構造の標準的な構造図

d . 閉止構造【内郭防護】

閉止構造は、貫通口に金属製の閉止板を溶接あるいは閉止フランジ等をシール材とともにボルト等にて取り付けることにより止水する構造である。第 3.2-22 図に閉止構造の標準的な構造図を示す。

閉止構造は、主として予備貫通口等の閉鎖可能な箇所に適用するものであり、その設計に当たっては、設置場所で想定される水圧及び基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、必要な浸水防止機能が保持できることを評価あるいは試験により確認する。



第 3.2-22 図 閉止構造の標準的な構造図

(11) 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋

屋外における非常用海水系配管からの溢水及び屋外タンクからの溢水は、浸水防護重点化範囲である原子炉建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋，軽油貯蔵タンク及びタービン建屋並びに T.P. + 3m の敷地に設置された浸水防護重点化範囲である海水ポンプ室及び非常用海水系配管 (T.P. + 3m 側) への影響はない。

なお、海水ポンプ室のケーブル点検用の開口部には浸水防止蓋を設置し、貫通部には止水処置を行うことから、海水ポンプ室廻りに溢水が流入した場合においても浸水防護重点化範囲への影響はない。海水ポンプ室にケーブル点検口浸水防止蓋 3 箇所に対して、浸水防止蓋を設置する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋は、津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

鋼製防護壁の設計方針について

## 目 次

- 1 . 鋼製防護壁の要求機能と設計方針について
  - ( 1 ) 鋼製防護壁に要求される機能
  - ( 2 ) 鋼製防護壁高さの設定方針
  - ( 3 ) 設計方針
    - 1 ) 構造概要
    - 2 ) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の構造概要
    - 3 ) 設計手順
    - 4 ) 設計荷重
    - 5 ) 地中連続壁基礎の設計方針
    - 6 ) 鋼製防護壁（上部工）の設計方針
    - 7 ) 接合部の設計
    - 8 ) 止水ジョイント部（側部）の設計方針
    - 9 ) 止水ジョイント部（底部止水機構）の設計方針
- 2 . 施工実績
  - 2 . 1 鋼製門型ラーメン構造
    - ( 1 ) 施工事例 1 : 鋼殻ブロックの施工事例（橋梁箱桁）
    - ( 2 ) 施工事例 2 : 国道工事（国土交通省）
    - ( 3 ) 施工事例 3 : 高速道路工事（高速道路株式会社）
  - 2 . 2 直接定着式アンカーボルトの実績
    - ( 1 ) 施工事例 1 : 国道工事（国土交通省）
    - ( 2 ) 施工事例 2 : 臨港道工事（国土交通省）
- 3 . 地中連続壁基礎に関する設計基準類
  - ( 1 ) 道路橋示方書・同解説 下部構造編(公社法人日本道路協会)
  - ( 2 ) 地中連続壁基礎工法施工指針(案)(地中連続壁基礎協会)
- 4 . 参考資料



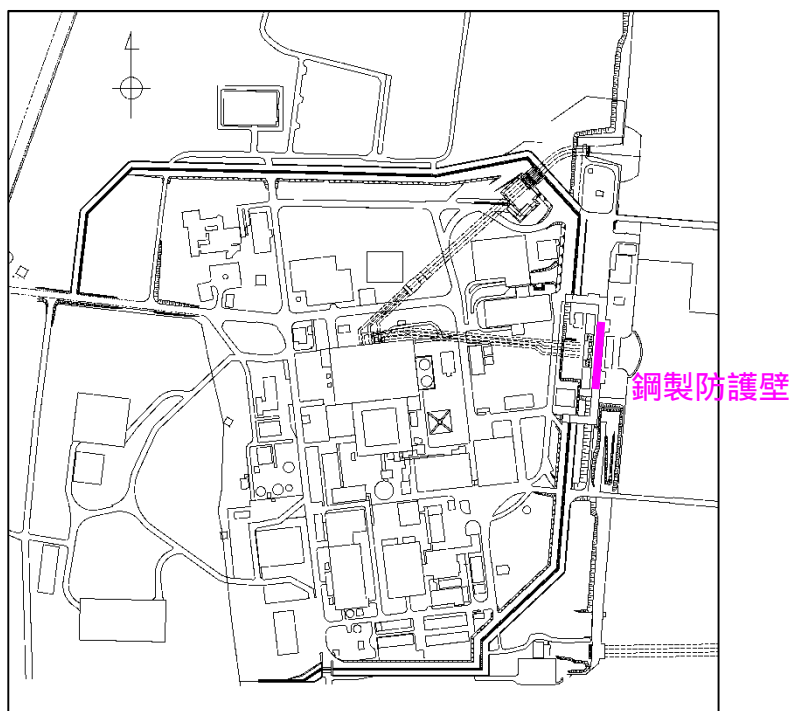
## 1. 鋼製防護壁の要求機能と設計方針について

### (1) 鋼製防護壁に要求される機能

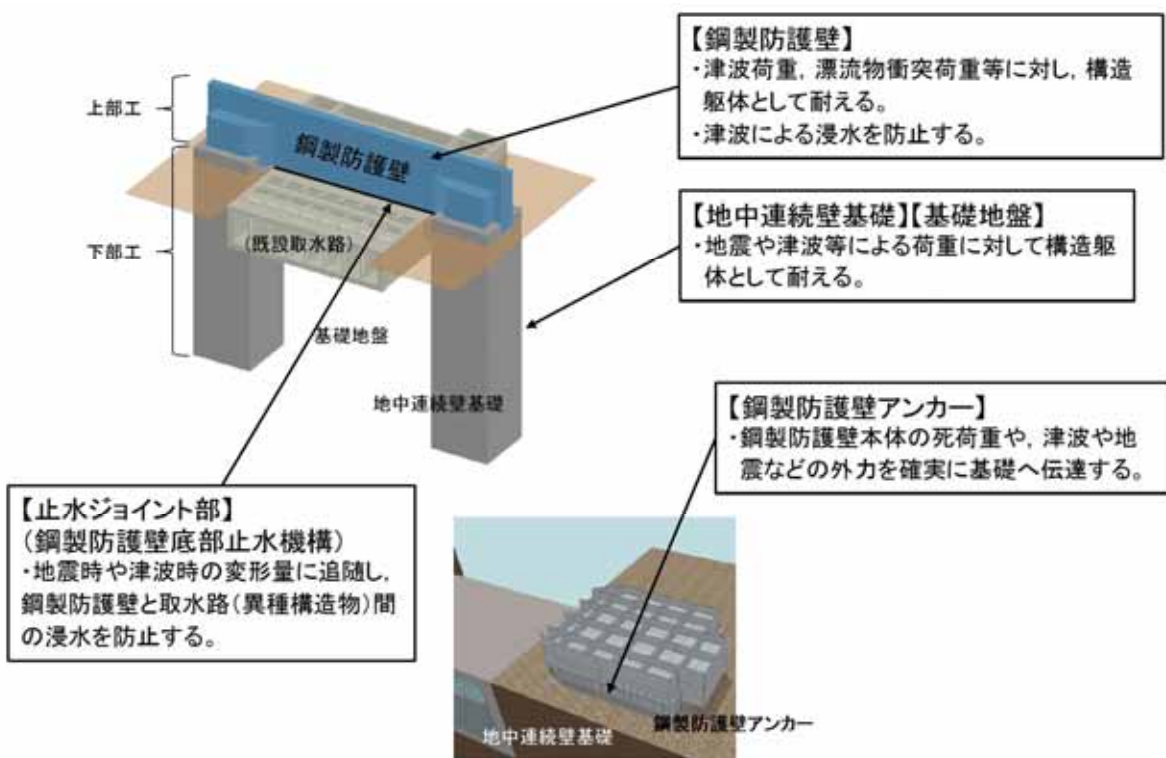
鋼製防護壁の平面位置図を第 1-1 図に、鋼製防護壁に関する要求機能と設計評価方針について第 1-1 表に、鋼製防護壁の評価対象部位を第 1-2 図～第 1-4 図に示す。

津波防護施設としての防潮堤に求められる要求機能は、繰返しの襲来を想定した遡上波に対して浸水を防止すること、基準地震動  $S_s$  に対して要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての変形能力に対し、十分な構造強度を有することである。

上記の機能を確保するための性能目標は、遡上津波に対して余裕を考慮した防潮堤高さを確保するとともに構造体の境界部等の止水性を維持し、基準地震動  $S_s$  に対して止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。

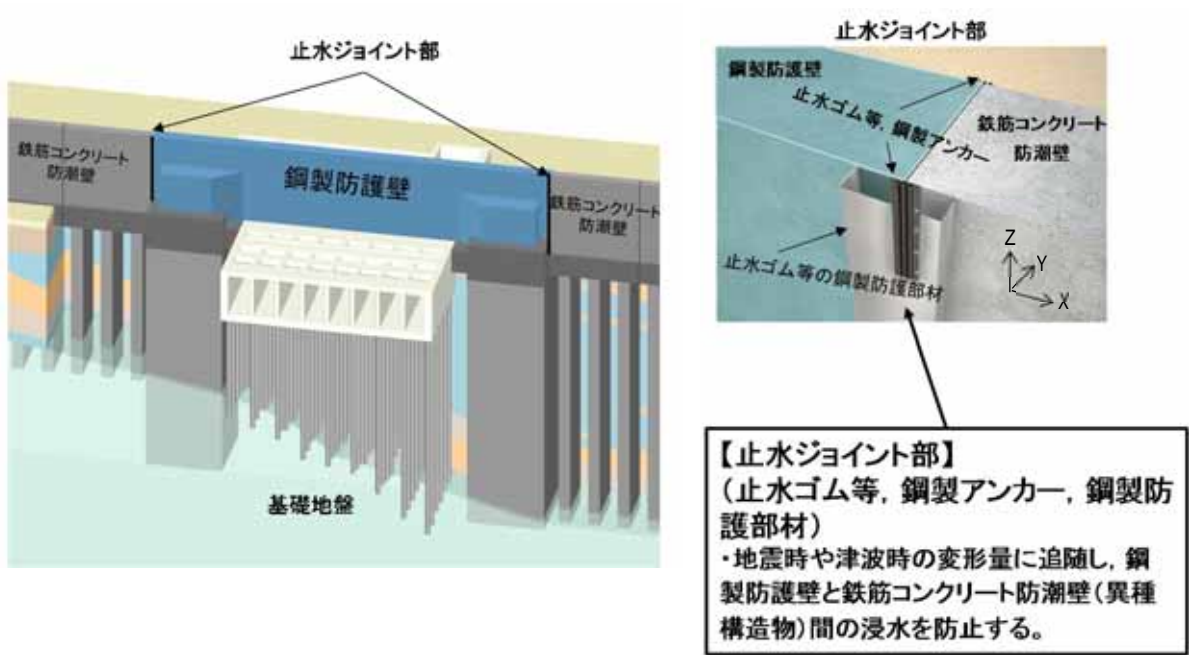


第 1-1 図 平面位置図



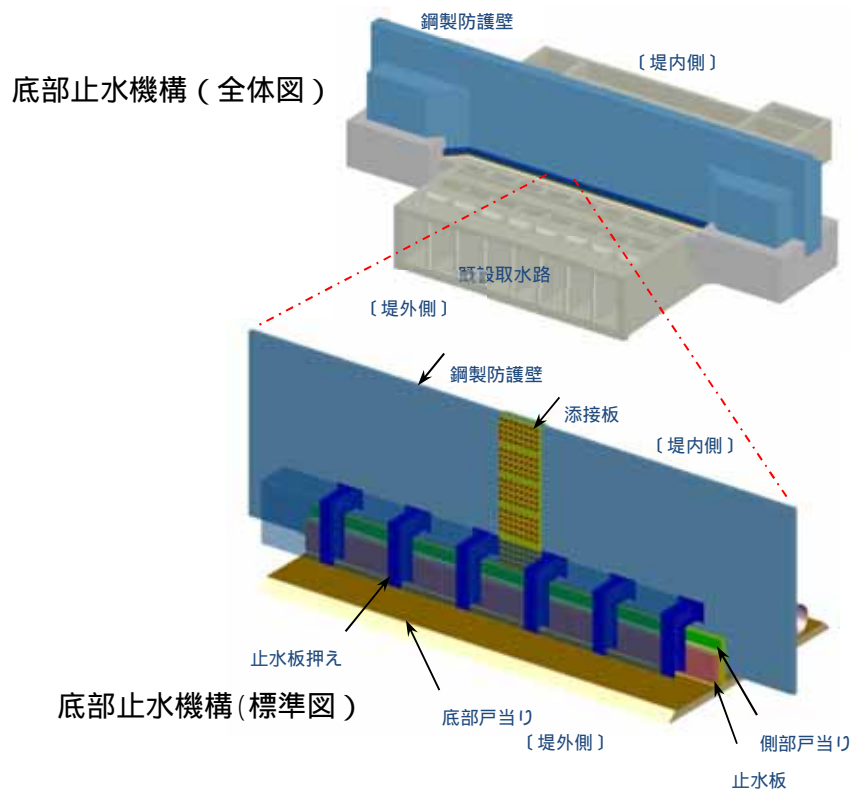
注)仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

## 第 1-2 図 鋼製防護壁の評価対象部位 (その 1)



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-3 図 鋼製防護壁の評価対象部位 (その 2)



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-4 図 鋼製防護壁の評価対象部位 (その 3)

第 1-1 表 鋼製防護壁に関する要求機能と設計評価方針

津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。

「津波防護に関する施設の設計について」の要求機能、機能設計、構造強度設計を以下に示す。

赤字：荷重条件  
 緑字：要求機能  
/>

施設名	要求機能		機能設計		構造強度設計				設計に用いる許容限界
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	
海水ポンプ室周防護壁	<p>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.1 津波防護施設の設計</p> <p>津波防護施設については、その構造に及び、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、<b>入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できる</b>よう設計すること。</p> <p>(1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。</p> <p>荷重組合せ</p> <p>a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震(余震)荷重の設定</p> <p>a)津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。</p> <p>b)余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c)地震により周辺地盤に液化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。</p> <p>許容限界</p> <p>a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、<b>地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。</b>)</p> <p>基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド</p> <p>6.3 津波防護施設、浸水防止設備等津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること</p>	<p>・ポンプ室周防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ(浸水高さ T.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さ T.P.+20.0m)の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。</p> <p>取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持することで、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追随する止水性を確認した止水ゴム等を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。</p> <p>津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>に対し、鋼材や鉄筋コンクリートの耐力のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。</p> <p>上部構造は、頂版コンクリート・フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に強固に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持するとともに、鋼製防護壁や鉄筋コンクリート防潮壁による止水性を保持する設計とする。</p> <p>上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、試験等により地震時の変形に追随し止水性を確認した止水ゴム等を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・ポンプ室周防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ(浸水高さ T.P.+17.9m に余裕を考慮した天端高さ T.P.+20.0m)の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。</p> <p>取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。</p> <p>取水口横断部の南北に繋がる区間は、鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し、止水性を保持する設計とする。</p> <p>上部構造を、頂版コンクリート・フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に連結し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重に対し、鉄筋コンクリート製の地中連続壁基礎、鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し、津波時に主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。</p> <p>津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重に対し、鉄筋コンクリート製の地中連続壁基礎、鉄筋コンクリート及び鋼製の上部構造で構成し、津波時に主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。</p> <p>津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。</p>	<p>・ポンプ室周防護壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。</p> <p>・ポンプ室周防護壁は、<b>基準地震動 S<sub>0</sub></b>による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。</p>	下部工	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」に基づき極限支持力以下とする。
						地中連続壁基礎	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編・耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m 津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編・耐震設計編)」コンクリート標準示方書」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。
						鋼製防護壁	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m 津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。
						鋼製防護壁アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」鋼橋設計基準(名古屋高速道路公社)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m 津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」鋼橋設計基準(名古屋高速道路公社)」に基づき降伏応力度以下とする。
					上部工	止水ゴム等	変形、引張り	有意な漏えいに至る変形、引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
						鋼製アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
						止水ゴム等の鋼製防護部材	曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。
						鋼製防護壁底部止水機構	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。



## (2) 鋼製防護壁高さの設定方針

敷地前面東側に位置する鋼製防護壁は、遡上津波に対して余裕を考慮した防潮壁高さを設定している。入力津波高さと防潮堤高さの関係を第 1-2 表に示す。

第 1-2 表 入力津波高さと防潮壁高さの関係

	敷地側面 北側	敷地前面 東側	敷地側面 南側
入力津波高さ (潮位のばらつき等 考慮)	T.P.+15.4m	T.P.+17.9m	T.P.+16.8m
防潮壁高さ	T.P.+18.0m	T.P.+20.0m	T.P.+18.0m
設計裕度	2.6m	2.1m	1.2m

## (3) 設計方針

### 1) 構造概要

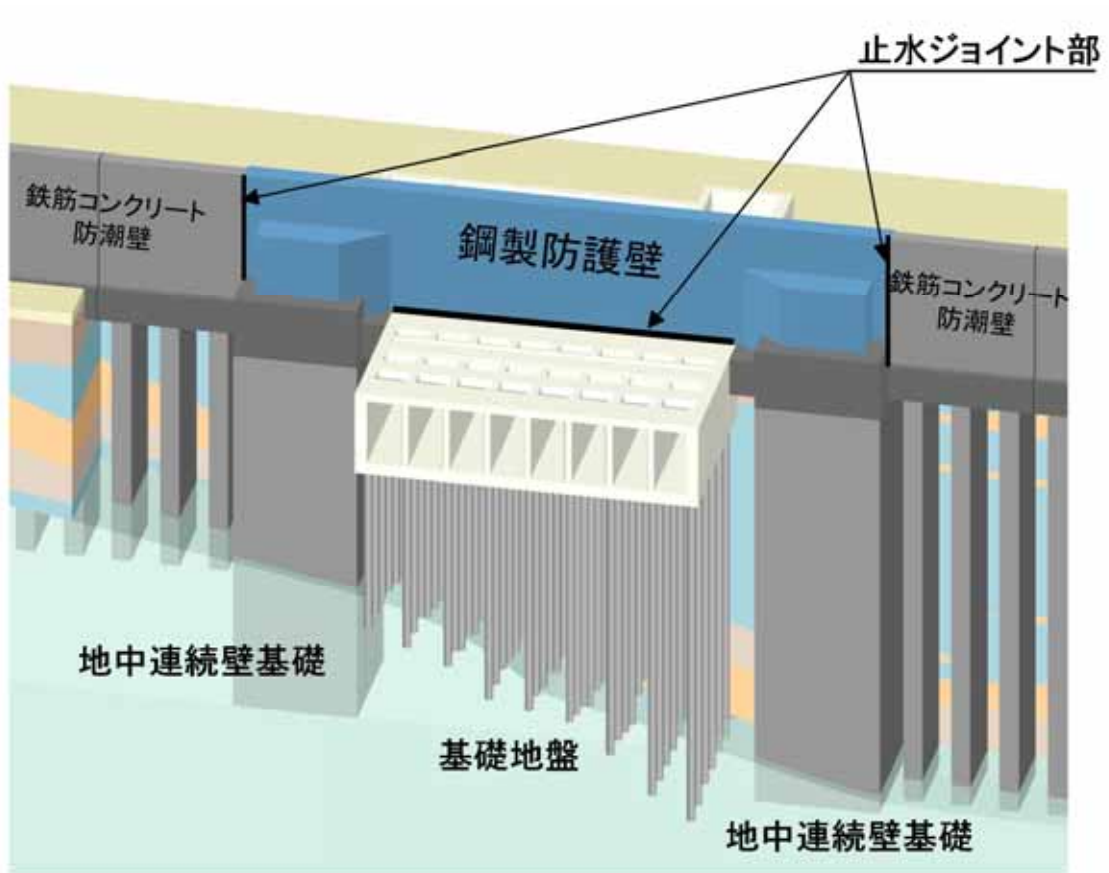
鋼製防護壁は、海水ポンプ室東側の取水口横断部に配置する。(第 1-1 図 参照)

既設の取水構造物に鋼製防護壁による荷重を作用させないために、取水構造物の南北両側に上部工の基礎となる地中連続壁基礎を構築し、取水構造物を跨ぐように上部工の鋼製防護壁を構築する。

上部工の鋼製防護壁の底面と既設取水構造物との境界部には、止水性維持のために止水機構を設置する。(第 1-4 図 参照)

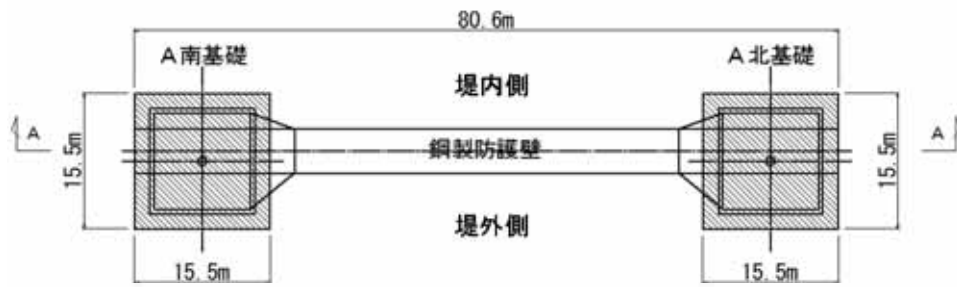
上部工の鋼製防護壁と隣接する鉄筋コンクリート防潮壁との境界部には、止水性維持のために伸縮性を有する止水ゴム等を設置する。(第 1-3 図 参照)

鋼製防護壁の構造概要図を第 1-5 図に，平面図及び正面図を第 1-6 図に示す。

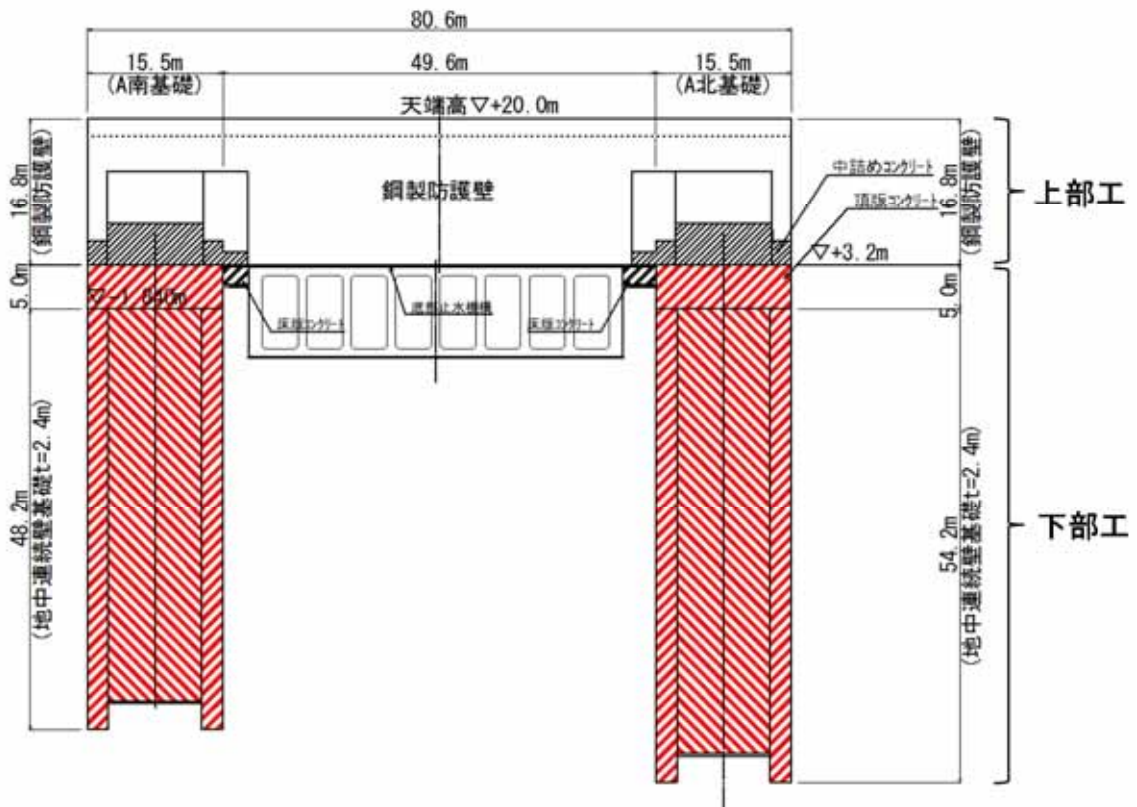


第 1-5 図 鋼製防護壁 構造概要図

平面図



A - A 断面図



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-6 図 平面図及び正面図

## 2) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の構造概要

### 全体構造の概要

鋼製防護壁全体の構造を第 1-7 図に示す。鋼製防護壁の構成部位と役割を第 1-3 表に示す。また、鋼製防護壁の構造図を第 1-8 図、鋼製防護壁全体の構成図を第 1-9 図、地中連続壁基礎の構成図を第 1-10 図に示す。

第 1-7 図に示すとおり、基礎部は、南北両側に配置した地中連続壁基礎にて構成され、津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する。

鋼製防護壁は、鉛直及び水平方向に配置された鋼板で構成される鋼殻構造とする。施工性を考慮して、鋼製防護壁はブロックに分割し、各ブロックは添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により結合する。

第 1-8 図に鋼製防護壁の鉛直方向の分割イメージを示す。下端標高 T.P.+3.20m から天端標高 T.P.+20.0m までを頂部鋼板を含めて 10 層に分割した構造とし、各層は、第 1-7 図に示すブロックが複数結合された構造とする。

鋼製防護壁最下層の地中連続壁基礎結合部には、アンカーボルトが設置され上部工からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込力として基礎上部の頂版コンクリートに伝達する。

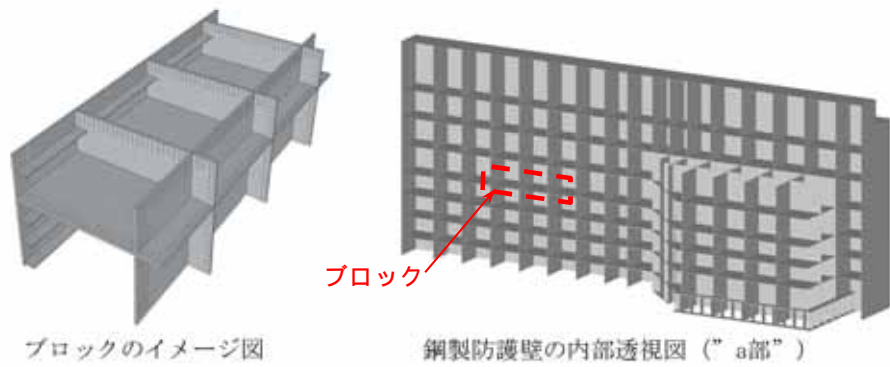
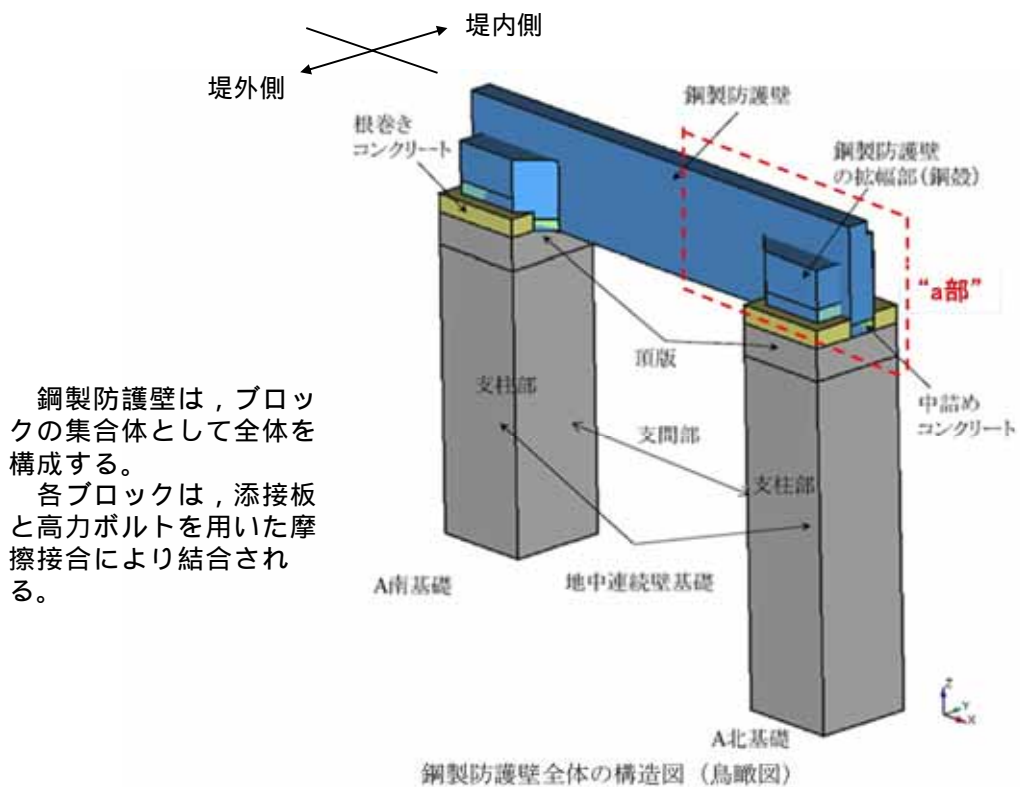
また、第 1-9,1-10 図に示すとおり鋼製防護壁の基礎部直上の鋼殻内には、必要な高さまで中詰めコンクリートを打設する。なお、頂版コンクリート及び中詰めコンクリートは鉄筋コンクリートとする。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部について、第 1-11～1-16 図に示す。

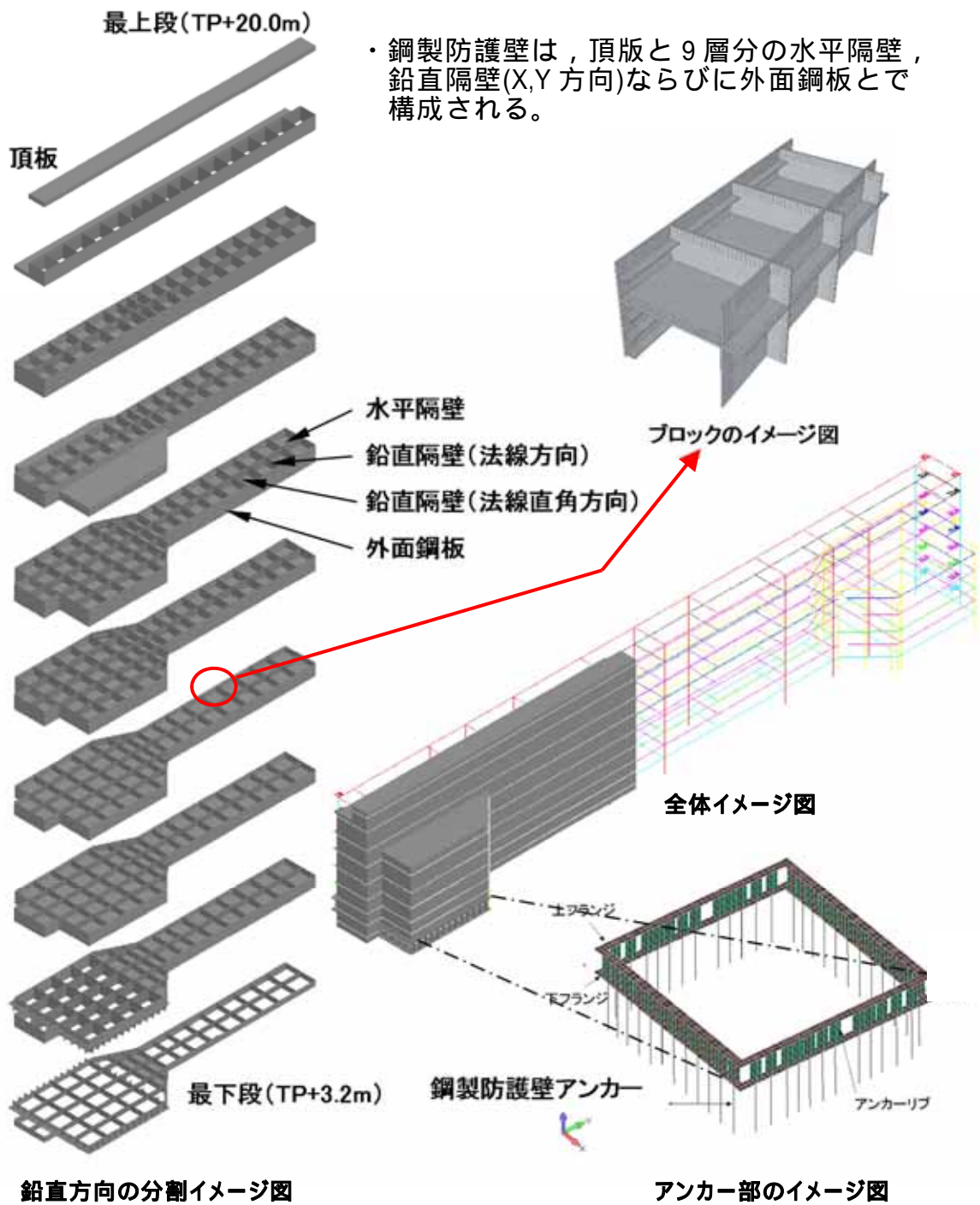


第 1-3 表 鋼製防護壁の構成部位と役割

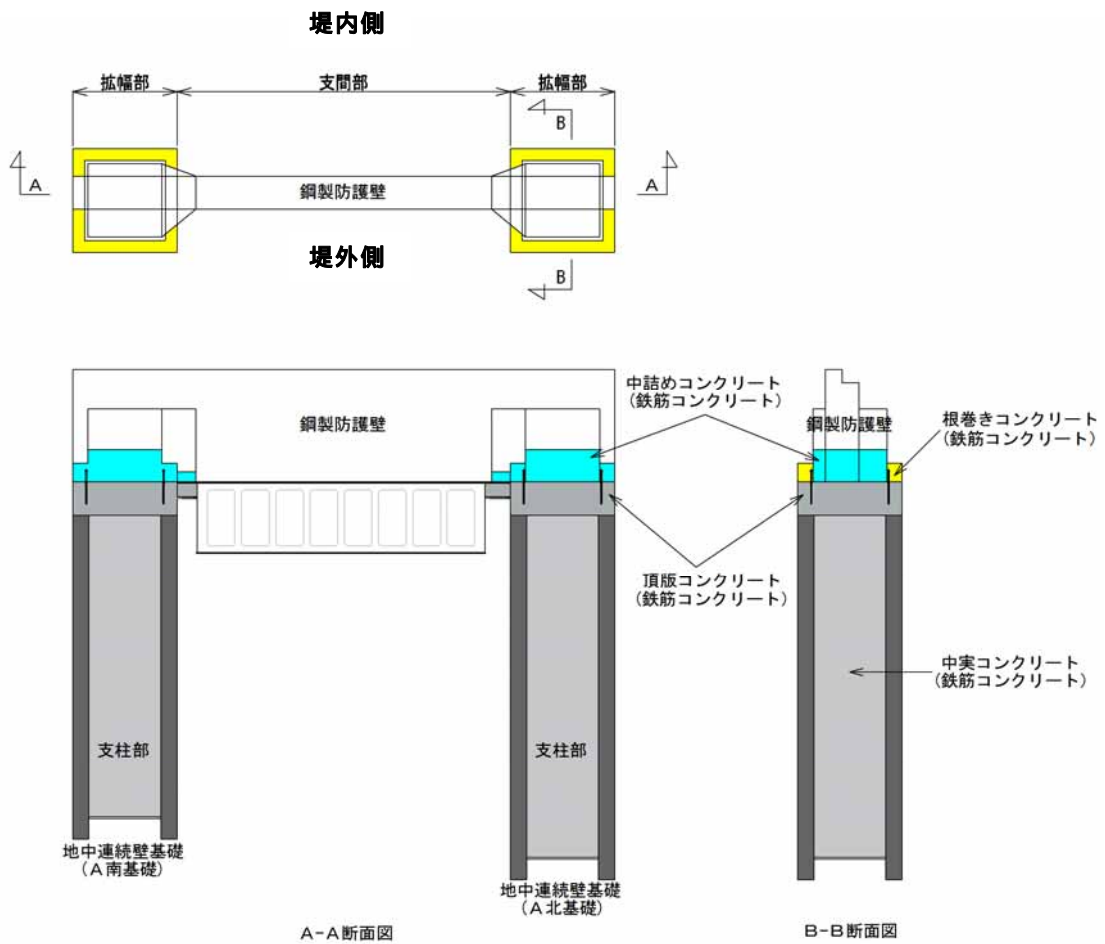
区分	分類	構成	各部位の役割
上部工	鋼製 防護壁	鋼製防護壁 (支間部, 支柱部)	津波荷重等に抵抗する。
		鋼殻 (支柱部)	基礎上部の範囲を拡幅することにより, 支柱部応力の低減とアンカーボルトの配置エリアを確保する。
		中詰めコンクリート (鉄筋コンクリート)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで, 基部周辺の鋼殻応力の低減と上部工からのせん断力と水平トルク(鉛直軸回りモーメント)を基礎頂版に伝達する。
	アンカー ボルト	-	上部工荷重からの軸力及び曲げモーメントを地中連続壁基礎の頂版コンクリートに伝達する。
下部工	地中連続壁 基礎 (A北, A南)	頂版コンクリート (鉄筋コンクリート)	地中連続壁の上部に構築する鉄筋コンクリート版で, 鋼製防護壁からの荷重を地中連続壁基礎に伝達させる。アンカーボルト及び中詰めコンクリート内の鉄筋を定着させる。
		地中連続壁 (鉄筋コンクリート)	基礎外面を形成し, 基礎の主要部材となる。
		中実コンクリート (鉄筋コンクリート)	地中連続壁内部の鉄筋コンクリートで, 地中連続壁と一体となって発生断面力を負担する。
非 構造 部材	根巻き コンクリート	-	定着アンカー頭部の防食などを目的とした鉄筋コンクリート。非構造部材として設計する。



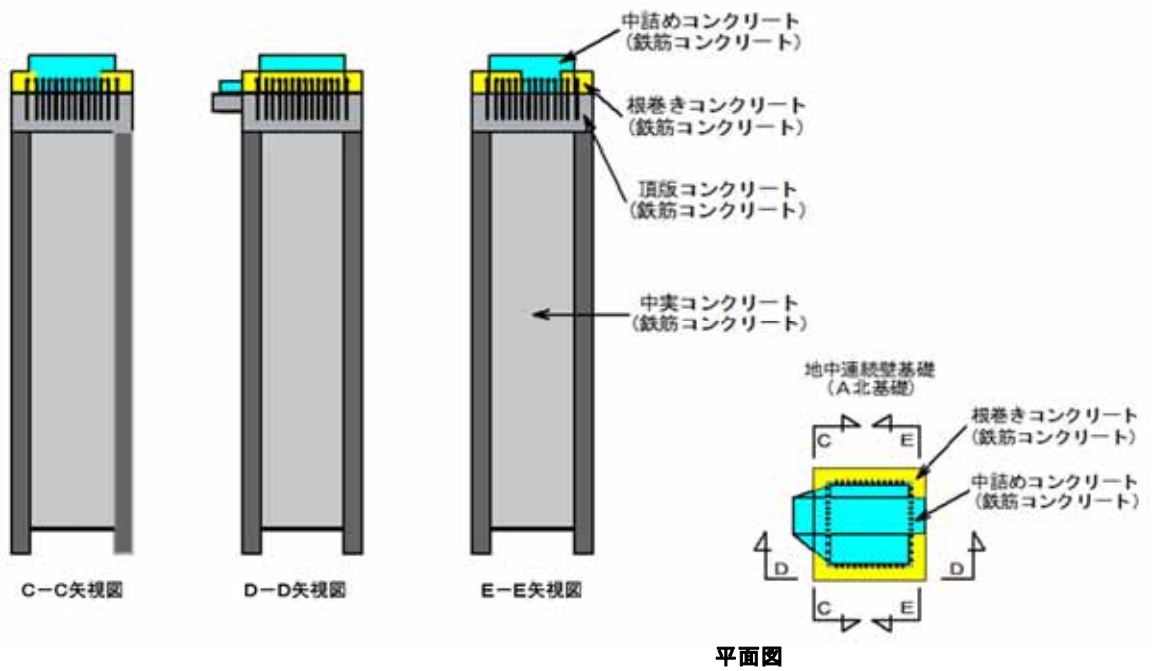
第 1-7 図 鋼製防護壁全体の構造図



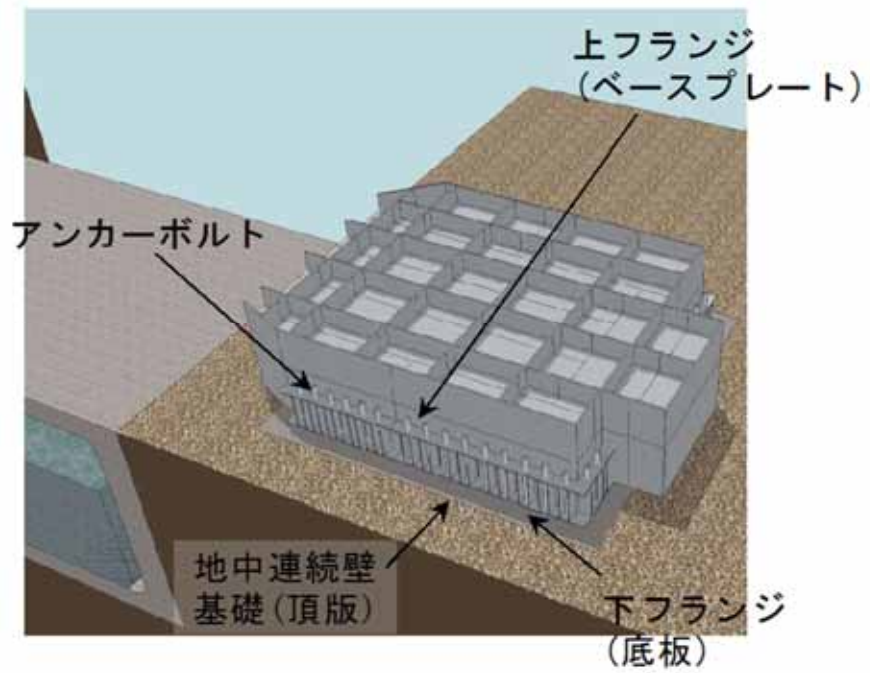
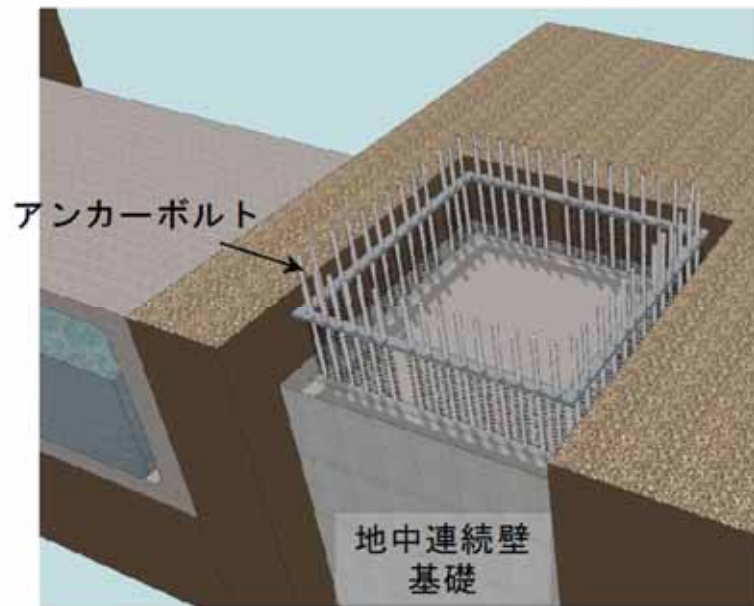
第 1-8 図 鋼製防護壁の構造図 (鋼製防護壁の鉛直方向ブロック分割)



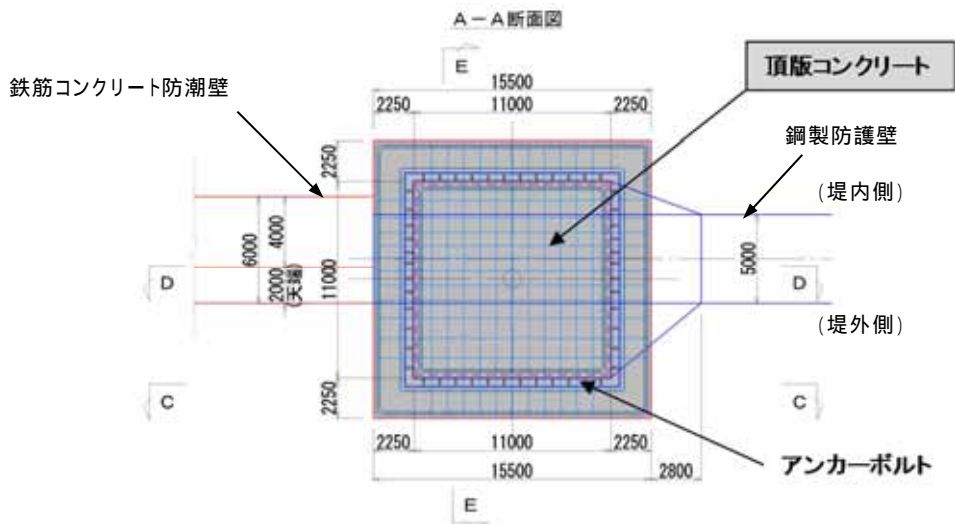
第 1-9 図 鋼製防護壁全体の構成図



第 1-10 図 地中連続壁基礎の構成図

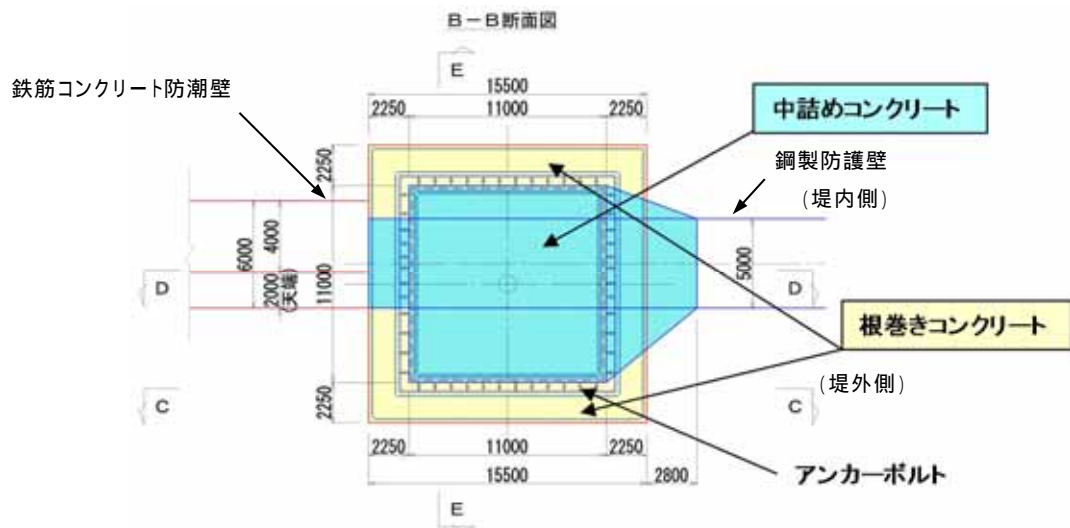


第 1-11 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部イメージ図



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

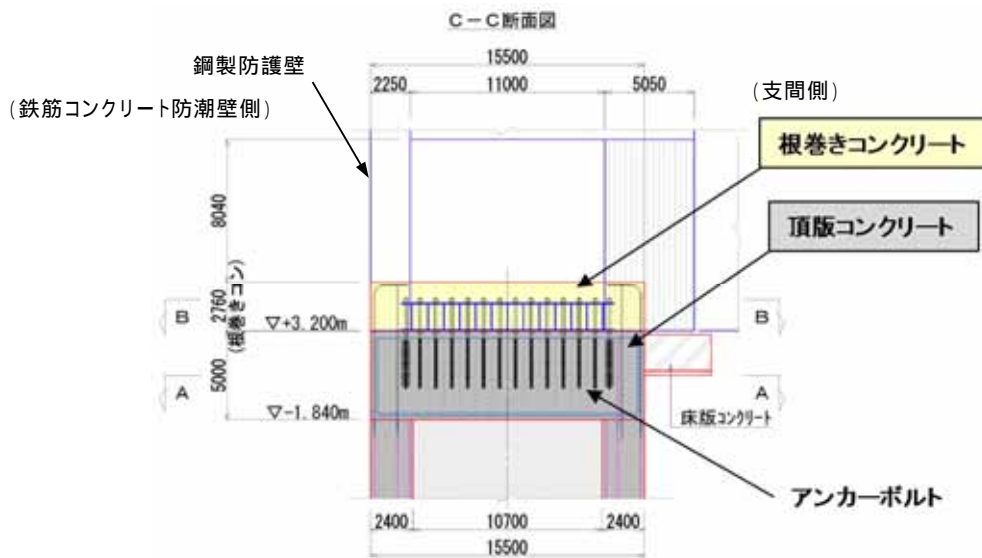
第 1-12 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部構造図 ( A - A 断面 )



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

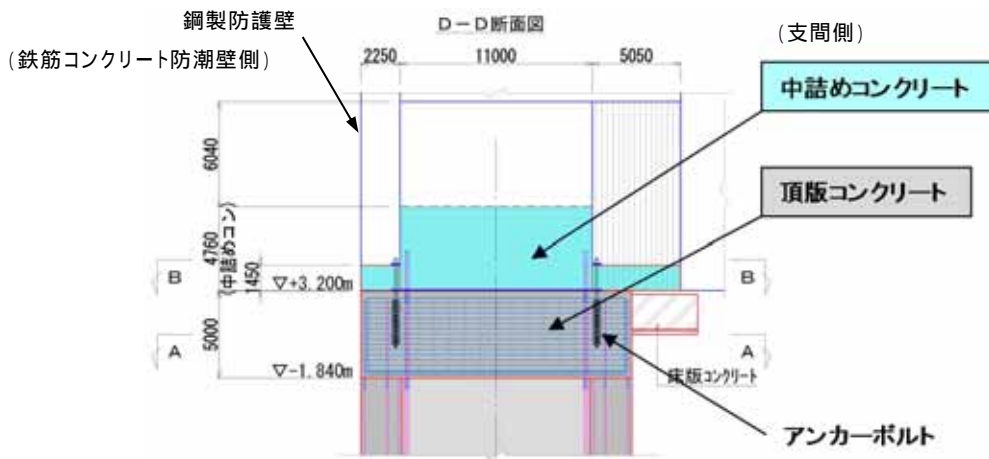
第 1-13 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部構造図 ( B - B 断面 )





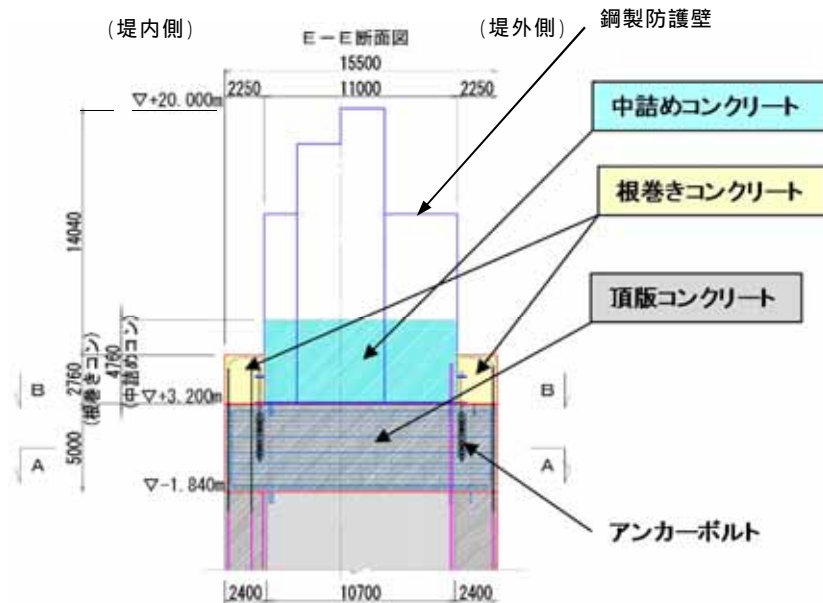
注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-14 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部構造図 ( C - C 断面 )



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-15 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部構造図 ( D - D 断面 )



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-16 図 鋼製防護壁-地中連続壁基礎 結合部構造図 ( E - E 断面 )

### 構造型式の選定理由

#### a. 取水口横断部の防護壁を鋼製とした理由

既設取水口の頂版に直接防護壁を設置した場合、防護壁の自重、津波波圧による反力、地震時慣性力を取水口に負担させることになる。その反力は非常に大きいため、両サイドに基礎を設け反力が取水口に作用しない設計とする。

両サイドの基礎は、非常に大きな荷重を負担するが、基礎設置場所には十分な広さがなく、際限なく基礎を大きくすることが出来ない状況である。そのため、自重及び地震時慣性力の低減を目的に、質量の低減を図ることが可能な鋼製を選定する。

「4. 参考資料」に鋼製防護壁ブロック架設方法のステップ図を示す。架設は、トラッククレーンにてブロックを1個ずつ吊上げ、先行ブロックと突合せてHTB（ハイテンションボルト）で接合・



固定する。

本工法では、最下段については両側からブロックを接合し、張り出し側を仮受けしながら構築し、最下段を自立させたのちに、上層ブロックを積み上げて構築するため、既設構造物に大きな荷重を負担させることなく架設が可能である。

b. 基礎形式に地中連続壁基礎を選定した理由

防潮壁がSクラス構造物であることから、基礎は強固な岩盤上に設置しなければならないため、約60m近くまで掘り下げる必要がある。実績が豊富で適応可能な施工方法としては、地中連続壁基礎工法とケーソン工法が選択される。

ケーソン工法の場合、施工方法として周辺の地盤との摩擦を切って躯体を圧入していくため、基礎周辺地盤との摩擦力は、設計上地中連続壁基礎と同等の評価ができないことから、基礎として必要な寸法が地中連続壁基礎よりも大きくなる。また、厚く分布する沖積粘性土層（Ac層）のN値が低いため、施工中にケーソンが自沈することで所定の精度で施工できない可能性や、岩盤根入れ施工時に突然沈下し、瞬間的に震度4以上の振動を発生させる危険性も否定できない。

以上の理由から、基礎形式として地中連続壁基礎を選定する。

c. 直接定着式アンカーボルトを選定した理由

上部工が鋼殻構造で下部工が鉄筋コンクリート構造の場合、アンカーフレーム方式により接続し、上部工の荷重を下部工に伝達する形式が多い。本件においてアンカーフレーム方式を採用した場合、

頂版に設置されるアンカーフレームのプレートと、地中連続壁基礎の鉛直方向鉄筋の定着部とが干渉する。この干渉を避けるためには基礎を大きくする必要があるが、敷地内の制約から拡幅可能な大きさに制限があるため困難である。

一方、直接定着式アンカーボルトには上記のような干渉するプレートはなく、基礎の大きさ（平面形状）を敷地の制約内の大きさにおさめることができるため、これを選定する。

### 鋼製防護壁の平面配置における制約条件

鋼製防護壁の支間部は、地震等の変位による既設構造物との接触回避や施工時の離隔を確保する必要性から以下の制約を受けるため、鋼製防護壁中心と地中連続壁基礎中心とで偏芯を設ける。

#### a. 上部工の制約

- ・ 上部工と下部工に偏芯を設けない場合、上部工の堤外側角落しとの離隔が 20cm となり、止水板押え（約 50cm）を加えると堤外側角落しに接触する。
- ・ 本震時の動的解析による変位（51cm）を踏まえ、許容変位量を 70cm 程度と設定する。
- ・ 堤外側は、上部工と堤外角落しとの離隔を、止水板押え（約 50cm）と許容変位量（約 70cm）の 120cm とすると、約 100cm 程度の偏芯が必要となる。

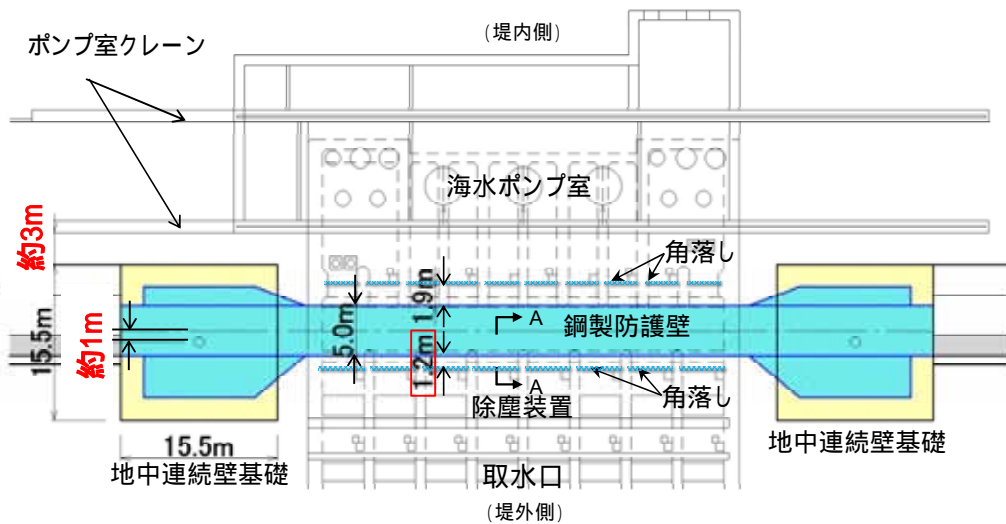
#### b. 地中連続壁基礎の制約

- ・ 堤内側は施工上、ポンプ室クレーン・取水口との離隔を 3m 程度確保する必要がある。

これらの制約により、上部工と下部工とで堤内方向に約 1m の偏芯を

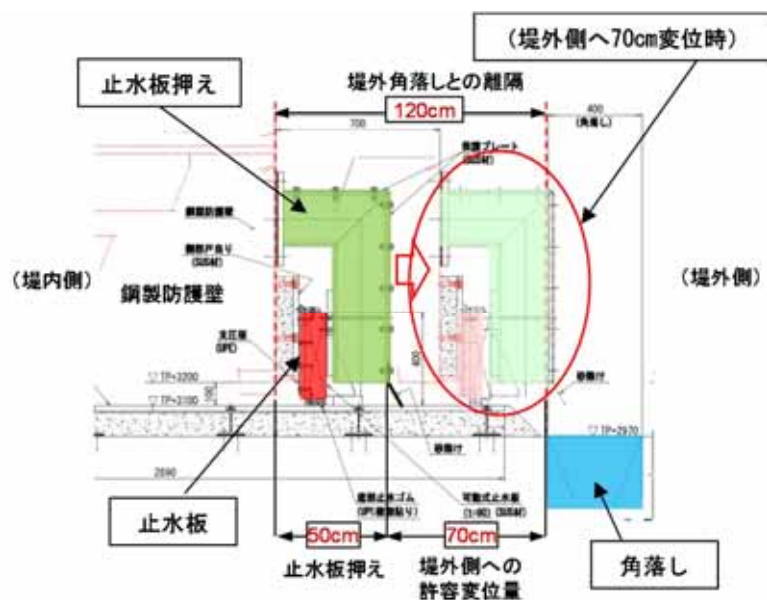
設定する。

第 1-17 図に取水路周辺の平面図，第 1-18 図に鋼製防護壁と堤外側角落しとの位置関係を示す。



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-17 図 取水路周辺の平面図



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-18 図 鋼製防護壁と堤外側角落しの位置関係図 (A - A 断面)

## 地中連続壁基礎の根入れ長の設定方針

鋼製防護壁の基礎は、津波時において南側と北側の2つの基礎の変位量がほぼ同等となるように地中連続壁基礎の根入れ長を設定し、地震時においても各部位が十分な裕度を有することを確認する。

### 3) 設計手順

鋼製防護壁の耐震・耐津波評価は、津波防護施設であること、Sクラスの設計基準対象施設であることを踏まえ、第1-4表の鋼製防護壁の評価項目に従い、各構造部材の構造健全性及び支持性能の評価を行う。

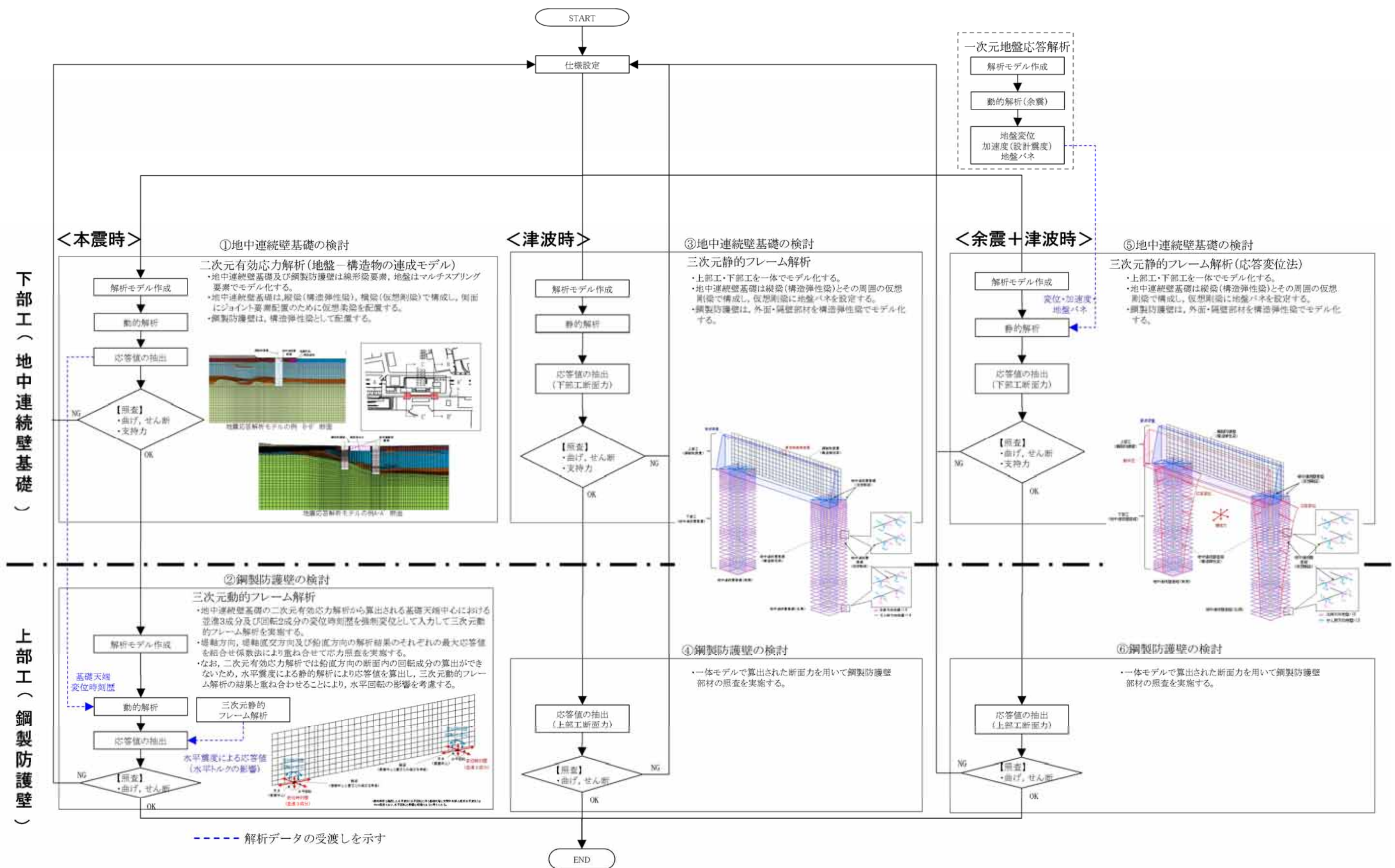
鋼製防護壁の構造健全性及び支持性能の評価の検討フローを第1-19図に、鋼製防護壁の検討モデルと評価フローを第1-20図に示す。

第1-4表 鋼製防護壁の評価項目

構造強度設計			設計に用いる許容限界	
評価対象部位	応力等の状態			
下部工	基礎地盤	支持力	「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・下部構造編)」に基づき極限支持力以下とする。	
	地中連続壁基礎	曲げ せん断	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編・耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編・耐震設計編)」,「コンクリート標準示方書」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。	
上部工	鋼製防護壁	曲げ せん断	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。	
	アンカーボルト	引張り せん断 引抜き	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」,「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。	
	止水ジョイント部	止水ゴム等	変形 引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
		鋼製アンカー	引張り せん断 引抜き	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
		止水ゴム等の鋼製防護部材	曲げ 引張り せん断	「鋼構造設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。
鋼製防護壁底部止水機構		曲げ せん断	「道路橋示方書・同解説(共通編・鋼橋編)」,「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。	







第 1-20 図 鋼製防護壁の検討モデルと評価フロー

#### 4) 設計荷重

設計に用いる荷重の組合せを以下に示す。

基準地震動  $S_s$  による地震荷重

基準津波荷重 + 漂流物衝突荷重

余震 + 基準津波荷重

T.P. + 24m津波荷重 + 漂流物衝突荷重

余震 + T.P. + 24m津波荷重

#### 5) 地中連続壁基礎の設計方針

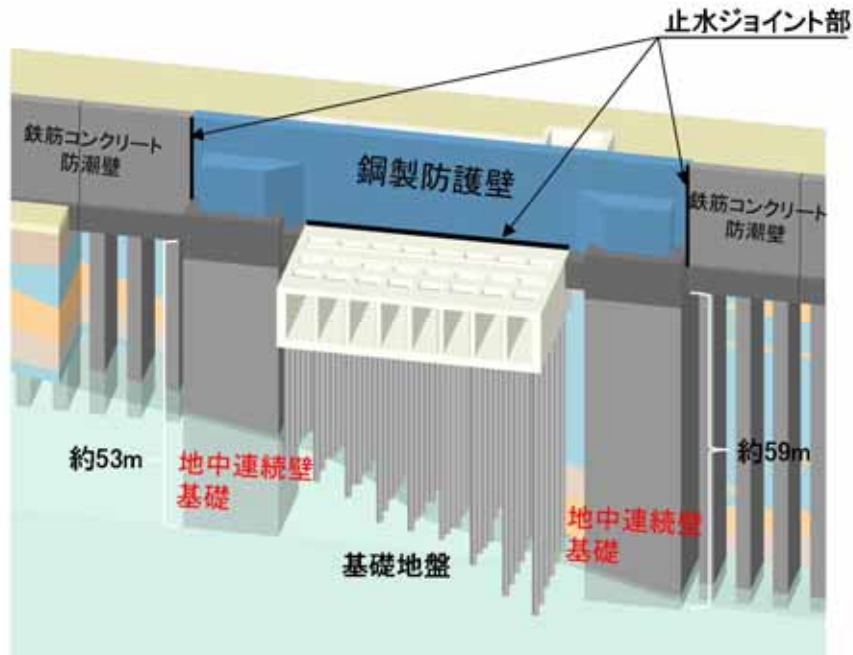
鋼製防護壁の基礎は、岩盤に地中連続壁の壁厚程度以上を根入れする岩着形式とした。

鋼製防護壁の基礎は、津波時において南北両側の基礎がほぼ同等の変位量となるように、それぞれの地中連続壁基礎の根入れ長を設定し、地震時において各部位が十分な裕度を有することを確認する。

地中連続壁基礎の支持性能については、基礎に作用する地盤反力が基礎地盤の極限支持力以下であることを照査する。

構造イメージ図を第 1-21 図に、また平面図を第 1-22 図に示す。



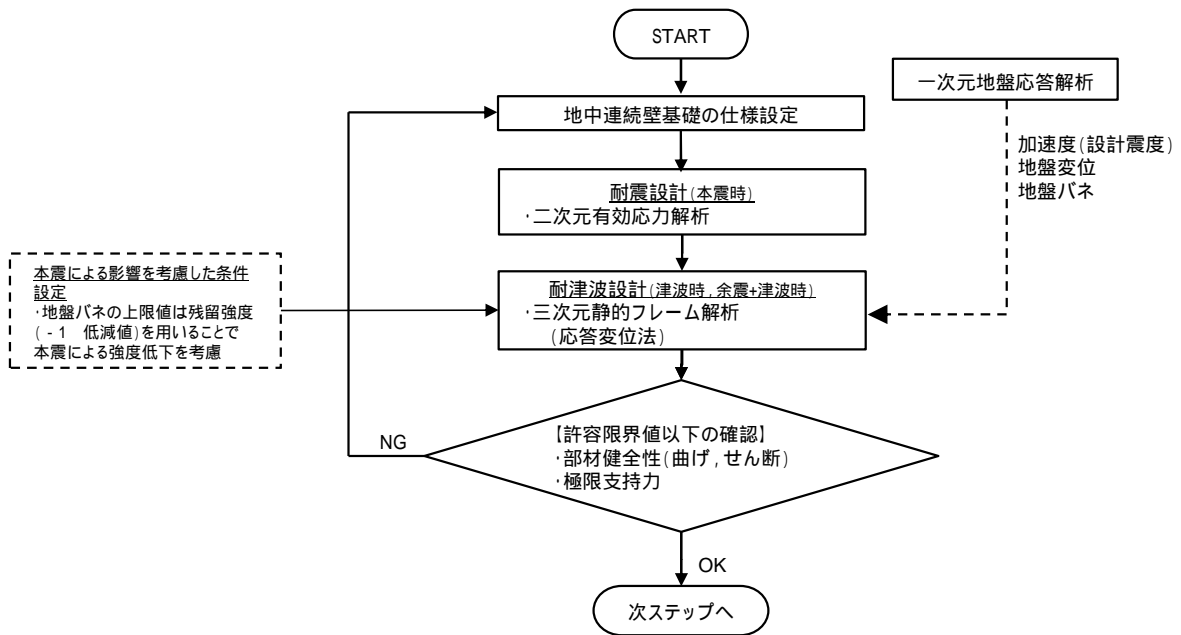


第 1-21 図 鋼製防護壁 構造イメージ図



第 1-22 図 鋼製防護壁 平面図

地中連続壁基礎の設計フローを第 1-23 図に示す。津波時及び余震 + 津波時は荷重の三次元性を反映するために静的三次元解析，本震時は液状化を精緻に評価するために有効応力解析を実施し，基礎に発生する断面力を用いて応力照査を実施する。



第 1-23 図 地中連続壁基礎の設計フロー

### 耐震設計（有効応力解析）

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる二次元地震応答解析を行い、本震時の地中連続壁基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。地盤の液状化の影響を緻密に反映するため、有効応力の変化に伴う地盤挙動の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし、地震応答解析により算定される部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計する。

液状化強度特性については、平均 - 1 の値を用いることで保守性を考慮する。さらに、地質分布の不確かさに着目し、原地盤の液状化強度特性を適用した基準地震動  $S_s$  による解析結果のうち、最も厳しいケースにおいて、より一層保守的な検討を目的に、液状化検討対象層である全ての砂層・礫層に対して豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで、強制的に液状化させる条件を仮定した解析モデルについても検討する。

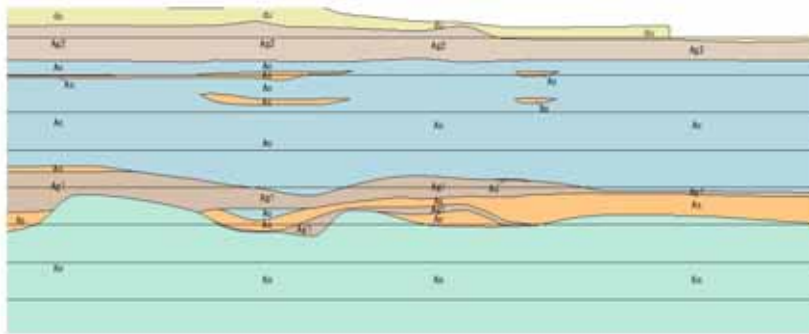
a. 解析モデルの作成

地質断面図を反映して解析モデルを作成する。鉛直方向は T.P. - 130m までをモデル化し、水平方向には構造物を中心に左右とも構造物幅の 5 倍程度以上の範囲をモデル化する。地中連続壁基礎は線形梁要素，地盤はマルチスプリング要素でモデル化し，地下水位以深については間隙水圧要素を配置する。

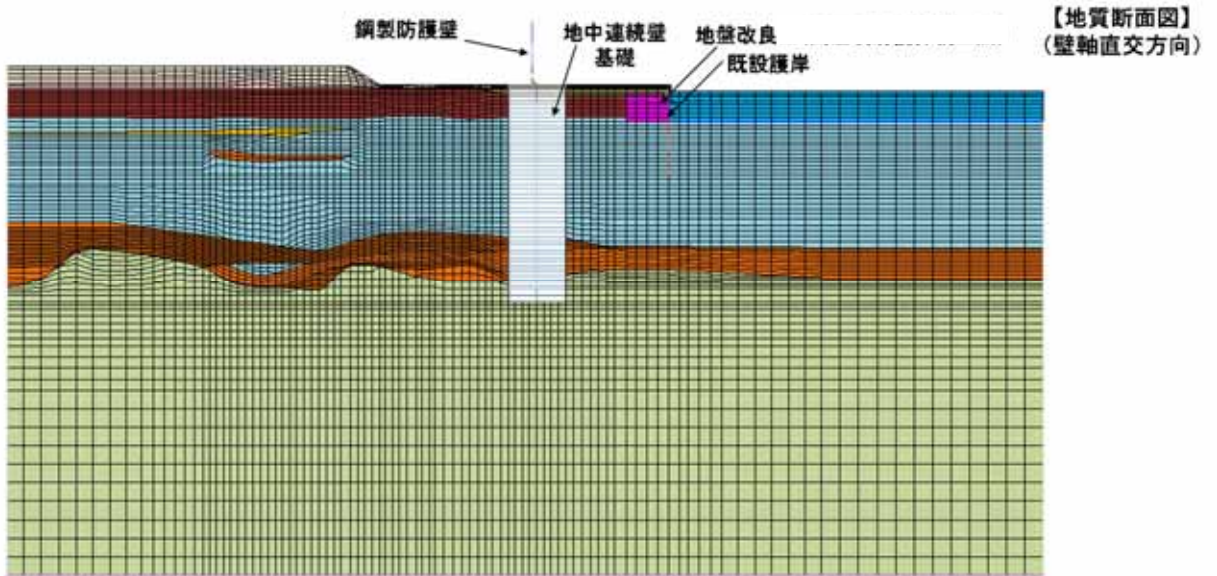
地中連続壁基礎は，縦梁（構造弾性梁），横梁（仮想剛梁）で構成し，側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。

鋼製防護壁は，構造弾性梁として配置する。

第 1-24 図に軸直角方向解析モデルの例，第 1-25 図に軸方向解析モデルの例を示す。

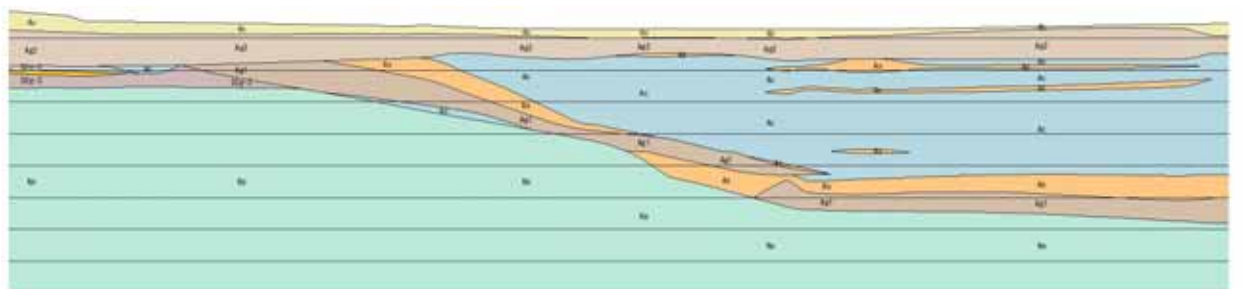


地質時代	地質区分	記号	岩性	備考	
新 第三紀	沖積地 堆積層	Ag1	砂	断面資料に基づく分布する。	
		Ag2	砂礫	断面資料に基づく分布する。	
	久慈川 堆積層	Ag3	粘土	断面資料に基づいた分布が ある箇所は分布する。	
		Ag4	砂礫		
	旧 第三紀	低地段 堆積層	Ag5-2	シルト	
			Ag5-3	砂	断面資料に基づく分布として 分布する。
			Ag5-4	砂礫	
			Ag5-1	シルト	
	紀 第三紀	中位段 堆積層	Ag6	砂礫	
			Ag7-1	シルト	断面の断面図に分布し、 10m以上の埋設深度を 構成する。
Ag7-2			砂礫		
第三紀 新第三紀	乱層層	Ag8	砂質泥岩	断面の断面図に分布する。	

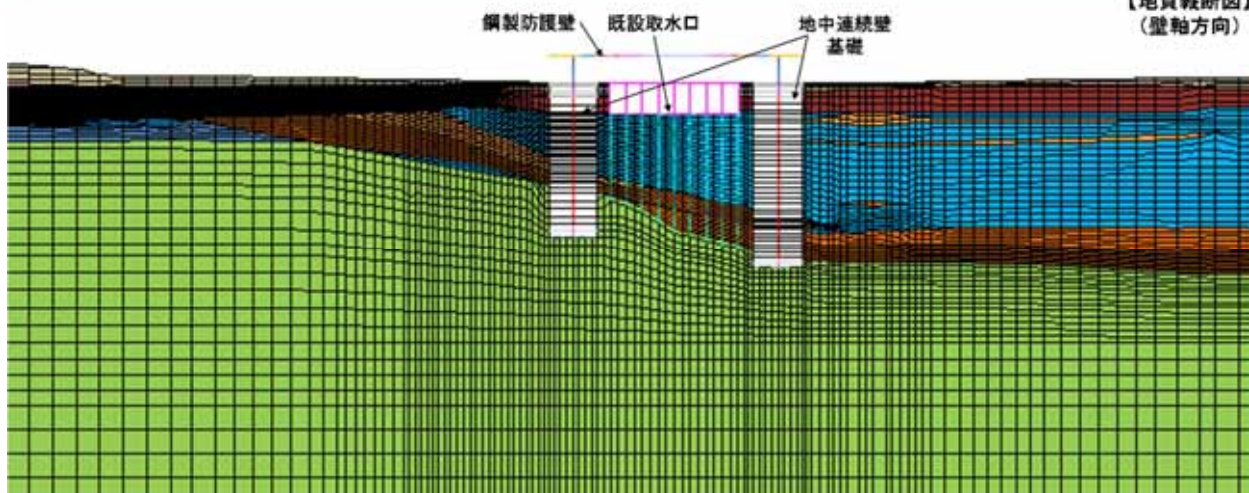


(解析メッシュ図)

第 1-24 図 地震応答解析モデル (軸直角方向) の例



【地質縦断面図】  
(壁軸方向)



(解析メッシュ図)

第 1-25 図 地震応答解析モデル(軸方向)の例

b. 地震応答解析

有効応力解析により構造物及び地盤の応答値を算定する。

構造物の応答値のうち地中連続壁基礎天端位置における変位時刻歴を鋼製防護壁の設計に使用する。

入力地震動は、東海第二発電所の解放基盤表面深度である T.P. - 370m から T.P. - 130m までをモデル化した剥ぎ取り地盤モデルを用いて、一次元波動論により T.P. - 130m 位置で評価した地震動(2E)を用いる。

c. 照査

地震応答解析により算定された地中連続壁基礎の断面力を用い



て、曲げモーメント・軸力に対する照査，せん断に対する照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。

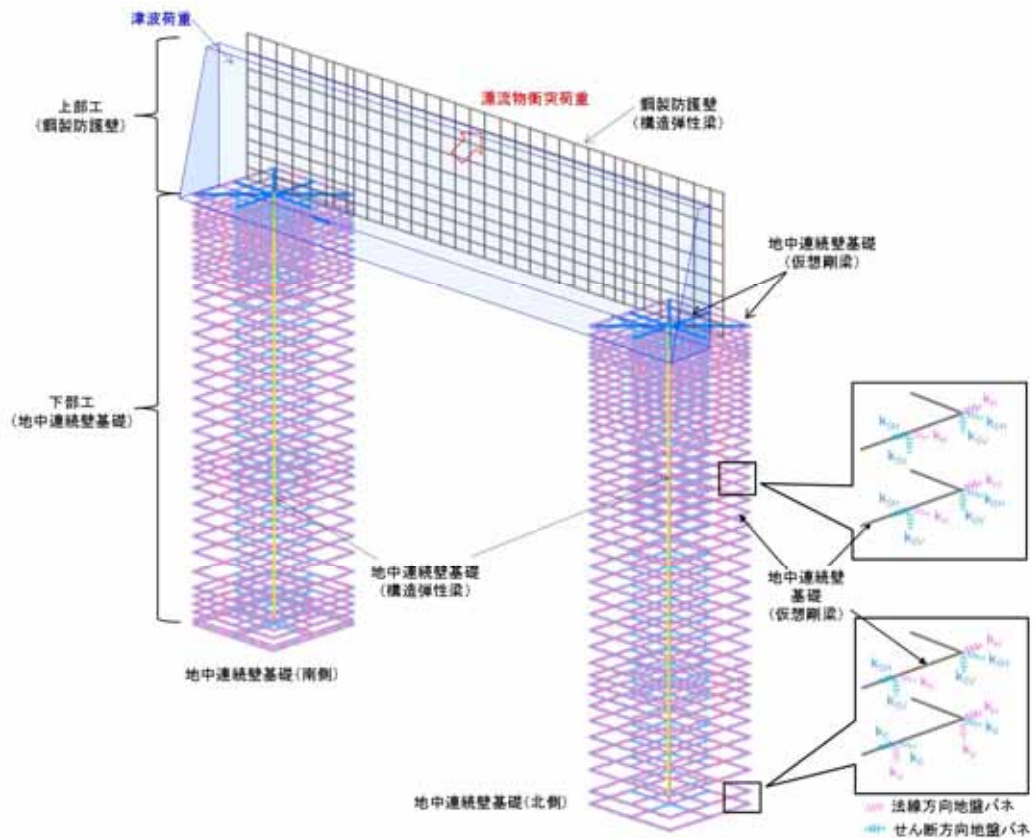
耐津波設計（静的三次元フレーム元解析）

地中連続壁基礎及び鋼製防護壁を一体でモデル化する。

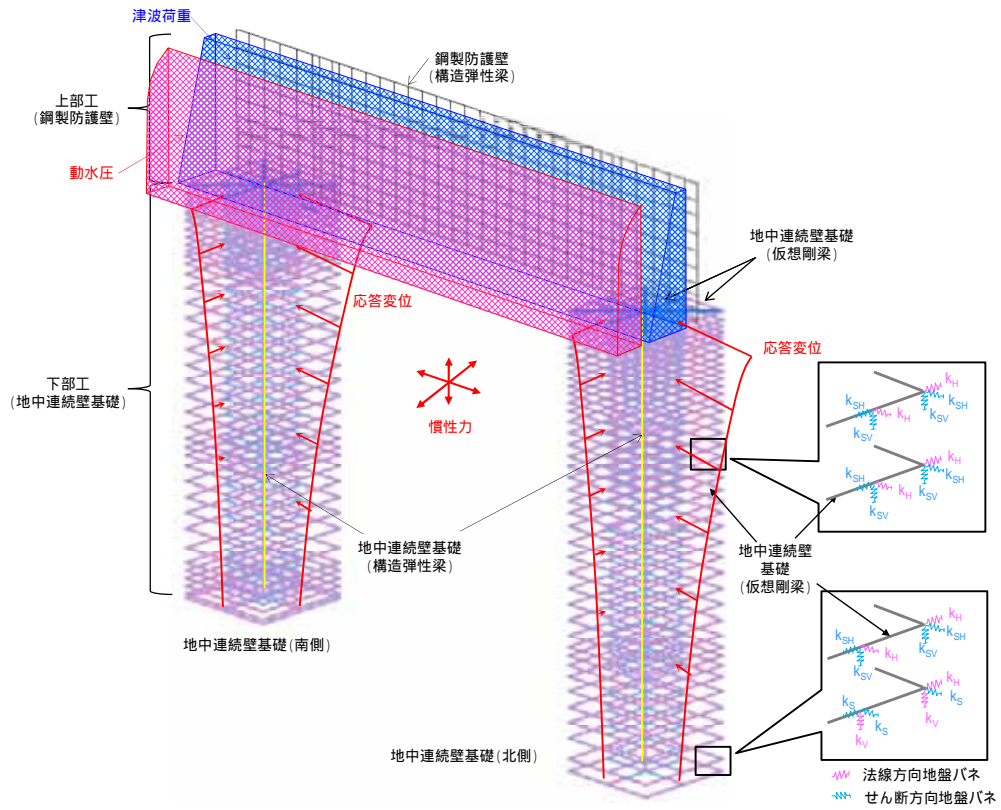
地中連続壁基礎は，縦梁（構造弾性梁），横梁（仮想剛梁）で構成し，鋼製防護壁は構造弾性梁とする。

この横梁に地盤バネを接続したモデルで応答変位法による静的三次元フレーム解析を行い，津波時と余震＋津波時の地中連続壁基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。死荷重及び積雪の長期荷重，津波による波力と漂流物衝突荷重，余震荷重等を外力として入力し，部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計する。津波や漂流物の荷重は，鋼製防護壁に直接的に作用し，下部工の地中連続壁基礎へ伝達される。なお，津波時における漂流物の衝突荷重は，入力津波高さに作用するものとして考慮する。解析モデル概念図を第 1-26 図に示す。

基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。



津波時の解析モデル概念図



余震 + 津波時の解析モデル概念図

第 1-26 図 地中連続壁基礎の解析モデル概念図

地盤バネは、「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に基づき設定し、上限値を有するバイリニア型とする。地盤反力係数は、静弾性係数及び余震時の収束剛性から算定する。余震時の地盤バネの算定に用いる地盤の変形係数 $E_D$ は、以下の式により算出する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G'$$

$E_D$ ：地盤の変形係数 (kN / m<sup>2</sup>)

$\nu_d$ ：動ポアソン比

$G'$ ：地盤の余震時の収束剛性 (kN / m<sup>2</sup>)

地盤反力係数及び地盤バネの上限値の算定内容を第 1-5 表に示す。保守性を考慮するため、地盤反力係数を本震時の収束剛性、地盤バネの上限値を残留せん断強度の - 1 値より算定した場合についても解析を行う。

第 1-5 表 地盤反力係数及び地盤バネの上限値

荷重条件	地盤反力係数	上限値
津波時	静弾性係数より	残留強度 (-1 低減値)
余震 + 津波時	余震時の収束剛性より	残留強度 (-1 低減値)

余震時荷重としては、余震時の一次元地盤応答解析により算定される応答変位分布を強制変位としてバネ端に載荷するとともに、地表面最大加速度より算定する設計震度を慣性力として考慮する。

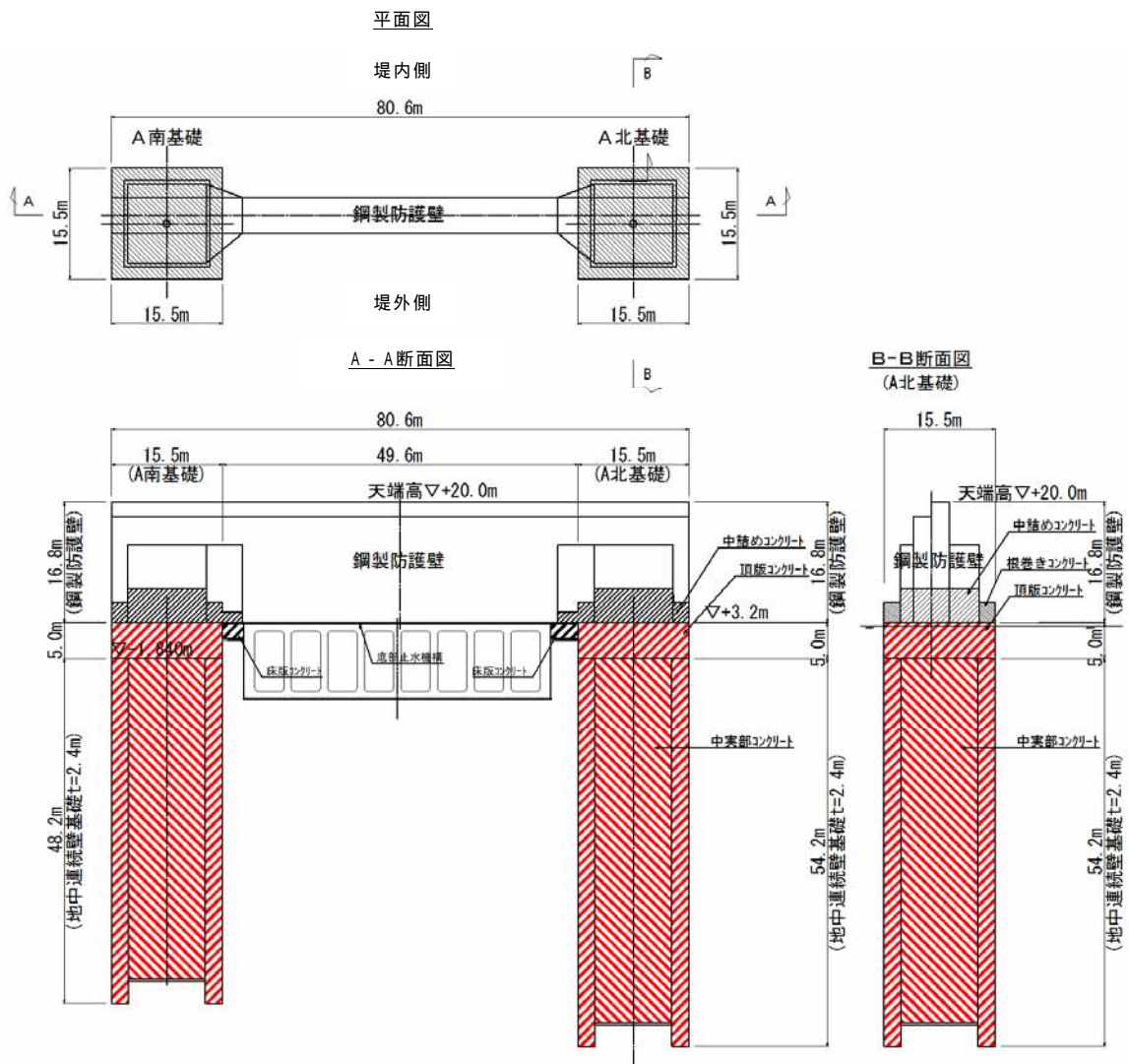


## 6) 鋼製防護壁(上部工)の設計方針

鋼製防護壁(上部工)に要求される性能は、津波に対する止水性を確保することである。そのため、繰返し襲来する津波荷重が作用した場合に対して弾性状態に留まる必要がある。

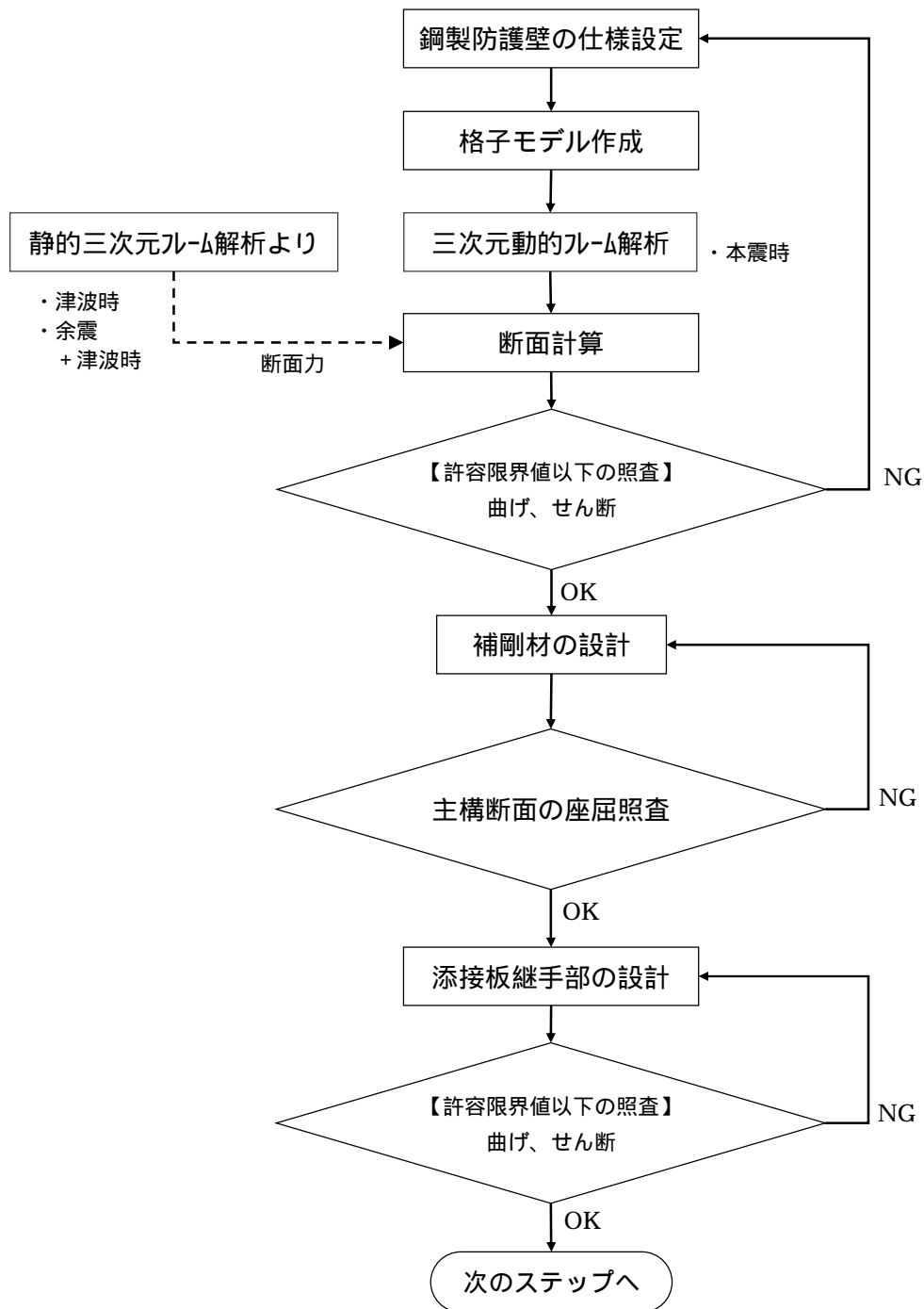
鋼製防護壁(上部工)は、下部工の地中連続壁基礎に基礎頂版を介して結合され、概ね81m程度の支間長で既設取水口を跨いで構築する。

鋼製防護壁の構造図を第1-27図に、設計フローを第1-28図に示す。



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第1-27図 鋼製防護壁の構造図



本震時【三次元動的フレーム解析】

・有効応力解析により算出された変位時刻歴を与える。

津波時・余震 + 津波時

・上部工・下部工一体モデルによる三次元静的フレーム解析から算出される断面力を用いて部材照査を行なう。

第 1-28 図 鋼製防護壁の設計フロー

## モデル化方針

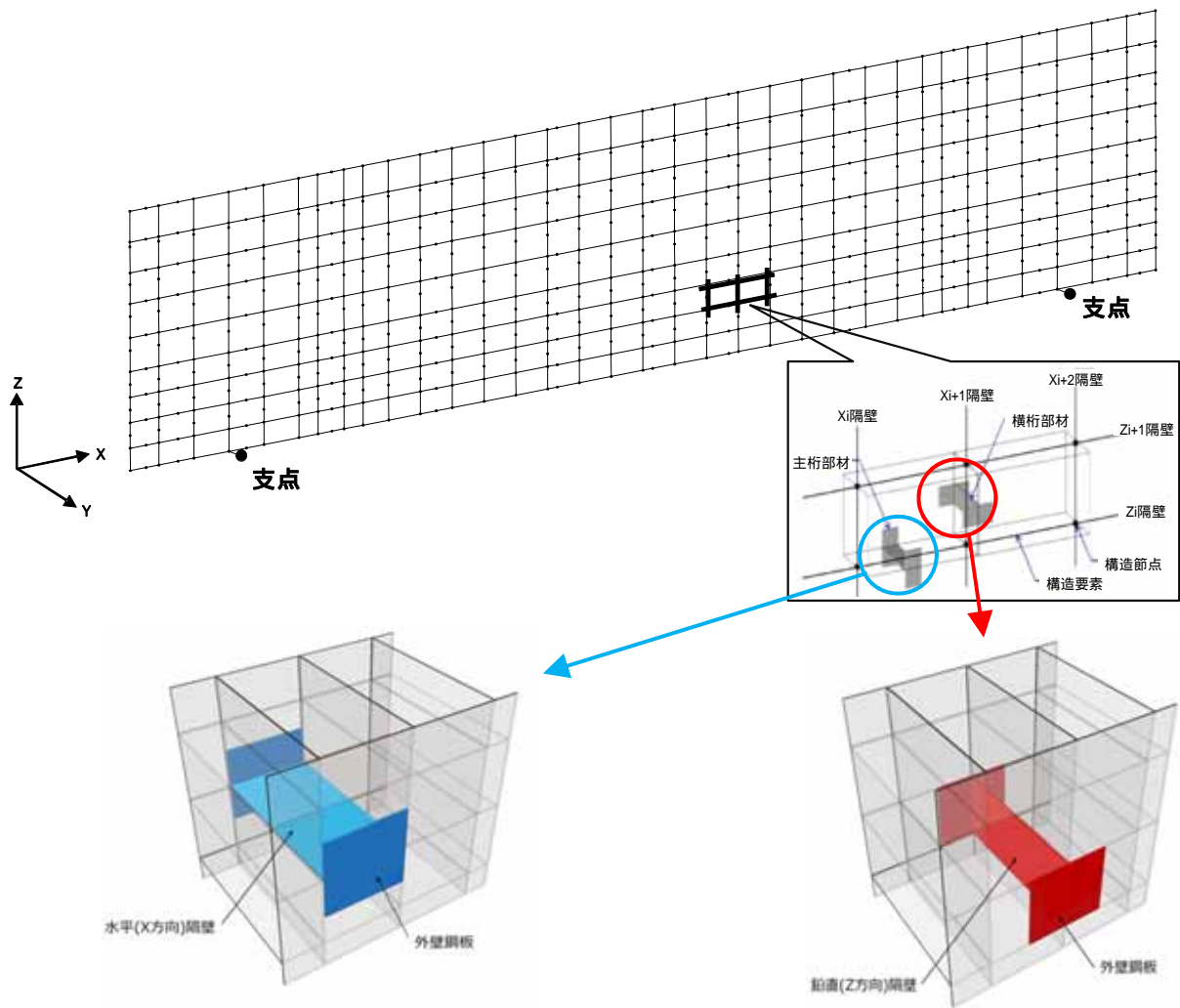
鋼製防護壁は、梁で構成される格子にモデル化し、構造評価を行う。

水平（X方向）隔壁及び鉛直（Z方向）隔壁の交差位置ならびに添接板継手位置を節点とした格子モデルとする。

鋼製防護壁部分の解析モデル図を第 1-29 図に示す。

- ）主桁部材（水平方向）は、外壁鋼板をフランジ、水平（X方向）隔壁をウェブとみなした断面とする。（第 1-29 図の青色表示部分）
- ）横桁部材（鉛直方向）は、外壁鋼板をフランジ、鉛直（Z方向）隔壁をウェブとみなした断面とする。（第 1-29 図の赤色表示部分）
- ）ねじれ剛性は、外面鋼板が連続していることから、箱断面として算出したねじれ剛性を両部材に考慮する。

格子モデルは津波荷重，地震時荷重，積雪荷重，風荷重及び漂流物の衝突荷重に耐えうる構造である鋼部材のみでモデル化する。



第 1-29 図 解析モデル図

本震時 <三次元動的フレーム解析>

本震時は格子モデルによる三次元動的フレーム解析を行う。

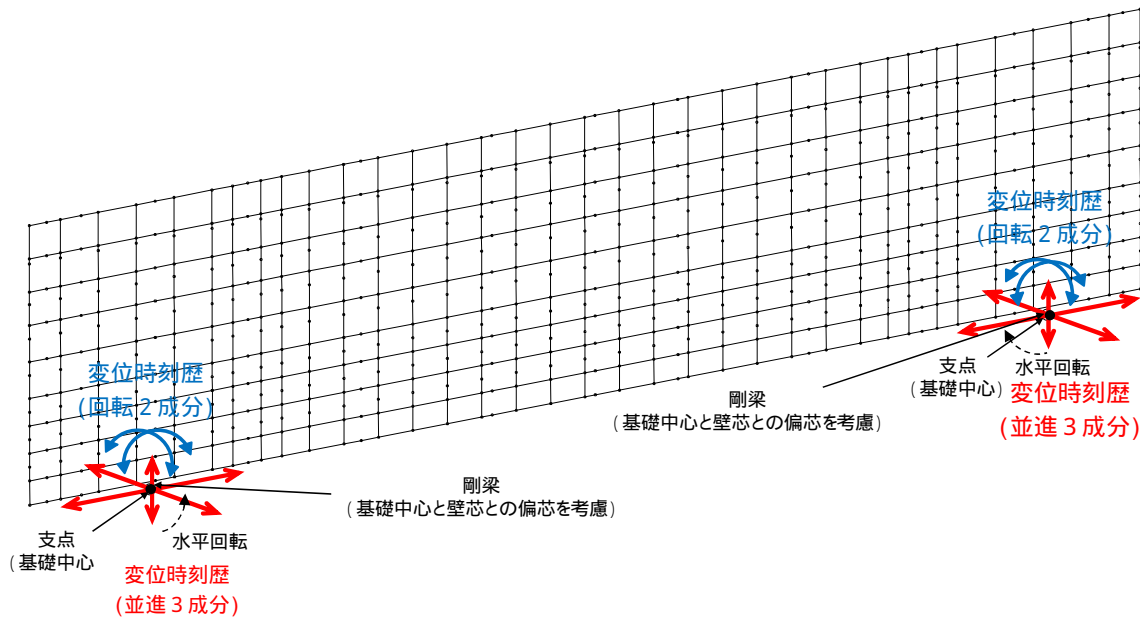
本震による慣性力を鋼製防護壁に動的に作用させ、鋼材に生じる**曲げ**，せん断応力の照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。なお，本震時の解析では風荷重を重畳させる。

本震時の三次元動的フレーム解析モデルの概念図を第 1-30 図に示す。

) 地中連続壁基礎の二次元有効応力解析から算出される基礎天端中心における**並進** 3 成分（堤軸方向，堤軸直角方向及び鉛直方

向)及び回転2成分(堤軸方向,堤軸直角方向断面内の回転成分)の変位時刻歴を強制変位として与える。なお,変位時刻歴を与えることにより鋼製防護壁に慣性力が作用することとなる。また,同じ解析モデルにて水平震度による上部工の静的解析を実施し,得られる応答値を重ね合わせることで水平回転成分による影響を考慮する。

)三次元動的フレーム解析は堤軸方向,堤軸直角方向及び鉛直方向毎に行い,解析結果のそれぞれの最大応答値を組合せ係数法により重ね合わせて応力度照査を行う。



第 1-30 図 三次元動的フレーム解析モデルの概念図

津波時,余震+津波時

津波及び余震+津波時については,第 1-26 図に示す上部工・下部工一体モデルによる三次元静的フレーム解析結果から鋼製防護壁部材の応答値を抽出し,各部材の照査を行なう。

a. 津波時

鋼製防護壁は、死荷重、積雪荷重、津波荷重及び漂流物の衝突荷重を作用させ、鋼材に生じる引張り、せん断応力の照査を行い、短期許容応力度以下であることを確認する。なお、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作用させる。

b. 余震 + 津波時

鋼製防護壁は、死荷重、積雪荷重、津波荷重並びに余震による慣性力及び動水圧を作用させ、鋼材に生じる引張り、せん断応力の照査を行い、短期許容応力度以下であることを確認する。なお、慣性力としての設計震度は、一次元地盤応答解析より算出される地表面の最大加速度を与える。

### 補剛材の設計

a. 補剛材の設計

主構断面となる隔壁には、「道路橋示方書・同解説 鋼橋編 4.2.5」の規定に基づいた必要剛度を満たす補剛材を配置し、補剛材自体の座屈に対する安全性を確保する。

b. 主構断面の座屈照査

主構断面となる隔壁は、「道路橋示方書・同解説 鋼橋編 11.4.2」の解説に準じて座屈に対する安全照査を実施し、補剛材の追加配置の必要性を確認する。

### 添接板継手部の設計

a. 添接板継手部の設計

鋼殻ブロックの添接板継手部は、高力ボルト摩擦接合方式とす

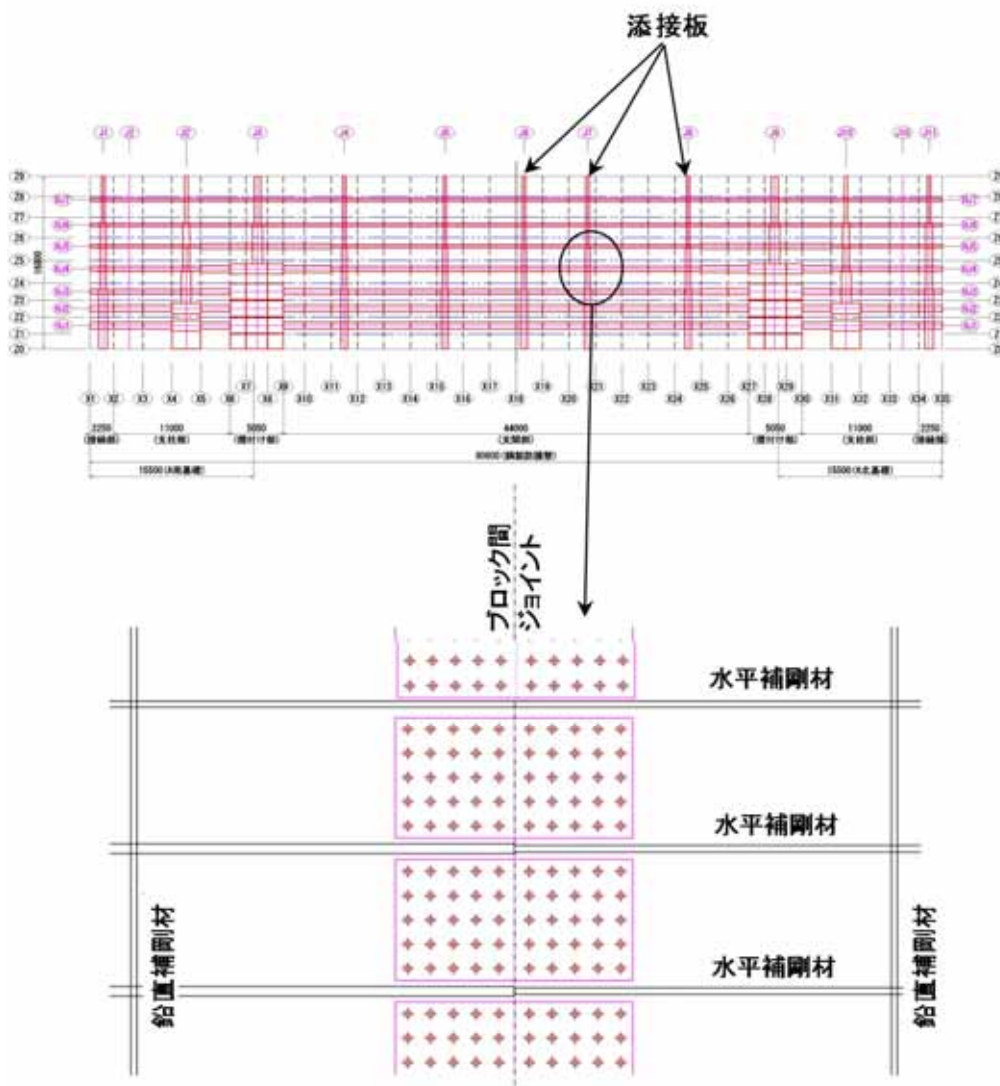
る。

設計は、「道路橋示方書・同解説 鋼橋編 7.3」に基づき行う。

母材に作用するせん断力及び曲げモーメントに対して、継手部の孔引き後の母材、添接板及び高力ボルトの安全性を照査する。

せん断力と曲げモーメントが同時に作用するため、合成した力に対する安全性の照査も実施する。

鋼殻ブロックの添接板継手部イメージを第 1-31 図に示す。



注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-31 図 鋼殻ブロックの添接板継手部イメージ(正面図)



b. 添接板継手部の止水

ブロック間ジョイントにはシール材を施工し，止水性を確保する。

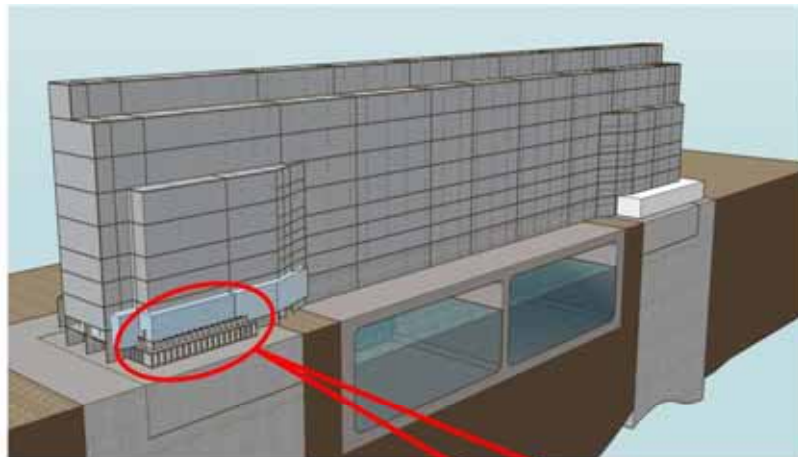
シール材の止水性能について，所定の水圧をかけた状態での止水試験を実施して確認する。

7) 接合部の設計

準拠指針

接合部に要求される性能は，鋼製防護壁本体の死荷重や，津波や地震などの外力を確実に基礎へ伝達させることである。

アンカーボルトの定着方法は直接定着式とし，「名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 鋼製橋脚編 7章」に基づき計算する。



アンカーボルト



第 1-32 図 基礎定着部の概念図



## 【直接定着式アンカーボルトの基準について】

直接定着式アンカーボルトは、名古屋高速道路公社と住友金属工業株式会社（現：新日鐵住金株式会社）が共同開発した製品である。なお、直接定着式アンカーボルトの適用基準については、後述する試験結果に基づいて、名古屋高速道路公社にて策定されており、この基準に基づく実績は多数あり、国交省、公団公社、自治体、各高速道路会社においてもこの基準を採用している。

直接定着式アンカーボルトに関しては、設計手法の妥当性、付着特性の設定及び震度法レベル、地震時保有水平耐力法レベルの設計荷重に対して十分な定着耐力を有することが、以下に示す各種試験結果より、確認・報告されている。

- ・ 異形棒鋼ならびにスタッドを用いたアンカーボルトの付着強度に関する試験<sup>1),2)</sup>
- ・ 実構造における力学特性試験<sup>3)</sup>
- ・ 太径化による付着強度低下に関する試験<sup>4)</sup>
- ・ 実構造における付着強度試験<sup>5)</sup>
- ・ 製造限界とされる太径アンカーボルトによる付着性能、定着耐力に関する試験<sup>6)</sup>

### （参考文献）

- 1) 前野ほか，鋼製橋脚の新しい定着方法について，第2回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，1989.9
- 2) 前野ほか，スタッドを取り付けた太径異形棒鋼の付着特性，土木学会論文集，1992.1
- 3) 小畑ほか，太径異形棒鋼による実大付着型アンカーボルトの力学性状と現場付着試験，鋼構造年次論文報告集，1993.7

- 4)山本ほか，鋼製橋脚定着部に用いる付着型アンカーボルトの室内付着試験及び現場引抜き試験，橋梁と基礎，1998.5
- 5)前野ほか，付着型アンカーボルトを用いた鋼製橋脚定着部の設計及び現場試験，橋梁と基礎，1994.5
- 6)鋼製橋脚に用いる実大付着型アンカーボルトの力学特性と定着部の挙動評価モデル，構造工学論文集 Vol.46A，2000.3

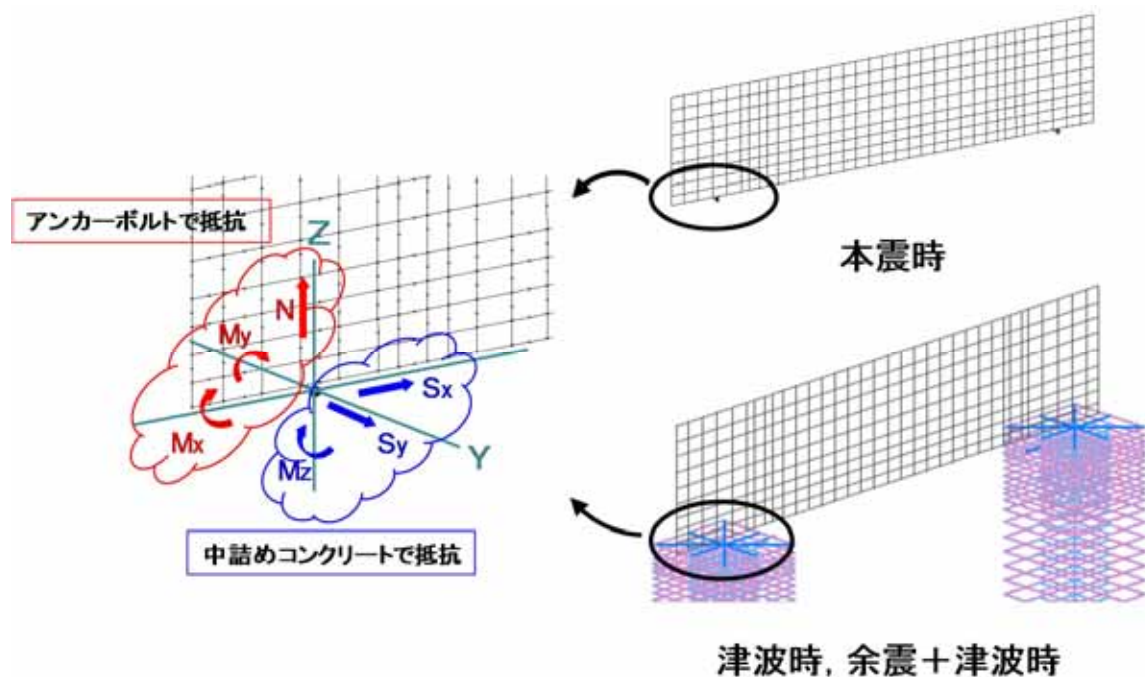
### 接合部の設計

接合部のアンカーボルトは，2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面として設計する。アンカーボルトの設計荷重は，上部工の三次元動的フレーム解析及び上部工・下部工一体モデルによる三次元静的フレーム解析の断面力から算出される，アンカーボルト1本当たりの引抜き力と押込力とする。

津波時及び余震＋津波時の設計断面力は，軸力の最大・最小ならびに面内・面外の各曲げモーメントが最大となる荷重組合せを抽出後，最大の引張応力が生じる荷重組合せを用いる。

本震時の設計断面力は，水平2方向及び鉛直方向地震力に対する組合せ係数法を適用して設定する。

鋼製防護壁の基部（アンカー部）は，鉛直軸力と面内・面外曲げモーメントに対して抵抗するものとし，せん断力と水平回転モーメントについては，基礎と一体の中詰めコンクリートにて負担する。



第 1-33 図 接合部の荷重分担

アンカーボルトの引張応力，付着応力，コーンせん断破壊が短期許容応力度以下であることを確認する。

保守性を考慮した設計として，アンカーボルト設計定着長及び埋込長はアンカーボルト全強に対して算出する。

(全強 = 許容応力度 × 母材の断面積)

#### 定着部コーン破壊に対する照査

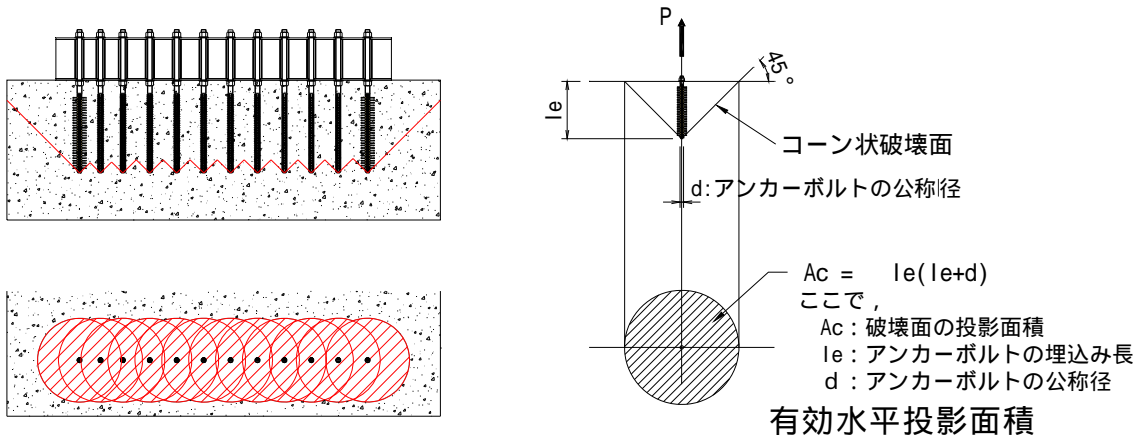
設計荷重は，上部工のフレーム解析及び上部工・下部工一体モデルによる三次元静的フレーム解析の断面力から算出される，アンカーボルト 1 本当りの引抜き力と押込力とする。

定着部のコーン破壊の照査を行い，補強鉄筋が必要な場合には適切な鉄筋量を算出する。

コーン破壊は引抜き力に対して発生するため，照査はアンカーボルトの引抜き力及び全強の 75% の大きい方の断面力を用いて実施する。

コーン破壊面の有効水平投影面積は，アンカーボルト同士の近接を考慮する。(第 1-34 図参照)

定着部鉄筋コンクリートのコーン破壊が短期許容応力度以下であることを確認する。



第 1-34 図 アンカーボルトが近接する場合の有効水平投影面積

## 8) 止水ジョイント部（側部）の設計方針

### 概要

鋼製防護壁と鉄筋コンクリートの境界には、止水ジョイントを設置する。

止水ジョイントは、地震時やその後の津波や余震によって生じる構造物間の相対変位に対して止水性を確保するため伸縮性を有するものとする。

なお、堤外側の止水ジョイント部には、漂流物の衝突対策として、止水ゴム等の鋼製防護部材を設置する。

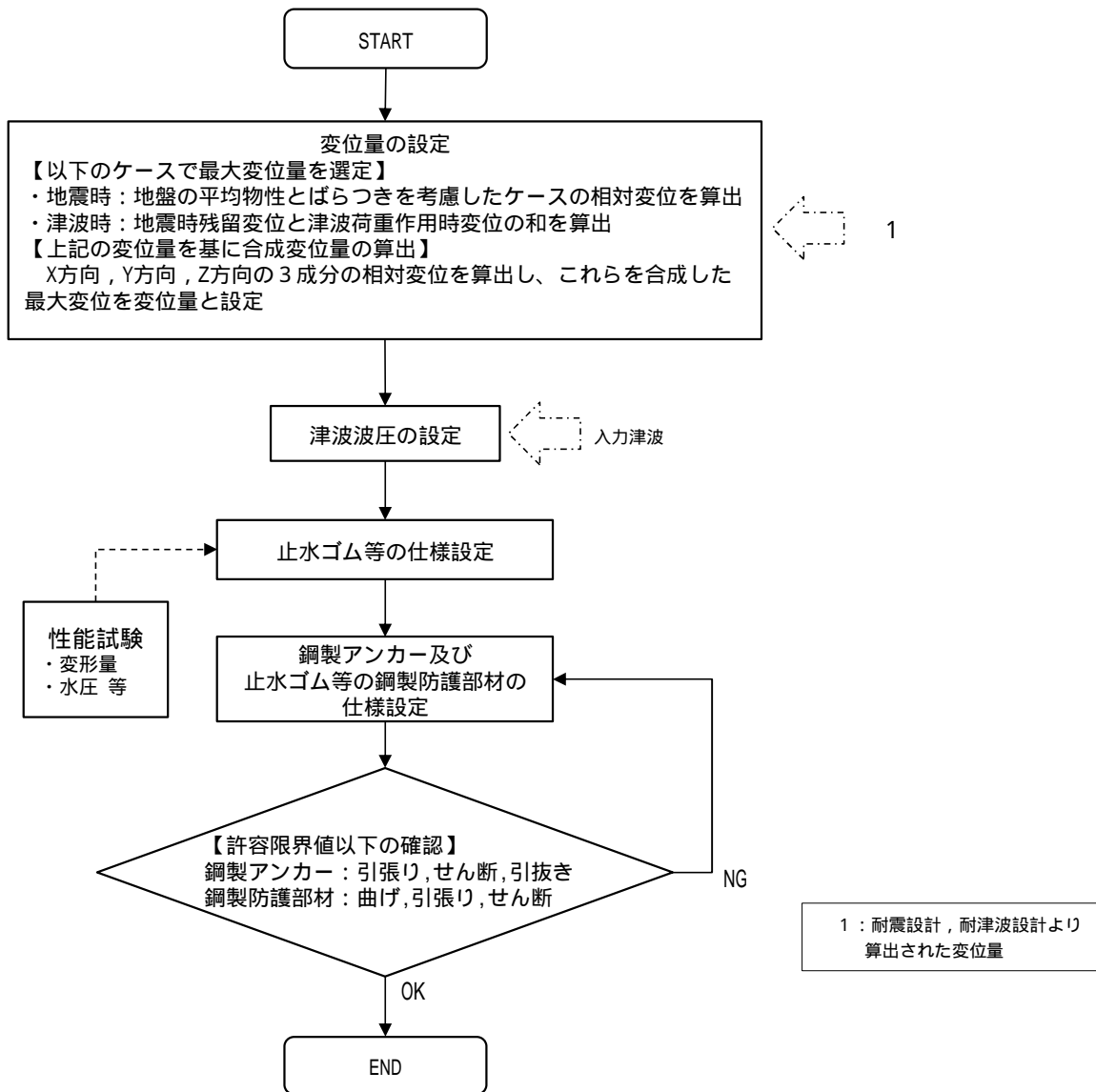
### 評価方針

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  $S_s$  を用いた二次元有効応力解析及び津波荷重を用いた三次元静的フレーム解析により算出された変位量及び入力津波を用い津波波圧式より算出した津波波圧に対し、止水ゴム等の止水性が維持できることを確認し、止水ゴム等の仕様を設定する。

止水ジョイント部の設計フローを第 1-35 図に示す。

止水ゴム等の仕様は、津波波圧に耐え、構造物間の相対変位に追従して止水機能を維持できる材料を設定し、性能試験（漏水試験・変形試験）試験については「鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性について」を参照）によってこれらを確認する。

なお、止水ゴム等の取り付け部の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とともに、漂流物衝突対策として止水ゴム等の鋼製防護部材を設置し、この部材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。



第 1-35 図 止水ジョイント部の設計フロー

## 9) 止水ジョイント部（底部止水機構）

止水機構は，上部工の鋼製防護壁の底面と既設取水構造物間の応答変位の違いにより相対変位が生じるため，止水性維持のために止水機構を設置する。止水機構は止水板に水密ゴムを設置することで浸水を防ぐ構造としている。水密ゴムはダム，水門等において十分に実績のあるものを採用しているが，基準津波を考慮して漏水試験にて性能を確認している。

止水機構の選定について，取水口への荷重条件，相対変位による変形量等を考慮し，軽量かつ追従性に優れた止水板を繋ぎ合わせた止水機構を採用した。

#### ( a ) 設計条件

設計条件は以下のとおり。

- ・ 津波荷重：基準津波
- ・ 地震荷重：基準地震動  $S_s$
- ・ 止水機構の許容可動範囲：海側700mm，陸側500mm，上下  $\pm 60\text{mm}$
- ・ 適用規格：

道路橋示方書・同解説 鉄鋼編（日本道路協会）（平成24年）

水門鉄管技術基準（電力土木技術協会）（平成28年）

ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）（平成28年）

#### ( b ) 構造

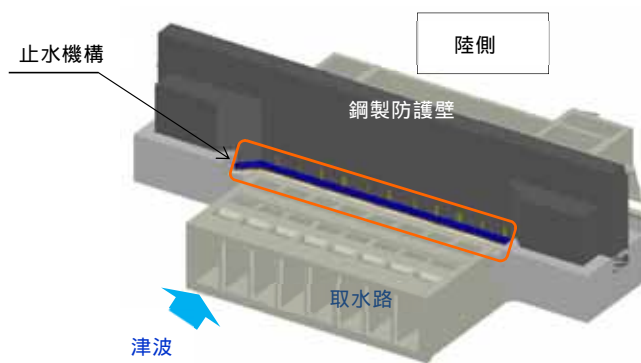
鋼製防護壁と既設取水路間の止水構造は，津波による荷重，鋼製防護壁と取水路の相対変位による追従性を確保することから，止水板が可動できるように止水板を押えて支持する構造とし，止水板の底面と側面に設置した水密ゴムにて水密性を確保する構造とする。

また，止水板には漂流物による影響も考慮し保護プレートを設置し，さらに，止水板からの微少な漏えいも考慮し敷地内に浸水させないように陸側に止水膜を設置し，敷地内の浸水を防止する構造とする。

また，水密ゴムは，摩擦抵抗を低減し追従性を向上させるため，表面にライニング（樹脂）を施工する方針とする。

第1-36図に止水機構の設置位置，第1-37図に止水機構の構造図，第1-6表に止水機構に係る各部位の役割・機能を示す。





第 1-36 図 止水機構の設置位置

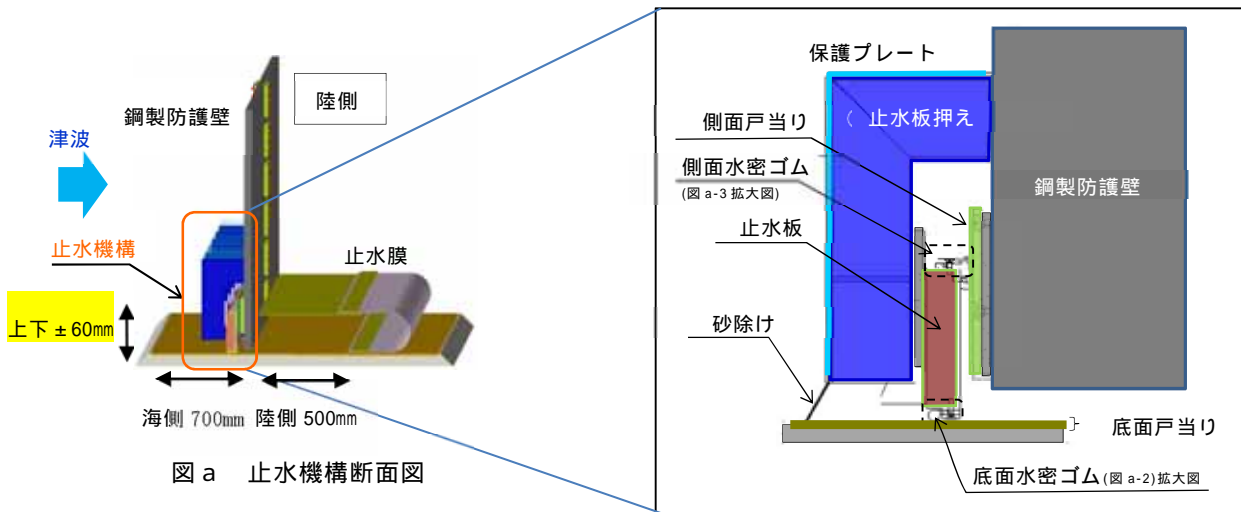


図 a 止水機構断面図

図 a-1 止水機構断面図

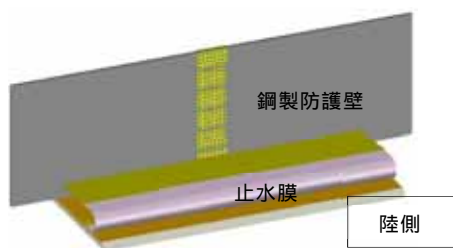


図 b 止水機構 背面の構造

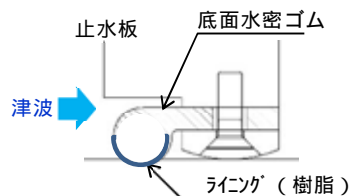


図 a-2 底面水密ゴム拡大図

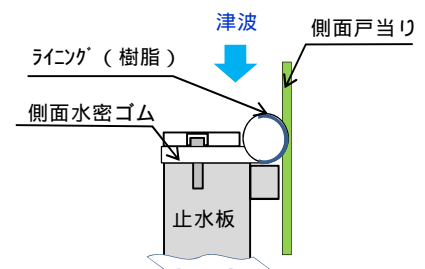


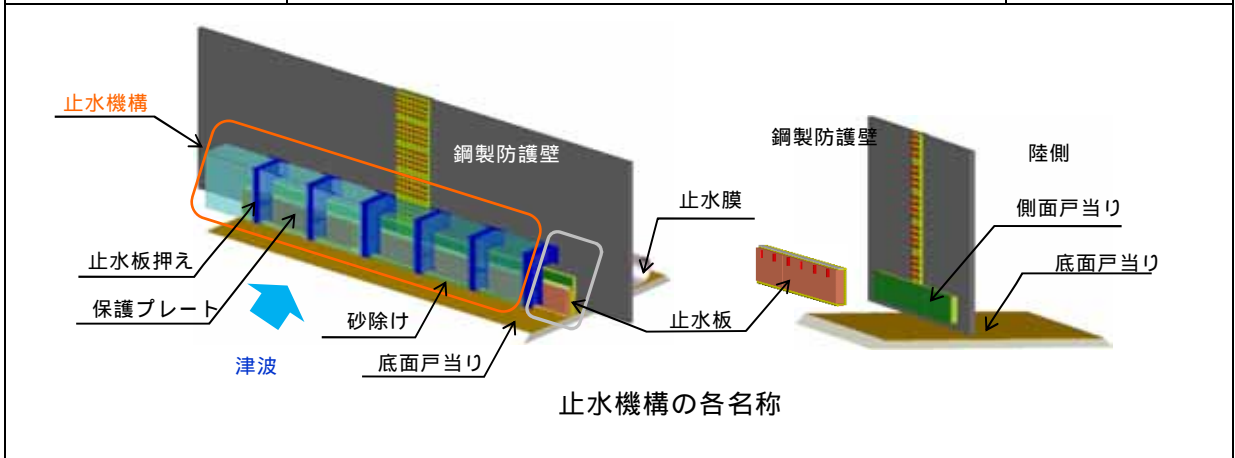
図 a-3 側面水密ゴム拡大図

第 1-37 図 止水機構の構造図

第1-6表 止水機構に係る各部位の役割・機能

各部位の役割・機能については以下のとおり。名称は下図に示す。

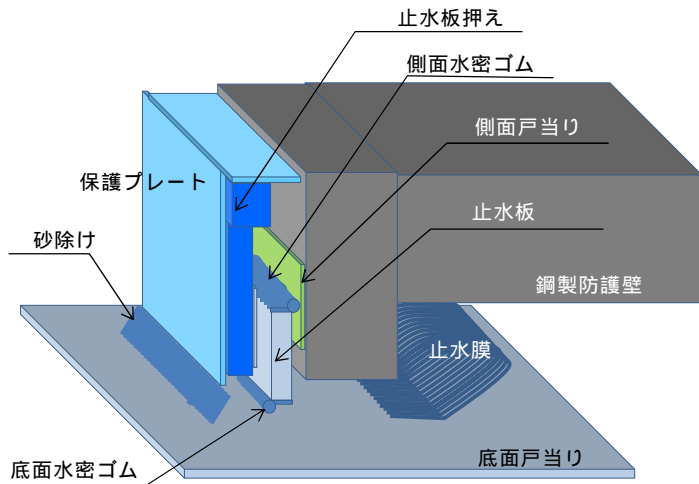
名称	役割・機能	材 料
止水板押え	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水板を支持する。</li> <li>漂流物等から止水板を防護する。</li> </ul>	鋼製
保護プレート	<ul style="list-style-type: none"> <li>漂流物等から止水板を防護する。</li> <li>止水板への異物混入を防止する。</li> </ul>	鋼製
砂除け	<ul style="list-style-type: none"> <li>底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。</li> </ul>	ナイロン
止水板	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水機構の扉体の機能。</li> <li>底面及び側面の戸当りに面する部位に水密ゴムを設置し浸水を防止する。</li> <li>1枚あたりの主要仕様 寸法：横2000mm×幅100mm×高さ400mm 重量：620kg</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げ No.1) + 合成ゴム (P形ゴム)
底面戸当り	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水板の底面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度の管理)</li> <li>床部より100mm嵩上げし異物混入を防止する</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げ No.1)
側面戸当り	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水板の側面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度の管理)</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げ No.1)
止水膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>水密ゴムからの微少な漏えいを保持する。</li> <li>陸側からの異物混入を防止する。</li> </ul>	膜材



: JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯 表面仕上げ より

(c) 止水機構の動作について

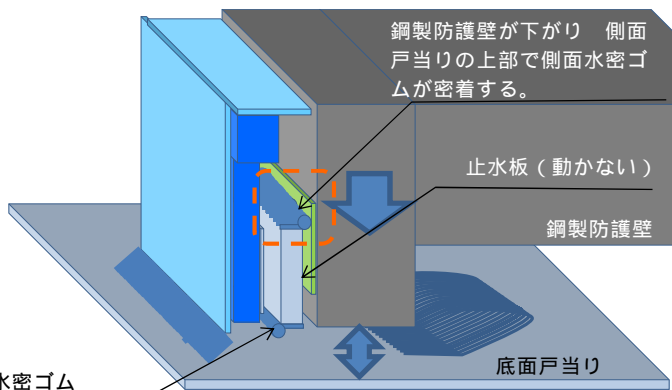
止水機構の垂直方向の動作を第1-38図に示す。



< 通常状態 >

< 通常状態 >

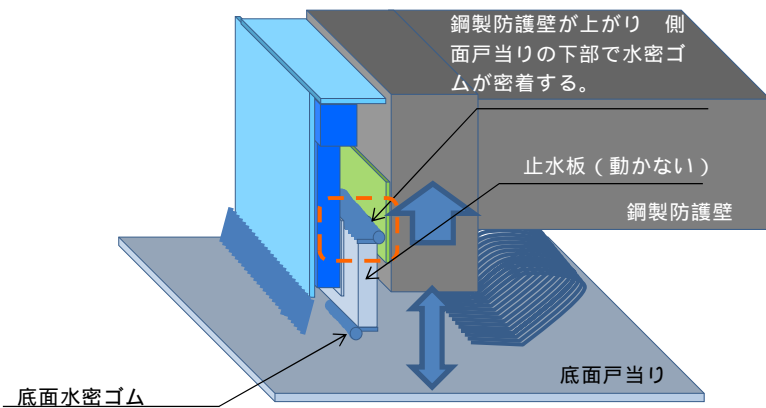
- ・ 止水板は， 止水板押えと鋼製防護壁の間に設置しており，変位に追従するため，固定はしていない。
- ・ 側面水密ゴムは，鋼製防護壁の 側面戸当りに接触し水密ゴムへの面圧を得ている。
- ・ 底面水密ゴムは，基準津波に対して 底面戸当りと接触し水密ゴムへの面圧が得られている。



< 地震時（鋼製防護壁が下がる状態） >

< 地震時（鋼製防護壁が下がる状態） >

- ・ 鋼製防護壁が下がる場合は， 止水板は，鋼製防護壁に固定されていないため，現状位置を保持する。
- ・ 側面水密ゴムは， 側面戸当りの上部で密着する。
- ・ 底面水密ゴムは，現状位置と変わらない。



< 地震時（鋼製防護壁が上がる状態） >

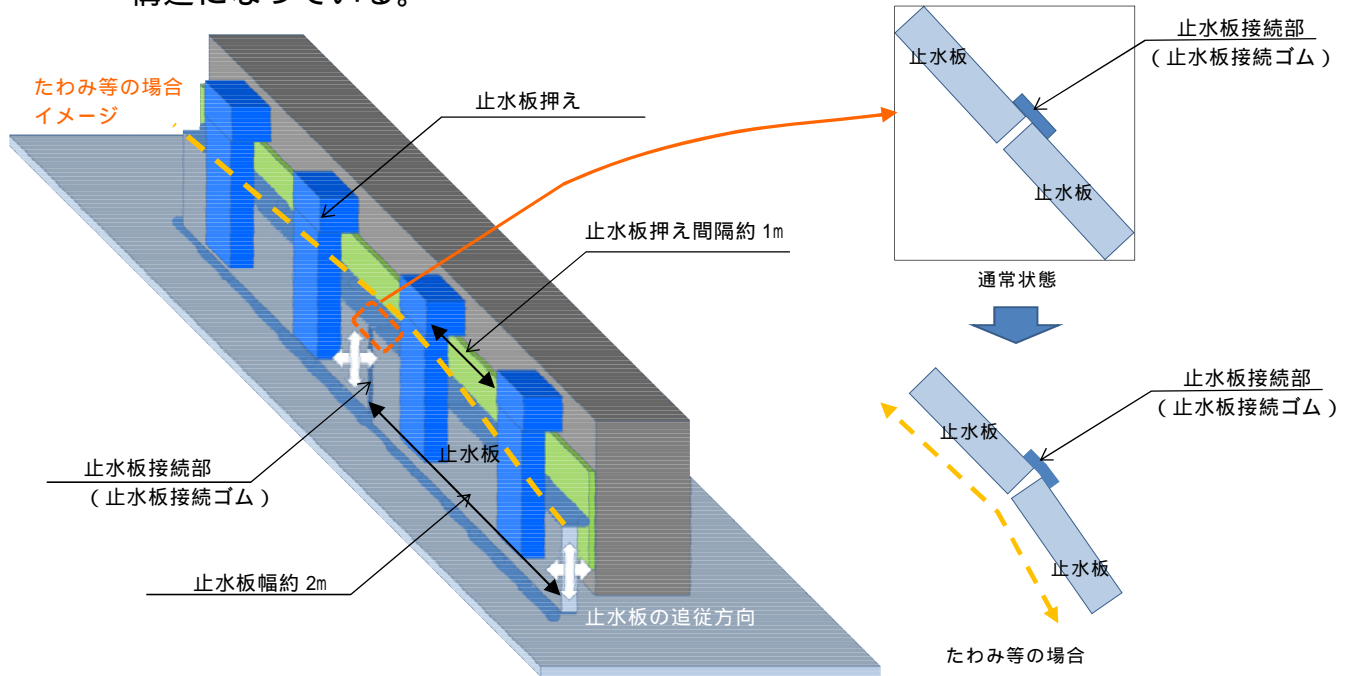
< 地震時（鋼製防護壁が上がる状態） >

- ・ 鋼製防護壁が上がる場合は， 止水板は，鋼製防護壁に固定されていないため，現状位置を保持する。
- ・ 側面水密ゴムは， 側面戸当りの下部で密着する。
- ・ 底面水密ゴムは，現状位置と変わらない。

第 1-38 図 止水機構の動作について

(d) 止水板の追従性について

止水板は、防潮堤の振動モードにより追従する必要があるため以下の構造になっている。



第 1-39 図 鋼製防護壁の止水板の追従イメージ

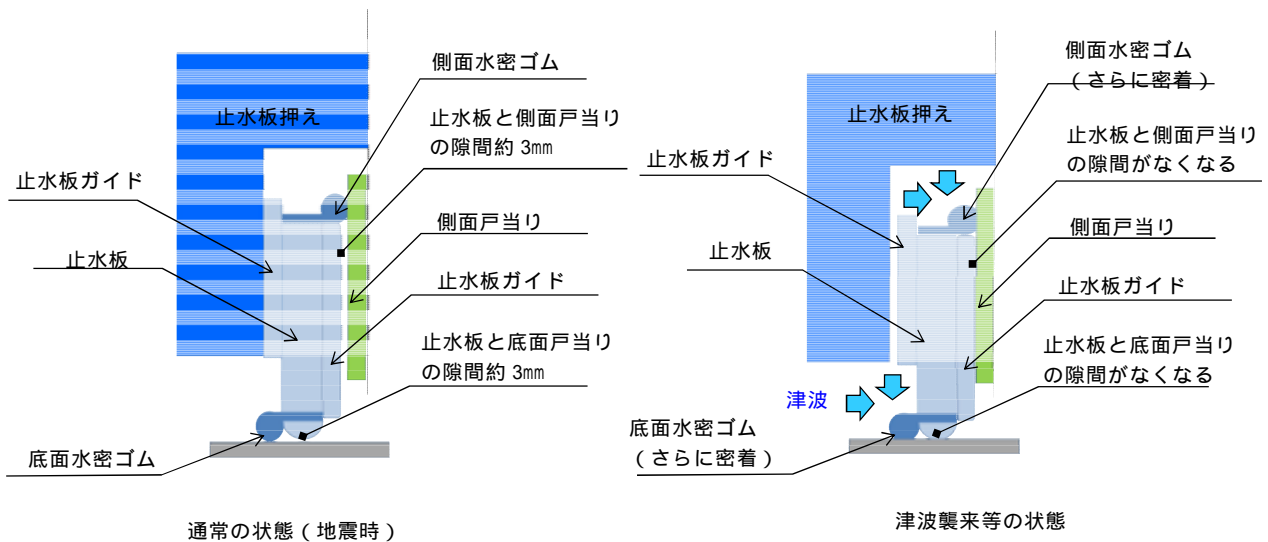
止水板は、幅が約 2m の鋼材を接続して鋼製防護壁の下部に設置される。止水板は、止水板押えにより約 1m 間隔で 2 箇所支持される。また、止水板同士を接続する接続ゴムは、水密ゴム（平形）を採用し側面、底面の水密ゴム（P 形）と同じ材質のものを採用し水密性を確保している。

止水板接続ゴムは伸縮性に優れているため、鋼製防護壁の振動モードに対し水平、鉛直方向に追従することができる。鋼製防護壁全長にすると水平方向に  $\pm$  約 2m、鉛直方向に約 0.6m の変位に追従することができる。第 1-39 図に鋼製防護壁の止水板の追従イメージを示す。

( e ) 止水板の支持方法について

止水板は通常の状態において、側面戸当り及び底面戸当りとの隙間が約3mmで調整され、水密ゴムのみで密着するよう止水板の位置は調整されている。このため、通常の状態（地震時含む）には、止水板は拘束されていないため、水密ゴムの摩擦抵抗だけで追従しやすい状態にある。

津波の襲来等の場合は、止水板に水圧がかかると、通常の状態に調整されている約3mmの隙間がなくなり、止水板は側板戸当り側に押し付けられ、水密ゴムの密着性がさらに高まる構造である。第1-40図に止水板の支持方法を示す。



第1-40図 止水板の支持方法について

( f ) 止水板の挙動解析について

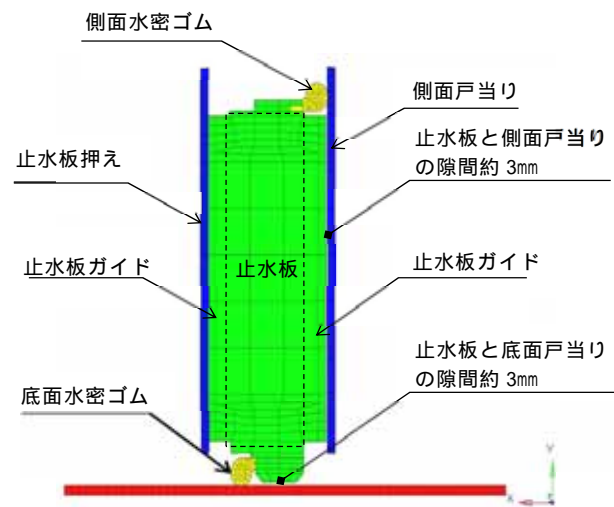
止水板の構造は，一般的に実績のあるものを採用しており，設計上の追従性を確認している。

そのため，止水板の挙動について二次元動的解析を実施し，データを拡充させ信頼性を更に高める。第1-41図にモデル図を示す。

< 評価条件 >

- ・ 解析コード：MARC（大規模解析対応非線形解析）
- ・ 地震動：基準地震動  $S_s$
- ・ 解析ケース：3ケース

地震時，津波時，地震時 + 余震



第1-41図 解析モデル図

(g) 水密ゴムの選定について

止水機構に使用している水密ゴム（P形）は、一般的にダム・水門等に採用実績があるものを採用している。水密ゴムは、低水圧～高水圧の領域に対して適しており、防護壁の止水機構に適応している。水密ゴムは第1-7表に示すダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）を適用する。

第1-7表 ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）抜粋

表3.3.4-1 水密ゴムの硬さ等

項目	諸数値
引張り強さ	14.7N/mm <sup>2</sup> 以上
硬（シヨア）さ	40°～80°
吸水率(重量比)	5%以下
破断時の伸び	300%以上
比重	1.1～1.6

表3.3.4-3 水密ゴムの形状と特性

ゴム形状	P形	L, Y形	ケーソン形	平形
使用箇所	側部および上部	側部	四方	底部
適用水深	低圧～高圧	低圧	高圧	低圧～高圧
硬（シヨア）さ	50°～70°	50°～60°	50°～70°	50°～60°

(h) 漏水試験

設計圧力における漏水試験のため、止水機構の水密ゴム（P形）について、試験装置を製作し、漏水試験により設計圧力に耐えることを確認した。漏水試験による許容漏水量はダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）より求める。第1-42図に試験装置概要を示す。

< 試験条件 >

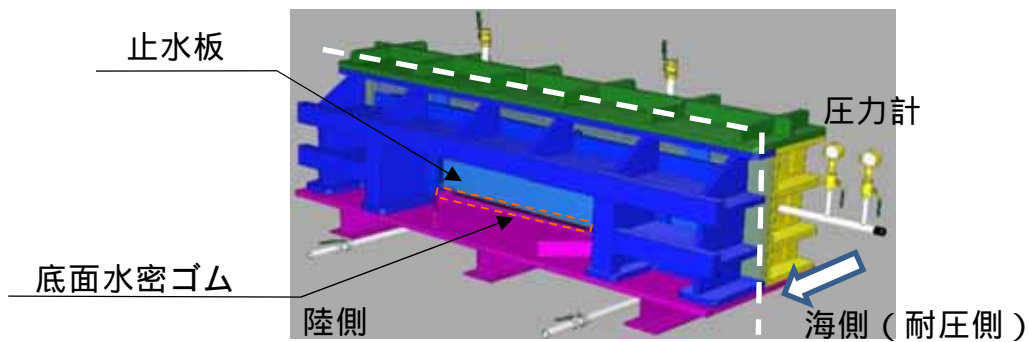
- ・ 試験圧力 : 0.20MPa以上 防潮堤天端高さの静水圧
- ・ 試験時間 : 10分保持（ダム・堰施設技術基準（案）より）
- ・ 許容漏水量 : 204ml/min 10分あたり2.0 ℓ

$$W = 10.2 L \times P$$

W : 漏水量 (ml/min)      P : 設計圧力 0.2MPa

L : 長辺の長さ (cm)      (試験装置の長さ100cm)

< 試験装置 >



第1-42図 試験装置概要（上：鳥瞰図 下：試験装置）



< 試験結果 >

止水板の底面に設置した水密ゴムからの漏えい量を測定した。その結果，漏えい量は許容漏えい量に対し，わずかな漏えい量であり，水密ゴムの採用に問題のないことを確認した。わずかな漏えい量については，陸側に設置している止水膜にて保持する設計とする。

第1-8表に漏水試験結果及び，第1-43図に試験時の状況を示す。

第1-8表 漏水試験結果

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏えい量 (ℓ/10分)	許容漏えい量 (ℓ/10分)	判定
試験体 1	0.2	10	0.020	2.0	
試験体 2	0.2	10	0.029	2.0	

：漏えい量は1 mあたり10分間漏えい量。

実機における止水機構の全長は約50mである。このため，底面水密ゴム(約50m)と側面水密ゴム(約50m)の合計約100mを考慮すると，実機における漏えい量は，第1-8表に示す漏えい量の100倍となる。



第1-43図 試験時の状況(10分保持後)

( i ) 水密ゴムの維持管理について

止水機構の水密ゴムは、取替ができるよう構造設計を行う。そのため、通常の維持管理として外観点検及び定期的な硬度測定によるトレンド管理を実施し、補修や取替等が必要な場合には取替を実施する。

( j ) 採用実績の例

止水機構の構造は、水門鉄管技術基準の角落し、ゲート構造として整理できる。

止水機構と同様に扉体同士が水密ゴムにて繋がり止水している構造としては起伏ゲートや多段式ゲート、可動防潮堤で採用されている。起伏ゲートは、全長約30mのところを2箇所継手で接続されており、継手は水密ゴムで接続されている。また、多段式ゲートの扉体の場合も長さ約10mの扉体が4ブロックに分かれ各々が水密ゴムで接続されている。扉体の規模や条件により接続部に違いはあるが、一般的に水密ゴムにて接続する構造は多く採用されている。

また、可動防潮堤については、継手部は水密ゴムの接続であり、更に電動駆動等の駆動源を必要としない構造である。止水板は、津波の浮力により立ち上り津波からシールする構造であることから、駆動源を持たない止水装置としての採用実績がある。

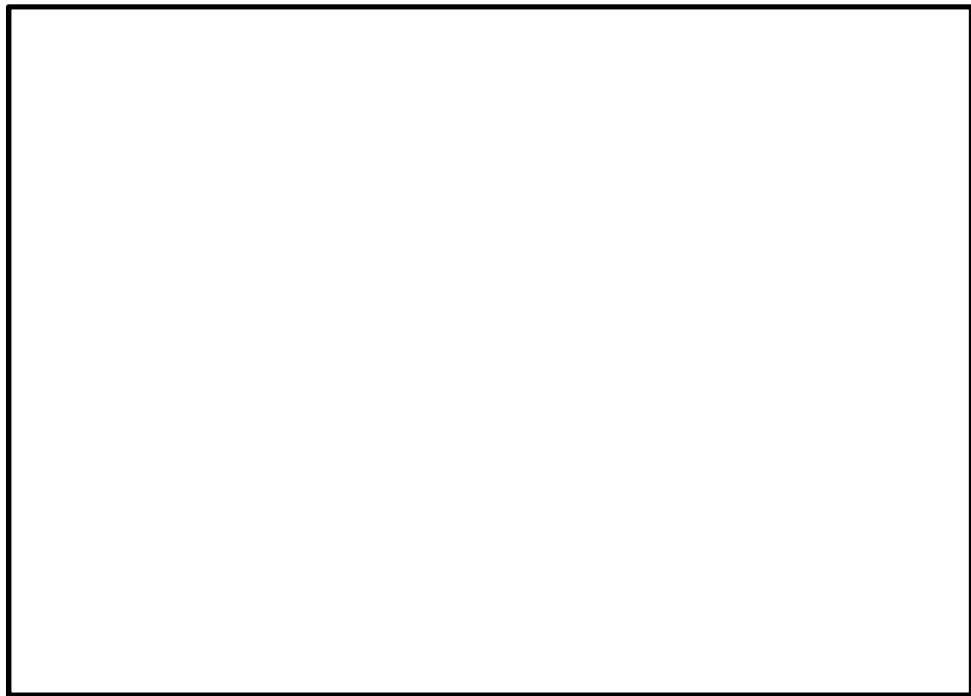
止水板の構造については、規模や設計条件により違いはあるが、多くの採用実績があり十分な実績があるといえる。第1-44図にゲート等の採用実績の例を示す。



ゲート等の採用実績  
(某メーカー製 2017年8月)



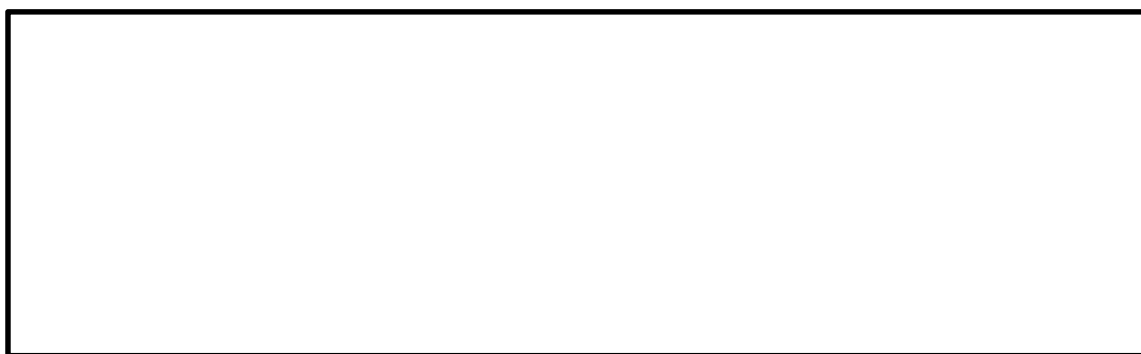
起伏ゲートの例



多段式ゲートの例

第 1-44 図 採用実績の例 (1/2)

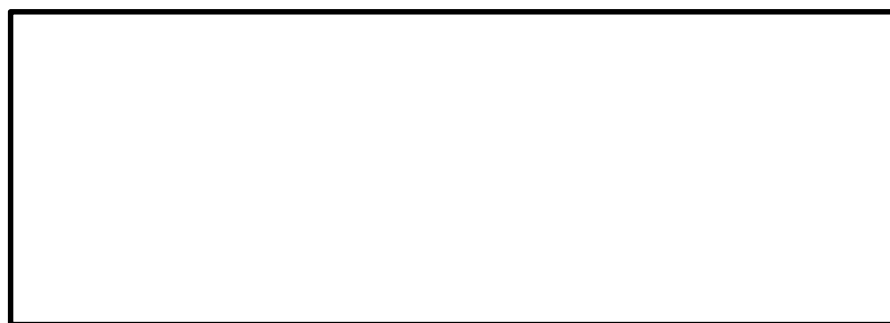
5 条 添付 2 1 -61



- 【可動防潮堤】
- ・ 寸法：幅 4.9m×高さ 1m
  - ・ 材質：ステンレス鋼

- 【可動防潮堤】
- ・ 寸法：幅 15.0m×高さ 3.0m
  - ・ 材質：ステンレス鋼

通常時



津波襲来時



- 【可動防潮堤（陸上設置型長径間防潮堤）】
- ・ 寸法：港湾などの長い距離に対応
  - ・ 材質：ステンレス鋼

可動防潮堤とは、無動力かつ人為操作なしに開口部閉塞を可能とすることが特長の津波・高潮防災設備。

第 1-44 図 採用実績の例 (2/2)

## 【参考】

前述まで，設計条件による水密ゴムの性能を確認した。ここでは，水密ゴムの摩耗や砂の噛み込みによる状態を想定した漏水試験を実施し，水密ゴムの機能を確認した。

### < 試験条件 >

- ・ 試験体 : 地震 ( $S_s$ 相当) による摩耗試験 (砂噛み込み)  
策定前の基準地震動  $S_s$  による取水路の1次元地盤応答解析 (SHAKE) の解析結果より，地表面の加速度と速度の最大のものを選択し，さらに2次元動的連成解析 (FLIP) の解析結果も包絡する条件にて摩耗試験を実施した。
- ・ 試験圧力 : 以下の圧力による漏水試験 (砂噛み込み)  
0.17MPa以上 防潮堤敷地高さ (T.P. + 3m) からの静水圧  
0.66MPa以上 防潮堤天端高さ (T.P. + 20m) の  
静水圧 × 3倍以上
- ・ 試験時間 : 10分保持 (ダム・堰施設技術基準 (案) より)
- ・ 許容漏水量 :  
$$W = 10.2 L \times P$$

W : 漏水量 (ml/min)  
P : 設計圧力 0.17MPa , 0.66MPa  
L : 長辺の長さ (cm) (試験装置の長さ100cm)

0.17MPaの場合 :	173ml/min	10分あたり1.7 ℓ
0.66MPaの場合 :	673ml/min	10分あたり6.7 ℓ

< 試験結果 >

漏えい量は許容漏えい量に対し、わずかな漏えい量であり、地震による摩耗や砂の噛みこませた状態における状態においても、水密ゴムの機能に影響のないことを確認した。わずかな漏えい量については、陸側に設置している止水膜にて保持する設計とする。第1-8表に漏水試験結果を示す。

第1-8表 漏水試験結果（参考）

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏えい量 (ℓ/10分)	許容漏えい量 (ℓ/10分)	判定
1回目	0.17	10	0.039	1.7	
	0.66	10	0.625	6.7	
2回目	0.17	10	0.440	1.7	
	0.66	10	0.525	6.7	

漏えい量は1 mあたり10分間の漏えい量。

実機における止水機構の全長は約50mである。このため、底面水密ゴム(約50m)と側面水密ゴム(約50m)の合計約100mを考慮すると、実機における漏えい量は、第4表に示す漏えい量の100倍となる。

【参考】

止水構造として、保護プレートや砂除けにて異物の混入を防ぐ設計をしている。ここでは、仮に木材等の噛み込みを想定し底面水密ゴムが損傷した場合を想定して評価を行う。止水板1枚あたり(2m幅)の漏水量について評価する。第1-45図に底面水密ゴムの損傷想定位置と時刻歴波形(取水口前面)を示す。

< 計算式 >

$$Q = C A \sqrt{2 g h}$$

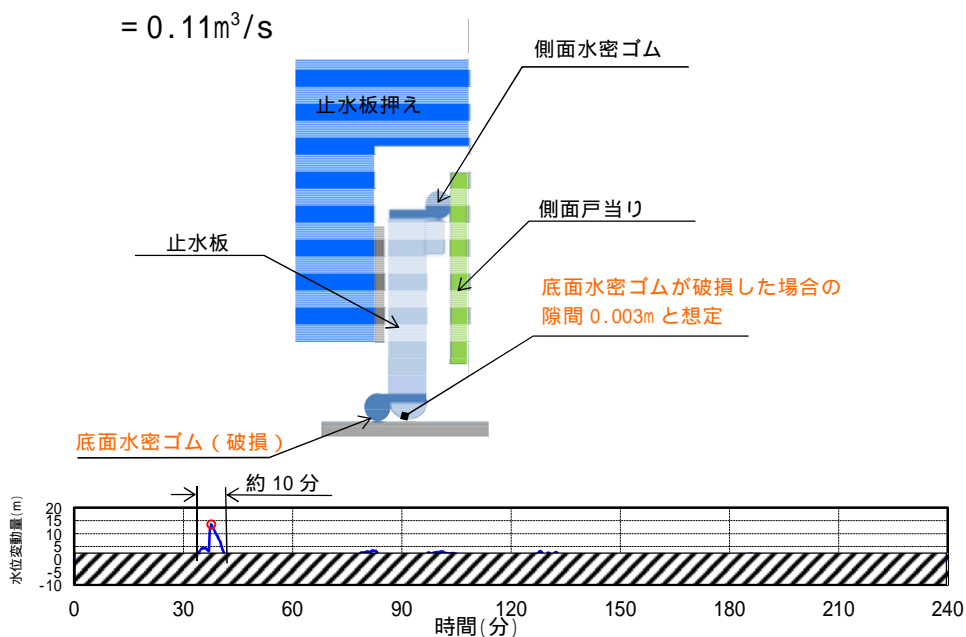
C : 流入係数 (1.0)      g : 重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

A : 通過面積m<sup>2</sup> (0.003 × 2 = 0.006m<sup>2</sup>)

h : 水頭 m (防潮堤天端高さ20m-3m設置レベル = 17m)

$$Q = 1.0 \times 0.006 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 17}$$

$$= 0.11\text{m}^3/\text{s}$$



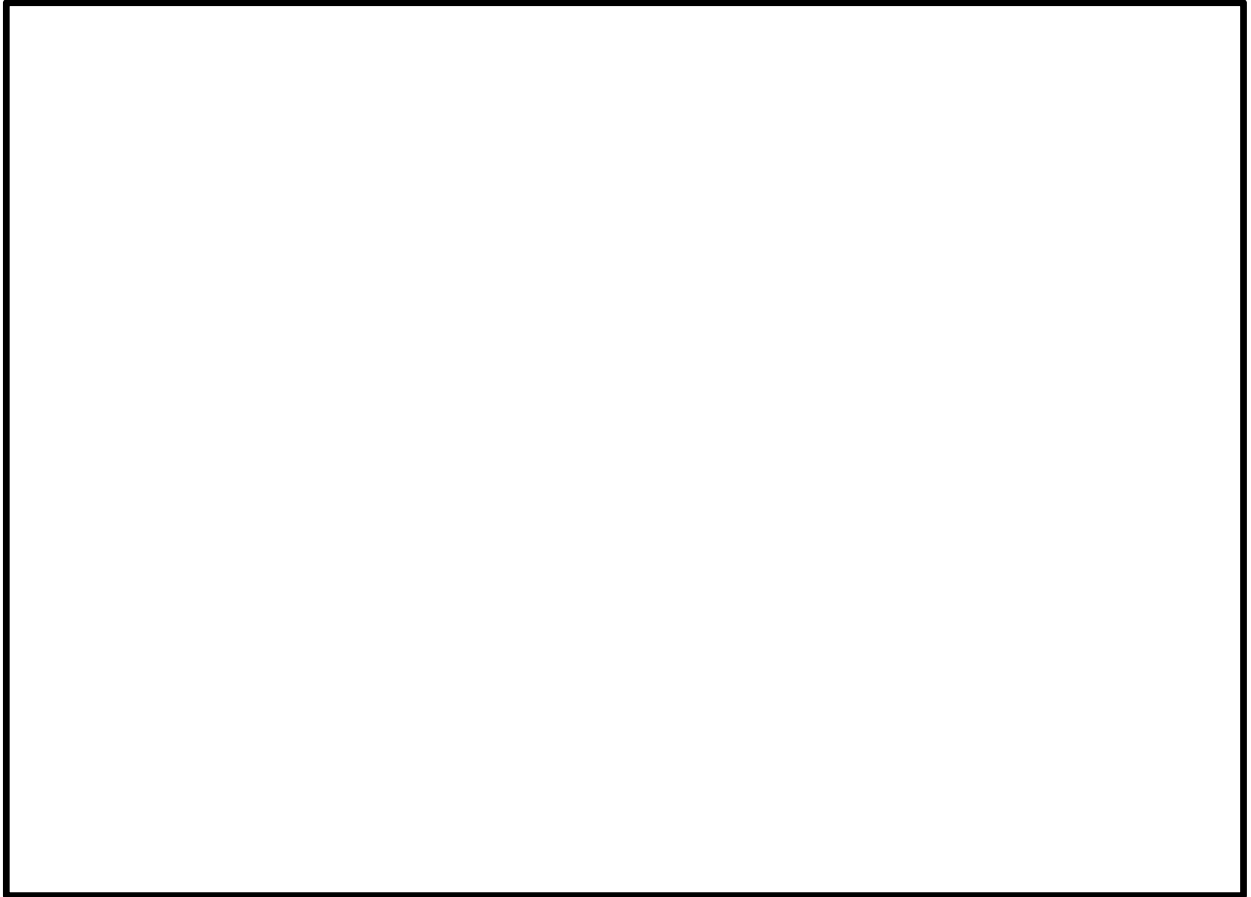
第 1-45 図 底面水密ゴムの損傷想定位置と時刻歴波形(取水口前面)

計算の結果、1秒あたり約0.11m<sup>3</sup>であった。基準津波による時刻歴波形からT.P. + 3mを超える時間は約10分であるため、敷地内に浸水した場合は最大で約66m<sup>3</sup>程度になり、T.P. + 3m盤の敷地に約5cm程度の浸水に留まる。

## 2 . 施工実績

### 2 . 1 鋼製門型ラーメン構造

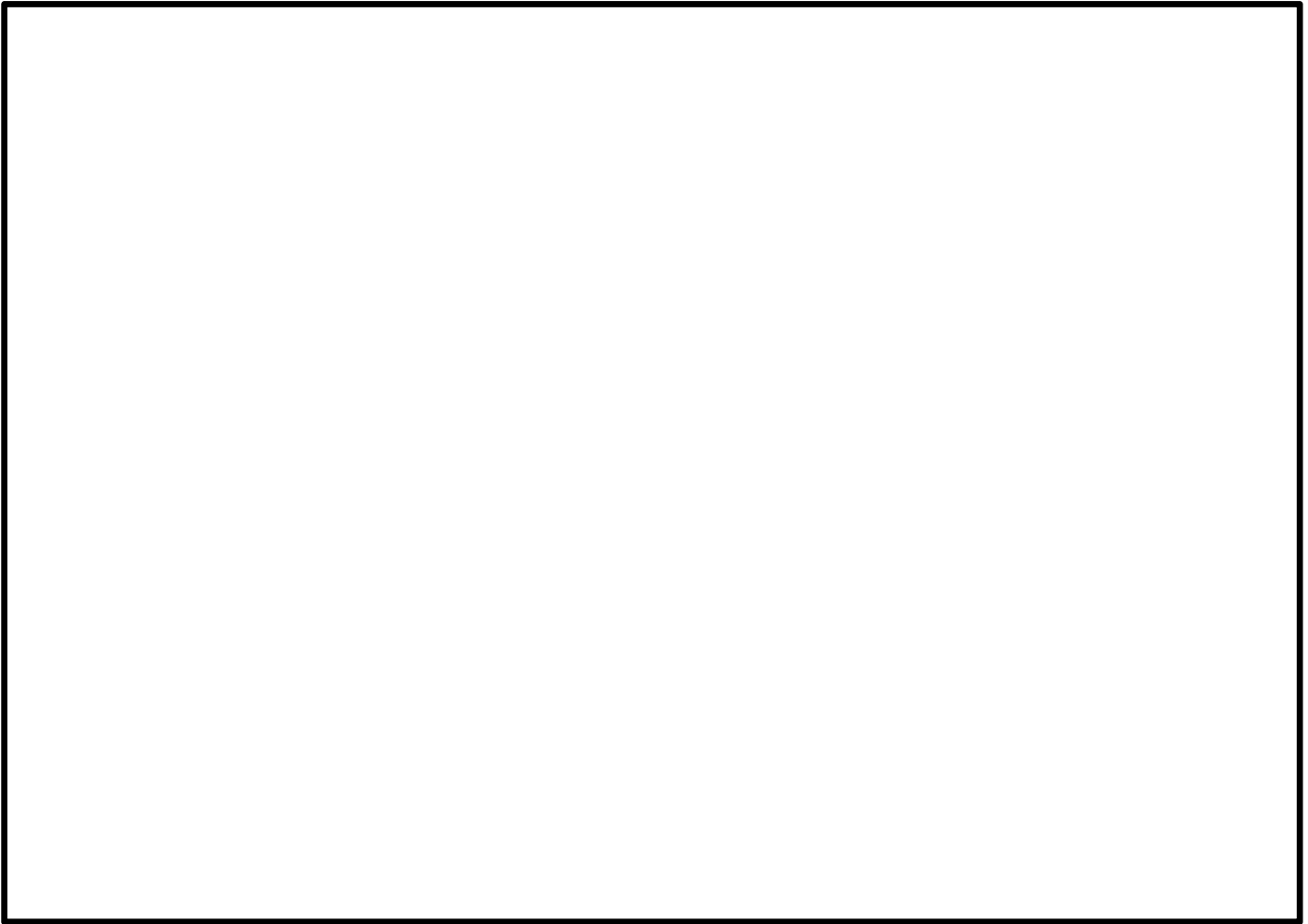
#### ( 1 ) 施工事例 1 : 鋼殻ブロックの施工事例 ( 橋梁箱桁 )



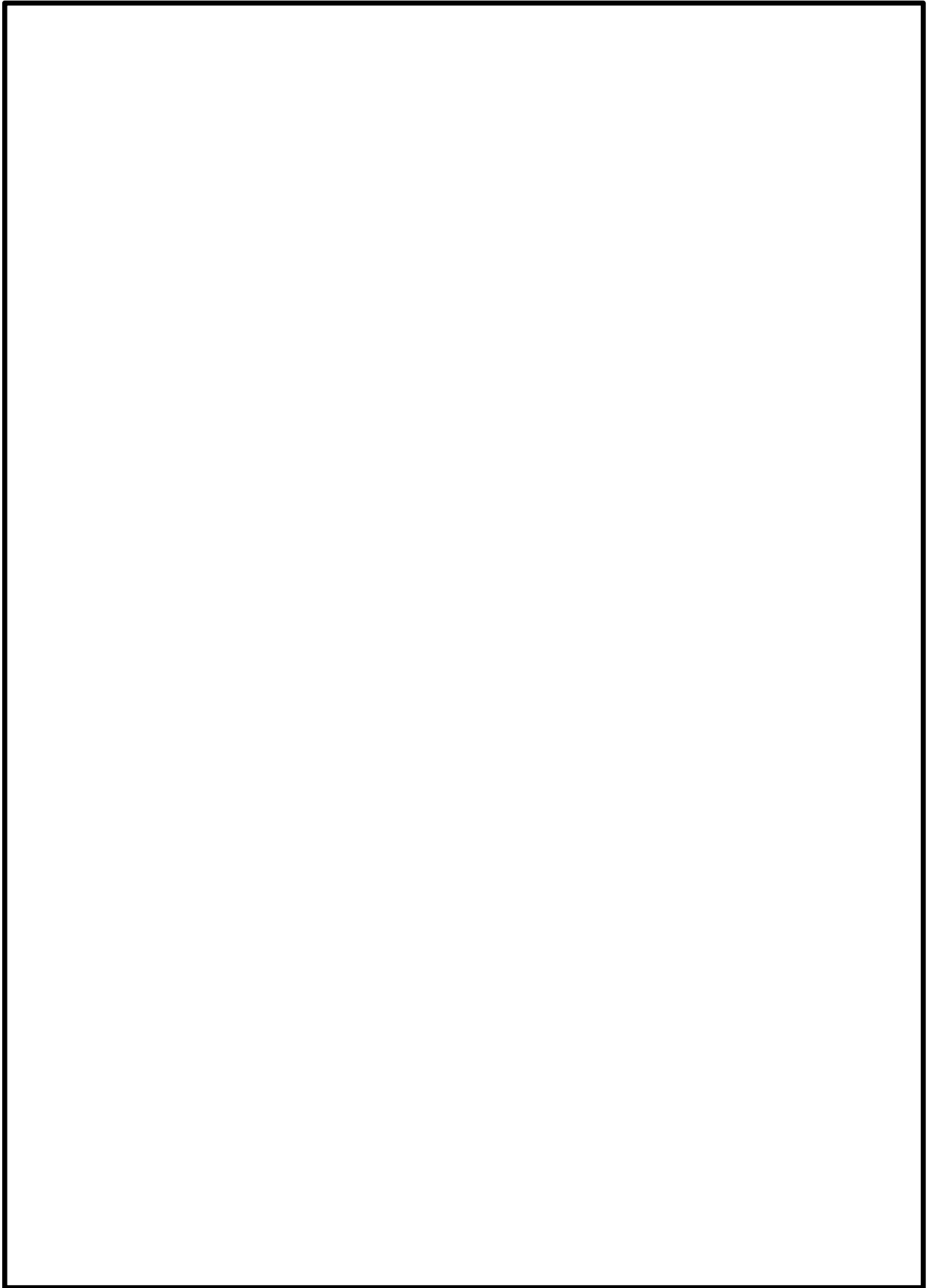
橋梁上部工の上下 2 段の鋼殻ブロックの施工事例



( 2 ) 施工事例 2 : 国道工事 ( 国土交通省 )



( 3 ) 施工事例 3 : 高速道路工事 ( 高速道路株式会社 )

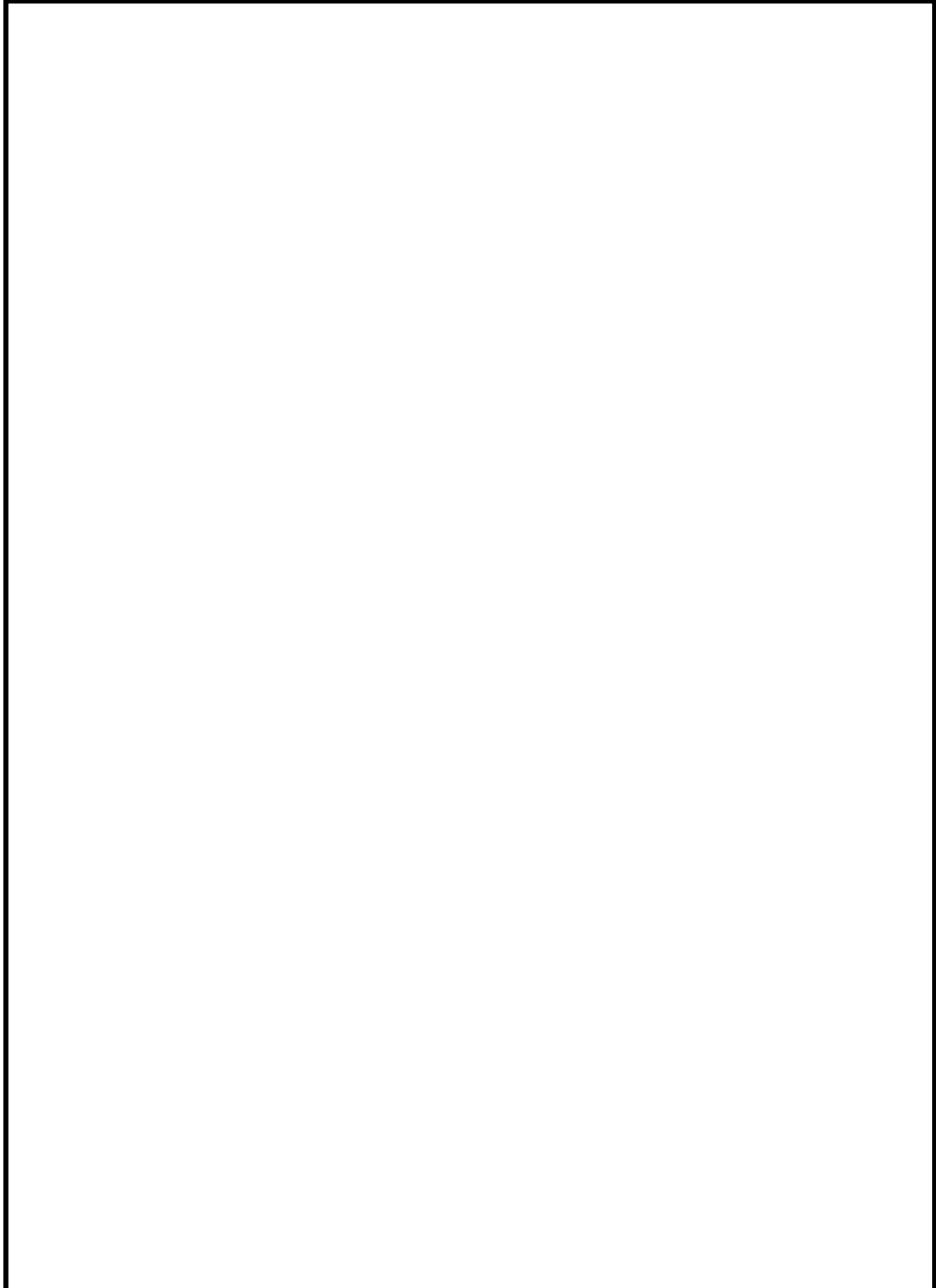


2.2 直接定着式アンカーボルトの実績

発注者	基数	ボルト本数
国土交通省	193	4,824
NEXCO / 首都高速	18	430
地方自治体	41	1,074
名古屋高速道路公社	244	6,891
福岡北九州道路公社	45	1,190
広島高速道路公社	37	856
総 計	578	15,265

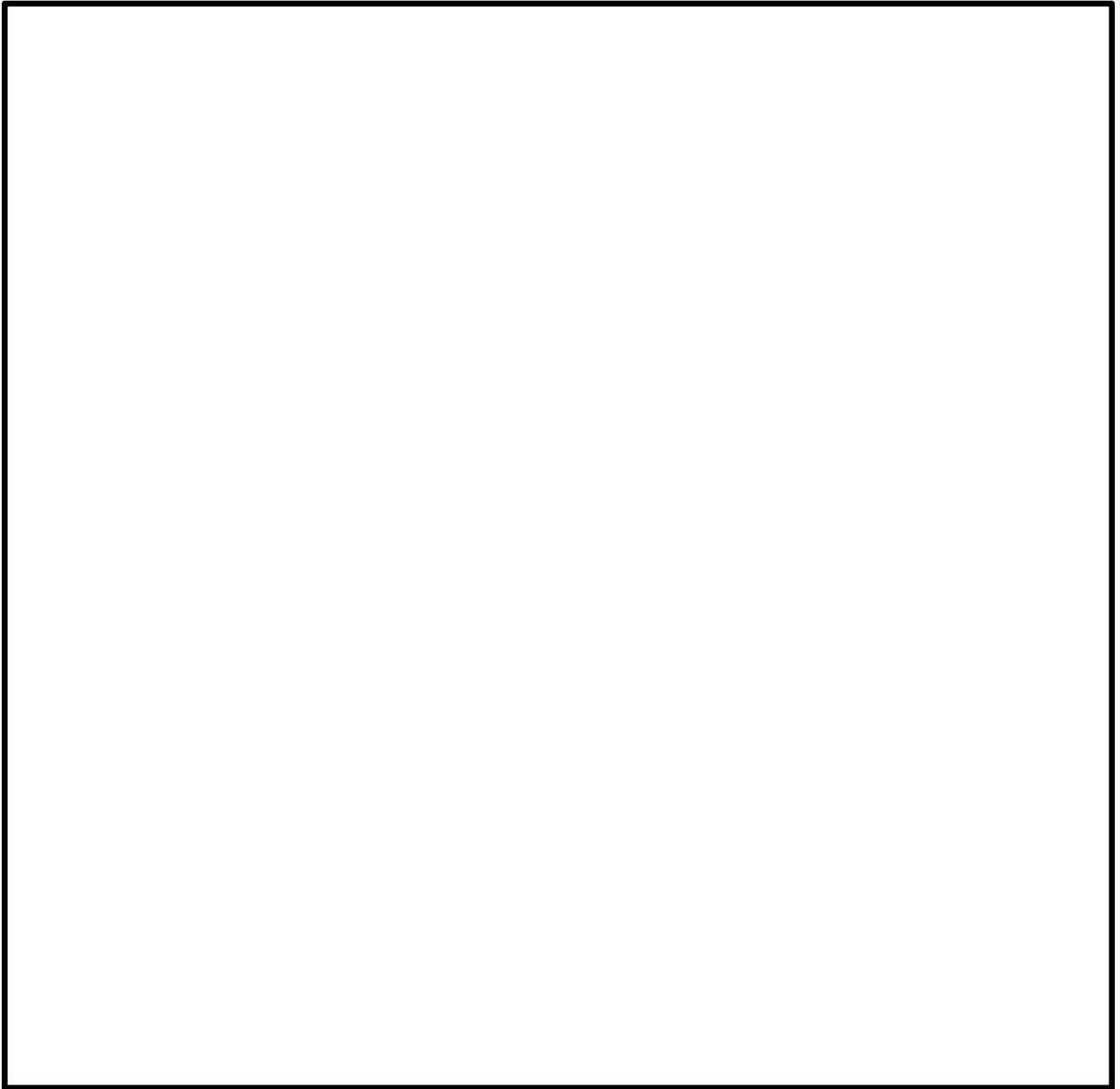
( 1 ) 施工事例 1 : 国道工事 ( 国土交通省 )

アンカーボルトの仕様 D170 × L3,960mm-56 本 , D150 × L3,620mm-22 本 , D130  
× 3,310mm-22 本



( 2 ) 施工事例 2 : 臨港道工事 ( 国土交通省 )

アンカーボルトの仕様 D150 × 4, 300mm-40 本



### 3. 地中連続壁基礎に関する設計基準類

地中連続壁基礎に係る設計基準としては、道路橋示方書・同解説（公益社団法人 日本道路協会）、また施工の観点からの基準として地中連続壁基礎工法施工指針（案）（地中連続壁基礎協会）に代表される。

#### （1）道路橋示方書・同解説 下部構造編（公益社団法人日本道路協会：平成 24 年 3 月）

道路橋下部構造の技術基準として、各種基礎の設計手法等がとりまとめられており、橋梁下部構造以外の土木構造物の基礎においても、同基準を参考として計画・設計している。

#### （2）地中連続壁基礎工法施工指針（案）（地中連続壁基礎協会：平成 14 年 7 月）

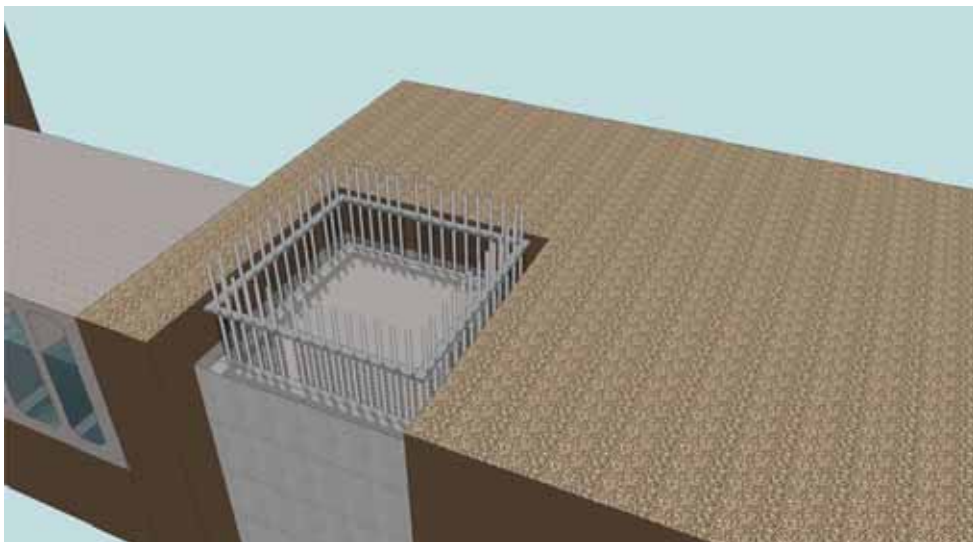
道路橋示方書・同解説 下部構造編に基づいて設計された地中連続壁基礎の施工に適用される指針。地中連続壁基礎の品質を確保するための施工方法等が記載されており、これらを踏まえた設計とする必要がある。

#### 4 . 参考資料

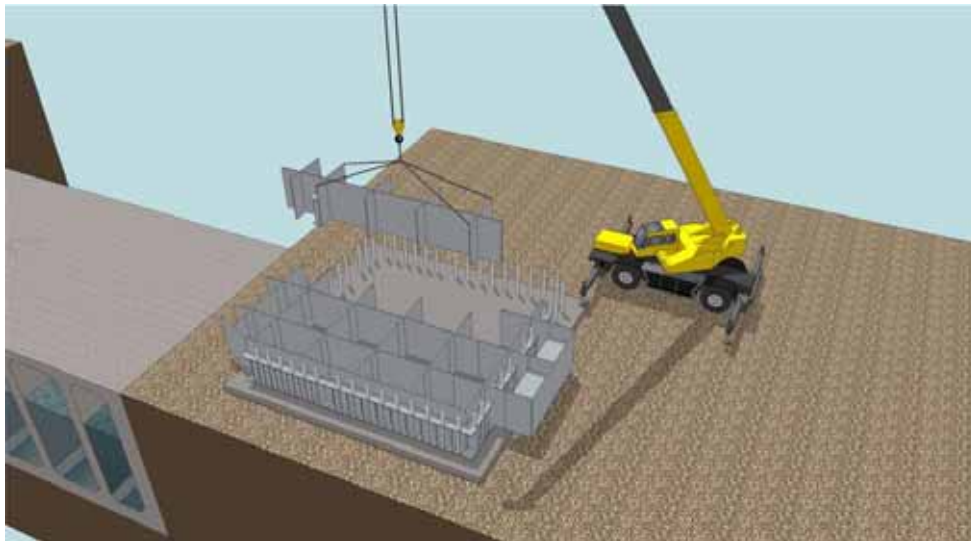
鋼製防護壁ブロック架設方法のステップ図を第 4-1 図～第 4-4 図に示す。



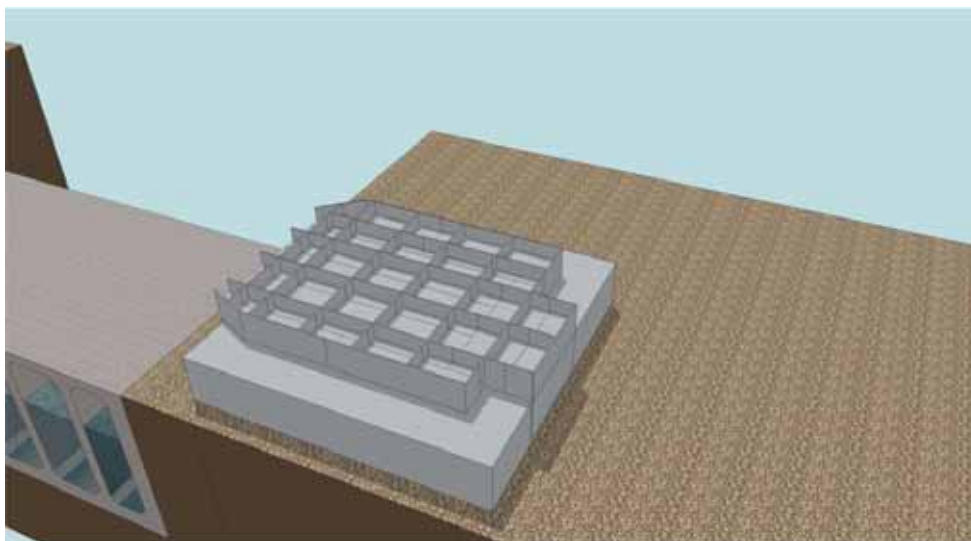
- 地中壁連続壁基礎上部にアンカーボルトを設置する。
- 所定位置に設置する必要があるため、基礎上部にはフレーム架台を設置し、据付精度を確保する。



第 4-1 図 Step.1 アンカーボルトの設置



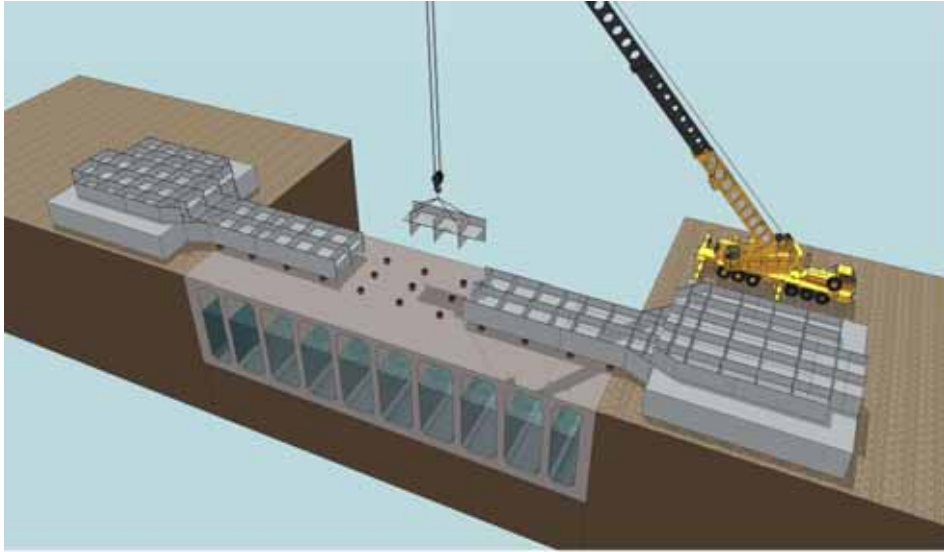
- 頂版部配筋及びコンクリート施工後に，1段目及び2段目の支柱部ブロックを架設する。



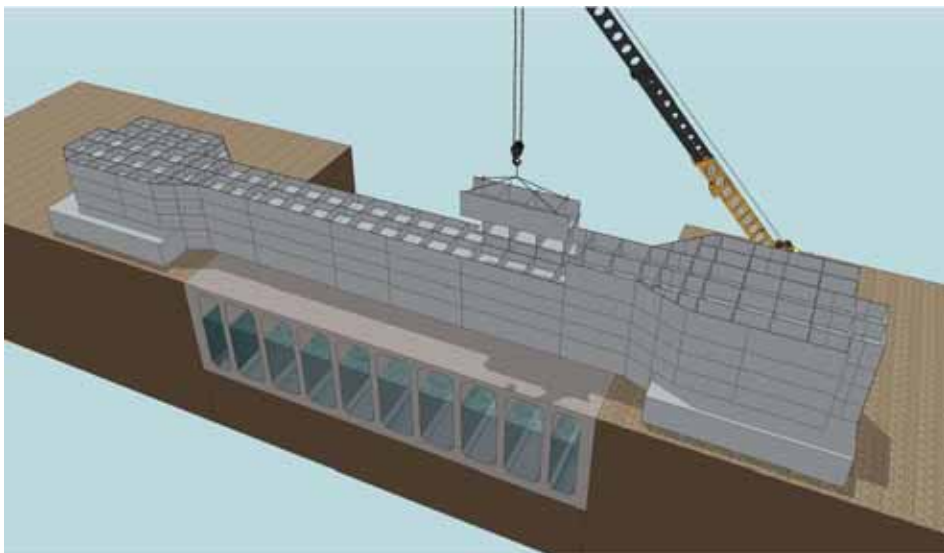
- 支柱部中詰めコンクリートを施工する。

第 4-2 図 Step.2 支柱部ブロック設置・中詰めコンクリート工



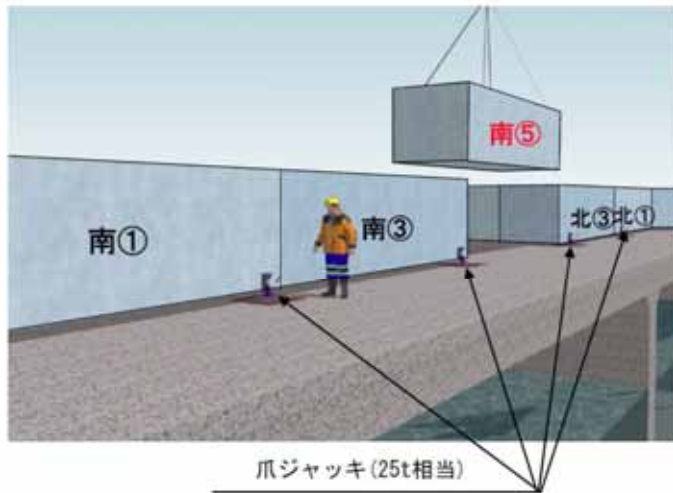


- 取水口隔壁上など上載荷重による影響を最小限にできる箇所にジャッキを配置し1段目の支間部ブロックを架設する。
- 架設時には、1段目死荷重によるたわみ量及び2段目以降の構造系の変化を考慮した逐次剛性と死荷重によるたわみ量をあらかじめ上げ越しする。
- 各段の架設完了後に全体の出来形・反りが所定の寸法内に収まるよう、事前に綿密な架設計画を立案しておく。

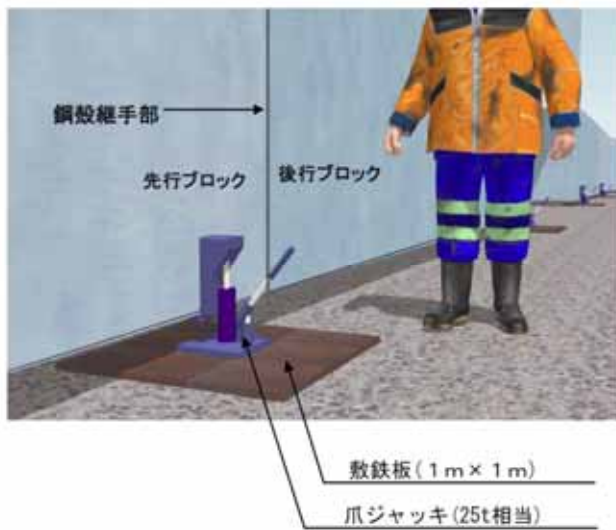


- 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

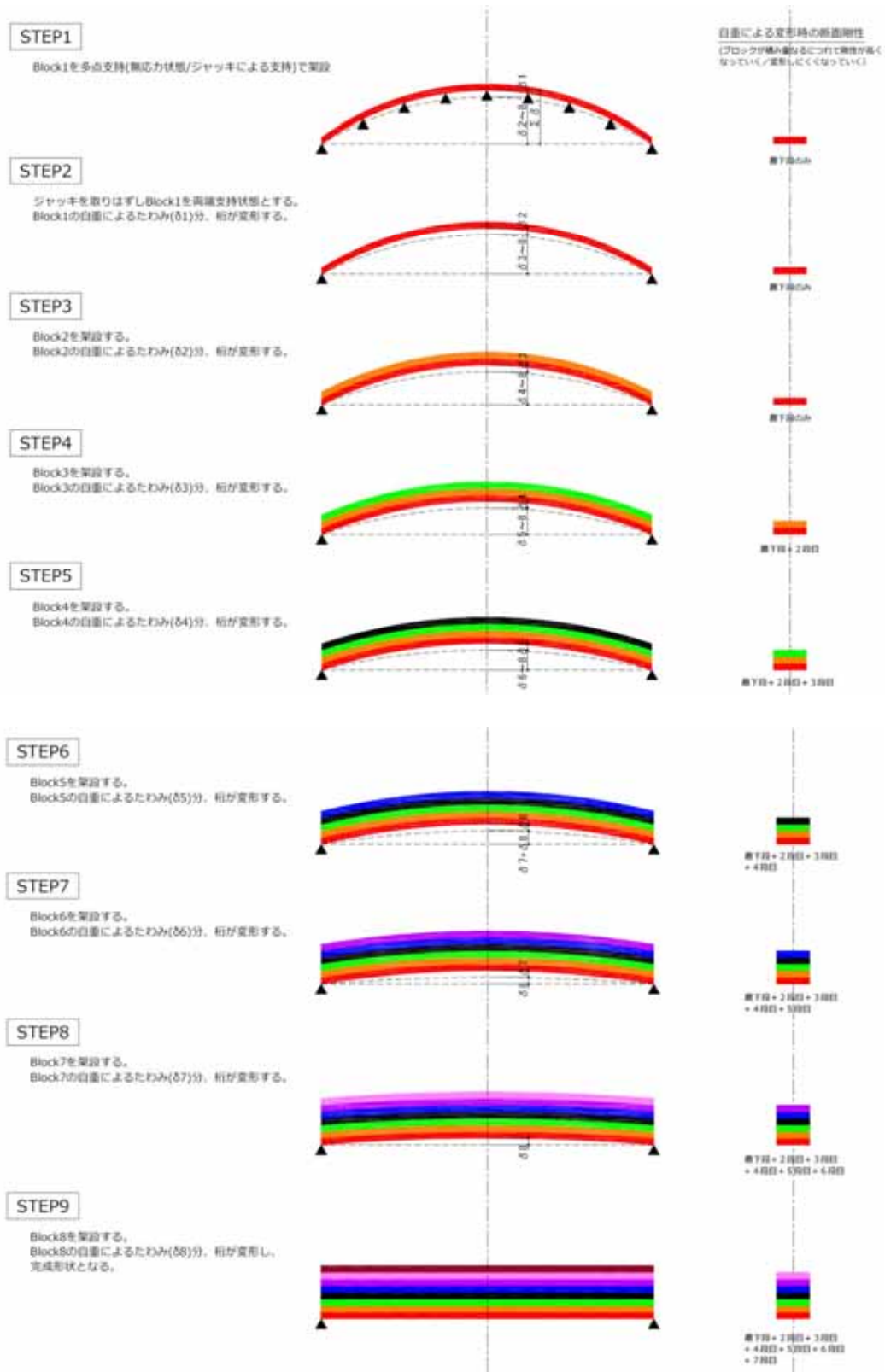
第 4-3 図 Step.3 ブロック架設工



※ 取水口頂版スラブの耐荷重は、別途、鋼殻の仮受けが可能であることを確認済みである。

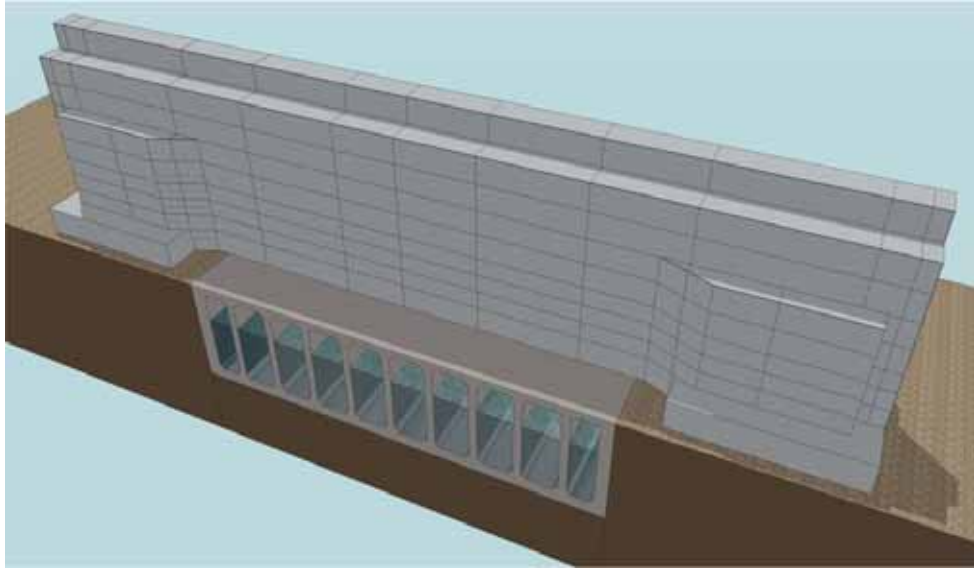


第 4-4 図 ジャッキによる仮受け状況 (イメージ)



- ・各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- ・管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

### 第 4-5 図 上げ越し管理 (イメージ)



- 完成後は全体の出来形測定を実施し，所定の精度内に収まっていることを確認する。

第 4-6 図 Step.4 完成

鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について

## 目次

- 1 . 鉄筋コンクリート防潮壁の要求機能と設計方針について
  - ( 1 ) 鉄筋コンクリート防潮壁に要求される機能
  - ( 2 ) 鉄筋コンクリート防潮壁高さの設定方針
  - ( 3 ) 設計方針
    - 1 ) 構造概要
    - 2 ) 設計手順
    - 3 ) 地中連続壁基礎の設計方針
    - 4 ) 鉄筋コンクリートの設計方針
    - 5 ) 止水ジョイント部の設計方針
  
- 2 . 地中連続壁基礎に関する設計基準類

## 1 . 鉄筋コンクリート防潮壁の要求機能と設計方針について

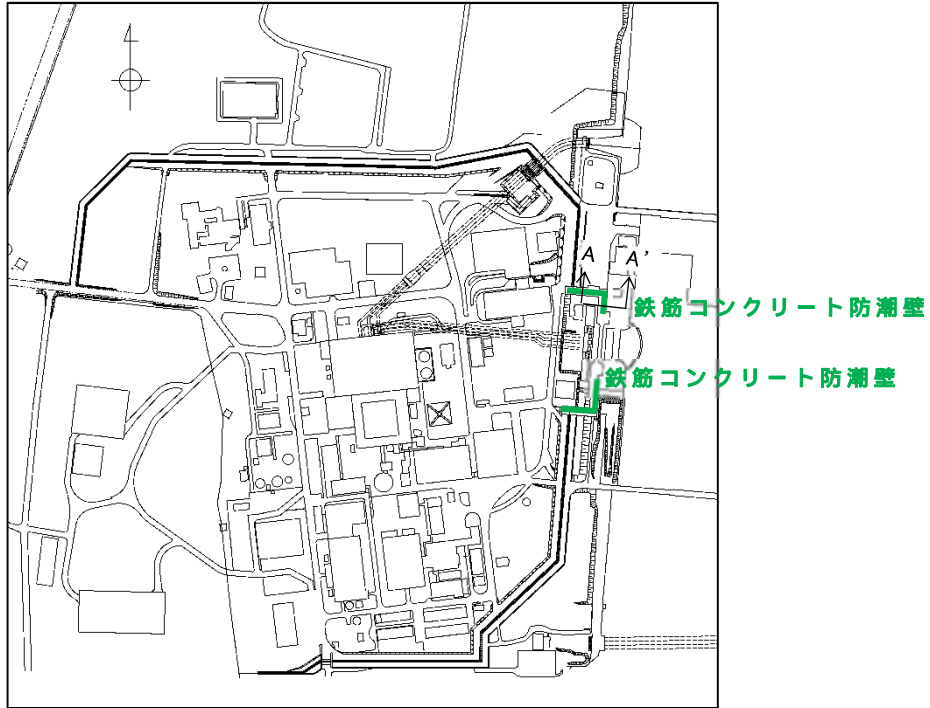
### ( 1 ) 鉄筋コンクリート防潮壁に要求される機能

鉄筋コンクリート防潮壁の平面位置図を第 1-1 図に , 断面図及び平面図を第 1-2 図に示す。

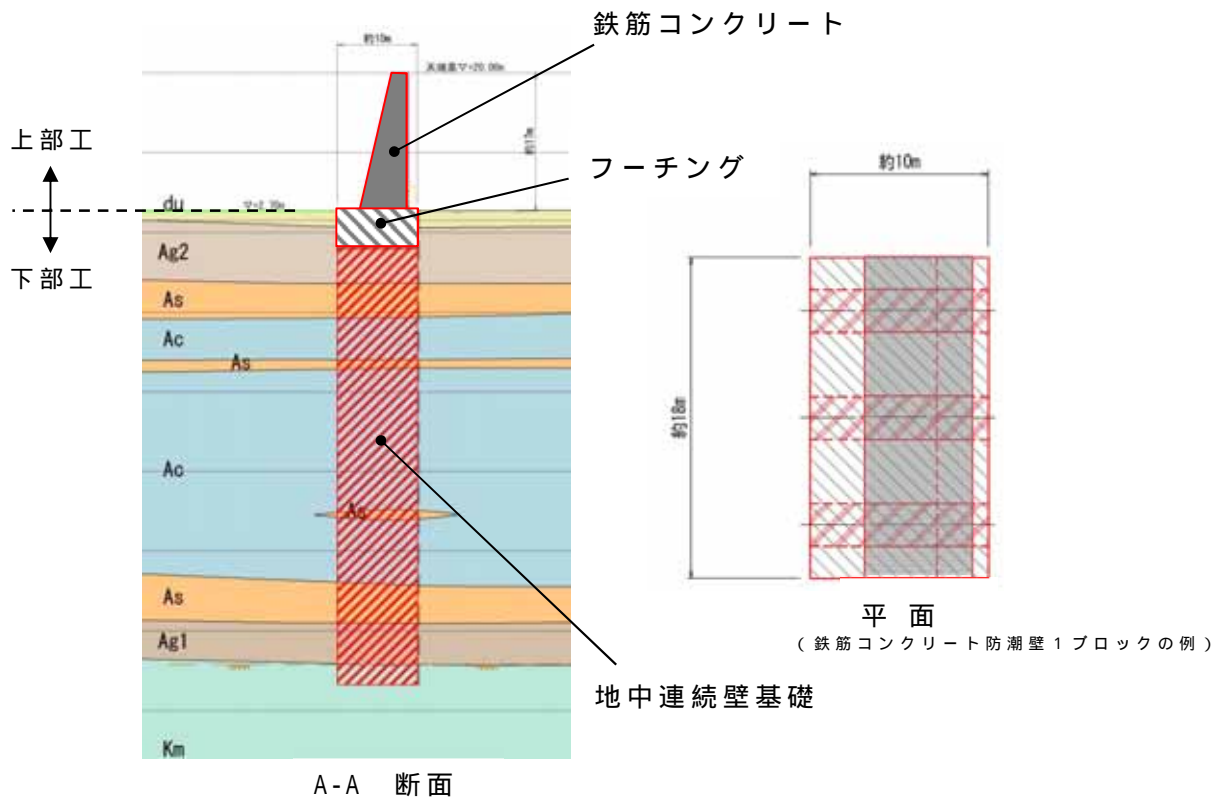
鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計評価方針について第 1-1 表に , 鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位を第 1-3 図に示す。

津波防護施設としての防潮堤に求められる要求機能は , 繰返し  
の襲来を想定した遡上波に対して浸水を防止すること , 基準地震動  $S_s$  に対して要求される機能を損なう恐れがないよう , 構造物全体としての変形能力に対し , 十分な構造強度を有することである。

上記の機能を確保するための性能目標は , 遡上津波に対して余裕を考慮した防潮堤高さを確保するとともに構造体の境界部等の止水性を維持し , 基準地震動  $S_s$  に対して止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。



第 1-1 図 平面位置図



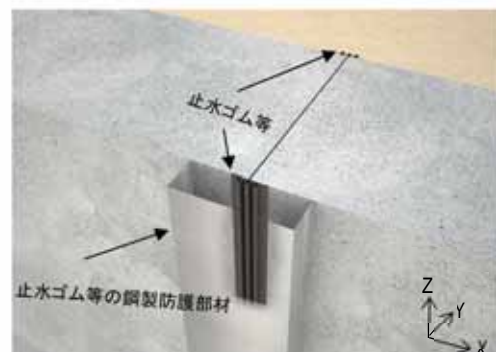
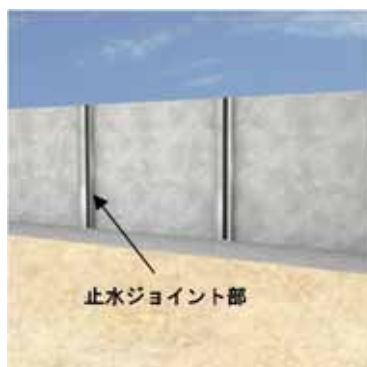
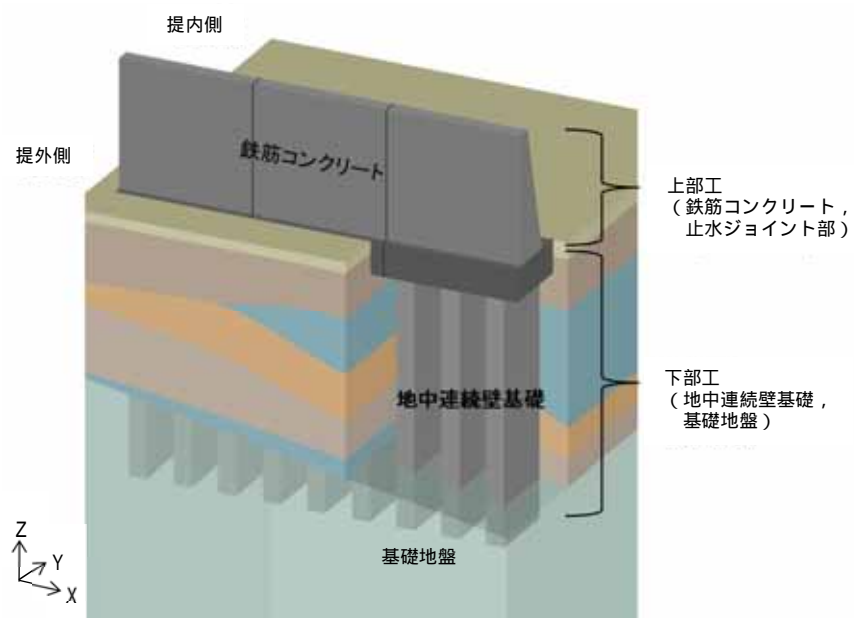
A-A 断面

平面  
(鉄筋コンクリート防潮壁 1 ブロックの例)

注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-2 図 断面図及び平面図





第 1-3 図 鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位



(2) 鉄筋コンクリート防潮壁高さの設定方針

敷地前面東側に位置する鉄筋コンクリート防潮壁は、遡上津波に対して余裕を考慮した防潮壁高さを設定している。入力津波高さと防潮堤高さの関係を第 1-2 表に示す。

第 1-2 表 入力津波高さと防潮壁高さの関係

	敷地側面 北側	敷地前面 東側	敷地側面 南側
入力津波高さ (潮位のばらつき等考慮)	T.P. + 15.4m	T.P. + 17.9m	T.P. + 16.8m
防潮壁高さ	T.P. + 18.0m	T.P. + 20.0m	T.P. + 18.0m
設計裕度	2.6m	2.1m	1.2m

(3) 設計方針

1) 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁は、海水ポンプ室周辺に配置する。

幅約 2.5m、長さ約 10m の地中連続壁基礎を防潮壁に沿って約 6m 間隔に構築し、上部工の鉄筋コンクリートはフーチングを介して連結する。上部工の施工ブロック間及び異種構造物間には、伸縮性を有する止水ジョイントを設置する。

構造部位ごとの役割を第 1-3 表に示す。

第 1-3 表 構造部位の役割

構造部位	役割
地中連続壁基礎	鉄筋コンクリートからフーチングを介して伝達される荷重を支持地盤に確実に伝達し、防潮壁としての機能を維持する。
地中連続壁基礎 (フーチング)	鉄筋コンクリートからの荷重を地中連続壁基礎に確実に伝達する。鉄筋コンクリート及び地中連続壁基礎の主鉄筋はフーチング内に定着し、それぞれ剛結合とする。
鉄筋コンクリート	津波波力をフーチングに伝達するとともに、津波に対する止水性を確保する。

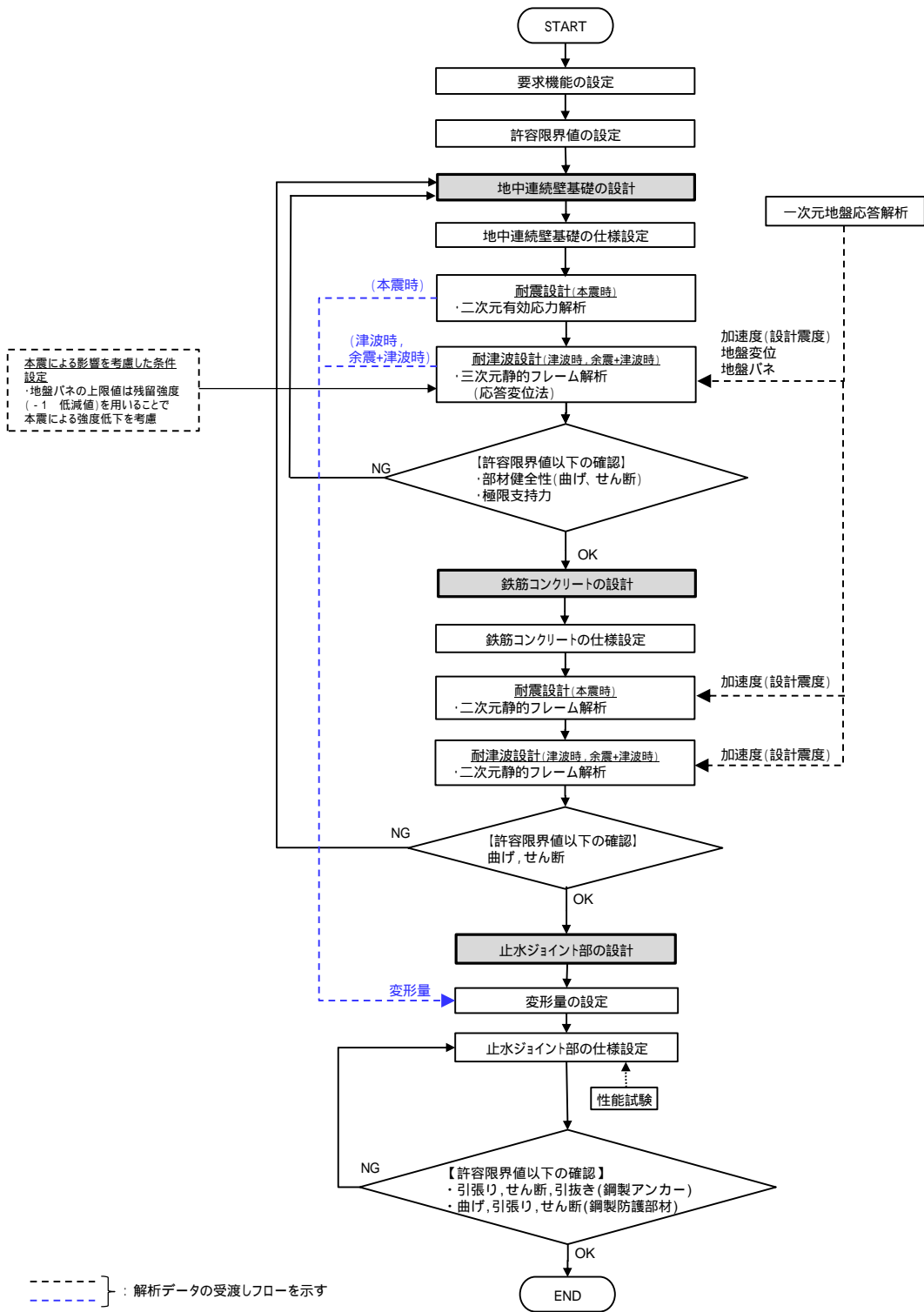
## 2) 設計手順

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震・耐津波評価においては、津波防護施設であること、Sクラスの設計基準対象施設であることを踏まえ、第1-4表の鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に従い、各構造部材の構造健全性評価を行う。

鉄筋コンクリート防潮壁の構造健全性及び支持性能評価の検討フローを第1-4図に示す。

第1-4表 鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

評価対象部位		応力等の状態	設計に用いる許容限界
下部工	基礎地盤	支持力	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」に基づく極限支持力以下とする。
	地中連続壁基礎	曲げ，せん断	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編・耐震設計編)」に基づく短期許容応力度以下とする。
上部工	鉄筋コンクリート	曲げ，せん断	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」に基づく短期許容応力度以下とする。
	止水ジョイント部	止水ゴム等	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
	止水ジョイント部	鋼製アンカー	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく短期許容応力度以下とする。
止水ジョイント部	止水ゴム等の鋼製防護部材	曲げ，引張り，せん断	「鋼構造設計基準」に基づく短期許容応力度以下とする。



第 1-4 図 鉄筋コンクリート防潮壁の構造健全性及び支持性能評価の検討フロー

### 3) 地中連続壁基礎の設計方針

地中連続壁基礎は、地震及び津波の荷重に対する基礎として上部工からの荷重を支持する必要がある。そのため、繰返し襲来する地震及び津波荷重が作用した場合に対して弾性状態に留まる設計とする。また、これらの荷重によって基礎に発生する押込力が、基礎を支持する基礎地盤の極限支持力以内に留まる設計とする。

結合部の設計については「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に基づき行う。地中連続壁基礎から立ち上がる鉛直方向の主鉄筋をフーチングコンクリート内に、同示方書で規定される定着長以上埋め込むことで、地中連続壁基礎とフーチングを結合させる。結合は剛結とする。

本震時は液状化を精緻に評価するために二次元有効応力解析、津波時及び余震＋津波時は荷重の三次元性を反映するために三次元静的フレーム解析を実施し、壁体に発生する断面力を用いて応力照査を実施する。

#### 耐震設計（二次元有効応力解析）

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる二次元地震応答解析を行い、本震時の地中連続壁基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。地盤の液状化の影響を緻密に反映するため、有効応力の変化に伴う地盤挙動の変化を考慮することができる有効応力解析法を用いることとし、地震応答解析により算定される部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計する。



液状化強度特性については、平均 - 1 の値を用いることで保守性を考慮する。さらに、地質分布の不確かさに着目し、原地盤の液状化強度特性を適用した基準地震動  $S_s$  による解析結果のうち、最も厳しいケースにおいて、より一層保守的な検討を目的に、液状化検討対象層である全ての砂層・礫層に対して豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで、強制的に液状化させる条件を仮定した解析モデルについても検討する。

#### a. 解析モデルの作成

地質断面図を反映して解析モデルを作成する。鉛直方向は T.P. - 130m までをモデル化する。水平方向には構造物を中心に左右とも構造物幅の 5 倍程度以上の範囲をモデル化する。地中連続壁基礎は線形梁要素、地盤はマルチスプリング要素、上部工は堤軸方向を線形平面要素、堤軸直角方向を線形梁要素でモデル化し、地下水位以深については間隙水圧要素を配置する。

地中連続壁基礎は、縦梁（構造弾性梁）、横梁（仮想剛梁）で構成し、側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。

堤軸直角方向の地震応答解析モデルの例を第 1-5 図、堤軸方向の地震応答解析モデルの例を第 1-6 図に示す。





## b. 地震応答解析

二次元有効応力解析により構造物及び地盤の応答値を算定する。入力地震動は、東海第二発電所の解放基盤表面深度である T.P. - 370m から T.P. - 130m までをモデル化した剥ぎ取り地盤モデルを用いて、一次元波動論により T.P. - 130m 位置で評価した地震動（2E）を用いる。

## c. 照査

地震応答解析により算定された地中連続壁基礎の断面力を用いて、曲げモーメント・軸力に対する照査，せん断に対する照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。

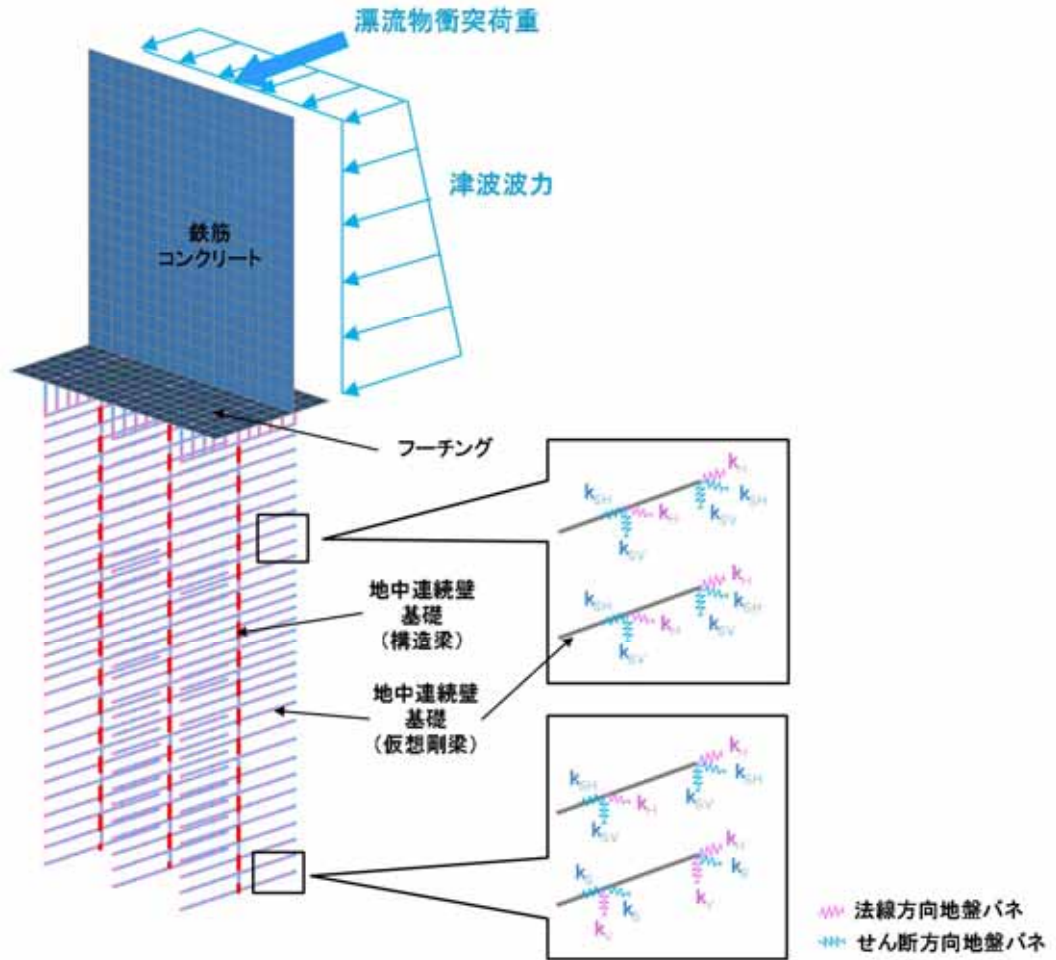
基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。

### 耐津波設計（三次元静的フレーム解析）

地中連続壁基礎を三次元梁要素とし，フーチング及び鉄筋コンクリートを三次元平面要素として地盤バネを接続したモデルで三次元静的フレーム解析を行う。死荷重及び積雪の長期荷重，津波による波力と漂流物衝突荷重，余震荷重等を外力として入力し，部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計する。解析モデル概念図を第 1-7 図に示す。

三次元的な荷重状態に対するフーチングの応力照査を実施する。

基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。



例：津波時

第 1-7 図 解析モデル概念図

地盤バネは「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に基づいて設定し，上限値を有するバイリニア型とする。津波時の地盤反力係数は静弾性係数より，余震 + 津波時の地盤反力係数は一次元地盤応答解析における収束剛性より算定する。余震 + 津波時の地盤バネの算定に用いる地盤の変形係数  $E_D$  は，以下の式により算出する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G'$$

$E_D$  : 地盤の変形係数 ( kN / m<sup>2</sup> )

$\nu_d$  : 動ポアソン比

$G'$  : 地盤の余震時の収束剛性 ( kN / m<sup>2</sup> )

地盤反力係数及び地盤バネの上限値を第 1-5 表に示す。

第 1-5 表 地盤反力係数及び地盤バネの上限値

荷重条件	地盤反力係数	上限値
津波時	静弾性係数より	残留強度 ( -1 低減値 )
余震 + 津波時	余震時の収束剛性より	残留強度 ( -1 低減値 )

余震時荷重としては、余震時の一次元地盤応答解析により算定される応答変位分布を強制変位としてバネ端に載荷するとともに、地表面最大加速度より算定する設計震度を慣性力として考慮する。

#### 4) 鉄筋コンクリートの設計方針

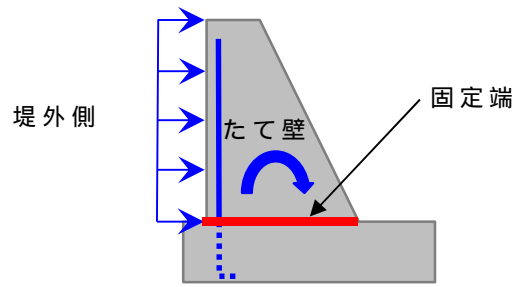
鉄筋コンクリートに要求される性能は、津波に対する止水性を確保することである。そのため、繰返し襲来する地震及び津波荷重が作用した場合に対して弾性状態に留まる設計とする。

鉄筋コンクリート防潮壁の上部工は、下部工の地中連続壁基礎にフーチングを介して連結され、11m～20m程度の延長を1ブロックとして構築する。

結合部の設計については「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に基づき行う。上部工である鉄筋コンクリートに配置される鉛直方向の主鉄筋をフーチングコンクリート内に、同示方書で規定される定着長以上埋め込むことで、鉄筋コンクリートとフーチングを結合させる。結合は剛結とする。

津波や漂流物の荷重は鉄筋コンクリートに直接的に作用し、下部工の地中連続壁基礎へ伝達される。なお、津波時における漂流物の衝突荷重は、入力津波高さに作用するものとして考慮する。ブロック間には止水ジョイントを設けて止水性を確保する。

鉄筋コンクリートは、堤軸直交方向が弱軸方向になることから、壁下端を固定端とする鉛直方向の片持ち梁として設計を行う。解析モデル概念図を第1-8図に示す。



第 1-8 図 鉄筋コンクリートの解析モデル概念図

## 5) 止水ジョイント部の設計方針

### 概要

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、その境界に止水性を確保するための止水ジョイント部を設ける。

止水ジョイント部は、地震時に構造物間の相対変位と、その後の津波や余震により構造物間の相対変位に対して止水性を確保するため、伸縮性を有するものとし、堤内側及び堤外側の両面に止水ゴム等を設置する。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堤内側及び堤外側の両面に止水ゴム等を設置する。

なお、堤外側の止水ジョイント部には、止水ゴム等における漂流物防止対策として、止水ゴム等の鋼製防護部材を設置する。

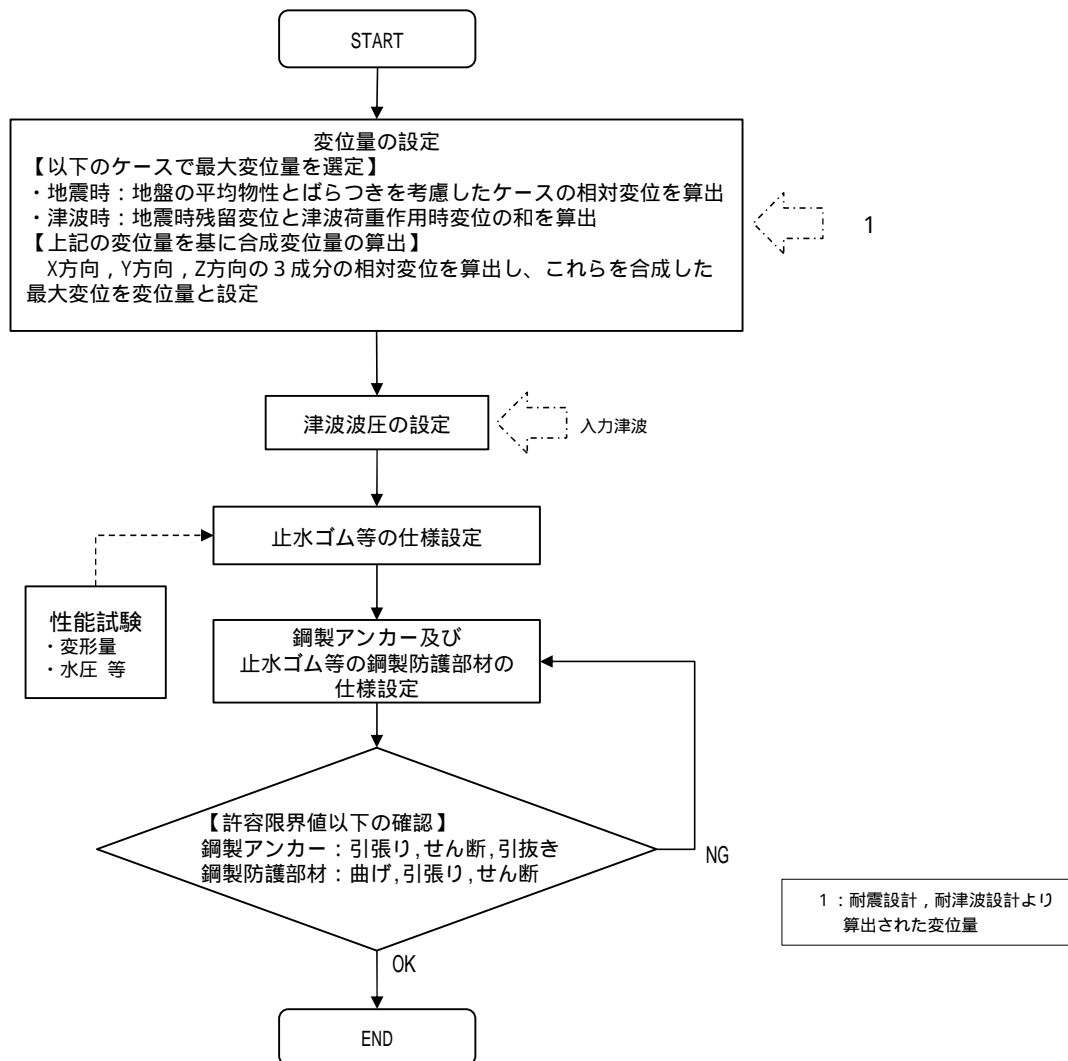
### 評価方針

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 $S_s$ を用いた二次元有効応力解析及び津波荷重を用いた三次元静的フレーム解析により算出された変位量及び入力津波を用い津波波圧式より算出した津波波圧に対し、止水ゴム等の止水性が維持できることを確認し、止水ゴム等の仕様を設定する。

止水ジョイント部の設計フローを第 1-9 図に示す。

止水ゴム等の仕様設定は，性能試験（漏水試験・変形試験）（試験については「鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の**構造成立性**について」を参照）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とともに，構造物間の相対変位に対し追従可能な材料を設定する。

なお，止水ゴム等の取り付け部の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とともに，止水ゴム等における漂流物防止対策として，止水ゴム等の鋼製防護部材を設置し発生する曲げ及びせん断応力等が短期許容応力度以下であることを確認する。



第 1-9 図 止水ジョイント部の設計フロー

## 2. 地中連続壁基礎に関する設計基準類

地中連続壁基礎に係る設計基準としては、道路橋示方書・同解説（公益社団法人 日本道路協会）、また施工の観点からの基準として地中連続壁基礎工法施工指針（案）（地中連続壁基礎協会）に代表される。

（1）道路橋示方書・同解説 下部構造編（公益社団法人日本道路協会：平成 24 年 3 月）

道路橋下部構造の技術基準として、各種基礎の設計手法等がとりまとめられており、橋梁下部構造以外の土木構造物の基礎においても、同基準を参考として計画・設計している。

（2）地中連続壁基礎工法施工指針（案）（地中連続壁基礎協会：平成 14 年 7 月）

道路橋示方書・同解説 下部構造編に基づいて設計された地中連続壁基礎の施工に適用される指針。地中連続壁基礎の品質を確保するための施工方法等が記載されており、これらを踏まえた設計とする必要がある。



鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の  
設計方針について

## 目次

- 1 . 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の要求機能と設計方針について
  - （ 1 ）鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に要求される機能
  - （ 2 ）鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）高さの設定方針
  - （ 3 ）設計方針
    - 1 ) 構造概要
    - 2 ) 設計手順
    - 3 ) 防潮壁・放水路・地中連続壁基礎の設計方針
    - 4 ) 止水ジョイント部の設計方針
  
- 2 . 地中連続壁基礎に関する設計基準類

## 1. 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の要求機能と設計方針について

### (1) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に要求される機能

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の平面位置図を第 1-1 図に，構造図を第 1-2 図に示す。なお，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）については，地中連続壁基礎を下部工とし，放水路及び防潮壁を上部工とする。

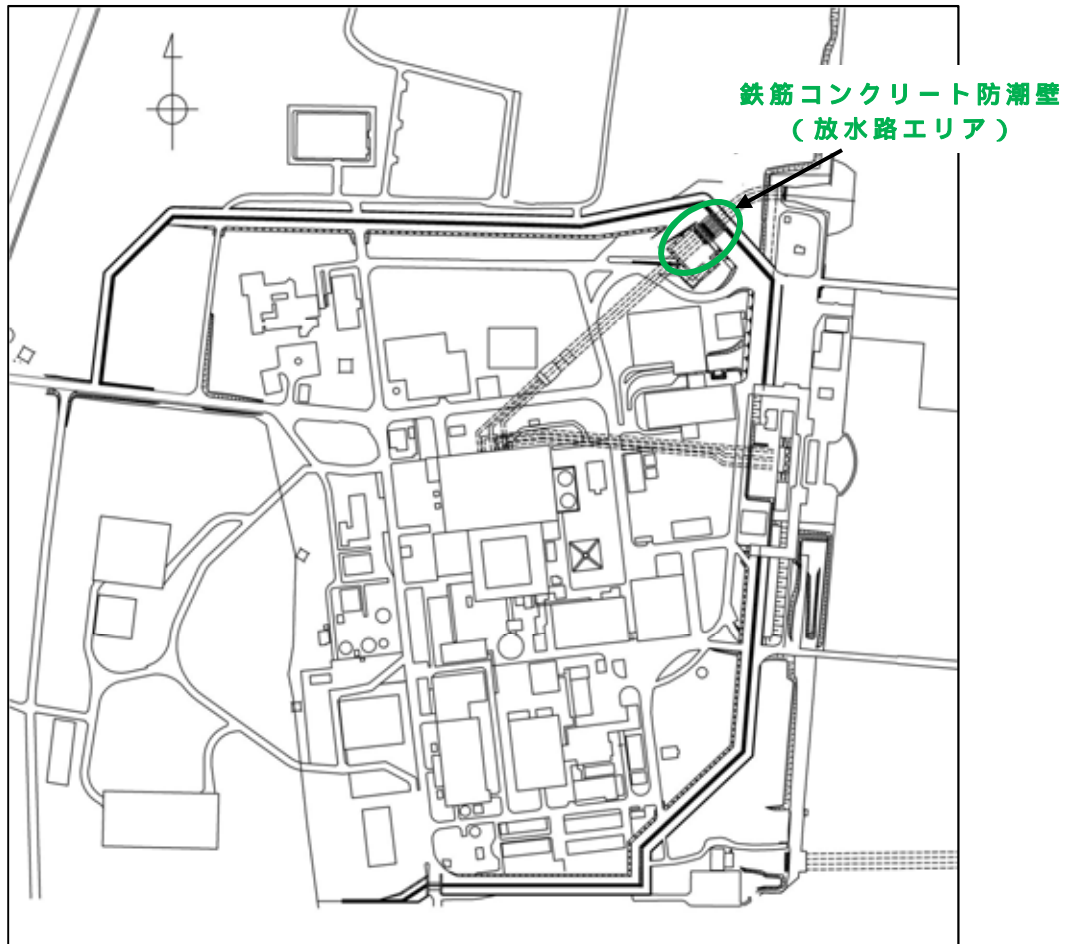
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する要求機能と設計評価方針について第 1-1 表に，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価対象部位を第 1-3 図に示す。

津波防護施設として防潮壁に求められる要求機能は，繰返しの襲来を想定した遡上波に対して浸水を防止すること，基準地震動  $S_s$  に対して要求される機能を損なう恐れがないよう，構造物全体としての変形能力に対し，十分な構造強度を有することである。

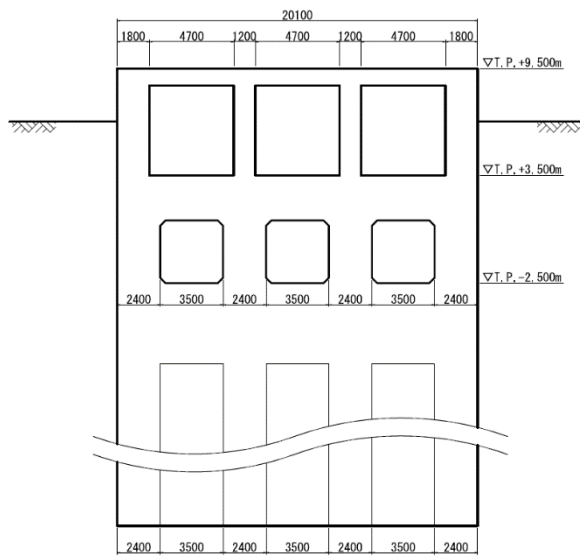
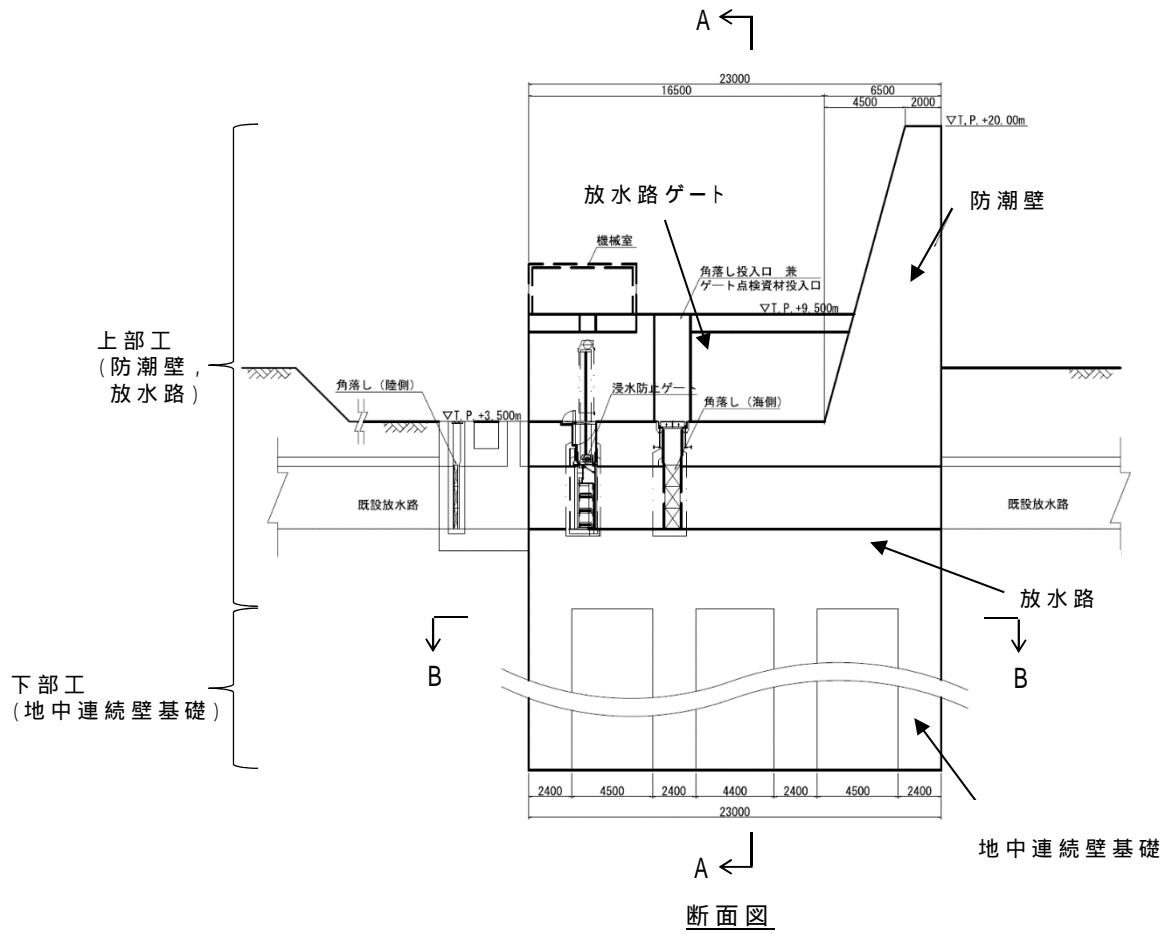
上記の機能を確保するための性能目標は，遡上津波に対して余裕を考慮した防潮壁高さを確保するとともに，構造物の境界部等の止水性を維持し，基準地震動  $S_s$  に対して止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。

また，既設の放水路については，基準地震動  $S_s$  を想定した設計がなされていないため，地震時に損壊し，襲来した津波が敷地内へ浸水することが懸念される。したがって，放水路エリアでは，既設の放水路を撤去した後，基準地震動  $S_s$  に対して構造成立性を確保できる放水路を新設し，防潮壁，放水路及び地中連続壁基礎との一体化を図る。

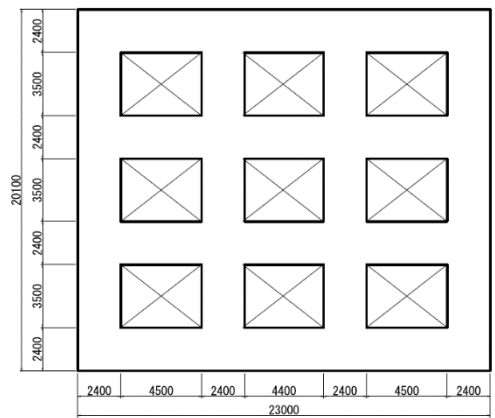
なお，放水路からの津波の浸水を防ぐために放水路ゲートを設置する。



第 1-1 図 平面位置図



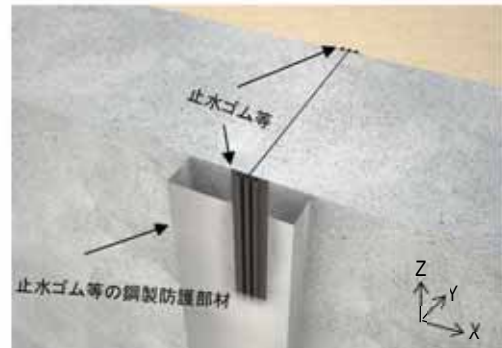
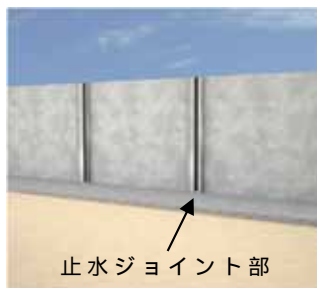
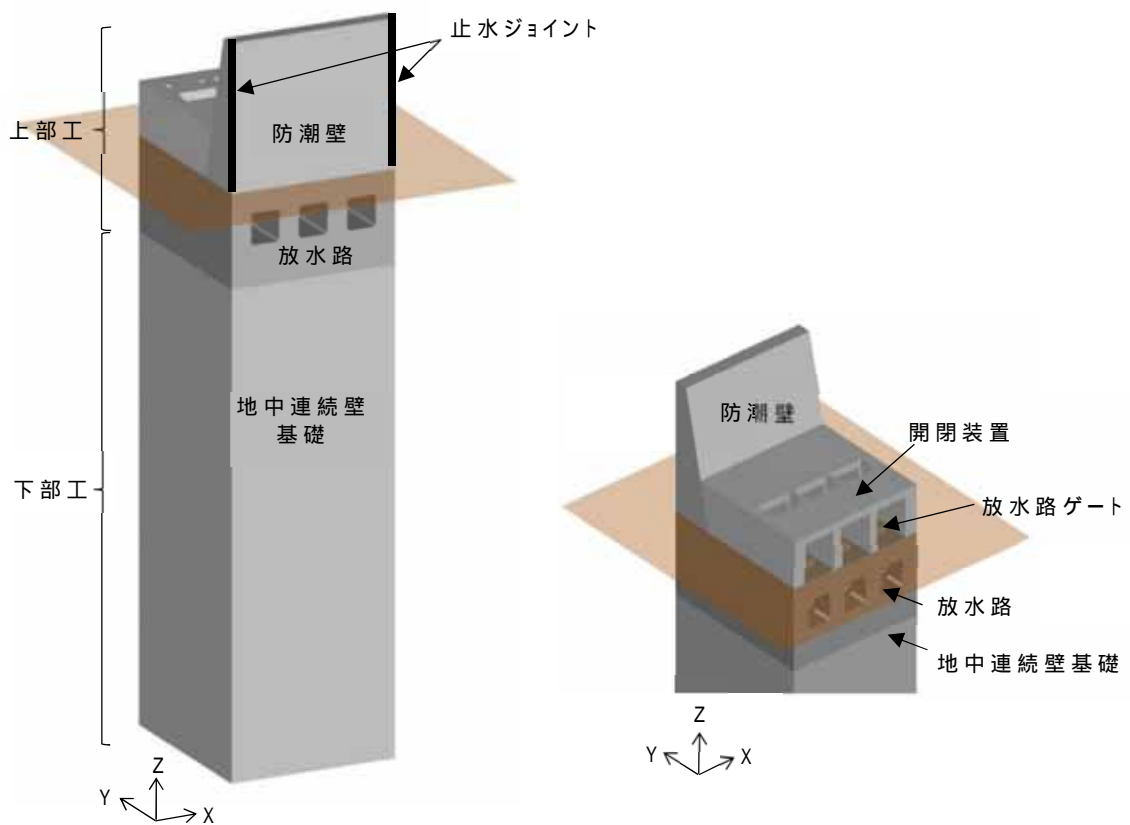
A-A



B-B

注) 仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

第 1-2 図 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) 構造図



評価対象部位		役割	
鉄筋コンクリート 防潮壁	下部工	基礎地盤	津波及び地震荷重に耐える構造躯体
		地中連続壁基礎	
	上部工	放水路	津波及び地震荷重に耐える構造躯体
		防潮壁	止水機能の保持
	止水ジョイント部	異種構造物間における止水機能の保持	

第 1-3 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価対象部位

赤字：荷重条件  
 緑字：要求機能  
 青字：対応方針

第 1-1 表 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する要求機能と設計評価方針

津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。「津波防護に関する施設の設計について」の要求機能、機能設計、構造強度設計を以下に示す。

施設名	要求機能		機能設計		構造強度設計				設計に用いる許容限界	
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計（評価方針）	評価対象部位	応力等の状態		損傷モード
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）	<p>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.1 津波防護施設の設計</p> <p>津波防護施設については、その構造に及び、波力による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>(1) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>(2) 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護能力を確保し、津波に見通しを得るため、以下に項目について、設計内容を以下に確認する。確認内容を以下に示す。</p> <p>荷重組合せ</p> <p>a) 余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震（余震）</p> <p>津波による荷重（波圧、衝撃力）の設定に關して、考慮する見（例えば、国交省の暫定指針等）及びそれらの適用性。</p> <p>b) 余震による荷重として、サイト特性（余震の震源、ハザード）が考慮され、合理的な程度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c) 地震により周辺地盤に液化が発生する場合、防潮堤の基礎が作用する側方流動力等の性能を考慮すること。</p> <p>許容限界</p> <p>a) 津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物の耐力（終局耐力）を有する十分な余裕を確保し、津波防護機能を保持すること。場合によっては、津波後の必要となる使用性能を確保すること。</p> <p>基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド</p> <p>6.3 津波防護施設、浸水防止設備等</p> <p>津波防護機能を有する施設及び浸水防止機能を有する設備を有する設備は、常時に作用している荷重及び地震による作用する荷重と組合せ、当該建物の構造耐力（終局耐力）を有するものと、その構造耐力を有するものとを、津波防護機能を有する設備（津波防護施設）に要求される機能（津波防護機能）を確保すること。</p>	<p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p>	<p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p>	<p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p>	<p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p>	<p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p> <p>鉄筋コンクリート防潮壁（放水路）は、津波による浸食及び津波洗掘に対する抵抗力を確保し、越流時の耐性を確保し、津波防護機能が十分に発揮できるように設計すること。</p>	<p>基礎地盤</p> <p>地中連続壁基礎</p> <p>放水路</p> <p>防潮壁</p> <p>止水ゴム等</p> <p>鋼製アンカー</p> <p>止水ゴム等の鋼製防護部材</p>	<p>支持力</p> <p>曲げせん断</p> <p>曲げせん断</p> <p>曲げせん断</p> <p>曲げせん断</p> <p>変形引張り</p> <p>引張りせん断引抜き</p> <p>曲げ引張りせん断</p>	<p>支持機能を喪失する状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>有意な漏えい、引張り</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p>	<p>「道路橋示方書・同解説（1 共通編・下部構造編）」に基づき、<b>極限支持力以下</b>とする。</p> <p>「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき、<b>短期許容応力度以下</b>とする。</p> <p>「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき、<b>短期許容応力度以下</b>とする。</p> <p>「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき、<b>短期許容応力度以下</b>とする。</p> <p>メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び引張り力以下とする。</p> <p>「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、<b>短期許容応力度以下</b>とする。</p> <p>「鋼構造設計基準」に基づき、<b>短期許容応力度以下</b>とする。</p>

( 2 ) 鉄筋コンクリート防潮壁 ( 放水路エリア ) 高さの設定方針

敷地前面東側に位置する鉄筋コンクリート防潮壁 ( 放水路エリア ) は、遡上津波に対して余裕を考慮した防潮壁高さを設定している。入力津波高さと防潮堤高さの関係を第 1-2 表に示す。

第 1-2 表 入力津波高さと防潮堤高さの関係

	敷地側面 北側	敷地前面 東側	敷地側面 南側
入力津波高さ ( 潮位のばらつき等考慮 )	T.P.+15.4m	T.P.+17.9m	T.P.+16.8m
防潮堤高さ	T.P.+18.0m	T.P.+20.0m	T.P.+18.0m
設計裕度	2.6m	2.1m	1.2m



### ( 3 ) 設計方針

#### 1 ) 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）では，地震荷重，津波荷重及び漂流物衝突荷重等に対して構造成立性を確保する鉄筋コンクリートの防潮壁を構築し，敷地内への津波の浸水を防止する。防潮壁直下に構築する放水路は，地震荷重や放水路を逆流する津波荷重に耐えるカルバート構造とし，敷地内への浸水をゲートにより防止する。地中連続壁基礎は，岩盤に壁厚以上根入れし，防潮壁及び放水路に作用する地震荷重や津波荷重等に耐える構造とする。なお，地震荷重や津波荷重等に耐える構造とした防潮壁，放水路及び地中連続壁基礎は，全て鉄筋コンクリートで一体化した構造とする。防潮壁には，隣接する鋼管杭で支持された鉄筋コンクリート壁との境界部に伸縮性を有する止水ジョイント部を設置する。

防潮壁の形状は，上部厚さを約 2m，下部厚さを約 6.5m としており，**構造物全体の平面寸法は**横断方向約 20m × 縦断方向に約 23m とする。また，地中連続壁基礎は，壁厚約 2.4m となる鉄筋コンクリートで隔壁及び側壁を構築し，T.P. 約 - 60m に分布する岩盤に支持させる。

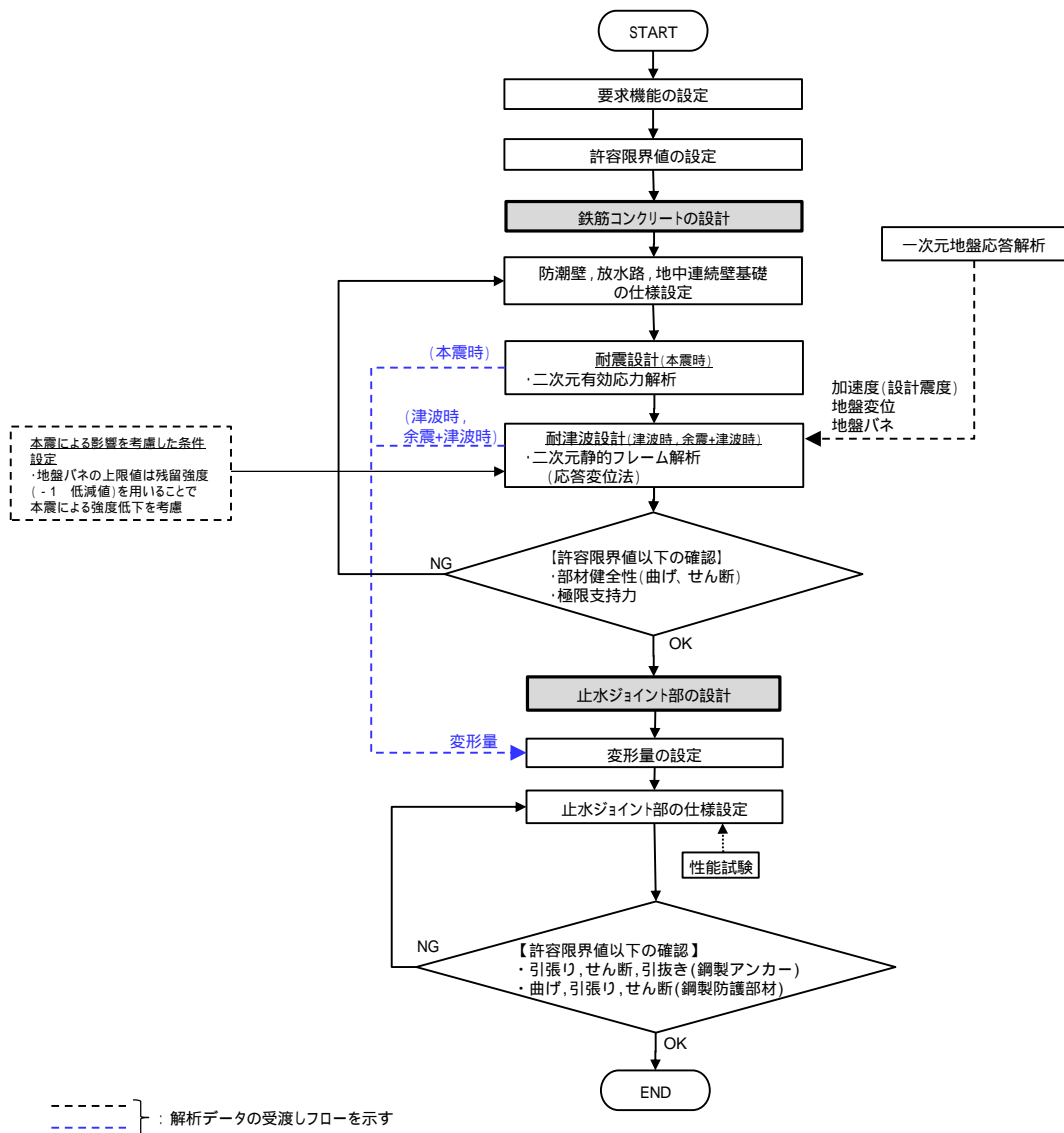
## 2) 設計手順

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震・耐津波評価は、津波防護施設であること、Sクラスの設計基準対象施設であることを踏まえ、第 1-3 表に示す鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価項目に従い、各構造部材の構造健全性評価を行う。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の構造健全性及び支持性能評価の検討フローを第 1-4 図に示す。

第 1-3 表 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価項目

構造強度設計		設計に用いる許容限界		
評価対象部位		応力等の状態		
下部工	基礎地盤	支持力	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」に基づく極限支持力以下とする。	
	地中連続壁基礎	曲げせん断	「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づく短期許容応力度以下とする。	
上部工	放水路	曲げせん断	「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づく短期許容応力度以下とする。	
	防潮壁	曲げせん断	「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づく短期許容応力度以下とする。	
	止水ジョイント部	止水ゴム等	変形引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
		鋼製アンカー	引張りせん断引抜き	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく短期許容応力度以下とする。
		止水ゴム等の鋼製防護部材	曲げ引張りせん断	「鋼構造設計基準」に基づく短期許容応力度以下とする。



第 1-4 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の  
構造健全性及び支持性能評価の検討フロー

### 3) 防潮壁・放水路・地中連続壁基礎の設計方針

防潮壁は、津波に対する止水性を確保する必要がある。また、放水路及び地中連続壁基礎は、地震及び津波の荷重に対する基礎として防潮壁からの荷重を支持する必要がある。そのため、各部位は鉄筋コンクリートで一体化した構造とし、繰返し襲来する地震及び津波荷重が作用した場合に対して弾性状態に留まる設計とする。また、設計荷重によって基礎に発生する押込力が、基礎を支持する基礎地盤の極限支持力以内にとどまる設計とする。

地中連続壁基礎から立ち上がる鉛直方向の主鉄筋を放水路の底板コンクリート内に、道路橋示方書で規定される定着長以上埋め込むことで、地中連続壁基礎と放水路を一体化させる。

本震時では液状化を精緻に評価するために二次元有効応力解析、津波時及び津波＋余震時では二次元静的フレーム解析を実施し、躯体に発生する断面力を用いた応力度照査を実施するとともに、基礎の地盤反力を用いた支持力照査を実施する。

## 耐震設計（二次元有効応力解析）

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる二次元地震応答解析を行い、本震時の部材健全性及び基礎地盤健全性を確認する。地震応答解析については、地盤の有効応力の変化の影響を反映した地震時地盤挙動を求めることができる有効応力解析法を用いることとし、液状化の影響を保守的に評価するため、地下水位を地表面に設定した検討を実施する。解析により得られる部材の発生断面力に基づく鉄筋コンクリートの各照査対象応力が短期許容応力度以下及び基礎地盤の地盤反力が極限支持力以下となるよう設計する。

液状化強度特性については、平均 - 1 の値を用いることで保守性を考慮する。さらに、地質分布の不確かさに着目し、原地盤の液状化強度特性を適用した基準地震動  $S_s$  による解析の結果のうち、最も厳しいケースにおいて、より一層保守的な検討を目的に、液状化検討対象層である全ての砂層・礫層に対して豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで、強制的に液状化させる条件を仮定した解析モデルについても検討する。

### a. 解析モデルの作成

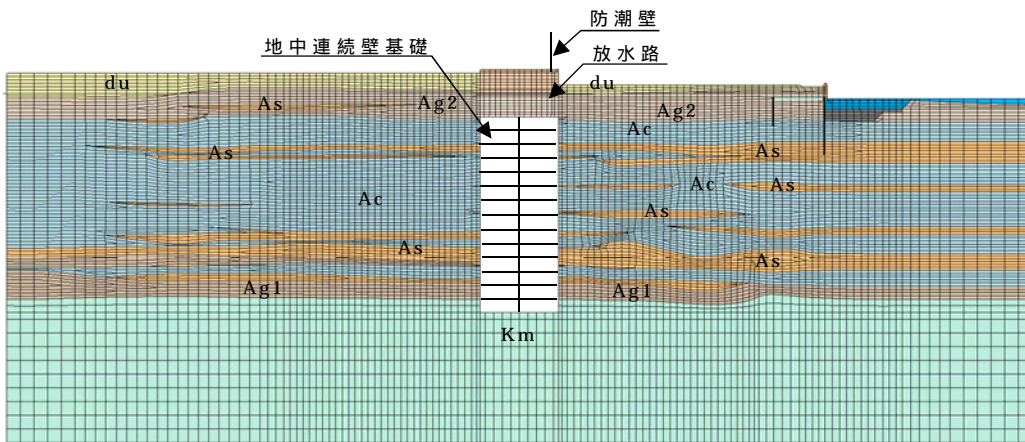
地質断面図を反映して解析モデルを作成する。鉛直方向は新第三系地盤である久米層が T.P. - 60m 近傍で出現するため、T.P. - 100m までモデル化する。水平方向は地中連続壁基礎を中心に左右 150m までモデル化する。地震応答解析は防潮壁軸方向及び軸直交方向に対して実施し、躯体は線形梁要素または線形平面要素でモデル化する。地盤はマルチスプリング要素でモ

デル化した非線形要素とし、地下水位以深には間隙水要素を配置する。

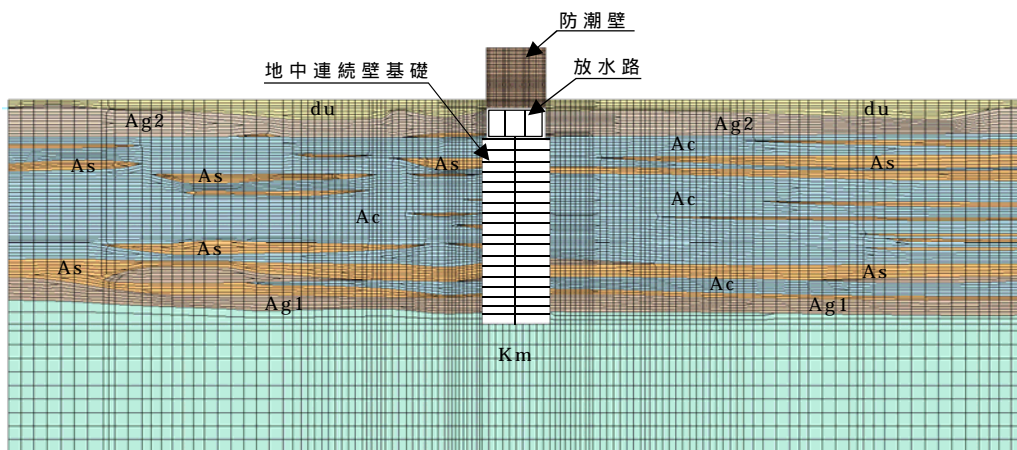
地中連続壁基礎は、基礎の断面二次モーメント等を考慮するための縦梁（構造弾性梁）、コンクリートの平面保持を考慮するための横梁（仮想剛梁）でモデル化する。また、構造物と周辺地盤の境界部における滑動及び剥離を考慮するため、構造物周面にジョイント要素を配置する。

堤軸直交方向及び堤軸方向の地震応答解析モデル概念図を第1-5図に示す。

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考		
第三紀 新第三紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全域に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全域に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
	更新世	低位段丘堆積層	段丘堆積層?	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2a-3	砂	
				D2a-3	砂礫	
				D2a-2	シルト	
				D2a-2	砂礫	
				In	ローム	
中位段丘堆積層	段丘堆積層1	D1c-1	シルト	敷地の南西部に分布し、いわゆる懸崖段丘崖を構成する。		
		D1a-1	砂礫			
		Km	砂質泥岩		敷地の基盤岩である。	



堤軸直交方向モデル概念図



堤軸方向モデル概念図

第 1-5 図 地震応答解析モデル概念図



## b. 地震応答解析

二次元有効応力解析により，躯体及び周辺地盤の応答値を算定する。入力地震動は，一次元波動論により，東海第二発電所の解放基盤表面深度である T.P. - 370m から T.P. - 100m までをモデル化した剥ぎ取り地盤モデルを用いて，一次元波動論により T.P. - 100m 位置で評価した地震動（2E）を用いる。

## c. 照査

### (a) 鉄筋コンクリートに対する照査

地震応答解析により算定された防潮壁，放水路及び地中連続壁基礎の発生断面力を用いて，曲げモーメント・軸力に対する照査，及びせん断に対する照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。

### (b) 基礎地盤に対する照査

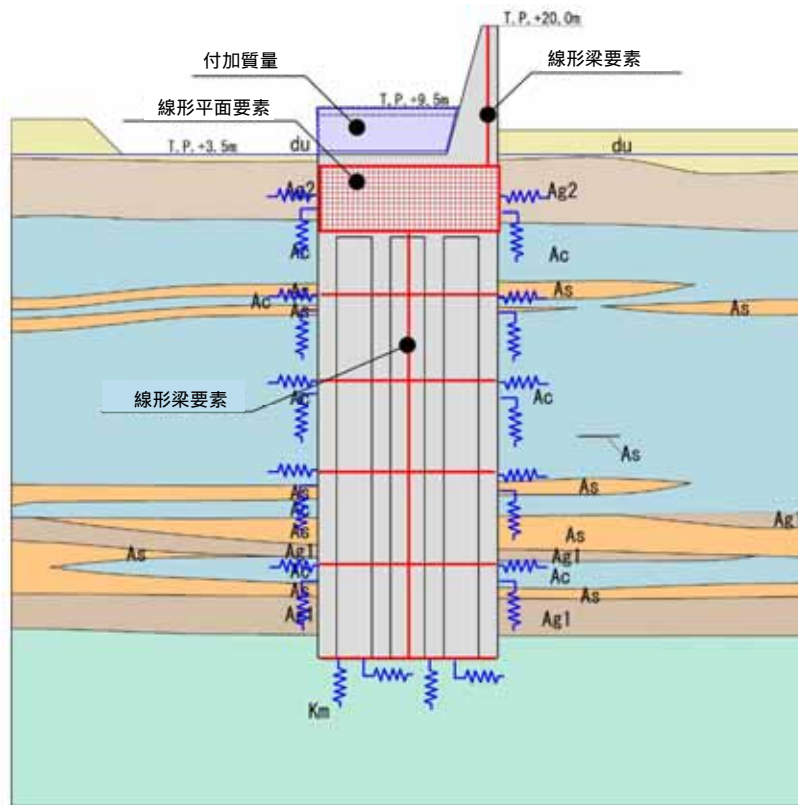
地震応答解析により算定された基礎に作用する地盤反力を用いて支持力に対する照査を行い，極限支持力以下であることを確認する。

## 耐津波設計（二次元静的フレーム解析）

防潮壁，地中連続壁基礎及び放水路（頂版・底版）を線形梁要素，放水路（中壁・側壁）を線形平面要素でモデル化する。

地中連続壁基礎は，基礎の断面二次モーメント等を考慮するための縦梁（構造弾性梁），コンクリートの平面保持を考慮するための横梁（仮想剛梁）でモデル化し，地盤バネを接続した二次元静的フレーム解析を実施する。なお，防潮壁背面の放水路ゲートについては，津波波力等の作用荷重に対して防潮壁を支持する構造部材として評価せず，重量のみを付加質量として考慮することで，防潮壁の構造成立性に対し，放水路頂版を固定端とする片持ち梁とした保守的な評価を行う。

死荷重及び積雪の長期荷重に加え，津波時では津波による波力を作用させるとともに，漂流物衝突荷重を入力津波高さに作用させる。また，津波＋余震時では余震荷重等を設計荷重として考慮し，部材の発生断面力が短期許容応力度以下及び基礎地盤の地盤反力が極限支持力以下となるよう設計する。解析モデル概念図を第 1-6 図に示す。



第 1-6 図 解析モデル概念図

地盤バネは、「道路橋示方書・同解説 下部構造編（日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，上限値を有するバイリニア型とする。津波時の地盤反力係数は静弾性係数より，津波 + 余震時の地盤反力係数は別途実施する一次元地盤応答解析より算定した収束せん断弾性係数より設定する。なお，津波 + 余震時における地盤バネの設定に用いる地盤の変形係数は，以下の式により算出する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G'$$

$E_D$ ：地盤の変形係数（ $\text{kN} / \text{m}^2$ ）

$\nu_d$ ：動ポアソン比

$G'$ ：地盤の余震時の収束剛性（ $\text{kN} / \text{m}^2$ ）

バイリニア型としてモデル化した地盤バネの上限値は，津波来襲前に発生する基準地震動  $S_s$ ，津波と同時に発生する余震（ $S_d - D1$ ）による影響を保守的に評価するため，-1 のばらつきを考慮した残留強度の強度定数に基づき設定する。

余震時荷重としては，余震に対する一次元地盤応答解析より算定される地盤変位を応答変位法で考慮するとともに，地表面最大加速度より設定される設計震度を慣性力として考慮する。

耐津波設計における地盤反力係数及び地盤バネを第 1-4 表に示す。

第 1-4 表 地盤反力係数及び地盤バネの上限値

荷重条件	地盤反力係数	上限値
津波時	静弾性係数より	残留強度 (-1 低減値)
津波 + 余震時	余震時の収束剛性より	残留強度 (-1 低減値)

#### 4) 止水ジョイントの設計方針

##### 概要

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）と鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁との異種構造物間の境界に止水ジョイントを設置する。

止水ジョイント部は，地震時に構造物間の相対変位と，その後の津波や余震により構造物間の相対変位に対して止水性を確保するため，伸縮性を有するものとし，堤内側及び堤外側の両面に止水ゴム等を設置する。

また，堤外側の止水ジョイント部には，止水ゴム等における漂流物防止対策として，止水ゴム等の鋼製防護部材を設置する。

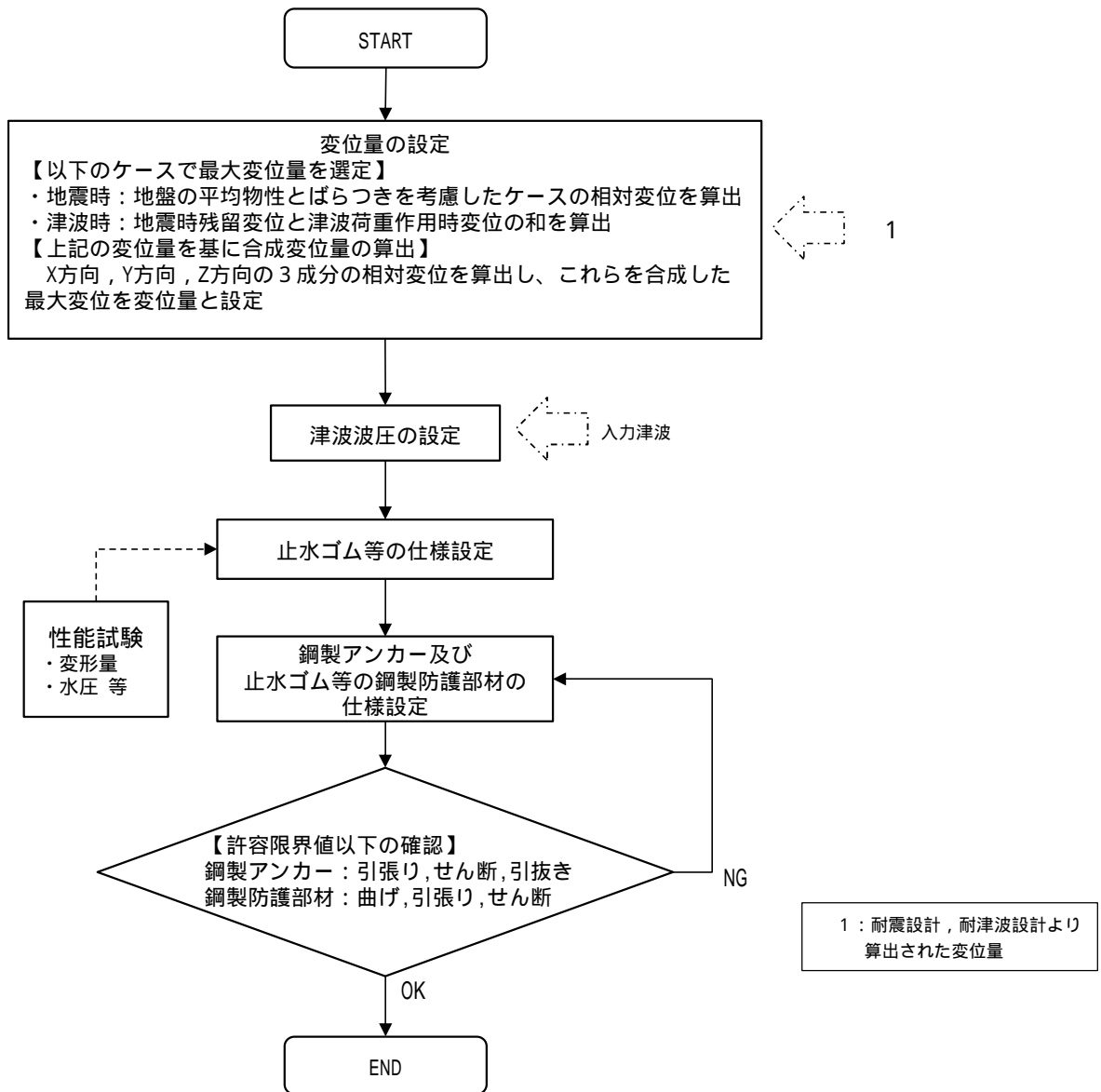
##### 評価方針

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  $S_s$  を用いた二次元有効応力解析及び津波荷重を用いた二次元静的フレーム解析により算出された変位量及び入力津波を用い津波波圧式より算出した津波波圧に対し，止水ゴム等の止水性が維持できることを確認し，止水ゴム等の仕様を設定する。

止水ジョイント部の設計フローを第 1-7 図に示す。

止水ゴム等の仕様設定は，性能試験（漏水試験・変形試験）（試験については「鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性について」を参照）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とともに，構造物間の相対変位に対し追従可能な材料を設定する。

また，止水ゴム等の取り付け部の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とともに，止水ゴム等における漂流物防止対策として，止水ゴム等の鋼製防護部材を設置し発生する曲げ及びせん断応力等が短期許容応力度以下であることを確認する。



第 1-7 図 止水ジョイント部の設計フロー

## 2 . 地中連続壁基礎に関する設計基準類

地中連続壁基礎に係る設計基準としては、「道路橋示方書・同解説」(公益社団法人 日本道路協会), また施工の観点からの基準として「地中連続壁基礎工法施工指針(案)」(地中連続壁基礎協会)に代表される。

( 1 ) 道路橋示方書・同解説 下部構造編(公益社団法人日本道路協会:平成 24 年 3 月)

道路橋下部構造の技術基準として, 各種基礎の設計手法等がとりまとめられており, 橋梁下部構造以外の土木構造物の基礎においても, 同基準を参考として計画・設計している。

( 2 ) 地中連続壁基礎工法施工指針(案)(地中連続壁基礎協会:平成 14 年 7 月)

道路橋示方書・同解説 下部構造編に基づいて設計された地中連続壁基礎の施工に適用される指針である。地中連続壁基礎の品質を確保するための施工方法等が記載されており, これらを踏まえた設計とする。



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について

## 目次

- 1 . 防潮堤の要求機能と性能目標について
  - ( 1 ) 防潮堤に要求される機能
  - ( 2 ) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁高さの設定方針
  - ( 3 ) 設計方針
    - 1 ) 構造概要
    - 2 ) 上部工の構造概要
    - 3 ) 設計手順
    - 4 ) 設計荷重
    - 5 ) 鋼管杭及び鋼管杭基礎の設計方針
    - 6 ) 上部工の設計方針
    - 7 ) 止水ジョイント部の設計方針
    - 8 ) 防潮壁間の相互の支圧力に関する設計方針
    - 9 ) 地盤高さの嵩上げ（改良体）の設計方針
    - 1 0 ) 表層地盤改良及びシートパイル等の設定方針
    - 1 1 ) 防潮壁の地山寄り付き部における設定方針
    - 1 2 ) 防潮壁底部の地盤根入れ長の設定方針
    - 1 3 ) 構内排水路と防潮壁の交差部の設計方針
    - 1 4 ) 海水引込み管と防潮壁の交差部の設定方針
    - 1 5 ) 東海発電所の取・放水路と防潮壁の交差部の設定方針
    - 1 6 ) 構造物評価における地下水位の設定方針
- 2 . 施工実績（本設杭構造）

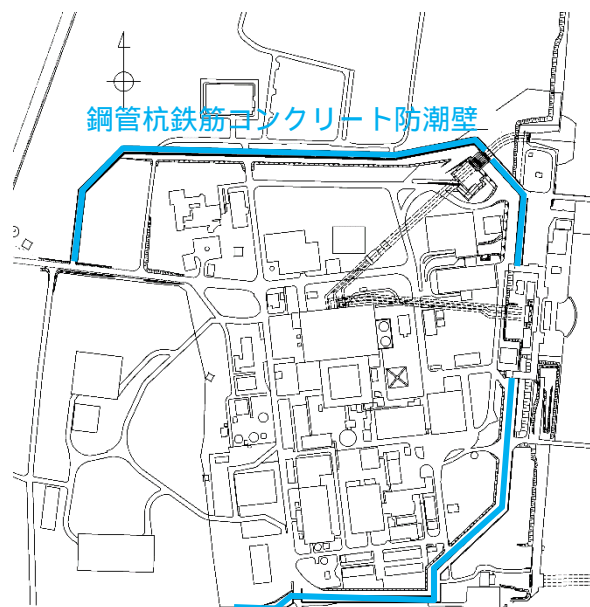
## 1. 防潮堤の要求機能と性能目標について

### (1) 防潮堤に要求される機能

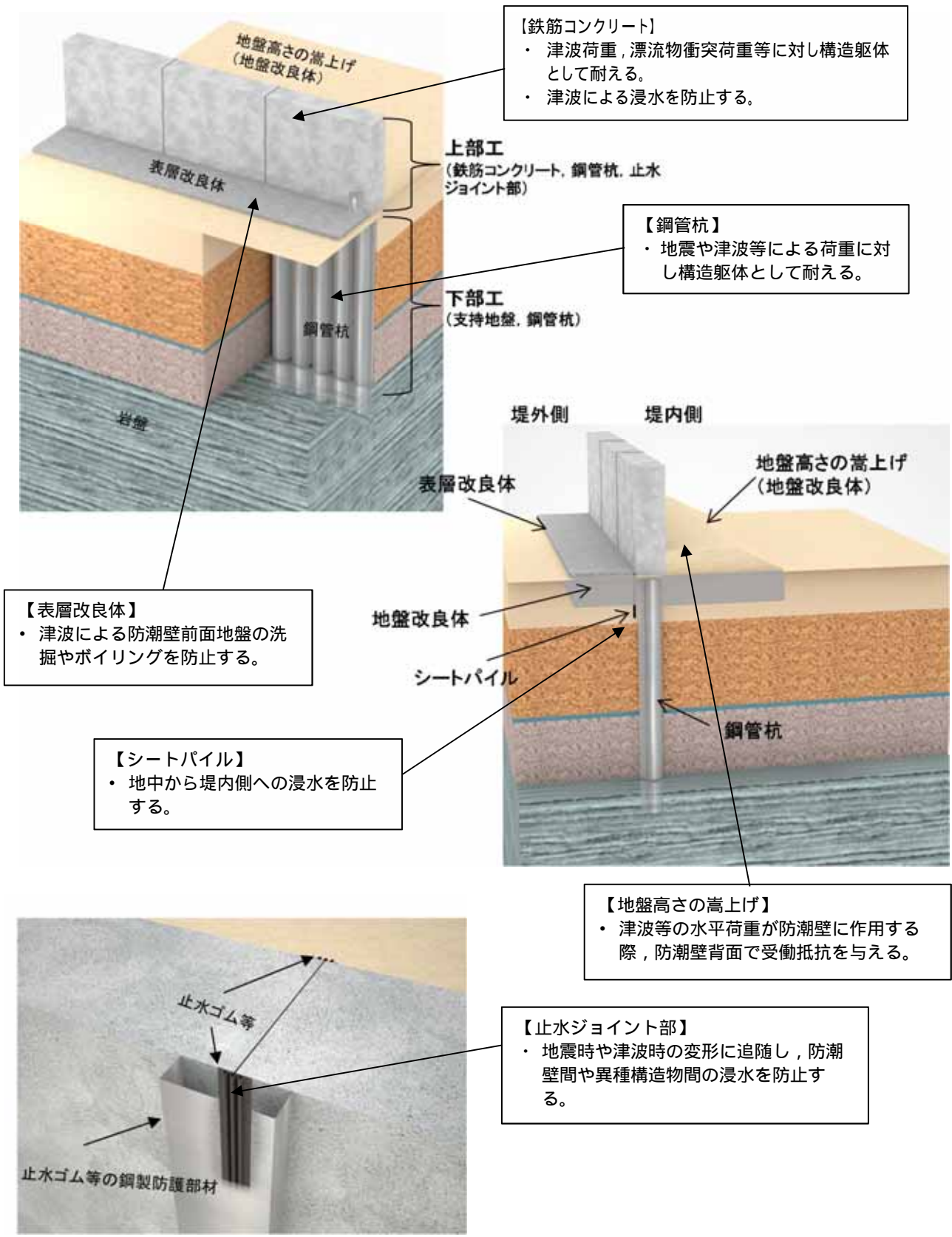
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面位置図を第1図に、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計評価方針について第1表に、評価対象部位を第2図に示す。

津波防護施設として防潮堤に求められる要求機能は、繰返しの襲来を想定した遡上波に対して浸水を防止すること、基準地震動 $S_s$ に対して要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての変形能力に対し十分な構造強度を有することである。

上記の機能を確保するための性能目標は、遡上津波に対して余裕を考慮した防潮堤高さを確保するとともに構造体の境界部等の止水性を維持し、基準地震動 $S_s$ に対して止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。



第1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁位置図



第2図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位

赤字：荷重条件  
 緑字：要求機能  
 青字：対応方針

第1表 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する要求機能と設計評価方針

津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがある場合には、津波防護に関する施設の設計について、の要求機能、構造設計、構造設計を以下に示す。

施設名	要求機能		機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界				
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード					
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	<p>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.1 津波防護施設設計</p> <p>津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐力にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。</p> <p>(1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に示す。</p> <p>荷重組合せ</p> <p>a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震(余震)</p> <p>荷重の設定</p> <p>a)津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。</p> <p>b)余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c)地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。</p> <p>許容限界</p> <p>a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。)</p>	<p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの変来を想定した津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。</p> <p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動<math>S_s</math>に対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。</p>	<p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの変来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ(浸水高さT.P.+15.4m~T.P.+17.9mに余裕を考慮した天端高さT.P.+18.0m~T.P.+20.0m)の設定により、敷地を取り囲むように設置する設計とする。</p> <p>防潮堤の上部工は、原則として5本の上部構造の天端から連続する鋼製の杭を鉄筋コンクリートで一体化させた壁を構築し、止水性を保持する設計とする。</p> <p>防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部構造を上部構造の天端から連続する鋼製の杭で、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。</p> <p>上部構造の内側の地盤高さを嵩上げすることにより止水性を保持する設計とする。</p> <p>上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、試験等により地震時の变形に追随し止水性を確認した止水ゴム等を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p> <p>津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有する表層改良により、止水性を保持する設計とする。</p>	<p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動<math>S_s</math>に対し、鋼製や鉄筋コンクリート製の耐力のある部材を使用することで止水性能を保持する設計とする。</p> <p>上部構造は、杭を梁で連結させる構造とすることで変位を抑制し、鉄筋コンクリートによる止水性を保持する設計とする。</p> <p>上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、試験等により地震時の变形に追随し止水性を確認した止水ゴム等を設置することによる止水処置を講じる設計とする。</p> <p>上部構造の内側の地盤高さを嵩上げが地震時に滑動・内部すべりを起こさない幅や強度を確保することで、津波時における止水性を保持する設計とする。</p> <p>表層改良は、セメント系の改良体とすることで、地震時に損壊しない設計とする。</p> <p>シートパイルは、鋼材を連結し連続する構造とし、ボイリングによる地中からの止水性を保持する設計とする。</p>	<p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、地震後の繰返しの変来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の杭、鉄筋コンクリート製の上部構造、地盤高さを嵩上げ、セメント系の表層改良体で構成し、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とともに、主要な構造体の境界部や防潮壁前面の地盤には、止水ゴム等や表層改良体を設置し、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p>・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、基準地震動<math>S_s</math>による地震時荷重に対し、鋼製の杭、鉄筋コンクリート製の上部構造、地盤高さを嵩上げ、セメント系の表層改良体で構成し、津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするとともに、主要な構造体の境界部や防潮壁前面の地盤には、止水ゴム等や表層改良体を設置し、有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p>	<p>下部工</p>	基礎地盤	押込力、引抜力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」を踏まえ、極限支持力以下とする。				
							鋼管杭	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。				
							鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート梁壁)	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・耐震設計編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。(コンクリート標準示方書【構造性能照査編】でも確認。)				
											鋼管杭(鋼管杭鉄筋コンクリート)	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」及び「鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
											止水ゴム等	変形、引張り	有意な漏えいに至る変形、引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
							止水ジョイント部	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。				
	鋼製アンカー	曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」を踏まえた短期許容応力度以下とする。										
	止水ゴム等の鋼製防護部材	せん断	地盤高さを嵩上げ部(改良体)	地盤高さを嵩上げ部の底面が滑動に至る状態、上部構造背面の地盤がすべりに至る状態	「道路橋示方書・同解説(1 共通編・下部構造編)」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、受動せん断方向等のせん断耐力以内とする。									
	表層改良体	せん断	表層改良体がせん断破壊に至る状態	安全裕度を考慮したせん断強度以下とする。										
	シートパイル	せん断	部材がせん断破壊に至る状態	安全裕度を考慮したせん断強度以下とする。										



## ( 2 ) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁高さの設定方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，津波遡上高さに対して余裕をもった防潮壁高さを設定している。入力津波高さと防潮壁高さの関係を第 2 表に示す。

第 2 表 入力津波高さと防潮壁高さの関係

	敷地側面 北側	敷地前面 東側	敷地側面 南西側
入力津波高さ (潮位のばらつき等考慮)	T.P. + 15.4m	T.P. + 17.9m	T.P. + 16.8m
防潮堤高さ	T.P. + 18.0m	T.P. + 20.0m	T.P. + 18.0m
設計裕度	2.6m	2.1m	1.2m

## ( 3 ) 設計方針

### 1 ) 構造概要

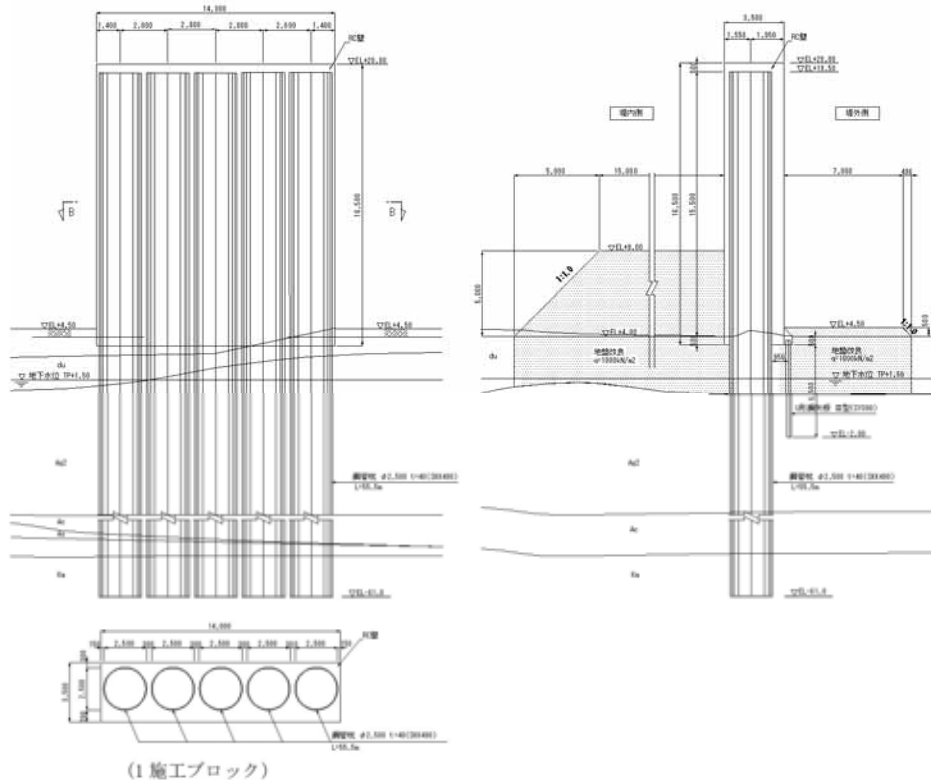
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，鋼管杭を地盤に対して一列に打設し，上部工は鋼管杭と鉄筋コンクリートを連結させ設置する。

上部工は，下部工の鋼管杭から上部工に連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材と，堤外側に設置する鉄筋を密に配置した鉄筋コンクリート梁壁部材で構成される。これら部材を鉄筋で強固に一体化した鋼管杭 5 本を 1 ブロックとした壁体を連続して設置する。このブロック間の境界には，止水性を確保するための止水ゴム等を設置する。

また，防潮壁の堤内側には，津波による波力低減を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げを行うとともに，洗掘防止対策やボーリング対策として，堤内・外の表層部の地盤改良を実施する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要を第 3 図に、構成部材とその役割を第 3 表に示す。

なお、現在設定している材料の仕様については第 4 表のとおりであるが、今後の詳細設計で仕様変更が想定される。



注)仕様については今後の検討で多少変更が想定される

第 3 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図

(正面図及び断面図)

第 3 表 構成部材と役割

構造部位		部位の役割
上部工	鉄筋コンクリート	外部からの地震・津波荷重，漂流物衝突荷重等を鋼管杭に確実に伝達し，防潮壁としての機能を維持する。
	止水ジョイント部	上部工の施工ブロック間に生じる変位に追随し，津波荷重に対して十分な耐性を持ち，防潮壁としての機能を維持する。
上部工 下部工	鋼管杭	鉄筋コンクリートから伝達される荷重を支持地盤に確実に伝達し，防潮壁としての機能を維持する。
地盤高さの嵩上げ (改良体)		上部工から伝達される荷重に抵抗し，防潮壁の変位を抑制する。
表層改良体		防潮壁堤外側においては，津波荷重に対して十分な耐性を持ち洗掘防止としての機能を維持する。防潮壁堤内側においては，地震時における地盤高さの嵩上げ部の沈下を抑制し，防潮壁としての機能を維持する。
シートパイル		津波時における堤外側の水位上昇を想定したボーリング対策とし，地中部から堤内側への浸水を防止する。

第 4 表 材料仕様

	材 料	仕 様
1	鋼管杭	敷地前面東側： 2,500mm，t=35mm(SM570) 敷地側面北・南側： 2,000mm，t=35mm(SM570)
2	コンクリート	$f_{ck}=40\text{N/mm}^2$
3	鉄 筋	SD490
4	頭付きスタッド	$f_y=235\text{N/mm}^2$ (JIS B 1198)
5	ゴムジョイント	クロロピレンゴム
6	シートジョイント	塩化ビニルシート，合成繊維織布(ポリエステル)
7	アンカーボルト	SS400，SUS304
8	止水ゴム等の鋼製防護部材	SS400
9	シートパイル(鋼矢板)	SY295
10	表層改良体，地盤高さの嵩上げ(改良体)	セメント改良 $q_u=1\text{N/mm}^2$ 浸透固化改良(原地盤密度と同じ)



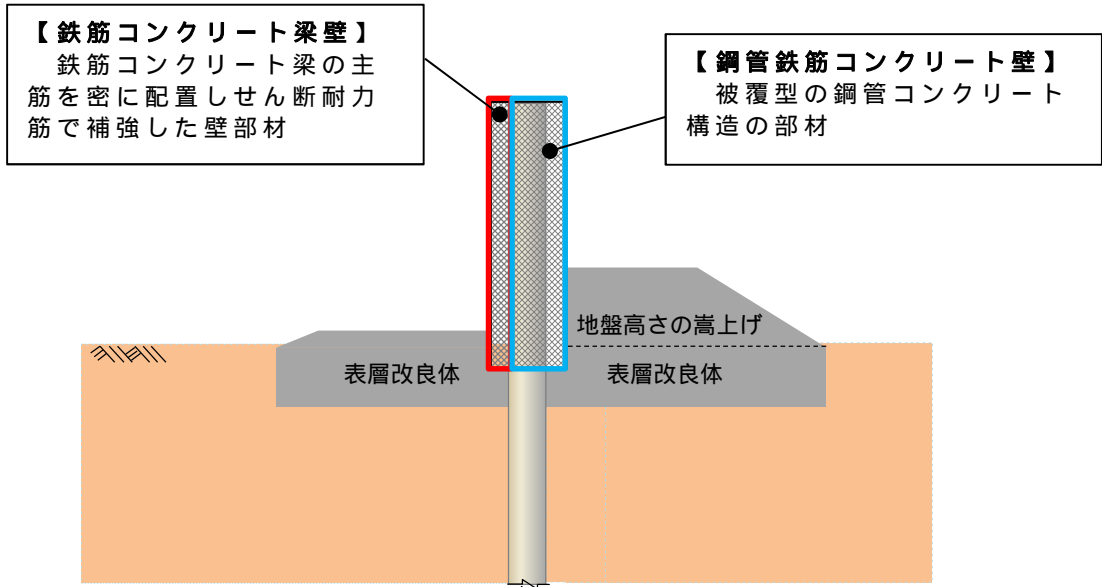
## 2) 上部工の構造概要

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工は、下部工の鋼管杭から上部工に連続する鋼管を被覆した被覆型の鋼管コンクリート構造の柱部材（以下、鋼管鉄筋コンクリート壁という）およびその構造の堤外側に設置した鉄筋コンクリート梁の主筋を密に配置しせん断耐力筋で補強した壁部材（以下、鉄筋コンクリート梁壁という）から構成される。鋼管鉄筋コンクリート壁及び鉄筋コンクリート梁壁の範囲を第4図に示す。

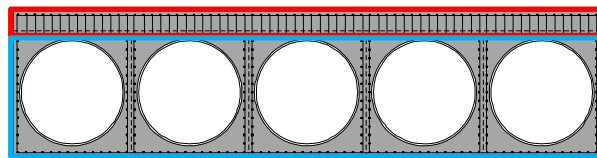
鋼管鉄筋コンクリート壁と鉄筋コンクリート梁壁は、鉄筋を全部材の外周にも配置することで一体として束ねられ、鋼管鉄筋コンクリート壁5本毎を1ブロックとして構成する。

津波や漂流物に対しては、堤外側の鉄筋コンクリート梁壁に津波や漂流物の荷重が伝わり、鉄筋コンクリート梁構造として鋼管鉄筋コンクリート壁を支点とした連続梁として抵抗する。その支点反力が鋼管鉄筋コンクリート壁に伝わり、下部工の鋼管杭へ荷重伝達される。また堤外側の鉄筋コンクリート梁壁により、1ブロック内の止水性を確保するとともに、ブロック間は別途に止水ジョイントを設けて止水する。

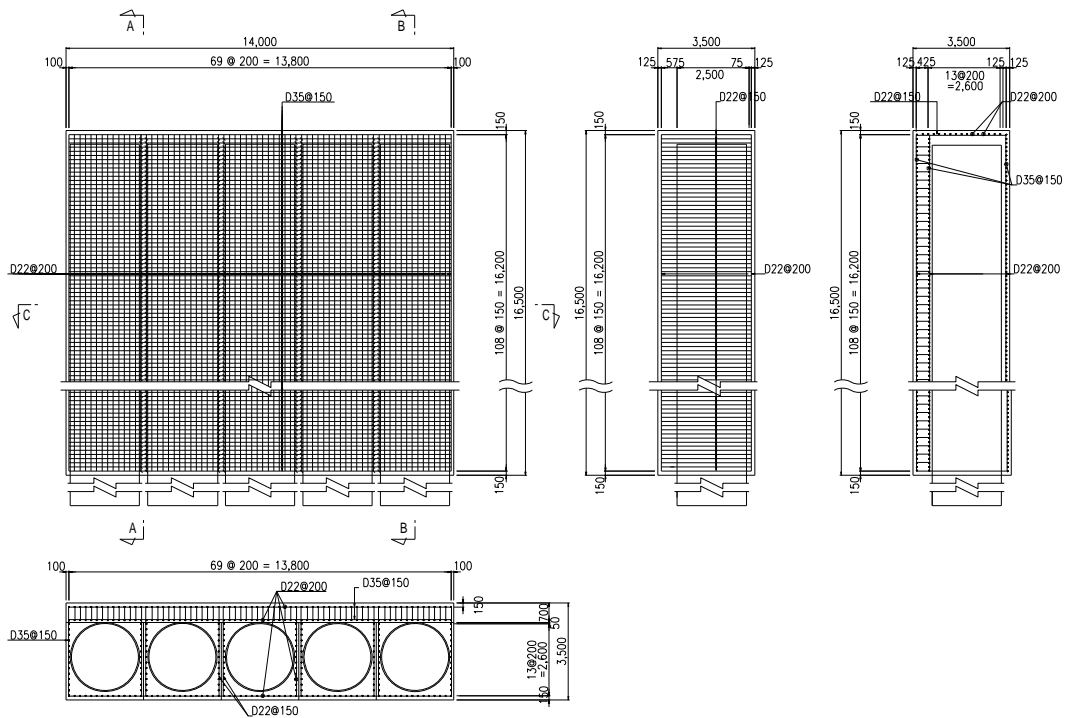
地震時に対しては、下部工の鋼管杭の応答変位により各杭間に生じる相対変位から発生する荷重に対して、鋼管鉄筋コンクリート壁間を結んでいる鉄筋コンクリート梁壁により抵抗する。鉄筋コンクリート梁壁には、せん断耐力筋が密に配置されており、梁壁のせん断抵抗力により構造物全体の健全性を確保することができる。



第4図(1) 上部工概要図



第4図(2) 上部工上面図



第4図(3) 上部工詳細図

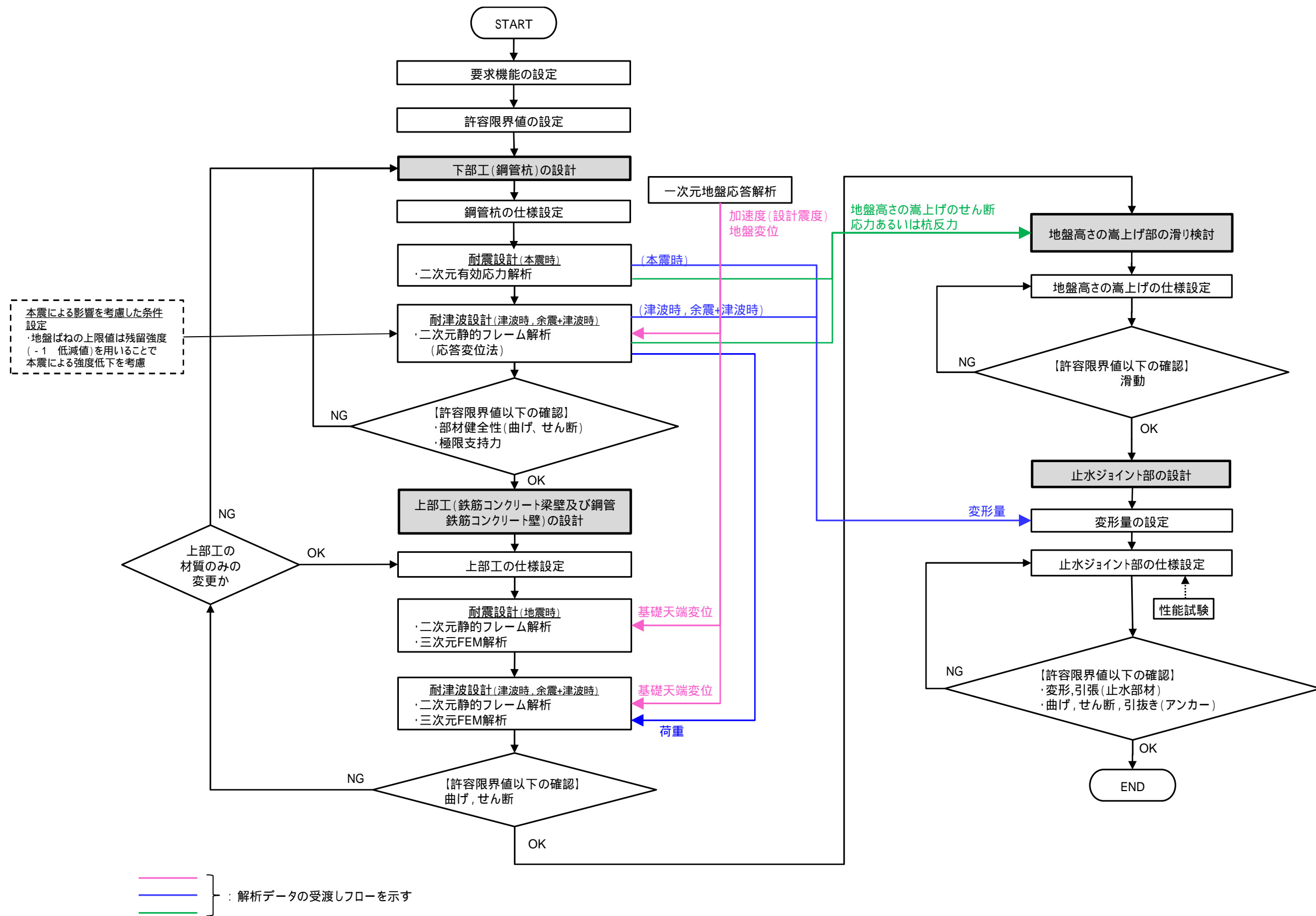
### 3) 設計手順

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震・耐津波評価は、津波防護施設であること、Sクラスの設計基準対象施設であることを踏まえ、第5表の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に従い、各構造部材の構造設計を行う。

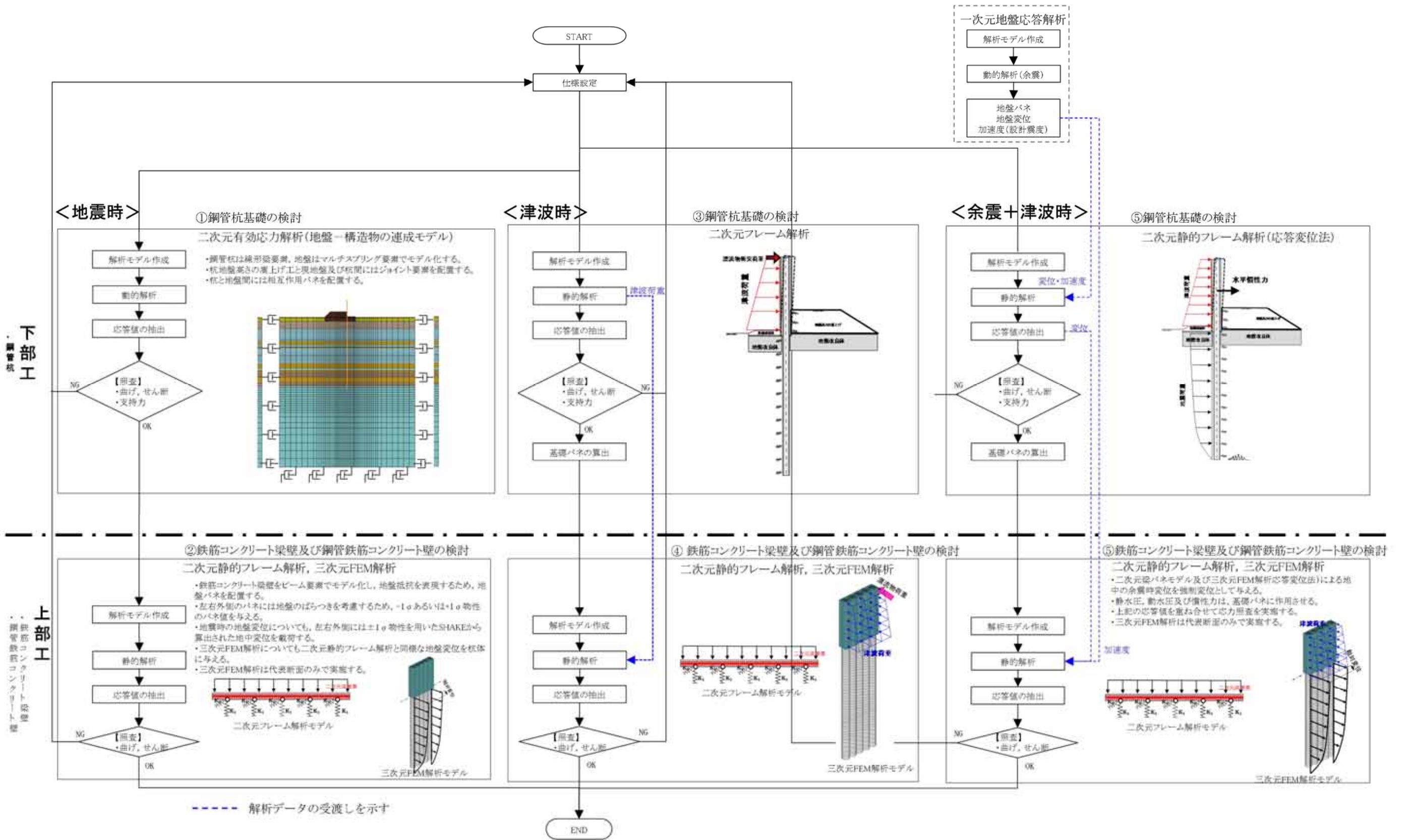
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造健全性評価の検討フローを第5図に、解析評価に係る検討フローを第6図に示す。

第5表 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

評価対象部位		設計荷重	応力等の状態	設計に用いる許容限界	
下部工	基礎地盤	基準地震動 $S_s$ による地震時荷重、地震後の繰返しを想定した津波荷重、余震や漂流物衝突、風及び積雪を考慮した荷重	押込力，引抜き	「道路橋示方書・同解説(1共通編・下部構造編)」を踏まえ、極限支持力以下とする。	
	鋼管杭		曲げ，せん断	「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。	
上部工	鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート梁壁)		曲げ，せん断	「道路橋示方書・同解説(共通編・耐震設計編)」を踏まえた短期許容応力度以下とする。(コンクリート標準示方書【構造性能照査編】でも確認。)	
	鋼管杭(鋼管杭鉄筋コンクリート壁)		曲げ，せん断	「道路橋示方書・同解説(共通編・下部構造編)」及び「鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。	
	止水ジョイント部		止水ゴム等	変形，引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
			鋼製アンカー	引張り，せん断 引抜き	「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
			止水ゴム等の鋼製防護部材	曲げ，引張り，せん断	「鋼構造設計基準」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
地盤高さの嵩上げ(改良体)			せん断	「道路橋示方書・同解説(1共通編・下部構造編)」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、受働せん断面方向等のせん断耐力以内とする。	
表層改良体			せん断	安全裕度を考慮したせん断強度以下とする。	
シートパイル			基準地震動 $S_s$ による地震時荷重	せん断	安全裕度を考慮したせん断強度以下とする。



第5図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造健全性評価の検討フロー



第 6 図 防潮壁の検討モデルと評価フロー

#### 4) 設計荷重

設計に用いる荷重の組合せを以下に示す。

基準地震動  $S_s$  による地震荷重

基準津波荷重 + 漂流物衝突荷重

余震 + 基準津波荷重

T.P. + 24m 津波荷重 + 漂流物衝突荷重

余震 + T.P. + 24m 津波荷重

#### 5) 鋼管杭及び鋼管杭基礎の設計方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基礎は、岩盤に鋼管杭の直径程度以上を根入れする岩着形式とした。

鋼管杭は津波時及び地震時において各部位が十分な裕度を有することを確認する。

鋼管杭基礎の支持性能については、基礎に作用する地盤反力が基礎地盤の極限支持力以下であることを照査する。

津波時及び余震 + 津波時は二次元静的フレーム解析、本震時は液状化を精緻に評価するために有効応力解析を実施し、基礎に発生する断面力を用いて応力照査を実施する。

##### 耐震設計（有効応力解析）

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる二次元地震応答解析を行い、本震時の鋼管杭基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。また、地盤の液状化の影響を緻密に反映するため、有効応力の変化に伴う地盤挙動の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし、地震応答解析により算定される部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう

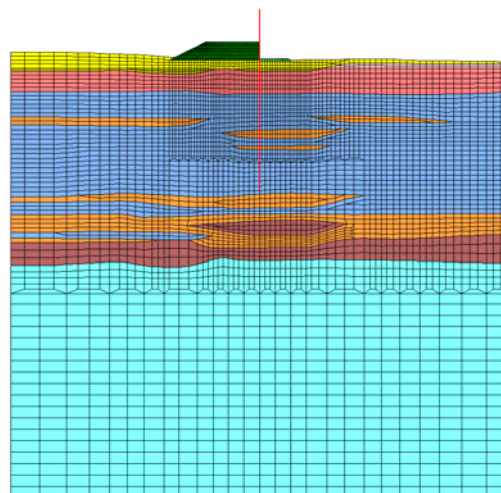
設計する。

液状化強度特性については，平均 - 1 の値を用いることで保守性を考慮する。さらに，地質分布の不確かさに着目し，原地盤の液状化強度特性を適用した基準地震動  $S_s$  による解析結果のうち，最も厳しいケースにおいて，より一層保守的な検討を目的に，液状化検討対象層である全ての砂層・礫層に対して豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで，強制的に液状化させる条件を仮定した解析モデルについても検討する。

#### a. 解析モデルの作成

地質断面図を反映して解析モデルを作成する。鉛直方向は T.P. - 130m までをモデル化する。鋼管杭は線形梁要素，地盤はマルチスプリング要素でモデル化し，地下水位以深については間隙水圧要素を配置する。

鋼管杭と地盤との間には鋼管杭と地盤との間には，杭と地盤の相互作用を適切に考慮できる相互作用バネを配置する。解析モデルの一例を第 7 図に示す。



第 7 図 解析モデルの一例

b. 地震応答解析

有効応力解析により構造物及び地盤の応答値を算定する。

構造物の応答値のうち地中連続壁基礎天端位置における変位時刻歴を鋼製防護壁の設計に使用する。

入力地震動は，東海第二発電所の解放基盤表面深度である T.P. - 370m から T.P. - 130m までをモデル化した剥ぎ取り地盤モデルを用いて，一次元波動論により T.P. - 130m 位置で評価した地震動（2E）を用いる。

c. 照査

地震応答解析により算定された鋼管杭の断面力を用いて，曲げモーメント・軸力に対する照査，せん断に対する照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。

耐津波設計（静的二次元フレーム解析）

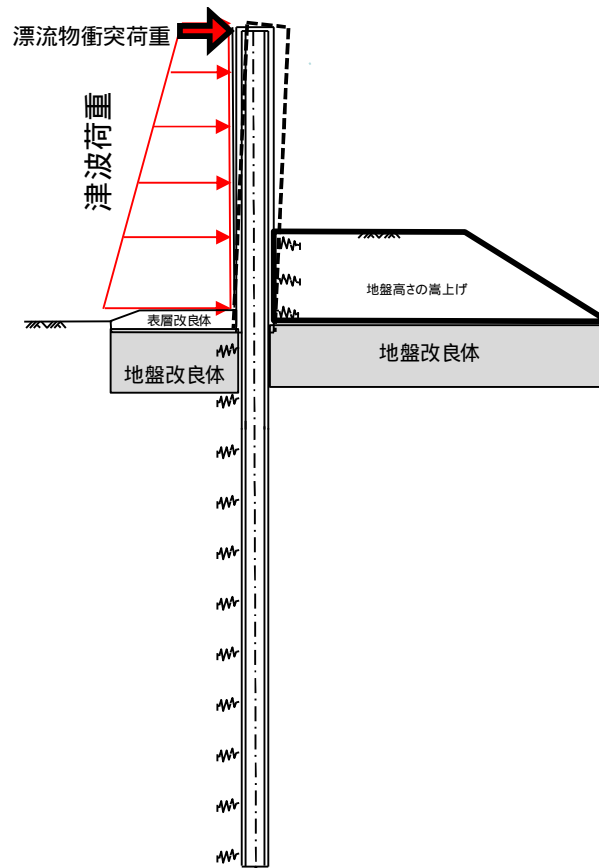
鋼管杭のみで津波に抵抗するため，鋼管杭のみを二次元フレーム解析モデルで表現する。この鋼管杭をモデル化した梁に地盤バネを接続したモデルで応答変位法による静的二次元フレーム解析を行い，津波時と余震 + 津波時の鋼管杭の構造健全性及び支持性能を確認する。死荷重及び積雪の長期荷重，津波による波力と漂流物衝突荷重，余震荷重等を外力として入力し，部材の発生応力が短期許容応力度以下となるよう設計する。津波や漂流物の荷重は，RC 壁を通じて上部工の鋼管



に直接的に作用し，下部工の鋼管杭へ伝達される。なお，津波時における漂流物の衝突荷重は，入力津波高さに作用するものとして考慮する。

基礎地盤の支持性能として，基礎に作用する地盤反力が極限支持力以下であることを確認する。

解析モデル概念図を第 8 図に示す。



第 8 図 津波時解析モデル概念図

地盤バネは、「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に基づき設定し、上限値を有するバイリニア型とする。地盤反力係数は、静弾性係数及び余震時の収束剛性から算定する。余震時の地盤バネの算定に用いる地盤の変形係数 $E_D$ は、以下の式により算出する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G'$$

$E_D$ ：地盤の変形係数（ $\text{kN} / \text{m}^2$ ）

$\nu_d$ ：動ポアソン比

$G'$ ：地盤の余震時の収束剛性（ $\text{kN} / \text{m}^2$ ）

地盤反力係数及び地盤バネの上限値の算定内容を第6表に示す。保守性を考慮するため、地盤反力係数を本震時の収束剛性、地盤バネの上限値を残留せん断強度の - 1 値より算定した場合についても解析を行う。

第6表 地盤反力係数及び地盤バネの上限値

荷重条件	地盤反力係数	上限値
津波時	静弾性係数より	残留強度 (-1 低減値)
余震 + 津波時	余震時の収束剛性より	残留強度 (-1 低減値)

余震時荷重としては、余震時の一次元地盤応答解析により算定される応答変位分布を強制変位としてバネ端に載荷するとともに、地表面最大加速度より算定する設計震度を慣性力として考慮する。

## 6) 上部工の設計方針

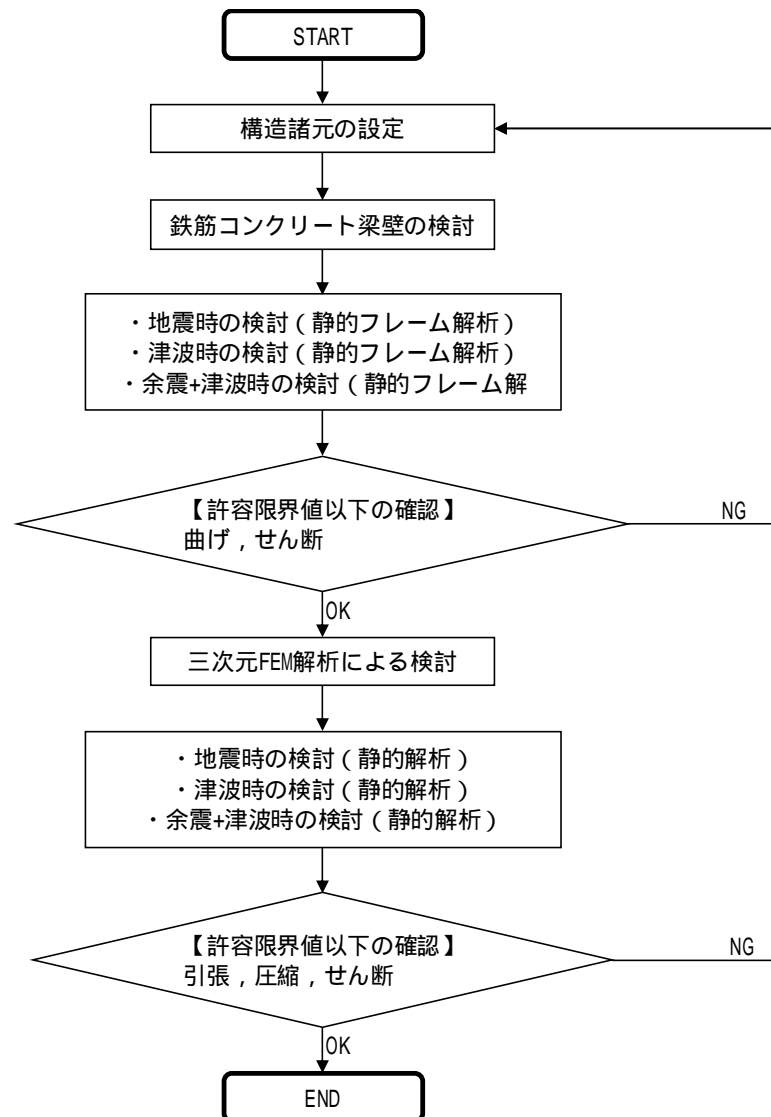
津波に対する止水性を確保し，津波波圧や漂流物衝突荷重によるせん断力を全て受け持てるよう，「鋼管鉄筋コンクリート壁」の前面に一体化した「鉄筋コンクリート梁壁」を設置する。

二次元静的フレーム解析では，上部工前面の「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，せん断耐力筋で補強した壁部材)のみをモデル化し，地震時，津波時，余震と津波の重畳時の全てのケースにおいて，「鉄筋コンクリート梁壁」のみで成立する構造とする(実際には「鉄筋コンクリート梁壁」と背面にある「鋼管鉄筋コンクリート壁」との一体構造断面で抵抗することになる)。

上部工の検討においてモデル化を行わない「鋼管鉄筋コンクリート壁」(下部工の鋼管杭から上部工に連続する鋼管を被覆した部材)には，コンクリート標準示方書に基づく必要鉄筋量を配置する。

なお，二次元静的フレーム解析で鉄筋コンクリート梁壁をモデル化して，上部工の設計を行うことを基本とするが，断面力の確認のため，代表断面については静的三次元解析を実施し，二次元梁モデルの妥当性についても検討する。

第9図に検討フローを示す。



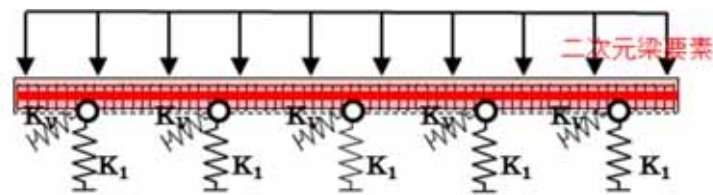
第 9 図 上部工検討フロー

## モデル化方針

### a. 二次元梁バネモデル

津波荷重，地震時荷重，積雪荷重，風荷重及び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をビーム要素でモデル化し，地盤抵抗を表現するため，地盤バネを配置する。左右外側のバネには地盤のばらつきを考慮するため，-1 あるいは+1 物性のバネ値を与える。

二次元梁バネモデルの概要図を第 10 図に示す。



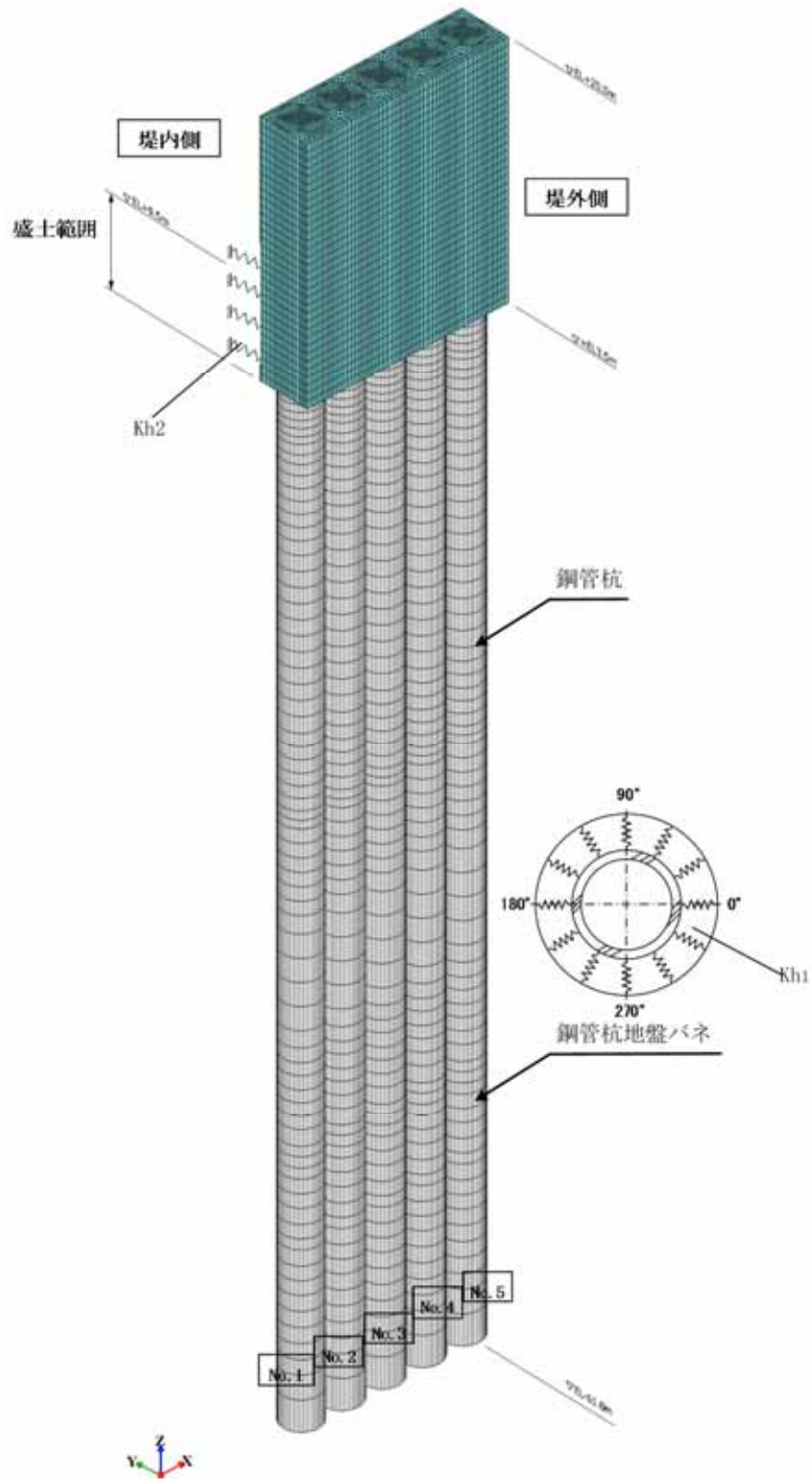
第 10 図 二次元静的フレームモデル

b. 三次元 F E M モデル

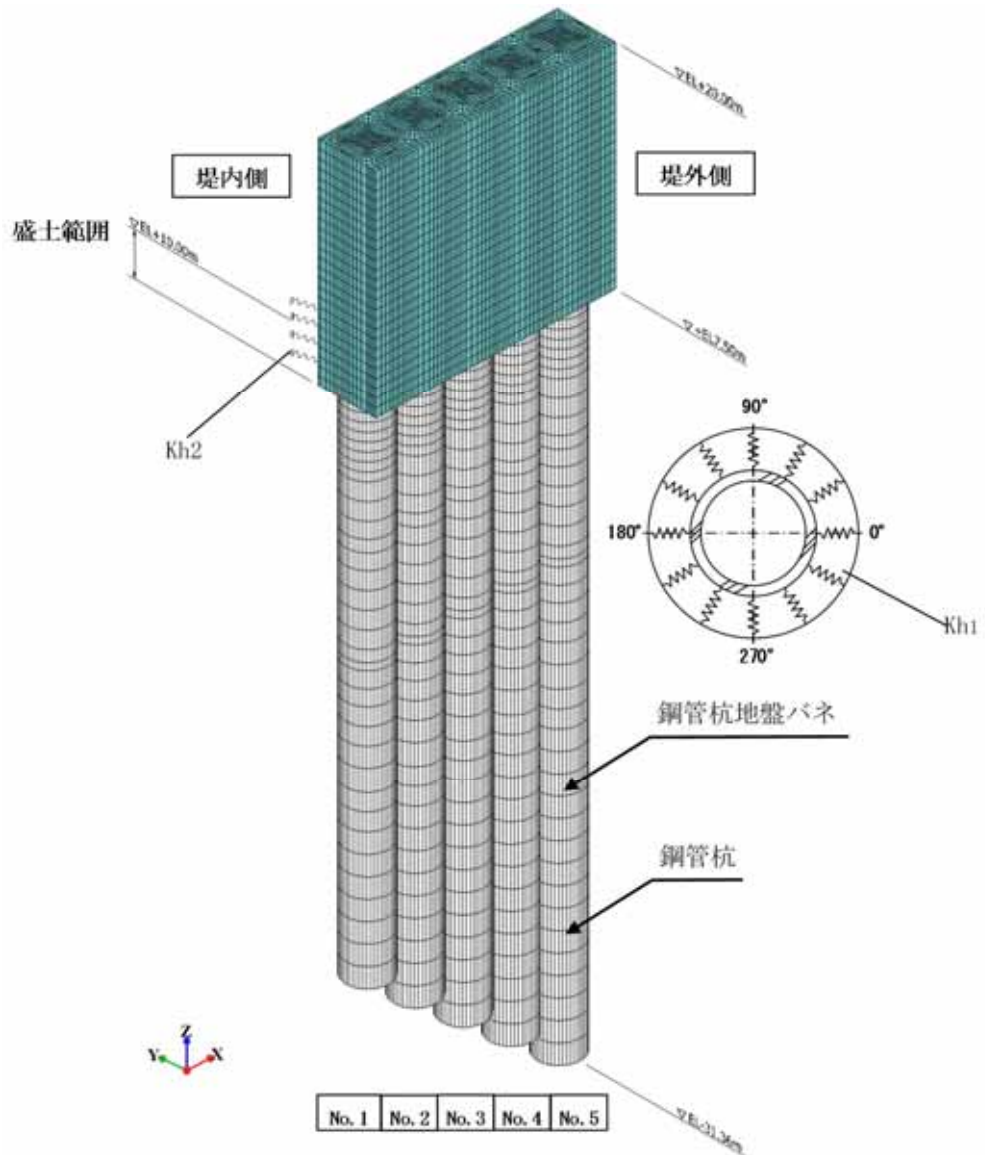
上部工及び下部工を三次元 F E M でモデル化し，防潮壁が地震，津波及び余震+津波より受ける応力を精緻に評価する。三次元 F E M については，傾斜部のモデル化も行い，地震時の 1 ブロックにおけるねじれの検討も実施する。更に，傾斜部については，固有値解析を実施して防潮壁の振動特性を評価する。

解析モデルは上部工をソリッド要素でモデル化し，鋼管杭をシェル要素でモデル化する。地盤の抵抗については，バネで表現し，杭周り及び地盤高さの嵩上げの該当部分に付加する。なお，地盤バネについては，鋼管杭のモデル化で静的二次元フレーム解析の際に用いた地盤バネを用いる。ただし，引張方向は No tension バネとする。

三次元 F E M モデルの概要を第 11 図に示す。



第 11 図 (1) 三次元 F E M 解析モデル (一般部)



第 11 図(2) 三次元 F E M モデル ( 傾斜部 )

本震時

a. 静的フレーム解析 ( 梁バネモデル )

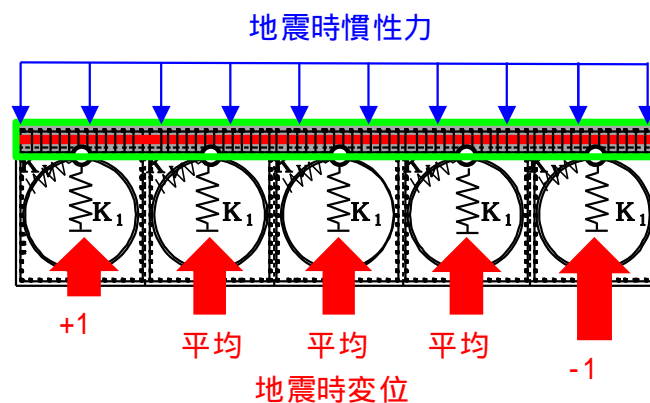
地盤や杭の剛性を表現したバネに支持された鉄筋コンクリート梁壁を二次元フレームモデルで表現し、本震時の静的挙動を評価する。鉄筋コンクリート梁壁をビーム要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを配置する。左右外側のバネには地盤のばらつきを考慮するため、-1 あるいは

は+1 物性のバネ値を与える。

地震時の地盤変位についても，左右外側には±1 物性を用いた一次元地震応答解析から算出した変位を入力する。

二次元フレームモデルより算出された断面力を用いた鉄筋コンクリート梁壁の照査を行い，本震による慣性力を鉄筋コンクリート梁壁に作用させ，梁壁に生じる曲げ，せん断応力の照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。

地震時の地盤変位入力概要を第 12 図に示す。



第 12 図 地震時二次元フレームモデル概要

#### b. 三次元 F E M モデル

二次元フレームモデルの保守性検討のため，三次元 F E M モデルを用いた解析を行う。三次元 F E M 解析のモデル概念図を第 13 図に示す。

水平慣性力は，一次元地震応答解析で地表面の最大加速度を算定し，その加速度を杭と防潮壁に対して堤外から堤内方向へ平均地盤の表面最大加速度の水平慣性力を作用させる。一次元地震応答解析は各々の杭に対して実施する。

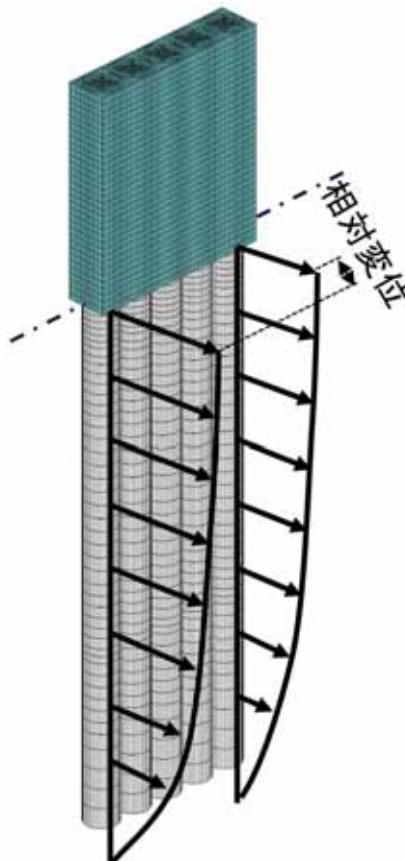
鉛直慣性力は，一次元地震応答解析で地表面の最大加速度



を求め，その加速度を杭と防潮壁に平均地盤の表面最大加速度の下向き鉛直慣性力を作用する。

水平地盤変位は各杭先端からの最大相対変位とする。最大変位の算出についても各々の杭に対して算出した結果を入力する。

杭体には全ての節点に水平バネ（Y方向，X方向）を設定し，水平方向バネは杭体と同様に圧縮方向が地盤反力度の上限値を用いたバイリニア型，引張方向を No tension としている。地盤バネの特性図を第 14 図に示す。



第 13 図 三次元 F E M 解析の概念図



第 14 図 F E M 解析に与える地盤バネの特性

### 津波，余震+津波時

津波時及び余震+津波時においても，二次元フレーム解析モデルで評価し，代表断面については三次元 F E M モデルを行う。

#### (a) 津波時

鉄筋コンクリート梁壁モデルに，死荷重，積雪荷重，津波荷重及び漂流物の衝突荷重を作用させ，鉄筋に生じる引張り，せん断応力及びコンクリートに生じる圧縮，せん断応力の照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。なお，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作用させる。

#### (b) 余震+津波時

鉄筋コンクリート梁壁モデルに，死荷重，積雪荷重，津波荷重並びに余震による慣性力及び動水圧を作用させ，鉄筋に生じる引張り，せん断応力及びコンクリートに生じる圧縮，せん断応力の照査を行い，短期許容応力度以下であることを確認する。なお，慣性力としての設計震度は，一次元地盤応答解析より算出される地表面の最大加速度を与える。

二次元フレーム解析モデルは地表面における最大変位を集約バネを返して載荷する。三次元 F E M 解析については，深度なりの

変位を杭体にバネを返して載荷する。

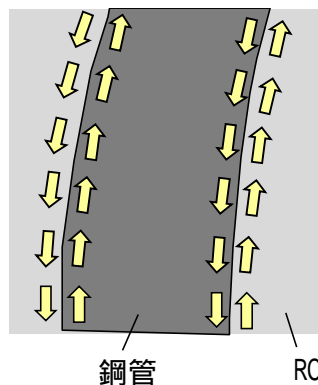
#### 鋼管杭と鉄筋コンクリートの接合面の一体性確保

鋼管杭と鉄筋コンクリートの接合面の一体性を強固なものとするため、スタッドを適切な位置に所要の本数を配置して確実な接合を行う方針とする。

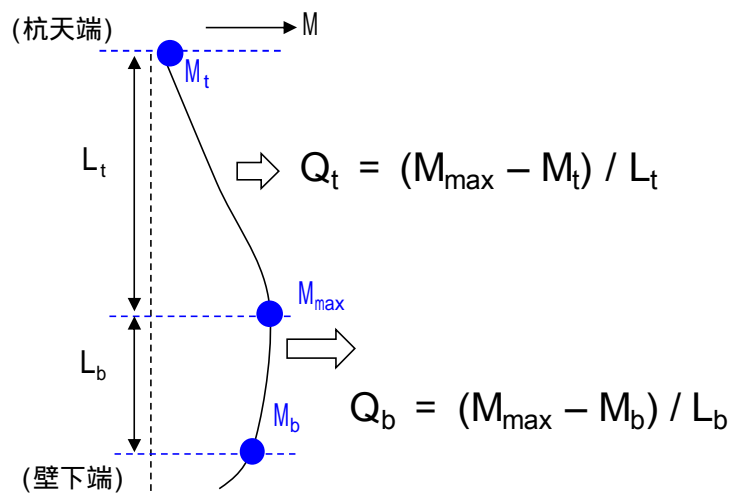
杭の曲げ変形により、鋼管と鉄筋コンクリートの間のせん断力に対して、ずれを生じさせないために必要なスタッドを配置する。設計は、鋼・合成構造標準示方書（土木学会）及び道路橋示方書・同解説 下部構造編（日本道路協会）に基づき行う。

せん断力は、杭の曲げモーメント分布の勾配として求め、各区間の平均的なせん断力とする。

接合面に作用するせん断力の概念図を第 15 図に、せん断力の算出方法概念図を第 16 図に示す。



第 15 図 鋼管杭と鉄筋コンクリートの接合面に作用するせん断力



第 16 図 杭の曲げモーメント分布に基づくせん断力の算出方法

## 7) 止水ジョイント部の設計方針

### 概要

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の施工ブロック間等には、止水ジョイントを設置する。

止水ジョイントは、地震時やその後の津波や余震によって生じる構造物間の相対変位に対して止水性を確保するため伸縮性を有するものとする。

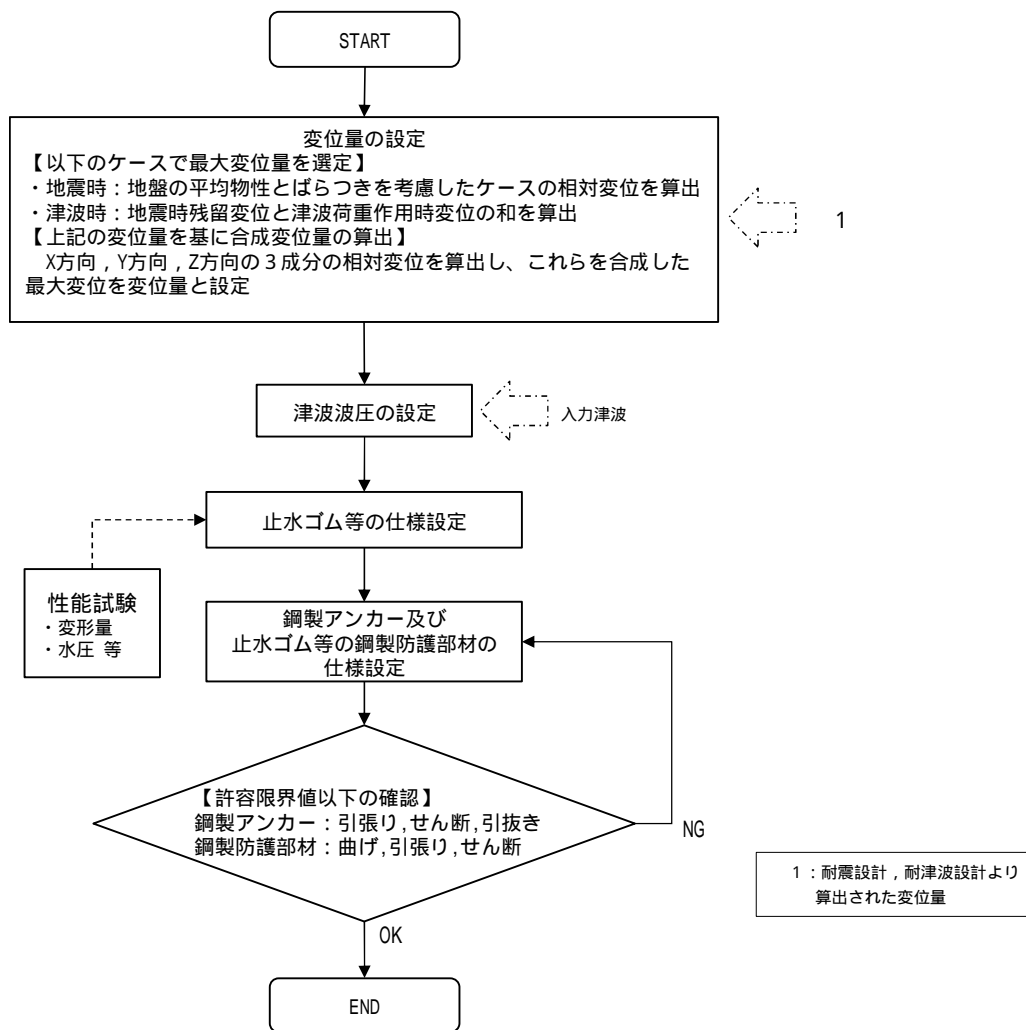
なお、堤外側の止水ジョイント部には、漂流物の衝突対策として、止水ゴム等の鋼製防護部材を設置する。

### 評価方針

止水ジョイント部の評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた二次元有効応力解析及び津波荷重を用いた二次元静的フレーム解析により算出された変位量及び入力津波を用い津波波圧式より算出した津波波圧に対し、止水ゴム等の止水性が維持できることを確認し、止水ゴム等の仕様を設定する。止水ジョイント部の設計フローを第 17 図に示す。

止水ゴム等の仕様は、津波波圧に耐え、構造物間の相対変位に追従して止水機能を維持できる材料を設定し、性能試験によってこれらを確認する。

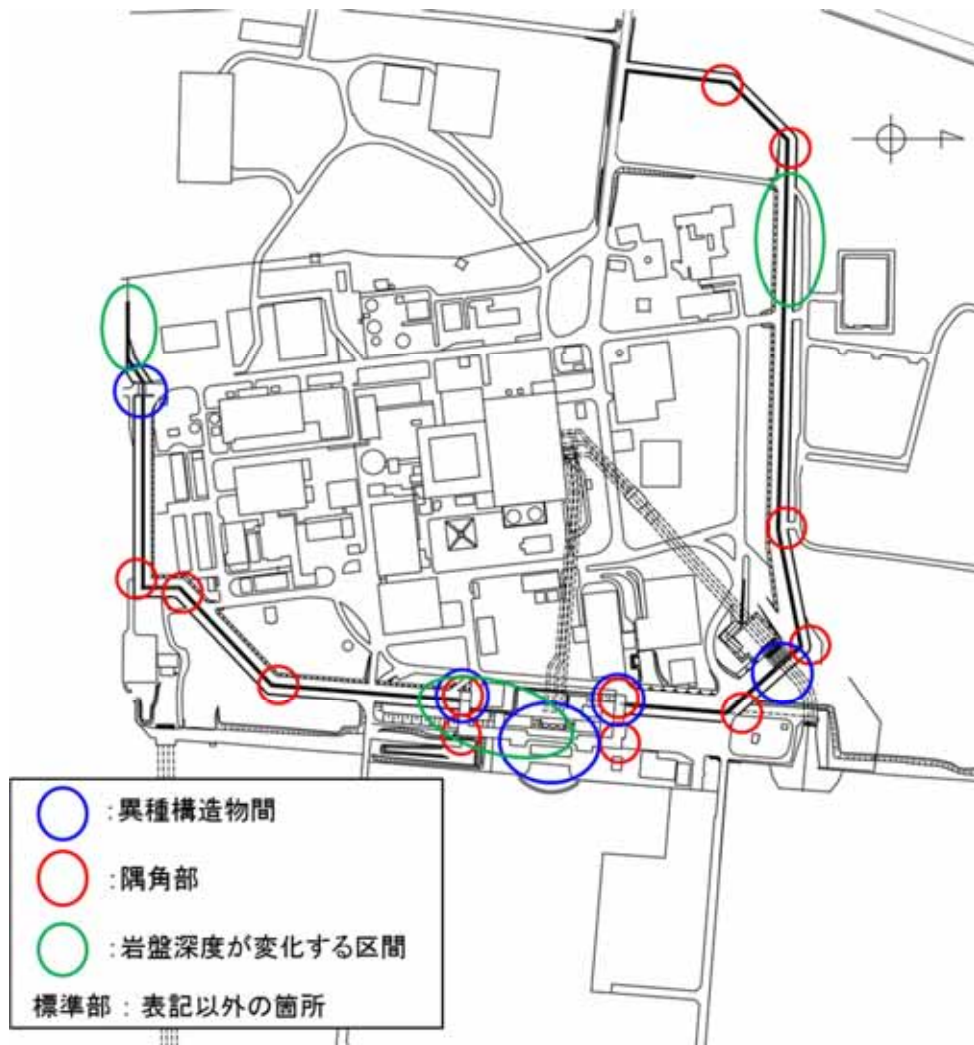
なお、止水ゴム等の取り付け部の鋼製アンカーに発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認するとともに、漂流物衝突対策として止水ゴム等の鋼製防護部材を設置し、この部材に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。



第 17 図 止水ジョイント部の設計フロー

a) 相対変位の設定方針

防潮堤の標準部（直線部）、隅角部、異種構造物間の位置を第 18 図に示す（標準部は、異種構造物間、隅角部を除く区間）。



第 18 図 防潮堤の各部（標準部，隅角部及び異種構造物間）位置図

b) 標準部の地震時相対変位量

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  $V_s$  の平均物性，+1 物性，-1 物性による地震時応答解析で得られる応答変位に基づき相対変位を設定する。

地震時の設計用相対変位は，以下の式により水平 2 方向（x 方向，y 方向）及び鉛直方向（z 方向）それぞれについて算出する。

さらに，x 方向，y 方向及び z 方向の相対変位から求められる合成方向変位を算出する。ここで，地震時の相対変位の概念図を第 19 図に示す。

x 方向の相対変位  $x$  :

$$x = \max[\text{abs}\{x(+1) - x(\text{平均})\}, \text{abs}\{x(\text{平均}) - x(-1)\}]$$

y 方向の相対変位  $y$  :

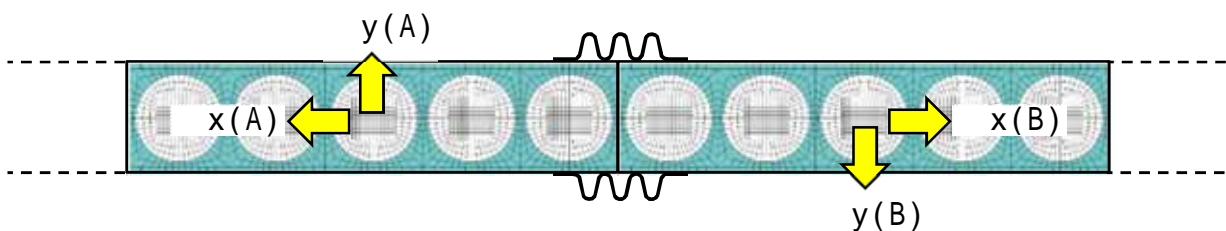
$$y = \max[\text{abs}\{y(+1) - y(\text{平均})\}, \text{abs}\{y(\text{平均}) - y(-1)\}]$$

z 方向の相対変位  $z$  :

$$z = \max[\text{abs}\{z(+1) - z(\text{平均})\}, \text{abs}\{z(\text{平均}) - z(-1)\}]$$

合成方向変位（3 方向合成） :

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



第 19 図 地震時の相対変位の概念図



c) 標準部の津波時相対変位量

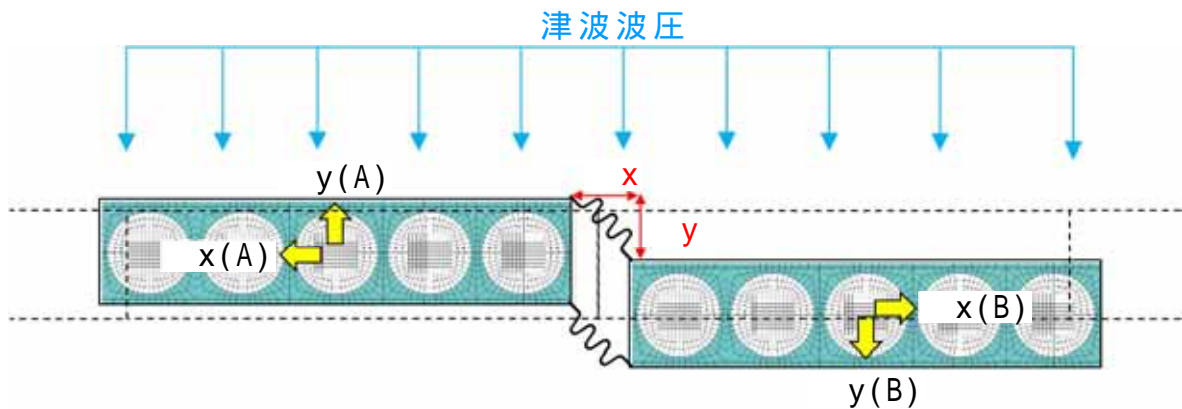
津波時においては，地震時の残留変位を防潮壁ブロック間の相対変位として設定する。

津波時の設計用相対変位は，以下の式により水平 2 方向（x 方向，y 方向）及び鉛直方向（z 方向）それぞれについて算出する。

さらに，x 方向，y 方向及び z 方向の相対変位から求められる合成方向変位を算出する。

なお，止水ジョイント部の設計で考慮する荷重は，津波波圧式により算出した津波波圧を設計荷重とする。ここで，津波時の相対変位の概念図を第 20 図に示す。

$$\begin{aligned}
 \text{x 方向の相対変位 } x &: x = x(B) - x(A) \\
 \text{y 方向の相対変位 } y &: y = y(B) - y(A) \\
 \text{z 方向の相対変位 } z &: z = z(B) - z(A) \\
 \text{合成方向変位 (3 方向合成)} &: = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2} \\
 & \text{x(A), x(B), y(A), y(B), z(A), z(B): 地震時の残留変位}
 \end{aligned}$$



第 20 図 津波時の相対変位の概念図

d) 標準部の重畳時（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。

重畳時（余震 + 津波時）の設計用相対変位は，以下の式により水平 2 方向（x 方向，y 方向）及び鉛直方向（z 方向）それぞれについて算出する。さらに，x 方向，y 方向及び z 方向の相対変位から求められる合成方向変位を算出する。

なお，止水ジョイント部の設計で考慮する荷重は，津波波圧式により算出した津波波圧を設計荷重とする。また，動水圧，防潮壁の横断方向と縦断方向の慣性力をブロックごとの応答加速度に依存する設計荷重とする。ここで，重畳時（余震 + 津波時）の相対変位の概念図を第 21 図に示す。

$$x \text{ 方向の相対変位 } x: x = \{ x(B) + x'(B) \} - \{ x(A) + x'(A) \}$$

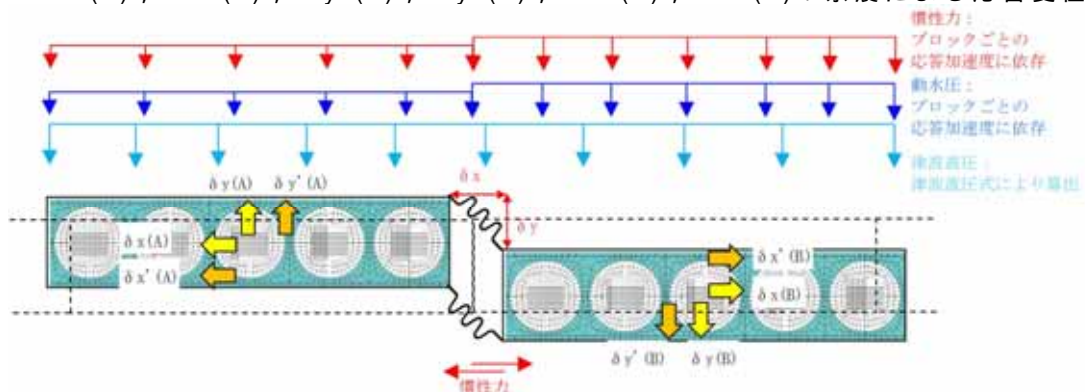
$$y \text{ 方向の相対変位 } y: y = \{ y(B) + y'(B) \} - \{ y(A) + y'(A) \}$$

$$z \text{ 方向の相対変位 } z: z = \{ z(B) + z'(B) \} - \{ z(A) + z'(A) \}$$

$$\text{合成方向変位 (3 方向合成)} : = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

$x(A)$ ，  $x(B)$ ，  $y(A)$ ，  $y(B)$ ，  $z(A)$ ，  $z(B)$ ：地震時の残留変位

$x'(A)$ ，  $x'(B)$ ，  $y'(A)$ ，  $y'(B)$ ，  $z'(A)$ ，  $z'(B)$ ：余震による応答変位

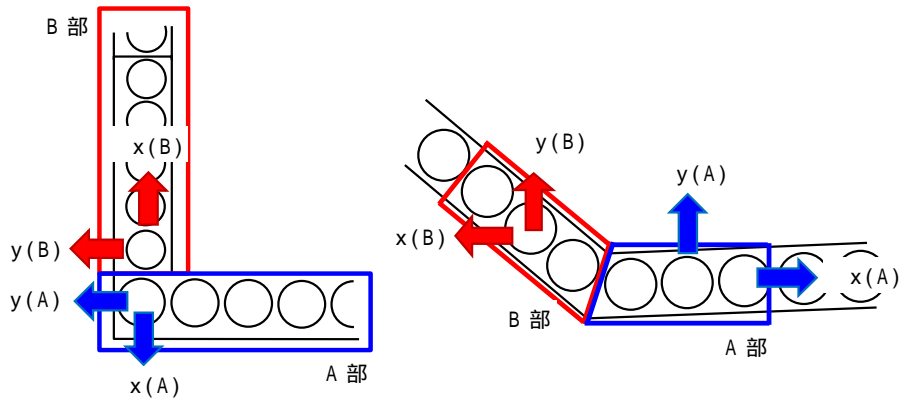


第 21 図 重畳時（余震 + 津波時）の相対変位の概念図

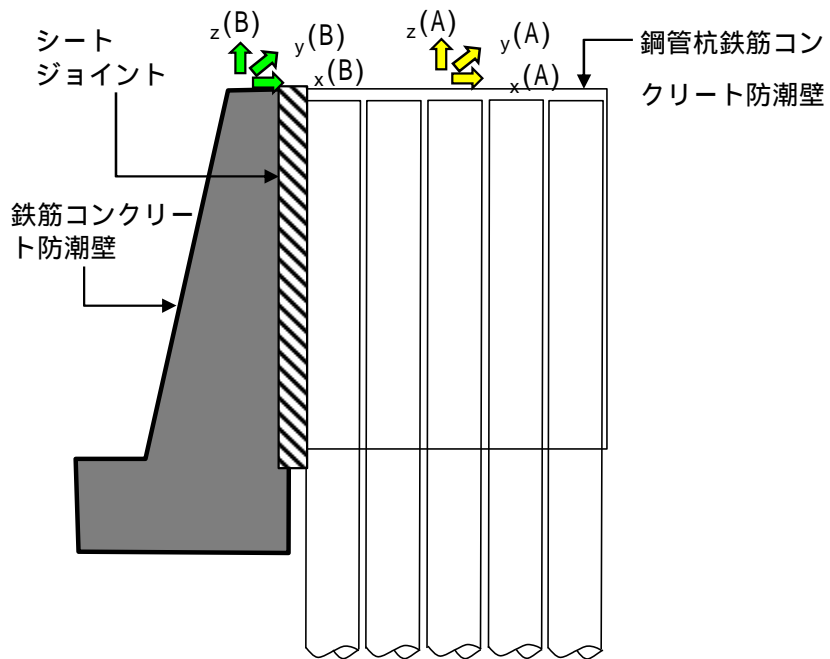
e) 隅角部及び異種構造物間の相対変位量

隅角部及び異種構造物間の変位量の設定は，標準部と同様に最大変位量を設定する。

隅角部及び異種構造物間の相対変位 概念図を第 22 図及び第 23 図に示す。



第 22 図 隅角部の相対変位 概念図



第 23 図 異種構造物間の相対変位 概念図

f ) 止水ゴム等の適用方針

止水ゴム等は津波波圧に耐えうる材料を選定する。

また，止水ゴム等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材料を選定することとする。

止水ゴム等は，変位量に応じゴムジョイント，シートジョイントの使い分けを計画している。

g ) 止水ゴム等の性能試験について

止水ジョイント部は，地震時に構造物間に生じる相対変位と，その後の津波や余震により構造物間に生じる相対変位に対して止水性を確保するため，伸縮性を有するものとし，堤内側及び堤外側の両面に止水ゴム等を設置する。これを踏まえ，止水ゴム等の性能を確認するために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上で津波波圧相当の荷重での耐圧試験を実施する。

ゴムジョイントの耐候性については，メーカーによる試験結果を確認した結果，ゴムジョイントに使用されるゴムの伸びが半減する期間が約 38 年（気温条件：30℃）で，ゴムの伸びが半減しても有意な硬化はなく，十分な変形性能（伸び率 225%）を有している。

シートジョイントの試験は，継続載荷試験，津波波圧相当の荷重での耐圧試験及び母材の耐候性試験（紫外線を照射し，初期値と照射後の引張強度の確認）を実施する。

止水ゴム等の耐圧試験例を第 24 図に示す。



第 24 図 止水ゴム等の耐圧試験例

## 8) 防潮壁間の相互の支圧力に関する設計方針

防潮壁境界部は空隙を設けない構造とすることから、隣接する躯体同士が地震時の相互の支圧力に対して、鉄筋コンクリート壁体が損傷をしないことを確認する。

具体的には、以下の式により隣接する防潮壁躯体あるいは鉄筋コンクリート防潮壁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。ここで、慣性力と防潮壁側面の概念図を第 25 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁側に働く慣性力  $F$  :

$$F = ma$$

$m$  : 鉄筋コンクリート防潮壁側の慣性力

$a$  : 地震時加速度

防潮壁側支圧応力度  $\sigma_{cv}$  :

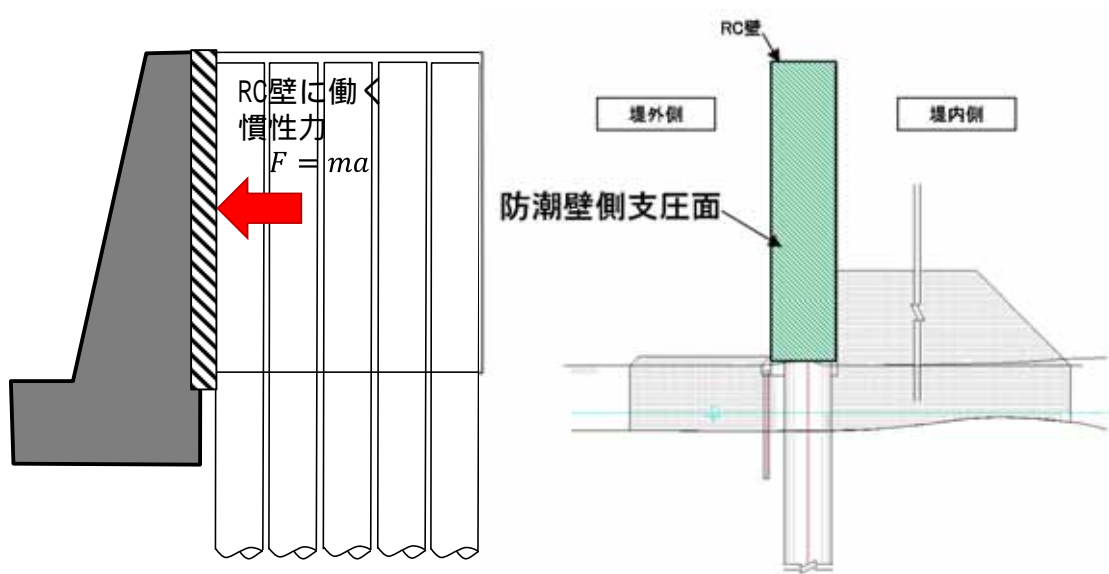
$$\sigma_{cv} = \frac{F}{b \cdot h} \leq \sigma_{ca}$$

$b$  : 防潮壁の幅

$h$  : 防潮壁高さ

$\sigma_{ca}$  : 支圧応力度の許容応力度

( 道路橋示方書 下部構造編に従う )



第 25 図 慣性力と防潮壁側面の概念図

## 9) 地盤高さの嵩上げ(改良体)の設計方針

地盤高さの嵩上げ(改良体)は、津波荷重等に対する上部工の変位の抑制を目的としている。したがって、地盤高さの嵩上げの受働せん断面等のせん断力が改良体のせん断耐力以内であることを有効応力解析および二次元フレーム解析にて確認する。

また、有効応力解析で得られる地震時における地盤高さの嵩上げの防潮壁境界部の離隔を確認するとともに、二次元フレーム解析による津波時の防潮壁の変形量を比較し、津波時の防潮壁の変形量を下回ることを確認する。

地盤高さの嵩上げの基本設定及び設計方針については、表層地盤改良と共に第 28 図に示す。



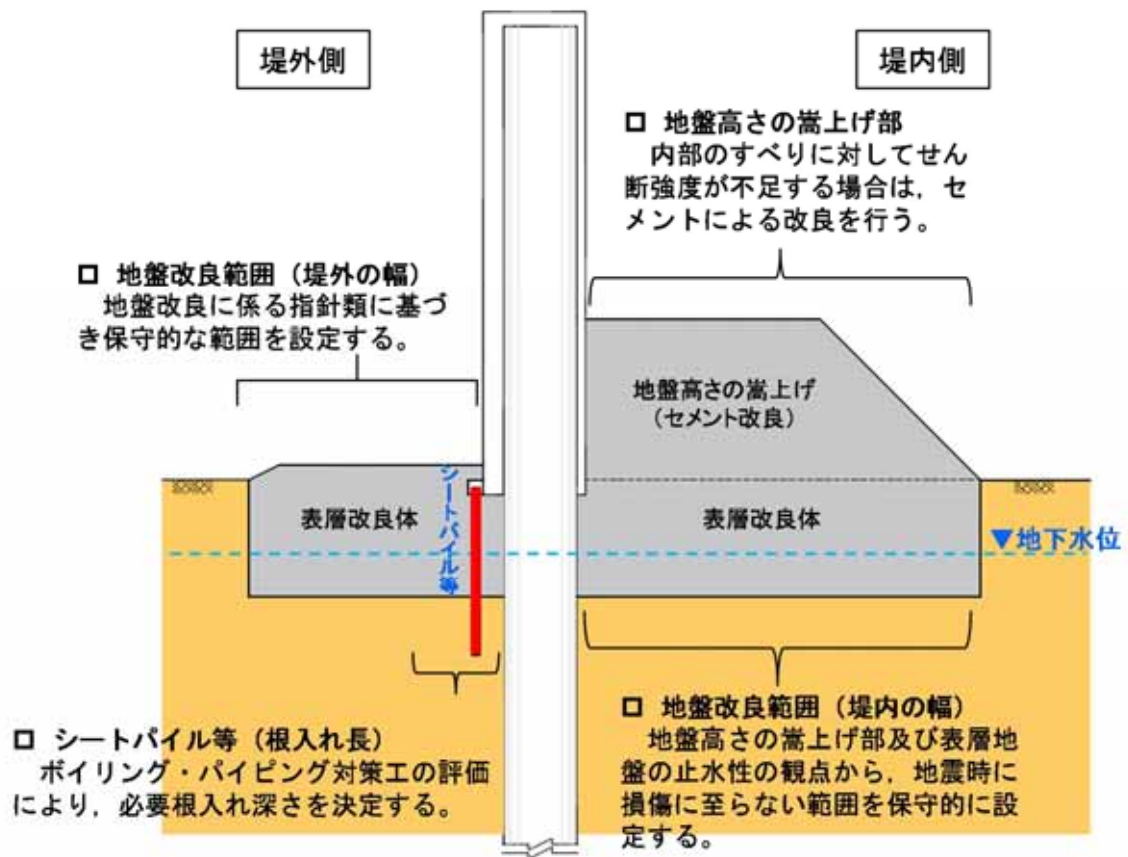
## 10) 表層地盤改良及びシートパイル等の設定方針

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、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。第26図に地盤改良及びシートパイル等のイメージ図を示す。

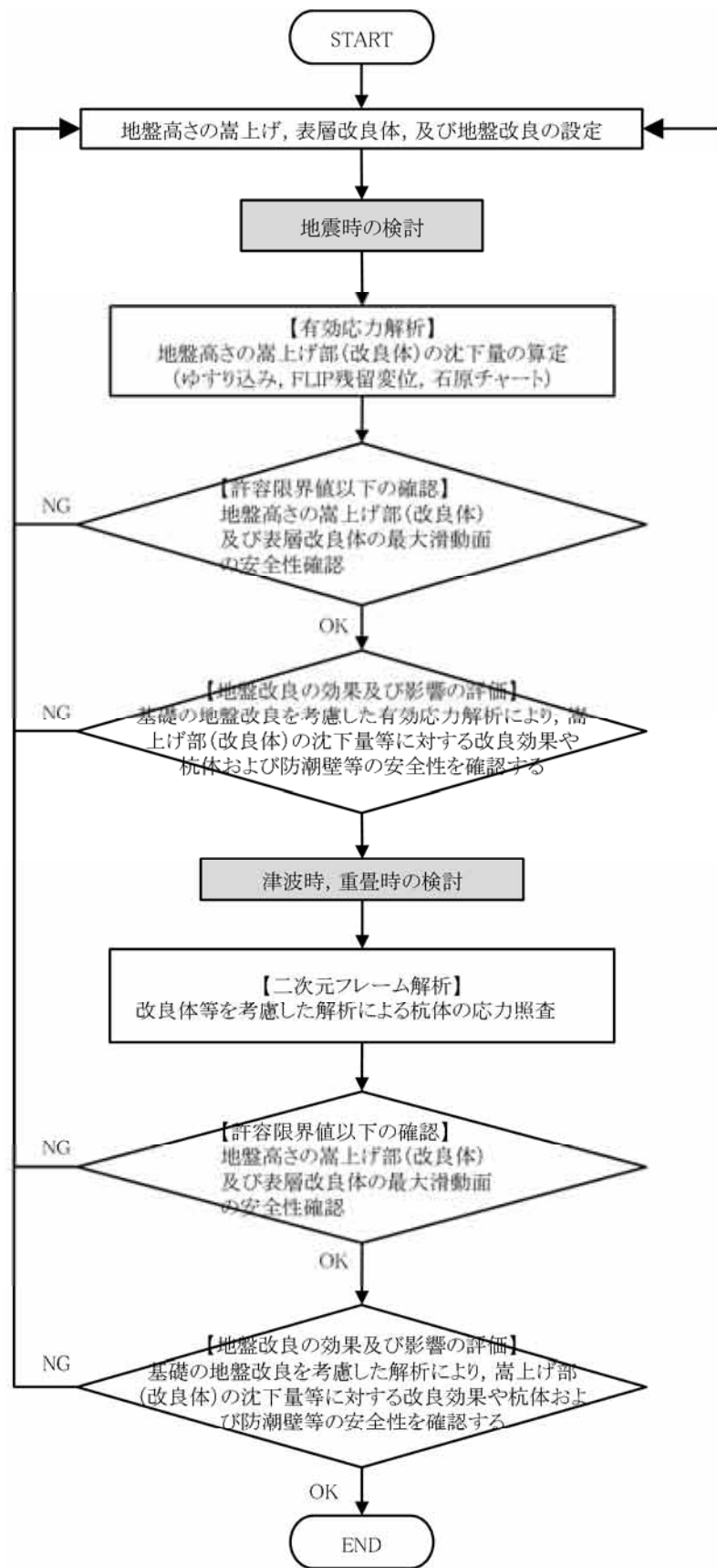
表層地盤改良の深さ方向の範囲は、表層地盤の過剰間隙水圧比が比較的高い範囲や杭体に生じる断面力の低減等を考慮し設定する。また、堤内側の表層地盤改良の幅は、地盤高さの嵩上げが地震時に損傷に至らない範囲を考慮し設定する。堤外側の表層地盤改良の幅は、地盤改良に係る指針類に基づき範囲を設定する。

地盤改良工法は、改良対象地盤の物性、地下水位、施工性などを考慮して選定する。また、地盤剛性の急変部により杭体に局所的な応力を発生させないように、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原地盤に近い剛性に移行するような改良仕様を設定する。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。地盤高さの嵩上げ部は、地盤内部のすべりに対する安全率を確保するためにセメント改良工法を選定する。

嵩上げ及び表層改良体の基本設定方針及び評価方針を第27図に示す。

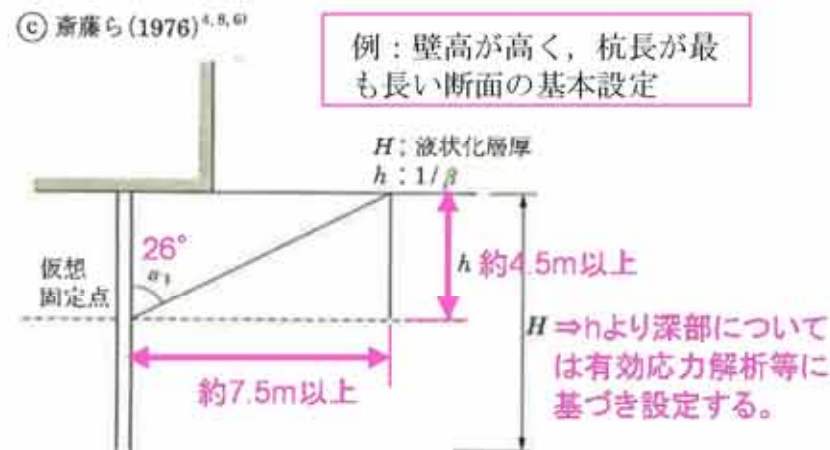


第 26 図 地盤改良及びシートパイル等のイメージ図



### ■表層改良体の範囲に係る基本設定

(1) 鋼管杭の $1/\beta$ 領域下端からの受働崩壊角の領域  
 表層改良体の幅の設定方法は、「建築基礎構造設計指針 日本建築学会」(2001)を参考にして設定する。  
 杭基礎の場合, 水平方向の支持力が確保されるよう, 仮想固定点( $1/\beta$ )から受働崩壊角を描いて改良範囲が提案されている。



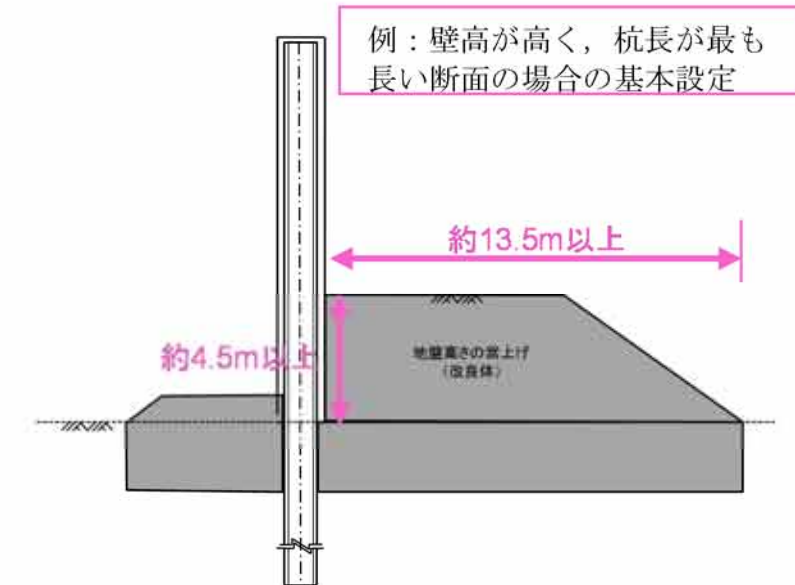
仮想固定点となる深さ $h (=1/\beta)$ より受働崩壊角を設定することで, 地盤改良幅の範囲を設定する。なお, 基礎の特性値( $\beta$ )の計算等は, 道路橋示方書・同解説に準拠する。

$\beta$  : 基礎の特性値  $= \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$  ( $m^{-1}$ )  
 ここに,  $k_H$  : 水平方向地盤反力係数 ( $kN/m^3$ )  
 $k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3}\right)^{-3/4}$   
 $k_{H0}$  : 直径0.3mの剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数  
 $k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$  ( $kN/m^3$ )  
 $\alpha = 2.0$  : 津波時 (地盤改良土)  
 $E_0$  : 地盤の変形係数 ( $kN/m^2$ )  
 $EI$  : 基礎の曲げ剛性 ( $kN \cdot m^2$ )  
 $D$  : 杭径 (m)  
 $B_H$  : 荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅 (m)

### ■地盤高さの嵩上げの範囲に係る基本設定

(1) 地盤高さ嵩上げの界面すべり  
 地盤高さの嵩上げ (改良体) の幅及び高さの基本設定は, 簡便に地盤高さの嵩上げが持つ受働土圧に対しての滑動抵抗力を照査し設定する。

- 地盤高さの嵩上げ底面のせん断抵抗力  
 $H_u = C \cdot B + V \cdot \tan \phi$   
 $C$  : 嵩上げ部 (改良体) の粘着力 ( $kN/m^2$ )  
 $B$  : 嵩上げ部 (改良体) の底面幅 (m)  
 $V$  : 嵩上げ部 (改良体) の重量 ( $kN/m^3$ )  
 $\phi$  : 嵩上げ部 (改良体) の内部摩擦角度 ( $^\circ$ )
- 地盤高さの嵩上げ部 (改良体) の受働圧 $H_p$   
 $H_p = 1/2 \times K_p \cdot \gamma \cdot h^2 + 2 \cdot C \cdot h$   
 $K_p$  : 嵩上げ部 (改良体) の受働土圧係数  
 $\gamma$  : 嵩上げ部 (改良体) の単位体積重量 ( $kN/m^3$ )  
 $h$  : 嵩上げ部 (改良体) の高さ (m)  
 $C$  : 嵩上げ部 (改良体) の粘着力 ( $kN/m^2$ )
- 安全率 $SF = H_u / H_p$

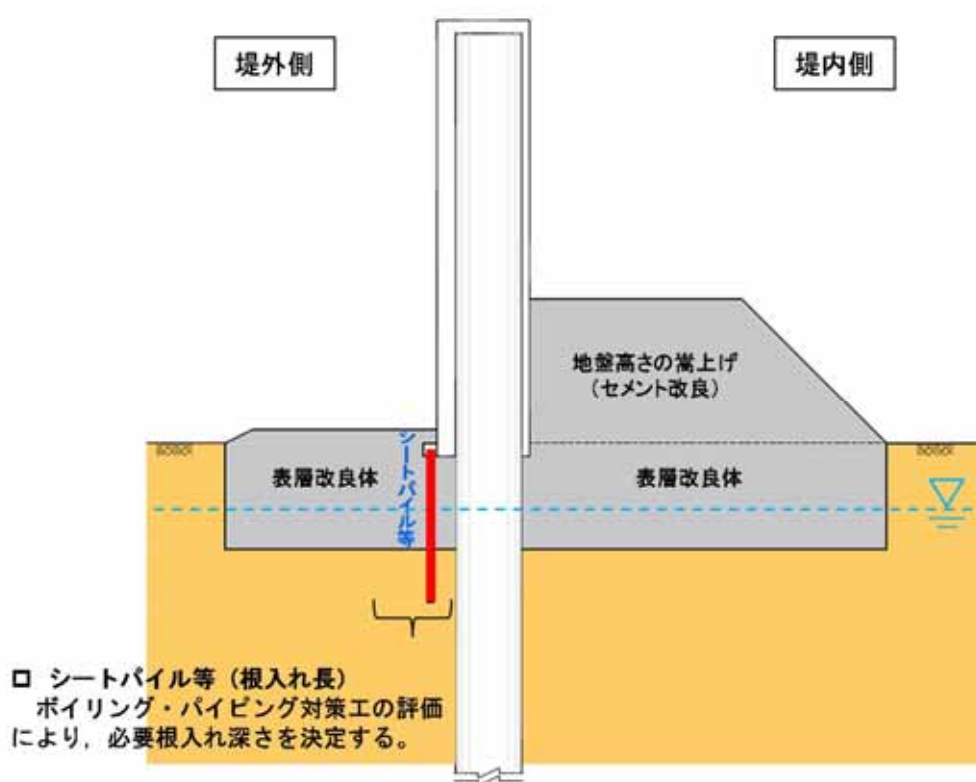


第 27 図 嵩上げ及び表層改良体の基本設定方針及び評価方針

a) ボイリング, パイピング防止対策の検討方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁には, 津波時において堤外側と堤内側の水位差による, 堤外側から堤内側への浸透圧に対して, 堤外側にシートパイル等の設置や堤内外の表層地盤改良により, 堤内側の地盤の有効重量が浸透圧よりも十分に大きくなるようにすることで, 安全性を確保する方針とする。

第 28 図にボイリング, パイピング防止対策工の概念図を示す。



第 28 図 ボイリング, パイピング防止対策工概念図

## ボーリング防止対策

津波時において防潮堤の堤外側と堤内側の水位差による堤外側から堤内側への浸透圧に対して、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、堤内側の地盤の有効重量が浸透圧よりも十分に大きくなるようにすることで、安全性を確保する方針とする

ボーリングの検討は、堤内側の土の有効重量とシートパイル先端位置に作用する平均過剰間隙水圧との比を取って下式より照査する。第 29 図にボーリング防止対策の説明図を示す。

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

ここに、

$u$  : 土止め壁先端に作用する平均過剰間隙水圧

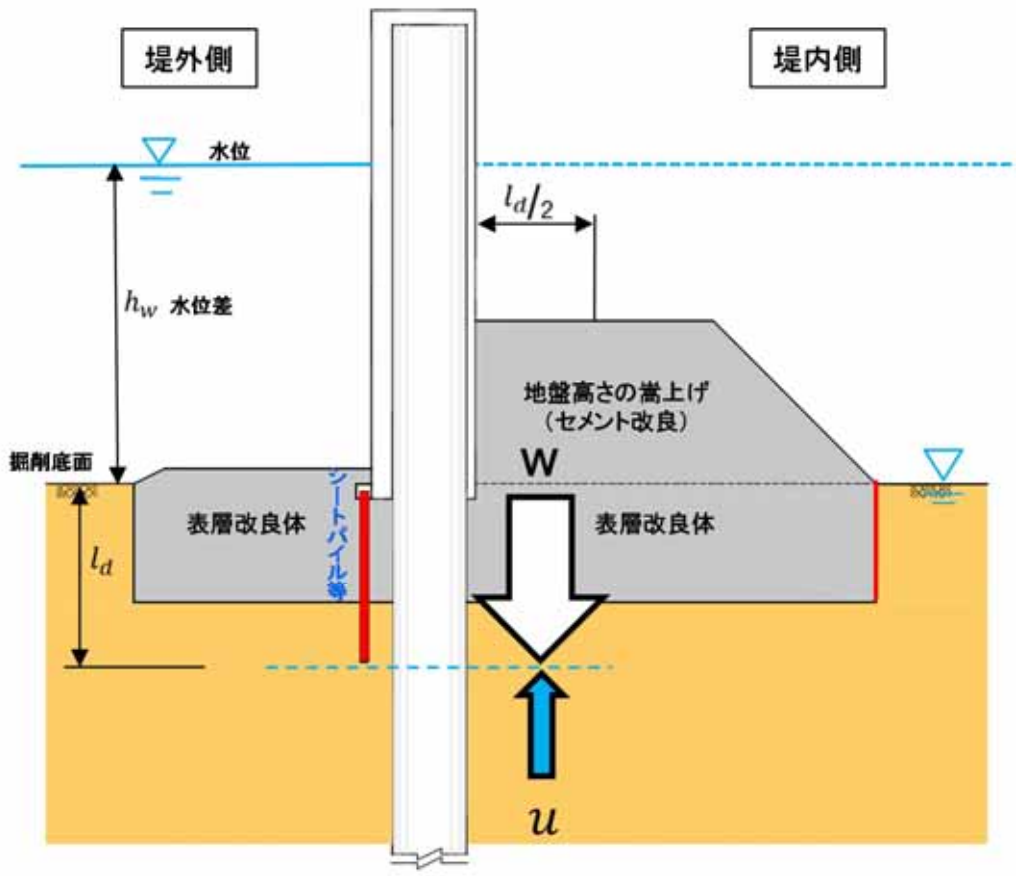
$W$  : 土の有効重量

$$W = \gamma' l_d$$

$\gamma'$  : 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( $F_s$ )は、土木学会トンネル標準示方書、開削工法編に準拠し、 $F_s$  1.5 を確保する。



第 29 図 ボイリング防止対策の説明図

## パイピング防止対策

津波時において防潮堤の堤外側と堤内側の水位差による堤外側から堤内側への浸透圧に対して、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側のシートパイプ等の設置や堤内外の表層地盤改良により、堤内側の地盤の有効重量が浸透圧よりも十分に大きくなるようにすることで、安全性を確保する方針とする。第30図にパイピング防止対策の説明図を示す。

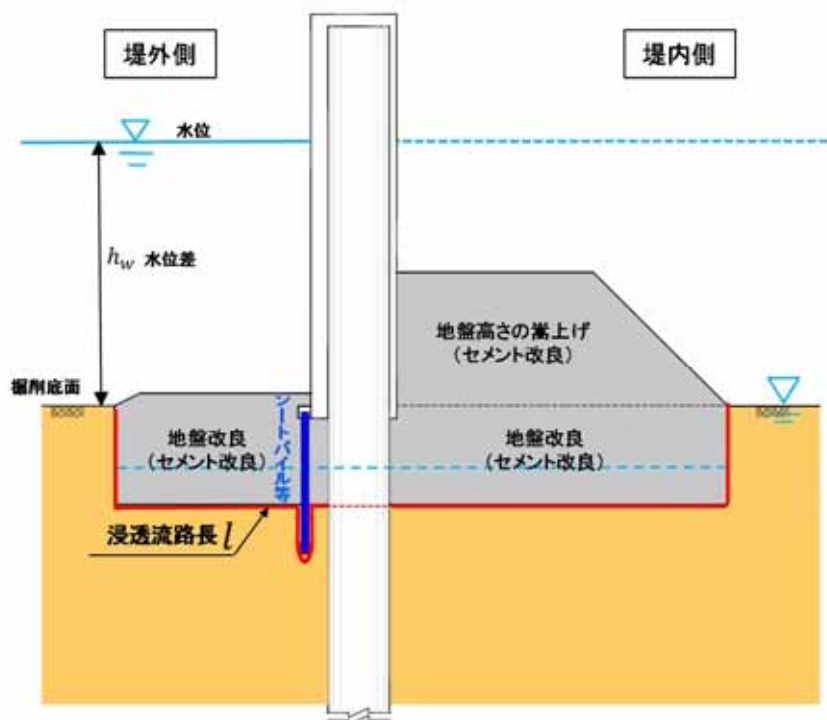
パイピングに対する検討は浸透流路長と水位差の比を考慮した下式により算出する。

$$l / h_w \quad F_s$$

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）

なお、安全率（ $F_s$ ）は、土木学会トンネル標準示方書，開削工法編に準拠し、 $F_s$  2.0を確保する。



第30図 パイピング防止対策の説明図

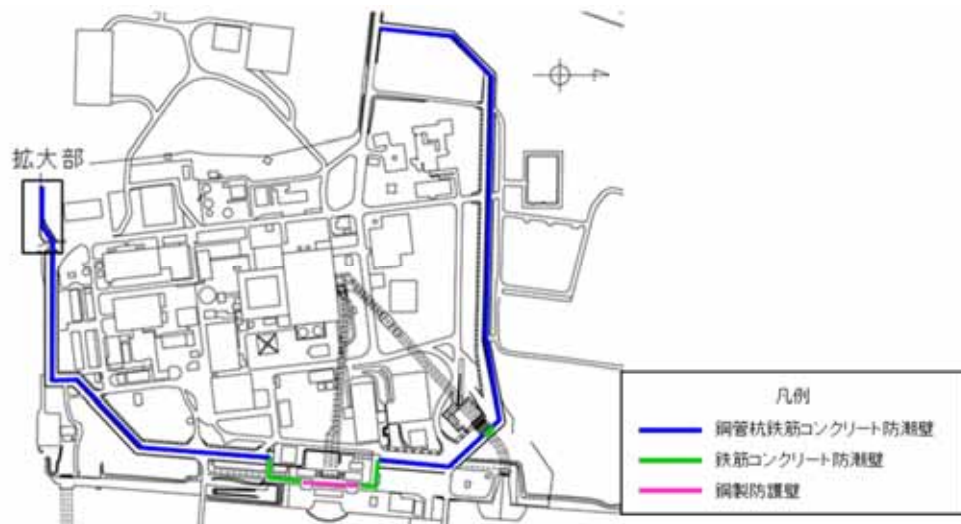


## 1 1 ) 防潮壁の地山寄り付き部における設定方針

津波に対して、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の前面の洗掘防止対策は、津波時において壁に作用する津波波圧に対して、防潮壁前面の表層地盤強度が津波波圧よりも大きくなるように、十分な安全裕度を持たせた地盤のせん断強度を確保する地盤改良強度を設定する。

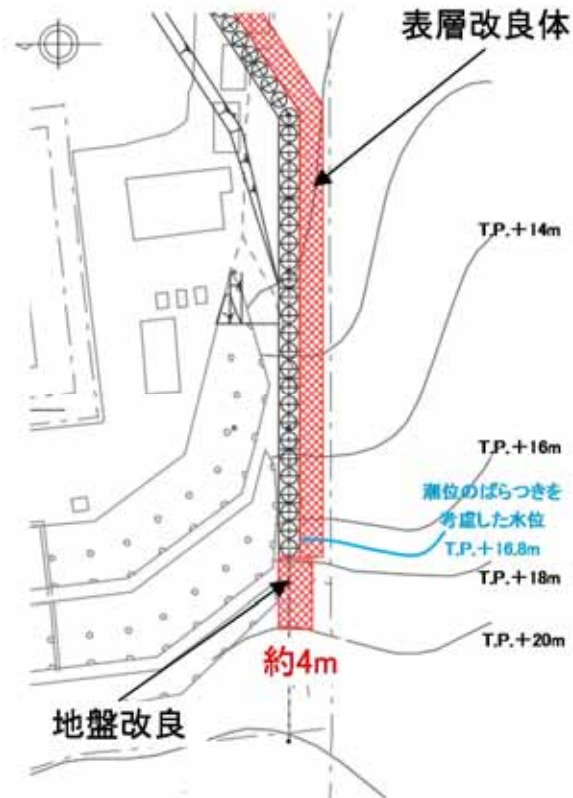
津波波圧 防潮壁前面の表層地盤せん断強度

また、敷地南西部においては、防潮堤が南側丘陵地に寄り付くことから、津波遡上解析結果により、寄り付き部には津波が到達しないことを確認しているが、洗掘防止対策として、寄り付き部の範囲を地盤改良する。地盤改良の対象は、du 層、D1g-1 層とし、防潮堤の天端である T.P. + 18m に余裕を持たせて T.P. + 20m までの範囲を対象とする。また、地盤改良幅は、隣接する防潮壁の幅に余裕を持たせて 4m とし、縦断方向の改良範囲は地山高さに合わせて適切に設定する。防潮壁寄り付き部の平面図を第 31 図、第 32 図に、断面図を第 33 図に示す。

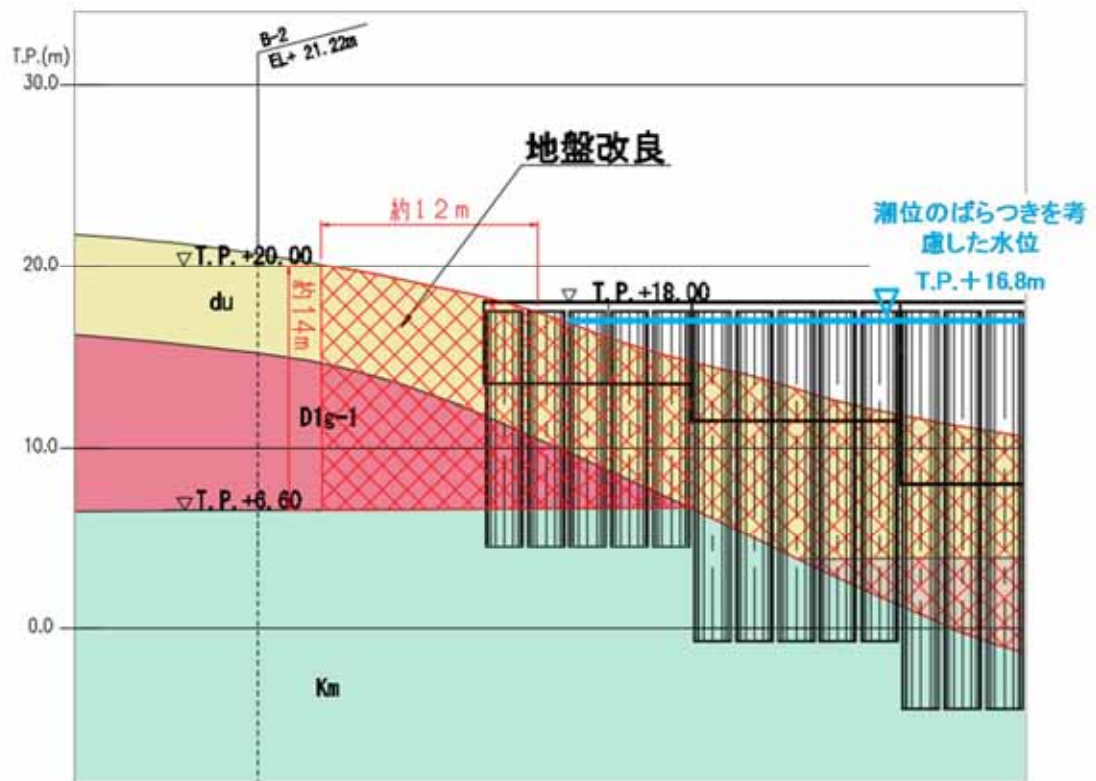


第 31 図 防潮壁全体平面図





第 32 図 防潮壁寄り付き部拡大平面図



第 33 図 防潮壁寄り付き部断面図

## 1 2 ) 防潮壁底部の地盤根入れ長の設定方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の堤外側，堤内側には表層地盤改良を実施しているため，地震による表層地盤の沈下は軽微であると判断するが，保守的に地下水位を原地表面高さとした有効応力解析により残留沈下量を算出する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，底部を地盤に十分に根入れすることで，津波による下部からの浸水を確実に防護する構造とする。

防潮壁底部の地盤根入れ長が，地震時に生じる地盤面の沈下量以上であることを確認する。第 34 図に地震に伴う防潮壁の地表面沈下量算定に関する概念図を示す。

### 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁底部の地盤根入れ長

$$> \text{地震による地盤面沈下量} = \quad + \quad +$$

なお，考慮する地震時の沈下量は，以下の沈下量とする。

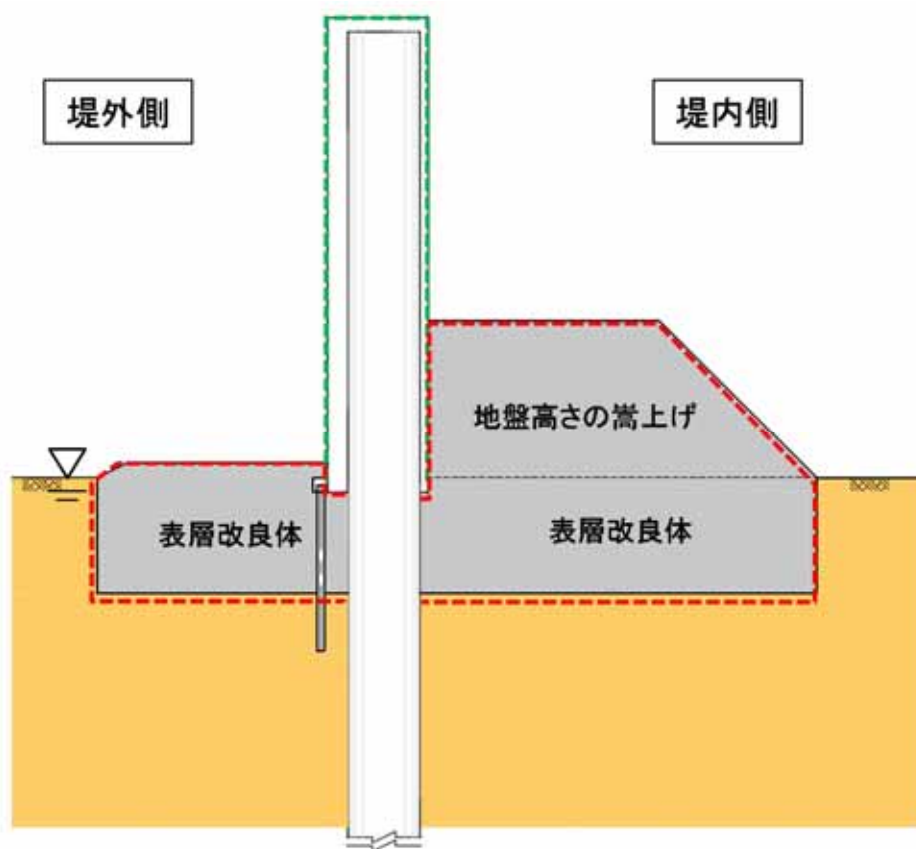
不飽和土層の揺すり込み沈下量

有効応力解析により算出した残留沈下量

過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量

揺すり込み沈下量は，「鉄道構造物等設計標準・同解説，土構造編（平成 25 年編），耐震設計編（平成 24 年改編）」に準じて算出する。

また，有効応力解析結果より求められる防潮壁堤外側地盤の残留鉛直変位量及び液状化検討対象層のせん断ひずみから算定される地層ごとの過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量を算出する。

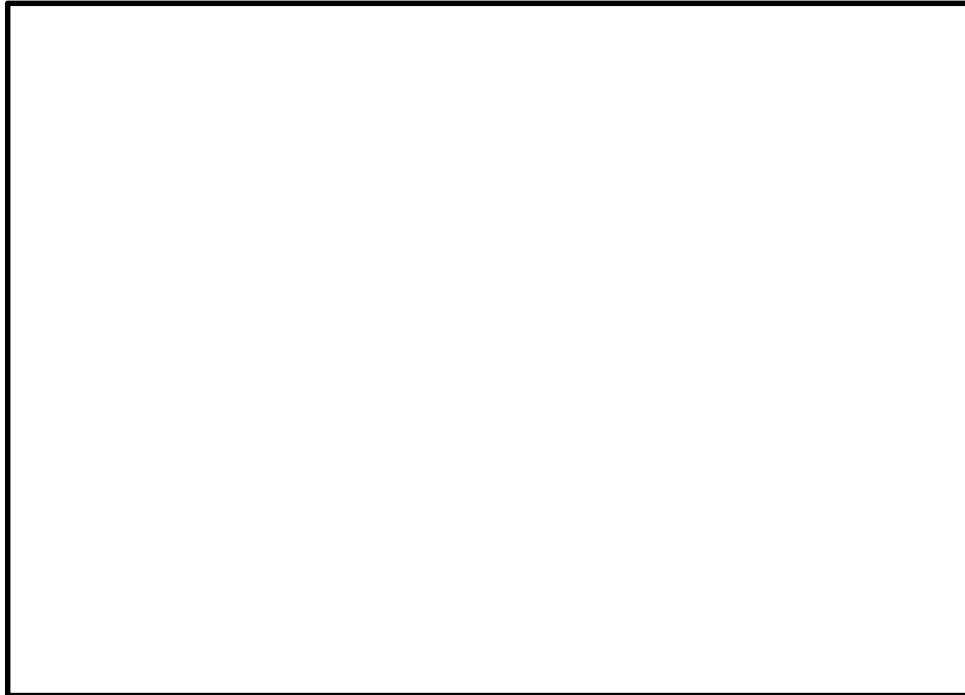


第 34 図 地震に伴う防潮壁の地表面沈下量算定に関する概念図

### 1 3 ) 構内排水路と防潮壁の交差部の設計方針

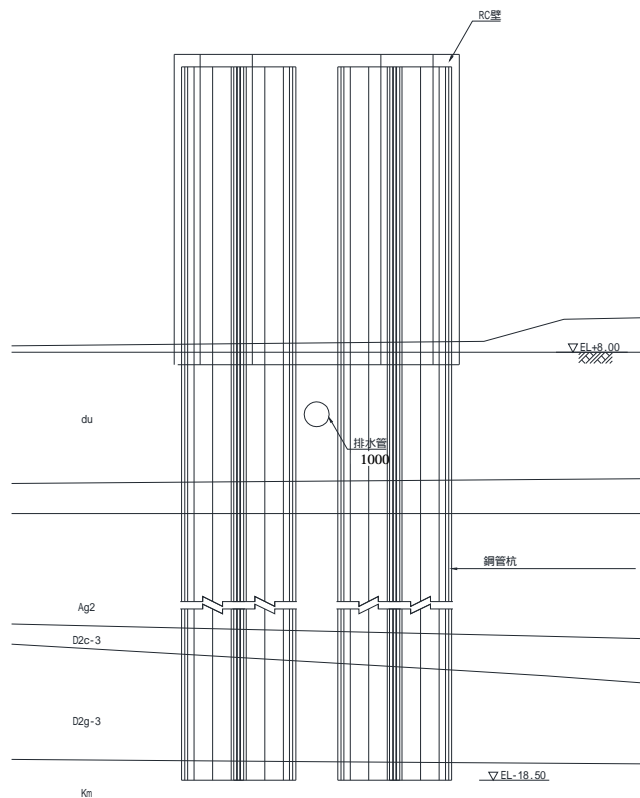
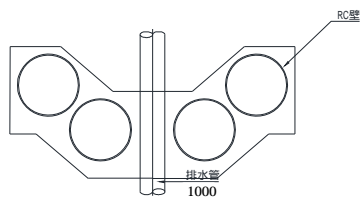
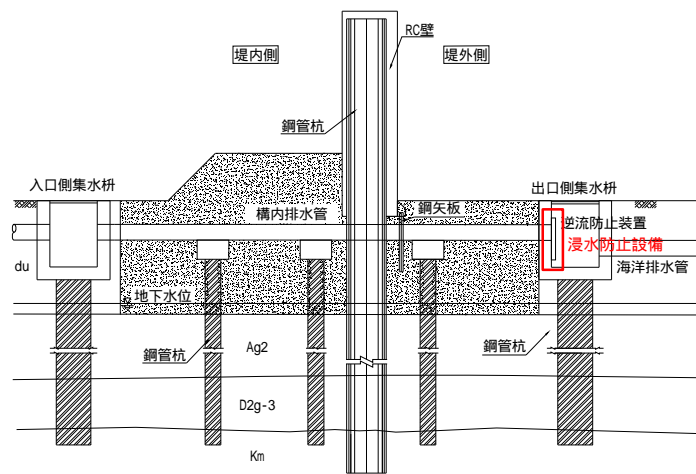
防潮堤内の降雨等を想定した構内排水路については、第 35 図に示すとおり、複数箇所では防潮壁を横断して設置される。

構内排水路は直径 1m の鋼製の管路であり、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁はこれを跨いで設置する。



第 35 図 構内排水路設置位置図

構内排水路交差部の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の鋼管杭は第 36 図に示す通り杭を一部重ねて配置した構造とする。

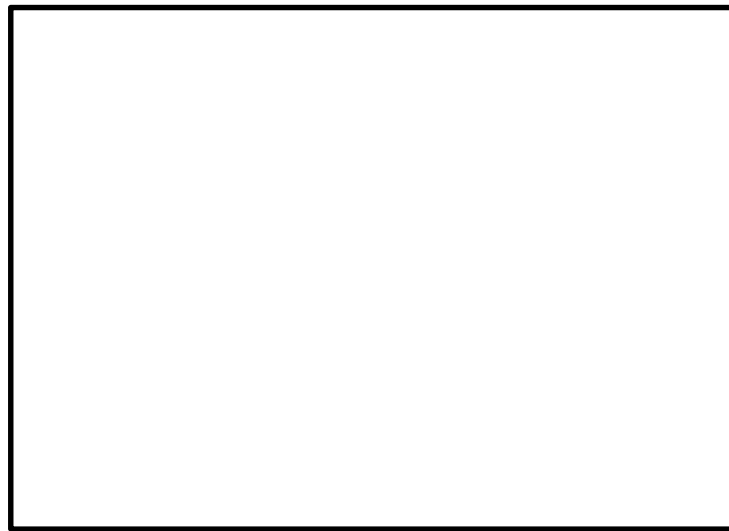


第 36 図 構内排水路と鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁  
との交差部断面図

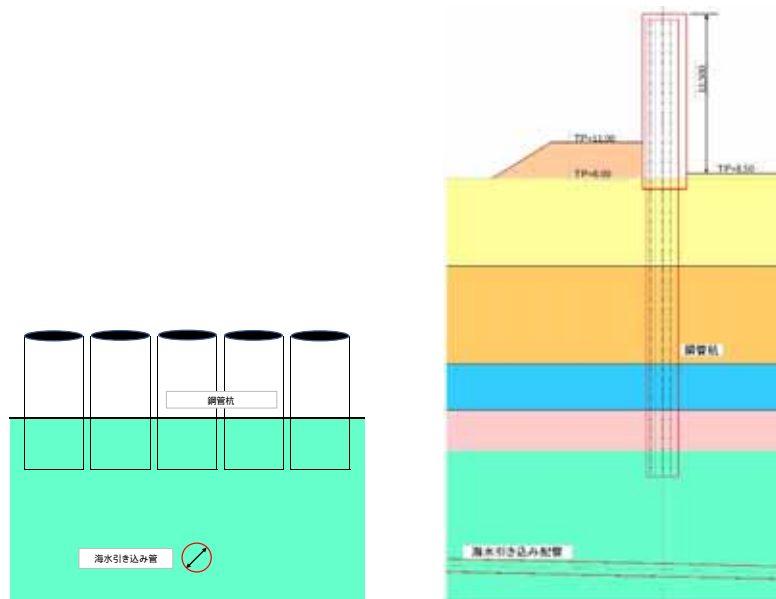
#### 1 4 ) 海水引込み管と防潮壁の交差部の設定方針

海水引込み管は、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も深い深度に設置される。第 36 図に海水引込み管の位置図を、第 37 図に交差部の断面イメージ図を示す。

鋼管杭の先端と海水引き込み管の天端の離隔距離は、『トンネル標準示方書 シールド工法編』を参考に、地震時応答解析に基づいた確認を行った後、安全な離隔距離を設定する。



第 37 図 海水引込み管位置図



第 37 図 海水引込み管と鋼管杭の交差部断面イメージ図

15) 東海発電所の取・放水路と防潮壁の交差部の設定方針

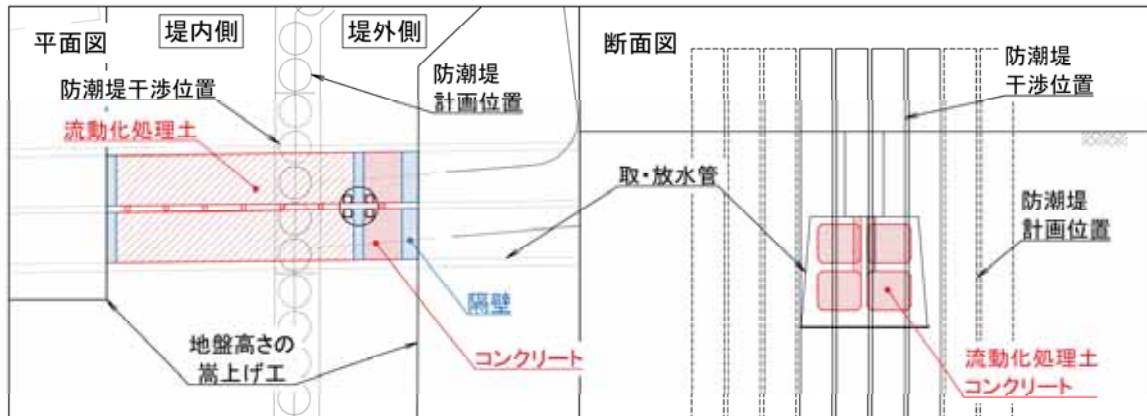
東海発電所 取・放水路は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の南東部で交差する。第38図に東海発電所 取水路・放水路と防潮堤の交差位置図を示す。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と干渉する取水路・放水路の範囲は、基本的に撤去する。防潮堤の鋼管杭を設置する範囲の前後においては、鉄筋コンクリートによる隔壁を設置して止水措置を行うこととする。また、取・放水路の内空は、流動化処理土等による埋め戻しを行うと共に地盤高さの嵩上げによる上載荷重を支える構造とし、海側においてはコンクリートを充填した止水措置とする。防潮壁横断部の取水路・放水路止水対策イメージ図を第39図に示す。

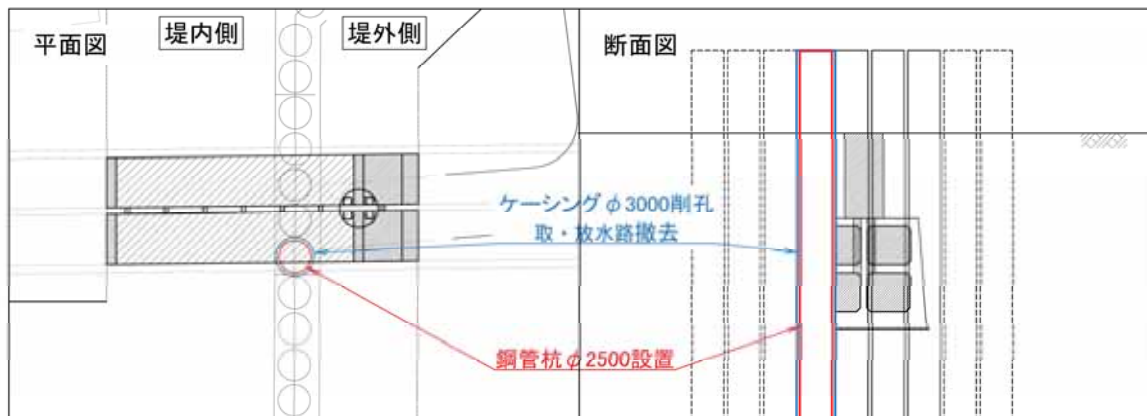


第38図 東海発電所 取・放水路交差部位置図

【STEP①】コンクリートおよび流動化処理土充填



【STEP②】ケーシング削孔～取・放水路撤去～鋼管杭設置



第 39 図 防潮壁横断部の取水路・放水路止水対策イメージ図



## 16) 構造物評価における地下水位の設定方針

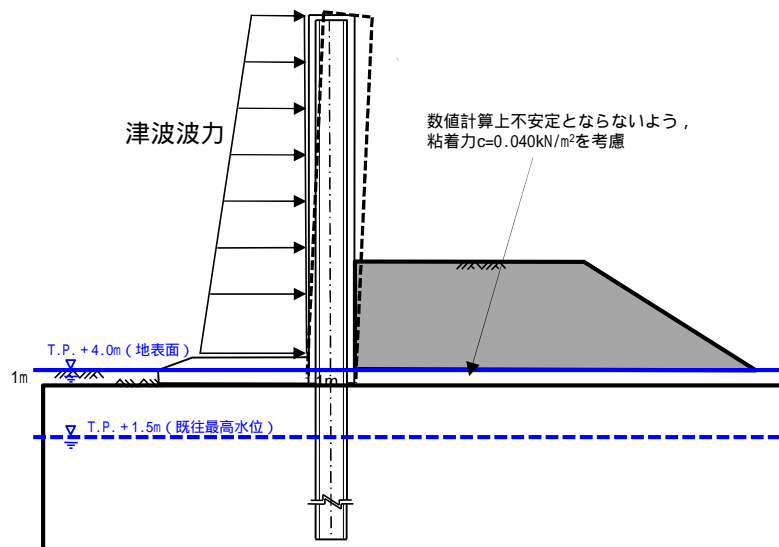
防潮堤の堤内側の水位については、洗掘防止等の目的で設置される表層部の地盤改良体により上昇する可能性が想定される。

このため、構造物評価時の地下水位は、保守的に地表面に設定することとする。

ただし、有効応力解析での評価では、地表面まで水要素を配置させると数値解析上不安定とならないよう、地表面から 1m 範囲にはわずかな粘性を考慮できるように全応力要素を設定する（粘着力  $c$  の設定は、平均 -1 残留強度物性とする）。

解析評価断面位置図を第 40 図に、地震時、津波時、余震 + 津波（重畳時）における地下水位の設定図を第 62 図に示す。

解析評価断面位置における地下水位は T.P. + 1.5m（地表面 T.P. + 4m）であり、地下水位 1.5m 水位が上昇したこととなる（浸透流解析では、鋼管杭の間隔が 0.3m であった場合でも地下水位が 0.2m 上昇する結果を得ているため、十分に保守的な設定である）。



第 40 図 地下水位の設定図

## 2. 施工実績（本設杭構造）

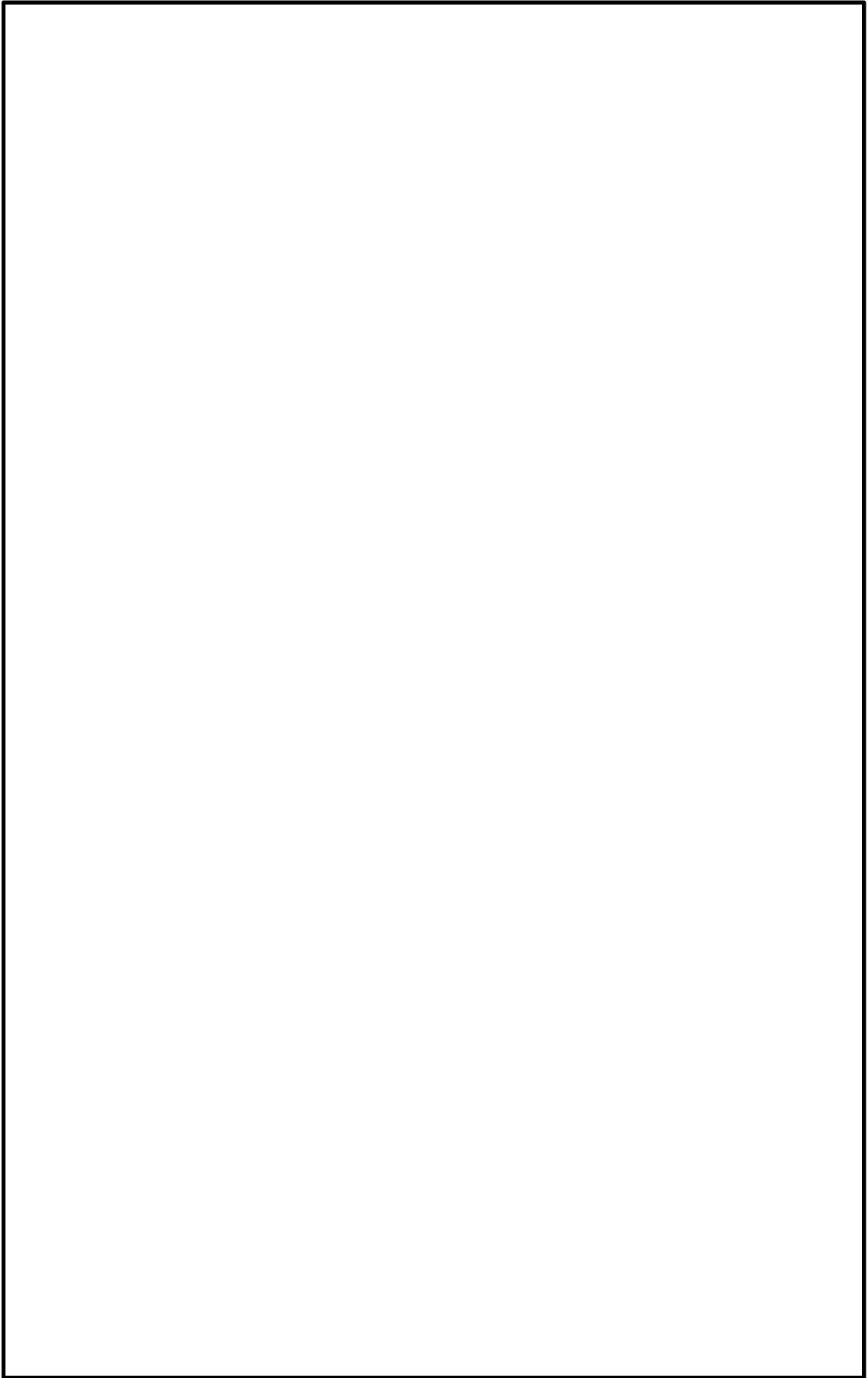
杭の最小中心間隔が2.5D未満であり，かつ一列配置とした本設構造物の実績について調査した結果を第7表に，施工事例写真を第41図に示す。

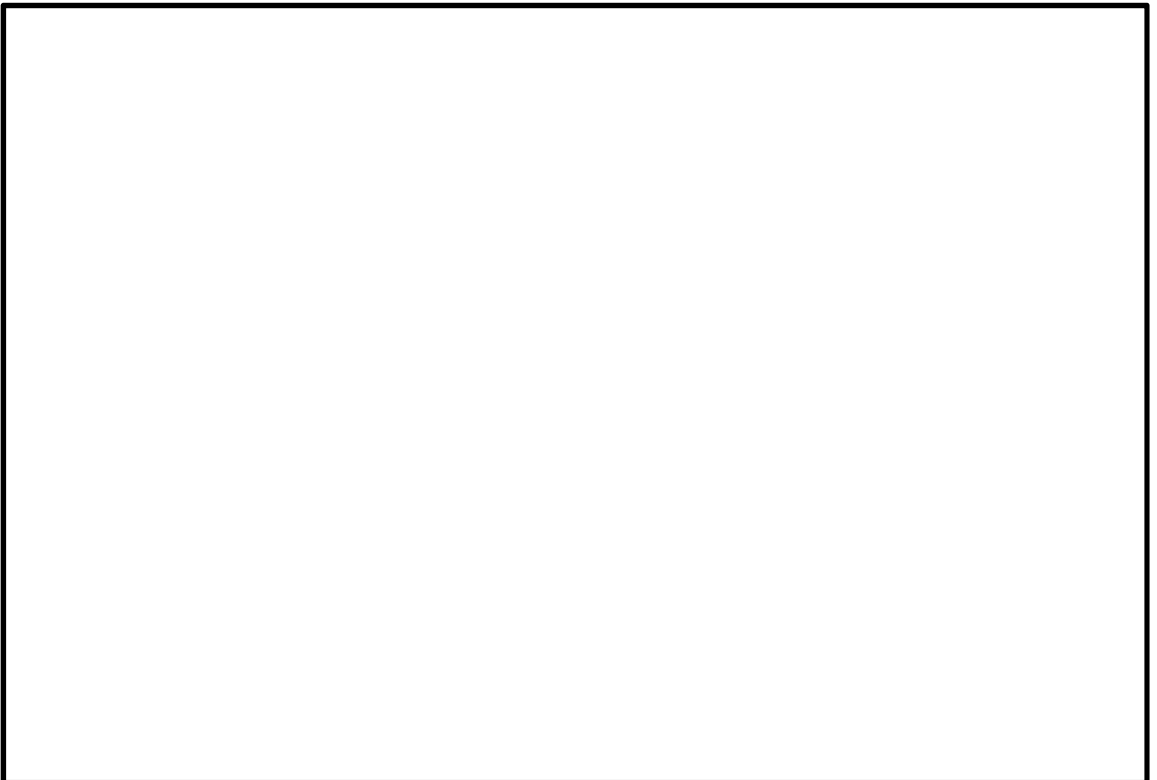
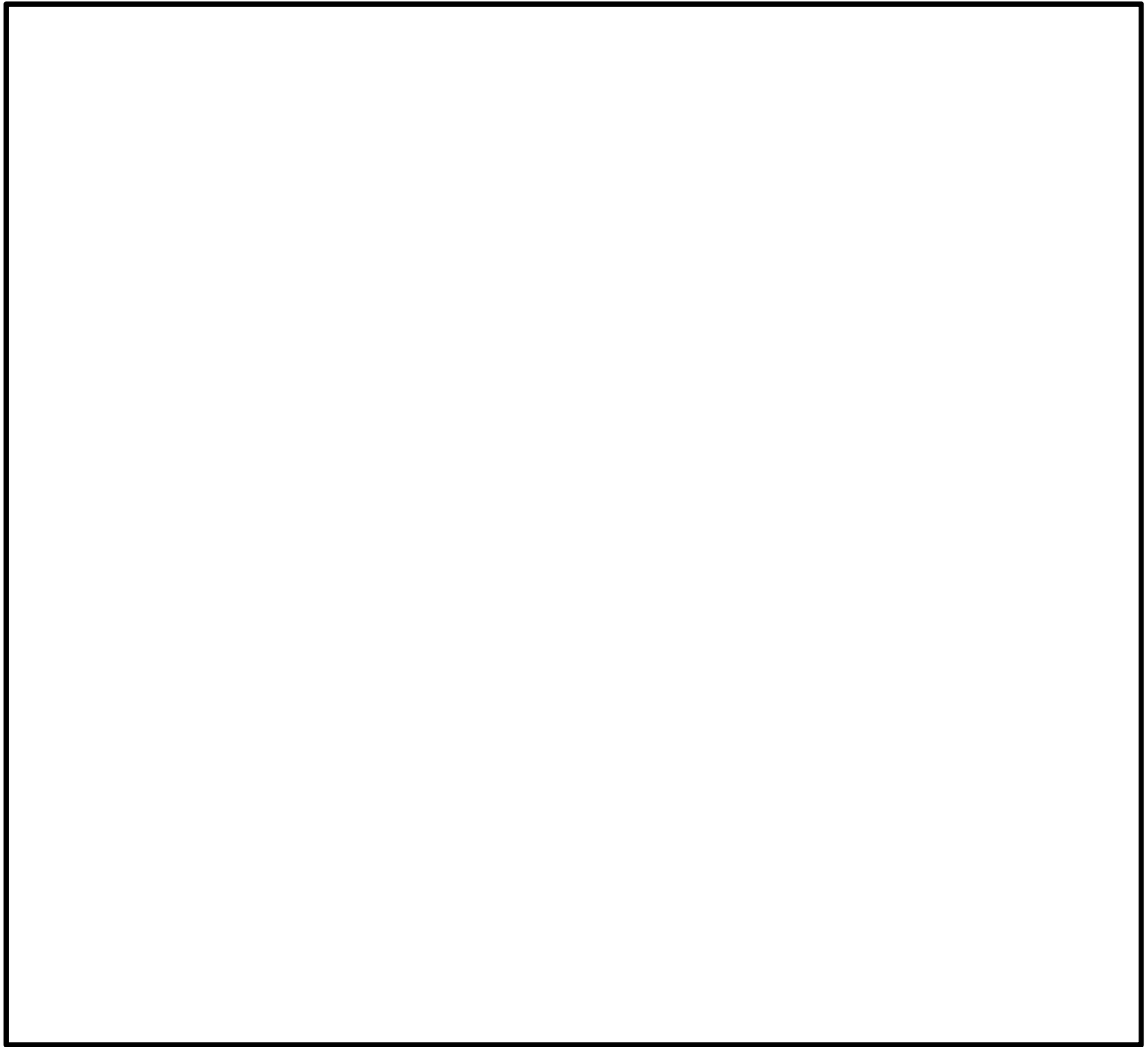
第7表 一列杭の本設構造物の実績

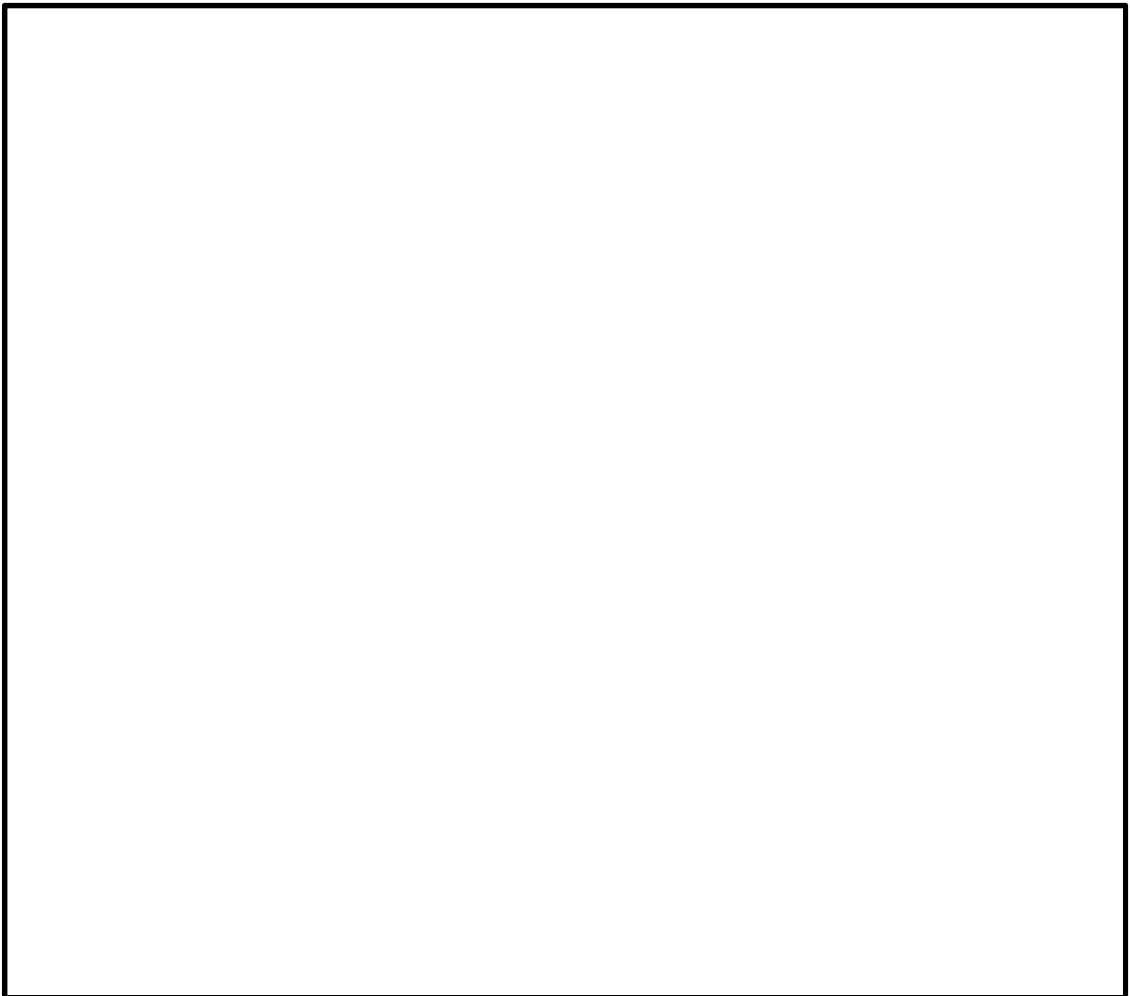
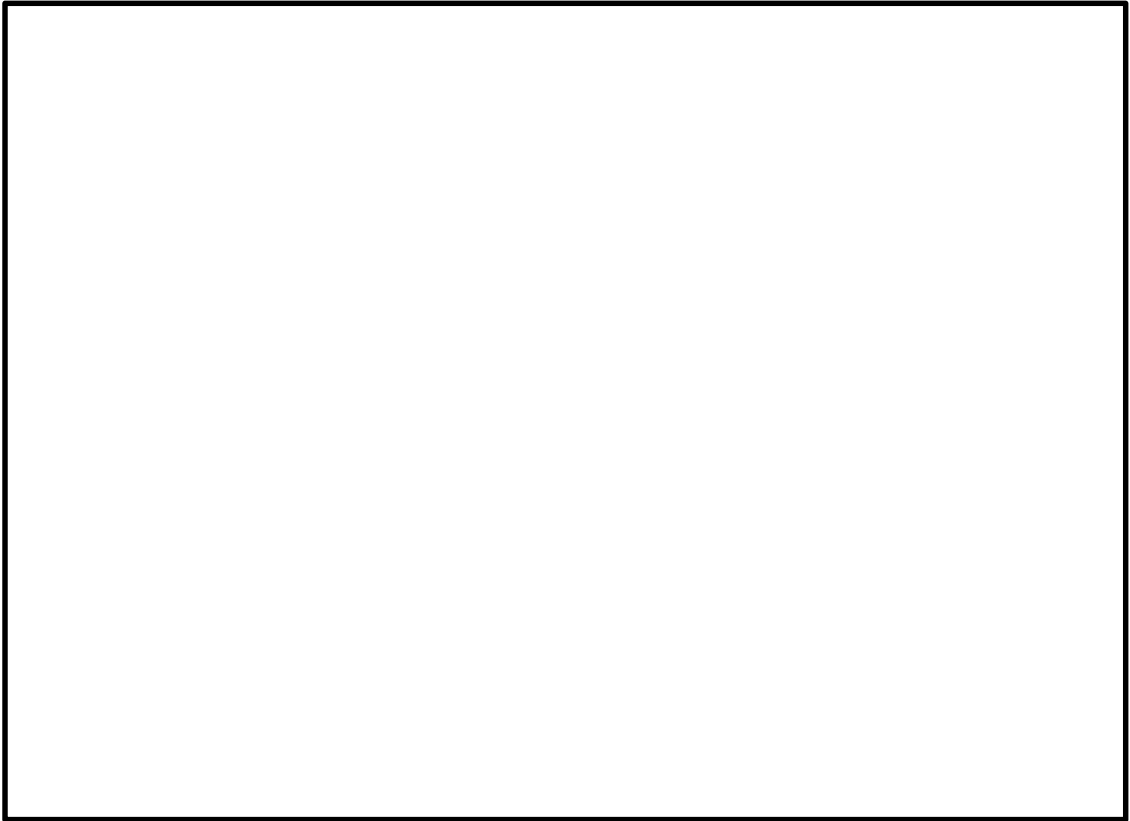
工事区分	件数			計
	国土交通省等	都道府県	民間 (高速道路, 鉄道, ガス等)	
河川護岸	10件	115件	1件	126件
海岸岸壁	39件	47件	1件	87件
道路（高速道路, 橋梁, トンネル等）	13件	55件	26件	94件
造成 (擁壁, 法面, 改良等)	2件	8件	3件	13件
その他	2件	5件	7件	14件

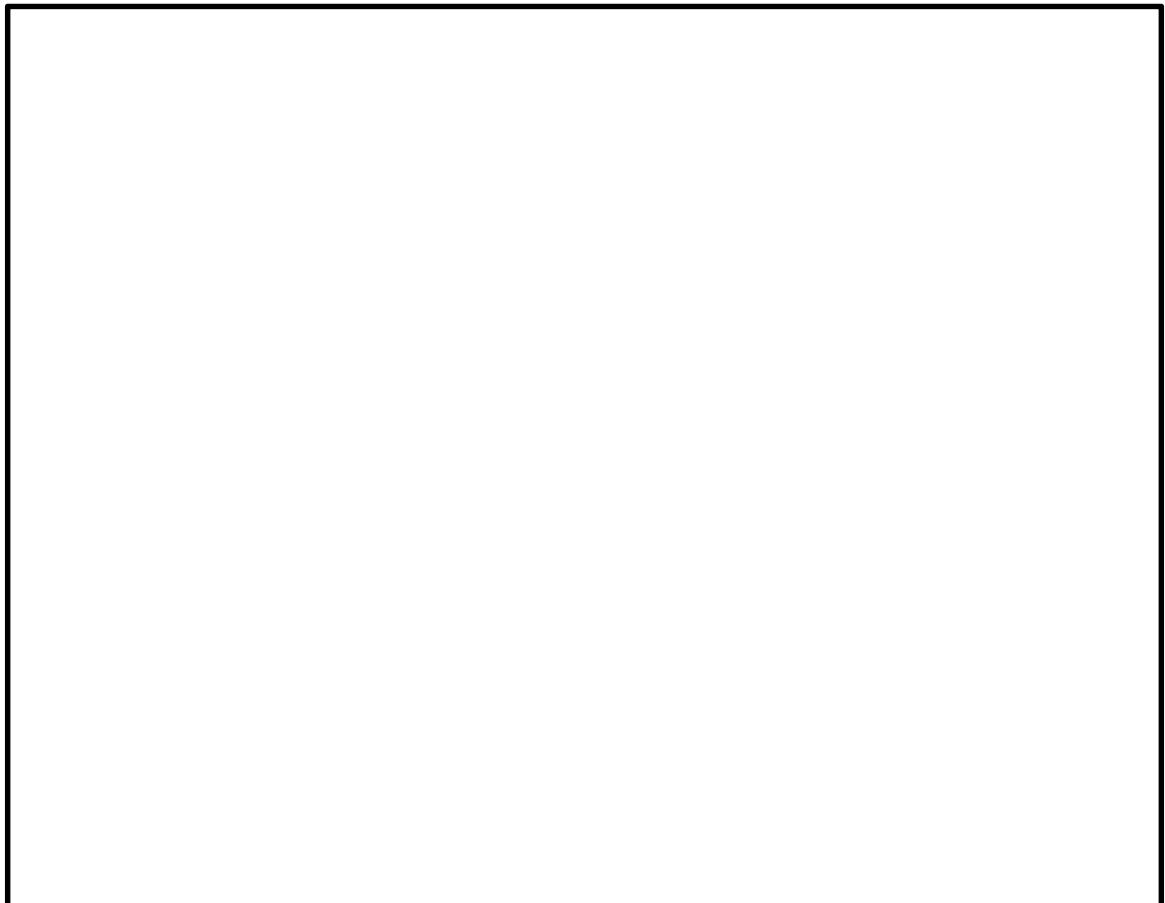
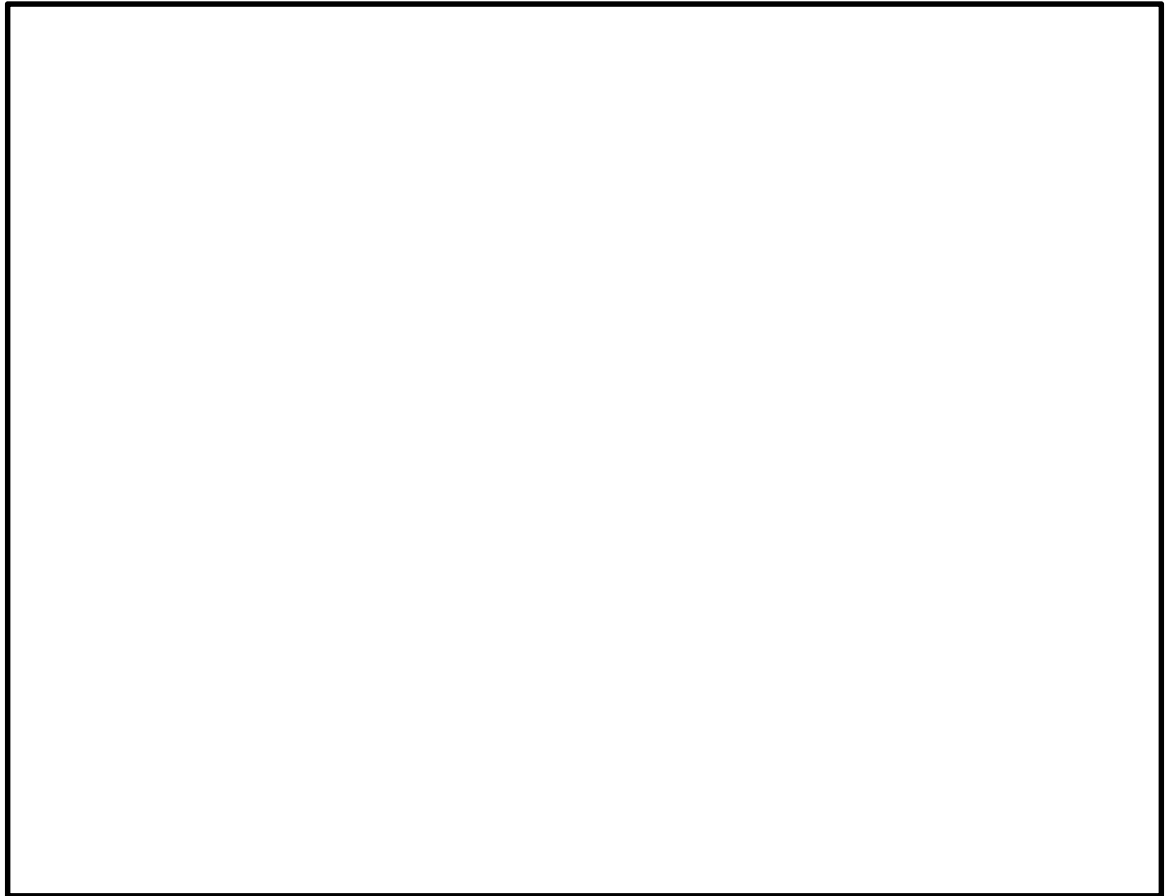
(2017年6月 日本原子力発電(株)調査)

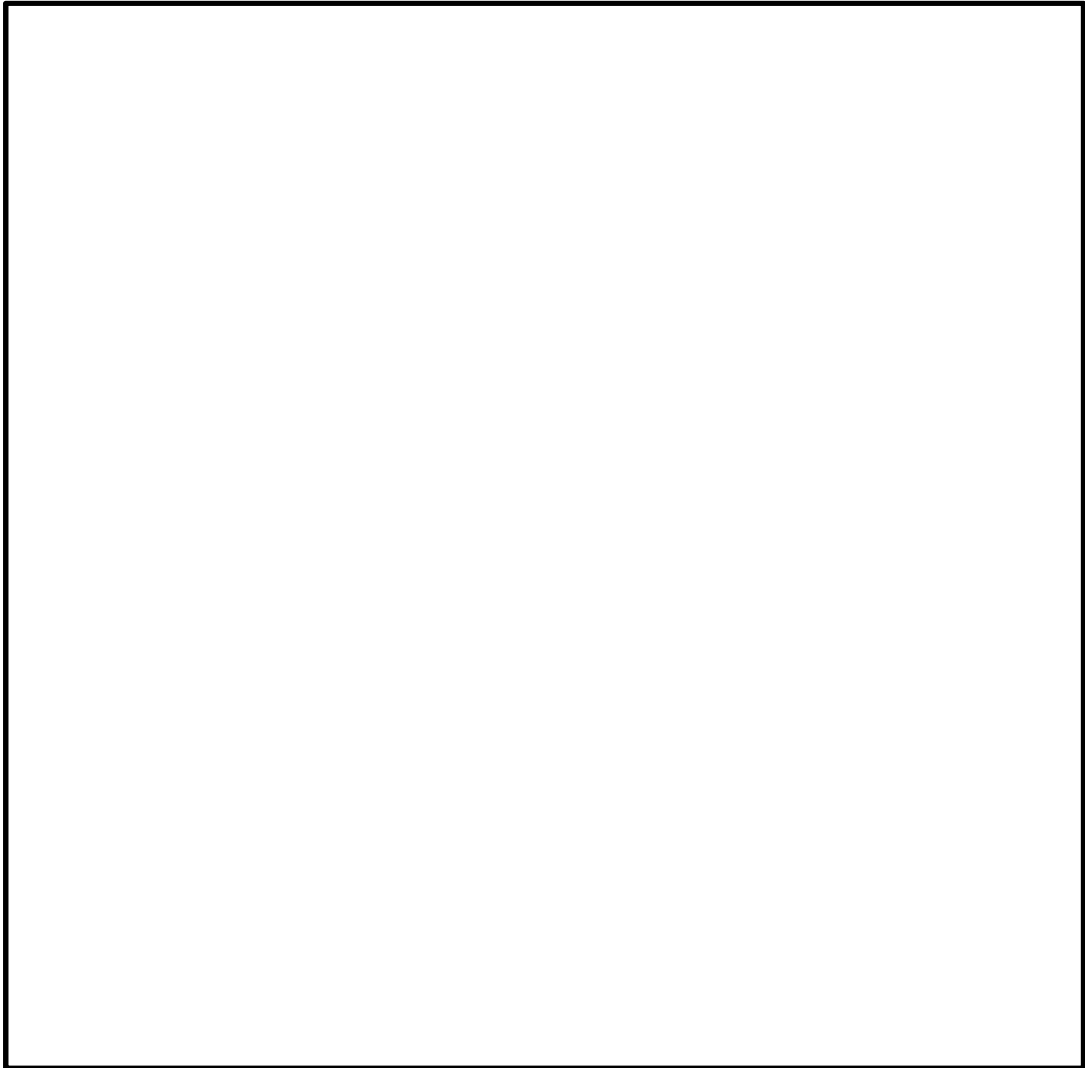
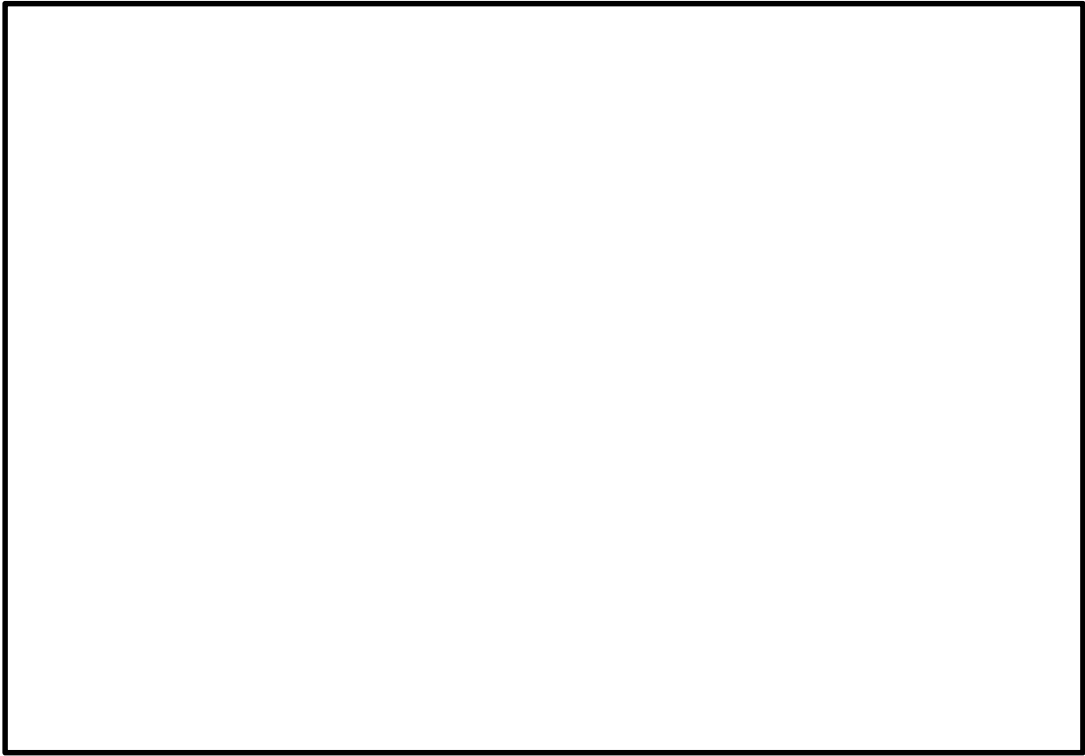


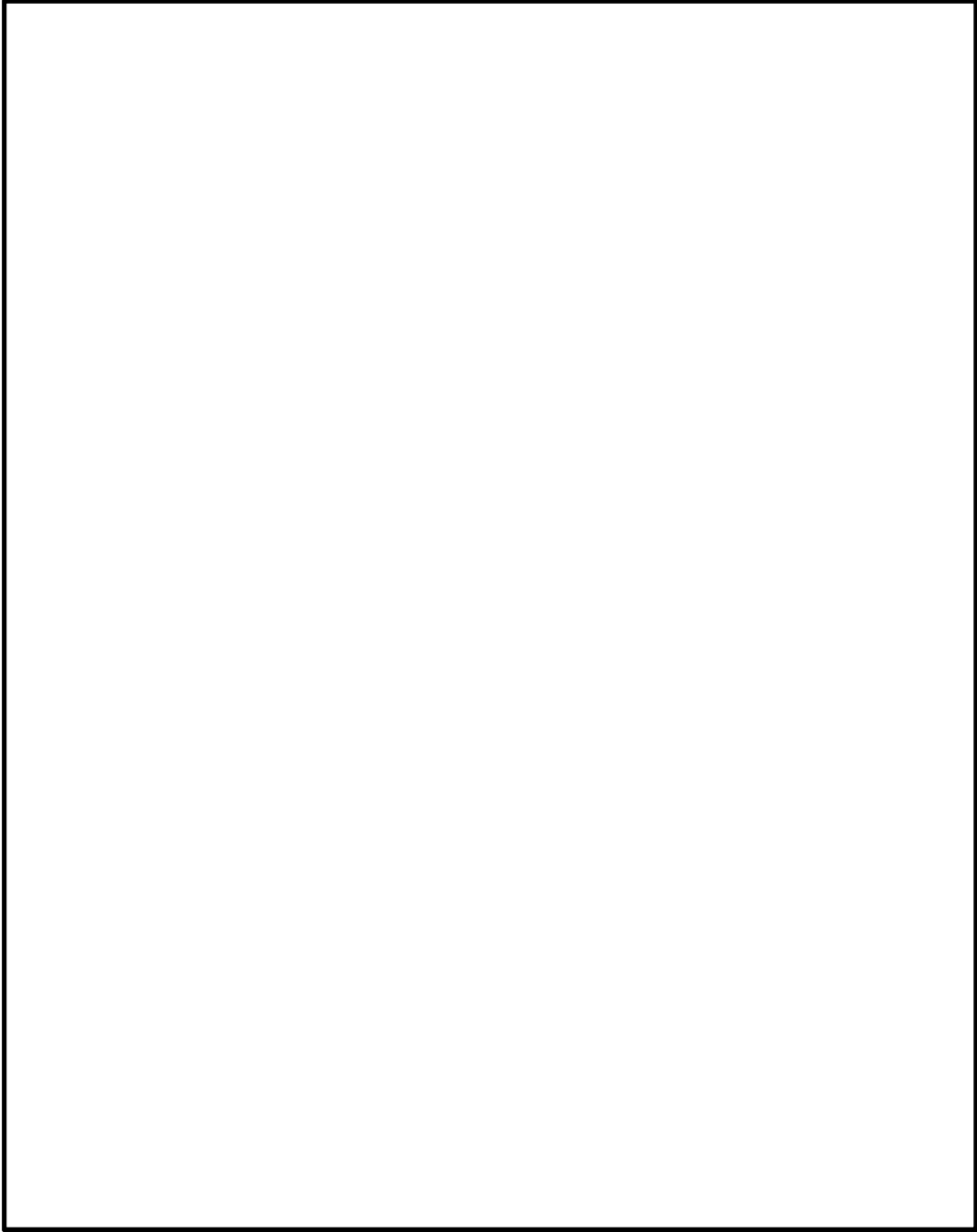




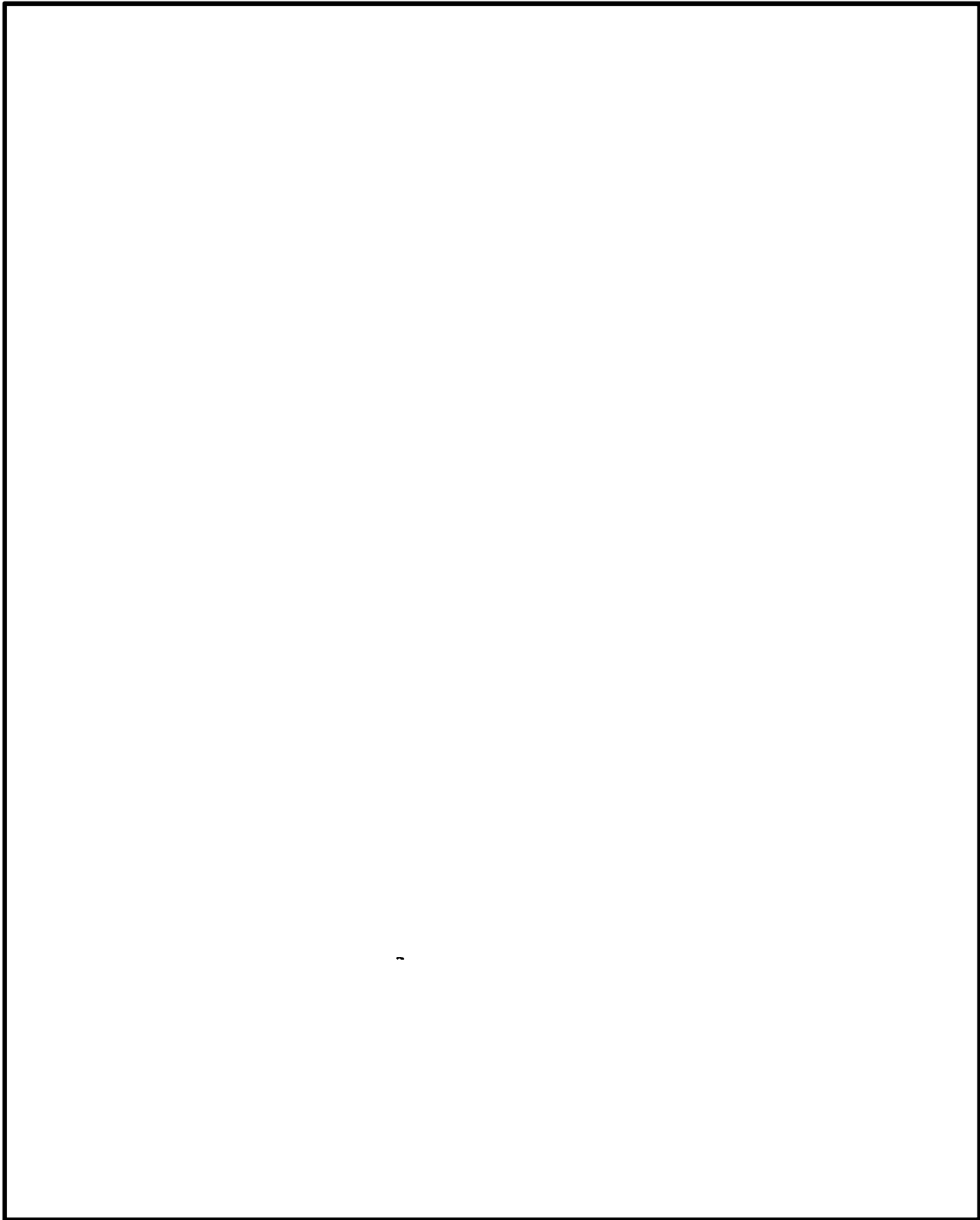












なお、これら施工実績の中で、設計情報が確認できたものについては、土圧算定や地盤反力係数の算定、液状化の判定など随所にわたって道路橋示方書が引用されていることを確認した。

## 防潮扉の設計と運用等について

### 1. はじめに

防潮扉は津波防護施設として設置し，防潮堤と同様に基準津波による敷地への流入を防止する。防潮扉の設置箇所は敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力開発機構境界及び海水ポンプエリアであり，それぞれ各 1 箇所ずつ合計 2 箇所設置し，アクセスのために設置する。第1図に防潮扉の設置位置，第2図に防潮堤の構造を示す。

防潮扉の運用は常時閉運用とするが災害発生時に必要時に開閉操作を実施する場合を考慮して，防潮扉の設計と運用に関する方針について説明する。

### 2. 防潮扉の設計について

#### (1) 基本設計方針

防潮扉は津波防護施設として，敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力開発機構境界及び海水ポンプエリアに設置することで計画している。

防潮扉は原則閉運用であるため，開閉操作を行う場合は中央制御室から遠隔操作できるようにし，操作は中央制御室と現地を選択できるように設計する。また，開閉の際には現場管理員を配置し現場の安全を十分に確保するとともに，万が一の場合には，現地管理員が現地にて閉操作が可能な設計にする。

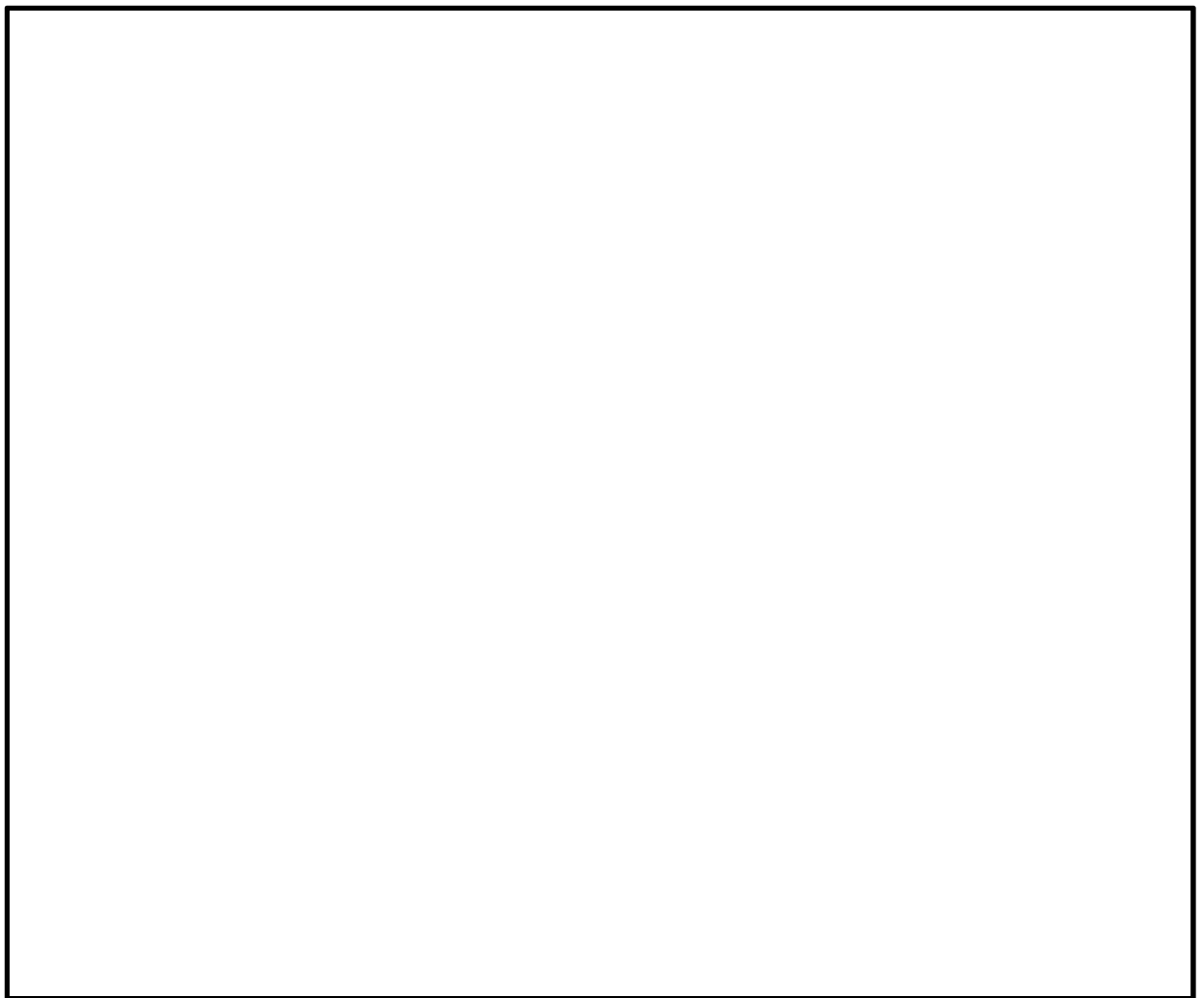
そのため，駆動方式は多重性を持たせ「電動駆動式」と「機械式」とし，電動駆動式に用いる電源は常用電源より供給し，電源がない場合には，電源を必要とせずに現地より閉操作できるように機械式を採用してい


る。防潮扉に係る適用規格を以下に示す。

< 適用規格 >

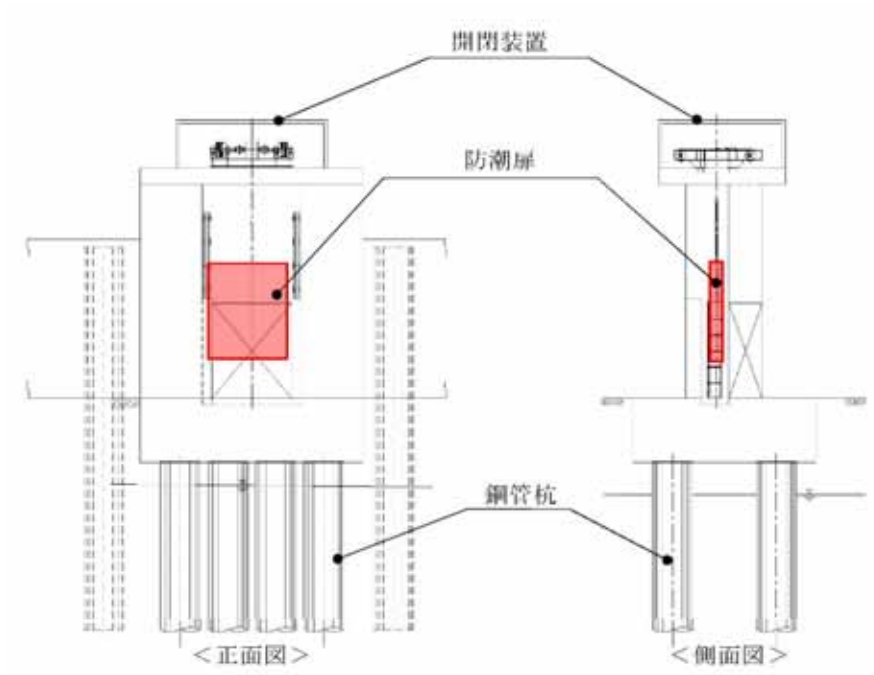
水門鉄管技術基準

ダム・堰施設技術基準

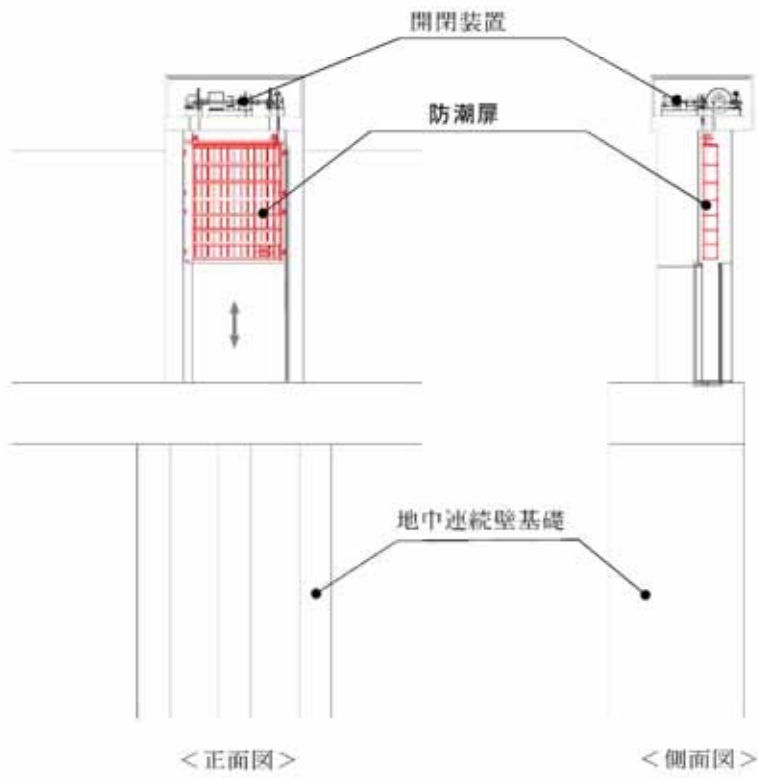


 : 防潮扉設置位置

第 1 図 防潮扉の設置位置（ 2 箇所）



敷地南側境界部防潮扉



海水ポンプエリア防潮扉

第2図 防潮扉の構造

## (2)耐震設計方針

防潮扉本体（扉体），開閉装置については津波防護施設としての耐震Sクラスの要求から，基準地震動 $S_s$ による地震動を考慮して設計する。

構造物と地盤との動的相互作用を考慮した2次元動的有効応力解析コード（FLIP）を用いて水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析を行う。

防潮扉の閉止操作に支障を来すことがないように，各部材が弾性範囲内に収まるよう設計する。

なお，開閉装置の主要な部分については，構造設計として弾性範囲内にて設計を実施するが，地震における動的機能維持を確認する観点より，閉動作が確実に動作することを確認するため，振動試験を実施し健全性を担保する。

## (3)耐津波設計

防潮扉の遮水機能として扉体の4辺の水密ゴムを設置しシール機能を確認し，敷地への浸水を防止する構造とし，防潮堤のルート上の陸域に設置することから基準津波の遡上波による波力に耐える構造設計を行う。採用実績を第1表に示す。

防潮扉の水密性は，ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）の漏水試験の算出式に準じて求める。漏えい試験装置を用いた漏えい試験を実施し水密ゴムの機能を確認するとともに，ダム・堰施設技術基準（案）の検査内容に準じた検査を実施し水密性を確保していく。漏水試験の算出式及び第2表水密面に係る検査内容を示す。また，漏えい試験の結果は，添付資料2 1 8）止水ジョイント部（底部止水機構）に記載している。

< 採用実績 >

防潮扉に設置する扉体のスライドゲートの採用実績は多く信頼性は高い。第1表にスライドゲート採用実績を示す。



第1表 スライドゲートの採用実績  
(A社製 2017年8月)

< 漏水量の算出式 >

$$W = 10.2 L \times P$$

W : 漏水量 (ml/min)

P : 設計圧力 (MPa)

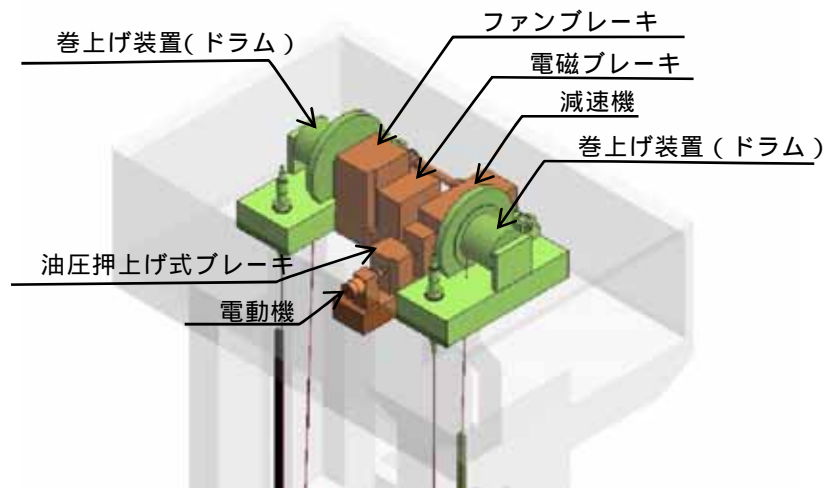
L : 長辺の長さ (cm)

	検査内容	測定または確認方法
寸法	水密面の鉛直度, 水平度	基準線からの変位を鋼製直尺で測定する。
	水密面の平面度	直定規, すきまゲージで測定する
外観	水密ゴムと水密面の当たり状態	すきまゲージを用いて確認する。
	部材相互の取合いと密着具合	目視により部材の取付け位置を確認する。

第2表 水密面に係る検査内容 (抜粋)

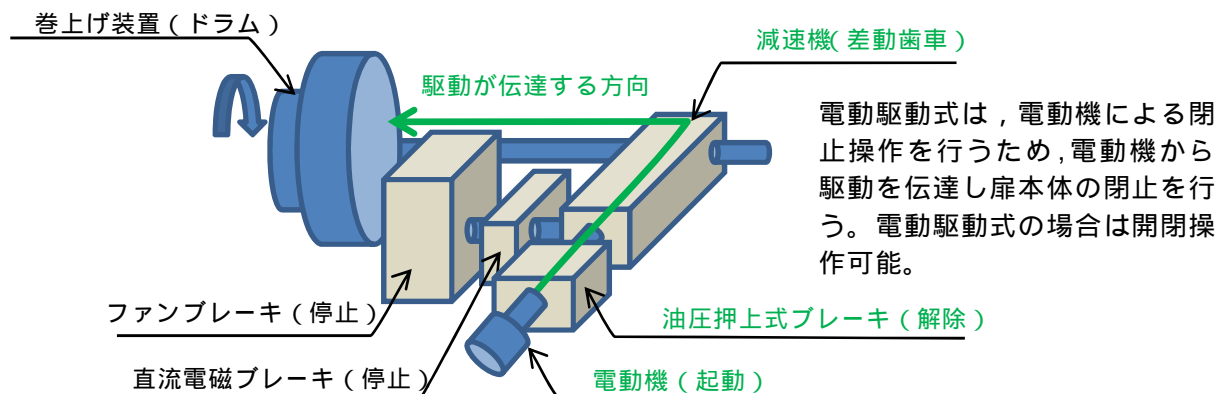
#### (4)開閉装置の構造設計について

開閉装置の駆動方法は電動機による「電動駆動式」とファンブレーキによる「機械式」の2つの構造がある。第3図～第5図に開閉装置の構造及び動作原理について示す。第3図に開閉装置の構成を示す。



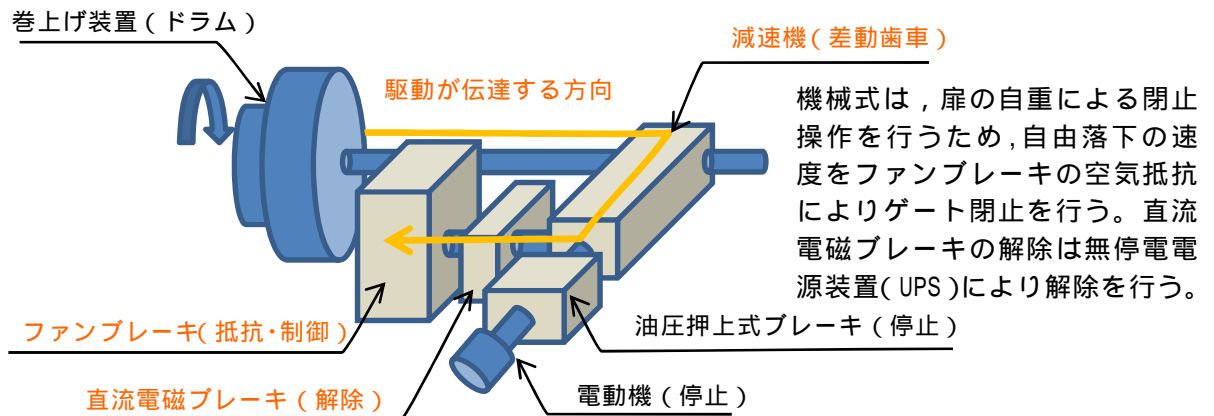
第3図 開閉装置の構成

電動駆動式は 電動機を駆動，油圧押し上げ式ブレーキを解除，減速機，巻き上げ装置を經由し防潮扉を閉止させる構造である。電動駆動式は開閉操作が可能である。(第4図参照)



第4図 電動駆動式の構造及び動作原理(開閉操作可能)

機械式は、直流電磁ブレーキを解除、巻き上げ装置に引き上げられている放水路ゲートの自重による落下、ファンブレーキによる落下速度の制御により放水路ゲートを閉止させる機械的な構造である。機械式は電動駆動用の電源を必要とせず、直流電磁ブレーキを解除できるよう無停電電源装置（UPS）を設置している。機械式は閉操作のみ可能である。



第 5 図 機械式の構造及び動作原理（閉操作のみ）



## (5)開閉装置の振動試験について

### a．試験目的

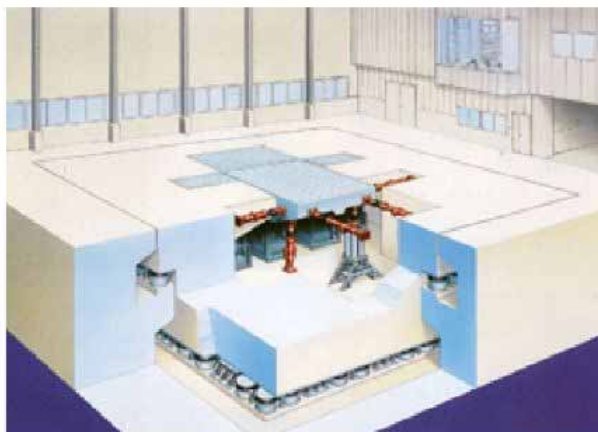
開閉装置の成立性確認のため，基準地震動  $S_s$  の選定波を係数倍した加振波を用いて，実機大の防潮扉の開閉装置を用いた振動試験を行い地震後の動的機能維持を確認する。なお，開閉装置設置位置における加速度応答が算出された段階で，当該試験に用いた加振条件に包絡していることの確認をJEAC4601「4.6.3.2試験による評価の方法」に準じて行う。

### b．試験方法

振動台上に架台を設置しその上に防潮扉に設置する開閉装置を基礎ボルトで固定し，水平方向と鉛直方向とを同時加振する。第6図に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の規格

加速自由度	3軸6自由度		
最大積載質量	80 t f		
テーブル寸法	6 m x 4 m		
定格	X方向	Y方向	Z方向
最大変位	± 300 mm	± 150 mm	± 100 mm
最大加速度 (35 t 積載時)	1 G	3 G	1 G



第6図 大型3軸振動台の概要

### c . 試験条件

加振試験に使用する入力条件は以下のとおり。

#### < 入力地震動の作成 >

加振試験に用いる基準地震動  $S_s$  は、全周期帯で地表面における加速度が一様に大きい基準地震動  $S_s - D 1$  を選定した。また、一次元地盤応答解析 (SHAKE) による地盤応答結果から地表面における最大応答加速度が最も大きくなる  $S_s - 2 2$  (鉛直方向最大) 及び  $S_s - 3 1$  (水平方向最大) についても選定した。

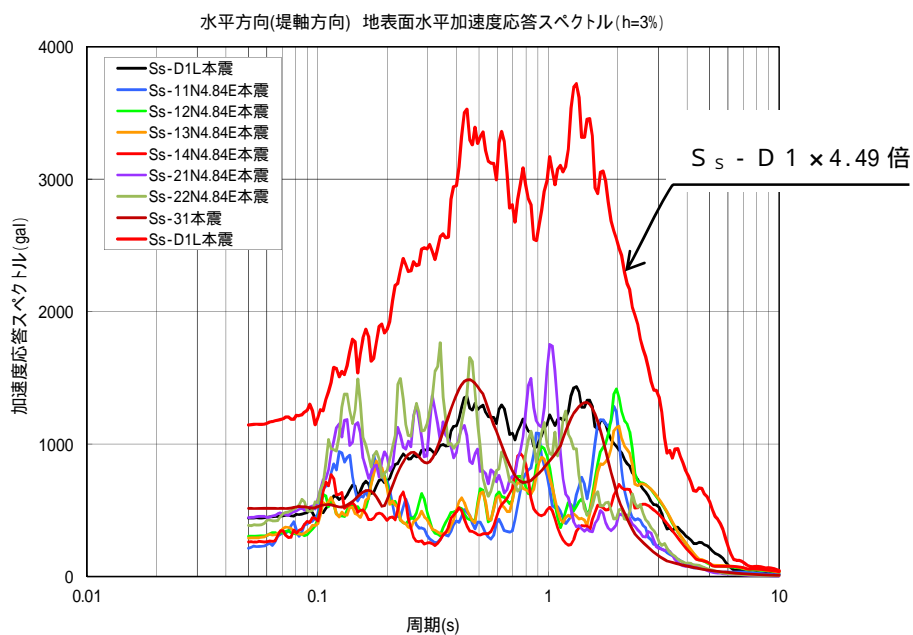
#### < 加振条件 >

第2表に加振試験に用いた加振条件を示す。加振試験に用いる加振波は、前項で選定した  $S_s - D 1$  ,  $S_s - 2 2$  及び  $S_s - 3 1$  を加速度方向に係数倍した模擬地震波を用いる。  $S_s - D 1$  に対しては、JEAC4601の評価を実施するため、応答加速度を4.49倍し全周期帯を包絡させた入力地震動を作成した。また、  $S_s - 2 2$  については鉛直方向最大、  $S_s - 3 1$  については水平方向最大の応答加速度に対し2倍増幅させ機器の健全性を確認する加振条件とした。第3表に各地震波における加振条件を示す。

第3表 各地震波における加振条件

地震波	加振条件 (係数倍) * 1
$S_s - D 1$	4.49
$S_s - 2 2$	2
$S_s - 3 1$	2

\* 1 : 振動台の性能から高倍率の加振条件においては、各構成部品の固有周期が有しない範囲についてはフィルター処理を実施した。



第7図 模擬地震波の加速度応答スペクトル（水平方向）

#### d . 試験装置

防潮扉の開閉装置の中でも最大な設備を選定し，開閉装置のワイヤーの巻き上げ装置については，駆動軸の長いワイヤーの巻き上げ装置側を製作した。

また，ワイヤー巻き上げ装置には扉の荷重を模擬するため巻き上げ装置の下部にトルク装置を設置し扉の荷重を模擬し試験を実施した。

試験に用いた開閉装置の概要は以下の通り。第8図に開閉装置の試験装置（全景）を示す。

< 試験装置の構成 >

開閉装置（減速機，直流電磁ブレーキ，ファンブレーキ，他） 1式

制御盤 1式



第8図 開閉装置の試験装置（全景）

e . 試験結果

試験前及び加振試験後に外観点検を実施し異常のないことを確認した。  
また，試験後の動作確認においても試験装置上に設置している操作盤より  
操作を実施し異常なく開閉装置が動作する事を確認した。

### 3. 防潮扉の運用について

#### (1) 防潮扉を開閉する場合の手順

駆動方式による開閉手順は以下の通り。

##### a. 電動駆動式による開閉操作の手順

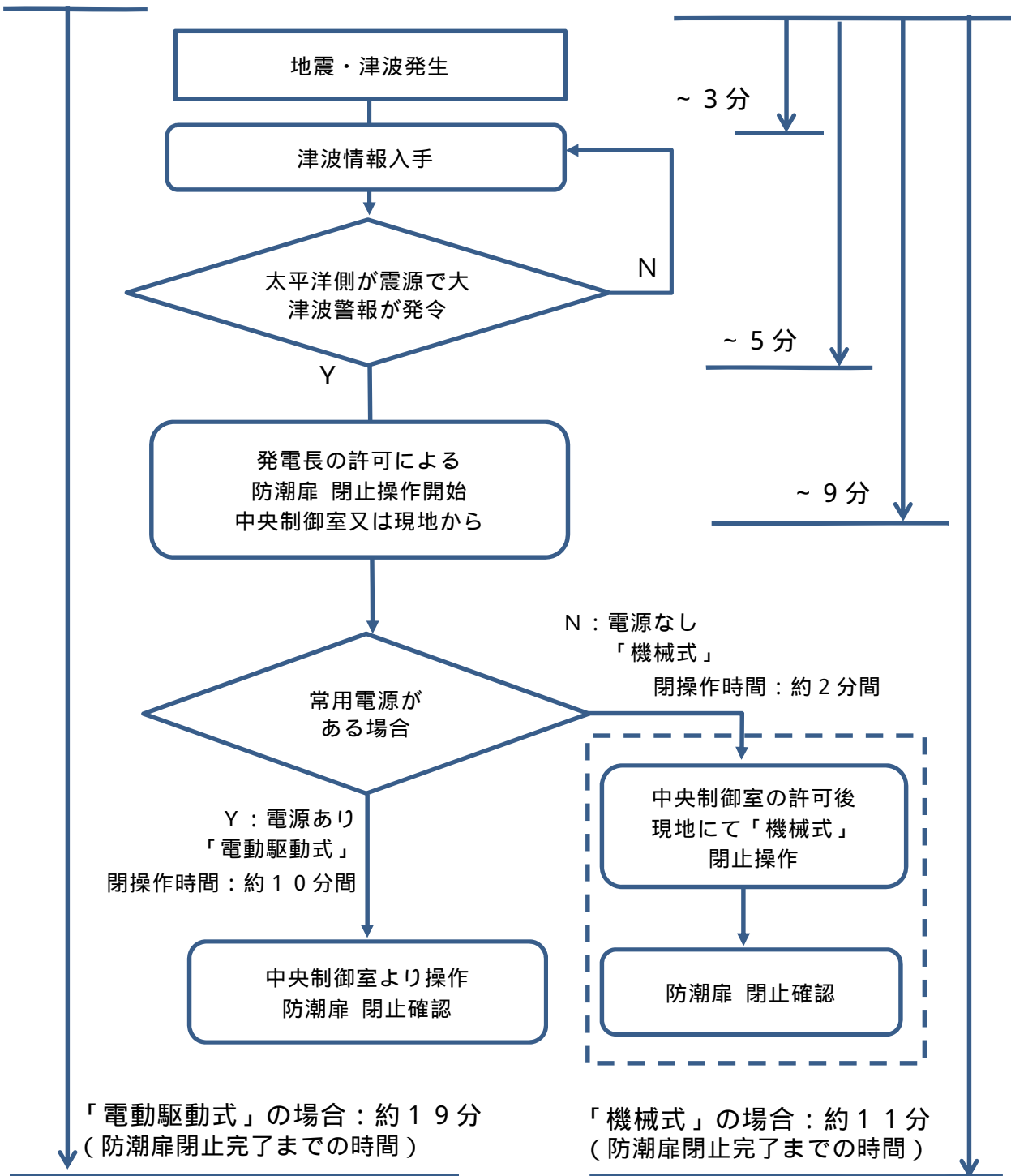
開閉操作する場合は、該当する作業件名の作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保（現場管理員が確認）したのち、発電長の許可を得て中央制御室より行う。閉止時間は操作開始後約10分後である。

##### b. 機械式による開閉操作の手順

万一、開閉操作中に地震等により通常電源が使用できない場合、大津波警報等が発表された場合には、現場管理員により「機械式」による閉止操作を行う。

操作は、該当する作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保したのち、発電長の許可を得てから、現地にて「機械式」の操作を実施する。「機械式」による閉止時間は操作開始後約3分である。第9図に防潮扉閉止操作フローを示す。

防潮扉の閉止操作時間は、地震・津波発生から電動駆動式の場合で約19分、機械式の場合で約11分かかる。基準津波による津波の到達時間は約37分であるため、到達までに防潮扉を閉止することができる。



第9図 防潮扉閉止操作フロー

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

## 目次

- 1．津波荷重の算定式
  - (1) 津波波圧算定式に関する文献の記載
- 2．東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について
  - (1) 分裂波発生に関する検討
  - (2) 水理模型実験
  - (3) 水理模型実験結果の検証（再現性検討）
  - (4) まとめ
- 3．津波波圧算定式適用に対する考え方
  - (1) 防潮堤及び防潮扉
  - (2) 貯留堰



## 1. 津波荷重の算定式

津波防護施設の津波荷重の算定式は、朝倉ら（2000）の研究を元にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成25年10月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成27年12月一部改訂）等を参考に設定する。以下に、参考にした文献の津波荷重算定式の考え方と津波防護施設への適用を示す。

### (1) 津波波圧算定式に関する文献の記載

- a. 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成23年）

構造設計用の進行方向の津波波圧は、次式により算定する。

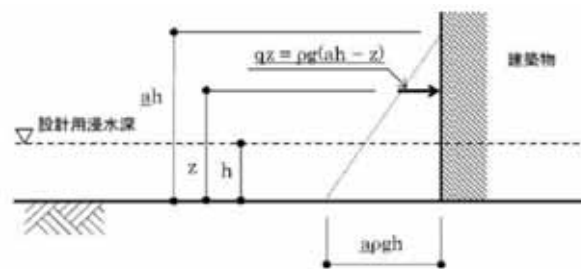
構造設計用の進行方向の津波波圧  $q_z = g(a h - z)$  (第1図)

$h$  : 設計用浸水深

$z$  : 当該部分の地盤面からの高さ ( $0 \leq z \leq a h$ )

$a$  : 水深係数。3とする。

$g$  : 海水の単位体積重量



第1図 津波波圧算定図

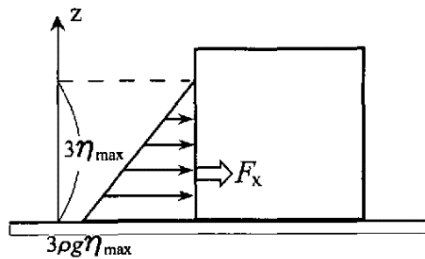
- b. 港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成25年10月）

文献 a. に基づく。ただし、津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や、海岸等から 500m 以上離れている場合において、水深係数は 3 以下にできるとしている。

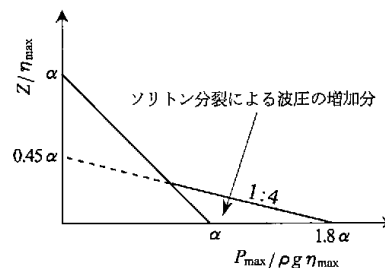
c. 朝倉ら(2000)：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第47巻，土木学会，911-915

直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。

その結果，非分裂波の場合，フルード数が1.5以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）は最大で3.0とならしている。一方，ソリトン分裂波の場合は，構造物前面に働く津波波圧は，構造物底面近傍で非分裂波のを1.8倍した値とならしている（第2図及び第3図）。



第2図 非分裂波の場合の津波水平波圧



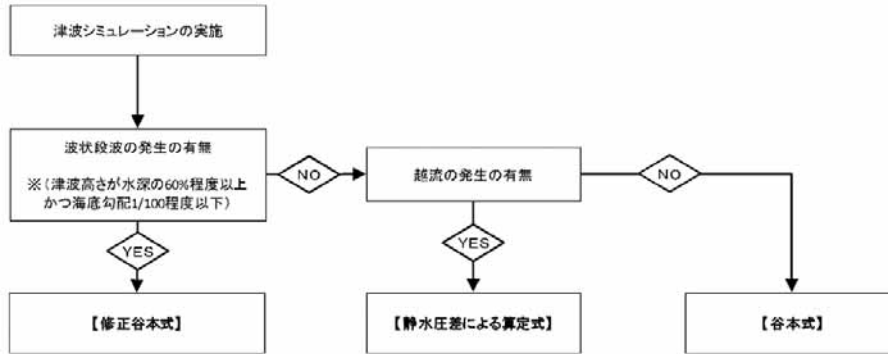
第3図 分裂波の無次元最大波圧分布

d. NRA 技術報告「防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数の適用範囲について」(平成26年12月)

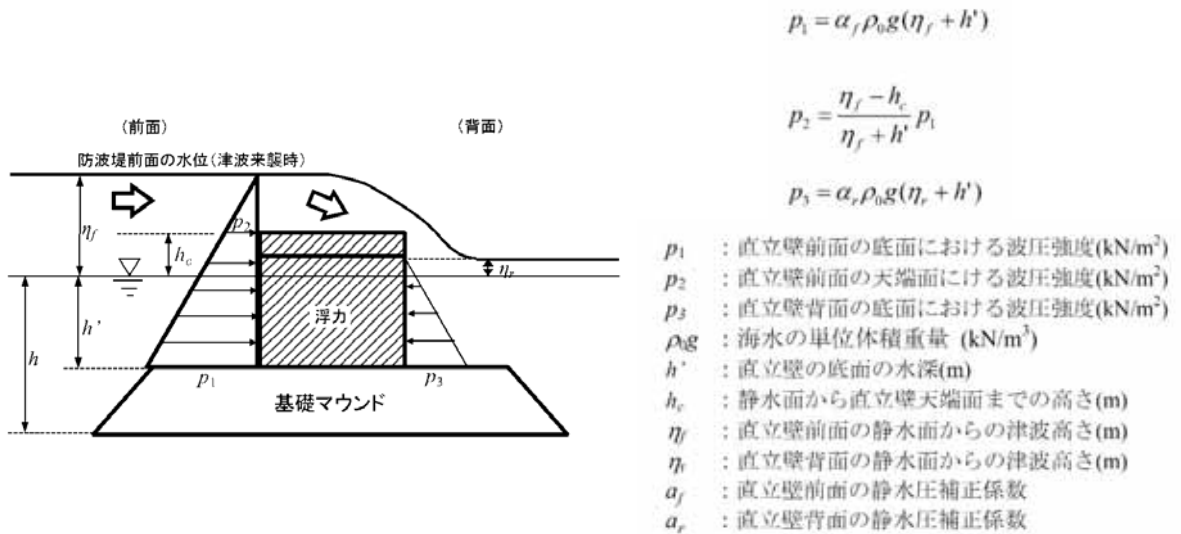
水深係数3を防潮堤設計に適用するに当たって，その適用範囲を明確にするため，水理試験等を実施した結果，フルード数が大きくなるに従って水深係数も大きくなり，フルード数が1.5程度を超える領域で水深係数3を超える場合があることを確認したとらしている。

e. 防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

防波堤の津波波圧の適用の考え方として，ソリトン分裂波が発生する場合は修正谷本式を，そうでない場合において津波が防波堤を越流する場合には静水圧差による算定式を，越流しない場合は谷本式を用いることとしている。（第 4 図～第 5 図）



第 4 図 防波堤に対する津波荷重算定手順



第 5 図 静水圧差による算定式（越流する場合）

## 2. 東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について

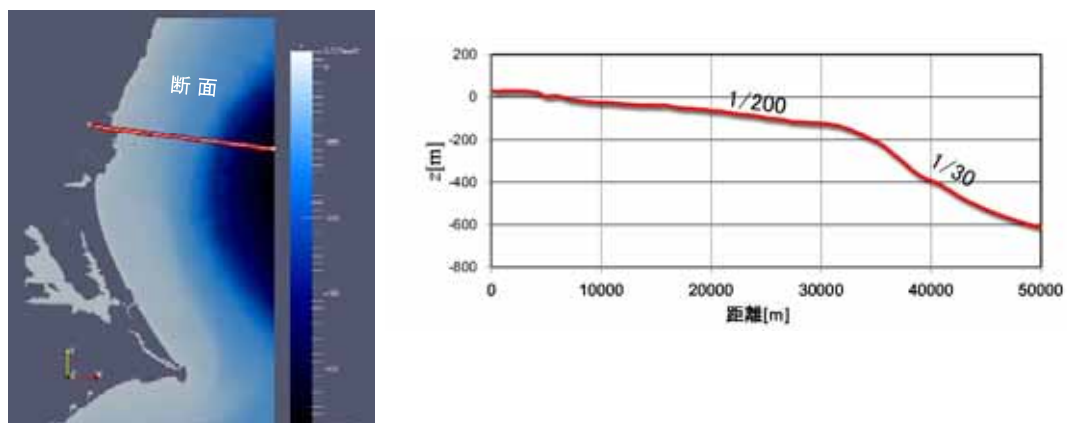
### (1) 分裂波発生に関する検討

沖合から伝播してくる津波が、サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下の2つの条件に合致する場合、ソリトン分裂波が発生するとされている。

おおむね入射津波高さが水深の30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の60%以上）

海底勾配が1/100以下程度の遠浅

東海第二発電所前面の海底地形は約1/200と遠浅であり、入射波津波高さと水深の関係も入射津波高さが水深の30%以上であることから、両方の条件に合致する（第6図及び表1）。このため、ソリトン分裂波が津波波圧に与える影響を定量的に把握するため、東海第二発電所のサイト特性を考慮した水理模型実験を行い、防潮堤前面の津波波圧を測定した。



第6図 海底地形断面位置図及び海底地形断面図

第 1 表 津波高さ と水深 の関係

地点	(1)水深	(2)入射津波高さ	(2)/(1)
東海第二発電所前面	7.5m	4.7m	62%

津波数値解析による津波高さの 1/2 を入射津波高さ と定義 (防潮堤の耐津波ガイドライン)

## ( 2 ) 水理模型実験

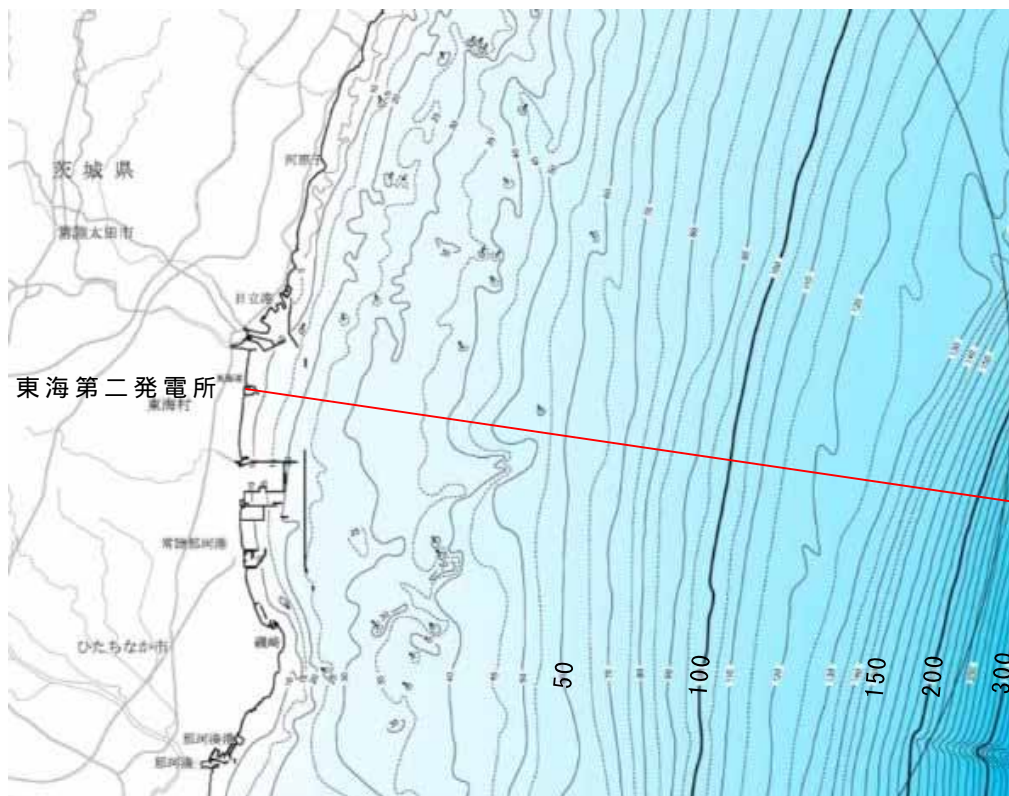
### 1 ) 目的

基準津波の策定に用いた波源については，2011 年東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえて設定した波源のすべり領域を拡大したり，すべり量の割増しを行うなどの保守的な設定を複数加えた波源である。

水理模型実験においては，ソリトン分裂波が生じない沖合 5.0km における津波波形を入力し，ソリトン分裂波の発生の有無，フルード数の把握，防潮堤位置での津波波圧を把握することを目的に実施した。

### 2 ) 検討断面

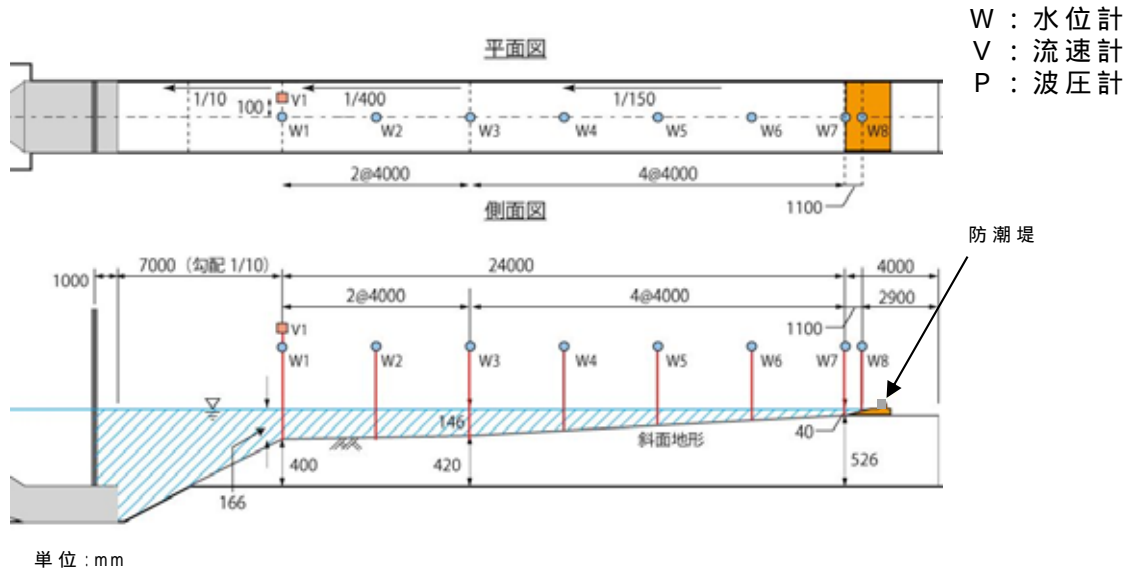
本実験では，津波水位が最大となる地点を基に，津波の伝播特性を踏まえ，等深線図に直交する断面を選定した（第 7 図）。



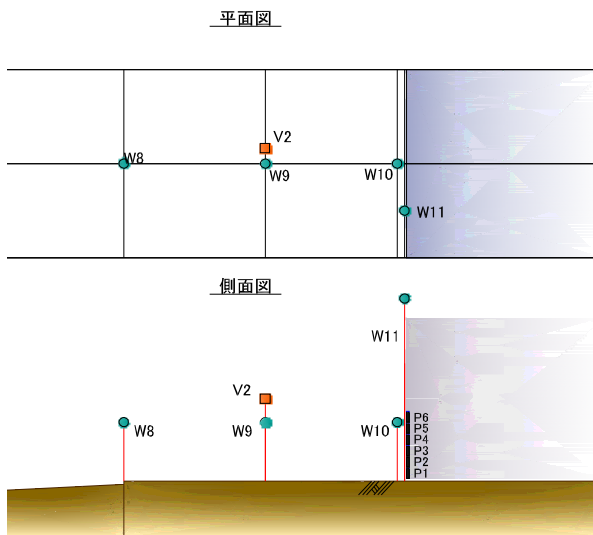
第 7 図 検討断面位置図

### 3) 実験条件

断面二次元実験施設の水路は、長さ 60m × 幅 1.2m (貯水部は 1.8m) × 高さ 1.5m とし、沖合 5km から陸側の範囲を再現するために、実験縮尺 (幾何縮尺) は  $=1/200$  とした (第 8 図)。



第 8 図 (1) 計測位置図



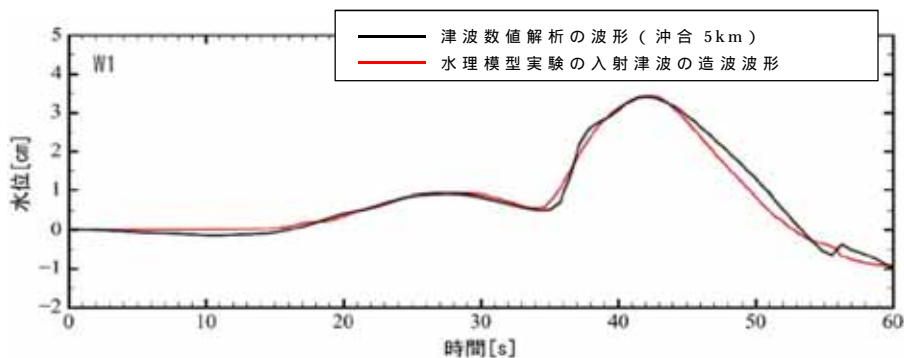
第 8 図 (2) 防潮堤位置拡大図



第 8 図 (3) 実験施設写真

#### 4) 入射津波の造波

水理模型実験における再現範囲の最沖地点はソリトン分裂波が発生しない沖合 5.0km の位置とし、基準津波の波源モデルを用いた数値解析から求めた同地点における津波波形を入力した。また、この津波波形を防潮堤位置で津波数値解析と同様の高さになるよう振幅を調整した（第 9 図）。

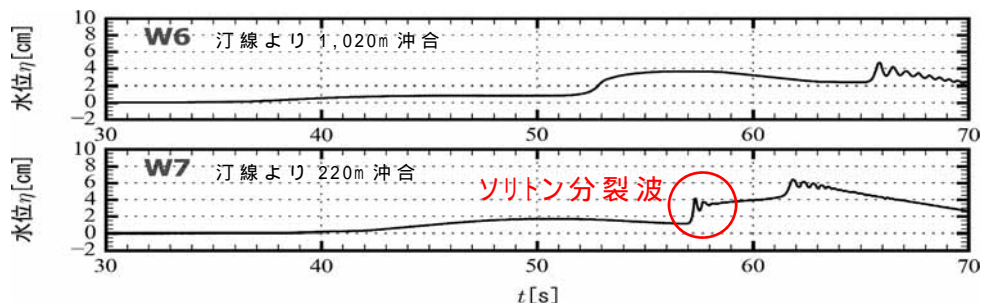


第 9 図 入射津波の造波波形図（沖合 5km 地点）

#### 5) 水理模型実験の結果

##### a. 水理模型実験におけるソリトン分裂波の確認

津波数値解析に即した津波波形を造波し、水理模型実験を行った結果、目視観察と波高計による計測により、**沖合 220m 地点においてソリトン分裂波が生じることを確認した（第 10 図）。**



第 10 図 波高計 W6, W7 における水位の時系列図



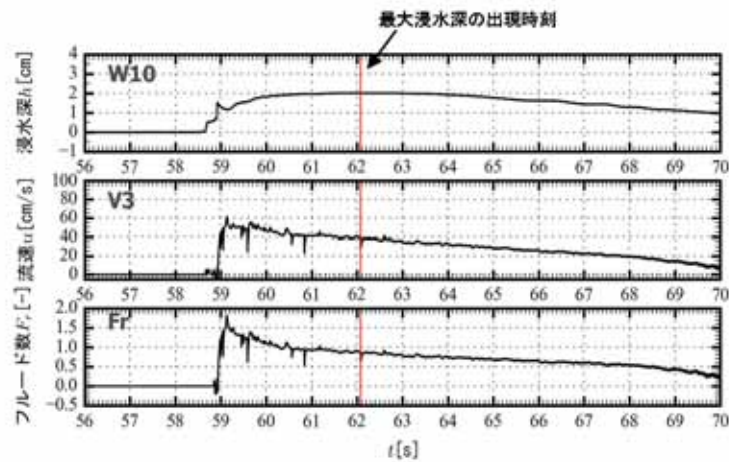
b. フルード数

防潮堤がないモデルで，防潮堤位置の最大浸水深を計測し，同時刻における流速からフルード数を算定した。

その結果，通過波のフルード数は平均で 0.8 ( $< 1.5$ ) であったことから，水深係数 3 で津波波圧分布を評価し，防潮堤の設計に適用できることを確認した（第 2 表及び第 11 図）。

第 2 表 通過波検定結果表

	フルード数 (最大浸水深時)
1 回目	0.9
2 回目	0.9
3 回目	0.6
4 回目	0.8
5 回目	0.7
6 回目	0.9
平均値	0.8

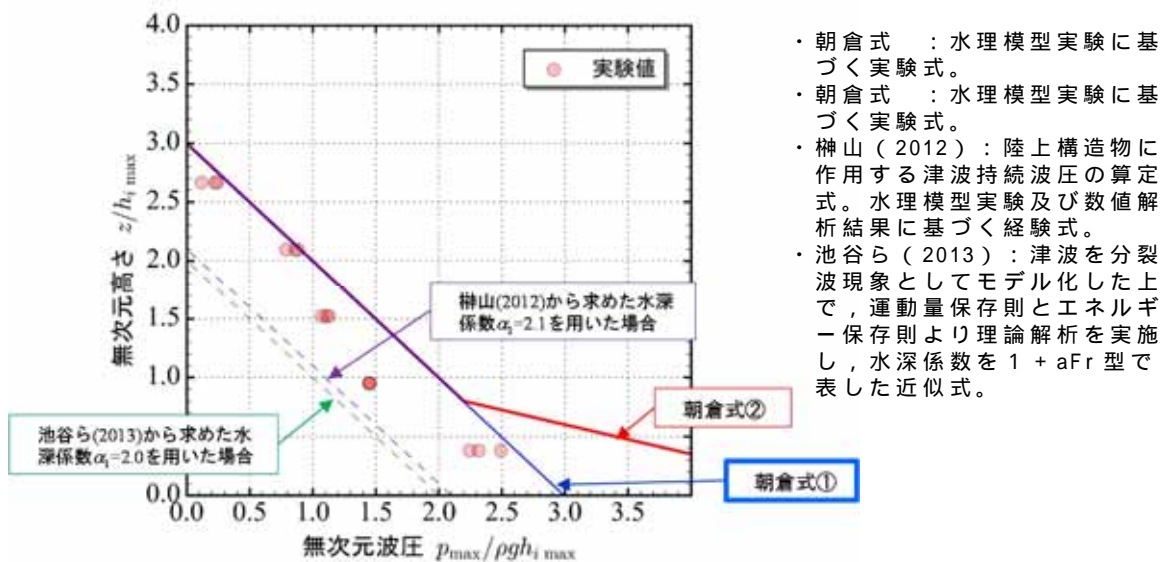


第 11 図 持続波領域における最大浸水深・流速・フルード数の時系列図

c. 防潮堤壁面におけるソリトン分裂波の最大津波波圧

防潮堤壁面における津波波圧計測結果を通過波の最大浸水深で除して無次元化した結果を以下に示す。

東海第二発電所前面海域の地形を模擬した水理模型実験で計測した防潮堤壁面の最大津波波圧は，朝倉式 及び朝倉式 による算定値よりも小さい値となり，朝倉式 のような波圧分布は認められず，朝倉式 と整合する結果となった（朝倉式 の方が津波波圧分布の再現性がよいことを確認した）（第 12 図）。



第 12 図 既往の津波波圧算定式との比較

(無次元最大津波波圧分布図)

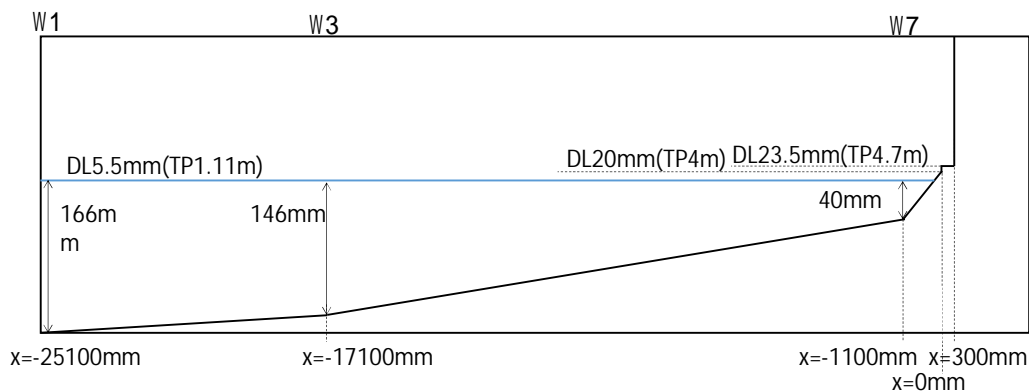
### ( 3 ) 水理模型実験結果の検証 ( 再現性検討 )

水理模型実験結果について、数値シミュレーションを実施し、防潮堤位置での津波波圧算定式が朝倉式 で妥当であることを検証した。数値シミュレーションは、分散波理論に基づいた解析手法であり、ソリトン分裂波を表現可能な数値波動水路 CADMAS-SURF/2D を用いた。

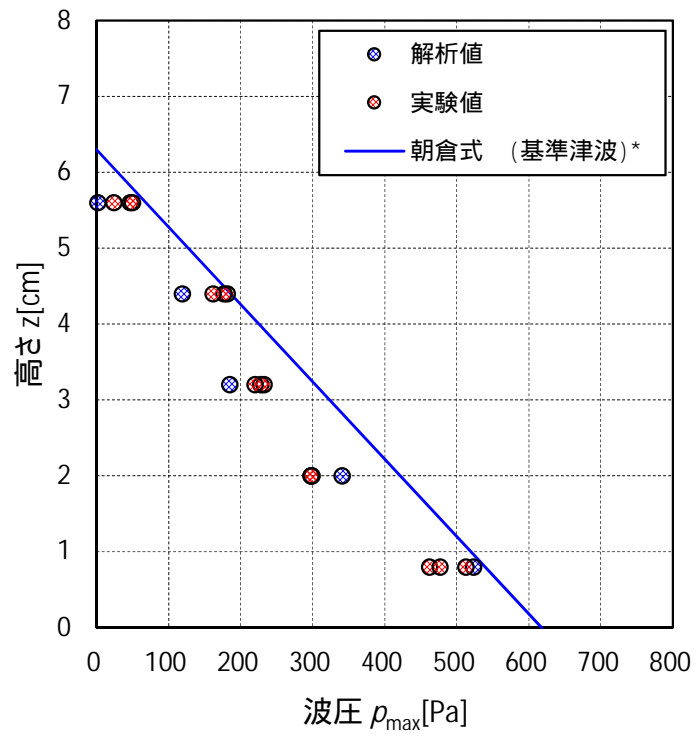
#### 1 ) 水理模型実験結果の再現性

水理模型実験でモデル化した区間と同じ区間を解析領域としてモデル化した ( 第 13 図 )。また、入射波は水理模型実験の入力波形に合わせて作成した。

数値シミュレーションの結果を第 14 図に示す。水理模型実験結果と同様、防潮堤位置においてソリトン分裂波は確認されず、防潮堤壁面に作用する津波波圧は、実験値とほぼ同等のものとなり、朝倉式 による波圧分布を下回るとともに、朝倉式 のような波圧分布は認められず、朝倉式 と整合する結果となった。



第 13 図 解析モデル図



水理模型実験に基づいた朝倉式 (基準津波 (防波堤なし))

第 14 図 数値シミュレーション結果図 (最大波圧分布図)

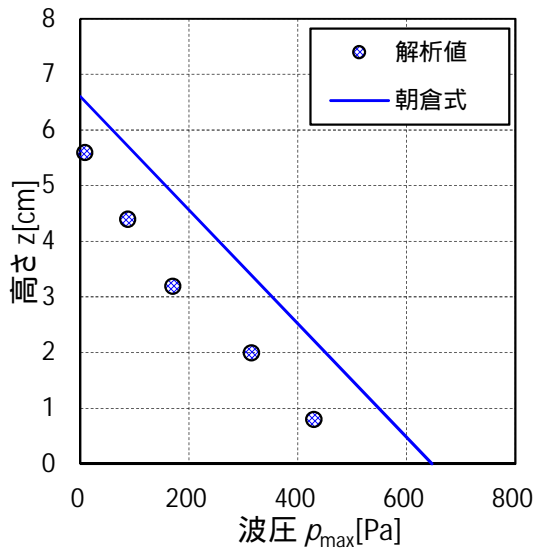
2) 防潮堤と海岸線との離隔距離の違いが津波波圧に与える影響検討

防潮堤の設置位置は、海岸線から最も近いところで約 30m であり、水理模型実験では海岸線と防潮堤の離隔距離が約 60m 地点の断面（津波水位が最も高くなる地点）をモデル化した。

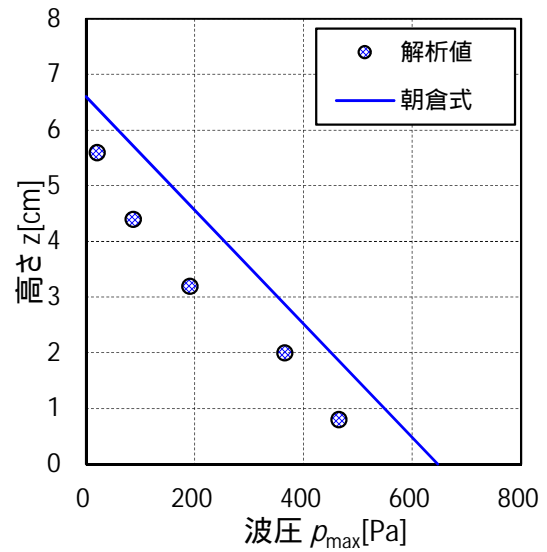
海岸線と防潮堤の離隔距離を 30m, 45m, 60m, 75m と変化させた場合のソリトン分裂波の影響について検討を行った。なお、入力波形は基準津波を用いて実施した。

その結果、防潮堤と海岸線との離隔距離が津波波圧に与える影響は認められず、朝倉式 による波圧分布を下回るとともに、分布形は朝倉式 と整合する結果となった。海岸線からの離隔距離別の防潮堤位置の津波波圧分布を第 15 図に示す。

( 離隔距離 30m )

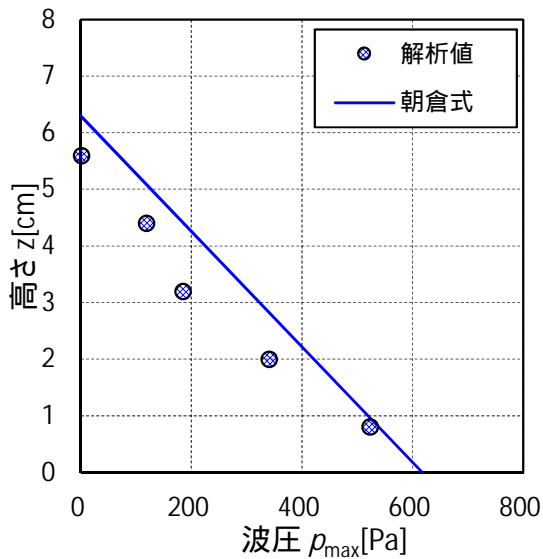


( 離隔距離 45m )

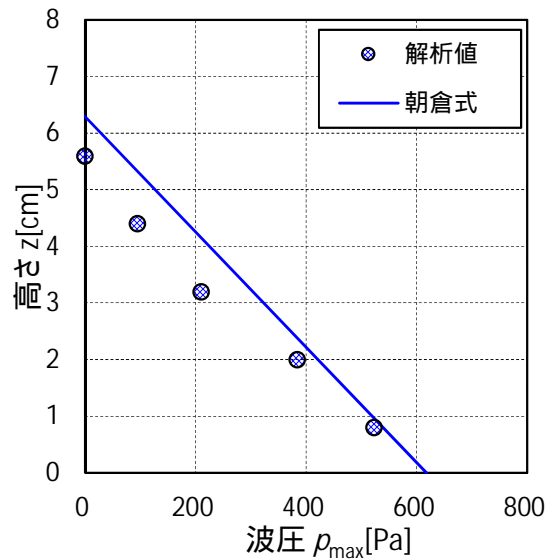


第 15 図 (1) 防潮堤壁面の最大波圧分布図

( 離隔距離 60m )



( 離隔距離 75m )



第 15 図 (2) 防潮堤壁面の最大波圧分布図

### 3) 津波遡上高さが異なる津波が防潮堤に与える影響について

基準津波の決定に当たっては，津波シミュレーションにおいて，断層の破壊開始点位置や破壊伝播速度等をパラメータスタディした中で，防潮堤位置での津波遡上高さが最も高くなる波を抽出している。

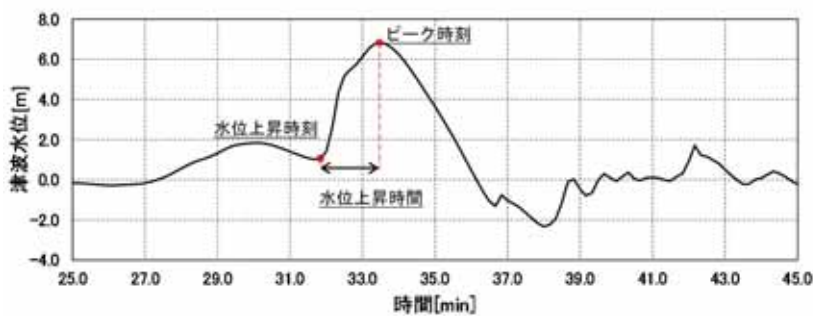
防潮堤位置での津波遡上高さが大きい上位 10 波の沖合波形（沖合 5km 地点）を用いて，防潮堤壁面の津波波圧を確認した。

防潮堤位置の遡上高さ上位 10 波の特性について第 3 表に，水位上昇時間の定義図を第 16 図に，破壊開始点位置図を第 17 図に示す。

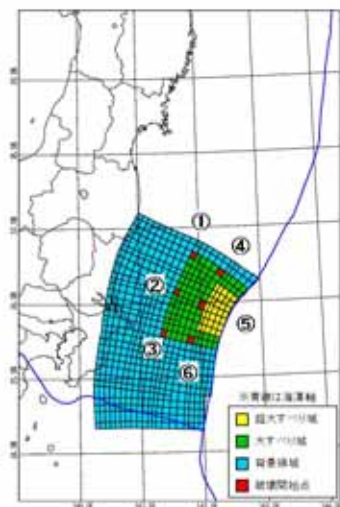
第 3 表 防潮堤位置の最大水位上昇量の上位 10 波

ケース	津波遡上高さ (T.P.(m))	水位上昇時間 [min]	破壊伝播速度 [km/s]	破壊 開始点	立ち上がり時間 [s]
1(基準津波)	17.2	1.5	3.0		30.0
2	17.0	1.5	2.5		30.0
3	16.8	1.5	3.0		60.0
4	16.2	1.7	2.0		30.0
5	16.1	1.5	3.0		30.0
6	15.9	1.7	3.0		30.0
7	15.8	1.7	3.0		30.0
8	15.6	1.7	2.5		30.0
9	15.5	1.8	1.5		30.0
10	15.5	1.7	3.0		30.0

破壊伝播速度：破壊開始点から断層破壊が進行する速度  
立ち上がり時間：断層のある点において破壊開始から終了するまでの時間



第 16 図 水位上昇時間の定義図



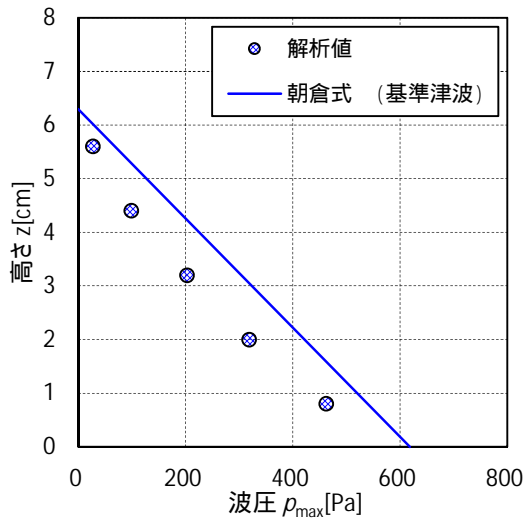
第 17 図 破壊開始点位置図

数値シミュレーションの結果を第 18 図に示す。いずれのケースにおいても防潮堤位置においてソリトン分裂波は認められず，防潮堤壁面における最大波圧分布は，朝倉式 による波圧分布を下回る結果となった。

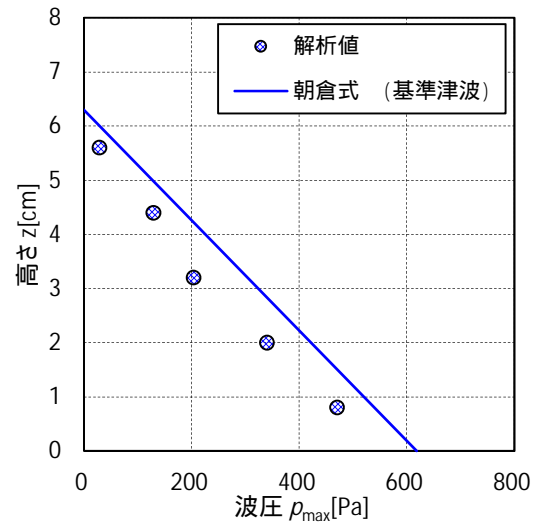
津波は，周期が短いほど分裂波（段波）が発生しやすくなるとともに，分裂波が成長し易くなるとされている。上位 10 波において最も周期が短いものはケース 1（基準津波）であることから，基準津波が最もソリトン分裂波の影響を受けると考えられるが，いずれのケースにおいても，朝倉式 による波圧分布を下回るとともに，分布形は朝倉式 と整合する結果となった。



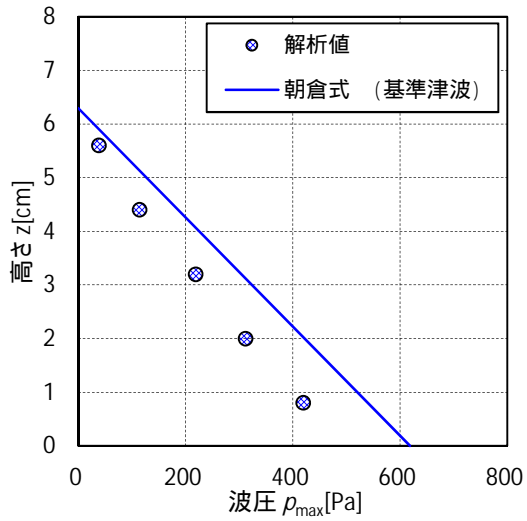
( ケース 1 )



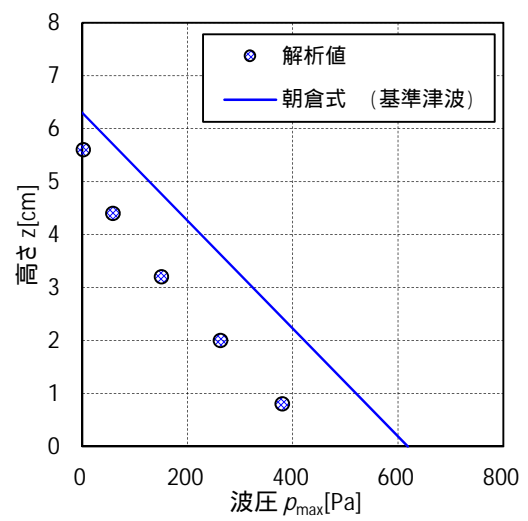
( ケース 2 )



( ケース 3 )

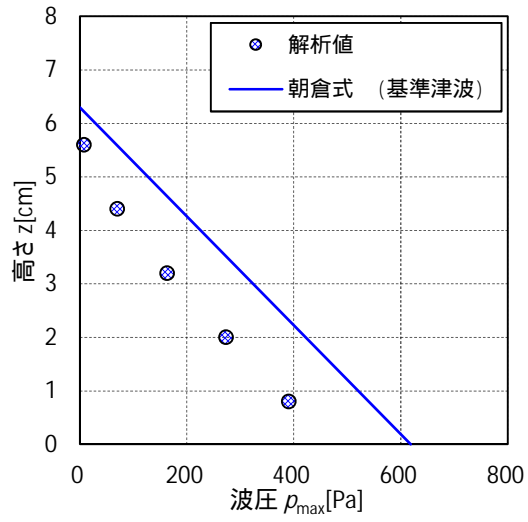


( ケース 4 )

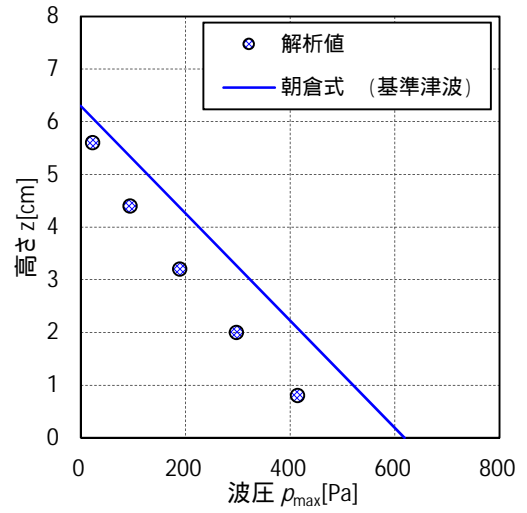


第 18 図 ( 1 ) 最大波圧分布図

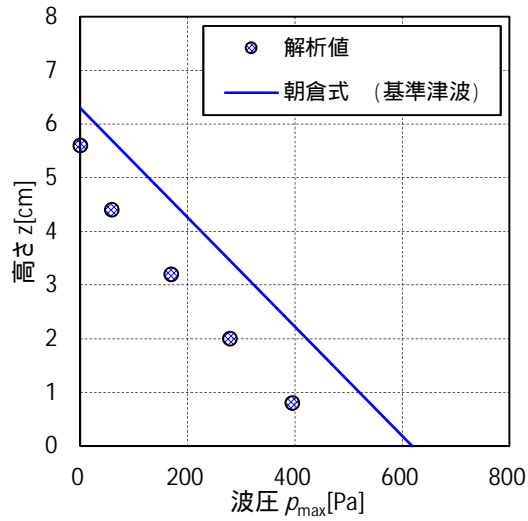
( ケース 5 )



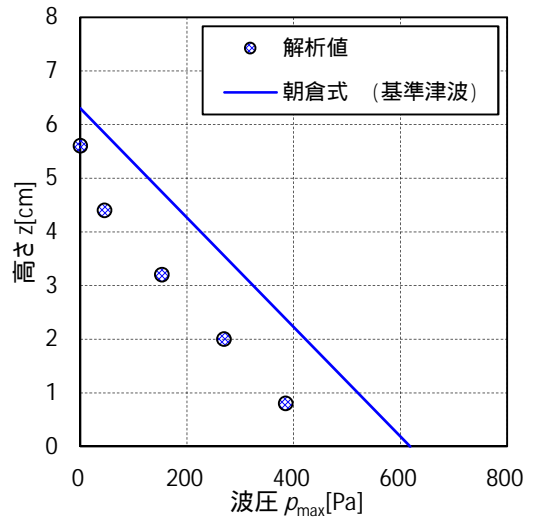
( ケース 6 )



( ケース 7 )

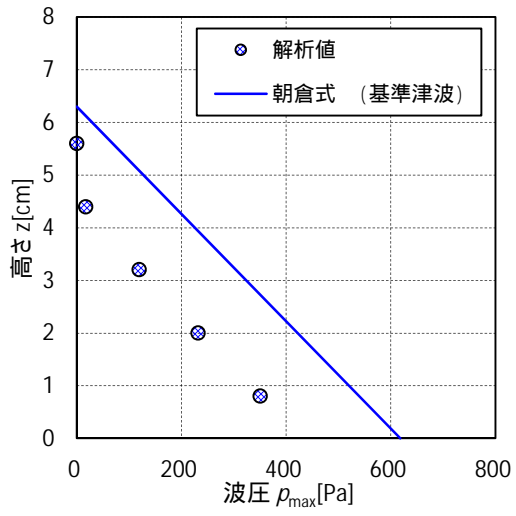


( ケース 8 )

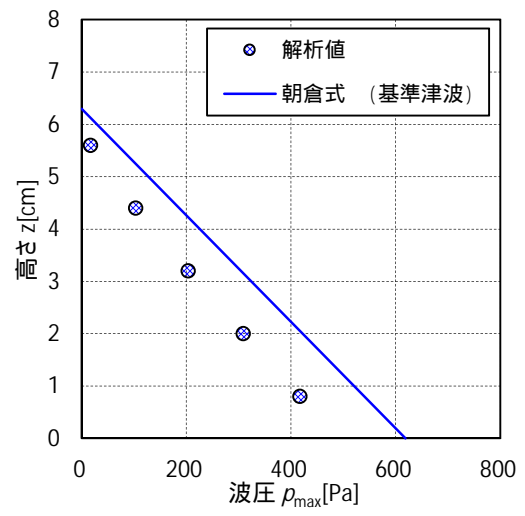


第 18 図 (2) 最大波圧分布図

( ケース 9 )



( ケース 10 )



第 18 図 (3) 最大波圧分布図

#### (4) まとめ

水理模型実験結果から、東海第二発電所の敷地前面においては、津波はソリトン分裂波を生じるものの、東海第二発電所に伝播する津波による防潮堤壁面の津波波圧は、持続波による津波波圧式（朝倉式、朝倉式）から求められる津波波圧よりも小さく、朝倉式での再現性が最もよいことを確認した。また、フルード数は 1.5 を下回ることを確認した。

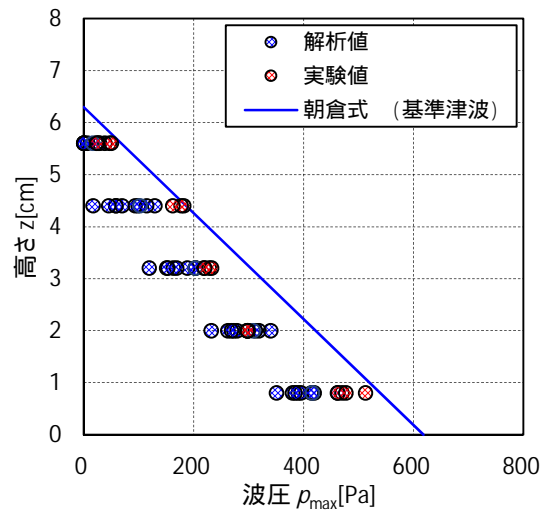
数値波動水路 CADMAS-SURF/2D を用いた水理模型実験の検証結果においても、防潮堤位置においてソリトン分裂波は認められず、防潮堤壁面における津波波圧は、朝倉式による波圧分布を下回るとともに、朝倉式と整合する結果となった。

更に、防潮堤と海岸線との離隔距離を変えたケースにおいても同様に、防潮堤壁面の津波波圧は朝倉式による波圧分布を下回るとともに、分布形は朝倉式と整合する結果となった。

これら水理模型実験結果及び分散波理論に基づく数値計算結果のいずれにおいても、防潮堤壁面での最大波圧は朝倉式による波圧を下回るとともに、分布形は朝倉式と整合した。

防潮堤壁面における最大波圧分布を図 19 に示す。

以上のことから、設計用津波波圧の算定においては、朝倉式より算定することとする。



第 19 図 最大波圧分布

### 3 . 津波波圧算定式適用に対する考え方

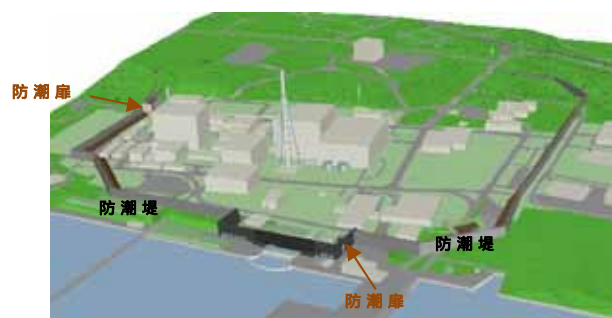
#### ( 1 ) 防潮堤及び防潮扉

防潮堤及び防潮扉位置図を第 20 図に示す。

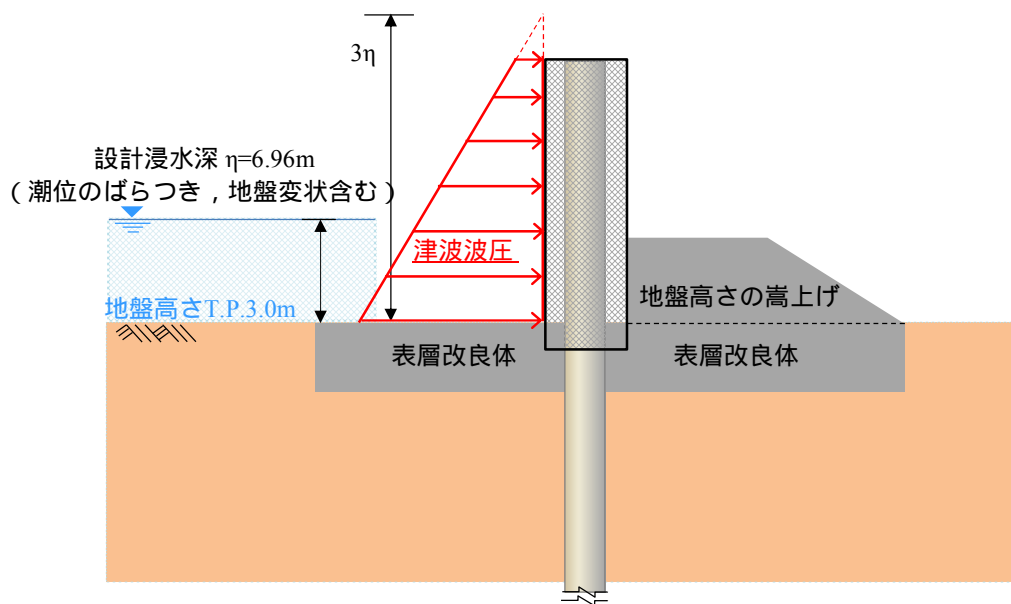
防潮堤がないモデルで実施した水理模型実験においては，防潮堤通過位置におけるフルード数が 1.5 を下回っており，水理模型実験結果及び分散波理論に基づく数値計算結果から，設計用津波波圧は朝倉式に基づき算定する。

朝倉式に用いる（設計浸水深）については，水理模型実験結果，数値計算結果，平面二次元解析から求められた浸水深および入力津波高さとの差の 1/2 を用いて朝倉式により算出した波圧分布を比較した。第 21 図および第 22 図に津波荷重の作用イメージ図を，第 23 図に最大波圧分布の比較を示す。

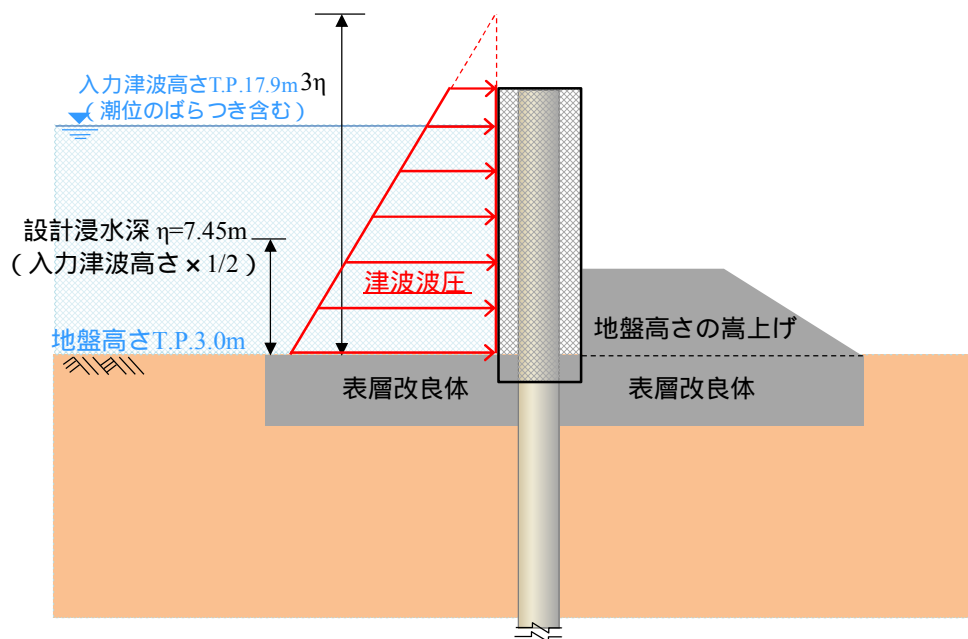
比較の結果，朝倉式に用いる（設計浸水深）については，入力津波高さとの差の 1/2 を用いるものとする。



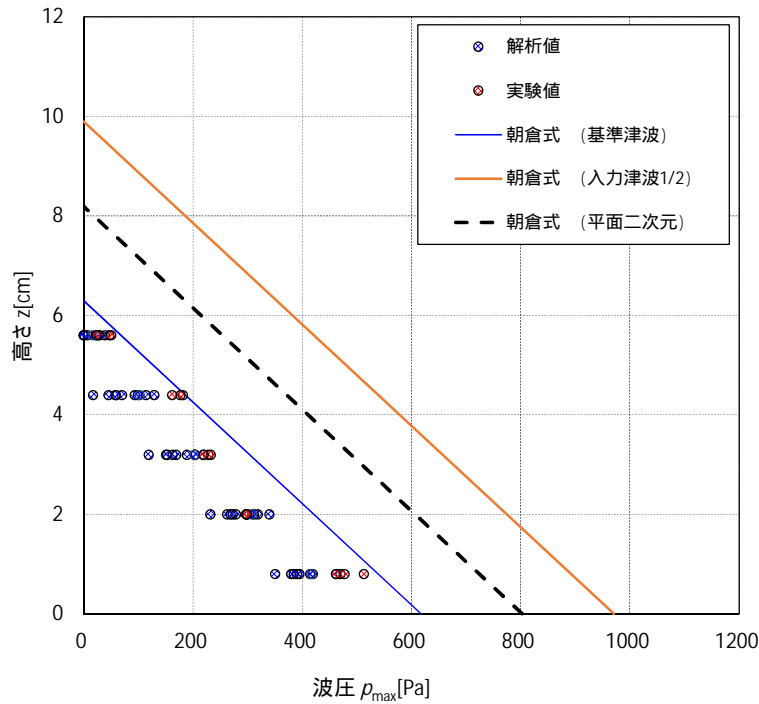
第 20 図 防潮堤及び防潮扉位置図



第 21 図 津波荷重の作用イメージ (平面二次元解析結果)



第 22 図 津波荷重の作用イメージ図 (入力津波  $\times 1/2$ )



第 23 図 最大波圧分布の比較

## ( 2 ) 貯留堰

### 1 ) 貯留堰に適用する津波波圧算定式

貯留堰の鳥瞰図を第 24 図に，断面図を第 25 図に示す。

貯留堰は，鋼管矢板を連結した構造であり，引き波時に海底面から突出した鋼管矢板頂部（T.P.-4.9m）において海水を貯留する。

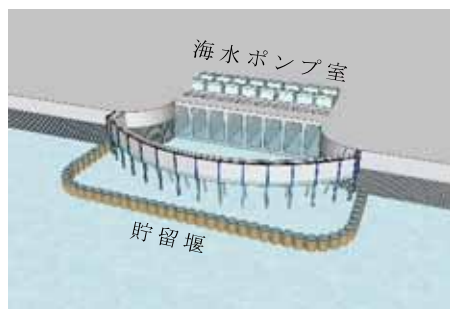
このため，貯留堰に有意な津波波力が作用するのは，引き波により海水貯留堰が海面から露出し，その後，押し波が貯留堰に作用してから越流するまでの間に限定される。

「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）によると，津波が構造物を越流する場合の津波荷重の算定については，若干越流している状態に静水圧差による算定式を適用する場合は，それより水位の低い越流直前の状態の方

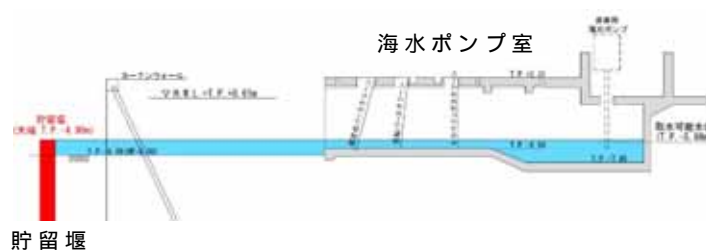


が高い波力となる可能性があるので，両者を比較して高い方を採用する必要があるとしている。

このため，貯留堰における津波波力としては，越流直前の波力及び越流時の静水圧差のうち保守的なものを適用することとする。



第 24 図 貯留堰鳥瞰図



第 25 図 貯留堰断面図

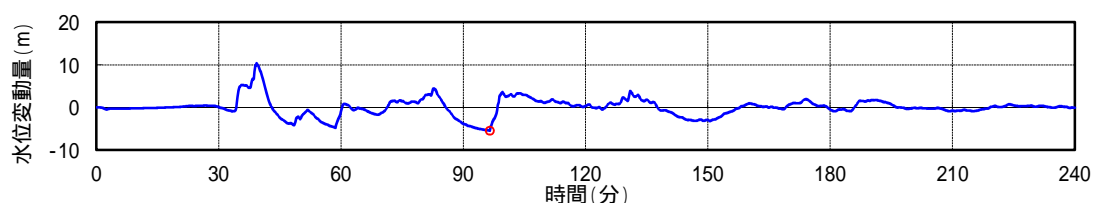
## 2) 越流直前の津波波力の設定方針

引き波時における貯留堰前面の時刻歴水位を第 26 図に示す。

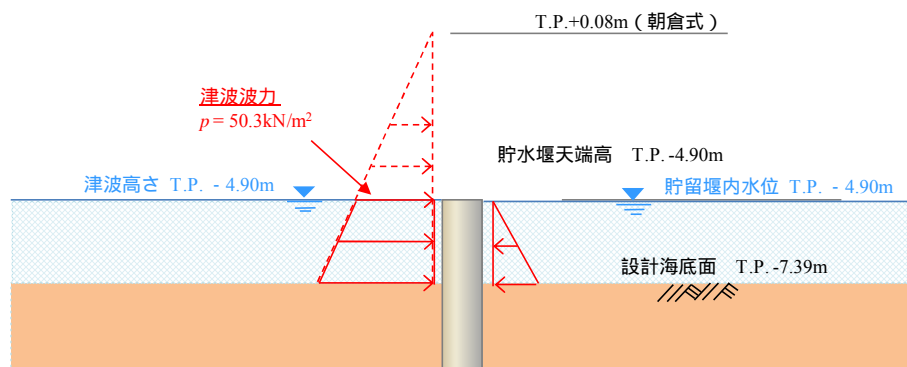
貯留堰前面の水位は若干残るものの保守的に海底面が露出したと仮定し、その後の押し波を遡上波と考え津波波力を設定する。

具体的には、津波高さは貯留堰に作用する津波波力が保守的になるように貯留堰前面の海底面（設計用海底面標高 T.P. -7.39m）まで水位が低下した後に襲来する津波を考慮することとし、貯留堰に津波が越流する直前の状態として貯留堰天端（T.P. -4.9m）までを想定する。

津波波力は、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」の考え方に従って、津波高さの 3 倍の高さまで静水圧荷重を考慮する。津波波力の作用イメージを第 27 図に示す。



第 26 図 貯留堰周りにおける引き波水位の時刻歴図



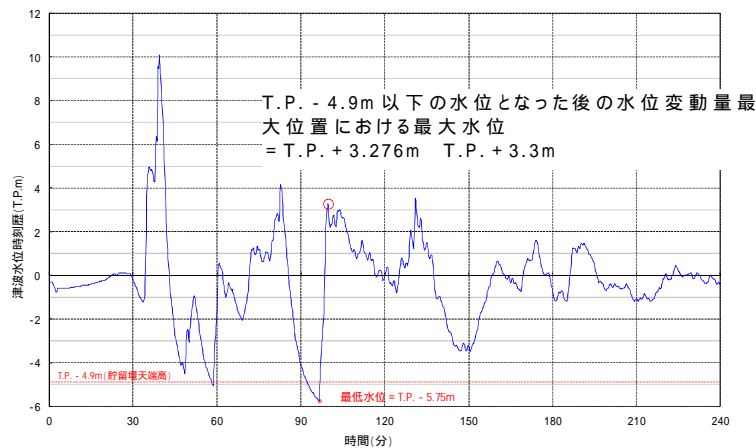
第 27 図 津波波力の作用イメージ図

### 3) 越流時の津波波力の設定方針

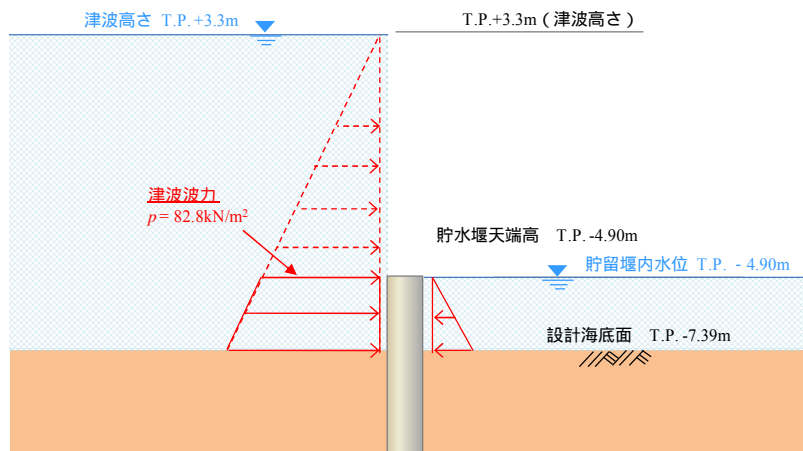
引き波後に襲来する津波が貯留堰を越流する際、貯留堰の内外での水位差はつきにくいですが、保守的に引き波水位とその後の押し波水位の差が最も大きくなるものを選定し、津波波力を算定した。

津波高さとしては貯留堰天端 T.P. -4.9m から T.P.+3.3m の越流を考慮して、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）による静水圧差による算定式を参考に設定する。

貯留堰位置における水位差が最大となる箇所の時刻歴水位波形を第 28 図に、津波波力の作用イメージを第 29 図に示す。



第 28 図 貯留堰の内外の水位差が最大となる時刻歴水位波形図

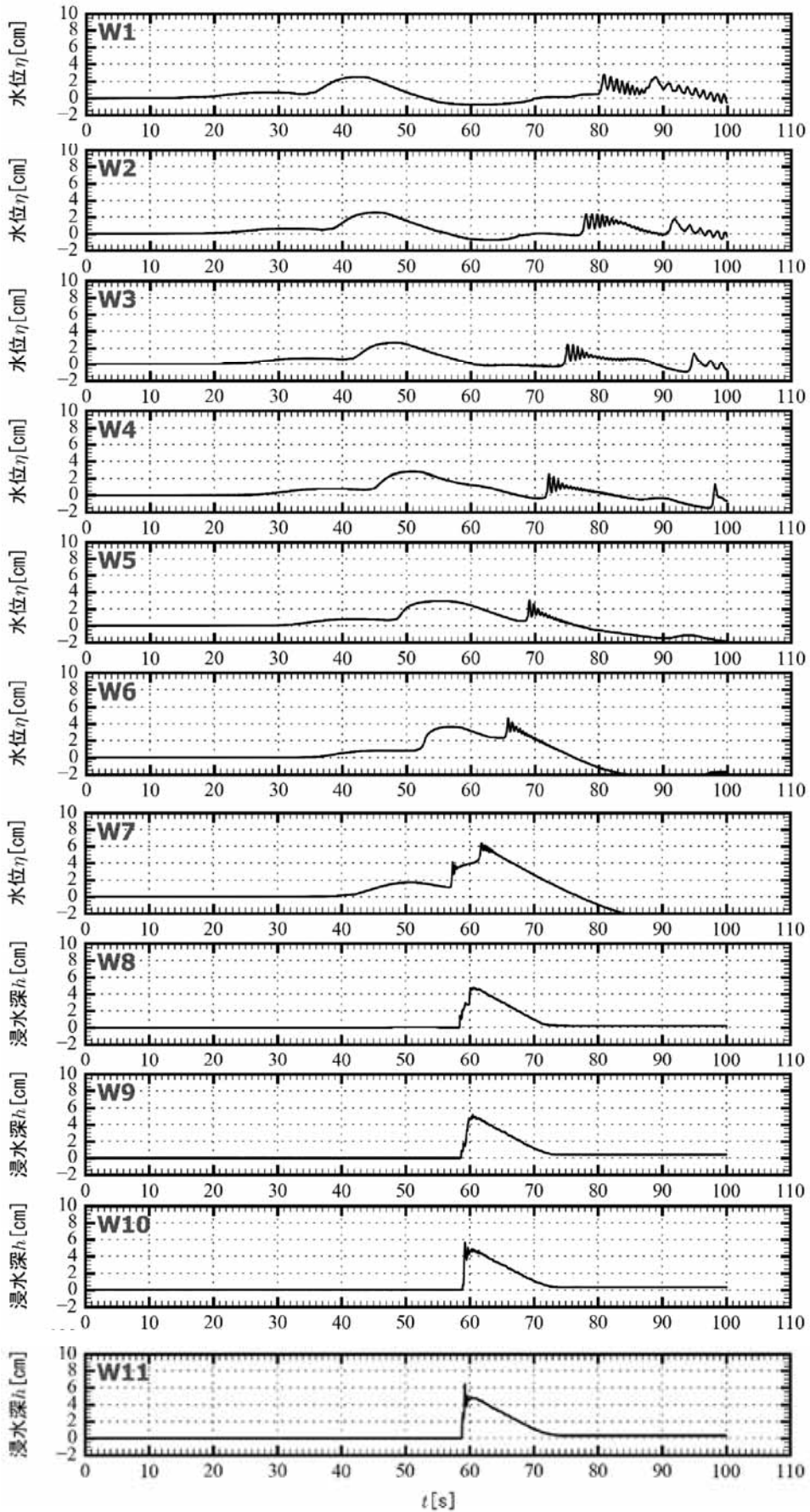


第 29 図 津波波力の作用イメージ図

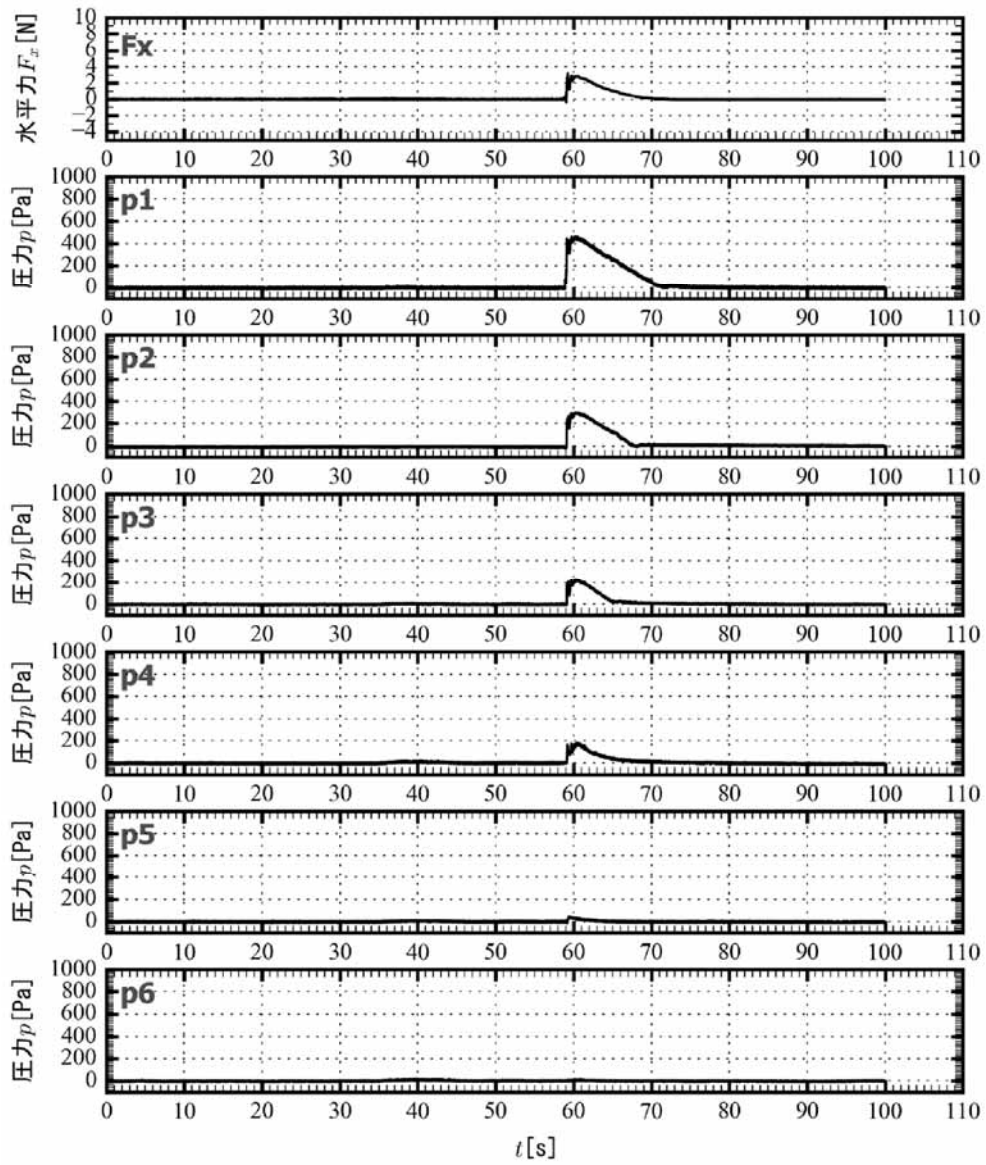
#### 4) まとめ

貯留堰における津波波力について、越流直前の波力および越流時の静水圧差について検討した。この結果、越流時の静水圧差の方が越流直前の波力を上回る結果となった。このため、貯留堰における津波波力として、保守的に越流時の静水圧差を考慮することとする。

(参考) 第 30 图 津波水位時刻歴図【水理模型実験】



(参考) 第 31 図 津波波圧の時刻歴図【水理模型実験】





## 各種基準類における衝突荷重の算定式及び衝突荷重について

## 1. はじめに

東海第二発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり，既往の算定式について調査し，適用する算定式について検討すると共に，基準津波による津波シミュレーションから算定した津波流速に基づき，漂流物の衝突荷重を設定した。

## 2. 基準類における衝突荷重算定式について

「耐津波設計に係る工認審査ガイド」において，記載されている参考規格・基準類のうち，漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは，「道路橋示方書・同解説 共通編（（社）日本道路協会，平成14年3月）」及び「津波漂流物対策設計ガイドライン（案）（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター（平成21年）」であり，それぞれ以下のように適用範囲・考え方，算定式を示している。

## 2.1 道路橋示方書・同解説 共通編

## (1) 適用範囲・考え方

流木 **その他の流送物の衝突のおそれがある** 場合の衝突荷重を算定する式を示している。

## (2) 算定式

$$\text{衝突力 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここで，P：衝突力（kN）

W：流送物の重量（kN）

$v$  : 表面流速 ( m / s )

これは、衝突荷重として、基準に示される唯一の算定式である。

## 2.2 津波漂流物対策設計ガイドライン ( 案 )

### (1) 適用範囲・考え方

「漁港・漁場の施設の設計の手引き ( 全国漁港漁場協会2003年版 ) 」の接岸エネルギーの算定方法に準じて設定されたもので、漁船のほか、車両、流木、コンテナにも適用される。支柱及び漂流物捕捉スクリーンの変形でエネルギーを吸収させることにより、漂流物の侵入を防ぐための津波漂流物対策施設の設計に適用される式を示している。

### (2) 算定式

船舶の衝突エネルギー  $E = E_0 = W \times v^2 / 2g$

船の回転により衝突エネルギーが消費される ( 1 / 4点衝突 ) の場合 :

$E = E_0 = W \times v^2 / 4g$

ここで、 $W = W_0 + W_1 = W_0 + ( \quad / 4 ) \times D^2 L \quad w$

$W$  : 仮想重量 ( kN )

$W_0$  : 排水トン数 ( kN )

$W_1$  : 付加重量 ( kN )

$D$  : 喫水 ( m )

$L$  : 横付けの場合は船の長さ、縦付けの場合は船の幅 ( m )

$w$  : 海水の単位体積重量 ( kN / m<sup>3</sup> )

これは、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤーロープの伸びにより衝突エネルギーを吸収する考え方であり、弾性設計には適さないものである。



### 3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら（2006）<sup>1</sup>によれば，南海地震津波による被害を想定して，高知港を対象に平面二次元津波シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い，特に漂流物の衝突による構造物の被害，道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い，港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で，荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって，漂流物の衝突力を算定しており，船舶については道路橋示方書による式を選定している（下表参照）。

1：地震津波に関する脆弱性評価手法の検討，沿岸技術研究センター論文集 No.6  
(2006)

表-1 各施設の許容漂流速度

		選 定 式	対象施設		
			クレーン	水門	倉庫
車両		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.8 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
コンテナ	20ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.9 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
	40ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
			5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
			5.0m/s超	1.8 m/s	1.8 m/s
木材		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

また，船舶による衝突荷重の算出においては，（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省国土技術政策総合研究所による研究においても，道路橋示方書に示される算定式が採用されており，船舶による漂流荷重に対する適用性が示されている。

### 4. 漂流物による衝突力算定式に関する既往の研究論文

平成23年度 建築基準整備促進事業「40．津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告 その2（平成23年10月 東京大学生産技  
5条 添29-3

術研究所)」では、「漂流物が建築物に及ぼす影響の評価について研究途上の段階であり、断片的な知見が得られているのみである。また、建築物に被害をもたらした漂流物の詳細情報は被害調査から得られず、既往の知見は検証できなかった」としている。また、漂流物が建築物に衝突する際に瞬間的に作用する衝突力に関する既往の研究を示しているが、「対象としている漂流物は(a)，(b)，(d)，(e)が流木，(c)，(d)，(e)がコンテナである（(e)は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない）。」としている。一方、東海第二発電所において漂流物として選定されたものは、作業台船であり、対象が異なることから、これら評価式は適用できない。以下にそれぞれの評価式（(a)～(e)）及び東海第二発電所における漂流物の衝突評価への適用性を示す。

漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（1/2）

既往の評価式	内 容
<p>(a) 松富の評価式</p> <p>[1] 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，pp. 111-127，1999.5</p>	<p>松富[1]は，津波による流木の衝突力を次式の通り提案している。本式は，円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。</p> $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{V_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left( \frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ <p>ここで，<math>F_m</math>：衝突力  <math>C_{MA}</math>：見かけの質量係数（段波，サージでは1.7，定常流では1.9）  <math>A_0</math>：流木の衝突速度      <math>D</math>：流木の直径  <math>L</math>：流木の長さ      <math>f</math>：流木の降伏応力  <math>\gamma</math>：流木の単位体積重量      <math>g</math>：重力加速度</p> <p>東海第二発電所における漂流物の衝突力評価への適用性          被衝突体を縦スリット型の受圧壁とし，津波の遡上を許容しつつ流木の浸入を防ぐことを想定しており，東海第二発電所防潮堤等の津波防護の考え方と異なる。</p>
<p>(b) 池野らの評価式</p> <p>[2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp. 721-725，2003</p>	<p>池野ら[2]は，円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式の通り提案している。</p> $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ <p>ここで，<math>F_H</math>：漂流物の衝突力  <math>S</math>：係数（5.0）  <math>C_{MA}</math>：付加質量係数（円柱横向き：2.0（2次元），1.5（3次元），角柱横向き：2.0～4.0（2次元），1.5（3次元），円柱縦向き：2.0程度，球：0.8程度）  <math>V_H</math>：段波波速  <math>D</math>：漂流物の代表高さ      <math>L</math>：漂流物の代表長さ  <math>M</math>：漂流物の質量      <math>g</math>：重力加速度</p> <p>東海第二発電所における漂流物の衝突力評価への適用性          各種形状の漂流物（横向きと縦向き配置の円柱と角柱及び球）の衝突について、付加質量係数を変化させて検証しているが、台船の形状までは検証されていない。</p>
<p>(c) 水谷らの評価式</p> <p>[3] 水谷法美ら：エブロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第52巻 pp. 741-745，2005</p>	<p>水谷ら[3]は，津波により漂流するコンテナの衝突力を次式の通り提案している。</p> $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ <p>ここで，<math>F_m</math>：漂流衝突力      <math>dt</math>：衝突時間  <math>m</math>：最大遡上水位      <math>w</math>：水の密度  <math>B_c</math>：コンテナ幅      <math>V_x</math>：コンテナの漂流速度  <math>W</math>：コンテナ重量      <math>g</math>：重力加速度</p> <p>東海第二発電所における漂流物の衝突力評価への適用性          陸上に設置されたコンテナにより堰き止められる水塊の重量（付加質量）に基づき衝突力を評価しており，東海第二発電所で想定する津波によって漂流する台船による衝突力とは異なる。</p>

漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（2 / 2）

既往の評価式	内 容															
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第54巻，pp.846-850，2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文集B2，Vol.66，No.1，pp.781-785，2010</p>	<p>有川ら[4]は，コンクリート構造物に鋼製構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式の通り提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left( \frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1 - \nu^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，F：衝突力  a：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4）  E：ヤング率（コンクリート版）  ：ポアソン比  m：質量  v：衝突速度  p：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25）  m やk の添え字は，衝突体と被衝突体を示す。  また，有川ら[5]は，松富[1]にならい，上式において <math>m = C_{MA} m</math>（<math>C_{MA}</math>：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p> <p style="background-color: yellow;">東海第二発電所における漂流物の衝突力評価への適用性  塑性によるエネルギー減衰効果を考慮した考え方であり，弾性設計には適さないものである。</p>															
<p>(e) FEMA の評価式</p> <p>[6] FEMA, Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, FEMA P646,</p>	<p>FEMA P646[6]では，漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら，以下の式を一例として示している。</p> $F_i = C_m u_{max} \sqrt{km}$ <p>ここで，<math>F_i</math>：衝突力  <math>C_m</math>：付加質量係数（2.0 を推奨）  <math>u_{max}</math>：最大流速  m：漂流物の質量  k：漂流物の有効剛性  漂流物の質量・有効剛性は主要な漂流物について表3.1の通り概略値が与えられているが，それ以外の漂流物については設計において評価することとなっている。</p> <p style="text-align: center;">表 3.1 漂流物の質量と有効剛性</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>漂流物</th> <th>質量 <math>m</math> [kg]</th> <th>有効剛性 <math>k</math> [N/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>材木・丸太</td> <td>450</td> <td><math>2.4 \times 10^6</math></td> </tr> <tr> <td>40ft コンテナ</td> <td>3,800（空載）</td> <td><math>6.5 \times 10^8</math></td> </tr> <tr> <td>20ft コンテナ</td> <td>2,200（空載）</td> <td><math>1.5 \times 10^9</math></td> </tr> <tr> <td>20ft 重量コンテナ</td> <td>2,400（空載）</td> <td><math>1.7 \times 10^9</math></td> </tr> </tbody> </table> <p style="background-color: yellow;">東海第二発電所における漂流物の衝突力評価への適用性  流木とコンテナに対して提案されたものであり，東海第二発電所で想定する津波によって漂流した台船の衝突力評価への適用は困難である。</p>	漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]	材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$	40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$	20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$	20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$
漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]														
材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$														
40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$														
20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$														
20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$														

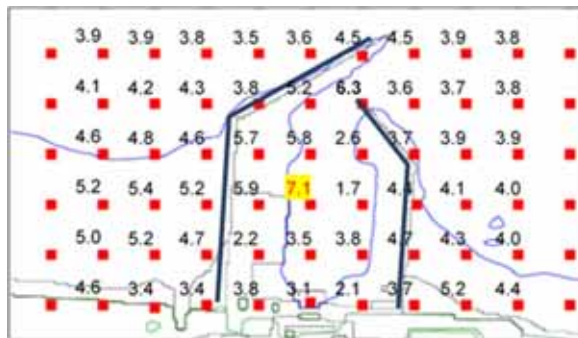
## 5. 漂流物の衝突荷重算定式の選定

既往の知見によると，さまざまな漂流物の衝突力算定式が提案されているが，いずれも東海第二発電所で想定する作業台船の衝突とは状況が異なり適用できない。これに対して，（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省による検討においても，船舶の衝突荷重の算定については，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に記載されている道路橋示方書に示される算定式を採用していることから，東海第二発電所で想定する漂流物の衝突荷重は，道路橋示方書による方法で算定することとする。

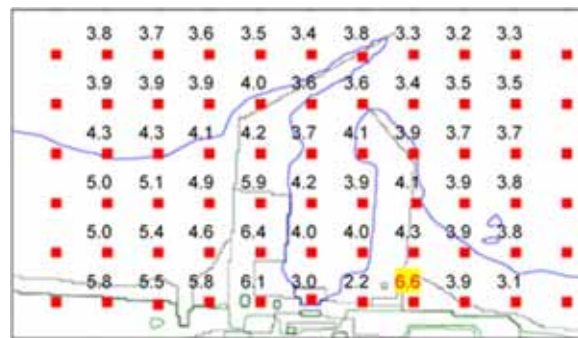
## 6. 漂流物の評価に考慮する津波の流速

津波による漂流物の漂流速度は，津波の流速に支配されることから，漂流速度として津波の流速を用いることとし，流速は津波シミュレーションにより算定する。

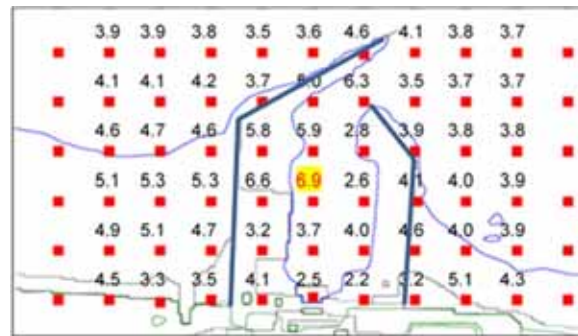
基準津波に対して，防波堤があるモデル，防波堤がないモデル及び防波堤の耐震評価結果から防波堤を1 m沈下させたモデルを用いて津波シミュレーションを実施し，敷地前面海域における表面流速を評価した。それぞれのケースにおける前面海域の最大流速分布を第1図に示す。



(防波堤ありモデル)



(防波堤なしモデル)



(防波堤 1 m 沈下モデル)

第 1 図 前面海域の最大流速分布図

## 7. 東海第二発電所の防潮堤に想定する漂流物の衝突荷重

津波シミュレーションの結果より，前面海域の最大流速は防波堤ありモデルにおいて7.1m/s，防波堤なしモデルにおいて6.6m/s，防波堤1m沈下モデルにおいて6.9m/sであった。

上記の最大流速は7.1m/sであるが，漂流物の評価に考慮する津波の流速は，安全側の設定とし，10m/sとする。

また，東海第二発電所で想定する漂流物の最大重量は，44tの浚渫船（台船）より，50tとする。

漂流物の衝突荷重については，道路橋示方書による方法に基づき以下の通り設定する。

$$\text{漂流物の衝突荷重 } P = 0.1 \times 500 \times 9.8 = 490 \text{ (kN)}$$

## 放水路ゲートの設計と運用等について

### 1. はじめに

放水路ゲートは津波防護施設として設置し，入力津波による放水路からの逆流防止を目的のため設置する。設置箇所は防潮堤と放水路の横断部近傍に設置し3水路に分かれている放水路に各1台ずつ合計3台のゲートを設置する。放水路ゲートの運用は，発電所の運転中には開状態で設置し，原則閉操作は実施しない。

但し，大津波警報が発表になった場合に，発電長の判断により中央制御室から閉操作を実施する運用とする。閉操作するためには，常用海水ポンプのうち循環水ポンプを停止させてから操作を行うことで敷地内への溢水を防止する。ここでは，放水路ゲートの設計と運用に関する方針について説明する。

### 2. 放水路ゲートの設計について

#### (1) 基本設計方針

放水路ゲートは津波防護施設として，防潮堤と放水路が交差する近傍に設置し，放水路ゲートとして設計するが，防潮堤の近傍に設置するため防潮堤と放水路が一体の躯体構造で計画している。（第1図～第2図）

放水路ゲートは上下のスライド式ゲートで原則開として運用するが，大津波警報が発表された場合に閉止操作を実施する。その場合，循環水ポンプを停止させてから閉操作を行う。放水路ゲートの閉操作は中央制御室から遠隔操作できるよう設計する。閉止後は，非常用海水ポンプが継続して排水する必要があるため，放水路ゲートに小扉を設け排水できるよう設計する。



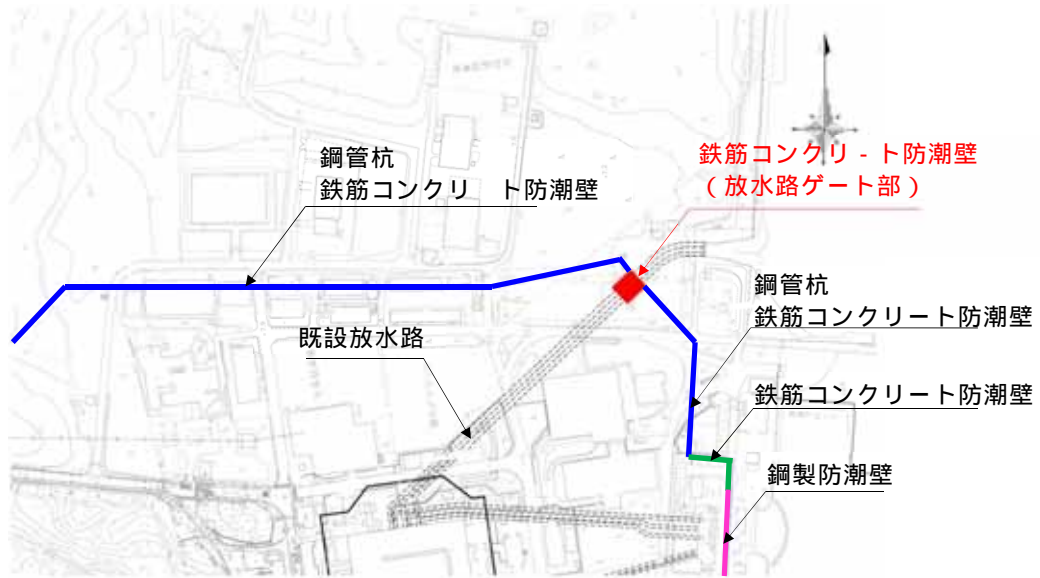
また、放水路ゲートの閉止機能においてMS - 1として設計するため、設置許可基準規則第十二条に基づく要求があることから、ゲートの閉止に必要な系統（駆動方式、電気系等）は、多重性又は多様性、及び独立性を確保し、遠隔操作が可能な系統とする。放水路ゲートに係る適用規格を以下に示す。また、第1表に防潮扉と放水路ゲートの基本設計方針の相違点を示す。

< 適用規格 >

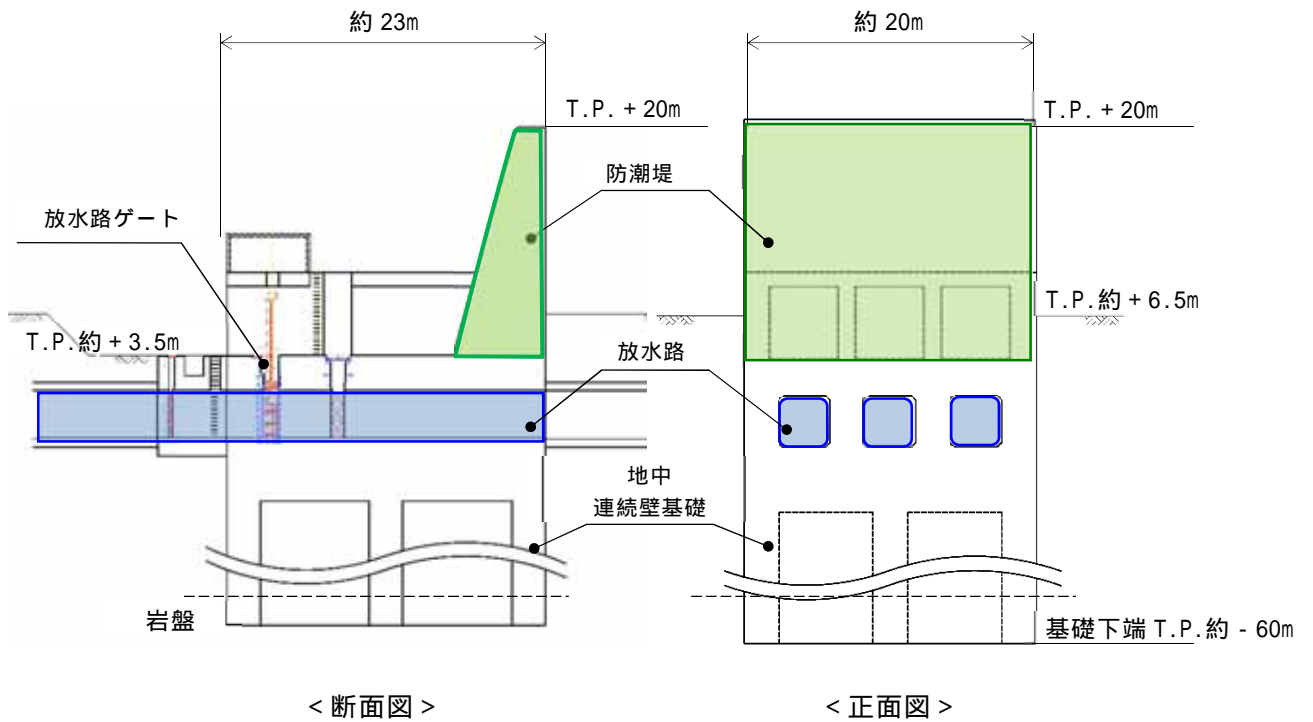
- ・ 水門鉄管技術基準
- ・ ダム・堰施設技術基準

第1表 防潮扉と放水路ゲートの基本設計方針の相違点

	通常状態	操作条件	供給電源	操 作	操作時の インターロック
防潮扉	閉状態	閉状態のため操作なし	常用電源	中央制御室 又は現地	なし
放水路 ゲート	開状態	大津波警報 発表時に 閉止操作	非常用電源 MS - 1 設計	中央制御室	循環水ポン プ停止信号



第1図 放水路ゲート設置位置



第2図 放水路ゲート正面図と断面図

## (2) 耐震設計方針

放水路ゲートの躯体，ゲート本体（扉体），開閉装置については浸水防護施設としての耐震Sクラス要求から基準地震動 $S_s$ による地震力を考慮して設計する。

構造物と地盤との動的相互作用を考慮した二次元動的有効応力解析コード（FLIP）を用いて水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析を行う。

放水路ゲートの閉止操作に支障を来すことがないように，各部材が弾性範囲内に収まるよう設計する。

なお，開閉装置の主要な部分については，構造設計として弾性範囲内にて設計を実施するが，地震における動的機能維持を確認する観点より，閉動作が確実に動作することを確認するため，振動試験を実施し健全性を担保する。

## (3) 耐津波設計

放水路ゲートは放水口の上流に設置することから，入力津波による波力に耐える構造設計を行う。

放水路ゲートの遮水機能として扉体の4辺に水密ゴムを設置しシール機能を確保し，敷地への浸水を防止する構造としている。放水路ゲートの水密機能は防潮扉と同様であり，採用実績を第1表に示す。

放水路ゲートの水密性は，ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）の漏水試験の算出式に準じて求める。漏えい試験装置を用いた漏えい試験を実施し水密ゴムの機能を確認するとともに，ダム・堰施設技術基準（案）の検査内容に準じた検査を実施し水密性を確保していく。漏水試験の算出式及び第2表に水密面に係る検査内容を示す。また，漏えい試験の結果は，添付資料2-1-8）止水ジョイント部（底部止水機構）に記載している。

なお、水中部は海生生物によるゲート動作の障害にならないよう、貝の付着を防ぐ防汚塗装等により動作を確保する。

< 採用実績 >

防潮扉に設置する扉体のスライドゲートの採用実績は多く信頼性は高い。第1表にスライドゲート採用実績を示す。



第1表 スライドゲートの採用実績  
(A社製 2017年8月)

< 漏水量の算出式 >

$$W = 10.2 L \times P$$

W：漏水量 (ml/min)

P：設計圧力 (MPa)

L：長辺の長さ (cm)

	検査内容	測定または確認方法
寸法	水密面の鉛直度，水平度	基準線からの変位を鋼製直尺で測定する。
	水密面の平面度	直定規，すきまゲージで測定する
外観	水密ゴムと水密面の当たり状態	すきまゲージを用いて確認する。
	部材相互の取合いと密着具合	目視により部材の取付け位置を確認する。

第2表 水密面に係る検査内容 (抜粋)

#### (4)津波襲来時（放水路ゲート閉止時）の排水について

##### 排水設計の考え方について

非常用海水ポンプの排水については既設放水路3本のうちいずれか2本より1本を用いて排水をする設計である。

大津波警報が発表された場合には、原子炉スクラム停止操作、循環水ポンプ停止及び出口弁を閉操作する。循環水ポンプが停止した後、放水路ゲートを閉操作する。

放水路ゲートにて放水口を閉止した場合でも、非常用海水ポンプの排水は継続的に排出する必要があることから、ゲート本体に設置している小扉により排水を可能にしている。

##### 放水路からの排水について

既設放水路からの排水は、朔望平均満潮位の時には排水できる設計とする。放水路ゲートの小扉からの排水条件はプラントの排水による放水ピット水位T.P. + 5.5m ( ) 以下の場合に排水する設計としている。小扉の設置位置はT.P. + 0.25m ( ) であることから水位差5.25m以下 ( - ) の条件であれば水位差で小扉が開く設計であることから、朔望平均満潮位T.P. + 0.61m以上であっても排水することが十分可能である。第3図に放水路ゲートの小扉の排水設計を示す。

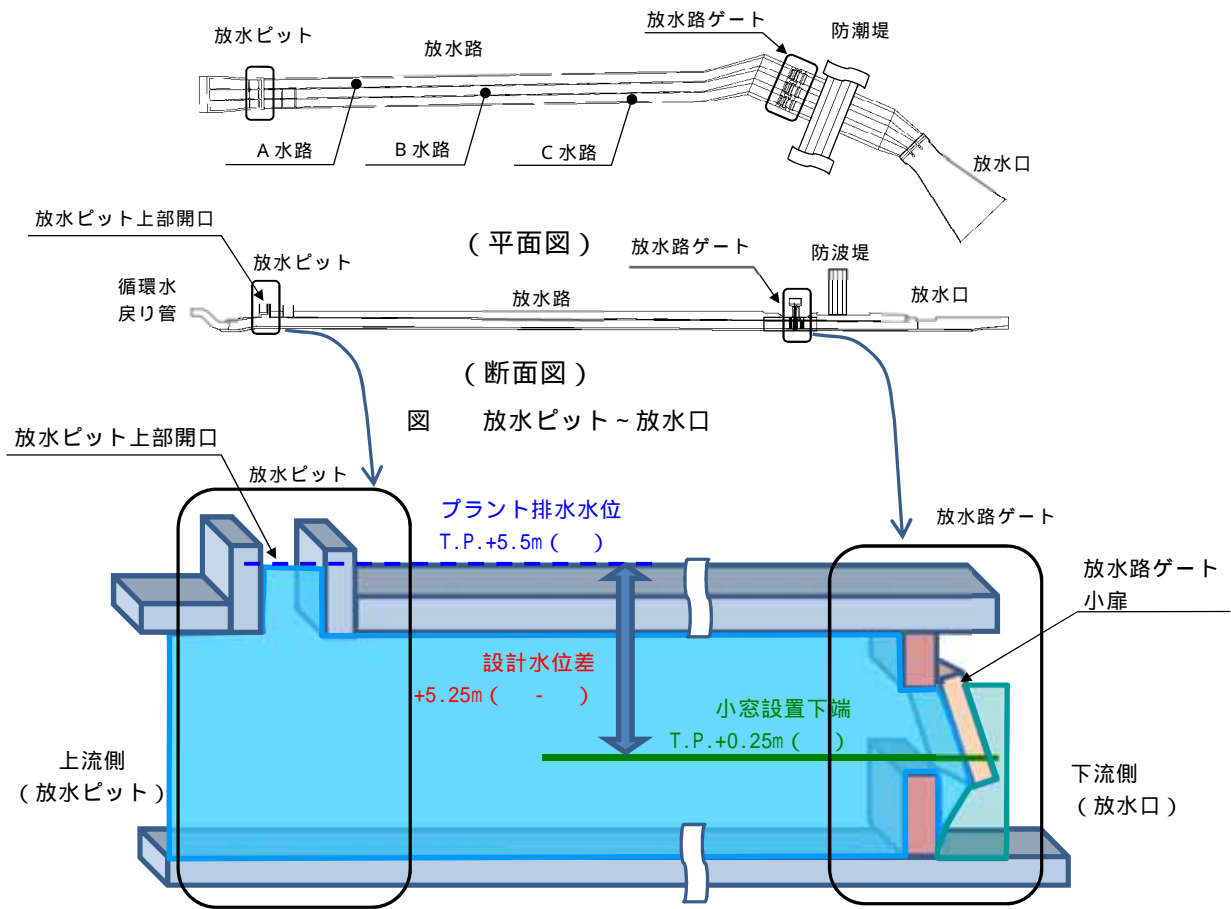


図 放水路ゲート小扉の設計

【放水路ゲートの小扉の排水条件について】(図 参照)  
 <小扉の開条件>

- 必要面積 (小扉の面積): 0.197m<sup>2</sup> 以上
- 設計水位差: 5.25m ( - )
- ・プラント排水水位 (放水ピット): T.P. + 5.5m ( )
- ・小窓設置下端: T.P. + 0.25m ( )
- 設計潮位 T.P. + 0.61m 以下 (朔望平均満潮位)
- 必要放出流量: 4320.8m<sup>3</sup>/hr
- ・残留熱除去系海水ポンプ885.7m<sup>3</sup>/hr × 4台
- ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6m<sup>3</sup>/hr × 2台
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8m<sup>3</sup>/hr × 1台

### 第3図 放水路ゲートの小扉からの排水設計

## 津波襲来時の排水について

通常は小扉から排水する設計であるが，津波の襲来時には，放水口側の水位差が上回り排水ができなくなる。放水口前面での津波高さは，放水ピット上部開口部高さT.P. + 5.5mを上回る津波高さの時間は，最大で約4分であり，排水量に換算すると最大約670m<sup>3</sup>になる。津波襲来時には敷地内に一時的に排水するよう設計する。第4図に放水路ゲート閉止状態での排水イメージを示す。

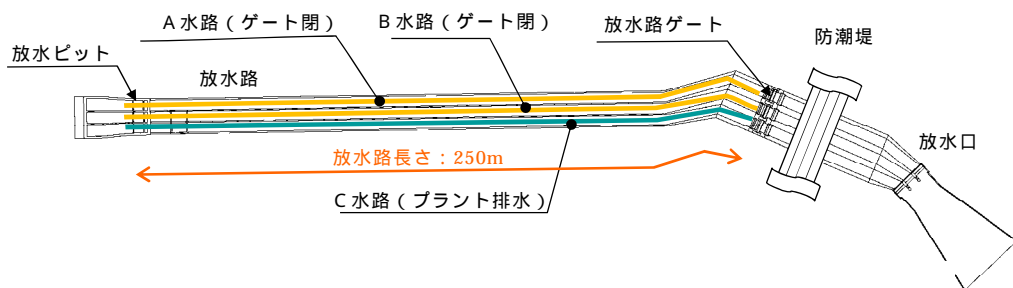


図 非常用海水ポンプの排水ルート（C水路の例）

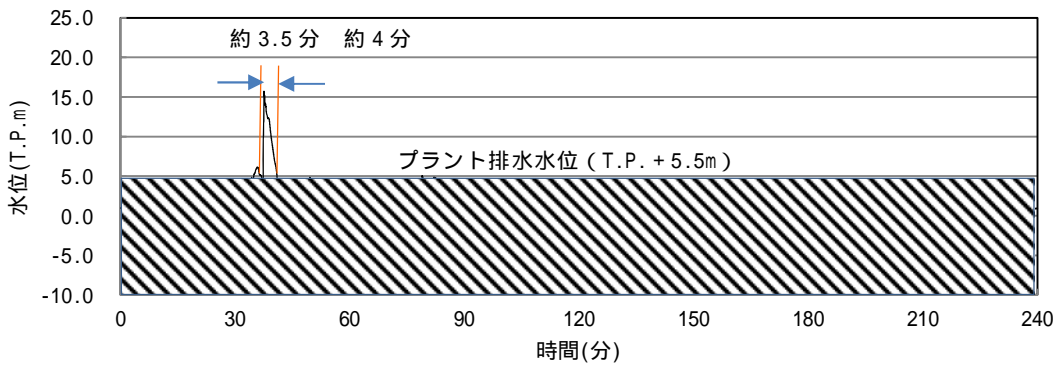
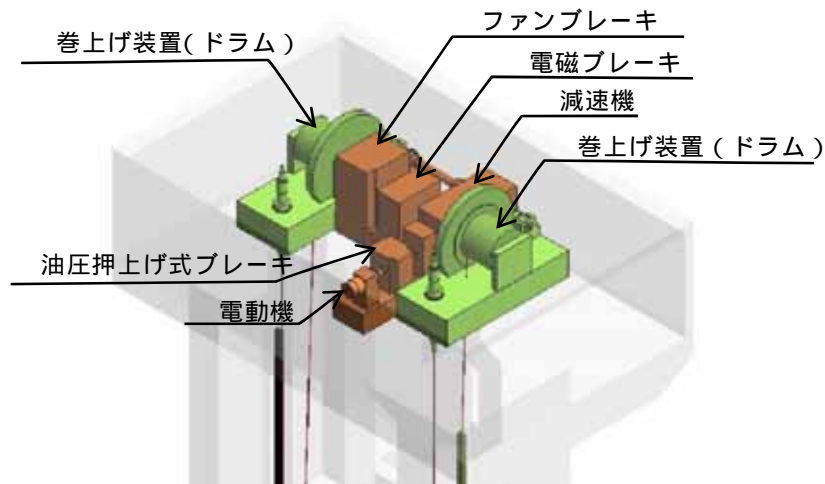


図 放水路ゲート閉止した場合の時刻歴波形

## 第4図 放水路ゲート閉止時の排水

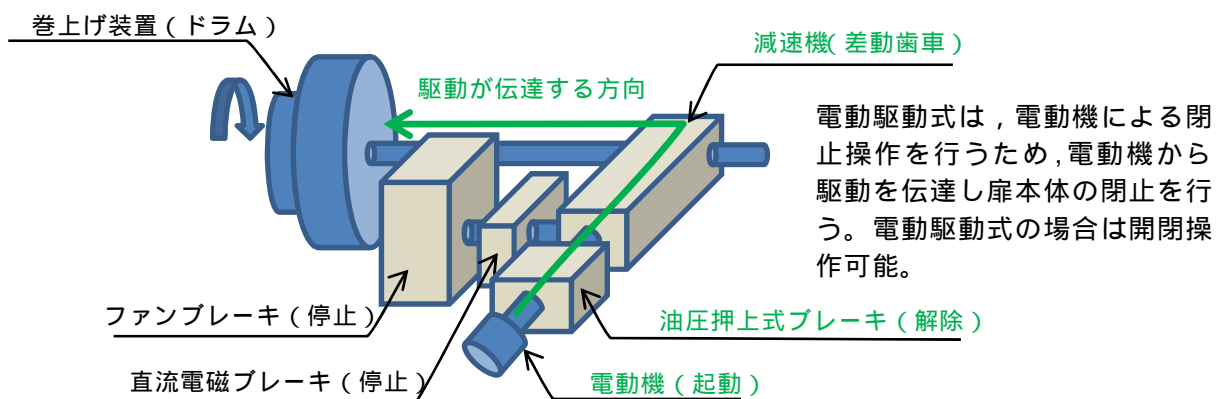
(5)開閉装置の構造及び動作原理について

開閉装置の駆動方法は電動機による「電動駆動式」とファンブレーキによる「機械式」の2つの構造がある。第5図 a ~ b に開閉装置の構造及び動作原理について示す。図 a に開閉装置の構成を示す。なお、動作原理は防潮扉と同じである。



【図 a 開閉装置 鳥瞰図】

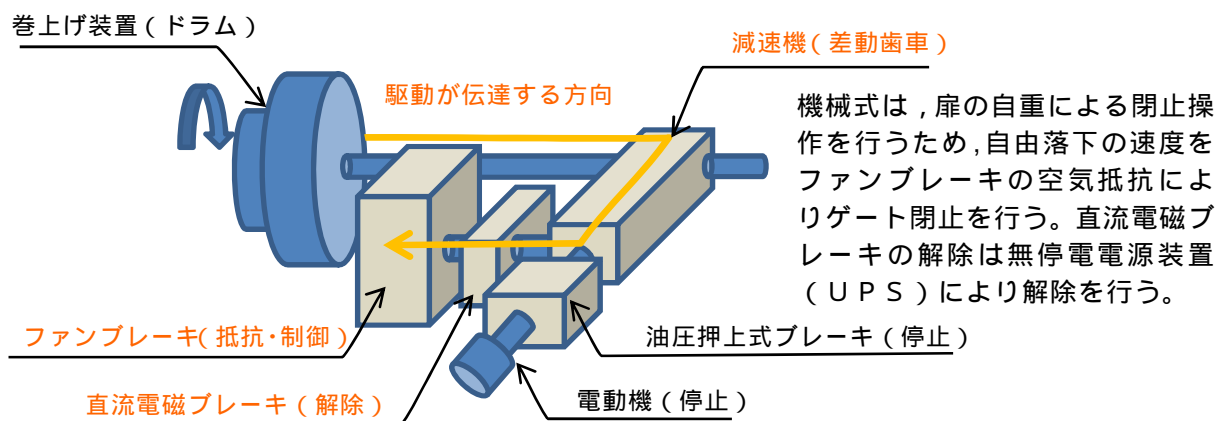
電動駆動式は 電動機を駆動，油圧押上げ式ブレーキを解除，減速機，巻き上げ装置を経由し放水路ゲートを閉止させる構造である。電動駆動式は開閉操作が可能である。(図 b 参照)



【図 b 電動駆動式 (開閉操作可能)】



機械式は、直流電磁ブレーキを解除、巻き上げ装置に引き上げられている放水路ゲートの自重による落下、ファンブレーキによる落下速度の制御により放水路ゲートを閉止させる機械的な構造である。機械式は電動駆動用の電源を必要とせず、直流電磁ブレーキを解除できるよう無停電電源装置（UPS）を設置している。機械式は閉操作のみ可能である。



【図c 機械式（閉操作のみ）】

第5図 開閉装置の構造及び動作原理（図a～図c）

## (6)開閉装置の振動試験について

### a . 試験目的

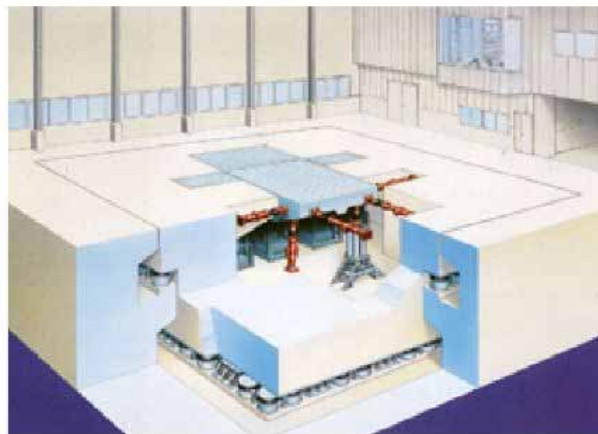
許可段階での成立性確認のため，基準地震動  $S_s$  の選定波を係数倍した加振波を用いて，実機大の放水路ゲートの開閉装置を用いた振動試験を行い地震後の動的機能維持を確認する。なお，開閉装置設置位置における加速度応答が算出された段階で，当該試験に用いた加振条件に包絡していることの確認をJEAC4601「4.6.3.2試験による評価の方法」に準じて行う。放水路ゲートの振動試験内容は防潮扉と同じである。

### b . 試験方法

振動台上に架台を設置しその上に防潮扉（防潮ゲートと同じ開閉装置を使用）に設置する開閉装置を基礎ボルトで固定し，水平方向と鉛直方向とを同時加振する。第6図に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の規格

加速自由度	3軸6自由度		
最大積載質量	80 t f		
テーブル寸法	6m x 4m		
定格	X方向	Y方向	Z方向
最大変位	± 300mm	± 150mm	± 100mm
最大加速度 (35 t 積載時)	1 G	3 G	1 G



第6図 大型3軸振動台の概要

### c. 試験条件

加振試験に使用する入力条件は以下のとおり。

#### < 入力地震動の作成 >

加振試験に用いる基準地震動  $S_s$  は、全周期帯で加速度は一様に大きい基準地震動  $S_s - D 1$  を選定した。また、一次元地盤応答解析 (SHAKE) による地盤応答結果から地表面における最大応答加速度が最も大きくなる  $S_s - 2 2$  (鉛直方向最大) 及び  $S_s - 3 1$  (水平方向最大) についても選定した。

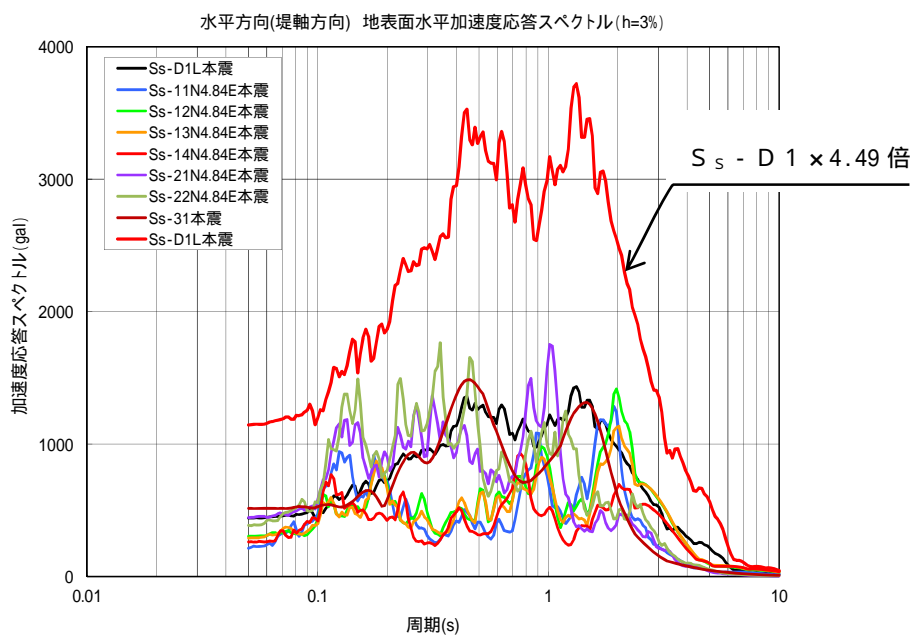
#### < 加振条件 >

第2表に加振試験に用いた加振条件を示す。加振試験に用いる加振波は、前項で選定した  $S_s - D 1$  ,  $S_s - 2 2$  及び  $S_s - 3 1$  を加速度方向に係数倍した模擬地震波を用いる。 $S_s - D 1$  に対しては、JEAC4601の評価を実施するため、応答加速度を4.49倍し全周期帯を包絡させた入力地震動を作成した。また、 $S_s - 2 2$  については鉛直方向最大、 $S_s - 3 1$  については水平方向最大の応答加速度に対し2倍増幅させ機器の健全性を確認する加振条件とした。第3表に各地震波における加振条件を示す。

第3表 各地震波における加振条件

地震波	加振条件 (係数倍) * 1
$S_s - D 1$	4.49
$S_s - 2 2$	2
$S_s - 3 1$	2

\* 1 : 振動台の性能から高倍率の加振条件においては、各構成部品の固有周期が有しない範囲についてはフィルター処理を実施した。



第7図 模擬地震波の加速度応答スペクトル（水平方向）

#### d . 試験装置

放水路ゲートの開閉装置は防潮扉の開閉装置と同じ構造であるため、放水路ゲートと防潮扉の開閉装置の中でも最大な設備を選定し、開閉装置のワイヤーの巻き上げ装置については、駆動軸の長いワイヤーの巻き上げ装置側を製作した。

また、ワイヤー巻き上げ装置には扉の荷重を模擬するため巻き上げ装置の下部にトルク装置を設置し扉の荷重を模擬し試験を実施した。

試験に用いた開閉装置の概要は以下の通り。第8図に開閉装置の試験装置（全景）を示す。

< 試験装置の構成 >

開閉装置（減速機，直流電磁ブレーキ，ファンブレーキ，他） 1式

制御盤 1式



第8図 開閉装置の試験装置（全景）

e . 試験結果

試験前及び加振試験後に外観点検を実施し異常のないことを確認した。また，試験後の動作確認においても試験装置上に設置している操作盤より操作を実施し異常なく開閉装置が動作する事を確認した。

(7)安全機能 ( M S - 1 ) 要求に伴う設計について

放水路ゲートは設置許可基準規則 第十二条の要求に基づき以下の安全機能について設計を行う。

- a . 外部電源喪失時にも閉止できるように放水路ゲートの閉止装置に必要な電源は「独立性」「多重性」を確保し非常用ディーゼル発電機 2 C , 2 D 母線から供給する様に設計する。
- b . 駆動方式は , 多重性を確保し「電動駆動式」及び「機械式」で設計する。「機械式」はファンブレーキ方式を採用する。また , 外部からの動力の供給をがない場合においても操作が可能なよう無停電電源装置 ( U P S ) を設置する。
- c . 運転員による誤操作及び誤信号による誤動作を防止するため , 循環水ポンプ運転中は閉止しないインターロックを持つ設計にする。
- d . 放水路ゲートが閉止している状態においても , 安全系ポンプが運転中のため , 完全に閉止してしまうと敷地内へ浸水することから , 閉止ゲートの扉体に小扉を設け安全系ポンプの排水は放水口より排水できる設計にする。
- e . 放水路ゲートの状態を監視し , 異常の発生を検知できるような設計にする。

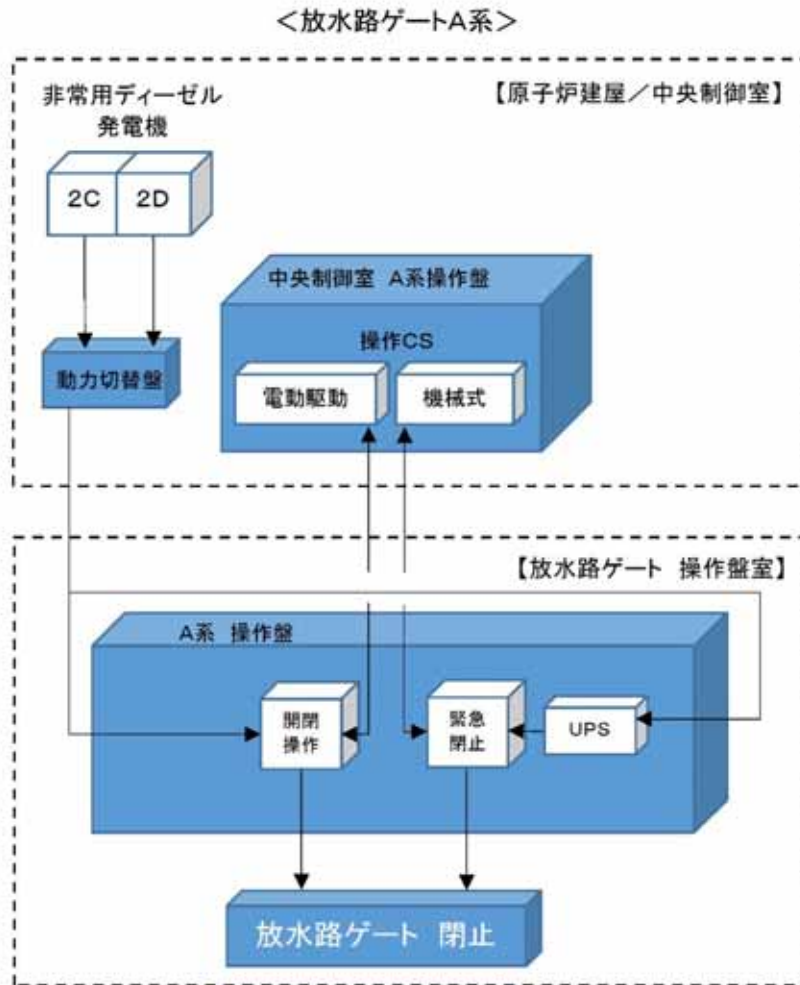
#### (8)放水路ゲート操作用電源系等の設計について

津波の襲来に対して確実な緊急閉止操作を達成するため，基本設計方針に基づき，放水路ゲートの閉止機能は重要安全施設（MS - 1）設計とする。動的機器である閉止機構及び閉止機構に関する電源系，制御系は多重化し，ゲート自体は静的機器であることから多重性の必要はなく，シングルであっても確実に閉止する設計となっている。

- ・ゲートの閉止に必要な系統（駆動方式，電気系等）は，多重性又は多様性，及び独立性を確保し，遠隔操作が可能な系統とする。
- ・想定される全ての環境条件において，その機能を発揮できるよう，耐震性を含めた耐環境性を確保する。
- ・放水路ゲートの状態を監視し，異常等の発生を検知できるよう設計する。

この基本設計方針の概念図を第9図に放水路ゲート電源概念図を示す。

開閉機構には，「電動駆動式」「機械式」を多重に設けており，通常時は電動駆動式により閉止を行い，緊急を要す場合に「機械式」を選択する。放水路ゲートの操作は中央制御室から遠隔操作を可能とし，開閉状態についても監視できる設計にする。また，それぞれの制御系，電源系は多重化し，かつ独立性を確保し，耐震性はSクラス設計する。



第9図 放水路ゲート電源概念図（A系の例）



### 3. 放水路ゲート閉止方法について

発電所への影響を及ぼすような津波が襲来する恐れがある場合の放水路ゲート閉止操作に関する手順並びに操作系設備の設計の考え方を以下に示す。

#### (1) 電動駆動式による閉止操作の手順

津波情報については、気象庁からの大津波警報や構内設置の潮位計及び津波監視カメラにより情報を収集しているが、気象庁からの発信される津波情報のうち、太平洋側沿岸部に到達する津波（遠方沖含む）の予報区で大津波警報が発表された場合に、放水路ゲートの閉止判断を行い、閉止操作に移行する。放水路ゲートの閉止判断を行った場合の対応手順及び対応時間については以下のとおり。

放水路ゲートを閉止するためには、循環水ポンプを先に停止させる必要がある。誤操作・誤動作による閉止した場合に敷地内へ循環水が溢水することを防止するため、循環水ポンプの停止信号を放水路ゲートの閉操作のインターロックに設定している。

循環水ポンプ停止後、電動駆動式による放水路ゲートの閉止操作を中央制御室から遠隔にて操作し閉止する。地震・津波発生後から放水路ゲート閉止までの時間は約22分である。

第10図に放水路ゲートの操作フローを示す。

## (2) 機械式による閉止操作の手順

放水路ゲートの閉止操作は，中央制御室からの遠隔操作により実施する。原則として通常は「電動駆動式」の操作としているが，「機械式」による自重落下式も採用し多重性を確保している。

機械式は，外部電源喪失時にも直流電磁ブレーキを開放するだけで放水路ゲートを閉止できる。

操作は中央制御室の選択スイッチにより「電動駆動式」か「機械式」を選択し遠隔にて操作し閉止する。地震・津波発生後から放水路ゲート閉止までの時間は約14分である。

第10図に放水路ゲートの操作フローを示す。

放水路ゲートの閉止操作時間は，地震・津波発生から電動駆動式の場合で約22分，機械式の場合で約14分かかる。基準津波による津波の到達時間は約37分であるため，到達までに放水路ゲートを閉止することができる。

< 参考 >

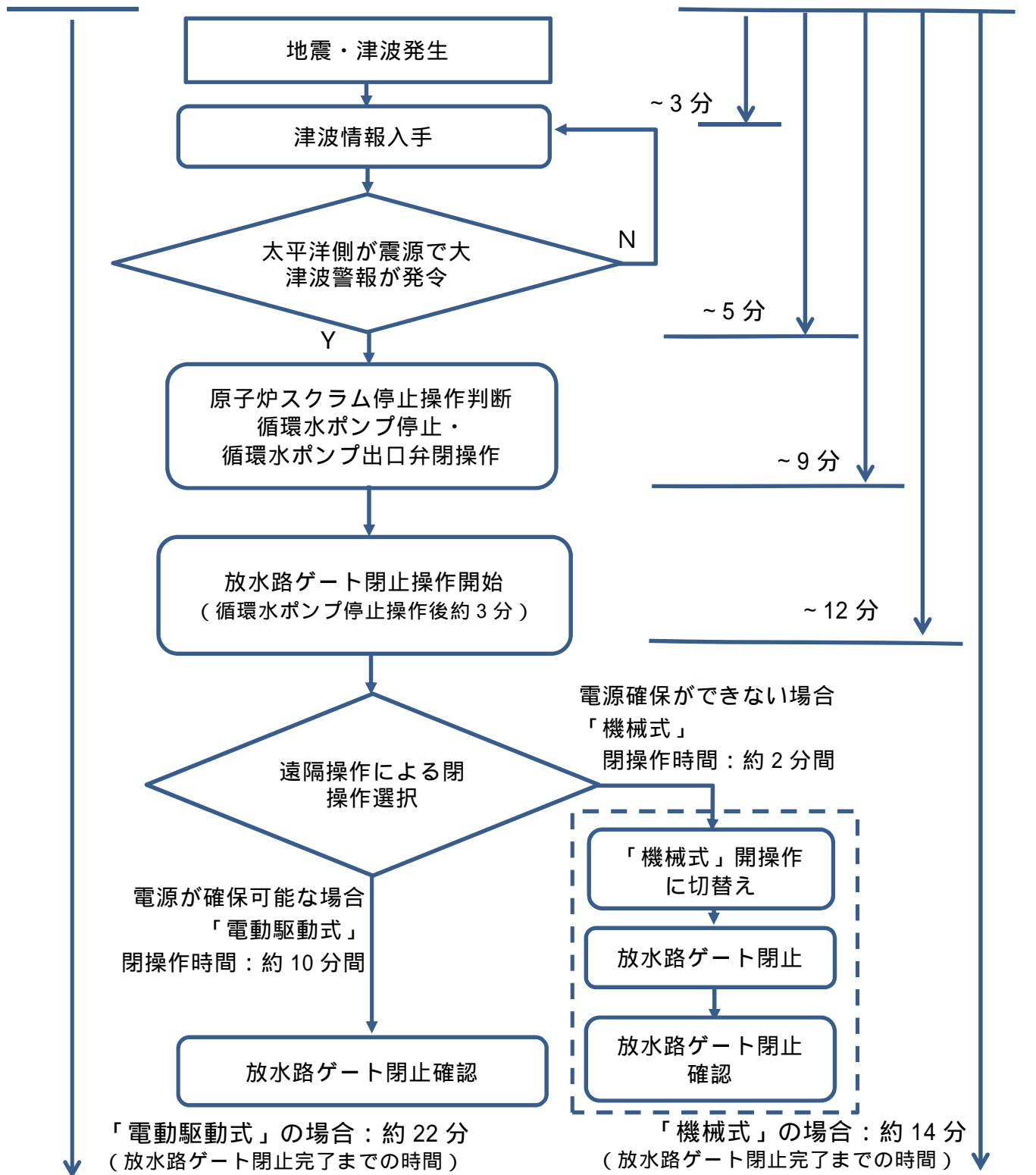
ここでは海域活断層を波源とした津波時の場合について評価する。

海域活断層F8の到達時間約24分に対し，電動駆動式約22分，機械式約14分であることから敷地へ到達する前に閉止することができる。第4表に各海域活断層の津波高さや到達時間について（取水口前面）示す。

仮に閉止できなかつたとしても，海域活断層の津波高さは，最大でもF16のT.P. + 2.0mであることから，放水路ゲートを閉止しなくても敷地へ遡上することはない。

第4表 各海域活断層の津波高さや到達時間について（取水口前面）

海域活断層名	最高水位（T.P. m）	到達時刻（分）
F1～塩ノ平	+ 1.7	32
F3～F4	+ 1.2	43
F8	+ 1.9	24
F16	+ 2.0	25



第10図 放水路ゲート操作フロー

## 設置許可基準規則 第十二条との適合性

設置許可基準規則	適合性
(安全施設)	
<p>第一二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない</p>	<p>取水路ゲートは、入力津波による遡上波が、設計基準対象施設の津波防護対象設備に到達、流入を防ぐ重要な施設であることを踏まえ、MS - 1 設計とする。以下にその適合性を述べる。</p>
<p>2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機能又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。</p>	<p>津波防護機能を達成するため、放水路ゲートを閉止するための閉止機構は多重化し、各々異なる動作原理により駆動する系統とする。</p> <p>また、当該閉止機構の駆動に必要な電源系及び制御系もそれぞれに独立した系統により、多重化した設計とする。また、電源系には、無停電電源装置を用いることで外部電源喪失時にもゲート閉止が可能とすることにより、単一故障に対して津波防護機能を失わない設計とする。</p>
<p>3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。</p>	<p>電源系等を独立させ、内部火災等の影響を受けない設計とする。</p> <p>開閉装置は、外部火災等、自然現象による影響を受けない設計とする。</p> <p>基準地震動 <math>S_s</math> に対して、ゲートの閉止機能を喪失しない設計とする。</p>
<p>4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。</p>	<p>原子炉の運転中又は停止中に放水路ゲートの作動試験又は、検査が可能な設計とする。</p>
<p>5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損傷に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。</p>	<p>放水路ゲートと蒸気タービン、ポンプ等とは距離による離隔が十分にされていることから飛来物による影響は及ぶことはない設計としている。</p>
<p>6 重要安全施設は、二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない。ただし、二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合は、この限りでない。</p>	-
<p>7.安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。</p>	-