

東海第二発電所

耐津波設計方針について

〔 第504回審査会合(平成29年9月5日)時の
指摘事項に対する回答 〕

平成29年9月26日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密又は
防護情報の観点から公開できません。

耐津波設計方針に係る審査会合時の指摘事項

No.	指摘事項	説明頁	概要資料
4	漂流物調査に関して、今後の継続調査の基本的な考え方について整理して説明すること。	2	【資料1-2-1】 2.5 (2) 添付資料16
5	鋼製防護壁の止水機構について、構造(可動の有無)、環境条件等の観点から一般産業施設等での使用実績を調査すること。また、止水機構の特異性を考慮して考えられる挙動に対して設計方針を整理して説明すること。	5	【資料1-2-1】 添付資料21

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性に係る審査会合時の指摘事項

No.	指摘事項	説明頁	概要資料
17	津波荷重+余震時における津波荷重の考え方についての妥当性を説明すること。	13, 36, 37	—

【指摘事項】

漂流物調査に関して、今後の継続調査の基本的な考え方について整理して説明すること。

【回答概要】

①定期的(1[回/年]以上)な人工構造物の設置状況の確認により、変更が確認された場合及び②発電所設備の改造又は追加を計画する都度、津波防護施設等の健全性、取水機能を有する安全設備等の取水性に影響を及ぼす可能性について確認するため、漂流物評価フローに基づき、漂流物調査及び評価を実施する。

これら調査・評価方針については、保安規定において規定化する。

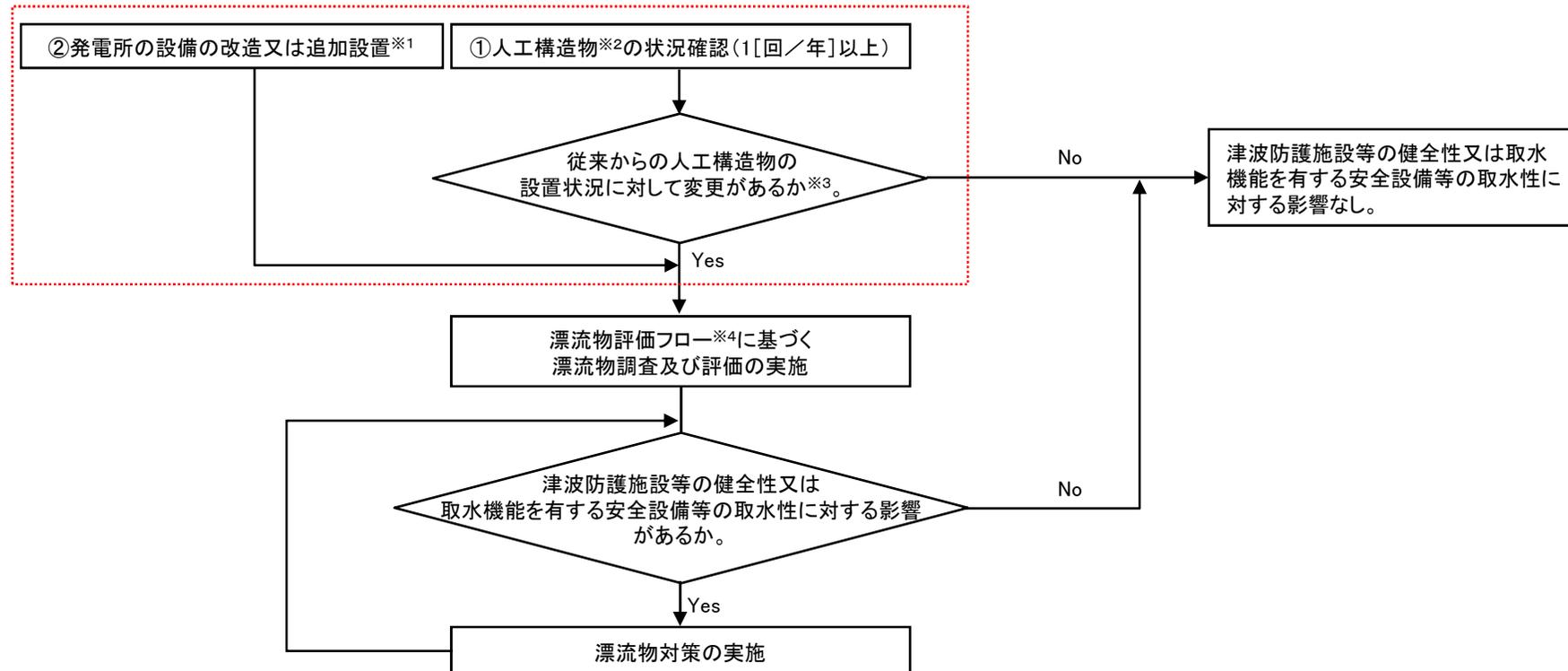
1. 継続的な漂流物評価方針



【継続的な漂流物評価方針】

①定期的(1[回/年]以上)な人工構造物の設置状況の確認により, 変更が確認された場合及び②発電所設備の改造又は追加を計画する都度, 津波防護施設等の健全性, 取水機能を有する安全設備等の取水性に影響を及ぼす可能性について確認するため, 漂流物評価フローに基づき, 漂流物調査及び評価を実施する。

これら調査・評価方針については, 保安規定において規定化する。



※1:「核原料物質, 核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第43条の3の9(工事の計画の認可)及び第43条の3の10(工事の計画の届出)に基づき申請する工事のうち, 「改造の工事」又は「修理であって性能又は強度に影響を及ぼす工事」を含む。

※2: 港湾施設, 河川堤防, 海岸線の防波堤, 防潮堤等, 海上設置物, 津波遡上域の建物・構築物, 敷地前面海域における通過船舶等

※3: 自治体, 地域の連絡会・協定等の情報を活用し, 設置状況を確認する(既往の調査結果に含まれる民家, 電柱, マンホールの増加等の評価に影響しないものは除く)。

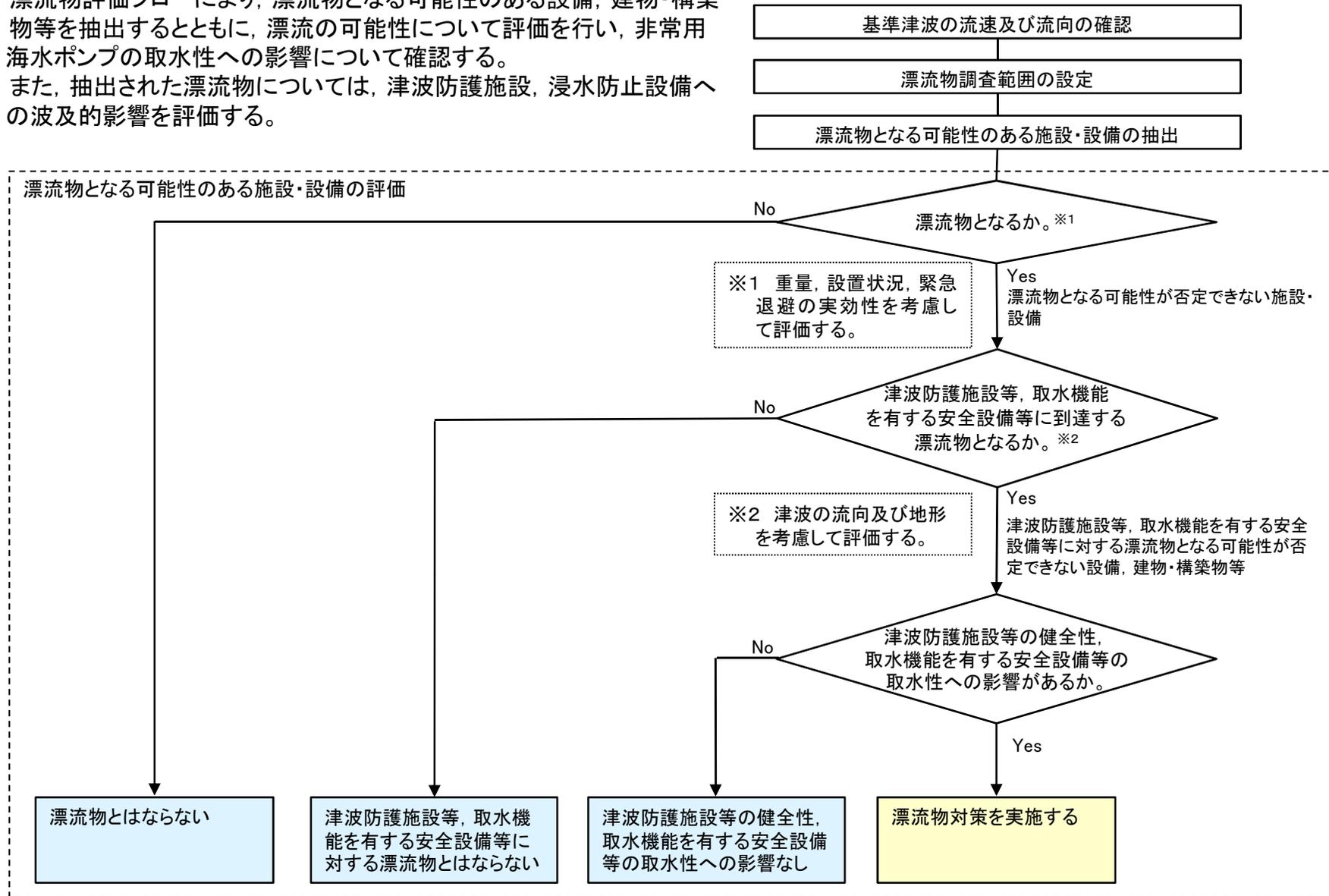
※4: 次頁にて示す。

【継続的な漂流物評価フロー】

2. 漂流物評価フロー



- ◆ 漂流物評価フローにより、漂流物となる可能性のある設備、建物・構築物等を抽出するとともに、漂流の可能性について評価を行い、非常用海水ポンプの取水性への影響について確認する。
- ◆ また、抽出された漂流物については、津波防護施設、浸水防止設備への波及的影響を評価する。



【漂流物評価フロー(東海港防波堤を除く)】

【指摘事項】

鋼製防護壁の止水機構について、構造(可動の有無)、環境条件等の観点から一般産業施設等での使用実績を調査すること。また、止水機構の特異性を考慮して考えられる挙動に対して設計方針を整理して説明すること。

【回答概要】

鋼製防護壁の止水機構と同様に水密ゴムを使用した設備としては、沿岸部における津波・高潮防災設備として、起伏ゲート、多段式ゲート及び可動防潮堤があることを確認した。これら防災設備の適用場所の環境条件は鋼製防護壁の止水機構と同様と考えられるが、止水機構の止水板が地震時に追従するのに対して、防災設備は地震時の挙動を考慮したものでないことから、構造的には必ずしも一致しない。

このため、止水機構の特異性を考慮して、地震時、津波時及び津波時+余震時における止水板等の挙動について、二次元動的解析により、構成部材の健全性を確認する。

また、止水性への影響として想定される劣化・損傷モードとして水密ゴムの摩耗及び異物混入(水密ゴムの破損)を前提とした漏水量評価を実施した。

1. 鋼製防護壁の止水機構の概要

【止水機構の概要】

- ◆津波荷重：基準津波 ◆地震荷重：基準地震動 S_g
- ◆許容可動範囲：海側へ700mm, 陸側へ500mm, 上下±60mm
- ◆適用規格：道路橋示方書・同解説 II 鉄橋編,
水門鉄管技術基準, ダム・堰施設技術基準(案)

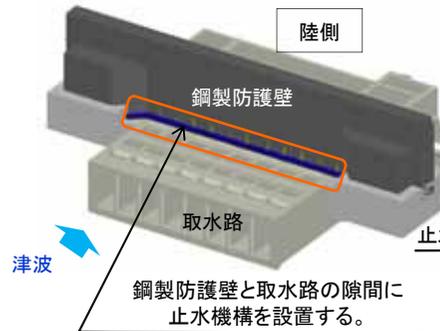


図1 鋼製防護壁の構造

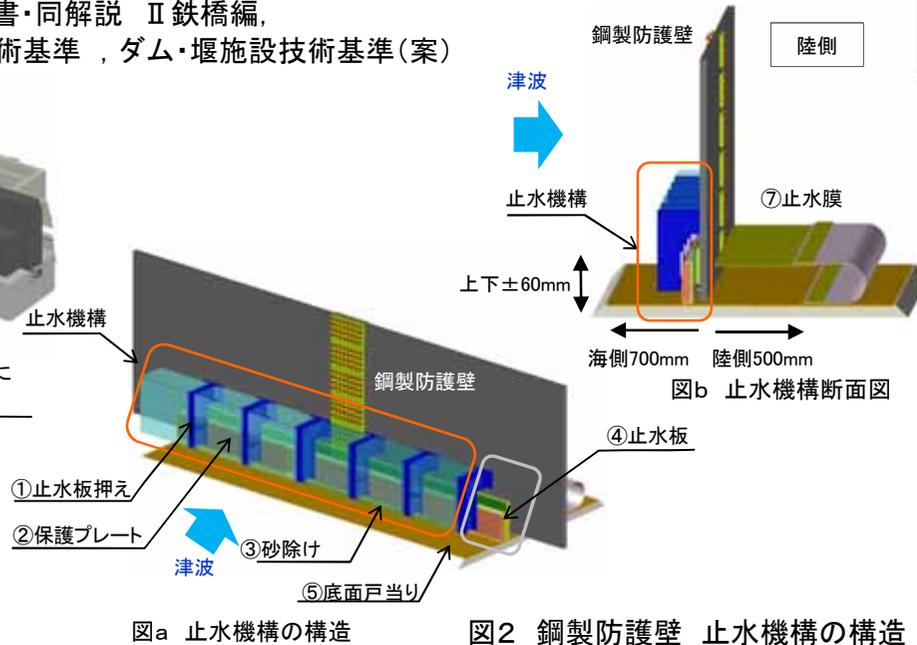
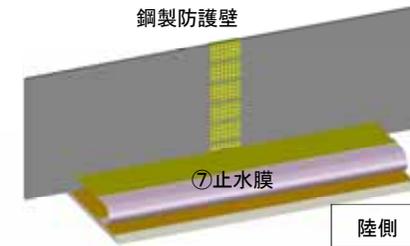
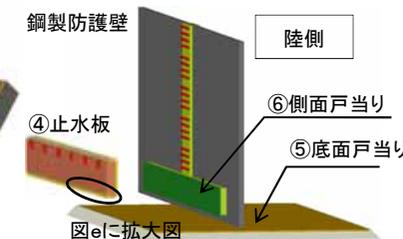


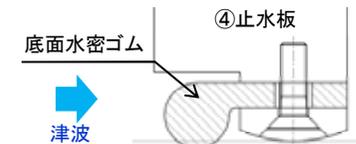
図2 鋼製防護壁 止水機構の構造



図d 止水機構 陸側の構造



図c 止水板の構造



図e 底面水密ゴムの構造(断面図)
側面も同様に水密ゴムを設置

表1 止水機構の用途

	名称	用途	材料
止水機能	①止水板押え	・止水板を支持する。 ・漂流物等から止水板を防護する。	鋼製
	②保護プレート	・漂流物等から止水板を防護する。 ・止水板への異物混入を防止する。	鋼製
	③砂除け	・底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。	ナイロン
	④止水板	・止水機構の扉体の機能。 ・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。 1枚当たりの主要仕様 ○寸法:横2000mm×幅100mm×高さ400mm ○重量:620kg	ステンレス※+ 水密ゴム(P形ゴム)
	⑤底面戸当り	・止水板の底面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度管理) ・床部より100mm嵩上げし異物混入を防止する。	ステンレス※
	⑥側面戸当り	・止水板の側面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度管理)	ステンレス※
	⑦止水膜	・水密ゴムからの微小な漏えいを保持する。 ・陸側からの異物混入を防止する。	膜材

※:JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼及び鋼帯 表面仕上げNo.1

2. 鋼製防護壁の止水機構の追従性について

【止水機構の追従性】

各振動(水平・鉛直)及び津波時における止水板の追従性について以下に示す。(図1～図3)

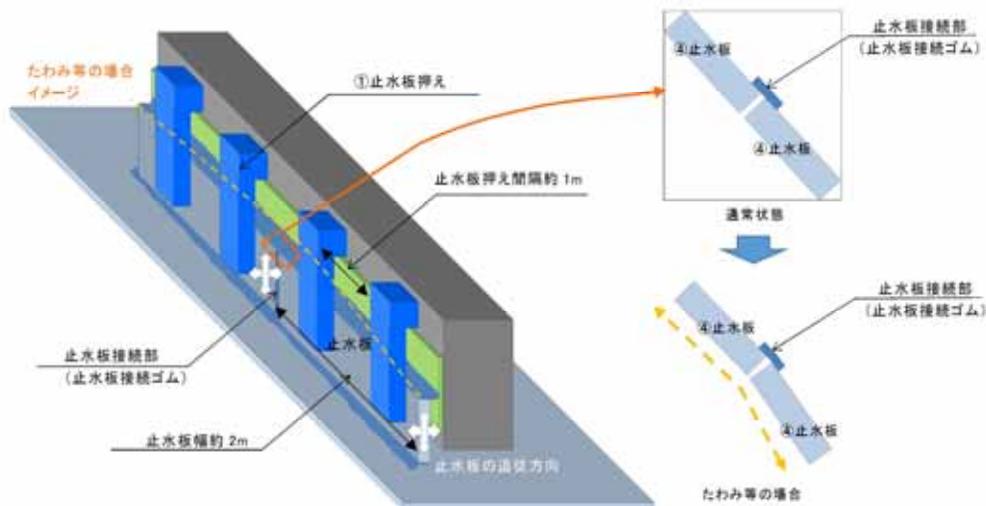
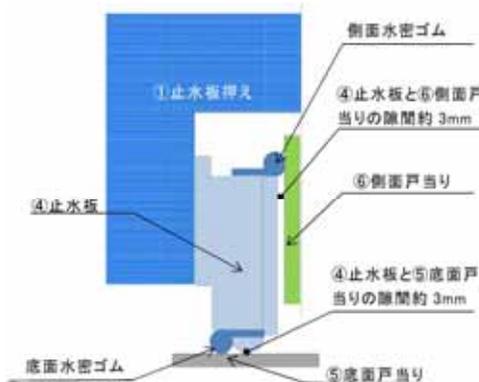


図1 止水機構の止水板の追従イメージ(水平)

- ◆①止水板押えは約1m間隔で1枚の④止水板を2箇所支持する。
- ◆④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)と同じ材質の水密ゴムで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。鋼製防護壁全長にすると水平方向に±約2m、鉛直方向に約0.6mの変位に追従することができる。

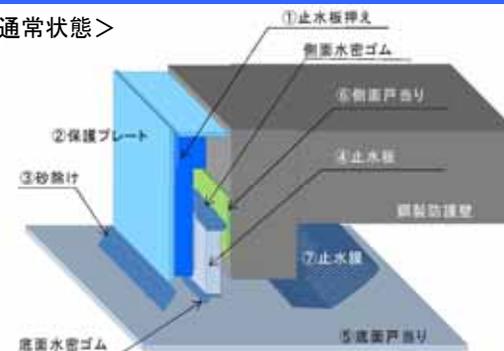


(通常時)

- ◆⑥側面戸当り及び⑤底面戸当りとの隙間を約3mmで調整。
- ◆水密ゴムのみで密着するよう④止水板の位置は調整している。
- ◆通常の状態(地震時含む)には、④止水板は水圧により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。

図3 止水板の支持方法について

<通常状態>



<地震時(鋼製防護壁が上がる状態)>

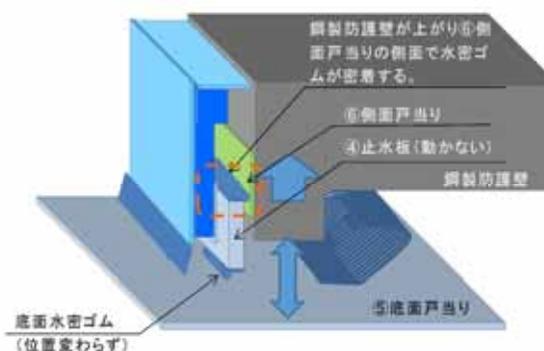
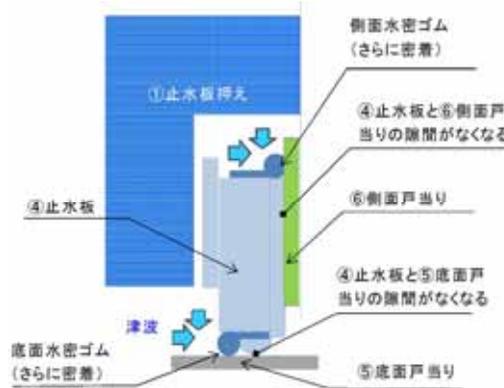


図2 止水機構の動作について(鉛直)

- ◆鋼製防護壁が上がる場合は、④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、⑥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。



(津波襲来時)

- ◆④止水板に水圧がかかると、④止水板は⑤底面戸当り側と⑥側面戸当り側に押し付けられ、通常の状態に調整されている約3mmの隙間がなくなり、水密ゴムの密着性がさらに高まる構造。

3. 鋼製防護壁の止水機構の採用実績について



【採用実績】

止水機構の採用実績は以下のとおり。(表1, 図1~4)

表1 ゲート等における水密ゴムの採用実績(A社製2017年8月)



図1 起伏ゲート

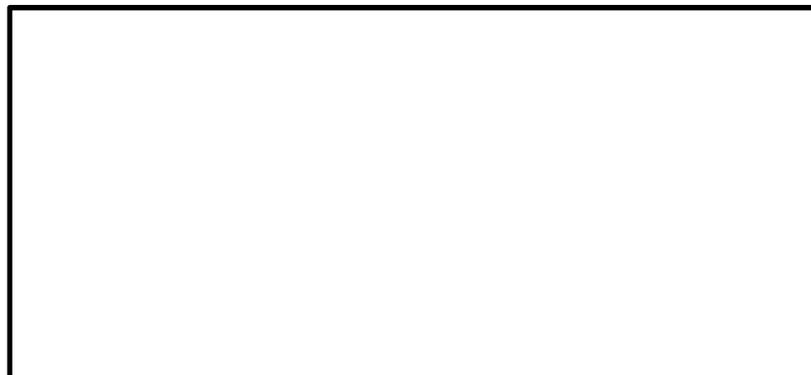


図2 多段式ゲート



図4 可動防潮堤(陸上設置型長径間防潮堤)



【可動防潮堤①】

- ・寸法:幅4.9m×高さ1m
- ・材質:ステンレス鋼

【可動防潮堤②】

- ・寸法:幅15.0m×高さ3.0m
- ・材質:ステンレス鋼

図3 可動防潮堤※

※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



4. 鋼製防護壁の止水機構の追従性に係る解析方針について



【止水機構の追従性に係る解析方針】

④止水板の構造は、一般的に実績のあるものを採用していることを確認した。

しかしながら、止水機構の④止水板のように地震時の挙動を考慮したものではない。

このため、止水機構の④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。(図1)

なお、本件の解析結果は詳細設計段階でご説明する。

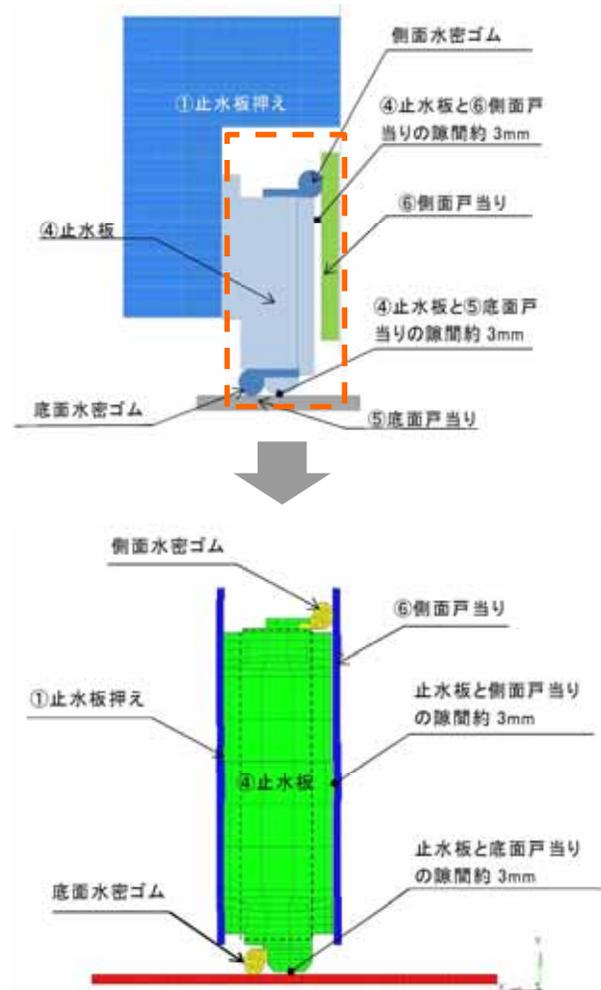


図1 解析モデル図

＜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, 津波+余震時

◆水密ゴム摩擦係数:
0.2(ダム・堰施設技術基準(案))
0.4(劣化傾向模擬)

◆評価対象部位:
・底面水密ゴム
・側面水密ゴム
・④止水板
・その他の部材は, 必要に応じて評価

◆許容限界:
・水密ゴム : 引張り強度, 変形量(伸び)
・止水板, その他の部材 : 弾性設計範囲内

5. 鋼製防護壁の止水機構の漏水試験について



【止水機構の漏水試験】

- ◆ 止水機構の水密性を確認するため、ダム・堰施設技術基準(案)に準拠した漏水試験を実施した。
- ◆ 漏水試験に用いた試験体は、未使用品の水密ゴムと供用中の劣化状態を仮定した摩耗及び砂の噛み込みを想定した水密ゴムとした。
- ◆ 漏水試験の結果、漏えい量は許容漏えい量に比べてわずかであり、実機への適用に問題ないことを確認した。(表1, 図1)

表1 止水機構(水密ゴム)の漏水試験結果

区分	目的	試験体No.	試験圧力 (Mpa)	保持時間 (分)	漏えい量 (ℓ/10分)	許容漏えい量※4 (ℓ/10分)	判定	備考
1	未使用品	水密ゴム単体の水密性能の確認	①	0.2※1	10	0.020	2.0	○
			②	0.2※1		0.029		○
2	劣化状態を仮定	劣化モードとして、 S_5 相当の加振による摩耗及び底面戸当りと水密ゴム間に砂を噛み込ませた状態での水密性能の確認	③	0.17※2	10	0.039	1.7	○
				0.66※3		0.625		○
				0.17※2		0.440		○
				0.66※3		0.525		6.7

- ◆ 上記漏えい量を担保するには、水密ゴムの維持管理が重要である。このため、止水機構の水密ゴムは、取替ができるよう構造設計するとともに、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、必要に応じて補修や取替等を実施する。

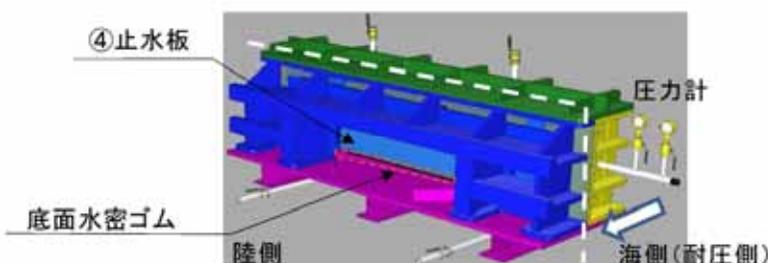


図1 試験装置の概要(左:鳥瞰図 右:試験装置)

6. 鋼製防護壁の止水機構からの漏水を前提とした影響評価(1/2)



◆止水機構は、漂流物に対して止水板(水密ゴム)を防護するとともに、異物の混入を防止する設計としているが、ここでは、小さな異物の混入により水密ゴムが損傷した場合を想定して、止水機構からの漏水量、敷地内の浸水深を評価した。

(1) 止水機構の漂流物等からの防護機能(表1, 図1)

- ✓海側からの漂流物に対して、④止水板前面の①止水板押え及び②保護プレートは漂流物(50t)の衝突荷重を考慮した設計
- ✓①止水板押えと⑤底面戸当りの隙間を100mm~160mm(地震時相対変位を考慮)とすることにより、重量物・大型の漂流物の混入を防止
- ✓地盤面から⑤底面戸当りを約100mm嵩上げするとともに、④止水板前面に③砂除けを設置することにより、軽量・小型の異物混入を防止する設計

表1 止水機構の漂流物等からの防護機能の分類

構成部材	機能・用途	防護されるもの	通過の可能性があるもの	備考
①止水板押え及び ②保護プレート ~ ⑤底面戸当りの隙間 (100mm~160mm)	重量物・大型の漂流物からの止水板の防護及び止水板への漂流物等の到達防止	船舶, タンク, ボンベ類, 資機材類, 建物外装板, カーテンウォール, 大型植生(幹・枝)など	砂, 礫, 小型植生(枝葉, 樹皮), その他小物の異物	
③砂除けの設置 ⑤底面戸当りの嵩上げ (100mm)	軽量・小型の漂流物及び異物の止水板への到達防止	砂, 礫, 小型植生(枝葉, 樹皮), その他小物の異物	基本的に通過しない	漂流物の衝突による③砂除けの損傷を考慮して, ④止水板設置位置に砂, 礫, 小型植生等が到達し, 底面水密ゴムの機能を喪失させることを想定し, 水密ゴムからの漏水量及び敷地内の浸水深を次頁(2)項において評価する。

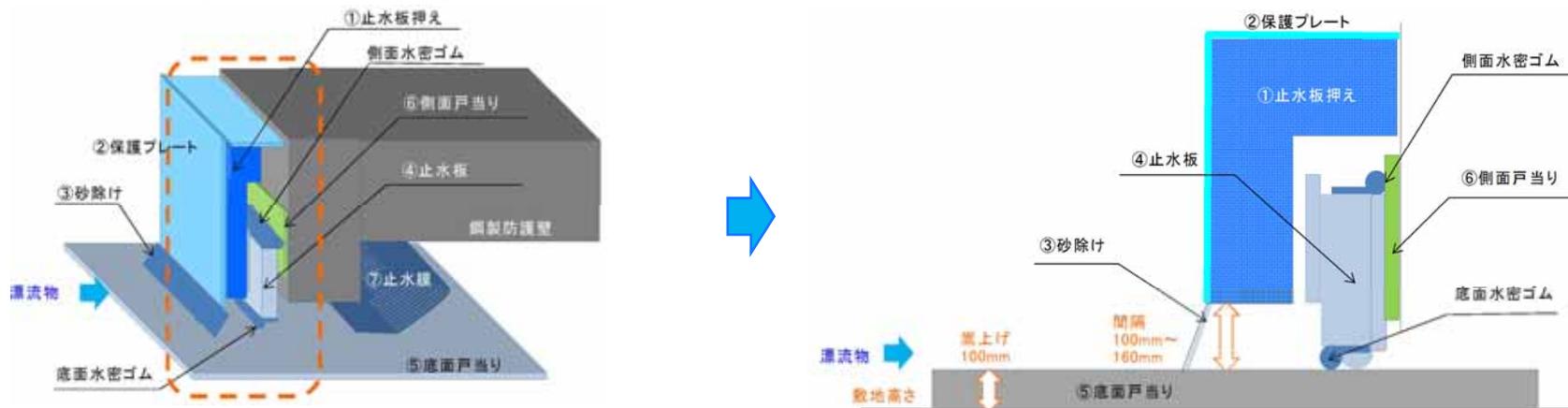


図1 止水機構の構成部材の寸法

6. 鋼製防護壁の止水機構からの漏水を前提とした影響評価(2/2)



(2) 止水機構からの漏水量, 敷地内の浸水深評価

ここでは, 止水板設置位置に漂流物等が到達し, 底面水密ゴムを損傷させ止水機能が喪失するものとして, 止水機構からの漏水量を評価するとともに, 敷地内の浸水深を評価した。

<評価条件>

◆前提条件

- ・ 止水機構からの漏水量評価においては, 止水板1枚(2m)の底面水密ゴムの損傷を仮定(図1)
- ・ 敷地内の浸水深評価においては, 陸側の止水膜による漏水保持機能を期待せず全量敷地に漏れいと仮定

◆継続時間

- ・ 10分(基準津波の時刻歴波形から止水機構の設置標高T.P.+3mを超える時間を設定(図1))

◆漏水量算定式

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

C: 流入係数(1.0) g: 重力加速度(9.8m/s²) A: 通過面積(m²) (0.003m × 2m = 0.006m²)

h: 水頭(m) (防潮堤天端高さT.P.+20m - 止水機構設置標高T.P.+3m = 17m)

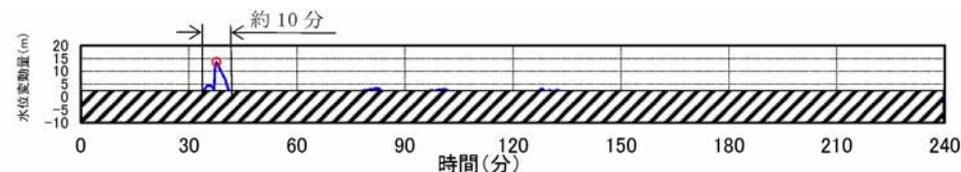
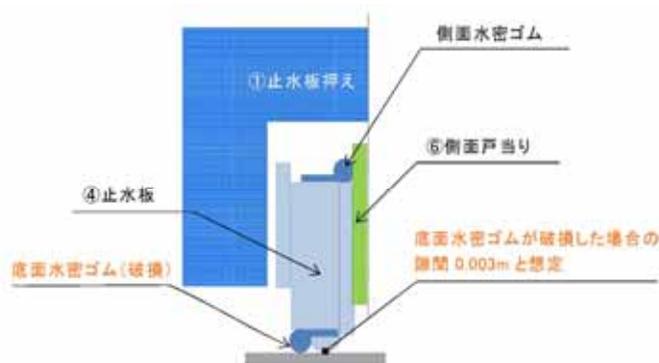


図1 底面水密ゴムの損傷想定位置と基準津波の時刻歴波形(取水口前面)

<評価結果>

- ◆上記の評価の結果, 止水機構の機能喪失を仮定した漏水量は約0.11m³/sとなり, 継続時間10分を考慮すると約66m³/10分となる。

$$[Q = 1.0 \times 0.006 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 17} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{継続時間10分} \quad \therefore Q_{\text{TOTAL}} \text{ は } 66 \text{ m}^3 / 10 \text{ 分}]$$

なお, 想定した漏れい量66m³/10分は, 「5. 項に示したダム・堰施設技術基準(案)の許容漏れい量(最大6.7ℓ/10分)」に基づいた, 止水機構全長の漏水量670ℓ/10分(0.67m³/10分)の約100倍に相当する。

- ◆上記漏水量がすべて敷地に浸水(止水膜機能は期待せず)した場合の敷地内の浸水深は, 海水ポンプ室設置レベル(T.P.+3m)に約5cmにとどまり, 設計基準対象施設の設置された敷地・エリアへの影響はない。

【指摘事項】

津波荷重＋余震時における津波荷重の考え方についての妥当性を説明すること。

【回答概要】（P36, P37参照）

浸水深の設定の考え方【(津波遡上高さ－設置地盤高さ)/2】について、津波シミュレーションによる浸水深や水理模型実験で得られた浸水深と比較し、安全側の設定になっていることを確認した。また、フルード数から朝倉式の適用性について問題ないことを確認した。

(本件は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造成立性に係る審査会合(H29.9.5)のコメントであるが、防潮堤において津波荷重の考え方は同様であるため、鋼製防護壁の設計方針の中で回答するものである。)

鋼製防護壁の設計方針について

1. 概要
2. 耐津波設計方針に関する設置許可基準規則の要求事項について
3. 津波防護対象施設
4. 防潮堤の概要
5. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要
6. 鋼製防護壁の構造選定
7. 防潮堤の評価対象部位
8. 鋼製防護壁高さの設定方針
9. 設計方針
10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造, 直接定着式アンカーボルト)
11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について

【参考資料】

鋼製防護壁の施工ステップ図

1. 概要



- 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。
- 海水ポンプ室周り防潮堤は、既設の取水口を跨ぐ形で設置する「鋼製防護壁」と、その南北に繋がる「鉄筋コンクリート防潮壁」で構成される。
- 当該資料では海水ポンプ室周り防潮堤のうち取水口横断部に設置される鋼製防護壁構造区間の設計方針について説明する。
- 鋼製防護壁は、上部工を比較的軽量である鋼製防護壁、下部工を1室型地中連続壁基礎の内側を鉄筋コンクリートで充填した基礎で地震・津波荷重に耐える構造とした。鋼製防護壁は、鋼殻ブロックをボルト添接により現地にて結合する形式で、アンカーボルトにて下部構造と連結する。
- 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。

設置許可基準規則

(津波による損傷の防止)

第五条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して**安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。**

設置許可基準規則解釈

(別記3)

第5条(津波による損傷の防止)

五 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波(施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。)に対して**津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること。**

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド

5. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

5.1 津波防護施設の設計

【規制基準における要求事項等】

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、越流時の耐性にも配慮した上で、**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。**

5.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

5.4.1 津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設、浸水防止設備の設計及び漂流物に係る措置に当たっては、次に示す方針(津波荷重の設定、余震荷重の考慮、津波の繰り返し作用の考慮)を満足すること。

5.4.2 漂流物による波及的影響の検討事項

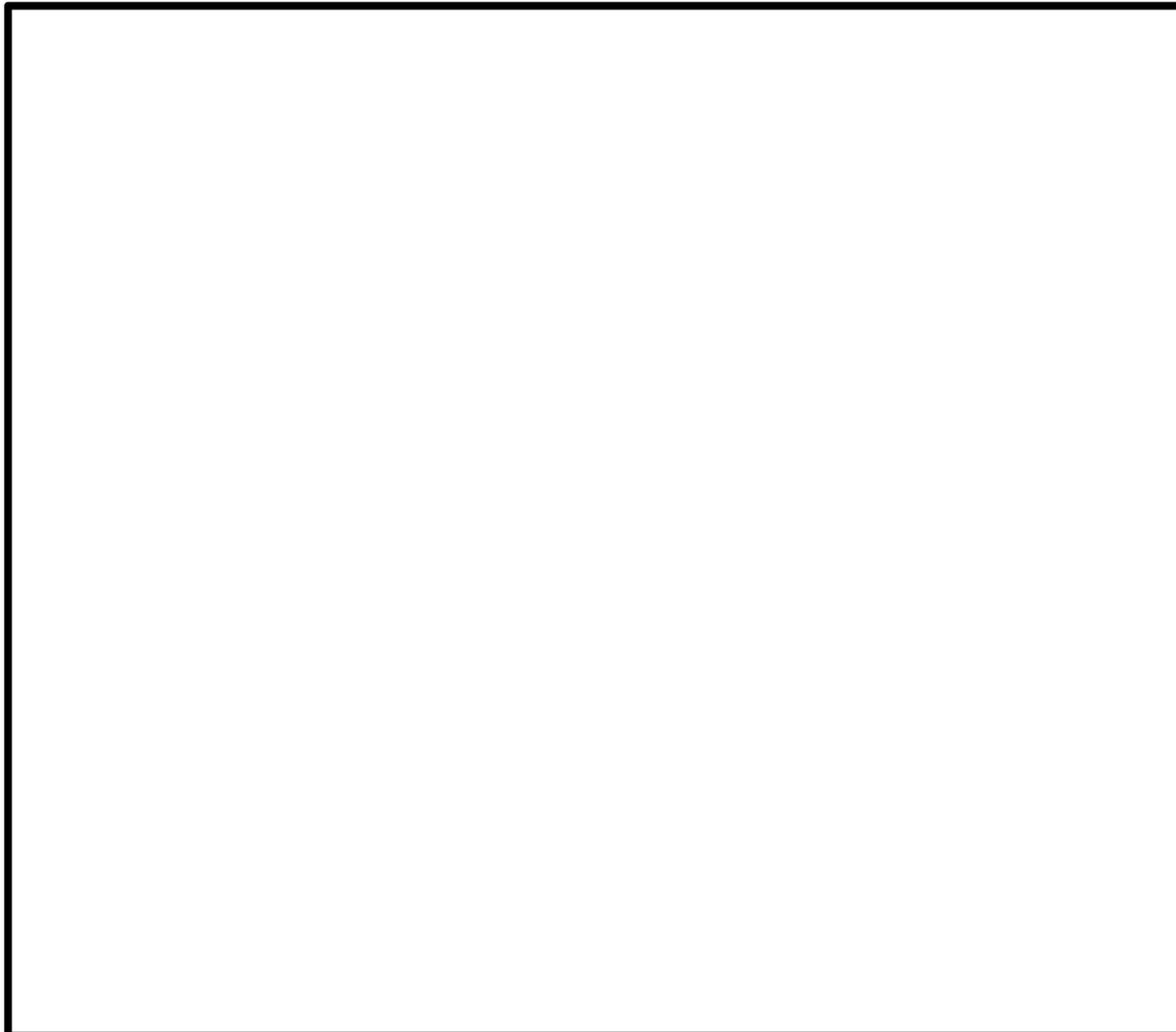
【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において**建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性**について検討すること。

3. 津波防護対象施設



■ 設置許可基準規則5条及び40条の対象となる「津波防護施設」を以下に示す。



津波防護施設の平面配置

設計基準対象施設
原子炉建屋
タービン建屋
取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)
非常用海水系配管【屋外二重管】
非常用ガス処理系排気筒【排気筒】
【使用済燃料乾式貯蔵建屋】
軽油貯蔵タンク

重大事故等対処施設
【原子炉建屋】
【取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)】
非常用海水系配管【屋外二重管】
SA用海水ピット取水塔
海水引込み管
SA用海水ピット
緊急用海水取水管
緊急用海水ポンプピット
格納容器圧力逃がし装置格納槽
常設低圧代替注水系格納槽
接続口
常設代替高圧電源装置置場
軽油貯蔵タンク
可搬型設備保管場所
緊急時対策所

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設
【原子炉建屋】
【取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)】
非常用海水系配管【屋外二重管】
軽油貯蔵タンク

【 】は、耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

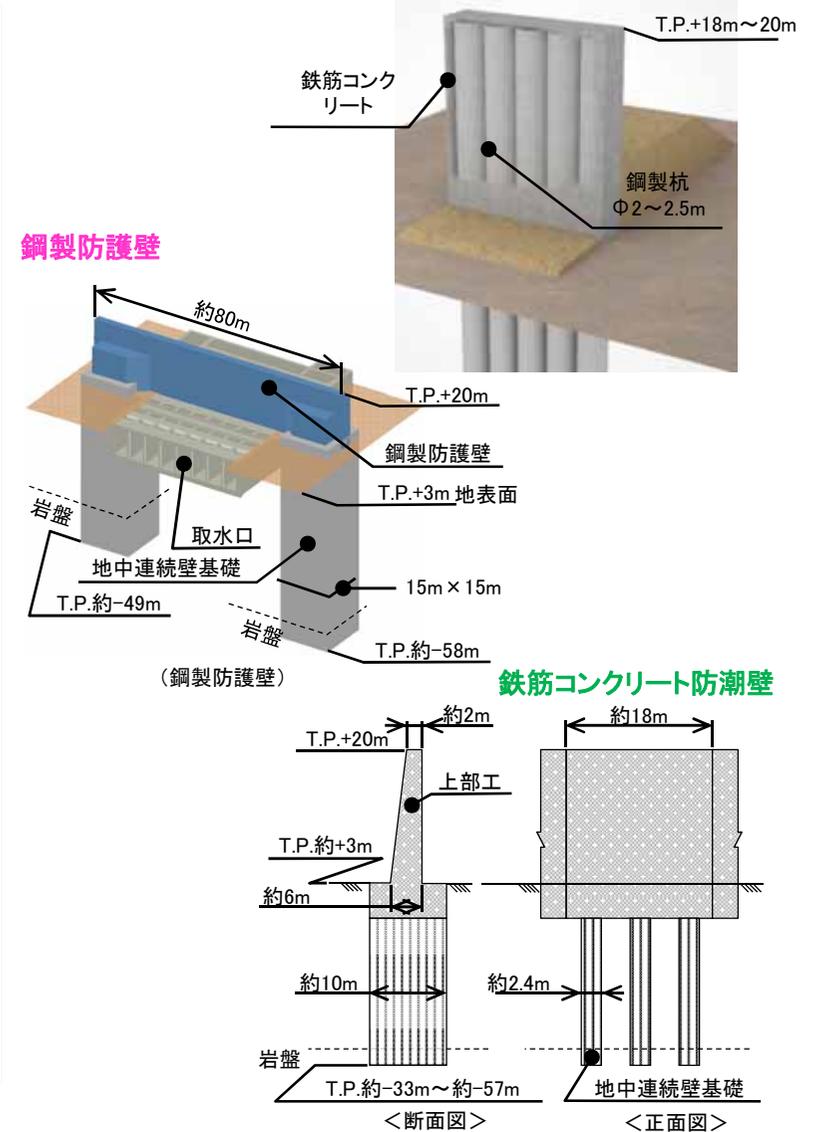
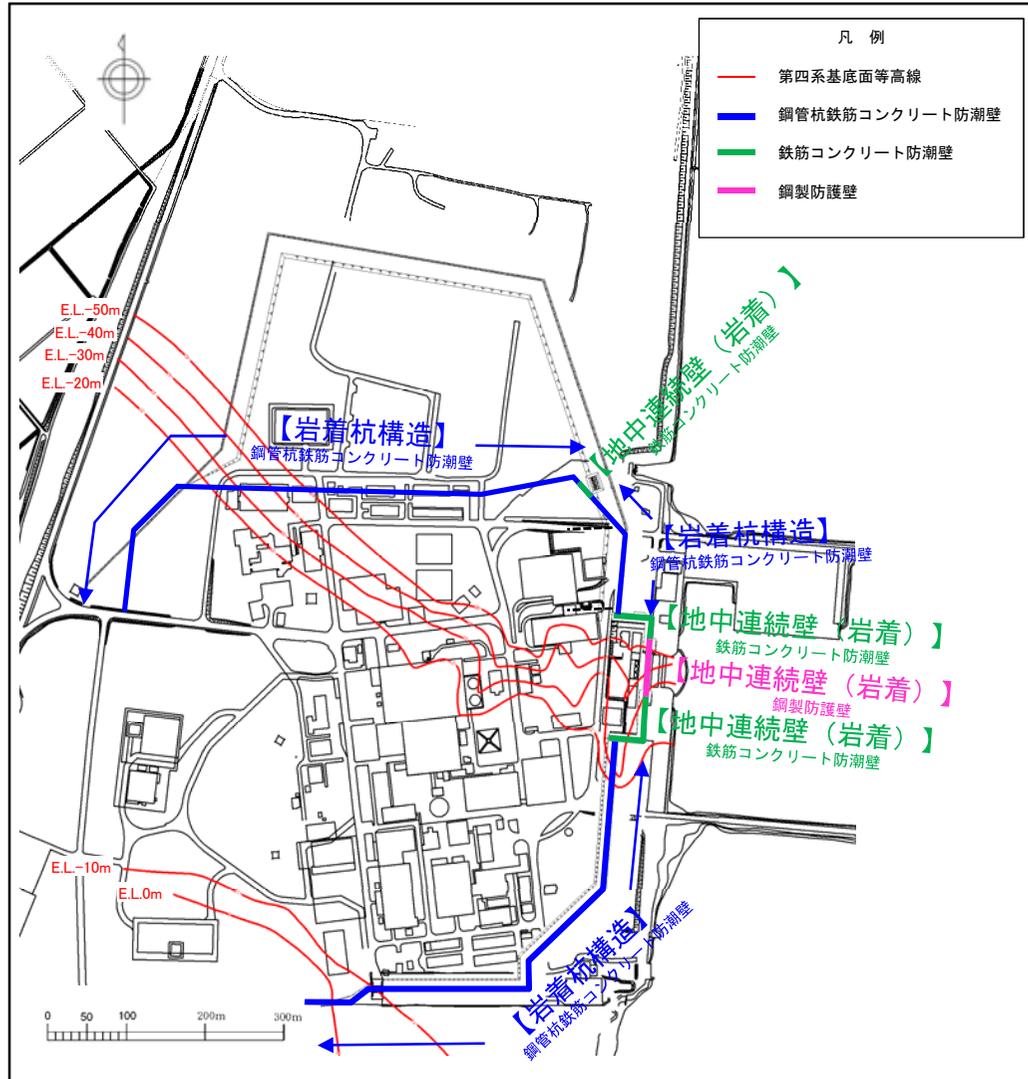
枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

4. 防潮堤の概要



■ 防潮堤は、その構造形式から3つ(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁、鋼製防護壁、鉄筋コンクリート防潮壁)に種別される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



5. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要

- 防潮堤は、設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く）が設置される敷地を含め、敷地全体を取り囲む形で設置する。
- 敷地の第四系基底（岩盤上面）の標高分布及び防潮堤の構造形式とその配置を示す。

防潮堤鳥瞰図



第四系基底の標高分布図

6. 鋼製防護壁の構造選定



■ 鋼製防護壁の構造選定

1) 取水口上部の防護壁が鋼製であること

- 取水口を横断する支間長が約50mと長スパンである。
- 既設構造物との干渉から基礎の大きさが制限されるため、自重・地震時慣性力を低減する必要がある。



鋼殻構造の選定

2) 地中連続壁による基礎構造であること

- 基礎を支持する岩盤は地表面より約60m下方にある。
- 狭隘な敷地の制約のもとで、長スパンである上部工から伝達される大きな荷重を限られた大きさの基礎で負担する必要がある。
- ケーソン基礎とする場合は、厚く分布する沖積粘性土層(Ac層)により施工中にケーソンが自沈し、所定の精度での施工が困難なことが推定されるが、地中連続壁基礎とすればそのような問題は解消される。



地中連続壁基礎の選定

3) 直接定着式アンカーボルトの選定

- 上部工である鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部には止水性確保のため、剛結合とする。
- 上部工全面に作用する津波波力や地震時慣性力を確実に下部工に伝達する際、接合部に大きな反力が発生する。
- 接合部のスペースが狭隘であるため、地中連続壁基礎内鉄筋との干渉が懸念されるアンカーフレーム形式よりも接合部の寸法を小さくすることができる「直接定着式アンカーボルト」形式とする。



直接定着式アンカーボルトの選定

6. 鋼製防護壁の構造選定



■ 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。

1) 上部工(鋼製防護壁)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、許容変位量を約70cm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。

2) 下部工(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。



上部工と下部工で堤内方向に約100cmの偏芯を設ける

(※概略図を次ページに示す)

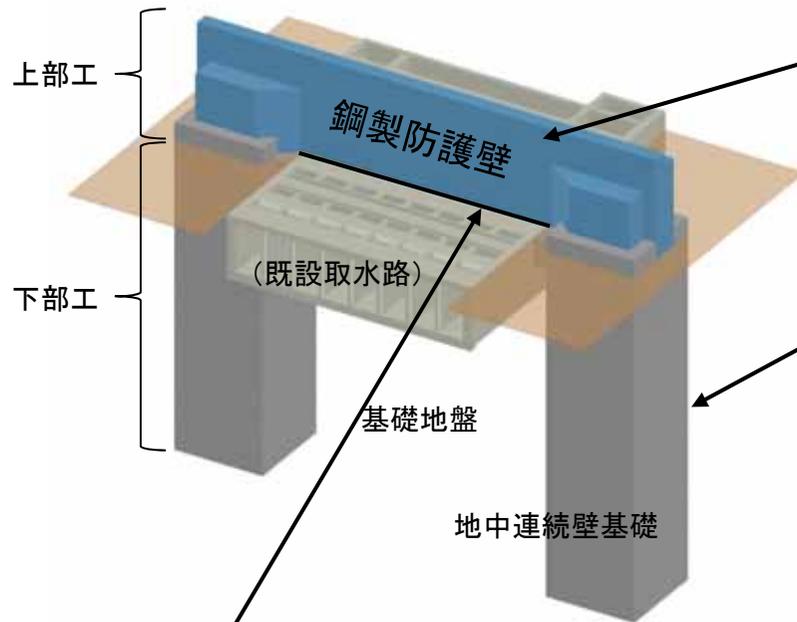
上部工の許容変位量と試算結果

種別	堤外側
堤外側角落しとの離隔	120cm
許容変位量	約70cm
試算結果(本震時動的解析)	51cm

7. 防潮堤の評価対象部位



■ 鋼製防護壁の評価対象部位とその役割(1)

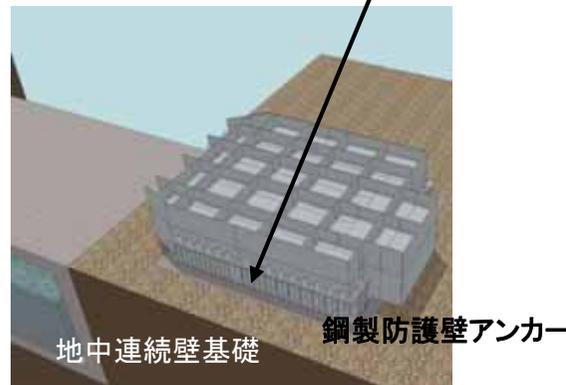


【鋼製防護壁】
・津波荷重, 漂流物衝突荷重等に対し, 構造躯体として耐える。
・津波による浸水を防止する。

【地中連続壁基礎】【基礎地盤】
・地震や津波等による荷重に対して構造躯体として耐える。

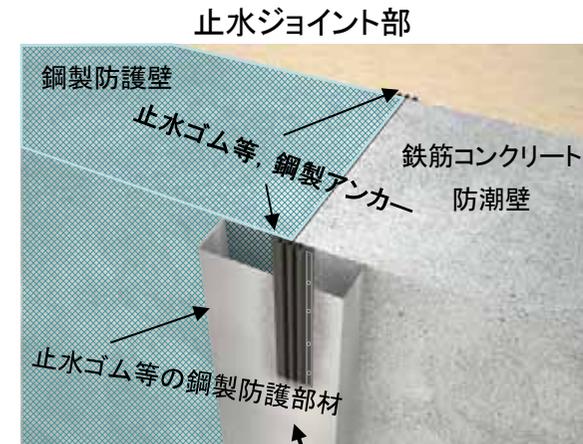
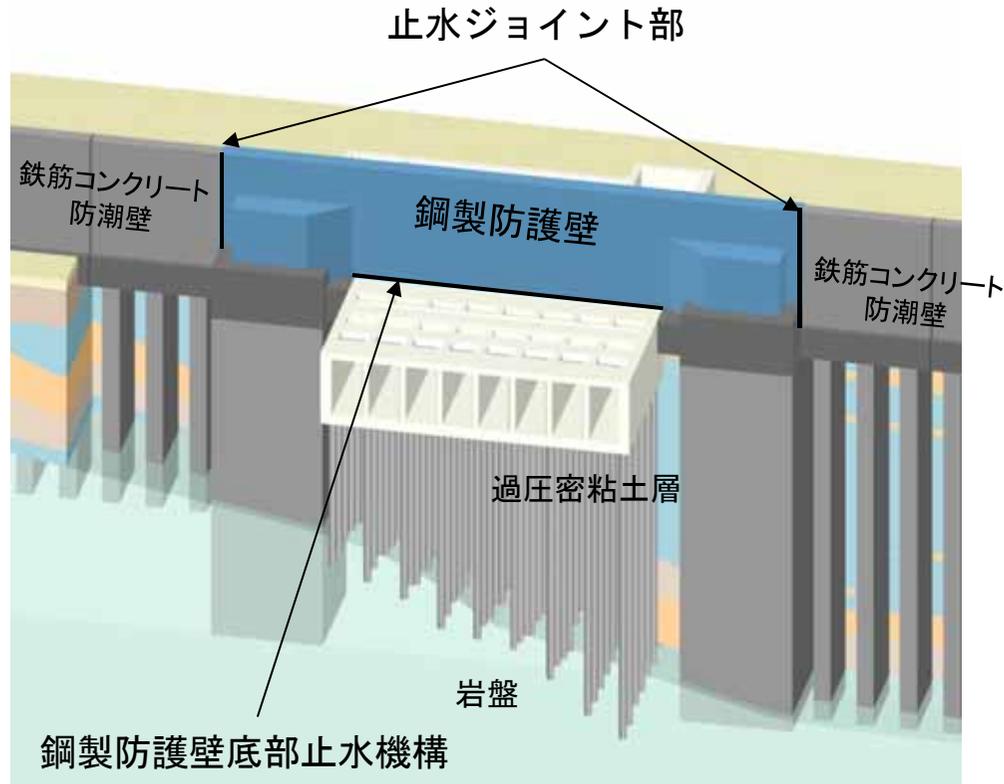
【止水ジョイント部】
(鋼製防護壁底部止水機構)
・地震時や津波時の変形量に追随し, 鋼製防護壁と取水路(異種構造物)間の浸水を防止する。

【鋼製防護壁アンカー】
・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する。



7. 防潮堤の評価対象部位

■ 鋼製防護壁の評価対象部位とその役割(2)



【止水ジョイント部】
(止水ゴム等, 鋼製アンカー, 鋼製防護部材)
・地震時や津波時の変形量に追随し, 鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁(異種構造物)間の浸水を防止する。

7. 防潮堤の評価対象部位

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		損傷モード						
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、その構造に応じ、波力による浸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、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>① 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>② 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)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>③ 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、補修に要する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>・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>・ポンプ室周防護壁は、基準地震動S_sに対して、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変形能力(終局耐力時の変形)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>・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>・ポンプ室周防護壁は、基準地震動S_sに対して、主要な構造部材の構造健全性を維持すること、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>・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、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>① 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>② 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>③ 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>④ 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>⑤ 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従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>⑥ 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。また、主要な構造体の境界部には止水ゴム等を設置し、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>基準地震動S_s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、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計とするため、地中連続壁基礎が降伏に至らないことを確認する。</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(I共通編・IV下部構造編)」に基づき極限支持力以下とする。					
												<p>基準地震動S_s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、構造部材である地中連続壁基礎が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。</p>	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(I共通編・IV下部構造編)・V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(I共通編・IV下部構造編)・V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。
												<p>基準地震動S_s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。また、主要な構造体の境界部には止水ゴム等を設置し、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>	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(I共通編・II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(I共通編・II鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。
												<p>基準地震動S_s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、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー一部が構造健全性を保持する設計とするため、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>	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(I共通編・IV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。 【TP+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編)」 「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」に基づき降伏応力度以下とする。
	<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、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変形能力(終局耐力時の変形)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、基準地震動S_sに対して、鋼材や鉄筋コンクリートの耐性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>⑧ 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>⑨ 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従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、基準地震動S_s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には、止水ゴム等設置し、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>基準地震動S_s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、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー一部が構造健全性を保持する設計とするため、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>基準地震動S_s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、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー一部が構造健全性を保持する設計とするため、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>基準地震動S_s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、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー一部が構造健全性を保持する設計とするため、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>	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に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(I共通編・II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。					

8. 鋼製防護壁高さの設定方針

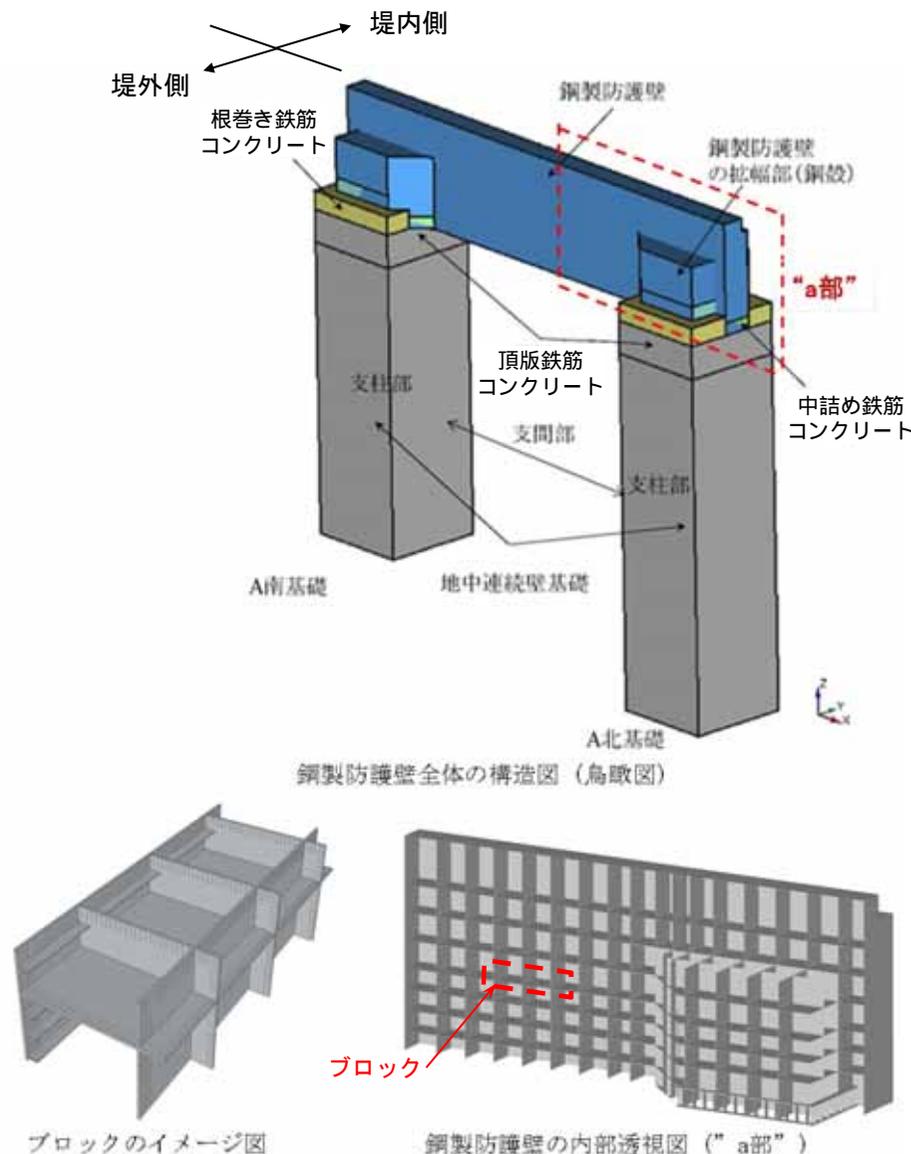


- 鋼製防護壁は、防潮堤の設計に用いる津波高さ(入力津波高さ)に対して余裕をもった高さを設定する。
- 鋼製防護壁の高さは、下表の「敷地前面東側」を適用する。

	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

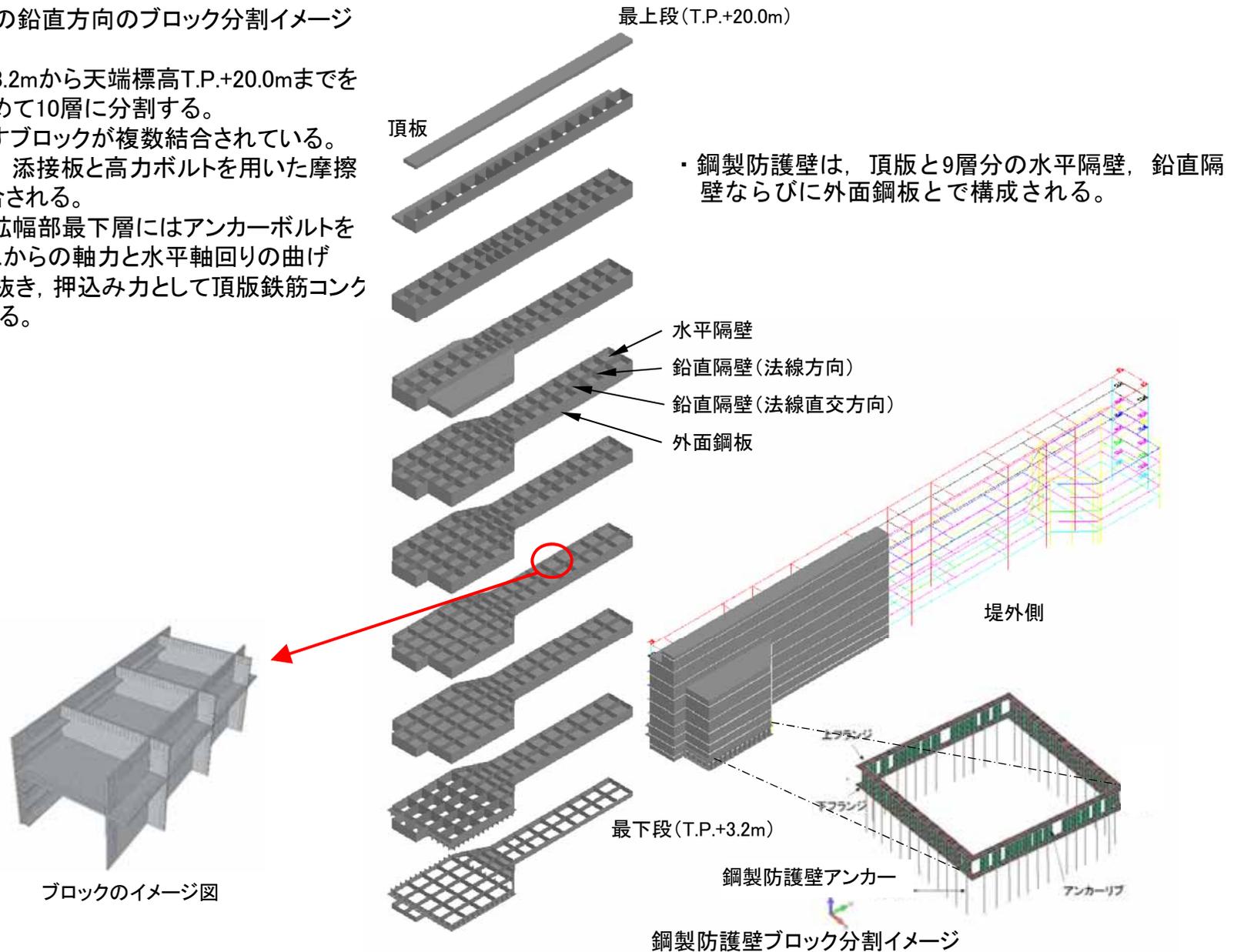
■ 鋼製防護壁の構成部位と役割

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。
		鋼製防護壁の拡幅部 (鋼殻)	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。
		中詰め鉄筋コンクリート	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで、支柱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	—	上部工からの軸力及び曲げモーメントを地中連続壁基礎頂版鉄筋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鉄筋コンクリート内の鉄筋を定着させる。
		地中連続壁基礎 (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	根巻き鉄筋コンクリート	—	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。



■ 鋼製防護壁の鉛直方向のブロック分割イメージ

- ・下端標高T.P.+3.2mから天端標高T.P.+20.0mまでを頂部鋼板を含めて10層に分割する。
- ・各層は下に示すブロックが複数結合されている。
- ・ブロック同士は、添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により結合される。
- ・鋼製防護壁の拡幅部最下層にはアンカーボルトを設置し、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、押込み力として頂版鉄筋コンクリートに伝達する。

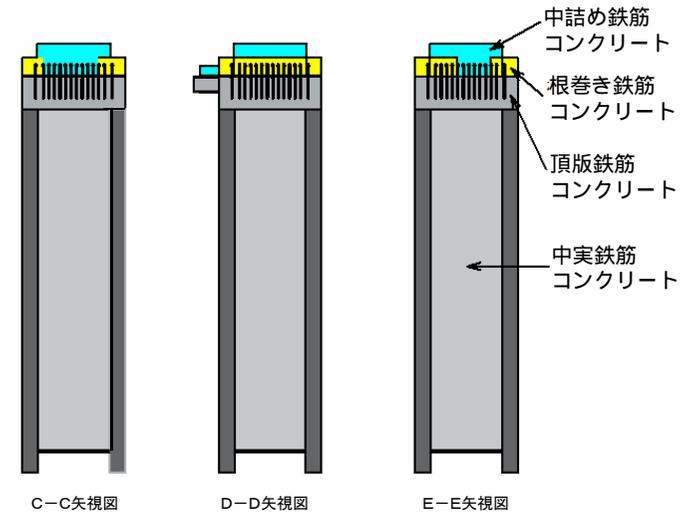
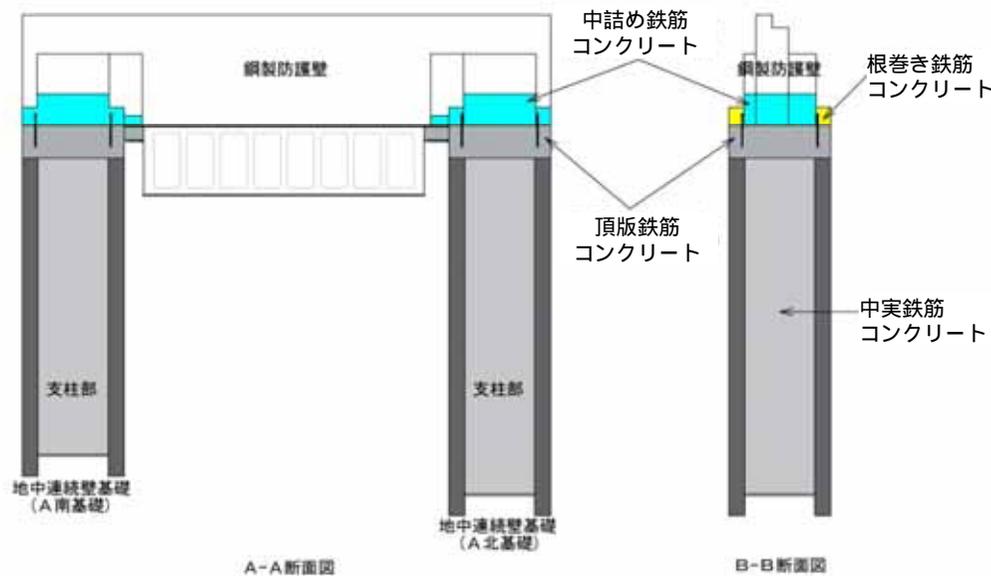
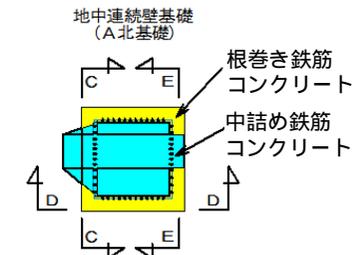
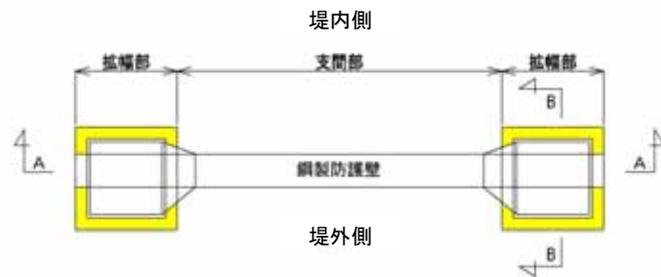


9. 設計方針

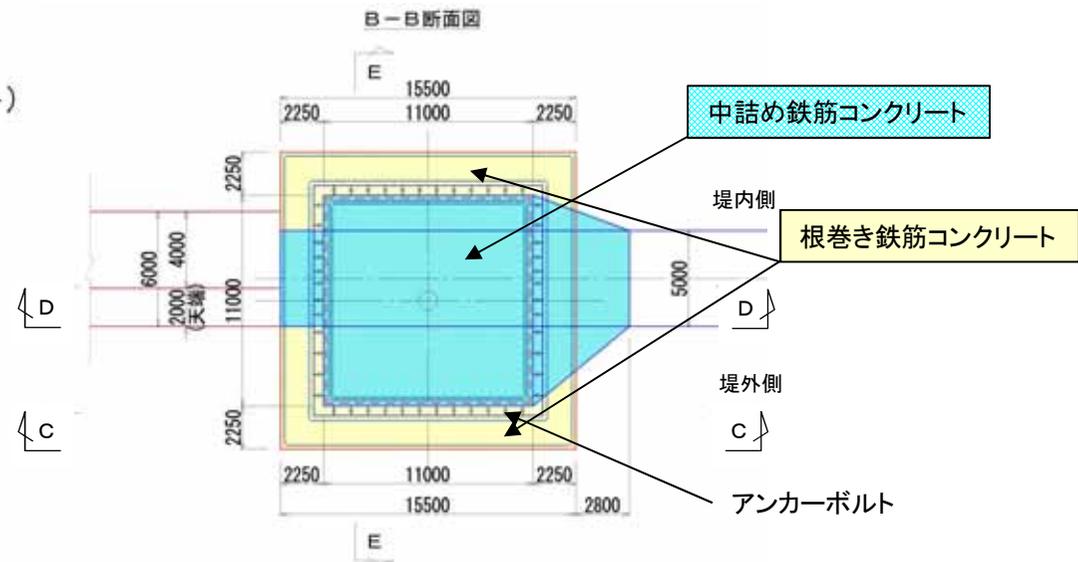
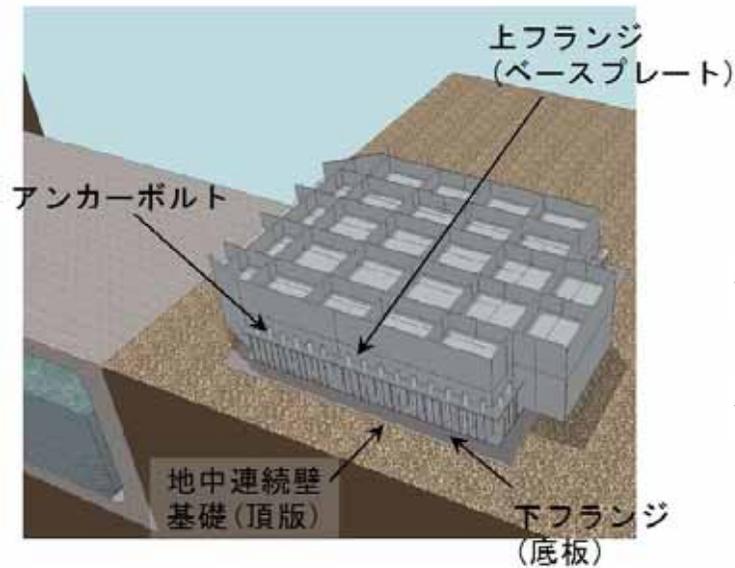
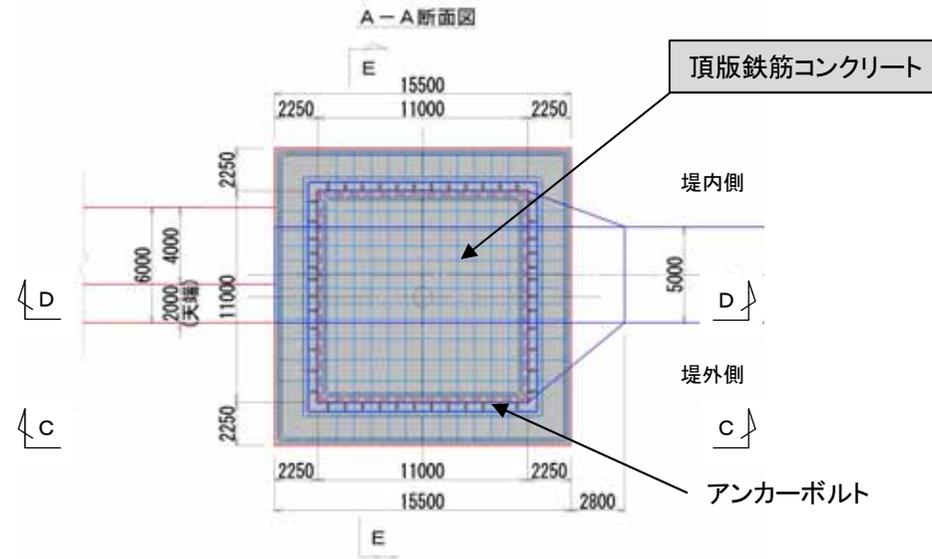
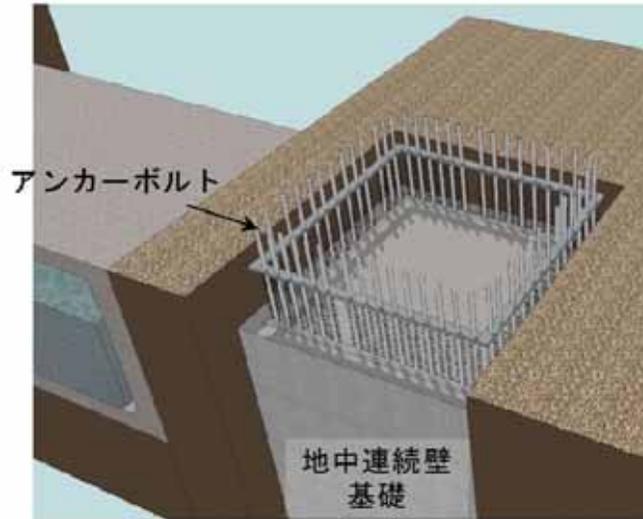
構造概要



- 鋼製防護壁には、打設部位と機能により
 - 1) 地中連続壁内側に打設する中実鉄筋コンクリート
 - 2) 地中連続壁基礎上部に打設する頂版鉄筋コンクリート
 - 3) 基礎部直上の鋼殻内の必要な高さまで打設する中詰め鉄筋コンクリート
 - 4) 鋼製防護壁アンカーを巻き込んで打設する根巻き鉄筋コンクリート
 の4種類の鉄筋コンクリートがある。



■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部



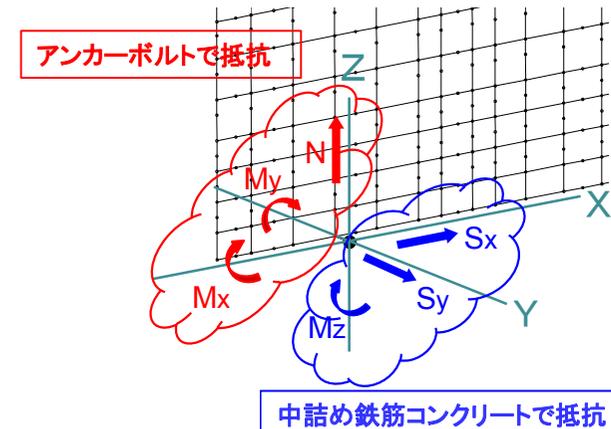
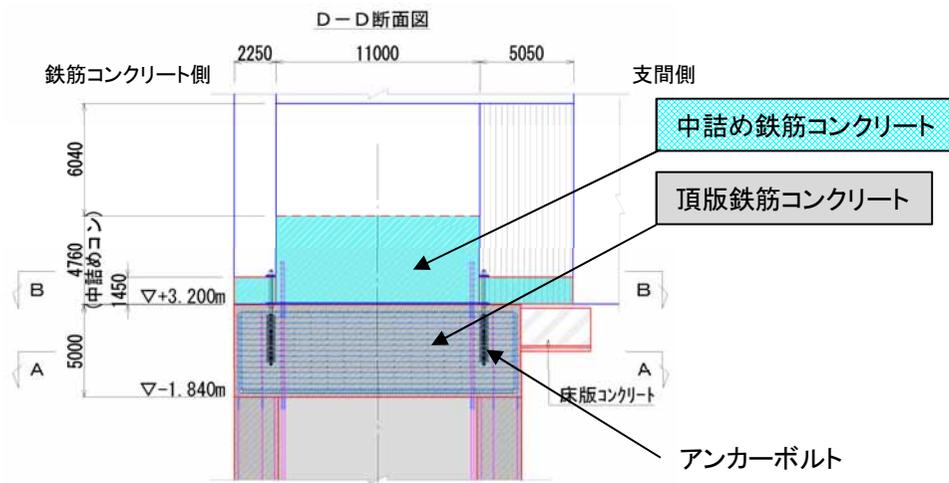
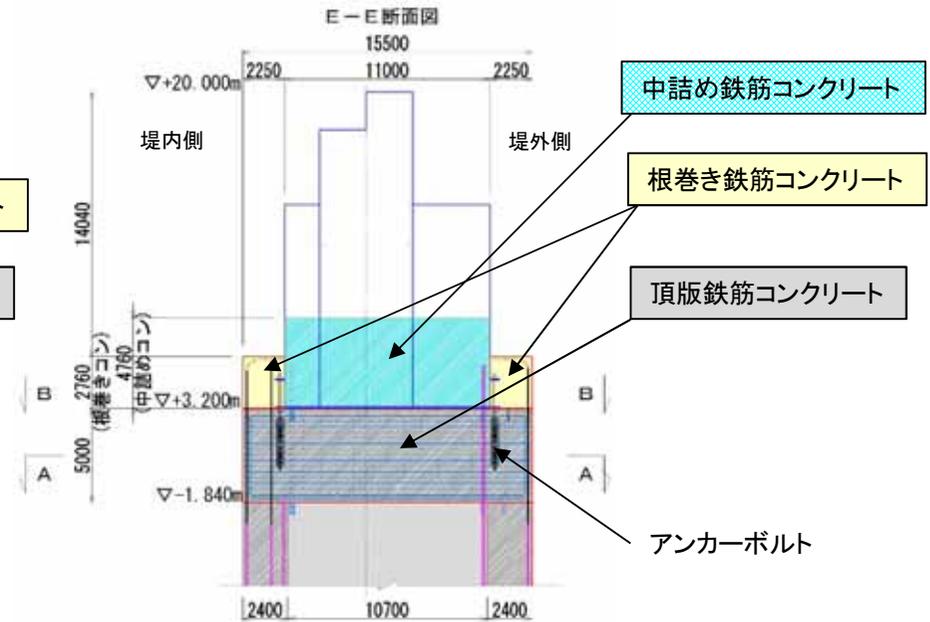
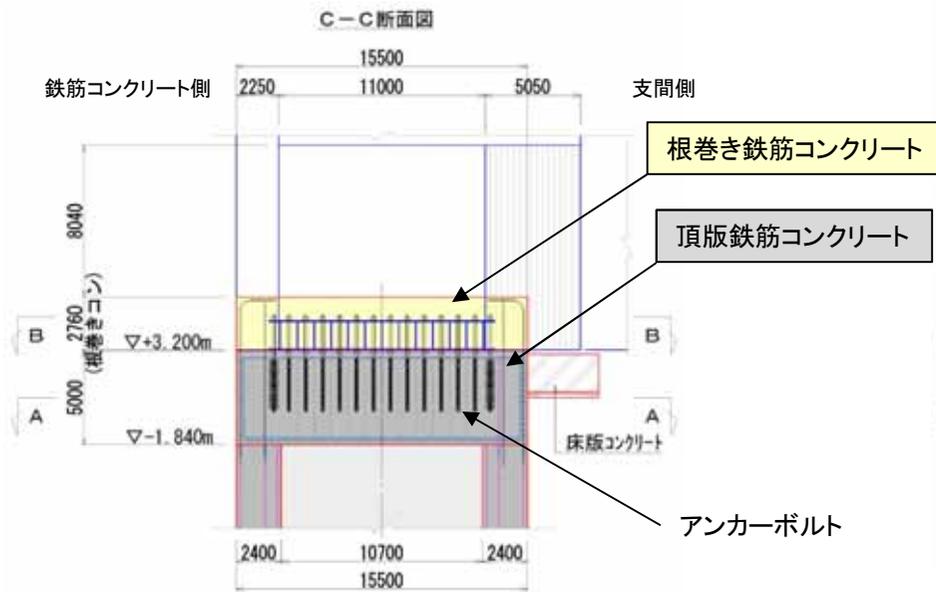
※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

9. 設計方針

構造概要



■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部

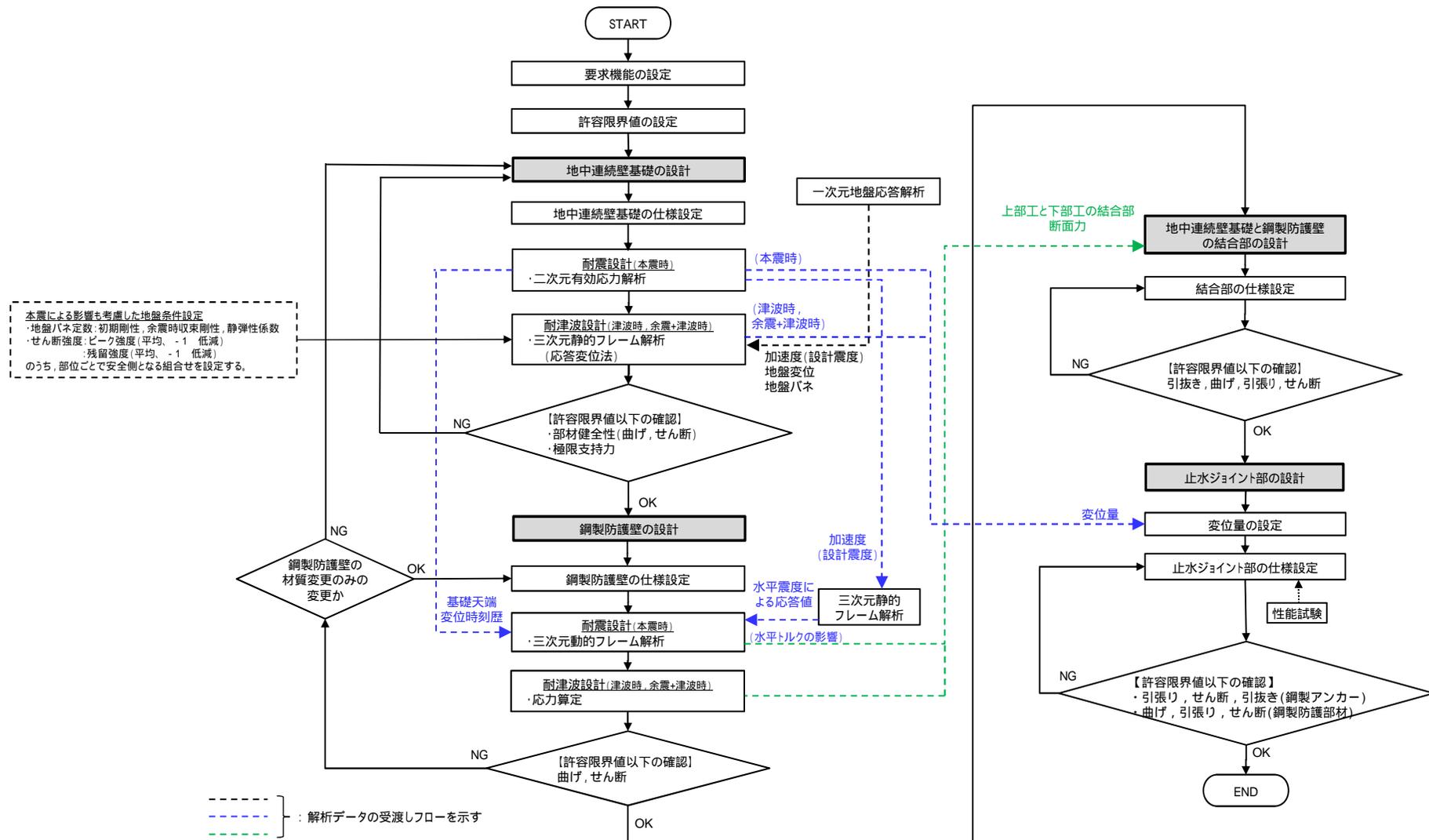


接合部の荷重分担(本震時の例)

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

9. 設計方針

設計検討フロー



本震による影響も考慮した地盤条件設定
・地盤ハネ定数・初期剛性, 余震時収束剛性, 静弾性係数
・せん断強度・ピーク強度(平均, -1 低減)
・残留強度(平均, -1 低減)
のうち, 部位ごとで安全側となる組合せを設定する。

各部材の許容限界



■ 鋼製防護壁は、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、各部材の耐震・耐津波評価を行う。

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・IV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(I 共通編・IV下部構造編・V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(I 共通編・IV下部構造編・V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(I 共通編・II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(I 共通編・II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(I 共通編・IV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(I 共通編・II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に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(I 共通編・II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。	

9. 設計方針

荷重条件



■ 地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の設計

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重

基準地震動 S_s を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(2) 基準津波荷重+漂流物衝突荷重

津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(3) 余震+基準津波荷重

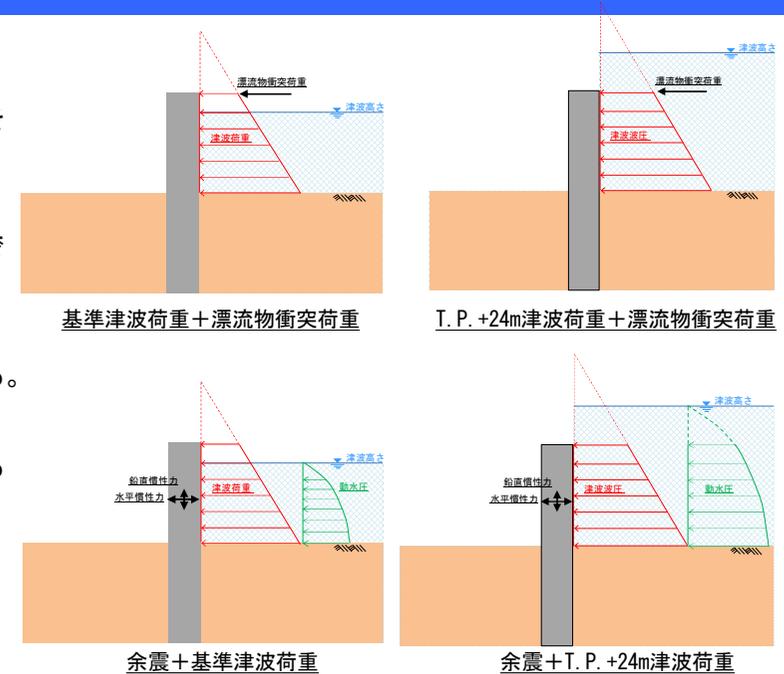
余震による地震力+津波荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認する。

(4) T. P. +24m津波荷重+漂流物衝突荷重

津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、降伏応力度以下であることを確認する。

(5) 余震+T. P. +24m津波荷重

余震による地震力+津波荷重に対して降伏応力度以下であることを確認する。



※T. P. +24m津波は第四十三条対応事項であるが、上部工の耐津波設計における影響が大きいため本資料に記述する。

対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
基礎地盤	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説(IV下部構造編)
地中連続壁基礎	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度・ せん断強度以下	【基準津波に対して】 道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) 【T. P. +24m津波に対して】 道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) コンクリート標準示方書
鋼製防護壁	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度以下	道路橋示方書・同解説(I共通編・II鋼橋編・V耐震設計編)
鋼製防護壁アンカー (直接定着式アンカー ボルト)	引張 せん断 引抜き	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度以下	道路橋示方書・同解説(I共通編・II鋼橋編・V耐震設計編) 鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)

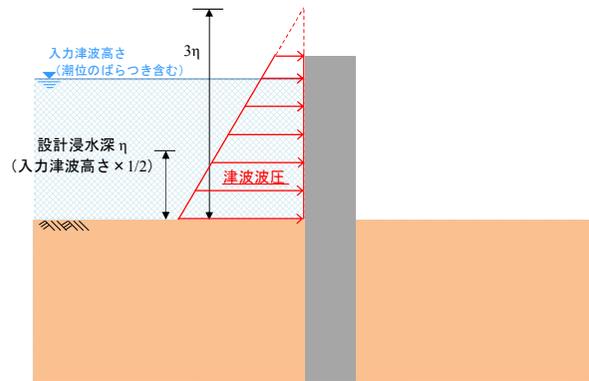
津波荷重の考え方



■ 浸水深の設定

設計用浸水深は、津波の最大遡上高さとして設置地盤高さの差の1/2とする。設定理由は以下のとおり。

- 津波の最大遡上高さとして設置地盤高さの差の1/2を浸水深とし朝倉式から算定した津波荷重は、非線形長波理論に基づく津波シミュレーション解析で得られた浸水深を用いて朝倉式により算定した津波荷重よりも大きい。
- 水理模型実験により確認した浸水深を用いて朝倉式から算定した津波荷重は、上記から算定した津波荷重よりも更に小さいことを確認した。
- 津波シミュレーション解析及び水理模型実験で確認したフルード数は、いずれも1.5以下であり、朝倉式の適用が可能である。

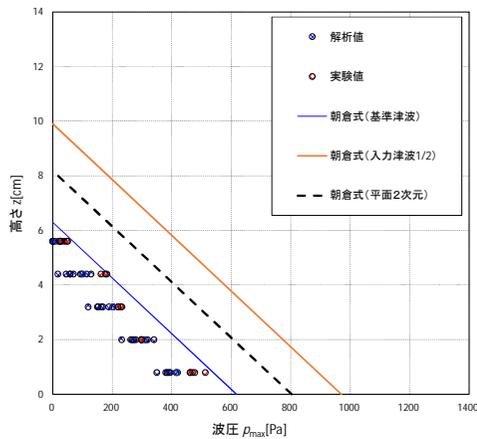


設計浸水深算出概要図 (入力津波 $\times 1/2$)



T.P.+3.0mの範囲の浸水深にてフルード数を算出

津波シミュレーションモデル (非線形長波理論)
T.P.+3.0mフラット地形モデル



津波波圧の比較

- 解析値
分散波理論に基づいた数値シミュレーション解析で得られた波圧
- 実験値
水理模型実験で得られた波圧
- 朝倉式 (基準津波)
分散波理論に基づいた数値シミュレーションでの浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧
- 朝倉式 (入力津波 $1/2$)
浸水深を (入力津波高さ - 地盤高さ) $\times 1/2$ として朝倉式により算出した波圧
- 朝倉式 (平面二次元)
非線形長波理論に基づいた津波シミュレーションで得られた浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧

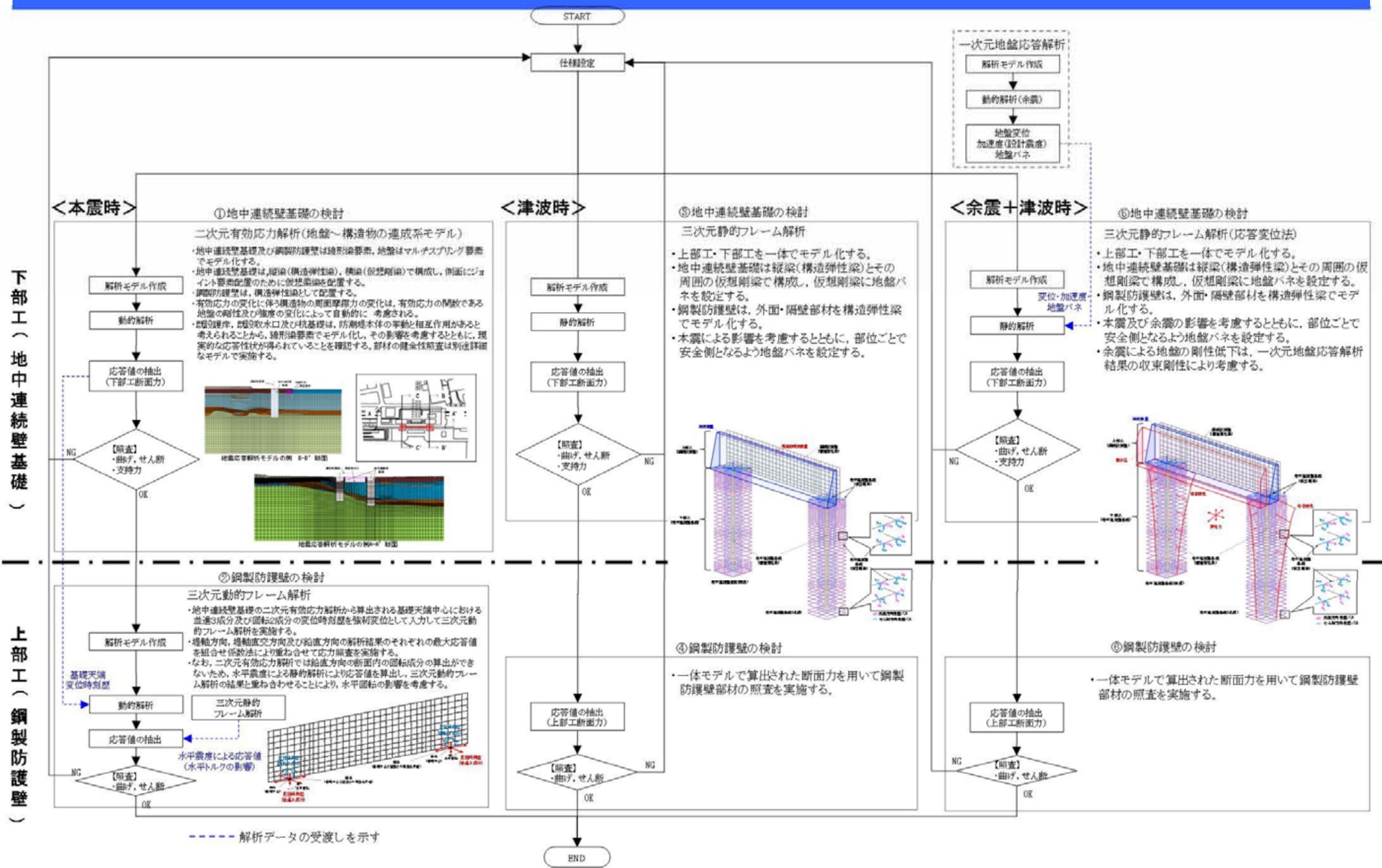
水理模型実験のフルード数

	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

津波シミュレーション (非線形長波理論) のフルード数

	最大浸水深	フルード数 (最大浸水深時)
1	5.206	0.60
2	5.027	0.49
3	4.671	0.45
4	5.057	0.66
5	5.276	0.59
6	5.188	0.60

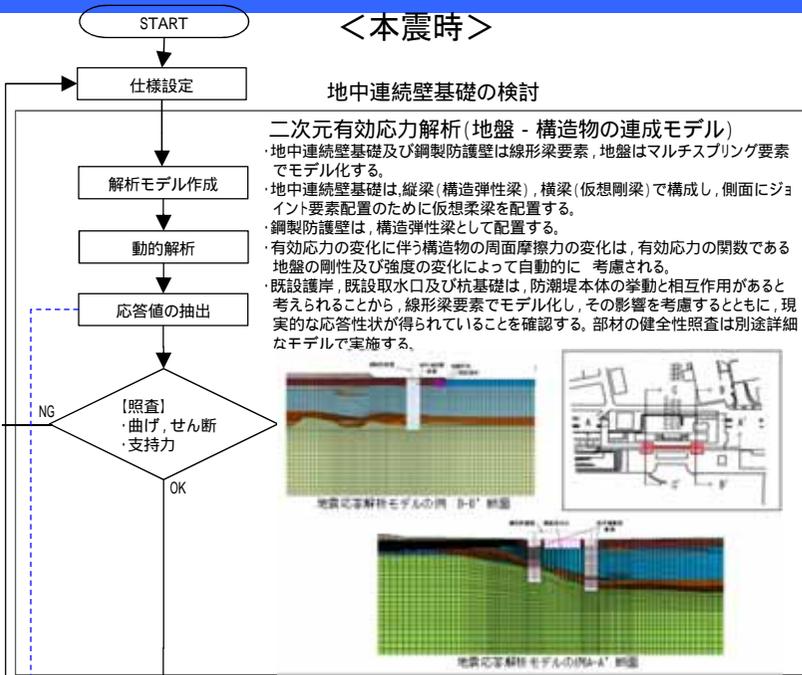
9. 設計方針 設計手順



鋼製防護壁の検討モデルと評価フロー

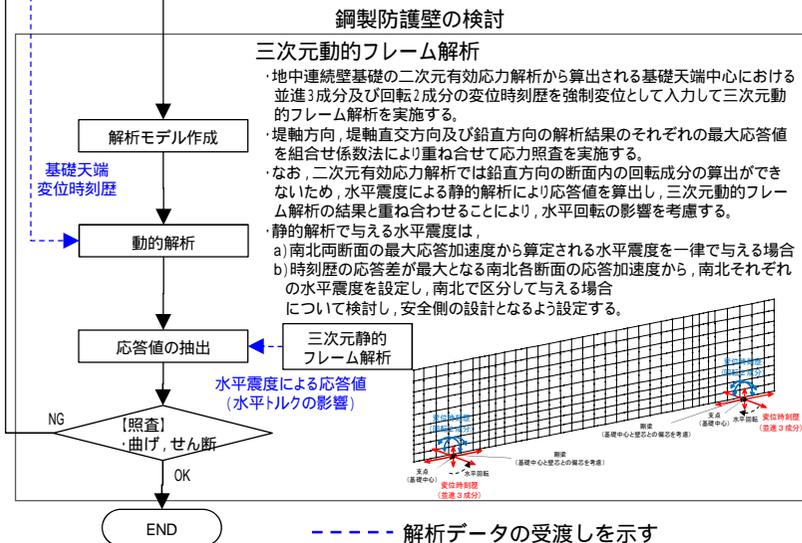
解析手法	プログラム	対象荷重	目的	データ利用
二次元動的有効応力法	FLIP	本震時	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎, 基礎地盤の照査 ・基礎天端の変位時刻歴 (上部工の動的解析に入力) ・鋼製防護壁の最大水平加速度 (上部工の静的解析に入力)
三次元動的フレーム解析	TDAP	本震時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・鋼製防護壁の動的挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁の照査
三次元静的フレーム解析	Engineer's Studio	津波時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査
	Engineer's Studio	余震+津波時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

下部工 (地中連続壁基礎)



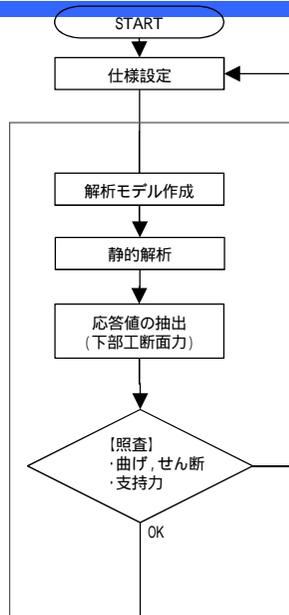
解析手法	二次元動的有効応力解析
プログラム	FLIP
対象荷重	本震時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎、基礎地盤の照査 ・基礎天端の変位時刻歴 (上部工の動的解析に入力) ・鋼製防護壁の最大水平加速度 (上部工の静的解析に入力)

上部工 (鋼製防護壁)



解析手法	三次元動的フレーム解析
プログラム	TDAP
対象荷重	本震時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・鋼製防護壁の動的挙動評価
データ利用	・鋼製防護壁の照査

下部工 (地中連続壁基礎)

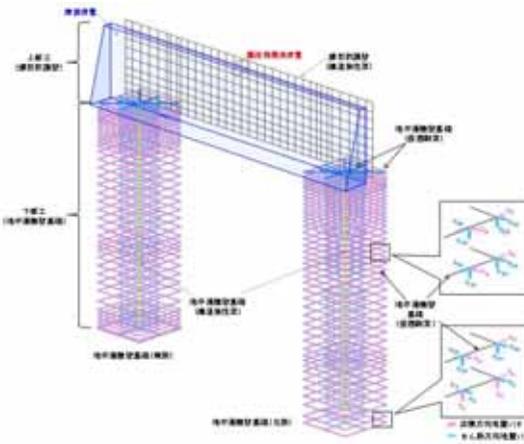


< 津波時 >

地中連続壁基礎の検討

三次元静的フレーム解析

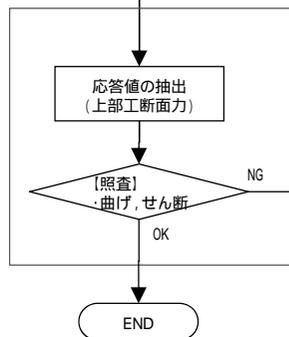
- ・上部工・下部工を一体でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は縦梁 (構造弾性梁) とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震による影響を考慮するとともに, 部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。



鋼製防護壁の検討

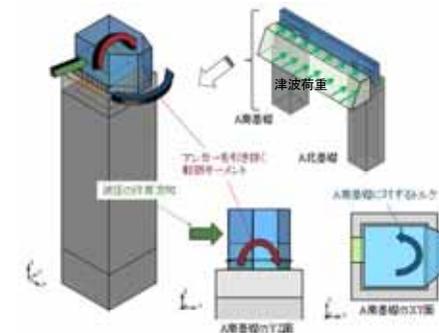
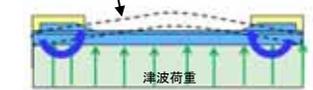
- ・一体モデルで算出された断面力を用いて鋼製防護壁部材の照査を実施する。

上部工 (鋼製防護壁)



解析手法	三次元静的フレーム解析
プログラム	Engineer's Studio
対象荷重	津波時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

鉛直軸回りねじりモーメント (水平トルク)



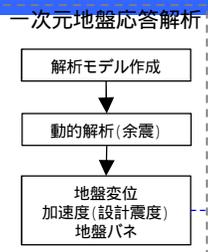
- ・津波荷重により地中連続壁基礎及び鋼製防護壁に作用する鉛直軸回りモーメント (水平トルク) を評価するため三次元解析を実施する。

解析手法(余震+津波時)

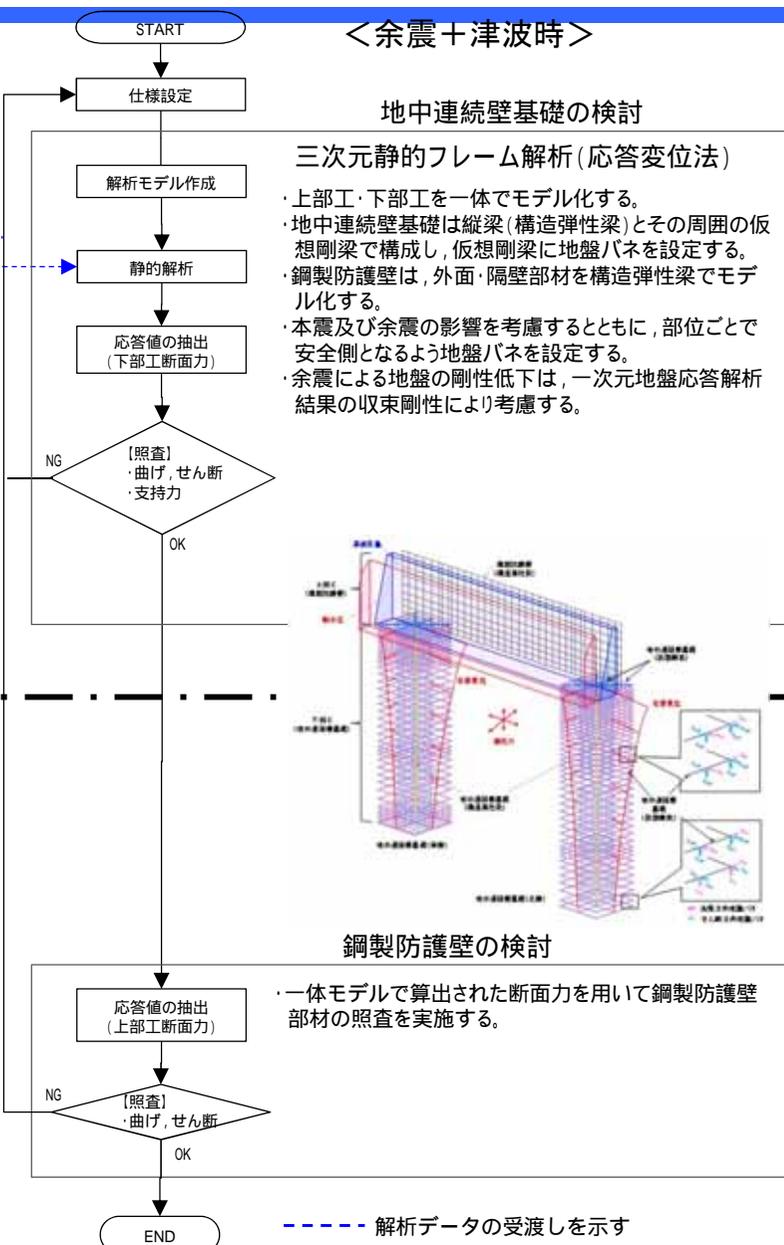


下部工 (地中連続壁基礎)

上部工 (鋼製防護壁)



変位・加速度
地盤バネ

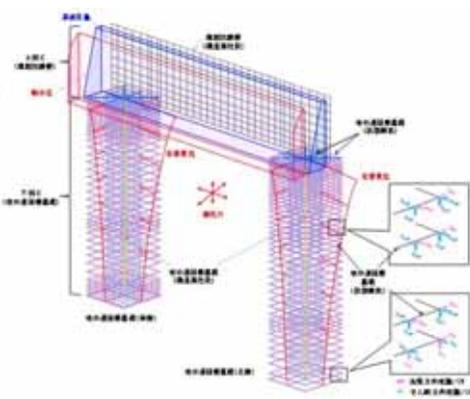


<余震+津波時>

地中連続壁基礎の検討

三次元静的フレーム解析(応答変位法)

- ・上部工・下部工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)とその周囲の仮想剛梁で構成し,仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は,外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震及び余震の影響を考慮するとともに,部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。
- ・余震による地盤の剛性低下は,一次元地盤応答解析結果の収束剛性により考慮する。



鋼製防護壁の検討

- ・一体モデルで算出された断面力を用いて鋼製防護壁部材の照査を実施する。

解析手法	三次元静的フレーム解析
プログラム	Engineer's Studio
対象荷重	余震+津波時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎の三次元挙動評価
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

9. 設計方針

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)



解析の目的

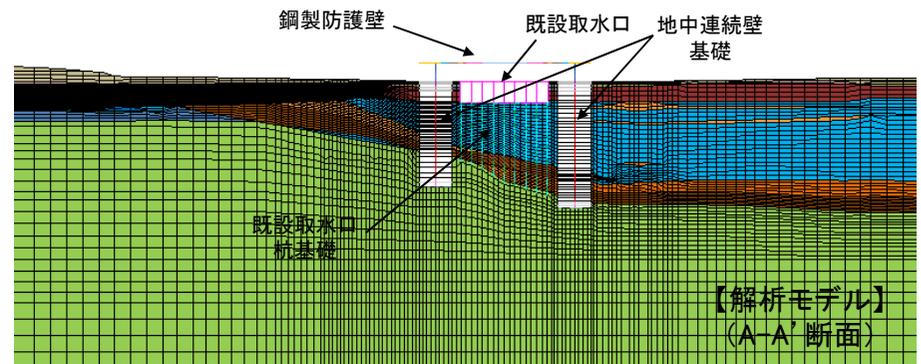
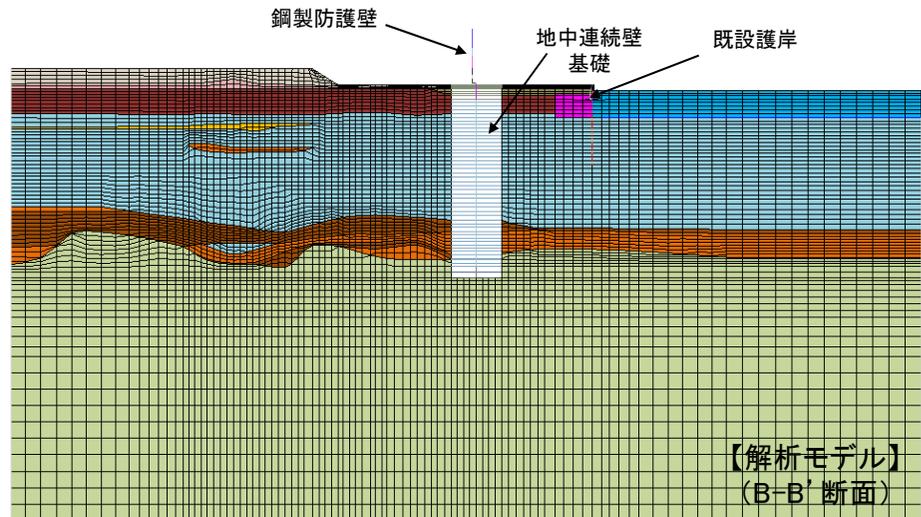
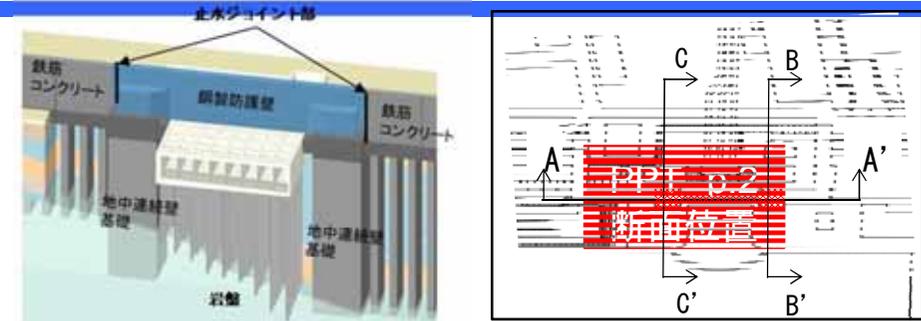
- ・地層の不陸を反映した本震時の地中連続壁基礎の挙動を動的に評価する。
- ・地盤の液状化の影響を厳密に反映するため地盤-構造物の連成モデルに対して二次元動的有効応力解析法を適用する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査, 基礎の支持性能の評価
- ・上部工の動的解析に入力する基礎天端の変位時刻歴

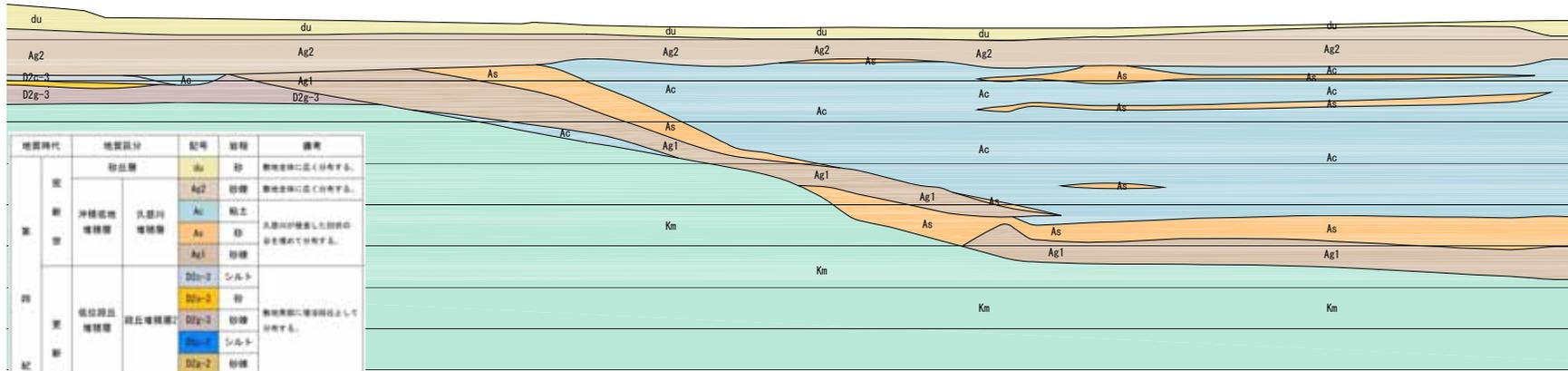
モデル化方針

- ・地中連続壁基礎及び鋼製防護壁は線形梁要素, 地盤はマルチスプリング要素でモデル化する。
- ・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。
- ・有効応力の変化に伴う構造物の周面摩擦力の変化は, 有効応力の関数である地盤の剛性及び強度の変化によって自動的に考慮される。
- ・既設護岸, 既設取水口及び杭基礎は, 防潮堤本体の挙動と相互作用があると考えられることから, 線形梁要素でモデル化し, その影響を考慮するとともに, 現実的な応答性状が得られていることを確認する。部材の健全性照査は別途詳細なモデルで実施する。



9. 設計方針

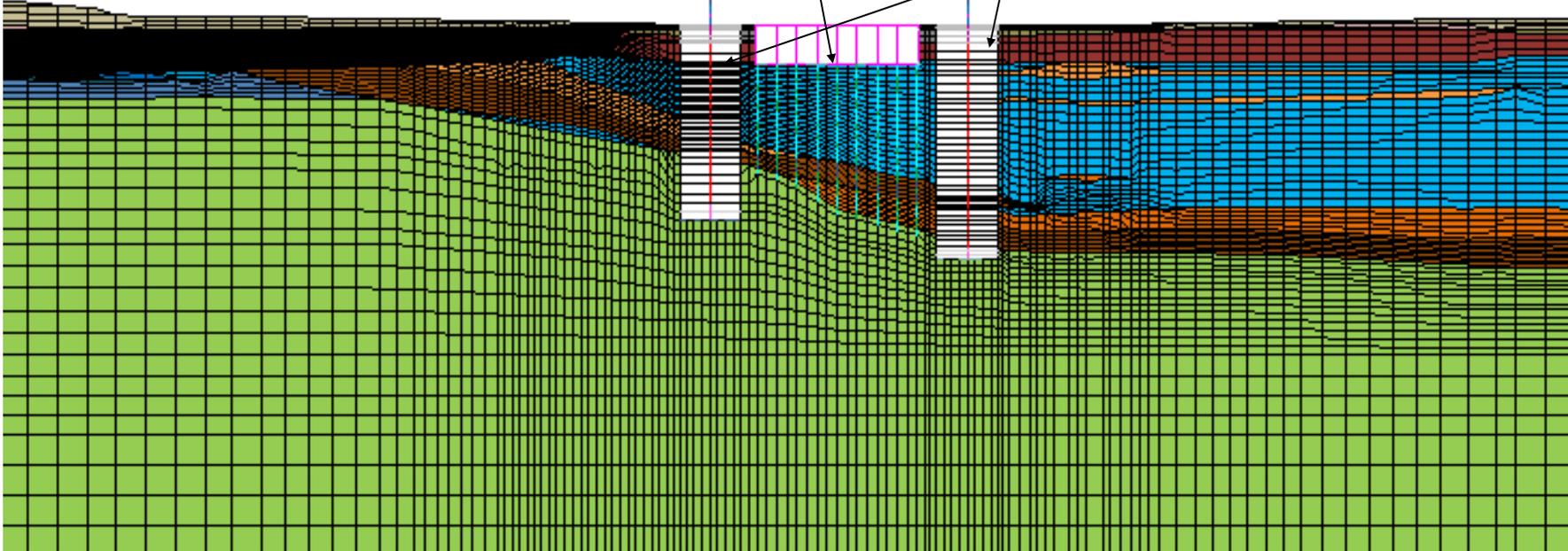
①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)



地質時代	地質区分	記号	岩種	備考
新 第三紀	沖積地 堆積層	砂丘層	du	砂 敷地帯域に広く分布する。
		砂丘層	Ag2	砂 敷地帯域に広く分布する。
		粘土層	Ac	粘土
		沖積河川堆積層	As	河川沖積堆積した砂礫の層を覆って分布する。
		沖積河川堆積層	Ag1	砂
第四紀	低沼跡地 堆積層	D2g-3	シルト	敷地帯域に堆積層として分布する。
		D2g-3	砂	
		D2g-3	シルト	
		D2g-2	砂	
		D2g-2	シルト	
第四紀	中沼跡地 堆積層	ts	ローム	敷地の南側に分布し、この層は埋設管の設置を確保する。
		D1a-3	シルト	
第四紀	河川層	Km	砂質泥岩	敷地の南側である。

鋼製防護壁 既設取水口 地中連続壁基礎

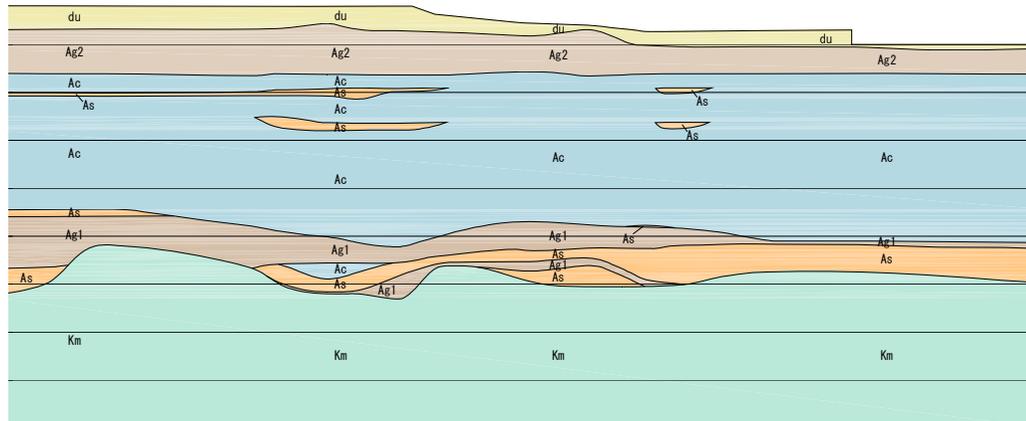
【地質縦断面図】
(A-A'断面)



【解析モデル】
(A-A'断面)

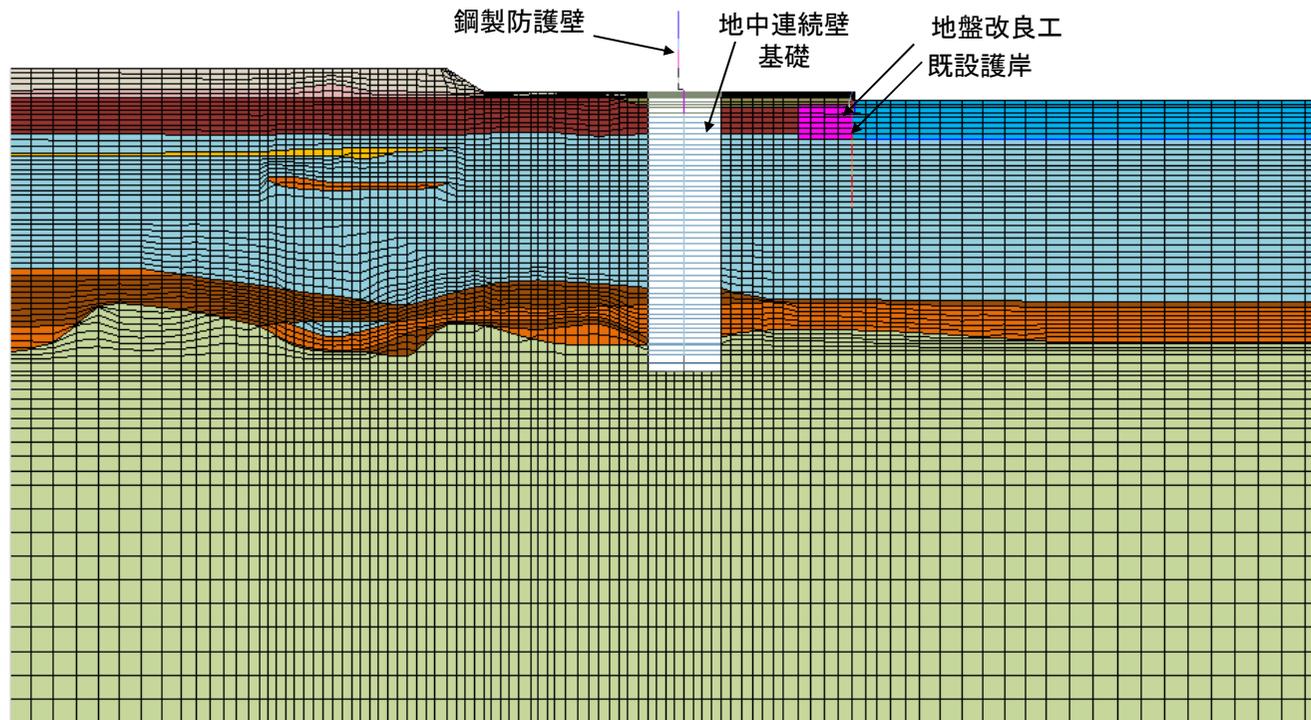
9. 設計方針

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)



【地質断面図】
(B-B'断面)

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考	
新 世	沖積低地 堆積層	砂丘層	du	砂	敷地全体に広く分布する。
			Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
		久慈川 堆積層	Ac	粘土	久慈川が侵襲した部分の 砂を埋めて分布する。
			As	砂	
四 紀	低段段丘 堆積層	D2c-3	シルト	敷地西部に埋没段丘として 分布する。	
		D2c-2	砂		
		D2c-1	砂礫		
		D2c-1	シルト		
	中位段丘 堆積層	D2a-2	砂礫	敷地の東西部に分布し、 いくつかの埋没段丘面を 構成する。	
		la	ローム		
		D1a-1	シルト		
第三紀蘇新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤層である。	



【解析モデル】
(B-B'断面)

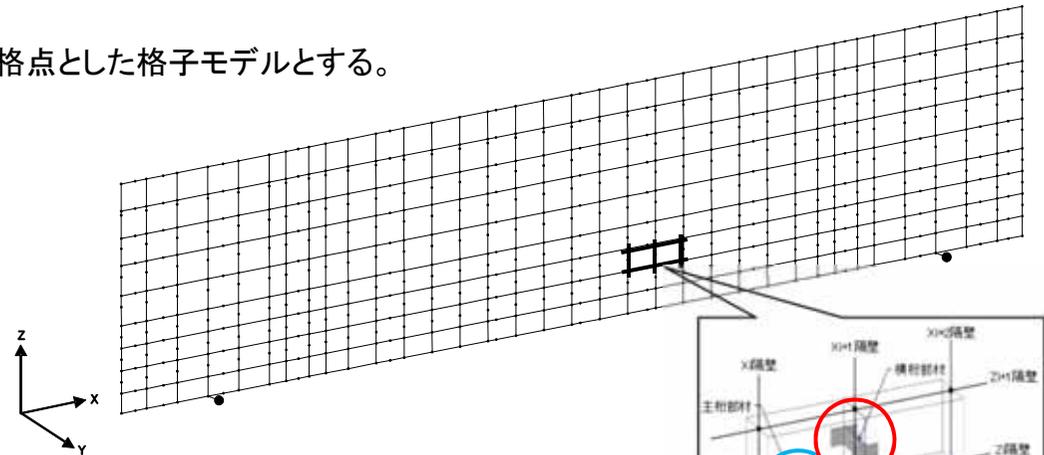
9. 設計方針

鋼製防護壁のモデル化(本震時, 津波時, 余震+津波時共通)



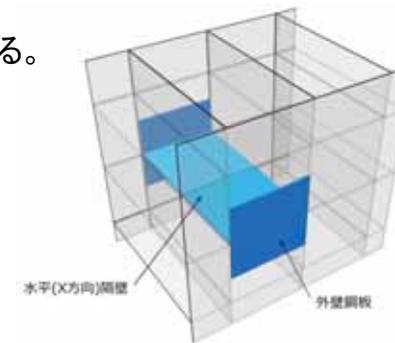
モデル化方針

- ・鋼製防護壁を, 梁で構成される格子にモデル化する。
- ・水平(X方向)隔壁及び鉛直(Z方向)隔壁の交差位置を格点とした格子モデルとする。
- ・格子モデルは鋼部材のみをモデル化する。



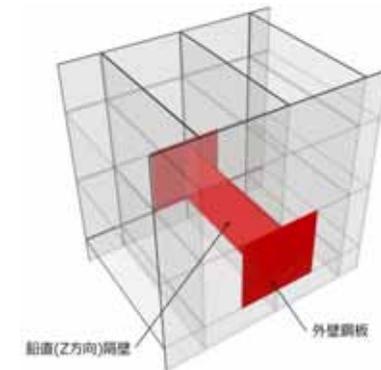
i) 主桁部材(水平方向)

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 I 断面とする。



ii) 横桁部材(鉛直方向)

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 I 断面とする。



iii) 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。

9. 設計方針

②鋼製防護壁の検討 本震時(三次元動的フレーム解析)



解析の目的

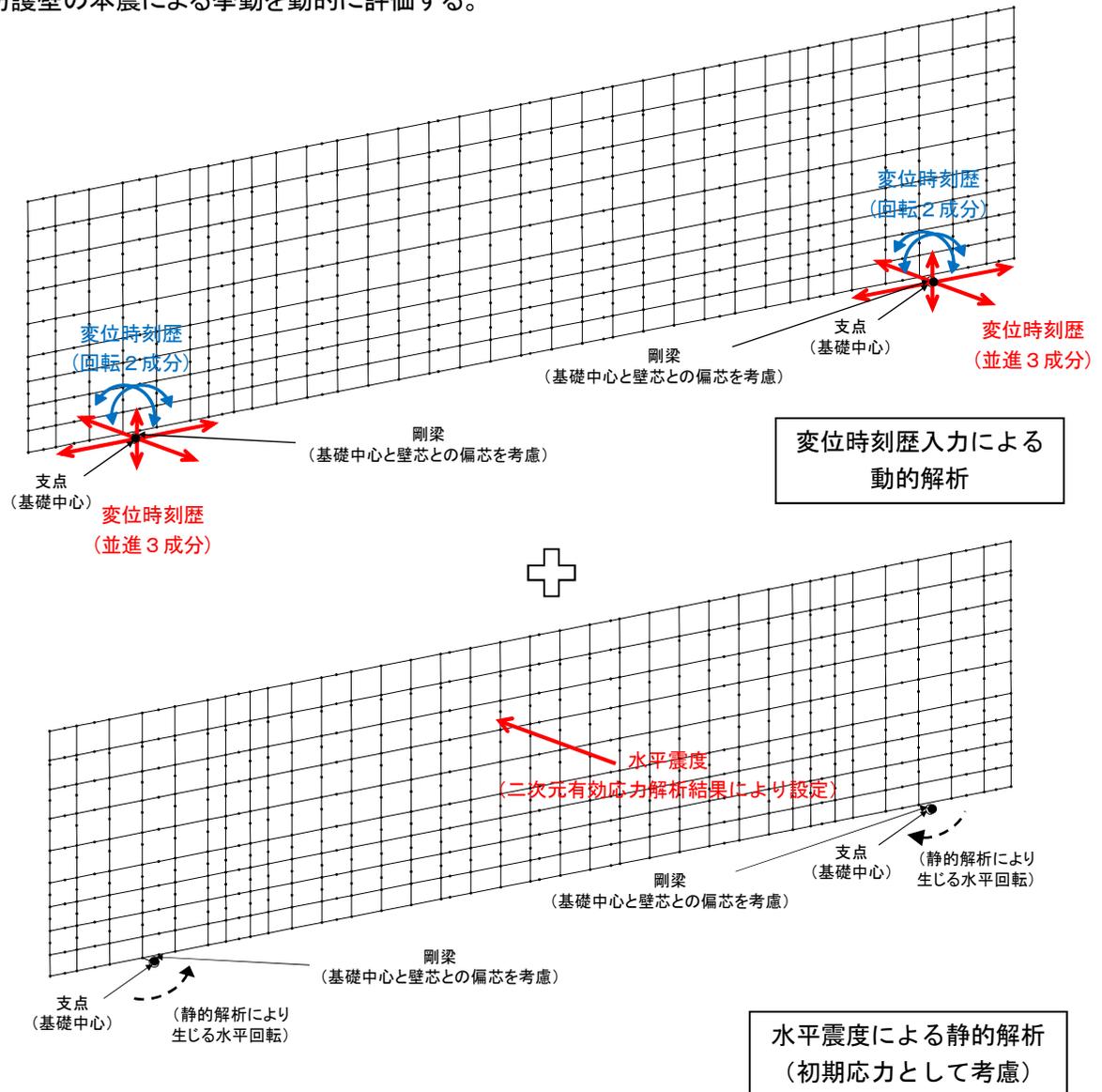
- ・主桁、横桁部材ごとの要素で精緻にモデル化した鋼製防護壁の本震による挙動を動的に評価する。

結果の利用

- ・鋼製防護壁の部材応力照査

変位時刻歴入力による動的解析

- ・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成分及び回転2成分の変位時刻歴を強制変位として入力して三次元動的フレーム解析を実施する。
- ・①堤軸方向、②堤軸直交方向及び③鉛直方向の解析結果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照査を実施する。
- ・二次元有効応力解析では水平回転成分の算出ができないため、水平震度による静的解析により応答値を算出し、三次元動的フレーム解析の結果と重ね合わせることにより、水平回転の影響を考慮する。
- ・静的解析で与える水平震度は、
 - a) 南北両断面の最大応答加速度から算定される水平震度を一律で与える場合
 - b) 時刻歴の応答差が最大となる南北各断面の応答加速度から、南北それぞれの水平震度を設定し、南北で区分して与える場合について検討し、安全側の設計となるよう設定する。

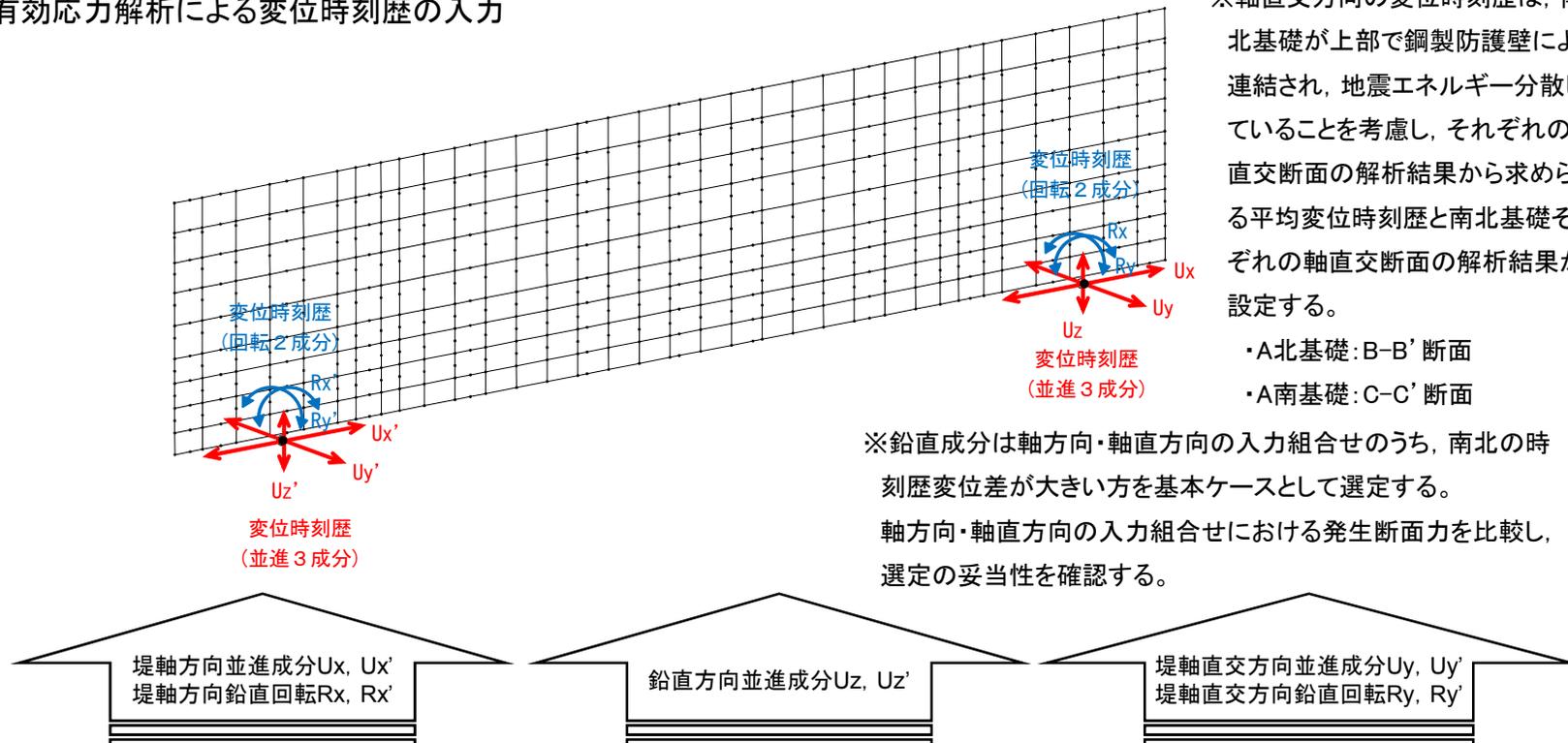


9. 設計方針

②鋼製防護壁の検討 本震時(三次元動的フレーム解析)



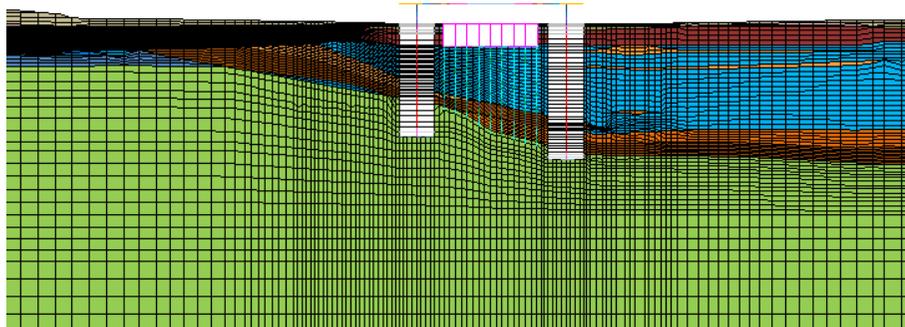
■二次元有効応力解析による変位時刻歴の入力



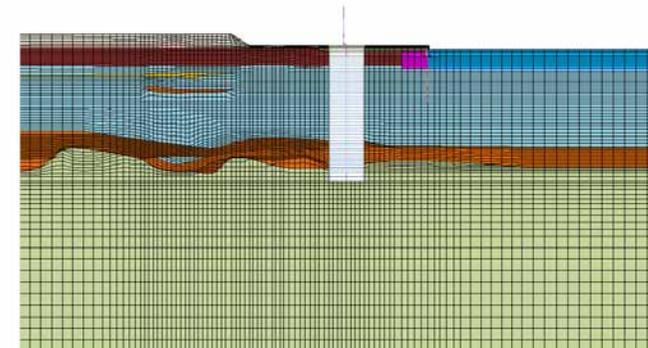
※軸直交方向の変位時刻歴は、南北基礎が上部で鋼製防護壁により連結され、地震エネルギー分散していることを考慮し、それぞれの軸直交断面の解析結果から求められる平均変位時刻歴と南北基礎それぞれの軸直交断面の解析結果から設定する。

- ・A北基礎: B-B' 断面
- ・A南基礎: C-C' 断面

※鉛直成分は軸方向・軸直方向の入力組合せのうち、南北の時刻歴変位差が大きい方を基本ケースとして選定する。
 軸方向・軸直方向の入力組合せにおける発生断面力を比較し、選定の妥当性を確認する。



【二次元有効応力解析モデル】
堤軸方向(A-A' 断面)



【二次元有効応力解析モデル】
堤軸直交方向(B-B' 断面)

9. 設計方針

③地中連続壁基礎, ④鋼製防護壁の検討 津波時(三次元静的フレーム解析)



解析の目的

- ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査
- ・鋼製防護壁の応力照査

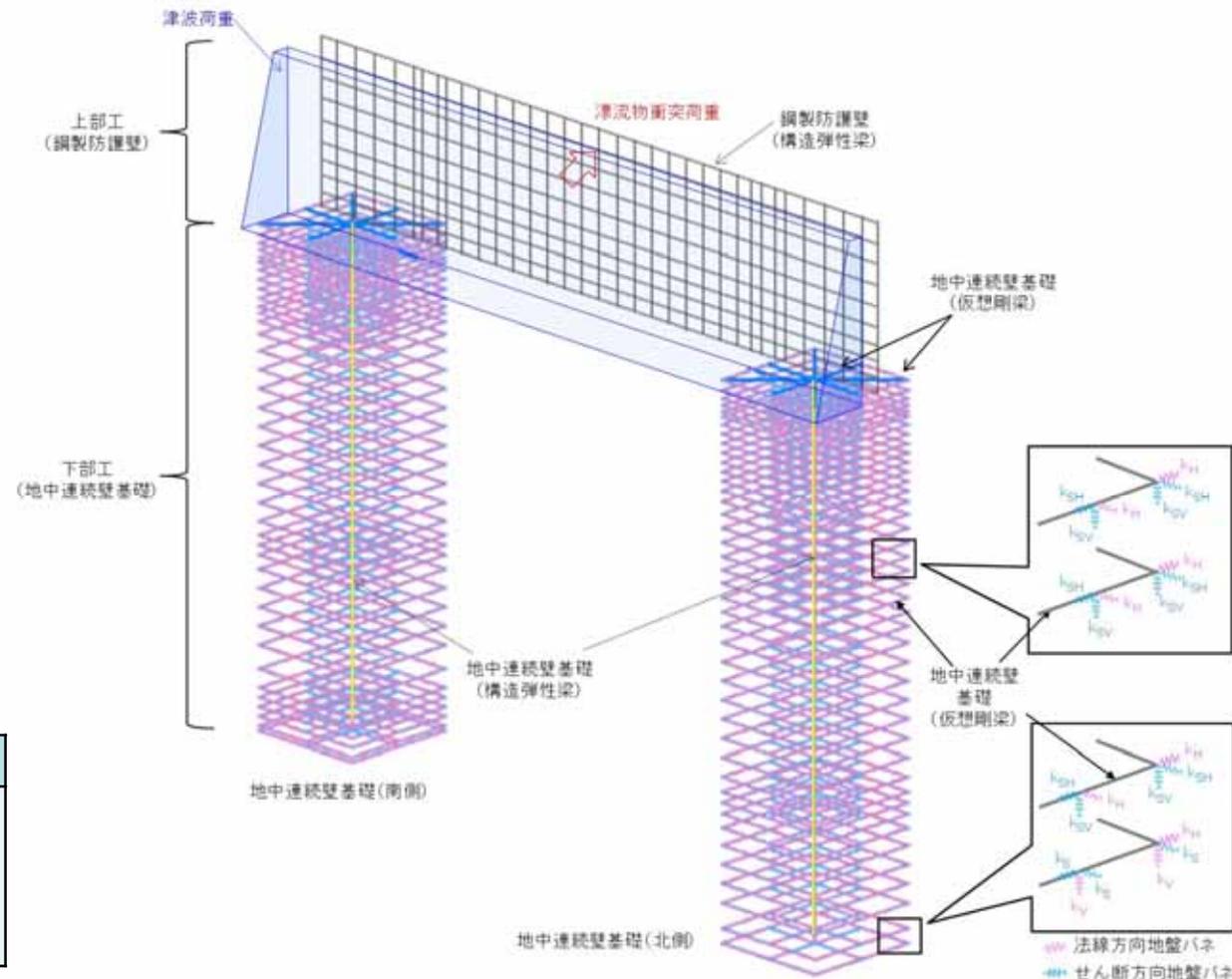
モデル化方針

- ・上部工・下部工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)とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震による影響を考慮するとともに, 部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。

地盤バネの設定

地盤バネ定数	地盤バネ上限値
初期剛性	ピーク強度(平均)
余震時の収束剛性	ピーク強度(-1 σ 低減) 残留強度(平均)
静弾性係数	残留強度(-1 σ 低減)

※地盤バネ定数3種類と地盤バネの上限値の4種類を用いて, 地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて, 各部位で安全側となる設計を行う。



9. 設計方針

⑤地中連続壁基礎, ⑥鋼製防護壁の検討 余震+津波時(三次元静的フレーム解析, 応答変位法)

解析の目的

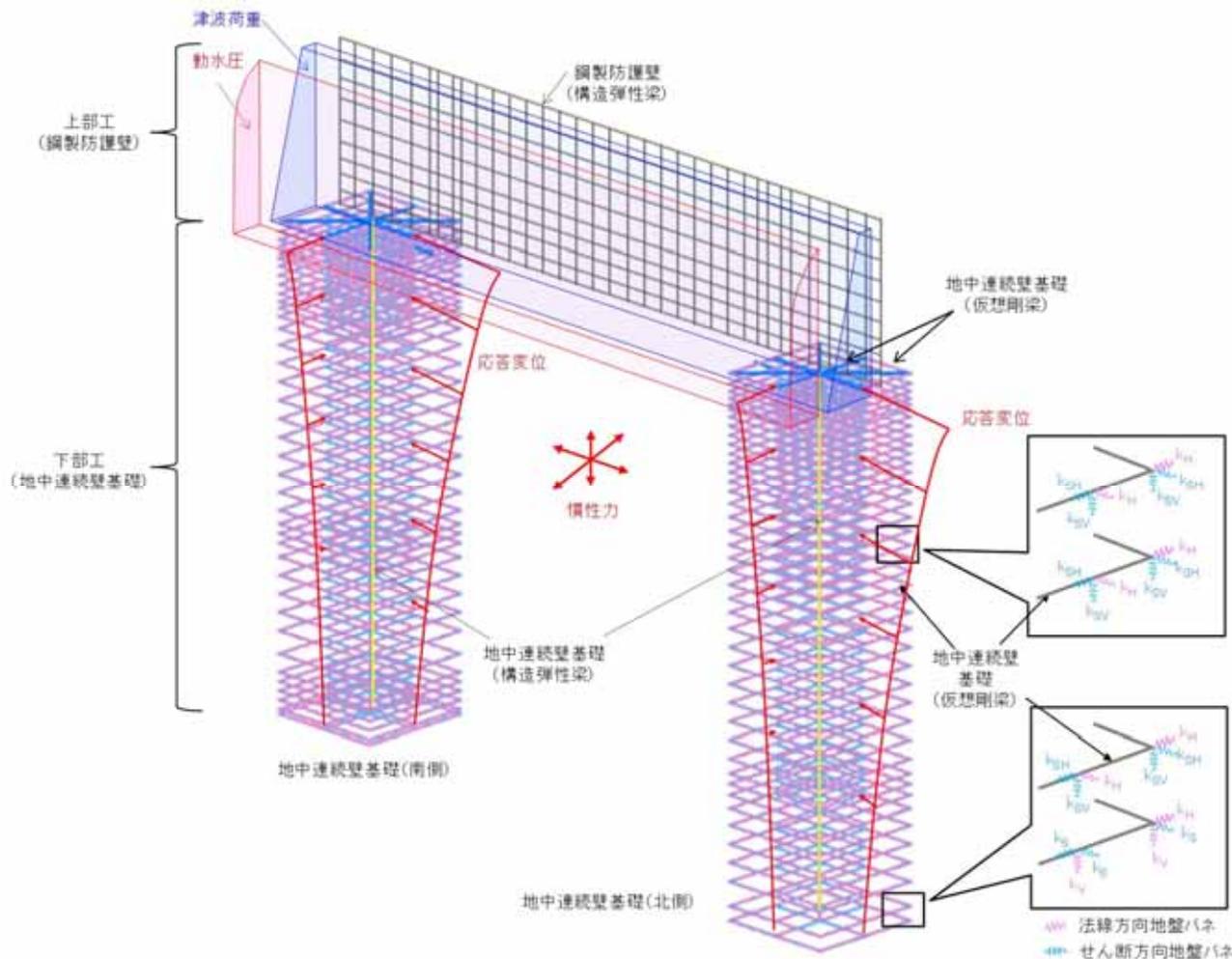
・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査
- ・鋼製防護壁の応力照査

モデル化方針

- ・上部工・下部工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)とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震及び余震の影響を考慮するとともに, 部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。
- ・余震による地盤の剛性低下は, 一次元地盤応答解析結果の収束剛性により考慮する。



地盤バネの設定

地盤バネ定数	地盤バネ上限値
初期剛性	ピーク強度(平均)
余震時の収束剛性	ピーク強度(-1 σ 低減)
	残留強度(平均)
静弾性係数	残留強度(-1 σ 低減)

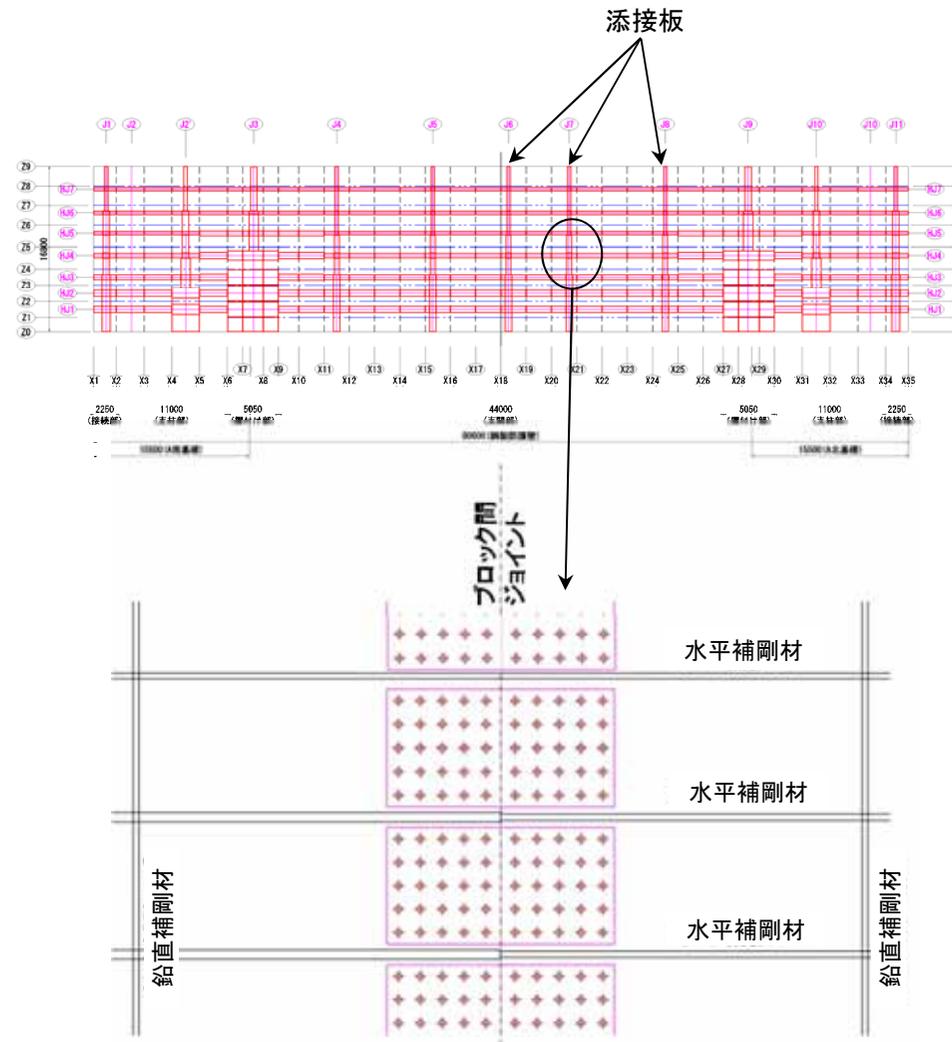
※地盤バネ定数3種類と地盤バネの上限値の4種類を用いて, 地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて, 各部位で安全側となる設計を行う。

9. 設計方針

補剛材・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(「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編7.3」)。
- 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も照査する。



※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

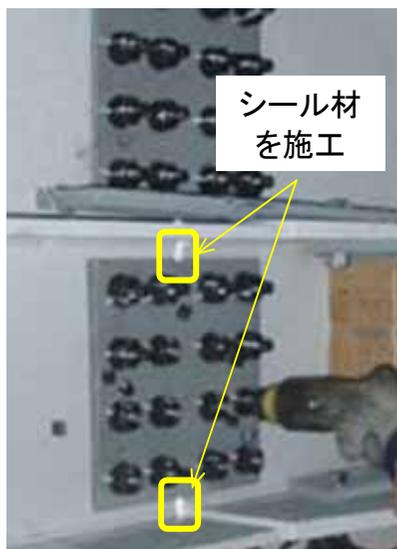
9. 設計方針

補剛材・添接板継手部の設計



- 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。
- 止水試験は、試験水圧が最大津波波圧より大きいことを確認し、複数のシール材を選定し試験を実施し、その中から最適なシール材を決定する。

シール材(案)



	種類	名称	選定理由
シール材	シリコン系	トスシール361 (防火戸用ヒドロキシルアミン型シリコンシーリング材)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐久性、耐候性に優れ、モジュラスが低く伸びが大きい。 ・ 温度変化による特性変化がほとんどなく、耐オゾン、耐紫外線性に優れ、経年によって硬くなることなく、繰り返し応力を受けてもほとんど疲労しないため、ジョイント部への施工に適している。
	樹脂系	アルファテック435 (金属接着用高強度エポキシ樹脂接着剤)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属とコンクリートの双方に優れた接着性を示す。 ・ 硬化後は-10℃～80℃において高い接着力を持続できるため、止水性に優れると推測される。 ・ ペースト状でダレがなく、鉛直面の施工に適している。
	金属系	デブコンA (鉄粉入り一般金属用補修材)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水漏れや油漏れの補修に使用される材料であり、硬化後の機械的強度が高い。 ・ 密着性が高いため、止水性に優れると推測される。 ・ 施工面への下地処理が必要となる。

※シール材の選定については現在検討中

シール材の塗装仕様と耐用年数

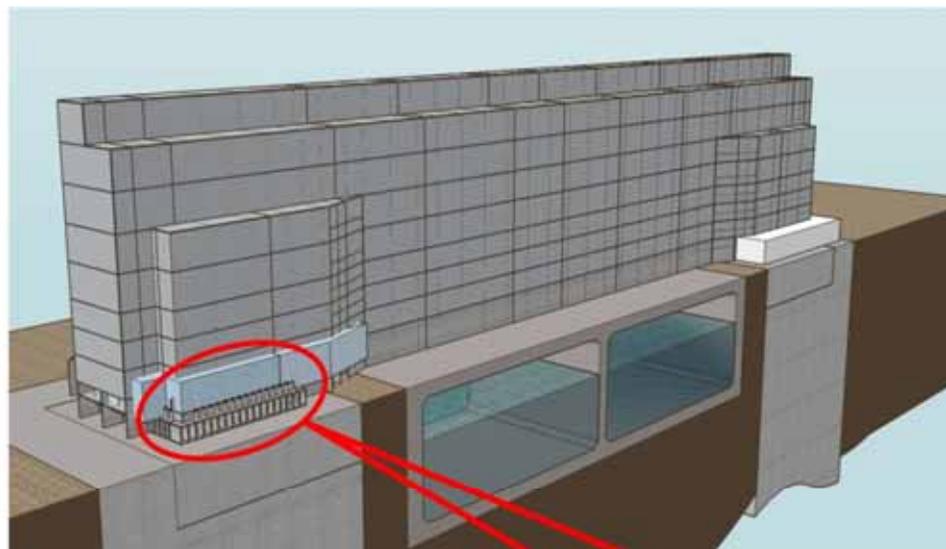
箇所	外面部	内面部
本体	C-5(30年)	D-5(永久)
添接部非接触面 (シール部, 添接板外面)	F-11(30年) ※C-5の現場塗装仕様	F-12(永久) ※D-5の現場塗装仕様
添接部接触面	無機ジंकリッチペイント75μm ※外気への暴露無し	

※金属溶射+C-5塗装の場合、耐用年数90年

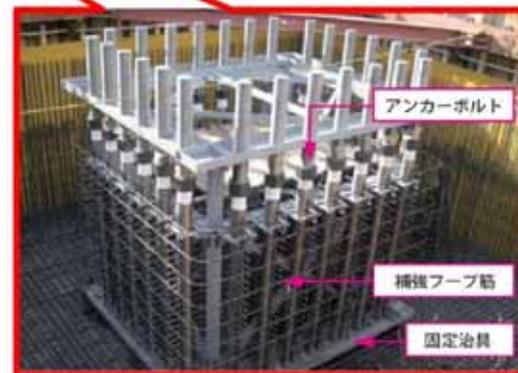
- 止水試験概要(案)
 - ・試験水圧 0.5MPa
 - ・水圧保持 60分間
- 確認事項
 - ・漏水量

接合部の設計

- 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により大きな荷重が作用するため、本体荷重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 II 鋼製橋脚編 7章」に基づき計算する。



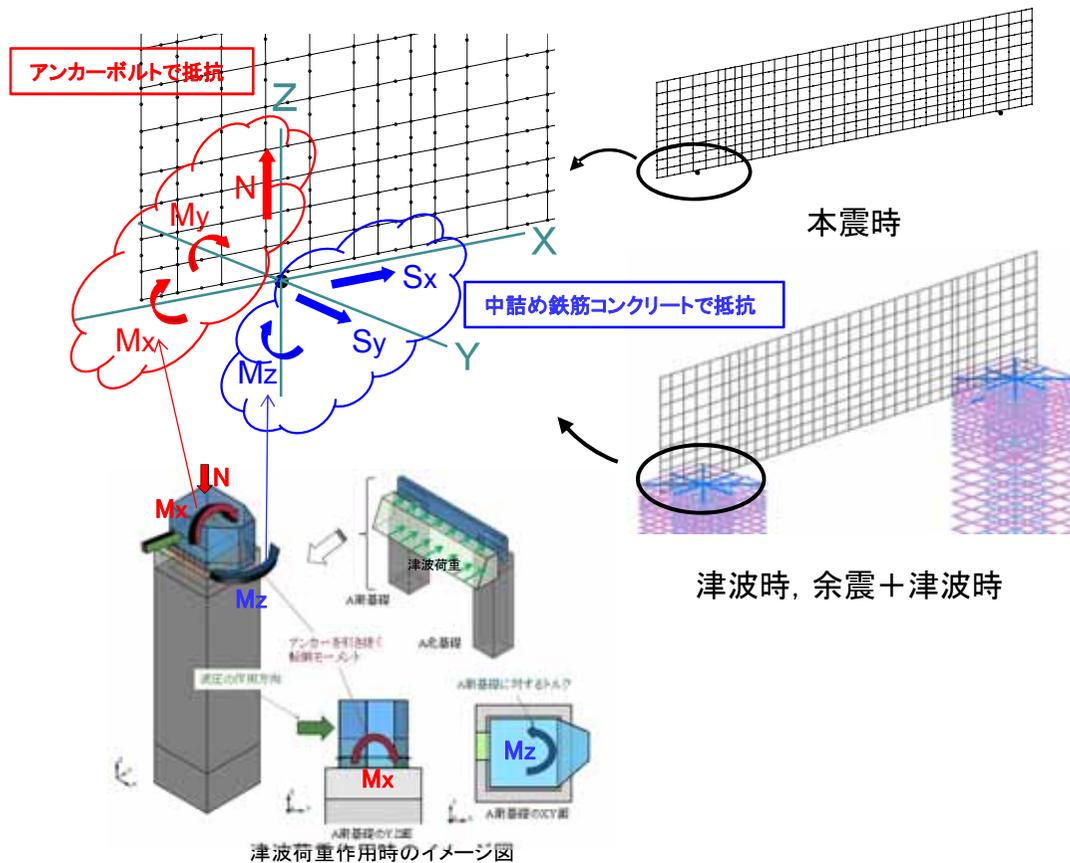
直接定着式アンカーボルト



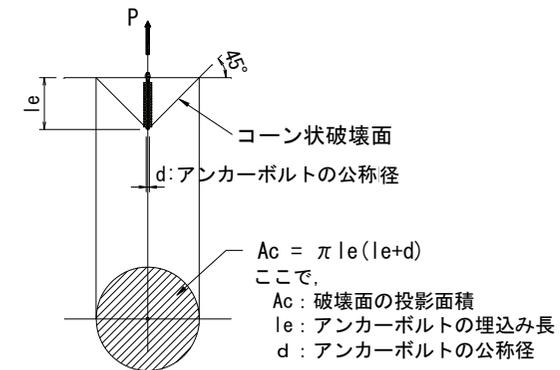
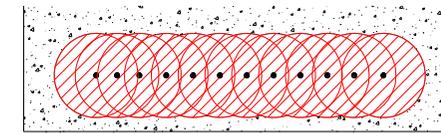
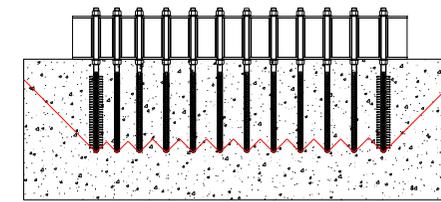
接合部の設計



- 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。
- 鋼製防護壁の解析結果から軸力の最大・最小ならびに堤軸・堤軸直交方向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設計断面力として照査を行なう。
- アンカーボルトは鉛直軸力と堤軸・堤軸直交方向の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鉄筋コンクリートで負担する。



接合部の荷重分担



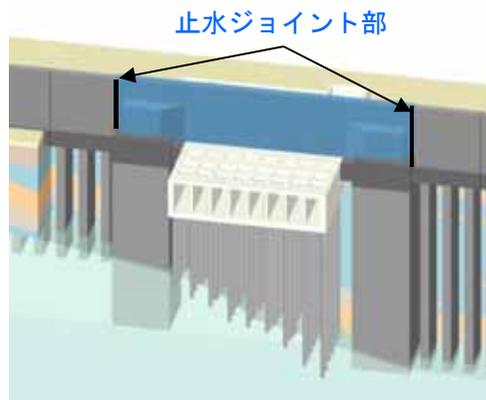
定着部コーン破壊照査における有効水平投影面積

止水ジョイント部

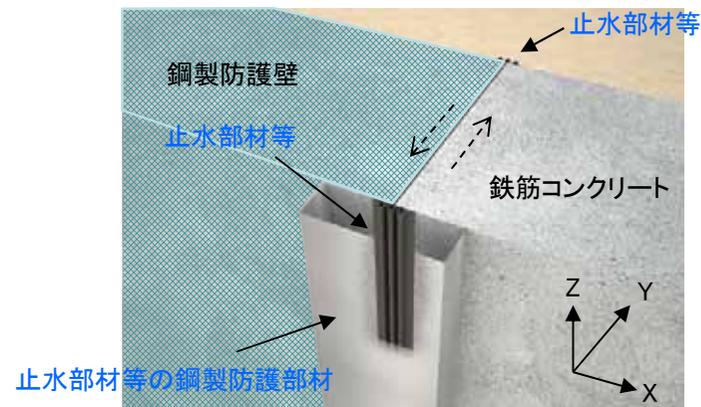
止水ジョイント部の目的

地震時や津波時の変形量に追随し、鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁(異種構造物)間の浸水を防止する。

対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
止水ゴム, 止水シート	ゴム等止水材の引張, 変形量	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験設計から設定した許容変形量, 許容引張強度	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験
鋼製アンカー	曲げ, せん断, 引張り	短期許容応力度以下	各種合成構設計指針・同解説
止水ゴム等の鋼製防護部材	漂流物が衝突した際の鋼材の圧縮, 引張り及びせん断	許容圧縮応力度, 許容引張応力度及び許容せん断応力度	鋼構造設計基準



止水ジョイント部



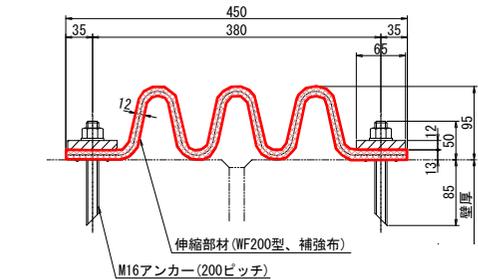
異種構造物間構造図(イメージ図)

9. 設計方針

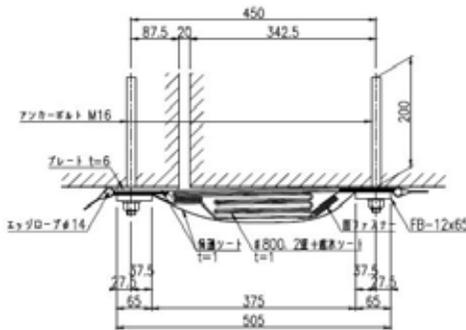
止水ジョイントの変形量評価方針



- 鋼製防護壁と鉄筋コンクリート、異種構造物間の境界にも止水ジョイントを設置する。
- 止水構造は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と基本的には同様の設計で、シートジョイントまたはゴムジョイント等で止水する。
- 漂流物衝突荷重に抵抗するための鋼製防護部材を設置する。



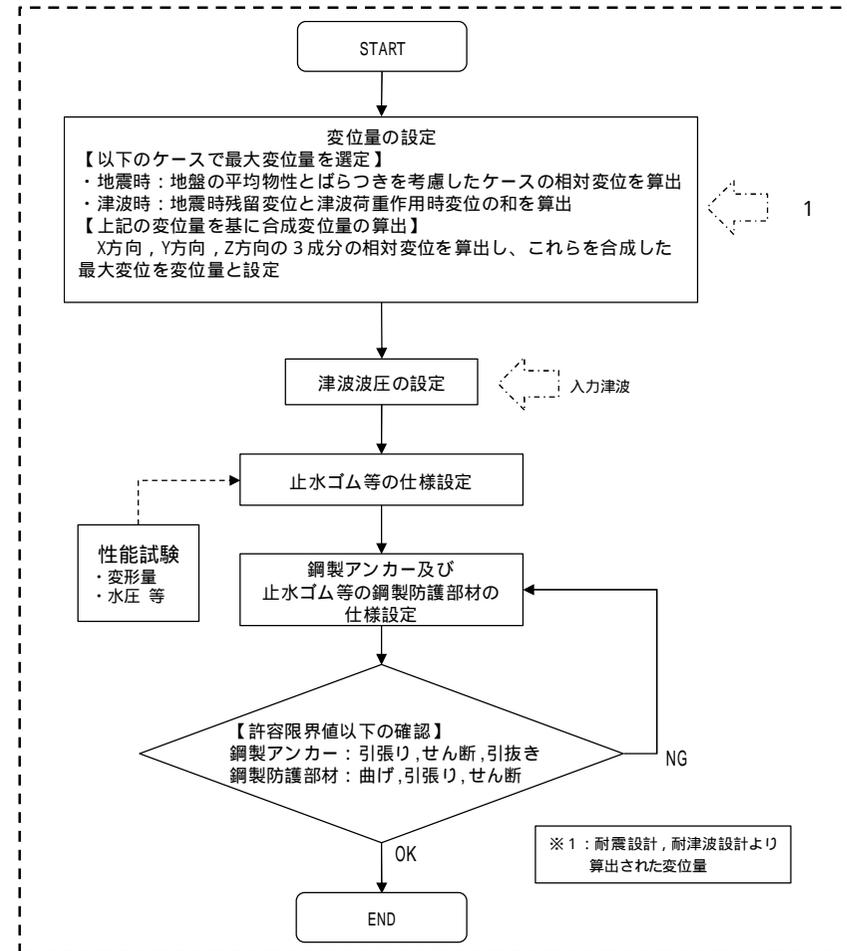
(ゴムジョイント)



(シートジョイント)

止水ジョイント部の構造図(例)

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と同様な設計



止水ジョイント部の検討フロー

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について



■ 直接定着式アンカーボルトの適用基準

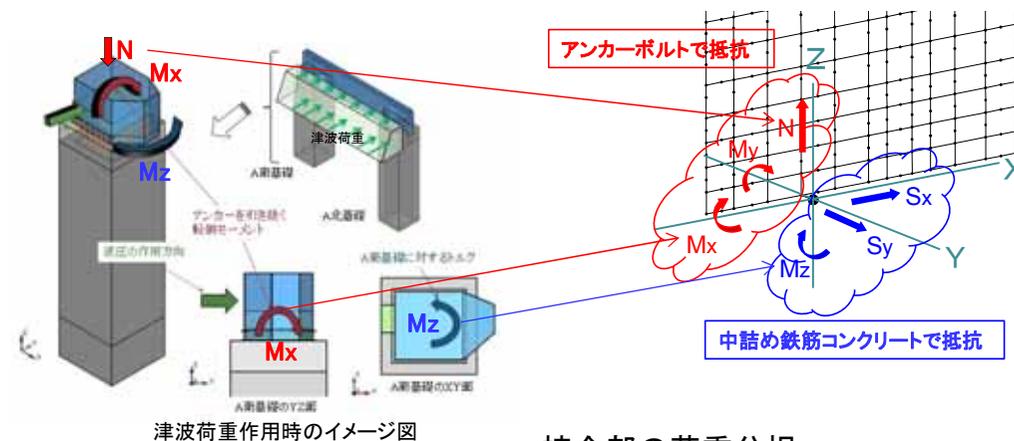
- ・直接定着式アンカーボルトの適用基準は、各種試験結果に基づいて名古屋高速道路公社にて策定。
- ・国交省、公団公社、自治体、各高速道路会社においても採用している。

■ 直接定着式アンカーボルトの適用性について

- ・直接定着式アンカーボルトは、名古屋工業大学、名古屋高速道路公社、住友金属工業株式会社(現:新日鐵住金 株式会社)の産学官3者による共同開発製品である。
- ・橋梁の橋脚と基礎とを結合する目的で開発された製品であるが、上部からの軸力ならびに水平軸周りの回転モーメントを基礎に伝達するという機能は鋼製防護壁でも同じである。
- ・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、以下の各種試験で確認・報告されている。
- ・弾性範囲内での設計とすることで、再使用性に対しても担保する。

■ 直接定着式アンカーボルトの適用範囲

- ・直接定着式アンカーボルトの各種試験で確認されているアンカー径の適用範囲はφ100～180である。
- ・軸力ならびに水平軸周りの回転モーメント押込み・引抜き力
 - ⇒ 直接定着式アンカーボルトで負担
- ・せん断力ならびに回転モーメント(水平トルク)
 - ⇒ 頂版鉄筋コンクリートと結合する中詰め鉄筋コンクリートにて負担



津波荷重作用時のイメージ図

接合部の荷重分担

11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について



直接定着式アンカーボルトの適用性に関する発表論文と試験内容

発表論文	試験内容
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顕, 小畑誠, 松浦聖(以上名古屋工業大学 社会開発工学科), 小林洋一(住友金属株) 「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	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
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顕, 小畑誠, 松浦聖(以上, 名古屋工業大学 社会開発工学科) 「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	
小畑誠, 後藤芳顕, 松浦聖(以上, 名古屋工業大学 社会開発工学科), 前野裕文(名古屋高速道路公社) 「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	実構造における力学特性試験
前野裕文, 森成顕, 川津禎男(以上, 名古屋高速道路公社), 永岡弘(松尾橋梁株), 小林洋一(住友金属工業株), 「付着型アンカーボルトを用いた鋼製橋脚定着部の設計および現場試験」, 橋梁と基礎, 1994.5	太径化による付着強度低下に関する試験
山本卓也, 前野裕文, 鈴木信勝, 深田清明(以上, 名古屋高速道路公社) 「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および現場引抜き試験」, 橋梁と基礎, 1998.5	実構造における付着強度試験
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顕(名古屋工業大学 社会開発工学科), 上條崇, 小林洋一(以上, 住友金属工業株) 「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	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

※所属は論文投稿時

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

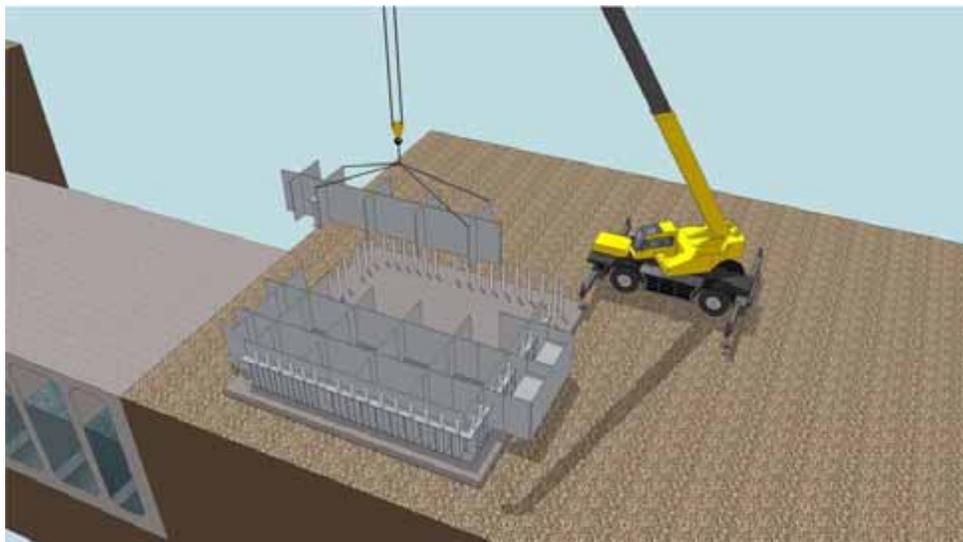
■ステップ1



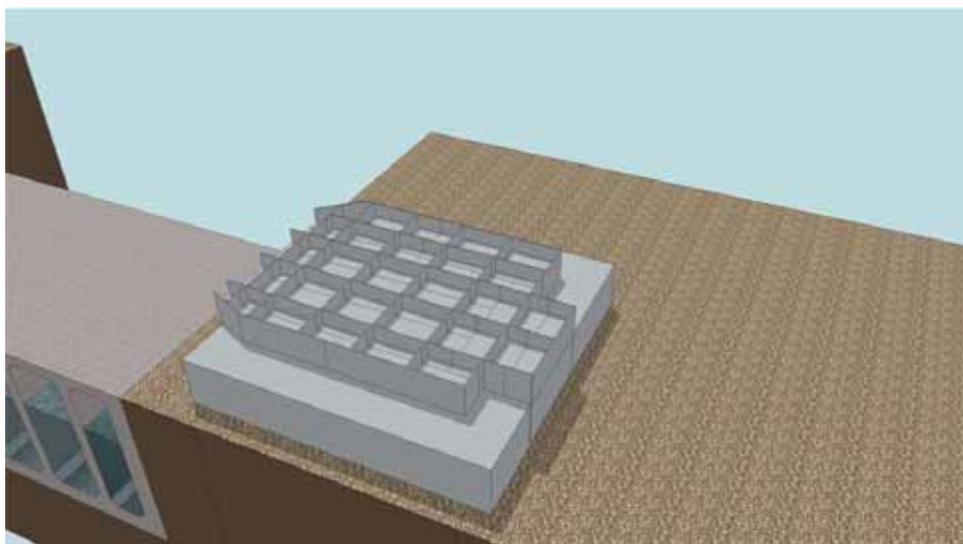
- ・ 地中壁連続壁基礎上部にアンカーボルトを設置する。
- ・ 所定位置に設置する必要があるため、基礎上部にはフレーム架台を設置し、据付精度を確保する。



■ステップ2 支柱部ブロック設置・中詰め鉄筋コンクリート工

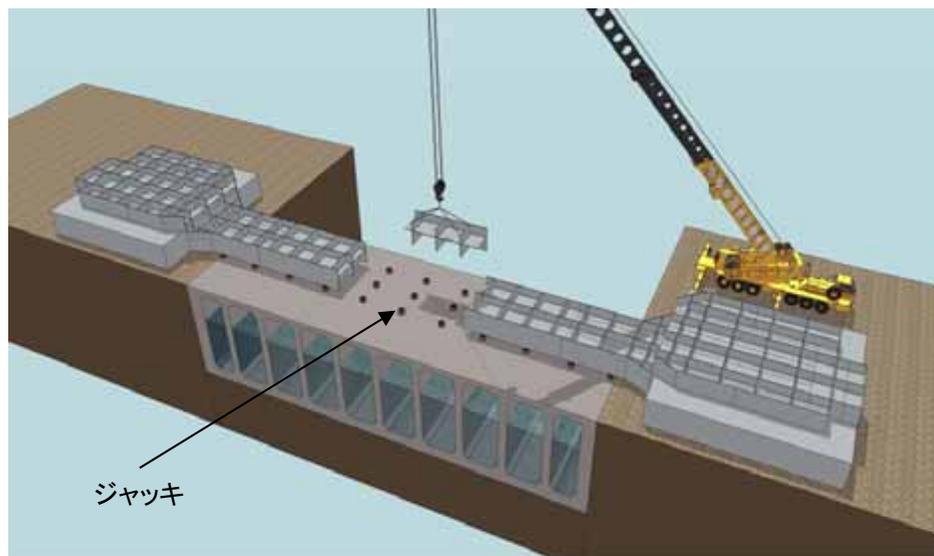


- ・ 頂版部配筋及びコンクリート施工後に、1段目及び2段目の支柱部ブロックを架設する。

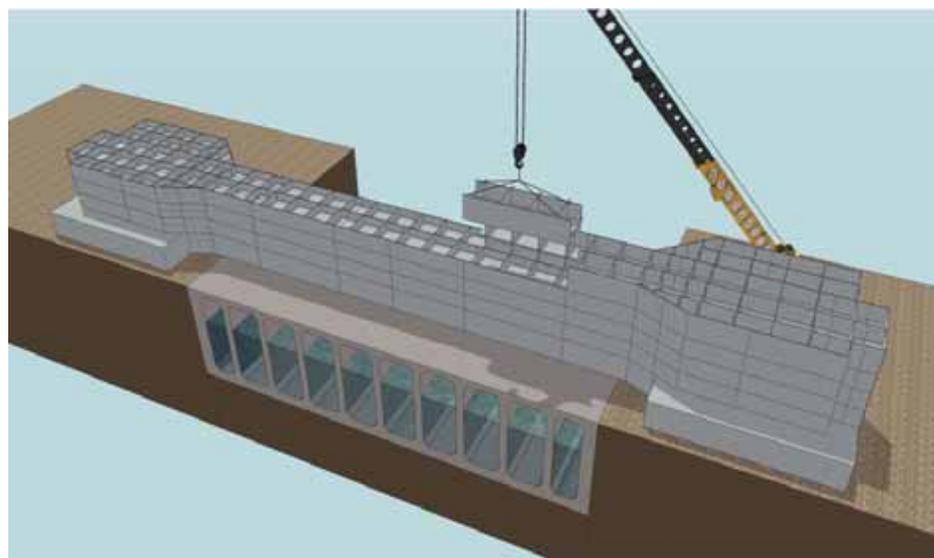


- ・ 支柱部中詰め鉄筋コンクリートを施工する。

■ステップ3 ブロック架設工

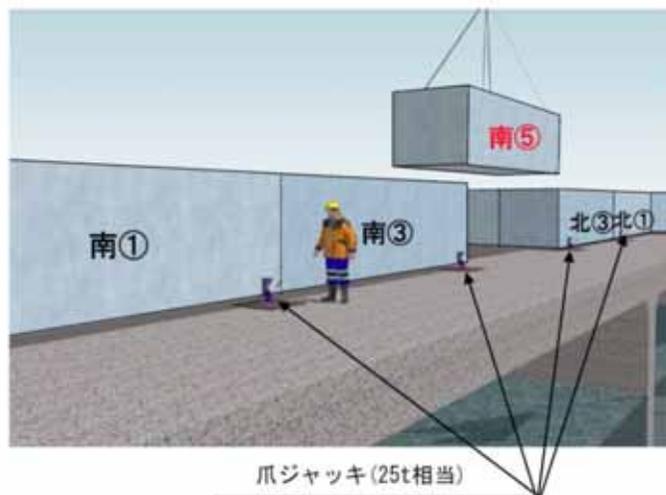


- ・ 取水口隔壁上など上載荷重による影響を最小限にできる箇所にジャッキを配置し1段目の支間部ブロックを架設する。
- ・ 架設時には、1段目死荷重によるたわみ量及び2段目以降の構造系の変化を考慮した逐次剛性と死荷重によるたわみ量をあらかじめ上げ越しする。
- ・ 各段の架設完了後に全体の出来形・反りが所定の寸法内に収まるよう、事前に綿密な架設計画を立案しておく。



- ・ 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。

■ ジャッキによる仮受け状況(イメージ)



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



【油圧式爪ジャッキ】

株式会社 **タイキ**

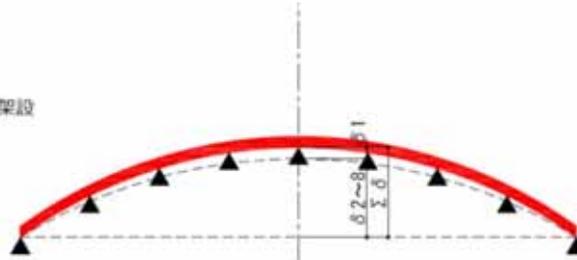


DH-25S-150 25t 運搬キャリア付

■ 上げ越し管理 (イメージ)

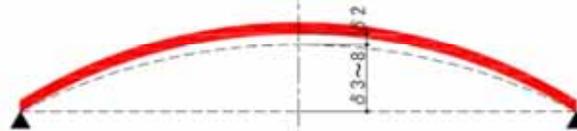
STEP1

Block1を多点支持(無応力状態/ジャッキによる支持)で架設



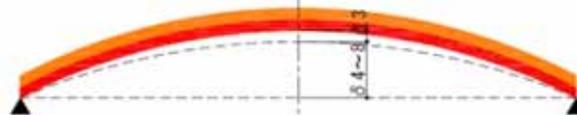
STEP2

ジャッキを取りはずしBlock1を両端支持状態とする。
Block1の自重によるたわみ(δ1)分、桁が変形する。



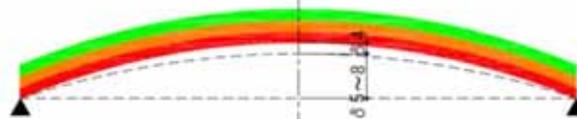
STEP3

Block2を架設する。
Block2の自重によるたわみ(δ2)分、桁が変形する。



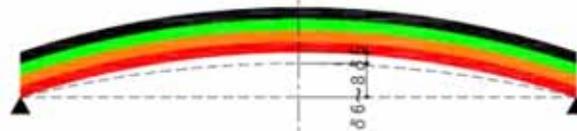
STEP4

Block3を架設する。
Block3の自重によるたわみ(δ3)分、桁が変形する。



STEP5

Block4を架設する。
Block4の自重によるたわみ(δ4)分、桁が変形する。



自重による変形時の断面剛性
(ブロックが積み重なるにつれて剛性が高くなっていく/変形しにくくなっていく)

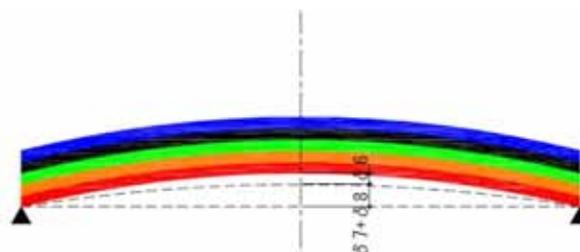


- 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

■ 上げ越し管理 (イメージ)

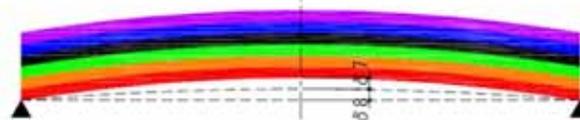
STEP6

Block5を架設する。
Block5の自重によるたわみ(δ5)分、桁が変形する。



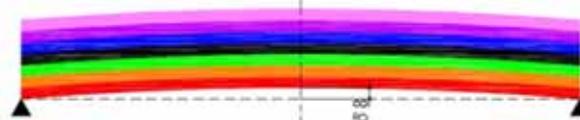
STEP7

Block6を架設する。
Block6の自重によるたわみ(δ6)分、桁が変形する。



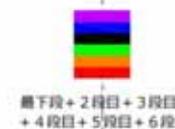
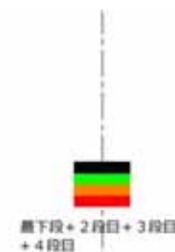
STEP8

Block7を架設する。
Block7の自重によるたわみ(δ7)分、桁が変形する。



STEP9

Block8を架設する。
Block8の自重によるたわみ(δ8)分、桁が変形し、完成形状となる。



- 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。

■ステップ4 完成

