本資料のうち，枠囲みの内容は，
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

資料２－４

補足説明

（東海第二発電所 工事計画認可申請に係る論点整理について）

平成 30 年 5 月 17 日

日本原子力発電株式会社

目　次

基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する津波防護方針について　1

東海第二発電所　鋼製防護壁の設計方針について　432

立坑構造の屋外重要土木構造物の設計方針　467

工事計画に係る補足説明資料　耐震性に関する説明書のうち補足-400-1【地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較】　534

工事計画に係る補足説明資料　耐震性に関する説明書のうち補足-340-7【水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について】　623

工事計画に係る補足説明資料　耐震性に関する説明書のうち補足-340-13【機電分耐震計算書の補足について】　725

SM材の使用制限を超えた範囲での使用について　747

Ⅴ-1-1-6-別添4 ブローアウトパネル及び関連設備に係る説明資料　753

東海第二発電所　工事計画に係る説明資料（Ⅴ-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書）　811

基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する津波防護方針について

目　　次

Ⅰ．　はじめに

Ⅱ．　敷地に遡上する津波に対する津波防護方針

1. 基本事項

1.1　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定

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　敷地に遡上する津波による敷地内の遡上・浸水域

1.4　敷地に遡上する津波による入力津波の設定

1.5　水位変動・地殻変動の評価

1.6　設計又は評価に用いる敷地に遡上する津波の入力津波

2. 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の防護方針

2.1　敷地に遡上する津波に対する津波防護の基本方針

2.2　敷地に遡上する津波への対応

2.2.1　基準津波における敷地への浸水防止（外郭防護１）に関わる経路の特定及び止水対策

2.2.2　遡上波の地上部からの到達，流入の防止（外郭防護１）

2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１）

2.3　漏水による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止(外郭防護２)

2.3.1　漏水対策

2.3.2　安全機能への影響評価

2.3.3　排水設備の検討
2.4　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の隔離（内郭防護）
2.4.1　浸水防護重点化範囲の設定
2.4.2　浸水防護重点化範囲の境界における浸水防止対策
2.5　水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止
2.5.1　緊急用海水ポンプの取水性
2.5.2　津波の二次的な影響による緊急用海水ポンプの取水性
2.5.3　津波の二次的な影響による漂流物の影響
2.6　津波監視設備

3. 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備等の設計・評価の方針及び条件
3.1　敷地に遡上する津波に対して機能保持を図る施設の設計・評価
3.2　浸水防止設備の設計・評価
3.3　津波監視設備の設計・評価
3.4　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設計・評価に係る検討事項
3.4.1　浸水防止設備等の設計・評価における検討事項
3.4.2　漂流物による波及的影響の考慮

添付資料1　基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する防潮堤耐力について
添付資料2　遡上津波による11m盤への影響について
添付資料3　重大事故等対処設備一覧

Ⅰ．はじめに

重大事故等対処施設は，確率論的リスク評価の結果を踏まえ想定する津波（基準津波を超え敷地に遡上する津波。以下「敷地に遡上する津波」という。）に対して，設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）第1項一号に適合する設計とする。

敷地に遡上する津波に対する耐津波設計への要求事項については，基準津波に対する要求事項を定める設置許可基準規則第40条及び同規則別記3に明記されていない。このため，敷地に遡上する津波に対する重大事故等対処設備の耐津波設計については，設置許可基準規則第43条の要求事項を満足する設計とするため，設置許可基準規則第40条及び同規則別記3の規定を準用し，具体的には，津波防護方針，施設・設備の設計及び評価の方針等の観点が網羅的にまとめられている「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」（以下「審査ガイド」という。）の確認項目に沿って対策の妥当性を確認した設計とする。ただし，敷地に遡上する津波は防潮堤内側への津波の越流及び回込みを前提としていることから，外郭防護１の津波の敷地への流入防止のうち，遡上波の地上部からの到達防止に対する津波防護対策の多重化については，設置許可基準規則第40条及び同規則別記3の規定並びに審査ガイドの確認項目は準用せず，外郭防護及び内郭防護を兼用する設計とする。また，防潮堤内側への津波の越流及び回込みに伴い，防潮堤内側の建物・構築物，設置物等が破損，倒壊により漂流物となる可能性があることから，防潮堤外側で発生し得る漂流物に加え，これらが漂流物となった場合の影響を考慮した設計とする。

さらに，設置許可基準規則43条においては，可搬型重大事故等対処

設備について，保管場所やアクセスルートに関する要求事項が規定されていることから，敷地に遡上する津波に対する津波防護対策においてもこれらを考慮する。

第1-1表に設置許可基準規則第43条の要求事項のうち，敷地に遡上する津波に対する基準適合性を検討するに当たり，関連する事項を整理した。

なお，設置許可基準規則第5条において，設計基準対象施設は，基準津波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よう，また，第40条において，重大事故等対処施設は，基準津波に対して重大事故等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ものでなければならないよう規定されている。これらに対する耐津波設計方針については，それぞれ該当する条文における基準適合性説明資料に示す。

※1 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則

※2 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

※3 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈

第 1-1 表　設置許可基準第 43 条における敷地に遡上する津波関連要求事項（1／3）

考慮事項	設置許可基準規則 第 43 条	津波防護対象とする重大事故等対処設備の基本設計方針
敷地に遡上する津波	第 1 項第 1 号 （重大事故等時の環境条件）	敷地に遡上する津波に対する考慮 敷地に遡上する津波に対しては，想定される津波に対して機能を喪失しない設計とする又は津波影響の受けない敷地高さに設置することとする。
	第 2 項第 3 号 （常設重大事故防止設備の共通要因故障）	位置的分散 設計基準事故対処設備等と同時にその機能が損なわれないよう，可能な限り多様性を有し，位置的分散を図ることを考慮する。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，想定する環境条件に対する設計，共通要因故障に対する独立性，設計基準事故対処設備との位置的分散及び多様性を説明している。 敷地に遡上する津波に対する考慮 敷地に遡上する津波に対しては，想定される津波に対して機能を喪失しない措置を講じる又は津波影響の受けない敷地高さに設置することとする。
	第 3 項第 3 号 （複数の接続箇所の確保）	複数箇所 可搬型重大事故等対処設備のうち，原子炉建屋の外から水又は電力を供給する設備と，常設設備との接続口は，共通要因によって接続できなくことを防止するため，それぞれ互いに異なる複数の場所に設置する設計とする。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，複数の接続口に対する設計，操作性等を説明している。 敷地に遡上する津波に対する考慮 敷地に遡上する津波に対しては，想定される津波に対して機能を喪失しない措置を講じる。 敷地に遡上する津波を起因とした重大事故等時に必要となる可搬型設備の高所東側接続口及び高所西側接続口※については，津波が到達しない敷地高さに設置する設計とする。また，当該接続口は常設代替高圧電源装置置場の異なる壁面の隣接しない位置に設置することにより，共通要因によって接続することができなくなることを防止する。

第 1-1 表　設置許可基準第 43 条における敷地に遡上する津波関連要求事項（2／3）

考慮事項	設置許可基準規則 第 43 条	津波防護対象とする重大事故等対処設備の基本設計方針
	第 3 項第 5 号 （保管場所）	位置的分散 可搬型重大事故等対処設備は，設計基準事故対処設備等及び常設重大事故等対処設備と同時に機能を損なうおそれがないよう，位置的分散を図り複数箇所に分散して保管する。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備との位置的分散及び多様性を説明している。 敷地に遡上する津波に対する考慮 敷地に遡上する津波に対しては，津波影響の受けない敷地高さに分散して保管する。
敷地に遡上する津波	第 3 項第 6 号 （アクセスルート）	【屋内アクセスルート】 アクセスルートの確保 迂回路も考慮したアクセスルートを確保する設計とする。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，アクセスルートの確保について説明している。また，アクセスルートの詳細については，「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について」の「1.0 重大事故等対策における共通事項」で説明する旨記載している。 敷地に遡上する津波の考慮 敷地に遡上する津波に対しては，敷地に遡上する津波による浸水のないよう設計する施設内にアクセスルートを確保する設計とする。
		【屋外アクセスルート】 アクセスルートの確保 複数のアクセスルートを確保する設計とする。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，別ルートも考慮して複数のアクセスルートを確保する旨説明している。 敷地に遡上する津波の考慮 敷地に遡上する津波に対しては，ホイールローダによる漂流物撤去作業を行うことで，通行性を確保できるよう考慮する。 また，敷地に遡上する津波を起因とした重大事故等時に必要となる屋外アクセスルート※については，津波影響の受けない敷地高さに確保する設計とする。

1-1 表　設置許可基準第 43 条における敷地に遡上する津波関連要求事項（3／3）

考慮事項	設置許可基準規則 第 43 条	津波防護対象とする重大事故等対処設備の基本設計方針
	第 3 項第 7 号 （可搬型重大事故 防止設備の 共通要因故障）	位置的分散 可搬型重大事故等対処設備は，設計基準事故対処設備等及び常設重大事故等対処設備と同時に機能を損なうおそれがないよう，位置的分散を図り複数箇所に分散して保管する。 具体的説明 当該要求のある設置許可基準規則第 44 条～62 条に対する設計方針を示す各章（ＳＡ逐条資料）において，設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管することを説明している。 敷地に遡上する津波に対する考慮 敷地に遡上する津波に対しては，津波影響の受けない敷地高さに分散して保管する。

※：事故シーケンスグループ「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」の有効性評価において，事故対応として実施する可搬型代替注水中型ポンプを用いた低圧代替注水系（可搬型）の起動準備操作（南側保管場所～西側淡水貯水設備～高所接続口（東側/西側））のための接続口及びアクセスルートを指す。

Ⅱ．敷地に遡上する津波に対する津波防護方針

1.　基本事項

1.1　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定

【規制基準における要求事項（第43条第1項）】

想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重その他の使用条件において，重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮できるものであること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波により重大事故等が発生した場合において，事故対応を行うために必要な施設・設備を選定する（【検討結果】参照）。

【検討結果】

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備については，敷地に遡上する津波により重大事故等が発生した場合において，事故対応を行うために必要な以下に示す施設・設備を選定する。敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定フローチャートを第1.1-1図に示す。敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を第1.1-1表に示す。

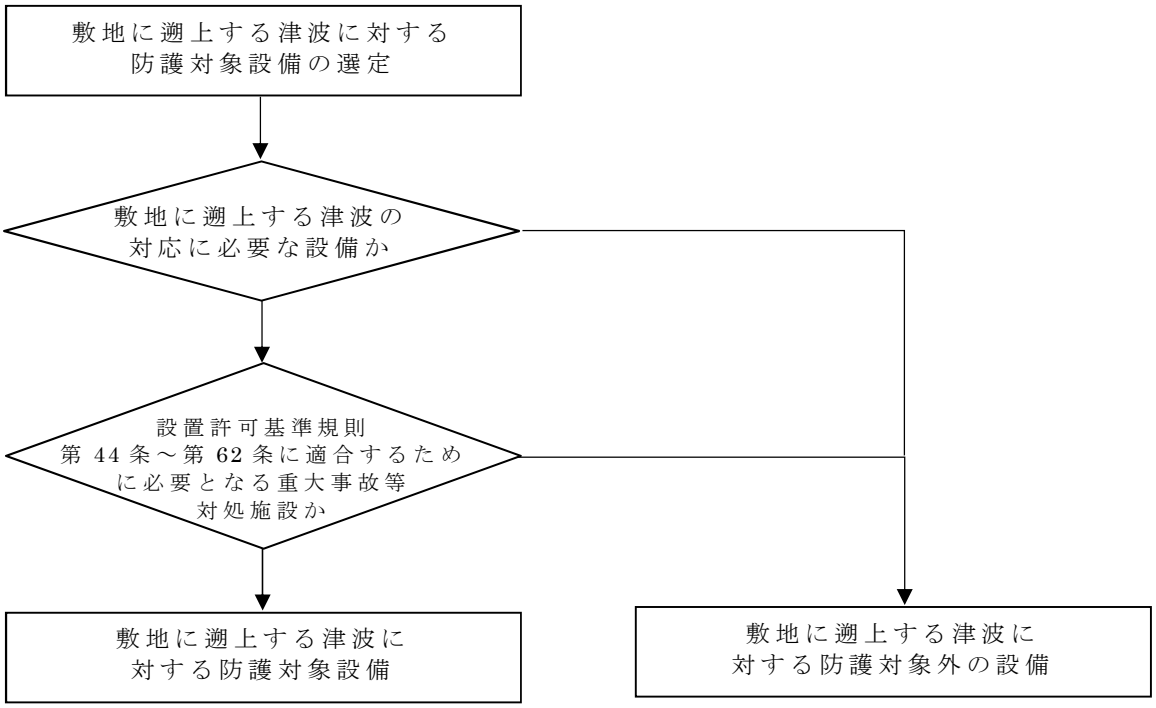
(1)　敷地に遡上する津波に対する事故対応の基本方針に基づいた重大事故の防止及び緩和に必要な重大事故等対処設備※

(2)　設備要求に係る設置許可基準規則第 44 条～第 62 条に適合するために必要となる重大事故等対処設備※

※：「設置許可基準規則第 43 条（重大事故等対処設備）」における可搬型重大事故等対処設備の接続口，保管場所及び機能保持に対する要求事項を満足するため，可搬型設備保管場所（西側及び南側），東側接続口，常設代替高圧電源装置置

カルバート（トンネル部，立坑部及びカルバート部）についても津波防護の対象とする。

また，常設代替高圧電源装置置場内（屋外）に設置される西側淡水貯水設備，高所西側接続口，高所東側接続口，西側ＳＡ用立坑及び東側ＤＢ立坑についても津波防護の対象とする。



第 1.1-1 図　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定フローチャート

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（1／9）

本表は主要設備を示しており，詳細は添付資料 3「重大事故等対処設備一覧」に示す。

設置許可基準規則	津波防護対象
第 44 条 （緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備）	・ほう酸水注入系 ほう酸水注入ポンプ，ほう酸水貯蔵タンク等
第 45 条 （原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備）	・高圧代替注水系 常設高圧代替注水系ポンプ，常設高圧代替注水系タービン止め弁，逃がし安全弁（安全弁機能）等 ・ほう酸水注入系 第 44 条と同様 ・原子炉隔離時冷却系 原子炉隔離時冷却系ポンプ等 ・高圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系ポンプ等
第 46 条 （原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備）	・逃がし安全弁 逃がし安全弁（自動減圧機能，逃がし弁機能），自動減圧機能用アキュムレータ，非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ等 ・過渡時自動減圧機能 ・逃がし安全弁用可搬型蓄電池 （逃がし安全弁機能回復（代替直流電源及び逃がし安全弁用可搬型蓄電池供給））等 ・非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ ・インターフェイスシステムＬＯＣＡ隔離弁 高圧炉心スプレイ系注入弁，原子炉隔離時冷却系原子炉注入弁，低圧炉心スプレイ系注入弁，残留熱除去系Ａ系注入弁，残留熱除去系Ｂ系注入弁，残留熱除去系Ｃ系注入弁
第 47 条 （原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備）	・低圧代替注水系（可搬型） 可搬型代替注水中型ポンプ，可搬型代替注水大型ポンプ，西側淡水貯水設備等 ・低圧代替注水系（常設） 常設低圧代替注水系ポンプ，代替淡水貯槽等 ・代替循環冷却系 代替循環冷却系ポンプ，残留熱除去系熱交換器等 ・残留熱除去系（低圧注水系），残留熱除去系（原子炉停止時冷却系） 残留熱除去系ポンプ，残留熱除去系熱交換器等

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（2／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 48 条 （最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備）	・緊急用海水系，残留熱除去系海水系 緊急用海水ポンプ，緊急用海水系ストレーナ，残留熱除去系海水系ポンプ，残留熱除去系海水系ストレーナ等 ・格納容器圧力逃がし装置 第 50 と同様 ・耐圧強化ベント系 第一弁（Ｓ／Ｃ側），第一弁（Ｄ／Ｗ側），耐圧強化ベント系一次隔離弁，耐圧強化ベント系二次隔離弁，遠隔人力操作機構 ・残留熱除去系（原子炉停止時冷却系）（サプレッション・プール冷却系）（格納容器スプレイ冷却系） 残留熱除去系ポンプ，残留熱除去系熱交換器等
第 49 条 （原子炉格納容器内の冷却等のための設備）	・代替格納容器スプレイ冷却系（常設） 常設低圧代替注水系ポンプ，代替淡水貯槽等 ・代替格納容器スプレイ冷却系（可搬型） 可搬型代替注水中型ポンプ，可搬型代替注水大型ポンプ，西側淡水貯水設備等 ・代替循環冷却系 代替循環冷却系ポンプ，残留熱除去系熱交換器等 ・残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系） 残留熱除去系ポンプ，残留熱除去系熱交換器等 ・緊急用海水系，残留熱除去系海水系 緊急用海水ポンプ，緊急用海水系ストレーナ，残留熱除去系海水系ポンプ，残留熱除去系海水系ストレーナ等
第 50 条 （原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備）	・格納容器圧力逃がし装置 フィルタ装置，第一弁（Ｓ／Ｃ側），第一弁（Ｄ／Ｗ側），第二弁，第二弁バイパス弁，遠隔人力操作機構，第二弁操作室遮蔽，第二弁操作室空気ボンベユニット（空気ボンベ），差圧計，圧力開放板，窒素供給装置，窒素供給装置用電源車，フィルタ装置遮蔽，配管遮蔽，移送ポンプ，可搬型代替注水中型ポンプ，可搬型代替注水大型ポンプ，西側淡水貯水設備，代替淡水貯槽等 ・代替循環冷却系 第 49 条と同様 ・可搬型窒素供給装置

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（3／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 51 条 （原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備）	・原子炉格納容器下部注水設備（常設） 常設低圧代替注水系ポンプ，コリウムシールド等 ・原子炉格納容器下部注水設備（可搬型） 可搬型代替注水中型ポンプ，可搬型代替注水大型ポンプ，コリウムシールド等 ・溶融炉心の落下遅延及び防止 原子炉隔離時冷却系，高圧代替注水系，ほう酸水注入系，低圧代替注水系（常設），低圧代替注水系（可搬型），代替循環冷却系
第 52 条 （水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備）	・不活性ガス系による原子炉格納容器内の不活性化 ・可搬型窒素供給装置による原子炉格納容器内の不活性化 窒素供給装置，窒素供給装置用電源車等 ・格納容器内水素濃度（ＳＡ）及び格納容器内酸素濃度（ＳＡ）による原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度監視 格納容器内水素濃度（ＳＡ），格納容器内酸素濃度（ＳＡ） ・格納容器圧力逃がし装置 第 50 条と同様
第 53 条 （水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備）	・原子炉建屋ガス処理系による水素排出 非常用ガス処理系排風機，非常用ガス処理系フィルタトレイン，非常用ガス再循環系排風機，非常用ガス再循環系フィルタトレイン，静的触媒式水素再結合器 ・静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制 静的触媒式水素再結合器，静的触媒式水素再結合器動作監視装置等 ・原子炉建屋原子炉棟内の水素濃度監視 原子炉建屋水素濃度

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（4／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 54 条 （使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備）	・可搬型代替注水中型ポンプ又は可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（注水ライン）を使用した使用済燃料プール注水 ・常設低圧代替注水系ポンプによる代替燃料プール注水系（注水ライン）を使用した使用済燃料プール注水 ・常設低圧代替注水系ポンプによる代替燃料プール注水系（常設スプレイヘッダ）を使用した使用済燃料プールスプレイ ・可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（常設スプレイヘッダ）を使用した使用済燃料プールスプレイ ・可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（可搬型スプレイノズル）を使用した使用済燃料プールスプレイ ・大気への放射性物質の拡散抑制 可搬型代替注水大型ポンプ（放水用），放水砲等 ・代替燃料プール冷却系による使用済燃料プール冷却 代替燃料プール冷却系ポンプ，代替燃料プール冷却系熱交換器，緊急用海水ポンプ，緊急用海水系ストレーナ等 ・使用済燃料プールの状態監視 使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域），使用済燃料プール温度（ＳＡ），使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）使用済燃料プール監視カメラ（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置を含む）等
第 55 条 （工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備）	・大気への放射性物質の拡散抑制 可搬型代替注水大型ポンプ（放水用），放水砲等 ・海洋への放射性物質の拡散抑制 汚濁防止膜 ・航空機燃料火災への泡消火 可搬型代替注水大型ポンプ（放水用），放水砲，泡混合器，泡消火薬剤容器（大型ポンプ用）等
第 56 条 （重大事故等の収束に必要となる水の供給設備）	・重大事故等収束のための水源 西側淡水貯水設備，代替淡水貯槽，サプレッション・チェンバ，淡水タンク，ほう酸水貯蔵タンク ・水の供給 可搬型代替注水中型ポンプ，可搬型代替注水大型ポンプ，可搬型設備用軽油タンク，タンクローリ等

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（5／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 57 条 （電源設備）	・非常用交流電源設備による非常用所内電気設備への給電 ２Ｃ非常用ディーゼル発電機，２Ｄ非常用ディーゼル発電機，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機，２Ｃ非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ， ２Ｄ非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ ・常設代替交流電源設備による非常用所内電気設備への給電 常設代替高圧電源装置等 ・可搬型代替交流電源設備による非常用所内電気設備への給電 可搬型代替低圧電源車等 ・所内常設代替直流電源設備による非常用所内電気設備への給電 125V 系蓄電池Ａ系，125V 系蓄電池Ｂ系，125V 系蓄電池ＨＰＣＳ系，中性子モニタ用蓄電池Ａ系，中性子モニタ用蓄電池Ｂ系等 ・可搬型代替直流電源設備による非常用所内電気設備への給電 可搬型代替低圧電源車，可搬型整流器等 ・常設代替交流電源設備による代替所内電気設備への給電 常設代替高圧電源装置，緊急用Ｍ／Ｃ等 ・可搬型代替交流電源設備による代替所内電気設備への給電 可搬型代替低圧電源車，緊急用Ｐ／Ｃ等 ・常設代替直流電源設備による代替所内電気設備への給電 緊急用 125V 系蓄電池，緊急用直流 125V 主母線盤等 ・可搬型代替直流電源設備による代替所内電気設備への給電 可搬型代替低圧電源車，可搬型整流器，緊急用直流 125V 主母線盤等 ・可搬型設備用軽油タンクから各機器への給油 可搬型設備用軽油タンク，タンクローリ等 ・軽油貯蔵タンクから常設代替高圧電源装置への給油 軽油貯蔵タンク，常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ等 ・軽油貯蔵タンクから２Ｃ・２Ｄ　非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機への給油 軽油貯蔵タンク，２Ｃ非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ，２Ｄ非常用ディーゼル発電機，燃料移送ポンプ，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（6／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 58 条 （計装設備）	・重要監視パラメータ及び重要代替監視パラメータを計測する設備 原子炉圧力容器温度，原子炉圧力，原子炉圧力（ＳＡ），原子炉水位（広帯域），原子炉水位（燃料域），原子炉水位（ＳＡ広帯域），原子炉水位（ＳＡ燃料域），高圧代替注水系系統流量，低圧代替注水系原子炉注水流量，代替循環冷却系原子炉注水流量，原子炉隔離時冷却系系統流量，高圧炉心スプレイ系系統流量残留熱除去系系統流量，低圧炉心スプレイ系系統流量，低圧代替注水系格納容器スプレイ流量，低圧代替注水系格納容器下部注水流量，ドライウェル雰囲気温度，サプレッション・チェンバ雰囲気温度，サプレッション・プール水温度，格納容器下部水温，ドライウェル圧力，サプレッション・チェンバ圧力，サプレッション・プール水位，格納容器下部水位，格納容器内水素濃度（ＳＡ），格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｄ／Ｗ），格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ），起動領域計装，平均出力領域計装，フィルタ装置水位，フィルタ装置圧力，フィルタ装置スクラビング水温度，フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ），フィルタ装置入口水素濃度，耐圧強化ベント系放射線モニタ，サプレッション・プール水温度，代替循環冷却系ポンプ入口温度，代替循環冷却系原子炉注水流量，代替循環冷却系格納容器スプレイ流量，残留熱除去系熱交換器入口温度，残留熱除去系熱交換器出口温度，残留熱除去系系統流量，残留熱除去系海水系系統流量，緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器），緊急用海水系流量（残留熱除去系補機），原子炉水位（広帯域），原子炉水位（燃料域），原子炉水位（ＳＡ広帯域），原子炉水位（ＳＡ燃料域），原子炉圧力，原子炉圧力（ＳＡ），ドライウェル雰囲気温度，ドライウェル圧力，サプレッション・プール水位，代替淡水貯槽水位，西側淡水貯水設備水位，原子炉建屋水素濃度，格納容器内酸素濃度（ＳＡ），使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域），使用済燃料プール温度（ＳＡ），使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ），使用済燃料プール監視カメラ（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置を含む），

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（7／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 58 条（続き） （計装設備）	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ），データ表示装置，可搬型計測器（原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の温度，圧力，水位及び流量（注水量）計測用），可搬型計測器（原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の圧力，水位及び流量（注水量）計測用），Ｍ／Ｃ　２Ｃ電圧，Ｍ／Ｃ　２Ｄ電圧，Ｍ／Ｃ　ＨＰＣＳ電圧，Ｐ／Ｃ　２Ｃ電圧，Ｐ／Ｃ　２Ｄ電圧，緊急用Ｍ／Ｃ電圧，緊急用Ｐ／Ｃ電圧，直流 125V 主母線盤２Ａ電圧，直流 125V 主母線盤２Ｂ電圧，直流 125V 主母線盤ＨＰＣＳ電圧，中性子モニタ用蓄電池Ａ系電圧，中性子モニタ用蓄電池Ｂ系電圧，緊急用直流 125V 主母線盤電圧，ほう酸水注入ポンプ吐出圧力，非常用窒素供給系供給圧力，非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ圧力，非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力，非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力等
第 59 条 （原子炉制御室）	・中央制御室換気系による居住性の確保 中央制御室，中央制御室遮蔽，中央制御室換気系空気調和機ファン，中央制御室換気系フィルタ系ファン，中央制御室換気系給排気隔離弁，中央制御室換気系排煙装置隔離弁，中央制御室換気系フィルタユニット等 ・原子炉建屋ガス処理系による居住性の確保 非常用ガス再循環系排風機，非常用ガス処理系排風機等 ・原子炉建屋外側ブローアウトパネルの閉止による居住性の確保 ブローアウトパネル閉止装置，ブローアウトパネル閉止装置開閉状態表示，ブローアウトパネル開閉状態表示等 ・中央制御室待避室による居住性の確保 中央制御室待避室，中央制御室待避室遮蔽，中央制御室待避室空気ボンベユニット（空気ボンベ）差圧計，衛星電話設備（可搬型）（待避室），衛星制御装置，衛星制御装置～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］，データ表示装置（待避室） ・可搬型照明（ＳＡ）による居住性の確保 可搬型照明（ＳＡ） ・酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計による居住性の確保 酸素濃度計，二酸化炭素濃度計 ・チェンジングエリアの設置及び運用による汚染の持ち込みの防止 可搬型照明（ＳＡ）

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（8／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 60 条 （監視測定設備）	・可搬型モニタリング・ポストによる放射線量の測定及び代替測定 可搬型モニタリング・ポスト，可搬型モニタリング・ポスト端末 ・可搬型放射能測定装置による空気中の放射性物質の濃度の代替測定 可搬型ダスト・よう素サンプラ，ＮａＩシンチレーションサーベイ・メータ，β線サーベイ・メータ，ＺｎＳシンチレーションサーベイ・メータ ・可搬型放射能測定装置等による放射性物質の濃度及び放射線量の測定 可搬型ダスト・よう素サンプラ，ＮａＩシンチレーションサーベイ・メータ，β線サーベイ・メータ，ＺｎＳシンチレーションサーベイ・メータ，電離箱サーベイ・メータ，小型船舶 ・可搬型気象観測設備による気象観測項目の代替測定 可搬型気象観測設備，可搬型気象観測設備端末
第 61 条 （緊急時対策所）	・緊急時対策所非常用換気設備及び緊急時対策所加圧設備による放射線防護 緊急時対策所遮蔽，緊急対策所非常用送風機，緊急対策所非常用フィルタ装置 ・緊急時対策所内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の測定 酸素濃度計，二酸化炭素濃度計 ・放射線量の測定 緊急時対策所エリアモニタ，可搬型モニタリング・ポスト ・必要な情報の把握 安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ），無線通信装置［伝送路］ ・通信連絡 無線連絡設備（携帯型），衛星電話設備（固定型），衛星電話設備（携帯型），携行型有線通話装置，統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話，ＩＰ－ＦＡＸ），データ伝送装置，衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］，衛星制御装置［伝送路］，衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］，専用接続箱～専用接続箱電路［伝送路］，衛星無線通信装置［伝送路］，通信機器［伝送路］，統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話，ＩＰ－ＦＡＸ）～衛星無線通信装置電路［伝送路］

第 1.1-1 表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（9／9）

設置許可基準規則	津波防護対象
第 61 条（続き） （緊急時対策所）	・緊急時対策所用代替電源設備による給電 緊急時対策所用発電機，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク，緊急時対策所用発電機給油ポンプ，緊急時対策所用Ｍ／Ｃ電圧計
第 62 条 （通信連絡を行うために必要な設備）	・発電所内の通信連絡 携行型有線通話装置，無線連絡設備（携帯型），衛星電話設備（固定型），衛星電話設備（携帯型），安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ），専用接続箱～専用接続箱電路［伝送路］，　衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］，衛星制御装置［伝送路］，衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］，無線通信装置［伝送路］，無線通信用アンテナ［伝送路］，安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）～無線通信用アンテナ電路［伝送路］ ・発電所外（社内外）の通信連絡 衛星電話設備（固定型），衛星電話設備（携帯型），統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話及びＩＰ－ＦＡＸ），データ伝送設備，衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］，衛星制御装置［伝送路］，衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］，衛星無線通信装置［伝送路］，通信機器［伝送路］，統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話及びＩＰ－ＦＡＸ）～衛星無線通信装置電路［伝送路］
その他設備	・重大事故等時に対処するための流路，注水先，注入先，排出元等 原子炉圧力容器，原子炉格納容器，使用済燃料プール，原子炉建屋原子炉棟 ・非常用取水設備 貯留堰，取水構造物，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

「設置許可基準規則第44条　発電用原子炉を未臨界にする設備」のうちほう酸水注入系を除く設備については，大津波警報発表時にはあらかじめ原子炉停止操作を行うことから防護対象としない。

ほう酸水注入系については，重大事故等の進展抑制のために，ほう酸水貯蔵タンクの保有水を注水する機能について，重大事故等の対応手順として，敷地に遡上する津波時にも期待することから，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備とする。

第1.1-2表に示す設備については，重大事故等対処施設により機能を代替するため，敷地に遡上する津波に対する防護対象としない。

第 1.1-2-1 表に示す設備については，敷地に遡上する津波による機能への影響はないものと評価するが，自主的に津波防護対策（内部溢水対策）をとる。

第 1.1-2 表　敷地に遡上する津波からの防護対象としない系統

系統機能	除外理由
高圧炉心スプレイ系	敷地に遡上する津波により高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプが冠水することで機能喪失が想定されるが，重大事故等への対処に必要な原子炉への注水容量は高圧代替注水系にて確保可能
残留熱除去系	敷地に遡上する津波により残留熱除去系海水系ポンプが冠水することで機能喪失が想定されるが，重大事故等への対処に必要な残留熱除去系熱交換器の冷却容量は，緊急用海水系にて確保可能
非常用交流電源設備	敷地に遡上する津波により非常用ディーゼル発電機用海水ポンプが冠水することで機能喪失が想定されるが，重大事故等への対処に必要な電源容量は，常設代替高圧電源装置にて代替可能

第 1.1-2-1 表　敷地に遡上する津波に対する自主対策

系統機能	自主対策の内容
常設代替高圧電源装置，西側淡水貯水設備，高所西側接続口及び高所東側接続口	常設代替高圧電源装置は，T.P.＋11m の敷地の屋外に設置され敷地に遡上する津波は到達しない。地震による屋外タンクの破損に伴う溢水が到達する可能性はあるが，降雨等の自然条件を考慮した設計であることから，屋外タンクからの溢水による影響を受けない設備である。常設代替高圧電源装置置場内に設置される西側淡水貯水設備，高所西側接続口及び高所東側接続口についても同様の設計である。
軽油貯蔵タンク	軽油貯蔵タンクは，地下に設置されるが，降雨等の観点からは屋外への設置も可能な構造である。さらに，当該タンクのプロテクタは，屋外の自然条件（降雨（125mm/h）等）を考慮した設計であり，内部への雨水等の侵入を防止できる。また，プロテクタ内下部にある軽油貯蔵タンクのマンホールはボルトにより締結されタンク内部への浸水がない構造である。また，マンホール内にある付属機器（液面計，軽油移送配管等）の貫通部があるが，貫通部は溶接構造であり万が一マンホール内に水が侵入しても外部への浸水の拡散（隣接する移送ポンプ室等）への波及的影響はない。

以上に示した敷地に遡上する津波に対して防護する重大事故等対処施設及び可搬型重大事故等対処設備を「敷地に遡上する津波に対

する防護対象設備」とする。

また，以下の設備は漂流物の影響有無を評価し，必要に応じ防護柵等の設置により漂流物対策とする。

・格納容器圧力逃がし装置地上敷設部（出口配管）

・原子炉建屋東側接続口

・原子炉建屋西側接続口*1

・ＳＡ用海水ピット*1

・ＳＡ用海水ピット取水塔*2

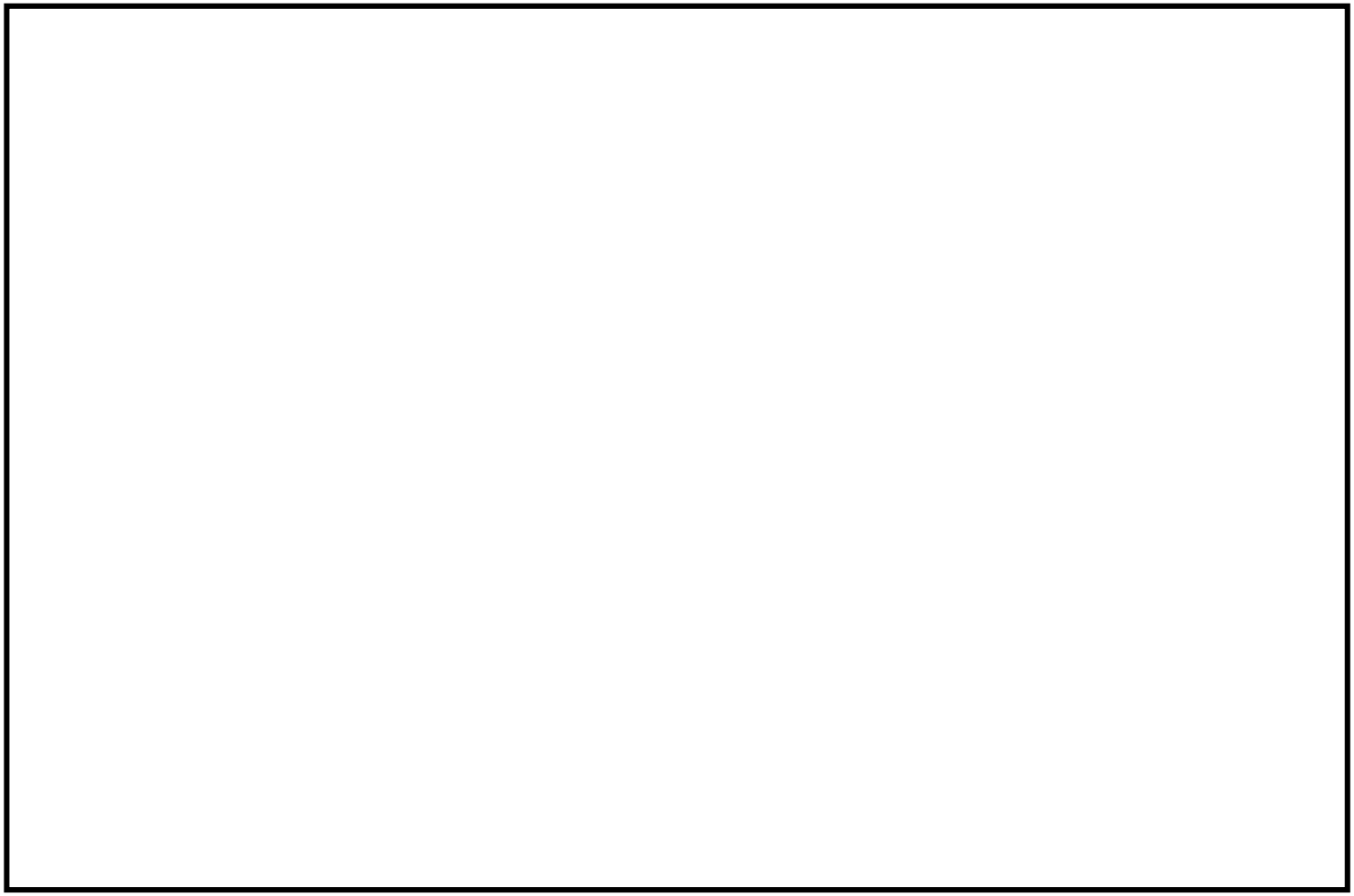
・排気筒*3

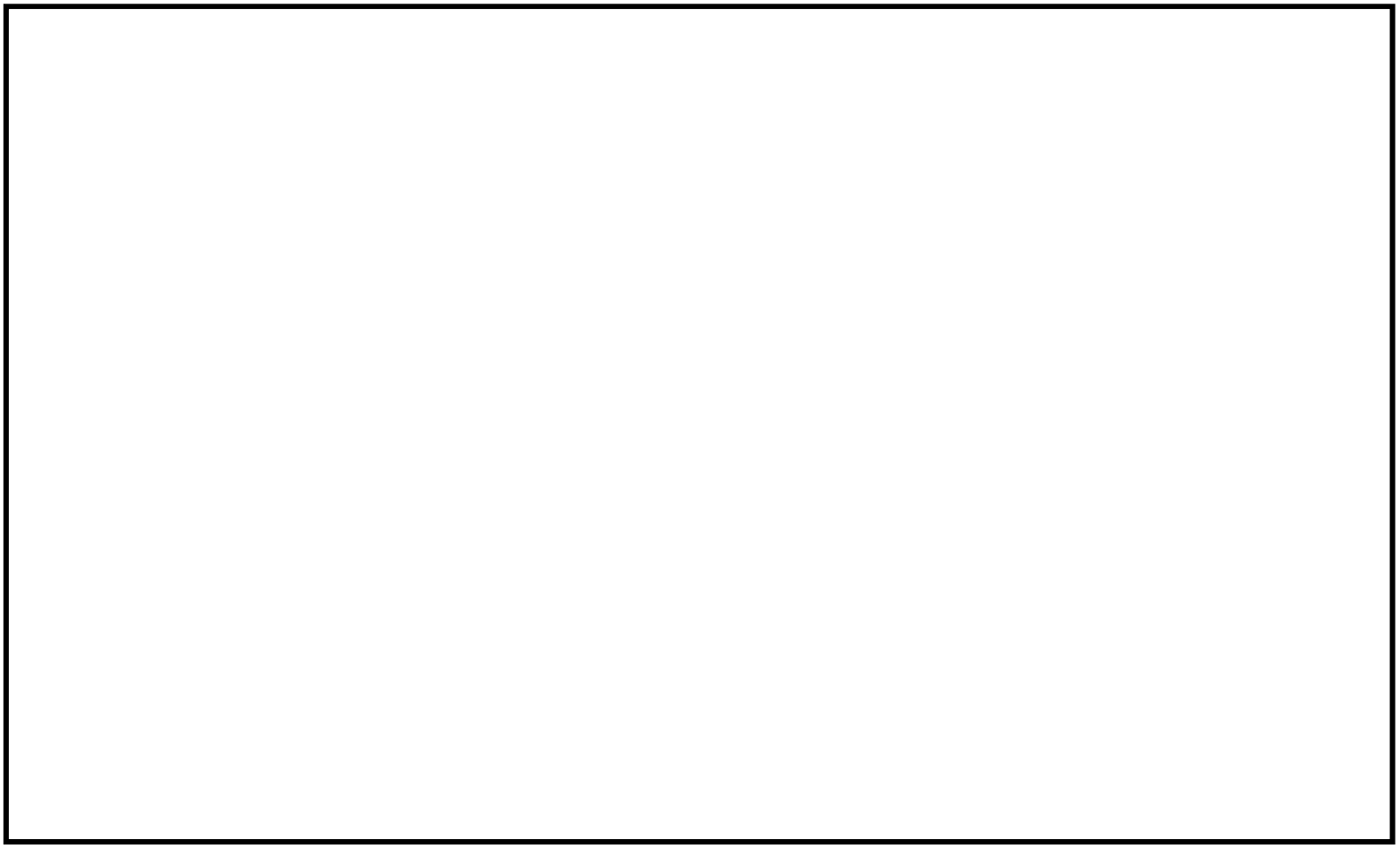
*1：原子炉建屋西側接続口は，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下に設置され，防潮堤を超えた津波は常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）に到達するが，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下に漂流物の到達は想定されないため衝突影響評価は不要である。また，ＳＡ用海水ピットについても防潮堤を超えた津波が到達するが，当該設備の上部には漂流物の衝突影響を考慮する突起部がないことから衝突影響評価は不要である。

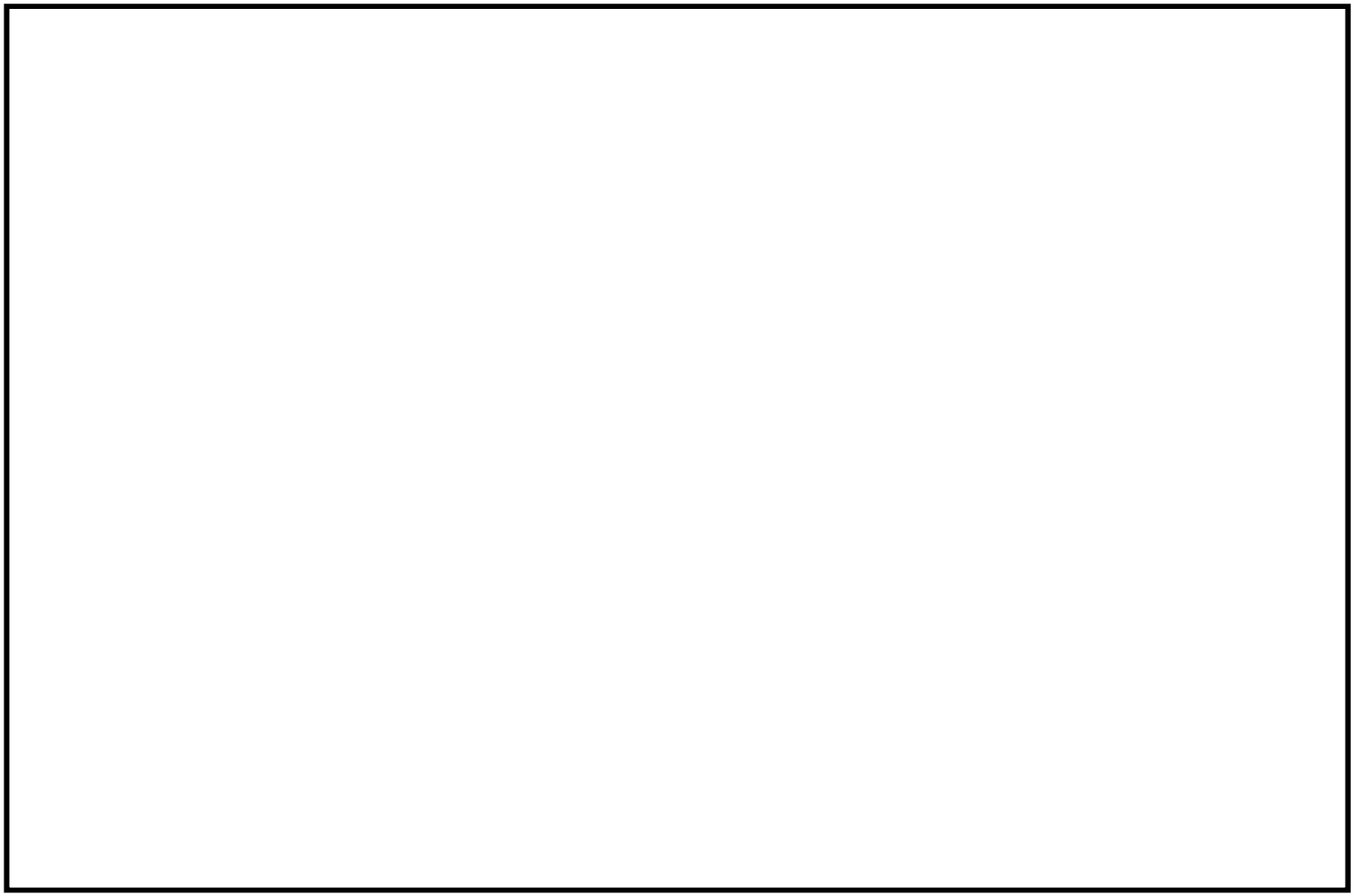
なお，原子炉建屋西側接続口及びＳＡ用海水ピットの使用に当たっては，周辺等に堆積するがれきを除去する必要があるが，当該対応については，技術的能力の審査資料での説明とする。

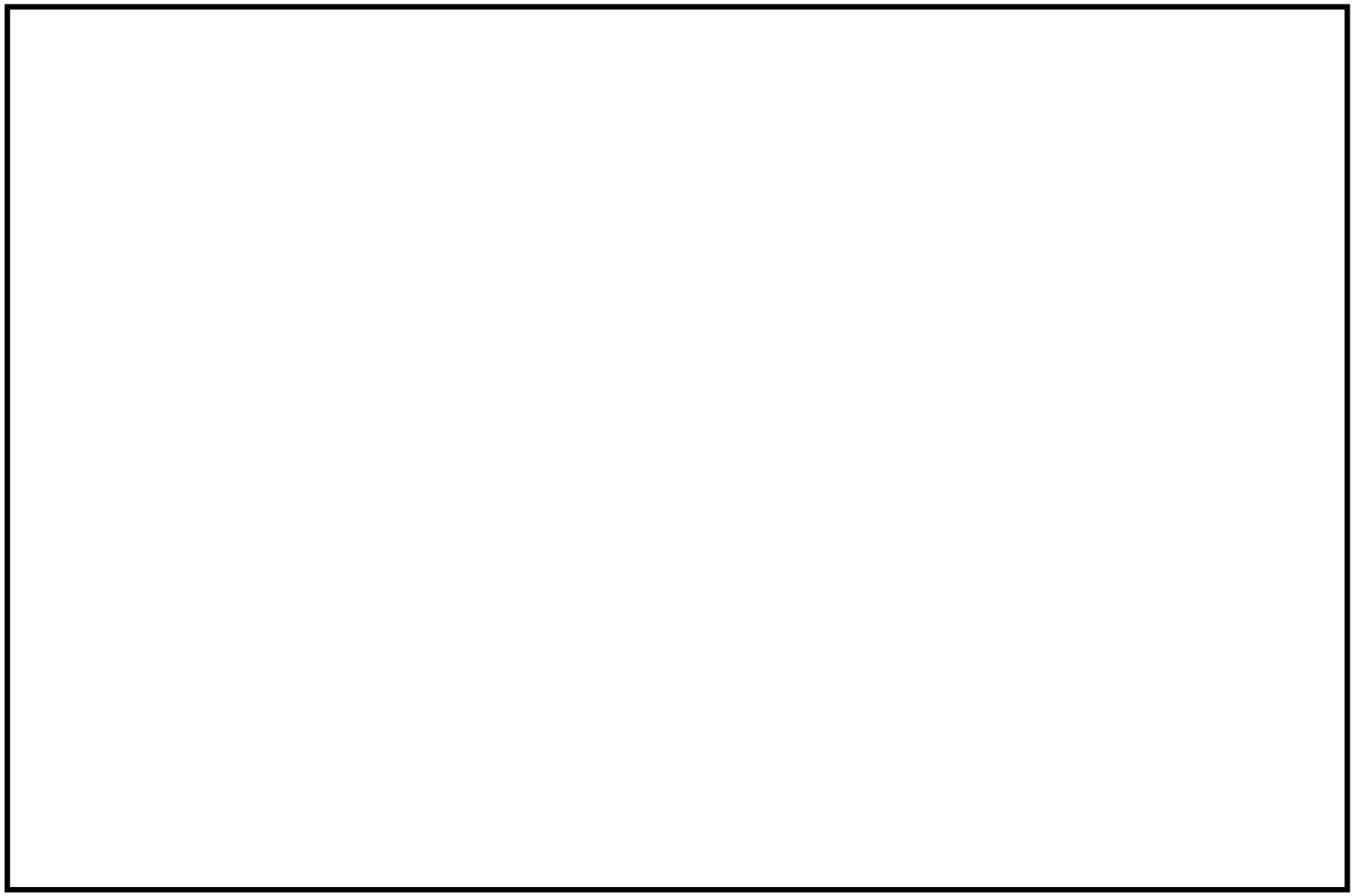
*2：敷地に遡上する津波により，ＳＡ用海水ピット取水塔周辺の捨石が天端の海水取入れ口部に堆積し海水取入れ部を閉塞させるおそれがあるが，捨石が堆積したと仮定しても十分な取水量が確保でき取水性に影響はない。

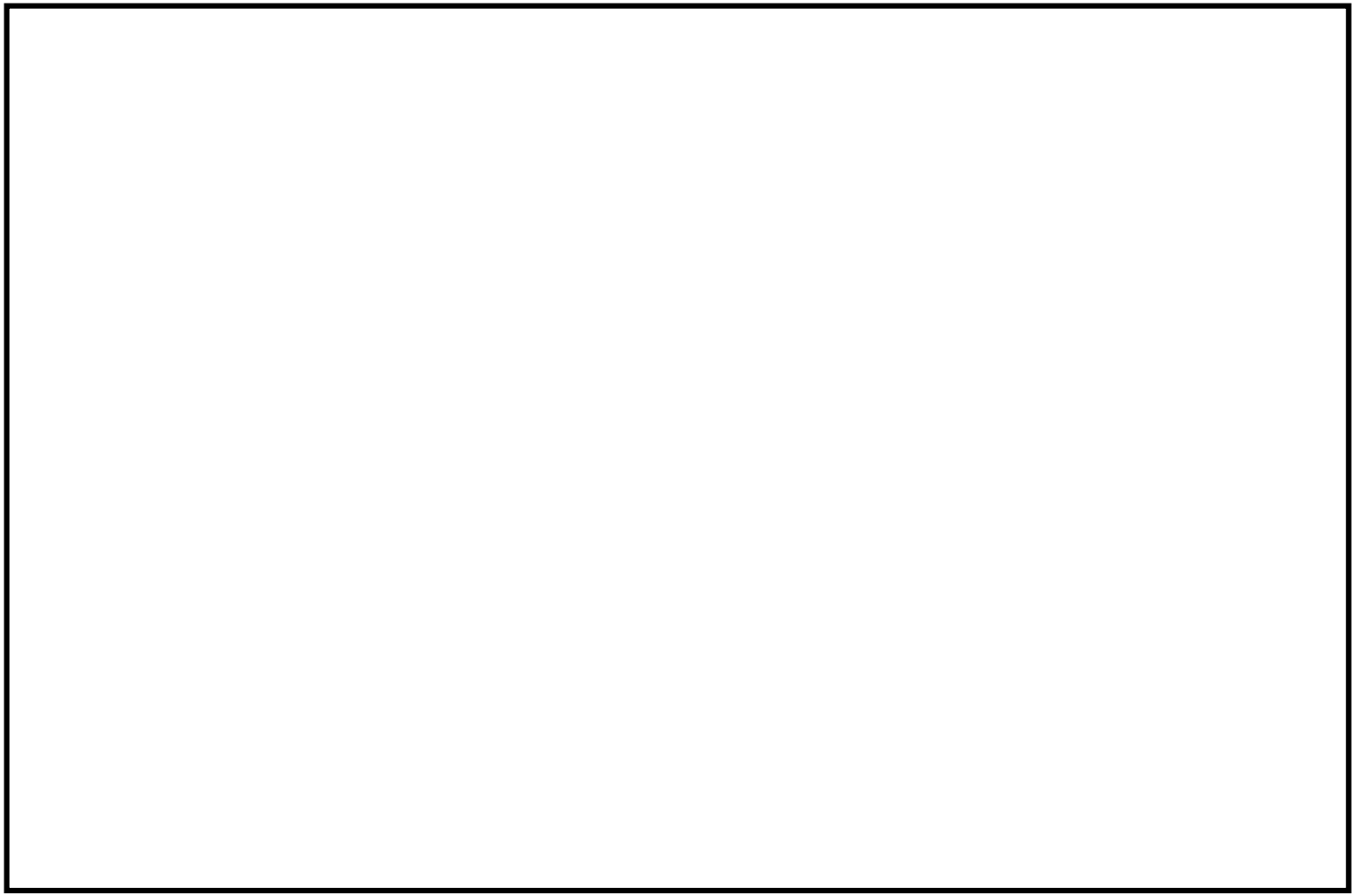
*3：排気筒は十分な強度を有しており，津波の波圧や漂流物の衝突等を考慮しても十分な耐力を有していることを確認する。

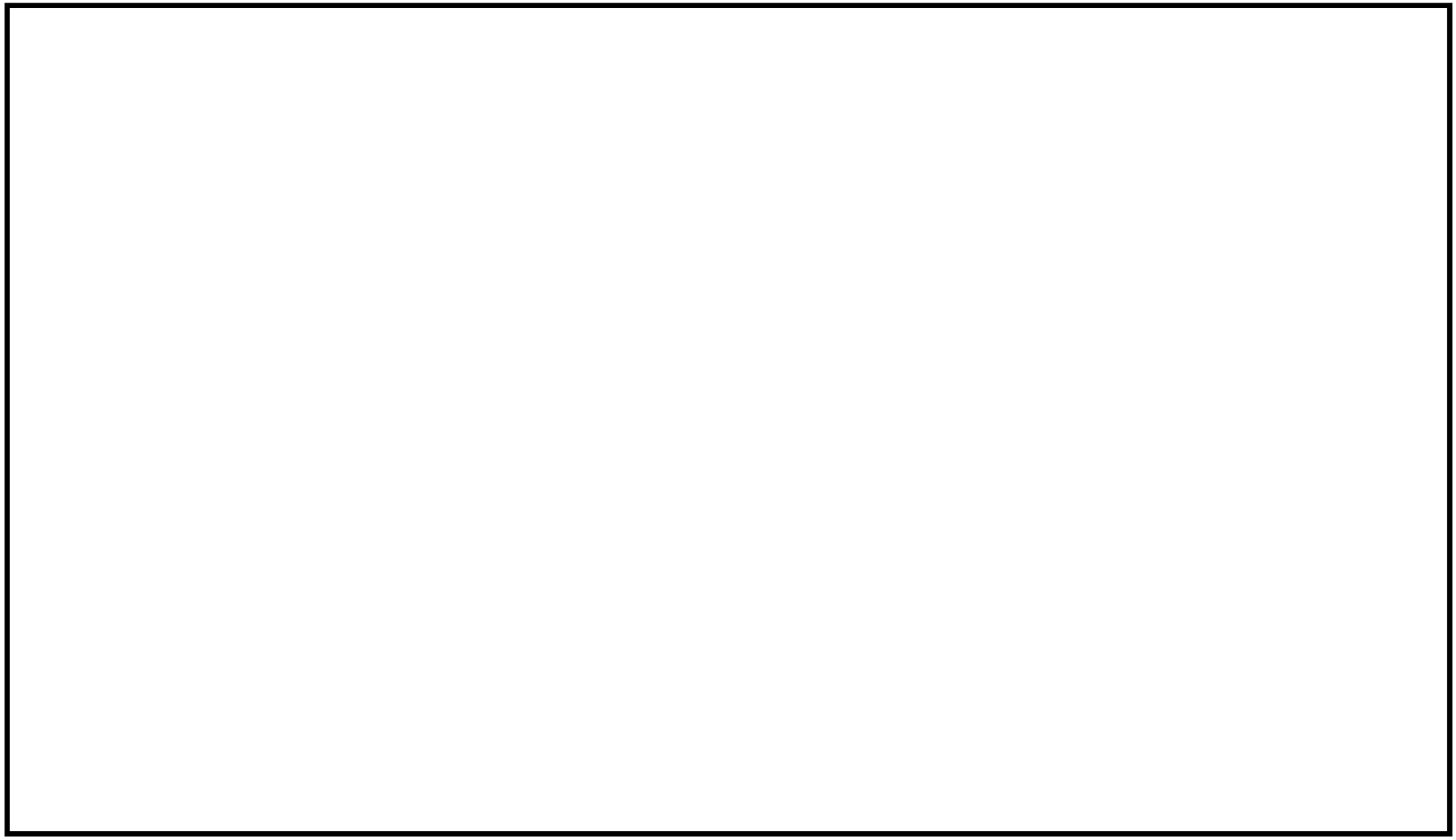


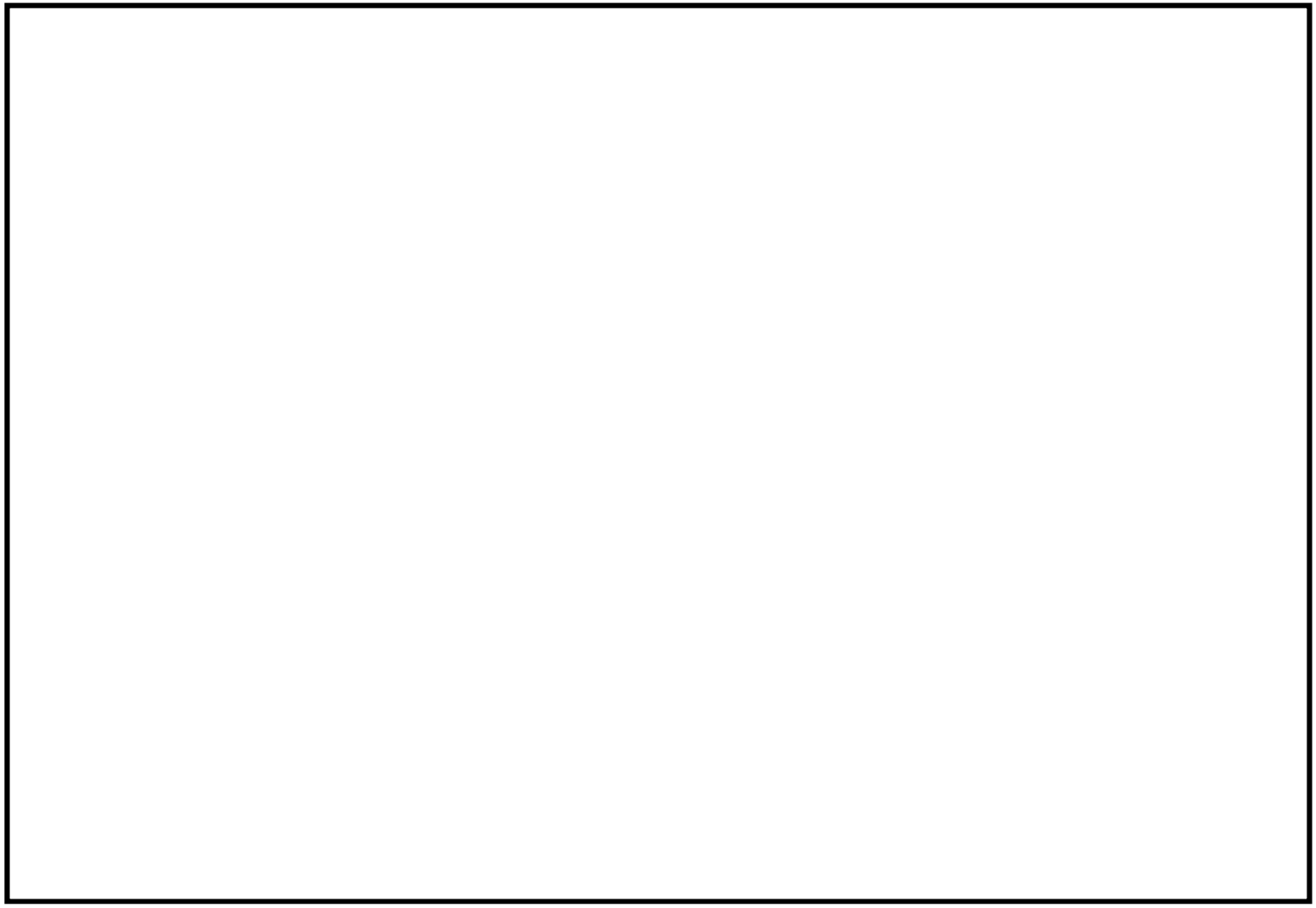












1.2　敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

【規制基準における要求事項等】

敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等については，敷地及び敷地周辺の図面等に基づき，以下を把握する。

ａ．敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在

ｂ．敷地における施設（以下，例示）の位置，形状等

①　重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

②　敷地に遡上する津波に対する重大事故等への対処に必要な機能を有する屋外設備

③　津波防護施設（防潮堤及び防潮扉等）

④　浸水防止設備（水密扉等）＊1

⑤　津波監視設備（津波・構内監視カメラ，潮位計及び取水ピット水位計）

⑥　敷地内（防潮堤及び防潮扉の外側）の遡上域の建物・構築物等（一般建物，鉄塔，タンク等）

*1：基本設計段階で位置が特定されているもの

ｃ．敷地周辺の人工構造物（以下は例示である。）の位置，形状等

①　港湾施設（サイト内及びサイト外）

②　河川堤防，海岸線の防波堤，防潮堤等

③　海上設置物（係留された船舶等）

④　遡上域の建物・構築物等（一般建物，鉄塔，タンク等）

⑤　敷地前面海域における通過船舶

【検討方針】

東海第二発電所の敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等について，敷地及び敷地周辺の図面等に基づき，以下を把握する。

a．敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在（【検討結果】（1）敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在参照）

b．敷地における施設の位置，形状等（【検討結果】（2） 敷地における施設の位置，形状等参照）

c．敷地周辺の人工構造物の位置，形状等（【検討結果】（3） 敷地周辺の人工構造物の位置，形状等参照）

【検討結果】

(1) 敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在

敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在については，設置許可基準規則第5条の基準適合性を示した「東海第二発電所 津波による損傷の防止 第2部 Ⅱ 1.2 (1) 敷地及び敷地周辺の地形，標高，河川の存在」を適用する。

(2) 敷地における施設の位置，形状等

東海第二発電所は，東海発電所（廃止措置中）の北側に位置しており，敷地の東側は太平洋に面している。復水器冷却水及び非常用海水系の取水口は敷地東側の北防波堤及び南防波堤の内側，放水口は北防波堤の外側にある。また，敷地の西側には高さ25m程度のなだらかな地山がある。

東海第二発電所の主要な施設を設置している敷地高さは，主に海側よりT.P.＋3m～T.P.+8mの敷地，T.P.＋8m～T.P.＋11mの敷地及びT.P.＋11m以上の敷地に分かれている。

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画のうち，原子炉建屋，排気筒，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及び常設低圧代替注水系格納槽（代替淡水貯槽，常設低圧代替注水系ポンプ室，常設低圧代替注水系配管カルバート）（以下「常設低圧代替注水系格納槽」という。），常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部，カルバート部）のうち立坑部はT.P.＋8mの敷地，可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側)及び緊急時対策所建屋はT.P.＋23mの敷地，可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）はT.P.＋25mの敷地に設置する。海水ポンプ室はT.P.＋3mの敷地に設置する。

建屋及び区画に内包されない設備としては，T.P.＋8mの敷地の地上部に，格納容器圧力逃がし装置地上敷設部（出口配管），原子炉建屋東側接続口，原子炉建屋西側接続口，ＳＡ用海水ピット，排気筒を設置する。さらに，東海港の海底面に海水取入れ口を有するＳＡ用海水ピット取水塔を，ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管を地下又は地下岩盤内に設置する。

津波監視設備としては，原子炉建屋屋上T.P.約＋64m，防潮堤上部T.P.約＋18m及びT.P.約＋20mに津波・構内監視カメラ，取水路内の高さT.P.－5mの位置に潮位計，T.P.＋3mの敷地の取水ピット上版に取水ピット水位計を設置する。

その他，敷地内（防潮堤の外側）の建物・構築物等としては，T.P.＋3mの敷地に海水電解装置建屋，メンテナンスセンター，燃料輸送本部建屋等が設置されている。なお，海岸側（東側）を除く防潮堤の外側には防砂林等が存在する。

第1.2-1表に津波防護対策設備と設置位置，第1.2-1図に東海第二発電所敷地図を示す。また，第1.2-2図に敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画を示す。

第 1.2-1 表　津波防護対策設備と設置位置（1／2）

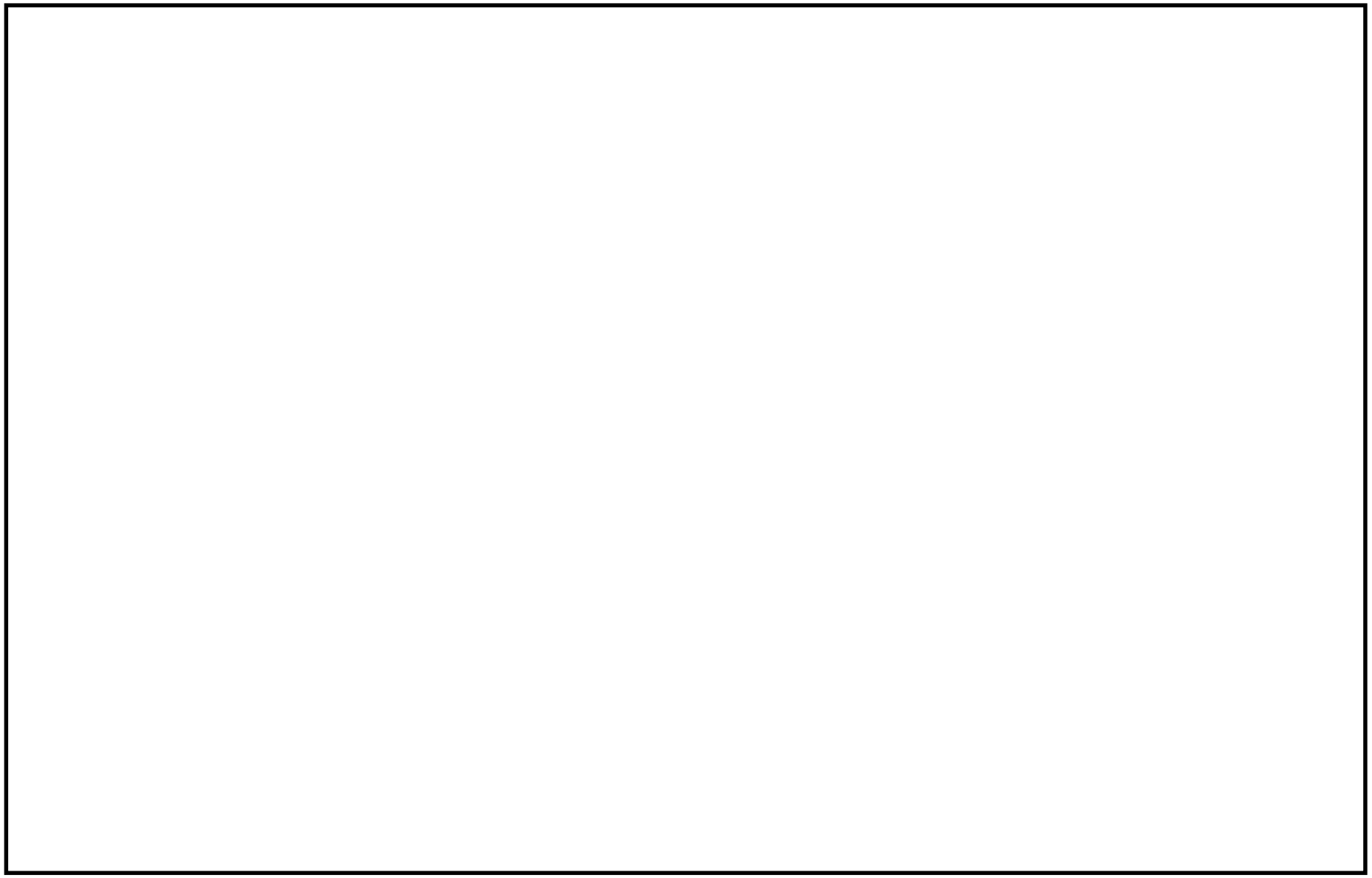
津波防護対策設備		設置位置※		備考
浸水防止設備	水密扉	原子炉建屋機器搬出入口	T.P.＋8.2m	原子炉建屋機器搬出入口下端を示す。
		原子炉建屋人員用出入口	T.P.＋8.2m	原子炉建屋建屋人員用扉下端を示す。
		常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側出入口	T.P.＋8.0m	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側出入口が設置される箇所の地上部の高さを示す。
	水密ハッチ	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部	T.P.＋8.0m	格納容器圧力逃がし装置格納槽上版の高さを示す。
		常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部	T.P.＋8.0m	常設低圧代替注水系格納槽上版の高さを示す。
		常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部	T.P.＋8.0m	常設低圧代替注水系格納槽上版の高さを示す。
	浸水防止蓋	緊急用海水ポンプピットのピット点検用開口部	T.P.＋0.8m	緊急用海水ポンプ室の床面の高さを示す。
		緊急用海水ポンプピットのポンプ点検用開口部	T.P.＋8.0m	緊急用海水ポンプピット上版の高さを示す。
		緊急用海水ポンプピットの人員用開口部	T.P.＋8.0m	緊急用海水ポンプピット上版の高さを示す。
		ＳＡ用海水ピット開口部	T.P.＋8m	ＳＡ用海水ピット上板の高さを示す。
	逆止弁	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口	T.P.＋0.8m	緊急用海水ポンプ室の床面の高さを示す。
		緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口	T.P.＋0.8m	緊急用海水ポンプ室の床面の高さを示す。

※　主な設置位置の概要は，第 1.2-1 図参照

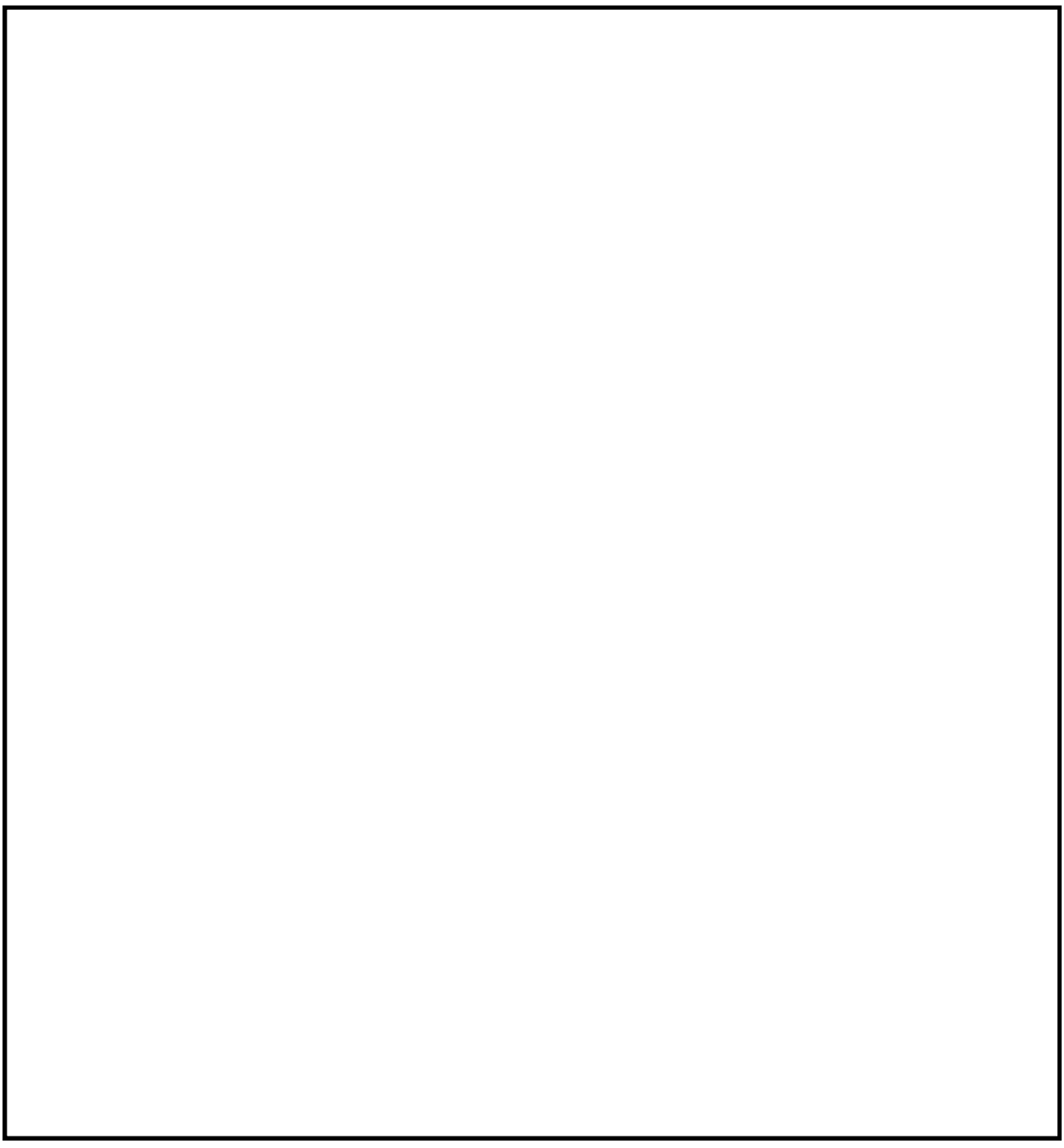
第 1.2-1 表　津波防護対策設備と設置位置（2／2）

津波防護対策設備		設置位置※		備考
津波監視設備	津波・構内監視カメラ	原子炉建屋屋上	T.P. 約＋64m	原子炉建屋屋上の床面の高さを示す。
		防潮堤上部	T.P. 約＋18m， 約＋20m	防潮堤天端高さを示す。
	潮位計	取水路	T.P.－ 5.0m	
貫通部止水処置	貫通部止水処置	防潮堤及び防潮扉下部貫通部	T.P.＋3m	
		海水ポンプ室貫通部	T.P.＋3m	
		原子炉建屋境界貫通部	T.P.＋8m	

※　主な設置位置の概要は，第 1.2-1 図参照



第 1.2-1 図　東海第二発電所敷地図



(3)　敷地周辺の人工構造物の位置，形状等

敷地周辺の人工構造物の位置，形状等については，設置許可基準規則第5条への適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」第2部　Ⅱ　1.2　(3)　敷地周辺の人工構造物の位置，形状等を適用する。

1.3　敷地に遡上する津波による敷地内の遡上・浸水域

【規制基準における要求事項等】

遡上・浸水域の評価に当たっては，次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して，遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。

- 敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- 敷地沿岸域の海底地形
- 津波の敷地への侵入角度
- 敷地及び敷地周辺の河川，水路の存在
- 陸上の遡上・伝播の効果
- 伝播経路上の人工構造物

【検討方針】

敷地に遡上する津波による次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して，遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する（【検討結果】参照）。また，基準地震動S_sによる被害が津波の遡上に及ぼす影響について検討する。

- 敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- 敷地沿岸域の海底地形
- 津波の敷地への侵入角度
- 敷地及び敷地周辺の河川（久慈川）の存在
- 陸上の遡上・伝播の効果
- 伝播経路上の人工構造物

【検討結果】

(1)　敷地に遡上する津波の設定

敷地に遡上する津波として，事故シーケンス選定の評価結果に基づき，T.P.＋24m（防潮堤前面）※1※2の津波を想定する。

津波高さの設定に当たっては，仮想的に防潮堤前面に無限鉛直壁を設定した場合の防潮堤前面の最高水位（駆け上がり高さ）がT.P.＋24mとなるように，基準津波の策定に用いた波源のすべり量の割増しを行い設定した。

遡上解析に当たっては，基準津波において外郭防護１の津波防護施設及び浸水防止設備が設置されている状態を前提として評価する。また，人工構造物である防波堤はないものとして評価する。

基準地震動Ｓ$_s$に伴う地形変化及び標高変化が生じる可能性は僅かであり，敷地に遡上する津波の評価においては考慮しない。

津波の水位変動の評価手法としては，基準津波で使用した津波シミュレーションプログラム及び数値計算モデルを使用した。津波シミュレーションの計算手法について第1.3-1表に示す。

※１　T.P.はTokyo Peilの略で東京湾中等潮位（平均潮位）を示す。
※２　津波高さ T.P.＋24m とする津波ＰＲＡにおける事故シーケンス選定の評価について，「(2)　津波ＰＲＡの概要」に示す。

第 1.3-1 表　津波シミュレーションの計算手法

項　目	条　件	備　考
解析領域	北海道から千葉房総付近までの太平洋	
メッシュ構成	沖合 4,320m→2,160m→720m→沿岸域 240m→発電所周辺 80m→40m→20m→10m→5m	長谷川他（1987）
基礎方程式	非線形長波理論	後藤・小川（1982）の方法
計算スキーム	スタッガード格子，リープ・フロッグ法	後藤・小川（1982）の方法
初期変動量	Mansinha and Smylie（1971）の方法	
境界条件	沖側：後藤・小川（1982）の自由透過の条件 陸域：敷地周辺（計算格子間隔 80m～5m）の領域は小谷他（1998）の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件	
越流条件	防波堤：本間公式（1940） 護　岸：相田公式（1977）	
海底摩擦係数	マニングの粗度係数($n=0.03m^{-1/3}s$)	
水平渦動粘性係数	考慮していない($Kh=0$)	
計算時間間隔	⊿t＝0.05 秒	Ｃ．Ｆ．Ｌ条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後 240 分間	十分な計算時間となるように設定
潮位条件※	T.P.＋0.81m（上昇側）	茨城港常陸那珂港区（茨城県日立港区）の潮位表（平成 16 年～平成 21 年）を用いて設定

※ 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量を考慮

(2)　津波ＰＲＡの概要

津波ＰＲＡにおいては，防潮堤高さ（T.P.＋20m）を超える津波高さを評価対象とした上で，第1表に示す敷地に遡上する津波区分（津波高さ）毎の津波を想定し，運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないよう設計することを求められる構築物，系統及び機器が，安全機能を喪失した場合に炉心損傷に至る可能性について確率論的に評価するとともに，評価結果に応じて，炉心損傷を防止するために必要な対策を検討している。

評価の結果，津波特有の事象である事故シーケンスグループ「津波による注水機能喪失」による炉心損傷頻度は4.0×10^{-6}／炉年となっている。この炉心損傷頻度は，内部事象ＰＲＡ及び地震ＰＲＡの炉心損傷頻度を含めた全炉心損傷頻度7.5×10^{-5}／炉年に対して5.3％と有意な値であること，敷地内への津波浸水によりプラントへの影響が内部事象に係る事故シーケンスとは異なり，炉心損傷防止のために必要な対応が異なることから，設置許可基準規則37条に基づき，必ず想定する事故シーケンスグループに追加する事故シーケンスグループとして抽出している。また，想定する津波高さがT.P.＋24mと最も高い「原子炉建屋内浸水により複数の緩和機能喪失」を重要事故シーケンスとして選定し，有効性評価において炉心損傷防止対策の有効性を確認している。

なお，抽出された事故シーケンスのうち，津波区分3に分類される「防潮堤損傷」の事故シーケンスの炉心損傷頻度は3.3×10^{-7}／炉年であり，内部事象ＰＲＡ及び地震ＰＲＡの評価結果を含めた全炉心損傷頻度（7.5×10^{-5}／炉年）に対する寄与割合が0.4％と小さいこと及び防潮堤の損傷による津波の影響の程度を特定することが困難であることから，新たな事故シーケンスグループとしての追加は不要と判断し，大規模損壊対策

による対応に含まれるものとして整理している。

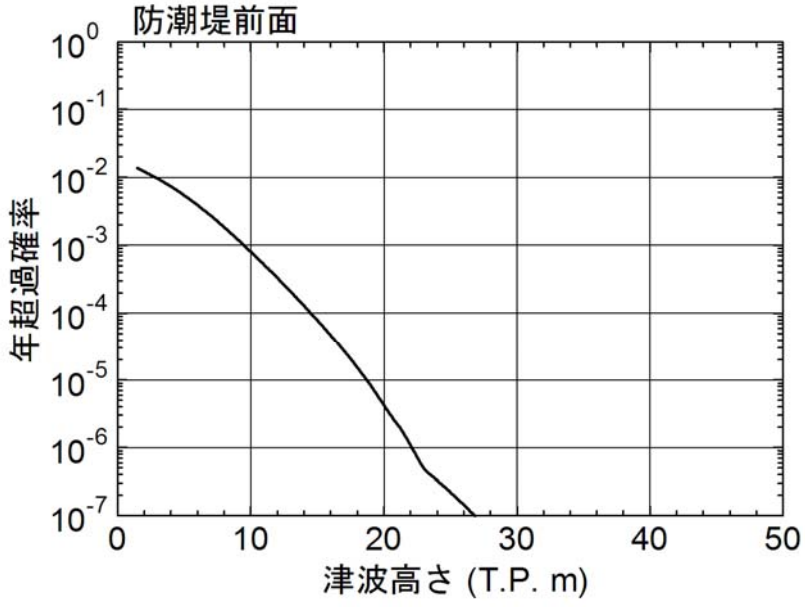
第1.3-2表に津波ＰＲＡにおける評価結果，第1.3-1図に津波ハザード曲線を示す。

第 1.3-2 表　津波ＰＲＡにおける評価結果

津波区分（津波高さ）	事故シーケンス	ＣＤＦ（／炉年）	寄与割合※1	事故シーケンスの取扱い	
津波区分１（T.P.＋20m～T.P.＋22m）	最終ヒートシンク喪失（蓄電池枯渇後ＲＣＩＣ停止）	3.2E-06	4.2%	事故シーケンスグループ「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」	「全交流動力電源喪失（長期ＴＢ）」との従属性を考慮※2
	最終ヒートシンク喪失＋高圧炉心冷却失敗	1.1E-08	<0.1%		「全交流動力電源喪失（ＴＢＤ，ＴＢＵ）」との従属性を考慮※2
	最終ヒートシンク喪失＋逃がし安全弁再閉鎖失敗	1.7E-08	<0.1%		「全交流動力電源喪失（ＴＢＰ）」との従属性を考慮※2
津波区分２（T.P.＋22m～T.P.＋24m）	原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失（最終ヒートシンク喪失）	7.6E-07	1.0%		重要事故シーケンス「全交流動力電源喪失（長期ＴＢ）」との従属性を考慮※2
津波区分３（T.P.＋24m～）	防潮堤損傷	3.3E-07	0.4%	大規模損壊対策による対応に含まれる	
合計		4.3E-06	5.7%		

※1　津波ＰＲＡの炉心損傷頻度（ＣＤＦ）に加えて，内部事象ＰＲＡのＣＤＦ，地震ＰＲＡのＣＤＦを含めた全ＣＤＦ（7.5E-05／炉年）に対する寄与割合

※2　津波ＰＲＡより抽出される事故シーケンスに対して，「全交流動力電源喪失」との従属性を考慮し，外部電源喪失の重畳を想定



第 1.3-1 図　津波ハザード曲線（防潮堤前面）

(3)　敷地に遡上する津波による敷地内の遡上域・浸水深の評価結果

上記(1)に基づき，敷地に遡上する津波による遡上域・浸水深を評価するため，遡上解析を実施した。

遡上解析の結果，T.P.＋8mの敷地の大部分が浸水域となり，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備のうち，原子炉建屋，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），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及び緊急海水ポンプピットは遡上域となることが確認された。また，遡上した津波のT.P.＋8mの原子炉建屋周辺における最大浸水深は，0.5m～1.0mであることを確認した。

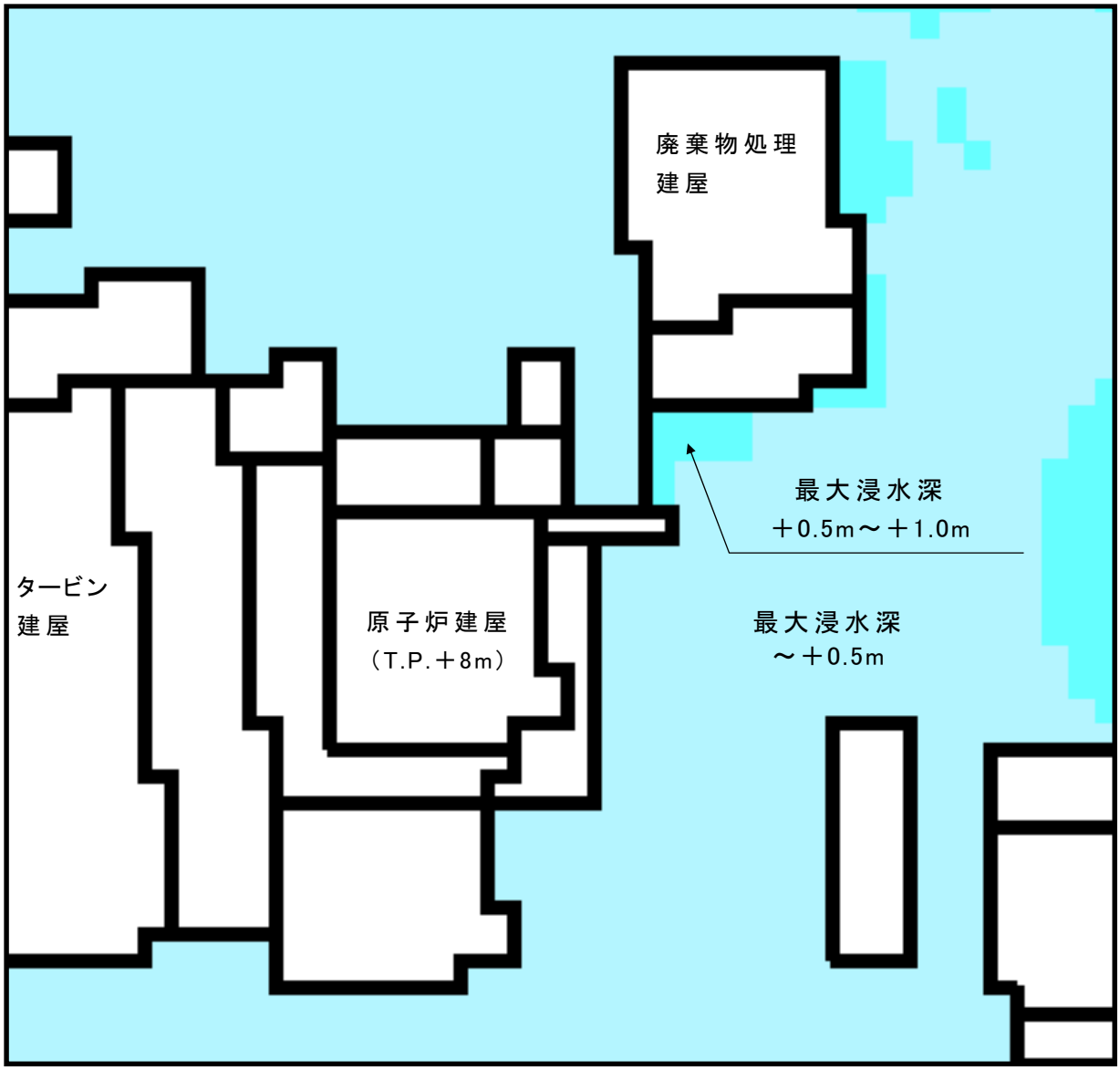
T.P.＋23m～T.P.＋25mの敷地に設置する緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側）及び可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）は，敷地に遡上する津波の浸水域とはならないことを確認した。

なお，敷地に遡上する津波の防護対象設備ではないが，T.P.+11mの敷地に設置する軽油貯蔵タンク（地下式），常設代替高圧電源装置置場，西側淡水貯水設備，高所東側接続口及び高所西側接続口は敷地に遡上する津波の浸水域とはならないことを確認した。

敷地の最大浸水深分布を敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画と比較して第 1.3-2 図に，原子炉建屋周辺における最大浸水深分布の拡大図を第 1.3-3 図に示す。



第 1.3-2 図　敷地の最大浸水深分布及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画



第 1.3-3 図　原子炉建屋周辺における最大浸水深分布の拡大図

1.4　敷地に遡上する津波による入力津波の設定

【規制基準における要求事項等】

敷地に遡上する津波の前提となる基準津波は，波源域から沿岸域までの海底地形等を考慮した，津波伝播及び遡上解析により時刻歴波形として設定していること。

敷地に遡上する津波の入力津波は，各施設・設備等の設置位置において算定される最大浸水深分布を使用していること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波の入力津波は，各施設・設備等の設置位置において算定される最大浸水深分布を使用する。

また，遡上解析に当たっては，基準津波における外郭防護１としての津波防護施設及び浸水防止設備が設置されている状態を前提としていることから，津波防護施設及び浸水防止設備の健全性を確認する際に使用するため，この評価に必要な箇所についても入力津波を設定する。

なお，具体的な入力津波の設定に当たっては，以下のとおりとする。

- 入力津波は，防潮堤の外側においては海水面の基準レベルからの水位変動量を表示し，防潮堤の内側においては浸水深として潮位変動量を表示することとし，潮位変動量等については，入力津波を設計又は評価に用いる場合に考慮する（【検討結果】及び1.5　水位変動・地殻変動の評価【検討結果】参照）。
- 入力津波が各施設・設備の設計に用いるものであることを念頭に，津波の高さ，津波の速度，衝撃力等，着目する荷重因子を選定した上で，各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効

果を安全側に評価する（2.2　敷地に遡上する津波への対応以降の【検討結果】参照）。

・　敷地内の最大浸水深に差がある場合には，各施設・設備の設置位置において荷重因子の大小関係を比較し，最も大きな影響を与える波形を入力津波とする（【検討結果】参照）。

【検討結果】

(1)　入力津波の設計因子の設定

入力津波は，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いるほか，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備の止水対策の評価に用いるものであることから，審査ガイドに準じて，各施設・設備に求められる要求事項に対する設計・評価方針を定め，必要な設計因子について設定した。また，遡上解析に当たっては，基準津波において外郭防護１としての津波防護施設及び浸水防止設備が設置されている状態を前提としていることから，津波防護施設及び浸水防止設備の健全性確認に関わる設計因子についても設定する。

具体的には，「敷地に遡上する津波への対応（外郭防護１）」，「漏水による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止（外郭防護２）」，「水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止」，「浸水防止設備の設計の方針及び条件」及び「遡上解析の前提条件に関わる評価」に分けて，必要な設計因子を抽出した。第1.4-1表に入力津波の設計因子を示す。

第1.4-1表　入力津波の設計因子（1／2）

区分	設計・評価方針	設定すべき主たる入力津波	
		因子	設定位置
敷地に遡上する津波への対応（外郭防護１）			
敷地に遡上する津波に対する止水対策の必要性の評価	重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備について，敷地に遡上する津波が到達し，浸水する可能性がある場合には，止水対策を講じる設計とする。	①浸水深 ②遡上域	重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備の周辺（防潮堤内側）
重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の浸水防止	重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の境界に対して，止水対策を講じる場合には，浸水範囲（浸水深）に応じて浸水防止設備を設置する。	①浸水深	重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備の周辺（防潮堤内側）
漏水による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止（外郭防護２）			
重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備が重大事故等に対処するための機能への影響	漏水による影響が想定される範囲の周辺に重大事故等に対処するための機能を有する設備等がある場合は，防水区画化し，必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し，重大事故等に対処するために必要な機能への影響がないことを確認する。	①水位（津波高さ）	緊急用海水ポンプピット
水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止			
混入した浮遊砂に対する緊急用海水ポンプの機能確保	浮遊砂の巻き込みに対して，緊急用海水ポンプが軸受固着，摩耗等により機能喪失しないことを確認する。	①砂濃度	緊急用海水ポンプピット
砂の移動・堆積に対する通水性確保	堆積した砂が緊急用海水ポンプピットの取水源であるＳＡ用海水ピット取水塔及び通水経路を閉塞させないことを確認する。	①流向・流速（砂堆積高さ）	ＳＡ用海水ピット取水塔
漂流物による対する通水性確保	漂流物の可能性検討し，漂流物化した場合に緊急用海水ポンプの取水源であるＳＡ用海水ピット取水塔が閉塞しないことを確認する。	①流向・流速（漂流物堆積量） ②水位	海域

第1.4-1表　入力津波の設計因子（2／2）

区分	設計・評価方針	設定すべき主たる入力津波	
		因子	設定位置
浸水防止設備の設計の方針及び条件			
浸水防止設備の設計	浸水想定範囲における浸水時及び冠水時の波圧等に対する耐性等を評価し，入力津波に対する浸水防止機能か十分に保持できるよう設計する。	③浸水深（波力） ②水位（津波高さ） ①流向・流速（漂流物衝突力，洗掘） ②漂流物重量（漂流物衝突力）	重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備の周辺（防潮堤内側）
遡上解析の前提条件に関わる評価			
防潮堤及び防潮扉の耐力評価	基準津波における外郭防護1としての津波防護設備である防潮堤及び防潮扉の健全性を確認するため，敷地に遡上する津波に対して，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耐性を評価し，越流時についても耐性を有することを確認する。	①浸水深（波力）	防潮堤前面
取水路・放水路等からの津波の流入を防止する津波防護施設及び浸水防止設備の耐力評価	基準津波において外郭防護1としての防潮堤及び防潮扉を除く津波防護施設及び浸水防止設備の健全性を確認するため，敷地に遡上する津波に対して，浸水時及び冠水時の波圧等に対する耐性等を評価し，入力津波に対する浸水防止機能か十分に保持できることを確認する。	①水位（津波高さ）又は浸水深（波力）	取水路 放水路 ＳＡ用海水ピット 緊急用海水ポンプピット 構内排水路逆流防止設備設置箇所

(2)　防潮堤を越流又は回り込み防潮堤内側に流入する津波による入力津波の設定

敷地に遡上する津波による入力津波の設定は，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の設置位置を考慮し，以下のとおり設定する。

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区域のうち，敷地に遡上する津波の遡上域に設置する建屋及び区画は，原子炉建屋，排気筒，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），常設低圧代替注水系格納槽，格納容器圧力逃がし装置格納槽，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットである。これらの設置位置を考慮して，原子炉建屋に対して原子炉建屋南側，排気筒に対して排気筒東側，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），常設低圧代替注水系格納槽及び格納容器圧力逃がし装置格納槽に対して常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部の浸水深を入力津波として設定する。緊急用海水ポンプピットに対しては，上部浸水深に加え，緊急用海水ポンプの流路である緊急用取水管からの津波高さを入力津波として設定する。また，ＳＡ用海水ピットについては，緊急用海水ポンプの流路である海水引込み管からの津波高さを入力津波として設定する。入力津波の設定箇所について第1.4-2表に示す。

なお，防潮堤内側の地上部からの入力津波については，浸水深により表示する。

第1.4-2表　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の入力津波

入力津波設定箇所	敷地に遡上する津波に対する防護対象設備
原子炉建屋南側	・原子炉建屋
排気筒東側	・排気筒
常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部	・常設代替高圧電源装置用カルバート ・常設低圧代替注水系格納槽 ・格納容器圧力逃がし装置格納槽
緊急用海水ポンプピット上部	・緊急用海水ポンプピット（モータ設置エリア）
緊急用海水取水管	・緊急用海水ポンプピット（ポンプピット）
海水引込み管	・ＳＡ用海水ピット*1

*1：敷地に遡上する津波においては，ＳＡ用海水ピット上部の浸水深に対する設計上の考慮は不要である。

(3)　遡上解析の前提条件に関わる評価に使用する入力津波の設定

遡上解析の前提条件となるため，基準津波において外郭防護1として設置する津波防護施設及び浸水防止設備について，健全性を確認するために必要な箇所について，以下のとおり入力津波を設定する。

基準津波において敷地への流入・到達することを防止するために設置する防潮堤及び防潮扉については，敷地前面東側，敷地側面北側及び敷地側面南側とも同じ入力津波として設定することとし，敷地に遡上する津波の設定において，防潮堤前面でT.P.＋24mとなるように設定することから，この津波高さを入力津波高さとして設定する。

基準津波における取水路・放水路等からの津波の流入経路につ

いては，設置許可基準規則第5条への適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」において示す箇所となり，それぞれの流入箇所に対して，津波防護施設及び浸水防止設備を設置する設計としている。このため，敷地に遡上する津波に対する入力津波についても，同一箇所で入力津波を設定する。第1.4-3表に，基準津波における津波の流入経路，流入経路に対する浸水対策及び入力津波の設定位置を示す。

なお，取水ピット，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水ポンプピット並びに放水路ゲート設置箇所の入力津波の設定に当たっては，それぞれの流入経路を経て入力津波設定位置に至る系について，敷地に遡上する津波として防潮堤前面においてT.P.＋24mに設定した津波から算出される各々の系の入力箇所における入力条件として，水理特性を考慮した管路解析を行い，入力津波を設定する。

(4)　入力津波の設定における敷地北側の防潮堤設置ルート変更の扱い

防潮堤の設置ルートについては，敷地北側の防潮堤設置ルートを変更することとしている。このため，防潮堤設置ルート変更に伴う防潮堤前面における最大水位及び敷地内における最大浸水深を評価した。

ａ．防潮堤前面における最大水位

防潮堤設置ルートの変更を踏まえた防潮堤前面における最大水位の解析結果を第1.4-1図に示す。防潮堤前面の最大水位に大きな変化はなく，防潮堤設置ルートの変更による設計に与える影響がないことを確認した。

ｂ．敷地内における最大浸水深

防潮堤設置ルートの変更を踏まえた敷地内における最大浸水深の解析結果を第1.4-2図に示す。防潮堤内の遡上域及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備周辺の最大浸水深に大きな変化はなく，防潮堤設置ルートの変更による影響がないことを確認した。

上記の評価結果から，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設計・評価のための入力津波については，防潮堤設置ルート変更前の解析結果を使用する。

第1.4-3表　敷地に遡上する津波に対する津波の流入経路，

浸水対策及び入力津波の設定位置（1／2）

流入経路		浸水対策	入力津波設定位置
取水路	取水路点検用開口部	取水路点検用開口部浸水防止蓋の設置	取水ピット
	海水ポンプグランドドレン排出口	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置	
	非常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部	津波荷重に対する耐性を有する設計	
	常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部		
	非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプ据付面		
	取水ピット空気抜き配管	取水ピット空気抜き配管逆止弁の設置	
	循環水ポンプ据付面	津波荷重に対する耐性を有する設計	
ＳＡ用海水ピット	ＳＡ用海水ピット開口部	ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の設置	ＳＡ用海水ピット
緊急用海水ポンプピット	緊急用海水ポンプピット点検用開口部	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設置	緊急用海水ポンプピット
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置	
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設置	
	緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部	津波荷重に対する耐性を有する設計	
	緊急用海水ポンプ据付面		

第1.4-3表　敷地に遡上する津波に対する津波の流入経路，

浸水対策及び入力津波の設定位置（2／2）

流入経路		浸水対策	入力津波設定位置
放水路	放水ピット上部開口部	放水路ゲートの設置	放水路ゲート設置箇所
	海水系配管（放水ピット接続部）		
	循環水管（放水ピット接続部）		
	液体廃棄物処理系放出管		
	排ガス洗浄廃液処理設備放出管		
	構内排水路排水管（放水ピット接続部）		
	放水路ゲート点検用開口部	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設置	
構内排水路	構内排水路	構内排水路逆流防止設備の設置	構内排水路設置箇所
貫通部	防潮堤及び防潮扉下部貫通部	貫通部止水処置の実施	防潮堤

(4)　入力津波の評価結果

上記(2)，(3)で設定したそれぞれの入力津波について，防潮堤内の入力津波及び構内排水路設置箇所においては遡上解析の最大浸水深から入力津波を設定し，取水ピット，放水路ゲート設置箇所，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットにおいては管路解析を実施した結果から入力津波高さを設定した。

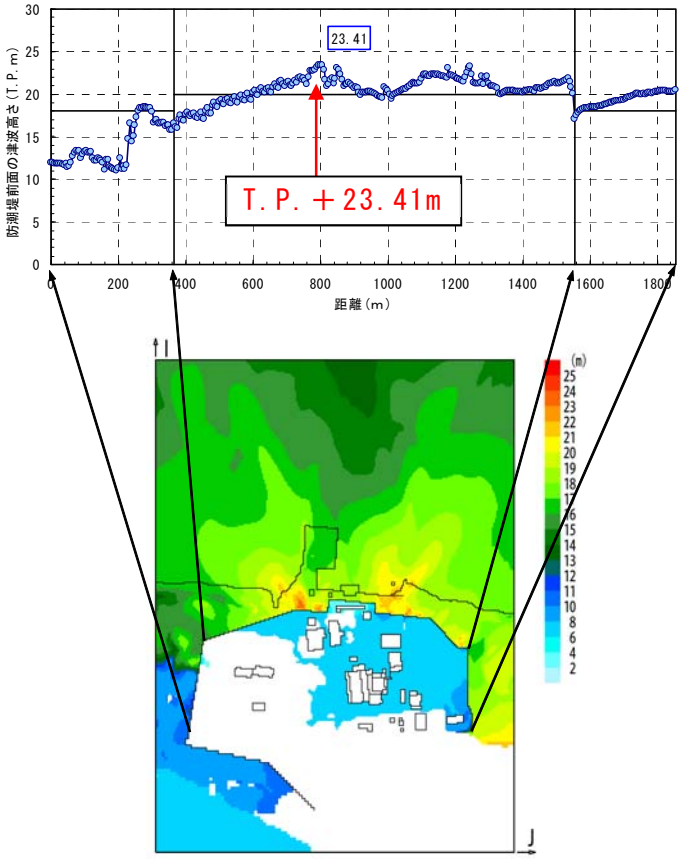
第1.4-4表に入力津波の評価結果を示す。

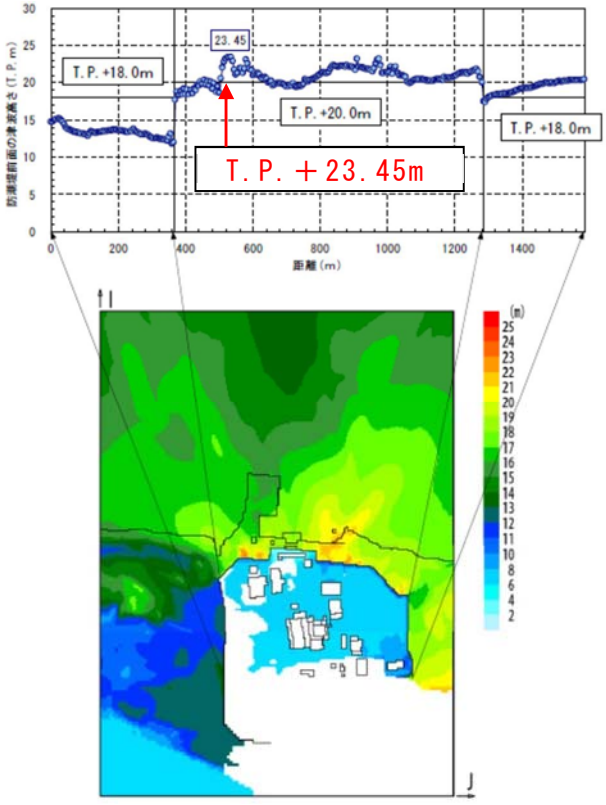
第1.4-4表　入力津波の評価結果

設定位置	浸水深又は水位*1
原子炉建屋南側	＋0.39m
排気筒東側	＋0.21m
常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	＋0.41m
緊急用海水ポンプピット上部	＋0.21m
防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P.＋24.0m
防潮堤前面（敷地前面東側）	
防潮堤前面（敷地側面南側）	
取水ピット	T.P.＋24.8m*2
放水路ゲート設置箇所	T.P.＋32.0m*2
ＳＡ用海水ピット	T.P.＋10.5m*2
緊急用海水ポンプピット	T.P.＋10.9m*2
構内排水路設置箇所	T.P.＋24.0m

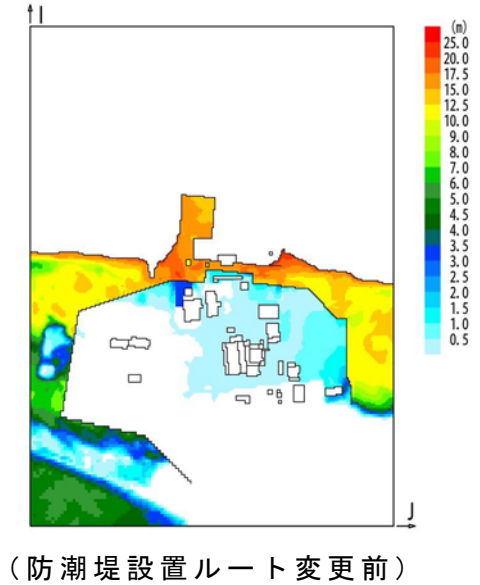
＊１　「1.5　水位変動・地殻変動の評価」に示す朔望平均満潮位＋0.61m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び津波波源モデルの活動による地殻変動量（沈降）0.46mを考慮した値である。

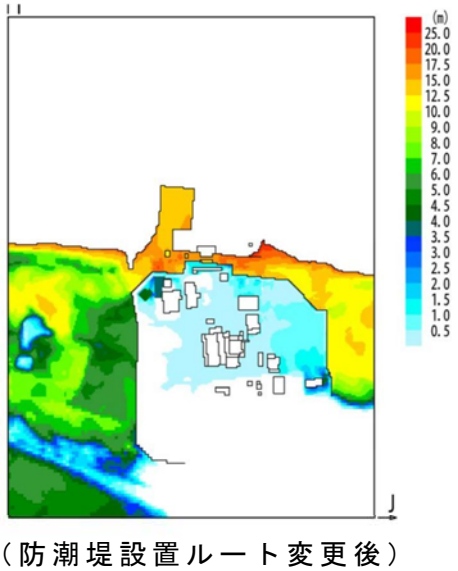
＊２　敷地に遡上する津波において，敷地北側の防潮堤設置ルート変更後においても，防潮堤前面における最大水位及び防潮堤内の遡上域及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備周辺の最大浸水深に大きな変化がなかったため，ルート変更前のデータを使用している





第 1.4-1 図　防潮堤前面における最大水位





第 1.4-2 図　敷地内における最大浸水深

1.5　水位変動・地殻変動の評価

【規制基準における要求事項等】

敷地に遡上する津波の入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。

（注）：朔（新月）及び望（満月）の日から5日以内に観測された，各月の最高満潮面及び最低干潮面を1年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ，朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という。

潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合，地殻変動による敷地の隆起または沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波の入力津波による水位変動に対して，朔望平均潮位及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地盤変動を考慮して安全側の評価を実施する。潮汐以外の要因による潮位変動として，高潮について適切に評価を行う。また，地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合は，地殻変動による敷地の隆起又は沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施する。

なお，具体的には以下のとおり実施する。

・　朔望平均潮位については，敷地周辺の茨城港日立港区における潮位観測記録に基づき，観測設備の仕様に留意の上，評価を実施する（【検討結果】　(1)　潮位　【検討結果】　(2)　潮位観測記録の評価参照）。

・　上昇側の水位変動に対しては，朔望平均満潮位を考慮し，上昇側評価水位を設定し，下降側の水位変動に対しては，朔望平均干潮位を考慮し，下降側評価水位を設定する（【検討結果】　(1)　潮位　【検討結果】　(2)　潮位観測記録の評価参照）。

・　潮汐以外の要因による潮位変動について，潮位観測記録に基づき，観測期間等に留意の上，高潮発生状況（程度，台風等の高潮要因）について把握する。また，高潮の発生履歴を考慮して，高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し，津波ハザード評価結果を踏まえた上で，独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討し，考慮の可否，津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する（【検討結果】　(3)　高潮の評価　【検討結果】　(4)　潮位のばらつき及び高潮の考慮について参照）。

・　地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合の安全評価においては，次のとおり留意する。地殻変動が隆起の場合に，下降側の水位変動に対する安全評価の際には，下降側評価水位から隆起量を差引いた水位と対象物の高さを比較する。また，上昇側の水位変動に対して安全評価する際には，隆起を考慮しないものと仮定して，対象物の高さと上昇側評価水位を直接比較する。一方，地殻変動が沈降の場合に，上昇側の水位変動に対する安全評価の際には，上昇側水位に沈降量を加算して，対象物の高さと比較する。また，下降側の水位変動に対して安全評価する際には，沈降しないものと仮定して，対象物の高さと下降側評価水位を直接比較する（【検討結果】　(5)　地殻変動参照）。

・　2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動については，ＧＰ

S測量結果により，敷地全体が約0.2m沈降していることを考慮して評価を実施する。

【検討結果】

(1)　潮位

潮位については，設置許可基準規則第5条への適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」第2部　Ⅱ　1.5　水位変動・地殻変動　(1)　潮位に示した朔望平均満潮位を適用する。

遡上解析に当たっては,朔望平均満潮位＋0.61mを考慮した海水面高さを初期条件として評価するため，敷地に遡上する津波として,朔望平均満潮位を含み防潮堤前面においてT.P.＋24mと設定している。

(2)　潮位観測記録の評価

敷地に遡上する津波として，有効性評価の前提条件として防潮堤前面においてT.P.＋24mと設定することにより事故シーケンスでの事故事象を想定し，評価しているため，潮位の重畳により事故シーケンスの事象に影響を与えないことから，潮位のばらつきは考慮しないこととする。

(3)　高潮の評価

高潮については，有効性評価の前提条件として防潮堤前面においてT.P.＋24mと設定することにより事故シーケンスでの事故事象を想定し，評価しているため，津波と高潮の重畳により事故シーケンスの事象に影響を与えないため，津波と高潮の重畳は考慮しないこととする。

(4)　潮位のばらつき及び高潮の考慮について

上記(2)及び(3)に記載したとおり，敷地に遡上する津波の津波高さには潮位のばらつきの考慮及び津波と高潮の重畳はしない。また,有効性評価の前提条件として防潮堤前面においてT.P.＋24mと設定することにより事故シーケンスでの事故事象を想定し，評価しているため,参照する裕度以上の裕度を持った設計としても，事故シーケンスの事象への影響を与えないことから，朔望平均満潮位に対する参照する裕度としても考慮しないこととする。

(5)　地殻変動

地震による地殻変動については，入力津波の波源モデル（日本海溝におけるプレート間地震）に想定される地震において生じる地殻変動量と，2011年東北地方太平洋沖地震により生じた地殻変動量を考慮した。具体的には，第1.5-1表に示すとおり日本海溝におけるプレート間地震では0.46mの陸域の沈降が想定される。また，2011年東北地方太平洋沖地震では，発電所敷地内にある基準点を対象にＧＰＳ測量した結果，敷地全体が約0.2m沈降していた。

このため，上昇側の水位変動に対しては，日本海溝におけるプレート間地震による沈降量0.46mと2011年東北地方太平洋沖地震による沈降量0.2mを加算した0.66mを変動量として考慮した。

なお，下降側の水位変動については，引き波時に取水箇所であるＳＡ用海水ピット取水塔の天端が一時的に海面より低い状況となる可能性があるが，この時点で緊急用海水ポンプは運転していないため考慮していない。

第1.5-1表　考慮すべき地殻変動量

	地殻変動量	2011年東北地方 太平洋沖地震の 地殻変動量	評価に考慮する 変動量
上昇側評価時	0.46m沈降	0.2m沈降	0.66mの沈降を考慮

また，国土地理院発表（平成28年12月8日時点）の地殻変動を参照すると，2011年東北地方太平洋沖地震による発電所周辺の広域的な余効変動による鉛直変位はほとんどない。

(6)　津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起

敷地に遡上する津波は，有効性評価の前提条件として防潮堤前面においてT.P.＋24mと設定することにより事故シーケンスでの事故事象を想定しているものである。このため，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起による津波高さへの影響については，事故シーケンスの事象に影響を与えないため，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起は考慮しないこととする。

1.6　設計又は評価に用いる敷地に遡上する津波の入力津波

「1.2　敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等」から「1.5　水位変動・地殻変動の評価」に記載した事項を考慮して，第1.6-1表に示すとおり設計又は評価に用いる敷地に遡上する津波の入力津波を設定する。

なお，防潮堤内の入力津波高さの設定位置においては，＋0.21m～＋0.41mとなる結果が得られたが，「1.3　敷地に遡上する津波による敷地内の遡上・浸水域　(3)　敷地に遡上する津波による敷地内の遡上域・浸水深の評価結果」に示したとおり，T.P.＋8mの原子炉建屋周辺における最大浸水深が0.5m～1.0mであることから，防潮堤内T.P.＋8mの各施設に対しては＋1.0mを考慮し，＋1.0mを入力津波高さ（浸水深）として設定する。また，ＳＡ用海水ピットと緊急用海水ポンプピットはＳＡ用海水ピット取水塔から緊急用海水ピットまで連続した一連の系であるため，大きい側の値となる緊急用海水ポンプピットの入力津波高さT.P.＋10.9mを代表として設定する。

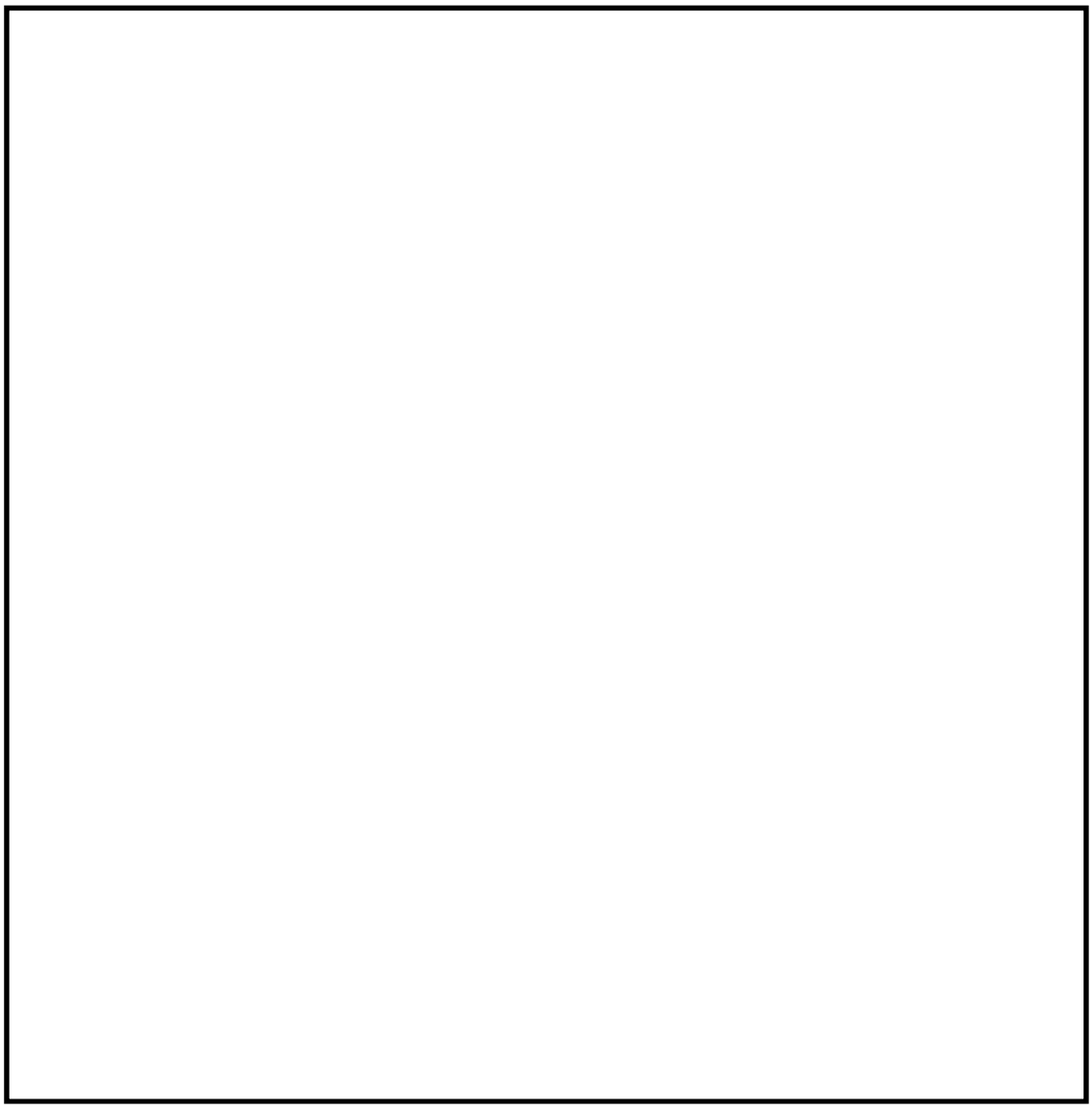
第1.6-1図に敷地に遡上する津波の入力津波の設定位置，第1.6-2図に敷地に遡上する津波の時刻歴波形を示す。

第1.6-1表　敷地に遡上する津波の入力津波設定一覧

設定位置	設定浸水深又は設定水位*1
原子炉建屋南側	＋1.0m
排気筒東側	
常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	
緊急用海水ポンプピット上部	
ＳＡ用海水ピット上部	
防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P.＋24.0m
防潮堤前面（敷地前面東側）	
防潮堤前面（敷地側面南側）	
取水ピット	T.P.＋24.8m*2
放水路ゲート設置箇所	T.P.＋32.0m*2
ＳＡ用海水ピット	T.P.＋10.9m*2
緊急用海水ポンプピット	
構内排水路設置箇所	T.P.＋24.0m

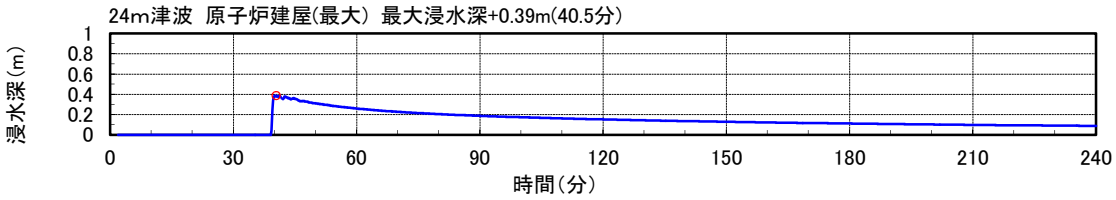
＊１　「1.5　水位変動・地殻変動の評価」に示す朔望平均満潮位＋0.61m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び津波波源モデルの活動による地殻変動量（沈降）0.46mを考慮した値である。

＊２　敷地に遡上する津波において，敷地北側の防潮堤設置ルート変更後においても，防潮堤前面における最大水位及び防潮堤内の遡上域及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備周辺の最大浸水深に大きな変化がなかったため，ルート変更前のデータを使用している。

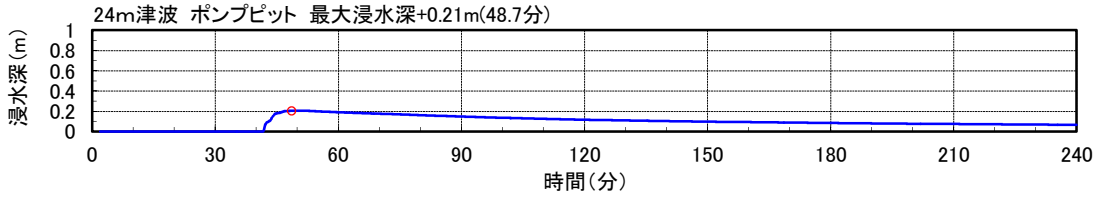


◀入力津波設定位置
①：常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部（防潮堤内の入力津波設定の代表位置）
②：防潮堤前面及び構内排水路設置箇所
③：取水ピット
④：放水路ゲート設置箇所
⑤：ＳＡ用海水ピット
⑥：緊急用海水ポンプピット
②～⑥については防潮堤ルート変更前のデータを示す。

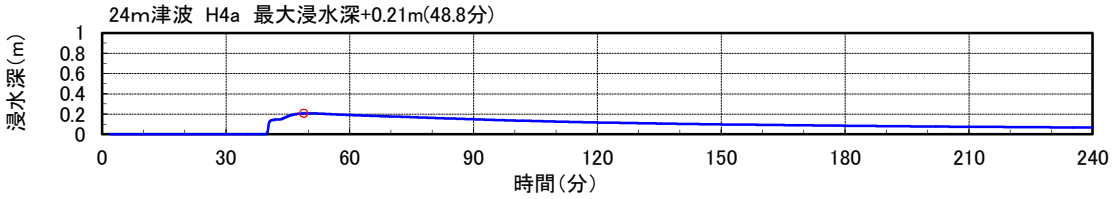
第 1.6-1 図　敷地に遡上する津波の入力津波の設定位置



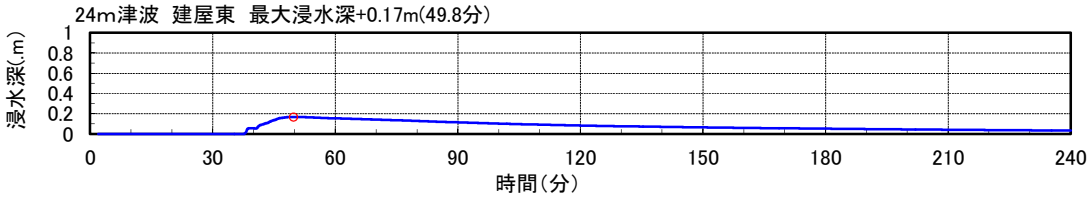
（原子炉建屋南側）



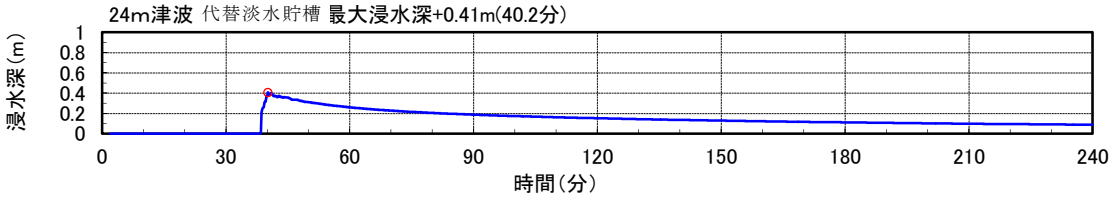
（緊急用海水ポンプピット上部）



（排気筒東側）



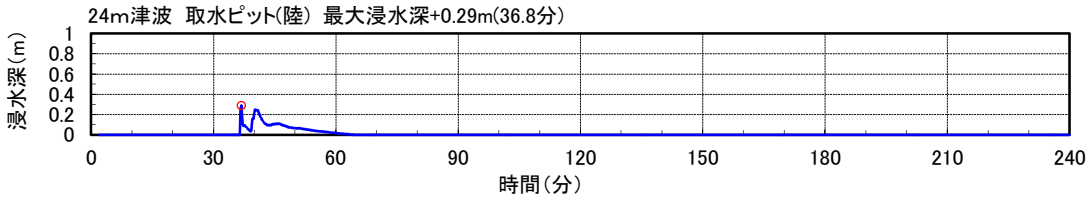
（原子炉建屋東側）



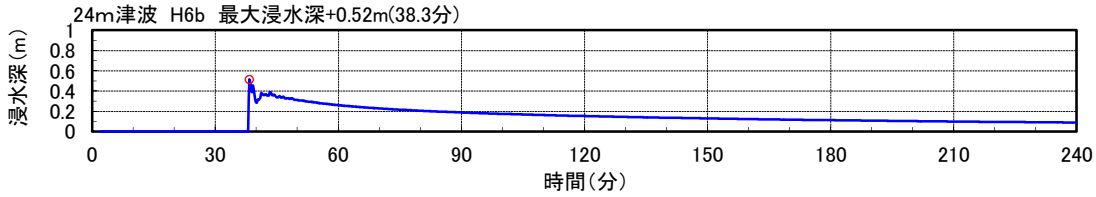
（常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部）

第 1.6-2 図　敷地に遡上する津波の入力津波の設定位置における
時刻歴波形（1/2）

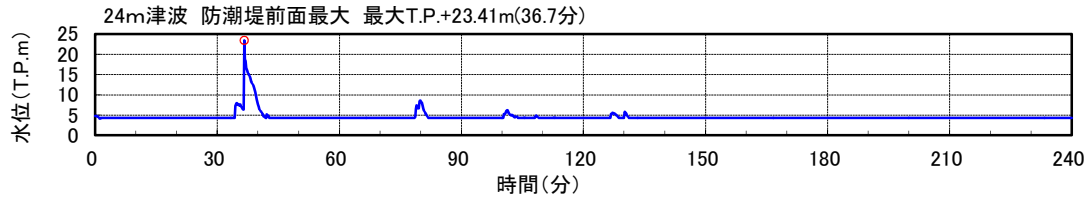
（参考：時刻歴は，防潮堤ルート変更前の解析結果による）



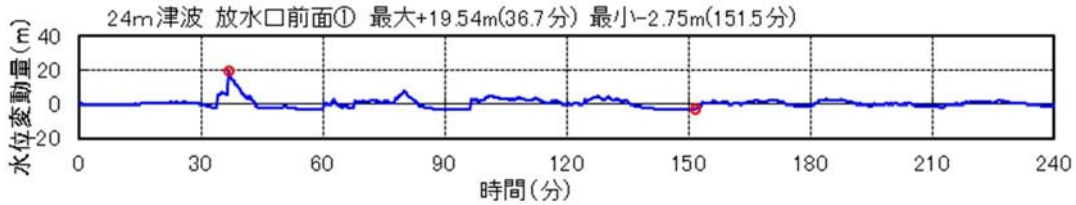
（取水ピット）



（原子炉建屋西側①）



（防潮堤前面）



（放水口前面）

第 1.6-2 図　敷地に遡上する津波の入力津波の設定位置における
時刻歴波形（2/2）

（参考：時刻歴は，防潮堤ルート変更前の解析結果による）

2.　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の津波防護方針

2.1　敷地に遡上する津波に対する津波防護の基本方針

【規制基準における要求事項等】

敷地に遡上する津波に対して，敷地の特性に応じた津波防護の基本方針が敷地及び敷地周辺全体図，施設配置図等により明示されていること。

津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備等として設置されるものの概要が網羅かつ明示されていること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に対する敷地の特性（敷地の地形，敷地周辺の津波の遡上，浸水状況等）に応じた津波防護の方針を敷地及び敷地周辺全体図，施設配置図等により明示する。また，敷地の特性に応じた津波防護（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備等）の概要（外郭防護の位置及び浸水想定範囲の設定，並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）について整理する。

【評価結果】

(1)　敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

敷地に遡上する津波に対する敷地の特性（敷地の地形，敷地周辺の津波の遡上，浸水状況等）に応じた津波防護の基本方針は以下のとおり。

敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

津波防護の基本方針は，以下のａ.～ｇ.のとおりである。

ａ．敷地に遡上する津波の高さは，防潮堤及び防潮扉前面でT.P.＋24mであることから，防潮堤及び防潮扉は，越流時の耐性を確保することで防潮堤の高さを維持し,防潮堤内側の敷地への津波の流入量を抑制する設計とする。

また，止水性を維持し第2波以降の繰り返しの津波の襲来に対しては，防潮堤内側の敷地への津波の流入又は回込みを防止する設計とする。

防潮堤内側の敷地に流入した津波に対しては，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の境界において津波防護対策又は浸水防止対策を講じることで，敷地に遡上する津波を地上部から防護対象設備を内包する建屋及び区画に流入させない設計とする。また，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画に接続される経路から津波の流入を防止する設計とする。

具体的な設計内容を以下に示す。

(a) 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画(敷地に遡上する津波が到達しない十分高い場所に設置する設備を除く。）は，敷地に遡上する津波が建屋及び区画に到達するため，建屋及び区画の境界に津波防護施設又は浸水防止設備を設置し，津波の流入を防止する設計とする。

緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側），常設代替高圧電源装置置場（高所東側接続口及び高所西側接続口並びに西側淡水貯水設備の開口部，西側ＳＡ立坑の開口部及び東側ＤＢ立坑の開口部を含む。)及び軽油貯蔵タンクの開口部（マンホール等）については，敷地に遡上する津波が到達しない十分高い場所に設置する。

(b) 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画への流入防止対策の検討に当たっては，敷地及び敷地周辺の地形及びその標高，河川等の存在，設備等の配置状況並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して，防潮堤の越流及び遡上波の回込みを含め敷地への遡上及び防潮堤内への流入状況を把握する。また，地震による変状又は繰り返し襲

来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は，敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

(c)　取水路,放水路等の経路及び防潮堤内側への津波の越流及び回り込みを前提としていることで想定すべき経路から敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画に津波が流入する可能性について検討した上で，津波が流入する可能性がある経路（扉，開口部，貫通口等）を特定し，必要に応じ津波防護施設又は浸水防止設備による浸水対策を施すことにより，津波の流入を防止する設計とする。

b．敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の地下部等において，漏水する可能性を考慮の上漏水による浸水範囲を限定して，敷地に遡上する津波に対処するために必要な機能への影響を防止する設計とする。

具体的な設計内容を以下に示す。

(a)　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の構造上の特徴等を考慮し，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画に接続される取水・放水施設，地下部等の経路からの漏水の可能性を検討する。その上で，漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに，浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，浸水防止設備を設置することにより浸水範囲を限定する設計とする。

(b)　浸水想定範囲の周辺に重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備がある場合は，防水区画化するとともに，必要に応じて浸水量評価を実施し，重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備の機能への影響がないことを確認する。

(c)　浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は,必要に応じ排水設備を設置する。

ｃ．上記ａ．及びｂ．に規定するもののほか，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画については，浸水防護重点化範囲として建屋及び区画境界に浸水防止対策を行うことにより，津波による影響等から隔離する。そのため，浸水防護重点化範囲を明確化するとともに，津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口(扉,開口部,貫通口等）を特定し，それらに対して必要に応じ浸水防止対策を施す設計とする。

ｄ．水位変動に伴う取水性低下に対し，重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備への影響を防止する設計とする。そのため，緊急用海水ポンプは，敷地に遡上する津波による水位の低下に対して，ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット，緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットを地下に設置し保有水量を確保することで，ポンプが機能保持でき,かつ,冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また，敷地に遡上する津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対してＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット，緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットの通水性が確保でき，かつ，ＳＡ用海水ピット取水塔からの砂の混入に対して緊急用海水ポンプが機能保持できる設計とする。

ｅ．津波防護施設及び浸水防止設備については，敷地に遡上する津波における入力津波（施設の津波に対する設計を行うために，津波の伝播特性，浸水経路及び防護対象周辺の最大浸水深等を考慮して，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

機能が保持できる設計とする。また，津波監視設備については，敷地に遡上する津波における入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。ただし，津波監視設備のうち，防潮堤上部に設置する津波・構内監視カメラについては，敷地に遡上する津波が防潮堤に到達するまでの間，津波監視機能が保持できる設計とする。

f．津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たっては，地震による敷地の隆起・沈降，地震（本震及び余震）による影響，津波の繰返しの襲来による影響，津波による二次的な影響（洗掘，砂移動，漂流物等）及びその他自然条件（風，積雪等）を考慮する。

g．津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに緊急用海水ポンプの取水性の評価に当たっては，敷地に遡上する津波における入力津波に対して安全側の評価を実施する。なお，敷地に遡上する津波は，防潮堤前面に鉛直無限壁を想定した場合の駆け上がり高さがT.P.＋24mの高さとなるよう波源におけるすべり量を調整したものであることから，敷地に遡上する津波における入力津波の設定に当たっては，基準津波の策定において考慮している項目のうち，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起，潮位観測記録に基づく潮位のばらつき及び高潮による変動は考慮しないが，その他の要因による潮位変動については適切に評価し入力津波を設定する。また，地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合，想定される地震の震源モデルから算定される敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。さらに，廃止措置中である東海発電所の建屋の有無に応じた浸水域・浸水深を確認し，安全側に評価した上で入力津波を設定する。

(2)　敷地の特性に応じた津波防護の概要

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画として，原子炉建屋，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，緊急用海水ポンプピット，排気筒，常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部及びカルバート部），常設代替高圧電源装置置場（西側淡水貯水設備，高所東側接続口，高所西側接続口，西側ＳＡ立坑及び東側ＤＢ立坑含む），軽油貯蔵タンク，緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側）及び可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）を設置する。また，敷地に遡上する津波の遡上域の建屋及び区画に内包されない防護対象設備として，格納容器圧力逃がし装置格納槽（地上敷設部），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，原子炉建屋西側接続口及び原子炉建屋東側接続口を設置する。

このうち，敷地に遡上する津波が到達するエリアに設置されている建屋及び区画は，原子炉建屋，排気筒，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及び常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部及びカルバート部）であり，建屋及び区画に内包されない防護対象設備は，格納容器圧力逃がし装置格納槽（地上敷設部），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，原子炉建屋西側接続口及び原子炉建屋東側接続口である。

原子炉建屋，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及び常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部*，立坑部及びカルバート部*）は，敷地に遡上する津波の建屋及び区画内への流入を防止するため，津波防護対策として以下の施設・設備を設置する。

＊立坑部の開口部を通じて津波が流入する可能性を考慮

ａ．敷地に遡上する津波を地上部から原子炉建屋，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及び常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部*，立坑部及びカルバート部*）に流入させない設計とするため，外郭防護として，以下に示す津波防護施設又は浸水防止設備を設置する。

（2.2　敷地に遡上する津波への対応　【検討結果】参照）

・　原子炉建屋外壁を津波防護施設と位置付け，次項の水密扉とあいまって津波防護対策とする。

・　原子炉建屋外壁の機器搬出入口及び人員用出入口から流入させない設計とするため水密扉を設置する。また，原子炉建屋１階外壁の配管等貫通部に止水処置を講じる。

・　緊急用海水ポンプピットの天端（T.P.＋8m）に設置する緊急用海水ポンプ点検用開口部及び人員用開口部から流入させない設計とするため，浸水防止蓋を設置する。

・　格納容器圧力逃がし装置格納槽の天端（T.P.＋8m）に設置する点検用開口部から流入させない設計とするため，水密ハッチを設置する。

・　常設低圧代替注水系格納槽の天端（T.P.＋8m）に設置する点検用開口部及び可搬型ポンプ用開口部から流入させない設計とするため，水密ハッチを設置する。

・　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の原子炉建屋側出入口から電源接続盤設置エリアに流入させない設計とするため，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の原子炉建屋側出入口に水密扉を設置する。また，地下１階床面の配管等貫通部に止水処

置を施す。

（2.2　敷地に遡上する津波への対応　【検討結果】参照）

b．取水路，放水路等の経路及び防潮堤内側への津波の越流及び回り込みを前提としていることで想定すべき経路から津波等を流入させない設計とするため，外郭防護として以下に示す浸水防止設備を設置する。

（2.2　敷地に遡上する津波への対応　【検討結果】参照）

・緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアに，緊急用海水取水管からの津波を流入させない設計（緊急用海水ポンプの機能喪失防止）とするため，モータ設置エリア床面に設置される緊急用海水ポンプピット点検用開口部に対して，浸水防止蓋を設置する。また，モータ設置エリア床面に設置される緊急用海水ポンプグランドドレン排出口及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口に逆止弁を設置する。

c．緊急用海水ポンプは，b．に記載のとおり，緊急用海水取水管等により海に直接通じていることから，漏水が継続することによる浸水範囲を想定し漏水による緊急用海水ポンプへの影響を評価する。評価結果により必要に応じ排水設備の設置を検討する。

（2.3　漏水による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止（外郭防護２）【検討結果】参照）

d．敷地に遡上する津波による溢水源（地震による低耐震クラス設備の破損による）から，防護対象設備を内包する建屋及び区画へ溢水等が流入することを防止する設計とするため，内郭防護として，T.P.＋8.0m の敷地（屋外）に設置する地下格納槽天端の開口部に，水密ハッチ及び浸水防止蓋を設置する。また，地震による溢水は，敷地に遡上する津波による原子炉建屋境界部の浸水深との重畳を考慮する。

（2.4　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の隔離（内郭防護）

【検討結果】参照）

ｅ.地震発生後津波が発生した場合に,その影響を俯瞰的に把握するため，津波監視設備として，津波・構内監視カメラ，取水ピット水位計及び潮位計を設置する。なお，取水ピット水位計及び防潮堤上部に設置する津波・構内監視カメラは，津波の第１波襲来までの状況把握の機能を維持する設計とする。

（2.6　津波監視設備　【検討結果】参照）

ｆ．防潮堤及び防潮扉は，越流時の耐性を確保することで防潮堤の高さを維持し，防潮堤内側の敷地への津波の流入量を抑制する設計とする。また，止水性を維持し第２波以降の繰り返しの津波の襲来に対しては，防潮堤内側の敷地への津波の流入又は回込みを防止する設計とすることから，遡上解析においては防潮堤の高さが維持されることを解析上の前提条件とする。また，海水ポンプエリアに対する取水路からの逆流防止措置等は，敷地に遡上する津波において考慮するT.P.＋24mの津波荷重及び荷重の組合せによっても損傷することなく止水性能を保持できる設計とする。また，非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプのグランド減圧配管基礎フランジ貫通部及び据付面並びに循環水ポンプの据付面についても，敷地に遡上する津波において考慮するT.P.＋24mの津波荷重及び荷重の組合せによっても損傷することなく，止水性能を保持できる設計とする。

（2.2　敷地に遡上する津波への対応　【検討結果】参照）

第2.1-1表に津波防護対策の設備分類と設置目的及び第2.1-1図に敷地の特性に応じた津波防護の概要（外郭防護の位置，内郭防護の位置，浸水防護重点化範囲の設定等）を示す。また，第2.1-2表に敷地に遡上する津波に対して機能保持する設備の設置目的と設計方針，第2.1-2図に敷地に

遡上する津波に対して機能保持する設備の概要を示す。

第 2.1－1 表　各津波防護対策の設備分類と設置目的（1／3）

津波防護対策		設備分類	設置目的
原子炉建屋	原子炉建屋機器搬出入口水密扉	浸水防止設備	・防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画である原子炉建屋内に流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水及び防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備が設置される建屋及び区画である原子炉建屋内に流入することを防止する。
	原子炉建屋人員用水密扉		
緊急用海水ポンプピット	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		・緊急用海水取水管，ＳＡ用海水ピット及び海水引込み管から緊急用海水ポンプピットに到達する津波が，緊急用海水ポンプピット点検用開口部，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口を経由して，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である緊急用海水ポンプが設置される緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアに流入することを防止する。
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋		・防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である緊急用海水ポンプが設置される緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアに流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水及び防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である緊急用海水ポンプが設置される緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアに流入することを防止する。
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋		
格納容器圧力逃がし装置格納槽	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ		・防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である格納容器圧力逃がし装置が設置される格納容器圧力逃がし装置格納槽に流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水と防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である格納容器圧力逃がし装置が設置される格納容器圧力逃がし装置格納槽に流入することを防止する。

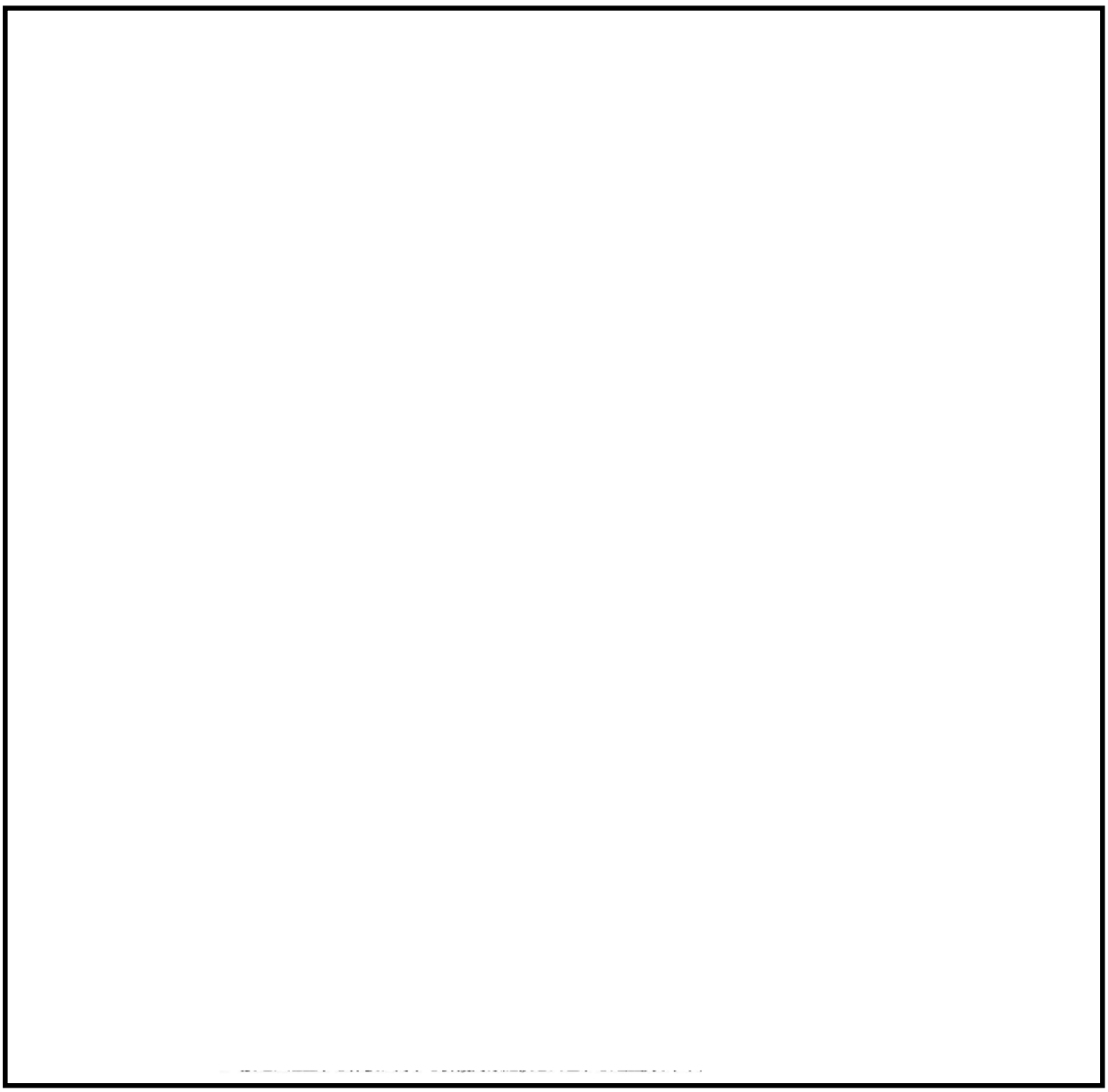
第 2.1－1 表　各津波防護対策の設備分類と設置目的（2／3）

津波防護対策		設備分類	設置目的
常設低圧代替注水系格納槽	常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ		・防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である常設低圧代替注水系ポンプが設置される常設低圧代替注水系格納槽に流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水と防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である常設低圧代替注水系ポンプが設置される常設低圧代替注水系格納槽に流入することを防止する。
	常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ		
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	浸水防止設備，止水処置	・防潮堤を超え防潮堤内側の敷地に流入又は回込む津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の電源接続盤エリア及び下階に流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水が重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備である常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の電源接続盤エリア及び下階に流入することを防止する。
取水路	取水路点検用開口部浸水防止蓋		・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，取水路から流入する津波が取水路の点検用開口部を経由して地上部に流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水機能が保持できる設計とする。
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，取水路から流入する津波が海水ポンプグランドドレン排出口を経由して地上部に流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水機能が保持できる設計とする。
海水ポンプ室	取水ピット空気抜き配管逆止弁		・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，取水路から流入する津波が取水ピット空気抜き配管を経由して地上部に流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水性能が保持できる設計とする。
放水路	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，放水路から流入する津波が放水路ゲートの点検用開口部（下流側）を経由して地上部に流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水機能が保持できる設計とする。

第 2.1－1 表　各津波防護対策の設備分類と設置目的（3／3）

津波防護対策		設備分類	設置目的
ＳＡ用海水ピット	ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋		・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，海水取水路から流入する津波がＳＡ用海水ピット開口部を経由して地上部に流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく止水機能が保持する設計とする。
放水路	放水路ゲート	津波防護施設	・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，放水路からの流入津波が放水路ゲート及び放水ピットの点検用開口部（上流側），放水ピット並びに放水ピット及び放水路に接続される配管貫通部を経由して流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水性能が保持できる設計とする。

構内排水路	構内排水路逆流防止設備	津波防護施設	・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，構内排水路からの流入津波が集水枡を経由して流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水機能が保持できる設計とする。
貯留堰			・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，貯留堰が設置された状態を前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷しない設計とする。
防潮堤及び防潮扉（防潮堤道路横断部に設置）			・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，設置された状態を前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷しない設計とする。
原子炉建屋貫通部止水処置			・防潮堤を超え地上部から敷地に流入した津波が，重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋である原子炉建屋内に流入することを防止する。 ・地震による非常用海水系配管（戻り管）の損傷又は屋外タンクの損傷に伴う溢水が重大事故等対処施設の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備が設置される建屋である原子炉建屋内に流入することを防止する。
防潮堤，防潮扉下部貫通部止水処置			・敷地に遡上する津波の防潮堤内側における遡上・浸水域の評価では，防潮堤及び防潮扉を取り付けるコンクリート躯体下部の貫通部を経由して津波が流入しないことを前提としているため，敷地に遡上する津波に対して損傷することなく，止水性が保持できる設計とする。



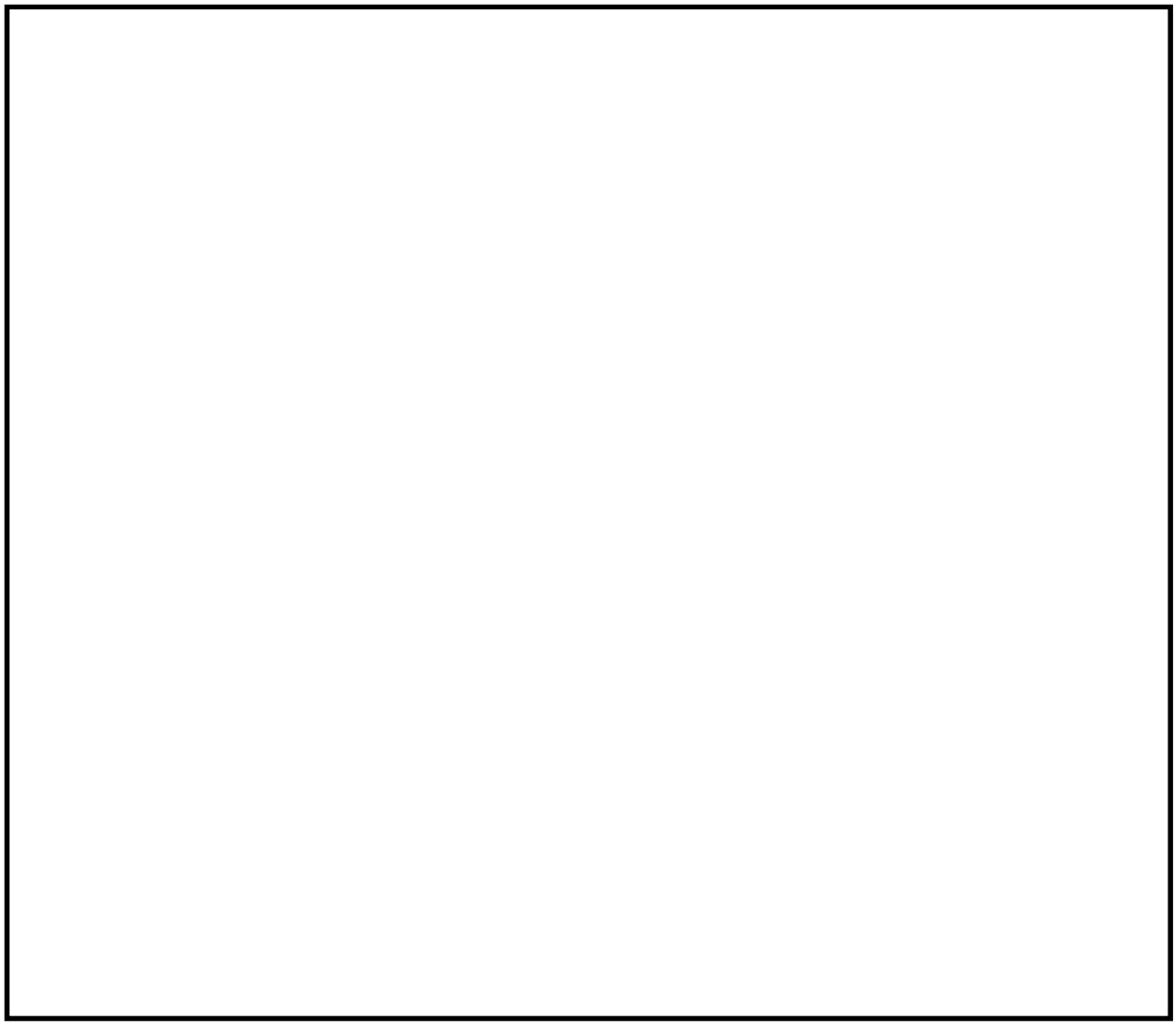
第 2.1－1 図　敷地の特性に応じた津波防護の概要（1／3）

【凡例】

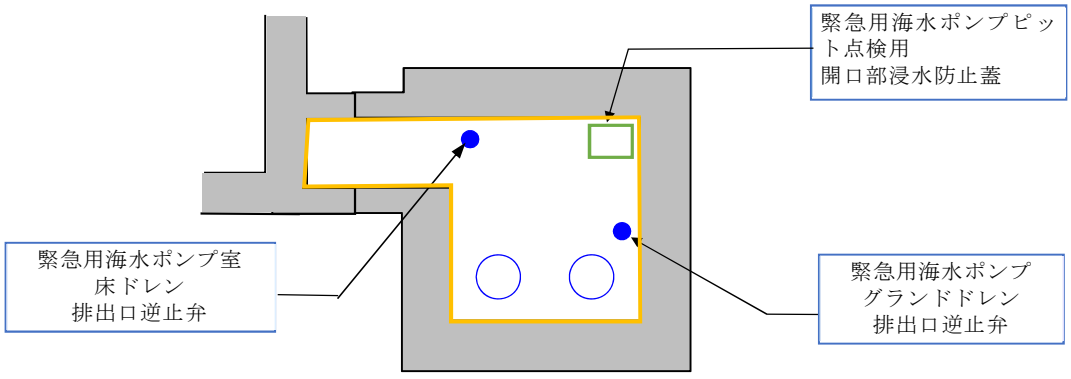
浸水防止設備

津波監視設備

浸水防護重点化範囲



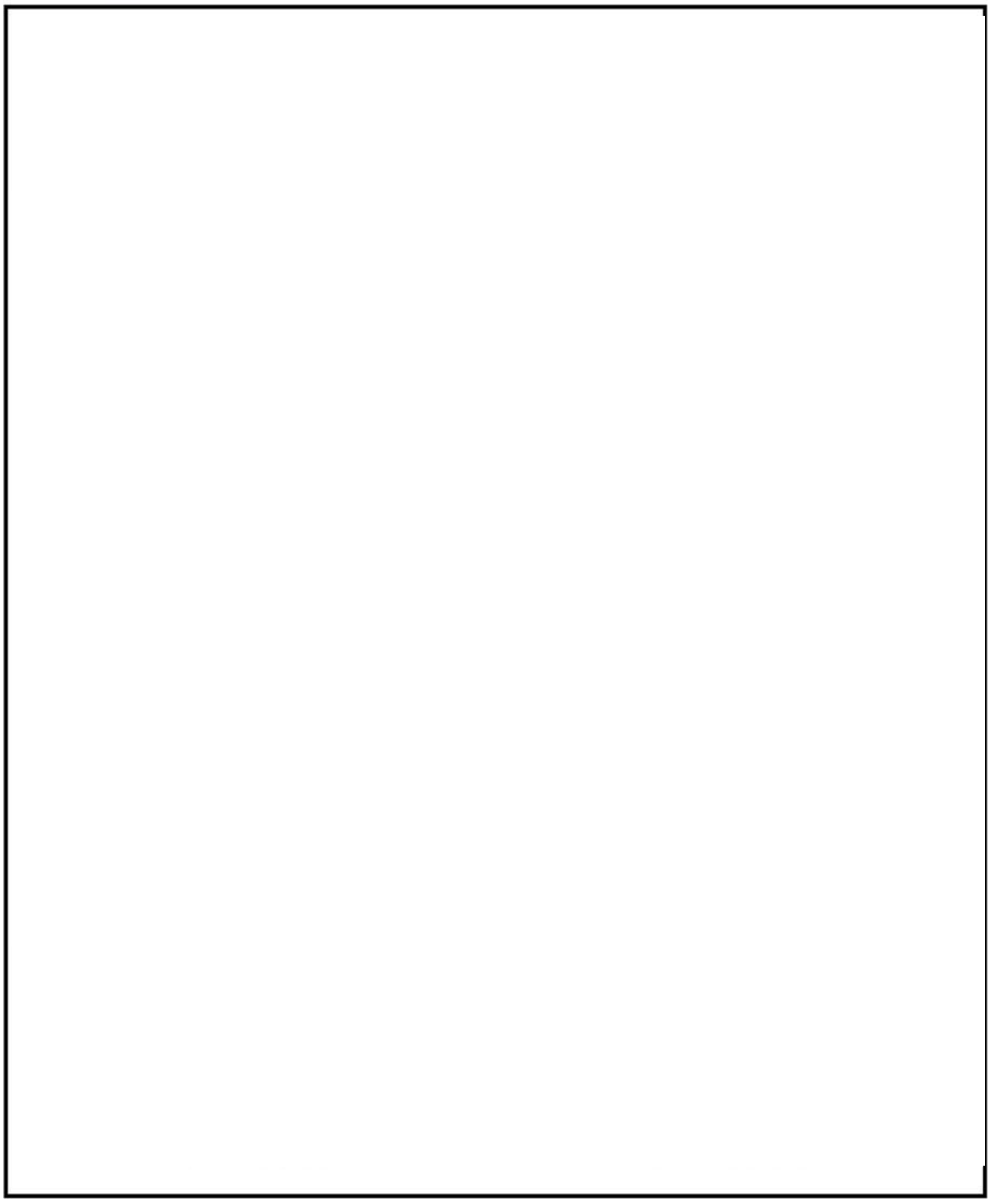
図❶格納槽周辺地上部（T.P.＋8.0m）拡大図



図❷緊急用海水ポンプピットモータ設置エリア地下部（T.P.＋0.8m）周辺拡大図

第 2.1－1 図　敷地の特性に応じた津波防護の概要（2／3）

【凡例】
浸水防止設備



【凡例】
浸水防止設備
浸水防護重点化範囲

図❷常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側エリア周辺拡大図

第 2.1－1 図　敷地の特性に応じた津波防護の概要（3／3）

【凡例】

T.P.＋3.0m～T.P.＋8.0m

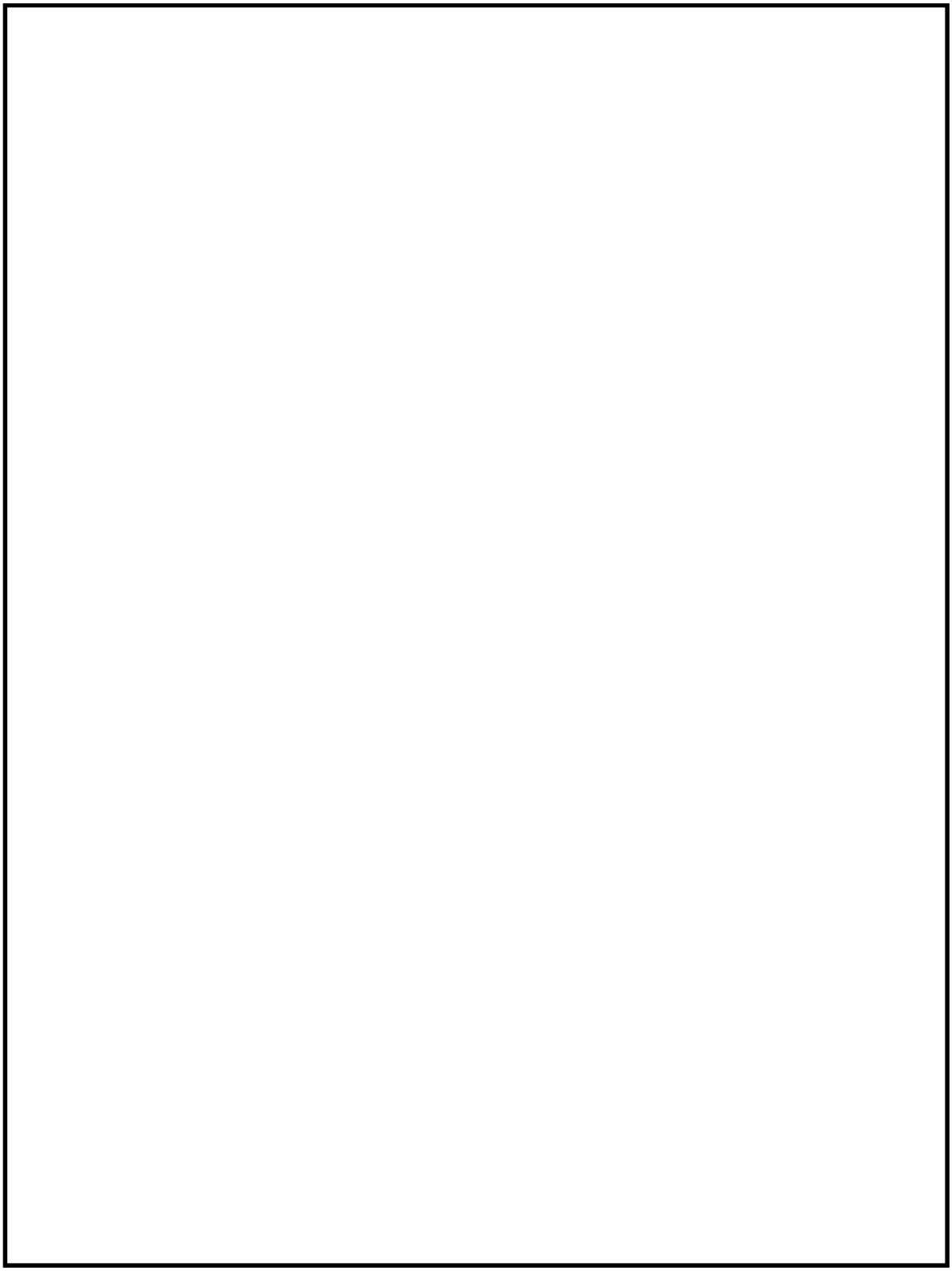
T.P.＋8.0m～T.P.＋11.0m

T.P.＋11.0m 以上

津波防護施設

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

重大事故等対処設備の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



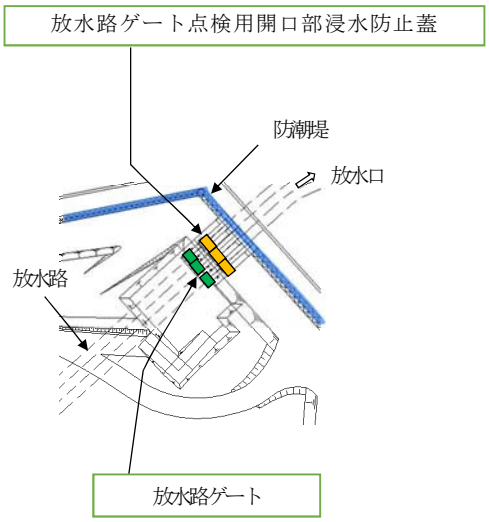
第 2.1-2 図　敷地に遡上する津波に対して機能保持する津波防護設備の概要
(1／2)

別添－1　2.1-17

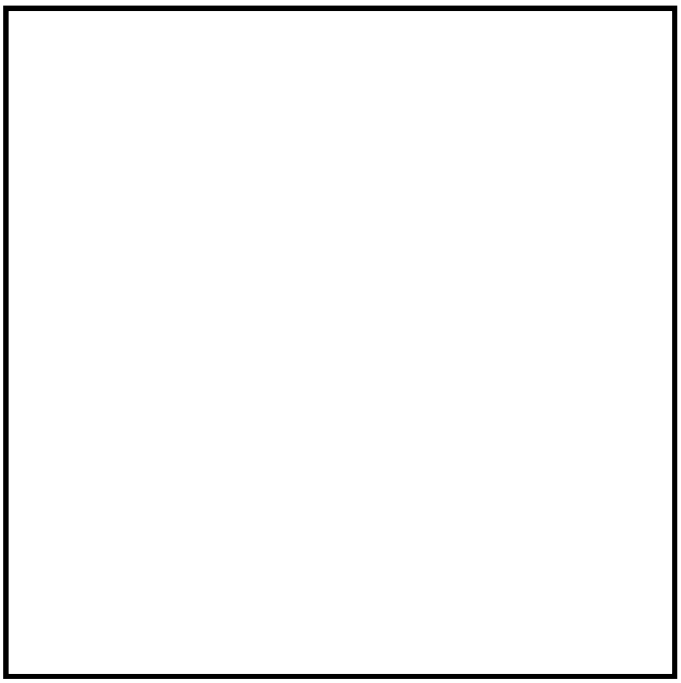
【凡例】

敷地に遡上する津波に対して機能保持する設備

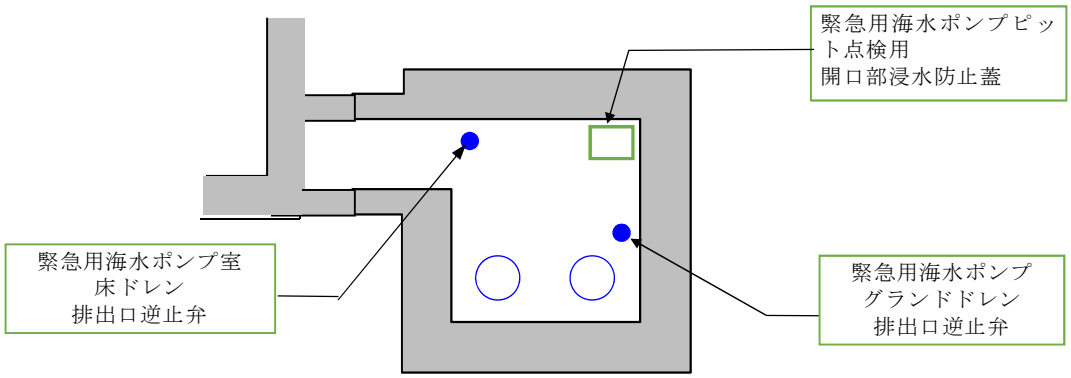
重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



図❶（放水口周辺拡大図）



図❷（海水ポンプエリア周辺拡大図）



図❸（緊急用海水ポンプエリア周辺拡大図）

第 2.1-2 図　敷地に遡上する津波に対して機能保持する設備の概要（2／2）

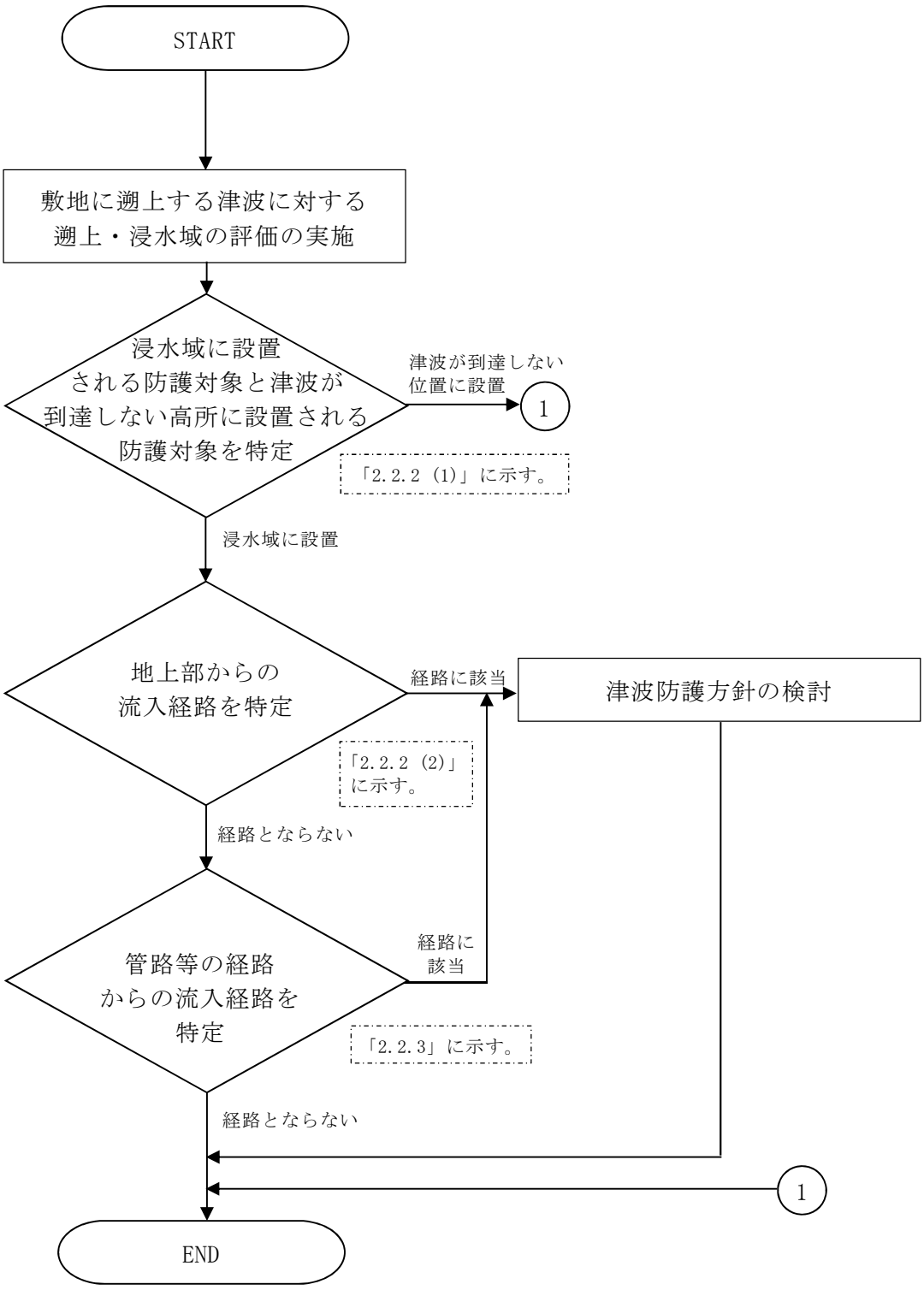
2.2　敷地に遡上する津波への対応

敷地に遡上する津波への対応として,「2.1　敷地に遡上する津波に対する津波防護の基本方針」に示した方針に従い分類し対策を検討する。

以下にそれぞれの分類毎の流入経路の特定及び津波防護の方針を示す。

特定した結果に対し，設置許可基準規則解釈別記３の津波防護方針に準じて，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画を防護する設備に対して，地上部からの流入の防止と管路等の経路からの流入の防止に分けて流入経路の特定及びその防護方針を検討する。

第 2.2-1 図に,敷地に遡上する津波に対する津波防護の検討フローを示す。



第 2.2-1 図　敷地に遡上する津波に対する津波防護の検討フロー

2.2.1　基準津波における敷地への浸水防止（外郭防護１）に関わる経路の特定及び止水対策

【規制基準における要求事項等】

取水路，放水路等の経路から，津波が流入する可能性について検討した上で，流入の可能性のある経路（扉，開口部，貫通部等）を特定すること。

特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波の敷地内の遡上・浸水域の評価に当たっては，取水路・放水路等の経路から津波が流入しない条件で評価していることから，基準津波において外郭防護１として設置する津波防護施設及び浸水防護設備が機能を維持する状態を前提としている。

このため，津波防護施設及び浸水防護設備が機能を維持した状態において，取水路，放水路等の経路から津波が流入する可能性について検討した上で，流入の可能性のある経路（扉，開口部，貫通部等）を特定する。

特定した経路に対して，浸水対策を施すことにより津波の流入を防止する（【検討結果】(1)　敷地への津波の流入の可能性のある経路（流入経路）の特定及び【検討結果】(2)　各経路に対する確認結果参照）。

【検討結果】

(1)　敷地への津波の流入の可能性のある経路（流入経路）の特定

取水路・放水路等の構造に基づき，海域に連接する水路から敷地への津波の流入する可能性のある経路として，取水口，取水路，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，放水路，

構内排水路，防潮堤及び防潮扉の地下部を貫通する配管等の貫通部を特定した。

第 2.2.1-1 表に津波の流入経路の特定結果を示す。また，以降に特定した各経路に対する確認結果を示す。

第 2.2.1-1 表　津波の流入経路特定結果

流入経路		流入箇所
ａ．取水口及び取水路	(a)海水系	①取水路点検用開口部 ②海水ポンプグランドドレン排出口 ③非常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部 ④常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部 ⑤非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプ据付面（スクリーン洗浄水ポンプ及び海水電解装置用海水ポンプ含む）
	(b)循環水系	①取水ピット空気抜き配管 ②循環水ポンプ据付面
ｂ．ＳＡ用海水ピット取水塔及び海水引込み管※1	(a)海水系	①ＳＡ用海水ピット開口部
ｃ．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※2	(a)海水系	①緊急用海水ポンプピット点検用開口部 ②緊急用海水ポンプグランドドレン排出口 ③緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口 ④緊急用海水ポンプ減圧配管基礎フランジ貫通部 ⑤緊急用海水ポンプ据付面
ｄ．放水路	(a)海水系	①放水ピット上部開口部 ②放水路ゲート点検用開口部 ③海水配管（放水ピット接続部）
	(b)循環水系	①放水ピット上部開口部（ｃ．(a)①と同じ） ②放水路ゲート点検用開口部（ｃ．(a)②と同じ） ③循環水管（放水ピット接続部）
	(c)その他の排水管	①液体廃棄物処理系放出管 ②排ガス洗浄廃液処理設備放出管 ③構内排水路排水管
ｅ．構内排水路		①集水枡等
ｆ．その他		①防潮堤及び防潮扉の地下部を貫通する配管等の貫通部（予備貫通部含む） ②東海発電所（廃止措置中）取水路及び放水路 ③屋外二重管

※１：重大事故等対処施設として設置するＳＡ用海水ピット及び緊急海水用海水系の取水路
※２：重大事故対処設備として設置する緊急用海水系の取水路

(2)　各経路に対する確認結果

a．取水口及び取水路からの流入経路について

(a)　海水系

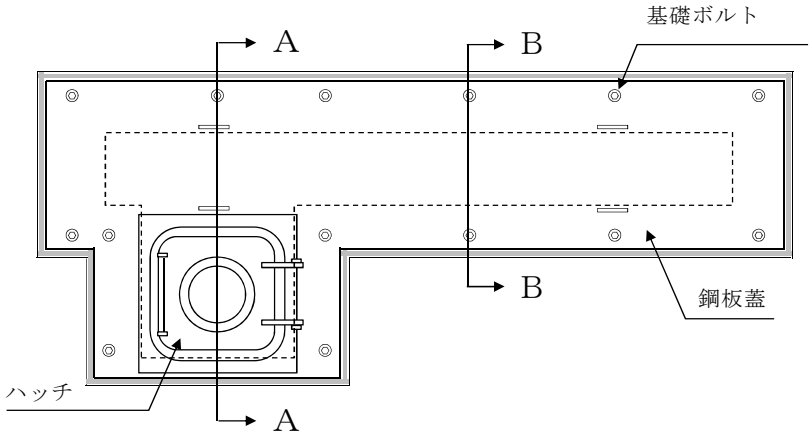
ⅰ)　取水路点検用開口部

取水路点検用開口部は，取水口から取水ピットに至る取水路の経路のうち，防潮堤と海水ポンプ室の間に位置する点検用の角落とし用開口部であり，取水路の 10 区画に対してそれぞれ設置され，開口部の上端高さは T.P.＋3.31m である。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋24.8m であるため，取水路を経由した津波が取水路点検用開口部から防潮堤内側に流入する可能性がある。

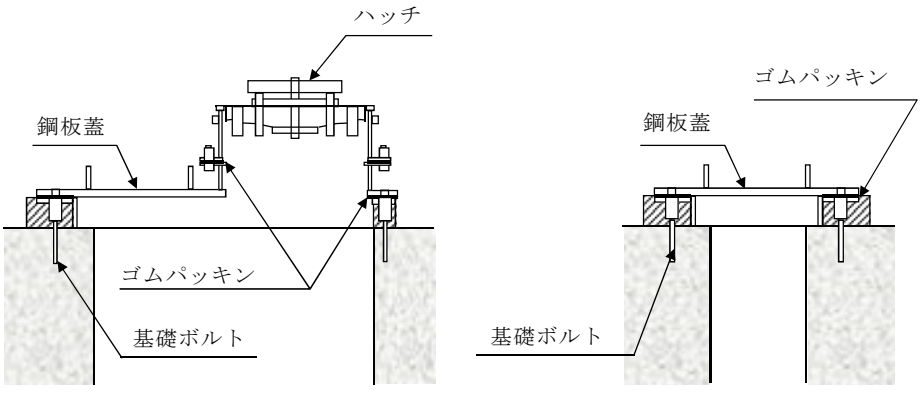
これに対し,取水路点検用開口部に浸水防止蓋を設置することで,防潮堤内側への津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-1 図に取水路点検用開口部の配置図，第 2.2.1-2 図に取水路点検用開口部浸水防止蓋の構造図を示す。

第 2.2.1-1 図　取水路点検用開口部配置図



タイプ①（鋼板蓋＋ハッチ式）の例



（Ａ－Ａ断面図：ハッチ部）　（Ｂ－Ｂ断面図：蓋部）

第 2.2.1-2 図　取水路点検用開口部浸水防止蓋構造図

ⅱ） 海水ポンプグランドドレン排出口

海水ポンプ室には，残留熱除去系海水系ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）及び常用海水ポンプの運転に伴い発生するグランドドレンの排水を目的として，海水ポンプ室から取水ピットへと接続する開口部を設ける設計としており，開口部の上端高さはT.P.＋0.8mである。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さはT.P.＋24.8mであるため，取水路を経由した津波が防潮堤内側に流入する可能性がある。

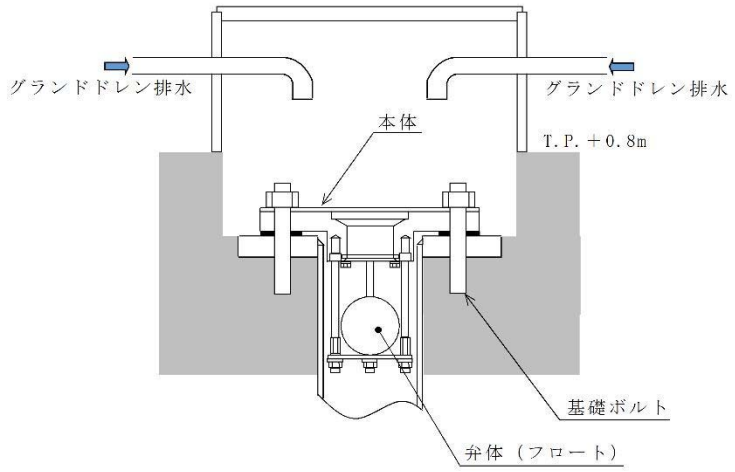
これに対し，海水ポンプグランドドレン排出口の開口部に逆止弁を設置することで，防潮堤内側への津波の流入を防止する設計とする。設置する逆止弁はドレン排出口がある床の上面にある取付座に逆止弁のフランジ部を基礎ボルトで取り付けて密着させる構造とし，十分な水密性を有する設計とする。これにより，防潮堤内側への津波の流入を防止する設計とする。

ポンプグランド部については，グランド減圧配管を経由した津波がグランド部を経由し，防潮堤内側に流入する経路が考えられる。

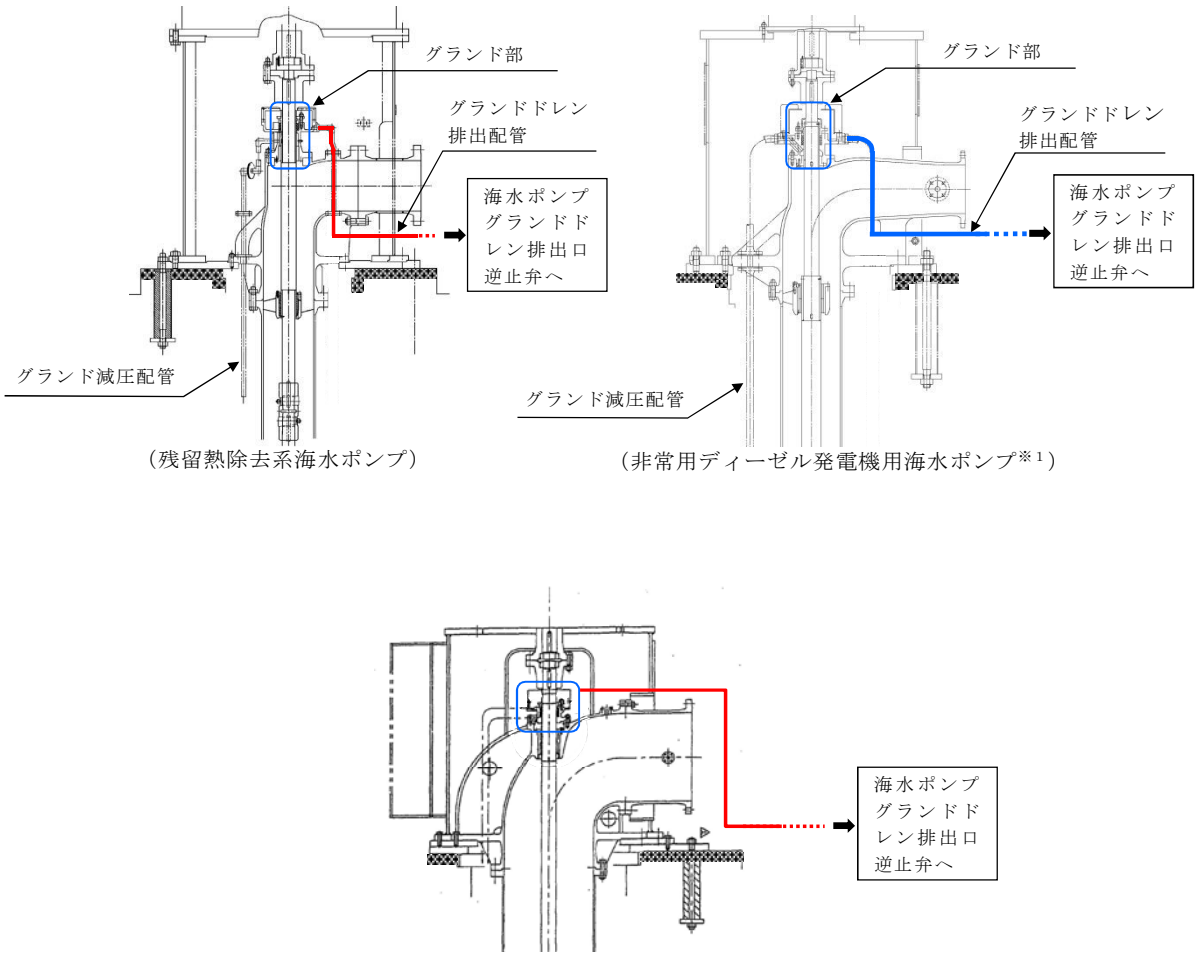
これに対し,グランド部にはグランドパッキンが挿入されており，グランド押さえで蓋をした上で，締付ボルトにより圧縮力を与えてシールする構造とすることで，グランド部からの津波の流入を抑制し，防潮堤内側に有意な津波の流入を防止する設計とする。

第2.2.1-3図に海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁並びに非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプの配置図，第2.2.1-4図に海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造図，第2.2.1-5図に非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプのグランド部の構造図を示す。

第 2.2.1-3 図　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁及び
非常用海水ポンプ（常用海水ポンプ含む）配置図



第 2.2.1-4 図　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁構造図



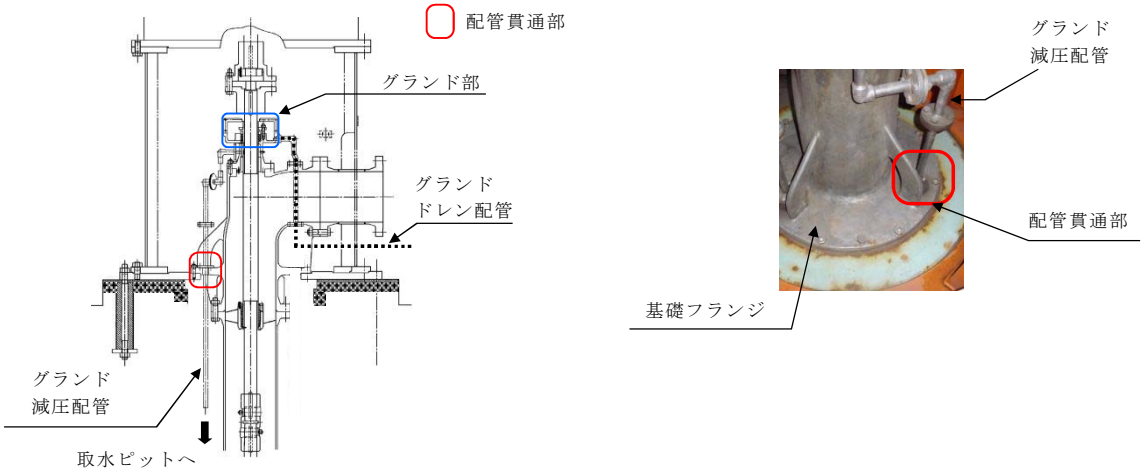
※1：高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプも同構造
注：常用海水ポンプには，取水ピットに接続するグランドドレン排出配管はない

第 2.2.1-5 図　非常用海水ポンプ（常用海水ポンプ含む）グランド部構造図

iii） 非常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部

非常用海水ポンプのグランド減圧配管は，非常用海水ポンプの基礎フランジを貫通して取水ピットに接続されており，基礎フランジ貫通部の高さは T.P.＋0.95m である。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋24.8m であるため，取水路を経由した津波が当該貫通部から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，グランド減圧配管の基礎フランジ貫通部は，ポンプ基礎フランジとフランジ取り合いであり，取付ボルトでフランジ面を密着させることで，貫通部からの津波の流入を防止する設計とする。第 2.2.1-6 図に非常用海水ポンプグランド減圧配管の基礎フランジ貫通部構造図を示す。(非常用海水ポンプの配置は第 2.2.1-3 図参照)



第 2.2.1-6 図　グランド減圧配管基礎フランジ貫通部

（残留熱除去系海水ポンプの例）構造図

ⅳ） 常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部

常用海水ポンプである補機冷却用海水ポンプのグランド減圧配管についても，ポンプの基礎フランジを貫通して取水ピットに接続されており，基礎フランジ貫通部の高さはT.P.＋0.95mである。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋24.8m であるため，取水路を経由した津波が当該貫通部から防潮堤内側に流入する可能性がある。

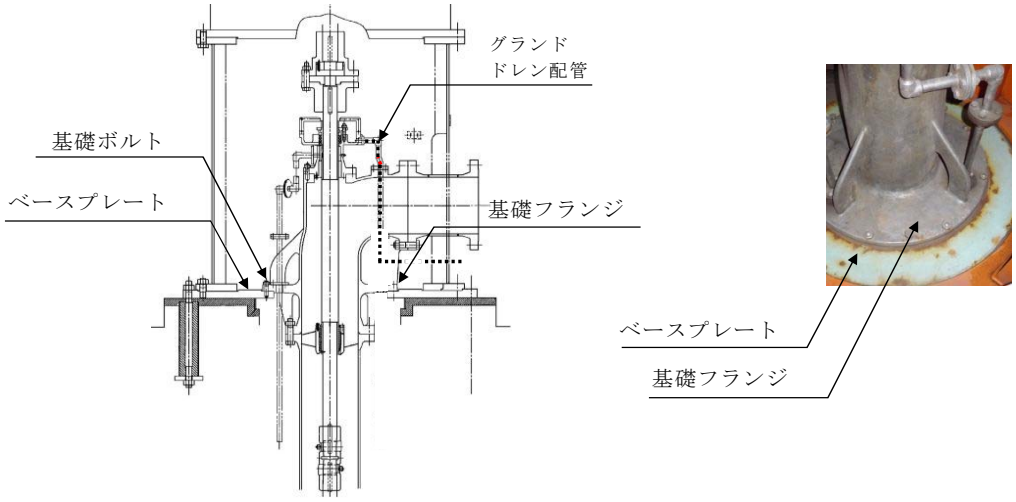
これに対し，非常用海水ポンプのグランド減圧配管と同様に，基礎フランジ貫通部はポンプ基礎フランジとフランジ取り合いであり，取付ボルトでフランジ面を密着させることで，貫通部からの津波の流入を防止する設計とする。(常用海水ポンプの配置は第2.2.1-3図参照)

ⅴ） 非常用海水ポンプ，常用海水ポンプ据付面（スクリーン洗浄水ポンプ及び海水電解装置用海水ポンプ含む)

海水ポンプ室内の非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプである補機冷却用海水ポンプの据付面高さはT.P.＋0.8m，スクリーン洗浄水ポンプ及び海水電解装置用海水ポンプの据付面高さは T.P.＋3.31mである。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さはT.P.＋24.8mであるため，取水路を経由した津波が防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，海水ポンプの基礎フランジ部は，金属製のベースプレート上に設置されており，基礎ボルトでフランジ面を密着させることで，貫通部からの津波の流入を防止する設計とする。第2.2.1-7図に非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプの配置図，第 2.2.1-8図に非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプ据付面の構造を示す。

第 2.2.1-7 図　非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプ（スクリーン洗浄水ポンプ及び海水電解装置用海水ポンプ含む）配置図



第 2.2.1-8 図　非常用海水ポンプ及び常用海水ポンプ据付面（残留熱除去系海水ポンプの例）構造図

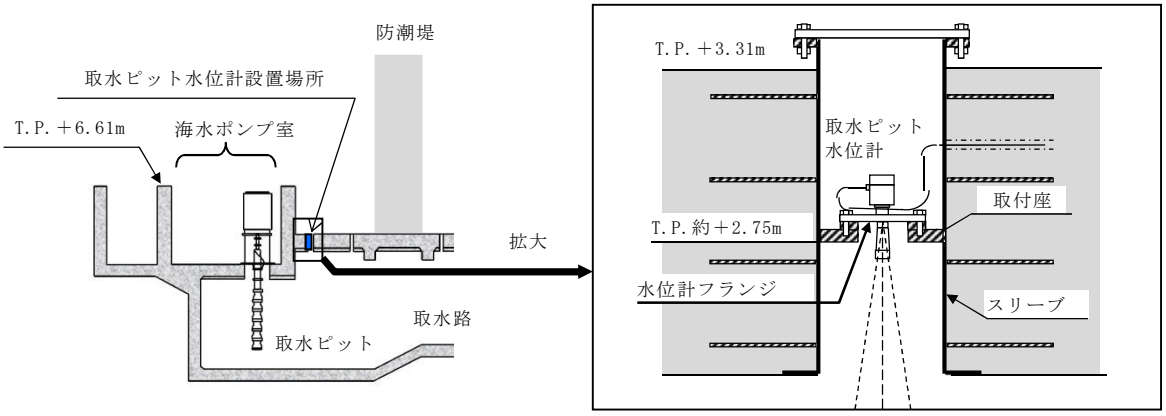
vi） 取水ピット水位計据付面

取水ピット水位計は，主に引き波時の取水ピットの下降側水位を監視するものであり，取水ピット上版に設置され，据付面の高さはT.P.約＋2.75m（水位計取付座下面）である。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さはT.P.＋24.8mであるため，取水路を経由した津波が取水ピット水位計据付面から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，取水ピット水位計は，取水ピット上版コンクリート躯体に設定する鋼製スリーブに取り付けた取付座とフランジ取り合いであり，取付ボルトでフランジ面を密着させることで，貫通部からの津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-9 図に取水ピット水位計の配置図，第 2.2.1-10 図に取水ピット水位計据付面の構造を示す。

第 2.2.1-9 図　取水ピット水位計配置図



第 2.2.1-10 図　取水ピット水位計据付面構造図

(b)　循環水系

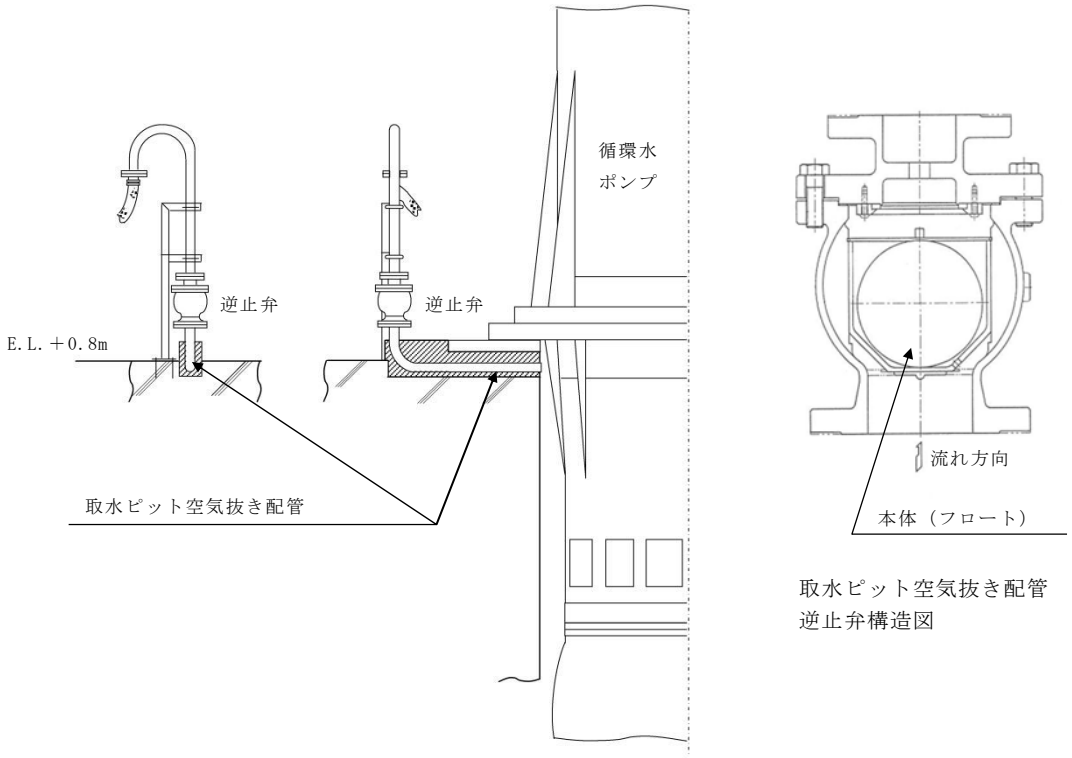
ⅰ）　取水ピット空気抜き配管

取水ピット空気抜き配管は，取水ピット水位の変動時に取水ピット上部空気層の息継ぎ用として設置されたものであり，取水路の 10 区画のうち，循環水ポンプ室が位置する 3 区画に対して設置され，取水ピット上版貫通部の上端レベルは T.P.＋0.8m である。敷地に遡上する津波による取水ピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋24.8m であるため，取水路を経由した津波が取水ピット空気抜き配管から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，取水ピット空気抜き配管に対して逆止弁を設置することで，循環水ポンプ室への津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-11 図に取水ピット空気抜き配管の配置図，第 2.2.1-12 図に取水ピット空気抜き配管逆止弁の構造図を示す。

第 2.2.1-11 図　取水ピット空気抜き配管配置図

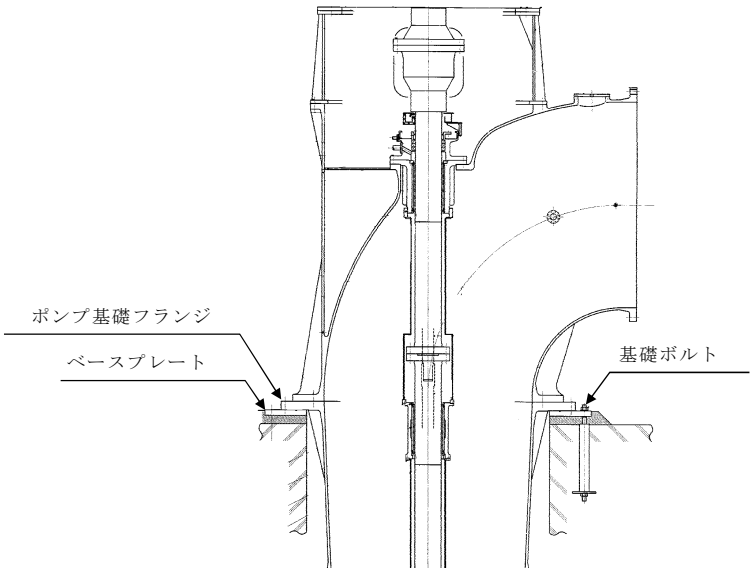


第 2.2.1-12 図　取水ピット空気抜き配管逆止弁構造図

ⅱ） 循環水ポンプ据付面

循環水ポンプの据付面高さはT.P.＋0.8mである。これに対し，取水ピットの上昇側の入力津波高さはT.P.24.8mであるため，取水路を経由した津波が据付面から防潮堤内側に流入する可能性がある。

しかし，循環水ポンプ基礎フランジは，金属製のベースプレート上に設置され，基礎ボルトで密着させる構造となっている。このため，十分な水密性を有することから，据付面からの津波の流入はない。第2.2.1-13図に循環水ポンプ据付面構造図を示す（循環水ポンプの配置は第2.2.1-11図参照）。



第2.2.1-13図　循環水ポンプ据付面構造図

(c) まとめ

「(a) 海水系」及び「(b) 循環水系」に示したとおり，浸水対策の実施により，特定した流入経路である取水路からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第2.2.1-2表に取水路からの津波の流入評価結果を示す。

第 2.2.1-2 表　取水路からの流入評価結果

系統	流入経路	入力津波 高さ (T.P.＋m)	状　　況	評価
(a)海水系	ⅰ)取水路点検用開口部	24.8	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	津波は，取水口及び取水路から防潮堤内に流入しない。
	ⅱ)海水ポンプグランドドレン排出口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，逆止弁を設置する。	
	ⅲ)非常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部		当該貫通部は，ポンプ基礎フランジとフランジ取り合いで，取付ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	
	ⅳ)常用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部			
	ⅴ)海水ポンプ据付面		据付面のポンプ基礎フランジは，ベースプレートとフランジ取り合いで，基礎ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	
	ⅵ)取水ピット水位計据付面		水位計フランジは，鋼製スリーブの取付座とフランジ取り合いで，取付ボルトで密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	
(b)循環水系	ⅰ)取水ピット空気抜き配管		取水ピット空気抜き配管から津波が流入する可能性があるため，当該配管に逆止弁を設置する。	
	ⅱ)循環水ポンプ据付面		据付面のポンプ基礎フランジは，ベースプレートとフランジ取り合いで，基礎ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	

ｂ．ＳＡ用海水ピット取水塔及び海水引込み管からＳＡ用海水ピットを通じた防潮堤内側への流入経路について

(a)　緊急用海水系

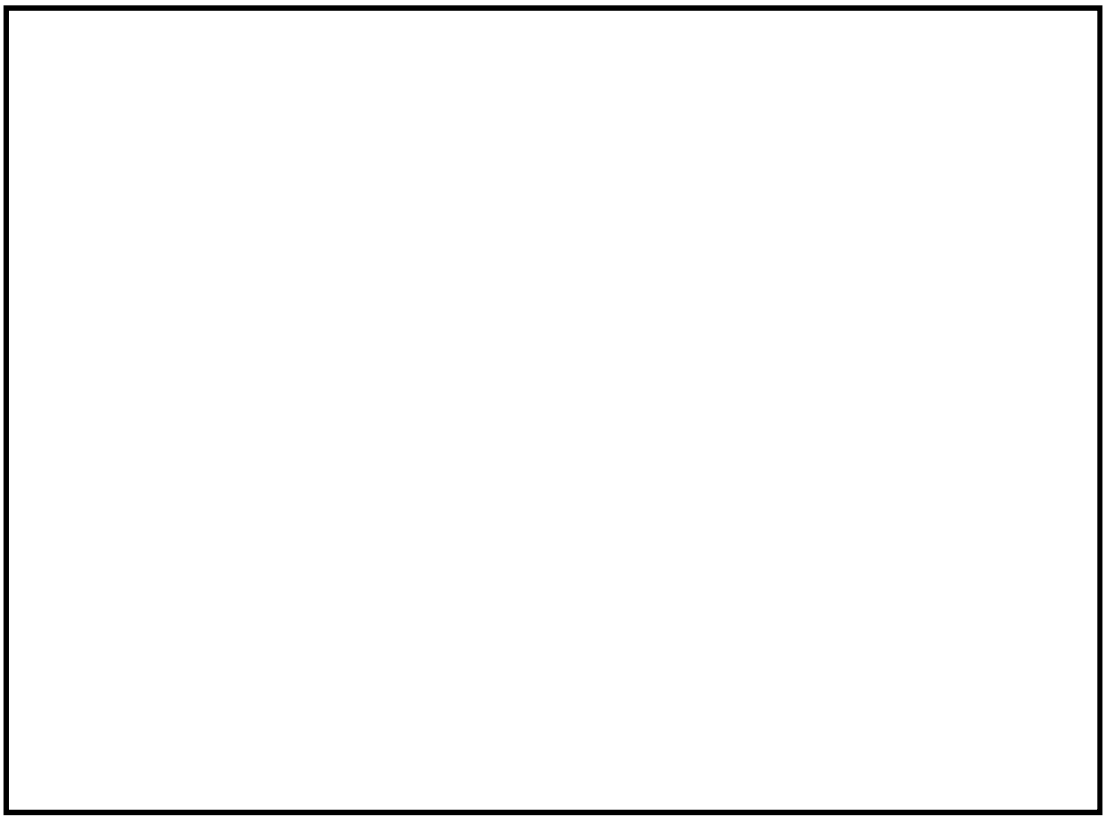
ｉ）　ＳＡ用海水ピット開口部

ＳＡ用海水ピットは，可搬型重大事故等対処設備の海水取水源として設置する。ＳＡ用海水ピットの上部には開口部があり，その据付レベルはT.P.＋7.3m である。

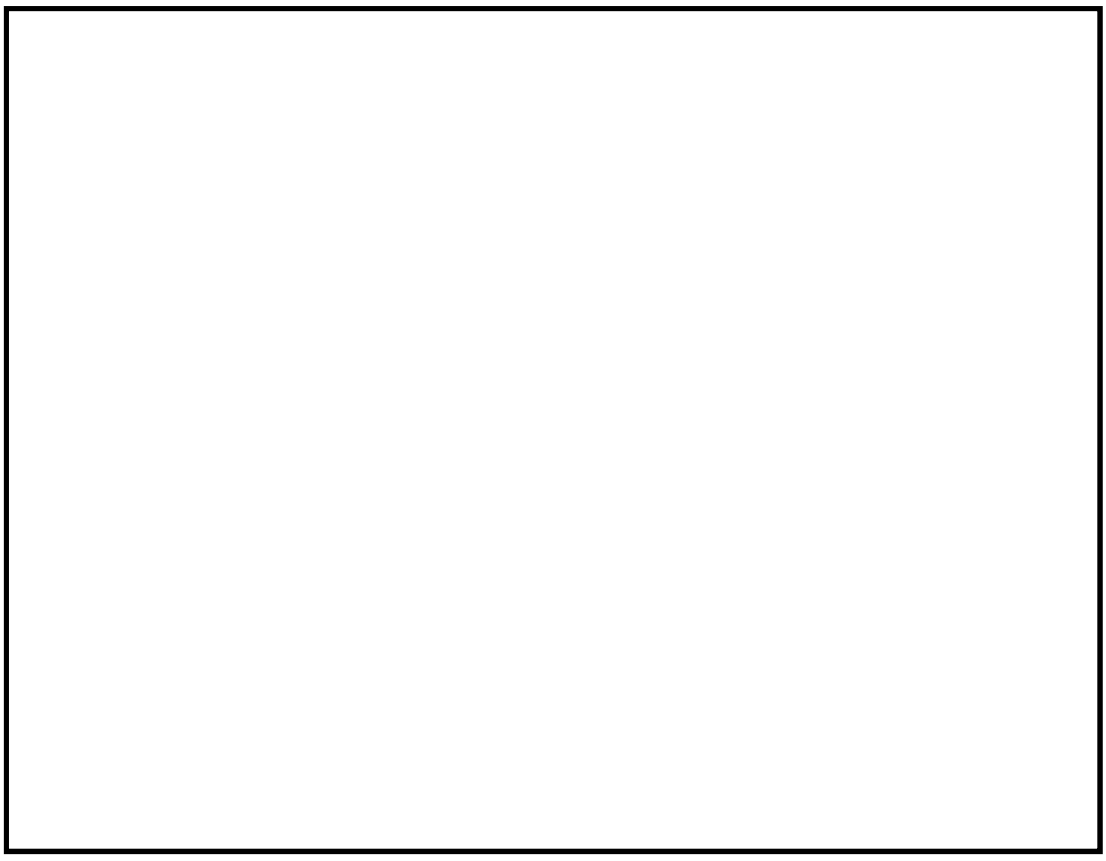
ＳＡ用海水ピットの海水は，取水口前面の南側防波堤内側のＳＡ用海水ピット取水塔から，海水引込み管を経由して当該ピットまで導かれるが，ＳＡ用海水ピット開口部高さT.P.＋7.3m に対し，敷地に遡上する津波によるＳＡ用海水ピットの上昇側の入力津波高さはT.P.＋10.9m であるため，海水引込み管を経由した津波がＳＡ用海水ピット開口部を通じて防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，ＳＡ用海水ピットの開口部に浸水防止蓋を設置することにより，防潮堤内側への津波の流入を防止する設計とする。第2.2.1-14 図にＳＡ用海水ピットの配置図，第 2.2.1-15 図にＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造図を示す。

以上の浸水防止対策の実施により，ＳＡ用海水ピット取水塔及び海水引込み管からＳＡ用海水ピットを通じた防潮堤内側への津波の流入防止が可能であることを確認した。



第 2.2.1-14 図　ＳＡ用海水ピット配置図



第 2.2.1-15 図　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋構造図

(b)　まとめ

「(a)　緊急用海水系」に示したとおり，浸水対策の実施により，特定した流入経路である海水引込み管からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.1-3 表に津波の流入評価結果を示す。

第 2.2.1-3 表　ＳＡ用海水ピット取水塔及び海水引込み管からＳＡ用海水ピットを通じた防潮堤内側への流入評価結果

系統	流入経路	入力津波 高さ (T.P.＋m)	状　　況	評価
(a)海水系	ⅰ)ＳＡ用海水ピット 開口部	10.9	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	ＳＡ用海水ピット取水塔及び海水引込み管からＳＡ用海水ピットを通じた防潮堤内側への津波の流入はない。

ｃ．ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管から緊急用海水ポンプピットを通じた流入経路について

(a)　緊急用海水系

ⅰ)　緊急用海水ポンプピット点検用開口部

緊急用海水ポンプピット点検用開口部については，「2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１)」を適用する。

ⅱ)　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口については，「2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１)」を適用する。

iii） 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口については，「2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１）」を適用する。

iv） 緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部

緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部については，「2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１）」を適用する。

v） 緊急用海水ポンプ据付面

緊急用海水ポンプ据付面については，「2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１）」を適用する。

(b)　まとめ

「(a)　緊急用海水系」に示したとおり，浸水対策の実施により，特定した流入経路であるＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管から緊急用海水ポンプピットを通じた津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.1-4 表に津波の流入評価結果を示す。

第 2.2.1-4 表　ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管から緊急用海水ポンプピットを通じた防潮堤内側への流入評価結果

系統	流入経路	入力津波高さ (T.P.＋m)	状　況	評価
(a)海水系	ⅰ)緊急用海水ポンプピット点検用開口部	10.9	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管から緊急用海水ポンプピットを通じた防潮堤内側への津波の流入ない。
	ⅱ)緊急用海水ポンプグランドドレン排出口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，逆止弁を設置する。	
	ⅲ)緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，逆止弁を設置する。	
	ⅳ)緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部		当該貫通部は，ポンプ基礎フランジとフランジ取り合いで，取付ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	
	ⅴ)緊急用海水ポンプ据付面		据付面のポンプ基礎フランジは，ベースプレートとフランジ取り合いで，基礎ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	

d．放水路からの流入経路について

(a) 海水系

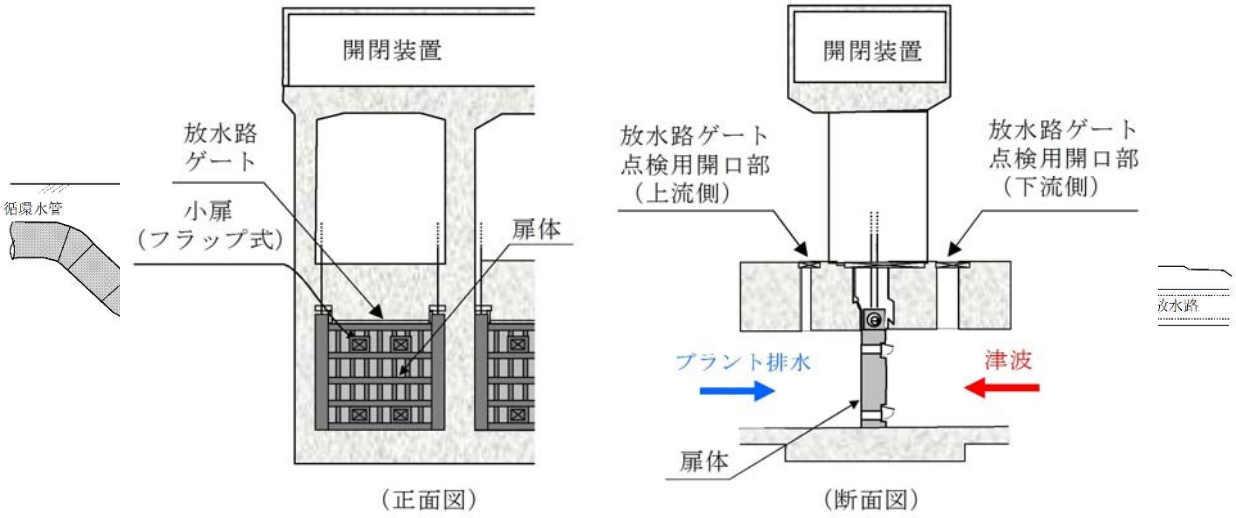
ⅰ） 放水ピット上部開口部

放水ピット上部には，放水ピット水位の変動時に放水ピット上部空気層の息継ぎ用として，放水ピットの 3 区画に対して開口部が設置され，開口部の上端高さは T.P.＋8m である。これに対し，敷地に遡上する津波による放水路ゲート設置箇所の上昇側の入力津波高さは T.P.＋32.0m であるため，放水路を経由した津波が放水ピット上部開口部から敷地内（防潮堤内側）に流入する可能性がある。

これに対し，放水ピット下流側の放水路にゲートを設置し，津波発生時にはゲートを閉止して放水ピットへの津波の流入を防止することにより，放水ピット上部開口部から防潮堤内側への津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-16 図に放水路ゲート及び放水ピット上部開口部の配置図，第 2.2.1-17 図に放水路ゲートの構造図を示す。

第 2.2.1-16 図　放水路ゲート及び放水ピット上部開口部配置図



第 2.2.1-17 図　放水路ゲート構造図

ⅱ） 放水路ゲート点検用開口部（上流側）

放水路ゲート点検用開口部（上流側）は，放水路ゲートの上流側に位置する角落し用の開口部であり，放水路の 3 水路それぞれに設置される。開口部の上端高さは T.P.約＋3.5m である。これに対し，敷地に遡上する津波による放水路ゲートの設置箇所の上昇側の入力津波高さは T.P.＋32.0m であるため，放水路を経由した津波が放水路ゲート点検用開口部(上流側)から敷地に流入する可能性がある。

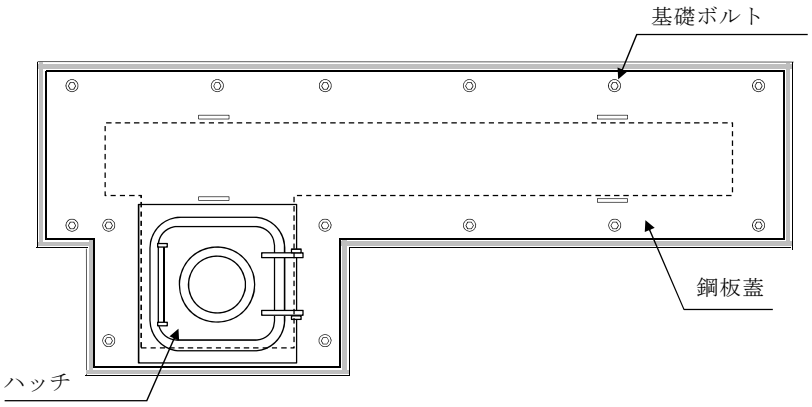
これに対し，「ⅰ)放水ピット上部開口部」に示した放水路ゲートにより放水路ゲート点検用開口部（上流側）に津波が流入することを防止する設計とする（放水路ゲート点検用開口部（上流側）の配置は第 2.2.1-16 図，構造は第 2.2.1-17 図参照)。

ⅲ） 放水路ゲート点検用開口部（下流側）

放水路ゲート点検用開口部（下流側）は，放水路ゲートの下流側に位置する角落し用の開口部であり，放水路の 3 水路それぞれに設置される。開口部の上端高さは約 T.P.＋3.5m である。これに対し，敷地に遡上する津波による放水路ゲートの設置箇所の上昇側の入力津波高さは T.P.＋32.0m であるため，放水路を経由した津波が放水路ゲート点検用開口部（下流側）から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，放水路ゲート点検用開口部（下流側）に浸水防止蓋を設置することで津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-18 図に放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図を示す（放水路ゲート点検用開口部（下流側）の配置は第 2.2.1-16 図参照)。



タイプ①（鋼板蓋＋ハッチ式）の場合

第 2.2.1-18 図　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋構造図例

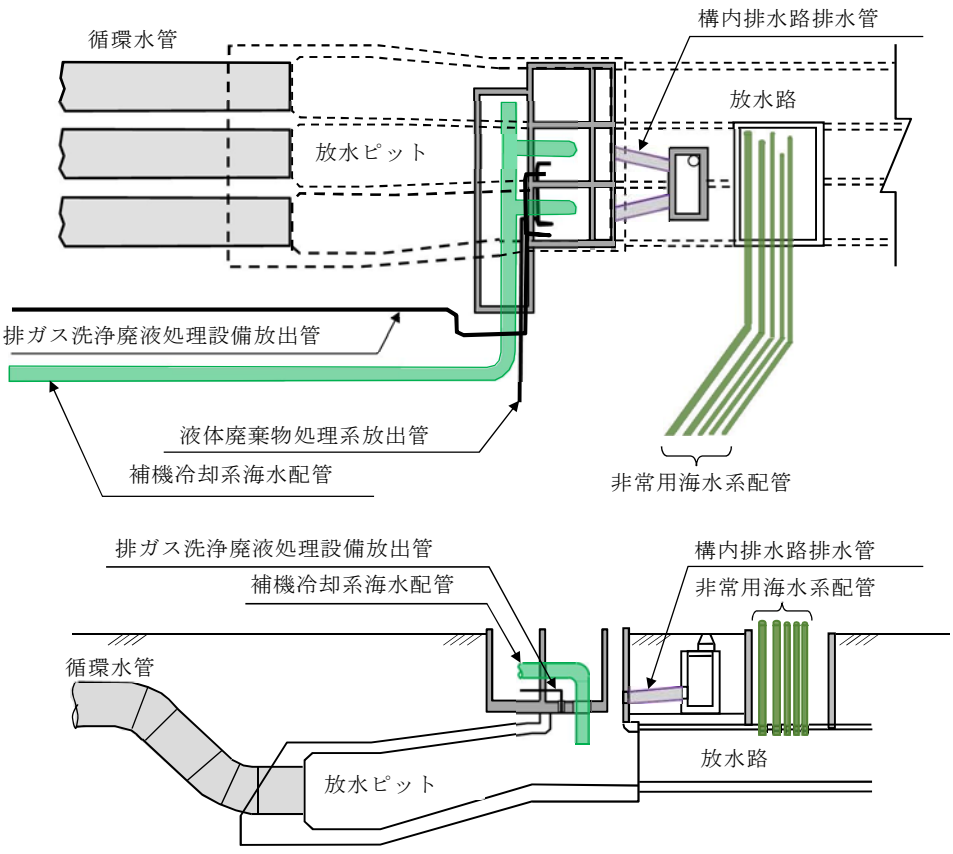
（第 2.2.1-2 図　取水路点検用開口部浸水防止蓋の例）

ⅳ） 海水配管（放水ピット接続部）

放水ピットには，タービン建屋からの常用海水系である補機冷却系海水配管が接続されており，放水口から放水路を経由した津波が放水ピットに接続する海水配管の貫通部から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，放水路を経由した津波が流入しないよう放水路に放水路ゲートを設置することで津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-19 図に海水系配管の配置図を示す。（放水路ゲートの配置は第 2.2.1-16 図，構造は第 2.2.1-17 図参照）



第 2.2.1-19 図　海水系配管配置図

ｖ） 海水配管（放水路接続部）

放水路には，原子炉建屋からの非常用海水系戻り配管である残留熱除去系海水配管，非常用ディーゼル発電機用海水配管及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管が接続されている。放水口から放水路を経由した津波が，放水路に接続する海水配管の貫通部から防潮堤内側に流入する可能性がある。

これに対し，放水路を経由した津波が流入しないよう放水路に放水路ゲートを設置することで津波の流入を防止する設計とする。

（海水系配管の配置は第 2.2.1-19 図，放水路ゲートの配置は第 2.2.1-16 図，構造は第 2.2.1-17 図参照）。

(b) 循環水系（放水ピット接続部）

（ｉ）放水ピット上部開口部

「(a) 海水系 ｉ） 放水ピット上部開口部」と同じ。

（ⅱ）放水路ゲート点検用側開口部（下流側）

「(a) 海水系 ⅱ） 放水路ゲート点検用開口部（上流側)」と同じ。

（ⅲ）放水路ゲート点検用開口部（下流側）

「(a) 海水系 ⅲ） 放水路ゲート点検用開口部（下流側)」と同じ。

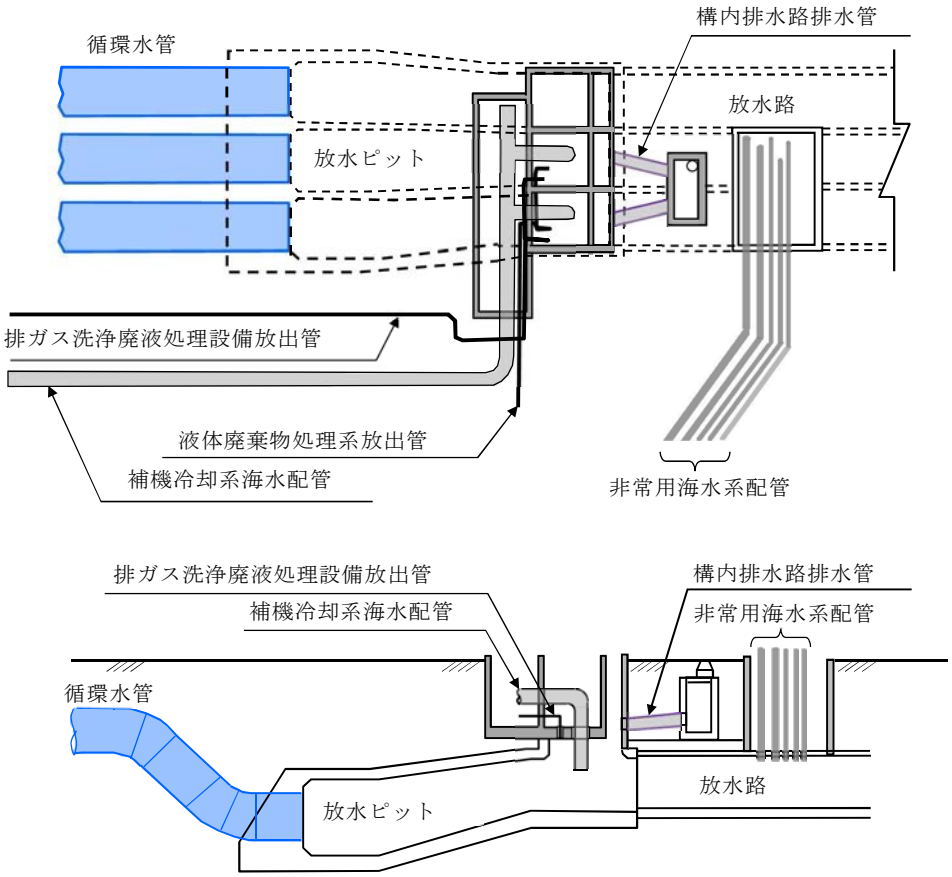
（ⅳ）循環水管（放水ピット接続部）

放水ピットには,タービン建屋からの循環水管が接続されており,放水口から放水路を経由した津波がタービン建屋放水路に接続する海水配管の貫通部から敷地内（防潮堤内側）に流入する可能性がある。

このため，放水路を経由した津波が流入しないよう放水路に放水

路ゲートを設置する。これにより，放水ピットに接続する循環水配管から津波は流入することはない。

第 2.2.1-20 図に循環水管の配置図を示す。（放水路ゲートの配置は第 2.2.1-16 図，構造は第 2.2.1-17 図参照）



第 2.2.1-20 図　循環水系管配置図

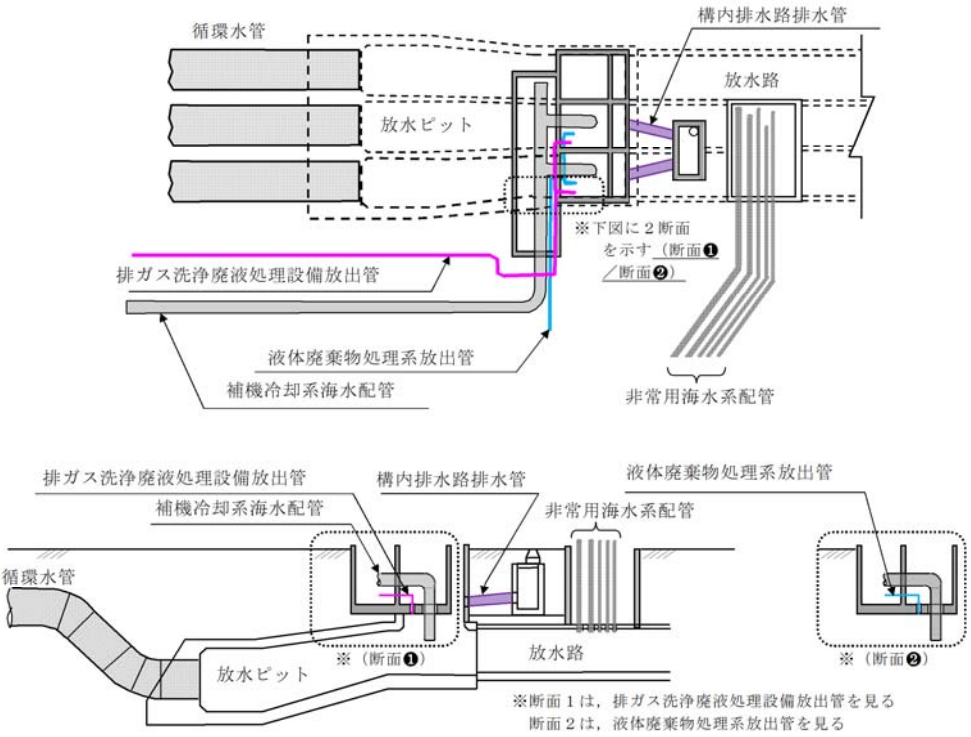
(c)　その他の接続配管

ⅰ）　その他の配管（液体廃棄物処理系放出管，排ガス洗浄廃液処理設備放出管，構内排水路排出管）

放水ピットには，原子炉建屋からの液体廃棄物処理系放出管，廃棄物処理建屋からの排ガス洗浄廃液処理設備放出管，構内排水路により集水された雨水を排水する放出管が接続されており，放水口から放水路を経由した津波が配管を通して貫通部から敷地内（防潮堤内側）に流入する可能性がある。

これに対し，放水路を経由した津波が流入しないよう放水路に放水路ゲートを設置することで津波の流入を防止する設計とする。

第 2.2.1-21 図にその他の接続配管の配置図を示す。（放水路ゲートの配置は第 2.2.1-16 図，構造は第 2.2.1-17 図参照）



第 2.2.1-21 図　その他の接続管配置図

(d)　まとめ

「(a)　海水系」から「(c)　その他接続配管」に示したとおり，浸水対策等の実施により，特定した流入経路である放水路からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.1-5 表に放水路からの津波の流入評価結果を示す。

第 2.2.1-5 表　放水路からの流入評価結果

系統	流入経路	入力津波高さ (T.P.＋m)	状　況	評価
(a)海水系	ⅰ)放水ピット上部開口部	32.0	当該経路から津波が流入する可能性があるため，放水路ゲートにより放水路を閉止し，津波が流入することを防止する。	放水路から防潮堤内側への津波の流入ない
	ⅱ)放水路ゲート点検用開口部（上流側）			
	ⅲ)放水路ゲート点検用開口部（下流側）		当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	
	ⅳ)海水配管（放水ピット接続部）		当該経路から津波が流入する可能性があるため，放水路ゲートにより放水路を閉止し，津波が流入することを防止する。	
	ⅴ)海水配管（放水路接続部）			
(b)循環水系	ⅰ)放水ピット上部開口部（(a) ⅰ)と同じ。）			
	ⅱ)放水路ゲート点検用開口部（上流側）（(a) ⅱ)と同じ。）			
	ⅲ)放水路ゲート点検用開口部（下流側）（(a) ⅲ)と同じ。）		当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	
	ⅳ)循環水管（放水ピット接続部）		当該経路から津波が流入する可能性があるため，放水路ゲートにより放水路を閉止し，津波が流入することを防止する。	
(c)その他の排水配管	ⅰ)その他の配管（液体廃棄物処理系放出管，排ガス洗浄廃液処理設備放出管，構内排水路排出管）			

ｅ．構内排水路からの流入について

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に繋がる構内排水路は，以下に示す 7 経路がある。

構内排水路は，合計 10 箇所存在する。放水ピットから放水路を経由し放水口に排水する排水路が 1 箇所，また，防潮堤の地下部を通り海域に排水する排水路は,敷地側面北側に 2 箇所，敷地前面東側に 7 箇所存在する。

なお，経路１については,「ｃ．放水路からの上部開口部（c） その他の接続配管　ｉ)その他の配管（構内排水路排水管)」において示した経路である。

・経路１：原子炉建屋周辺及び T.P.＋8m の敷地からの雨水排水について，放水ピットから放水路を経て放水口より海域に至る経路

・経路２：防潮堤内の雨水排水について，敷地側面北側防潮堤の地下部を通り防潮堤外陸域に至る経路

・経路３：敷地の西側 T.P.＋23m 及び T.P.＋25m の敷地からの雨水排水について，敷地前面東側防潮堤の地下部を通り海域（放水路南側）に至る経路

・経路４：敷地東側 T.P.＋4.5m 敷地からの雨水排水について，敷地前面東側防潮堤の地下部を通り海域（取水口北側）に至る経路

・経路５：海水ポンプ室周辺 T.P.＋3m の敷地からの雨水排水について，敷地前面東側防潮堤の地下部を通り海域（取水口脇）に至る経路

・経路６：敷地東側の T.P.＋8m の敷地からの雨水排水について，敷地

前面東側防潮堤の地下部を通り海域（取水口南側）に至る経路

・経路７：東海発電所（廃止措置中）T.P.＋8m の敷地からの雨水排水について，敷地前面東側防潮堤の地下部を通り海域（東海発電所放水口北側）に至る経路

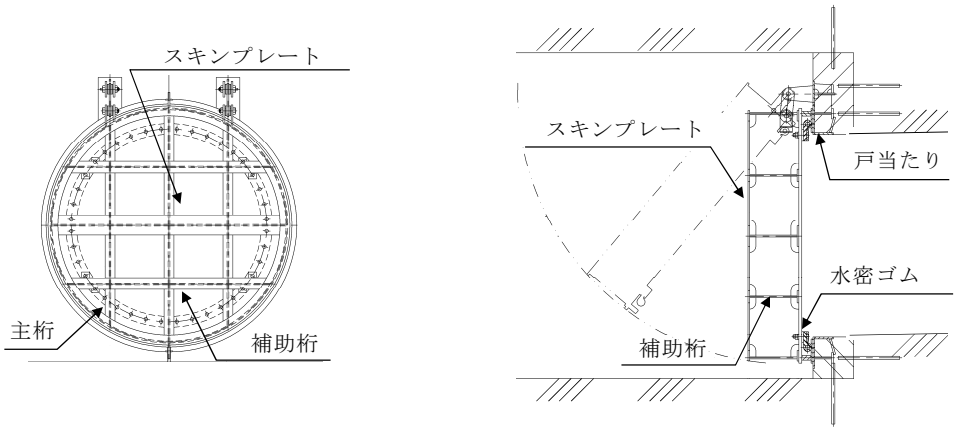
以上の経路から津波が流入する可能性がある。

経路１は放水ピットから放水路を経由し放水口に排水する排水路が該当する。放水口からの流入津波が放水ピットを経由し，敷地に流入する可能性があることから，放水路に対して放水路ゲートを設置する設計とする。

経路２から経路７は，防潮堤の地下部を通り海域に排水する排水路が該当する。これに対して，敷地に遡上する津波による防潮堤前面における入力津波高さは，T.P.＋24.0m であるため，構内排水路からの流入津波が集水枡を経由し，敷地内（防潮堤内側）に流入する可能性があることから，構内排水路に対して逆流防止設備を設置する設計とする。

第 2.2.1-22 図に構内排水路（防潮堤横断部）配置図，第 2.2.1-23 図に構内排水路逆流防止設備構造図，第 2.2.1-6 表に構内排水路からの津波の流入評価結果を示す。

第 2.2.1-22 図　構内排水路（防潮堤横断部）配置図



第 2.2.1-23 図　構内排水路逆流防止設備構造図

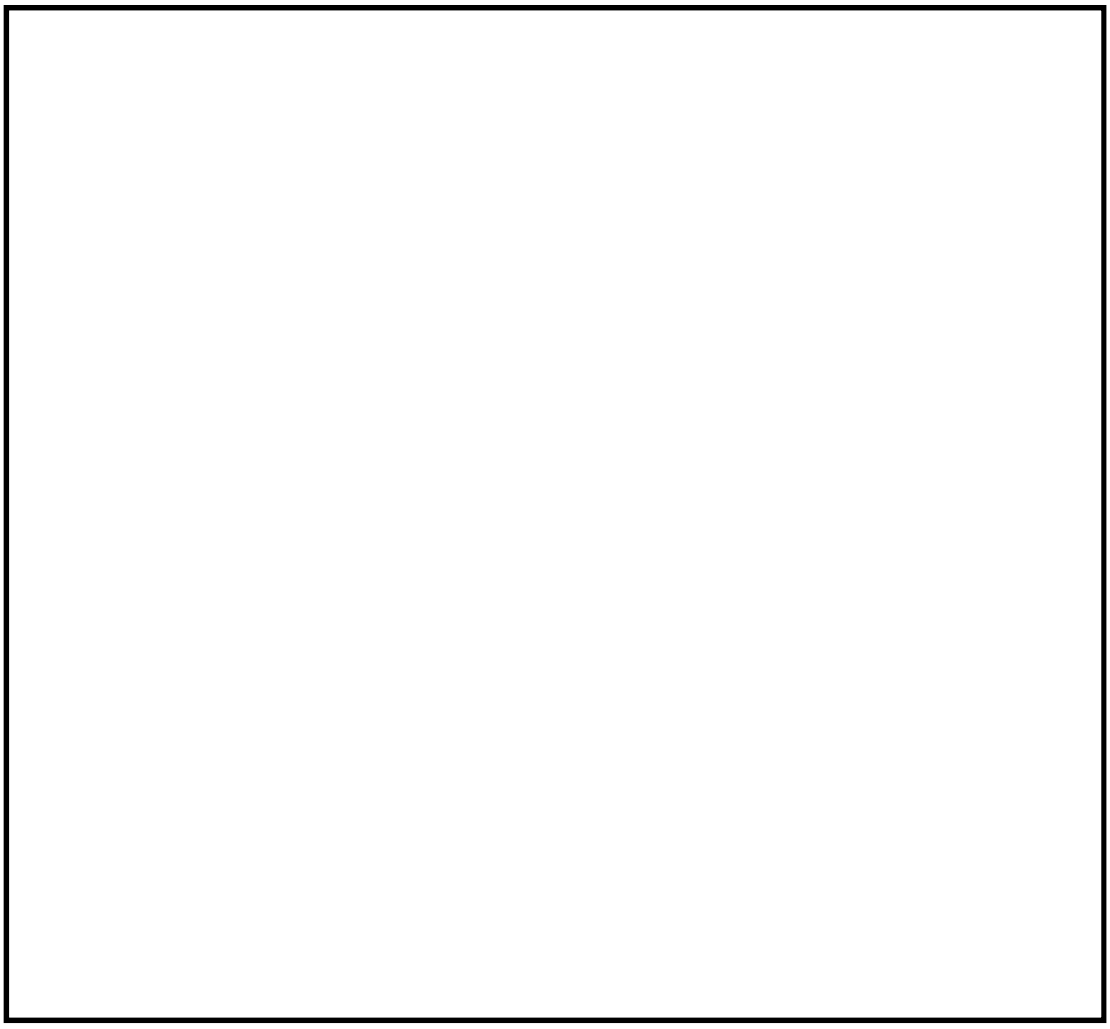
第 2.2.1-6 表　構内排水路からの流入評価結果

系統	流入経路	入力津波 高さ (T.P.＋m)	状　　況	評価
構内排水路	構内排水路 （放水ピット） 経路①	―	「ｃ．放水路からの流入経路について」にて述べたとおり，放水路に対し，放水路ゲートを設置する。	構内排水路から津波は流入しない。
構内排水路	構内排水路（北側） 経路②	24.0	当該経路から津波が流入する可能性があるため，構内排水路に対し，逆流防止設備を設置する。	構内排水路から津波は流入しない。
構内排水路	構内排水路（東側） 経路③～⑦		当該経路から津波が流入する可能性があるため，構内排水路に対し，逆流防止設備を設置する。	構内排水路から津波は流入しない。

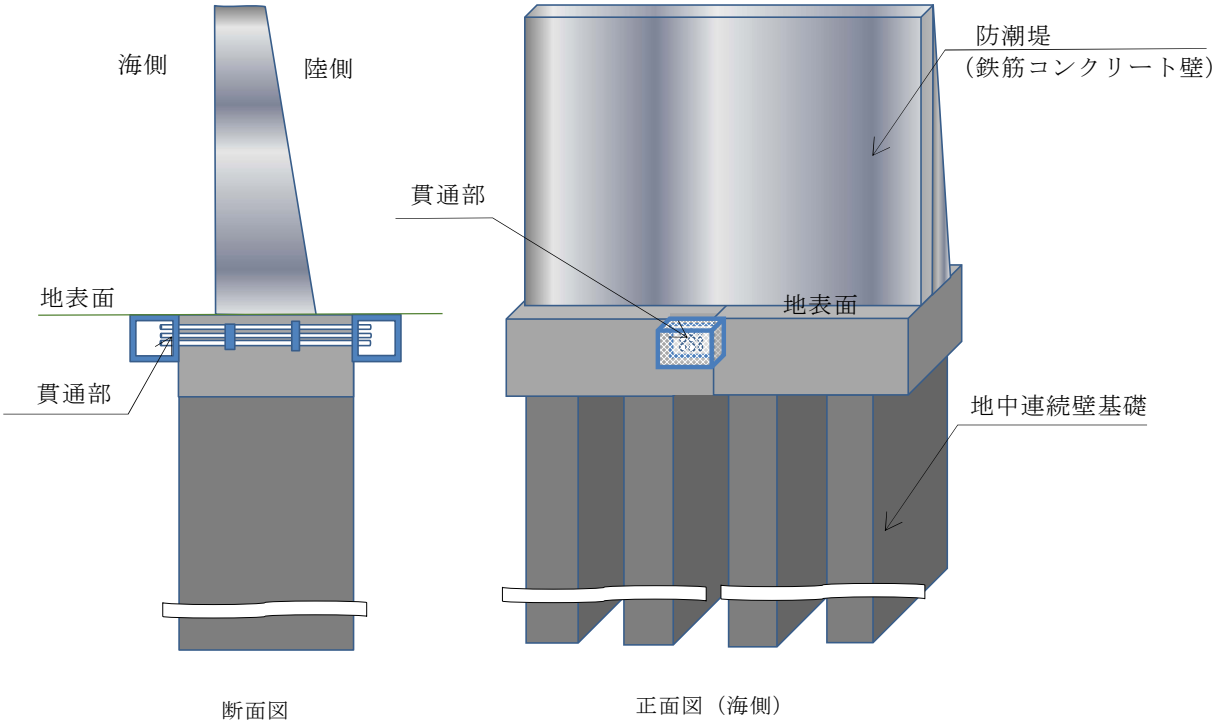
f．その他

(a)　防潮堤及び防潮扉の地下部を貫通する電線管・配管等

防潮堤外側の施設・設備に接続する電線管・配管等は，防潮堤及び防潮扉の地下部を貫通する配管等の貫通部を介して使用現場まで地中敷設されるが，配管等の貫通部を経由して津波が防潮堤内側に流入する可能性がある。これに対し，開口部等に対しては，穴仕舞を実施する設計とする。第 2.2.1-24 図に防潮堤貫通部配置図及び第 2.2.1-25 図に防潮堤貫通部概念図を示す。



第 2.2.1-24 図　防潮堤貫通部配置図



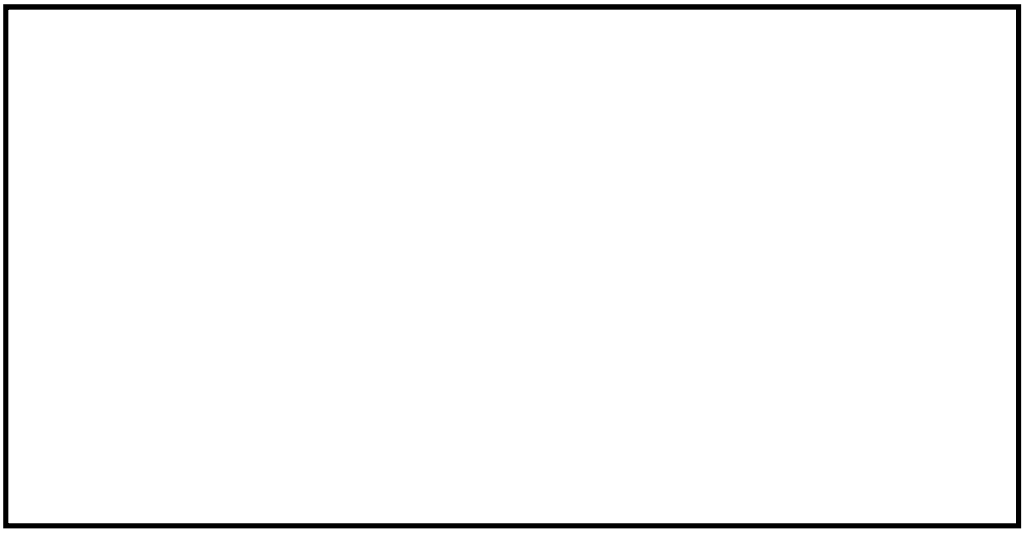
第 2.2.1-25 図　防潮堤貫通部概念図

（鉄筋コンクリート壁の例）

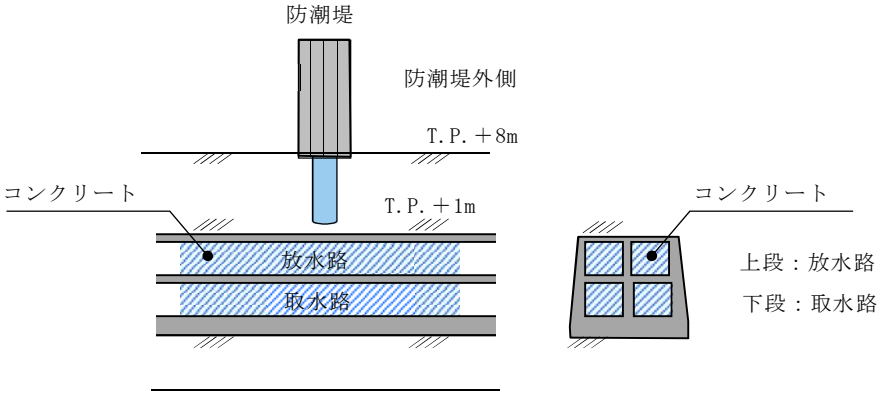
(b)　東海発電所取水路及び放水路

敷地前面東側の防潮堤は，東海発電所の取水路及び放水路上に設置するため，取水路及び放水路を経由した津波が敷地内（防潮堤内側）に流入する可能性がある。

このため，取水路及び放水路にコンクリートを充填し閉鎖する。これにより，津波が流入することはない。第 2.2.1-26 図に東海発電所取水路及び放水路の配置図，第 2.2.1-27 図に東海発電所取水路及び放水路の閉鎖概要図を示す。



第 2.2.1-26 図　東海発電所取水路及び放水路配置図

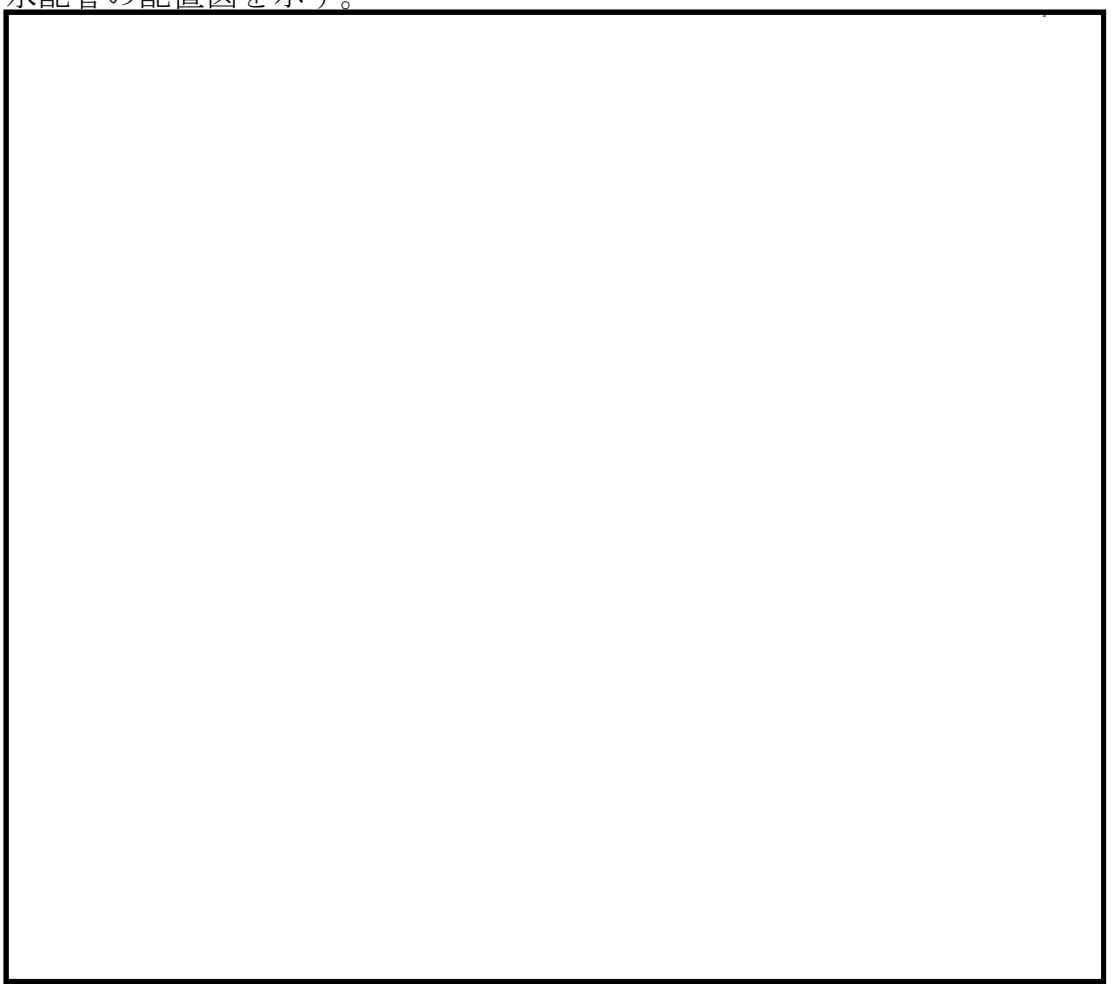


第 2.2.1-27 図　東海発電所取水路及び放水路の閉鎖概要図

(c)　屋外二重管（非常用海水系配管）

屋外二重管（非常用海水系配管）は，海水ポンプ室の開口部から地下を通り原子炉建屋に接続されていることから，敷地に遡上した津波が原子炉建屋外壁の貫通部まで到達し，貫通部から建屋内に流入する可能性がある。

このため，原子炉建屋外壁の貫通部に止水対策を講じる。これにより，防潮堤を超えて海水ポンプ室に流入した津波が，屋外二重管を通じて原子炉建屋内に流入することはない。第 2.2.1-41 図に非常用海水配管の配置図を示す。



第 2.2.1-41 図　屋外二重管（非常用海水系配管）の配置図

2.2.2　遡上波の地上部からの到達，流入の防止（外郭防護１）

【規制基準における要求事項等】

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。

基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には，防潮堤等の津波防護施設，浸水防止設備を設置すること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画のうち，防潮堤を越流した津波が到達する高さにある建屋及び区画並びに津波が到達しない高さにある建屋及び区画を特定する。津波が到達する高さにある建屋及び区画については，津波が地上部から流入する可能性のある経路を特定する。

特定した経路に対して，浸水対策を施すことにより敷地に遡上する津波の流入を防止する（【検討結果】(1)　敷地に遡上する津波の地上部から到達する可能性のある敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の特定及び【検討結果】(2)　敷地に遡上する津波の地上部からの流入防止参照）。

【検討結果】

(1) 防潮堤を越流した敷地に遡上する津波が，地上部から到達する可能性のある敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の特定

「2.1　敷地に遡上する津波に対する津波防護の基本方針」に示したとおり，原子炉建屋，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，緊急用海水ポンプピット，排気筒，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）は，敷地に遡上する津波の遡上域（T.P.＋8m の敷地）に設置されている。このうち，原子炉建屋，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，緊急用海水ポンプピット及び常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）については，津波が流入する可能性のある経路を特定し，浸水対策を実施する。排気筒は，敷地に遡上する津波の遡上域に設置されるが浸水経路がないことから浸水防止を実施する必要はないが，津波とともに漂流物が到達する可能性があることから，漂流物の影響評価を実施する。

また，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備のうち，緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）は，敷地に遡上する津波が到達しない十分高い場所（T.P.＋23m 及び T.P.＋25m の敷地）に設置する。

第 2.2.2-1 図に，敷地への遡上域及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の位置を示す。



第 2.2.2-1 図　敷地への遡上域及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の位置

(2)　敷地に遡上する津波の地上部からの流入防止

a．原子炉建屋

(a)　原子炉建屋外壁

原子炉建屋１階外壁は，防潮堤及び防潮扉を越流又は側面から回り込み防潮堤内に流入した津波が到達した際に，防潮堤及び防潮扉に替わり外郭防護１として建屋内への津波の流入を防止する機能を有する。原子炉建屋１階外壁には，機器搬出入口及び人員用出入口開口部が存在するため。次項に示すとおり開口部の扉を水密化することで，原子炉建屋外壁とあいまって津波防護施設として機能する。

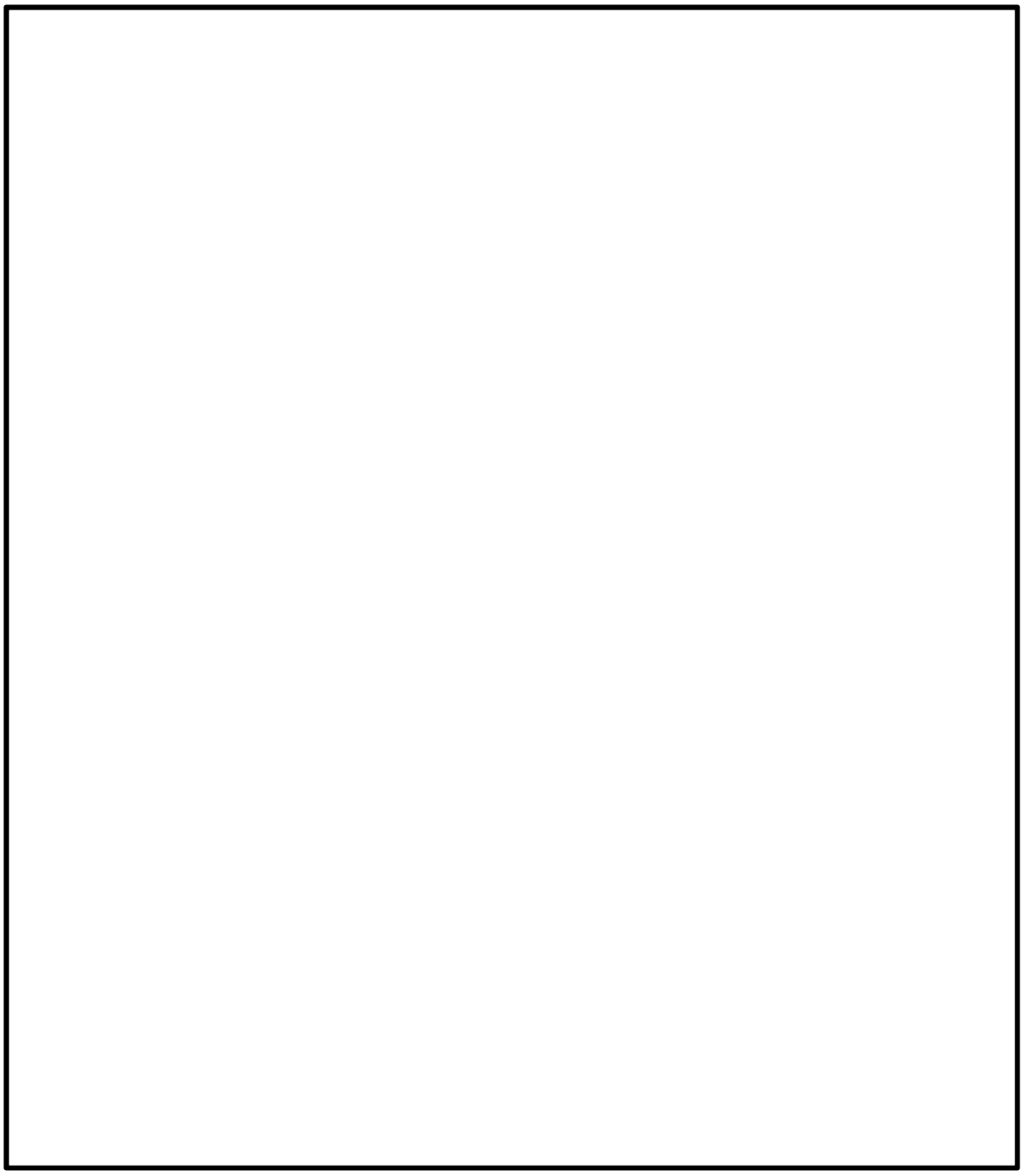
(b)　機器搬出入口及び人員用出入口

原子炉建屋１階外壁部には，機器搬出入口及び人員用出入口が設置され，開口部の下端の高さはT.P.＋8.2mである。これに対し，原子炉建屋南側の入力津波の最大浸水深は，1.0m(T.P.＋9.0m)であるため，機器搬出入口及び人員用出入口を経由し津波が原子炉建屋内に流入する可能性がある。

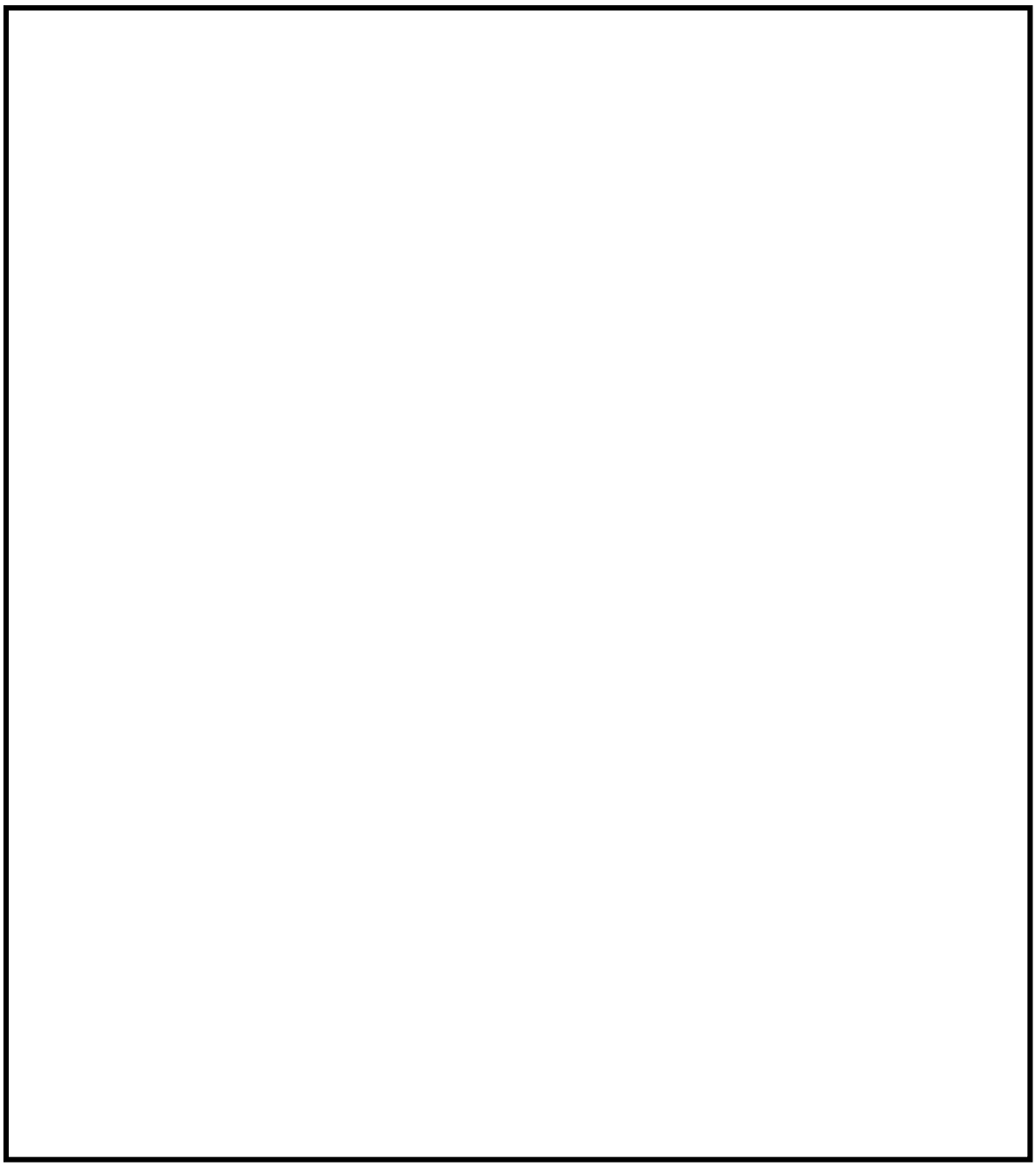
このため，機器搬出入口及び人員用出入口に対して，原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び原子炉建屋人員用水密扉を設置することにより，敷地に遡上する津波の原子炉建屋内への流入を防止する設計とする。

なお，原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び原子炉建屋人員用水密扉は，通常時は，原則，閉止する運用とする。

第2.2.2-2図に原子炉建屋1階の境界の範囲，第2.2.2-3図に原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び原子炉建屋人員用水密扉の配置，第2.2.2-4図に原子炉建屋人員用水密扉の概略構造（例）を示す。



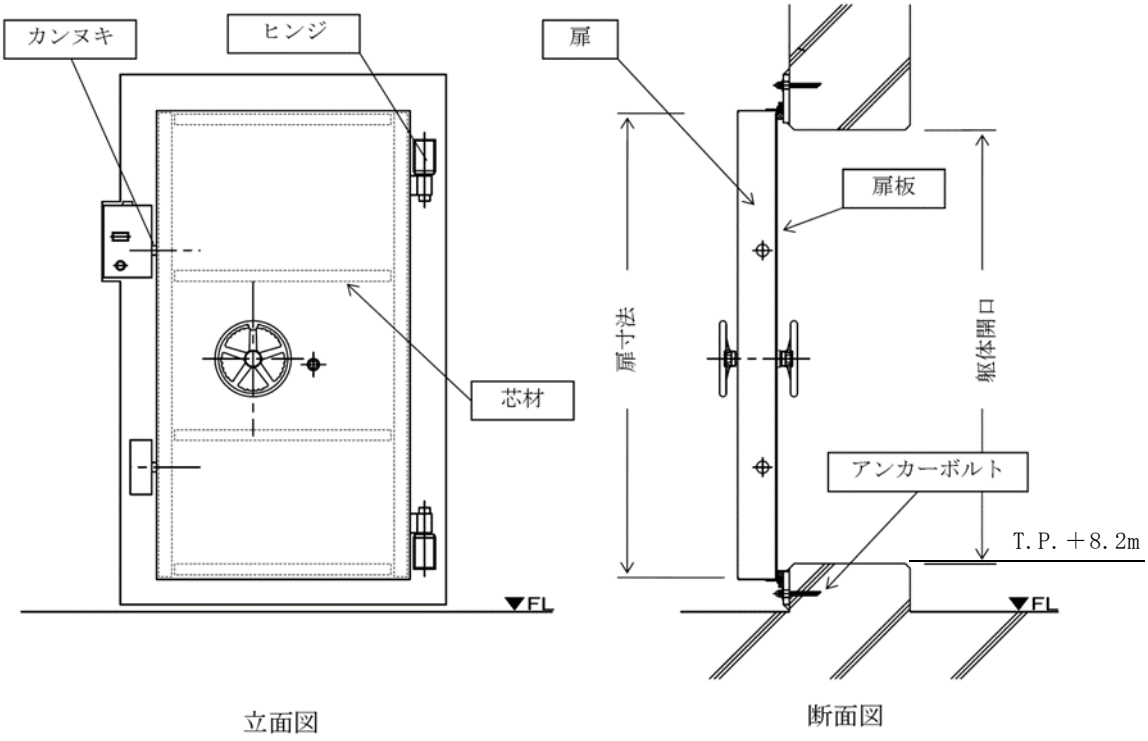
第 2.2.2-2 図　原子炉建屋 1 階の境界の範囲



No	名称
①	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-02）
②	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-09）
③	原子炉建屋機器搬出入口水密扉（R/B-1F-11）
④	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-13）
⑤	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-14）
⑥	原子炉建屋人員用水密扉（T/B-R/B-1F-01）

第 2.2.2-3 図　原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び

原子炉建屋人員用水密扉の配置図



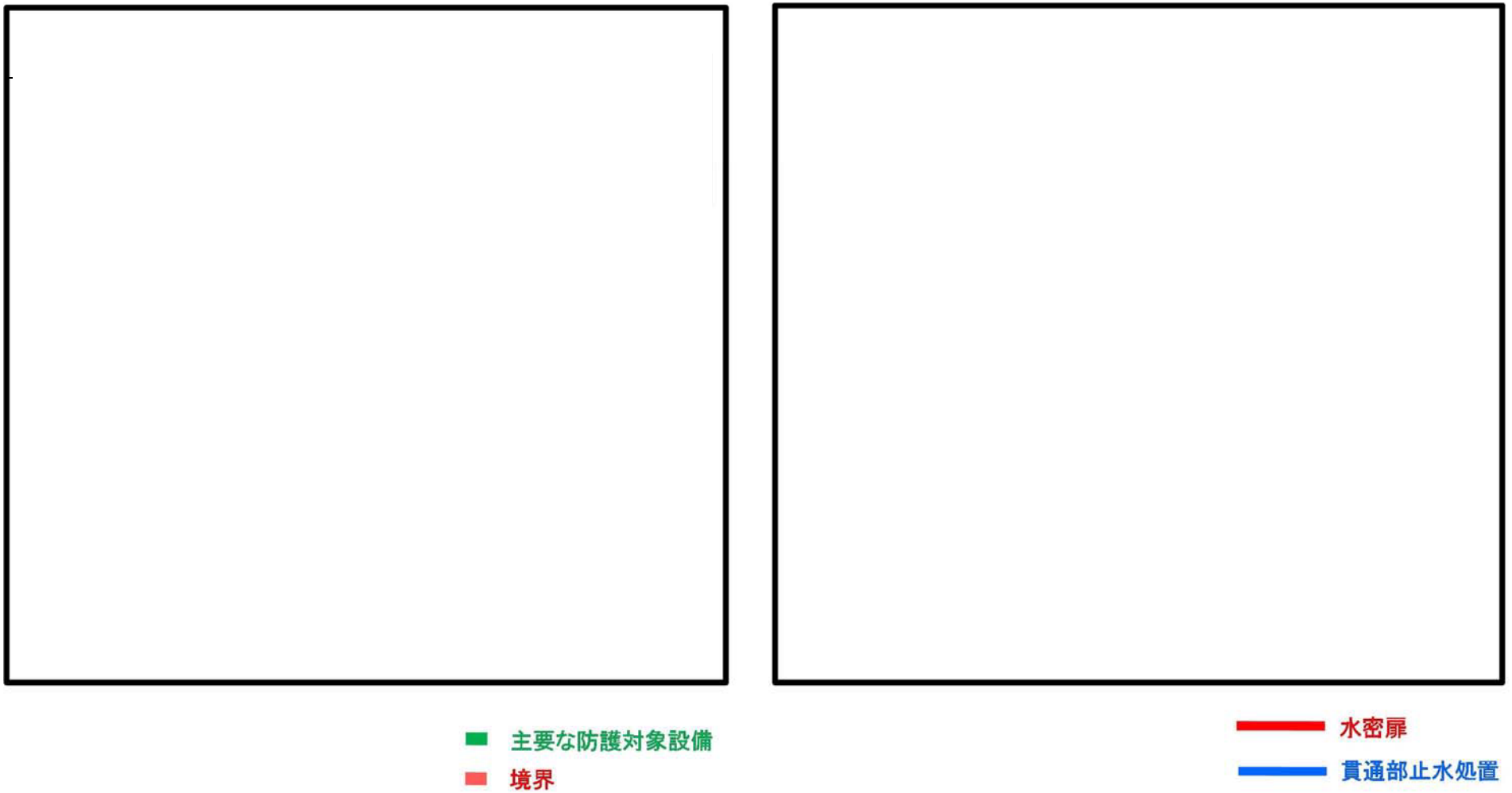
第 2.2.2-4 図　原子炉建屋人員用水密扉の概略構造（例）図

(c)　配管等の貫通部

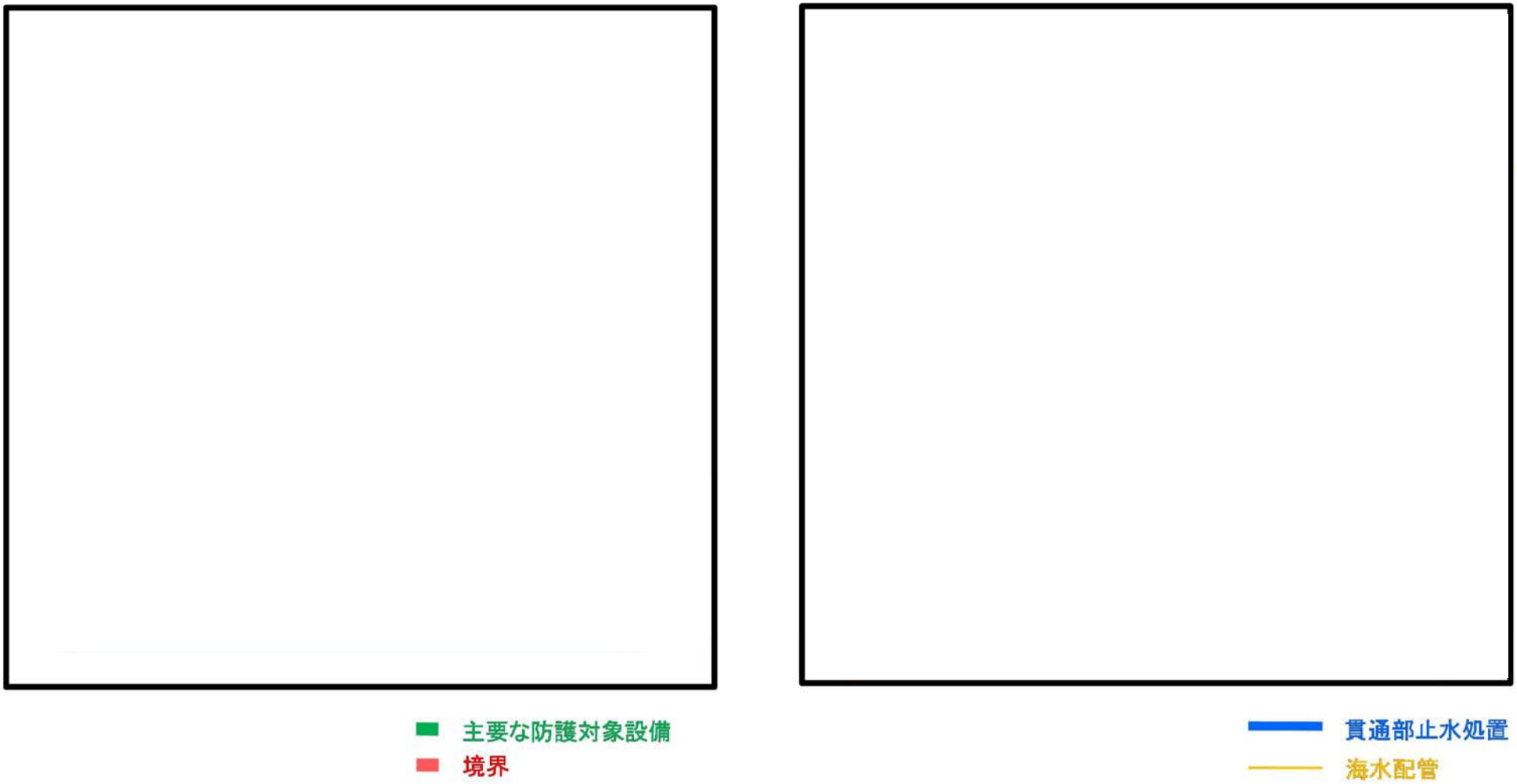
原子炉建屋１階外壁，地下１階外壁及び地下２階外壁部には，配管等の貫通部が設置されている。これに対し，敷地に遡上する津波による原子炉建屋南側の入力津波の最大浸水深は，1.0m（T.P.＋9.0m）であり，これより下方に設置されている貫通部があるため，貫通部を経由し津波が原子炉建屋内に流入する可能性がある。

これに対し，貫通部の下端高さが T.P.＋9.0m 以下の貫通部に対して止水処置を実施することにより，敷地に遡上する津波の原子炉建屋内への流入を防止する設計とする。

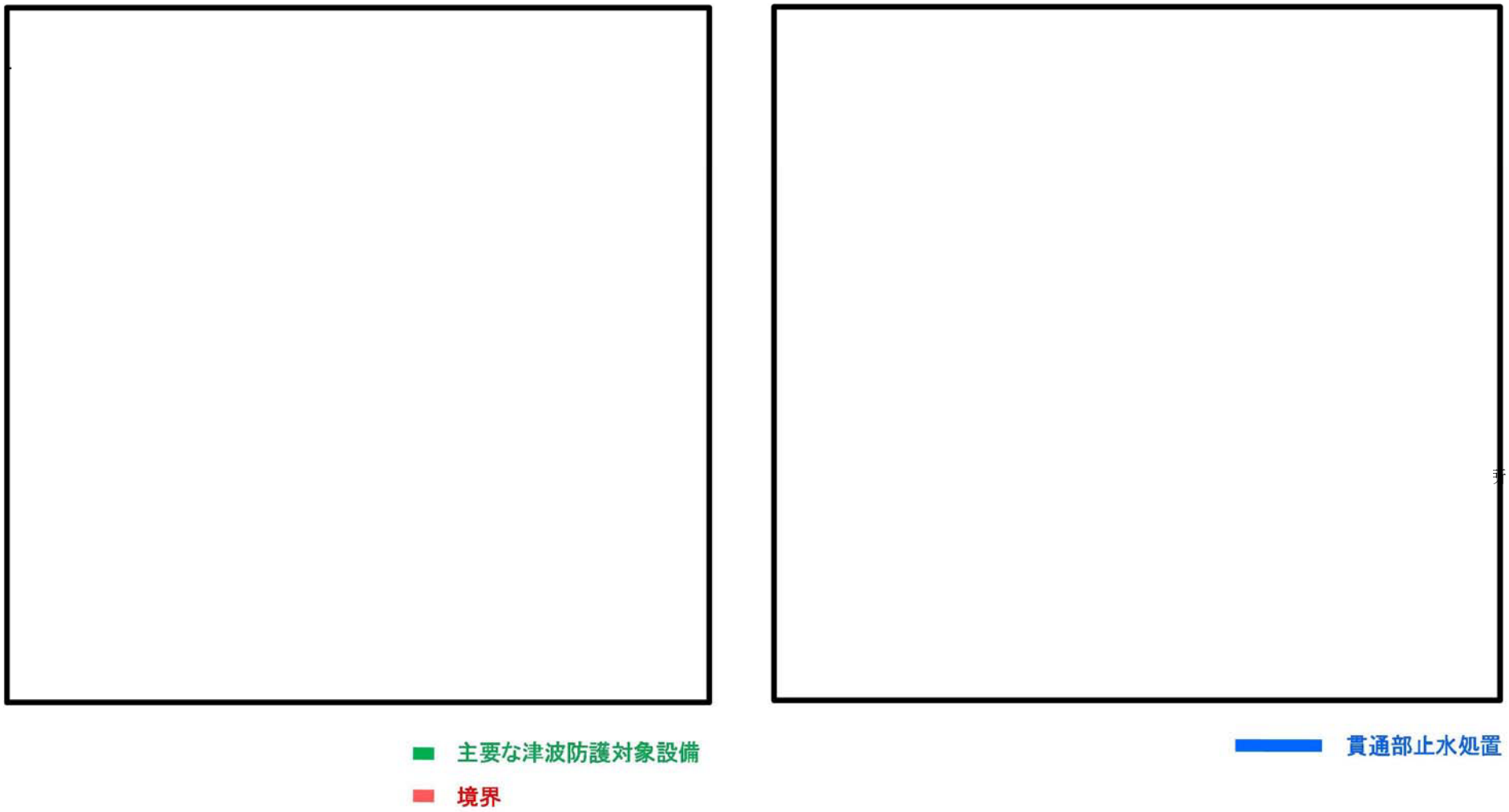
第 2.2.2-5 図に原子炉建屋地下 1 階から地下 2 階の境界の範囲及び原子炉建屋貫通部の配置を示す。



第 2.2.2-5 図　原子炉建屋 1 階貫通部配置図（1／3）



第 2.2.2-5 図　原子炉建屋地下１階貫通部配置図（2／3）



第 2.2.2-5 図　原子炉建屋貫通部配置図（3／3）

(c) まとめ

「(a) 機器搬出入口及び人員用出入口」及び「(b) 貫通部」に示したとおり，損水対策の実施により，特定した流入経路である原子炉建屋機器搬出入口，原子炉建屋人員用出入口及び原子炉建屋貫通部からの流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.2-1 表に原子炉建屋への津波の流入評価結果を示す。

第2.2.2-1表　原子炉建屋への津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ (最大浸水深)	状況	評価
原子炉建屋外壁	1.0m	外壁に津波が到達するため鉄筋コンクリート製外壁を設置する。	原子炉建屋へ津波は流入しない。
原子炉建屋機器搬出入口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，水密扉を設置する。	
原子炉建屋人員用出入口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，水密扉を設置する。	
原子炉建屋貫通部		当該経路から津波が流入する可能性があるため，貫通部に対し，止水処置を実施する。	

b．格納容器圧力逃がし装置格納槽

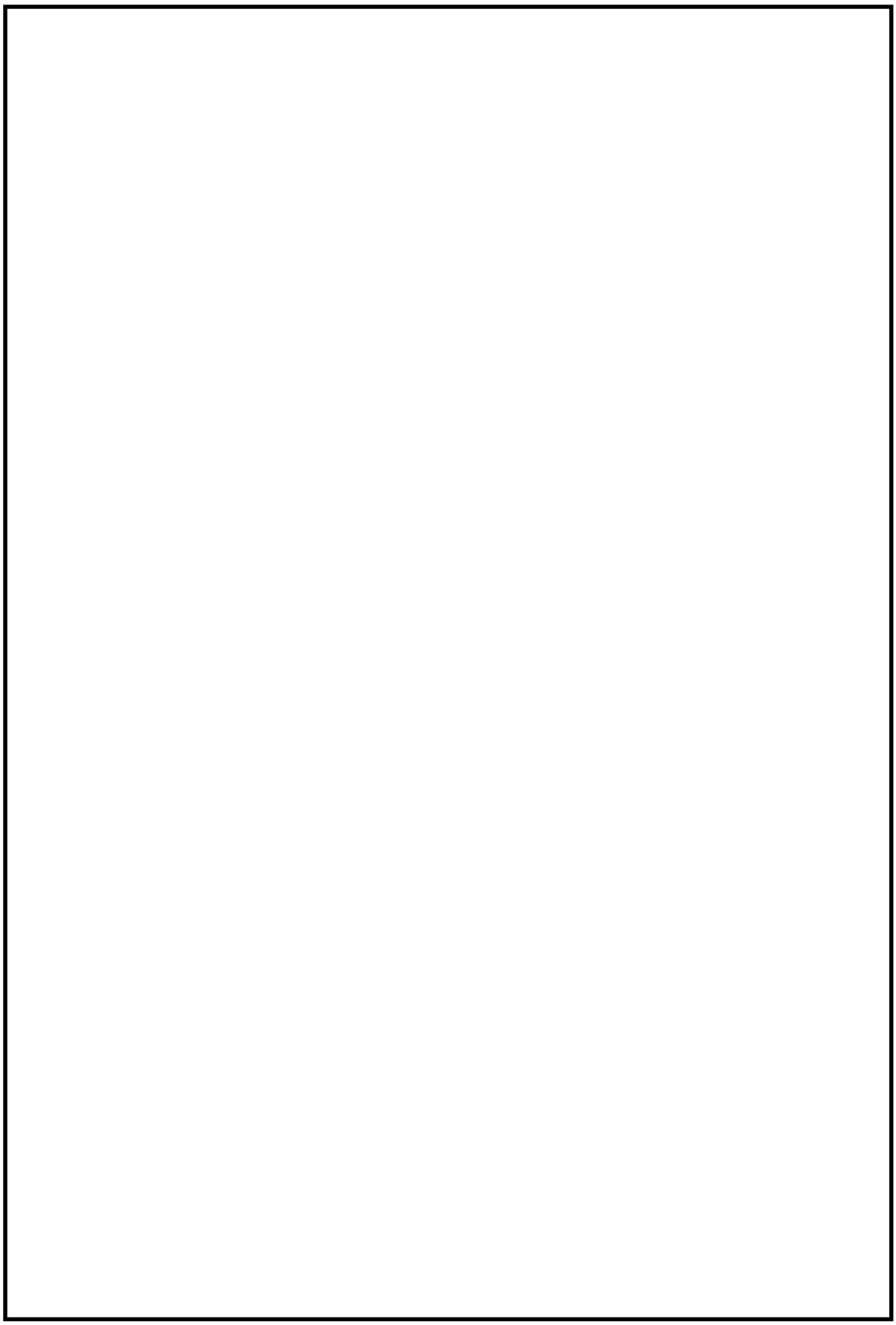
(a)　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部

格納容器圧力逃がし装置格納槽は，T.P.＋8m の敷地に設置し，躯体全体を地下に埋設しており，躯体の天端高さが T.P.＋8m の位置となる。躯体の天端には，人員の出入り及び点検用資機材の搬出入等を行うために点検用開口部を設置する。格納容器圧力逃がし装置格納槽の最大浸水深は，1.0m であるため，点検用開口部を経由した津波が格納容器圧力逃がし装置格納槽に流入する可能性がある。

これに対し，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部に格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部水密ハッチを設置することにより，敷地に遡上する津波の格納容器圧力逃がし装置格納槽内への流入を防止する設計とする。

なお，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部水密ハッチは，通常時は，原則，閉止する運用とする。

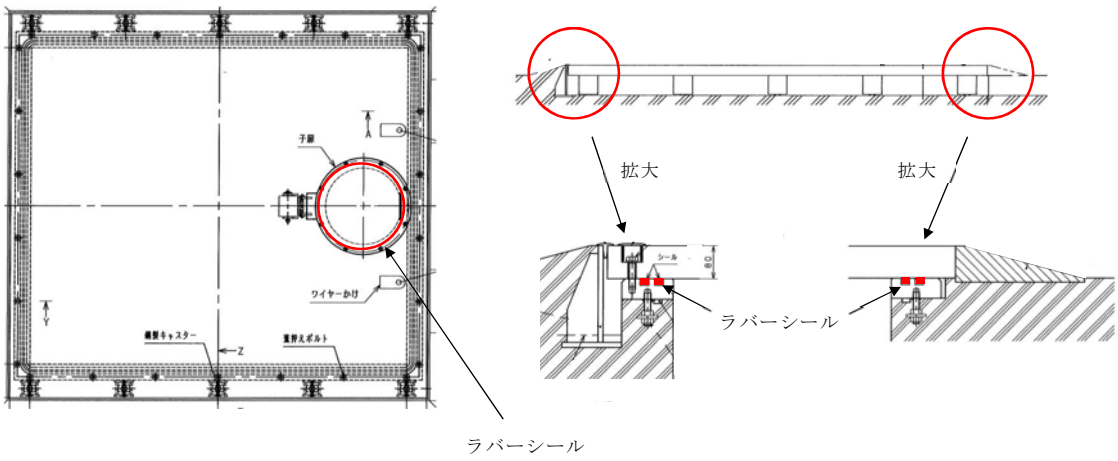
第 2.2.2-5 図に格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部水密ハッチ配置図，第 2.2.2-6 図に格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ構造図を示す。



第 2.2.2-6 図　格納容器圧力逃がし装置格納槽

点検用開口部水密ハッチ配置図

別添－1　2.2-51



第 2.2.2-7 図　格納容器圧力逃がし装置格納槽

点検用開口部水密ハッチ構造図

(c)　まとめ

「(a)　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部」に示したとおり，浸水防止対策の実施により，特定した流入経路である点検用開口部からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.2-2 表に格納容器圧力逃がし装置格納槽への流入評価結果を示す。

第2.2.2-2表　格納容器圧力逃がし装置格納槽への津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ (最大浸水深)	状況	評価
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部	1.0m	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，水密ハッチを設置する。	格納容器圧力逃がし装置格納槽へ津波は流入しない。

c．緊急用海水ポンプピット

(a)　緊急用海水ポンプ点検用開口部

緊急用海水ポンプピットは，T.P.＋8m の敷地に設置し，躯体全体を地下に埋設しており，躯体の天端高さが T.P.＋8m の位置となる。躯体の天端には,緊急用海水ポンプ点検時のポンプ及び電動機の出し入れ，点検用資機材の搬出入等を行うためにポンプ点検用開口部を設置する。これに対し,緊急用海水ポンプピット上部の入力津波の最大浸水深は，1.0m であるため，点検用開口部を経由した津波が緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプモータ設置エリアに流入する可能性がある。

このため，緊急用海水ポンプ点検用開口部に対して，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋を設置することにより，敷地に遡上する津波の緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプモータ設置エリアへの流入を防止する設計とする。

なお，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は，通常時は，原則，閉止する運用とする。また，ポンプの点検時のポンプ本体等の吊り込み作業時に，一時的に開口状態となるが，ポンプ本体等取出し後速やかに緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋を復旧し，当該部からの津波の流入を防止する。

第 2.2.2-7 図に緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の配置を示す。

(b)　緊急用海水ポンプピット人員用開口部

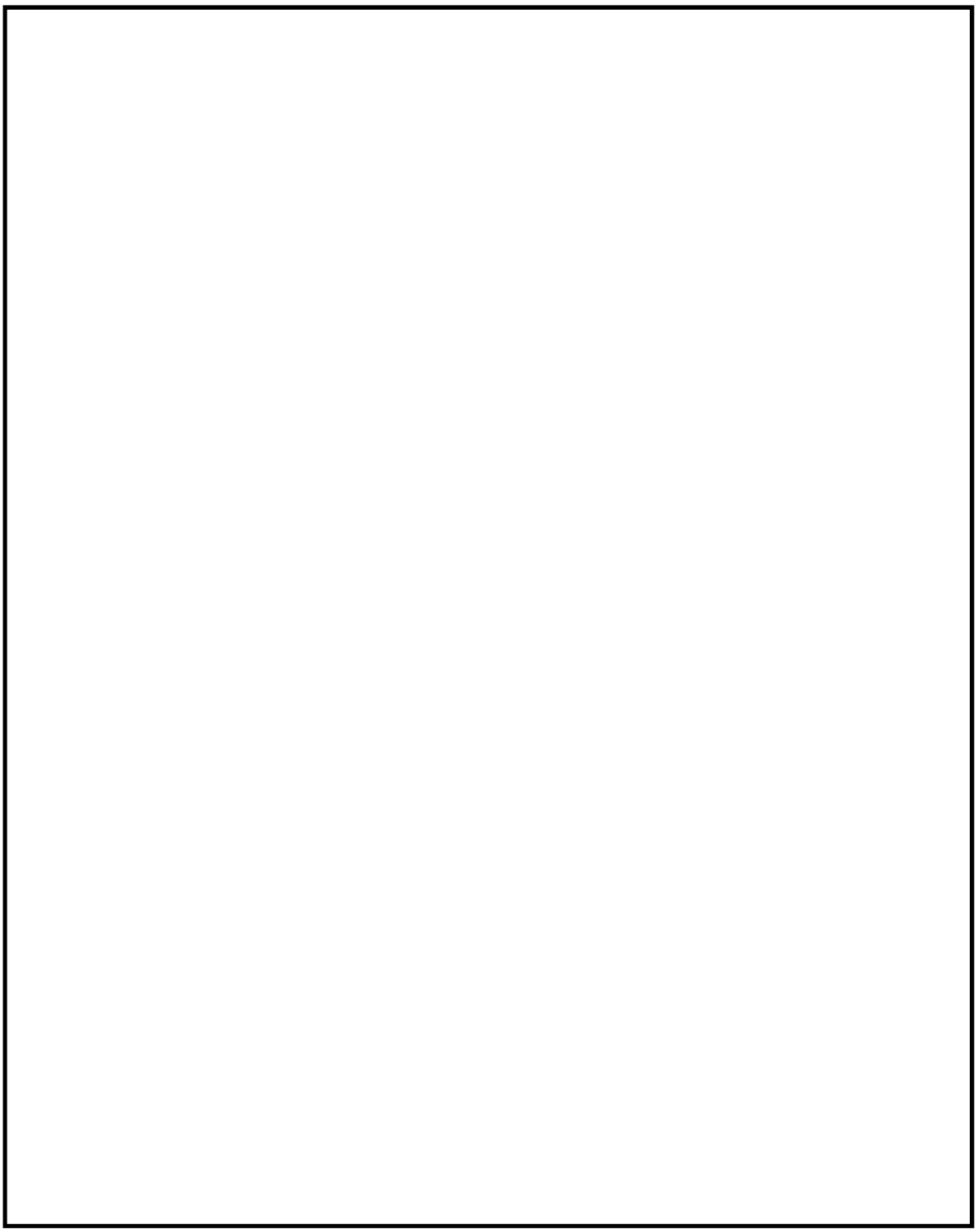
緊急用海水ポンプピットは，T.P.+8m の敷地に設置し，躯体全体を地下に埋設しており，躯体の天端高さが T.P.+8m の位置となる。躯体の天端には，緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプ室への人員の出入り及び点検用資機材の搬出入等を行うために人員用開口部を設

置する。緊急用海水ポンプピット上部の入力津波の最大浸水深は,1.0mであるため，人員用開口部を経由した津波が緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプ室に流入する可能性がある。

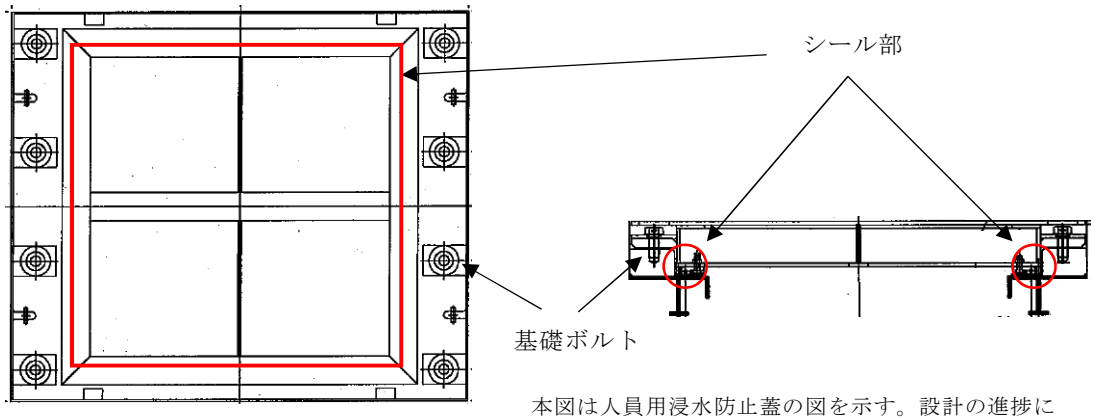
これに対し，緊急用海水ポンプピット人員用開口部に緊急用海水ポンプピット人員用開口部浸水防止蓋を設置することにより，敷地に遡上する津波の緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプモータ設置エリアへの流入を防止する設計とする。

なお，緊急用海水ポンプピット人員用開口部浸水防止蓋は，通常時は，原則，閉止する運用とする。

第 2.2.2-8 図に緊急用海水ポンプピット人員用開口部浸水防止蓋の配置，第 2.2.2-9 図に緊急用海水ポンプピット人員用開口部浸水防止蓋の構造を示す。



第 2.2.2-8 図　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋及び
緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図



第 2.2.2-9 図　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋構造図

（緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は類似構造）

(c)　まとめ

「(a)　緊急用海水ポンプ点検用開口部」及び「(b)　緊急用海水ポンプピット人員用開口部」に示したとおり，浸水防止対策の実施により，特定した流入経路である点検用開口部及び人員用開口部からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.2-3 表に緊急用海水ポンプピットへの津波の流入評価結果を示す。

第2.2.2-3表　緊急用海水ポンプピットへの津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ （最大浸水深）	状況	評価
緊急用海水ポンプ点検用開口部	1.0m	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプ室へ津波は流入しない。
緊急用海水ポンプピット人員用開口部			

＊　T.P.＋8mの敷地において，入力津波の浸水深を考慮した津波高さを示す。

d．常設低圧代替注水系格納槽

(a)　常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部

常設低圧代替注水系格納槽は，T.P.+8m の敷地に設置し，躯体全体を地下に埋設しており，躯体の天端高さが T.P.+8m の位置となる。躯体の天端には，人員の出入り及び点検用資機材の搬出入等を行うために点検用開口部を設置する。常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部の入力津波の最大浸水深は，1.0m であるため，点検用開口部を経由した津波が常設低圧代替注水系格納槽に流入する可能性がある。

これに対し，常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部に常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチを設置することにより，敷地に遡上する津波の常設低圧代替注水系格納槽への流入を防止する設計とする。

なお，常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチは，通常時は，原則，閉止する運用とする。

第 2.2.2-9 図に常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチの配置，第 2.2.2-10 図に常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチの構造を示す。

(b)　常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部

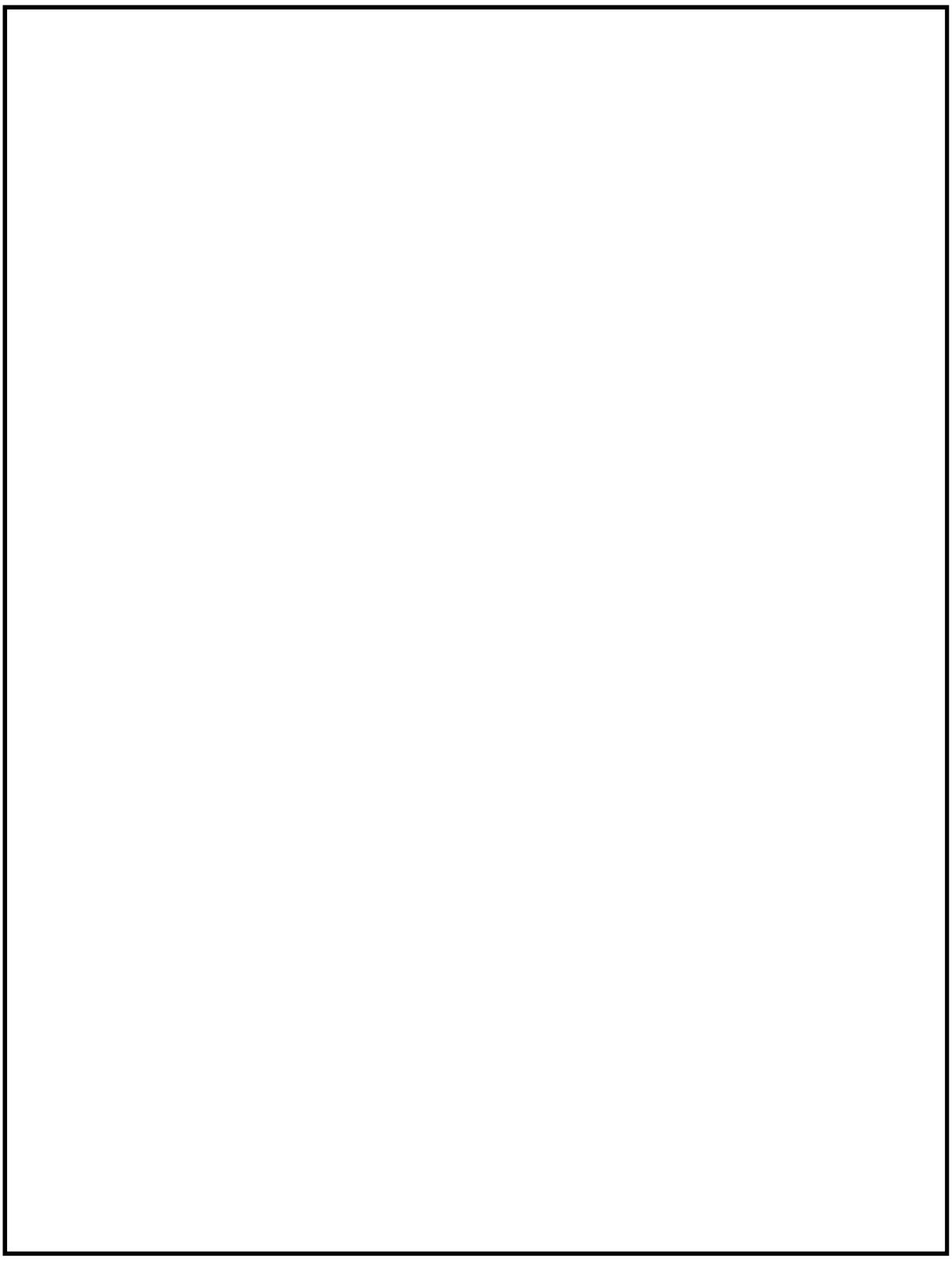
常設低圧代替注水系格納槽は，T.P.+8m の敷地に設置し，躯体全体を地下に埋設しており，躯体の天端高さが T.P.+8m の位置となる。躯体の天端には，可搬型代替注水中型ポンプ又は可搬型代替注水大型ポンプの取水ポンプ設置又は代替淡水貯槽の点検に伴う出入り等を行うために可搬型ポンプ用開口部を設置する。常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部の入力津波の最大浸水深は，1.0m であるため，可搬型ポンプ用開口部を経由した津波が常設低圧代替注水系格納槽の代替淡水

貯槽に流入する可能性がある。

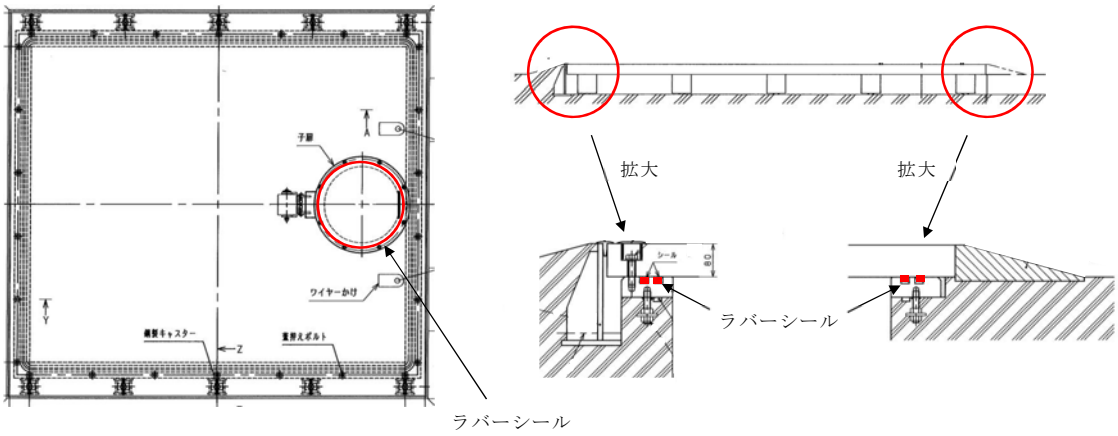
これに対し，常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部に常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部水密ハッチを設置することにより，敷地に遡上する津波の常設低圧代替注水系格納槽への流入を防止する設計とする。

なお，常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部水密ハッチは，通常時は，原則，閉止する運用とする。

第 2.2.2-10 図に常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部水密ハッチの配置，第 2.2.2-11 図に常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部水密ハッチの構造を示す。



第 2.2.2-10 図　常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチ及び常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部水密ハッチ配置図



第 2.2.2-11 図　常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部水密ハッチ構造図

(c)　まとめ

「(a)　常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部」及び「(b)　常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部」に示したとおり，浸水防止対策の実施により，特定した流入経路である点検用開口部及び可搬型ポンプ用開口部からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.2-4 表に常設低圧代替注水系格納槽への津波の流入評価結果を示す。

第2.2.2-4表　緊常設低圧代替注水系格納槽への津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ (最大浸水深)	状況	評価
常設低圧代替注水系格納槽点検用開口部	1.0m	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，水密ハッチを設置する。	常設低圧代替注水系格納槽へ津波は流入しない。
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部			

e．常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）

(a)　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部

常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）は，地下に設置されトンネル部及びカルバート部に，常設代替高圧電源装置から原子炉建屋内の重大事故等対処設備用の電力を供給する電路等を設置している。また，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）は，原子炉建屋側の T.P.+8m の敷地に設置され，原子炉建屋西側接続口及び可搬型代替電源車接続盤を内包している。常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の天端高さは T.P.＋8m の位置にあり，当該部にアクセス用の蓋が設置されているが，雨水等の侵入は防止するが津波に対する水密性は担保されない設計である。これに対し，常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)の入力津波の最大浸水深は,1.0m であるため，津波が西側接続口（立坑）の開口部を経由し，天端の開口部を通じ，地下 1 階の開口部（常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部開口部：設置床面高さ T.P.＋2.7m）から可搬型代替電源車接続盤エリアに流入する可能性がある。

このため，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部開口部に対して常設代替高圧電源装置カルバート原子炉建屋側水密扉を設置することにより，敷地に遡上する津波の可搬型代替低圧電源車接続盤エリアへの流入を防止する設計とする。

なお，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部水密扉は，通常時は閉止する運用とする。

第 2.2.2-12 図に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉の配置，第 2.2.2-13 図に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部水密扉の構造を示す。

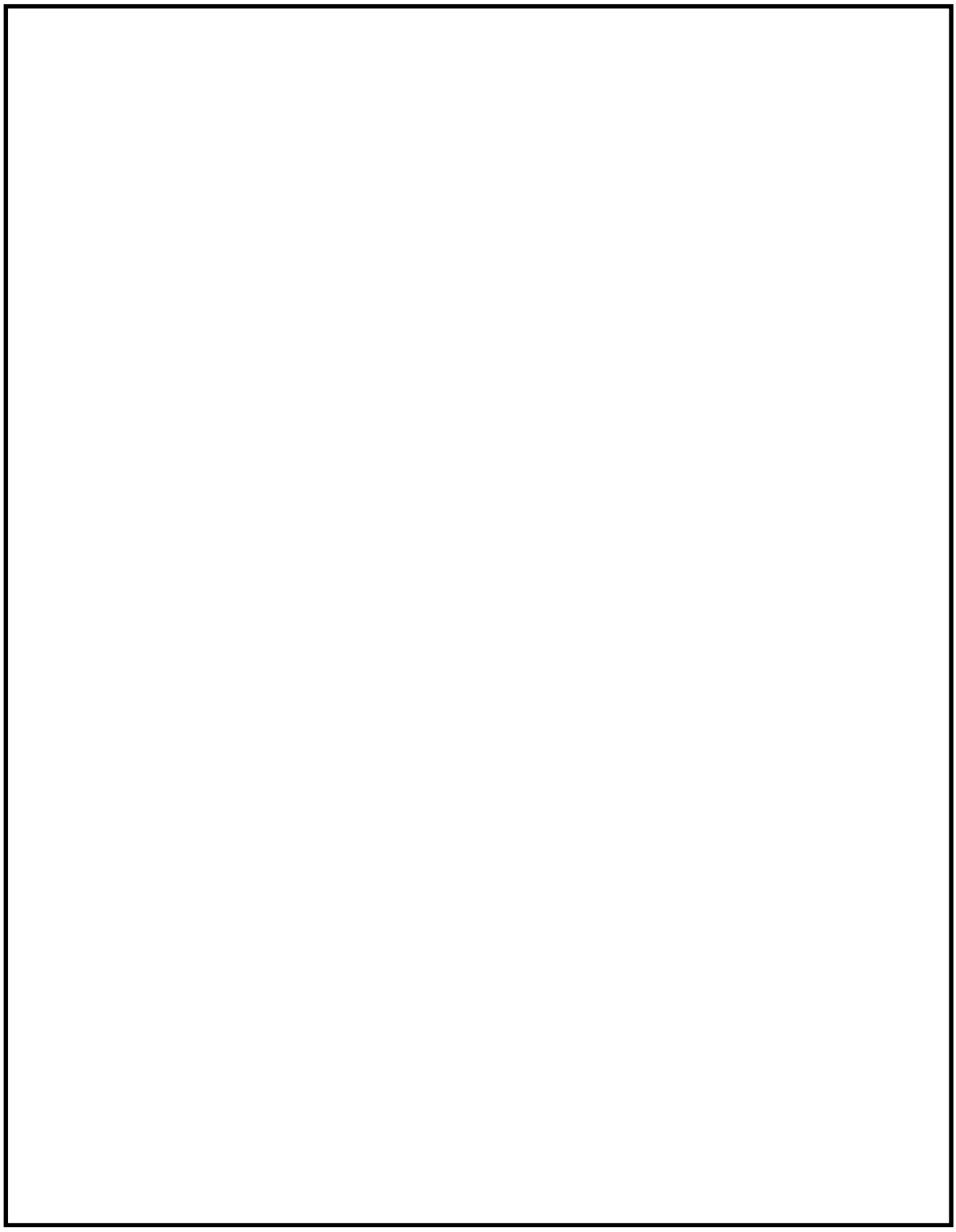
(a)　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下１階床面貫通部止水処置

常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下１階は，下階に電路及び非常用交流電源装置用燃料配管等が設置されている。また，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）は，原子炉建屋西側の T.P.+8m の敷地に天端高さは T.P.＋8m の位置に設置しており，当該部にアクセス用の蓋が設置されているが，雨水等の侵入は防止するが津波に対する水密性は担保されない設計である。これに対し，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の入力津波の最大浸水深は，1.0m であるため，津波が西側接続口（立坑）の開口部を経由し，天端の開口部を通じ，地下 1 階の床面の配管等貫通部から下階に流入する可能性がある。このため，配管等貫通部に止水処置を実施する。

【凡例】

浸水防止設備

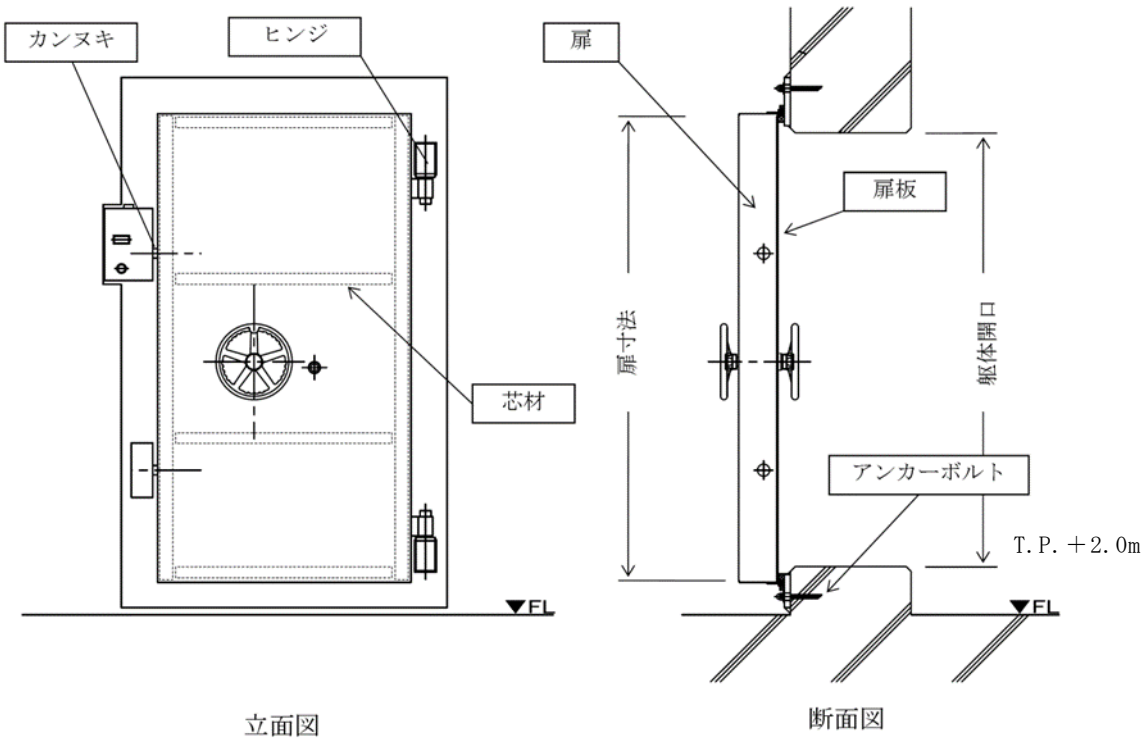
浸水防護重点化範囲



第 2.2.2-12 図　常設代替高圧電源装置用カルバート

原子炉建屋側開口部水密扉配置図

別添－1　2.2-63



第 2.2.2-13 図　常設代替高圧電源装置用カルバート

原子炉建屋側開口部水密扉の概略構造（例）図

(c)　まとめ

「(a)　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部」に示したとおり，浸水防止対策の実施により，特定した流入経路である原子炉建屋側開口部からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.2-5 表に常設代替高圧電源装置用カルバート及び可搬型代替低圧電源車接続盤エリアへの津波の流入評価結果を示す。

第2.2.2-5表　常設代替高圧電源装置用カルバートへの津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ	状況	評価
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部	1.0m (6.3m*1)	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，水密扉を設置する。	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の可搬型代替低圧電源車接続盤エリアへ津波は流入しない。
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下1階床面貫通部	1.0m (6.3m*1)	当該経路から津波が流入する可能性があるため，貫通部に対し，止水処置を実施する。	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の電路及び燃料配管設置エリアへ津波は流入しない。

＊1　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下1階に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部が設置されるため，当該開口部を設置する床面高さからの浸水深を示す。

2.2.3　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路からの津波の流入防止（外郭防護１）

【規制基準における要求事項等】

取水路，放水路等の経路から，津波が流入する可能性について検討した上で，流入の可能性のある経路（扉，開口部，貫通部等）を特定すること。

特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路から，津波が流入する可能性について検討した上で，流入の可能性のある経路（扉，開口部，貫通部等）を特定する。

特定した経路に対して，浸水対策を施すことにより津波の流入を防止する（【検討結果】 (1)　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路（流入経路）の特定及び【検討結果】 (2)　各経路に対する確認結果参照）。

【検討結果】

(1)　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に接続される経路（流入経路）の特定

海域に連接する経路から敷地又は敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画へ津波が流入する可能性のある経路として，海水引込み管及び緊急用海水取水管を特定した。

また，海域に連接していないが，敷地内の海水ポンプ室にて開口しているため，その開口部から敷地に遡上した津波が浸入し，原子炉建屋外壁部

まで到達し，津波が原子炉建屋内に流入する可能性のある経路として，屋外二重管を特定した。

以降に特定した各経路に対する確認結果を示す。

(2) 各経路に対する確認結果

a．緊急用海水取水管からの流入経路について

(a) 緊急用海水ポンプピット点検用開口部

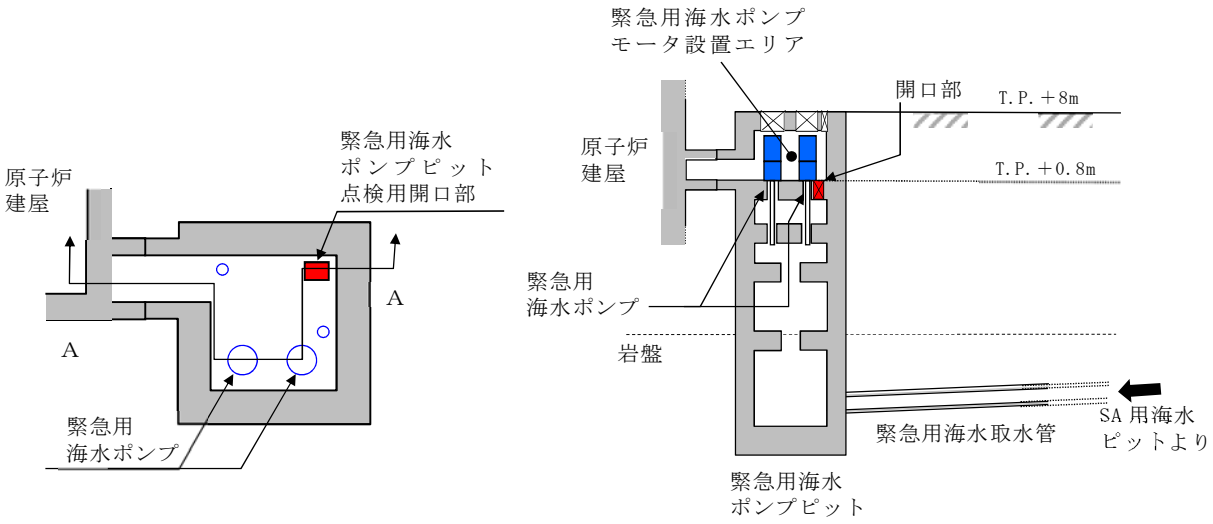
緊急用海水ポンプピット点検用開口部は，重大事故等対処施設である緊急用海水ポンプ水槽として設置する緊急用海水ポンプピット内の点検用の開口部であり，緊急用海水ポンプモータ設置エリアの床面に位置し，開口部の上端レベルはT.P.＋0.8mである。

緊急用海水ポンプピットの海水は，ＳＡ用海水ピット取水塔より取水し，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管を経由して緊急用海水ポンプピットまで導かれる。緊急用海水ポンプピット点検用開口部高さ T.P.＋0.8m に対し，敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプピットの上昇側の入力津波高さは，T.P.＋10.9m であるため，緊急用海水取水管を経由した津波が緊急用海水ポンプピット点検用開口部から，敷地に遡上する津波に対する重大事故等に対処するために必要な機能を有する緊急用海水ポンプのモータ設置エリア内に流入する可能性がある。

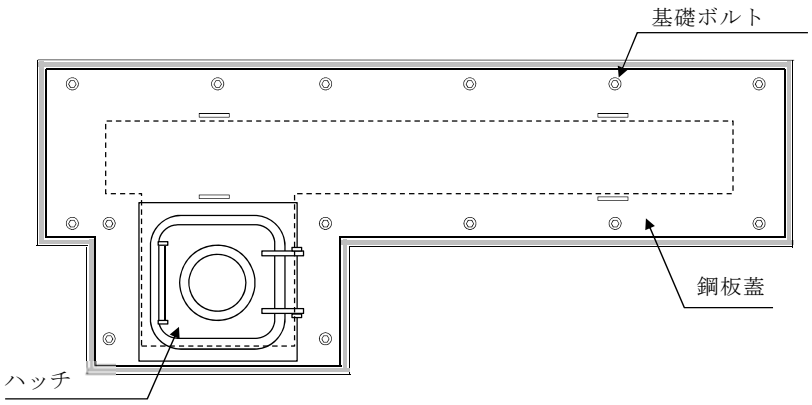
このため，緊急用海水ポンプピット点検用開口部に対して，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋を設置する。これにより，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア内に津波が流入することはない。

なお，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，通常時は，原則，閉止する運用とする。第2.2.3-1図に緊急用海水ポンプピ

ット点検用開口部の配置図，第 2.2.3-2 図に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の概略構造図を示す。



第 2.2.3-1 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部配置図



タイプ①（鋼板蓋＋ハッチ式）の場合

第 2.2.3-2 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋概略構造

(b)　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口

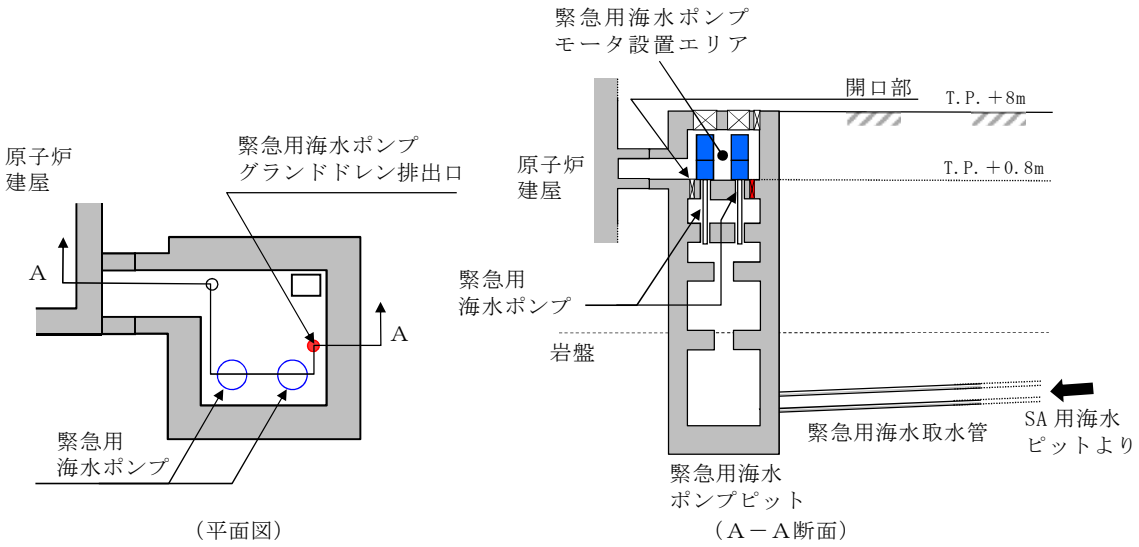
緊急用海水ポンプ室のモータ設置エリア床面には，緊急用海水ポンプの運転に伴い発生するグランドドレンの排水を目的として，緊急用海水ポンプモータ設置エリアから緊急用海水ポンプピットへと接続する排出口を設ける設計であり，排出口の上端の高さは T.P.＋0.8m である。これに対し，敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋10.9m であるため，緊急用海水取水管を経由した津波が緊急用海水ポンプグランドドレン排出口から，重大事故等に対処するために必要な機能を有する緊急用海水ポンプのモータ設置エリアに流入する可能性がある。

このため，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口に対して，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁を設置し，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの流入を防止する設計とする。また，設置する逆止弁は，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口がある床の上面にある取付座に逆止弁のフランジ部を基礎ボルトで取り付け密着させる構造になっており，十分な水密性を有する。これにより，緊急用海水ポンプモータ設置エリアに津波が流入することはない。

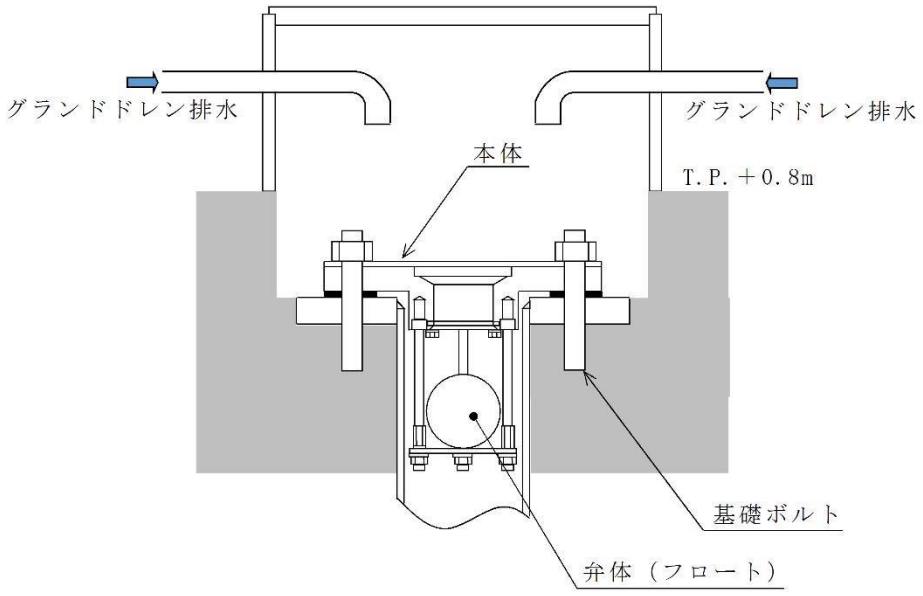
なお，グランド減圧配管を経由した津波がグランド部を経由し，緊急用海水ポンプ室に流入することが考えられる。しかし，グランド部にはグランドパッキンが挿入されており，グランド押さえで蓋をした上で，締付ボルトにより圧縮力を与えてシールする構造であるとともに，適宜，パトロールにおいて状態を確認する。このため，グランド部からの津波の流入が抑制されることから，緊急用海水ポンプモータ設置エリアに有意な津波の流入は生じない。

第 2.2.3-3 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排水口及び緊急用

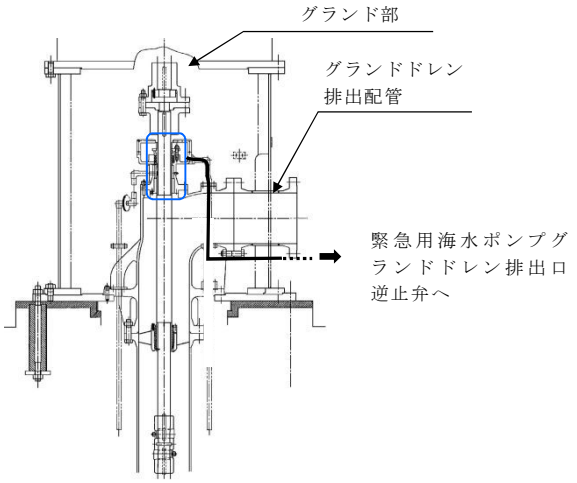
海水ポンプの配置図，第 2.2.3-4 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造図，第 2.2.3-5 図に緊急用海水ポンプのグランド部の構造図を示す。



第 2.2.3-3 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口及び
緊急用海水ポンプ配置図



第 2.2.3-4 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁概略構造図



第 2.2.3-5 図　緊急用海水ポンプグランド部構造図

（残留熱除去系海水ポンプの例）

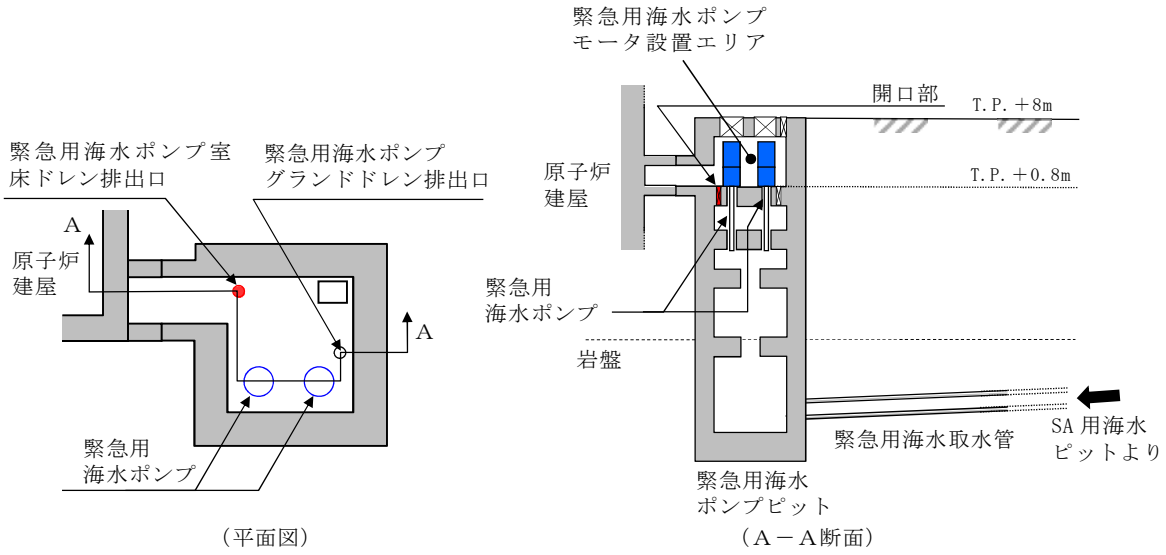
(c)　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口

緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面には，緊急用海水ポンプ出口ストレーナの点検等に伴い発生する床ドレンの排水を目的として，緊急用海水ポンプ室から緊急用海水ポンプピットへと接続する排出口を設ける設計であり，開口部の上端の高さは T.P.＋0.8m である。これに対し，敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋10.9m であるため，海水引込み管及び緊急用海水取水管を経由した津波が緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口から，重大事故等に対処するために必要な機能を有する緊急用海水ポンプのモータ設置エリアに流入する可能性がある。

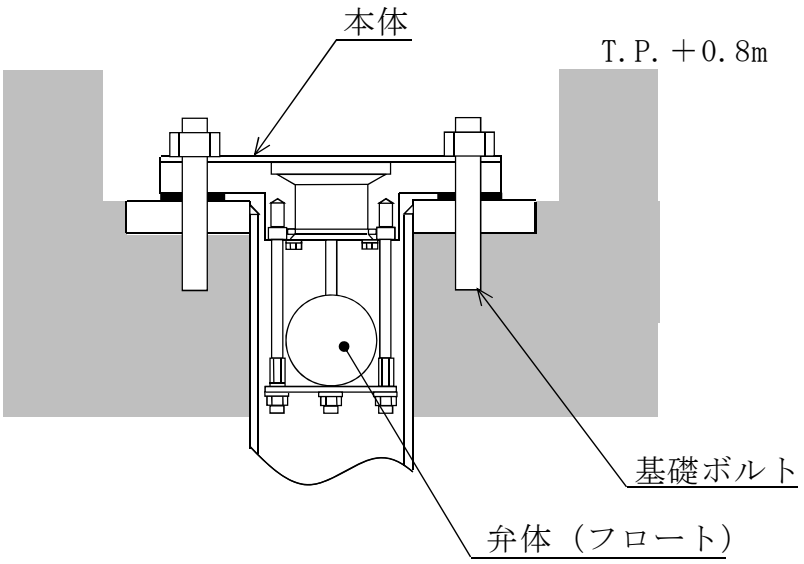
このため，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口に対して，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁を設置し，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの流入を防止する。また，設置する逆止弁は，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口がある床の上面にある取付座に逆止弁の

フランジ部を基礎ボルトで取り付け密着させる構造になっており，十分な水密性を有する。これにより，緊急用海水ポンプモータ設置エリアに津波が流入することはない。

第 2.2.3-6 図に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口の配置図，第 2.2.3-7 図に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の構造図を示す。



第 2.2.3-6 図　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口配置図



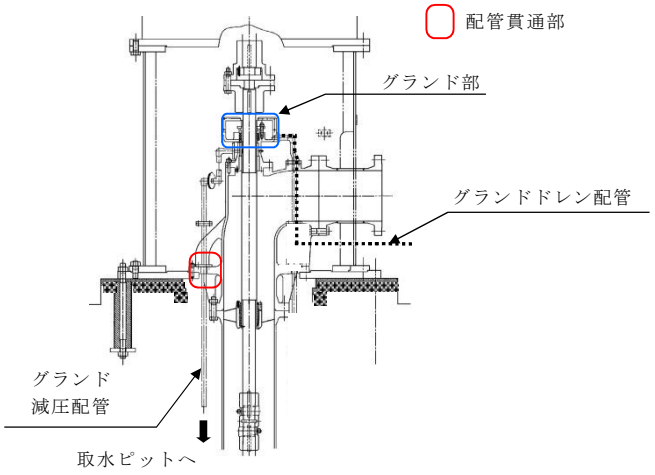
第 2.2.3-7 図　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁構造図

(d)　緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部

緊急用海水ポンプのグランド減圧配管は，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面に設置され，緊急用海水ポンプの基礎フランジを貫通して緊急用海水ポンプピットに接続されており，基礎フランジ貫通部の高さは T.P.＋0.8m である。これに対し，敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋10.9m であるため，緊急用海水取水管を経由した津波が当該貫通部から，重大事故等に対処するために必要な機能を有する緊急用海水ポンプのモータ設置エリアに流入する可能性がある。

グランド減圧配管の基礎フランジ貫通部は，ポンプ基礎フランジとフランジ取り合いであり，取付ボルトでフランジを密着させる構造となっている。このため，十分な水密性を有することから，貫通部から緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの津波の流入はない。

第 2.2.3-8 図に緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部の構造図を示す。

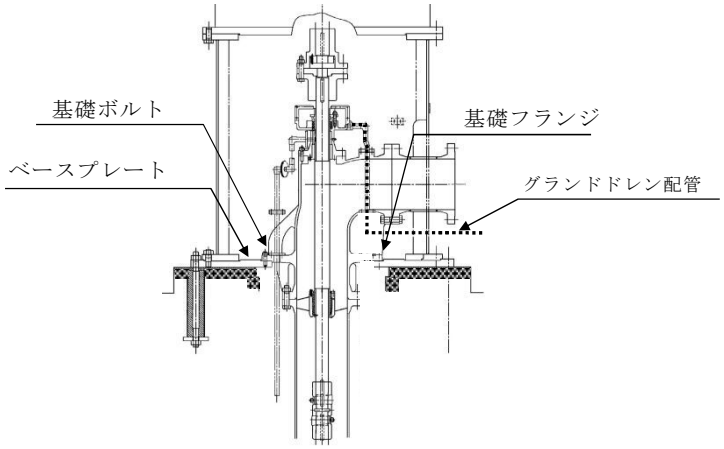


第 2.2.3-8 図　緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部構造図（残留熱除去系海水ポンプの例）

(e)　緊急用海水ポンプ据付面

緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面に位置する緊急用海水ポンプの据付面高さはT.P.＋0.8mである。これに対し，敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプピットの上昇側の入力津波高さは T.P.＋10.9m であるため，緊急用海水取水管を経由した津波が当該据付面から,緊急用海水ポンプのモータ設置エリアに流入する可能性がある。

緊急用海水ポンプの基礎フランジ部は，金属製のベースプレート上に設置され，基礎ボルトでフランジを密着させる構造となっている。このため，十分な水密性を有することから，据付面から緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの津波の流入はない。第2.2.3-9図に緊急用海水ポンプ据付面の構造を示す。



第2.2.3-9図　緊急用海水ポンプ据付面構造図

（残留熱除去系海水ポンプの例）

(f) まとめ

「(a) 緊急用海水ポンプピット点検用開口部」から「(e) 緊急用海水ポンプ据付面」に示したとおり，浸水対策の実施により，特定した流入経路である緊急用海水取水管からの津波の流入防止が可能であることを確認した。第 2.2.3-1 表に津波の流入評価結果を示す。

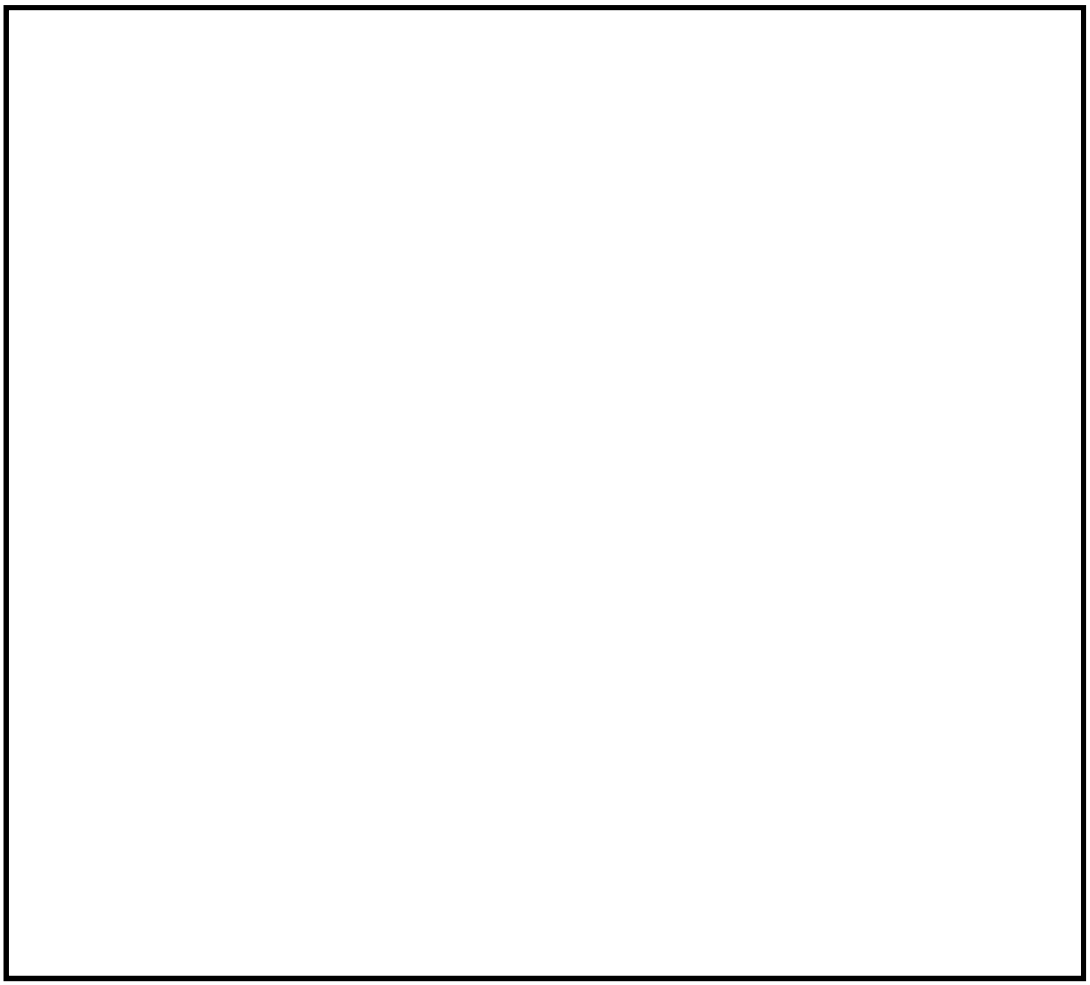
第2.2.3-1表 緊急用海水取水管からの津波の流入評価結果

流入経路	入力津波高さ	状況	評価
緊急用海水ポンプピット点検用開口部	T.P.＋10.9m	当該経路から津波が流入する可能性があるため，開口部に対し，浸水防止蓋を設置する。	緊急用海水取水管から緊急用海水ポンプのモーター設置エリアへの津波の流入はない。
緊急用海水ポンプグランドドレン排出口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，排出口に対し，逆止弁を設置する。	
緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口		当該経路から津波が流入する可能性があるため，排出口に対し，逆止弁を設置する。	
緊急用海水ポンプグランド減圧配管基礎フランジ貫通部		当該貫通部は，ポンプ基礎フランジとフランジ取り合いで，取付ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	
緊急用海水ポンプ据付面		据付面のポンプ基礎フランジは，ベースプレートとフランジ取り合いで，基礎ボルトにより密着させる構造であるため，十分な水密性がある。	

b．屋外二重管からの流入経路について

屋外二重管は，非常用海水系配管を内包し，非常用海水ポンプ室から地中を通り原子炉建屋に接続されていることから，敷地に遡上する津波が原子炉建屋の貫通部から建屋内に流入する可能性がある。

このため，原子炉建屋境界である外壁部の貫通部に止水対策を講じる。これにより，原子炉建屋内に津波が流入することはない。第 2.2.3-10 図に屋外二重管の配置図を示す。



第 2.2.3-10 図　屋外二重管の配置図

2.3　漏水による敷地に遡上する津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護２)

2.3.1　漏水対策

【規制基準における要求事項等】

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること。

漏水が継続することによる浸水の範囲を想定(以下「浸水想定範囲」という。)すること。

浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路,浸水口(扉,開口部,貫通口等)を特定すること。

特定した経路，浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

【検討方針】

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討する。

漏水が継続する場合は，浸水想定範囲を明確にし，浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路,浸水口(扉,開口部,貫通口等)を特定する。

また，浸水想定範囲がある場合は，浸水の可能性のある経路，浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定する。

【検討結果】

「1.4　敷地に遡上する津波による入力津波の設定」に示す入力津波高さに基づき，取水路，放水路等からの津波の流入の可能性のある経路について特定し，それぞれの流入経路の構造等を考慮して浸水対策を実施することとし

ている。第 2.3-1 表に「2.2 敷地に遡上する津波への対応」において特定した流入経路に対して実施する浸水対策について整理して示す。

なお，敷地に遡上する津波においては，防潮堤を越流した津波による冠水により非常用海水ポンプが機能を喪失することから，この機能を代替する設備である緊急用海水ポンプを評価対象とし，具体的には，津波の流入による冠水により機能喪失に至るおそれのある緊急用海水ポンプのモータを評価対象とし，当該モータを内包する緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアに対する評価を行うものとする。

緊急用海水ポンプピットのモータ設置エリアは，非常用取水設備のＳＡ用海水ピット取水塔から，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管を通じて海に直接接続していることから，その構造上の特徴を考慮して，上記の取水施設や地下部等における漏水の可能性を検討した。

緊急用海水ポンプのモータ設置エリアは，床面に開口部が存在することから浸水防止設備を設置するが，浸水防止設備のうち，逆止弁については設備仕様として微少な漏えいは想定しており，また機械的可動部（フロート）を有していることから，当該部の動作不良（開固着）も考慮し，漏水が継続することによる浸水の範囲として緊急用海水ポンプのモータ設置エリアを想定（以下「浸水想定範囲」という。）し評価するものとする。

なお，敷地に遡上する津波は，地上部から T.P.＋8m の敷地に設置される原子炉建屋，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にも到達するが，これらの開口部には水密扉又は水密ハッチが設置され，通常は原則閉止状態であり，動作不良等による機能喪失が考え難いことから，又は浸水防止蓋ことから，浸水想定範囲とはしない。

浸水想定範囲である緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの漏水の可能性のある経路として次の経路を特定した。

①緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口

②緊急用海水ポンプグランドドレン排出口

③緊急用海水ポンプピット点検用開口部

④緊急用海水ポンプ点検用開口部

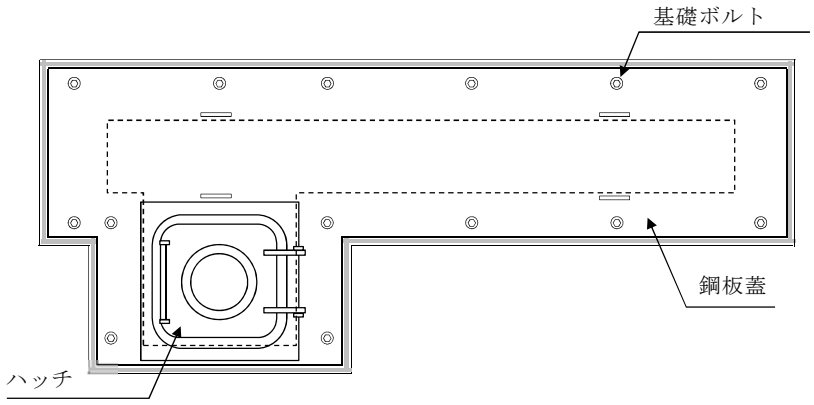
⑤緊急用海水ポンプ室人員用開口部

これらは，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの津波の地上部からの直接の流入及び緊急用海水取水管からの直接の流入経路となることから，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口及び緊急用海水ポンプグランドドレン排出口に対しては,浸水防止設備として逆止弁を設置する設計としている。また，緊急用海水ポンプピット点検用開口部に対しては，浸水防止設備として浸水防止蓋を設置する設計としている。

地上部からの津波の直接の流入経路となる緊急用海水ポンプ点検用開口部及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部に対しては，浸水防止設備として浸水防止蓋を設置する設計としている。

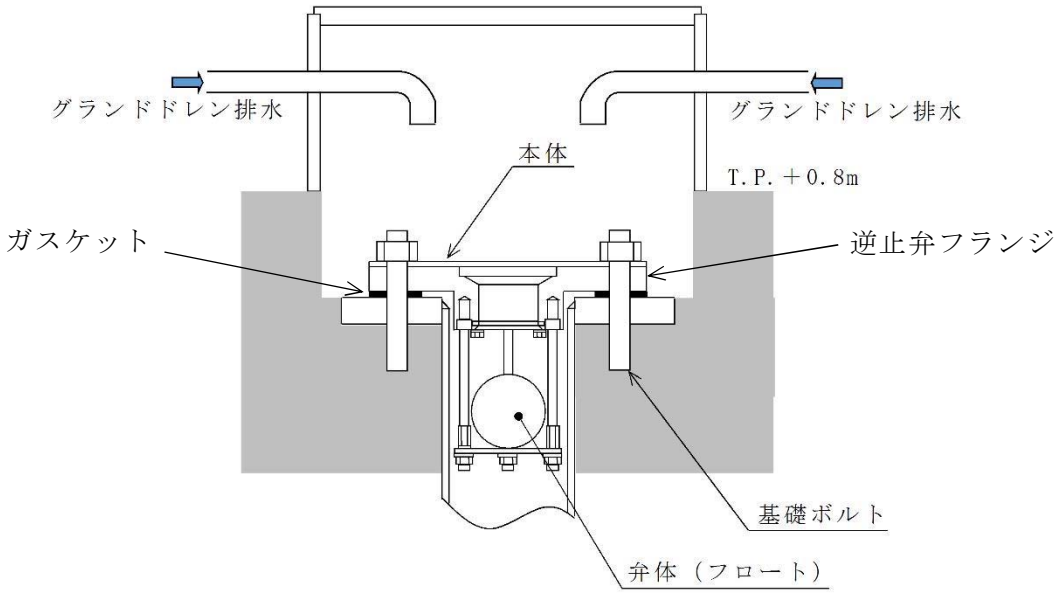
第 2.3.1-1 図に緊急用海水ポンプピット点検用開口部配置図，第 2.3.1-2 図に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋概略構造図，第 2.3.1-3 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口配置図，第 2.3.1-4 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁構造図，第 2.3.1-5 図に緊急用海水ポンプグランド部構造図，第 2.3.1-6 図に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口配置図，第 2.3.1-7 図に緊急用海水ポンプ床ドレン排出口逆止弁構造図，第 2.3.1-8 図に緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図，第 2.3.1-9 図に緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋構造図を示す。

第 2.3.1-1 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部配置図

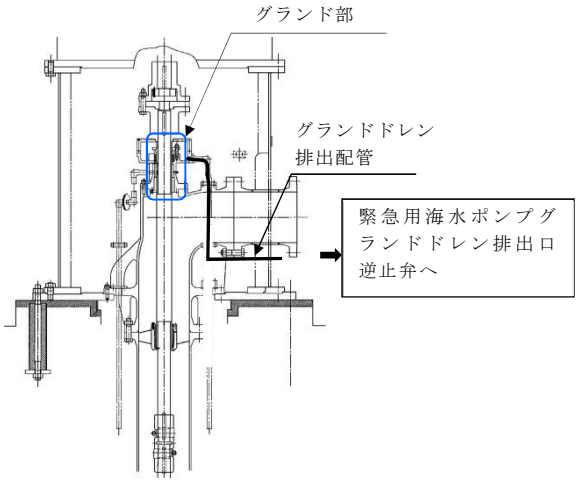


第 2.3.1-2 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋概略構造図

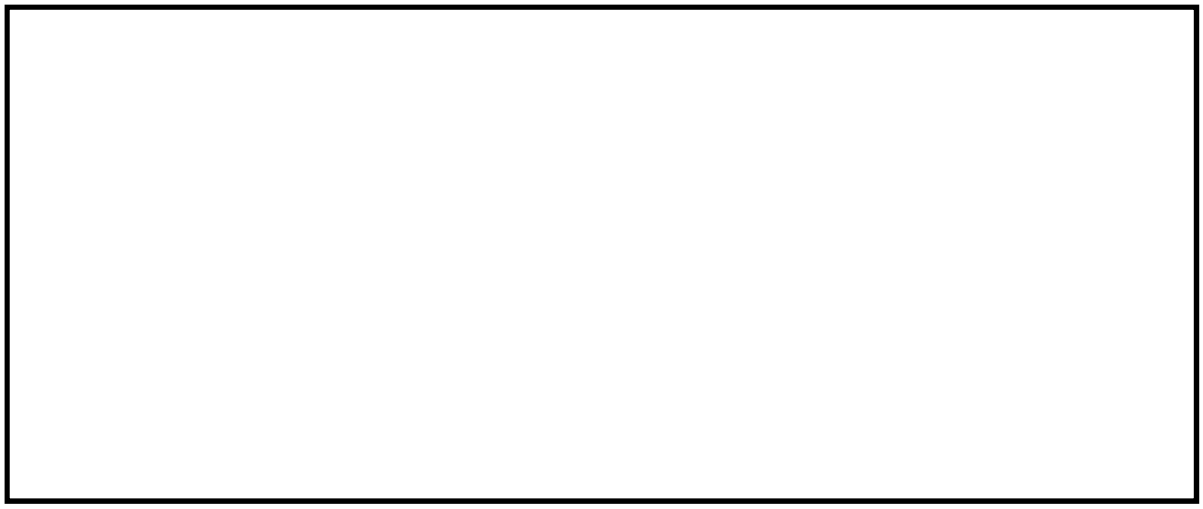
第 2.3.1-3 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口配置図



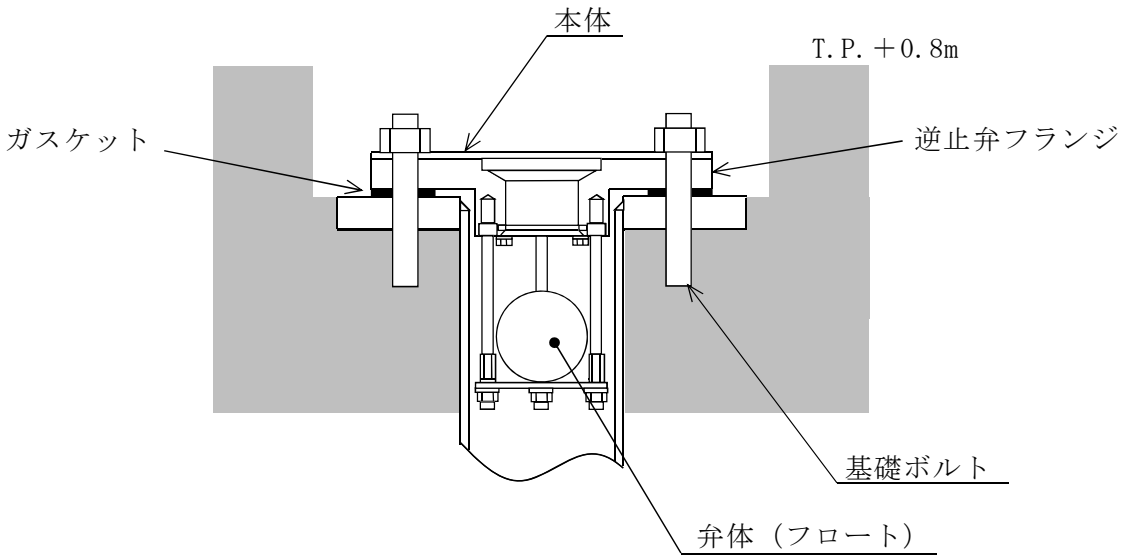
第 2.3.1-4 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁構造図



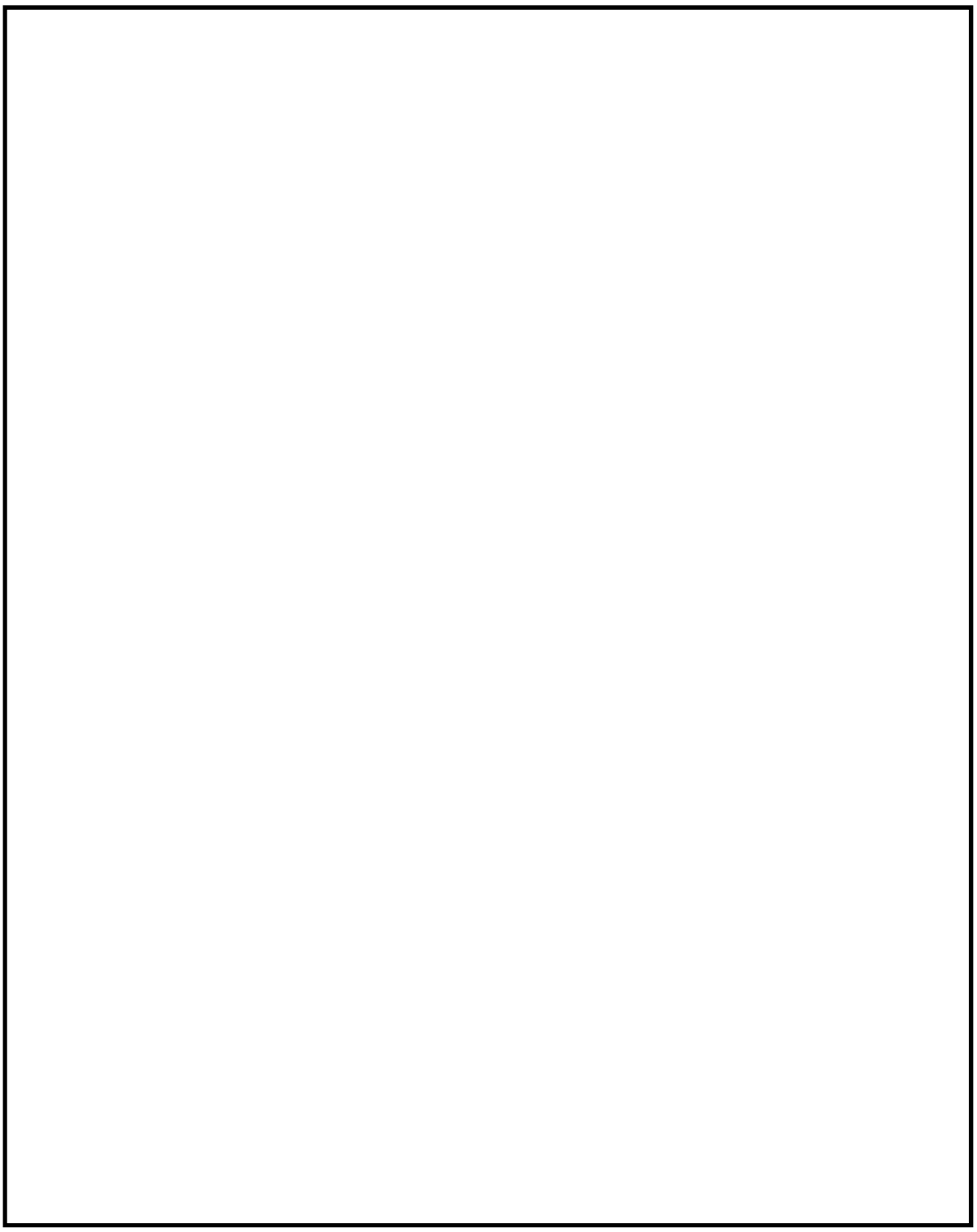
第 2.3.1-5 図　緊急用海水ポンプグランド部構造図



第 2.3.1-6 図　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口配置図

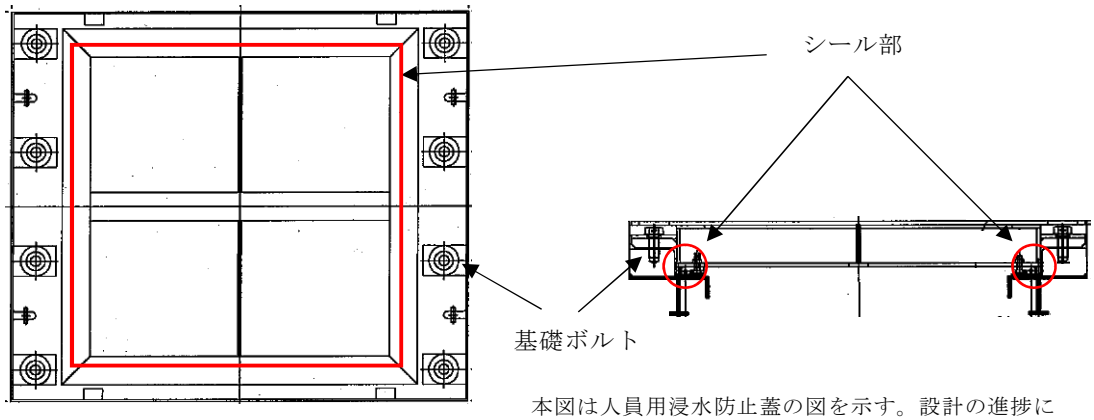


第 2.3.1-7 図　緊急用海水ポンプ床ドレン排出口逆止弁構造図



第 2.3.1-8 図　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋及び

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図



第 2.3.1-9 図　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋構造図

（緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は類似構造）

第2.3.1-1表　特定した流入経路に対して実施する浸水対策

区分・系統	流入経路	設置場所	浸水対策	
緊急用海水取水管	海水系	①緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口	緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面	逆止弁
		②緊急用海水ポンプグランドドレン排出口	緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面	逆止弁
		③緊急用海水ポンプピット点検用開口部	緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面	浸水防止蓋
地上部	地上部	④緊急用海水ポンプ点検用開口部	緊急用海水ポンプのモータ設置エリア天端	浸水防止蓋
地上部	地上部	⑤緊急用海水ポンプ室人員用開口部	緊急用海水ポンプのモータ設置エリア天端	浸水防止蓋

2.3.2　安全機能への影響評価

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は，防水区画化すること。

必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し，安全機能への影響がないことを確認すること。

【検討方針】

浸水想定範囲が存在する場合，その周辺に敷地に遡上する津波に対する防護対象設備等がある場合は防水区画化する。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し，安全機能への影響がないことを確認する。なお，敷地に遡上する津波においては，安全機能を敷地に遡上する津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能として評価を実施する。

【検討結果】

浸水想定範囲である緊急用海水ポンプのモータ設置エリアには，重大事故等対処設備である緊急用海水ポンプのモータが設置されており，津波が流入しモータが冠水することにより機能喪失するおそれがあることから，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアを防水区画化する。「2.3.1 漏水対策」に記載のとおり，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面には，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁が設置され漏水の可能性はないが，安全側の評価として漏水を想定し，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアへの漏水に伴う，敷地に遡上する津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能への影響を評価した。

なお，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁からの漏水の評価は，同

排出口が，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口と類似仕様であることから，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口からの漏水の評価と同じ結果が得られる前提とし，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口からの漏水量が2倍となっても問題のないことを確認する。

ａ．機能喪失高さ

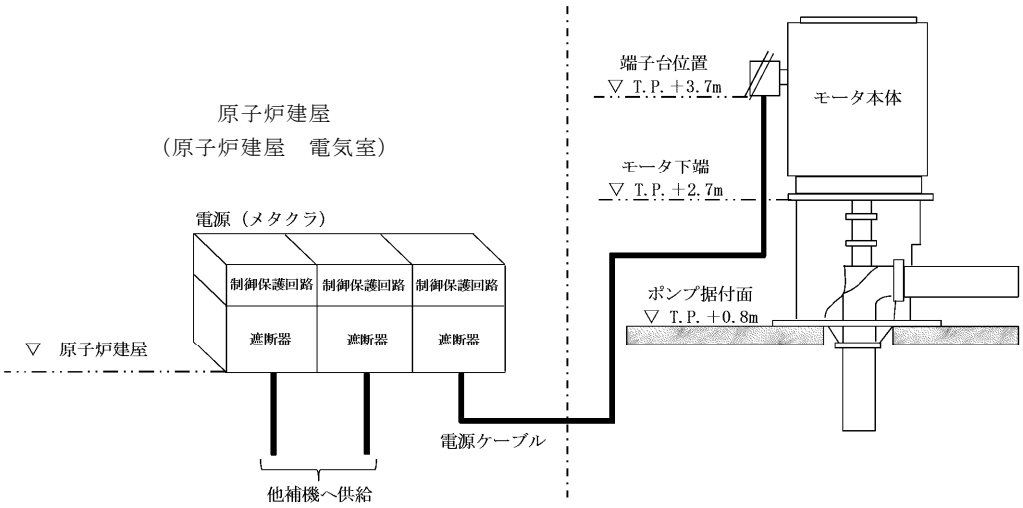
緊急用海水ポンプの敷地に遡上する津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能への影響としては，緊急用海水ポンプのモータ設置エリアに設置されるモータ本体，電源ケーブル及び電源への津波の流入に伴う冠水の影響が考えられる。

電源ケーブルについては，端子台高さがT.P.＋3.7mの位置にあり，中間接続なしで電源である原子炉建屋電気室まで敷設されている。

モータについては，モータ下端高さはT.P.＋2.7mであり，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア内にある電気設備として最も低い位置にあることから，緊急用海水ポンプが機能を維持できる緊急用海水ポンプのモータ設置エリア内の浸水高さはモータ下端位置であるT.P.＋2.7mとする。

なお，緊急用海水ポンプの電源は，常用電源回路と分離された非常用電源回路からの供給により独立性を有していることから，常用電源回路に地絡が発生した場合においても影響は受けない。

第2.3.2-1図に緊急用海水ポンプの位置関係図を示す。



第 2.3.2-1 図 緊急用海水ポンプの位置関係図

b．逆止弁の性能

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，水圧試験等によって水密性を評価している。試験においては，許容漏えい量を0.13L／分と設定しているが，実際には漏えいは確認されていないことから漏水の影響はない。しかしながら，ここでは保守的に0.13L／分の漏れ量が発生すると仮定して緊急用海水ポンプのモータ設置エリア内への漏水量を評価する。さらに，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁のフロート開固着を想定した場合の漏水量についても評価した。

c．漏えい量評価の前提条件

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口からの漏水量評価に当たっては，保守的に以下の条件を想定した。

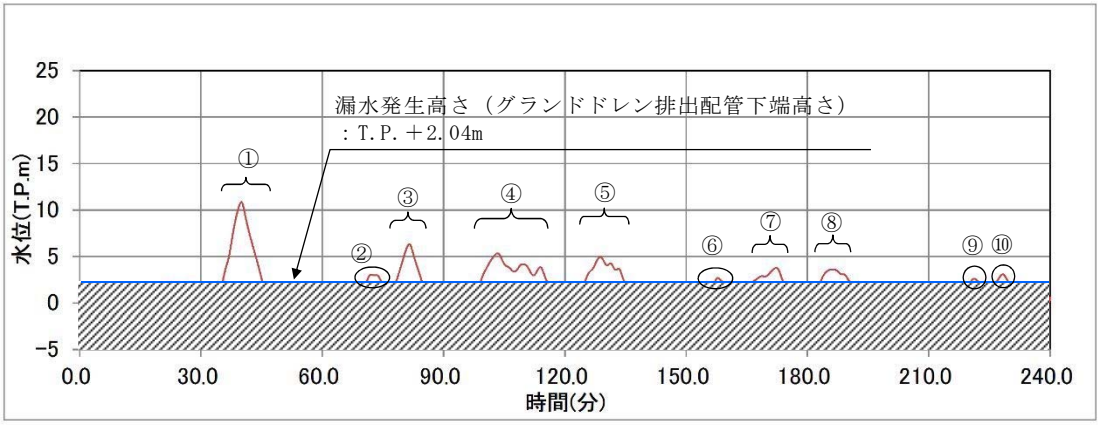
- 試験の許容漏えい量である0.13L／分の状態で，グランドドレン排出口逆止弁からの漏水が継続するものとする。
- 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の動作不良（開固

着）を想定した漏水量評価に当たっては，配管圧損及び逆止弁の圧損は考慮しない保守的な条件とする。

・　漏水の発生高さは，ポンプに接続するグランドドレン排出配管の高さのT.P.＋2.04mとし，入力津波の時刻歴波形から，T.P.＋2.04mを超える継続時間において漏水が発生するものとする。

・　T.P.＋2.04mを超える継続時間については，入力津波の時刻歴波形から，4パターンに類型化した上で，漏水量の算出に当たっては，各パターンの津波高さ及び継続時間を保守的に設定した上で，正弦波として評価する。

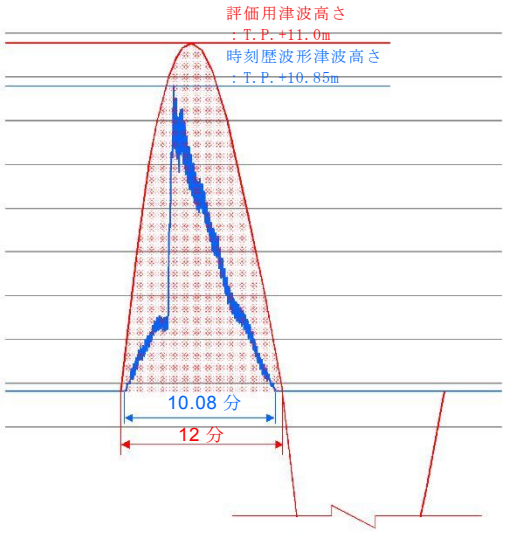
第2.3.2-2図に緊急用海水ポンプピットにおける入力津波の時刻歴波形及び類型化並びに第2.3.2－3図に時刻歴波形の正弦波モデル例を示す。



注：漏水発生高さ T.P.＋2.04m を超える津波水位について，
時刻歴波形中の番号（①～⑩）により整理した。

津波	時刻歴波形に基づく津波 高さ及び継続時間		保守的に設定した評価用 津波高さ及び継続時間		類型化 パターン
	解析津波高さ (T.P.m)	継続時間 (分)	評価津波高さ (T.P.m)	継続時間 (分)	
①	＋10.85	10.08	＋11.0	12.0	a
②	＋3.05	4.06	＋4.0	5.0	b
③	＋6.32	6.80	＋7.0	7.0	c
④	＋5.35	20.50	＋6.0	22.0	d
⑤	＋4.94	10.36	＋6.0	11.0	
⑥	＋2.69	3.16	＋4.0	4.0	b
⑦	＋3.78	8.29	＋4.0	9.0	
⑧	＋3.59	7.97	＋4.0	9.0	
⑨	＋2.62	3.35	＋4.0	4.0	
⑩	＋3.08	6.50	＋4.0	7.0	
合計	－	81.07	－	90.0	－

第 2.3.2-2 図　緊急用海水ポンプピットにおける入力津波の時刻歴波形及び類型化



第2.3.2-3図　時刻歴波形の正弦波モデル例
（津波①（類型化ａ）の場合）

ｄ．漏えい量評価結果

①　許容漏えい量である0.13L／分に基づく漏水量評価結果

第 2.3.2-2 図に示したとおり，漏水発生高さ（グランドドレン排出配管ポンプ接続部下端高さ）T.P.＋2.04m を超える継続時間は合計で 90 分であるため，逆止弁 1 台当たりのグランドドレン排出配管からの漏水量は 11.7L となる。漏水量はごく僅かで，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面への浸水は 1mm 以下である。また，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口から同時に漏水が発生したとしても影響はごく僅かである。

以上より，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁から0.13L／分の漏れ量を想定した漏水によっても緊急用海水ポンプの機能に影響はない。

② 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の動作不良(開固着)を考慮した場合の漏水量評価

第 2.3.2-2 図において 4 パターンに類型化した保守的な津波高さ及び継続時間に基づき，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の動作不良（開固着）を想定した場合の漏水量を評価した。

評価の結果，漏水量は 7.78m^3 となり，緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床面の浸水高さは，T.P.＋0.91m であり，機能喪失高さのモータ下端高さ T.P.＋2.7m に対して，1m 以上の裕度があることが分かった。

以上より，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の動作不良（開固着）を想定した漏水の発生によっても，緊急用海水ポンプの機能に影響はない。

第 2.3.2-1 表に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁作動不良時の漏水量評価結果を示す。

第2.3.2-1表　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口
逆止弁作動不良時の漏水量評価結果

<table>
<tr><td colspan="2">項　　目</td><td>緊急用海水ポンプピット</td></tr>
<tr><td>① 評価津波高さ及び
継続時間</td><td>右記
参照</td><td>類型化パターン毎の評価用
津波高さ及び継続時間
<table><tr><th>類型化
パターン</th><th>評価用津波高さ
(T.P.m)</th><th>継続時間
(分)</th></tr><tr><td>a</td><td>＋11.0</td><td>12</td></tr><tr><td>b</td><td>＋4.0</td><td>38</td></tr><tr><td>c</td><td>＋7.0</td><td>7</td></tr><tr><td>d</td><td>＋6.0</td><td>33</td></tr><tr><td>合計</td><td>－</td><td>90</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">② 漏水量</td><td>m^3</td><td>7.78</td></tr>
<tr><td colspan="2">③ 有効区画面積※1</td><td>m^2</td><td>71.7</td></tr>
<tr><td colspan="2">④ 浸水深さ（②／③）</td><td>m</td><td>0.11</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑤浸水高さ
（④＋T.P.＋0.8m※2）</td><td>T.P.＋m</td><td>0.91</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑥機能喪失高さ※3</td><td>T.P.＋m</td><td>2.7</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑦裕度（⑥－⑤）</td><td>m</td><td>1.79</td></tr>
<tr><td colspan="2">評価結果</td><td>－</td><td>○</td></tr>
</table>

【漏水量算定式】

$Q = \int (A \times \sqrt{(2g(Ha-Hb))})\, dt$

ここで，Q ：漏水量（m^3）

A ：漏水部面積（$5.81 \times 10^{-4} m^2$）

［π／4×（0.0272m（グランドドレン排出配管内径））^{2}］

g ：重力加速度（9.80665m／s^2）

Ha：評価用津波高さ（T.P.＋m）

Hb：漏水発生高さ（T.P.＋2.04m）

【評価結果判定】

○：緊急用海水ポンプは機能喪失しない

×：緊急用海水ポンプは機能喪失する

【注釈】

※１：有効区画面積＝緊急用海水ポンプピット面積－控除面積（ポンプ・配管基礎面積，配管ルート投影面積）

※２：緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床版標高

※３：緊急用海水ポンプのモータ下端高さ

緊急用海水ポンプのモータ設置エリア床版標高(T.P.＋0.8m)からの許容浸水深さは1.9m

2.3.3　排水設備の検討

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は，排水設備を設置すること。

【検討方針】

浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は，排水設備を設置する。

【検討結果】

浸水想定範囲である緊急用海水ポンプのモータ設置エリアにおいて，緊急用海水ポンプグランドドレン排出配管逆止弁からの漏水を想定しても，2.3.2に示したとおり，緊急用海水ポンプは機能喪失しないため，排水設備は不要である。

なお，今後，設備の設置等により漏水量評価への影響があり，長期間冠水することが想定される場合は排水設備を設置する。

2.4　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の隔離(内郭防護)

2.4.1　浸水防護重点化範囲の設定

【規制基準における要求事項等】

重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備等を内包する建屋及び区画については，浸水防護重点化範囲として明確化すること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画については，浸水防護重点化範囲として明確化する。

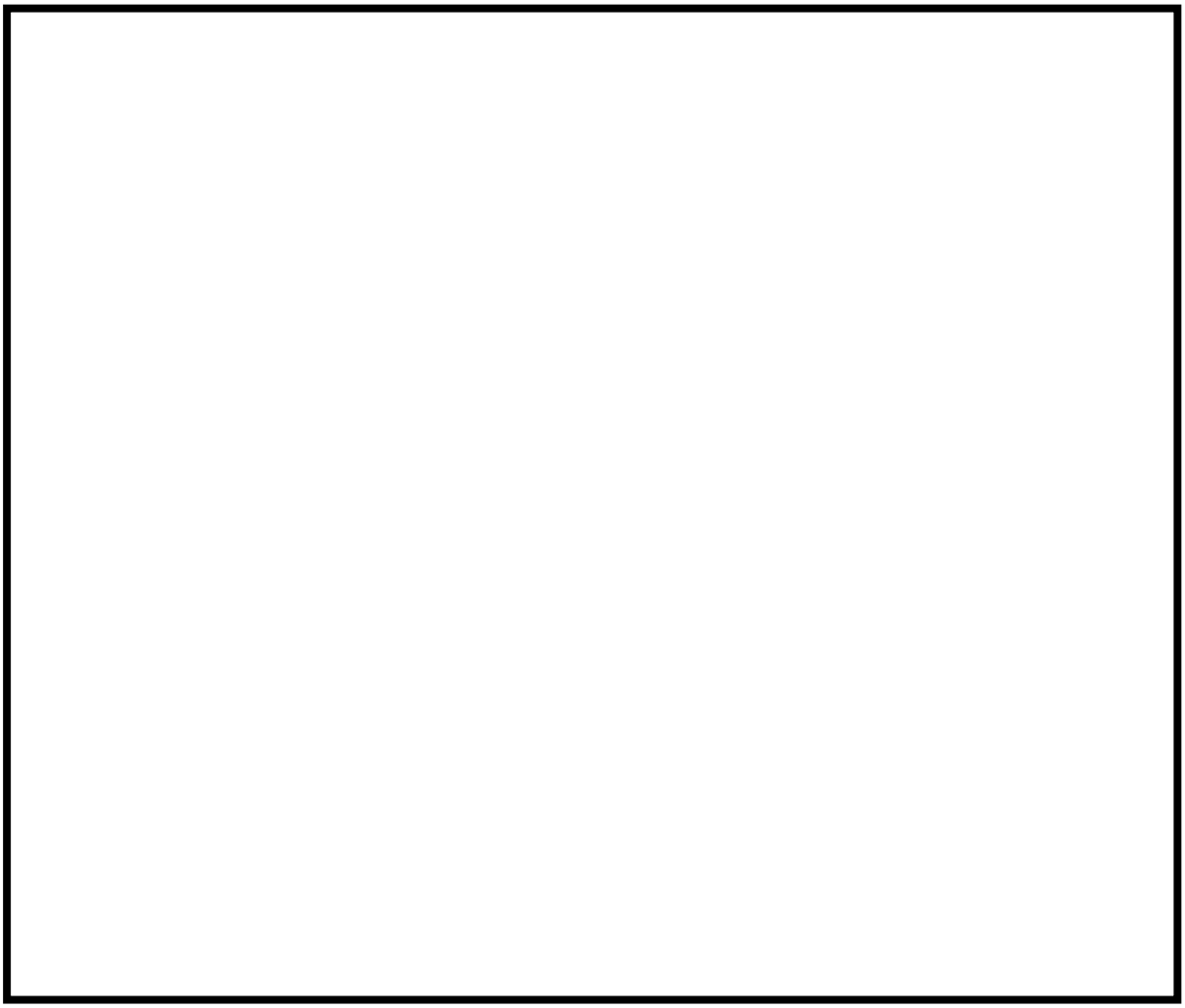
【検討結果】

浸水防護重点化範囲としては，「40 条　津波による損傷の防止　1.4.2. 重大事故等対処施設の耐津波設計」で示した範囲と同じである。

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に対して設定した浸水防護重点化範囲の概略を第 2.4.1-1 図に示す。

【凡例】

重大事故等対処設備を内包する建屋及び区画
浸水防護重点化範囲



第 2.4.1-1 図　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画の浸水防護重点化範囲

2.4.2　浸水防護重点化範囲の境界における浸水防止対策

【規制基準における要求事項等】

津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定すること。

浸水範囲，浸水量の安全側の想定に基づき，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口(扉，開口部，貫通口等)を特定し，それらに対して浸水対策を施すこと。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の浸水防護重点化範囲のうち，設計基準対象施設と同じ範囲については，「2．設計基準対象施設の津波防護方針」を適用する。なお，敷地に遡上する津波に対する評価としては，津波の原因となる地震による溢水が敷地内に遡上した津波の浸水量又は挙動等に与える影響を評価する。

また，津波の原因となる地震による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定する。

浸水範囲，浸水量の安全側の想定に基づき，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口(扉，開口部，貫通口等)を特定し，それらに対して浸水対策を実施する。

津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量については，地震による溢水の影響も含めて，以下の方針により安全側に想定する。

ａ．地震・津波による建屋内の循環水系等の機器・配管の損傷による建屋内への津波及び系統設備保有水の溢水，下位クラス建屋における地震時のドレン系ポンプの停止による地下水の流入等の事象を考慮する。

ｂ．地震・津波による屋外循環水系配管や敷地内のタンク等の損傷による敷

地内への津波及び系統保有水の溢水等の事象を考慮する。

c．循環水系機器・配管等損傷による津波浸水量については，入力津波の時刻歴波形に基づき，津波の繰り返し襲来を考慮する。

d．配管・機器等の損傷による溢水量については，内部溢水における溢水事象想定を考慮して算出する。

e．地下水の流入量は，対象建屋周辺のドレン系による排水量の実績値に基づき，安全側の仮定条件で算定する。

f．施設・設備施工上生じうる隙間部等がある場合には，当該部からの溢水も考慮する。

g．敷地に遡上する津波が到達する範囲について上記事象との重畳を考慮する。

【検討結果】

a．屋内の溢水

(a)　タービン建屋における循環水系配管からの溢水及び津波の流入

タービン建屋における循環水系配管の伸縮継手の破損個所からの溢水及び津波の流入並びに耐震Ｂクラス及びＣクラス機器の損傷による溢水を合算した水量はタービン建屋地下部に貯留可能である。敷地に遡上する津波時は，津波が地上部からタービン建屋地下部に貯留される可能性があるが，原子炉建屋地下の貫通部に止水処置を施すことで，溢水等の原子炉建屋への流入を防止する。また，敷地に遡上した津波によりタービン建屋地下部に貯留しきれない場合でも，地上部は敷地に遡上する津波の最大浸水深を超えることはなく，原子炉建屋１階外壁に施工する止水処置及び水密扉により，原子炉建屋への水の流入を防止する。

b．屋外の溢水

(a) 循環水ポンプ室における循環水系配管の伸縮継手の破損個所から循環水ポンプ室を通じた海水ポンプ室への津波の流入

敷地に遡上する津波においては，海水ポンプ室は冠水する想定であることから，循環水ポンプ室から海水ポンプ室への津波の流入の影響は評価不要である。

(b) 屋外における非常用海水系配管（戻り管）からの溢水及び津波の流入

敷地に遡上する津波においては，非常用海水ポンプが全台機能喪失することから，非常用海水系配管（戻り管）からの非常用海水ポンプからの溢水はない。また，非常用海水系配管（戻り管）を共用する緊急用海水ポンプは，敷地に遡上する津波の発生時点では運転しないことから，緊急用海水ポンプの非常用海水系配管（戻り管）からの溢水は考慮しない。

(c) 屋外タンクからの溢水

屋外タンク等の損傷による溢水については，基準地震動S_sによる地震力によって破損が生じるおそれのある屋外タンク等が破損し，T.P.＋11m の敷地にその全量が流出し，さらに T.P.＋8m の敷地に流出することを想定する。

屋外タンク等の損傷による溢水は， T.P.＋8m の敷地に流入する可能性があるが，T.P.＋8m の敷地での最大水位上昇は約 0.1m であり，T.P.＋8m の敷地に設置される浸水防護重点化範囲である原子炉建屋（扉等開口部下端 T.P.＋8.2m）に影響はない。ただし，屋外タンクの損傷は敷地に遡上する津波の原因となる地震により発生する可能性

が高いことから，敷地に遡上する津波による浸水深と屋外タンクからの溢水による水位上昇を重畳した評価とし，敷地に遡上する津波の浸水深に加え，屋外タンクの溢水による最大水位上昇量約 0.1m の 2 倍の 0.2m を考慮する。原子炉建屋の扉等の開口部には水密扉，配管等貫通部には止水処置を講じる。

T.P.＋8m の敷地に設置される浸水防護重点化範囲である格納容器圧力逃がし装置格納槽，緊急用海水ポンプピット，常設低圧代替注水系格納槽，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）は地下に埋設する方式であり，各設備の天端（T.P.+8m）に点検等に使用する開口部を有することから，浸水防止蓋等の設置により屋外タンクからの溢水の流入を防止する。なお，屋外タンクの損傷は敷地に遡上する津波の原因となる地震により発生する可能性が高いことから，敷地に遡上する津波による浸水深と屋外タンクからの溢水による水位上昇を重畳した評価とする。

屋外タンクからの溢水については，全量が T.P.＋11m の敷地に設置する常設代替高圧電源装置及び軽油貯蔵タンク（地下式）の方向に流出すると仮定し評価を行った結果，設備に対する影響は軽微であるとの結果を得ているが，自主的に，常設代替高圧電源装置置場の壁開口部に水密扉を設置するとともに，軽油貯蔵タンク（地下式）上部マンホール部を水密化する。

c．地下水による影響

内郭防護に係る評価については「2.1.3　重大事故等対処設備の耐津波設計方針」に示す内容と同じである。

2.5 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響防止

2.5.1 緊急用海水ポンプの取水性

【規制基準における要求事項等】

緊急用海水ポンプの取水性については，次に示す方針を満足すること。

・敷地に遡上する津波による水位の低下に対して，緊急用海水ポンプが機能保持できる設計であること。

・敷地に遡上する津波による水位の低下に対して，冷却に必要な海水が確保できる設計であること。

【検討方針】

緊急用海水ポンプは，敷地に遡上する津波時の引き波による水位の低下に対して，機能保持できる設計であることを確認する。

非常用海水ポンプは，敷地に遡上する津波が防潮堤を越流し，海水ポンプ室が冠水することで機能喪失が想定されることから，代替機能を有する緊急用海水系の緊急用海水ポンプについて検討を行う。

緊急用海水ポンプは，敷地に遡上する津波時の引き波による水位の低下に対して，重大事故等対処設備による冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認する。

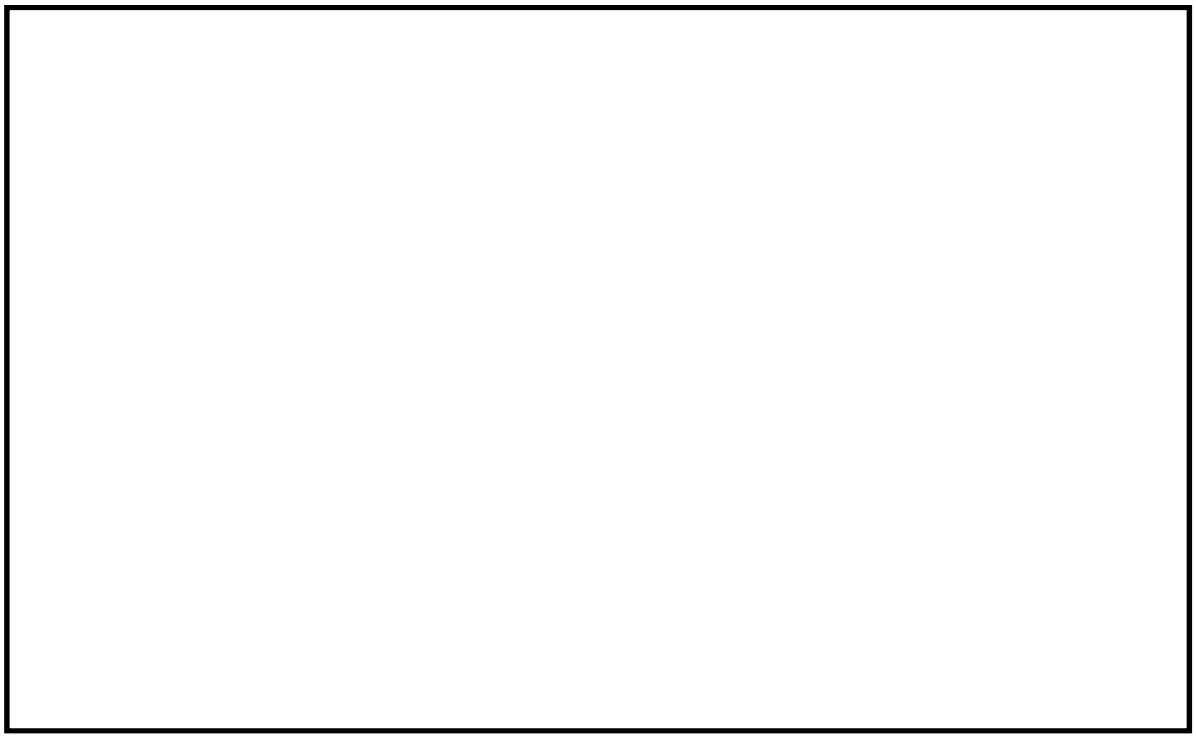
具体的には，以下のとおり実施する。

・緊急用海水ポンプの取水可能水位が下降側評価水位を下回る等，水位低下に対してポンプが機能保持できる設計となっていることを確認する。

・引き波時に水位が実際の取水可能水位を下回る場合には，下回っている時間において，緊急用海水ポンプの継続運転が可能な取水量を十分確保できる設計となっていることを確認する。

【検討結果】

緊急用海水ポンプは，ＳＡ用海水ピット取水塔から海水を取水し，非常用取水設備の海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管を通じて，緊急用海水ポンプピットまで海水を引き込む海水を取水する設計である。敷地に遡上する津波による引き波時には，ＳＡ用海水ピット取水塔の取水口（天端位置 T.P.－2.2m）が一時的に海面より高い状況となる可能性がある。第 2.5.1-1 図に非常用取水路概略構造図を示す。



第 2.5.1-1 図　非常用取水路概略構造図

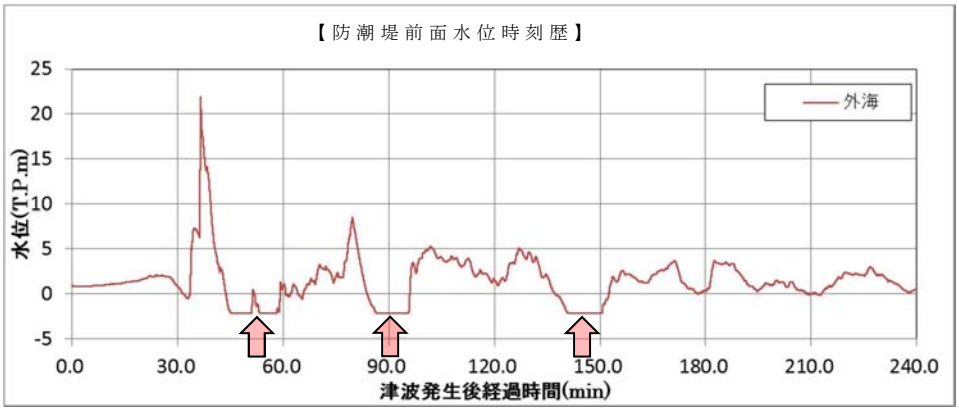
緊急用海水ポンプは，以下に示すとおり敷地に遡上する津波に伴う引き波の時点では運転しないことから，敷地に遡上する津波によ

る水位変動に伴う緊急用海水ポンプの取水性への影響はない。

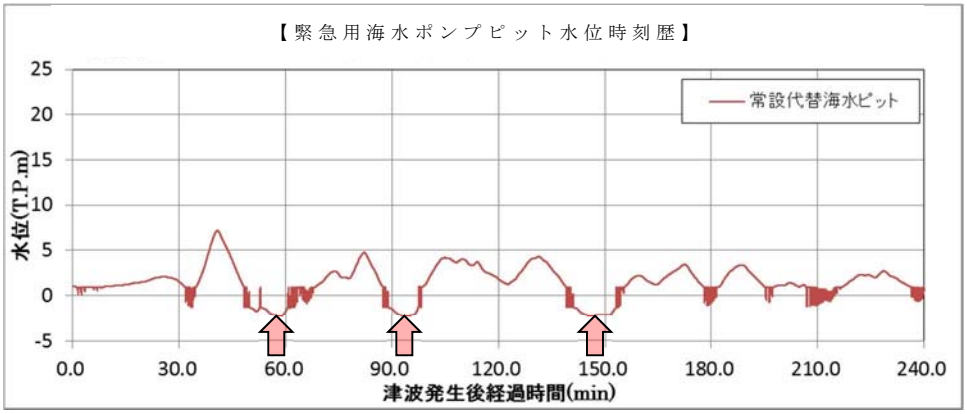
敷地に遡上する津波時の炉心損傷防止対策の有効性については，事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」の有効性評価で説明しており，重要事故シーケンスにおいては 24 時間の全交流動力電源喪失を想定していることから，緊急用海水ポンプの起動は，事象発生後約 24 時間後の起動となる。また，これよりも早いタイミングでのポンプ起動を想定しても，引き波時において緊急用海水ポンプピットの水位は T.P.－2m 程度の低下に留まり，津波継続期間中もポンプ吸込み位置（約 T.P.－6m）以上の水位が確保される。

敷地に遡上する津波による引き波に伴い，ＳＡ用海水ピット取水塔の取水口（天端位置 T.P.－2.2m）が一時的に海面より高い状況となる時間は最大で約 10 分であるが，この状態においても，緊急用海水ポンプ 1 台が 30 分以上運転可能であり，重大事故等への対処に必要な海水流量を確保可能である。

引き波のＳＡ用海水ピット取水塔近傍の時刻歴水位を第 2.5.1-2 図に，引き波の緊急用海水ポンプピットの時刻歴水位を第 2.5.1-3 図に示す。



第 2.5.1-2 図　引き波のＳＡ用海水ピット取水塔近傍の時刻歴水位



第 2.5.1-3 図　引き波の緊急用海水ポンプピットの時刻歴水位

2.5.2　津波の二次的な影響による緊急用海水ポンプの取水性

【規制基準における要求事項等】

敷地に遡上する津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積が適切に評価されていること。

敷地に遡上する津波に伴う取水口付近の漂流物が適切に評価されていること。

重大事故等対処設備については，次に示す方針を満足すること。

・敷地に遡上する津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積，陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対してＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管及び緊急用海水取水管の通水性が確保できる設計であること。

・敷地に遡上する津波による水位変動に伴う浮遊砂等の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。

【検討方針】

敷地に遡上する津波に伴うＳＡ用海水ピット取水塔付近の砂の移動・堆積や漂流物の評価方法及び評価結果については「2．設計基準対象施設の津波防護方針」に示す。

具体的には，以下のとおり確認する。

・緊急用海水ポンプピット部について，敷地に遡上する津波による砂移動に関する数値シミュレーションにより，砂の堆積高さが緊急用海水ポンプ下端に到達しないことを確認する。また，ＳＡ用海水ピット取水塔に対する漂流物による取水性への影響を確認する。

・水路に混入した浮遊砂は，スクリーン等で除去することが困難で

あるため，緊急用海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくい仕様であること及び耐摩耗性を有することを確認する。

・敷地に遡上する津波に伴うＳＡ用海水ピット取水塔付近の漂流物については，遡上解析結果におけるＳＡ用海水ピット取水塔付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向，速度の変化を分析した上で，漂流物の可能性を検討し，漂流物によりＳＡ用海水ピット取水塔が閉塞しないことを確認する。

【検討結果】

ＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管及び緊急用海水取水管の通水性の確保に関わる評価結果を以下に示す。

［浮遊砂の堆積］

緊急用海水ポンプピットの砂の堆積量は，敷地に遡上する津波による砂移動に関する数値シミュレーションの結果，浮遊砂の上限濃度 1%時において約 1cm 程度であり，緊急用海水ポンプ吸込み位置はポンプピット底面より 20m 以上高い位置にあることから，吸込み口に達することはない。

ＳＡ用海水ピットの砂の堆積量は，上限浮遊砂上限濃度 1%時において約 30cm 程度であり，ピット底部より約 1.8m 上方に取り付けられる緊急用海水取水管を閉塞させることはない。

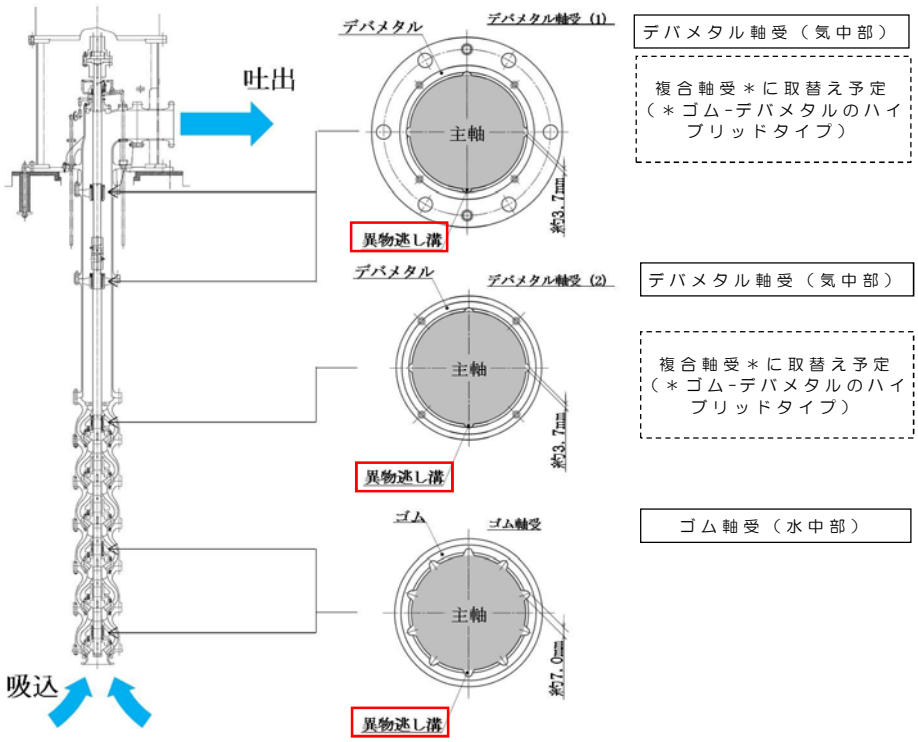
ＳＡ用海水ピット取水塔の砂の堆積量は，上限浮遊砂上限濃度 1%時において約 1m の砂の堆積が想定されるが，海水取水吸込み位置は 10m 以上上方にあることから取水性に影響はない。

以上のことから，砂の移動・堆積による緊急用海水ポンプの流路である非常用取水路の通水性への影響はない。

［浮遊砂の巻き込み］

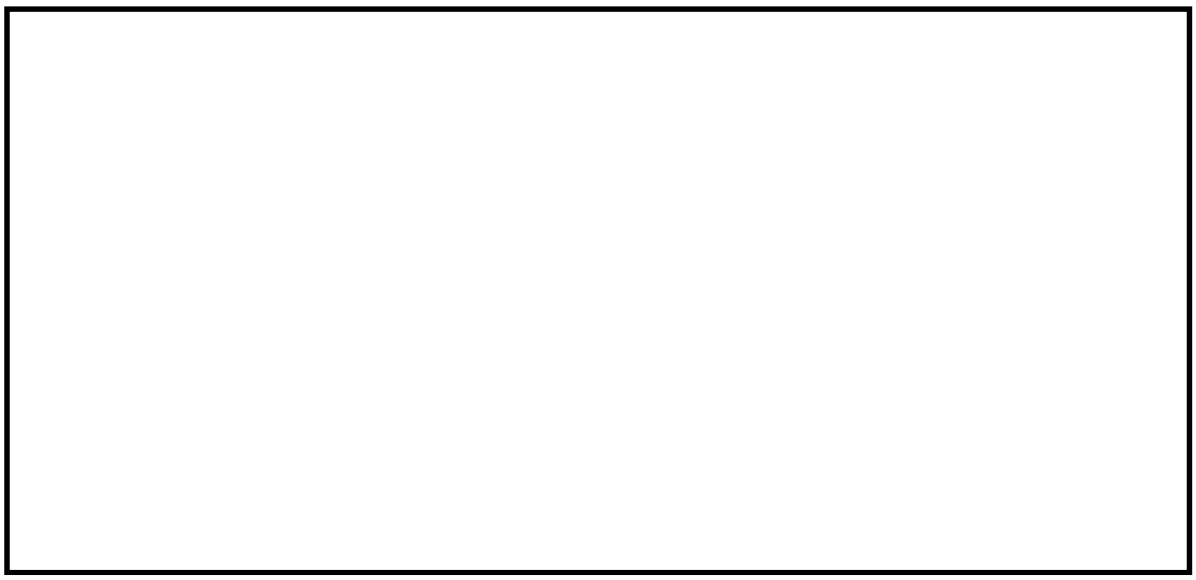
緊急用海水ポンプは，軸受に浮遊砂が混入しても，軸受に施工された異物逃し溝から排出される設計である。また，津波の第１波に伴い発生する一時的な浮遊砂濃度上昇に対しては，十分な耐性を有する軸受仕様とする。

第 2.5.2-1 図に，緊急用海水ポンプと類似構造である残留熱除去系海水ポンプの概略構造図を示す。

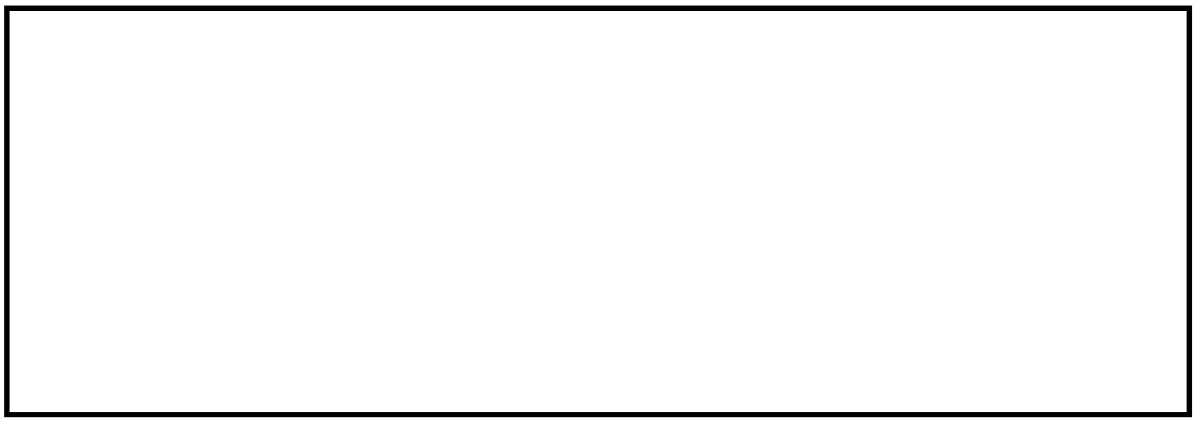


第 2.5.2-1 図　残留熱除去系海水ポンプ概略構造図

緊急用海水ポンプは，ＳＡ用海水ピット取水塔から海水を取水し，非常用取水設備の海水引込み管等を通り，ポンプピットまで海水を引き込む設計である。敷地に遡上する津波による砂移動に関する数値シミュレーションの結果，緊急用海水ポンプピット部の浮遊砂濃度の最大値は，最大で約 0.03［wt%］である。この値は，緊急用海水ポンプと構造及び使用条件が類似である非常用海水ポンプのポンプピット部の最大濃度 0.48［wt%］に対し十分低い。



第 2.5.2-2 図　残留熱除去系海水系　取水路概略図



第 2.5.2-3 図　緊急用海水系　非常用取水路概略図

非常用海水ポンプの軸受に浮遊砂が混入した場合のポンプの運転可能時間については「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」に示すとおり，評価濃度である 0.48［wt%］が継続した状態でも約 27 時間運転可能であり，浮遊砂濃度が低い緊急用海水ポンプであれば同等以上の運転時間の確保が可能と評価する。

第 2.5.2－1 表に,浮遊砂濃度とポンプ運転可能時間の関係を示す。

また，事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」の有効性評価では，24 時間の全交流動力電源喪失を想定していることから,緊急用海水ポンプが事象発生後約 24 時間後の起動となる場合，水位変動に伴う取水性への影響はない。また，これよりも早いタイミングでの起動を想定しても，上述のとおり緊急用海水ポンプは高濃度の浮遊砂の状態においても，約 27 時間以上の運転時間の確保が可能である。

第 2.5.2-1 表　高濃度の浮遊砂濃度状態における運転時間評価結果

設備名称	ポンプピット近傍 浮遊砂濃度	運転可能 時間［hr］	備考
残留熱除去系海水ポンプ	3%（試験条件） 0.48%（解析値） 0.02%（試験条件）	14 27 85	基準津波
緊急用海水ポンプ	0.03%	同等以上	敷地に遡上する津波

第 2.5.2-2 表　管路内の砂の堆積物評価解析条件

項　目	設　定　内　容
解析対象範囲	SA 用海水ピット取水塔～SA 用海水ピット～常設代替取水ピット
流れの 基礎方程式	一次元不定流解析
水路モデルの 解析手法	開水路管路分離モデル
砂移動解析 モデル	高橋ら(1999)
上限浮遊砂体積 濃度	1%,3%,5%の３パターン
粒径	0.15mm
砂密度	2.72g/cm^3
海水密度	1.03g/cm^3
空隙率	0.4
水路分割長さ	5m 程度 注）水路モデルは各区間を最大 5m で均等に細分化し、内部節点を再配置して解析を実施
計算時間間隔	0.01 秒
境界条件	上流側：外海を水位境界として津波波形と浮遊砂体積濃度を設定 下流側：ポンプ取水なし
水路の摩擦損失 係数	貝付着なしの場合 n=0.015 m$^{-1/3}$・s 貝付着ありの場合 n=0.020 m$^{-1/3}$・s
局所損失係数	水理公式集等を参考に設定

［漂流物の影響］

漂流物の影響として，緊急用海水ポンプの取水性への影響を評価する。

ＳＡ用海水ピット取水塔は緊急用海水ポンプの海水取入れ口であり，敷地前面海域の海底に設置されている。ＳＡ用海水ピット取水塔の設置位置及び敷地に遡上する津波の遡上解析結果を踏まえ，敷地に遡上する津波により漂流物となり，ＳＡ用海水ピット取水塔からの海水取り入れに影響を及ぼす可能性がある施設・設備の影響を

評価する。

ａ．敷地に遡上する津波の流向，流速

敷地に遡上する津波の波源モデルは基準津波の波源モデルと同一であることから，流向については基準津波と同じ傾向を示すものと考えられる。流速については想定する津波高さが高くなることから増加するものと考えられる。このため，ｂ．において流速の増加による防潮堤外側における調査範囲への影響を評価した。基準津波の流向及び流速については「東海第二発電所　津波による損傷の防止 2.5(2)[4] ａ.基準津波の流向及び流速」参照。

ｂ．漂流物調査範囲の設定

(a) 防潮堤外側における調査範囲

防潮堤外側の漂流物評価については，設置許可基準規則第５条に「設計基準対象施設は，基準津波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。」と規定されていることから，基準津波に伴う取水口付近の漂流物を漂流物評価フローに基づき適切に評価し，取水口及び取水路の取水性が確保されることを確認している。

基準津波による漂流物調査範囲の設定は東海第二発電所の取水口から半径5kmの範囲としており，基準津波による流向及び流速を考慮し，想定する漂流物の最大移動量の算出結果が約3.6kmであることを設定根拠としている。また，最大約3.6kmの移動量にさらに保守性を考慮した半径5kmの範囲を漂流物調査範囲として設定している。基準津波による防潮堤前面における水位はT.P.＋17.7m（防波堤なし）であり，防潮堤位置に鉛直無限壁をモデル化した場合の敷地に遡上する津波による防潮堤前面にお

ける最大水位はT.P.＋24m（防波堤なし）であるため，津波高さの増分に流速が比例したと仮定した場合，漂流物の移動量は約4.9kmである。

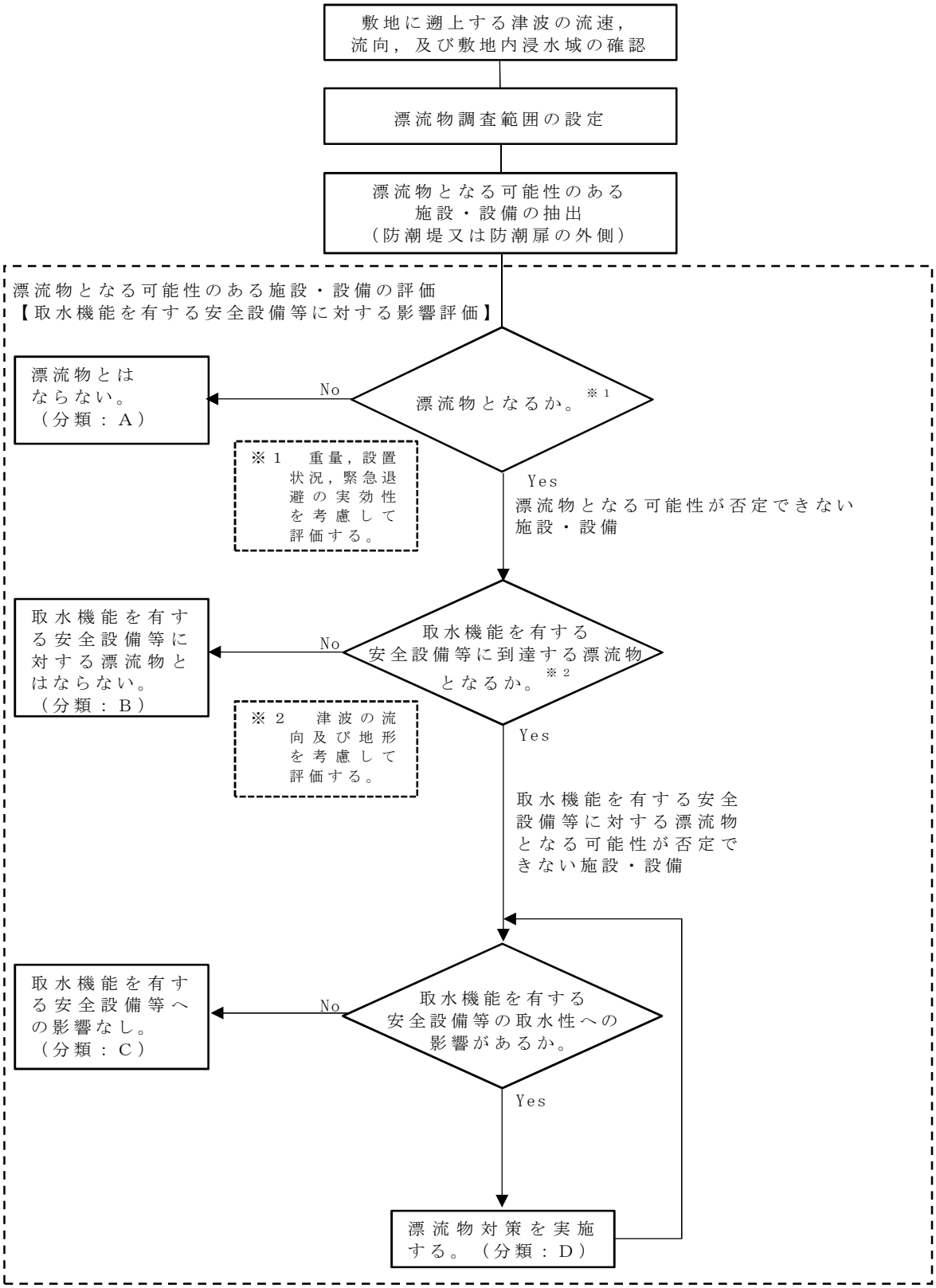
このため，基準津波による漂流物調査範囲である5kmを敷地に遡上する津波による漂流物調査範囲にも適用できるものと考える。

なお，この考え方の妥当性を確認するため，敷地に遡上する津波として想定したT.P.＋24m津波による海域における流向，流速等について確認する予定である。基準津波による漂流物調査範囲の設定については「東海第二発電所　津波による損傷の防止2.5(2)[4]ｂ.漂流物調査範囲の設定」参照。

ｃ．漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出を漂流物評価フローに基づき抽出する。

第 2.5.2-4 図に防潮堤外側における漂流物評価フロー（取水機能を有する安全設備等に対する影響評価）を示す。



「取水機能を有する安全設備等」は，海水取水機能を有する緊急用海水ポンプ，緊急用海水系配管等を示す。「安全機能」は，敷地に遡上する津波に対する重大事故等への対処に必要な機能を示す。

第 2.5.2-4 図　防潮堤外側における漂流物評価フロー

（取水機能を有する安全設備等に対する影響評価）

別添－1　2.5-13

ｄ．漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出結果

基準津波による漂流物調査範囲を適用するため，防潮堤外側における抽出結果については「東海第二発電所　津波による損傷の防止 2.5(2)[4] ｃ.漂流物となる可能性のある施設･設備の抽出」参照。主な抽出結果を以下に示す。

・取水口への影響　発電所敷地内（防潮堤外側）:

コンクリート片，外装板，車両等

・取水口への影響　発電所敷地外

漁船（総トン数 5t，排水トン数 15t)，コンクリート片，外装板，プラント設備の一部，防砂林等

・ＳＡ用海水ピット取水塔への影響

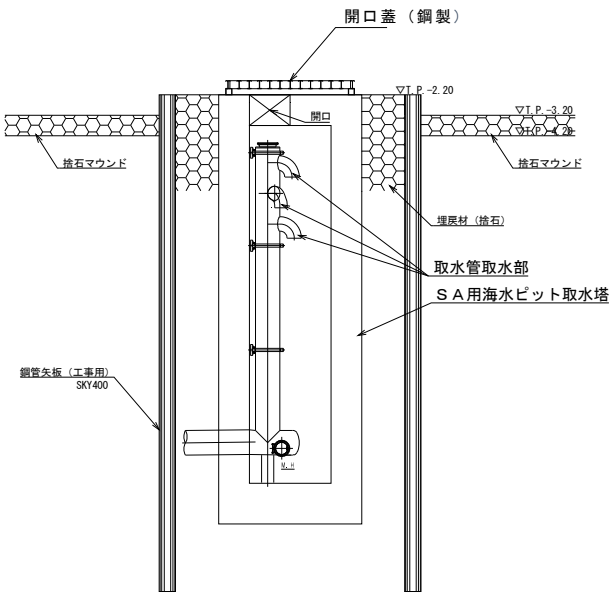
ＳＡ用海水ピット取水塔周辺の捨石

ｅ．抽出された施設・設備の影響評価

取水口に影響を与えうる漂流物については，取水口を海水取り入れ口とする非常用海水ポンプが機能喪失することから，影響評価の対象とはならない。

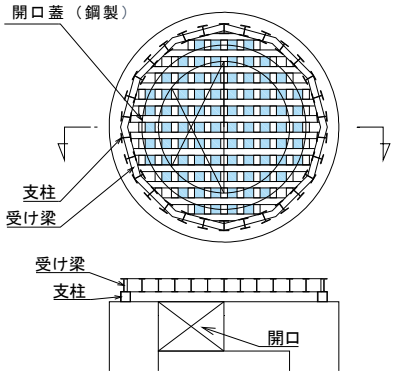
ＳＡ用海水ピット取水塔は，敷地に遡上する津波に対する重大事故等への対処に必要な機能を有する緊急用海水ポンプの海水取り入れ口であることから，漂流物として想定されるＳＡ用海水ピット取水塔周辺の捨石が，ＳＡ用海水ピット取水塔上部に堆積した場合を想定し評価する。この結果，ＳＡ用海水ピット取水塔頂部に漂流物（捨石）が堆積した場合を想定しても，通水量は 1.5m^3／ｓ であり，必要取水量である 0.75m^3／ｓと比較し，取水量が必要流量を上回ることから漂流物によるＳＡ用海水ピットの取水性への影響はない。

漂流物堆積堆積時のＳＡ用海水ピット取水塔のイメージを第2.5.2-4図に示す。



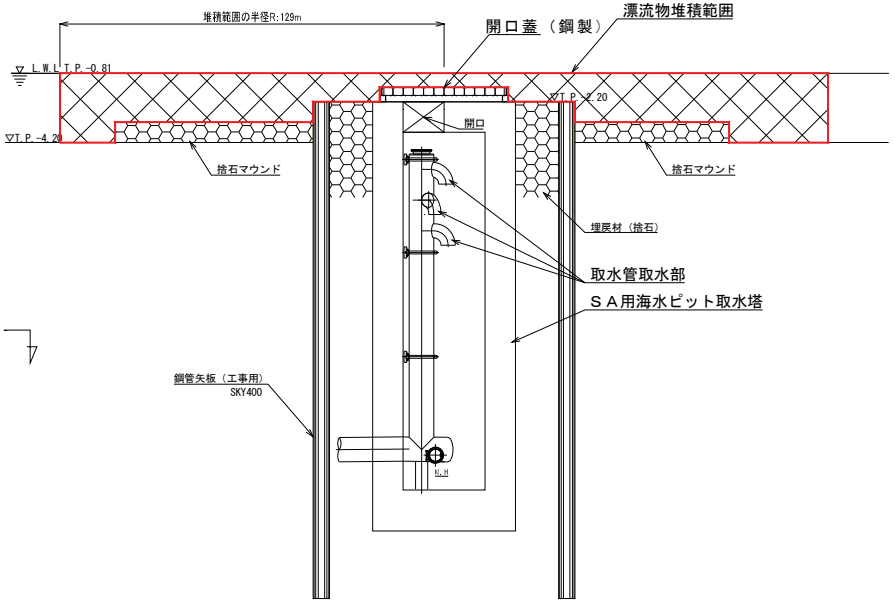
ＳＡ用海水ピット断面図

（通常時）



ＳＡ用海水ピット平面図

（通常時）



ＳＡ用海水ピット断面図

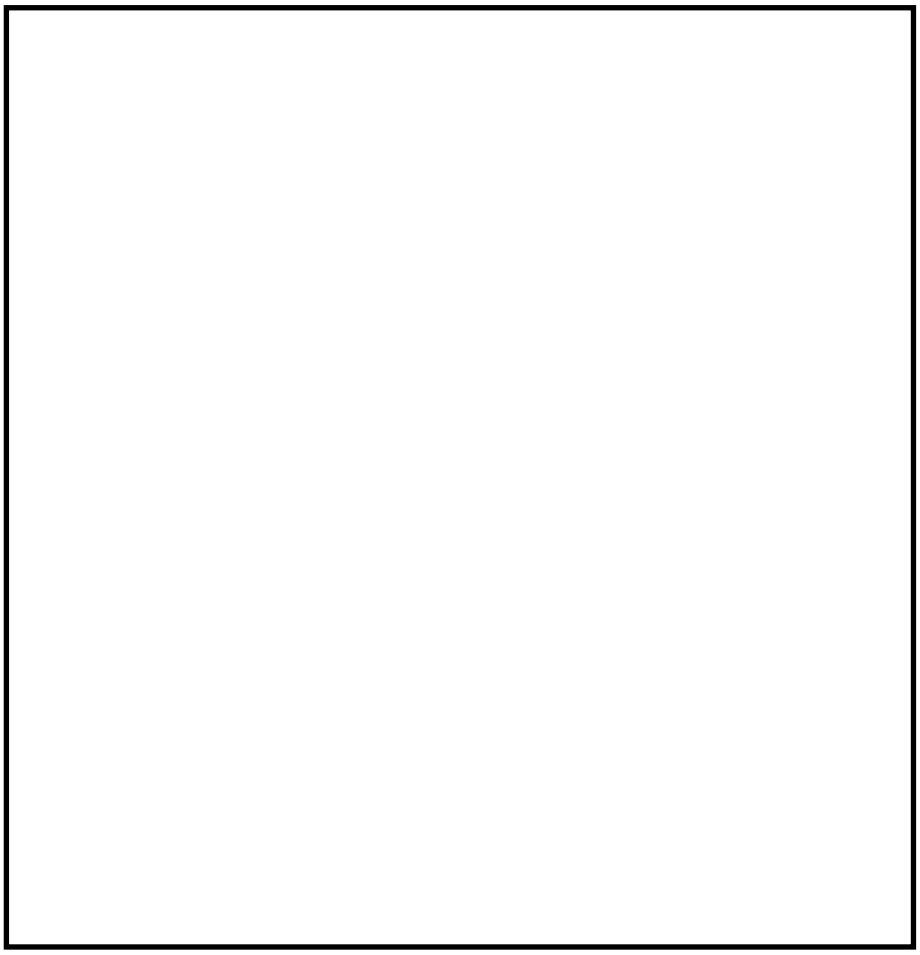
（漂流物堆積時）

第 2.5.2-4 図　漂流物堆積時のＳＡ用海水ピット取水塔イメージ

2.5.3　津波の二次的な影響（防潮堤内側の漂流物の影響）

敷地に遡上する津波の防潮堤の越流に伴い，防潮堤外側から防潮堤内側への漂流物が侵入する可能性がある。また，防潮堤内側の建物等が敷地に遡上する津波の流入に伴い漂流物となる可能性がある。これらが，敷地に遡上する津波とともに敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に到達した場合の衝突影響を評価する。

原子炉建屋等の敷地に遡上する津波に対する防護対象設備はT.P.＋8mの敷地に設置されており，防潮堤を越流した津波の遡上域内にある（最大浸水深（＋1.0m）：第 2.5.2-5 図のとおり）。このため，原子炉建屋等の設置位置及び敷地に遡上する津波の遡上解析結果を踏まえ，原子炉建屋等に衝突影響を及ぼす可能性がある防潮堤外側から防潮堤内側へ侵入する漂流物及び敷地に遡上する津波の流入に伴い漂流物となり得る防潮堤内側の建物等による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備への影響を評価する。



第 2.5.2-5 図　敷地の最大浸水深分布

a．敷地に遡上する津波の流向，流速

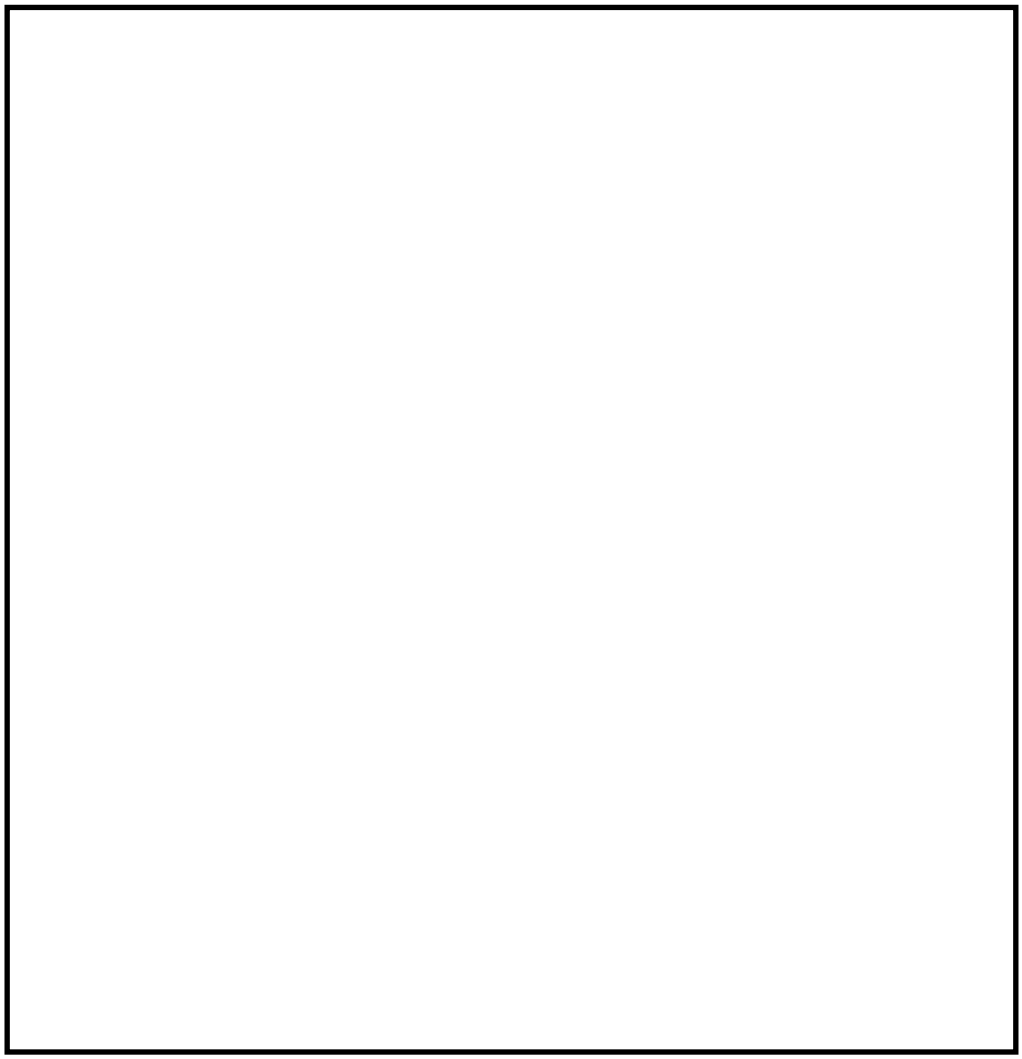
防潮堤外側の流向，流速については，前項の説明のとおり。

防潮堤内側については，漂流物検討対象となる施設・設備近傍の評価点における流向，流速で評価する。

b．漂流物調査範囲の設定

(a) 防潮堤内側における調査範囲

防潮堤内側における調査範囲は，敷地に遡上する津波による浸水域を包絡する範囲として第 2.5.2-6 図に示す範囲とする。



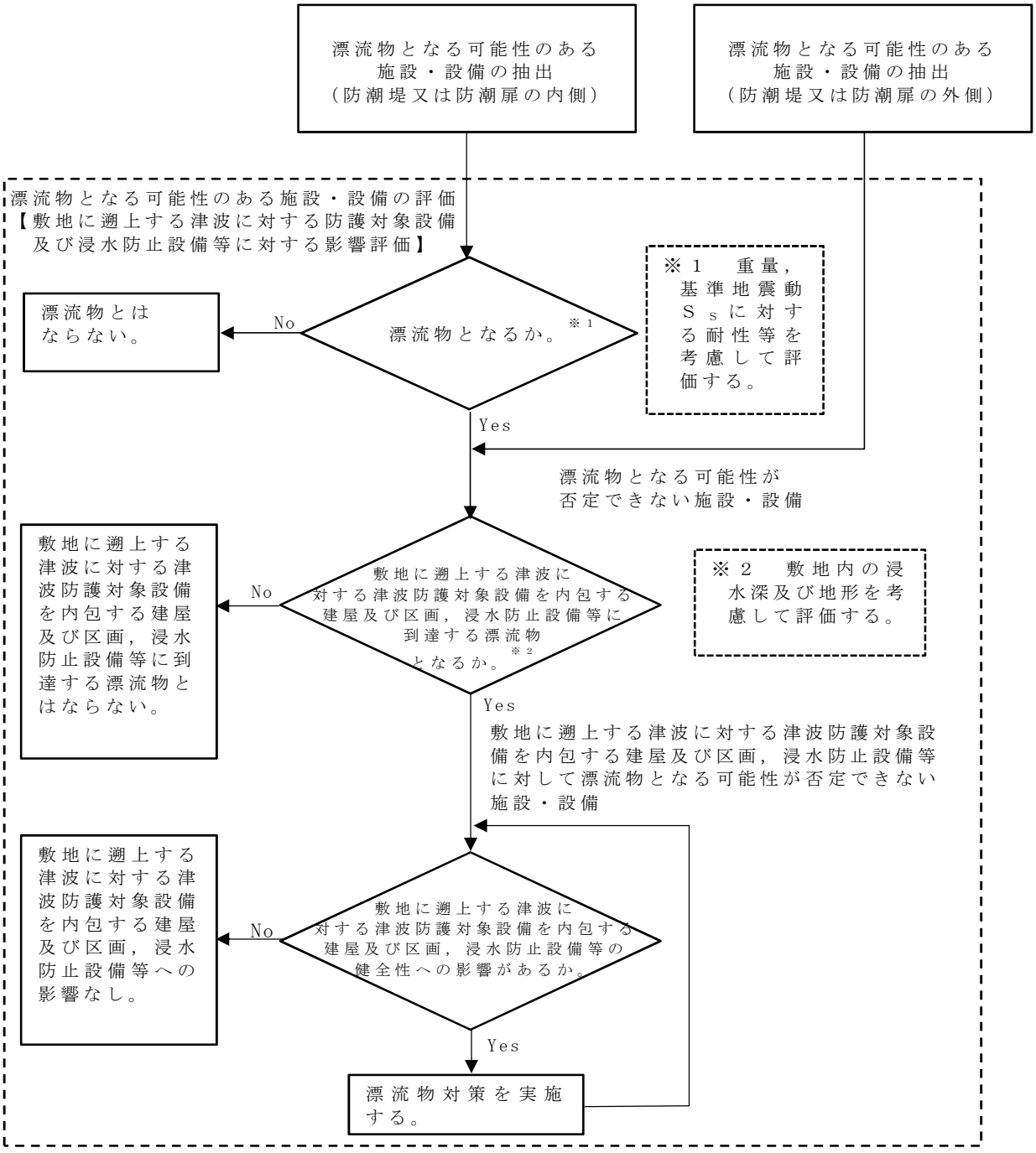
：防潮堤内側の敷地における調査範囲

第 2.5.2-6 図　防潮堤内側の敷地における調査範囲

ｃ．漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出を漂流物評価フローに基づき抽出する。なお，敷地内の漂流物評価においては，防潮堤外側で抽出された漂流物が防潮堤を超えて敷地内に流入する可能性を考慮し，防潮堤外側における漂流物評価フローから防潮堤内側における漂流物評価フローへの入力条件（防潮堤外側における漂流物評価フロー図中の②）としている。

第 2.5.2-7 図に防潮堤内側における漂流物評価フロー（原子炉建屋及び建物・区画等に内包されない敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に対する影響評価)を示す。



第 2.5.2-7 図　防潮堤内側における漂流物評価フロー

（原子炉建屋及び建物・区画等に内包されない敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に対する影響評価）

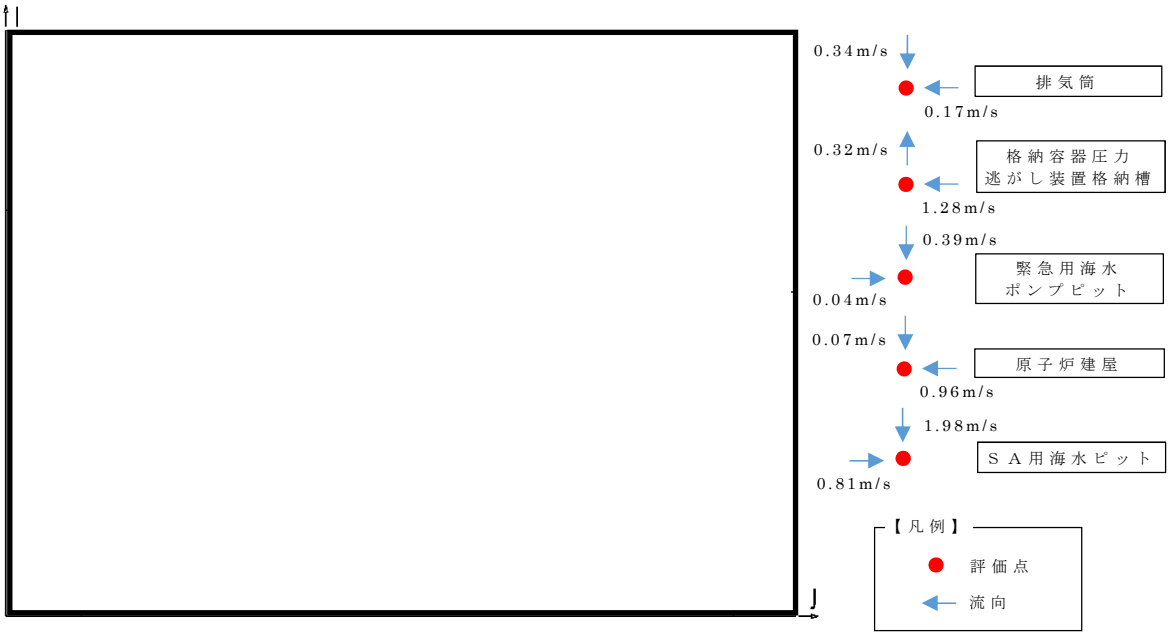
d.漂流物の衝突影響評価対象の選定

津波が遡上する範囲にある地上構築物である原子炉建屋（浸水防止設備含む）及び建物・区画等に内包されない敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を対象とする。具体的設備を第2.5.2-3表に示す。第2.5.2-8図に防潮堤内の津波の流速評価点を示す。

第2.5.2-3表　漂流物影響評価対象施設・設備

施設・設備	内包する主な設備等	最大流速X［m/s］	最大流速Y［m/s］
原子炉建屋	重大事故等対処設備	0.07	0.96
可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），（南側）*1	可搬型代替注水大型ポンプ	－	－
緊急時対策所建屋*1	緊急時対策に必要な機能，設備等	－	－
緊急用海水ポンプピット（地上敷設部）	緊急用海水ポンプピット換気用配管	0.39	0.04
格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置（地上敷設部）	格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置（地上敷設部）	0.32	1.28
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）*2	可搬型代替電源装置接続用電源盤	0.52	1.39
ＳＡ用海水ピット*2	緊急用海水ポンプ流路	1.98	0.81
排気筒*3	非常用ガス処理系排気筒	0.34	0.17

*1：可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），（南側）及び緊急時対策所は高所設置により津波が到達しないことから，漂流物の衝突影響評価は不要。
*2：常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）及びＳＡ用海水ピットは津波の遡上域に設置されるが，漂流物の衝突影響を考慮する地上構造物がないことから，漂流物の衝突影響評価は不要。
*3：排気筒は，構造上十分な耐震性及び強度を有する設備であり，漂流物の衝突影響は極めて小さいと評価する。



第 2.5.2-8 図　防潮堤内の津波の流速評価点

d．評価項目，代表として選定した漂流物

(a)評価項目

防潮堤内側において漂流物検討対象とした施設・設備は，構造及び機能を考慮すると，漂流物による流路の閉塞及び浸水の影響は考慮不要であるため，評価項目としては衝突荷重の評価とする。

(b)代表とする防潮堤外側の漂流物（防潮堤を越流する可能性のあるもの）

防潮堤外側の漂流物としては，フローチャートに基づき，コンクリート片，外装板，車両，漁船が抽出されており，津波とともに防潮堤を乗り越え敷地に流入する可能性がある。衝突影響の観点からは最も重量のある漁船が対象となるが，漁船の喫水線を考慮すると防潮堤は乗り越えても敷地内を漂流・移動するとは考え難い。その他，車両についてはその場で浮遊する可能性が否定できず，浸水深 0.5m～1m のエリアを漂流し原子炉建屋等まで到達する可能性が否定できな

い。

(c)代表とする防潮堤内側の漂流物

防潮堤内側の漂流物として，フローチャートに基づき抽出した一般車両（1.5t）を評価対象の代表漂流物とする。

ｅ．漂流物衝突荷重の評価

評価の結果，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に漂流物として衝突する可能性の否定できないはない一般車両（1.5t）が漂流・衝突した際の衝突力を漂流物荷重として設定し影響を評価する。

衝突力は「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年)」を参考に次式により算定する。

＜算定式＞

衝突荷重 P＝0.1×W×v

ここで，P：衝突力（kN)

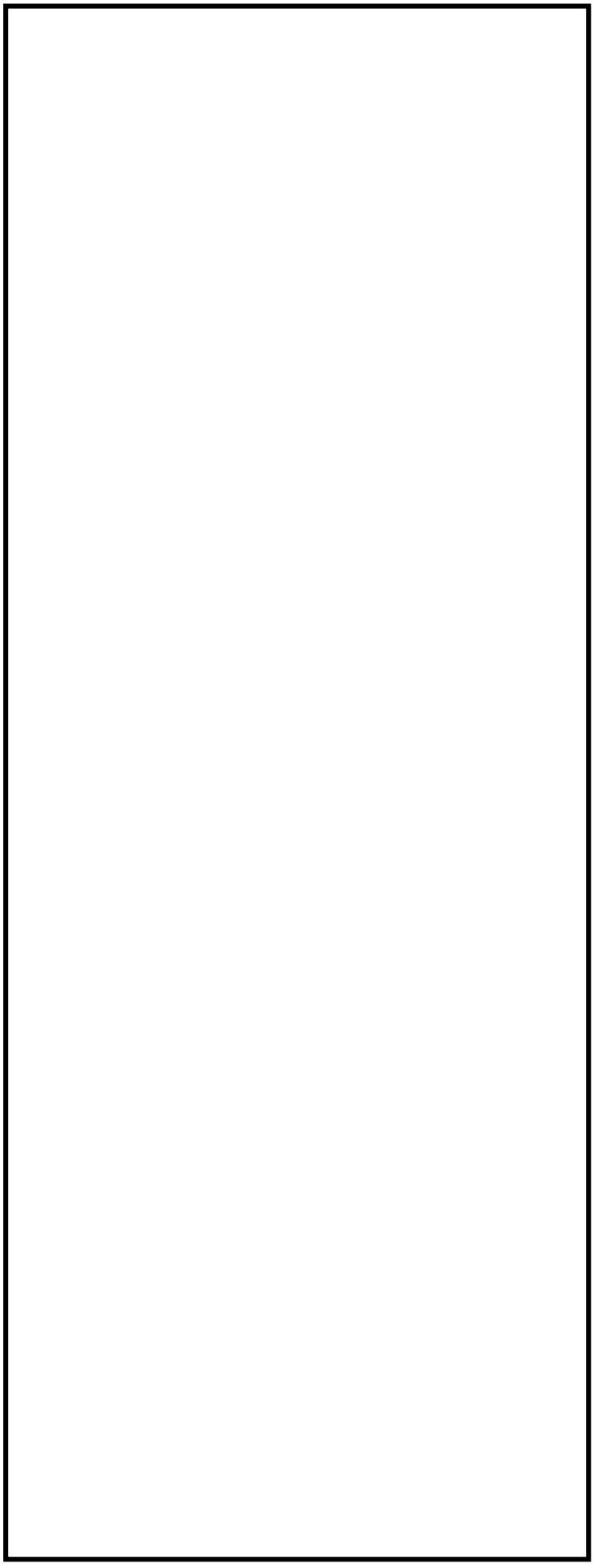
W：漂流物の重量（kN)

v：表面流速（m／s）

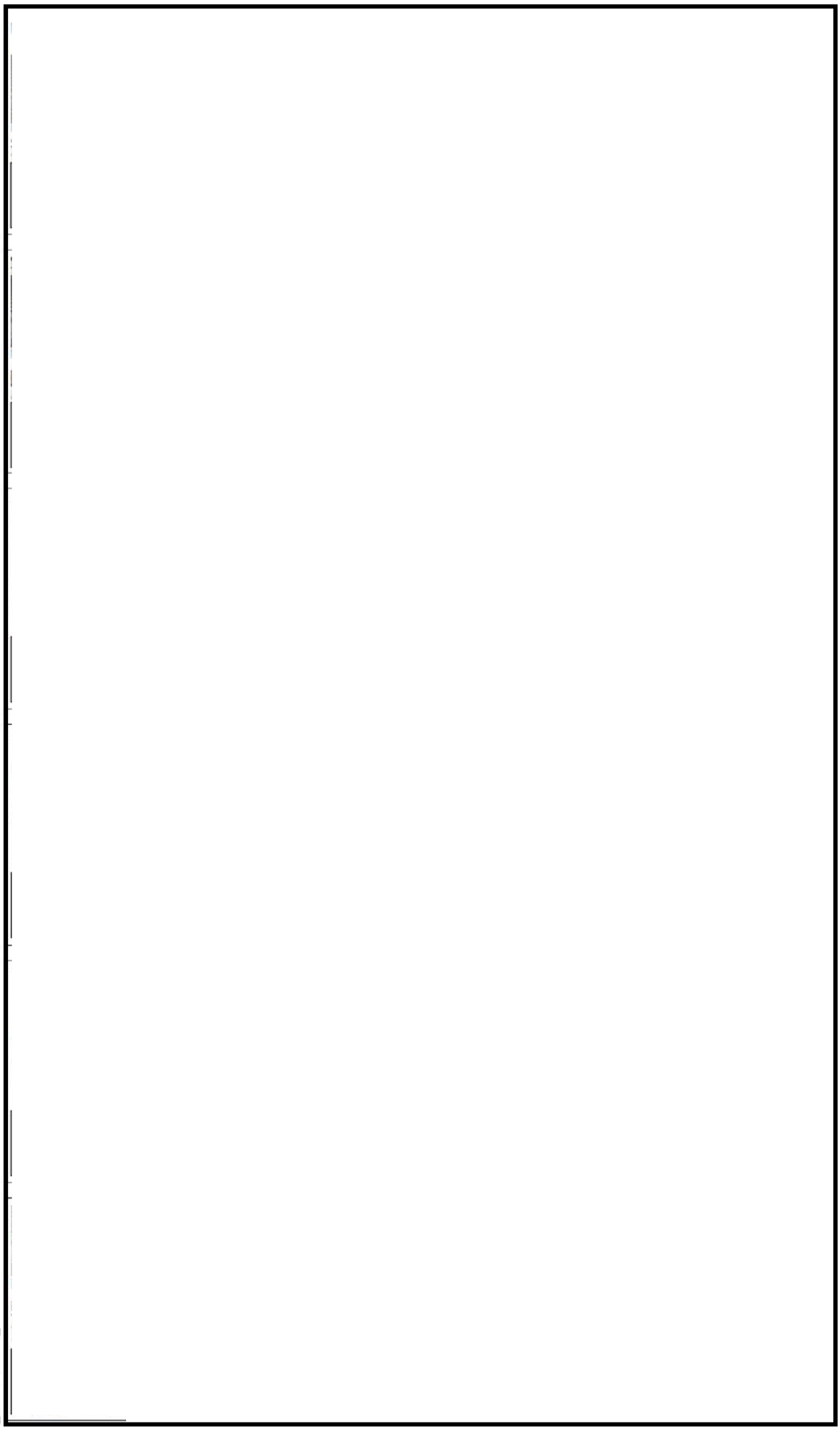
ｆ．許容限界

津波からの防護機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性領域内に収まることを基本として，津波からの防護機能を保持していることを確認する。

【車両】

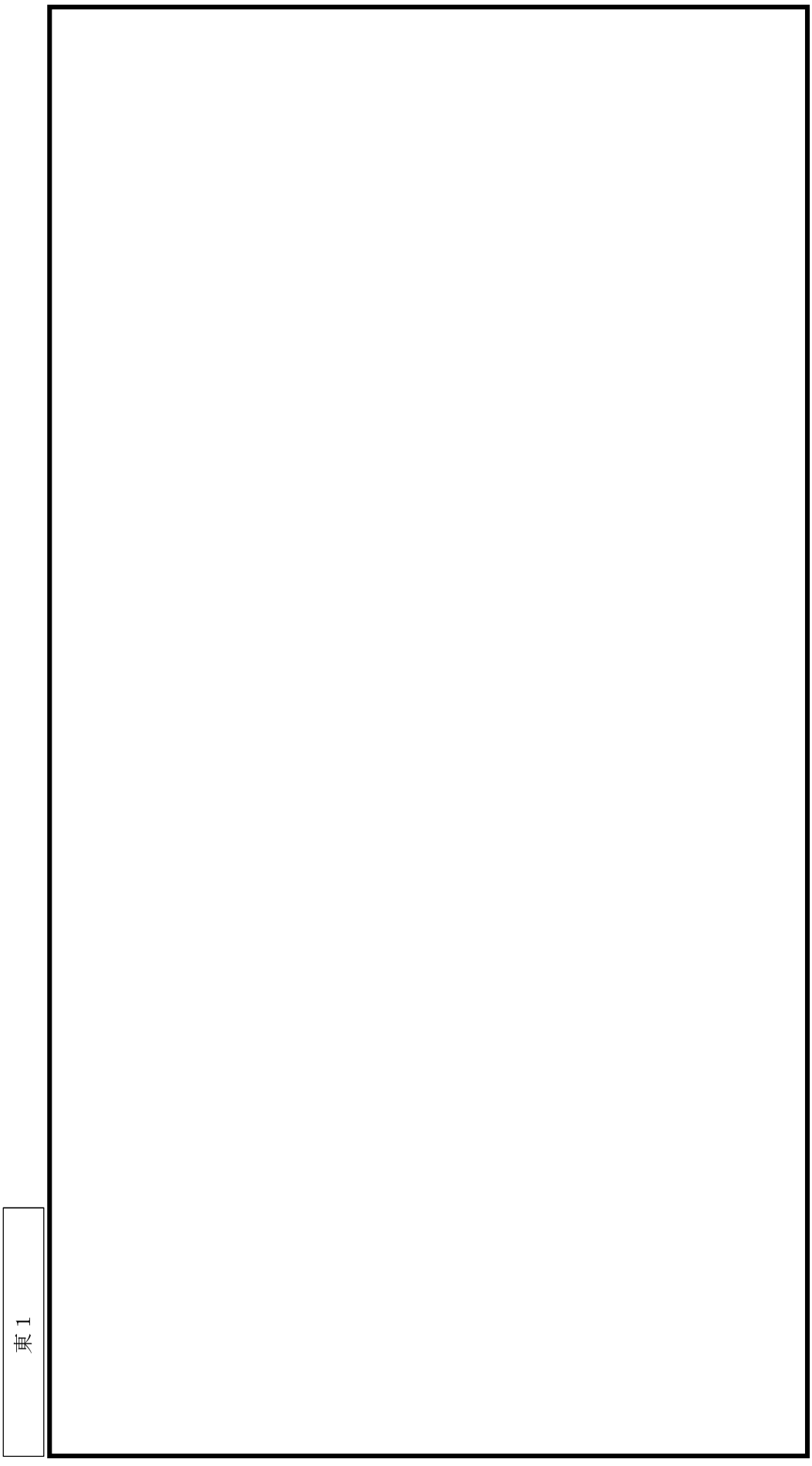


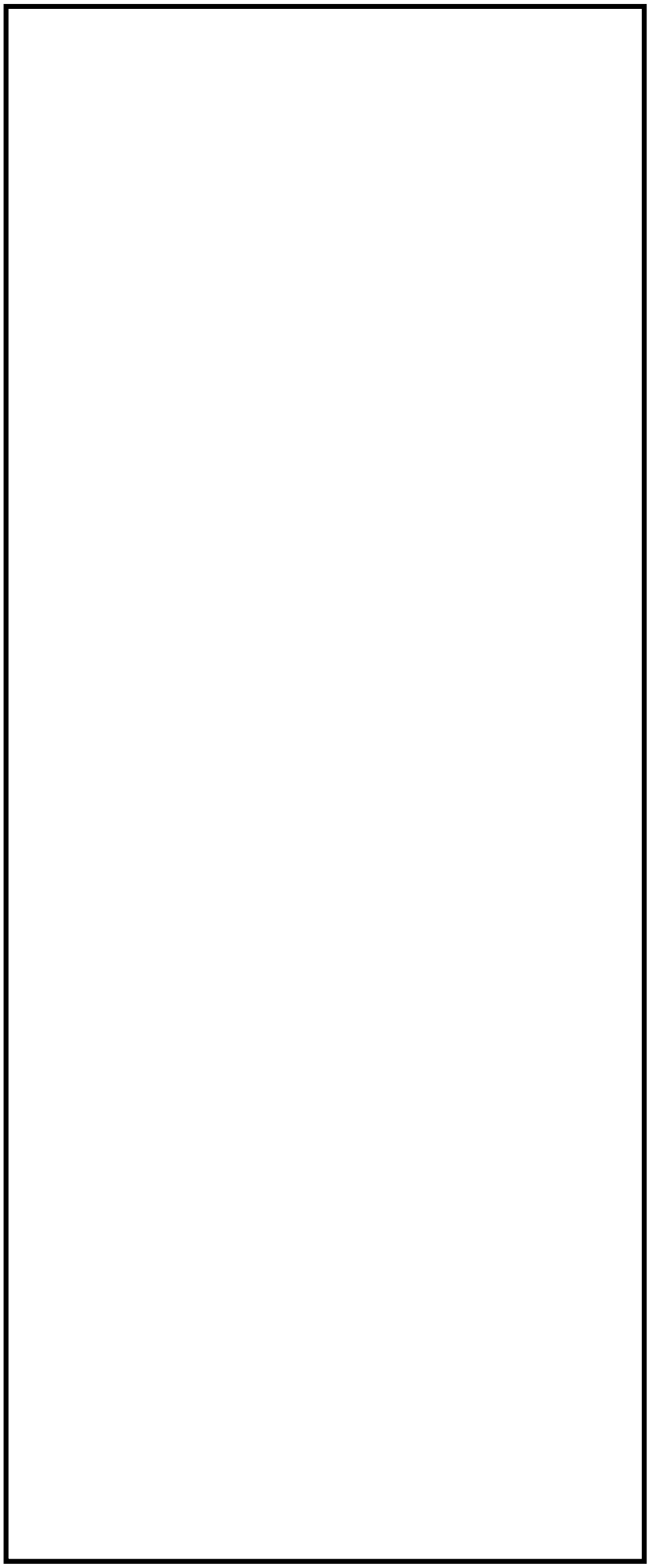
別添－1　2.5-22

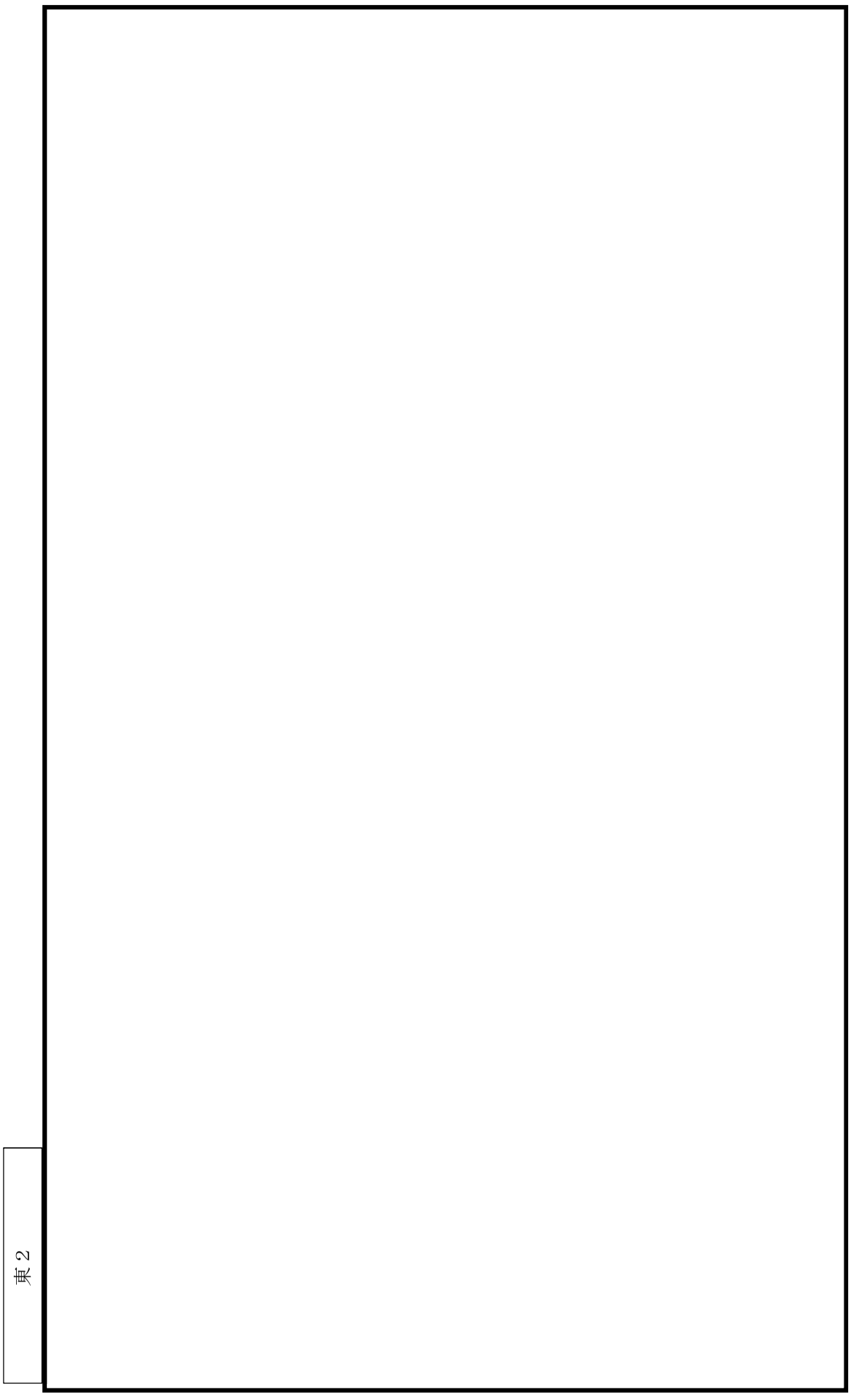


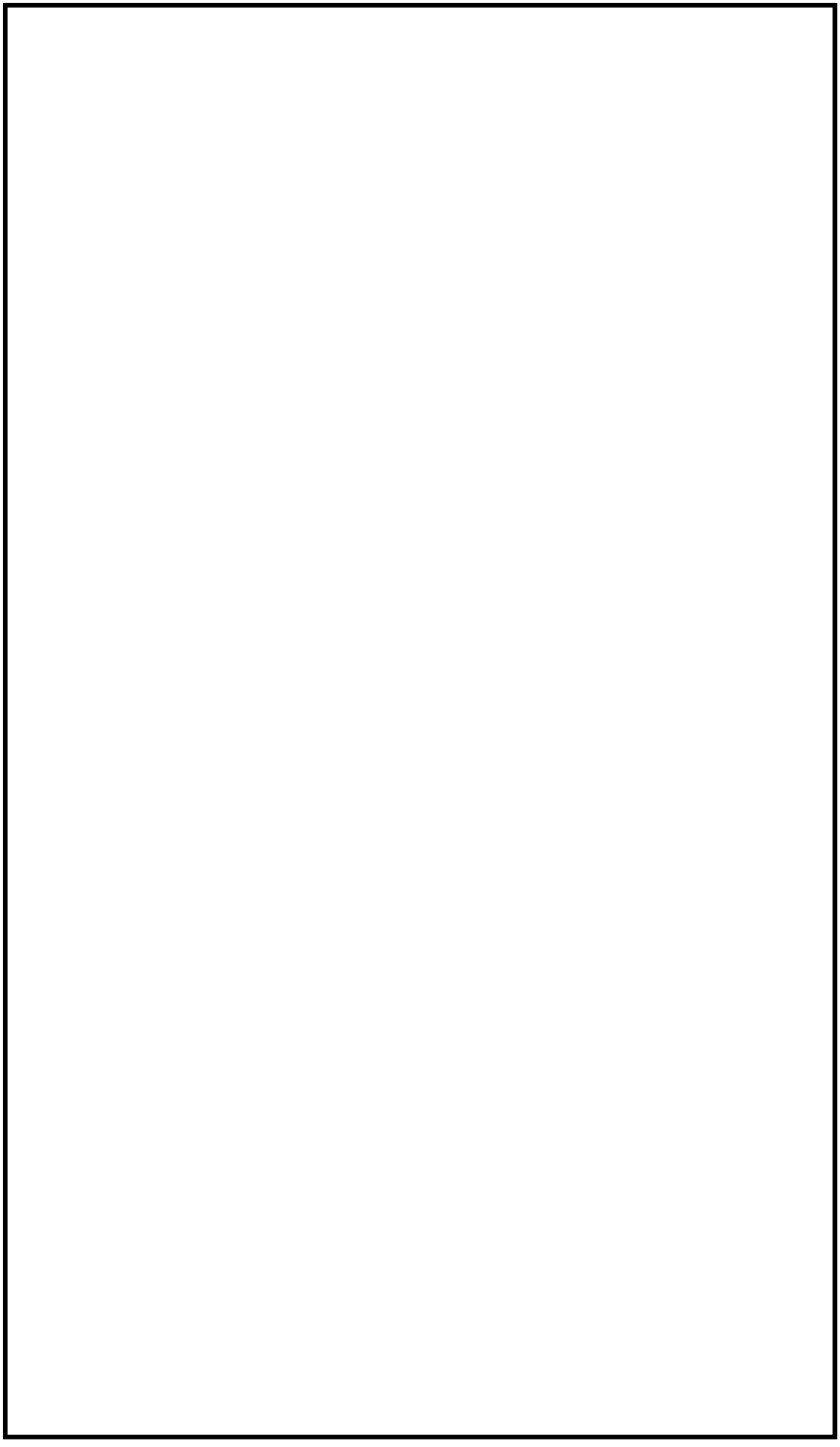
【1.車両等】

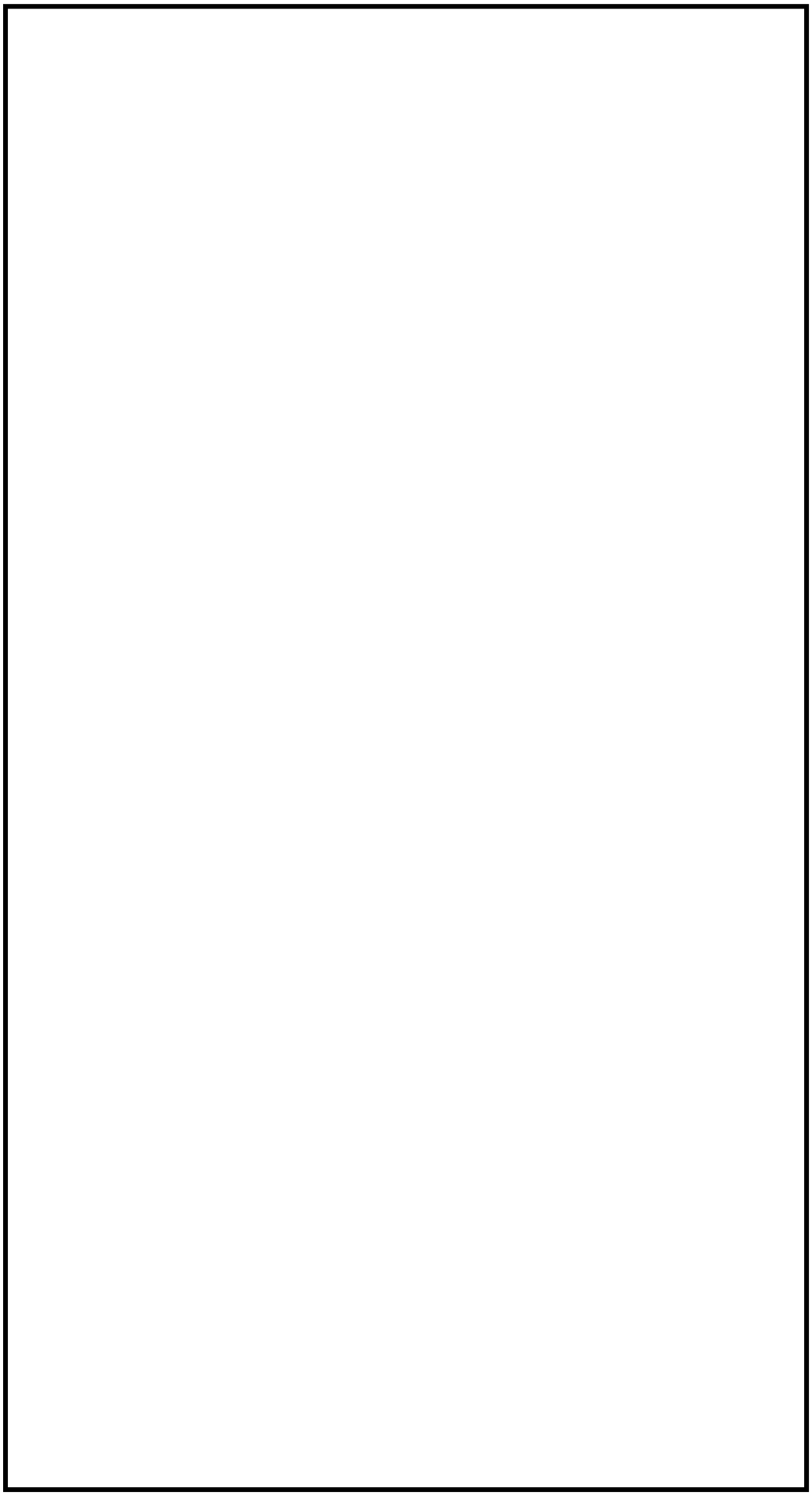
１．車両等配置図

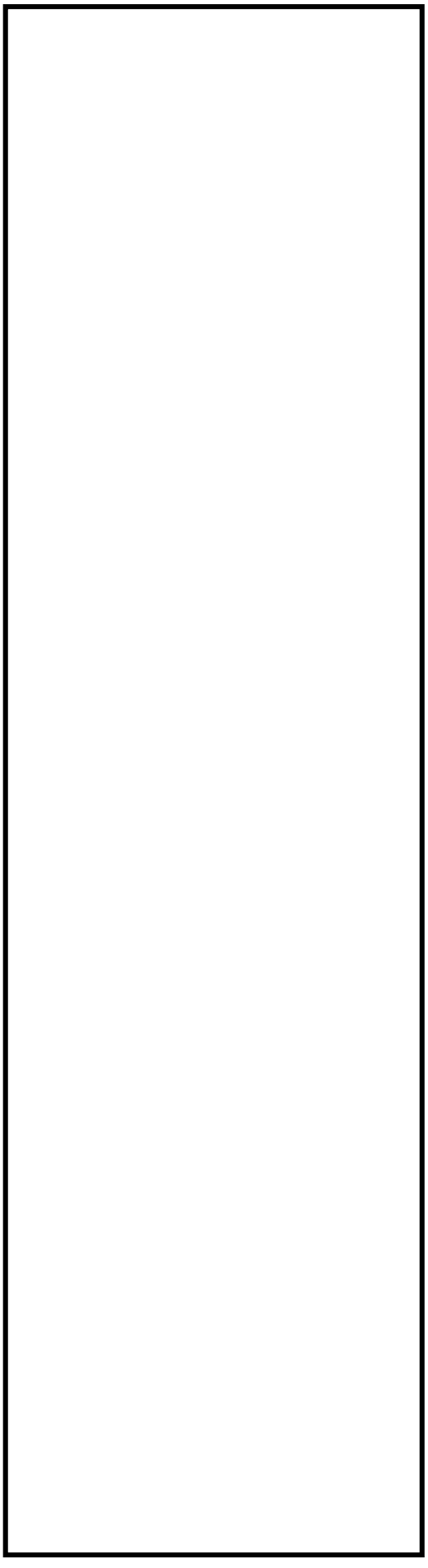

東１

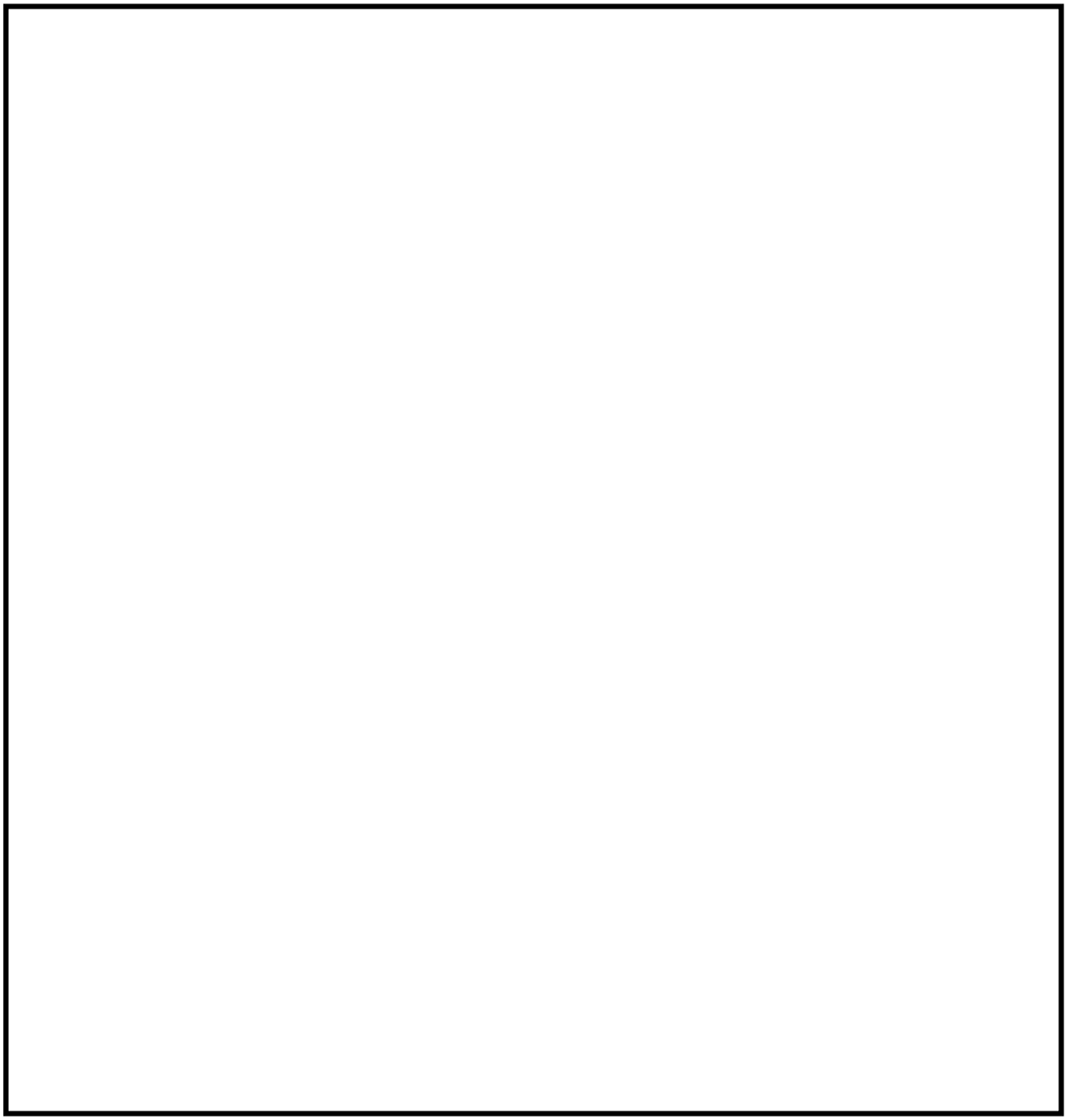



東２



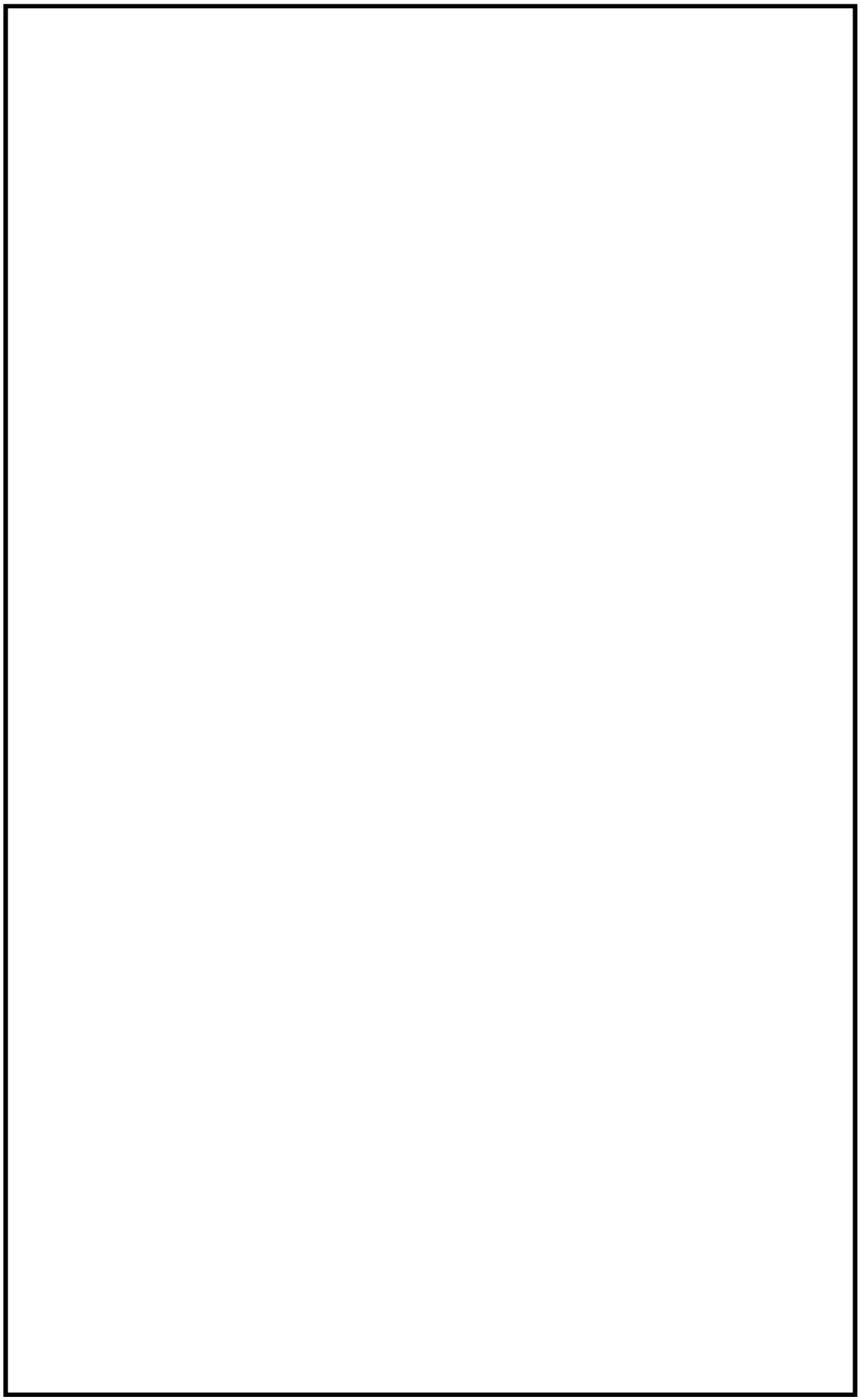




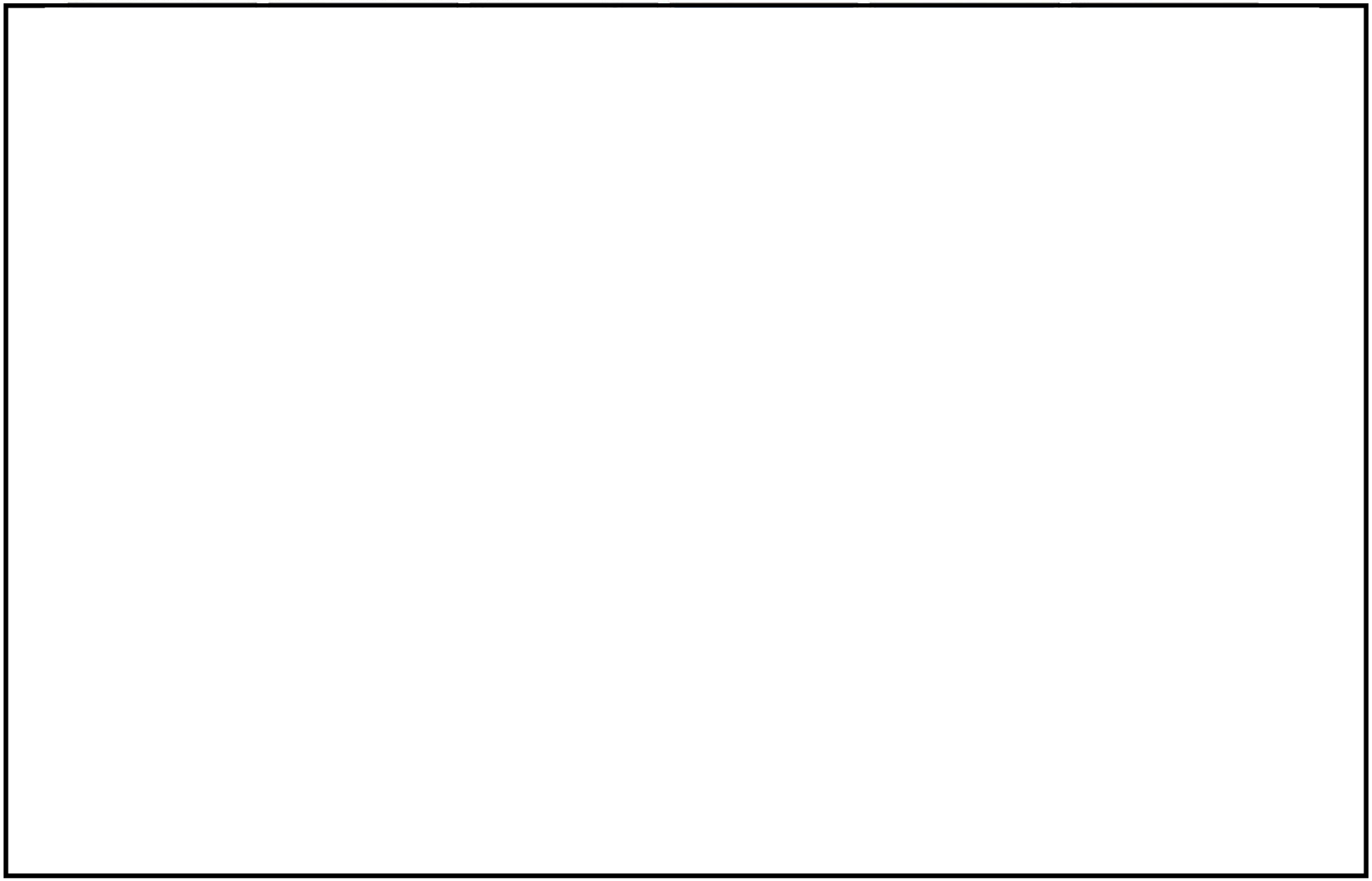


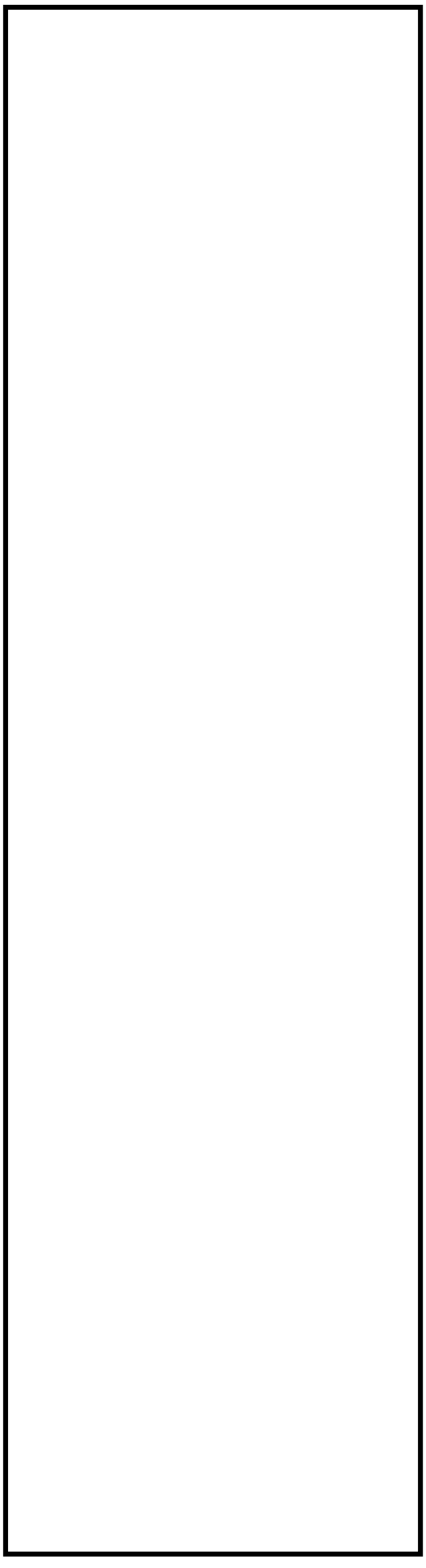
【2. 建物(鉄筋コンクリート)+3建物(鉄骨造) (東海発電所)】

【2. 建物(鉄筋コンクリート)＋3. 建物(鉄骨造) (東海発電所)】

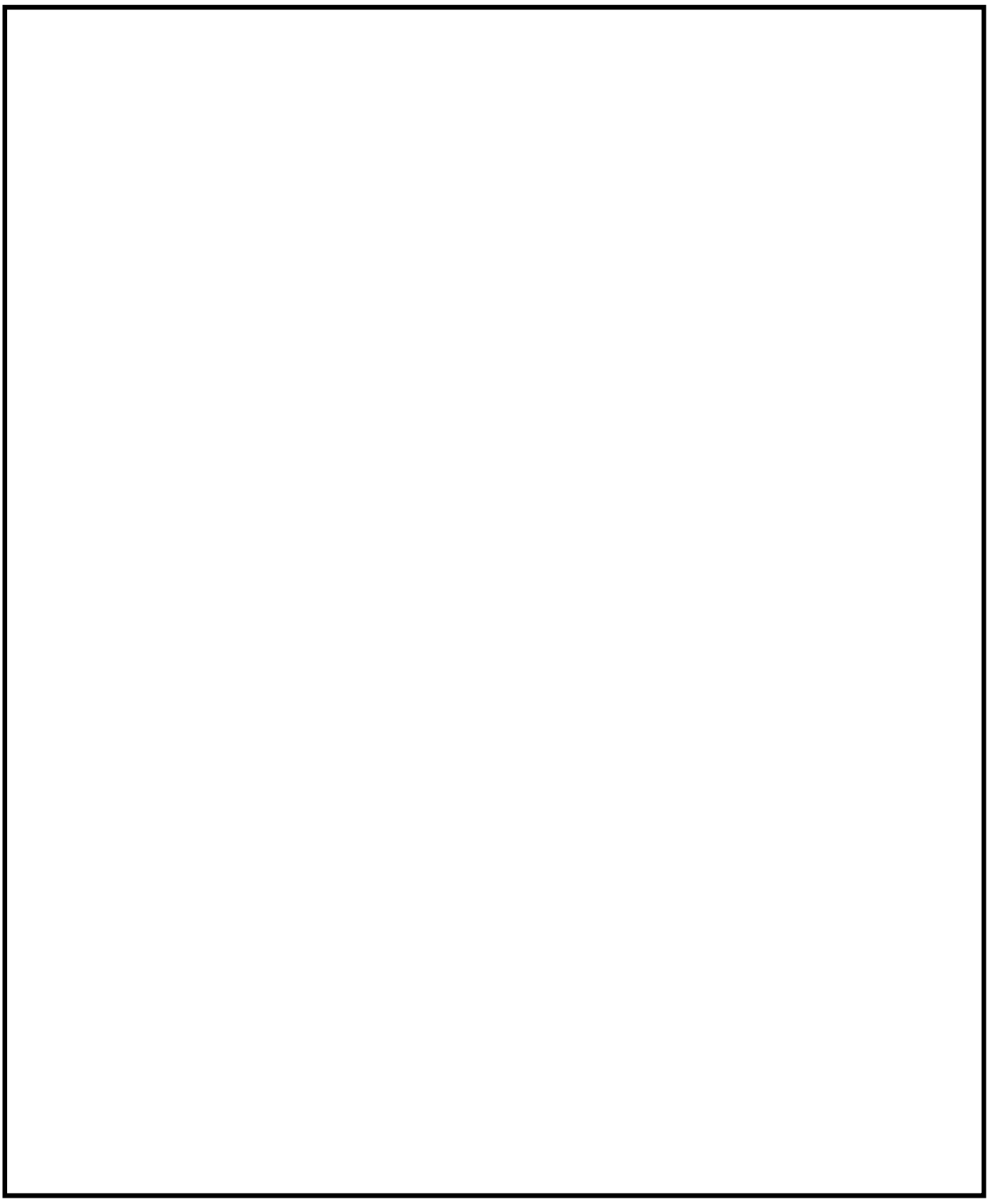


【2. 建物(鉄筋コンクリート)、3. 建物(鉄骨造) 東海第二発電所】





３．建物（鉄骨造）



【3. 建物(鉄骨造)保修保守総括】

2.6　津波監視設備

【規制基準における要求事項等】

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し，津波防護施設，浸水防止設備の機能を確実に確保するために，津波監視設備を設置すること。

【検討方針】

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し，津波防護施設及び浸水防止設備の機能を確実に確保するため，津波監視設備として，津波・構内監視カメラ，取水ピット水位計及び潮位計を設置する。

【検討結果】

津波監視設備は，敷地に遡上する津波に対して，以下の設備を設置し，各設備にて総合的に状況を監視する設計とする。なお，取水ピット水位計については，非常用海水ポンプの機能喪失を前提としており，取水口の水位監視の必要性が低いことから津波監視設備としては期待しない。

・津波・構内監視カメラ

・潮位計

本設備は，地震発生後，津波が発生した場合，その影響を俯瞰的に把握するために設置する。

ただし，津波・構内監視カメラのうち，防潮堤に設置する津波・構内監視カメラについては，敷地に遡上する津波により機能喪失が想定されるため，敷地に遡上する津波時の監視については原子炉建屋屋上の津波・構内監視カメラによるものとする。

潮位計は，敷地に遡上する津波の上昇側の水位監視を目的に，津波及び漂流物の影響を受けにくい取水口入口近傍の取水路側壁に設置し，敷地に遡

上する津波時にも津波の上昇側の監視が可能な設計とする。

ａ．設置位置

津波監視設備は，5条「津波による損傷の防止」の要求に沿い設置している。そのため，基準津波の襲来状況，津波防護施設及び浸水防止設備の機能，取水口及び放水口を含む敷地東側の沿岸域，並びに敷地内外の状況を監視できる。かつ，基準津波の影響を受けにくい場所に設置している。

津波・構内監視カメラは，原子炉建屋屋上のT.P.約＋64m及び防潮堤上部のT.P.約＋18m～T.P.約＋20m，取水ピット水位計は，取水ピット上版のT.P.約＋3m並びに潮位計は，取水路内T.P.約－5m（検出器）に設置する。第2.6-1図に津波監視設備の配置図を示す。

ｂ．仕様

津波・構内監視カメラは，敷地に遡上する津波の襲来状況，遡上後の敷地内の状況及び津波防護施設，浸水防止設備の状況について原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラにより状況を把握する。

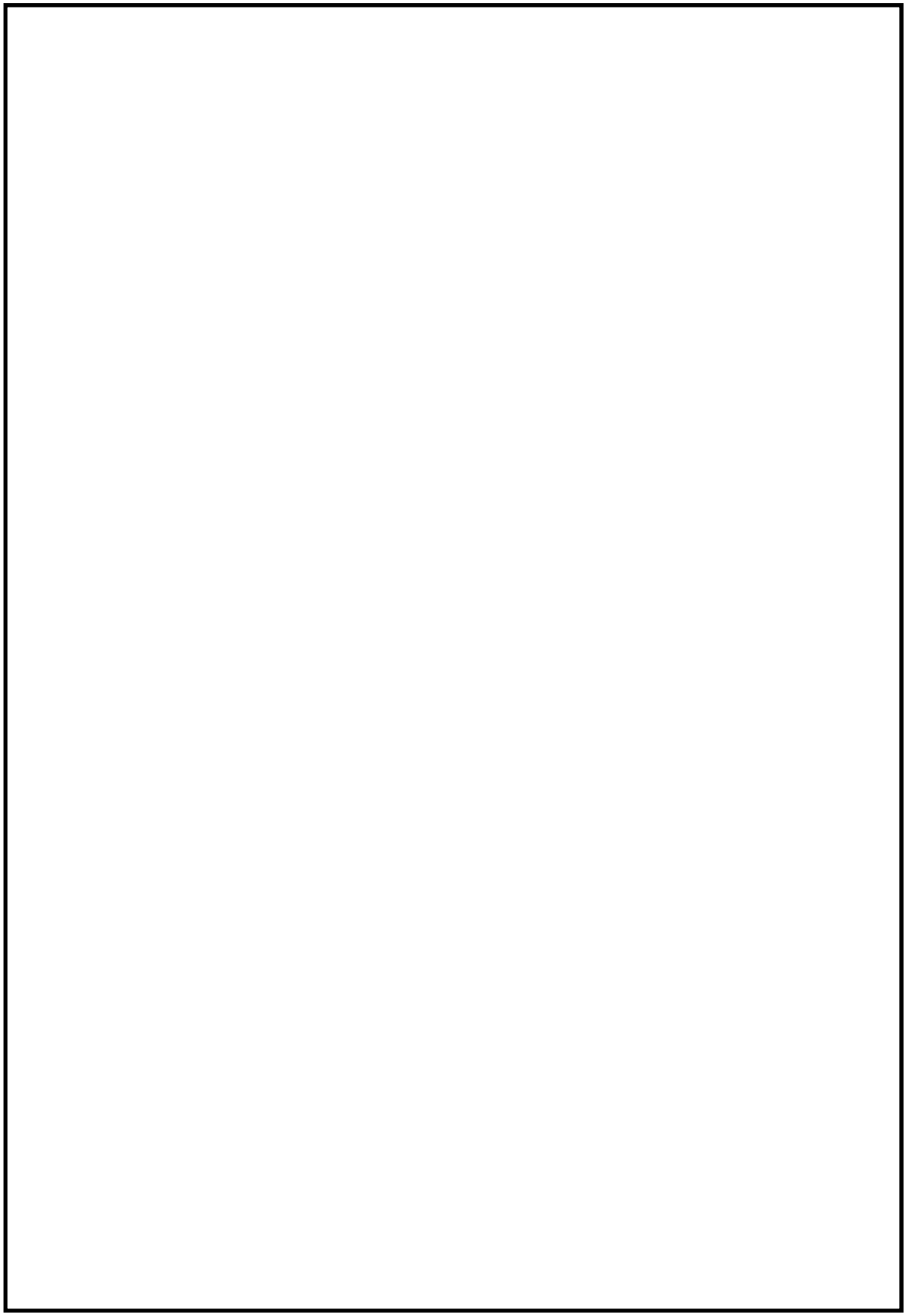
防潮堤上部に設置する津波・構内監視カメラは，敷地に遡上する津波の第1波の襲来状況を監視可能な設計とする。

原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラにより，津波時の初動対応上重要な活動エリアとなるT.P.＋11mの敷地の状況把握が可能である。第2.6-2図に原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラの監視可能範囲を示す。

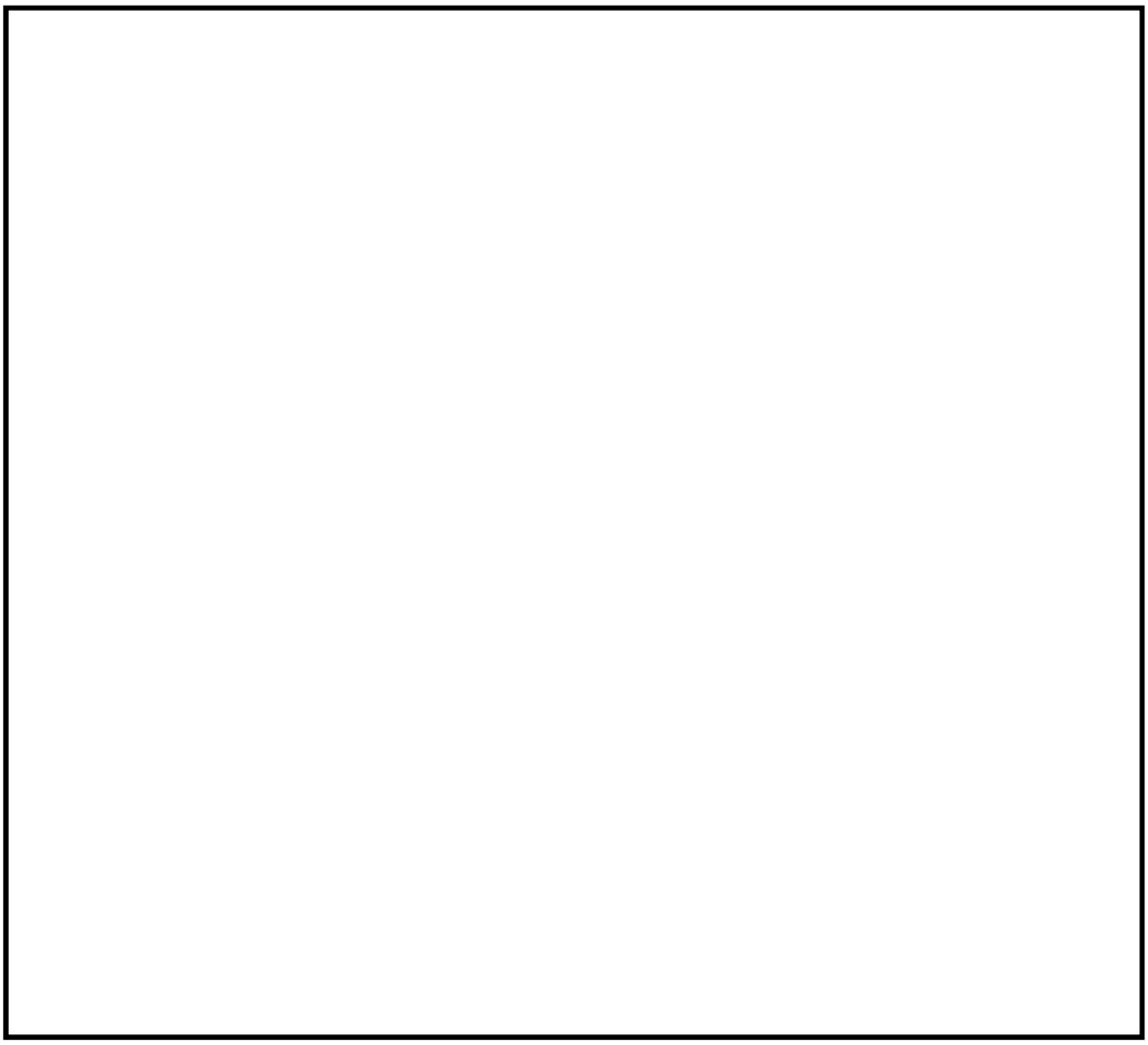
なお，防潮堤上端の津波・構内監視カメラ4台については，耐震性は十分に確保しているものの耐津波の耐性がないことから，遡上津波により

影響を受けた場合，津波・構内監視カメラは使用できないが，影響を免れた場合には津波・構内監視カメラとして継続使用する。

潮位計は，遡上津波により基準津波の場合を想定した計測範囲の上限を一時的に超えるものの，耐津波の耐性及び十分な耐震性を有しており，その後の計測が可能であることから繰り返し襲来してくる津波に対して把握することができる。



第 2.6-1 図　津波監視設備の配置図



第 2.6-2 図　原子炉建屋屋上の 3 台の津波・構内監視カメラによる監視可能範囲

3.　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備等の設計・評価の方針及び条件

3.1　敷地に遡上する津波に対して機能保持を図る施設の設計・評価

【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，敷地に遡上する津波の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設計とすること。

【検討方針】

津波防護施設のうち，防潮堤・防潮扉，放水路ゲート及び構内排水路逆流防止設備については，その構造に応じ，敷地に遡上する津波による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全性を評価し，越流時の耐性にも配慮した設計とする。

【検討結果】

「2.2　敷地に遡上する津波への対応（外郭防護 1)」に示したとおり，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備に対して，津波による影響を防止するために設置する防潮堤・防潮扉，放水路ゲート，構内排水路逆流防止設備，原子炉建屋外壁及び水密扉については，その構造に応じ，敷地に遡上する津波の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，入力津波による津波荷重や地震荷重等に対して，津波防護機能が十分保持できるように設計する。

第 3.1-1 図に敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の配置図を示す。

【凡例】

T.P.＋3.0m～T.P.＋8.0m

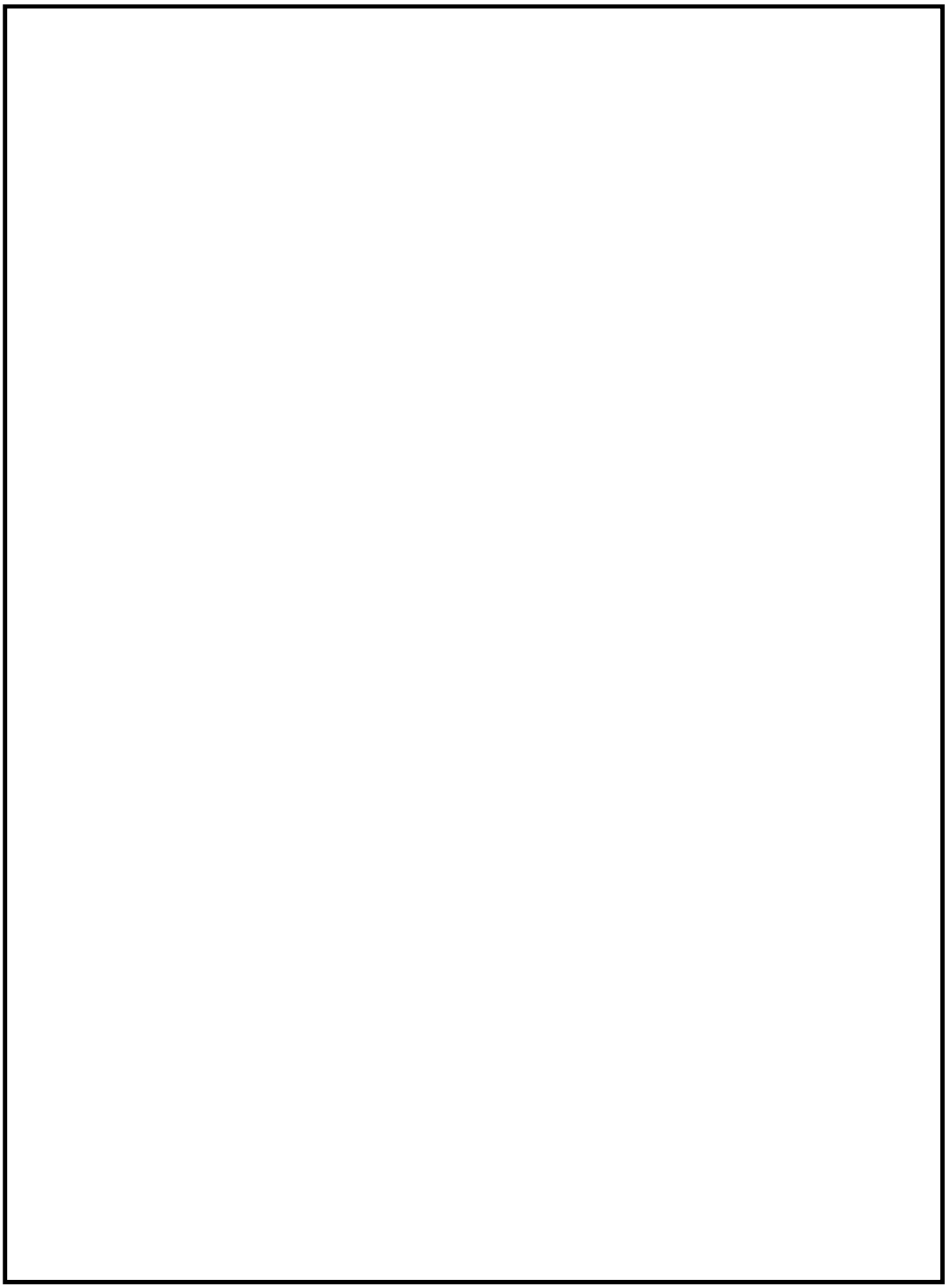
T.P.＋8.0m～T.P.＋11.0m

T.P.＋11.0m 以上

津波防護施設

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

重大事故等対処設備の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

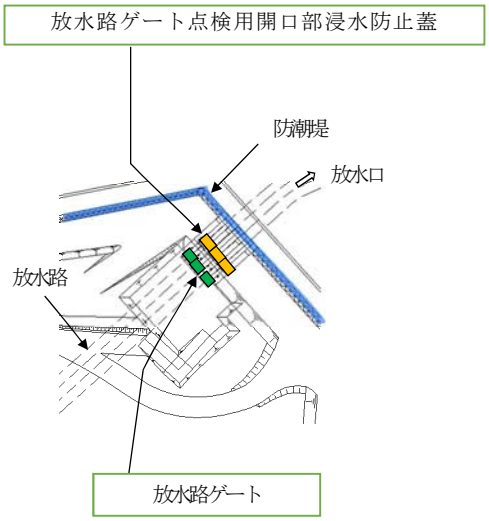


第 3.1-1 図　敷地に遡上する津波に対する津波対策設備配置図(1/2)

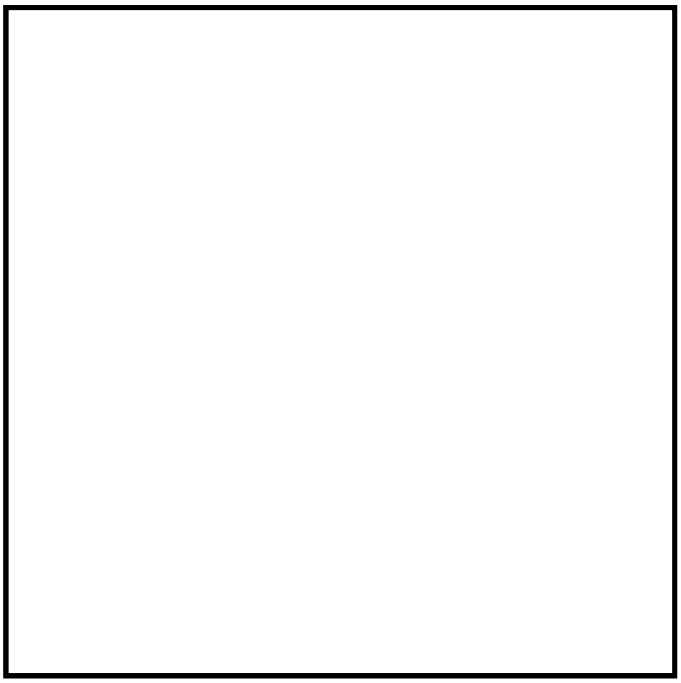
【凡例】

敷地に遡上する津波に対して機能保持する設備

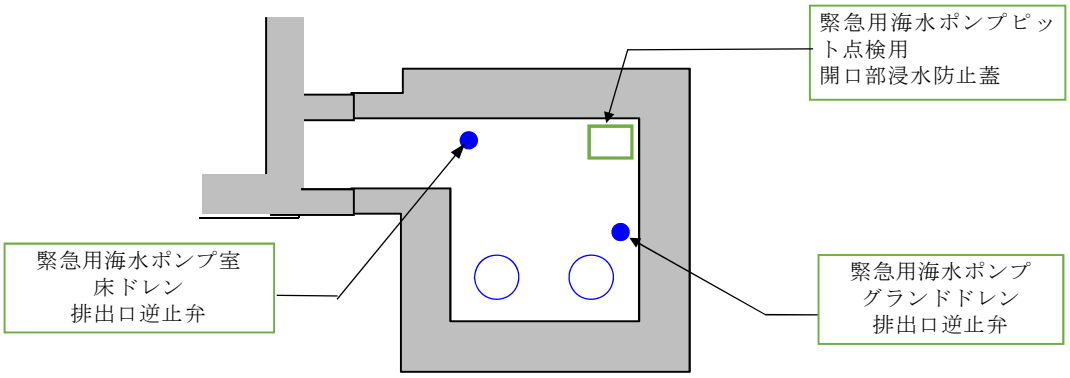
重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



図❶（放水口周辺拡大図）



図❷（海水ポンプエリア周辺拡大図）



図❸（緊急用海水ポンプエリア周辺拡大図）

第 3.1-1 図　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備配置図(2/2)

(1)　防潮堤

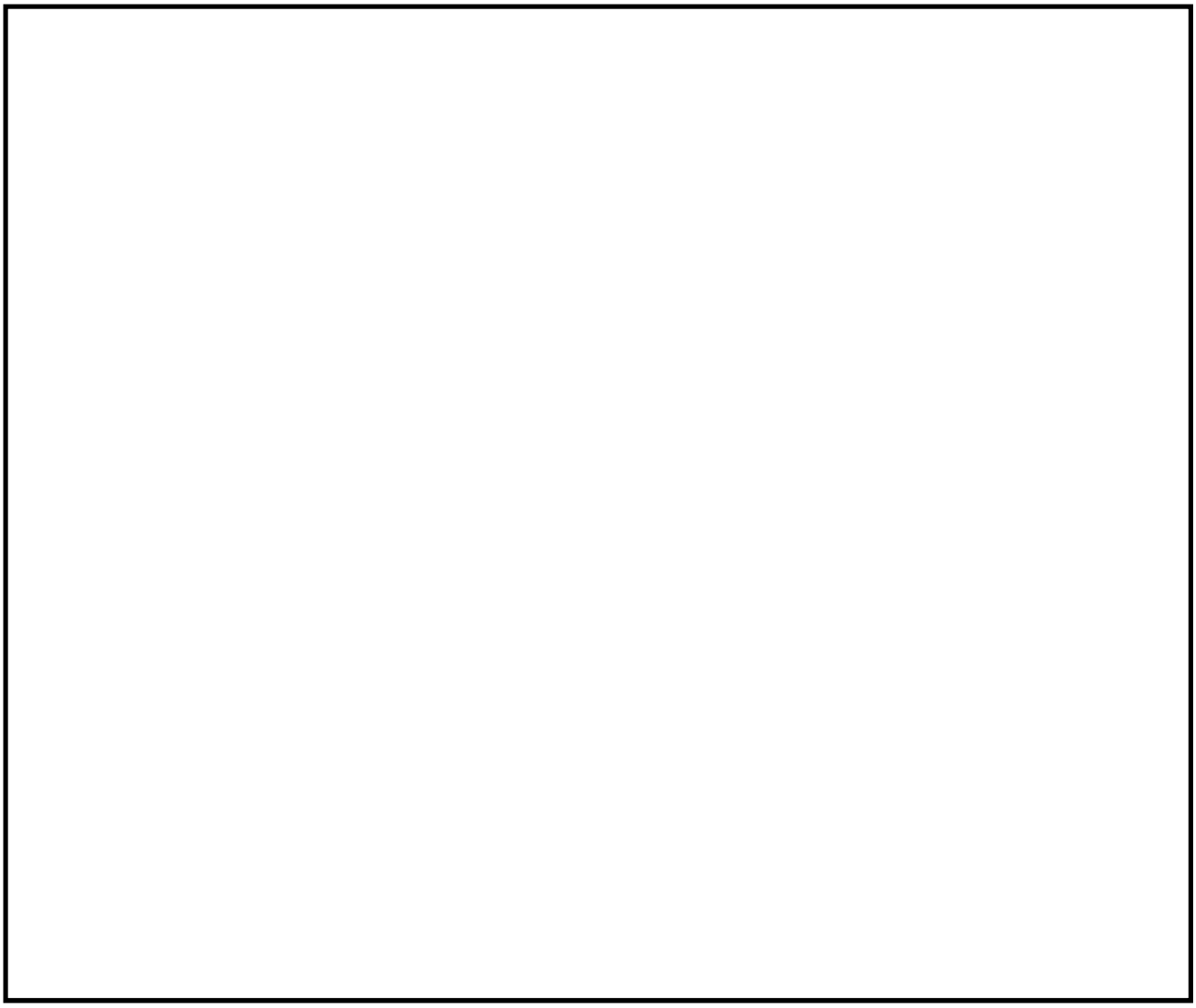
基準津波に対し，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の設置された敷地に，基準津波の遡上波が地上部から到達，流入するため，敷地を取り囲む形で防潮堤を設置するとともに，防潮堤の敷地南側境界部及び海水ポンプエリアに防潮扉を設置する。ただし，敷地に遡上する津波においては，津波が防潮堤を越流し防潮堤内側に流入する前提である。

第 3.1-1 表に敷地区分・エリア区分毎の防潮堤の構造形式及び敷地に遡上する津波を考慮した入力津波高さを示す。第 3.1-2 図に敷地区分・エリア区分毎の防潮堤配置図を示す。

防潮堤・防潮扉は，繰返し襲来する津波にも考慮して，敷地に遡上する津波の荷重や地震荷重等に対して，以下の方針により設計する。

第 3.1-1 表　敷地区分・エリア区分毎の防潮堤の構造形式及び敷地に遡上する津波を考慮した入力津波高さ

<table>
<tr><th rowspan="2">敷地区分</th><th rowspan="2">エリア区分</th><th colspan="2">構造形式</th><th rowspan="2">入力津波高さ
(T.P.＋m)</th><th rowspan="2">防潮扉</th></tr>
<tr><th>上部工</th><th>下部工</th></tr>
<tr><td rowspan="4">敷地前面東側</td><td rowspan="2">海水ポンプエリア</td><td>①鋼製防護壁</td><td rowspan="3">地中連続壁基礎（岩着）</td><td rowspan="4">24.0</td><td>－</td></tr>
<tr><td>②鉄筋コンクリート防潮壁</td><td>1 門</td></tr>
<tr><td rowspan="3">敷地周辺エリア</td><td>③鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）</td><td>－</td></tr>
<tr><td rowspan="3">④鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁</td><td rowspan="3">鋼管杭（岩着）</td><td>－</td></tr>
<tr><td>敷地側面北側</td><td rowspan="2">24.0</td><td>－</td></tr>
<tr><td>敷地側面南側</td><td>1 門</td></tr>
</table>



第 3.1－2 図　敷地区分・エリア区分毎の防潮堤配置図

a．構造

防潮堤及び防潮扉の構造について，構造形式毎に以下に示す。また，第 3.1-3 図に構造形式毎の防潮堤の構造図及び第 3.1-4 図に防潮扉の構造図を示す。

(a)　鋼製防護壁（海水ポンプエリア）

海水ポンプエリアのうち，海水ポンプ室前面の取水路上部を横断する箇所に設置する鋼製の防潮堤であり，取水路の北側及び南側に設置する地中連続壁基礎により支持される。

鋼製防護壁は，長さ約 80m，奥行（厚さ）約 4.5m であり，外部鋼板，

内部隔壁及び桁を組み合わせた鋼殻ブロックをボルトで連結させて一体化した構造である。地中連続壁基礎は，約 15.5m×15.5m の角型形状の鉄筋コンクリート造の基礎で，基礎下端標高は地中 T.P.約－50m～T.P.約－60m であり岩盤に支持される。鋼製防護壁と地中連続壁基礎は，アンカーボルトにて連結する構造である。

なお，添付資料 21 に鋼製防護壁の設計方針について示す。

(b) 鉄筋コンクリート防潮壁（海水ポンプエリア）

海水ポンプエリアのうち，海水ポンプ室の北側及び南側に設置する鉄筋コンクリート造の防潮壁であり，地中連続壁基礎により支持される。

上部工の形状は，逆Ｔ型であり，上部厚さは約 2m，下部厚さは約 6m である。地中連続壁基礎は，約 2.4m×約 10m の角型形状の鉄筋コンクリート造の基礎で，基礎下端標高は地中 T.P.約－33m～T.P.約－57m であり岩盤に支持される。

なお，添付資料 22 に鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について示す。

(c) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

放水路エリアに設置する鉄筋コンクリート造の防潮壁であり，地中連続壁基礎により支持される。鉄筋コンクリート防潮壁の下面には放水路があることから防潮壁と一体化した放水路を設置し，さらに放水路からの敷地内への津波の流入を防止する津波防護施設である放水路ゲートも設置していることから共通の構造である。

防護壁の上部工の形状は，上部厚さは約 2m，下部厚さは約 6.5m である。上部工下部の放水路及び放水路ゲートの躯体部分全体は放水路の横断方向約 20ｍ×縦断方向に約 23ｍあり，その下の地中連続壁基礎は，

約2.4m×約2.4mの角型形状の鉄筋コンクリート造の基礎を放水路の横断方向に3列，縦断方向に3列配置する。基礎下端標高は地中T.P.約－60mであり岩盤に支持される。

なお，添付資料23に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示す。

(d) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁（敷地周辺エリア）

敷地周辺エリアに設置する防潮壁である。上部工は，鋼管杭の表面に鉄筋コンクリートを施工した構造であり，鋼管杭下端標高は地中T.P.約－20m～T.P.約－60mであり岩盤に支持される。

鋼管杭の寸法は，外径約2.0m～約2.5m，上部工の鉄筋コンクリートの厚さは堤外で約0.7m，堤内で約0.3mであり鋼管杭を含めた鉄筋コンクリート部の厚さは約3.0m～約3.5mである。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針及び液状化の検討結果については，設置許可基準規則第5条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」の添付資料24参照。

鋼管杭周りの表層付近の地盤においては，地震時における変形や津波による洗掘などに対して，浸水防護をより確実なものとするために地盤改良を実施する。

(d) 防潮扉

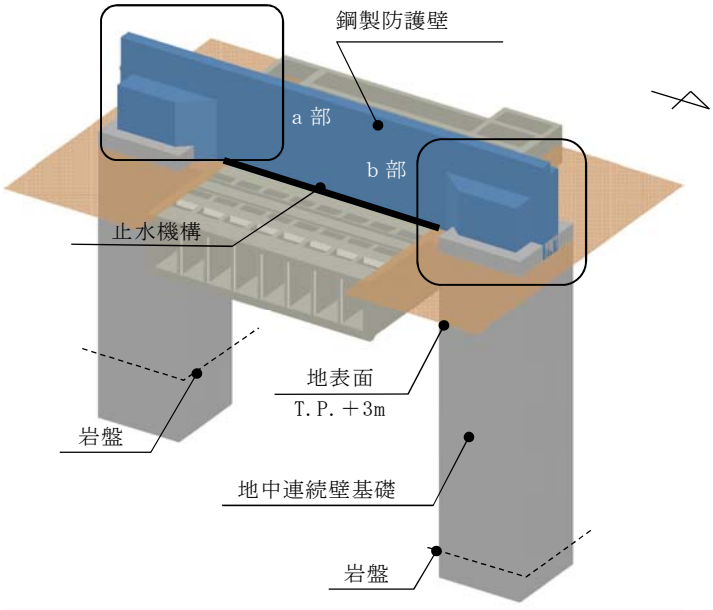
防潮扉は，敷地南側境界部及び海水ポンプエリアに防潮扉を設置する鋼製の上下スライド式の鋼製扉である。防潮扉本体はスキンプレート，主桁，補助桁等から構成され，また，戸当たりには合成ゴムを設置することにより，波力を受けた扉体は，戸当たりの合成ゴムと密着することにより止水する構造である。

なお，防潮扉は，通常時は閉止運用とする。防潮扉の設計と運用につ

いては，設置許可基準規則第 5 条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」の添付資料 25 参照。

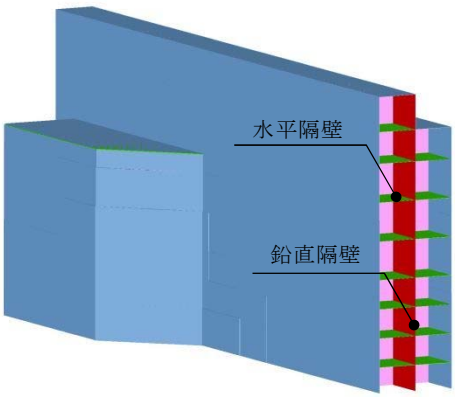


：①鋼製防護壁
：②鉄筋コンクリート防潮壁（海水ポンプエリア，放水路エリア）
：③鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁

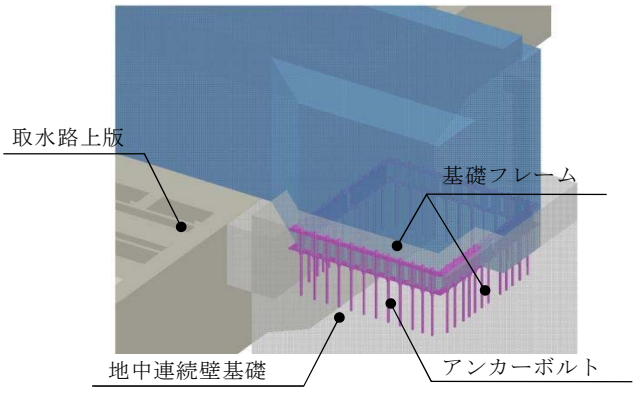


（Ａ－Ａ矢視）

鋼製防護壁寸法
・長さ：約 80m
・奥行（厚さ）：約 4.5m
・天端高さ：T. P. ＋20m
地中連続壁基礎寸法
・幅：約 15.5m×約 15.5m
・基礎下端部標高
（南）：T. P. 約－50m
（北）：T. P. 約－60m
岩盤標高
・（南）：T. P. 約－30m
・（北）：T. P. 約－56m

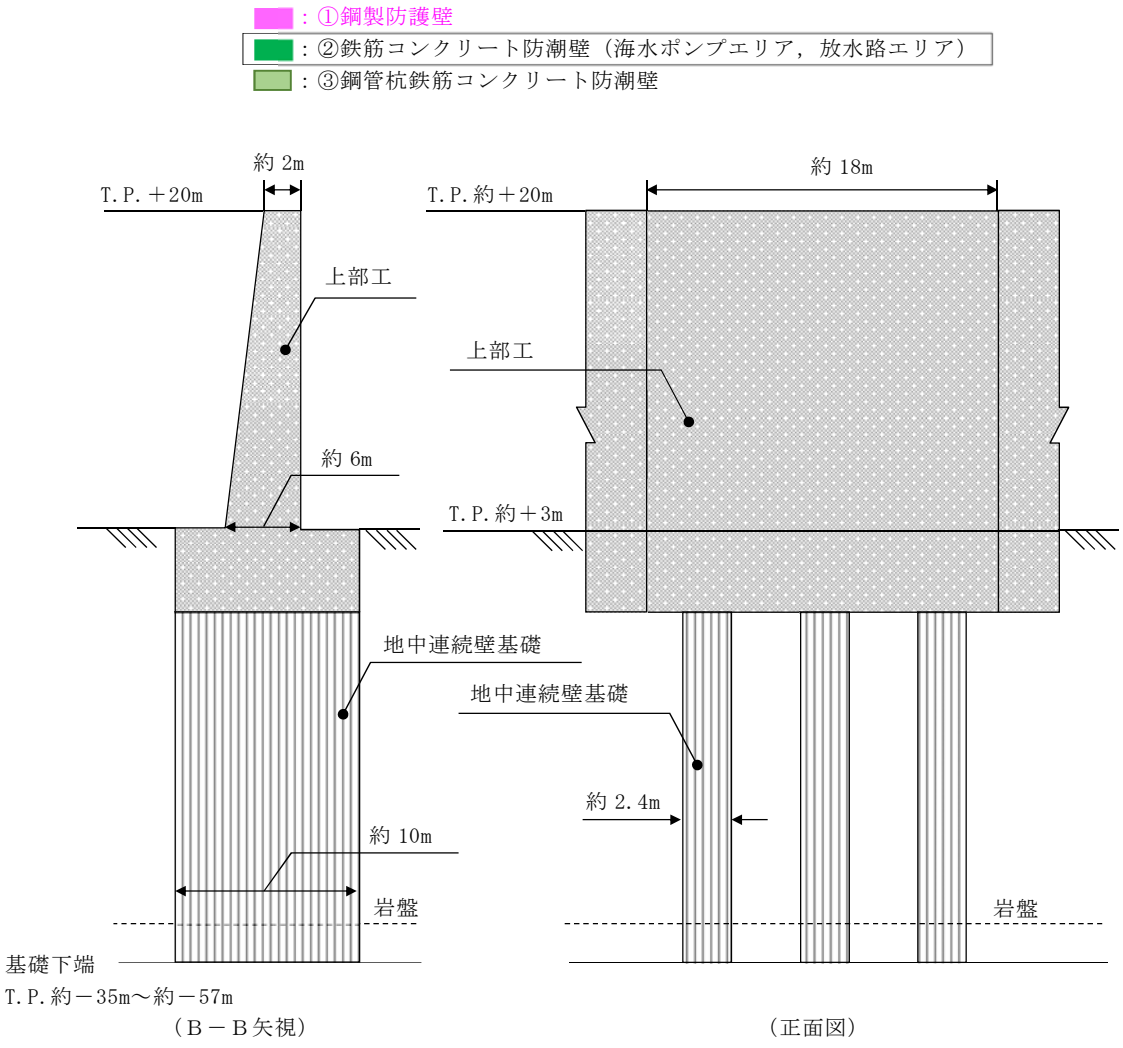


（a 部）



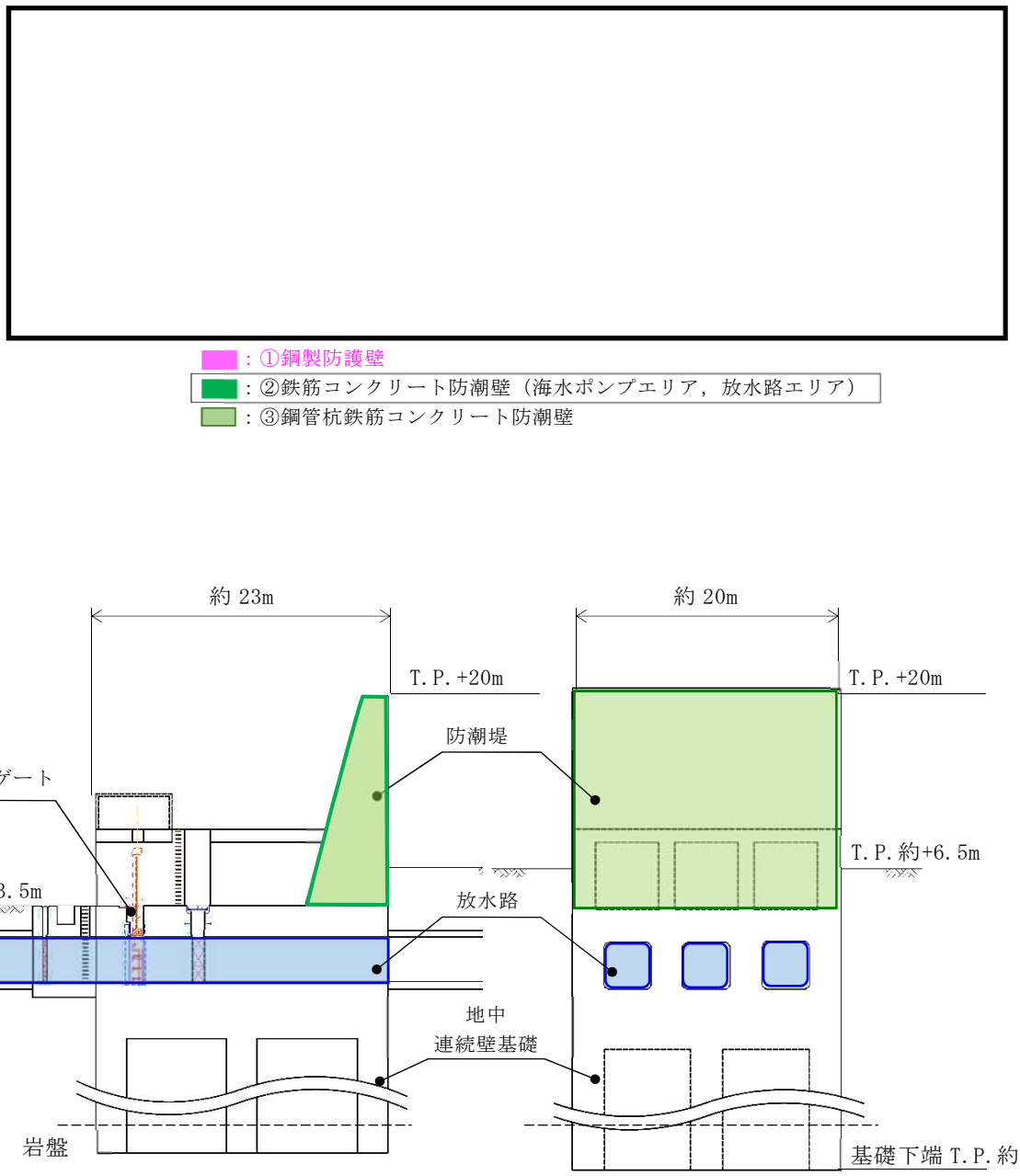
（b 部）

第 3.1-3 図　構造形式毎の防潮提構造図（1／4）
［(a)鋼製防護壁］



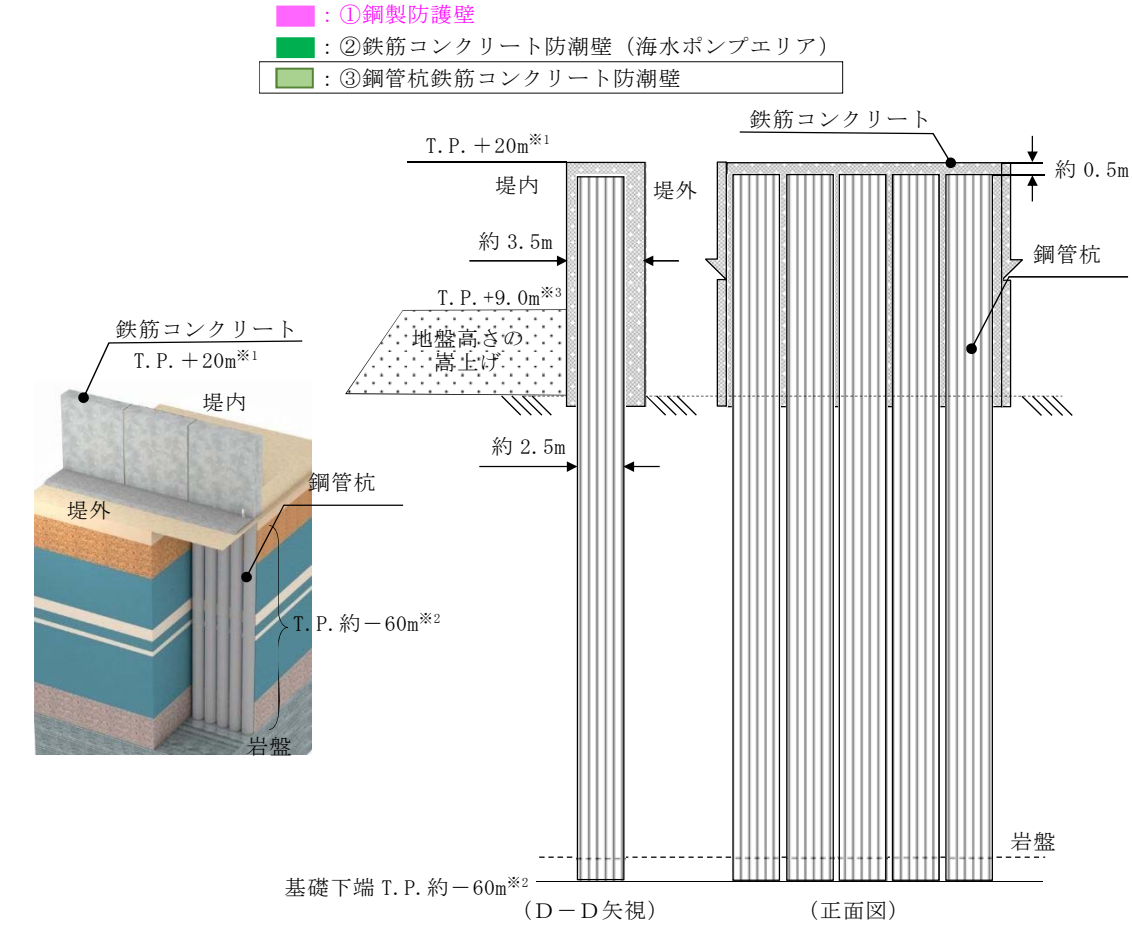
第 3.1-3 図　構造形式毎の防潮提構造図（2／4）

［(b)鉄筋コンクリート造（海水ポンプエリア)］



第 3.1-3 図　構造形式毎の防潮提構造図（3／4）

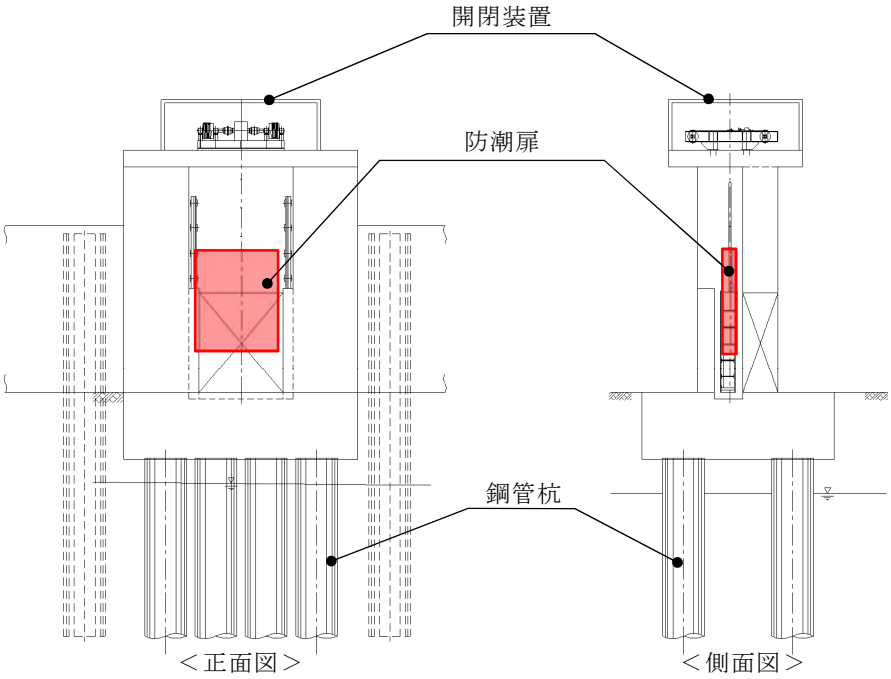
［(c)鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア)］



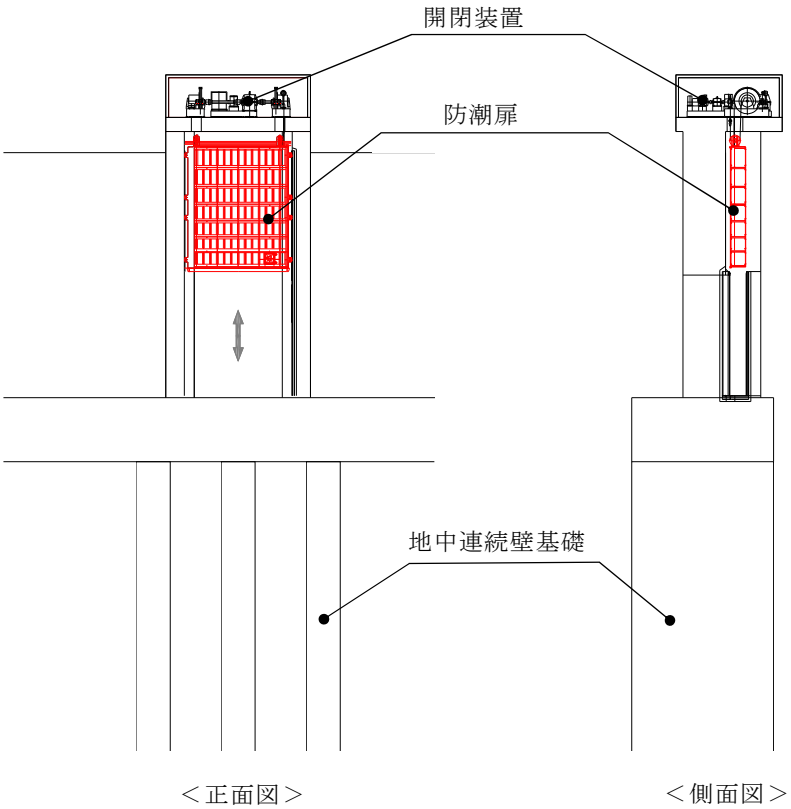
※１：敷地前面東側防潮堤天端高さ T.P.＋20m，敷地側面北側及び南側防潮堤天端高さ T.P.＋18m
※２：基礎下端の標高は，敷地前面東側～北側～西側へ T.P.約-60m～T.P.約-20m，
敷地前面東側～南側へ T.P.約-35m～T.P.約 0m
※３：地盤高さの嵩上げは，敷地前面東側～北側～西側は T.P.約+9.0m，
敷地前面東側～南側へ T.P.約+10m～T.P.約+11m

第 3-1-3 図　構造形式毎の防潮提構造図（4／4）

［(d)鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁］



敷地南側境界部防潮扉



海水ポンプエリア防潮扉

第 3.1-4 図　防潮扉構造図

b．荷重の組合せ

防潮堤及び防潮扉の設計においては，敷地に遡上する津波に対して以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波＋余震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波＋漂流物衝突荷重

また，設計に当たっては，風荷重及びその他自然現象に伴う荷重について設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。耐津波設計において考慮する荷重の組合せについては，設置許可基準規則第 5 条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」の添付資料 26 参照。

c．荷重の設定

防潮堤等の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c)　敷地に遡上する津波（T.P.＋24m）荷重

防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改定）等に基づき，防潮堤を考慮した数値シミュレーション解析により得られた防潮堤位置の最大津波高さの 1／2 の高さを入射する津波高さ（設計浸水深）とし，朝倉式から設計浸水深の 3 倍（水深係数 α=3）により津

波波力を設定する。

(d)　余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_{d}$－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。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は，設置許可基準規則第 5 条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」の添付資料 28 参照。

(e)　漂流物荷重

対象とする漂流物を定義し，漂流物の衝突力を漂流物荷重として設定する。具体的には，設置許可基準規則第 5 条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」　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　(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」より，総トン数 5t（排水トン数 15t）の漂流物が衝突することを考慮し「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年)」を参考に衝突荷重を次式により算定する。

＜算定式＞

衝突荷重Ｐ＝0.1×Ｗ×ｖ

ここで，Ｐ：衝突力（kN）

Ｗ：漂流物の重量（kN）

ｖ：表面流速（m／s）

なお，表面流速ｖは，基準津波の速度ベクトルの分析結果より 10m／s とする。

$\therefore P = 0.1 \times 1.5 \times 15.0 = 2.25$ (kN)

d．許容限界

敷地に遡上する津波に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，鉄筋コンクリートや鋼材の照査に用いる許容限界値は，おおむね弾性状態とし，曲げは降伏応力度，せん断はせん断強度とする。また，照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断する。

添付資料-5 に防潮堤の耐力を示す。

(2)　放水路ゲート

放水路を経由した津波が放水ピット上部開口部から敷地に流入する可能性があることから，開口部及び配管貫通部より下流側の放水路にゲートを設置する。大津波警報発表時にはゲートを閉止して，ゲートより上流側の放水路及び放水ピットを経由した津波が，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設置される敷地に流入することを防止する。放水路は 3 水路に分かれているため，それぞれの水路に放水路ゲートを設置する。

放水路ゲートは，敷地に遡上する津波の荷重や地震荷重等に対して，津波防護機能が十分に保持できるよう以下の方針により設計する。

ａ．構造

放水路ゲートは，スライド式の扉体により水路を止水する鋼製ゲートであり，3 水路に分かれている放水路のそれぞれに設置する。放水路ゲートは，スキンプレート，主桁，補助桁等から構成される扉体，戸当たり，駆動装置等で構成される。扉体には戸当たりとの密着部に合成ゴムを設置することにより，津波の流入に対して十分な水密性を確保できる設計としている。

なお，放水路ゲートが閉止の状態においても非常用海水ポンプの運転に伴い発生する系統からの排水を放水できるように，扉体に放水方向の流れのみ開となるフラップ式の小扉を設置する。

第 3.1-3 図　構造形式毎の防潮壁構造図（3／4）に放水路ゲートの配置図及び第 3.1-3 表に放水路ゲートの主要仕様を示す。

放水路ゲートの設計と運用については，設置許可基準規則第 5 条の基準適合性を示した「東海第二発電所　津波による損傷の防止」の添付資料 30 参照。

第 3.1-3 表　放水路ゲートの主要仕様

項　　目	仕　　様
種　　類	逆流防止設備 （ゲート，フラップゲート）
材　　質	炭素鋼
個　　数	3

b．荷重の組合せ

放水路ゲートの設計においては，以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，風荷重及びその他自然現象に伴う荷重について，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。なお，放水路ゲートは，暗渠で奥行が閉塞された場所に設置されるため漂流物は想定されないことから漂流物衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

放水路ゲートの設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c)　敷地に遡上する津波荷重

敷地に遡上する津波による放水路ゲートにおける入力津波高さ T.P.＋32.0m に十分に保守的な値である T.P.＋35.0m の水頭（津波荷重水位）を考慮する。

(d)　余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_{d}$－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

d．許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性設計域内に収まることを基本として，津波防護機能を保持することを確認する。

(3)　構内排水路逆流防止設備

構内排水路は，「2.2　敷地に遡上する津波への対応（外郭防護１）」に示すとおり以下の 5 経路がある。

・経路１：T.P.＋6.5m の敷地に設置する敷地前面東側防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート）の下部を経て海域（放水路北側）に至る経路（2 箇所）

・経路２：T.P.+4.5m の敷地に設置する敷地前面東側防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート）の下部を経て海域（取水口北側）に至る経路（2 箇所）

・経路３：T.P.＋3m の敷地に設置する敷地前面東側防潮提（ＲＣ壁）の下部を経て海域（海水ポンプ室北側，南側）に至る経路（2 箇所）

・経路４：T.P.+8m の敷地に設置する敷地前面東側防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート）の下部を経て海域（取水口南側）に至る経路（2 箇所）

・経路５：T.P.＋8m の敷地に設置する敷地前面東側防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート）の下部を経て海域（東海発電所放水口近傍）に至る経路（1 箇所）

設計基準対象施設の津波防護対象設備の設置された敷地への津波の流入を防止するため，構内排水路全 5 経路に対して，逆流防止設備全 9 箇所を設置する。

構内排水路逆流防止設備は，敷地に遡上する津波による荷重や地震荷重等に対して，津波防護機能が十分に保持できるよう以下の方針により設計する。

a．構造

構内排水路逆流防止設備として，鋼製のフラップゲートを防潮堤外側に設置する。フラップゲートは，スキンプレート，戸当たり等から構成され，スキンプレートは戸当たりのヒンジにより接合される。

戸当たりには，合成ゴムが設置されており，津波による波力を受けたスキンプレートが戸当たりの合成ゴムに密着することにより水密性を確保する。

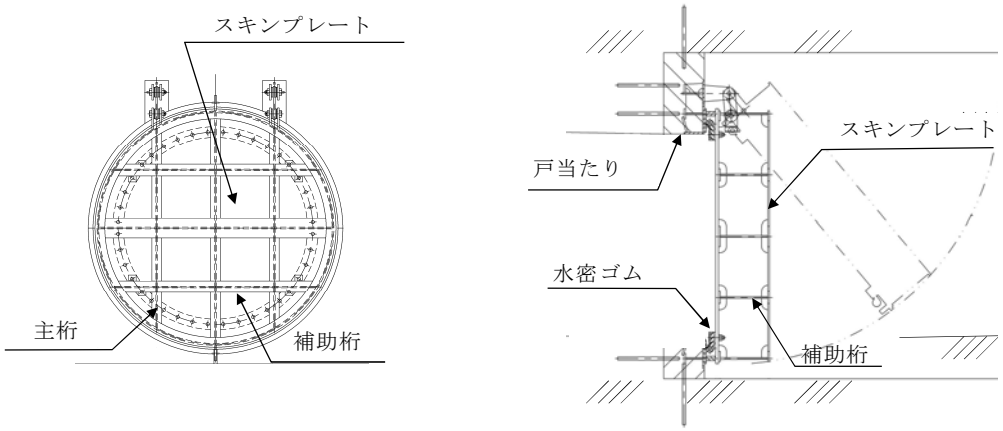
第 3.1-7 図に構内排水路逆流防止設備の配置図，第 3.1-8 図に構内排水路逆流防止設備の概略構造図及び第 3.1－5 表に構内排水路逆流防止設備の主要仕様を示す。

第 3.1-5 表　構内排水路逆流防止設備の主要仕様

項　　目	仕　　様
種　　類	逆流防止設備 （フラップゲート）
材　　質	炭素鋼
個　　数	9

：逆流防止設備（合計 6 経路（経路 1～5），全 9 箇所）

第 3.1-7 図　構内排水路逆流防止設備配置図



第 3.1-8 図　構内排水路逆流防止設備概略構造図（標準的な構造）

b．荷重の組合せ

構内排水路逆流防止設備の設計においては，常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，風荷重及びその他自然現象に伴う荷重については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。なお，構内排水路逆流防止設備は防潮堤外側の集水枡内に設置するため，漂流物の到達は想定されないことから，漂流物衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

構内排水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動S_Sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

構内排水路逆流防止設備は，敷地に遡上する津波高さである T.P.＋24.0m の水頭を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷

重を余震荷重として設定する。

d．許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性設計域内に収まることを基本として津波防護機能を保持することを確認する。

(4)　原子炉建屋外壁及び水密扉

原子炉建屋１階外壁部には，機器搬出入口及び人員用出入口が設置され，開口部の下端の高さはT.P.＋8.2mである。これに対し，原子炉建屋の入力津波の最大浸水深は，1.0m（T.P.＋9.0m）であるため，機器搬出入口及び人員用出入口を経由し津波が原子炉建屋内に流入する可能性がある。

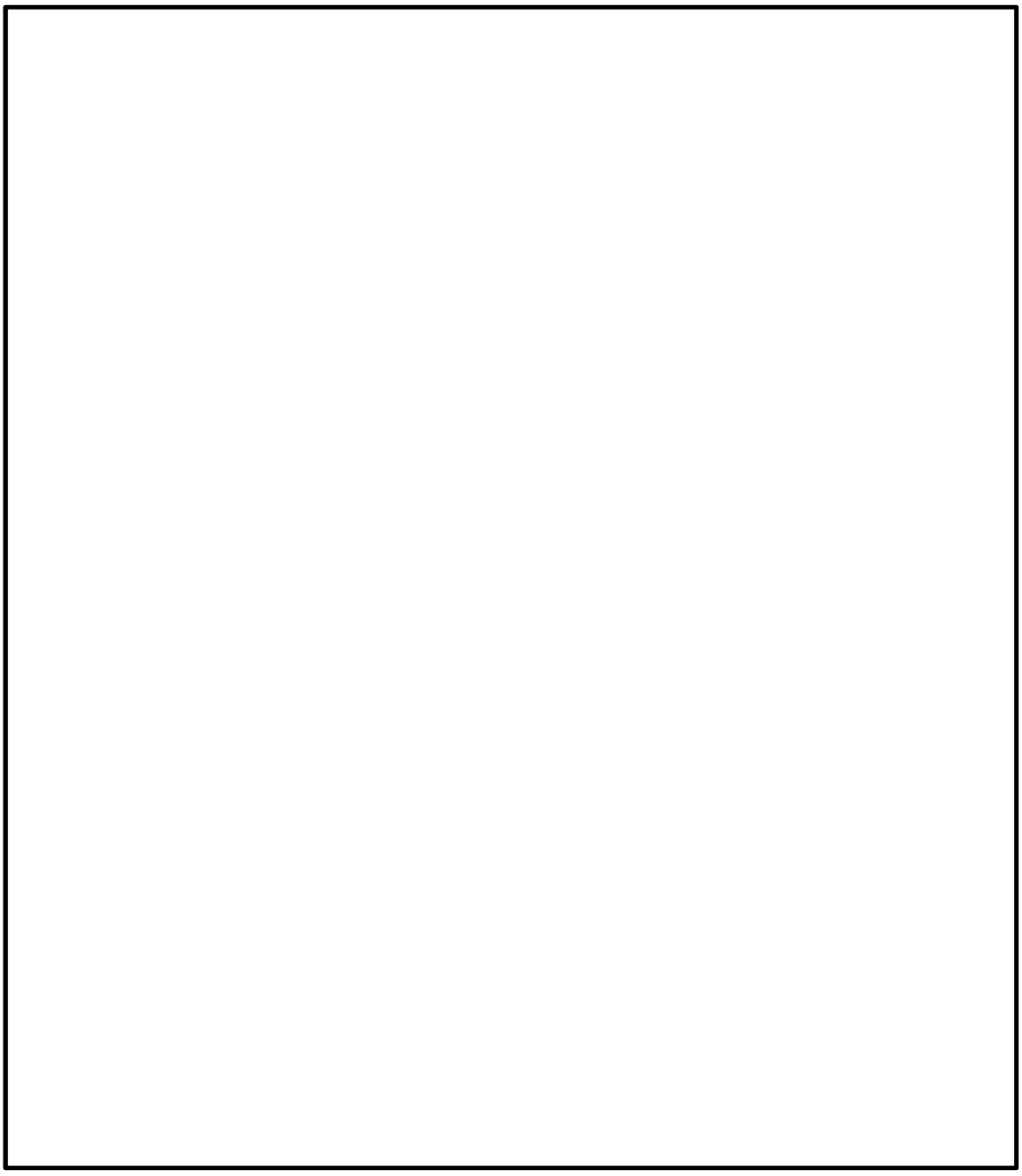
このため，機器搬出入口及び人員用出入口に対して，原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び原子炉建屋人員用水密扉を設置することにより，敷地に遡上する津波の原子炉建屋内への流入を防止する設計とする。

a．構造

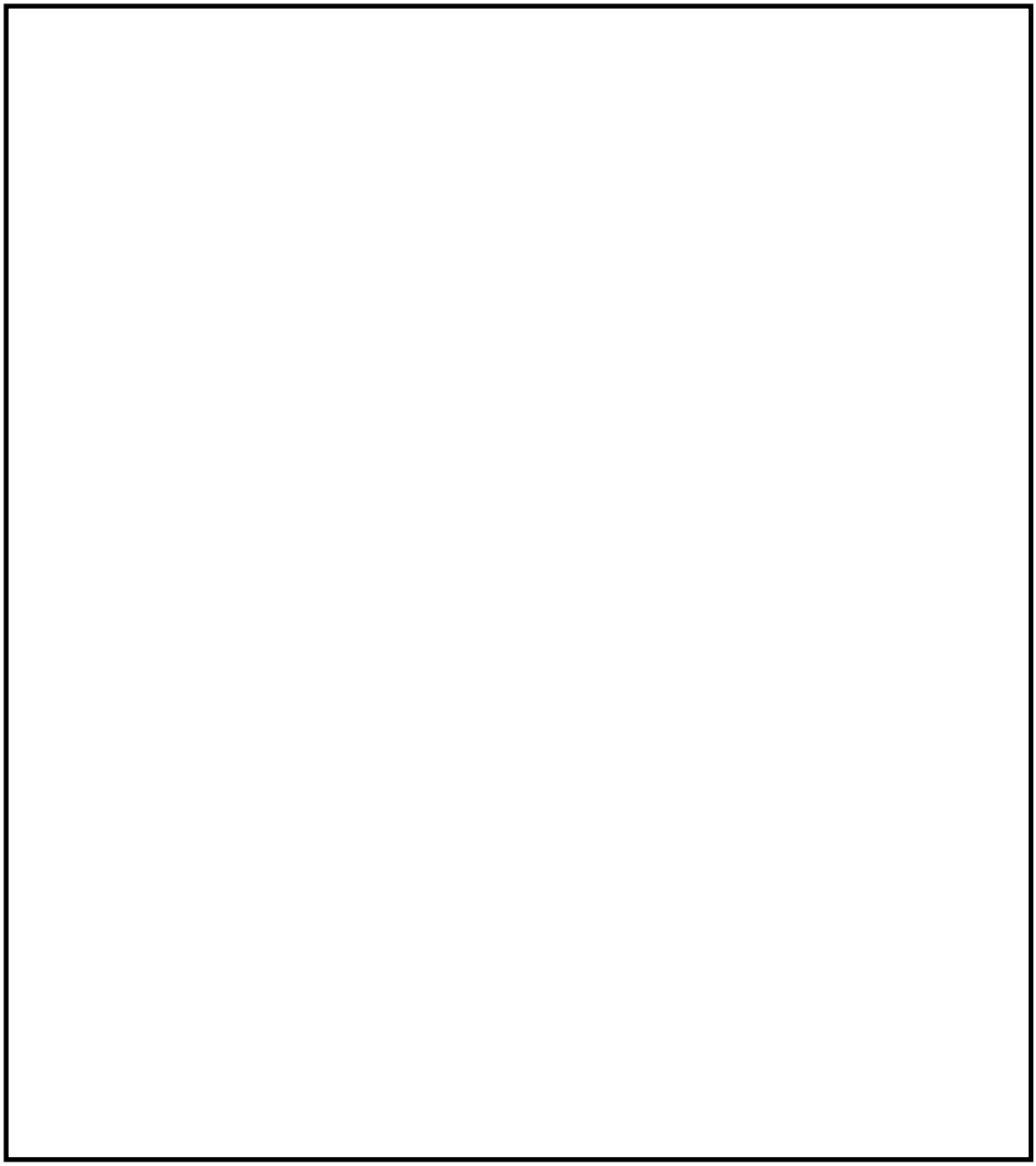
原子炉建屋水密扉は，建屋躯体にボルトにより固定され，開放時にはハンドルにて扉を開放させる構造である。水密扉は，鋼製水密扉等から構成される。水密扉は，原子炉建屋１階外壁の６箇所に対して設置され，扉の固定部にゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。また，原子炉建屋水密扉は，通常は閉止状態であり人員の出入等時のみ開放する。原子炉建屋の構造等詳細については，原子炉建屋の構造健全性の説明

資料にて記載する。

第 3.1-9 図に原子炉建屋 1 階の境界の範囲，第 3.1-10 図に原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び原子炉建屋人員用水密扉の配置，第 3.1-11 図に原子炉建屋人員用水密扉の概略構造（例）を示す。また，第 3.1-6 表に原子炉建屋水密扉の主要仕様を示す。



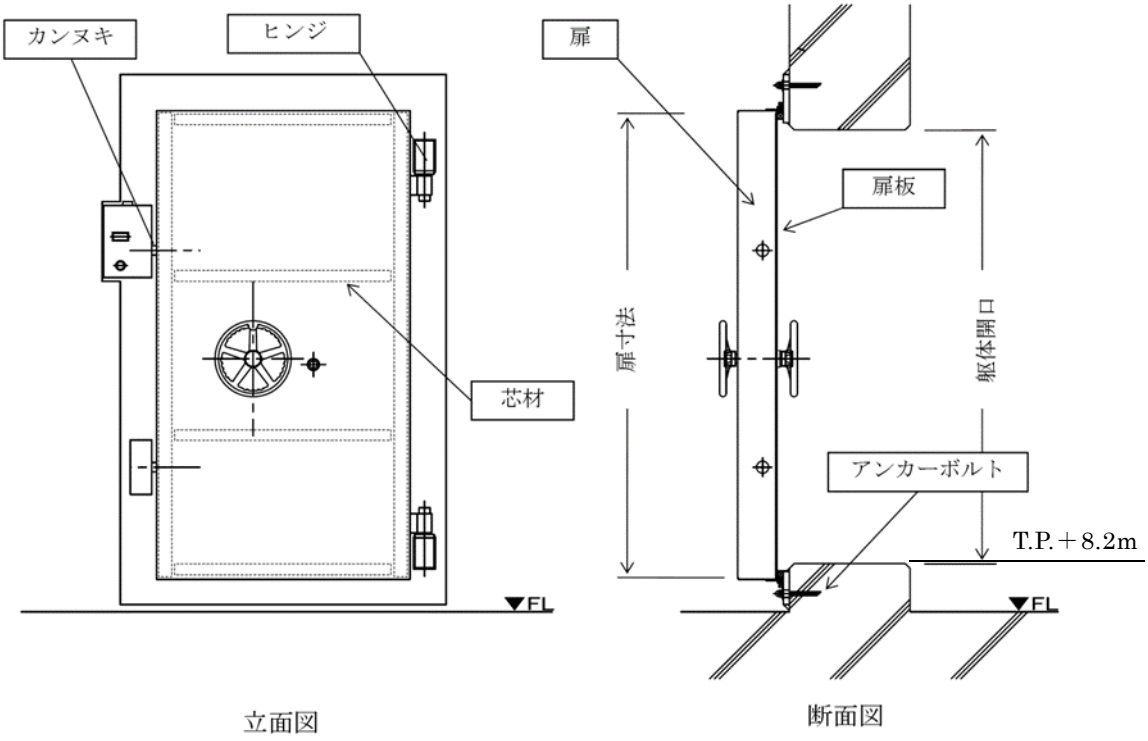
第 3.1-9 図　原子炉建屋 1 階の境界の範囲



No	名称
①	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-02）
②	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-09）
③	原子炉建屋機器搬出入口水密扉（R/B-1F-11）
④	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-13）
⑤	原子炉建屋人員用水密扉（R/B-1F-14）
⑥	原子炉建屋人員用水密扉（T/B-R/B-1F-01）

第 3.1-10 図　原子炉建屋機器搬出入口水密扉及び

原子炉建屋人員用水密扉の配置図



第 3.1-11　原子炉建屋人員用水密扉の概略構造（例）図

第 3.1-6 表　原子炉建屋水密扉の主要仕様

タイプ	項　　目	仕　　様
鋼製扉	型　　式	鋼製扉 （鋼板製）
	個　　数	6
	材　　質	鋼製

b．荷重の組合せ

原子炉建屋水密扉の設計においては，以下のとおり，常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波＋漂流物衝突荷重

また，設計に当たっては，自然現象及び屋外タンクからの溢水との組合せを適切に考慮する。なお，原子炉建屋水密扉は，原子炉建屋１階外壁に位置し，漂流物の影響が想定されることから，漂流物による衝突荷重を考慮する。

ｃ．荷重の設定

原子炉建屋水密扉の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c)　敷地に遡上する津波荷重

原子炉建屋水密扉における敷地に遡上する津波による最大浸水深さ＋1.0m を考慮する。また，屋外タンクからの溢水を考慮する。

(d)　余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

(e)　漂流物荷重

対象とする漂流物を定義し，漂流物の衝突力を漂流物荷重として設

定する。具体的には，一般車両（1.5t）の漂流物が衝突することを考慮し「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成 24 年)」を参考に衝突荷重を次式により算定する。

＜算定式＞

衝突荷重Ｐ＝0.1×Ｗ×ｖ

ここで，Ｐ：衝突力（kN）

Ｗ：漂流物の重量（kN）

ｖ：表面流速（m／s）

なお，表面流速ｖは，基準津波の速度ベクトルの分析結果より2m／ｓとする。

ｄ．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性設計域内に収まることを基本として，浸水防止機能を保持することを確認する。

ｅ．水密性

敷地に遡上する津波による常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部からの津波の流入に対しては，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉を閉止した後，ハンドル操作によりシール部を密着させることで水密性を確保する。

3.2　浸水防止設備の設計・評価

【規制基準における要求事項等】

浸水防止設備については，浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し，越流時の耐性にも配慮した上で，入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。

【検討方針】

3.2-1 表「浸水防止設備の種類と設置位置」に示す浸水防止設備については，基準地震動S_sによる地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。また，浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し，越流時の耐性にも配慮した上で，敷地に遡上する津波による入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する(【検討結果】参照)。

【検討結果】

「2.2　敷地に遡上する津波への対応（外郭防護１)」に示したとおり，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設置された敷地への津波の流入経路に対して，第 3.2-1 表「浸水防止設備の種類と設置位置」に示す浸水防止設備を設置するとともに，防潮堤及び防潮扉を取り付けるコンクリート躯体下部の配管等貫通部に対して止水処置を実施する。

なお，上記以外に東海発電所取水路・放水路に対しては，コンクリート充てんによる閉鎖を行うことにより津波の流入が生じないため浸水防止設備の対象外とする。

また，「2.4　重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離（内郭防護)」に示したとおり，浸水防護重点化範囲の境界となる壁の貫通部

に対して貫通部止水処置を実施する。

上記の浸水防止設備については,基準地震動S_sによる地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計するとともに，浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し，越流時の耐性にも配慮した上で敷地に遡上する津波による入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。

第 3.2-1 図に浸水防止設備の配置図を示す。

また，以降に各浸水防止設備ごとの設計・評価方針を記す。

第 3.2-1 表　浸水防止設備の種類と設置位置(1/2)

	種　類※1	設置位置	箇所数
外郭防護に係る浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋	・取水ピット上版	１０
	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	・海水ポンプ室床面	2
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	・循環水ポンプ室床面	3
	ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋	・ＳＡ用海水ピット内上部	6
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	・緊急用海水ポンプ室床面	1
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	・緊急用海水ポンプ室床面	1
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	・緊急用海水ポンプ室床面	1
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	・放水路上版 （放水路ゲート下流側）	3
	貫通部止水処置	・防潮堤及び防潮扉を取り付けるコンクリート躯体下部	5
内郭防護に係る浸水防止設備	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	・海水ポンプ室	3
	貫通部止水処置	・海水ポンプ室	－
		・原子炉建屋境界壁	－

※1　上記以外の東海発電所取水路・放水路に対しては，コンクリート充てんによる閉鎖を行うことにより津波の流入が生じないため，浸水防止設備の対象外とする。

第 3.2-1 表　浸水防止設備の種類と設置位置(2/2)

	種　類	設置位置	箇所数
格納容器圧力逃がし装置格納槽	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部	2
緊急用海水ポンプピット	緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋 緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋	緊急用海水ポンプ点検用開口部 緊急用海水ポンプ室人員用開口部	1 1
常設低圧代替注水系格納槽	常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ 常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ	常設低圧注水系格納槽点検用開口部 常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部	1 2
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部	1

【凡例】

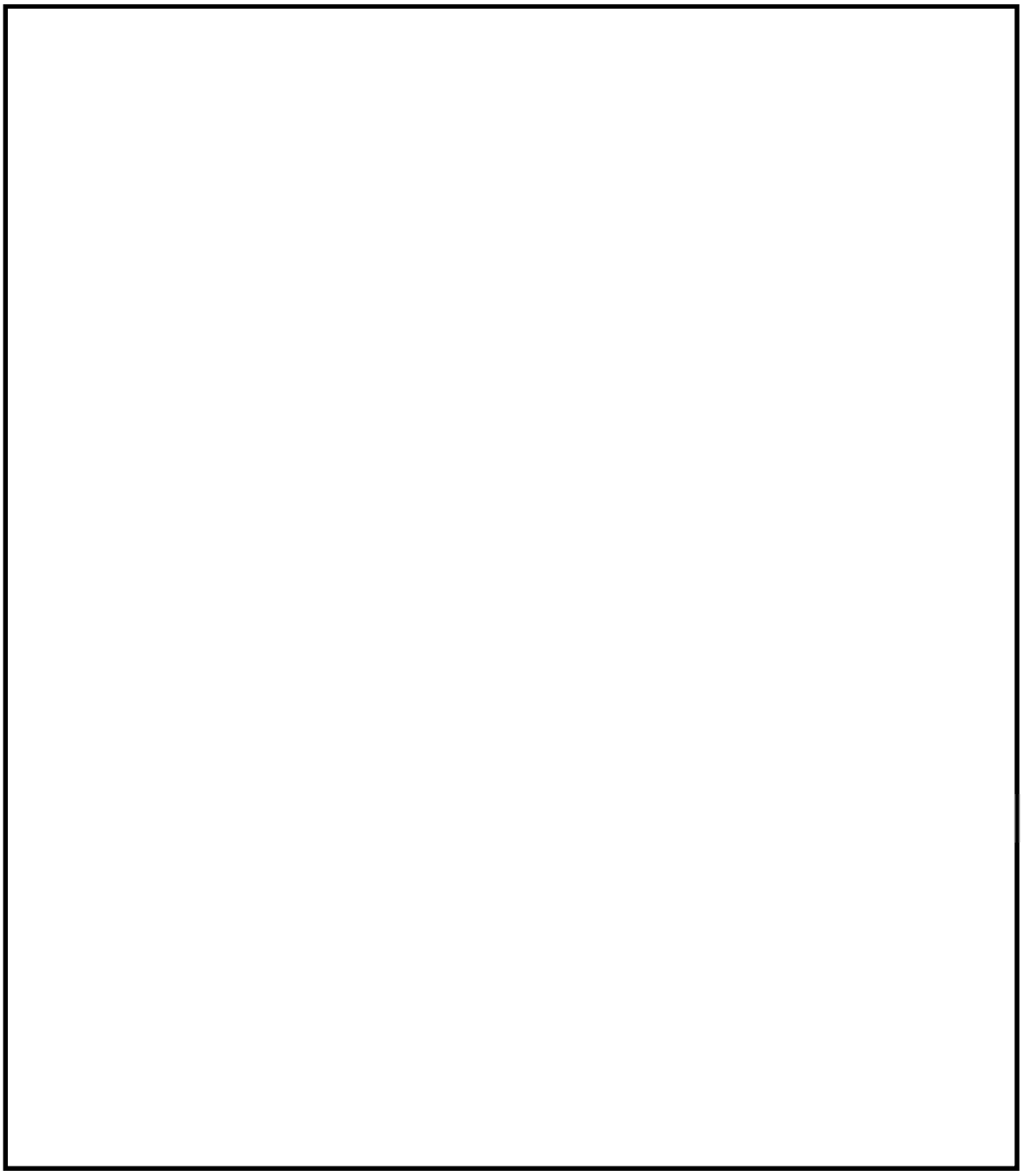
T.P.＋3.0m～T.P.＋8.0m

T.P.＋8.0m～T.P.＋11.0m

T.P.＋11.0m 以上

浸水防止設備

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

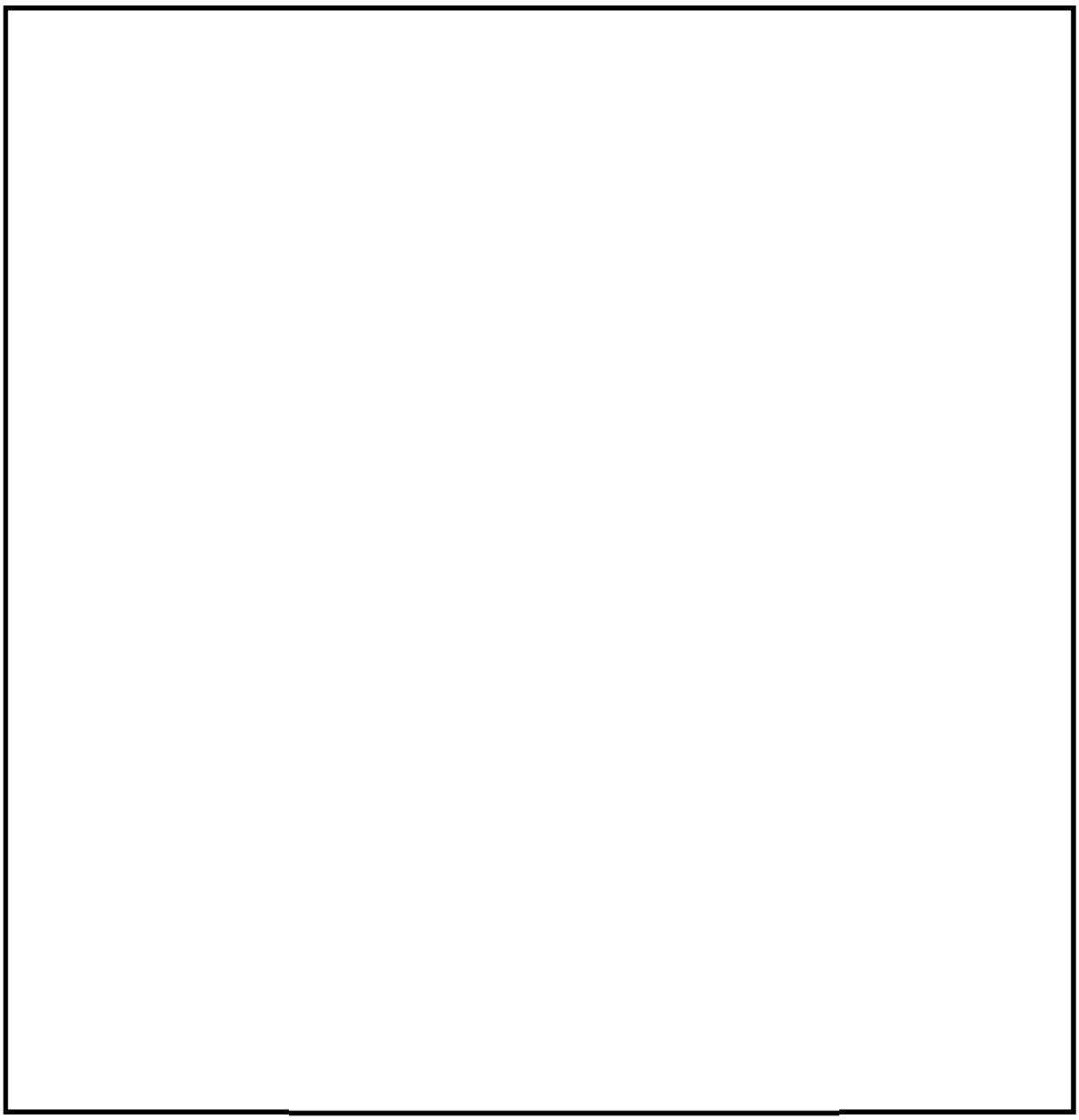


第 3.2-1 図　浸水防止設備の配置図（1／3）

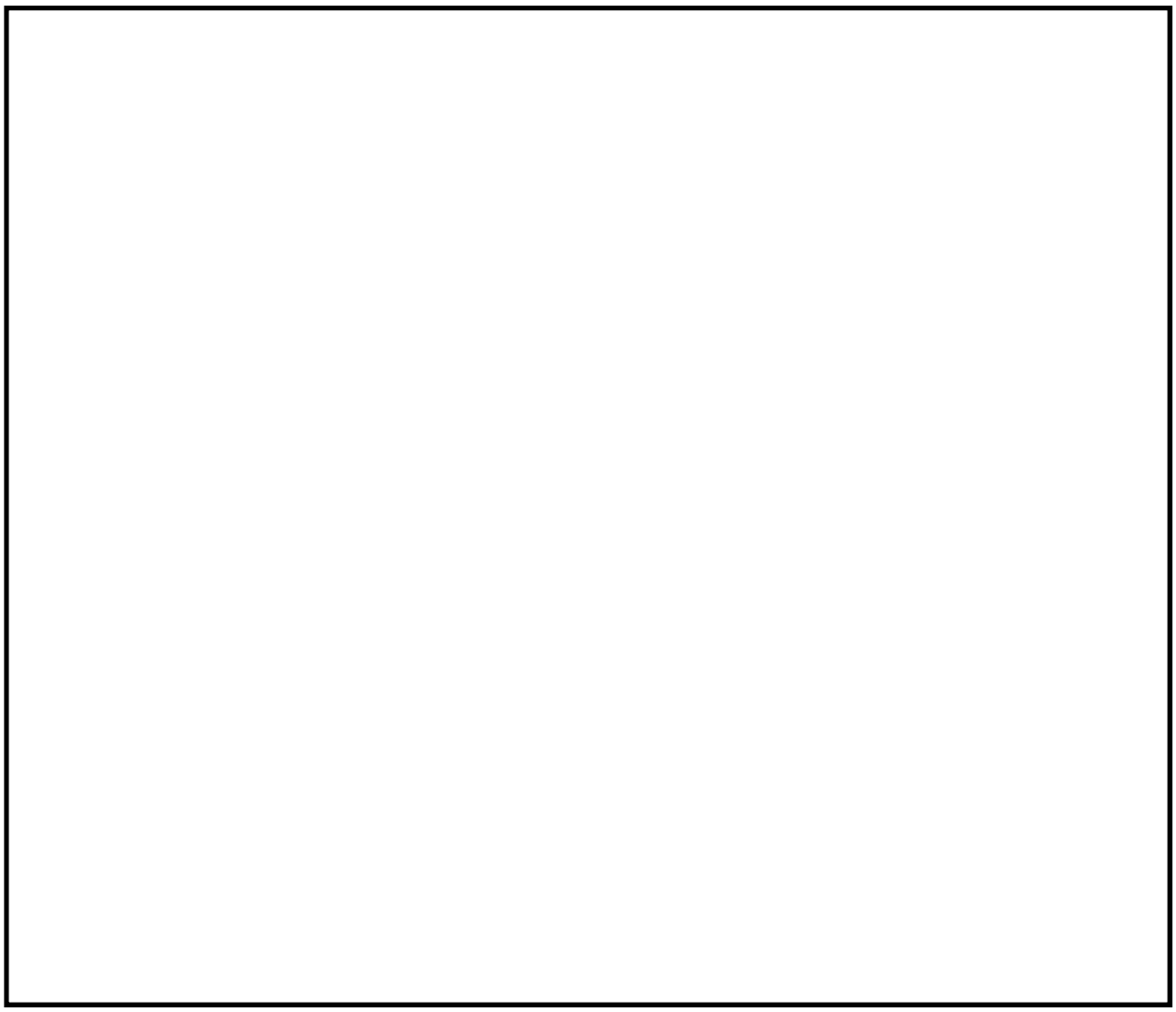
【凡例】

浸水防止設備

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画



第 3.2-1 図　浸水防止設備の配置図（2／3）



地上部からの津波の流入を防止する水密ハッチ又は浸水防止蓋

第 3.2-1 図　浸水防止設備の配置図（3／3）

(1)　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋（緊急用海水ポンプ室床面）の設置高さがT.P.＋0.8mであるのに対し，緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さはT.P.＋10.9mである。

このため，津波が緊急用海水ポンプ室を経由し，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設置された敷地に流入することを防止するため，緊急用海水ポンプピット点検用開口部1箇所に対して浸水防止蓋を設置する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，敷地に遡上する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。

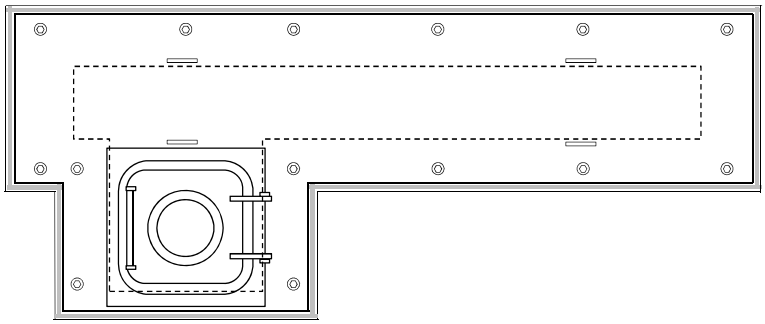
ａ．構造

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，鋼製蓋，ハッチ等から構成され点検用開口部の上部に基礎ボルトにより鋼製蓋が固定され，鋼製蓋の上部に取付ボルトによりハッチが固定される構造である。鋼製蓋及びハッチの固定部には，ゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。

また，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，通常は閉止状態であり，緊急用海水ポンプピット等の点検時に，ピットへの出入等で開放する。

第3.2-2図に緊急用海水ポンプピット点検用開口部配置図，第3.2-3図に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋構造図例，第3.2-2表に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の主要仕様を示す。

第 3.2-2 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部配置図



タイプ①（鋼板蓋＋ハッチ式）の場合

第 3.2-3 図　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋構造図例

（取水路点検用開口部浸水防止蓋の例）

第 3.2-2 表　緊急用海水ポンプピット点検用

開口部浸水防止蓋の主要仕様

項　　目	仕　　様
型　　式	鋼製蓋
個　　数	1
材　　質	鋼製

b．荷重の組合せ

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設計においては，以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象との組合せを適切に考慮する。なお，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプピット上版部に位置するため，海水引込み管及び緊急用海水取水管内を大きな漂流物が流れてくることは考え難いことから漂流物による荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動Ｓ$_S$を考慮する。

(c)　敷地に遡上する津波荷重

緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さ T.P.＋10.9m に対し十分に保守的な値である津波荷重水位 T.P.＋13.0m（許容津波高さ）を考慮する。

(d)　余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１を考慮しこれによる荷重を余震荷重として設定する。

ｄ．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として浸水防止機能を保持することを確認する。

ｅ．水密性

敷地に遡上する津波による格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部からの津波の流入に対しては，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチを閉止した後，取付ボルトを締結しシール部を密着させることで水密性を確保する。十分な水密性を有することを取付ボルトの締結状態にて確認する。

(2)　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口高さ（緊急用海水ポンプ室床面

上版高さ）はT.P.＋0.8mであるのに対し，緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さはT.P.＋10.9mである。このため緊急用海水ポンプ室へ津波が流入し，更に緊急用海水ポンプ室から敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設置された敷地への津波の流入を防止するため，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口に対して逆止弁を設置する。

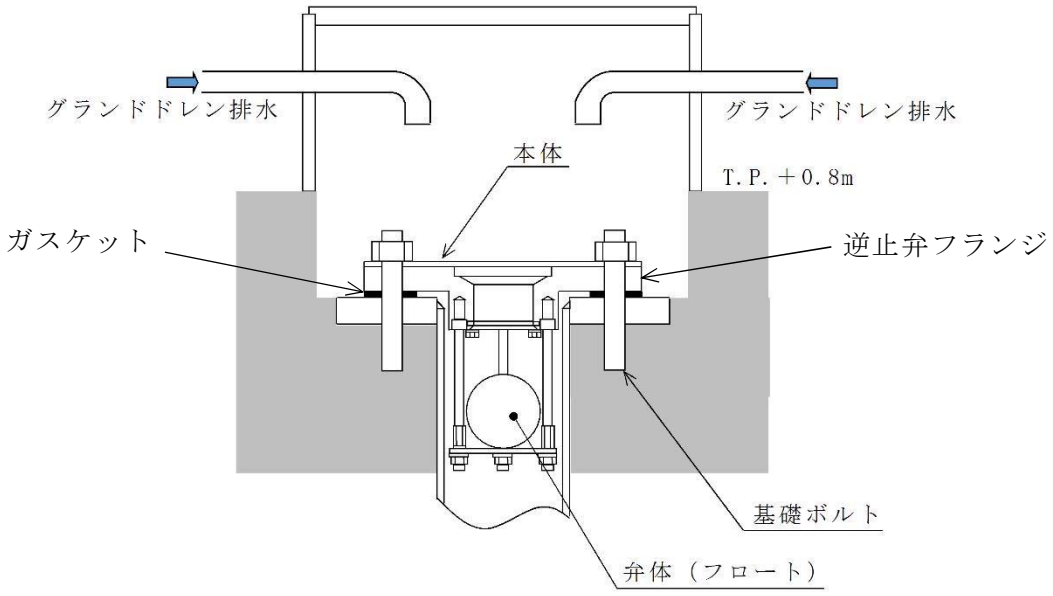
ａ．構造

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，フロート式逆止弁でありグランドドレン排出口の上版に設置されている取付座と逆止弁のフランジ部を基礎ボルトで固定ささせる構造である。取付面にはガスケットを取り付けることにより水密性を確保する。

第 3.2-4 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口及び緊急用海水ポンプ配置図，第 3.2-5 図に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁構造図，第 3.2-3 表に緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の主要仕様を示す。

第 3.2-4 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口及び

緊急用海水ポンプ配置図



第 3.2-5 図　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁構造図

第 3.2-3 表　緊急用海水ポンプグランドドレン排水口逆止弁の主要仕様

項　　目	仕　　様
型　　式	フロート式逆止弁
個　　数	1
材　　質	鋼　製
主要寸法（口径）	80A

b．荷重の組合せ

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計においては，以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象との組合せを適切に考慮する。なお，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，緊急用海水ポンプピット上版部に位置するため海水引込み管及び緊急用海水取水管内を大きな漂流物が流れてくることは考え難いことから漂流物による荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c)　敷地に遡上する津波荷重

緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さ T.P.＋10.9m に対し十分に保守的な値である T.P.＋13.0m の水頭（津波荷重水位）を考慮する。

(d)　余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

d．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として浸水防止機能を保持することを確認する。

e．水密性

基準津波による緊急用海水ポンプピット水位の上昇に伴う緊急用海水ポンプピットからの津波の流入に対しては，弁体（フロート）が押上げられ弁座に密着することで緊急用海水ポンプ室への流入を防止する。逆止弁が十分な水密性を有することを以下の試験で確認する。

(a)　止水性能

緊急用海水ポンプピットにおける入力津波高さ T.P.＋10.9m 相当の圧力で 10 分以上加圧保持し著しい漏えいがないことを確認する。

(b)　耐圧強度

緊急海水ポンプピットにおける津波荷重水位（T.P.＋10.9m）以上の圧力で加圧して10分間保持し耐圧部材に有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認する。

(3)　緊急用海水ポンプ室床ドレン排水口逆止弁

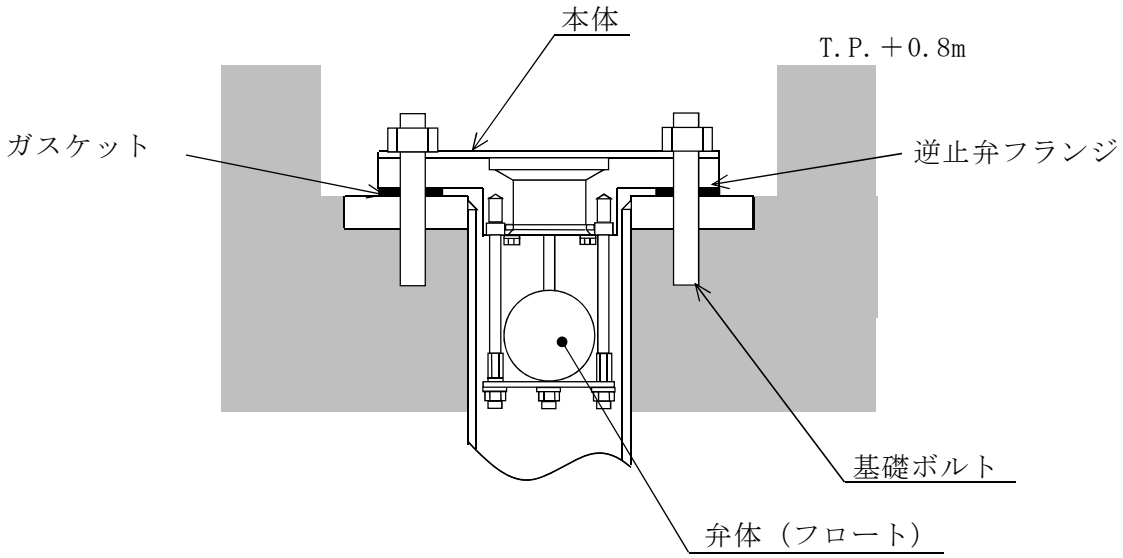
緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口高さ（緊急用海水ポンプ室床面上版高さ）はT.P.＋0.8mであるのに対し，緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さはT.P.＋10.9mである。このため，緊急用海水ポンプ室へ津波が流入し，更に緊急用海水ポンプ室から敷地に遡上する津波に対する津波防護対象施設・設備の設置された敷地への津波の流入を防止するため，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口に対して，逆止弁を設置する。

ａ．構造

緊急海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁は，フロート式逆止弁であり，床ドレン排出口の上版に設置されている取付座と逆止弁のフランジ部を基礎ボルトで固定させる構造である。取付面にはガスケットを取り付けることにより水密性を確保する。

第3.2-6図に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口配置図，第3.2-7図に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁構造図，第3.2-4表に緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の主要仕様を示す。

第 3.2-6 図　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口配置図



第 3.2-7 図　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁構造図

第 3.2-4 表　緊急用海水ポンプ室床ドレン排水口逆止弁の主要仕様

項　　目	仕　　様
型　　式	フロート式逆止弁
個　　数	1
材　　質	鋼製
主要寸法（口径）	80A

b．荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設計においては，以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象との組合せを適切に考慮する。なお，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁は，緊急用海水ポンプピット上版部に位置するため，漂流物の衝突が想定されないため，漂流物による荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a)　常時荷重

自重等を考慮する。

(b)　地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による入力津波高さ T.P.＋10.9m に対し十分に保守的な値である T.P.＋13.0m の水頭（津波荷重水位）を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

ｄ．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として浸水防止機能を保持することを確認する。

ｅ．水密性

基準津波による緊急用海水ポンプピット水位の上昇に伴う緊急用海水ポンプピットからの津波の流入に対しては，弁体（フロート）が押上げられ弁座に密着することで緊急用海水ポンプ室への流入を防止する。逆止弁が十分な水密性を有することを以下の試験で確認する。

(a) 止水性能

緊急用海水ポンプピットにおける入力津波高さ T.P.＋10.9m 相当の圧力で 10 分以上加圧保持し著しい漏えいがないことを確認する。

(b) 耐圧強度

緊急海水ポンプピットにおける津波荷重水位（T.P.＋10.9m）以上の圧力で加圧して10分間保持し耐圧部材に有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認する。

(4)　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチは，地下に埋設される格納容器圧力逃がし装置格納槽上版に取り付けられ，設置位置がT.P.＋8mであるのに対し格納容器圧力逃がし装置格納槽における敷地に遡上する津波による最大浸水深は，約0.5mである。このため，敷地に遡上する津波に対する格納容器圧力逃がし装置格納槽への津波の流入を防止するため，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用ハッチ全2箇所に対して水密ハッチを設置する。

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチは，敷地に遡上する津波の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。

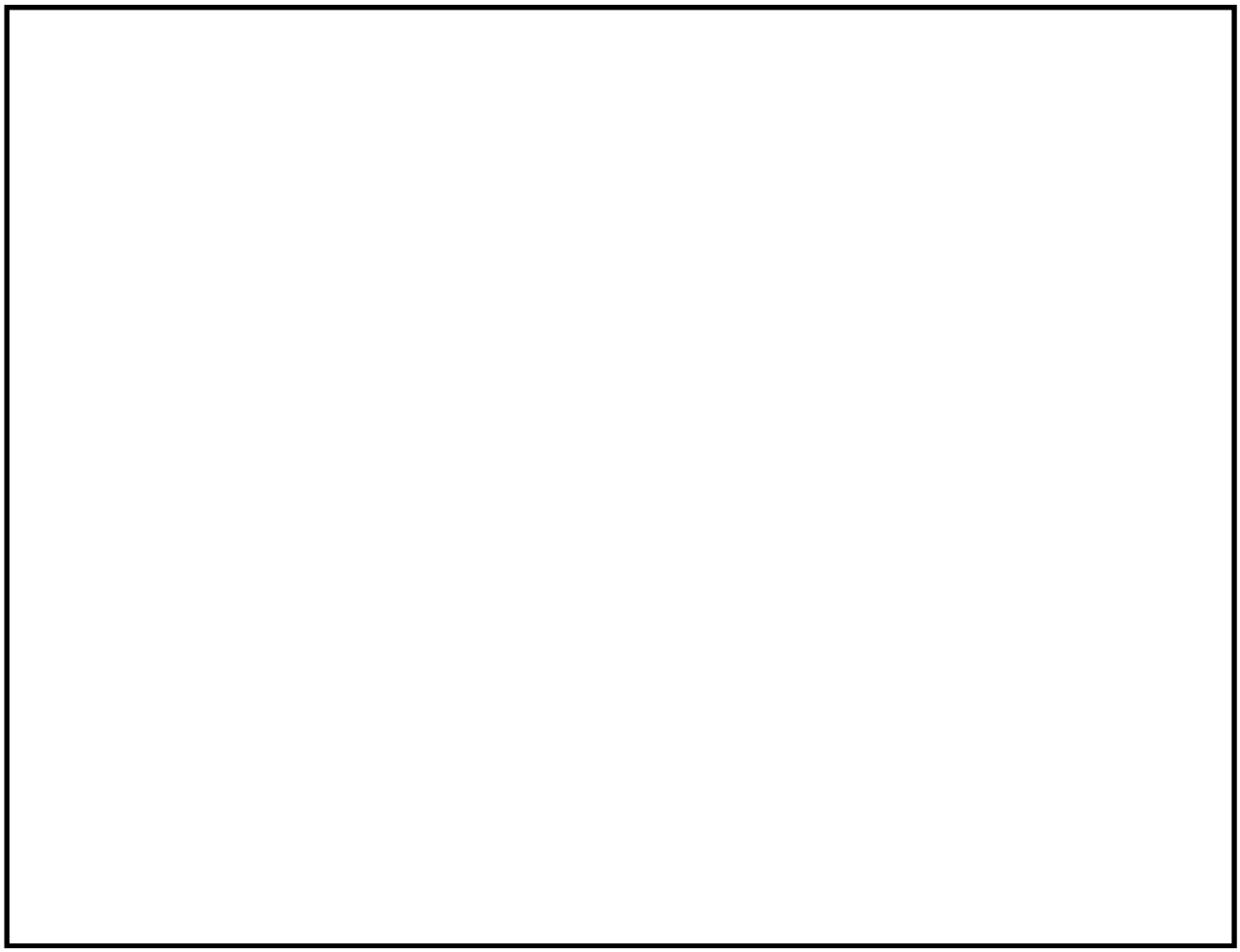
ａ．構造

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチは，鋼製スライドハッチ等から構成され点検用開口部の上部に取付ボルトにより固定され開放時にはボルトを取り外すとともにワイヤー及び手動ウインチを仮設して移動させる構造である。点検用ハッチは，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用ハッチ2箇所に対してそれぞれ設置されハッチの固定部にゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。

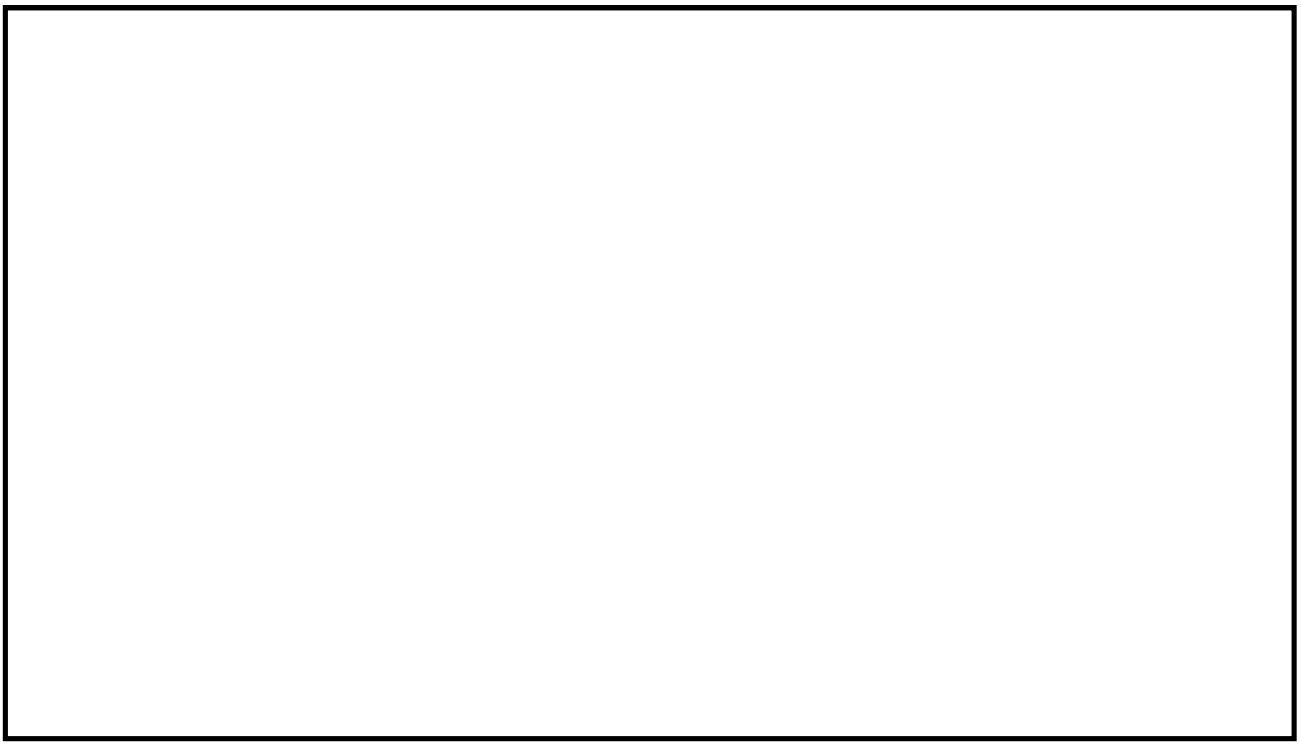
また，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチは，通常は閉止状態であり，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検時の出入時または重大

事故等時のみ開放する。

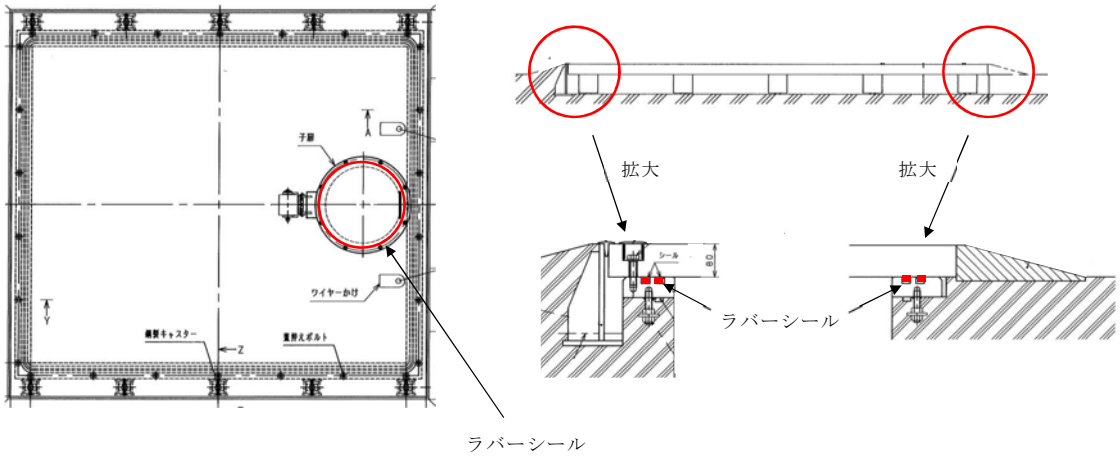
第 3.2-8 図に原子炉建屋周辺（T.P.＋8m）施設配置図，第 3.2-9 図に格納容器圧力逃がし装置格納槽概略断面図，第 3.2-10 図に格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用ハッチ構造図及び，第 3.2-5 表に格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの主要仕様を示す。



第 3.2-8 図　原子炉建屋周辺（T.P.+8m）施設配置図



第 3.2-9 図　格納容器圧力逃がし装置格納槽概略断面図



第 3.2-10 図　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用ハッチ構造図

第 3.2-5 表　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの主要仕様

タイプ	項　　目		仕　　様
①	型　　式		鋼製蓋 （鋼板スライドハッチ式）
	個　　数		2
	材　　質		鋼製
	主要寸法 （mm）	長さ	約 2,620
		幅	約 2,530
		厚さ	約 30

b．荷重の組合せ

取水路点検用開口部浸水防止蓋の設計においては，以下のとおり常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象及び屋外タンクからの溢水との組合せを適切に考慮する。なお，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチは，格納容器圧力逃がし装置格納槽上版部に位置し漂流物が想定されないことから漂流物による衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

取水ピットにおける敷地に遡上する津波による最大浸水深さ＋1.0mを考慮する。また，屋外タンクからの溢水を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

d．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として浸水防止機能を保持することを確認する。

e．水密性

敷地に遡上する津波による格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用開口部からの津波の流入に対しては，格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチを閉止した後，取付ボルトを締結しシール部を密着させることで水密性を確保する。十分な水密性を有することを取付ボルトの締結状態にて確認する。

(5)　緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，地下に埋設される緊急用海水ポンプピット上版に取り付けられ，設置位置が T.P.＋8m であるのに対し，緊急用海水ポンプピットにおける敷地に遡上する津波による最大浸水深は約 0.5m である。このため，敷地に遡上する津波に対する緊急用海水ポンプピットへの津波の流入を防止するため，緊急用海水ポンプ点検用開口部 2 箇所及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部 1 箇所に対して浸水防止蓋を設置する。

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，敷地に遡上する津波の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。

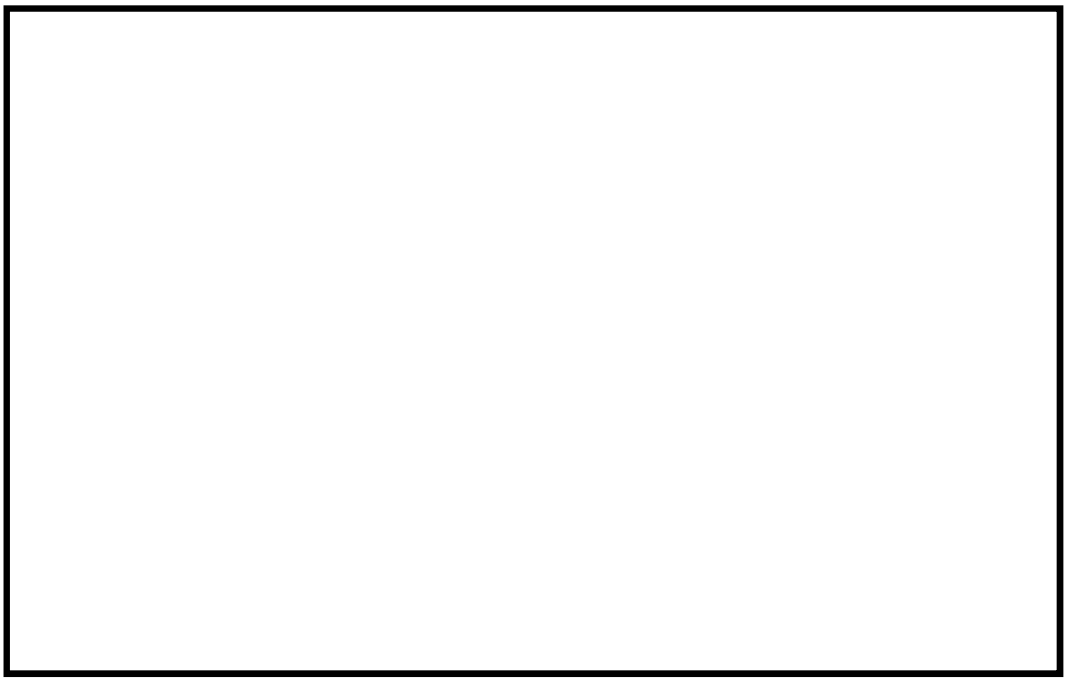
a．構造

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋は，鋼製蓋等から構成され，点検用開口部の上部に取付ボルトにより固定され開放時にはボルトを取り外して開放させる構造である。浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプ点検用開口部 2 箇所及び緊急用海水ポン

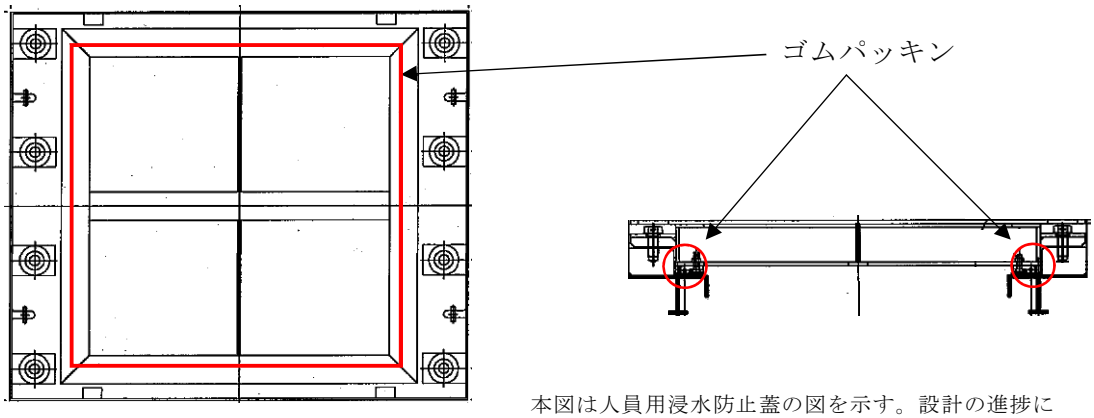
プ室人員用開口部 1 箇所に対してそれぞれ設置され，ハッチの固定部にゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。

また，緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，通常は閉止状態であり，緊急用海水ポンプ点検等の出入時または機器の搬出入時のみ開放する。

第 3.2-11 図に緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図，第 3.2-12 図に緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋構造図及び第 3.2-6 表に緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の主要仕様を示す。



第 3.2-11 図　緊急用海水ポンプピット概略断面図



本図は人員用浸水防止蓋の図を示す。設計の進捗により細部構造の変更の可能性がある。

第3.2-12図　緊急用海水ポンプピットポンプ室人員用開口部浸水防止蓋

第 3.2-6 表　緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の主要仕様

タイプ	項　　目		仕　　様
①	型　　式		鋼製蓋 (鋼板式)
	個　　数		1
	材　　質		鋼製
	主要寸法 (mm)	長さ	約 3,200
		幅	約 2,900
		厚さ	約 30

b．荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋の設計においては，以下のとおり，常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象及び屋外タンクからの溢水との組合せを適切に考慮する。なお，緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプピット上版部に位置し漂流物が想定されないことから，漂流物による衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋における敷地に遡上する津波による最大浸水深さ＋1.0m を考慮する。また，屋外タンクからの溢水を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_{d}$－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

ｄ．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として，浸水防止機能を保持することを確認する。

ｅ．水密性

敷地に遡上する津波による緊急用海水ポンプ点検用開口部及び緊急用海水ポンプ室人員用開口部からの津波の流入に対しては，緊急用海水ポンプ点検用浸水防止蓋及び緊急用海水ポンプ室人員用浸水防止蓋を閉止した後，取付ボルトを締結しシール部を密着させることで水密性を確保する。十分な水密性を有することを取付ボルトの締結状態にて確認する。

(6)　常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチは，地下に埋設される常設低圧注水系格納槽上版に取り付けられ，設置位置が T.P.＋8m であるのに対し，常設低圧注水系格納槽における敷地に遡上する津波による最大浸水深は約 0.5m である。このため，敷地に遡上する津波に対する常設低圧注水系格納槽への

津波の流入を防止するため，常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ 1 箇所及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ 2 箇所に対して，水密ハッチを設置する。

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチは，敷地に遡上する津波の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。

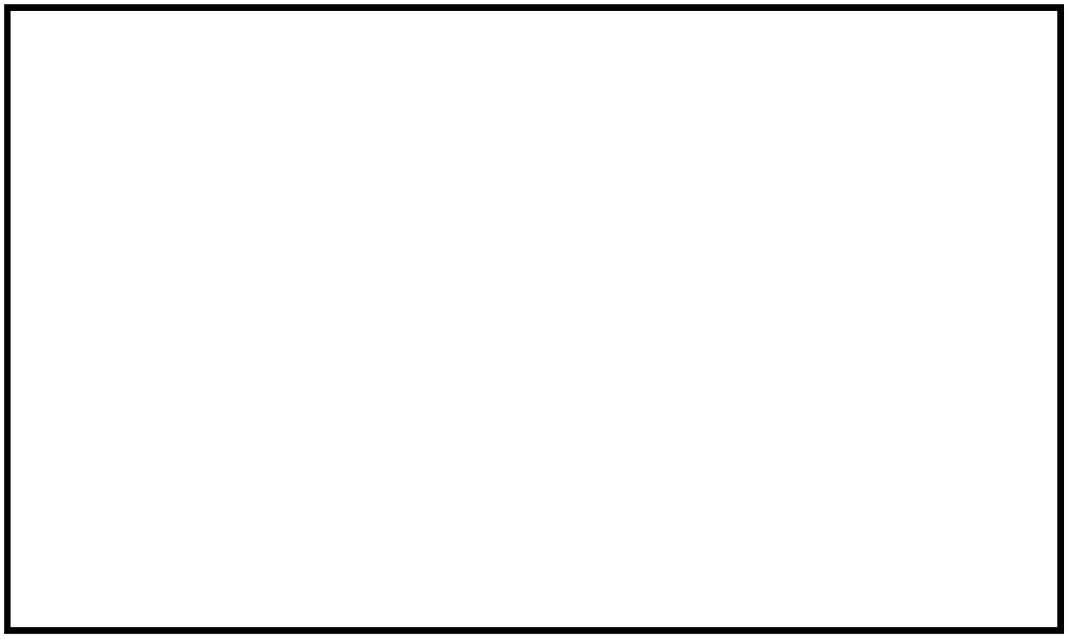
a．構造

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチは，鋼製スライドハッチ等から構成され，点検用開口部の上部に取付ボルトにより固定され，開放時にはボルトを取り外すとともにワイヤー及び手動ウインチを仮設して移動させる構造である。点検用ハッチは，鋼製スライドハッチ等から構成され，点検用開口部の上部に取付ボルトにより固定され開放時にはワイヤー及び手動ウインチを仮設して移動させる構造である。点検用ハッチは，常設低圧注水系格納槽点検用ハッチ 1 箇所及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用ハッチ 2 箇所に対してそれぞれ設置され，ハッチの固定部にゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。

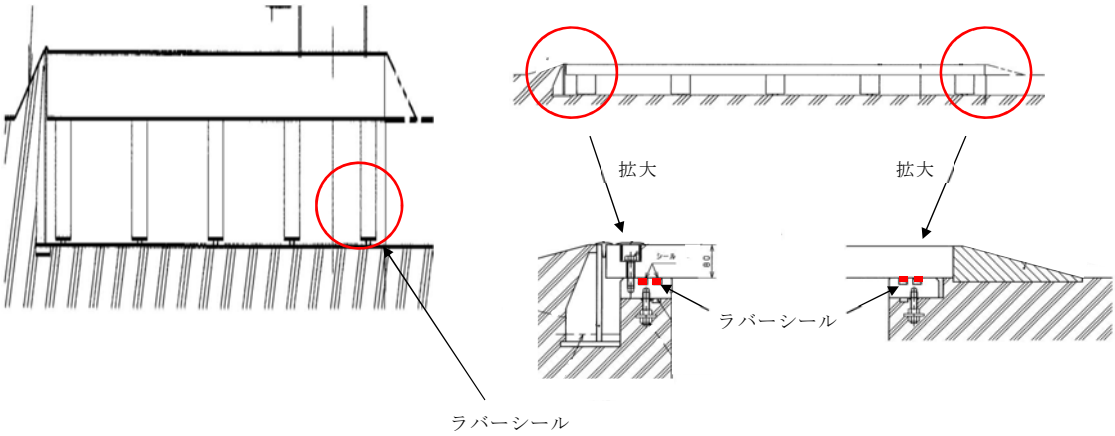
また，常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチは，通常は閉止状態であり常設低圧注水系格納槽及びポンプ等点検時の出入時のみ開放する。

第 3.2-13 図に常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ配置図，第 3.2-14 図に常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用

水密ハッチ構造図，第 3.2-7 表に常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの主要仕様を示す。



第 3.2-13 図　常設低圧代替注水系格納槽概略断面図



第 3.2-14 図　常設低圧代替注水系格納槽点検用ハッチ構造図

第 3.2-7 表　常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの主要仕様

タイプ	項　　目		仕　　様
①	型　　式		鋼製蓋 （鋼板スライドハッチ式）
	個　　数		2
	材　　質		鋼製
	主要寸法 （mm）	長さ	約 2,620
		幅	約 2,530
		厚さ	約 30

b．荷重の組合せ

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの設計においては，以下のとおり，常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象及び屋外タンクからの溢水との組合せを適切に考慮する。なお，常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチは，常設低圧注水系格納槽上版部に位置し，漂流物が想定されないことから，漂流物による衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチにおける敷地に遡上する津波による最大浸水深さ＋1.0mを考慮する。また，屋外タンクからの溢水を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

d．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性設計域内に収まることを基本として，浸水防止機能を保持することを確認する。

e．水密性

敷地に遡上する津波による常設低圧注水系格納槽点検用開口部及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用開口部からの津波の流入に対しては，常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ及び常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチを閉止した後，取付ボルトを締結しシール部を密着させることで水密性を確保する。十分な水密性を有することを取付ボルトの締結状態にて確認する。

(7)　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉

常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は，地下に埋設される常設代替高圧電源装置用カルバートの原子炉建屋側にある西側接続口(立坑)部に取り付けられ,設置位置が T.P.＋8m であるのに対し，西側接続口（立坑）における敷地に遡上する津波による最大浸水深は約 0.5m である。このため,敷地に遡上する津波に対する西側接続口(立坑)部からの常設代替高圧電源装置用カルバートへの津波の流入を防止するため，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側扉 1 箇所に対して，水密扉を設置する。

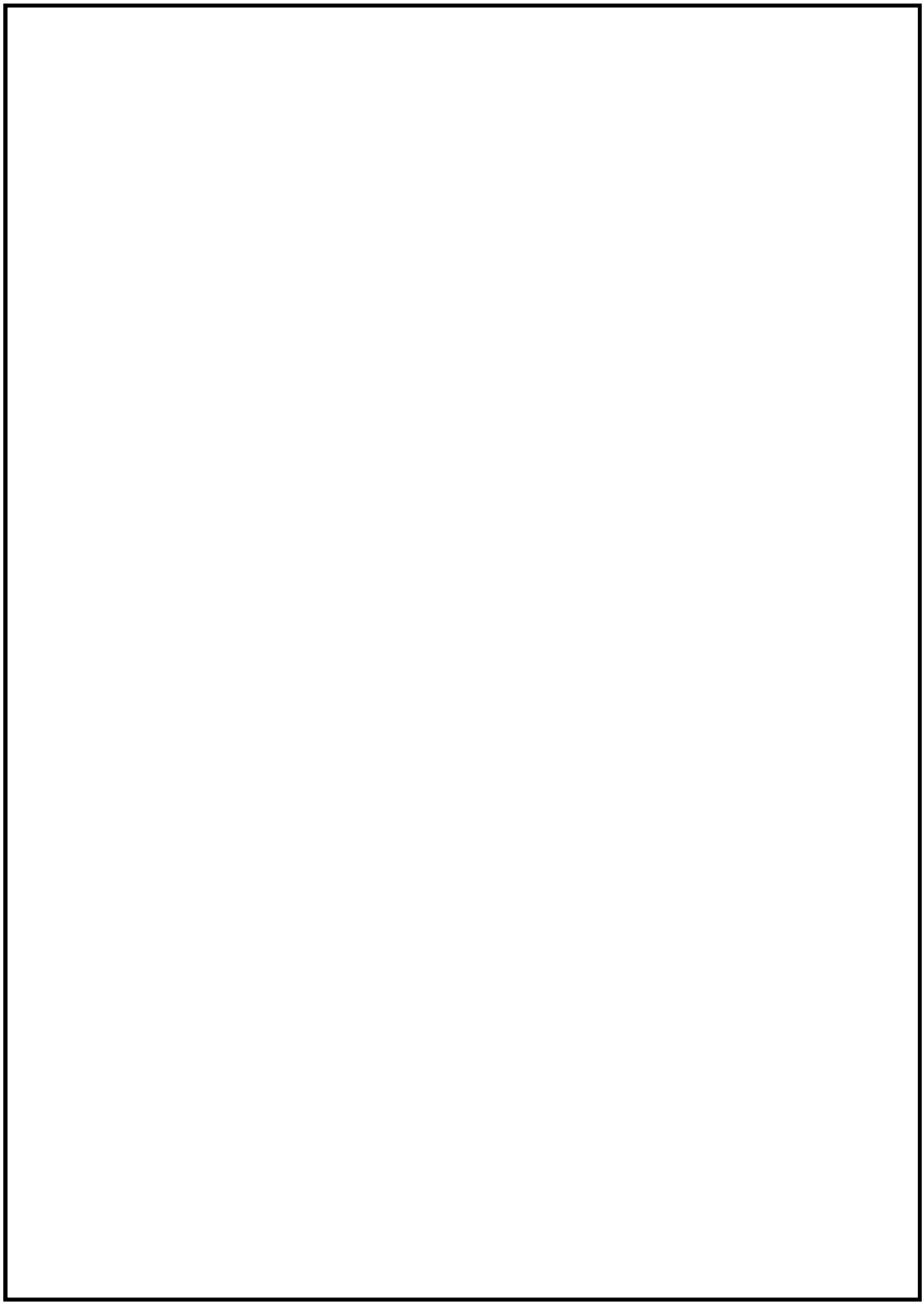
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は，敷地に遡上する津波の荷重や地震荷重等に対して，浸水防止機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

a．構造

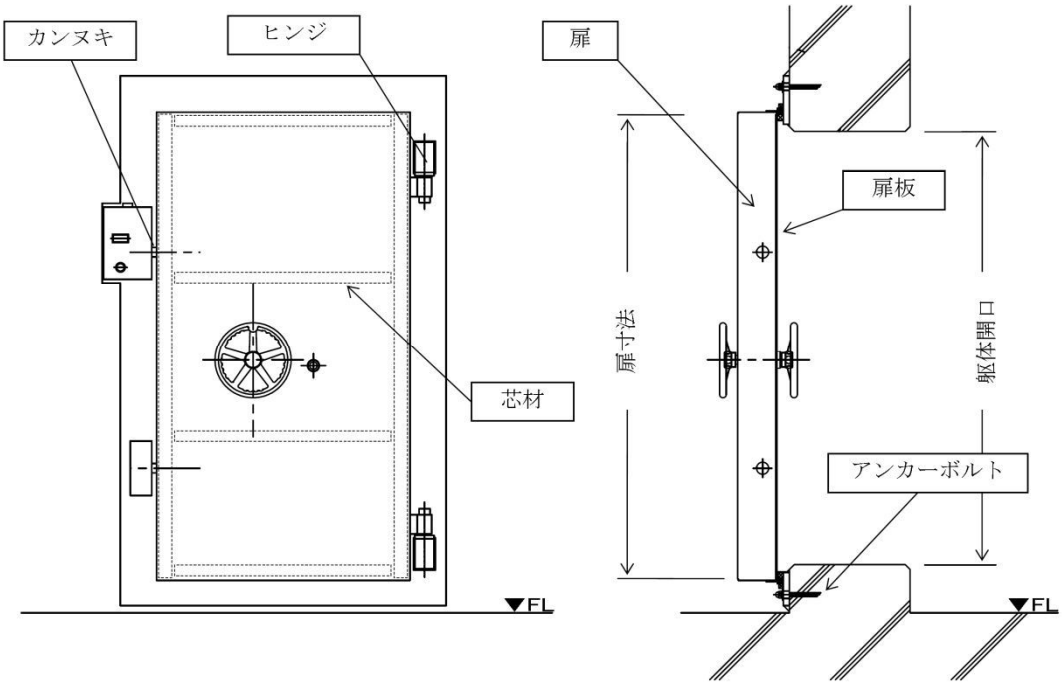
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は，鋼製水密等から構成され，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側の西側接続口（立坑）部にボルトにより固定され，開放時にはハンドルにて扉

を開放させる構造である。水密扉は，鋼製水密扉等から構成される。水密扉は，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側扉 1 箇所に対して設置され，扉の固定部にゴムパッキンを設置することにより水密性を確保する。　また，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は，通常は閉止状態であり常設代替高圧電源装置用カルバート点検時の出入時のみ開放する。

第 3.2-15 図に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉配置図，第 3.2-16 図に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉構造図，第 3.2-8 表に常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉の主要仕様を示す。



第 3.2-15 図　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉配置図



第 3.2-16 図　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉構造図

第 3.2-8 表　常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉の主要仕様

タイプ	項　　目		仕　　様
①	型　　式		鋼製扉 (鋼板製)
	個　　数		1
	材　　質		鋼製
	主要寸法 (mm)	長さ	約 3,800
		幅	約 1,500
		厚さ	約 30

b．荷重の組合せ

常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉の設計においては，以下のとおり，常時荷重，地震荷重，敷地に遡上する津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件で評価を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重

・常時荷重＋敷地に遡上する津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，自然現象及び屋外タンクからの溢水との組合せを適切に考慮する。なお，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は，西側接続口（立坑）内に位置し，漂流物が想定されないことから，漂流物による衝突荷重は考慮しない。

c．荷重の設定

常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動S_sを考慮する。

(c) 敷地に遡上する津波荷重

常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉における敷地に遡上する津波による最大浸水深さ＋1.0m を考慮する。また，屋外タンクからの溢水を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震に

よる地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_{d}$－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

ｄ．許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性設計域内に収まることを基本として，浸水防止機能を保持することを確認する。

ｅ．水密性

敷地に遡上する津波による常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側開口部からの津波の流入に対しては，常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉を閉止した後，ハンドル操作によりシール部を密着させることで水密性を確保する。

(8)　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 3.2-9 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。

第 3.2-9 表　貫通部止水構造区分と実施箇所

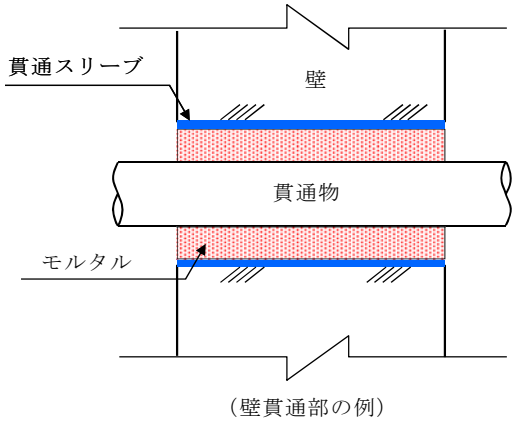
止水構造			特徴・主な用途	変位追従	実施箇所※
区分		構造概要			
a. 充てん構造（モルタル）		貫通口あるいは貫通口と貫通物の間の隙間にモルタルを充てんすることにより止水する構造	・経年変化等に対する耐久性に優れる ・剛性が高く，高い拘束力を有するため変位追従性がなく，躯体と貫通部間で相対変位が生じない部位（低温配管部，地震による相対変位が生じない部位）に適する。	なし	【外郭防護】 ・防潮堤及び防潮扉を取付けるコンクリート躯体下部の貫通部 【内郭防護】 ・原子炉建屋境界壁
b. 充てん構造	ウレタンゴム	貫通口と貫通物の間の隙間にパテによる仕切りを設けて，ウレタンゴムを充てんすることにより止水する構造	・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。	小～中	【内郭防護】 ・原子炉建屋境界壁 ・海水ポンプ室
	シリコンゴム	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			【内郭防護】 ・原子炉建屋境界壁 ・海水ポンプ室
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	・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	大	【内郭防護】 ・原子炉建屋境界壁
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	・予備スリーブ等の閉塞可能な部位に適する。 ・「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。	－	【内郭防護】 ・原子炉建屋境界壁

※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である。第 3.2-17 図に充てん構造(モルタル)の標準的な構造図を示す。



第 3.2-17 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。

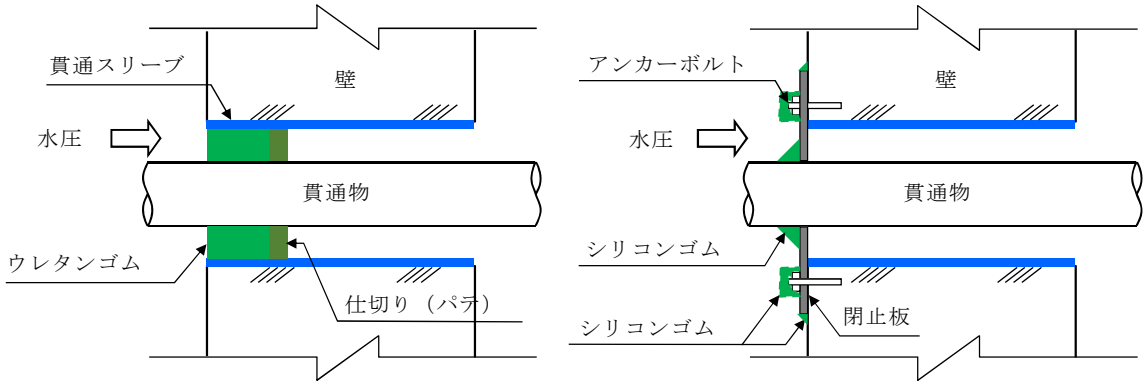
(c)　耐震性

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 3.2-18 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。



（ウレタンゴムによる止水構造）　　（シリコンゴムによる止水構造）

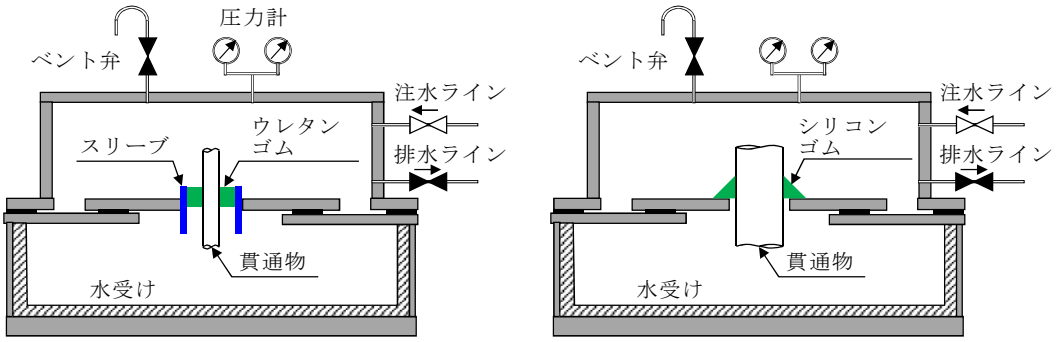
第 3.2-18 図　充てん構造（ウレタンゴム又はシリコンゴム）
の標準的な構造図

(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，設置箇所で想定され

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 3.2-19 図に実機模擬耐圧・漏水試験の実施例を示す。



（ウレタンゴム耐圧・耐水試験）　（シリコンゴム耐圧・耐水試験）

第 3.2-19 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。

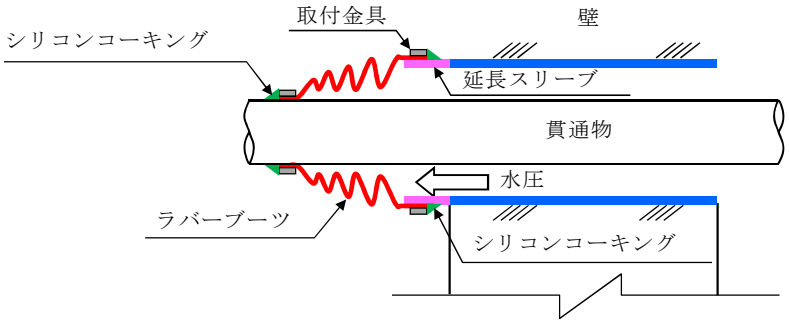
なお，建屋間を貫通する配管等の地震時に躯体と貫通物間で大きな相対変位が想定される箇所については，変位追従性に優れるブーツ構造を適用する方針とする。

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 3.2-20 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。

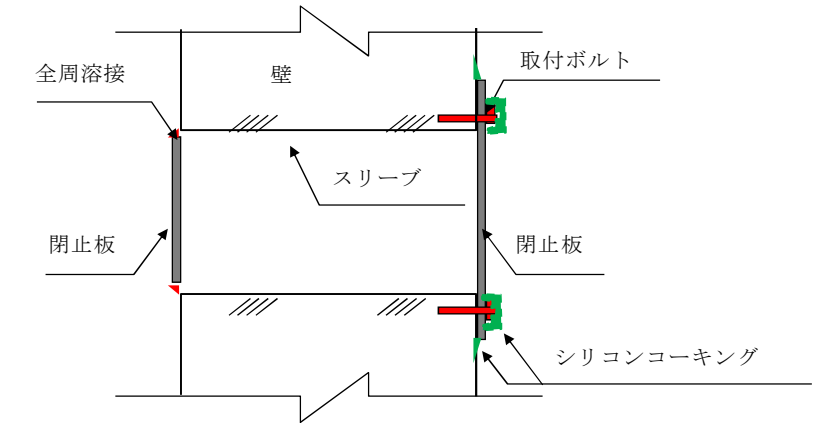


第 3.2-20 図　ブーツ構造の標準的な構造図

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 3.2-21 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 3.2-21 図　ブーツ構造の標準的な構造図

3.3　津波監視設備の設計・評価

【規制基準における要求事項等】

津波監視設備については，津波の影響（波力，漂流物の衝突等）に対して，影響を受けにくい位置への設置，影響の防止策・緩和策等を検討し，入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

【検討方針】

津波監視設備については，津波の影響（波力，漂流物の衝突等）に対して，影響を受けにくい位置への設置，影響の防止策・緩和策等を検討し，敷地に遡上する津波による入力津波に対して総合的な津波監視機能が十分に保持できるよう設計する（【検討結果】参照）。

【検討結果】

津波監視設備として，津波・構内監視カメラ及び潮位計を設置する。以下に津波監視設備の津波による影響評価結果及び津波監視設備の仕様を示す。また，第3.3-1図に津波監視設備の配置図を示す。

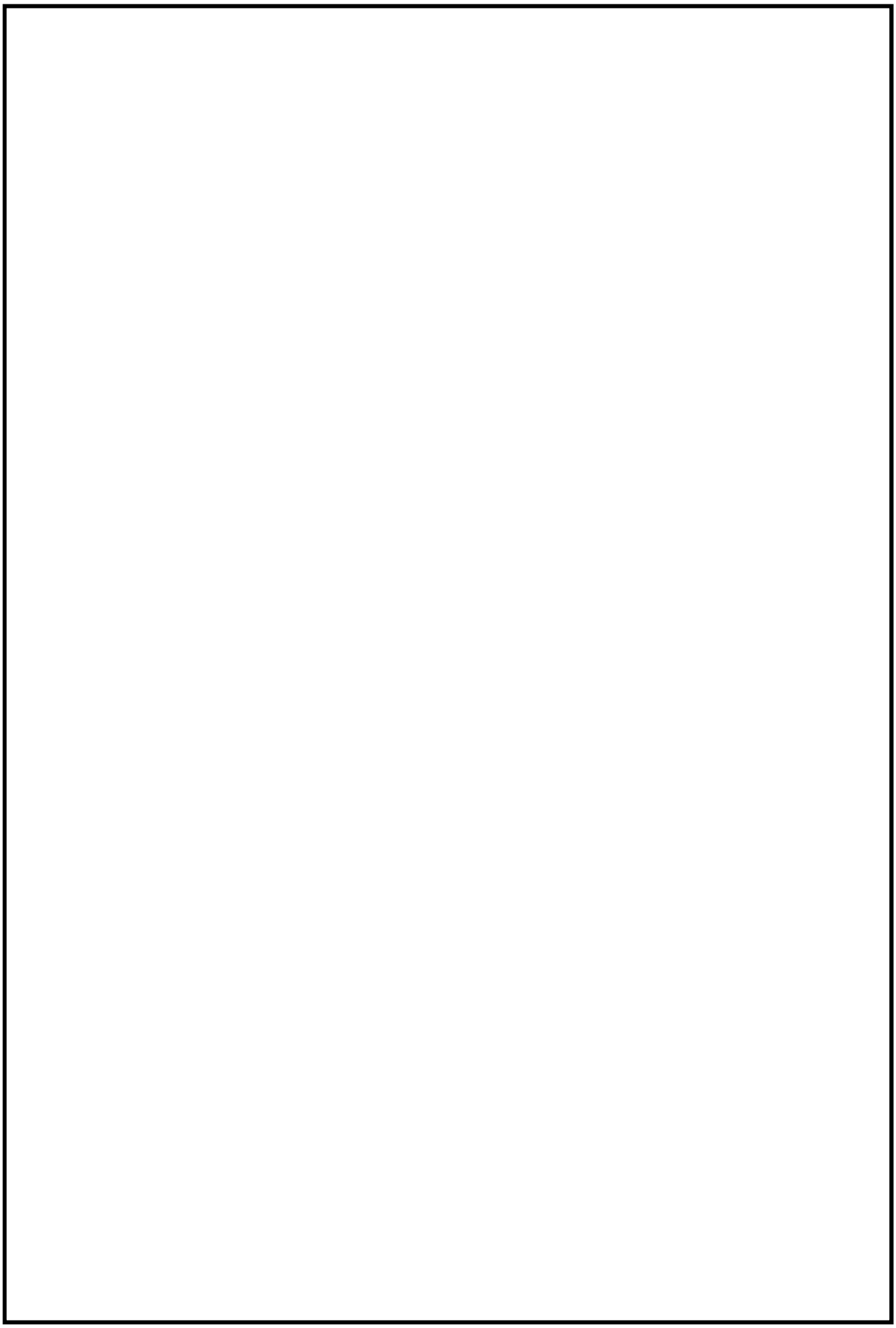
(1) 津波監視設備の津波による影響評価

ａ．津波による影響の有無

(a)　津波・構内監視カメラは，津波の襲来状況，津波防護施設及び浸水防止設備の機能，取水口及び放水口を含む敷地東側の沿岸域，並びに敷地内外の状況を監視するものであり，原子炉建屋の屋上T.P.約＋64m及び防潮堤上部T.P.約＋18～約＋20mの位置に設置する。敷地に遡上する津波に対しては，原子炉建屋の屋上に設置された津波・構内監視カメラは影響を

受けない。一方で，防潮堤上部に設置された津波・構内監視カメラは防潮堤上部を越流する津波の津波波圧や漂流物の衝突の影響を受けるものと想定し，敷地に遡上する津波に対する機能保持には期待しない。

(b) 潮位計は，主として基準津波による寄せ波時の取水口前面の上昇側水位を監視するものであり，取水路内の側壁に設置するため，取水口から流入する津波の影響を考慮する必要がある。このため，後述b項において敷地に遡上する津波による影響に対する防止策・緩和策等を示す。



第 3.3-1 図　津波監視設備の配置図

別添－1　3.3-3

b．　津波による影響に対する防止策・緩和策等

前述a項に示したとおり，潮位計は取水口から流入する津波の影響が考えられるため，津波の波力及び漂流物の衝突に対する防止策・緩和策を検討した。

(a)　津波の波力に対する防止策・緩和策等

津波による波力に対して，潮位計は，「1.6 設計又は評価に用いる敷地に遡上する津波の入力津波」において示した防潮堤前面における入力津波であるT.P.＋24.0mの水頭を考慮した設計とするため，津波の波力による影響は受けない。

(b)　津波による漂流物の衝突に対する防止策・緩和策等

津波による漂流物の衝突に対しては，取水口の上部高さT.P.＋3.31mに対し，敷地に遡上する津波は防潮堤前面でT.P.＋20.0mを上回ることから，基準津波における漂流物の選定において取水口に向かう可能性が否定できないと評価した漁船は，敷地に遡上する津波に対しては取水口の上部を通過するものと考えられる。仮に取水口に漂流物が向かったとしても，漂流物の寸法及び取水口呑口の寸法の関係から，取水路内を大きな漂流物が逆流することは考え難いため，漂流物の影響は受けない。第3.3-1表に漁船の主要諸元，第3.3-2図に取水口呑口部の構造を示す。

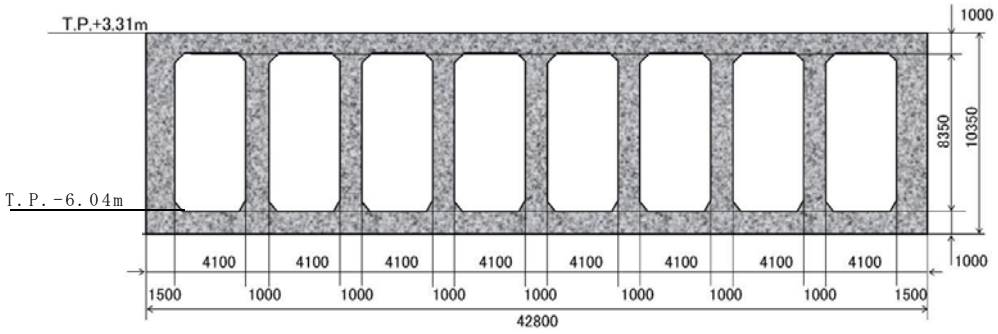
第 3.3-1 表　漁船の主要諸元

対象	重量	寸法	台数
5t 級漁船※1 （総トン数）	約 15t※2 （排水トン数）	長さ 14m×幅約 3m	1※3

※１：漁港からの聞き取り調査結果に基づき設定

※２：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社）日本道路協会　平成 14 年 3 月）より，総トン数 3t を 3 倍し排水トン数を 15t と設定

※３：発電所沖合で操業することを考慮し，１隻が漂流するものと仮定



第 3.3-2 図　取水口呑口部構造

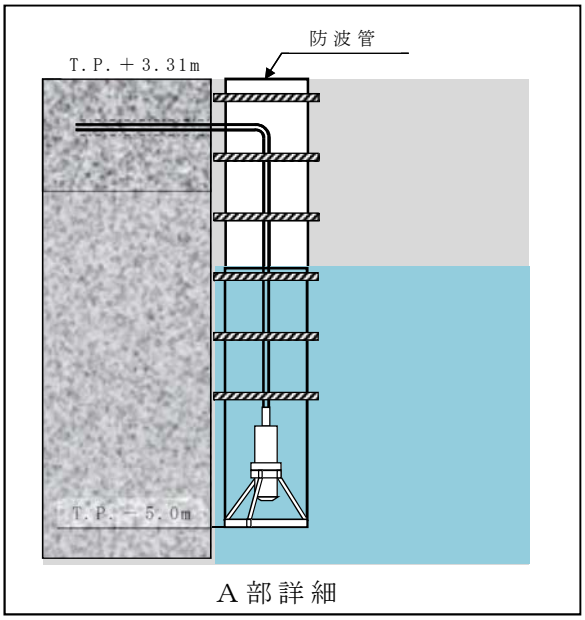
上記のとおり，潮位計は敷地に遡上する津波による漂流物の影響は受けないと考えられるが，ここでは漂流の可能性が否定できないと評価した漂流物以外の比較的寸法の小さい漂流物を想定した場合の影響について評価するとともに，防止策・緩和策等について検討した。

潮位計は，取水口入口近傍の側壁に設置するが，検出器及びケーブル・電線管はφ400mm，厚さ10mmのステンレス製の防波管内に収納することにより，取水路内に流入した漂流物から保護できる設計としている。

このため，比較的寸法の小さい漂流物を想定しても，漂流物の衝突による影響はないと考えるが，より安全側の対策として，取水口の北側及び南側にそれぞれ1個ずつ計2個の潮位計

を設置し，多重化を図ることとする。第3.3-3図に潮位計の配置図，第3.3-4図に潮位計の据付部の概略構造を示す。

第 3.3-3 図　潮位計配置図



A部詳細

第3.3-4図　潮位計据付部概略構造

以上の津波による影響に対する防止策・緩和策により，潮位計は，津波に対して機能保持が可能である。

(2)　津波監視設備の仕様等

ａ．津波・構内監視カメラ

(a)　仕様

津波・構内監視カメラ（直径178mm×高さ285mm，水平方向可動域360°）は，原子炉建屋屋上T.P.約＋64mに3台，防潮堤上部T.P.約＋18～約＋20mに4台を設置する。各々の主な監視範囲を第3.3-2表の津波・構内監視カメラの主な監視範囲に示す。津波監視カメラは赤外線撮像機能を有し，昼夜問わず監視可能な仕様とし，画像は中央制御室及び緊急時対策所に設置した監視設備に表示し，継続的に監視できる設計とする。

津波・構内監視カメラ本体及び監視設備の電源は所内常設直流電源設備受電することで交流電源喪失時においても監視が継続可能な設計とする。

第3.3-3表に津波・構内監視カメラの基本仕様，第3.3-5図に津波・構内視カメラの設置位置と可視可能範囲，第3.3-6図に津波監視カメラの映像イメージを示す。また，敷地に遡上する津波による影響を受けて防潮堤上部の津波・構内監視カメラ4台に期待しない場合を想定し，原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラによる監視可能範囲を第3.3-7図に示す。

原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラにより，初動対応する上で重要なT.P.＋11mの敷地等の構内の状況把握は可能である。なお，防潮堤上部の津波・構内監視カメラ4台は機能保持に期待しないが，津波による影響を免れた場合には津波・構内監視カメラとして継続使用する。

第 3.3-2 表　津波・構内監視カメラの主な監視範囲

設置場所		主な監視範囲
原子炉建屋屋上	北東側	敷地前面東側海域及び敷地東側の状況を監視
	北西側	敷地北側の状況を監視
	南東側	敷地南側の状況を監視
防潮堤上部	北西側	防潮堤北側，敷地北西側の状況を監視
	北東側	防潮堤東側，放水口，放水路ゲート，取水口，防潮扉，敷地前面東側海域，敷地北東側の状況を監視
	南東側	防潮堤東側，取水口，ＳＡ用海水ピット，敷地前面東側海域，敷地南側の状況を監視
	南西側	防潮堤南側，防潮扉，敷地南側の状況を監視

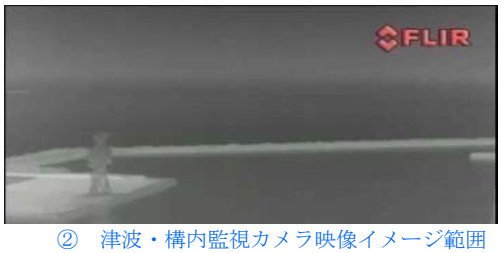
第3.3-3表　津波・構内監視カメラの基本仕様

項　　目	基　本　仕　様
名　　称	津波監視カメラ
耐震クラス	Ｓクラス
設置場所	原子炉建屋屋上 防潮堤上部
監視場所	中央制御室，緊急時対策所
個　　数	原子炉建屋屋上：3 防潮堤上部：4
夜間監視手段	赤外線
遠隔操作	可能（上下左右）
電　　源	所内常設直流電源設備

第 3.3-5 図　津波・構内監視カメラの設置位置と可視可能範囲（基準津波



① 津波・構内監視カメラ映像イメージ範囲

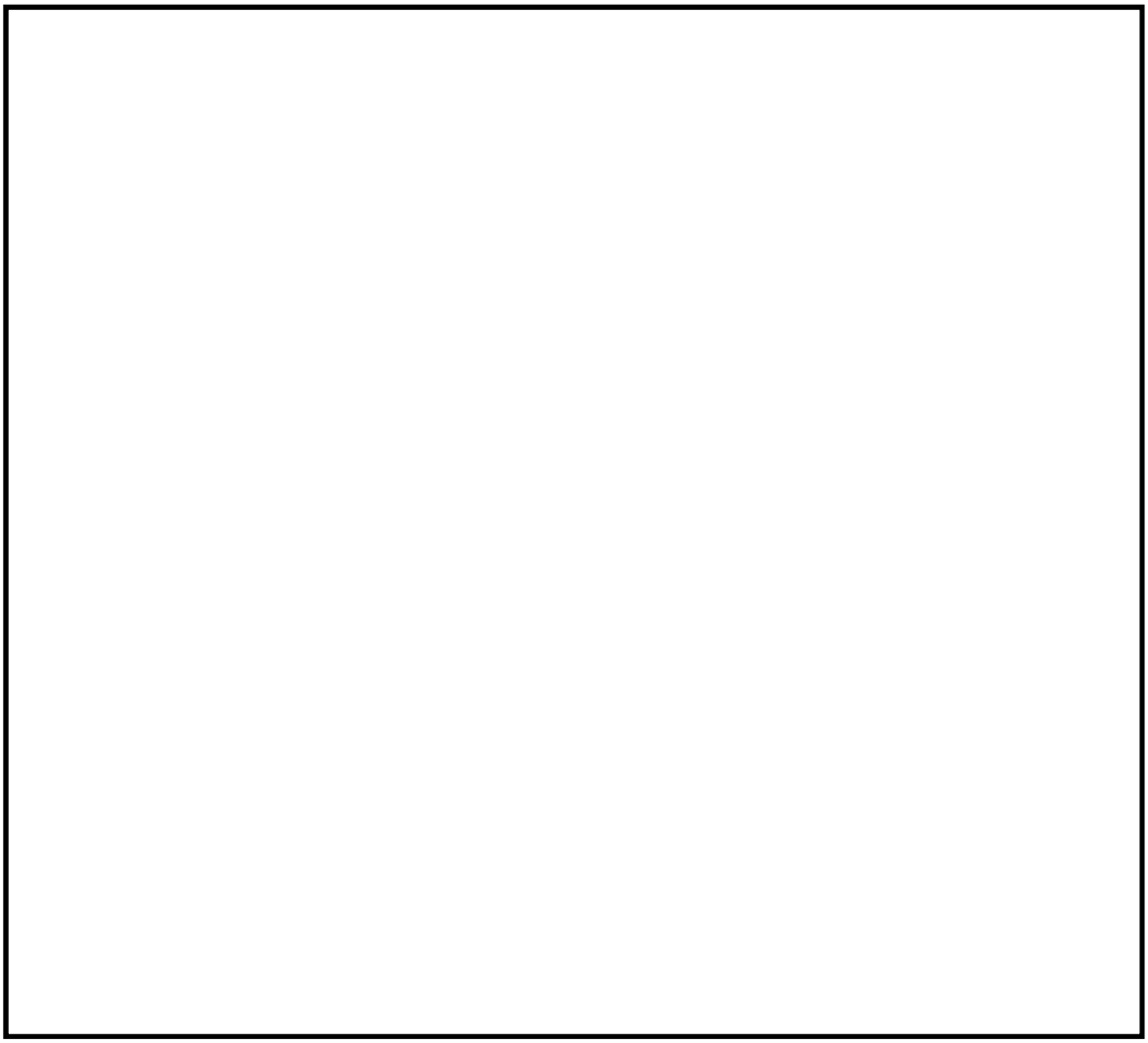


② 津波・構内監視カメラ映像イメージ範囲



③ 津波・構内監視カメラ映像イメージ範囲

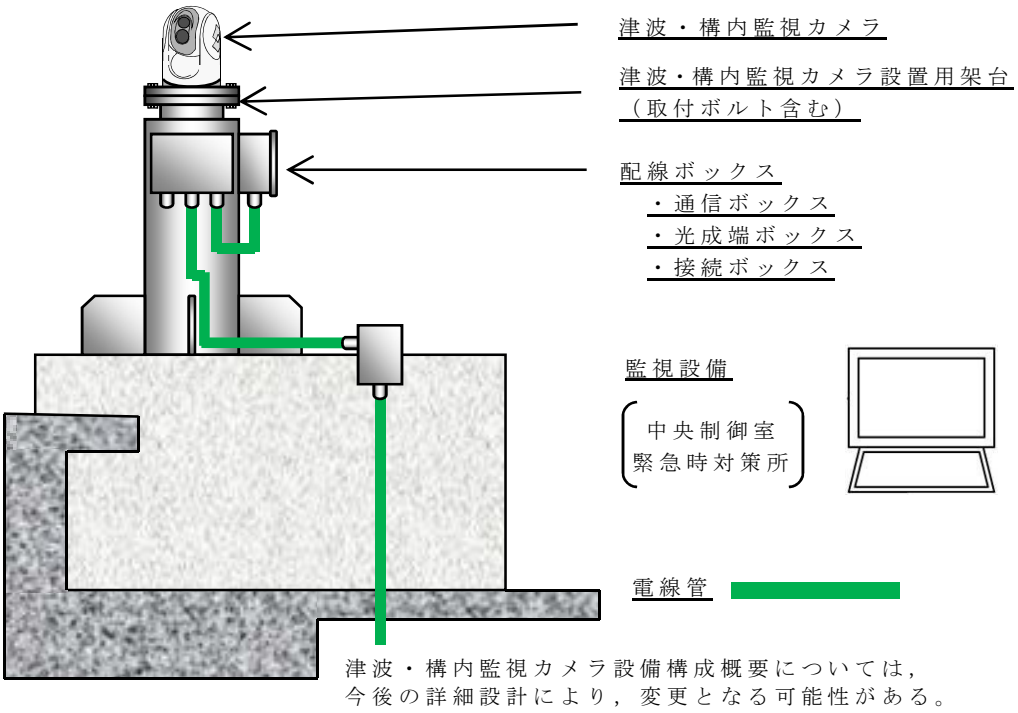
第3.3-6図　津波・構内監視カメラの映像イメージ



第 3.3-7 図　原子炉建屋屋上の 3 台の津波・構内監視カメラによる監視可能範囲

(b)　設備構成

津波・構内監視カメラは，カメラ本体，津波・構内監視カメラ用設置架台，配線ボックス，監視設備，電線管から構成される。第3.3-8図に津波・構内監視カメラの設備構成概要を示す。



第 3.3-8 図　津波・構内監視カメラ設備構成概要

(c)　構造・強度評価及び機能維持評価

津波・構内監視カメラが使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

津波・構内監視カメラは，原子炉建屋屋上T.P.約＋64m及び防潮堤上部T.P.約＋18～約＋20mに設置することから，原子炉建屋屋上に設置する3台は津波の影響は受けない。このため，これら3台の津波・構内監視カメラに想定される自然条件として考慮すべきものは，地震，積雪，降下火砕物，降雨及び風で

ある。このうち，竜巻による評価については，「第六条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明することとし，ここでは使用条件及び上記の自然条件に対する評価方針を示す。

なお，自然条件のうち，津波については前述のとおり影響を受けることはないため，荷重の組合せ等での考慮は要しない。

ⅰ） 評価対象

第3.3-4表に津波・構内監視カメラの構造・強度評価及び機能維持評価対象を示す。

第3.3-4表　津波・構内監視カメラの構造・評価及び機能維持評価対象

評価項目	評価対象
構造・強度	津波・構内監視カメラ設置用架台 津波・構内監視カメラ取付ボルト 電線管
機能維持	津波・構内監視カメラ 配線ボックス 監視設備（監視用ＰＣ等）

ⅱ） 評価方針

○構造・強度評価

津波・構内監視カメラは，基準地震動S_sに対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には，津波・構内監視カメラ設置用架台，取付ボルトについて，地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い，裕度（＝許容応力／発生応力）が1.0以

上であることを確認する。また，電線管については，電線管布設において，もっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し，最大許容支持間隔を求め，それに包絡される条件で施工することで，耐震性を確保する。

○機能維持評価

機能維持の評価対象ついては，振動試験において，津波・構内監視カメラ，配線ボックス，監視設備の電気的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度（以下「確認済加速度」という。）に対し，取付箇所の最大応答加速度（以下「評価加速度」という。）が下回っていることを確認する。

iii） 荷重の組合せ

津波・構内監視カメラは，津波の影響を受けない場所に設置するため，津波荷重の考慮は不要であり，常時荷重＋余震荷重の組合せは，以下の組合せに包絡されるため，これらを適切に組合せて設計を行う。

・常時荷重＋地震荷重

また，設計に当たっては，自然現象との組合せを適切に考慮する。

iv） 評価荷重

○固定荷重

自重等を考慮する。

○地震荷重

基準地震動Ｓｓを考慮する。

○積雪荷重

屋外に設置される津波・構内監視カメラ設置用架台及び電線管に対しては，堆積量40cmを考慮する。

○降下火砕物

屋外に設置される津波・構内監視カメラ設置用架台及び電線管に対しては，堆積量50cmを考慮する。

○降雨荷重

降雨に対しては，津波・構内監視カメラは防水性能IP66（あらゆる方向からのノズルによる強力なジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない）に適合する設計とする。

○風荷重

・竜巻

「第六条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明する。

・竜巻以外

「建築基準法（建設省告示第1454号）」に基づく発電所立地地域（東海村）の基準風速30m/s相当の風荷重を受けた場合においても，津波・構内監視カメラ設置用架台及び電線管は継続監視可能であることを確認する。

b．潮位計

(a)　仕様

潮位計は，主として基準津波による寄せ波時の取水口前面の上昇側水位を監視するため設置するものである。

潮位計の計測範囲は，引き波時の非常用海水ポンプの取水性を確保するために設置する貯留堰の天端高さT.P.－4.9mから，基準津波における敷地前面東側の防潮堤における潮位のばらつき及び入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した入力津波高さT.P.＋17.9mを包含するT.P.－5.0m～T.P.＋20.0mまで計測できる設計とする。敷地に遡上する津波においては基準津波の場合を想定した計測範囲の上限を一時的に超えるものの，その後の計測が可能であることから，繰り返し襲来してくる津波に対して把握することができる

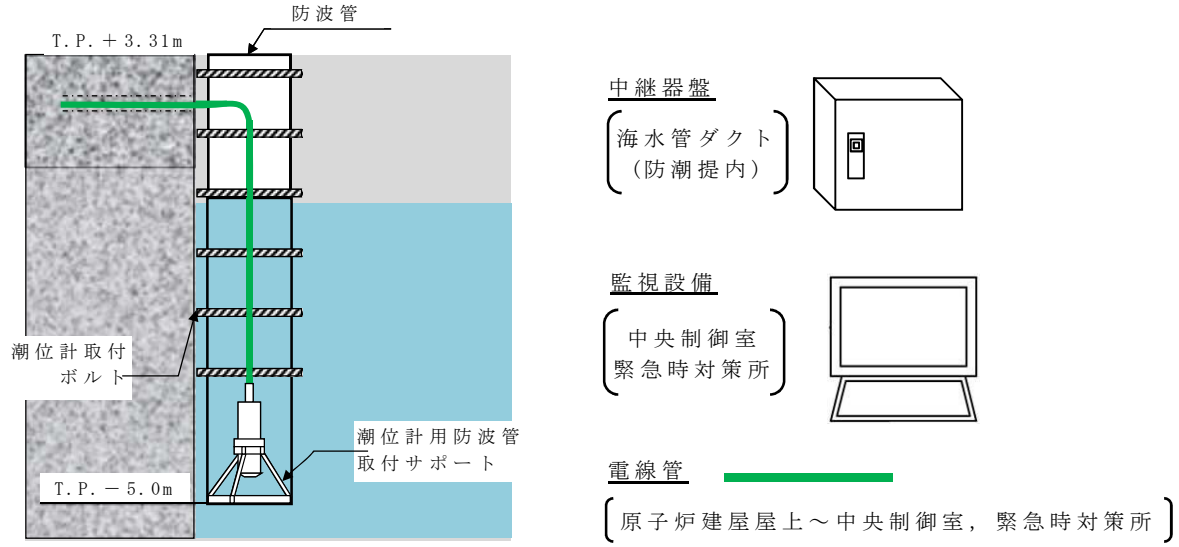
また，潮位計の検出器は，取水路からの津波による圧力に十分に耐えられる設計とする。潮位計本体及び監視設備の電源は，所内常設直流電源設備から受電することで，交流電源喪失時においても監視が継続可能な設計とする。第3.3-5表に潮位計の基本仕様を示す（潮位計の配置図は第3.3-3図，据付部概略構造は第3.3-4図参照）。

第3.3-5表　潮位計の基本仕様

項　　目	基　本　仕　様
名　　称	潮位計
耐震クラス	Sクラス
設置場所	取水路
監視場所	中央制御室，緊急時対策所
個　　数	2
計測範囲	T.P.－5.0m～T.P.＋20.0m
検出器の種類	圧力式
電　　源	所内常設直流電源設備

(b)　設備構成

潮位計は，潮位計本体，潮位計取付サポート，監視設備，電線管から構成される。第3.3-9図に潮位計の設備構成概要を示す。



第 3.3-9 図　潮位計設備構成概要

(c)　構造・強度評価及び機能維持評価

潮位計が使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

潮位計は，取水路内の側壁に設置されることから，想定される自然条件として考慮すべきものは，地震及び津波である。このため，ここでは使用条件及び上記の自然条件に対する評価方針を示す。

○　評価対象

第3.3-6表に潮位計の構造・強度評価及び機能維持評価対象を示す。

第3.3-6表　潮位計の構造・評価及び機能維持評価対象

評価項目	評価対象
構造・強度	潮位計用防波管取付サポート 潮位計取付ボルト 中継器盤取付ボルト 電線管
機能維持	潮位計 中継器 監視設備（監視用ＰＣ等）

ｉ）　評価方針

○構造・強度評価

潮位計は，基準地震動S_sに対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には，潮位計の取付サポート，潮位計取付ボルトについて，地震時に想定される評価荷重に基づき応力

評価を行い，裕度（＝許容応力／発生応力）が1.0以上であることを確認する。また，電線管については，電線管布設において，もっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し，最大許容支持間隔を求め，それに包絡される条件で施工することで，耐震性を確保する。

なお，建屋間相対変位が生じる箇所については，可とう電線管を適用する。

○機能維持評価

機能維持の評価対象ついては，確認済加速度に対し，取付箇所の評価加速度が下回っていることを確認する。

ⅱ） 荷重の組合せ

潮位計の設計においては以下のとおり，常時荷重，地震荷重，津波荷重，余震荷重を適切に組合せて設計を行う。

・常時荷重＋地震荷重

・常時荷重＋津波荷重

・常時荷重＋余震荷重＋津波荷重

なお，潮位計は，上述「(1) ② 津波による影響に対する防止策・緩和策等」に示したとおり，必要な防止策・緩和策を講じることから，漂流物による荷重は考慮しない。

ⅲ） 評価荷重

○固定荷重

自重等を考慮する。

○地震荷重

基準地震動Ｓ$_s$を考慮する。

○津波荷重

津波荷重に関しては，「1.6 設計又は評価に用いる敷地に遡上する津波の入力津波」において示した防潮堤前面における入力津波であるT.P.＋24.0mの水頭を考慮した設計とする。

○余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定する。

3.4　敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の設計・評価に係る検討事項

3.4.1　浸水防止設備等の設計・評価における検討事項

【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。

- 各施設・設備等の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高，波力・波圧，洗掘力，浮力等）について，入力津波から十分な余裕を考慮して設定すること。
- サイトの地学的背景を踏まえ，余震の発生の可能性を検討すること。
- 余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。
- 入力津波の時刻歴波形に基づき，津波の繰り返し襲来による作用が津波防護機能，浸水防止機能へ及ぼす影響について検討すること。

【検討方針】

浸水防止設備の設計及び漂流物に係る措置に当たり，津波荷重の設定，余震荷重の考慮，津波の繰返し作用の考慮に関して，次に示す方針を満足していることを確認する（【検討結果】参照）。

- 各施設・設備等の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高，波力・波圧，洗掘力，浮力等）について，入力津波から十分な余裕を考慮して設定する。
- サイトの地学的背景を踏まえ，余震の発生の可能性を検討する。
- 余震発生の可能性に応じて，余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮する。

・　入力津波の時刻歴波形に基づき，津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能，浸水防止機能へ及ぼす影響について検討する。

【検討結果】

津波荷重の設定，余震荷重の考慮及び津波の繰返し作用の考慮について，以下に示す。

(1) 津波荷重の設定

津波荷重の設定については，以下の不確かさを考慮する。

・　入力津波の数値計算上のばらつき

・　各施設・設備等の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさ

(2) 余震荷重の考慮

余震荷重と敷地に遡上する津波の荷重の組合せを考慮すべき施設・設備の設計に当たっては，余震による地震荷重を定義して考慮する。

(3) 津波の繰返し作用の考慮

津波の繰返し作用の考慮については，漏水，二次的影響（砂移動等）による累積的な作用又は経時的な変化が考えられる場合は，時刻歴波形に基づき，安全性を有する検討をしている。具体的には，以下のとおりである。

・　敷地に遡上する津波に伴うＳＡ用海水ピット取水塔付近の砂の移動・堆積については，敷地に遡上する津波に伴う砂移動の数値シミュレーションにおいて，津波の繰返しの襲来を考慮している。

・　敷地に遡上する津波に伴うＳＡ用海水ピット取水塔付近を含む敷地前面及び敷地近傍の寄せ波及び引き波の方向を分析した上で，漂流物の可能性を検討し，ＳＡ用海水ピット取水塔を閉塞させるような漂流物は発生しないことを確認している。

3.4.2　漂流物による波及的影響の考慮

【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。

上記の検討の結果，漂流物の可能性がある場合には，防潮堤等の津波防護施設，浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう，漂流防止装置または津波防護施設・設備への影響防止措置を施すこと。

【検討方針】

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。

上記の検討の結果，漂流物の可能性がある場合には，津波防護施設である防潮堤，防潮扉及び貯留堰に波及的影響を及ぼさないことを確認する。また，津波防護施設の内側の発電所敷地内において，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。

上記の検討の結果，漂流物の可能性がある場合には，浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないことを確認する（【検討結果】参照)。

【検討結果】

敷地に遡上する津波による遡上域を考慮した場合の漂流物による波及的影響を考慮すべき浸水防止設備としては，以下に示す設備が挙げられる。

・原子炉建屋機器搬出入口水密扉

・原子炉建屋機器人員用水密扉

このため，「2.5.3　津波の二次的な影響による漂流物の影響」において抽出したもののうち，漁船（総トン数5t（排水トン数15t））による漂流物荷重又は一般車両（1.5t）を算定した上で，常時荷重，津波荷重，余震荷重及び自然現象による荷重との組合せを適切に考慮し，浸水防止機能に波及的影響を及ぼさないことを確認する。

添付資料１

基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する防潮堤耐力について

１．はじめに

東海第二発電所の津波ＰＲＡに基づく事故シーケンス選定において，基準津波を超え敷地に遡上する津波（以下「敷地に遡上する津波」という。）を起因した事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」を抽出し，津波防護対策を実施することとしている。

この際，敷地に遡上する津波高さは，防潮堤の耐力である T.P.＋24m に基づき設定している。このため，防潮堤耐力 T.P.＋24m の設定の考え方について整理した。

２．基準津波に対する防潮堤の設計概要

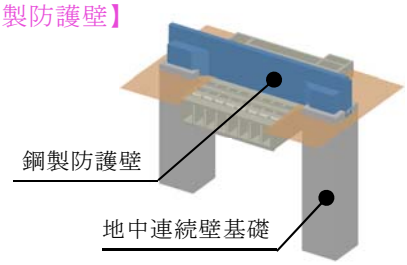
防潮堤の設置計画を第１表に示す。防潮堤は，基準津波の遡上波の地上部からの敷地への到達，流入を防止するため，敷地を取り囲むように設置することとしている。防潮堤の構造形式は，鋼製防護壁，鉄筋コンクリート防潮壁及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁からなる。また，敷地南側の敷地境界及び海水ポンプ室に設置する鉄筋コンクリート防潮壁には，それぞれのアクセスのために防潮扉を設置することとしている。

基準津波の遡上波の防潮堤前面における最高水位は，敷地前面東側で T.P.＋17.1m，敷地側面北側で T.P.＋15.2m，敷地側面南側で T.P.＋15.4m である。これに対し，人工構造物である防波堤の有無による津波高さへの影響，潮位のばらつき，高潮の重畳等を考慮し，敷地前面東側の防潮堤高さは T.P.＋20m，敷地側面北側及び南側の防潮堤は T.P.＋18m としている。

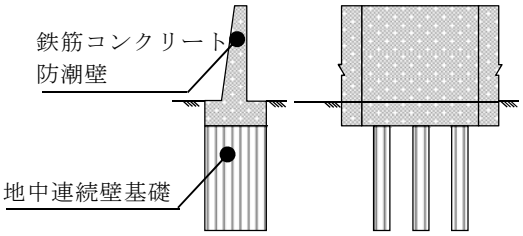
第１表　防潮堤の設置計画

敷地区分	エリア区分	構造形式		天端高さ（T.P.＋m）
		上部工	下部工	
敷地前面東側	a.海水ポンプエリア	鋼製防護壁	地中連続壁基礎	20.0
		鉄筋コンクリート防潮壁		
	b.敷地周辺エリア	鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）		
敷地側面北側		鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	鋼管杭	18.0
敷地側面南側				

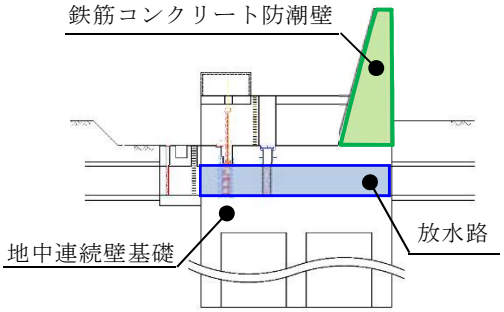
【鋼製防護壁】



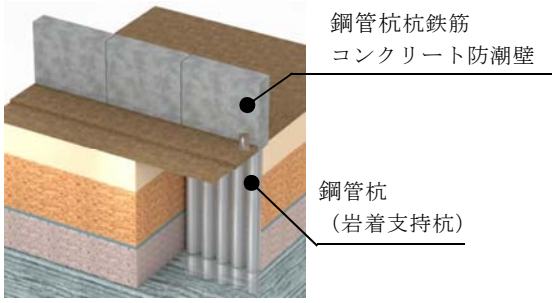
【鉄筋コンクリート防潮壁】



【鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）】



【鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁】



防潮堤の設計に当たっては，設置許可基準規則第5条（津波による損傷の防止）及び別記3並びに基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドの要求に従い，第2表のとおり荷重の組合せ，荷重の設定，許容限界を定めている。特に防潮堤に期待される津波防護機能を保持するため，機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を考慮し構成する部材が概ね弾性状態に収まる設計としている。具体的には短期許容応力度以下とすることにより，津波防護機能を保持する設計としている。

第2表　防潮堤の設計方針

項目	設計方針
荷重の組合せ	常時荷重，地震荷重，津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせた条件とする。 ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重 また，設計に当たっては，風荷重及びその他自然現象に伴う荷重については，施設の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。
荷重	設計に考慮する荷重は以下のとおり。 ・常時荷重：自重等を考慮 ・地震荷重：基準地震動S_sを考慮 ・津波荷重：潮位のばらつき等を考慮した防潮堤前面における入力津波高さに十分な余裕をもった津波荷重水位を考慮 ・余震荷重：余震による地震動を検討し，余震荷重を設定（弾性設計用地震動S_d－Ｄ１を設定） ・漂流物荷重：漂流物重量50tfの衝突荷重を設定
許容限界	津波防護機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性及び津波の繰返し作用を想定し，構成する部材が概ね弾性状態（短期許容応力度以下）に収まる設計とする。

３．防潮堤耐力の設定の考え方

防潮堤は，設計基準事象である基準津波に対して津波防護機能を保持するため，２．項に記載したとおり，想定する荷重に対して概ね弾性状態に収まることを基本とし，実設計においては，短期許容応力度に対して一定の余裕を持った設計としている。

一方，津波ＰＲＡにおいては，防潮堤高さ（T.P.＋20m）を超える津波高さを評価対象とした上で，津波による事故シーケンスを抽出するとともに炉心損傷防止対策を検討している。また，有効性評価においては，重要事故シーケンスとして選定した「原子炉建屋内浸水により複数の緩和機能喪失」に対する対策の有効性について確認している。

このため，防潮堤の有する実力耐力を前提に，敷地に遡上する津波による現実的な対策を検討し，その有効性を確認する必要があると考えるが，この際，津波特有の考慮事項として，繰返し襲来する津波に対して防潮堤はその機能を保持し，敷地への津波の流入を防止する必要があることから，想定するT.P.＋24mの第1波の津波に対して，防潮堤は概ね弾性状態（曲げ応力に対しては降伏応力度以下，せん断応力に対してはせん断強度以下）を許容限界値として設計を行うこととした。

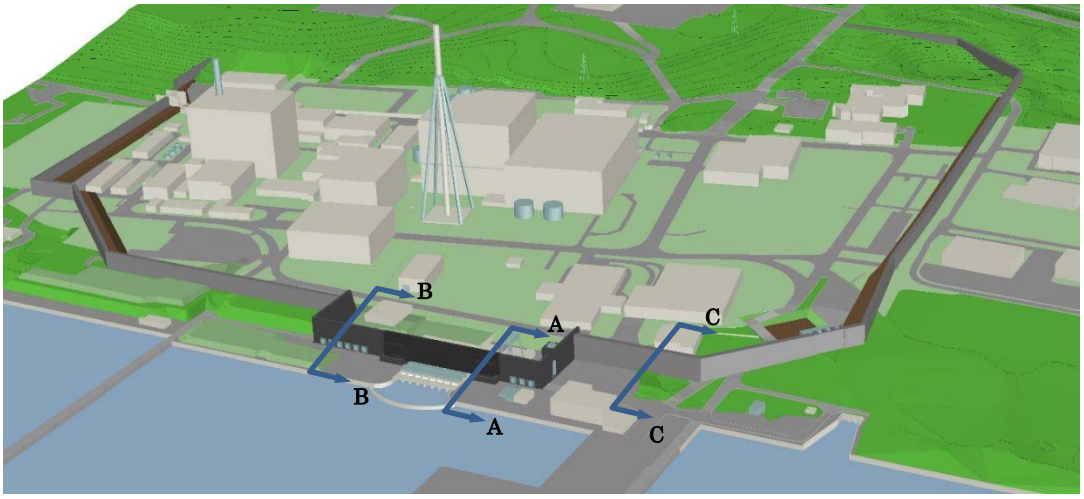
４．防潮堤の耐力評価

（１）検討条件

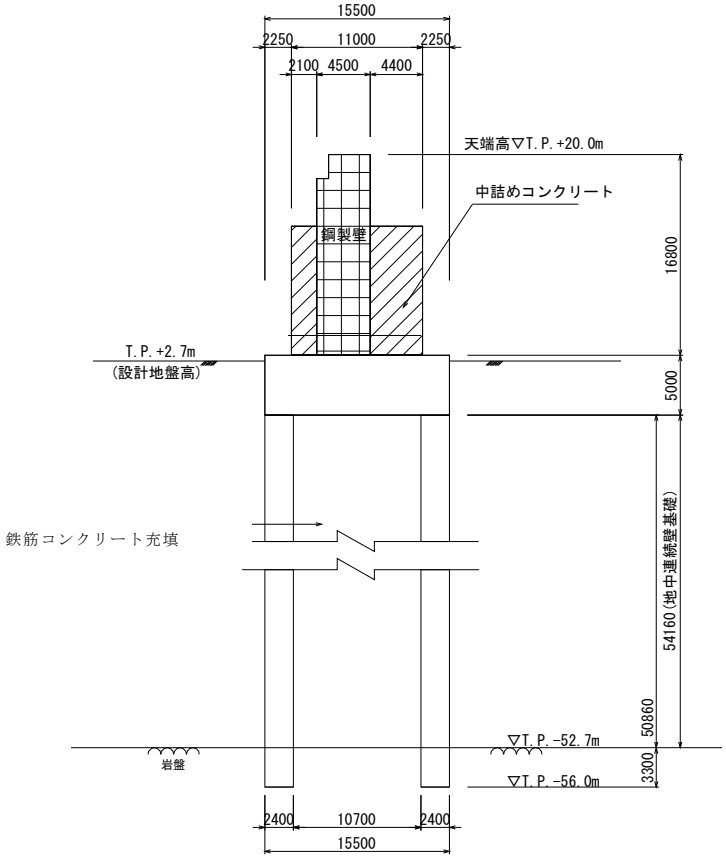
防潮堤の耐力評価に当たっては，基準津波による津波シミュレーションにおいて，津波高さが最も高くかつ敷地高さの低い，防潮堤への津波波力が最も大きくなる海水ポンプエリア周辺を選定した上で，防潮堤の構造形式別に評価した（第５条津波による損傷の防止での代表断面と同じ断面とした）。

鋼製防護壁は，取水口を跨いで北側と南側に地中連続壁基礎を設置するため両断面を対象に検討を行った。鉄筋コンクリート防潮壁は，取水口の北側と南側に設置されるが，防潮堤の天端高さ及び地表の設置標高は同様であるため，基礎全体の根入れ深さに比較して岩盤への根入れ長が大きく，水平荷重に対して曲げモーメントが大きくなる取水口南側を検討断面とした。また，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，設置標高が低く壁高が高い（津波荷重が大きくなる）断面を検討断面とした。

防潮堤の耐力評価は，基準津波及び T.P.＋24m 津波について実施した。評価を行った海水ポンプエリア周辺の防潮堤配置図及び断面図を第 1 図～第 4 図に示す。

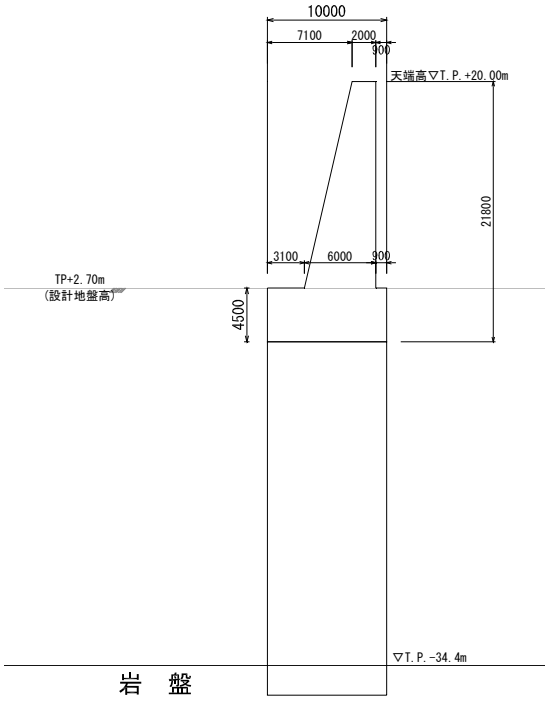


第 1 図　海水ポンプエリア周辺防潮堤配置図



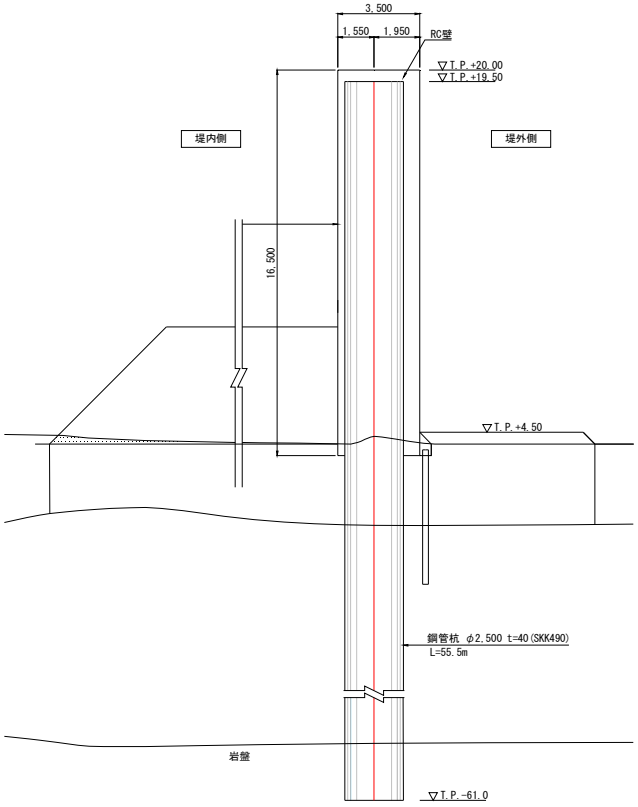
注）今後の詳細設計により，仕様について変更の可能性はある。

第 2 図　鋼製防護壁断面図（Ａ－Ａ断面）



注）今後の詳細設計により，仕様について変更の可能性はある。

第３図　鉄筋コンクリート防潮壁断面図（Ｂ－Ｂ断面）



注）今後の詳細設計により，仕様について変更の可能性はある。

第４図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁断面図（Ｃ－Ｃ断面）

（２）検討内容

１）解析モデル

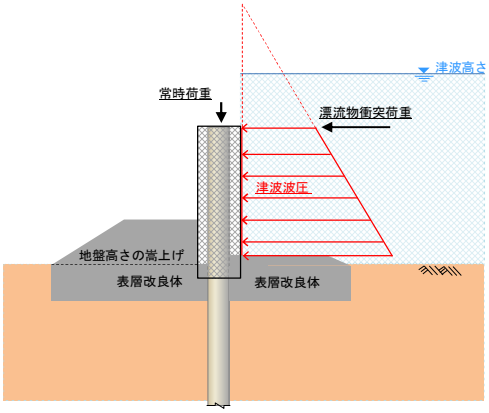
設置許可基準規則第５条及び技術基準規則第６条の要求事項に対して適合性を示した資料「東海第二発電所　津波による損傷の防止」に記載した同モデルを用いる（鋼製防護壁は添付資料２１，鉄筋コンクリート壁は添付資料２２，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は添付資料２４）。

２）検討ケース

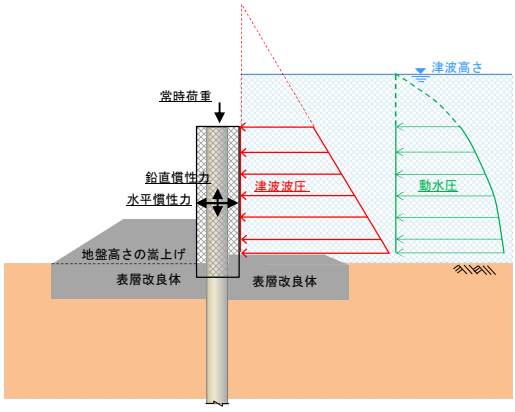
検討ケースは，荷重の組合せを考慮した以下のケースを実施した。

①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重

②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重



①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重



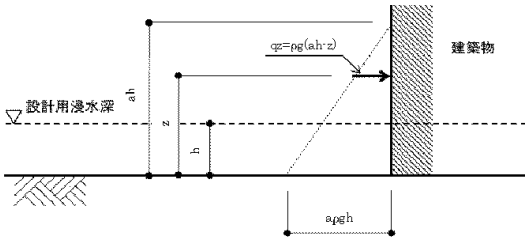
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重

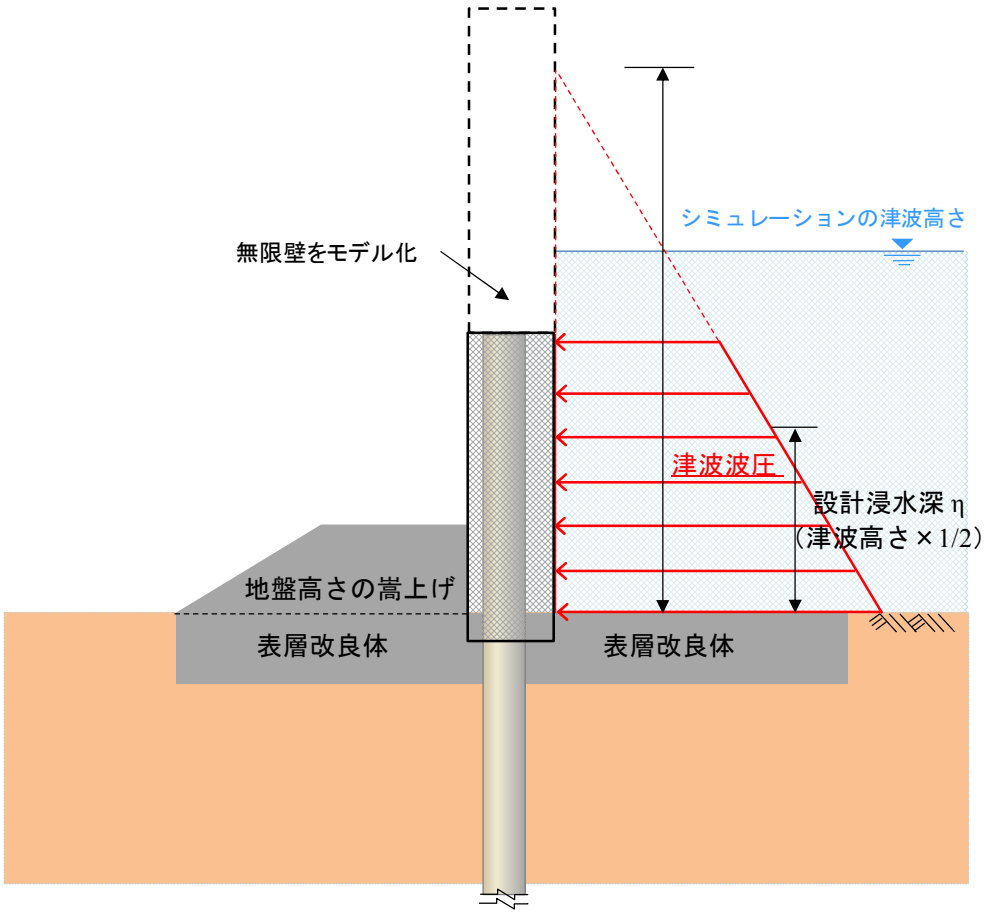
第５図　荷重作用概要

3）検討用荷重

検討に用いた防潮堤に作用する主な荷重について，第 3 表に示す。

第 3 表　検討用荷重

荷重	内容
常時荷重	構造物の自重及び積雪荷重（堆積量 30cm，単位荷重 20N/cm/m^2）
津波荷重	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）等に基づき，防潮壁を考慮した数値シミュレーション解析により得られた防潮堤位置の最大津波高さの 1/2※の高さを入射する津波高さ（設計浸水深）とし，朝倉式から設計浸水深の 3 倍（水深係数α=3）により津波波力を設定した。  津波波圧 q Z ＝ ρ g （ a h － Z ） h ：設計用浸水深 Z ：当該部分の地盤面からの高さ（0≦Z≦a h） a ：水深係数。3 とする。 ρ g ：海水の単位体積重量 （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）等を参考に最も保守的となる波圧を設定した。） ※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）の記載「現行の港湾基準では，便宜上防波堤前面における最大津波高さの 1/2 の高さを入射する津波高さとして設定することとしているが，実際には防波堤前面以外の場所でも防波堤および陸域からの反射の影響を含んでいるため，数値シミュレーション等による津波高さ（基準水面からの高さ）の 1/2 を入射津波高さと定義し，波力算定にはこれを用いるものとする。」
漂流物衝突荷重	漂流物重量 50tf，津波流速 15m/s※を用いて道路橋示方書式により衝突荷重を算定し，防潮堤天端に集中荷重として作用させる。 ※T.P.＋24m 津波時の流速は，取水口前面における基準津波の流速との比率 1.51 を用いて設定（基準津波時の最大流速 7.1m/s×1.51＝10.7m/s を保守的に 15m/s とした）。
余震荷重	弾性設計用地震動Ｓd－D1 波を用いて，一次元波動論に基づき地表面加速度を算定し構造物の慣性力として作用させる。
動水圧荷重	遡上高さ T.P.＋24m を水面として動水圧を Westergaard 式にて算定し，防潮堤天端から荷重を作用させる。



第 6 図　T. P. ＋24m津波荷重の算定概要図

4）許容限界値

鉄筋コンクリートや鋼材の照査に用いる許容限界値は，概ね弾性状態とし，曲げは降伏応力度，せん断はせん断強度とする。また，照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断する。

５）検討結果

現時点における鋼製防護壁，鉄筋コンクリート防潮壁及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐力の評価状況を第 4 表～第 6 表に，断面図等を第 7 図～第 9 図に示す。

第 4 表(1)　鋼製防護壁の評価結果（上部工）鋼製防護壁

鋼材：SM490Y,SM570 材	照査値	
	曲げ	せん断
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.88	0.83
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.48	0.57

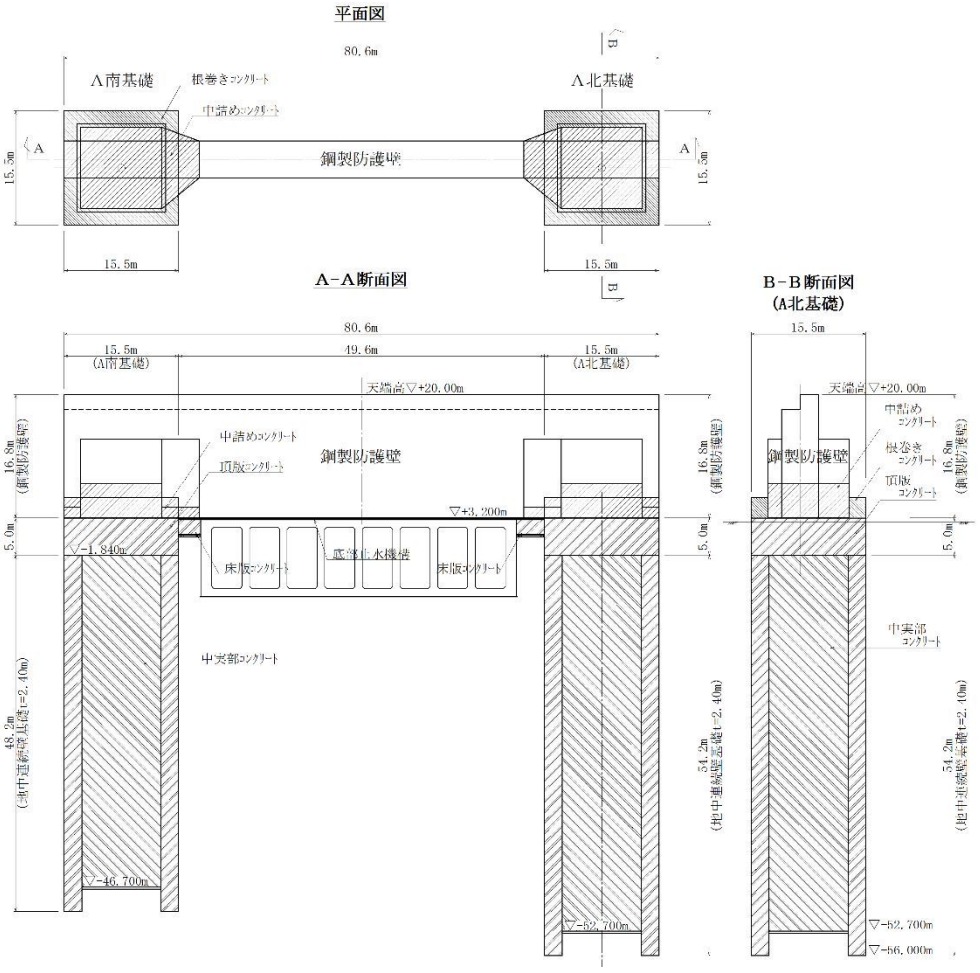
※三次元 FEM 解析結果による照査値で表示。
※曲げ引張り応力度は，鋼材の降伏応力度（道路橋示方書　鋼橋編）に対して照査。
※曲げ圧縮応力度は，鋼材の降伏応力度（道路橋示方書　鋼橋編）に対して低減を考慮して照査。
※せん断応力度は，鋼材の降伏応力度/√3 に対して照査
※地盤ばねの上限値は地盤の平均ピーク強度を用いた。地盤ばね定数は，津波時は静弾性係数を，余震との重畳時は余震時の収束剛性を用いた。
※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

第 4 表(2)　鋼製防護壁の評価結果（下部工）地中連続壁

コンクリート：f_{ck}=30,40,50N/mm^2 鉄筋：SD490	照査値	
	曲げ	せん断
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.40	0.18
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.57	0.16

※三次元 FEM 解析結果による照査値で表示。
※曲げ圧縮応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0（コンクリート標準示方書　構造照査編　2002 年）を考慮した許容値（20,28,32N/mm^2）に対して照査。二軸曲げの場合は、2N/mm^2 を加算する(道路橋示方書Ⅲ-コンクリート橋編-p.126)。
※曲げ引張り応力度は，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（478N/mm^2）に対して照査。
※せん断応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（コンクリート τa_2=3.8,4.8,4.8N/mm^2），鉄筋 330N/mm^2）に対して照査。
※地盤ばねの上限値は地盤の平均ピーク強度を用いた。地盤ばね定数は，津波時は静弾性係数を，余震との重畳時は余震時の収束剛性を用いた。
※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

注）今後の詳細設計により，照査値については変更となる可能性がある。



第 7 図　鋼製防護壁平・断面図

第5表(1)　鉄筋コンクリート防潮壁の評価結果（上部工）

鉄筋コンクリート壁

コンクリート：f_{ck}=30N/mm^2 鉄筋：SD490	照査値		
	曲げ		せん断
	ｺﾝｸﾘｰﾄ	鉄筋	
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.40	0.71	0.70
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.18	0.28	0.37

※三次元 FEM 解析結果による照査値で表示。

※曲げ圧縮応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0（コンクリート標準示方書　構造照査編　2002 年）を考慮した許容値（20N/mm^2）に対して照査。二軸曲げの場合は、2N/mm^2 を加算する(道路橋示方書Ⅲ-コンクリート橋編-p.126)。

※曲げ引張り応力度は，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（478N/mm^2）に対して照査。

※せん断応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（コンクリート τa_2=3.8N/mm^2），鉄筋 330N/mm^2）に対して照査。

※地盤ばねの上限値は地盤の平均ピーク強度を用いた。地盤ばね定数は，津波時は静弾性係数を，余震との重畳時は余震時の収束剛性を用いた。

※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

第5表(2)　鉄筋コンクリート防潮壁の評価結果（下部工）地中連続壁

コンクリート：f_{ck}=40N/mm^2 鉄筋：SD490	照査値	
	曲げ	せん断
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.32	0.15
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.60	0.58

※三次元 FEM 解析結果による照査値で表示。

※曲げ圧縮応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編　2002 年）を考慮した許容値（28N/mm^2）に対して照査。

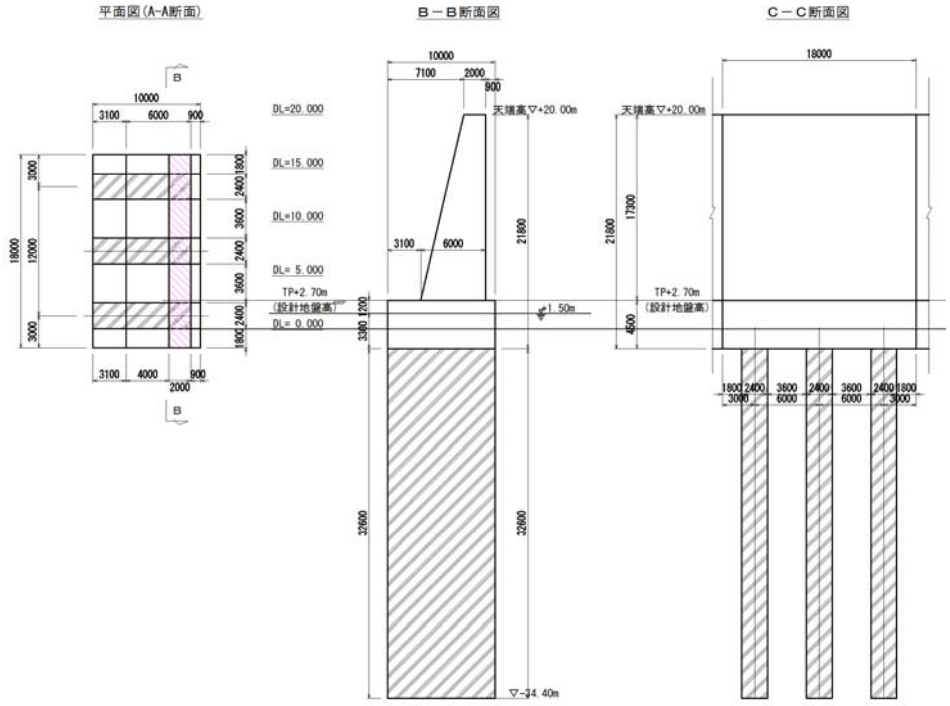
※曲げ引張り応力度は，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（478N/mm^2）に対して照査。

※せん断応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）を考慮した許容値（コンクリート τa_2=4.8N/mm^2），鉄筋 330N/mm^2）に対して照査。

※地盤ばねの上限値は地盤の平均ピーク強度を用いた。地盤ばね定数は，津波時は静弾性係数を，余震との重畳時は余震時の収束剛性を用いた。

※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

注）今後の詳細設計により，照査値については変更となる可能性がある。



第８図　鉄筋コンクリート防潮壁平・断面図

第 6 表(1)　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価結果（上部工）

鉄筋コンクリート壁

コンクリート：f_{ck}=40N/mm^2 鉄筋：SD490	照査値		
	曲げ		せん断
	ｺﾝｸﾘｰﾄ	鉄筋	
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.55	0.62	0.43
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.48	0.54	0.36

※二次元梁バネ解析結果による照査値で表示。
※曲げ圧縮応力度は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書 構造照査編　2002 年）を考慮した許容値（20N/mm^2）に対して照査。
※曲げ引張り応力度は，鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書　構造照査編　2002 年）を考慮した許容値（478N/mm^2）に対して照査。
※せん断耐力は，コンクリートの許容応力度に割増し係数 2.0（コンクリート標準示方書　構造照査編，2002 年）および鉄筋の許容応力度に割増し係数 1.65（コンクリート標準示方書 構造照査編　2002 年）を考慮して算出した許容値（1,703N/mm^2）に対して照査。
※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

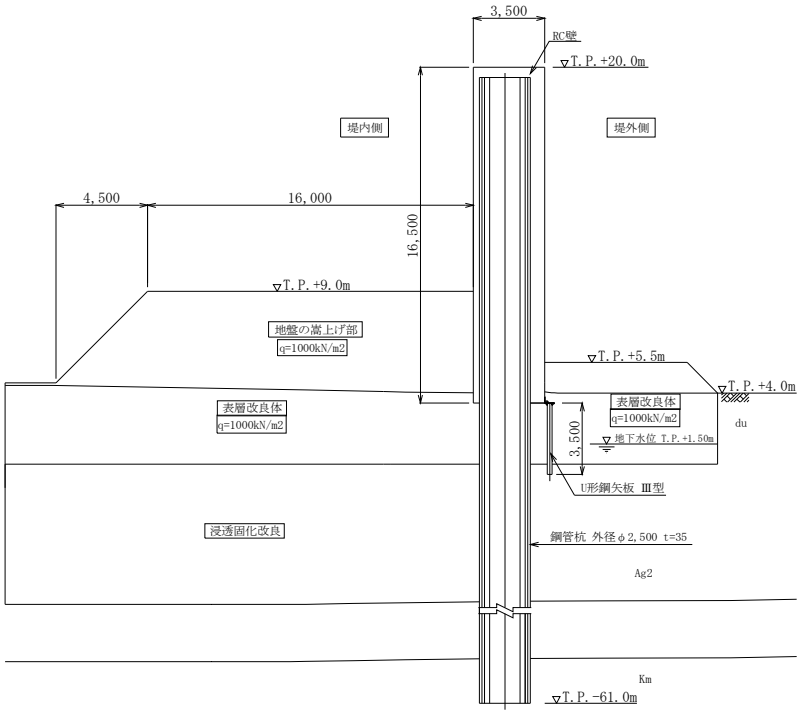
第 6 表(2)　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価結果（下部工）

鋼管杭基礎

鋼管杭： SM570，φ2,500mm，t=35mm	照査値	
	曲げ	せん断
①常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋漂流物衝突荷重	0.83	0.17
②常時荷重＋T.P.＋24m 津波荷重＋余震荷重	0.79	0.18

※二次元フレーム解析結果による照査値で表示。
※曲げ引張り応力度は，鋼管杭の許容応力度に割増し係数 1.70（道路橋示方書 下部工編 H24.3）を考慮した許容値 433.5N/mm^2 に対して照査。
※せん断応力度は，鋼管杭の許容応力度に割増し係数 1.70（道路橋示方書 下部工編 H24.3）を考慮した許容値（246.5N/mm^2）に対して照査。
※地盤ばね定数は，津波時は静弾性係数を，余震との重畳時は余震時の収束剛性を用いた。
※照査値は耐力作用比（発生応力／許容値）で表現し，1.0 以下であれば弾性状態と判断。

注）今後の詳細設計により，照査値については変更となる可能性がある。



第９図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁断面図

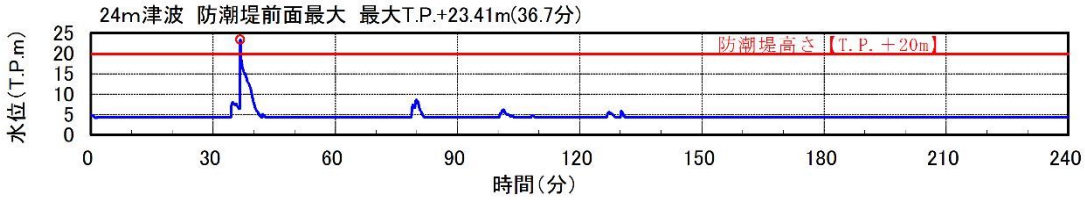
（３）繰返し襲来する津波に対する防潮堤の機能保持

①　T.P.＋24m 津波の時刻歴波形

４．（２）項に示したとおり，敷地に遡上する津波（第 1 波として想定する T.P.＋24m 津波）に対して，防潮堤は損傷することはないが，津波特有の考慮事項として，繰返し襲来する津波に対しても防潮堤は損傷することなく，津波の敷地への流入を防止・抑制する必要がある。

敷地に遡上する津波の時刻歴波形は第 10 図に示すとおり，第 1 波は地震発生後約 37 分で到達する。第 2 波は地震発生後約 80 分に襲来し，その高さは T.P.約＋9m である。このため，第 1 波の襲来を受けた防潮堤が第 2 波の襲来により損傷することがないことを確認する。

なお，第 3 波以降の津波高さは，原子炉建屋等が設置されている敷地高さである T.P.＋8m 以下であるため，評価対象外とした。



第 10 図　T.P.＋24m 津波の時刻歴波形

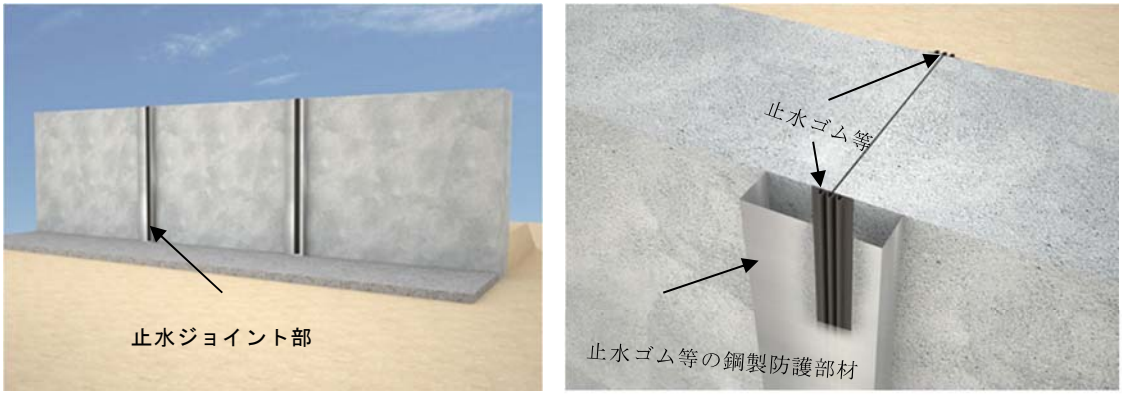
②　繰返し襲来する津波に対する防潮堤の機能保持確認結果

防潮堤の部材は，４．（２）項に示したように，T.P.＋24m 津波の津波荷重に対して，おおむね弾性状態に留まる設計とすることから，健全性が確保されているものと判断する。

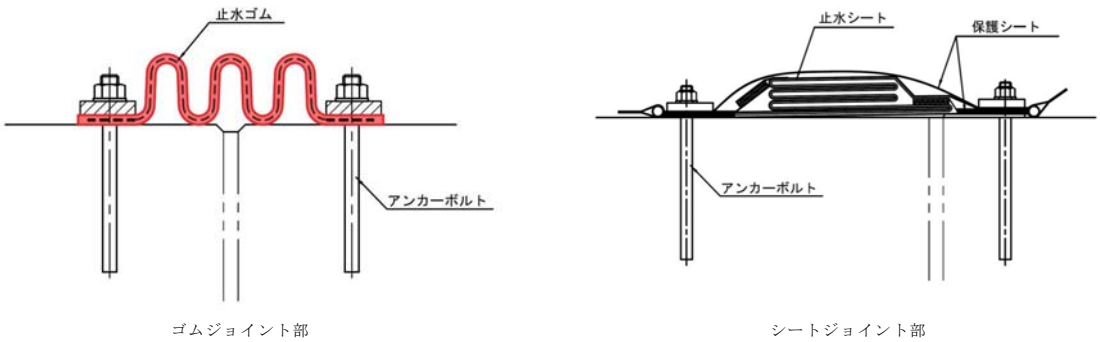
５．防潮堤に係るその他設備の健全性について

（１）止水ジョイント

防潮堤の境界には止水ジョイントを設置し，止水ゴム等の材料を用いることにより止水性能を保持する計画である。止水ジョイント部の計画図を第 11 図に，止水ジョイント部の概念図を第 12 図に示す。



第 11 図　止水ジョイント部計画図



第 12 図　止水ジョイント部の概念図

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。耐候性試験は JIS L 1096 「織物及び編物の生地試験方法」に基づき，5 年，10 年および 15 年に相当する耐候性を確認する（現在試験中）。今後，耐候性試験結果に基づき適切にシートジョイントの耐用年数を設定し，供用後の維持管理を行うと共に，必要に応じ更なる耐候性試験を実施し，耐用年数を見直していく。

止水ゴム等の耐圧試験例を第 13 図に示す。止水性能試験のうち耐圧試験については,第7表に示すとおり最大水圧0.55MPaまでの健全性を確認した。T.P.＋24m 津波の津波荷重は，0.3MPa 程度であることから，第 1 波の津波以降も防潮堤間の止水性に問題はない。



第 13 図　止水ゴム等の耐圧試験例

第 7 表　止水性能試験結果表

止水ゴム等	試験内容	試験結果
ゴムジョイント	耐圧試験（0.26MPa，1hr，伸び 250mm）	良
	耐圧試験（0.26MPa，1hr，剪断 300mm）	良
	耐圧試験（0.26MPa，1hr，伸び 125mm，剪断 150mm）	良
	耐圧試験（0.55MPa，1hr，伸び 250mm）	良
	耐圧試験（0.55MPa，1hr，剪断 300mm）	良
	耐圧試験（0.55MPa，1hr，伸び 125mm，剪断 150mm）	良
シートジョイント	耐圧試験（0.26MPa，1hr）	良
	耐圧試験（0.55MPa，1hr）	良
	継続載荷試験（56.45KN/30cm，10 分）	良
	繰返載荷試験（56.45KN/30cm，10 回）	良
	継続載荷試験（56.45KN/30cm，10 分，取付角 45°）	良
	繰返載荷試験（56.45KN/30cm，10 回，取付角 45°）	良
	耐候性試験 （5 年相当，10 年相当，15 年相当　その後引張試験を実施予定）	試験中

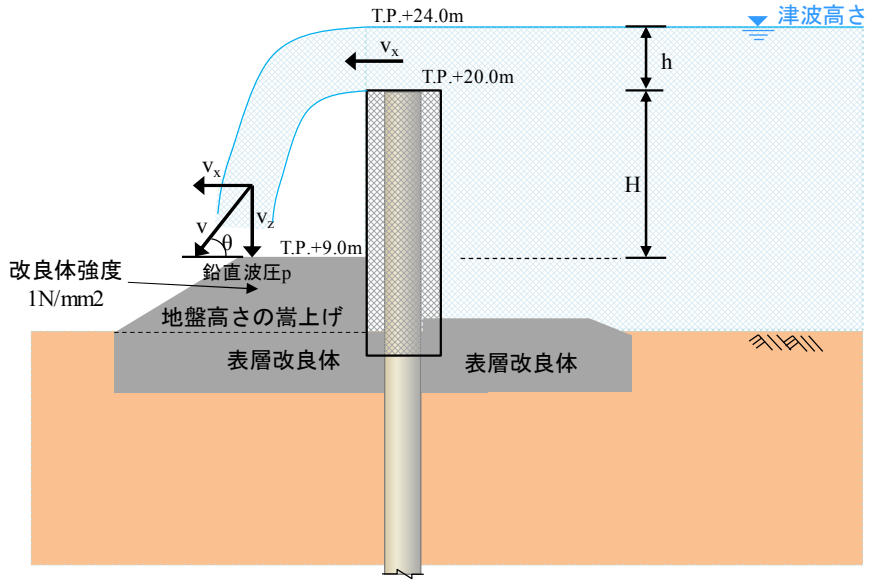
取付角：シートジョイントの載荷試験においては，地震時の防潮堤の残留変形を想定し厳しい変形 45°による材料試験を実施した。

伸び，せん断：ゴムジョイントの津波を想定した耐圧試験時に，予め地震時の残留変形等を想定した。

（２）堤内側の地盤高さの嵩上げ（改良体）

防潮堤の堤内側には，津波等の水平荷重に対して防潮堤へ受働抵抗を与えるために地盤高さの嵩上げ（改良体）を設置すると共に，地盤高さの嵩上げの支持性能を保持するため地盤改良を実施する。

防潮堤を越流した津波が及ぼす影響については，それ以降に繰返し襲来する津波も想定し，地盤高さの嵩上げ（改良体）の健全性を評価する必要がある。このため，地盤高さの嵩上げ（改良体）に対して，越流津波の水塊が自由落下した場合の波圧を算定し，設計強度が波圧を上回ることを確認した。津波越流時の概念図を第 14 図に示す。



第 14 図　検討概要図

水塊の鉛直波圧 p は，水叩きに作用する動水圧算定式（水理公式集，昭和 60 年版）および近森ら（自由落下水脈落下点における動水圧の変動特性に関する研究，1972）による水脈落下点の動水圧算定式により算出する。評価は，地盤高さの嵩上げ部（天端標高 T.P.+9.0m）について実施する。

評価に用いる海水密度を，第 8 表に示す。

第 8 表　海水密度の値

参考文献	海水密度 ρ （t/m^3）	備考
国土交通省港湾局（注 1）	1.03	海水
FEMA（注 2）	1.20	堆積物を含んだ液体

（注1）　港湾の施設の技術上の基準･同解説（国土交通省港湾局 2007 年版）

（注2）　津波からの避難のための構造物の設計ガイドライン（アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁（FEMA））

■水叩きに作用する動水圧算定式（水理公式集，昭和 60 年版）

$p = \rho \times (v \times \sin\theta)^2/2$　・・・動水圧算定式

落下時間：$t = \sqrt{2(H + h/2)/g}$

水平流速：$v_x = \sqrt{gh}$

鉛直流速：$v_z = gt$

流速：$v = \sqrt{v_x^2 + v_z^2}$

衝突角度：$\theta = \tan^{-1}(v_z/v_x)$

ここで，p：鉛直圧力（kN/m^2），ρ：海水密度（=1.03t/m^3），

v：流速（m/s），v_x：水平流速（m/s），v_z：鉛直流速（m/s），

θ：衝突角度（度），H：地表面から防潮堤天端までの水深（m），

t：落下時間（s），h：防潮堤天端から水面までの水深（m）

■近森ら（自由落下水脈落下点における動水圧の変動特性に関する研究,1972）

$p = 1.15 \times \rho g(H + h)$　・・・動水圧算定式

ここで，p：鉛直圧力（kN/m^2），ρ：海水密度（=1.03t/m^3），

g：重力加速度（=9.80665m/s^2），

H：地表面から防潮堤天端までの水深（m），

h：防潮堤天端から水面までの水深（m）

評価の結果,地盤高さの嵩上げや表層改良体の設計強度は1.0N/mm^2(1.0MPa)であることから，水塊の衝突力に対して十分な強度を有しており，繰返し襲来する津波に対してもその機能を十分維持できることを確認した。第9表に評価結果を示す。

第9表　津波越流時の評価結果（海水密度）

海水密度 ρ 1.03（t/m^3）	水塊の鉛直波圧		設計強度	判定
	動水圧算定式 （水理公式集）	動水圧算定式 （近森ら）		
地盤高さの嵩上げ （改良体）	0.14MPa	0.18MPa	1.0MPa	O.K

なお，海水密度を濁水（砂移動シミュレーションで用いている砂の比重：2.72g/cm^3，浮遊砂濃度1%）と仮定した場合，濁水の比重は1.05g/cm^{3}であり，FEMAによると津波により漂流する堆積物を含んだ海水密度が1.20g/cm^{3}とされていることから，それを用いて評価しても，鉛直波圧は地盤高さの嵩上げ部で0.21MPa 程度であり，地盤高さの嵩上げは洗掘に対して十分な耐性を持っていると判断される。第10表に評価結果を示す。

第10表　津波越流時の評価結果（濁水密度）

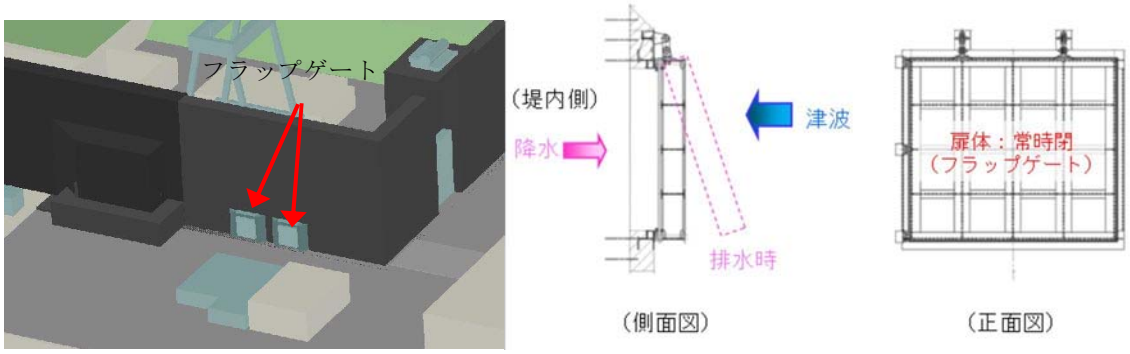
濁水密度 ρ 1.20（t/m^3）	水塊の鉛直波圧		設計強度	判定
	動水圧算定式 （水理公式集）	動水圧算定式 （近森ら）		
地盤高さの嵩上げ （改良体）	0.16MPa	0.21MPa	1.0MPa	O.K

海水ポンプ室周りの防潮堤のうち，鉄筋コンクリート防潮壁の堤内側については，コンクリート等で舗装を行うことから，越流津波による洗掘の問題はなく，防潮堤の安定性に影響を及ぼすことはない。

（３）フラップゲート

鉄筋コンクリート防潮壁に設置するフラップゲートは堤内側への浸水を仮定した排水設備であり，鉄筋コンクリート防潮壁の東面に北側２基，南側５基の計７基の設置を予定しており，T.P.＋24m 津波荷重に対しても止水機能を維持する設計とする。

フラップゲートの概念図を第 15 図に示す。



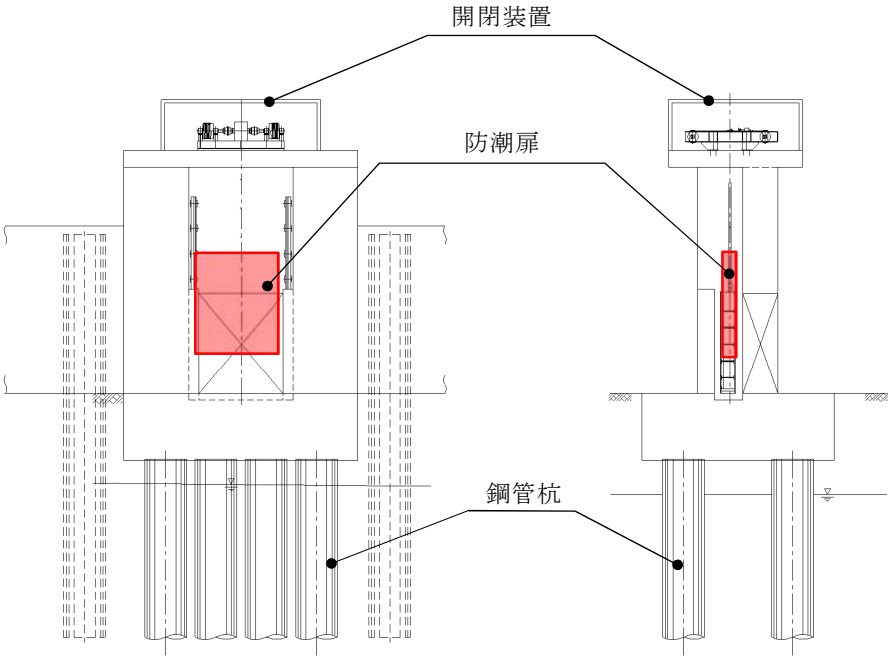
フラップゲート設置位置（取水口北側部）

第 15 図　フラップゲート概要図

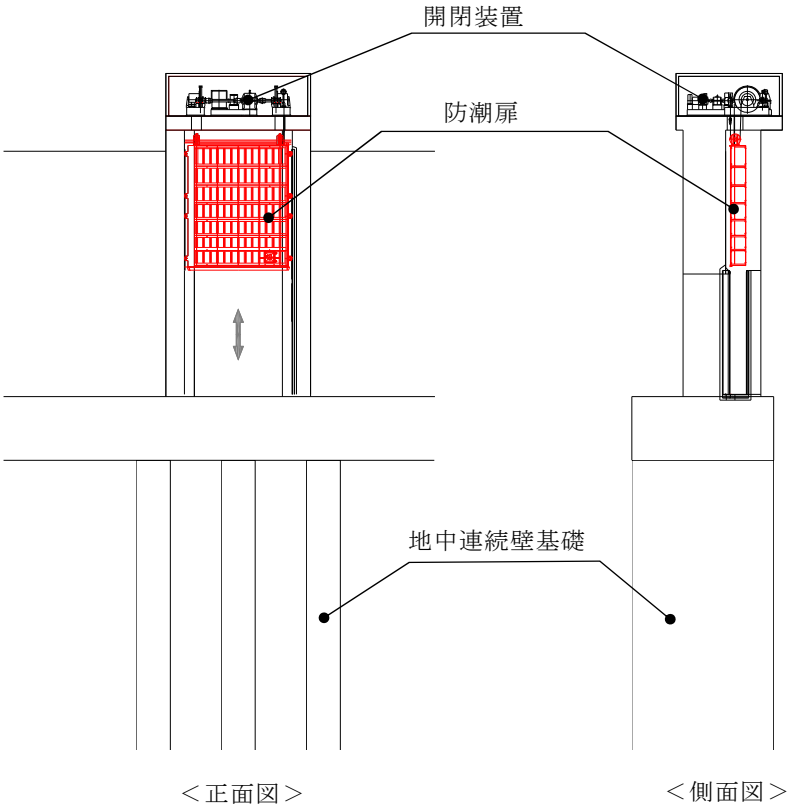
（４）防潮扉

敷地南側境界部及び海水ポンプエリアに設置する鋼製の防潮扉は堤内側への浸水防止する設備であり，T.P.＋24m 津波荷重に対して概ね弾性状態に留まる設計とする。

防潮扉の構造図を第 16 図に示す。



敷地南側境界部防潮扉



海水ポンプエリア防潮扉

第 16 図　防潮扉構造図

７．まとめ

T.P.＋24m 津波荷重やこれと重畳を考慮した各種荷重に対して，防潮堤の主要部材は概ね弾性状態を維持していることを確認した。　また，防潮堤間に設置する止水ジョイント部の部材については，止水性能試験結果により，その水圧に対して十分な抵抗力を有することを確認した（一部継続中)。

さらに，津波越流時の防潮堤の健全性を考慮し，堤内側に設置する地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体の設計強度が，越流する水塊による衝突荷重を上回るものであることを確認した。

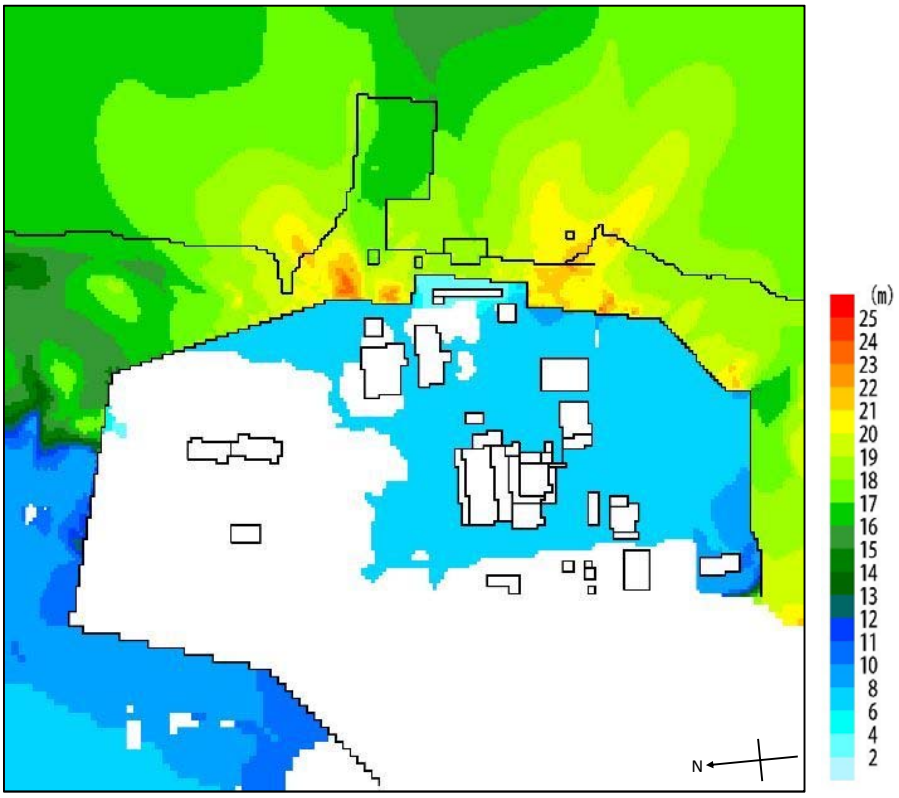
以上のことから，T.P.＋24m 津波に対して防潮堤は，その止水機能を保持しているものと判断される。

遡上津波による 11m 盤への影響について

敷地に遡上する津波は，11m 盤周辺に到達することから，遡上津波による 11m 盤への影響を確認する。

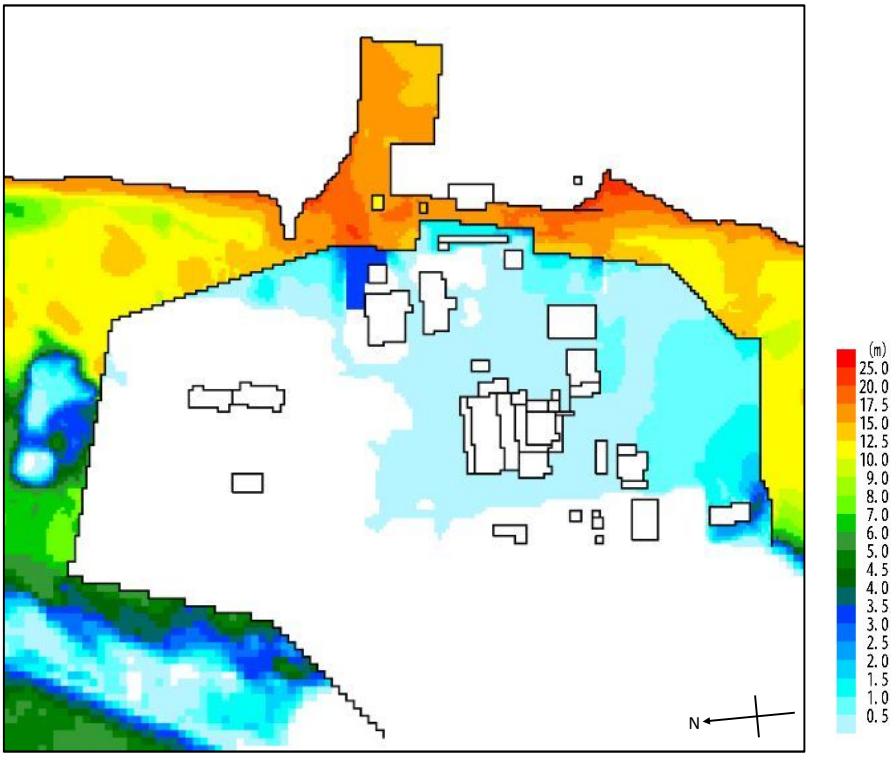
１．敷地に遡上する津波の 11m 盤周辺の状況

敷地に遡上する津波の最高水位分布を第 1 図に，最大浸水深分布を第 2 図に示す。敷地に遡上する津波は 11m 盤周辺に到達しているものの，11m 盤への遡上は発生していない。8m 盤と 11m 盤の境界では，11m 盤の南側の使用済燃料乾式貯蔵建屋の付近に浸水深が 1m 強の箇所があるものの，北に向かって減少し，常設代替高圧電源装置置場付近より以北においては浸水深が 0.5m 以下となっている。

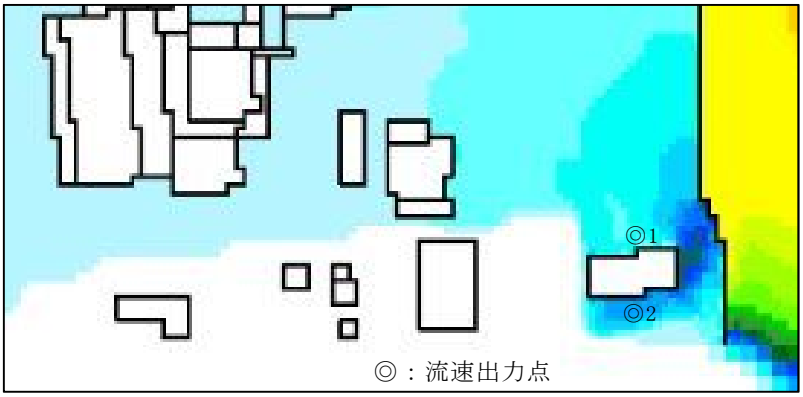


第 1 図　最高水位分布図

敷地全体

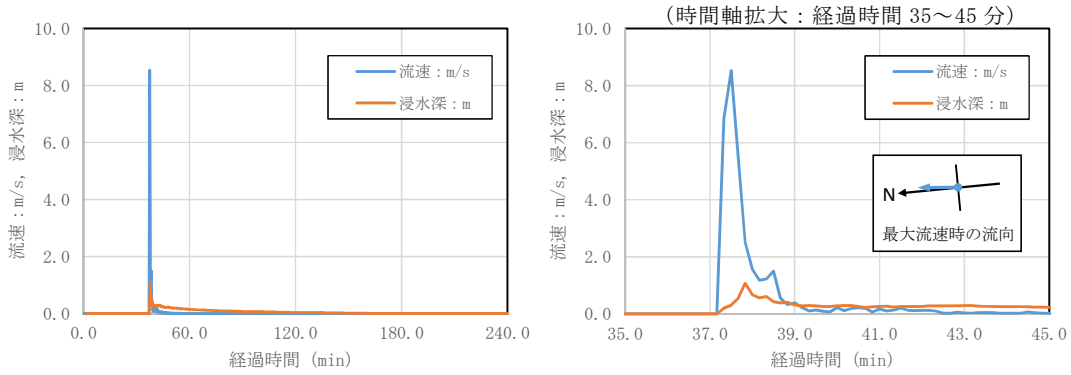


11m 盤周辺拡大

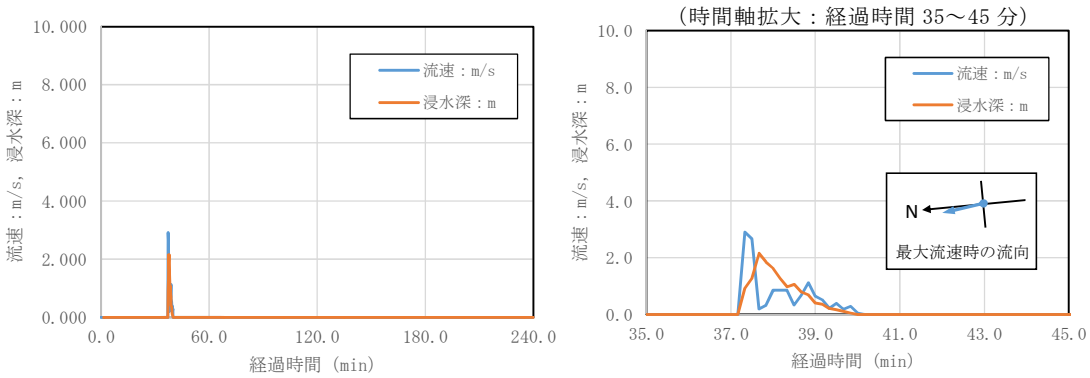


第 2 図　最大浸水深分布図

第 2 図に示す流速出力点（使用済燃料貯蔵建屋の東側地点）における流速の時刻歴を第 3 図に示す。使用済燃料貯蔵建屋の東側では，最大浸水深は約 1.1m，最大流速は約 8.5m/s であるが，その継続時間は 1 分程度であり，それ以降は，浸水深，流速とも急速に低下している。また，使用済燃料貯蔵建屋の西側では，最大浸水深は約 2.2m，最大流速は約 2.9m/s であり，その継続時間は 1 分程度であり，それ以降は，浸水深，流速ともに低下している。



出力点①（使用済燃料貯蔵建屋東側）



出力点②（使用済燃料貯蔵建屋西側）

第 3 図　流速及び浸水深の時刻歴

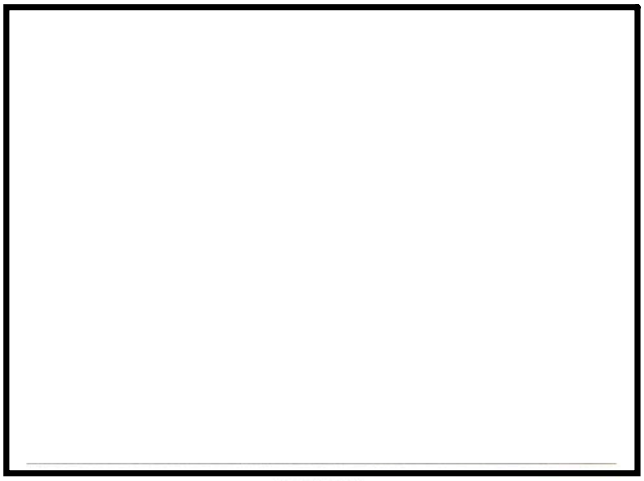
２．遡上津波の 11m 盤への影響

敷地西側の 11m 盤には，常設代替高圧電源装置置場や高所東側接続口，高所西側接続口，アクセスルートが設置される。敷地に遡上する津波が到達する 8m 盤と 11m 盤の境界部は，第 4 図に示すようにコンクリート擁壁が設置されている。

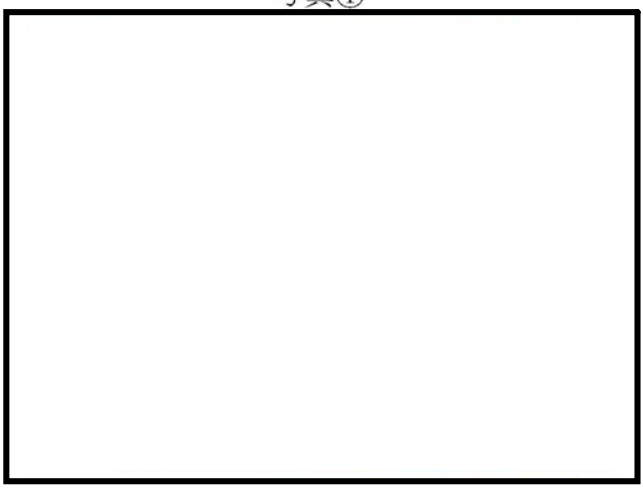
前述の第 2 図の通り，敷地に遡上する津波の浸水深は使用済燃料貯蔵建屋付近の境界部付近において最大 1m 程度であり，その流速もピーク時は約 8.5m/s であるが，境界部はコンクリート擁壁であり，その前面もアスファルト舗装されていることから侵食・洗掘は発生しない。また，アスファルト舗装されていない箇所についても，流速が早い時間は極短時間であり，その洗掘量は小さく，11m 盤への影響はない。

なお，11m 盤に設置される常設代替高圧電源装置置場は，岩盤に設置した鉄筋コンクリート構造であり，高所東側接続口及び高所西側接続口も同施設の側壁に設置されることから，敷地に遡上する津波の影響を受けない。更に高所東側接続口へのアクセスルートは，地盤改良により補強を計画しており，敷地に遡上する津波の影響を受けない。

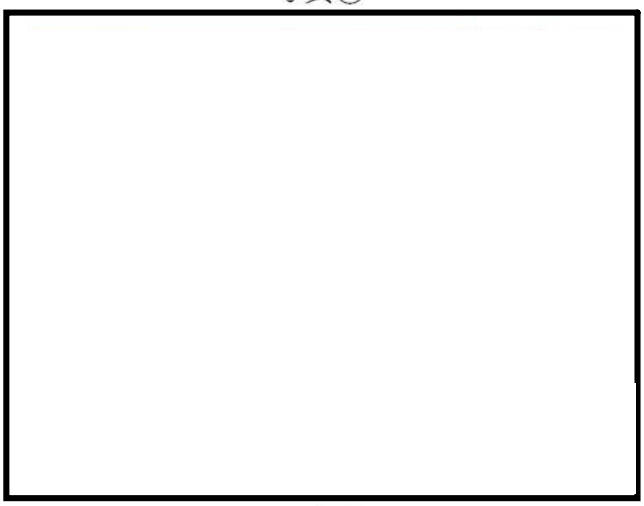
また，コンクリート擁壁近傍の未舗装箇所やアクセスルートの造成により現在の 11m 盤に露出する切土法面については，鉄板による養生やコンクリート吹付けにより侵食・洗掘の防止を図るものとする。



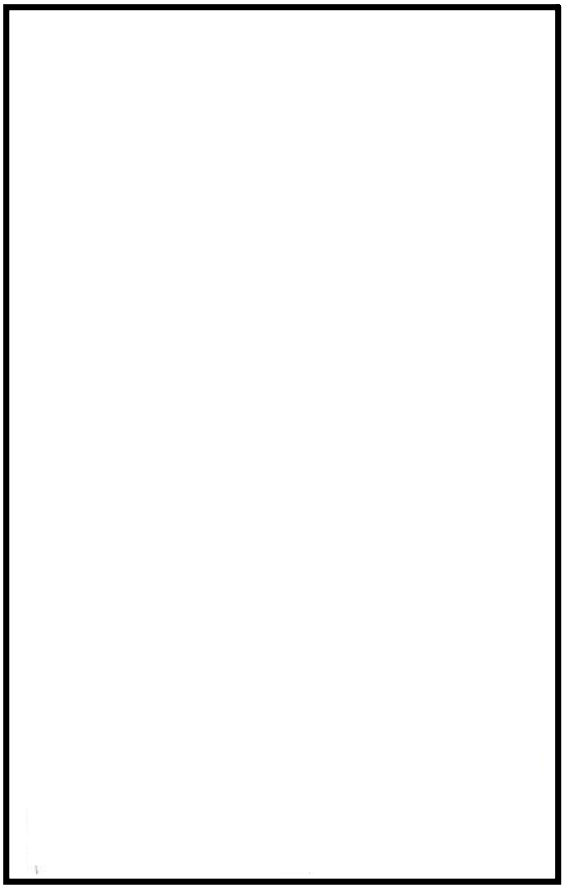
写真①



写真②



写真③



写真撮影位置

第４図　11m 盤の現況

重大事故等対処設備一覧

43 条　重大事故等対処設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
アクセスルート確保	ホイールローダ	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

44条　緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替制御棒挿入機能による制御棒緊急挿入	ＡＴＷＳ緩和設備（代替制御棒挿入機能）	原子炉緊急停止系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	ＡＴＷＳ緩和設備（代替制御棒挿入機能）手動スイッチ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	制御棒			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	制御棒駆動機構			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	制御棒駆動系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
原子炉再循環ポンプ停止による原子炉出力抑制	ＡＴＷＳ緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）	原子炉緊急停止系，制御棒，制御棒駆動水圧系水圧制御ユニット	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	原子炉再循環ポンプ遮断器手動スイッチ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	低速度用電源装置遮断器手動スイッチ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
ほう酸水注入	ほう酸水注入ポンプ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	ほう酸水貯蔵タンク			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	ほう酸水注入系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注入先］	47条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
自動減圧系の起動阻止スイッチによる原子炉出力急上昇防止	自動減圧系の起動阻止スイッチ	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－

※1　圧力容器内部構造物を除く

防護対象外：原子炉停止操作での対応

45条　原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
高圧代替注水系による原子炉注水	常設高圧代替注水系ポンプ	高圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	高圧代替注水系タービン止め弁			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	高圧代替注水系（蒸気系）配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	主蒸気系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉隔離時冷却系（蒸気系）配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	高圧代替注水系（注水系）配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	高圧炉心スプレイ系配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	原子炉隔離時冷却系（注水系）配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］	47条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				

※1　圧力容器内部構造物を除く

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

45 条　原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉隔離時冷却系による原子炉注水	原子炉隔離時冷却系ポンプ	（原子炉隔離時冷却系） 高圧炉心スプレイ系	S	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉隔離時冷却系（蒸気系）配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	主蒸気系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉隔離時冷却系（注水系）配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］	47条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
高圧炉心スプレイ系による原子炉注水※1	高圧炉心スプレイ系ポンプ	（高圧炉心スプレイ系） 原子炉隔離時冷却系	S	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	高圧炉心スプレイ系配管・弁・ストレーナ・スパージャ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］	47条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				

※1　圧力容器内部構造物を除く

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※１　防護対象外：代替機能あり

45 条　原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
ほう酸水注入系による原子炉注水（ほう酸水注入）※1	ほう酸水注入ポンプ	44条に記載				
	ほう酸水注入系配管・弁［流路］					
	ほう酸水貯蔵タンク［水源］					
	原子炉圧力容器［注入先］	47条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				

※1　44 条と兼用の設備であり，重大事故の発生を防止することはできないが，原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に重大事故等の進展抑制をするための手段

防護対象外：原子炉停止操作での対応

46 条　原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設 可搬型	分類	機器クラス
逃がし安全弁	逃がし安全弁（自動減圧機能）	（逃がし安全弁）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	逃がし安全弁（逃がし弁機能）［操作対象弁］	（逃がし安全弁）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	自動減圧機能用アキュムレータ	（アキュムレータ）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	主蒸気系配管・クエンチャ［流路］	（逃がし安全弁排気管）	（Ｂ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
原子炉減圧の自動化 ※　自動減圧機能付き逃がし安全弁のみ	過渡時自動減圧機能	自動減圧系	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
逃がし安全弁機能回復（代替直流電源供給）	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	直流 125V 系蓄電池２Ａ 直流 125V 系蓄電池２Ｂ	Ｓ	可搬型	可搬型重大事故防止設備	－
	常設代替直流電源設備	57 条に記載（うち，重大事故防止設備）				
	可搬型代替直流電源設備※1					
	可搬型設備用軽油タンク※1					
	タンクローリ※1					
逃がし安全弁機能回復（代替窒素供給） ※　自動減圧機能付き逃がし安全弁のみ	高圧窒素ボンベ	（自動減圧機能用アキュムレータ）	（Ｓ）	可搬型	可搬型重大事故防止設備	ＳＡ－３
	自動減圧機能用アキュムレータ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	非常用窒素供給系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

46条　原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設 可搬型	分類	機器クラス
非常用逃がし安全弁駆動系による原子炉の減圧	高圧窒素ボンベ	（自動減圧機能用アキュムレータ）	（Ｓ）	可搬型	可搬型重大事故防止設備	－
	非常用逃がし安全弁駆動系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
インターフェイスシステムＬＯＣＡ隔離弁	高圧炉心スプレイ系注入弁	（高圧炉心スプレイ系注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉隔離時冷却系原子炉注入弁	（原子炉隔離時冷却系原子炉注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	低圧炉心スプレイ系注入弁	（低圧炉心スプレイ系注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系Ａ系注入弁	（残留熱除去系Ａ系注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系Ｂ系注入弁	（残留熱除去系Ｂ系注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系Ｃ系注入弁	（残留熱除去系Ｃ系注入弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２

※1　減圧を行う設備ではないが，インターフェイスシステムＬＯＣＡ発生時に現場でに手動操作により隔離し，漏えい抑制のための減圧を不要とするための設備

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

47 条　原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
低圧代替注水系（常設）による原子炉注水	常設低圧代替注水系ポンプ※1	残留熱除去系（低圧注水系） 低圧炉心スプレイ系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	低圧代替注水系配管・弁［流路］※1※2		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	残留熱除去系Ｃ系配管・弁［流路］※2			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］※2			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替淡水貯槽［水源］※1	56 条に記載				
低圧代替注水系（常設）による残存溶融炉心の冷却	低圧代替注水系（常設）※1※2	低圧代替注水系（常設）による原子炉注水に記載（うち，常設重大事故緩和設備）				
低圧代替注水系（可搬型）による原子炉注水	可搬型代替注水大型ポンプ※3	残留熱除去系（低圧注水系） 低圧炉心スプレイ系	S	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	低圧代替注水系配管・弁［流路］※1※2		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	低圧炉心スプレイ系配管・弁・スパージャ［流路］※2			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	残留熱除去系Ｃ系配管・弁［流路］※2			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］※2			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替淡水貯槽［水源］※1	56 条に記載 ※　水源としては海水も使用可能				
低圧代替注水系（可搬型）による残存溶融炉心の冷却	低圧代替注水系（可搬型）※3	低圧代替注水系（可搬型）による原子炉注水に記載（うち，常設重大事故緩和設備）				

※1　圧力容器内部構造物を除く

※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）
※2 外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※3 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

47条　原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替循環冷却系による残存溶融炉心の冷却	代替循環冷却系ポンプ	残留熱除去系（低圧注水系） 低圧炉心スプレイ系 －	S S －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	代替循環冷却系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	原子炉圧力容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				
残留熱除去系（低圧注水系）による原子炉注水	残留熱除去系ポンプ	（残留熱除去系（低圧注水系）） 低圧炉心スプレイ系	（S）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	再循環系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉圧力容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				

※1　圧力容器内部構造物を除く

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

47条　原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
低圧炉心スプレイ系による原子炉注水	低圧炉心スプレイ系ポンプ	（低圧炉心スプレイ系） 残留熱除去系（低圧注水系）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	低圧炉心スプレイ系配管・弁・ストレーナ・スパージャ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉圧力容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				
残留熱除去系（原子炉停止時冷却系）による原子炉除熱	残留熱除去系ポンプ	（残留熱除去系（原子炉停止時冷却系））	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	再循環系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉圧力容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
緊急用海水系	緊急用海水ポンプ※1	48条に記載				
	緊急用海水ストレーナ※1					
残留熱除去系海水系	残留熱除去系海水ポンプ※2	48条に記載				
	残留熱除去系海水ストレーナ※2					

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※１外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※2 防護対象外：代替機能あり

47 条　原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
非常用取水設備	貯留堰※1	48条に記載				
	取水路※1					
	ＳＡ用海水ピット※1					
	海水引込み管※1					
	ＳＡ用海水ピット取水塔※1					
	緊急用海水ポンプピット					
	緊急用海水取水管※1					

外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※１　水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

48条　最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	格納容器圧力逃がし装置※1	50条に記載 （代替する機能を有する設計基準対象施設は，残留熱除去系（原子炉格納容器スプレイ冷却系）であり，耐震重要度分類はＳ）				
耐圧強化ベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	第一弁（Ｓ／Ｃ側）	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	第一弁（Ｄ／Ｗ側）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	耐圧強化ベント系一次隔離弁			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	耐圧強化ベント系二次隔離弁			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	遠隔人力操作機構			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	不活性ガス系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	耐圧強化ベント系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉建屋ガス処理系　配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［流路］	50条に記載（うち，常設耐震重要重大事故防止設備）				
	真空破壊弁（Ｓ／Ｃ→Ｄ／Ｗ）［流路］	50条に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１及び内郭防護：格納容器圧力逃がし装置格納槽（水密ハッチ設置及び漂流物対策）

48 条　最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
残留熱除去系（原子炉停止時冷却系）による原子炉除熱	残留熱除去系ポンプ	47 条に記載				
	原子炉圧力容器［注水先］	47 条に記載				
残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系）によるサプレッション・プール水の除熱	残留熱除去系ポンプ	47 条に記載				
	サプレッション・プール［水源］	56 条に記載				
	原子炉格納容器［注水先］	49 条に記載				
残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）による原子炉格納容器内の除熱	残留熱除去系ポンプ	47 条に記載				
	サプレッション・プール［水源］	56 条に記載				
	原子炉格納容器［注水先］	49 条に記載				
残留熱除去系海水系による除熱（水源は海水を使用）	残留熱除去系海水ポンプ※1	（残留熱除去系）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系海水ストレーナ※1			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系海水系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
遠隔人力操作機構による現場操作	遠隔人力操作機構	耐圧強化ベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 防護対象外：代替機能あり

48条　最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
緊急用海水系による除熱（水源は海水を使用）	緊急用海水ポンプ※1	残留熱除去系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	緊急用海水ストレーナ※1			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設耐震重要重大事故防止設備	ＳＡ－２
	緊急用海水系配管・弁［流路］※1（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系海水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系（原子炉停止時冷却系）ポンプ	47条に記載				
	残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系）ポンプ	49条に記載				
	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）ポンプ	49条に記載				
非常用取水設備	貯留堰※2	（貯留堰）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	取水路※2	（取水路）	（Ｃ）	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	ＳＡ用海水ピット※2	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	海水引込み管※2	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	ＳＡ用海水ピット取水塔※2	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用海水ポンプピット※1	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用海水取水管※2	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1 外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※2 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

49条　原子炉格納容器内の冷却等のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替循環冷却系による原子炉格納容器内の除熱	代替循環冷却系ポンプ	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	代替循環冷却系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ・スプレイヘッダ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				
代替格納容器スプレイ冷却系（常設）による原子炉格納容器内の冷却	常設低圧代替注水系ポンプ※1	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	低圧代替注水系配管・弁［流路］※1	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替格納容器スプレイ冷却系配管・弁［流路］※1（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系Ｂ系配管・弁・スプレイヘッダ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替淡水貯槽［水源］※1	56条に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

49 条　原子炉格納容器内の冷却等のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替格納容器スプレイ冷却系（可搬型）による原子炉格納容器内の冷却	可搬型代替注水大型ポンプ※2	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系） －	S －	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	低圧代替注水系配管・弁［流路］※1（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替格納容器スプレイ冷却系配管・弁［流路］］※1（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・スプレイヘッダ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替淡水貯槽［水源］※1	56 条に記載 ※　水源としては海水も使用可能				
残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系）による格納容器内の除熱	残留熱除去系ポンプ	（残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却系））	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ・スプレイヘッダ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56 条に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）
※２　高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

49条　原子炉格納容器内の冷却等のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系）によるサプレッション・プール水の除熱	残留熱除去系ポンプ	（残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系））	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				
残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系）によるサプレッション・プール水の除熱	残留熱除去系ポンプ	（残留熱除去系（サプレッション・プール冷却系））	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系配管・弁・ストレーナ［流路］			常設	常設重大事故防止設備	ＳＡ－２
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載				
緊急用海水系	緊急用海水ポンプ※2	48条に記載				
	緊急用海水ストレーナ※2					
残留熱除去系海水系	残留熱除去系海水ポンプ※3	48条に記載				
	残留熱除去系海水ストレーナ※3					

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

※2 外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※3 防護対象範囲外：屋外

49条　原子炉格納容器内の冷却等のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
非常用取水設備	貯留堰※2	48条に記載				
	取水路※2					
	ＳＡ用海水ピット※2					
	海水引込み管※2					
	ＳＡ用海水ピット取水塔※2					
	緊急用海水ポンプピット※1					
	緊急用海水取水管※2					

※1 外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※2 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

50 条　原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	フィルタ装置※1	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	第一弁（Ｓ／Ｃ側）	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	第一弁（Ｄ／Ｗ側）	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	第二弁	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	第二弁バイパス弁	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	遠隔人力操作機構	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	第二弁操作室遮蔽	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	第二弁操作室空気ボンベユニット（空気ボンベ）	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	差圧計	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	圧力開放板	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型窒素供給装置※2	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型窒素供給装置用電源車※2	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	フィルタ装置遮蔽k目※1	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	配管遮蔽※1	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	移送ポンプ※1	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	可搬型代替注水大型ポンプ※2	56条に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１及び内郭防護：格納容器圧力逃がし装置格納槽（水密扉設置及び漂流物対策）

※2 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

50 条　原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の減圧及び除熱（続き）	代替淡水貯槽［水源］※1	56条に記載				
	不活性ガス系配管・弁［流路］	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	耐圧強化ベント系配管・弁［流路］	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	格納容器圧力逃がし装置配管・弁［流路］※2（一部原子炉建屋）	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［流路］	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	真空破壊弁［流路］	（真空破壊弁）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	窒素供給配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	第二弁操作室空気ボンベユニット（配管・弁）	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	移送配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	補給水配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２

※1　常設耐震重要重大事故防止設備・常設重大事故緩和設備等を操作する人が健全であることを担保する常設設備であるため，本分類としている。

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）
※2 外郭防護１及び内郭防護：格納容器圧力逃がし装置格納槽（水密ハッチ設置及び漂流物対策）

50条　原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替循環冷却系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	代替循環冷却系ポンプ	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系熱交換器	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	緊急用海水ポンプ※1	48条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	サプレッション・プール［水源］	56条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	代替循環冷却系配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系系配管・弁・ストレーナ・スプレイヘッダ［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２※1
	緊急用海水ストレーナ※1	48条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	緊急用海水系配管・弁［流路］※1（一部原子炉建屋）					
	残留熱除去系海水系配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	ＳＡ用海水ピット取水塔［流路］※2	48条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	海水引込み管［流路］※2					
	ＳＡ用海水ピット［流路］※2					
	緊急用海水取水管［流路］※2					
	緊急用海水ポンプピット［流路］※1					

※1　圧力容器内部構造物を除く。

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※2 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

50 条　原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設／可搬型	分類	機器クラス
代替循環冷却系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱 （続き）	原子炉圧力容器［注水先］	47条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	原子炉格納容器［注水先］	49条に記載（うち，重大事故緩和設備）				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処

51条　原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
格納容器下部注水系（常設）によるペデスタル（ドライウェル部）への注水	常設低圧代替注水系ポンプ※1	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	コリウムシールド※2			常設	常設重大事故緩和設備	－
	低圧代替注水系配管・弁［流路］ ※1（一部原子炉建屋）			常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	格納容器下部注水系配管・弁［流路］※2			常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］※2	49条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	代替淡水貯槽［水源］※1	56条に記載（うち，重大事故緩和設備）				

※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）
※2 外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

51条　原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
格納容器下部注水系（可搬型）によるペデスタル（ドライウェル部）への注水	可搬型代替注水大型ポンプ※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	コリウムシールド※3			常設	常設重大事故緩和設備	－
	可搬型設備用軽油タンク※1	57条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	タンクローリ※1					
	ホース［流路］※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	低圧代替注水系配管・弁［流路］※2（一部原子炉建屋）			常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	格納容器下部注水系配管・弁［流路］※3			常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注水先］※3	49条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	代替淡水貯槽［水源］※2	56条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
溶融炉心の落下遅延及び防止	高圧代替注水系※3	45条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	ほう酸水注入系※4	44条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	低圧代替注水系（常設）※2	47条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	低圧代替注水系（可搬型）※1					
	代替循環冷却系※3	50条に記載（うち，重大事故緩和設備）				

※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所
※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）
※3 外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※4 防護対象外：原子炉停止操作での対応

52条　水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
不活性ガス系による原子炉格納容器内の不活性化	（不活性ガス系）	－	－	常設	（設計基準対象施設）	－
可搬型窒素供給装置による原子炉格納容器内の不活性化	可搬型窒素供給装置※1	－	－	可搬型	常設重大事故緩和設備	－
	可搬型窒素供給装置用電源車※1	－	－	可搬型	常設重大事故緩和設備	－
	不活性ガス系配管・弁［流路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	原子炉格納容器［注入先］	49条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
格納容器内水素濃度（ＳＡ）及び格納容器内酸素濃度（ＳＡ）による原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度監視	格納容器内水素濃度（ＳＡ）※2	格納容器雰囲気モニタ	Ｓ	常設	常設重大事故緩和設備	－
	格納容器内酸素濃度（ＳＡ）※2	格納容器雰囲気モニタ	Ｓ	常設	常設重大事故緩和設備	－

※2　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

52条　水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の水素及び酸素の排出	フィルタ装置※1	50条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	第一弁（S／C側）					
	第一弁（D／W側）					
	第二弁					
	第二弁バイパス弁					
	遠隔人力操作機構					
	第二弁操作室遮蔽					
	第二弁操作室　空気ボンベユニット（空気ボンベ）					
	差圧計					
	圧力開放板					
	可搬型窒素供給装置※2					
	可搬型窒素供給装置用電源車※2					
	フィルタ装置遮蔽※1					
	配管遮蔽※1					
	移送ポンプ※1					
	可搬型代替注水大型ポンプ※2	56条に記載				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 外郭防護１及び内郭防護：格納容器圧力逃がし装置格納槽（水密ハッチ設置及び漂流物対策）
※2 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

52 条　水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の水素及び酸素の排出（続き）	代替淡水貯槽［水源］※2	56 条に記載				
	不活性ガス系配管・弁［流路］	50 条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	耐圧強化ベント系配管・弁［流路］					
	格納容器圧力逃がし装置配管・弁［流路］※1					
	原子炉格納容器［流路］					
	真空破壊弁					
	窒素供給配管・弁［流路］					
	第二弁操作室　空気ボンベユニット（配管・弁）					
	移送配管・弁［流路］※1					
	補給水配管・弁［流路］※1					

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 外郭防護１及び内郭防護：格納容器圧力逃がし装置格納槽（水密ハッチ設置及び漂流物対策）
※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

53条　水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉建屋ガス処理系による水素排出	非常用ガス処理系排風機	（非常用ガス処理系）	（S）	常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス処理系フィルタユニット			常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス処理系配管・弁［流路］※2			常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス処理系排気筒［流路］			常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス再循環系排風機	（非常用ガス再循環系）	（S）	常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス再循環系フィルタユニット			常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
	非常用ガス再循環系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故緩和設備	SA－2
静的触媒式水素再結合器による水素濃度抑制	静的触媒式水素再結合器	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	静的触媒式水素再結合器動作監視装置			常設	常設重大事故緩和設備	－
原子炉建屋原子炉棟内の水素濃度監視	原子炉建屋水素濃度※1	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋

※2 一部屋外（非常用ガス処理系排気筒へ）

54条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（注水ライン）を使用した使用済燃料プール注水	可搬型代替注水大型ポンプ※1	残留熱除去系（使用済燃料プール水の冷却及び補給） 燃料プール冷却浄化系	S	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	ホース［流路］※1		B	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	低圧代替注水系配管・弁［流路］ ※2（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール注水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	使用済燃料プール（サイフォン防止機能含む）［注水先］	56条に記載				
	代替淡水貯槽［水源］※2	56条に記載 ※　水源としては海水も使用可能				
	可搬型設備用軽油タンク※1	57条に記載				
	タンクローリ※1					
常設低圧代替注水系ポンプによる代替燃料プール注水系（注水ライン）を使用した使用済燃料プール注水	常設低圧代替注水系ポンプ※2	残留熱除去系（使用済燃料プール水の冷却及び補給） 燃料プール冷却浄化系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	低圧代替注水系配管・弁［流路］ ※2（一部原子炉建屋）		B	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール注水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	使用済燃料プール（サイフォン防止機能含む）［注水先］	56条に記載				
	代替淡水貯槽［水源］※2	56条に記載 ※　水源としては海水も使用可能				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

54 条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
常設低圧代替注水系ポンプによる代替燃料プール注水系（常設スプレイヘッダ）を使用した使用済燃料プール注水及びスプレイ	常設低圧代替注水系ポンプ※1	燃料プール冷却浄化系	B	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	常設スプレイヘッダ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	低圧代替注水系配管・弁［流路］ ※1（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール注水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	使用済燃料プール（サイフォン防止機能含む）［注水先］	56 条に記載				
	代替淡水貯槽［水源］※1	56 条に記載 （水源としては海水も使用可能）				

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

54 条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（常設スプレイヘッダ）を使用した使用済燃料プール注水及びスプレイ	可搬型代替注水大型ポンプ※1	燃料プール冷却浄化系	B	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	常設スプレイヘッダ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	ホース［流路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	低圧代替注水系配管・弁［流路］ ※2（一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール注水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	使用済燃料プール（サイフォン防止機能含む）［注水先］	56 条に記載				
	代替淡水貯槽［水源］※2	56 条に記載 ※　水源としては海水も使用可能				
	可搬型設備用軽油タンク※1	57 条に記載				
	タンクローリ※1					

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

54 条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
可搬型代替注水大型ポンプによる代替燃料プール注水系（可搬型スプレイノズル）を使用した使用済燃料プール注水及びスプレイ	可搬型代替注水大型ポンプ※1	燃料プール冷却浄化系	B	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	可搬型スプレイノズル			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	ホース［流路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	使用済燃料プール（サイフォン防止機能含む）［注水先］	56 条に記載 （水源としては海水も使用可能）				
	代替淡水貯槽［水源］※2	56 条に記載 （水源としては海水も使用可能）				
	可搬型設備用軽油タンク※1	57 条に記載				
	タンクローリ※1					
大気への放射性物質の拡散抑制 （水源は海水を使用）	可搬型代替注水大型ポンプ※1	55 条に記載				
	放水砲※1					
	ホース［流路］※1					
	可搬型設備用軽油タンク※1	57 条に記載				
	タンクローリ※1					

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）
※1 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所
※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

54 条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替燃料プール冷却系による使用済燃料プール冷却	代替燃料プール冷却系ポンプ	燃料プール冷却浄化系	B	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール冷却系熱交換器			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	代替燃料プール注水系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	燃料プール冷却浄化系配管・弁［流路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	スキマーサージタンク［流路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	使用済燃料プール［注水先］	56 条に記載				
	緊急用海水ポンプ※1	残留熱除去系海水系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	緊急用海水ストレーナ［流路］※1			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	緊急用海水系配管・弁［流路］※1 （一部原子炉建屋）			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	残留熱除去系海水系配管・弁［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	ＳＡ－２
	ＳＡ用海水ピット取水塔※2	48条に記載				
	海水引込み管※2					
	ＳＡ用海水ピット※2					
	緊急用海水取水管※2					
	緊急用海水ポンプピット※1					

※1　48 条（代替残留熱除去系海水系）と兼用

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※1 外郭防護１，外郭防護２及び内郭防護：緊急用海水ポンプピット（水密ハッチ，浸水防止蓋及び逆止弁設置並びに漂流物対策）

※2 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

54条　使用済燃料貯蔵槽の冷却のための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
使用済燃料プールの状態監視	使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域）※1	使用済燃料プール水位 燃料プール冷却浄化系	C	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	—
	使用済燃料プール温度（ＳＡ）※1	ポンプ入口温度 使用済燃料プール温度	C	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）※1	燃料取替フロア燃料プールエリア放射線モニタ 原子炉建屋換気系燃料取替床排気ダクト放射線モニタ 原子炉建屋換気系排気ダクト放射線モニタ	C S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	使用済燃料プール監視カメラ（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置を含む）※1			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

55条　工場外への放射線物質の拡散を抑制するための設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
大気への放射性物質の拡散抑制 ※　水源は海水を使用	可搬型代替注水大型ポンプ（放水用）	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	放水砲			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	ホース［流路］			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	可搬型設備用軽油タンク	57条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	タンクローリ					
	ＳＡ用海水ピット取水塔※1	48条に記載（うち，重大事故緩和設備）				
	海水引込み管※1					
	ＳＡ用海水ピット※1					
海洋への放射性物質の拡散抑制	汚濁防止膜	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
航空機燃料火災への泡消火	可搬型代替注水大型ポンプ（放水用）	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	放水砲			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	泡混合器			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	泡消火薬剤容器（大型ポンプ用）			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	ホース［流路］			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1　水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

55 条　工場外への放射線物質の拡散を抑制するための設備

<table>
<tr><th rowspan="2">系統機能</th><th rowspan="2">設備</th><th colspan="2">代替する機能を有する
設計基準対象施設</th><th>設備
種別</th><th colspan="2">設備分類</th></tr>
<tr><th>設備</th><th>耐震重要
度分類</th><th>常設
可搬型</th><th>分類</th><th>機器
クラス</th></tr>
<tr><td rowspan="5">航空機燃料火災への泡消火
（続き）</td><td>可搬型設備用軽油タンク</td><td colspan="5" rowspan="2">57条に記載（うち，重大事故緩和設備）</td></tr>
<tr><td>タンクローリ</td></tr>
<tr><td>ＳＡ用海水ピット取水塔※1</td><td colspan="5" rowspan="3">48条に記載（うち，重大事故緩和設備）</td></tr>
<tr><td>海水引込み管※1</td></tr>
<tr><td>ＳＡ用海水ピット※1</td></tr>
</table>

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

56条　重大事故等の収束に必要となる水の供給設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
重大事故等収束のための水源（水源としては海水も使用可能）	代替淡水貯槽※2	（サプレッション・プール）	（S）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	SA－2
	サプレッション・プール			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	SA－2
	北側淡水池※1			常設	－（代替淡水源）	－
	高所淡水池※1			常設	－（代替淡水源）	－
	ほう酸水貯蔵タンク※3	44条に記載				
	使用済燃料プール	（使用済燃料プール）	（S）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	SA－2
水の供給	可搬型代替注水大型ポンプ※4	－	－	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	SA－3
	ホース［流路］※4			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	SA－3
	SA用海水ピット取水塔※5	48条に記載				
	海水引込み管※5					
	SA用海水ピット※5					
	貯留堰※5					
	取水路※5					
	可搬型設備用軽油タンク※4	57条に記載				
	タンクローリ※4					

※1　重大事故対処設備ではなく代替淡水源（措置）であるが，本条文において必要なため記載

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

※2 外郭防護１及び内郭防護：常設低圧代替注水系格納槽（水密ハッチ設置）

※3 防護対象外：原子炉停止操作での対応

※4 高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※5 水位変動に伴う取水性低下による敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の機能への影響評価

57 条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
非常用交流電源設備による非常用所内電気設備への給電	２Ｃ　非常用ディーゼル発電機	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｄ　非常用ディーゼル発電機				常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｃ　非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｄ　非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ流路			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ流路			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	軽油貯蔵タンク～２Ｃ　非常用ディーゼル発電機　燃料移送ポンプ流路	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｃ　非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ～２Ｃ　非常用ディーゼル発電機　燃料油デイタンク流路	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｃ　非常用ディーゼル発電機燃料油デイタンク～２Ｃ　非常用ディーゼル発電機流路	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	軽油貯蔵タンク～２Ｄ　非常用ディーゼル発電機　燃料移送ポンプ流路	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	２Ｄ　非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ～２Ｄ　非常用ディーゼル発電機　燃料油デイタンク流路	Ｄ／Ｇ	Ｓ	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

防護対象外：代替機能あり

57 条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
可搬型代替交流電源設備による給電	可搬型代替低圧電源車	D／G	S	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型設備用軽油タンク			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	タンクローリ			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車～可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）及び（東側）電路［交流電路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1　外郭防護１及び内郭防護：常設代替高圧電源装置用カルバート（水密扉設置）

57条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
所内常設直流電源設備による給電	125V　A系蓄電池	125V　A系蓄電池，125V　B系蓄電池，中性子モニタ用蓄電池A系，中性子モニタ用蓄電池B系	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	125V　B系蓄電池			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池A系			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池B系			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	125V　A系蓄電池～直流125V主母線盤２A電路［直流電路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	125V　B系蓄電池～直流125V主母線盤２B電路［直流電路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池A系～直流±24V中性子モニタ用分電盤２A電路［直流電路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池B系～直流±24V中性子モニタ用分電盤２B電路［直流電路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
常設代替直流電源設備による給電	緊急用直流 125V 蓄電池	125V　A系蓄電池，125V　B系蓄電池	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V蓄電池～緊急用直流125V主母線盤電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

57条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
可搬型代替直流電源設備による給電	可搬型代替低圧電源車	125V　A系蓄電池，125V　B系蓄電池，中性子モニタ用蓄電池A系，中性子モニタ用蓄電池B系	S	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型整流器			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型設備用軽油タンク			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	タンクローリ			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車～可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）及び（東側）電路［交流電路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）～可搬型整流器電路［交流電路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）～可搬型整流器電路［交流電路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	可搬型整流器～可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）及び（東側）電路［直流電路］※1			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1　外郭防護1及び内郭防護：常設代替高圧電源装置用カルバート（水密扉設置）

57条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替所内電気設備	緊急用M／C	M／C　２C／２D，P／C　２C／２D，MCC　２C／２D	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用P／C		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用断路器～緊急用M／C電路［交流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用M／C～M／C　２C及び２D，緊急用動力変圧器電路［交流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用動力変圧器～緊急用P／C電路［交流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用P／C～緊急用MCC電路［交流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）～緊急用P／C，P／C　２C及び２D電路［交流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）～緊急用P／C，P／C　２C及び２D電路［交流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）～可搬型整流器用変圧器電路［交流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）～可搬型整流器用変圧器電路［交流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1　外郭防護１及び内郭防護：常設代替高圧電源装置用カルバート（水密扉設置）

57条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
代替所内電気設備	緊急用ＭＣＣ～緊急用直流125V充電器及び緊急用電源切替盤電路［交流電路］	Ｍ／Ｃ　２Ｃ／２Ｄ，Ｐ／Ｃ　２Ｃ／２Ｄ，ＭＣＣ　２Ｃ／２Ｄ	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）～可搬型代替直流電源設備用電源切替盤電路［直流電路］※1	直流125V主母線盤Ａ，直流125V主母線盤Ｂ	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）～可搬型代替直流電源設備用電源切替盤電路［直流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	可搬型代替直流電源設備用電源切替盤～緊急用直流125V主母線盤及び直流125V主母線盤２Ａ，２Ｂ電路［直流電路］※1		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V主母線盤～緊急用直流125V計装用分電盤電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V主母線盤～緊急用直流125VＭＣＣ電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V充電器～緊急用直流125V主母線盤電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V計装用分電盤～緊急用電源切替盤電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125VＭＣＣ～緊急用電源切替盤電路［直流電路］		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
代替所内電気設備	直流125V充電器Ａ	直流125V主母線盤Ａ，直流125V主母線盤Ｂ	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	直流125V充電器Ｂ		S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※1　外郭防護１及び内郭防護：常設代替高圧電源装置用カルバート（水密扉設置）

57条　電源設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
燃料補給設備	可搬型設備用軽油タンク	（軽油貯蔵タンク）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	タンクローリ			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	可搬型代替注水大型ポンプ［燃料補給先］	45条，47条，48条，49条，50条，51条，54条，55条，56条に記載				
	ホイールローダ［燃料補給先］	43条に記載				
	可搬型窒素供給装置［燃料補給先］	50条，52条に記載				
非常用交流電源設備	Ｄ／Ｇ※1	（Ｄ／Ｇ）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	燃料移送ポンプ※1	（燃料移送ポンプ）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	軽油貯蔵タンク※1	（軽油貯蔵タンク）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	燃料デイタンク※1	（燃料デイタンク）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	Ｄ／Ｇ用海水ポンプ※1	（Ｄ／Ｇ用海水ポンプ）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	Ｄ／Ｇ用海水系配管・弁［海水流路］※1	（Ｄ／Ｇ用海水系配管・弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	Ｄ／Ｇ燃料供給系配管・弁［燃料流路］※1	（Ｄ／Ｇ燃料供給系配管・弁）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－
	Ｄ／Ｇ～Ｍ／Ｃ　２Ｃ及び２Ｄ電路［交流電路］※1	（Ｄ／Ｇ～Ｍ／Ｃ電路）	（Ｓ）	常設	常設重大事故防止設備 （設計基準拡張）	－

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所

※１防護対象外：代替機能あり

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉圧力容器内の温度	原子炉圧力容器温度	主パラメータの他チャンネル	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
		原子炉圧力	S			
		原子炉圧力（ＳＡ）	－			
		原子炉水位（広帯域）	S			
		原子炉水位（燃料域）	S			
		原子炉水位（ＳＡ広帯域）	－			
		原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－			
		残留熱除去系熱交換器入口温度	C			
原子炉圧力容器内の圧力	原子炉圧力	主パラメータの他チャンネル	S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
		原子炉圧力（ＳＡ）	－			
		原子炉水位（広帯域）	S			
		原子炉水位（燃料域）	S			
		原子炉水位（ＳＡ広帯域）	－			
		原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－			
		原子炉圧力容器温度	－			
	原子炉圧力（ＳＡ）	主パラメータの他チャンネル	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
		原子炉圧力	S			
		原子炉水位（広帯域）	S			
		原子炉水位（燃料域）	S			
		原子炉水位（ＳＡ広帯域）	－			
		原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－			
		原子炉圧力容器温度	－			

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉圧力容器内の水位	原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域）	主パラメータの他チャンネル 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域） 高圧代替注水系系統流量 低圧代替注水系原子炉注水流量 代替循環冷却系原子炉注水流量 原子炉隔離時冷却系系統流量 高圧炉心スプレイ系系統流量 残留熱除去系系統流量 低圧炉心スプレイ系系統流量	S － － － － － S S S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 高圧代替注水系系統流量 低圧代替注水系原子炉注水流量 代替循環冷却系原子炉注水流量 原子炉隔離時冷却系系統流量 高圧炉心スプレイ系系統流量 残留熱除去系系統流量 低圧炉心スプレイ系系統流量	S S － － － S S S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉圧力容器への注水量	高圧代替注水系系統流量	サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ S S － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	低圧代替注水系原子炉注水流量	代替淡水貯槽水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ S S － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	代替循環冷却系原子炉注水流量	サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ S S － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	原子炉隔離時冷却系系統流量	サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ S S － －	常設	常設重大事故防止設備	－
	高圧炉心スプレイ系系統流量	サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ S S － －	常設	常設重大事故防止設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉圧力容器への注水量（続き）	残留熱除去系系統流量	主パラメータの他チャンネル サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	Ｓ － Ｓ Ｓ － －	常設	常設重大事故防止設備	－
	低圧炉心スプレイ系系統流量	サプレッション・プール水位 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域）	－ Ｓ Ｓ － －	常設	常設重大事故防止設備	－
原子炉格納容器への注水量	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量	代替淡水貯槽水位 サプレッション・プール水位	－ －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	低圧代替注水系格納容器下部注水流量	代替淡水貯槽水位 格納容器下部水位	－ －	常設	常設重大事故緩和設備	－
原子炉格納容器内の温度	ドライウェル雰囲気温度	主パラメータの他チャンネル ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	－ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	サプレッション・チェンバ雰囲気温度	主パラメータの他チャンネル サプレッション・プール水温度 サプレッション・チェンバ圧力	－ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	サプレッション・プール水温度	主パラメータの他チャンネル サプレッション・チェンバ雰囲気温度 サプレッション・チェンバ圧力	－ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	格納容器下部水温	主パラメータの他チャンネル	－	常設	常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58 条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉格納容器内の圧力	ドライウェル圧力	サプレッション・チェンバ圧力 ドライウェル雰囲気温度	－ －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	サプレッション・チェンバ圧力	ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ雰囲気温度 サプレッション・プール水温度	－ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
原子炉格納容器内の水位	サプレッション・プール水位	低圧代替注水系原子炉注水流量 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量 低圧代替注水系格納容器下部注水流量 代替淡水貯槽水位 ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	－ － － － － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	格納容器下部水位	主パラメータの他チャンネル 低圧代替注水系格納容器下部注水流量 代替淡水貯槽水位	－ － －	常設	常設重大事故緩和設備	－
原子炉格納容器内の水素濃度	格納容器内水素濃度（ＳＡ）	格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｄ／Ｗ） 格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ） ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	Ｓ Ｓ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉格納容器内の放射線量率	格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	主パラメータの他チャンネル 格納容器雰囲気放射線モニタ（S／C）	S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	格納容器雰囲気放射線モニタ（S／C）	主パラメータの他チャンネル 格納容器雰囲気放射線モニタ（D／W）	S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
未臨界の維持又は監視	起動領域計装	主パラメータの他チャンネル 平均出力領域計装	S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	平均出力領域計装	主パラメータの他チャンネル 起動領域計装	S S	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
最終ヒートシンクの確保（格納容器圧力逃がし装置）	フィルタ装置水位 フィルタ装置圧力 フィルタ装置スクラビング水温度 フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） フィルタ装置入口水素濃度	主パラメータの他チャンネル ドライウェル雰囲気温度 サプレッション・チェンバ雰囲気温度 ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	－ － － － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
最終ヒートシンクの確保（耐圧強化ベント系）	耐圧強化ベント系放射線モニタ	ドライウェル雰囲気温度 サプレッション・チェンバ雰囲気温度 ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	－ － － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
最終ヒートシンクの確保（代替循環冷却系）	サプレッション・プール水温度 代替循環冷却系ポンプ入口温度 代替循環冷却系原子炉注水流量 代替循環冷却系格納容器スプレイ流量	主パラメータの他チャンネル ドライウェル雰囲気温度 サプレッション・チェンバ雰囲気温度	－ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
最終ヒートシンクの確保（残留熱除去系）	残留熱除去系熱交換器入口温度 残留熱除去系熱交換器出口温度 残留熱除去系系統流量 残留熱除去系海水系系統流量	主パラメータの他チャンネル 原子炉圧力容器温度 ドライウェル雰囲気温度 サプレッション・チェンバ雰囲気温度 サプレッション・プール水温度	C － － － －	常設	常設重大事故防止設備	－
	緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器） 緊急用海水系流量（残留熱除去系補機）	原子炉圧力容器温度 ドライウェル雰囲気温度 サプレッション・チェンバ雰囲気温度 サプレッション・プール水温度	－ － － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
格納容器バイパスの監視	原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域） 原子炉圧力 原子炉圧力（ＳＡ）	主パラメータの他チャンネル ドライウェル雰囲気温度 ドライウェル圧力	S － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	ドライウェル雰囲気温度 ドライウェル圧力	主パラメータの他チャンネル 原子炉水位（広帯域） 原子炉水位（燃料域） 原子炉水位（ＳＡ広帯域） 原子炉水位（ＳＡ燃料域） 原子炉圧力 原子炉圧力（ＳＡ）	－ S S － － S －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
水源の確保	サプレッション・プール水位	高圧代替注水系系統流量	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
		代替循環冷却系原子炉注水流量	－			
		原子炉隔離時冷却系系統流量	S			
		高圧炉心スプレイ系系統流量	S			
		残留熱除去系系統流量	S			
		低圧炉心スプレイ系系統流量	S			
		常設高圧代替注入系ポンプ吐出圧力	－			
		代替循環冷却系ポンプ吐出圧力	－			
		原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力	S			
		高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	S			
		残留熱除去系ポンプ吐出圧力	S			
		低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	S			
	代替淡水貯槽水位	低圧代替注水系原子炉注水流量	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
		低圧代替注水系格納容器スプレイ流量	－			
		低圧代替注水系格納容器下部注水流量	－			
		常設低圧代替注入系ポンプ吐出圧力	－			

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護1及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
原子炉建屋内の水素濃度	原子炉建屋水素濃度	主パラメータの他チャンネル 静的触媒式水素再結合器動作監視装置	－ －	常設	常設重大事故緩和設備	－
原子炉格納容器内の酸素濃度	格納容器内酸素濃度（ＳＡ）	格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｄ／Ｗ） 格納容器雰囲気放射線モニタ（Ｓ／Ｃ） ドライウェル圧力 サプレッション・チェンバ圧力	Ｓ Ｓ － －	常設	常設重大事故緩和設備	－
使用済燃料プールの監視	使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域）	使用済燃料プール温度（ＳＡ） 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） 使用済燃料プール監視カメラ	－ － －	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	使用済燃料プール温度（ＳＡ）	使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域） 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） 使用済燃料プール監視カメラ	Ｃ － －	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）	使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域） 使用済燃料プール温度（ＳＡ） 使用済燃料プール監視カメラ	Ｃ － －	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	使用済燃料プール監視カメラ（使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置を含む）	使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域） 使用済燃料プール温度（ＳＡ） 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ）	Ｃ － －	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58 条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
発電所内の通信連絡	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）	－	－	常設	常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
必要な情報の把握	データ表示装置	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
温度，圧力，水位，注水量の計測・監視	可搬型計測器（原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の温度，圧力，水位及び流量（注水量）計測用）	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
圧力，水位，注水量の計測・監視	可搬型計測器（原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の圧力，水位及び流量（注水量）計測用）	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
その他※3	M／C　２C電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	M／C　２D電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	M／C　HPCS電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	P／C　２C電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	P／C　２D電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用M／C電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用P／C電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	直流125V主母線盤　２A電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	直流125V主母線盤　２B電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	直流125V主母線盤　HPCS電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池　A系電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	中性子モニタ用蓄電池　B系電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急用直流125V主母線盤電圧	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ
※3　重大事故等対処設備を活用する手順等の着手の判断基準として用いる補助パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

58 条　計装設備

系統機能	設備※1	代替する機能を有する設計基準対象施設※2		設備種別	設備分類	
		設備※1	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
その他※3（続き）	ほう酸水注入ポンプ吐出圧力	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	高圧窒素供給系供給圧力	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	窒素ボンベ出口圧力	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－
	非常用逃がし安全弁駆動系窒素ボンベ出口圧力	－	－	常設	常設耐震重要重大事故防止設備	－

※1　計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載
※2　主要設備の計測が困難となった場合の重要代替監視パラメータ
※3　重大事故等対処設備を活用する手順等の着手の判断基準として用いる補助パラメータ

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

59条　原子炉制御室

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
中央制御室換気系及び原子炉建屋ガス処理系による居住性の確保	中央制御室	（中央制御室）	（Ｓ）	常設	（重大事故等対処施設）	－
	中央制御室遮蔽	（中央制御室遮蔽）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系空気調和機ファン	（中央制御室換気系）	（Ｓ）	常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系フィルタ系ファン			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系給排気隔離弁			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系排煙装置隔離弁			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系フィルタユニット			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	中央制御室換気系ダクト・ダンパ［流路］			常設	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備※1	－
	非常用ガス再循環系排風機	（非常用ガス再循環系）	（Ｓ）	常設	常設重大事故緩和設備※1	ＳＡ－２
	非常用ガス再循環系配管・弁・フィルタユニット［流路］			常設	常設重大事故緩和設備※1	－
	非常用ガス処理系排風機	（非常用ガス処理系）	（Ｓ）	常設	常設重大事故緩和設備※1	－
	非常用ガス処理系配管・弁・フィルタユニット［流路］			常設	常設重大事故緩和設備※1	－
	非常用ガス処理系排気筒［流路］			常設	常設重大事故緩和設備※1	－

※1　常設耐震重要重大事故防止設備・常設重大事故緩和設備等を操作する人が健全であることを担保する常設設備であるため，本分類としている。

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

59 条　原子炉制御室

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設／可搬型	分類	機器クラス
中央制御室待避室による居住性の確保	中央制御室待避室	－	－	常設	（重大事故等対処施設）	－
	中央制御室待避室遮蔽	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	中央制御室待避室空気ボンベユニット（空気ボンベ）	－	－	可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	中央制御室待避室空気ボンベユニット（配管・弁）			常設	常設重大事故緩和設備	－
	差圧計※1	－	－	常設	常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	衛星電話設備（可搬型）（待避室）	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	衛星制御装置	－	－	常設	常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	衛星制御装置～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］	－	－	常設	常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	データ表示装置（待避室）	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
可搬型照明（ＳＡ）による居住性の確保	可搬型照明（ＳＡ）	中央制御室照明	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計による居住性の確保	酸素濃度計※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	二酸化炭素濃度計※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
汚染の持ち込み防止	可搬型照明（ＳＡ）	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－

※1　計測器本体を示すため計器名を記載

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

60条　監視測定設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設/可搬型	分類	機器クラス
可搬型モニタリング・ポストによる放射線量の測定及び代替測定	可搬型モニタリング・ポスト	モニタリング・ポスト	C	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
可搬型放射能測定装置による空気中の放射性物質の濃度の代替測定	可搬型ダスト・よう素サンプラ※1	放射能観測車	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	ＮａＩシンチレーションサーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	β線サーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	ＺｎＳシンチレーションサーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
可搬型放射能測定装置等による放射性物質の濃度及び放射線量の測定	可搬型ダスト・よう素サンプラ※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	ＮａＩシンチレーションサーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	β線サーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	ＺｎＳシンチレーションサーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	電離箱サーベイ・メータ※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	小型船舶			可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
可搬型気象観測設備による気象観測項目の代替測定	可搬型気象観測設備	気象観測設備	C	可搬型	可搬型重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－

※1　計測器本体を示すため計器名を記載

高所配置：可搬型重大事故等対処設備保管場所及び緊急時対策所

61条　緊急時対策所

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設 可搬型	分類	機器クラス
緊急時対策所非常用換気設備及び緊急時対策所加圧設備による放射線防護	緊急時対策所遮蔽	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急対策所非常用送風機			常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急対策所非常用フィルタ装置			常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所給気・排気配管			常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所給気・排気隔離弁			常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所加圧設備			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	ＳＡ－３
	緊急時対策所加圧設備（配管・弁）			常設	常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用差圧計			常設	常設重大事故緩和設備	－
緊急時対策所内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の測定	酸素濃度計※1	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備 （防止でも緩和でもない設備）	－
	二酸化炭素濃度計※1			可搬型	可搬型重大事故等対処設備 （防止でも緩和でもない設備）	－
放射線量の測定	緊急時対策所エリアモニタ	－	－	可搬型	可搬型重大事故等対処設備 （防止でも緩和でもない設備）	－
	可搬型モニタリング・ポスト	60条に記載				
必要な情報の把握	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）	62条に記載				
	無線通信装置［伝送路］					

※1　計測器本体を示すため計器名を記載

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

61条　緊急時対策所

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設／可搬型	分類	機器クラス
必要な情報の把握（続き）	無線通信用アンテナ［伝送路］	62条に記載				
	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）～無線通信用アンテナ電路［伝送路］					
通信連絡	無線連絡設備（携帯型）	62条に記載				
	衛星電話設備（固定型）					
	衛星電話設備（携帯型）					
	携行型有線通話装置					
	統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話，ＩＰ－ＦＡＸ）					
	データ伝送装置					
	衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］					
	衛星制御装置［伝送路］					
	衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］					
	専用接続箱～専用接続箱電路［伝送路］					
	衛星無線通信装置［伝送路］					

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

61条　緊急時対策所

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設 可搬型	分類	機器クラス
通信連絡 （続き）	通信機器［伝送路］	62条に記載				
	統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話，ＩＰ－ＦＡＸ）～衛星無線通信装置電路［伝送路］					
緊急時対策所用発電機による給電	緊急時対策所用発電機	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用発電機給油ポンプ			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用Ｍ／Ｃ			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用Ｍ／Ｃ電圧計			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用125V系蓄電池			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用24V系蓄電池			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用発電機～緊急時対策所用Ｍ／Ｃ電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用Ｍ／Ｃ～緊急時対策所用動力変圧器電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用動力変圧器～緊急時対策所用Ｐ／Ｃ電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用Ｐ／Ｃ～緊急時対策所用ＭＣＣ電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

61条　緊急時対策所

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
緊急時対策所用発電機による給電（続き）	緊急時対策所用ＭＣＣ～緊急時対策所用分電盤電路	－	－	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用125V系蓄電池～緊急時対策所用直流125V主母線盤電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用直流125V主母線盤～緊急時対策所用直流125V分電盤電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用24V系蓄電池～緊急時対策所用発電機電路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク～緊急時対策所用発電機給油ポンプ流路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	緊急時対策所用発電機給油ポンプ～緊急時対策所用発電機流路			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

62条　通信連絡を行うために必要な設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設 可搬型	分類	機器クラス
発電所内の通信連絡	携行型有線通話装置	送受話器（ページング），電力保安通信用電話設備（固定電話機，ＰＨＳ端末） －	C －	可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	無線連絡設備（携帯型）			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（固定型）			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（携帯型）			可搬型	可搬型重大事故防止設備 可搬型重大事故緩和設備	－
	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	専用接続箱～専用接続箱電路［伝送路］	送受話器（ページング），電力保安通信用電話設備（固定電話機及びＰＨＳ端末） －	C －	常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	衛星制御装置［伝送路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］			常設	常設重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	－
	無線通信装置［伝送路］	－	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	無線通信用アンテナ［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－
	安全パラメータ表示システム（ＳＰＤＳ）～無線通信用アンテナ電路［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

62条　通信連絡を行うために必要な設備

系統機能	設備	代替する機能を有する設計基準対象施設		設備種別	設備分類	
		設備	耐震重要度分類	常設可搬型	分類	機器クラス
発電所外（社内外）の通信連絡	衛星電話設備（固定型）	電力保安通信用電話設備（固定電話機及びＰＨＳ端末），加入電話設備（加入電話及び加入ＦＡＸ），専用電話設備（専用電話（ホットライン）（地方公共団体向））	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（携帯型）			可搬型	可搬型重大事故緩和設備	－
	統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話及びＩＰ－ＦＡＸ）			常設	常設重大事故緩和設備	－
	データ伝送設備	－	－	常設	常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）	－
	衛星電話設備（屋外アンテナ）［伝送路］	電力保安通信用電話設備（固定電話機及びＰＨＳ端末），加入電話設備（加入電話及び加入ＦＡＸ），専用電話設備（専用電話（ホットライン）（地方公共団体向））	－	常設	常設重大事故緩和設備	－
	衛星制御装置［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－
	衛星電話設備（固定型）～衛星電話設備（屋外アンテナ）電路［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－
	衛星無線通信装置［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－
	通信機器［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－
	統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム，ＩＰ電話及びＩＰ－ＦＡＸ）～衛星無線通信装置電路［伝送路］			常設	常設重大事故緩和設備	－

高所配置：緊急時対策所

外郭防護１及び内郭防護：原子炉建屋（水密扉設置及び止水処置）

東海第二発電所

鋼製防護壁の設計方針について

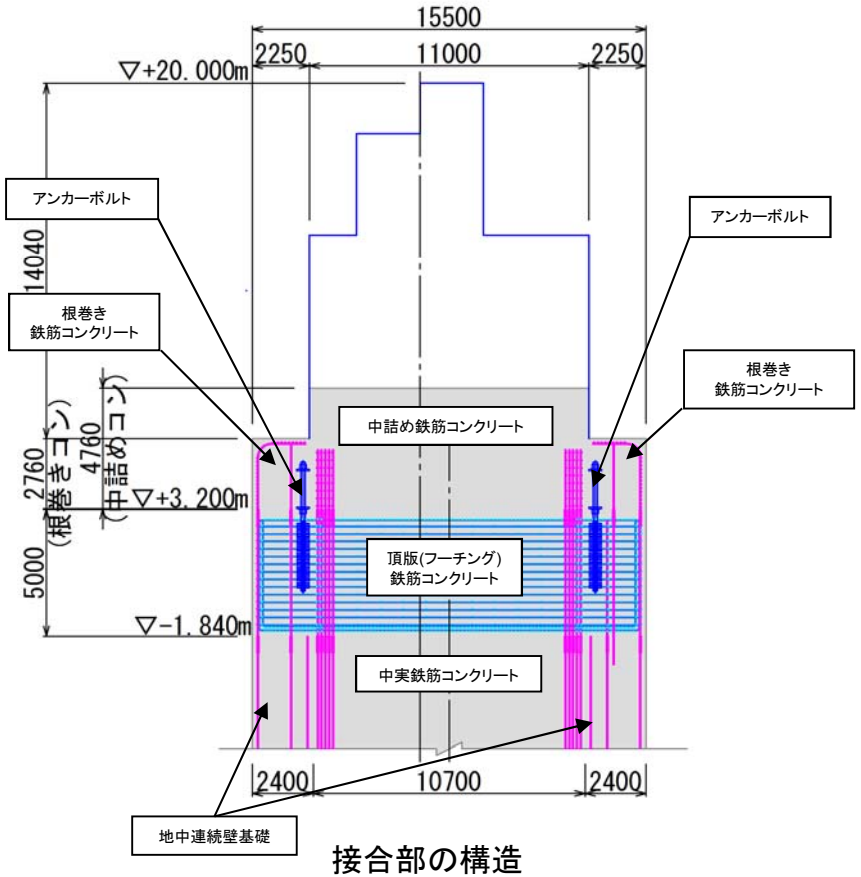
目次　　鋼製防護壁の設計方針について

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. 防潮堤の概要
4. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要
5. 鋼製防護壁の構造選定
6. 防潮堤の評価対象部位
7. 鋼製防護壁高さの設定方針
8. 設計方針
9. 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）

【参考資料1】 鋼製防護壁の施工ステップ図
【参考資料2】 三次元解析（COM3）の概要

接合部の設計（接合部の構造）

■ 接合部の構造
- 直接定着式アンカーボルト
- 頂版鉄筋コンクリート，中詰め鉄筋コンクリート
  →頂版鉄筋コンクリート，中詰め鉄筋コンクリートと地中連続壁基礎（中実鉄筋コンクリートを含む）は鉄筋により結合して一体構造とする。



接合部の構造

部材名	設計上の役割
中詰め鉄筋コンクリート **（σck=50N/mm²）**	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで，水平方向のせん断力と水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
アンカーボルト **（SM520B相当）**	引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
頂版(フーチング)鉄筋コンクリート **（σck=50N/mm²）**	水平方向のせん断力と水平回転モーメントを地中連続壁基礎及び中実鉄筋コンクリートに伝達する。
地中連続壁基礎 **及び** **中実鉄筋コンクリート** **（σck=40N/mm²）**	地中連続壁基礎は，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は，地中連続壁基礎内部の鉄筋コンクリートで，地中連続壁基礎と一体となって発生断面力を負担する。
根巻き鉄筋コンクリート **（σck=24N/mm²）**	アンカーボルト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。

接合部の設計（設計思想及び荷重の伝達メカニズム）

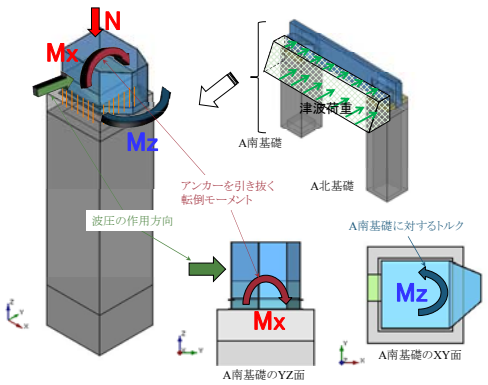
設計思想

アンカーボルトは本来，引抜き力及びせん断力に抵抗できる部材であることから，鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）の「7.2 アンカー部の設計方法」においては，アンカーボルトに水平方向のせん断力も許容限界以内で受けもたせる設計方法となっている。一方，鋼製防護壁においては，保守的な配慮として，接合部の水平回転モーメント（水平トルク）及び水平力によるせん断力に対するアンカーボルトの抵抗力は設計上期待せず，接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては，設計上鉄筋コンクリートのみの耐力でも，弾性範囲内で負担可能とするという設計思想である。

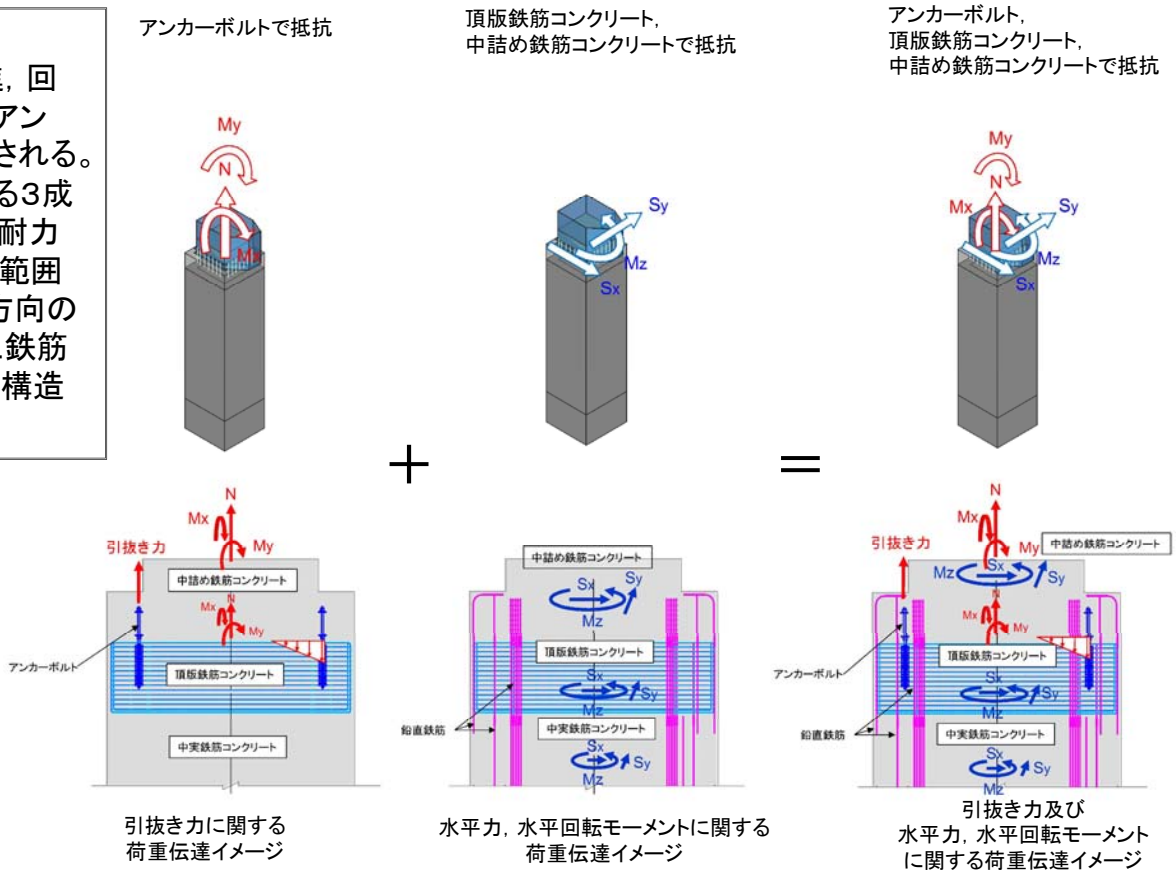
荷重の伝達メカニズム

上部構造と下部構造の接合部における並進，回転6成分の断面力は，接合部で一体となったアンカーボルト及び鉄筋コンクリートを介して伝達される。

なお，接合部における曲げ引張軸力に関する3成分の断面力は，設計上アンカーボルトのみの耐力でも，上部構造と下部構造の間において弾性範囲内で伝達される。また，接合部における水平方向のせん断力に関する3成分の断面力は，設計上鉄筋コンクリートのみの耐力でも，上部構造と下部構造の間において弾性範囲内で伝達される。



津波荷重作用時のイメージ図



引抜き力に関する荷重伝達イメージ

水平力，水平回転モーメントに関する荷重伝達イメージ

引抜き力及び水平力，水平回転モーメントに関する荷重伝達イメージ

荷重伝達のメカニズム

接合部の設計（設計方針）

設計方針

- ■ 鋼製防護壁は浸水防護施設であることから，本震時，津波時，余震と津波の重畳時の何れに対しても，構造部材の弾性範囲内で設計を行う。
- ■ 鋼製防護壁本体の自重及び地震や津波による設計荷重を確実に基礎へ伝達させる。
- ■ 引抜き力に対しては，設計上アンカーボルトのみで負担できる設計とする。
  →「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に準拠する。
- ■ 水平回転モーメントと水平力によるせん断力に対しては，設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担できる設計とする。
  →「道路橋示方書（日本道路協会）」，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会）」，「道路土工カルバート工指針」（日本道路協会）に基づく。

上記の設計方針に対して，三次元一体構造としての挙動を考慮できる三次元解析（COM3）を行い，直接定着式アンカーボルトの適用性及び設計の妥当性を確認する。

【三次元解析（COM3）の目的】

アンカーボルトと中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートは，それぞれが負担すべき設計荷重を弾性範囲内で受けもてる部材設計を行うが，これらの部材が一体となった三次元構造においては，設計荷重に対して各部材が幾分かの相互作用を呈することが想定されるため，各部材が弾性範囲内で設計荷重を受けもつことができていることの確認を主目的として，三次元解析（COM3）を実施する。

- ・三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。
- ・三次元の詳細な解析により，アンカーボルト1本ごとの応力状態や部位ごとの応力分布を確認する。
- ・設計を超える荷重に対しては，十分な靭性を有する構造であることを確認し，荷重伝達メカニズムと三次元挙動を把握する。

対象部材及び準拠基準

対象部位		荷重条件	準拠基準	設計思想
接合部	アンカーボルト	引抜き力	・鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）（名古屋高速道路公社） ＜7章アンカー部＞　P50～P52 参照	・引抜き力に対しては，設計上アンカーボルトのみで負担できる設計とする。
	中詰め鉄筋コンクリート，頂版鉄筋コンクリート	水平回転モーメント，水平力	・道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅲコンクリート橋編）（日本道路協会） ＜4.4　ねじりモーメント作用する部材の照査＞　P44 参照 ・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会） ＜付録1　2.2せん断応力度＞　P44 参照	・水平回転モーメントと水平力によるせん断力に対しては，設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担できる設計とする。

※ 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻とは合成構造として設計し以下の文献に準拠する
「鋼・合成構造標準示方書」（土木学会），「複合構造標準示方書」（土木学会）

接合部の設計(「鋼構造物設計基準」の適用範囲　1/2)

鋼構造物設計基準　(名古屋高速道路公社)の適用範囲

・アンカーボルトは水平方向のせん断力に対する抵抗力も有するが，鋼製防護壁では保守的な配慮として，設計上アンカーボルトは引抜き力のみを弾性範囲内で負担できればよい役割の部材に位置づけた設計を行う。上部構造と下部構造の接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対するアンカーボルトの抵抗力は設計上期待せず，接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては，設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみの耐力でも，弾性範囲内で負担できる設計とする。この設計方針を前提として，以下に接合部の引抜き力に対するアンカーボルトの設計のみを対象とする鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)の適用について整理を行う。

・なお，鋼構造物設計基準の津波防護施設への適用実績は確認されていないが，当該基準に準拠した弾性範囲内の設計及び三次元解析による設計の妥当性確認を行う方針である。

分類	「鋼構造物設計基準」の主な該当項目		「鋼構造物設計基準」の主な適用範囲	鋼製防護壁への適用
設計思想	1.1	適用の範囲	上部構造と下部構造の接合部におけるアンカー部の設計	直接定着式アンカーボルトは，鋼製防護壁への適用に当たり，設計荷重に対して，引抜き力は設計上弾性範囲内のアンカーボルトのみで負担できる設計とし，水平力，水平回転モーメントによるせん断力は設計上弾性範囲内の鉄筋コンクリートのみで負担できる設計とすることで適用範囲とする。
構造形式	7.1	一般	直接定着方式が原則	直接定着式アンカーボルトを選定する。
部材諸元	7.1	一般	アンカーボルト間隔2D　(D:公称径)	基準に基づいて配置する。
	7.3.1	アンカーボルト	公称径　D80～D180　(mm)	公称径D180のアンカーボルトの規格に基づく。
使用材料	3.1	使用鋼材	SM490A 相当　315N/mm² SM520B 相当　355N/mm²	適用範囲内の『直接定着方式／SM520B相当』を用いる。
	3.2	コンクリート	フーチングコンクリート設計基準強度 σ_{ck}=21～27N/mm²	フーチング(頂版)コンクリートの設計基準強度は50N/mm²であるが，保守的な配慮として基準に記載の設計基準強度27N/mm²に対応する照査応力度を許容限界として弾性設計を行う。
構造設計	1.3	アンカー部の耐震設計	常時及び地震時	常時及び地震時において，いずれも弾性範囲内の設計を行う。 津波時の荷重は地震時と同様に短期荷重であるため，割り増し係数は地震時と同様の値を用いる。
	7.2.1	アンカー部の耐震設計	アンカーボルトの軸力は，鉄筋コンクリート方式(複鉄筋)により算定	アンカーボルトの軸力は，2軸複鉄筋コンクリート断面で算定し弾性設計を行う。 中詰め及び頂版の鉄筋コンクリートは，せん断力に対して弾性設計を行う。
許容限界	2.14	荷重の組合せ 許容応力度の割増し	レベル1地震時(地震動)※1:短期許容応力度 レベル2地震時(地震動)※2:アンカー部の耐震設計(降伏応力度)	地震時(基準地震動S_s)，基準津波時，余震＋基準津波時：短期許容応力度 T.P.+24m津波時，余震＋T.P.+24m津波時：降伏応力度
	3.3	許容応力度	SM520B相当 σs=210N/mm²　τs=80N/mm²	適用するアンカーボルトは，『直接定着方式／SM520B相当』とする。
	7.2.2	照査応力度	直接定着式アンカーボルトの引抜き力 引抜きコーンせん断(鉄筋補強あり) せん断	フーチング(頂版)コンクリートの設計基準強度は50N/mm²であるが，保守的な配慮として基準に記載の設計基準強度27N/mm²に対応する照査応力度を許容限界として弾性設計を行う。

※1:レベル1地震動　発生する確率が高い地震動
※2:レベル2地震動　発生する確率は低いが大きな揺れの強さを持つ地震動
(道路橋示方書(Ⅴ耐震設計編)・同解説(日本道路協会)より)

接合部の設計(「鋼構造物設計基準」の適用範囲　2/2)

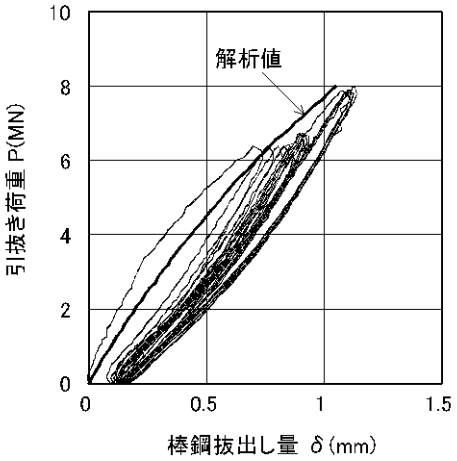
■ 鋼製防護壁の設計値(試計算)として得られているアンカーボルトに発生する引張力は，文献7)で確認されている引抜き力の実験値以内に収まっていることを確認している。

■ 接合部の荷重分担

・引抜き力に対しては，設計上アンカーボルトのみで負担できる設計とする。
→「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」に準拠する。

鋼製防護壁の設計引抜き力と既往の文献の実験で確認されている
引抜き力の比較

種別	アンカーボルト 仕様	荷重 (kN)	備考
実験値	D180(SM520B相当)	7,990	文献7)
設計値 (試計算)	D180(SM520B相当)	北基礎 5,786 南基礎 7,258	余震＋T.P.+24m津波時



(文献7)より)

荷重とアンカーボルトの相対ずれの関係
(D180現場引抜き試験)

接合部の設計(「コンクリート標準示方書及び道路橋示方書の適用箇所)

- 一般に規模の大きい土木構造物については，複数の基準類を参照して設計を行う。
- 鋼製防護壁接合部は，コンクリート標準示方書，道路橋示方書，鋼構造物設計基準等を参照して設計を行う。
- 中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートの水平力によるせん断力は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 付録1 2.2 せん断応力度」(土木学会)に準拠して設計を行う。
- 水平回転モーメントによるせん断力は，コンクリート標準示方書に許容応力度設計法での記載がないため，「道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編 4.4 ねじりモーメントが作用する部材の照査」に準拠して設計を行う。

「コンクリート標準示方書」の該当項目		対象部材	鋼製防護壁への適用
付録1 2.2	せん断応力度の照査	中詰め鉄筋コンクリート 頂版鉄筋コンクリート	接合部の水平力によるせん断力に対する設計

$V_a = V_{ca} + V_{sa}$

V_{ca}：コンクリートの許容せん断力(N)　　$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$

V_{sa}：斜め引張鉄筋の許容せん断力(N)　　$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$

τ_{a1}：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度(N/mm^2)

b_w：有効幅 (mm)

j ：1／1.15

d ：有効高さ(mm)

A_w：斜め引張鉄筋断面積(mm^2)

σ_{sa}：鉄筋の許容引張応力度(N/mm^2)

s ：斜め引張鉄筋間隔 (mm)

「道路橋示方書」の該当項目		対象部材	鋼製防護壁への適用
4.4	ねじりモーメントが作用する部材の照査	中詰め鉄筋コンクリート 頂版鉄筋コンクリート	接合部の水平回転モーメントによるせん断力に対する設計

$\sigma st = Mt \cdot a / 1.6bt \cdot ht \cdot Awt$

$\sigma sl = Mt \cdot (bt+ht) / 0.8bt \cdot ht \cdot Alt$

σst ：ねじりモーメントに対する横方向の鉄筋の応力度(N/mm^2)

σsl ：ねじりモーメントに対する軸方向の鉄筋の応力度(N/mm^2)

Mt ：部材断面に作用するねじりモーメント(N・mm)

Awt, ：間隔aで配置されるねじりモーメントに対する横方向鉄筋1本の断面積(mm^2)

Alt ：部材断面に配置されるねじりモーメントに対する軸方向鉄筋の全断面積(mm^2)

a ：横方向鉄筋の間隔(mm)

bt, ht：幅及び高さ(mm)

※コンクリート設計強度50 N/mm^{2}の許容限界については「道路土工カルバート工指針(日本道路協会)」に準拠する。

接合部の設計（基本方針及び準拠基準の併用）

- 設計手法には，弾性範囲内に構造物の挙動を収める許容応力度法に準拠する方法や，ある程度の塑性変形を許す保有水平耐力法に準拠する方法がある。これら2つの方法を併用することには問題がある。しかしながら，鋼製防護壁接合部の設計においては，鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）及び道路橋示方書(日本道路協会)の許容応力度法に準拠して，設計荷重に対し接合部の各部材の弾性範囲内に収める設計を行う。よって，両者の設計体系が弾性範囲内で整合しており併用することに問題はない。
- 接合部の各部材は，荷重分担に応じて，それぞれの技術基準類に準拠し弾性範囲内の設計を実施する。さらに，三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。

荷重分担の考え方
・引抜き力に対しては，設計上直接定着式アンカーボルトのみで負担できる設計とする。
・水平力及び水平回転モーメントに対しては，設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担できる設計とする。

⇩

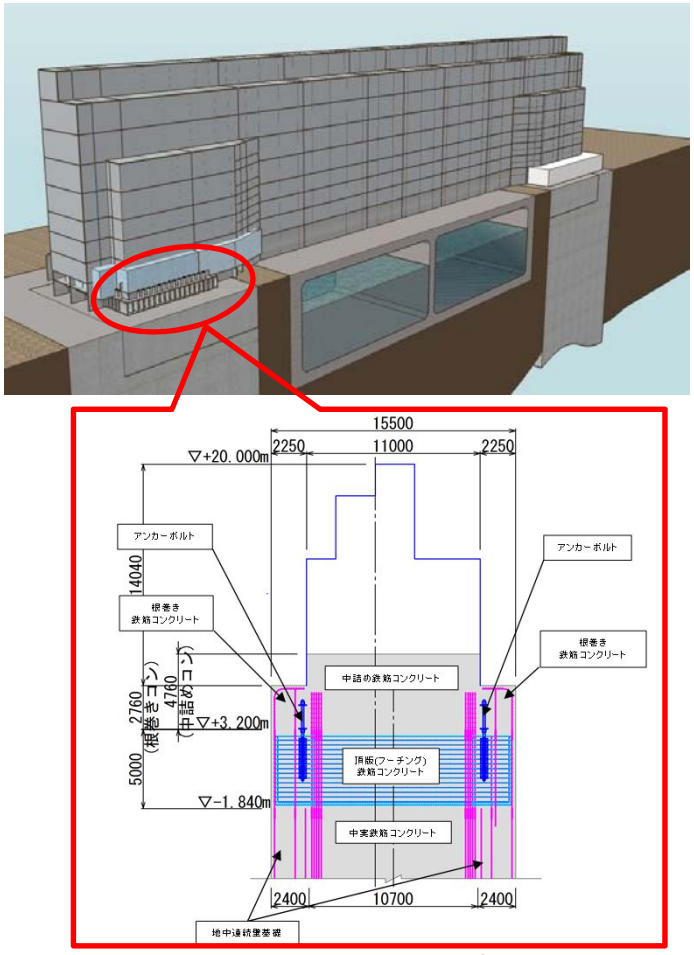
各荷重分担に応じた技術基準類の準拠
・引抜き力への対応・・・直接定着式アンカーボルトを設計（鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社））（許容応力度法）
・水平力及び水平回転モーメントへの対応・・・中詰め鉄筋コンクリート，頂版鉄筋コンクリートを設計（コンクリート標準示方書（土木学会）と道路橋示方書（日本道路協会））（許容応力度法）

⇩

技術基準の併用
・鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）及びコンクリート標準示方書（土木学会）並びに道路橋示方書（日本道路協会）はともに弾性範囲内での設計に適用することから，基準を併用することに問題はない。

⇩

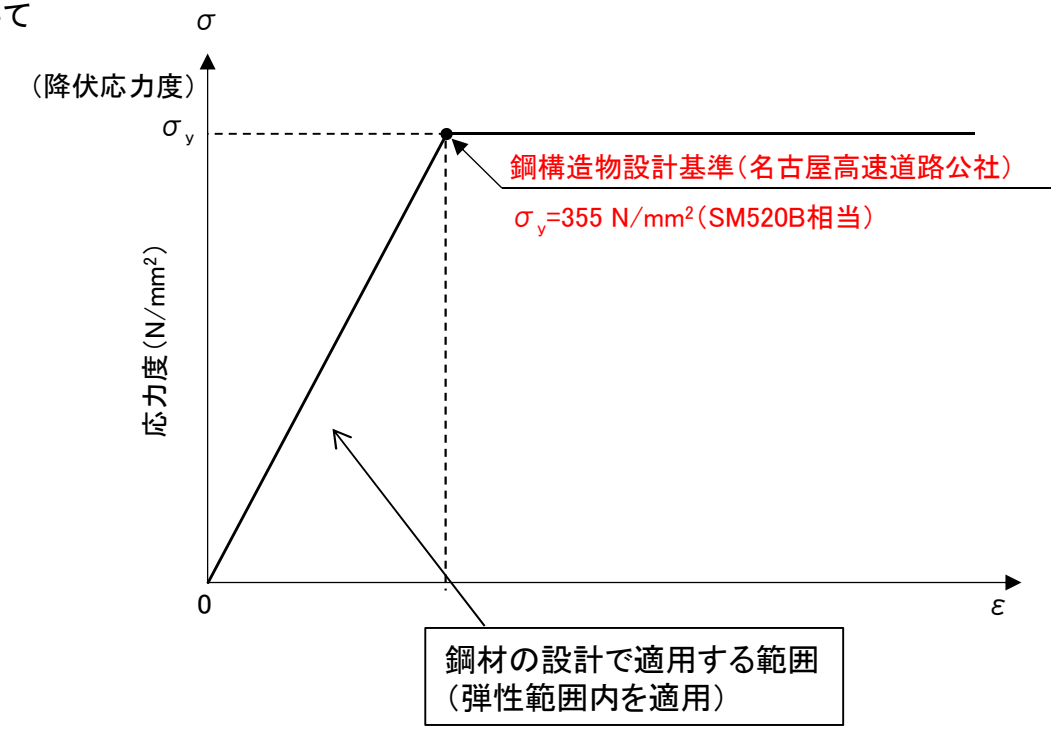
・接合部の各部材は，荷重分担に応じて，それぞれの技術基準類に準拠し保守的な条件の設計を実施するが，三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。



接合部の構造

接合部の設計（接合部における鋼材及びコンクリートの設計で適用する範囲）

○鋼材について



○コンクリートについて

接合部の中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートにおけるコンクリート設計基準強度は50N/mm^{2}を用いることとしているが，直接定着式アンカーボルトの定着及びコーンせん断に関するコンクリートの応力照査には，保守的な配慮として，鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）に基づきコンクリート設計基準強度27N/mm^{2}に対応する照査応力度を許容限界に適用する。

接合部の設計（接合部の検討フロー）

- 基本検討のうち定着部の評価とは，設置変更許可段階おける定着部の照査を示す。この段階での照査は，基準類に準拠して設計を行い，構造の成立性を確認することである。
- 工認段階における評価は，詳細な荷重・地盤条件において基準類に準拠し照査を行い，三次元解析（COM3）により，接合部の一体化した挙動を考慮した精緻な解析を行い，各部材（アンカーボルト，中詰め鉄筋コンクリート，頂版鉄筋コンクリート）が設計荷重に対して弾性範囲内であることを確認することである。

構造成立性の検討において荷重条件として厳しいと想定される余震＋T.P.+24m津波時を考慮する。

鋼製防護壁（上部工）の基本検討
・構造形式の選定
・部材の配置・寸法検討

鋼製防護壁（基礎）の基本検討
・基礎形式の選定
・基礎の配置・寸法検討

鋼製防護壁（接合部）の基本検討
・接合形式の選定
・配置検討
・定着部の照査①※1

設置変更許可段階

工認段階

鋼製防護壁（基礎）の詳細検討
・二次元動的有効応力解析
・三次元静的フレーム解析
・基礎の応力・支持性能照査

鋼製防護壁（上部工）の詳細検討
・三次元静的フレーム解析
・部材の応力照査
・補剛材・継ぎ手の設計

鋼製防護壁（上部工）の詳細検討
・三次元動的フレーム解析
・部材の応力照査
・補剛材・継ぎ手の設計

鋼製防護壁（接合部）の詳細検討
・アンカーボルトの応力照査
・定着部の照査② ※2

三次元解析（COM3）※3

設計の基本方針

・三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。
・直接定着式アンカーボルトの設計は，「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に準拠する。
・それ以外の中詰め鉄筋コンクリート等の設計は，「コンクリート標準示方書(土木学会)」及び「道路橋示方書（日本道路協会）」に準拠する。

※1）定着部の照査①
⇒構造の成立性確認のための照査
【検討条件】（接合部に掛かる荷重が厳しいと考えられるケース）
・余震＋T.P.+24m津波時

※2）定着部の照査②
⇒詳細な荷重・地盤条件並びに三次元挙動評価を踏まえた詳細照査

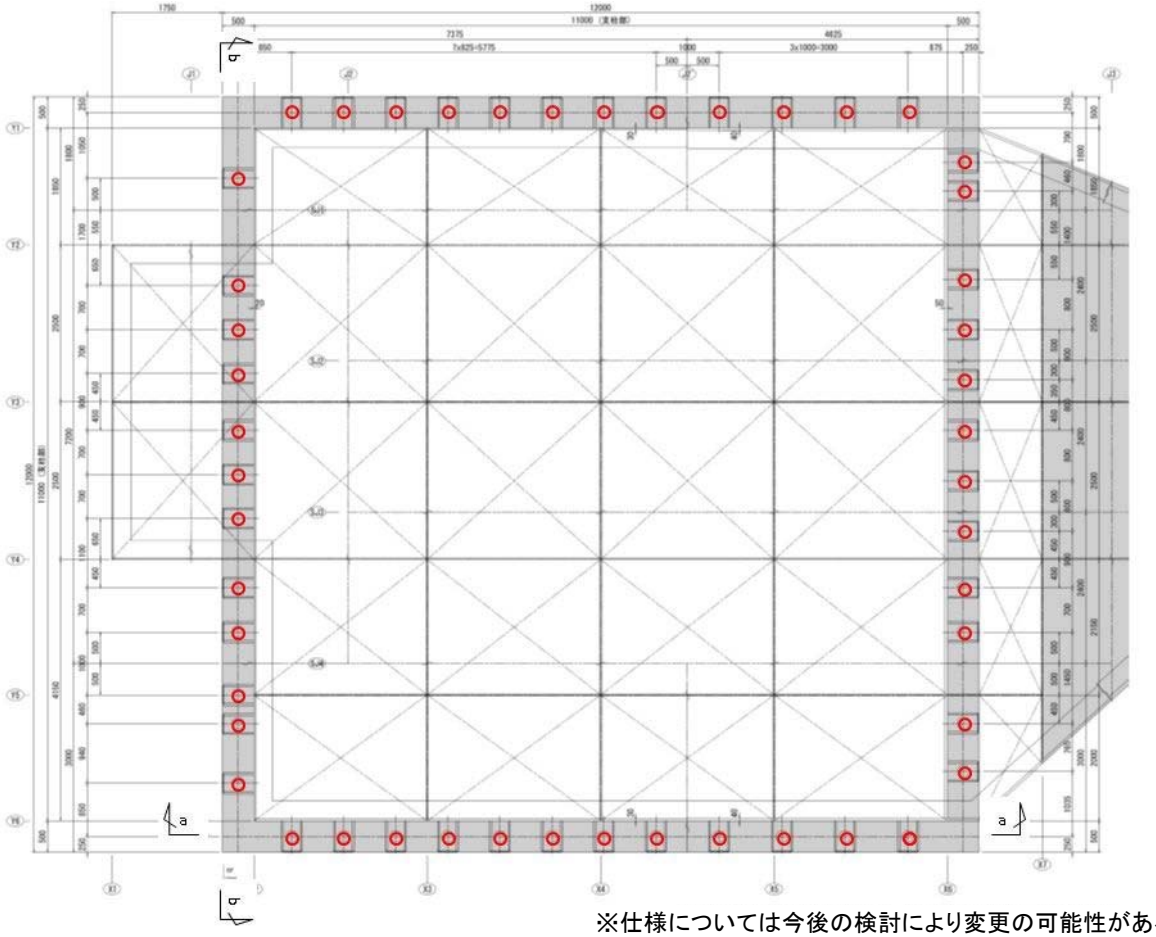
※3）目的
①三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。
②設計を超える荷重に対しては，十分な靭性を有する構造であることを確認し，荷重伝達メカニズムと三次元挙動を把握する。
③三次元の詳細な解析により，アンカーボルト1本ごとの応力状態や部位ごとの応力分布を確認する。

接合部の設計（構造の成立性　1/7）

構造成立性の検討において荷重条件として厳しいと想定される余震＋T.P.+24m津波時を考慮する。

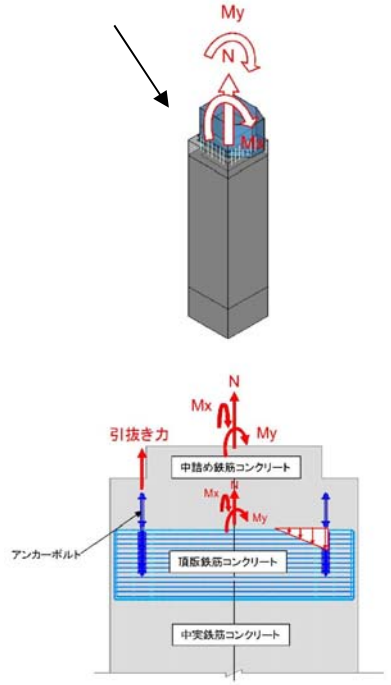
入力値
・上部工の設計より算定される断面力
　本震時：三次元動的フレーム解析
　津波時，余震＋津波時：三次元静的フレーム解析

■ アンカーボルトの配置検討結果（弾性設計）



※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

アンカーボルトが負担する荷重

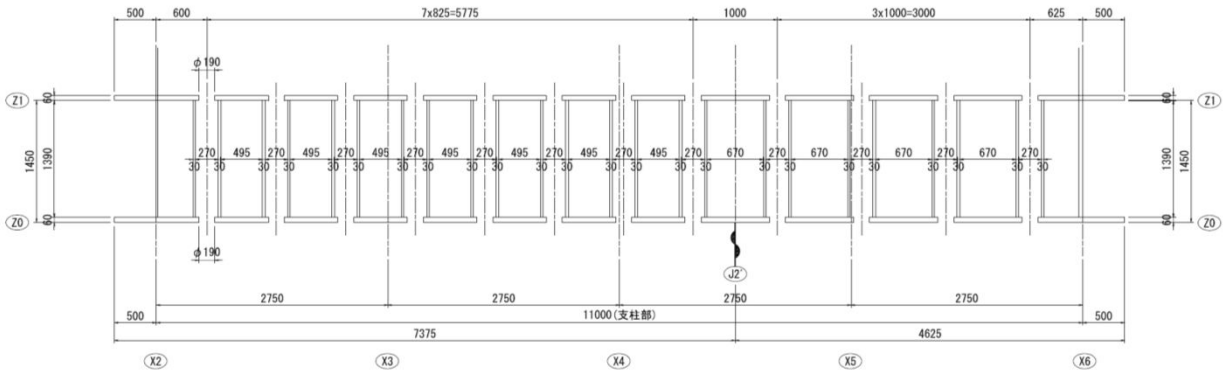


○ ： アンカーボルト

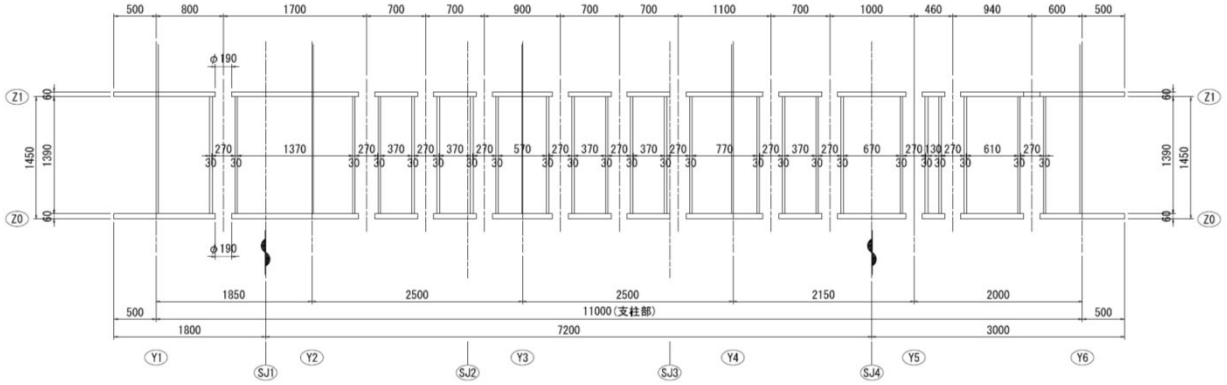
接合部の設計（構造の成立性　2/7）

■ アンカーボルトの配置検討結果（弾性設計）

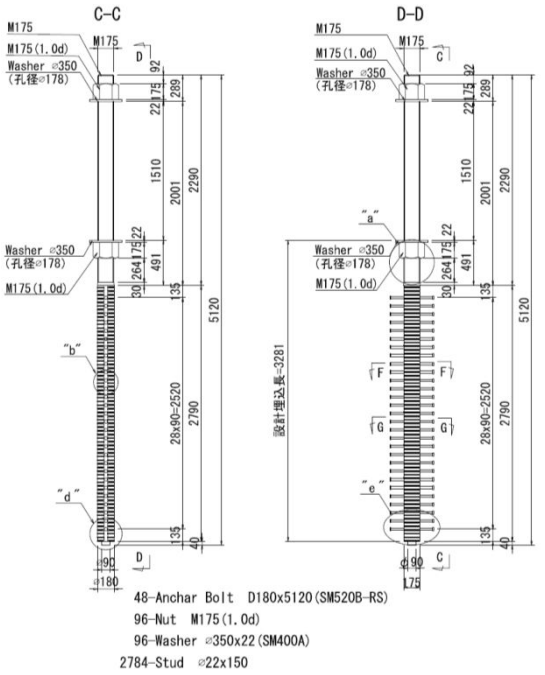
a － a 断面図　S=1:30



b － b 断面図　S=1:30



アンカーボルト詳細　S=1:30



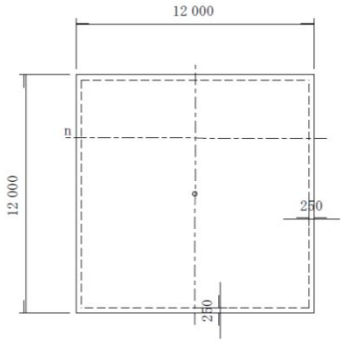
48-Anchar Bolt　D180x5120(SM520B-RS)
96-Nut　M175(1.0d)
96-Washer　∅350x22(SM400A)
2784-Stud　∅22x150

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

接合部の設計（構造の成立性　3/7）

■ アンカーボルトの応力に対する検討結果（2軸複鉄筋コンクリートの弾性設計）

タイトル　Case-　5：CASE05　Load-　1：K3T-1



A	(m²)	144.0000
A'	(m²)	0.0000
yu	(m)	6.0000
yl	(m)	-6.0000
Iz	(m⁴)	1728.00000
Iy	(m⁴)	1728.00000
Wu	(m³)	288.00000
Wl	(m³)	-288.00000
J	(m⁴)	2920.32000
Ao	(m²/m)	48.0000
Ai	(m²/m)	0.0000

断面力 Mz	(kN.m)	1582248.000
My	(kN.m)	2855.000
N	(kN)	35736.000
ヤング係数比		n = 15.00
応力度 (N/mm²) σc　σca		7.656 ＜ 18.000
σs, σsa		308.457 ＜ 346.000
σs' σsa		-105.839 ＜ 346.000
圧縮最縁距離	(m)	3.1925
引張最縁距離	(m)	-8.5746
図心～中立軸	(m)	2.8162
Z軸～中立軸角度	(°)	0.0834
Gz	(m³)	14.90098
Iz	(m⁴)	617.79276
Izy	(m⁴)	0.23012

鋼種	位置 (m)	鉄筋径 (mm)	本数 (本)	鉄筋量As (cm²)
D-1	0.2500	0.00	0.000	5434.970
D-2	0.2500	0.00	0.000	5434.970
		鉄筋量の合計　Σ		10869.940

《鋼種の説明》
D:鉄筋（φ：丸鋼）
1:上縁～高さ　0:全周
-1:上下かぶり　-2:左右かぶり

【アンカーボルトの検討条件】
アンカーボルトに対する負荷が厳しいと考えられる条件
・余震＋T.P.+24m津波時
・地盤バネ　：　1次元全応力地盤応答解析（SHAKE）の収束剛性
・地盤バネの上限値　：　ピーク強度（-1σ値）

許容限界
基準津波，余震＋基準津波：短期許容応力度
T.P.+24m津波，余震＋T.P.+24m津波 ：降伏応力度

アンカーボルトの設計においては，鋼構造物設計基準に準拠する。この基準における照査応力度は降伏応力度であるが，構造成立性確認においては，保守的な配慮として，コンクリート標準示方書に基づく許容応力度の割増し係数を考慮した短期許容応力度により照査した。

σc ： コンクリートの発生圧縮応力度
σs ： アンカーボルトの発生引張応力度
σs' ： アンカーボルトの発生圧縮応力度

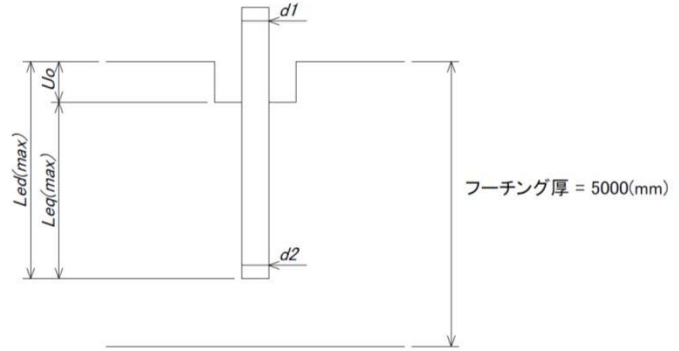
σca ： コンクリートの短期許容応力度
許容応力度 9.0N/mm²×割増し係数2.0 [1)]＝18.0N/mm²
（設計基準強度27N/mm²に対応する短期許容応力度）
＜ コンクリートの照査応力度 0.85×27N/mm² [3)]
＝22.95N/mm²

σs ： アンカーボルトの短期許容引張応力度
σs' ： アンカーボルトの短期許容圧縮応力度
許容応力度　210N/mm²×割増し係数1.65 [1)]＝346.5N/mm²
＜ 鋼材の照査応力度 355N/mm² [3)]

接合部の設計（構造の成立性　4/7）

■ アンカーボルトの定着長に対する検討結果（弾性設計）

異形棒鋼（スタッド付き）d2 ＝　180　(mm)【 M175 】
アンカーボルト材質　SM520B
コンクリート材質　σck ＝　27　(N/mm2)



設計定着長及び埋込長は、以下の式により算出する。

7.3.2 アンカーボルトの埋め込み長(1)による算定式

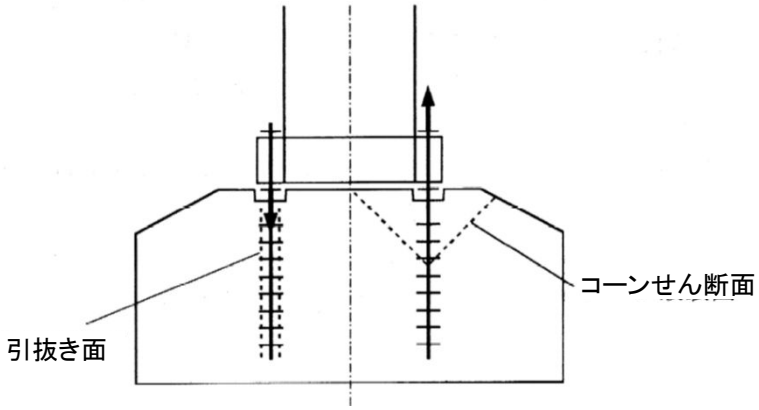
Leq ＝ (σsa・As) / (π・d2・τa)
＝ (355 × 22645.698) / (π × 180.0 × 6)
＝ 2369.4
∴ Leq ＝ 236.9 (cm)

Led ＝ Leq ＋ Uo
＝ 272.9 (cm)

Uo ＝ 2 × d2
＝ 36.0 (cm)

σsa：アンカーボルトの許容応力度(N/mm²)
τa　：アンカーボルトの引抜きに対する許容応力度
As　：アンカーボルトの有効断面積(mm²)
d2　：アンカーボルトの公称径(mm)

【アンカーボルトの検討条件】
アンカーボルトに対する負荷が厳しいと考えられる条件
・余震＋T.P.+24m津波時
・地盤バネ　：　1次元全応力地盤応答解析（SHAKE）の収束剛性
・地盤バネの上限値　：　ピーク強度（−1σ値）



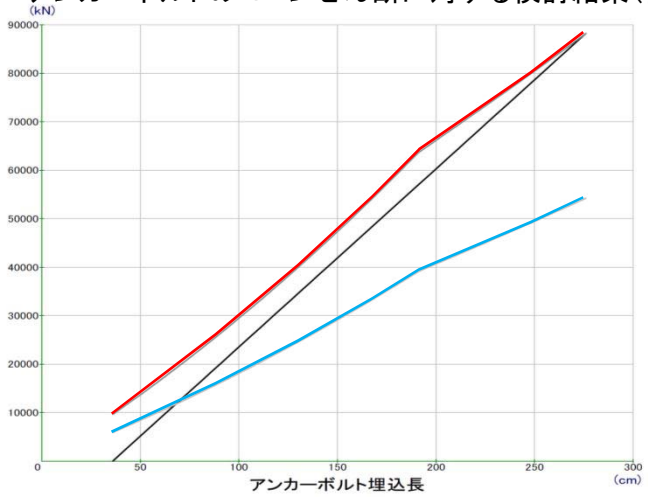
許容限界
基準津波，余震＋基準津波：短期許容応力度
T.P.+24m津波，余震＋T.P.+24m津波：降伏応力度

アンカーボルトの設計においては，鋼構造物設計基準を用いる。

アンカーボルトの引抜きに対する照査応力度：2.0τa＝6.0 N/mm² 3)

接合部の設計（構造の成立性　5/7）

■ アンカーボルトのコーンせん断に対する検討結果（弾性設計）



アンカーボルトに発生する引抜き力
コーンせん断部分の強度（補強鉄筋なし）
コーンせん断部分の強度（補強鉄筋あり）

許容限界
基準津波，余震＋基準津波：短期許容応力度
T.P.+24m津波，余震＋T.P.+24m津波 ：降伏応力度

【アンカーボルトの検討条件】
アンカーボルトに対する負荷が厳しいと考えられる条件
・余震＋T.P.+24m津波時
・地盤バネ　：　1次元全応力地盤応答解析（SHAKE）の収束剛性
・地盤バネの上限値　：　ピーク強度（-1σ値）

補強鉄筋の計算

◆強度の不足分（面外）

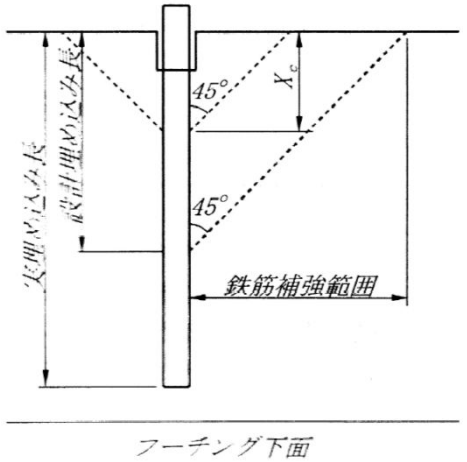
σck	=	27	(N/mm2)
σsy	=	345	(N/mm2) [SD345]
σcoa	=	1.342	(N/mm2)
σcoa1	=	0.825	(N/mm2)
Ac(Xc)	=	65749379	(mm2)

$\Delta\sigma = \sigma coa - 1/2 \times \sigma coa1$
$= 0.929\ (N/mm2)$

◆必要鉄筋量

$As = 1.15 \times \Delta\sigma \times Ac / \sigma sy$
$= 203679.5\ (mm2)$

$As.req = As / Ac(Xc)$
$= 3097.8\ (mm2/m2)$



鉄筋補強範囲

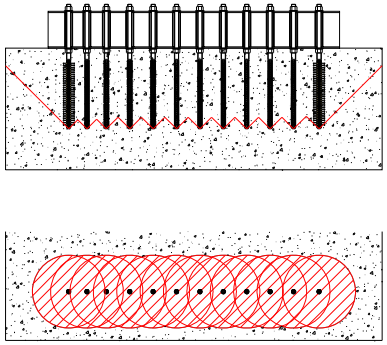
アンカーボルトの設計においては，鋼構造物設計基準を用いる。

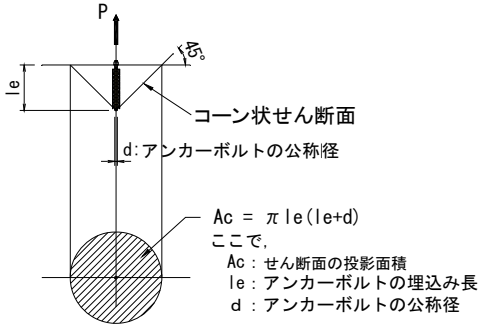
7.3.4　フーチングコンクリートの応力照査

$\sigma coa = 1/2 \cdot \sigma coal + \Delta\sigma$

σcoa：定着部のコーンせん断許容応力度
σcoal：コンクリート強度で決まるコーンせん断強度（鉄筋補強なし）
Δσ　：鉄筋補強によるコーンせん断強度の増加

σcoal　：　コンクリート強度で決まるコーンせん断強度
コーンせん断に対する照査応力度 $1.5\sigma coal$ [3)]
$1.5 \times 0.55N/mm^2 = 0.825N/mm^2$
（設計基準強度$27N/mm^2$に対応する照査応力度）



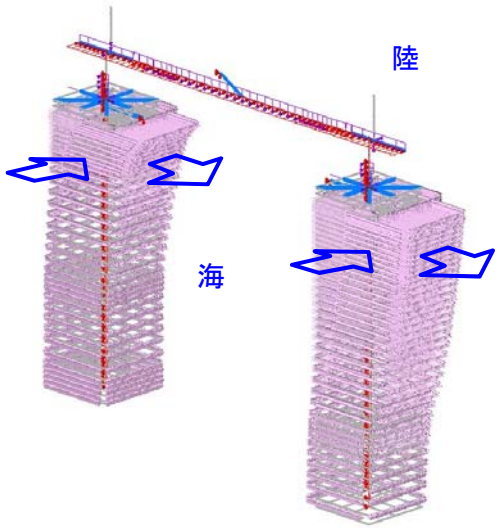


複数のアンカーボルトに対するコーンせん断面の考え方

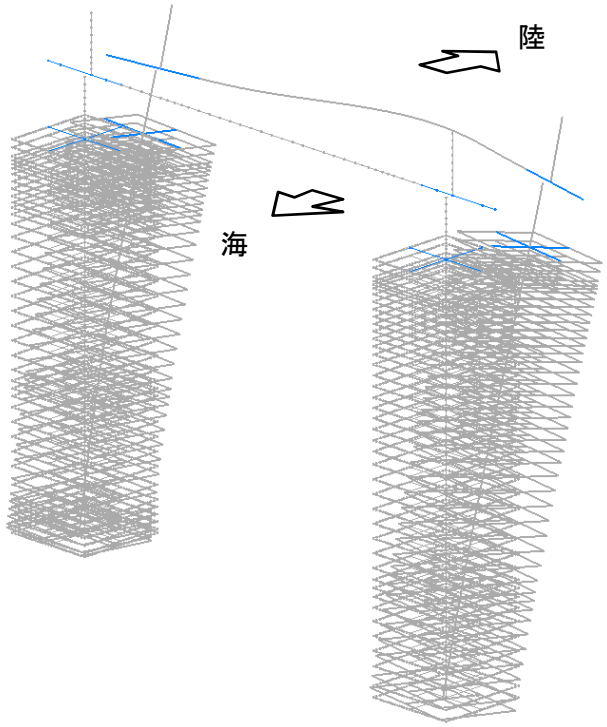
接合部の設計（構造の成立性　6/7）

■ 基礎に発生する曲げモーメントに対する鉄筋応力の照査結果（弾性設計）

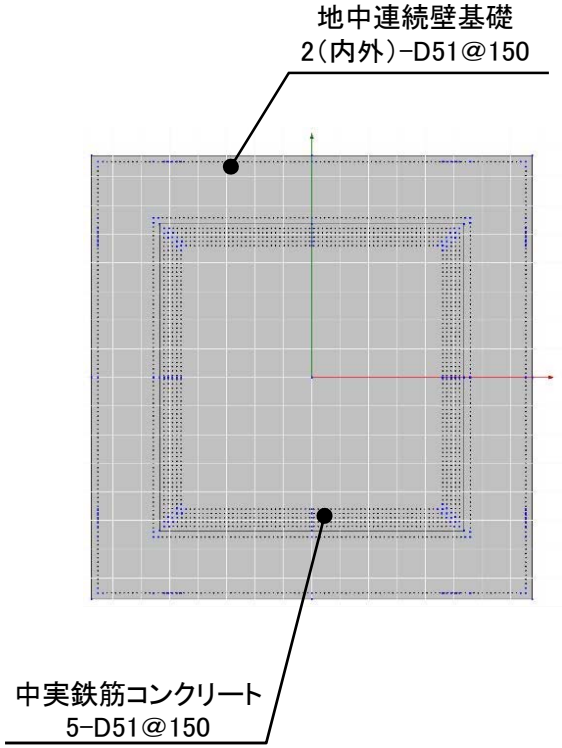
【基礎の検討条件】
基礎に対する負荷が厳しいと考えられる条件
・余震＋T.P.+24m津波時
・水平2方向地震力の影響を荷重で考慮
・地盤バネ及び地盤バネの上限値：1次元有効応力地盤応答解析（FLIP）の応答値



荷重図



変形図



配筋の概要

接合部の設計（構造の成立性　7/7）

■ 基礎に発生する曲げモーメントに対する鉄筋応力の照査結果（弾性設計）

北基礎　照査値（鉄筋）＝0.82　・・・　判定OK
余震＋T.P.+24m津波時

鉄筋の照査値：発生応力度／短期許容応力度

T.P.+24m津波を考慮する場合の許容限界は降伏応力度であるが，保守的な配慮として，構造成立性の確認においては短期許容応力度により照査している。

【鉛直鉄筋】
・中実鉄筋コンクリート
　T.P.−40m以浅　：　5−D51@150
　T.P.−40m以深　：　2−D51@150
・地中連続壁基礎　2−D51@150

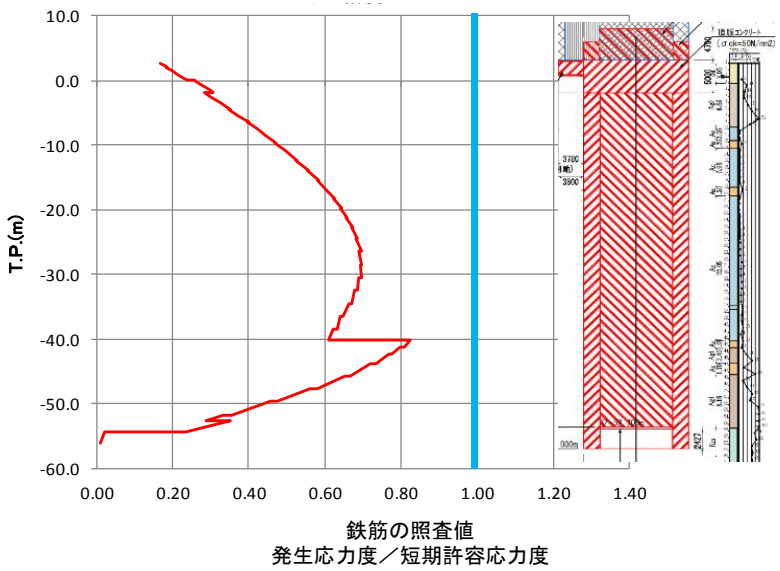
南基礎　照査値（鉄筋）＝0.96　・・・　判定OK
余震＋T.P.+24m津波時

鉄筋の照査値：発生応力度／短期許容応力度

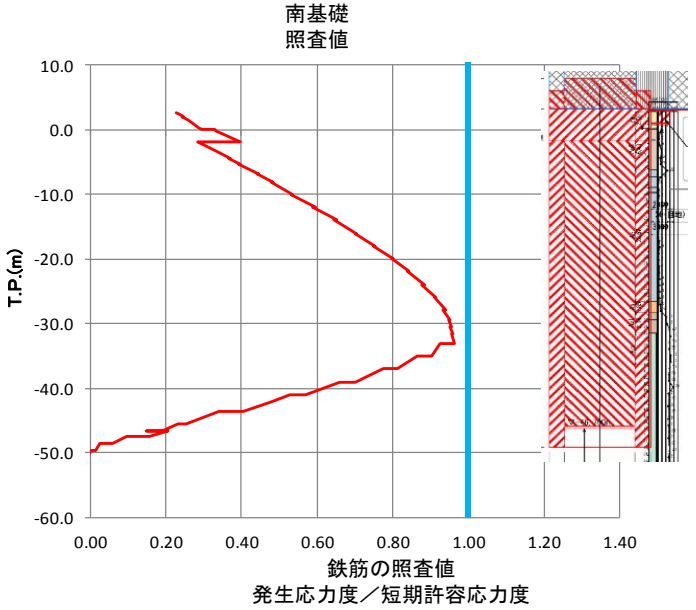
T.P.+24m津波を考慮する場合の許容限界は降伏応力度であるが，保守的な配慮として，構造成立性の確認においては短期許容応力度により照査している。

【鉛直鉄筋】
・中実鉄筋コンクリート　5−D51@150
・地中連続壁基礎　2−D51@150

北基礎
照査値



南基礎
照査値



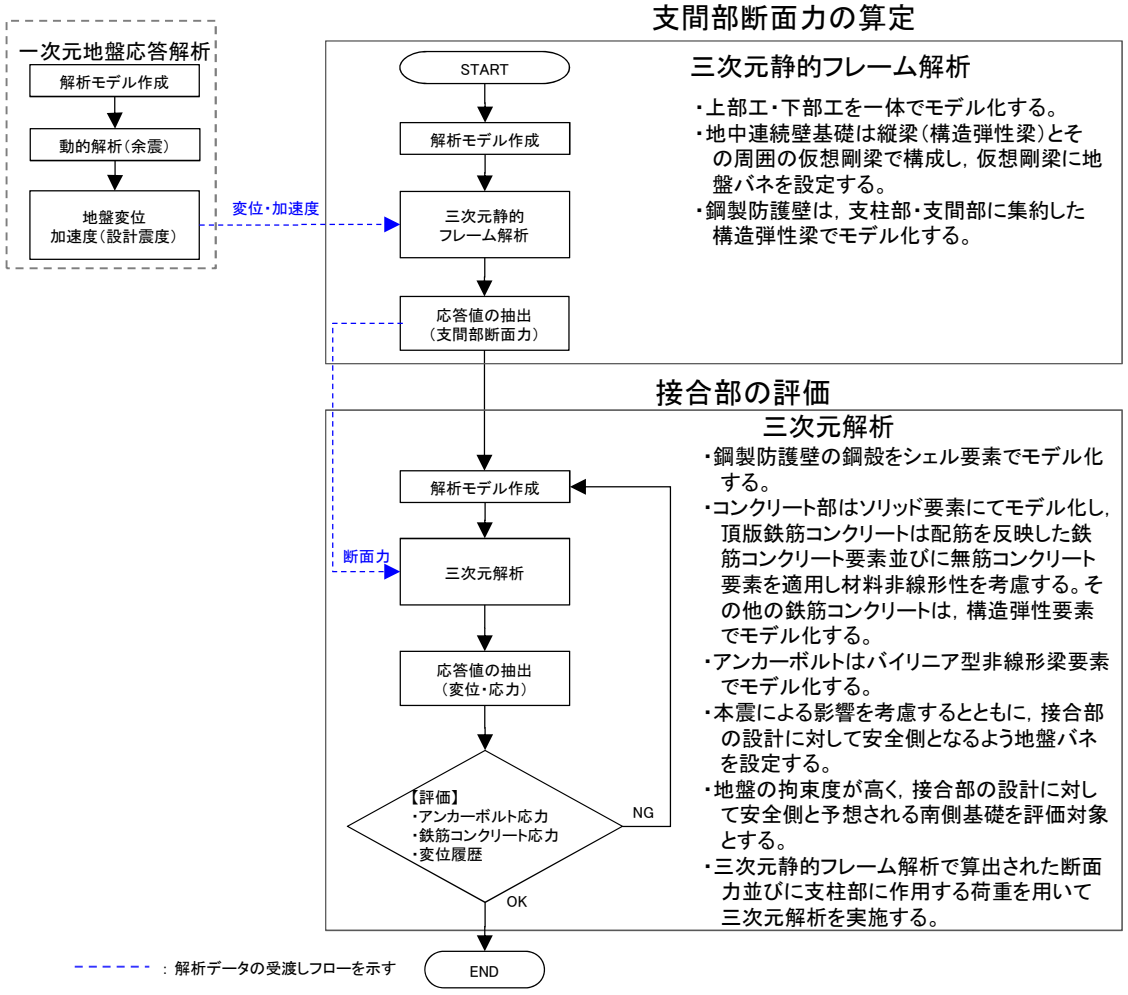
接合部の設計（三次元解析（COM3）1/6）

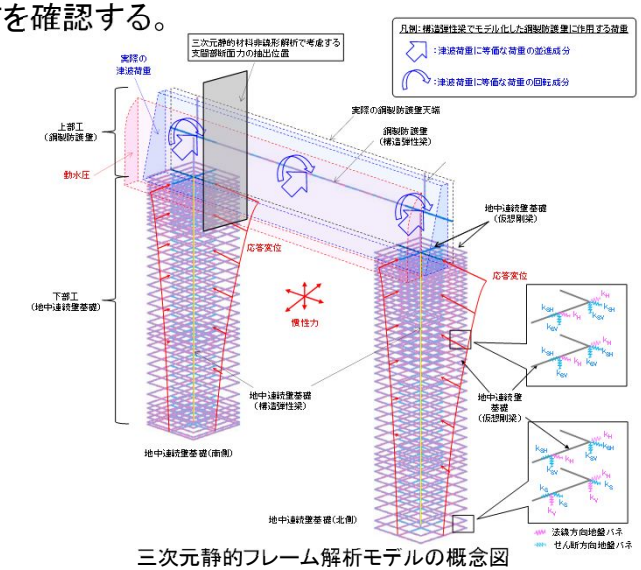
検討目的

①三次元解析（COM3）により，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な解析を行い，設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。

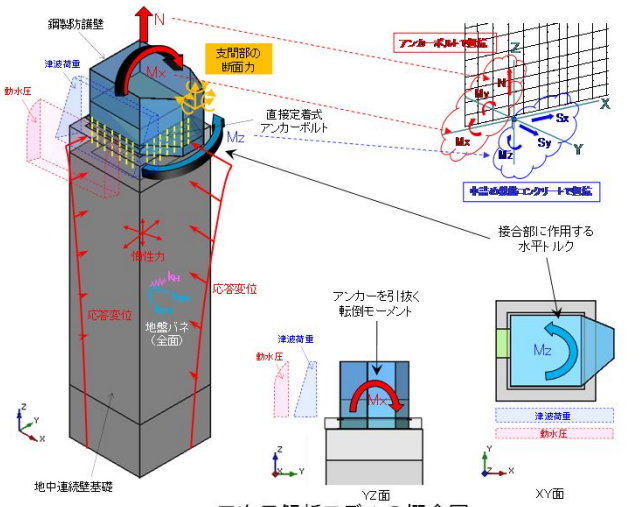
②設計を超える荷重に対しては，十分な靭性を有する構造であることを確認し，荷重伝達メカニズムと三次元挙動を把握する。

③三次元の詳細な解析により，アンカーボルト1本ごとの応力状態や部位ごとの応力分布を確認する。





三次元静的フレーム解析モデルの概念図



三次元解析モデルの概念図

接合部の設計（三次元解析（COM3）2/6）

（1）三次元静的フレーム解析（三次元解析（COM3）への入力荷重算定モデル）

解析の目的

・津波荷重や余震影響を含む鋼製防護壁支間部の断面力を算定する。

結果の利用

・三次元解析モデルに入力する支間部断面力。

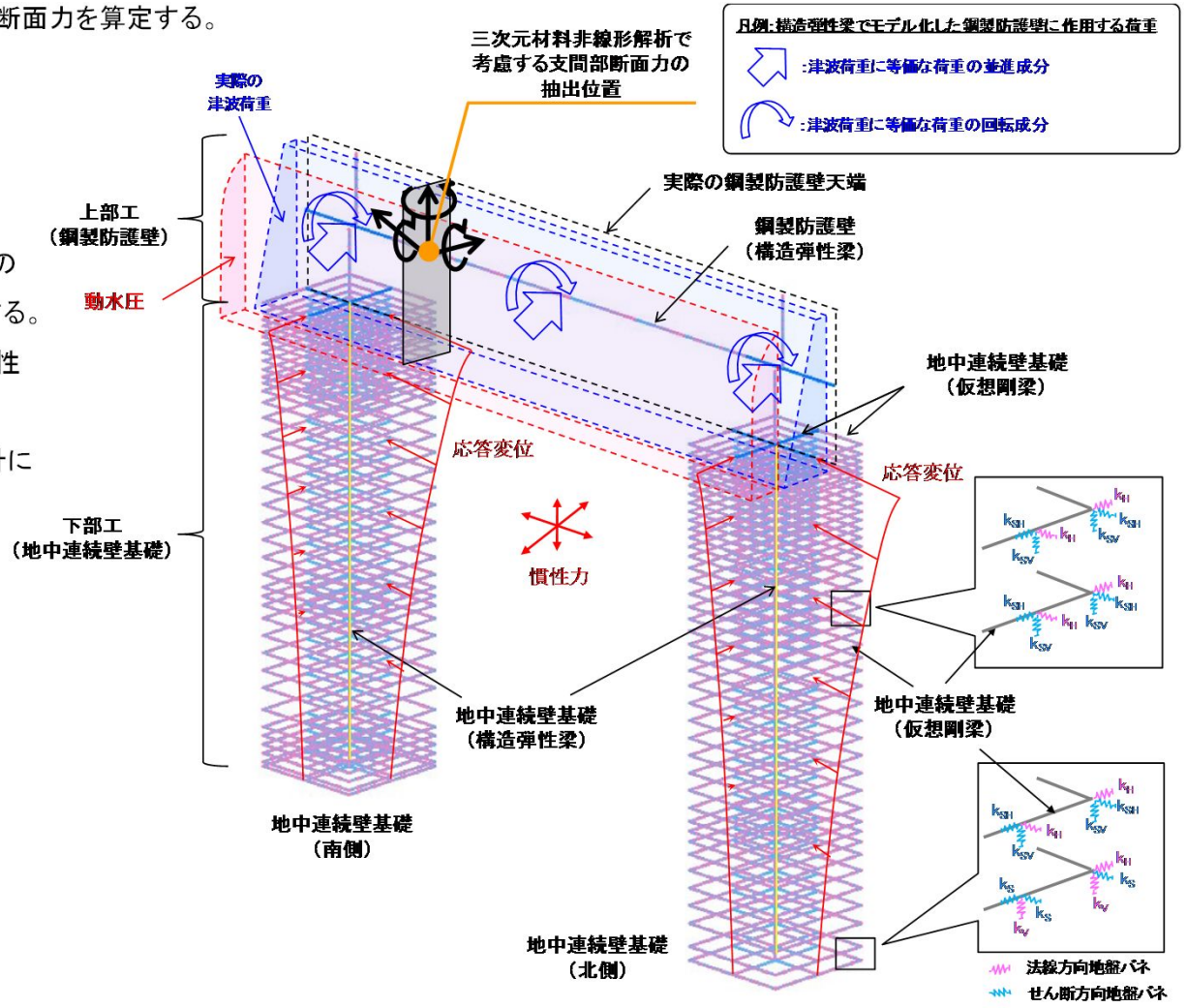
モデル化方針

・上部工及び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，支柱部・支間部に集約した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，接合部の設計に対して適切に地盤バネを設定する。



三次元静的フレーム解析モデルの概念図

接合部の設計（三次元解析（COM3）3/6）

（2）三次元解析（COM3）

鋼製防護壁は，荷重分担に応じて部材ごとに弾性範囲内の設計を実施する。アンカーボルトと中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートは，それぞれが負担すべき設計荷重を弾性範囲内で受けもてる部材設計を行うが，これらの部材が一体となった三次元構造においては，設計荷重に対して各部材が幾分かの相互作用を呈することが想定される。このため，接合部の一体構造の挙動を考慮した精緻な弾性範囲内の三次元解析（COM3）を行い，設計荷重に対して，各部材が弾性範囲内で受けもつことができていることの確認を実施する。

鋼製防護壁の設計は，各部材の発生応力が弾性範囲の許容限界以内となることを必要条件として実施する方針である。すなわち，終局強度に基づく許容限界は用いないことから，三次元解析（COM3）においては，設計荷重に対する弾性範囲内での応力の算定と照査を主目的としている。このような設計荷重に対する弾性範囲内での三次元解析（COM3）による再現精度はこれまでに確認されてきていることから，同様に弾性範囲内を対象として弾性設計する場合においては，実験とほぼ等価な結果が得られると考える。

一方，鋼製防護壁の接合部について，設計荷重を超える荷重の領域についても三次元解析（COM3）を実施する目的は，解析により，その終局的な耐力の精緻な数値を追究することではなく，接合部に設置されるD51の5段等といった重厚な鉄筋により，非線形領域において，十分な靭性を有している挙動を呈することの確認を行うことである。

なお，三次元解析（COM3）では，様々な条件を想定したパラメータスタディ及びケーススタディの実施も可能であることから，安全性確認のための多角的な検証及び評価を行うことができる。

接合部の設計（三次元解析（COM3）4/6）

解析の目的

・津波荷重や余震影響を受ける鋼製防護壁接合部の三次元的な挙動を評価し，設計の妥当性及び直接定着式アンカーボルトの適用性を確認する。

結果の利用

・鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）によって弾性範囲内で設計したアンカーボルトをはじめとするそれぞれの部材が，一体となった構造でも弾性範囲内の応力レベルで収まっていることを確認する。

・三次元の詳細な解析によってアンカーボルト1本ごとの応力状態や部位ごとの応力分布を確認する。

・設計を超える荷重に対して十分な靭性を有していることを確認する。

・荷重伝達メカニズムと三次元挙動を把握する。

モデル化方針

・鋼製防護壁の鋼殻をシェル要素でモデル化する。

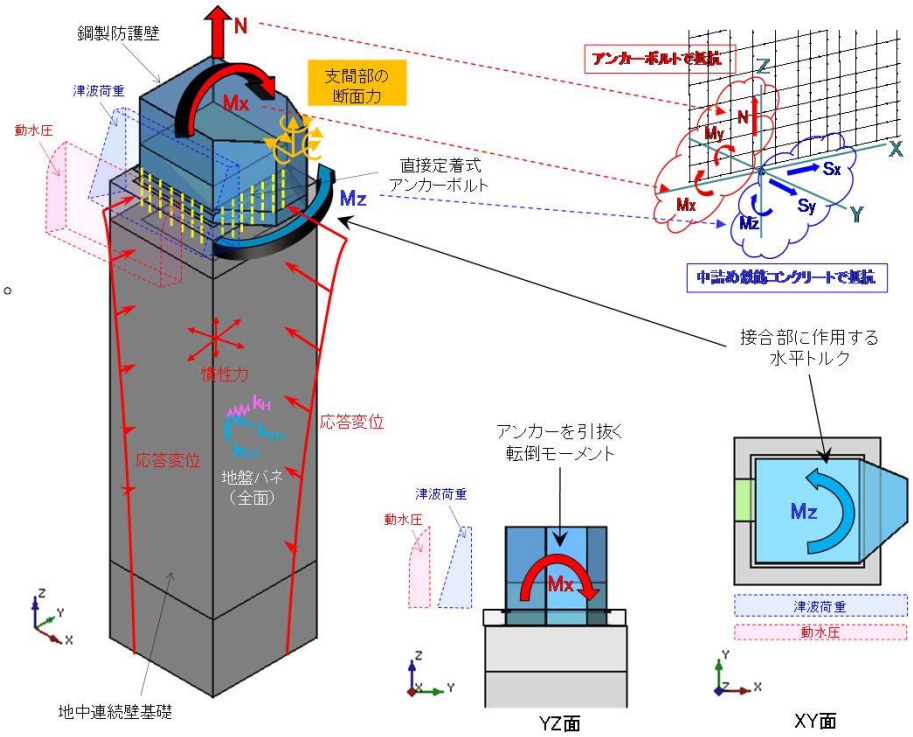
・コンクリート部はソリッド要素にてモデル化し，頂版鉄筋コンクリートは配筋を反映した鉄筋コンクリート要素並びに無筋コンクリート要素を適用し材料非線形性を考慮する。その他の鉄筋コンクリートは，構造弾性要素でモデル化する。

・アンカーボルトはバイリニア型非線形梁要素でモデル化する。

・本震による影響を考慮するとともに，接合部の設計に対して適切に地盤バネ設定する。

・地盤による拘束度合が高く，接合部の設計に対して安全側と考えられる南側基礎を評価対象とする。

・三次元静的フレーム解析で算出された断面力並びに支柱部に作用する荷重を用いて三次元解析を実施する。

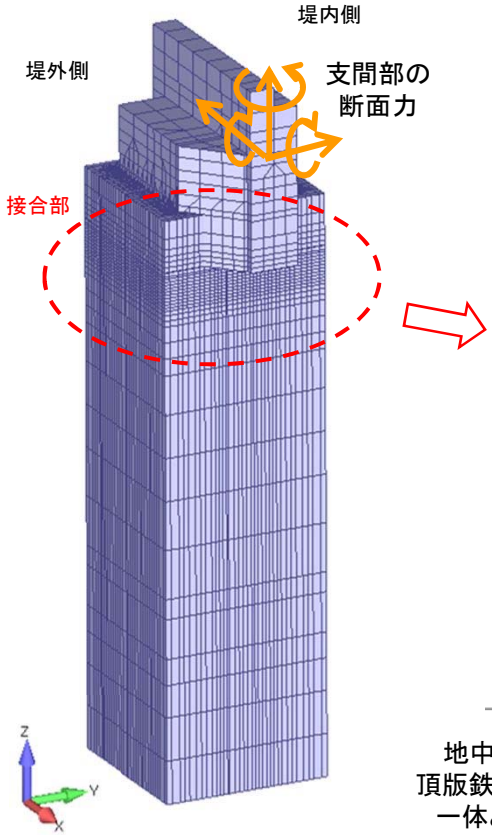


三次元解析モデルの概念図

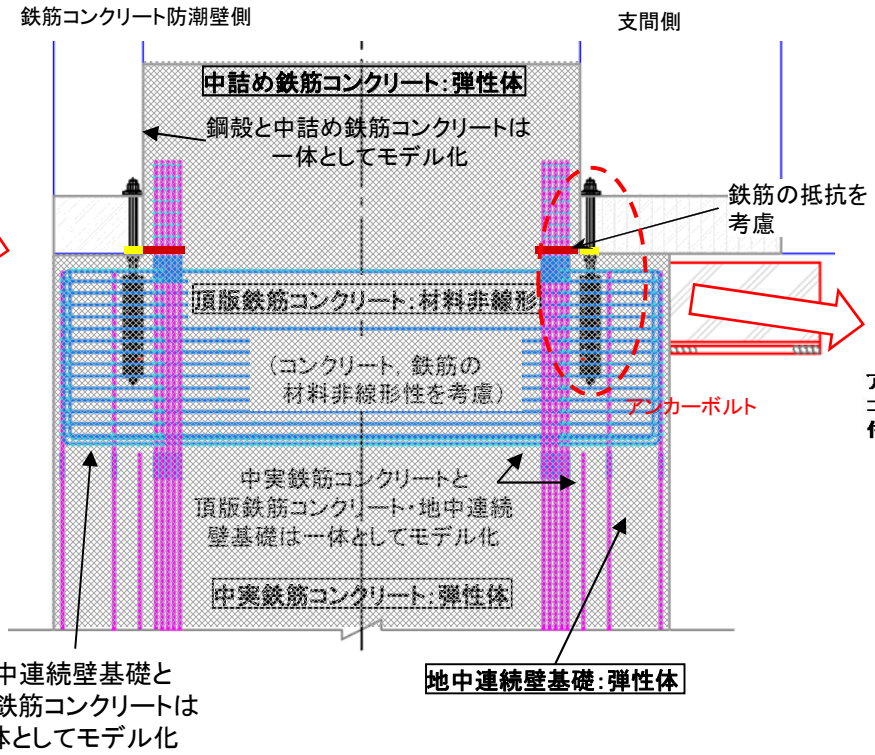
接合部の設計（三次元解析（COM3）5/6）

■接合部のモデル化方針

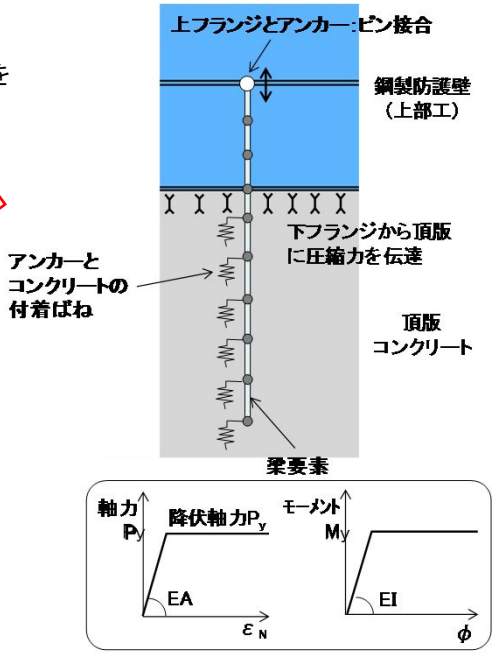
解析手法	三次元解析
プログラム	COM3
対象荷重	余震＋津波時
目　的	・接合部の設計の妥当性確認 ・鉄筋コンクリートの材料特性を反映した三次元挙動評価
データ利用	・直接定着式アンカーボルト及び頂版鉄筋コンクリート（接合部）の評価



全体モデル
（イメージ）



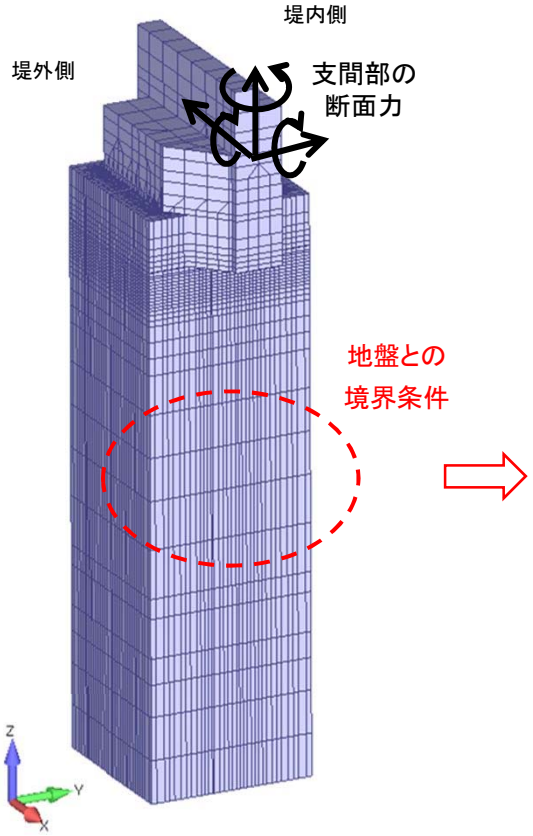
接合部のモデル化



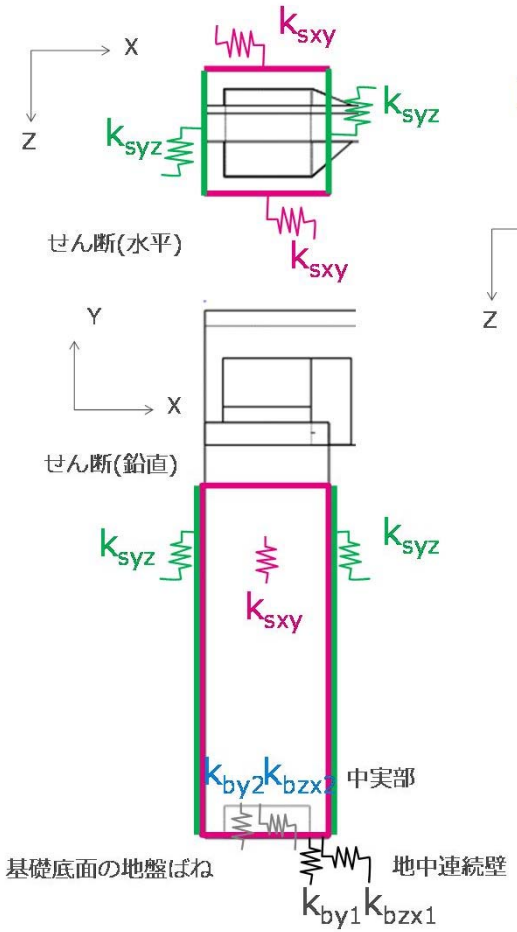
アンカーボルトのモデル化

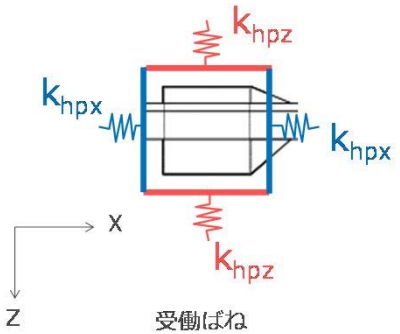
接合部の設計（三次元解析（COM3）6/6）

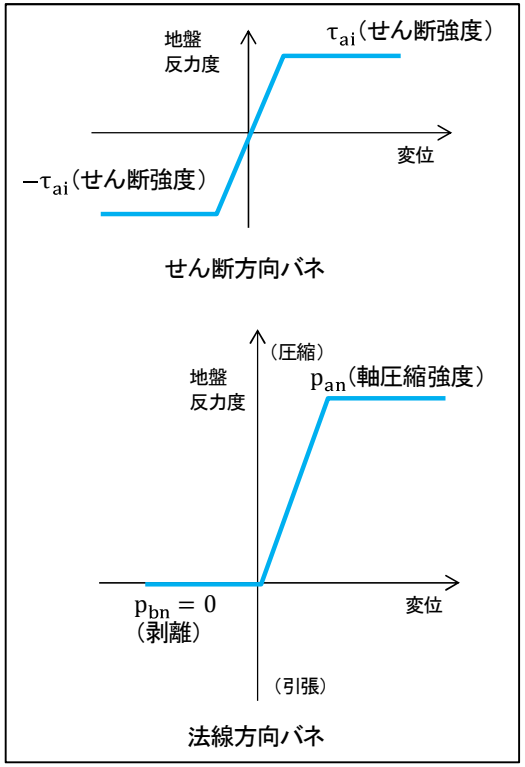
■接合部のモデル化方針



全体モデル
（イメージ）







※地盤バネ定数並びに上限値は，
一次元地盤応答解析により設定する。

地盤のモデル化

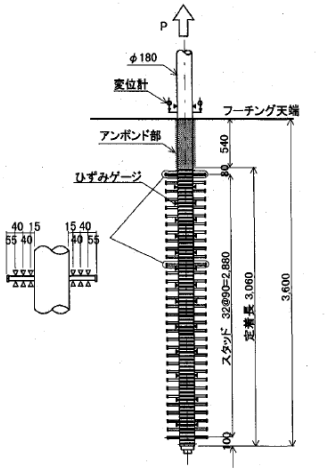
接合部の設計（三次元解析（COM3）の妥当性確認　1/2）

■三次元解析COM3のモデルの妥当性を示す文献

鉄筋コンクリートの材料非線形を考慮した精緻な三次元解析（COM3）により，設計の妥当性を確認するが，弾性範囲内の設計であり，『COM3』の弾性範囲内での妥当性は実験等との比較検討で確認している。鉄道施設や電力設備については，鉄筋コンクリート構造物の耐震性能や耐力評価に『COM3』が適用されており，十分な使用実績があるため，信頼性があるものと判断できる。

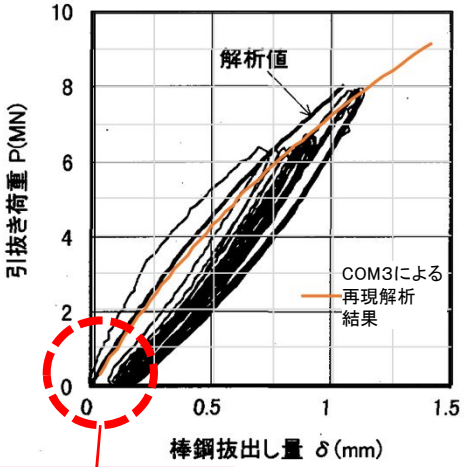
検証1. 直接定着式アンカーボルトの引抜き試験の再現シミュレーション

鋼製防護壁で実際に使用する直接定着式アンカーボルトについて，既往の研究[7)]の再現解析結果を実施した。
研究で実施されている供試体の引抜き試験を再現した解析の結果は，試験結果とよい一致を示しており，荷重～変位関係における弾性範囲内での再現性が高いことを確認した。

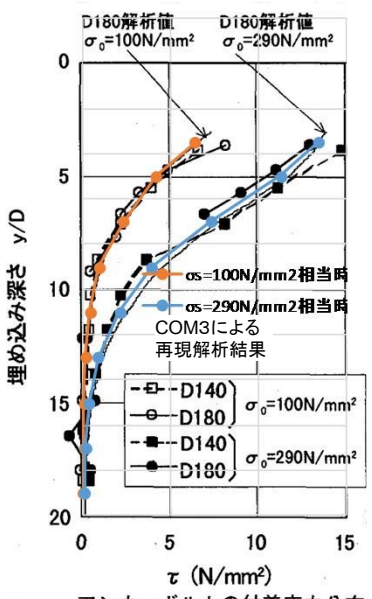


現場引抜き試験用アンカーボルトと計測位置
（文献7）より）

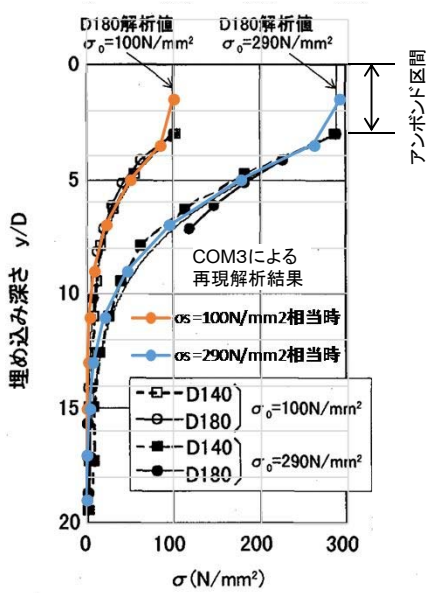
引抜き試験概要



弾性範囲内の
再現状況



アンカーボルトの付着応力分布
（文献7）にCOM3による再現解析結果を加筆）



アンカーボルトの軸応力分布
（文献7）にCOM3による再現解析結果を加筆）

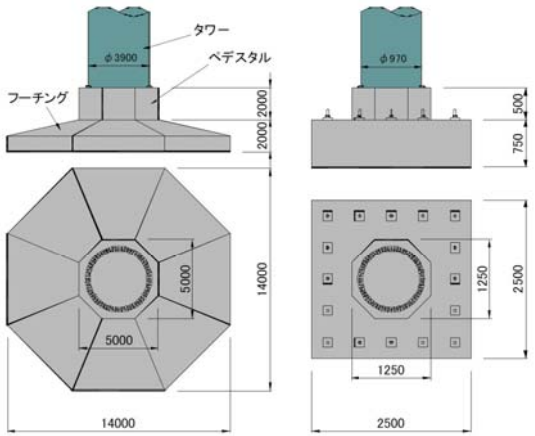
引抜き試験の再現解析結果
（変位－荷重関係）

引抜き試験の再現解析結果
（アンカーボルト応力）

接合部の設計（三次元解析（COM3）の妥当性確認　2/2）

検証2. 鋼製タワー基礎の載荷実験の再現解析

コンクリート基礎とアンカーボルトの定着に関しては，鋼製タワーの載荷実験[8)]との比較により確認されている[9)]。
鋼製タワー柱脚部を模擬した供試体に対して，非線形領域までの載荷実験に対する再現解析が実施されており，非線形領域まで概ね良好に再現されている。検証1. と同様，弾性範囲内での再現性が高いことを確認した。



（文献8）より）

風車基礎の実構造と基準供試体(1/4)の比較

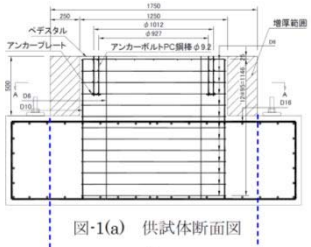
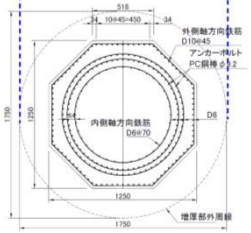
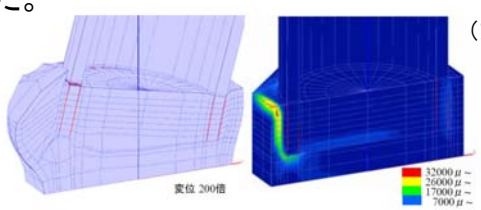


図-1(a)　供試体断面図



供試体平面図（ペデスタル部）

（文献9）より）



（文献9）より）

(a)変形　　(b)主ひずみ

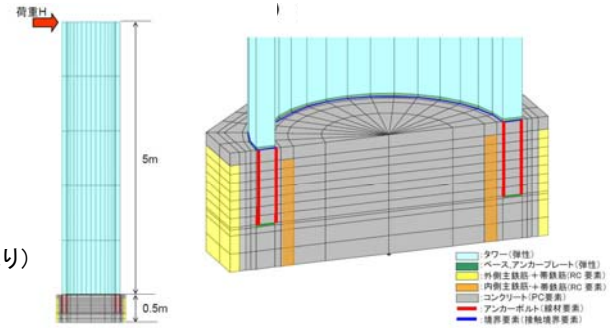
解析結果



（文献9）より）

写真-1　破壊面（基準供試体）

（文献9）より）

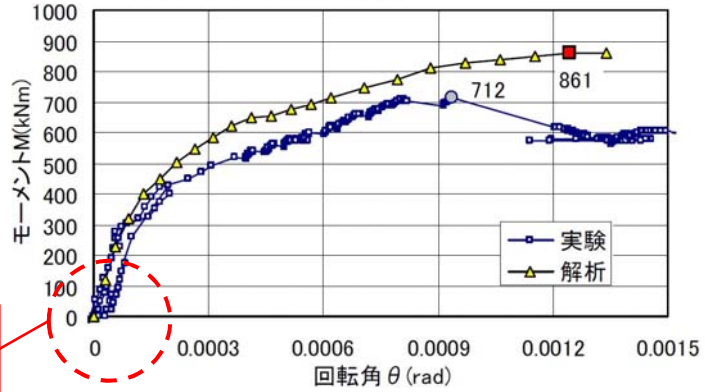


（文献9）より）

全体モデル

解析モデル（ペデスタル）

弾性範囲内の
再現状況



モーメントと回転角の関係（基準供試体）

接合部の設計（設計方法のまとめ1/2 ）

設計方針

- 鋼製防護壁は浸水防護施設であることから，本震時，津波時，余震と津波の重畳時の何れに対しても，構造部材の弾性範囲内で設計を行う。
- 鋼製防護壁本体の自重及び地震や津波による設計荷重を確実に基礎へ伝達させる。
- 引抜き力に対しては，設計上アンカーボルトのみで負担できる設計とする。
  →「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」に準拠する。
- 水平回転モーメントと水平力によるせん断力に対しては，設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担できる設計とする。
  →「道路橋示方書（日本道路協会）」，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会）」，「道路土工カルバート工指針」（日本道路協会）に基づく。

設計における適用基準と許容限界

	部　位	照査項目	許容限界（照査応力度）　※上段は基準津波を考慮する場合　下段はT.P.+24m津波を考慮する場合	許容限界が弾性範囲内か保有水平耐力範囲かの区分	適用基準
引抜き力（My，My，N）	アンカーボルト	曲げ軸応力	許容応力度×1.5 降伏応力度	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
		引抜き力	許容応力度×1.5 許容応力度×2.0	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
		コーンせん断（鉄筋補強あり）	許容応力度×1.5	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
水平力（Sx，Sy） 水平回転モーメント（Mz）	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリート	鉄筋応力	許容応力度×1.5 降伏応力度	弾性範囲内	道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編）（SD490）
		コンクリート応力（圧縮応力）	許容応力度×1.5 許容応力度×2.0	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		コンクリート応力（水平力によるせん断応力）	許容応力度×1.5 許容応力度×2.0	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		コンクリート応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	許容応力度×1.5 許容応力度×2.0	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針

接合部の設計（設計方法のまとめ2/2 ）

直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性及び接合部の設計方法の妥当性確認

◇三次元解析（COM3）による確認

【直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性確認】

・設計荷重に対する各部材の応力が弾性範囲内に収まっていることを確認する。

・三次元の詳細な解析により，アンカーボルト1本ごとの応力状態や部位ごとの応力分布を確認し，設計荷重に対して構造健全性を確保していることを確認する。

【接合部の設計方法の妥当性確認】

・アンカーボルトと中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートは，準拠する技術基準を各部材ごとに適用して，それぞれが負担すべき設計荷重を弾性範囲内で受けもてる弾性設計を行うが，これらの部材が一体となった三次元構造においても，各部材が弾性範囲内で設計荷重を受けもつことができていることを確認する。

・鋼製防護壁の接合部の中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートには設計基準強度50N/mm^{2}のコンクリートを用いるが，保守的な配慮として，アンカーボルトの定着に関するコンクリートの発生応力度が設計基準強度27N/mm^{2}に対応する照査応力度以内であることを確認する。

・設計荷重を超える荷重に対しては，十分な靭性を有する構造であることを確認し，荷重伝達メカニズムと三次元挙動を把握する。

接合部の設計(参考文献1/3)

番号	参考文献
1)	コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社)土木学会)
2)	道路橋示方書(Ⅱ鋼橋編・Ⅲコンクリート橋編)・同解説 ((社)日本道路協会)
3)	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編) (名古屋高速道路公社)
4)	道路土工カルバート指針 ((社)日本道路協会)
5)	鋼・合成構造標準示方書 ((社)土木学会)
6)	複合構造標準示方書 ((社)土木学会)
7)	前野裕文, 後藤芳顯, 上條崇, 小林洋一 「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
8)	小松崎勇一, 篠崎裕生, 齋藤修一, 原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する実験的検討」, 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1093-1094, 2008. 9
9)	齋藤修一, 小松崎勇一, 原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する解析的検討」 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1095-1096, 2008. 9

番号	掲載理由	内容
1)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートへの水平力によるせん断力に係る設計式の引用
2)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートへの水平回転モーメントによるせん断力に係る設計式の引用 鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
3)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	アンカーボルトへの引抜き力に係る設計式の引用
4)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	コンクリート設計基準強度50N/mm^{2}の許容限界について参照
5)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
6)	鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
7)	三次元解析(COM3)の妥当性確認に用いた参考文献	現場引抜き試験結果を引用
8)	三次元解析(COM3)の妥当性確認に用いた参考文献	風力発電の風車基礎部の破壊試験結果を引用
9)	三次元解析(COM3)の妥当性確認に用いた参考文献	8)に係るCOM3の適用性評価結果を引用

接合部の設計（参考文献の変更経緯2/3 ）

第513回審査会合（H29. 9. 26）等で示した文献と今回記載の参考文献

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)	15)	16)	17)	18)
第513回審査会合（H29. 9. 26）で掲載の文献	－	－	●	－	－	－	●	－	－	●	－	－	●	－	●	●	●	－
第555回審査会合（H30. 3. 8）で掲載の文献	－	－	●	－	－	－	●	●	●	●	－	－	●	－	●	●	●	●
第556回審査会合（H30. 3. 20）掲載の文献	●	●	●	－	－	－	●	●	●	●	●	●	●	●	－	－	－	－
今回審査会合（H30. 3. 29）掲載の文献	●	●	●	●	●	●	●	●	●	－	－	－	－	－	－	－	－	－

第５１３回審査会合の「11. 直接定着式アンカーボルトの適用性」に係る記載の中で資料に示した参考文献は，直接定着式アンカーボルトの研究開発に係る実績やアンカーボルトとしての一般的な適用性を説明することを目的に記載したものであり，それらの参考文献が「鋼製防護壁の接合部への適用性」を示すものという意図で記載したものではなかったが，誤解を招く可能性がある表現に留意して再整理を行い，記載の適正化を行った。

鋼製防護壁においては，保守的な配慮として，接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対するアンカーボルトの抵抗力は設計上期待せず，接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては，設計上鉄筋コンクリートのみの耐力でも弾性範囲内で負担可能とするという設計方針である。

この設計方針に基づく直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性及び接合部の設計方法の妥当性の確認については，事業者として三次元解析（COM3）により実施することを以前から予定していたものであり，ほどなくして，工認段階で詳細説明する予定であった次第である。

接合部の設計(参考文献の変更経緯3/3)

	番号	参考文献	内容
鋼製防護壁の接合部の設計において準拠する文献	1)	コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社)土木学会)	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートへの水平力によるせん断力に係る設計式の引用
	2)	道路橋示方書(Ⅱ鋼橋編・Ⅲコンクリート橋編)・同解説 ((社)日本道路協会)	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートへの水平回転モーメントによるせん断力に係る設計式の引用 鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
	3)	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編) (名古屋高速道路公社)	アンカーボルトへの引抜き力に係る設計式の引用
	4)	道路土工カルバート指針 ((社)日本道路協会)	コンクリート設計基準強度50N/mm^{2}の許容限界について参照
	5)	鋼・合成構造標準示方書 ((社)土木学会)	鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
	6)	複合構造標準示方書 ((社)土木学会)	鋼製防護壁と中詰め鉄筋コンクリートの一体化に関する引用
三次元解析(COM3)の妥当性確認に用いた参考文献	7)	前野裕文, 後藤芳顯, 上條崇, 小林洋一 「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	現場引抜き試験結果を引用
	8)	小松崎勇一, 篠崎裕生, 齋藤修一, 原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する実験的検討」, 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1093-1094, 2008. 9	風力発電の風車基礎部の破壊試験結果を引用
	9)	齋藤修一, 小松崎勇一, 原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する解析的検討」 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1095-1096, 2008. 9	8)に係るCOM3の適用性評価結果を引用
今回の資料においては参考としていない文献	10)	前野裕文, 森成顯, 川津禎男, 永岡弘, 小林洋一 「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	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編 7章アンカー部)(名古屋高速道路公社)が引用している文献であり, 鋼構造物設計基準を通じて間接的に引用していることから今回参考文献から除外した。
	11)	前野裕文, 後藤芳顯, 小畑誠, 小林洋一, 松浦聖 「付着型アンカーボルトを用いた鋼脚柱定着部の耐荷力実験」, 構造工学論文集, Vol.39A, 1993	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編 7章アンカー部)(名古屋高速道路公社)が引用している文献であり, 鋼構造物設計基準を通じて間接的に引用していることから今回参考文献から除外した。
	12)	村田二郎 「引き抜き試験法による鉄筋とコンクリートの付着強度試験方法(案)」, コンクリート工学, Vol.23, No.3, 1985	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編 7章アンカー部)(名古屋高速道路公社)が引用している文献であり, 鋼構造物設計基準を通じて間接的に引用していることから今回参考文献から除外した。
	13)	山本卓也, 前野裕文, 鈴木信勝, 深田清明 「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	鋼構造物設計基準(Ⅱ鋼製橋脚編 7章アンカー部)(名古屋高速道路公社)が引用している文献であり, 鋼構造物設計基準を通じて間接的に引用していることから今回参考文献から除外した。
	14)	前野裕文, 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖 「引き抜き力を受ける付着型アンカーボルトの定着部の破壊機構に関する研究」, 土木学会論文集.No.441.1992. 1	7)が解析を行うために参照している文献であり, 今回の設計において引用しないため参考文献から除外した。
	15)	前野裕文, 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖, 小林洋一「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	異形棒鋼並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の文献であり, 今回の設計において引用しないため参考文献から除外した。
	16)	前野裕文, 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖 「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	異形棒鋼並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の文献であり, 今回の設計において引用しないため参考文献から除外した。
	17)	小畑誠, 後藤芳顯, 松浦聖, 前野裕文 「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の文献であり, 今回の設計において引用しないため参考文献から除外した。
	18)	Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H.onlinearMechanics of Reinforced Concrete, Spon Press, London, 2003	三次元解析(COM3)で用いる構成則のモデル化が適正であることを鉄筋コンクリート版の載荷実験により確認している文献であるが, 直接引用していないため参考文献から除外した。

9. 施工実績（直接定着式アンカーボルト）（1／3）

9. 施工実績（直接定着式アンカーボルト）（2／3）

9. 施工実績（直接定着式アンカーボルト）（3／3）

【参考資料2】 三次元解析（COM3）の概要

項 目	コード名　COM3
使用目的	鉄筋コンクリート構造物の三次元非線形動的／静的解析
開発機関	東京大学コンクリート研究室
開発時期	1980年～
使用したバージョン	Ver. 9.15
計算機コードの概要	COM3は，構造部材の材料非線形特性を考慮できる三次元FEM解析コードである。
検証（Verification） 及び 妥当性確認 （Validation）	【検証（Verification）】 本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。 ・計算に用いる構成則のモデル化が適正であることは，鉄筋コンクリート版に関する載荷実験と応力～ひずみ関係を比較することで確認している※1。 ・本解析コードに新たに組み込んだバイリニア型の地盤バネは，応答変位とバネ反力の関係が設定した理論値と一致することを確認している。 ・鋼製防護壁と基礎を接続する直接定着方式のアンカーボルトは，引抜き時の引抜き特性が実験結果をとりまとめた論文※2の結果とCOM3を用いた解析結果が良く一致することを示した。 【妥当性確認（Validation）】 本計算機コードの検証の内容は，以下のとおりである。 ・鉄道施設や電力設備については，鉄筋コンクリート構造物の耐震性能や耐力評価に本解析コードが使用されており，十分な使用実績があるため，信頼性があると判断できる。 ・コンクリート基礎とアンカーボルトの定着に関しては，鋼製タワーの載荷実験※3との比較により確認している※4。

※1：Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H.：Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, Spon Press, London, 2003.
※2：前野裕文，後藤芳顯，上條崇，小林洋一 「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
※3：小松崎勇一，篠崎裕生，齋藤修一，原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する実験的検討」，土木学会第63回年次学術講演会，pp.1093-1094，2008．9
※4：齋藤修一，小松崎勇一，原田光男 「風車基礎ペデスタルの引抜きせん断耐力に関する解析的検討」 土木学会第63回年次学術講演会，pp.1095-1096，2008．9

立坑構造の屋外重要土木構造物の設計方針

目　次

1.　立坑構造の屋外重要土木構造物 1
2.　評価方針 2
3.　評価条件 5
4.　水平断面の設計 17
4.1　円筒形立坑 17
4.1.1　頂版の設計 19
4.1.2　中床版の設計 21
4.1.3　底版の設計 22
4.2　矩形立坑 24
4.2.1　側壁の設計 24
4.2.2　頂版及び中床版の設計 28
4.2.3　底版の設計 30
5.　底版・中床版等の隅角部の影響評価方針（曲げ） 31
5.1　矩形立坑 31
5.2　円筒形立坑 33
6.　カルバート接続部の設計 35

1.　立坑構造の屋外重要土木構造物

図 1－1 に立坑構造の屋外重要土木構造物の配置図を示す。

立坑は，直接岩盤に設置する構造物の底面長さに対して，高さ方向に長い構造である。

立坑構造の施設としては，円筒形のものとしてＳＡ用海水ピット取水塔，ＳＡ用海水ピット，代替淡水貯槽がある。矩形のものとしては，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），常設低圧代替注水系ポンプ室及び緊急用海水ポンプピットがある。

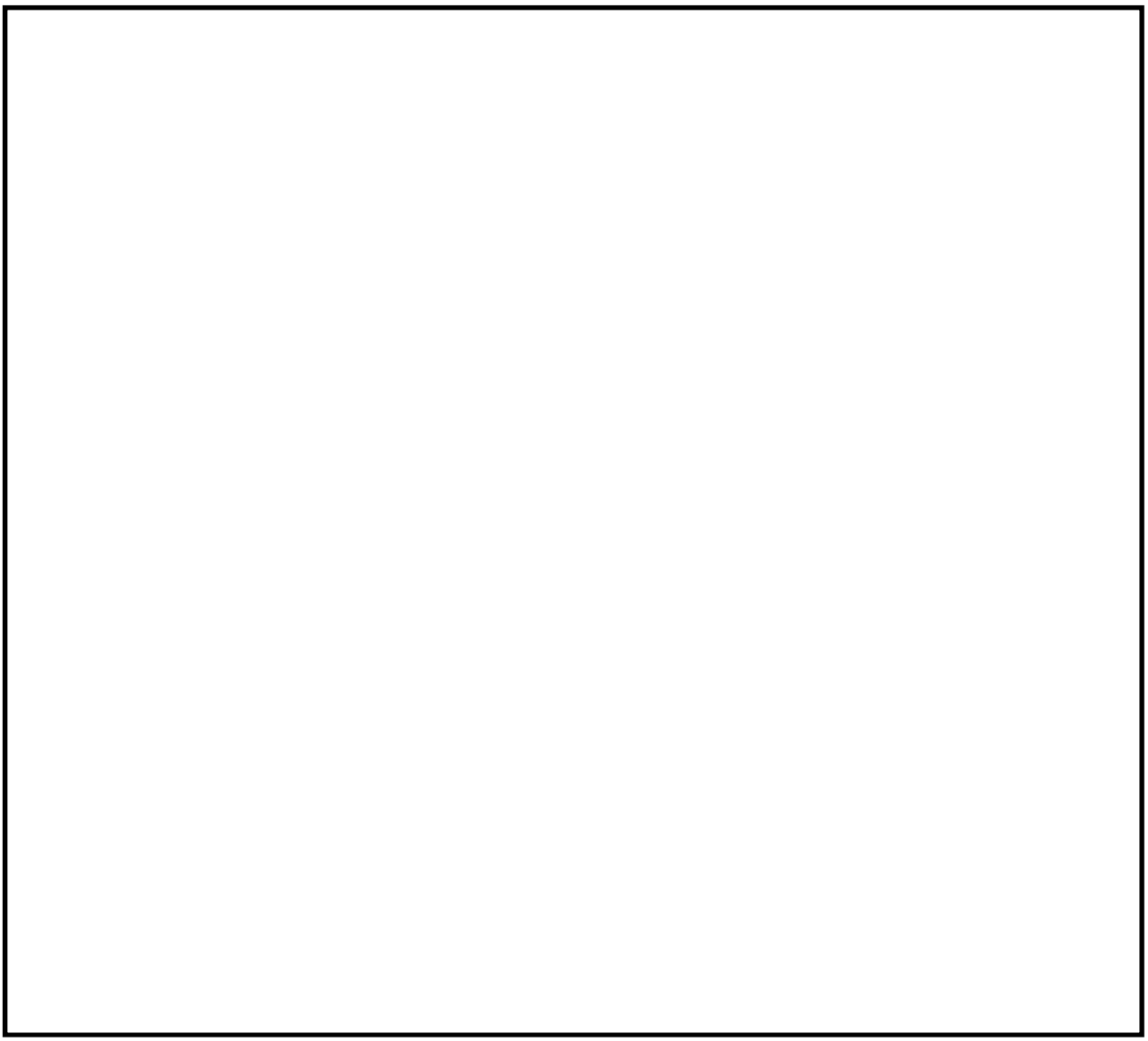


図 1－1　屋外重要土木構造物の平面配置図

2.　評価方針

立坑構造の屋外重要土木構造物の耐震評価では，地盤と構造物の相互作用を考慮する２次元有効応力解析により得られる解析結果に基づき，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

鉛直断面の健全性評価については，地震応答解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面の健全性評価については，地震応答解析結果より，各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して静的フレーム解析を実施し，発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

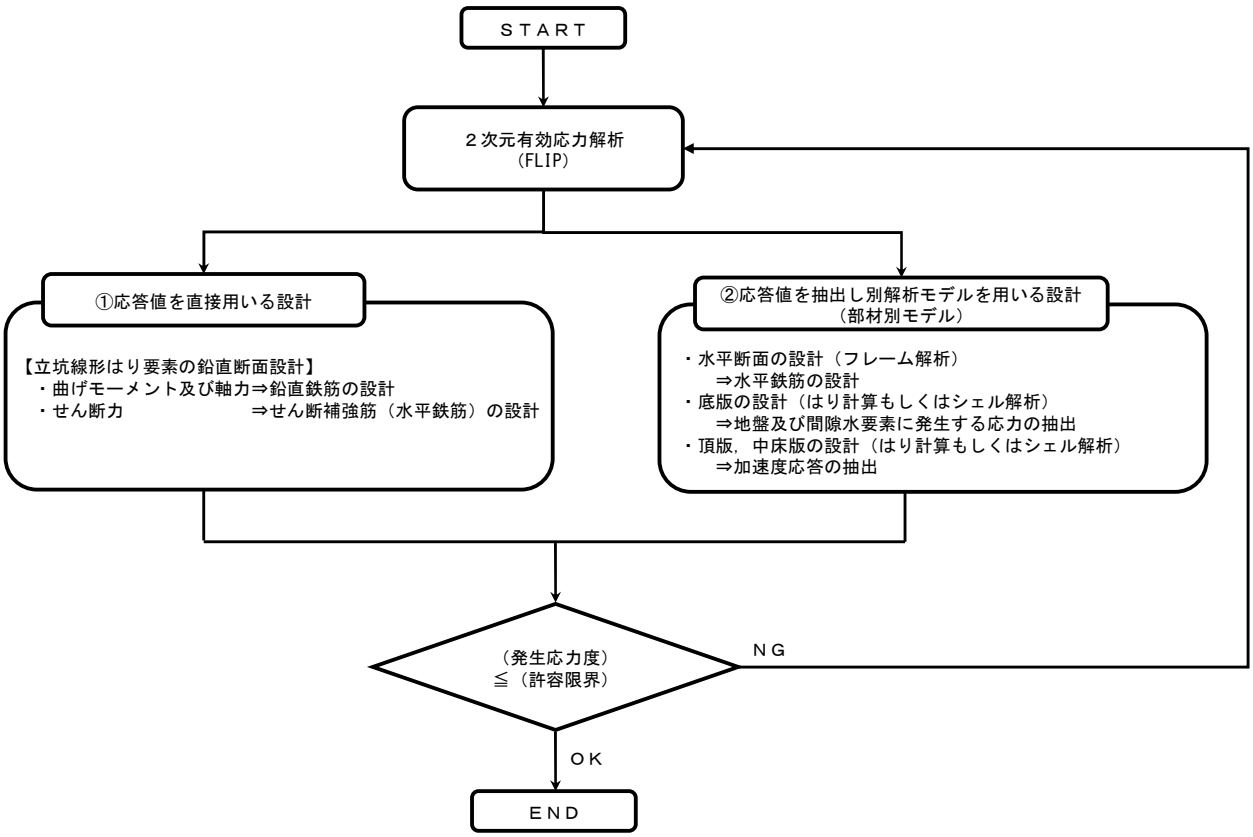
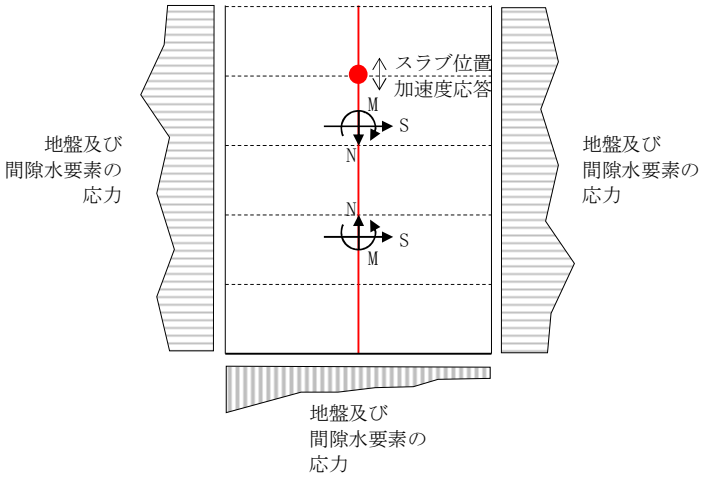


図 2－1　部材評価フロー

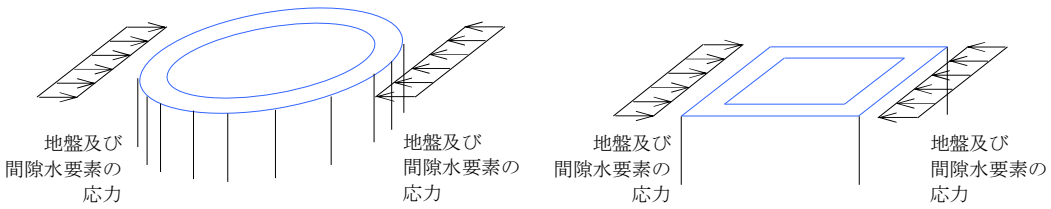


a)　２次元有効応力解析からの応答値の抽出



円筒形立坑　　矩形立坑

b)　立坑線形はり要素の鉛直断面設計



円筒形立坑　　矩形立坑

c)　水平断面の設計（フレーム計算）



底版　　頂版及び中床版の設計

d)　スラブの設計

図 2－2　部材評価概念図

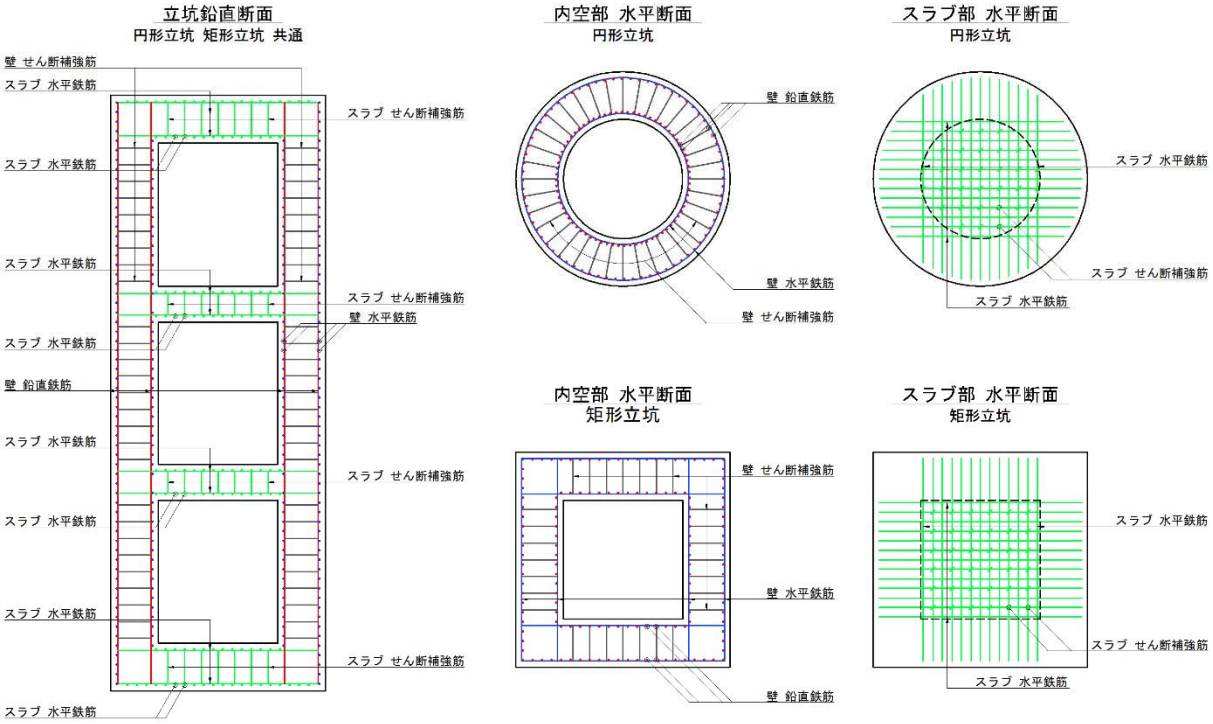


図 2－3　各部材評価で照査対象とする鉄筋

表 2－1　各部材評価で照査対象とする鉄筋

部材	照査対象鉄筋	記号	部材評価
壁	鉛直鉄筋	―	立坑線形はり要素の鉛直断面設計（曲げモーメント及び軸力）
	水平鉄筋	―	立坑線形はり要素の鉛直断面設計（せん断力）
			水平断面の設計（曲げモーメント及び軸力）
	せん断補強筋	―	水平断面の設計（せん断力）
底版	水平鉄筋	―	底版の設計（曲げモーメント）
	せん断補強筋	―	底版の設計（せん断力）
頂版及び中床版	水平鉄筋	―	頂版及び中床版の設計（曲げモーメント）
	せん断補強筋	―	頂版及び中床版の設計（せん断力）

*注記）　壁の水平鉄筋には，鉛直断面設計におけるせん断力と水平断面の設計における曲げモーメント及び軸力が同時に作用するため，各々に対して必要となる鉄筋量を足し合わせた鉄筋量を配置する。

3. 評価条件

(1) 適用基準

適用する規格，基準を表 3－1 に示す。

表 3－1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び 材料定数	・コンクリート標準示方書 ［構造性能照査編］ （（社）土木学会，2002 年制定） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）	―
荷重及び 荷重の組合せ	・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定） ・道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）	・永久荷重＋偶発荷重の適切な組合せを検討 ・水平断面の地震時荷重状態
許容限界	・コンクリート標準示方書 ［構造性能照査編］ （（社）土木学会，2002 年制定） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）	・耐震評価により算定した曲げ圧縮応力，曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認 ・基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認
地震応答解析	・ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）	・有限要素法による２次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

(2) 地下水位

地下水位は地表面とする。

(3) 地震応答解析手法

立坑構造物の地震応答解析は，地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有限要素法を用いて，基準地震動Ｓ$_s$に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。構造梁は，線形はり要素でモデル化する。また，地盤については，有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデル化とする。

地震応答解析については，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 3－1 に示す。

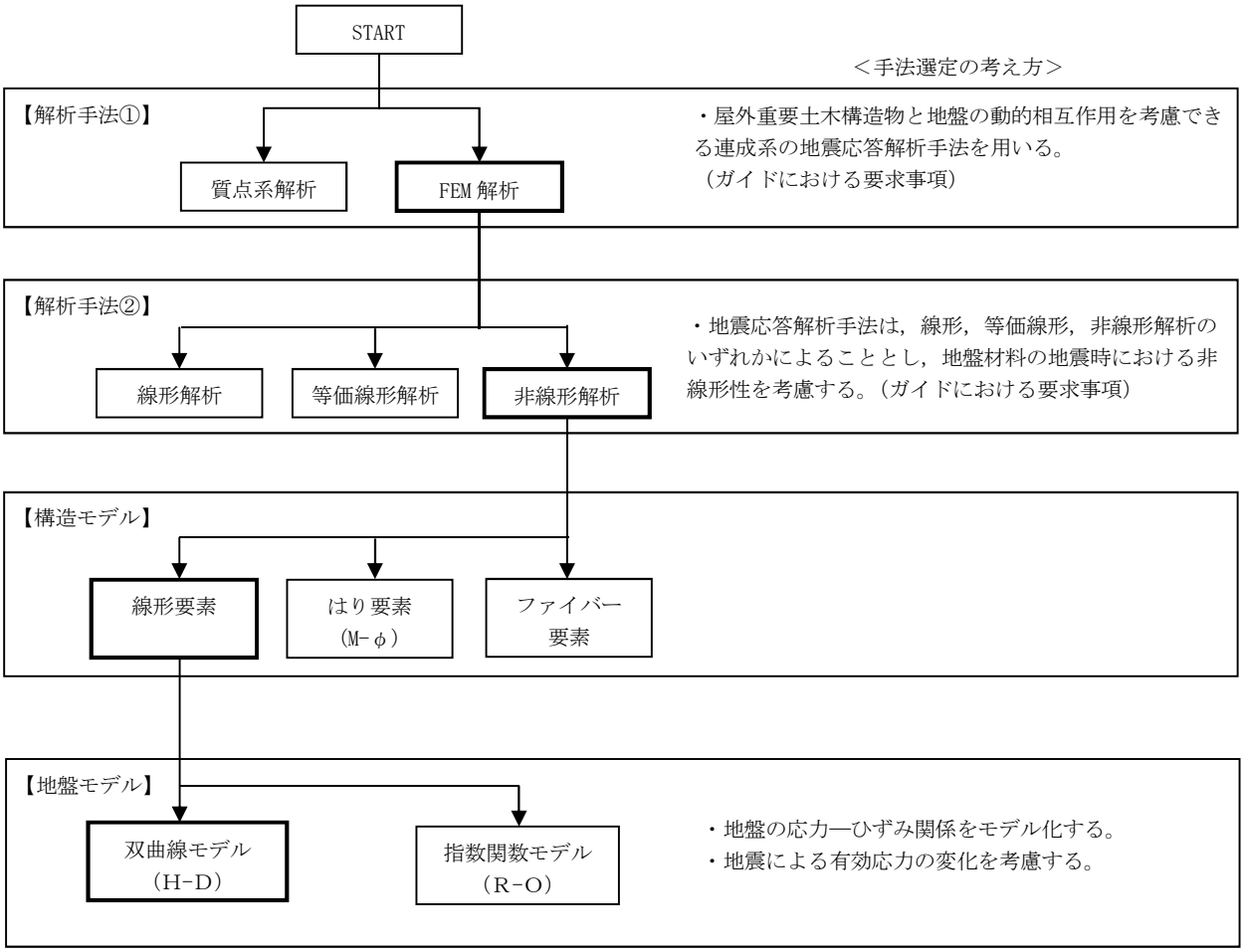


図 3－1　地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

(4)　解析モデル領域

地震応答解析モデル領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。具体的には，ＪＥＡＧ４６０１-1987 を参考に，モデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上，構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の 2 倍以上確保する。なお，解析モデルの境界条件は，側方における波動の反射の影響を低減するとともに，下方への波動の逸散を考慮するために，側面及び底面ともに粘性境界とする。立坑構造物の地震応答解析モデルを図 3－2 に示す。

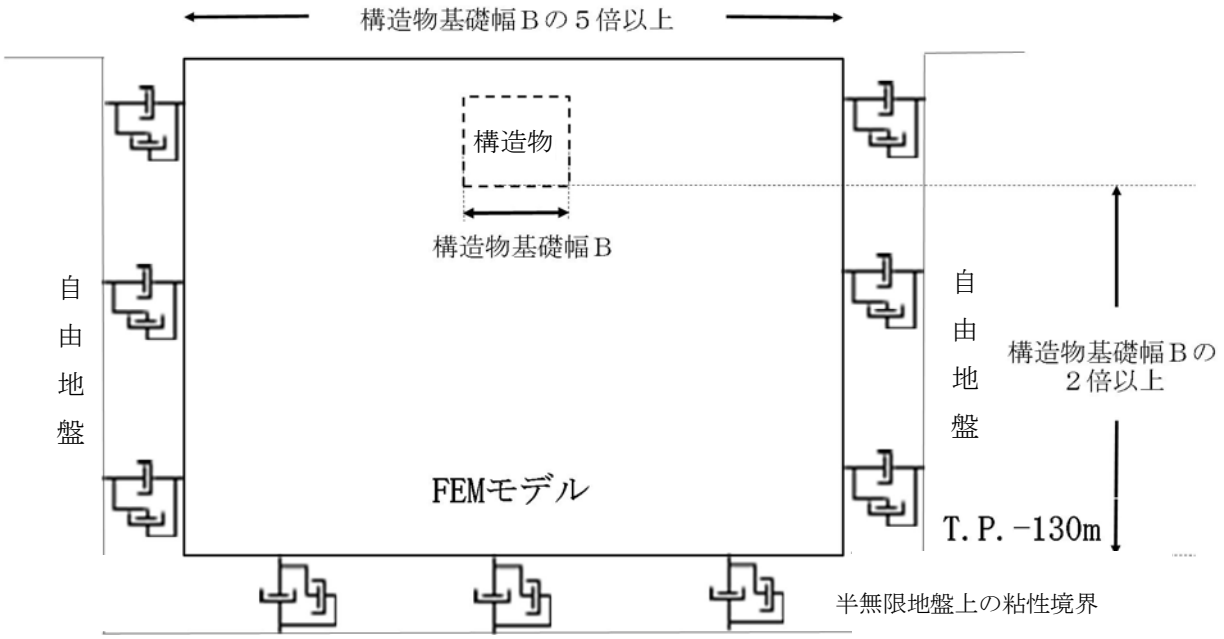


図 3－2　解析モデル領域の考え方

(5)　構造物のモデル化（円筒形立坑及び矩形立坑）

立坑の構造部材は，立坑中心位置での構造梁（線形はり要素）に縮合してモデル化する。

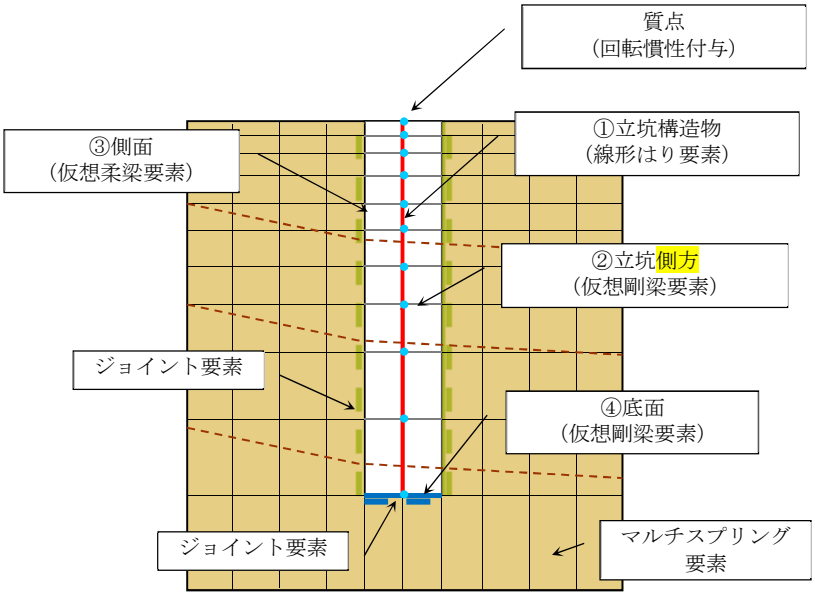


図 3－3　立坑構造物の解析モデル概念図

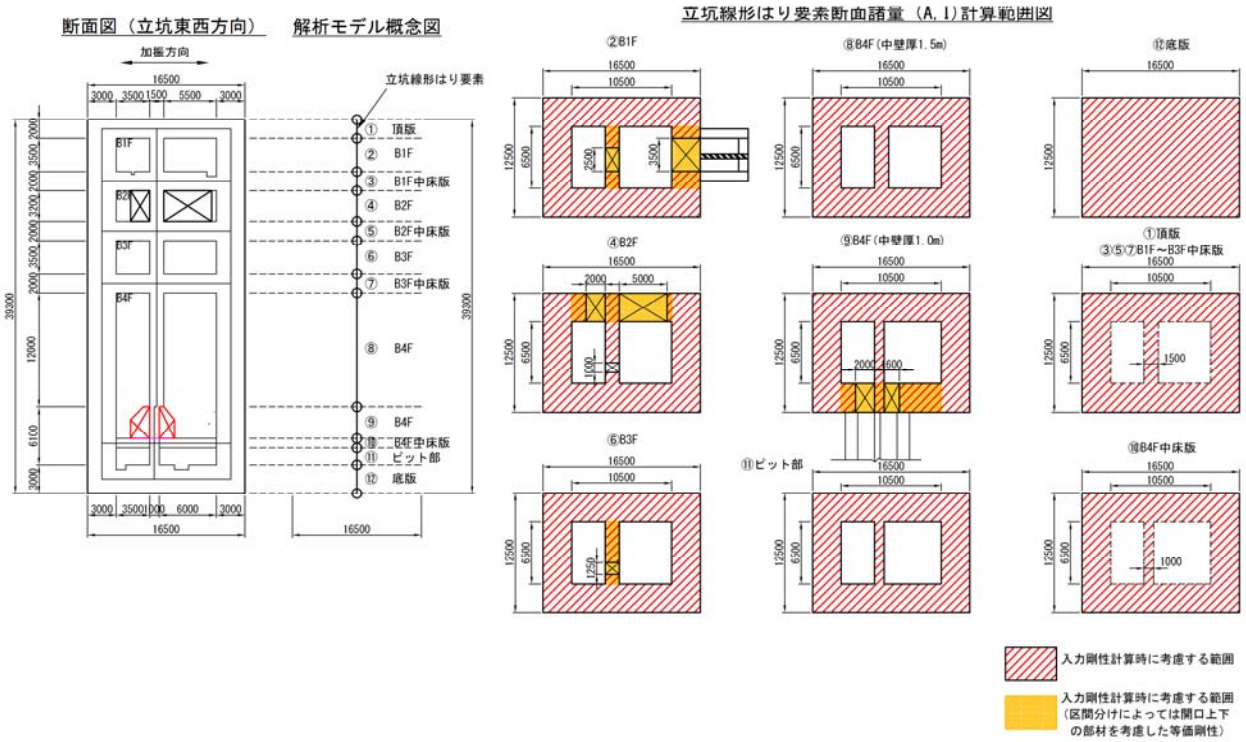


図 3－4　立坑構造物（線形はり要素）の入力剛性設定例（矩形立坑）

①立坑構造物（線形はり要素）

図 3－4 に示すように各層における開口配置を考慮し，開口を控除した断面諸量（断面積 A，断面 2 次モーメント I）を設定する。

開口については，部材厚よりも開口サイズ（1 辺の長さ）が大きい場合には開口として評価する。また，部材厚よりも開口サイズが小さい場合には開口なしとして評価し，実配筋としては，

開口により切断される鉄筋と同等以上を開口部周辺に配置する（周囲への鉄筋の配置で補強が可能な規模の開口については，開口がない部材としての質量ならびに剛性を考慮して断面力を保守的に算定する）。

②立坑側方（仮想剛梁要素）

立坑の構造部材に対して剛な断面性能を有する仮想剛梁として，地盤との相互作用を表現する。

軸剛性＝100×EA

曲げ剛性＝100×EI

質量密度 ρ ＝ポアソン比 ν ＝有効せん断面積＝0.0

③側面（仮想柔梁要素）

側面ジョイント要素との接合面に，解析モデルの挙動に影響を及ぼさないよう十分に柔な断面性能を有する仮想柔梁を配置する。

軸剛性　＝$EA/10^6$

曲げ剛性＝$EI/10^6$

質量密度 ρ ＝ポアソン比 ν ＝有効せん断面積＝0.0

④底面（仮想剛梁要素）

立坑構造部材に対して剛な断面性能を有する仮想剛梁を設定し底面のロッキング挙動を表現する。

軸剛性　＝100×EA

曲げ剛性＝100×EI

質量密度 ρ ＝ポアソン比 ν ＝有効せん断面積＝0.0

ここに，E：コンクリートのヤング率

・側面および底面と地盤との間にジョイント要素を配置し，接合面の剥離及びすべりを考慮する。
・構造梁の質量は節点付加質量および回転慣性で考慮する。
・内部配管，内水，積雪荷重についても節点付加質量で考慮する。積雪については回転慣性も考慮する。

(6)　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(7)　ジョイント要素

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，常時状態以上の引張荷重が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。図 3-5 に，ジョイント要素の考え方を示す。

なお，せん断強度 τf は次式の Mohr－Coulomb 式により規定される。 c ， ϕ は周辺地盤の c ， ϕ とする。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan\phi$$

ここで，

τ_f　：せん断強度

c　：粘着力

ϕ　：内部摩擦角

ジョイント要素のばね定数は，数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として，港湾構造物設計事例集（沿岸開発技術センター）に従い，表 3-2 の通り設定する。

表 3－2　ジョイント要素のばね定数

	せん断剛性 k_s (kN/m^3)	圧縮剛性 k_n (kN/m^3)
側方及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6

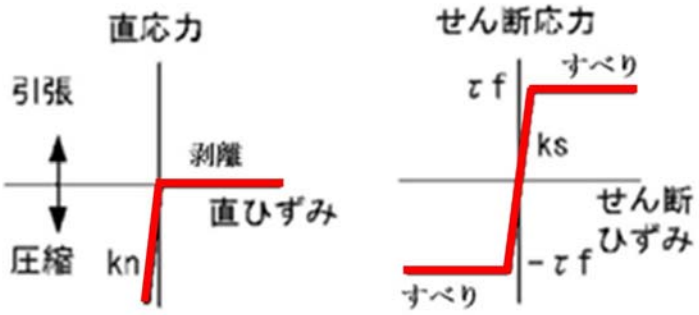


図 3－5　ジョイント要素の考え方

(8)　水荷重

満水状態の範囲においては，固定水として付加質量でモデル化し，自由水面がある範囲については，Westergaard 式により動水圧を考慮する。図 3－6 に水荷重設定に係る概念図を示す。

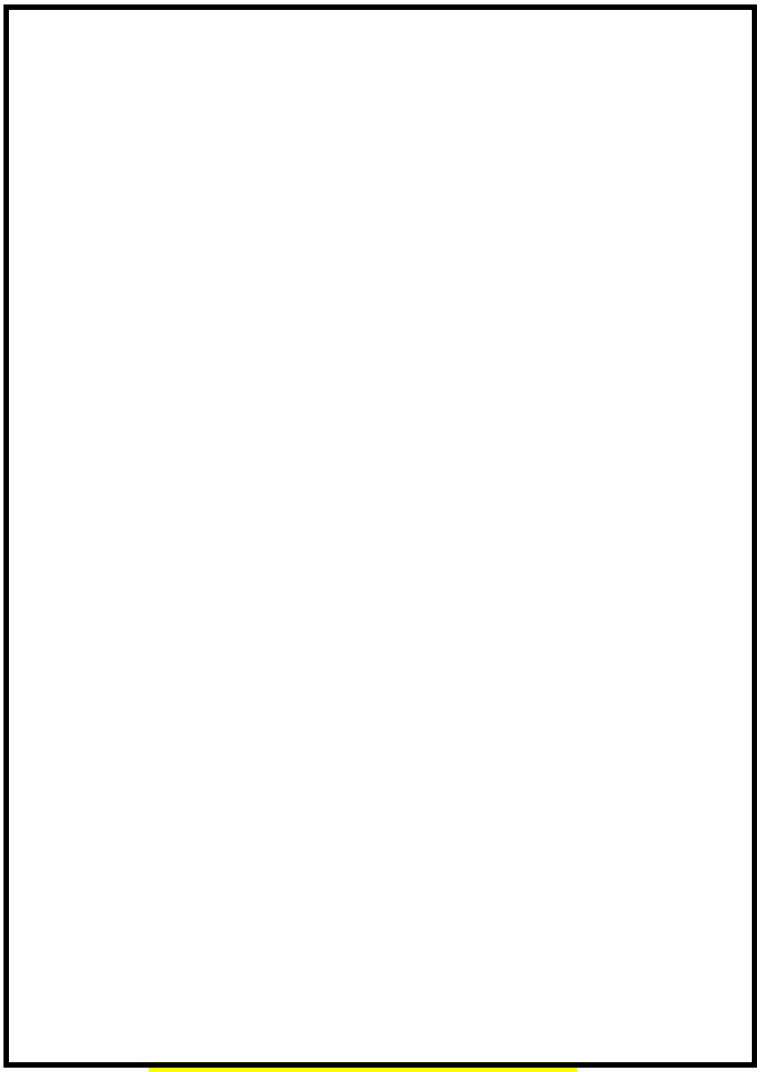


図 3－6　水荷重のモデル化概念図

表 3－3　水荷重の設定

記号	状態	水平	鉛直	内容
◌	自由水面	○		負担高分の動水圧を付加質量として設定する。
◍	自由水面	○		負担高分の動水圧を付加質量として設定する。
			○	中床版より上の容積の水重を付加質量として中床版上面に付加する。
○	満水	○		負担高分の水重を付加質量として付加する。
●	満水	○		負担高分の水重を付加質量として付加する。
			○	中床版より下の内空容積分の水重を 1/2 ずつ付加質量として中床版底面ならびに底盤上面に付加する。初期応力解析時は全水重を底盤上面に付加質量として設定する。

(9)　要素分割

要素分割については，地盤の波動をなめらかに表現するために，対象とする波長に対して 5 または 4 分割した値を考慮し，要素高さを 1m 程度まで細分割して設定する。波長算定のための最大周波数は 20Hz とする。

(10)　評価方針（円筒形立坑）

円形立坑は直交する２断面を解析断面として選定し，２次元有効応力解析を実施し部材の設計を行う。立坑の鉛直鉄筋は２次元有効応力解析にて算出される線形はり要素の発生断面力(曲げモーメント及び軸力）を用いて照査を行う。

円形立坑においては，円周方向に配置した鉛直鉄筋を全断面有効として照査する。

鉛直断面のせん断照査については，発生せん断力 S に対し有効断面積(Aw)で抵抗するものとし，せん断応力度 τ =S/Aw がコンクリート標準示方書に示される許容せん断応力度 τ_{a1} 以下である場合はせん断補強筋は不要である。

せん断応力度が許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋が必要となるが，鉛直断面せん断照査におけるせん断補強筋は，水平断面照査における主鉄筋に相当する。このため両設計で必要となる配筋量を足し合わせた配筋量で設計を行う。

なお，せん断照査においては，コンクリート標準示方書に準拠し，円と同面積を有する正方形断面に対して，せん断抵抗部材の有効高さを設定する。

(11)　評価方針（矩形立坑）

矩形立坑は強軸断面方向及び弱軸断面方向が明確でないことから，矩形立坑二方向を設計断面として選定する。矩形立坑二方向に対し２次元有効応力解析を実施し部材の設計を行う。立坑の鉛直鉄筋は２次元有効応力解析にて算出される線形はり要素の発生断面力（曲げモーメント及び軸力）を用いて照査を行う。

図 3－7 に鉛直鉄筋配置の概念図を示す。鉛直鉄筋を配置する範囲は側壁内－内幅（図 3－7 の青塗り範囲）とし，隅角部に配置される鉛直鉄筋は設計において原則考慮しない。RC 断面計算に用いる鉛直鉄筋配置をこのようにすることで矩形二方向断面を独立して設計することができる。

鉛直断面のせん断照査については，発生せん断力（S）に対し図 3－7 の有効断面積(Aw，図 3－7 の赤塗り範囲)で抵抗するものとし，せん断応力度 τ =S/Aw がコンクリート標準示方書に示される許容せん断応力度 τ_{a1} 以下である場合はせん断補強筋は不要である。

許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋が必要となるが，鉛直断面せん断照査におけるせん断補強筋は，水平断面照査における主鉄筋に相当する。このため両設計で必要となる配筋量を足し合わせた配筋量で設計を行う。

.

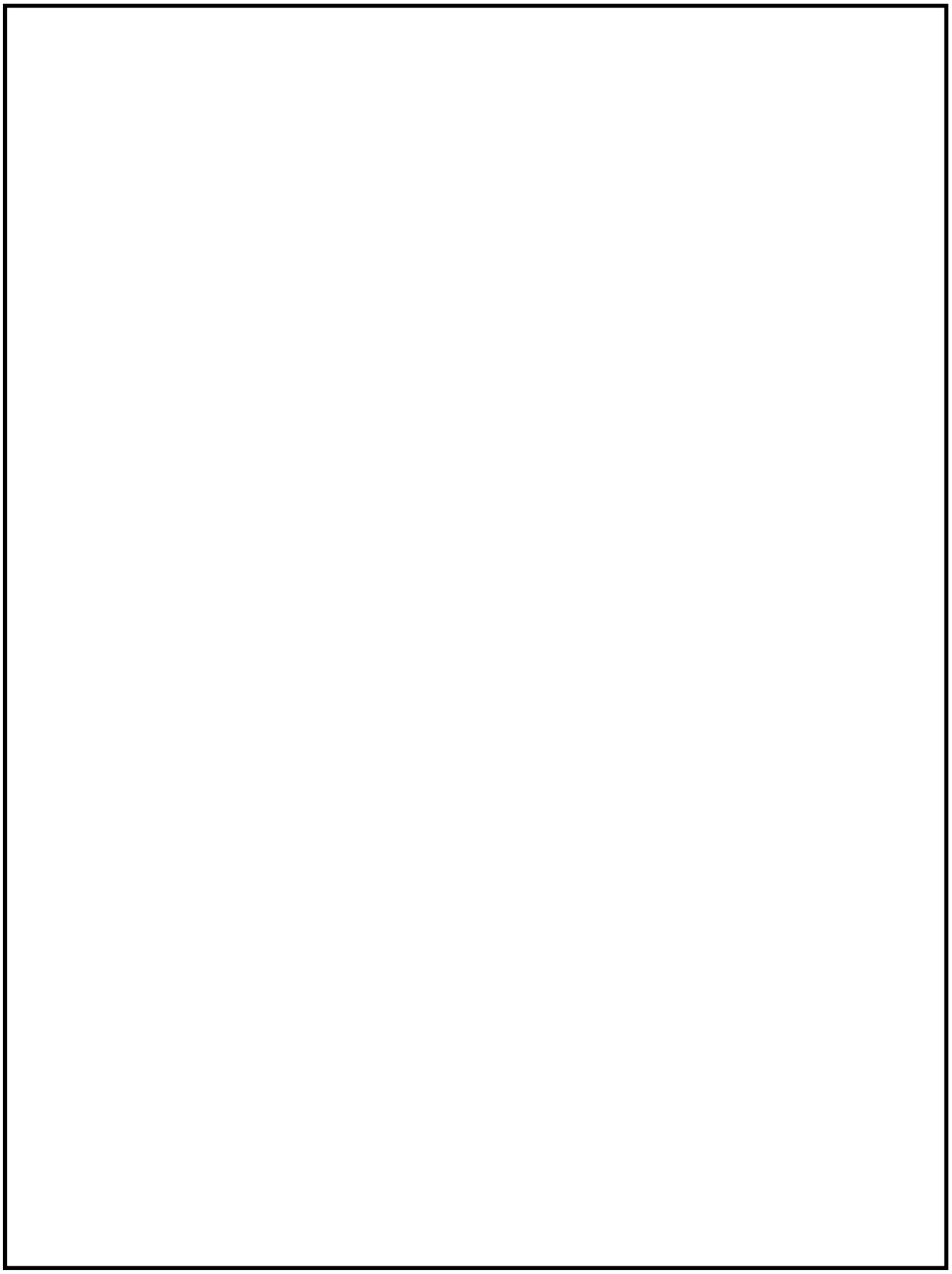


図 3－7　矩形立坑の鉛直鉄筋配置概念図

(12)　開口部の大きさに応じた壁部材の耐震壁としての評価

壁部材の場合，鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999 年版　日本建築学会）に基づき，開口と壁の面積比が 0.4 以下である場合，その壁部材を有開口耐震壁として考慮する。開口と壁の面積比が 0.4 以上である場合は，有開口耐震壁として考慮しない。

19条　耐　震　壁

1.　水平荷重を受ける耐震壁の許容水平せん断力 Q_A は，(22) 式のうち，いずれか大きいほうをとることができる．

$$\left.\begin{aligned} Q_1&=rtlf_s \\ Q_2&=r(Q_w+\Sigma Q_c) \end{aligned}\right\} \quad (22)$$

ただし，r：開口に対する低減率で，(23) 式の r_1 と r_2 のうち，いずれか小さいほうによる．

$$\left.\begin{aligned} r_1&=1-\frac{l_0}{l} \\ r_2&=1-\sqrt{\frac{h_0l_0}{hl}} \end{aligned}\right\} \quad (23)$$

$\left(\text{適用範囲}\ \sqrt{\frac{h_0l_0}{hl}}\leqq 0.4\right)$

Q_w：無開口壁板の壁筋が負担できる許容水平せん断力で，(24) 式による．

$$Q_w=p_stl'f_t \quad (24)$$

ただし，p_s の値が 1.2% 以上の場合は，p_s を 1.2% として計算する．

Q_c：壁板周辺の柱（1 本）が負担できる許容水平せん断力で，(25) 式による．

$$Q_c=bj\{1.5f_s+0.5_wf_t(p_w-0.002)\} \quad (25)$$

ただし，p_w の値が 1.2% 以上の場合は，p_w を1.2% として計算する．

記号　t：壁板の厚さ
l：壁板周辺の柱中心間距離
h：壁板周辺の梁中心間距離
l_0：開口部の長さ
h_0：開口部の高さ
l'：壁板の内法長さ
h'：壁板の内法高さ
p_s：壁板の直交する各方向のせん断補強筋比のうち小さいほうの値
f_s：コンクリートの短期許容せん断応力度
f_t：壁筋のせん断補強用短期許容引張応力度

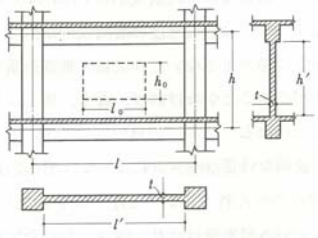


図 9

一方，本規準で定める等価開口周比を適用し非構造部材と判断し構造計算上その存在を無視した有開口壁や，安易なスリット配置で非構造部材と見なした壁などの存在が被害を大きくした原因となった事例も報告されている[1]が，本規準では耐震壁とみなされる条件を等価開口周比で示し，開口が大きい（$\sqrt{h_0l_0/hl}>0.4$）壁は剛域を考慮したラーメン解法によってその応力を求めることが適当であるとしている．すなわち，等価開口周比はその値の大小によって応力算出モデルが異なることを示すもので，構造計算上，開口壁の存在を無視して良い条件を示すものではないことに注意されたい．

（出典：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1999 年 11 月　日本建築学会）

(13)　側壁の開口部のせん断力に対する考え方

立坑を１本の線形はり要素としてモデル化した場合，加振方向の側壁（耐震壁）は，はり要素のウェブとして機能する。はり要素に発生する面外せん断力に対し，はり要素のウェブでせん断に抵抗するものとし，はり要素の発生せん断応力度 $\tau = S/Aw$ を算定する。このとき Aw ははりの有効せん断面積（＝ウェブの断面積）である。

上記のせん断応力度 τ は，はり要素断面のウェブに発生するせん断応力度であり，平面応力要素に発生する面内せん断応力度相当である。

はり要素のせん断に対する照査は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］2002 年版」に示されるはりの許容せん断応力度に対する設計を行う。はりに発生するせん断応力度 τ がコンクリートのみで受け持つことのできるはりの許容せん断応力度 τ_{a1} 以下であればせん断補強筋は不要であり，τ_{a1} を超える場合ははりのせん断補強筋が必要となる。

以上より，はりのせん断応力度 τ の算定に際し，はりのせん断有効面積（ウェブの面積）について開口がある場合はその影響を考慮して面積を減少させる。この方法によりせん断応力に対する開口の影響を考慮する。

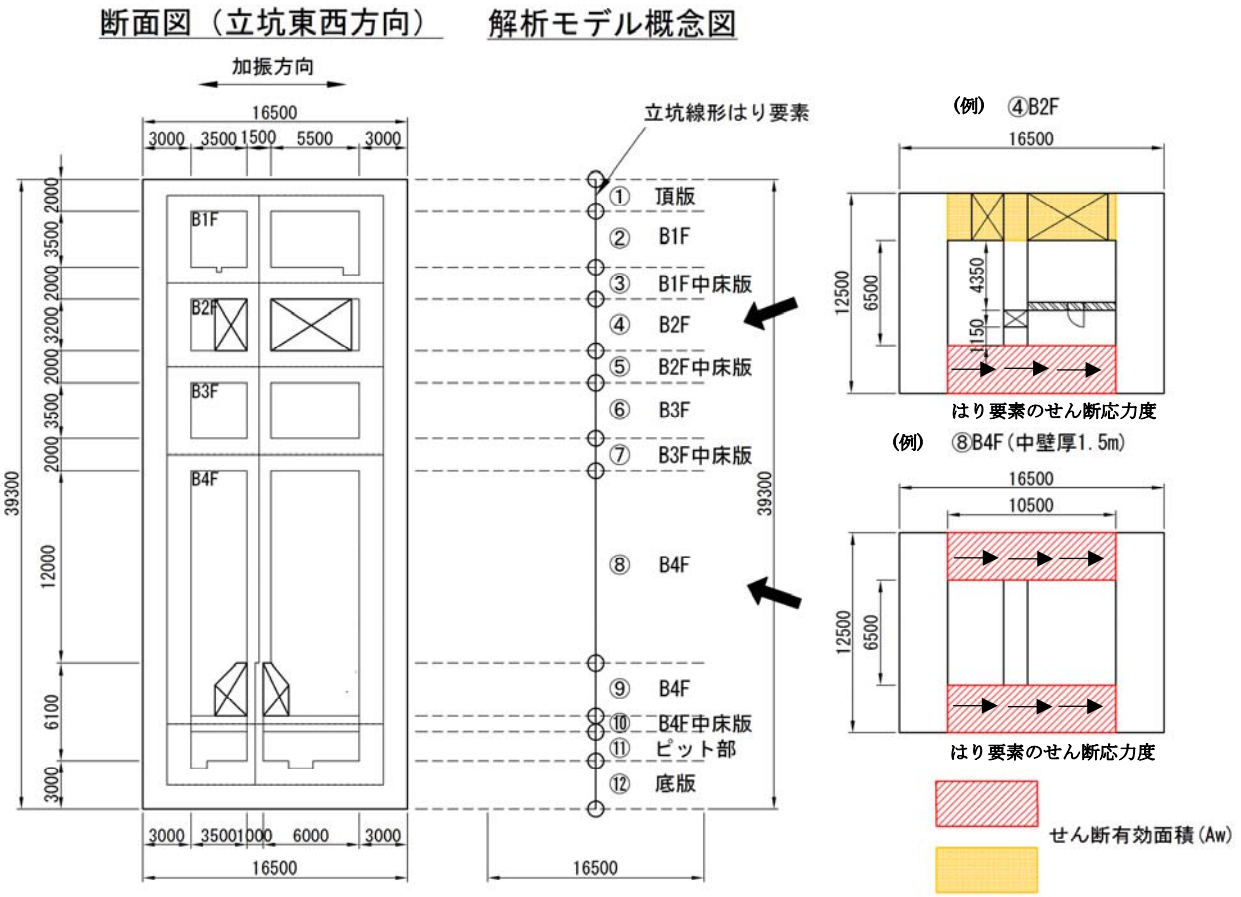


図 3－8　立坑を線形はり要素でモデル化した場合の概念図

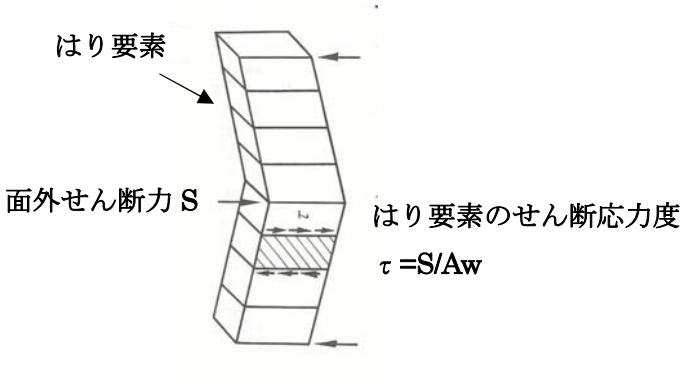


図 3－9　はり要素のせん断変形概念図

4.　水平断面の設計

4.1　円筒形立坑

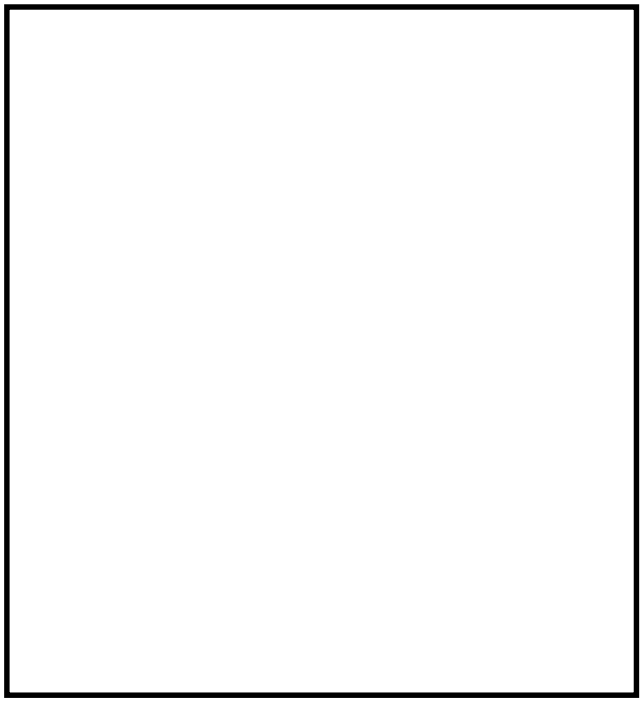
円形立坑の側壁開口の最大箇所はＳＡ用海水ピットならびにＳＡ用海水ピット取水塔で，内径 1.2m の鋼製管によるものであるが，立坑とは岩盤内で接続すること，周長及び壁厚に比べて開口規模が小さいことから，影響は微小であると考えられる。したがって開口によって不足する鉄筋ならびに補強鉄筋を開口部周囲に配置する設計とする。

立坑水平断面については，側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により照査を行なう。

地震時の立坑鉛直はり変位と地盤変位の関係により，立坑線形はり要素両側の立坑側方仮想剛梁に圧縮軸力が発生する場合（両押し）と，片側のジョイント要素が剥離して片側の仮想剛梁のみに圧縮軸力が発生する場合（片押し）の状況が想定される。水平断面評価においてはこの両押し，片押しの両者の状況を踏まえて評価を実施する。

水平断面の設計荷重は，片押し時は２次元有効応力解析により得られる立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））の前背面差分が最大となる位置の応答を抽出し，片側のみにこの地盤反力を作用させる。両押し時は，立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））が最大となる位置の応答を抽出し，同時刻の背面側の荷重とともに両側から作用させる。

常時荷重については静止土圧及び静水圧を考慮する。設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）及び最深部（最大）の常時荷重を算定し，静的フレーム解析に用いる。



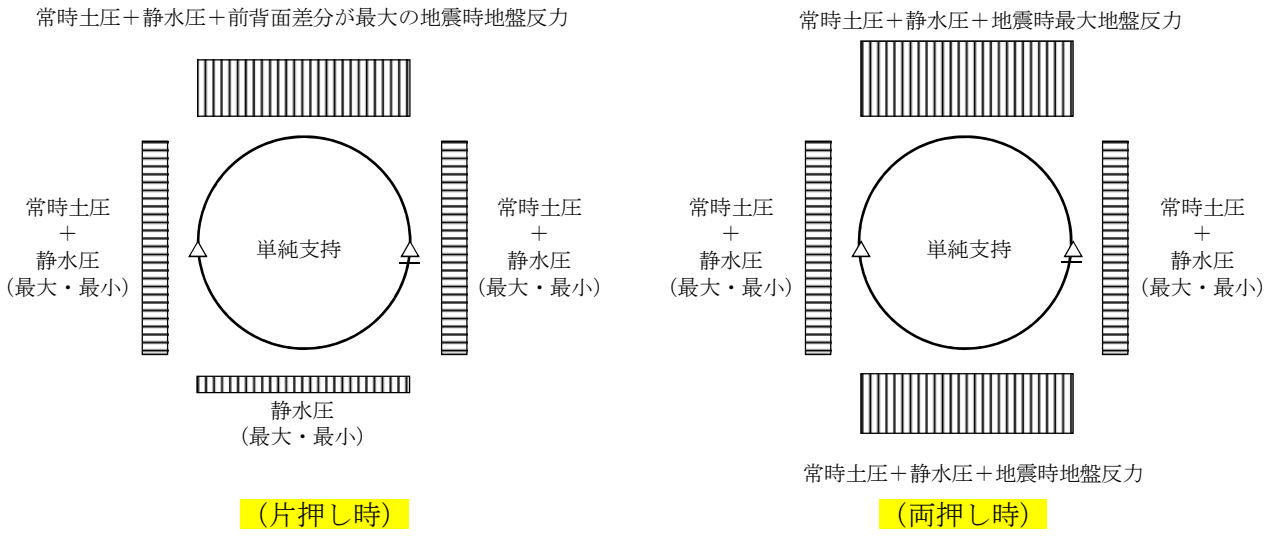


図 4.1－1　円形立坑の水平断面解析モデル概念図

4.1.1　頂版の設計

(1)　ＳＡ用海水ピット

可搬用ポンプ投入口による開口が一定間隔で配置されることから，開口の間を通る補強梁として設計する。概念図を図 4.1.1－1 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし，境界条件は単純支持とする。

設計荷重としては，面外方向に躯体及び積雪の慣性力を静的に作用させる。

中央の梁①の設計においては，頂版に作用する全荷重を負担するものとして設計することで，梁②の設計における支点反力を改めて考慮する必要はない。

慣性力については，２次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し，重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を，頂版上下面に配置する。

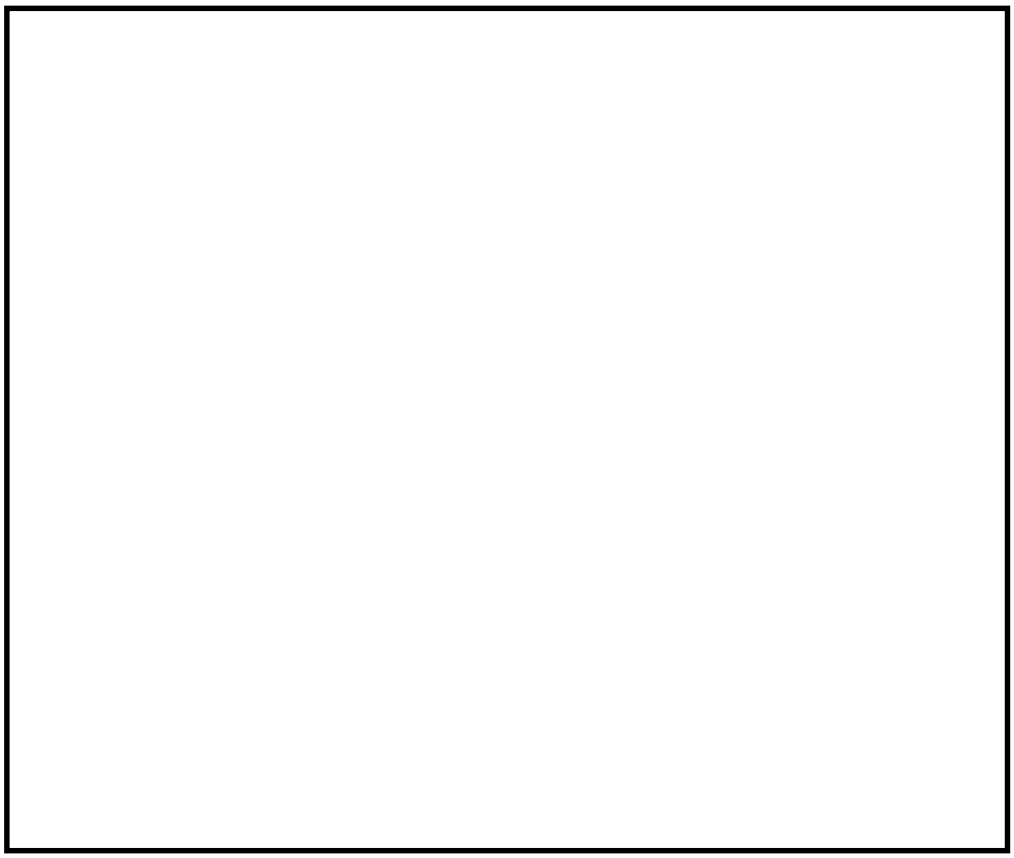


図 4.1.1－1　ＳＡ用海水ピットにおける頂版の設計モデル概念図

(2)　ＳＡ用海水ピット取水塔

海水の取水口による開口が半月状に存在することから，残りの半月状の版に対して単位幅のはりとして断面力を算出し設計する。概念図を図 4.1.1－2 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし，境界条件は単純支持として設計する。

設計荷重としては，面外方向に躯体の慣性力を静的に作用させる。

慣性力については，２次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し，重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を，頂版上下面に格子状に配置する。



図 4.1.1－2　ＳＡ用海水ピット取水塔における頂版の設計モデル概念図

4.1.2　中床版の設計

円形立坑のうち，ＳＡ用海水ピットのみ中床版を有する。

ＳＡ用海水ピットの中床版には，津波に伴う水位上昇による可搬型ポンプの揺動を低減するための開口が存在するが，開口の床版面積に占める割合は小さいことから開口は考慮せず，単位幅の版として断面力を算出し設計する。概念図を図 4.1.2－1 に示す。

スパンは頂版が接続する側壁の中心間距離とし，境界条件は単純支持とする。

設計荷重としては，面外方向に躯体の慣性力を静的に作用させる。

慣性力については，２次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し，重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるはり設計で求めた主鉄筋を，中床版上下面に格子状に配置する。

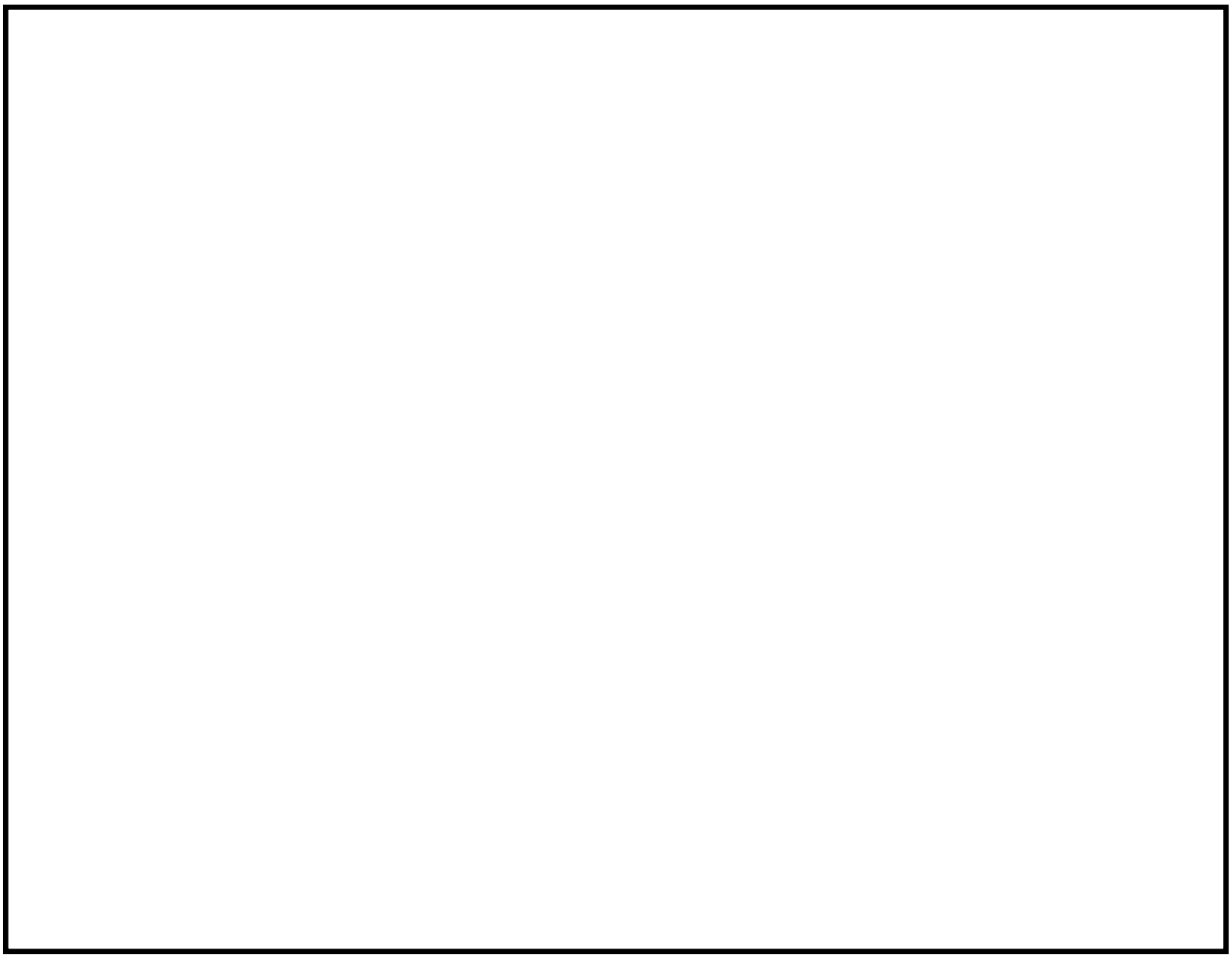


図 4.1.2－1　ＳＡ用海水ピットにおける中床版の設計モデル概念図

4.1.3　底版の設計

底版の設計は，接続する側壁の中心線を境界とするシェル解析を基本として設計断面力を算定するが，単位幅の版としてモデル化し断面力を算出し設計する場合もある。

シェル解析の概念図を図 4.1.3－1 に，単位幅の版の概念図を図 4.1.3－2 に示す。

いずれも境界条件は単純支持とする。

２次元有効応力解析により，底版下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（σy’），間隙水要素の発生応力（Δu）及び静水圧の合計の時刻歴最大値を求め，設計荷重として作用させる。

単純支持によるシェル解析及び単位幅の版設計で求めた主鉄筋を，底版上下面に格子状に配置する。

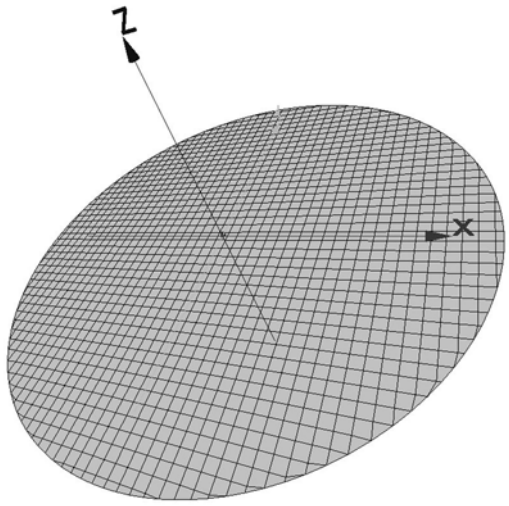


図 4.1.3－1　代替貯水水槽における底版の設計モデル概念図

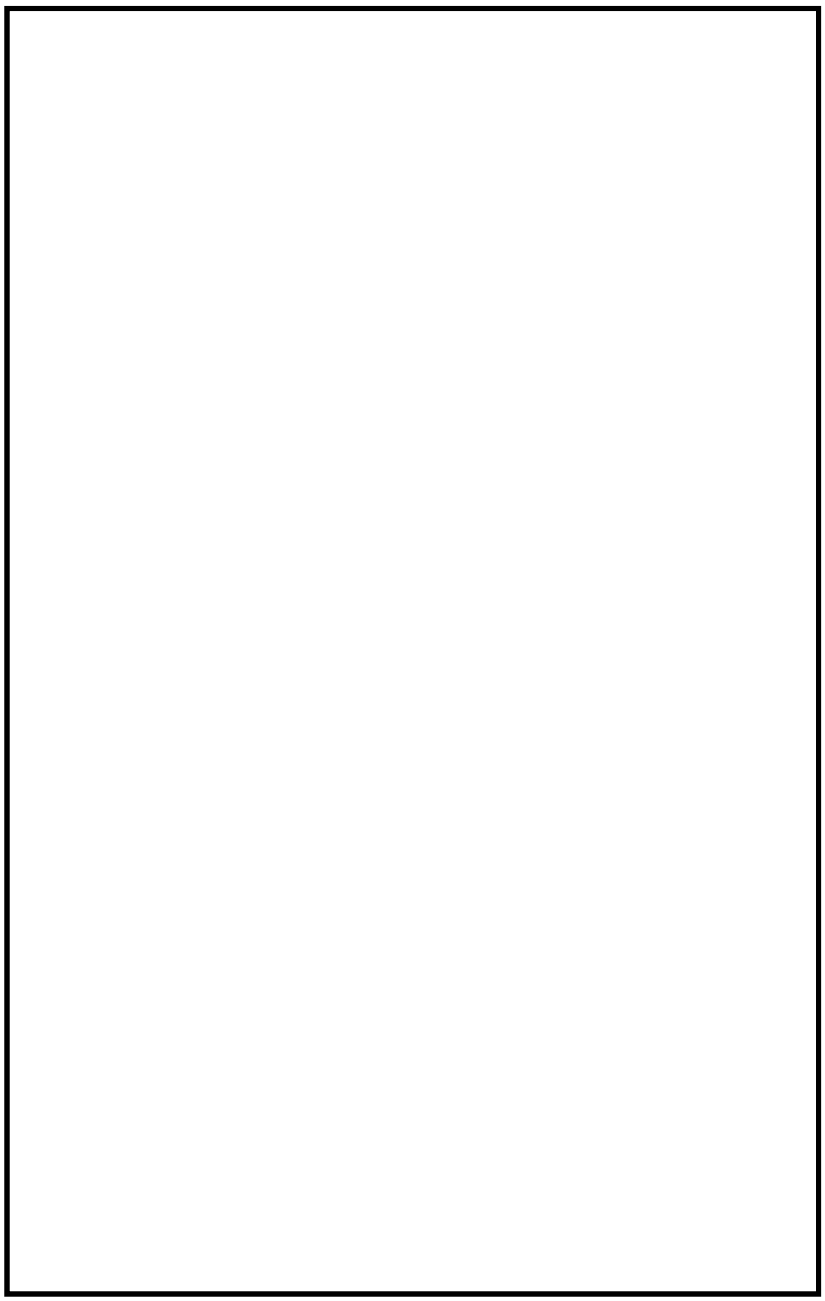


図 4.1.3－2　ＳＡ用海水ピット及びＳＡ用海水ピット取水塔における底版の設計モデル概念図

4.2　矩形立坑

4.2.1　側壁の設計

(1)　開口部がない構造部

立坑水平断面については，立坑側壁及び中壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。

地震時の立坑鉛直はり変位と地盤変位の関係により，立坑線形はり要素両側の立坑側方仮想剛梁に圧縮軸力が発生する場合（両押し）と，片側のジョイント要素が剥離して片側の仮想剛梁のみに圧縮軸力が発生する場合（片押し）の状況が想定される。水平断面評価においてはこの両押し，片押しの両者の状況を踏まえて評価を実施する。

水平断面の設計荷重は，片押し時は２次元有効応力解析により得られる立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））の前背面差分が最大となる位置の応答を抽出し，片側のみにこの地盤反力を作用させる。両押し時は，立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））が最大となる位置の応答を抽出し，同時刻の背面側の荷重とともに両側から作用させる。

常時荷重については静止土圧及び静水圧を考慮する。ある設計断面の適用範囲内において最浅部及び最深部の常時荷重を算定し，静的フレーム解析に用いる。

境界条件については，道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編（ケーソン基礎の設計）に準拠し，単純支持とする。

静的フレーム解析におけるはり要素の要素分割については，土木学会マニュアルに準拠して，各分割要素が断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度の長さとし，各分割要素が部材の断面厚または有効高さの約 2.0 倍の長さを超えないように設定する。

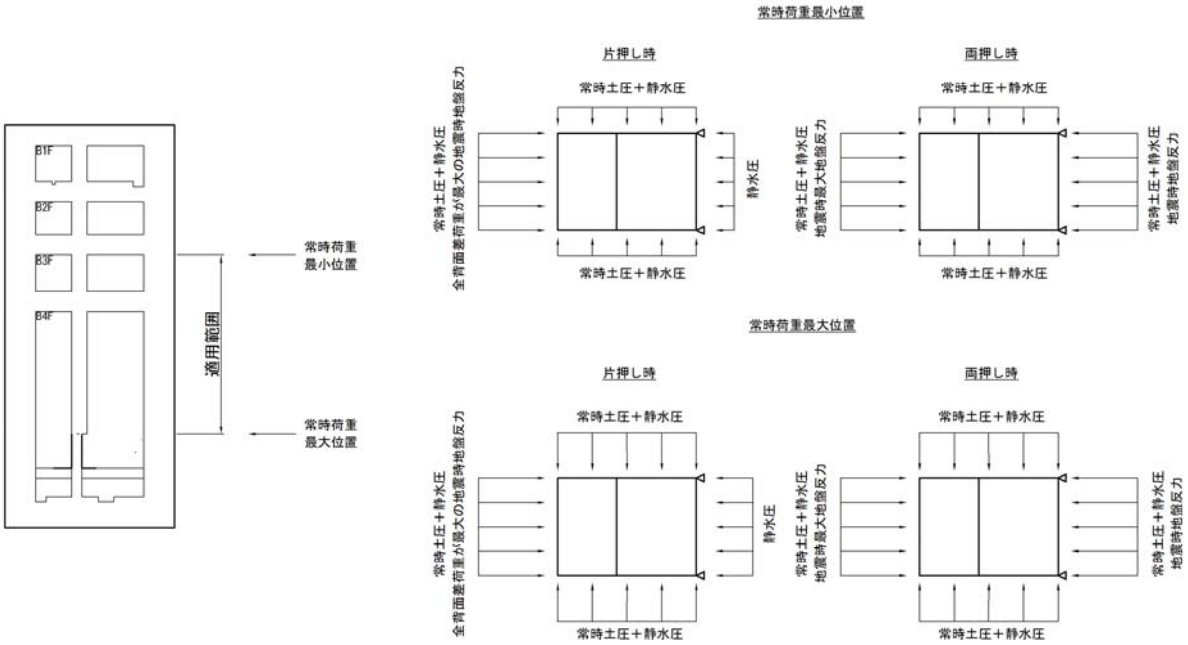


図 4.2.1－1　水平断面解析モデル概念図（開口部がない構造部）

(2)　開口部を含む構造部

側壁に開口がある場合については，立坑側壁及び中壁を線形はり要素としてモデル化し，開口部は開口部上下に位置する部材に相当する等価剛性を入力した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。

等価剛性の設定にあたっては，図 4.2.1－2 に示す全高中に開口上下の部材及び開口部が存在するが，これら剛性を足し合わせ，それを解析奥行 1.0m 相当にして入力する。全高とする範囲は，開口が存在する側壁に接続する上下床版の上面から下面までとする。

得られた断面力に対し水平鉄筋を決定するが，等価剛性を入力した部材（図 4.2.1－2 中赤線にて示す範囲）については，スターラップで内外主鉄筋を拘束するはりの配筋を施すことで対応する。

地震時の立坑鉛直はり変位と地盤変位の関係により，立坑線形はり要素両側の立坑側方仮想剛梁に圧縮軸力が発生する場合（両押し）と，片側のジョイント要素が剥離して片側の仮想剛梁のみに圧縮軸力が発生する場合（片押し）の状況が想定される。水平断面評価においてはこの両押し，片押しの両者の状況を踏まえて評価を実施する。

水平断面の設計荷重は，片押し時は図 4.2.1－2 に示す全高範囲の中で２次元有効応力解析により得られる立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地震時荷重（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））の前背面差分が最大となる位置の応答を抽出し，片側のみにこの地盤反力を作用させる。両押し時は，立坑側方の仮想剛梁要素に作用する地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx’）＋間隙水要素の発生応力（Δu））が最大となる位置の応答を抽出し，同時刻の背面側の荷重とともに両側から作用させる。

常時荷重については，静止土圧及び静水圧を考慮する。設計断面の適用範囲内において最浅部及び最深部の常時荷重を算定し，静的フレーム解析に用いる。

境界条件については，道路橋示方書・同解説　Ⅳ 下部構造編（ケーソン基礎の設計）に準拠し，単純支持とする。

静的フレーム解析におけるはり要素の要素分割については，土木学会マニュアルに準拠して，各分割要素が断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度の長さとし，各分割要素が部材の断面厚または有効高さの約 2.0 倍の長さを超えないように設定する。

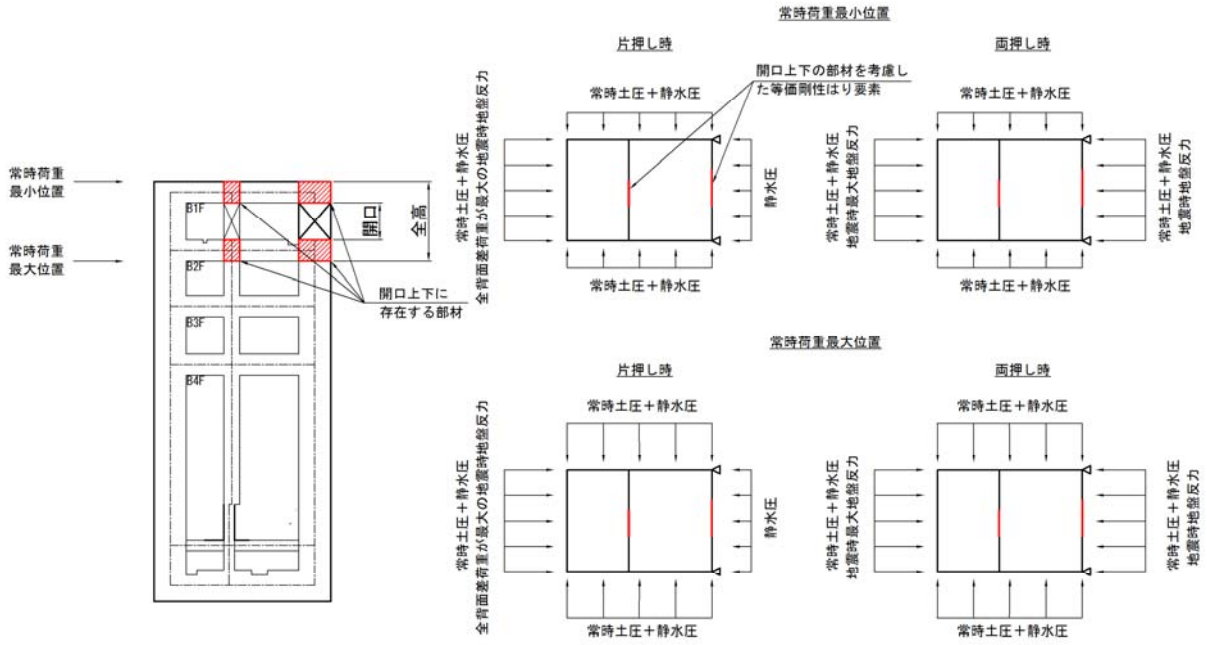


図 4.2.1－2　水平断面解析モデル概念図（開口部を含む構造部）

(3)剛域の考え方

水平断面フレーム解析においては，コンクリート標準示方書【構造性能照査編】2002 年版に準拠し，隅角部に剛域を設ける。

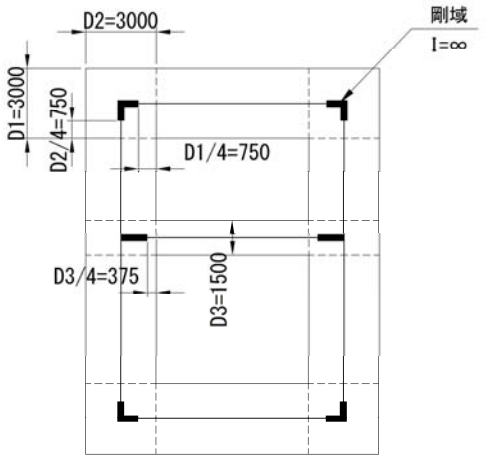


図 4.2.1－3　水平断面フレーム解析における剛域の考え方

4.2.2　頂版及び中床版の設計

頂版及び中床版については，開口形状を模擬したシェル解析により設計断面力を算定する。

スパンは頂版及び中床版が接続する側壁及び中壁の中心間距離とし，境界条件は単純支持とする。

設計荷重は，面外方向に躯体及び機器類の慣性力を静的に作用させる。頂版については積雪の慣性力も考慮する。

慣性力については，２次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し，重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。

単純支持によるシェル解析により求めた主鉄筋を，頂版及び中床版上下面に格子状に配置する。

シェル解析における要素分割については，土木学会マニュアルに準拠して，各分割要素が断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度の長さとし，各分割要素が部材の断面厚または有効高さの約 2.0 倍の長さを超えないように設定する。

シェル要素のアスペクト比については，「コンクリート構造物の設計に FEM 解析を適用するためのガイドライン（1989 年 3 月　日本コンクリート工学協会)」を参考に原則 1:1 とし，最大でも 1:5 程度を限度とする。

図 4.2.2-4 にガイドラインの抜粋を示す。

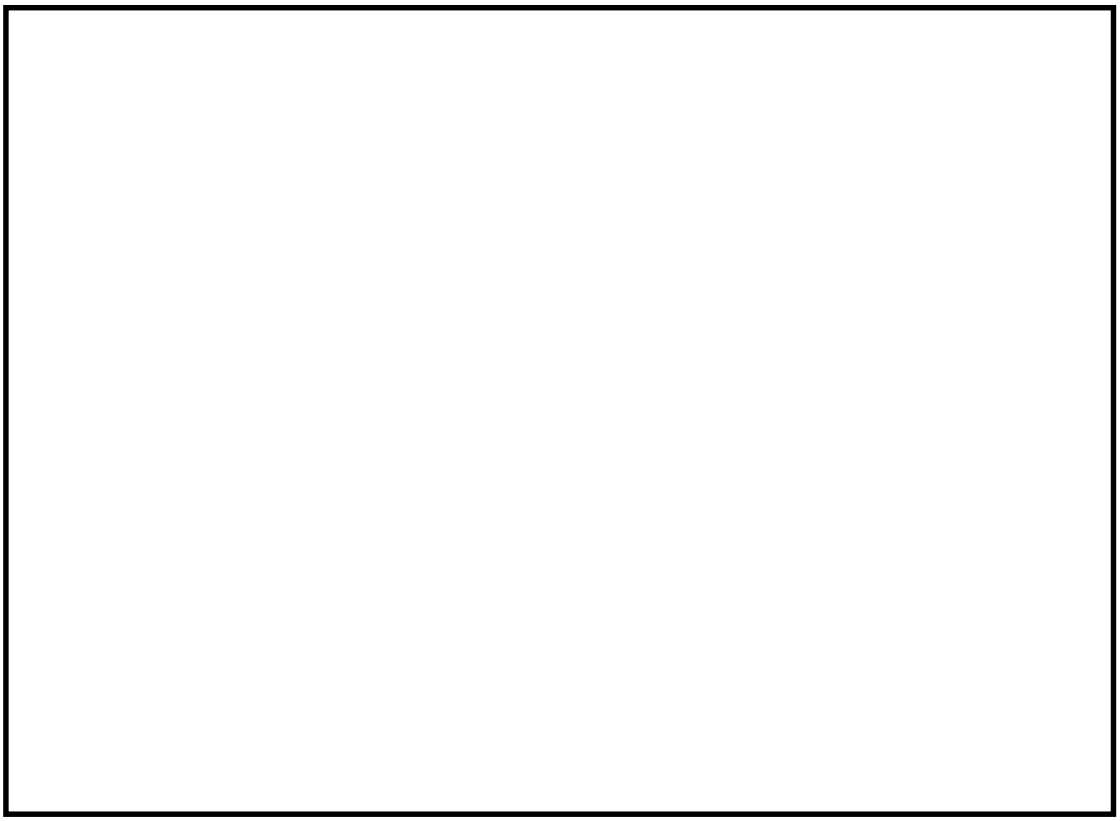


図 4.2.2－1　頂版及び中床版平面図

図 4.2.2－2　頂版及び中床版シェル解析概念図

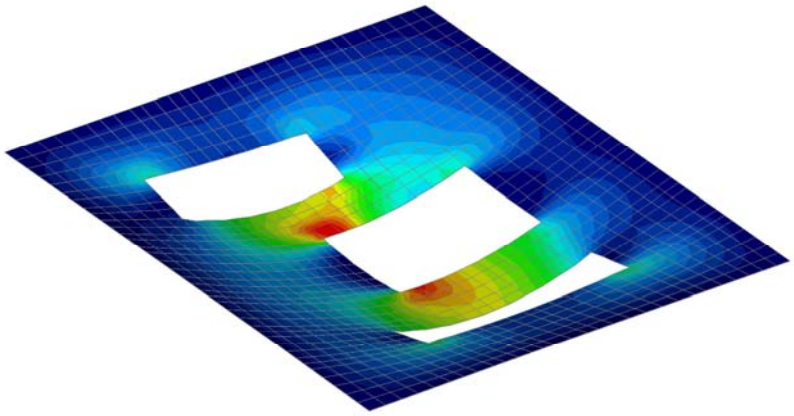


図 4.2.2－3　シェル解析断面力図（例）

3．3．2　要素分割

（1）要素分割と要素の縦横比

四辺形要素の縦横比は原則的に１：１が望ましく，特に，着目点近傍では１：１とするのがよい．応力解析で，応力勾配が急な場合のみならず応力の流れがほぼ一定となる場合でも，１：５程度を限度とするように心がけるべきである．

止むを得ず縦横比の大きい要素を使用する場合でも，解析結果の連続性をチェックするのがよい．一般的な変位法に基づく有限要素法では，変位の連続性は確保されるが，応力は連続していない．これに対して，応力法，ハイブリッド法等では，応力の連続性を満足するように解が求められている．すなわち，このことを理解した上で，かつ，使用している有限要素法の解法を理解し，連続性のチェックを行うことが肝要となる．

図 4.2.2－4　コンクリート構造物の設計に FEM 解析を適用するためのガイドライン
（日本コンクリート工学協会　1989 年 3 月）

4.2.3　底版の設計

底版は接続する側壁及び中壁の中心間距離をスパンとしたシェル解析により設計断面力を算定する。境界条件は単純支持とする。

設計荷重は２次元有効応力解析において，底版下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（σy’），間隙水要素の発生応力（Δu）及び静水圧の全時刻最大値を作用させる。

シェル解析における要素分割は，頂版及び中床版における設定と同じとする。

単純支持によるシェル解析により求めた主鉄筋を，底版上下面に格子状に配置する。

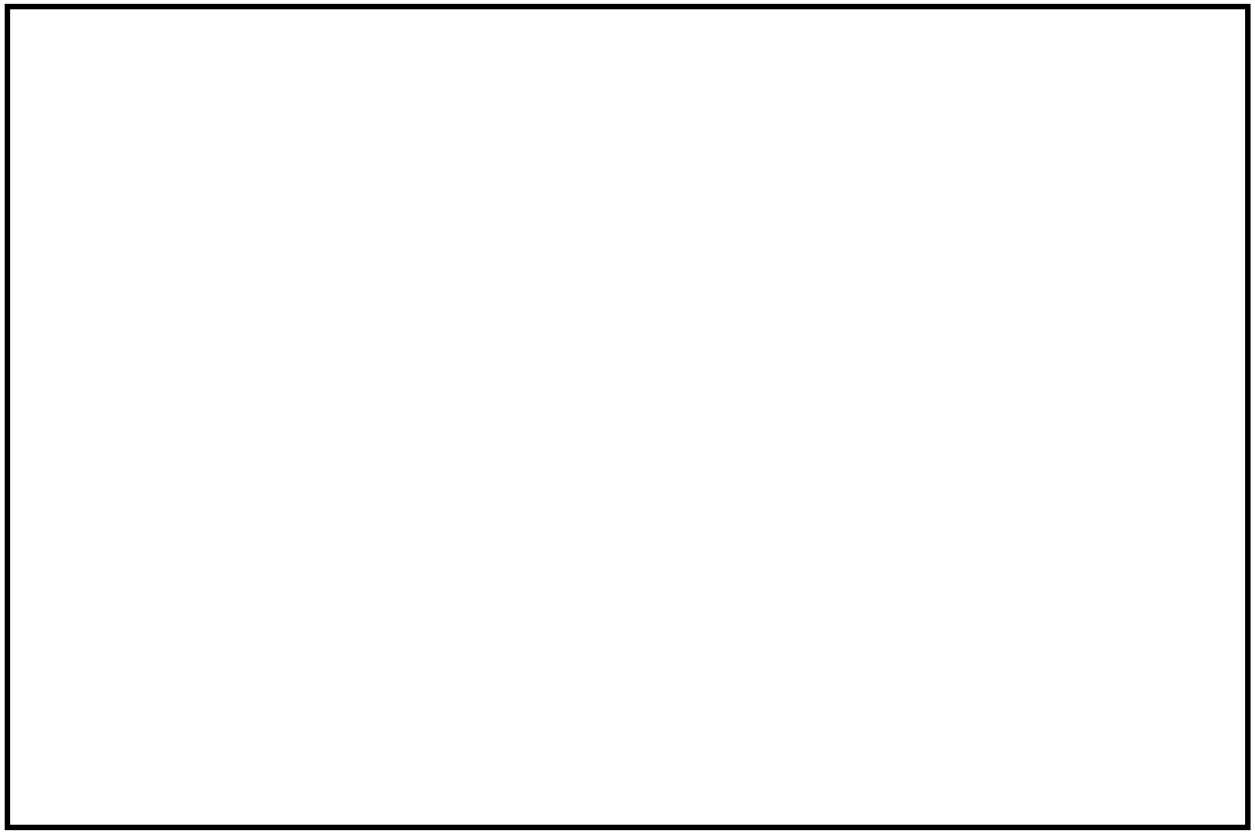


図 4.2.3－1　底版シェル解析概念図

5.　版部材が側壁を固定することによる隅角部の評価（曲げ）

5.1　矩形立坑

側壁と版部材の隅角部には，各部材の剛性に起因する端曲げが発生するため，隅角部における曲げモーメントの廻り込みの影響検討方針を示す。

(1)　中床版の拘束効果による側壁の検討

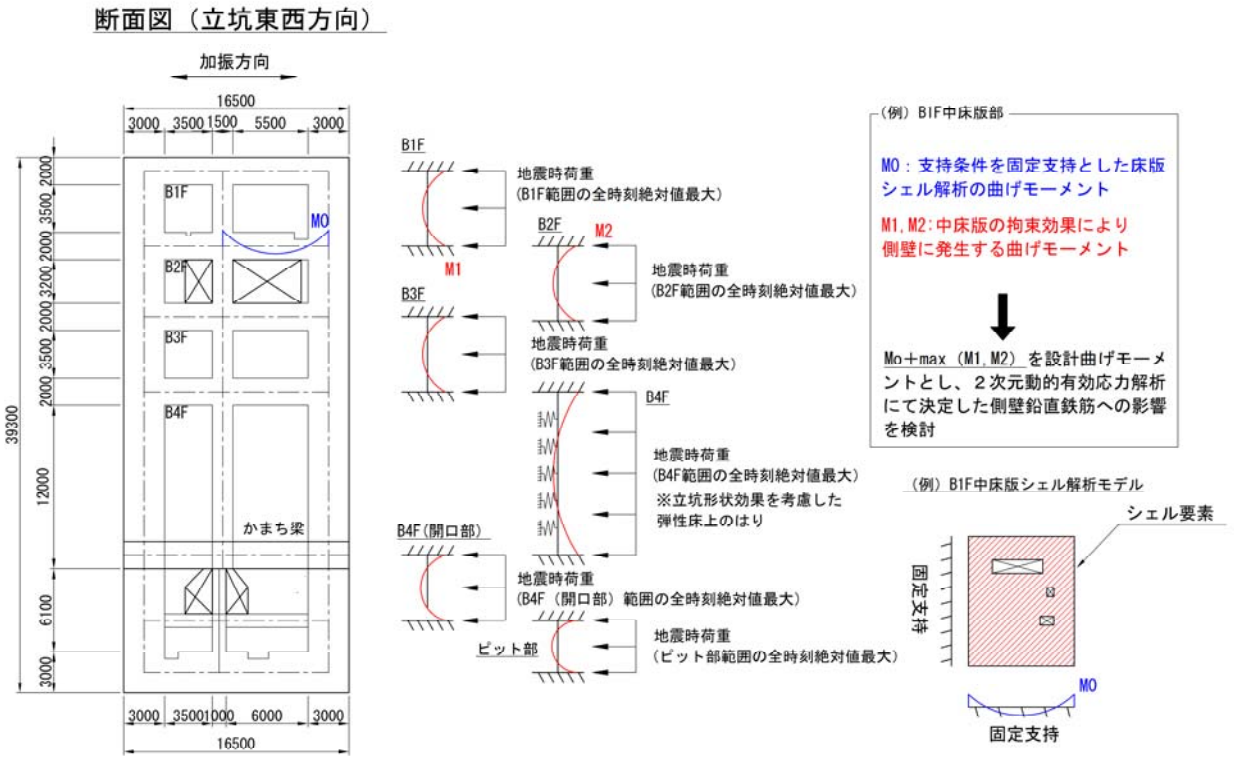


図 5.1－1　版部材から側壁に廻り込む曲げモーメント算定概念図

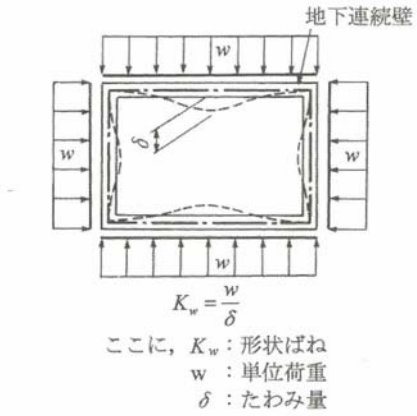


図 5.1－2　立坑の形状ばねの算出方法（トンネル標準示方書・同解説【開削工法編】）

版部材から側壁に廻り込む曲げモーメントを計算する場合の概念図を図 5.1－1 に示す。

版部材と側壁の隅角部には，床版の曲げモーメント（Mo）が側壁に廻り込む。また側壁が版部材に支持される拘束効果により，地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメントが反転する（M1，M2）。この現象は２次元動的有効応力解析において考慮することができない。

版部材の端曲げモーメント（Mo）は，境界条件を固定支持としたシェル解析により算定する。

側壁は床版中心間距離で固定支持された両端固定はりとしてモデル化し，各層における地震時荷重を作用させた場合に，支持位置に発生する曲げモーメント（M1，M2）を算定する。

地震時荷重については，各層における地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（σx'）＋間隙水要素の発生応力（Δu））の全時刻絶対値最大値を用いる。

立坑 B4 階のトンネル開口付近については，開口上部にかまち梁を想定し，床版とかまち梁中心間をスパンとした両端固定はりにより曲げモーメントを算定する。

立坑 B4 階（トンネル開口より上部）には床版が存在しない。この範囲は立坑側壁に開口が存在せず，立坑の形状効果を期待することができるため，立坑の形状ばねを考慮した弾性床上のはり（端部は固定支持）としてモデル化を行い曲げモーメントを算定する。立坑の形状ばねの算定については，「トンネル標準示方書【開削工法編】・同解説　2016 年 8 月　土木学会」を参考にする。

版部材の端曲げモーメント（Mo）及び版部材に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント(M1，M2 のうちモーメントの連続性を考えて両者の最大値を用いる)の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントに対し，２次元動的有効応力解析における立坑線形はり要素に発生する曲げモーメントに対して決定した鉛直鉄筋に対する影響検討を行い，必要な場合は補強鉄筋を配置する。

(2)　側壁の拘束効果による中床版の検討

版部材については，版部材の端曲げモーメント（Mo）及び側壁から底版へ廻り込むモーメント（M1，M2 のうち最大値）の和を設計曲げモーメントとする。

２次元動的有効応力解析より抽出した設計荷重に対するシェル解析により決定した版部材主鉄筋に対する影響検討を行い，必要な場合は補強鉄筋を配置する。

5.2　円筒形立坑

代替淡水貯槽の頂版および底版の設計は，他の立坑と同様に，接続する側壁の中心線を境界とするシェル解析を用い，境界条件を単純支持として設計断面力を算定する。得られた設計断面力を用いて応力照査を行い，許容応力度を満足する鉄筋を上・下筋として配置させる。

側壁から廻り込んでくるモーメントを算出するために，「シールド工事用立坑の設計（土木学会，平成 27 年)」において，円形立坑の設計として記載されている方法を参考にして，図 5.1－1 のようなはりモデルによる解析を実施する。これは，側壁をモデル化したはり要素に，円形立坑であることによる三次元効果をリングばねでモデル化して，立坑の鉛直断面方向の断面力を算出する方法である。モデルに作用させる荷重は，２次元有効応力解析において，立坑に作用する地盤応力＋間隙水要素の発生応力の総和が最大になる時の地盤応力分布を作用させる。同図の上・下端部に発生するモーメントが頂版および底版に廻り込むモーメントとなる。なお，リングばねは次式による。

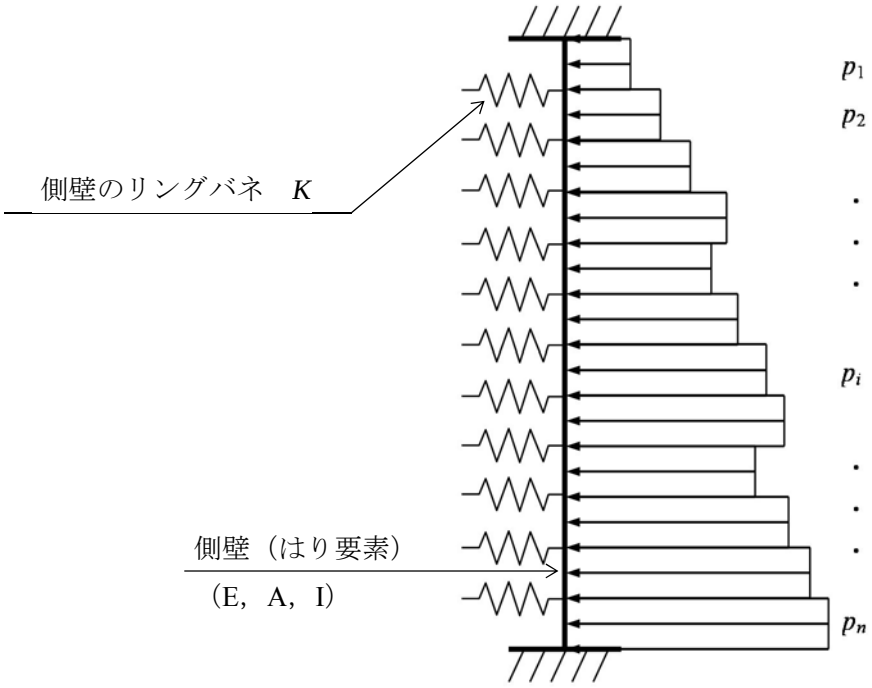
$$K = \frac{p + \Delta p}{\dfrac{pr^2}{AE} + \dfrac{\Delta p r^4}{12EI}}$$

なお，ここに

K：リングばねのばね定数，E：側壁のヤング係数，A：側壁の断面積，
I：側壁の断面二次モーメント，r：立坑の半径，p：側壁の作用する側圧，
Δp：側壁に作用する偏圧

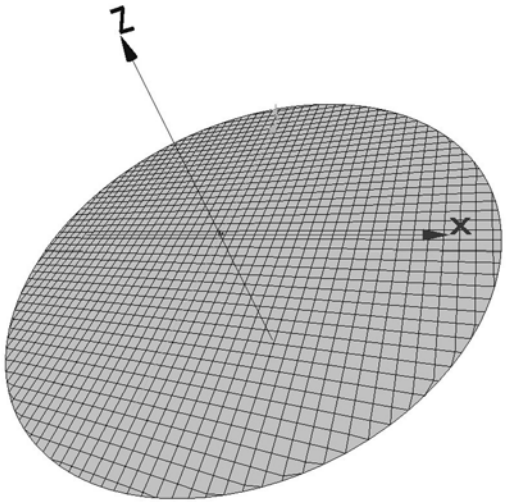
確認用の検討モーメントには，頂版および底版に廻り込むモーメントにシェル解析の端モーメントを重ね合わせた値を用いる。その際の，シェル解析の境界条件は，単純支持ではなく，固定として解析した結果とする。

図 5.2－1 に示す側壁モデルにおいて固定境界に発生する曲げモーメントに，頂版・底版シェル解析で固定境界に発生する曲げモーメントを加算したものを設計曲げモーメントとし，２次元動的有効応力解析により決定される鉛直鉄筋に対する影響検討を行い，必要な場合は補強鉄筋を配置する。



p_i：地盤応力＋間隙水要素の応力
（抽出時刻：立坑に作用する地盤応力＋間隙水要素の発生応力の総和が最大の時）

図 5.2－1　側壁の廻り込みモーメント算出モデル



境界条件：固定

図 5.2－2　底版部の端モーメント算出モデル

6.　カルバート接続部の設計

側壁に鉄筋コンクリートカルバートが接続する断面では，カルバートの影響を考慮したモデル化ならびに設計を行なう。図 6－1 にカルバート接続部の地震応答解析モデルを示す。

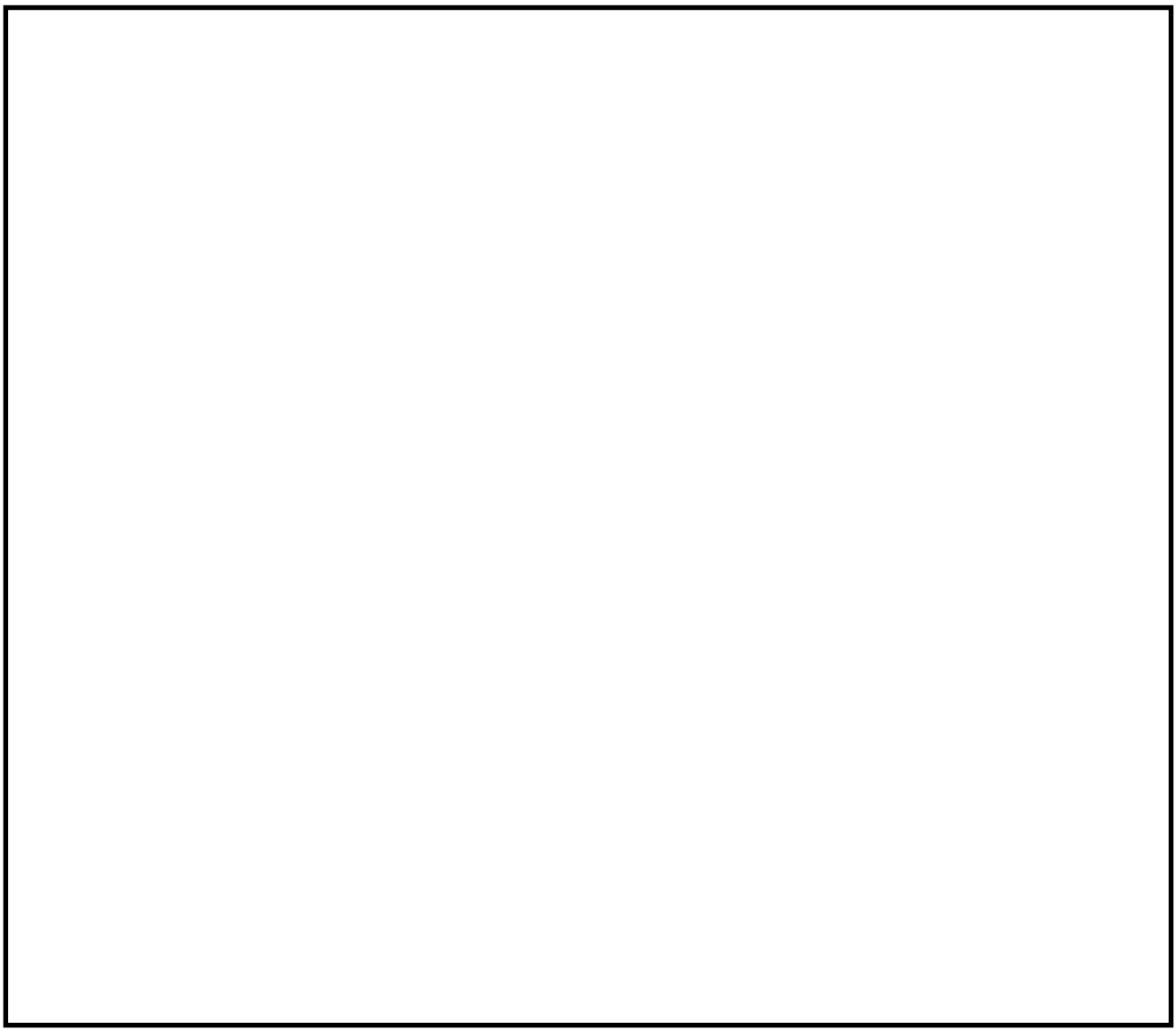


図 6－1　カルバート接続部の地震応答解析モデル図

(1)　カルバート延長方向

1)　上下方向の曲げ，せん断

地震応答解析におけるカルバート部はり部材の断面力（M，S，N）を用いて，カルバート断面（ロの字）に対して部材照査を行う。設計モデルの概念図を図6－2に示す。

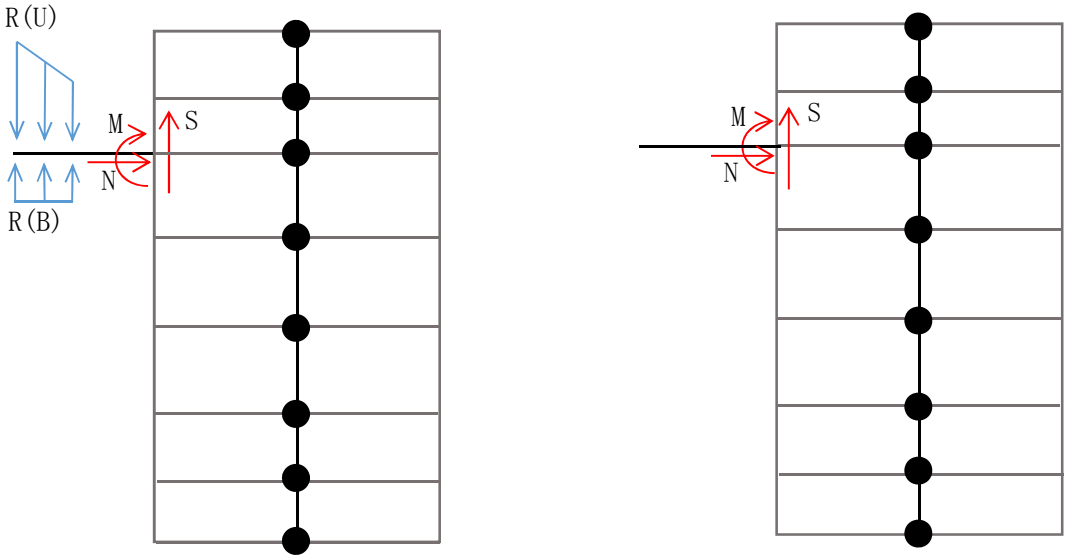


図6－2　カルバート延長方向鉛直曲げに対する設計モデル概念図

2)　水平方向の曲げ，せん断

直交方向（モデル上カルバートが無い断面）の地震応答解析におけるカルバート高さにおける左右の土圧差が最大となる時刻の（地盤応力＋間隙水応力）を用いて，立坑外面を固定端とする片持ち梁として断面力を算定し，部材照査を行う。設計モデルの概念図を図6－3に示す。

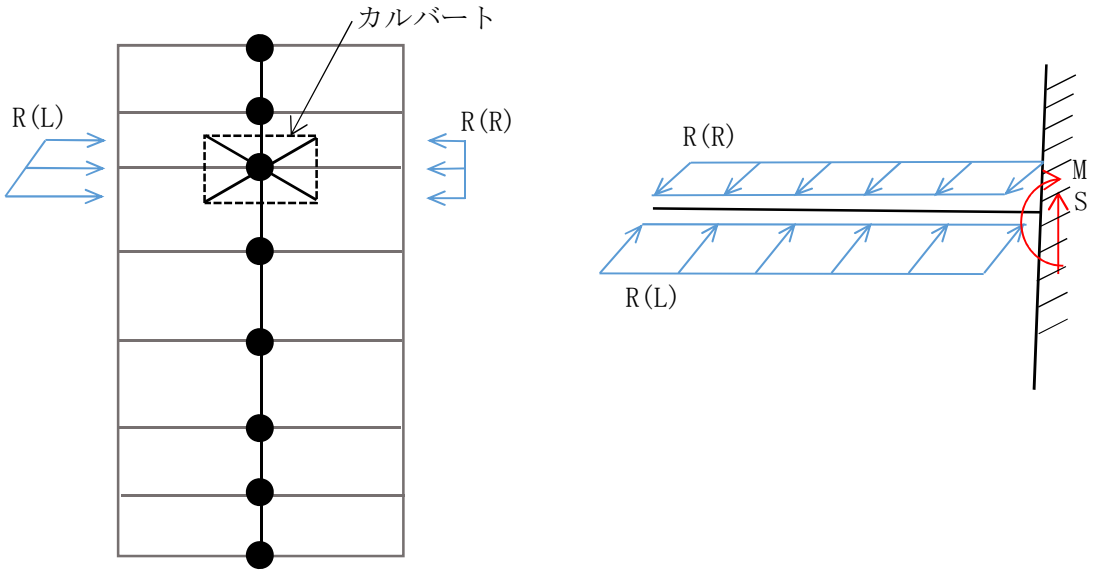


図6－3　カルバート延長方向水平曲げに対する設計モデル概念図

参考資料

参考 1.　円筒形の立坑構造図 2
参考 2.　矩形の立坑構造図 15
参考 3.　既工認プラントの事例 28

参考 1.　円筒形の立坑構造図

円筒形の立坑構造物は，ＳＡ用海水ピット取水塔，ＳＡ用海水ピット及び代替淡水貯槽がある。

(1)　ＳＡ用海水ピット取水塔

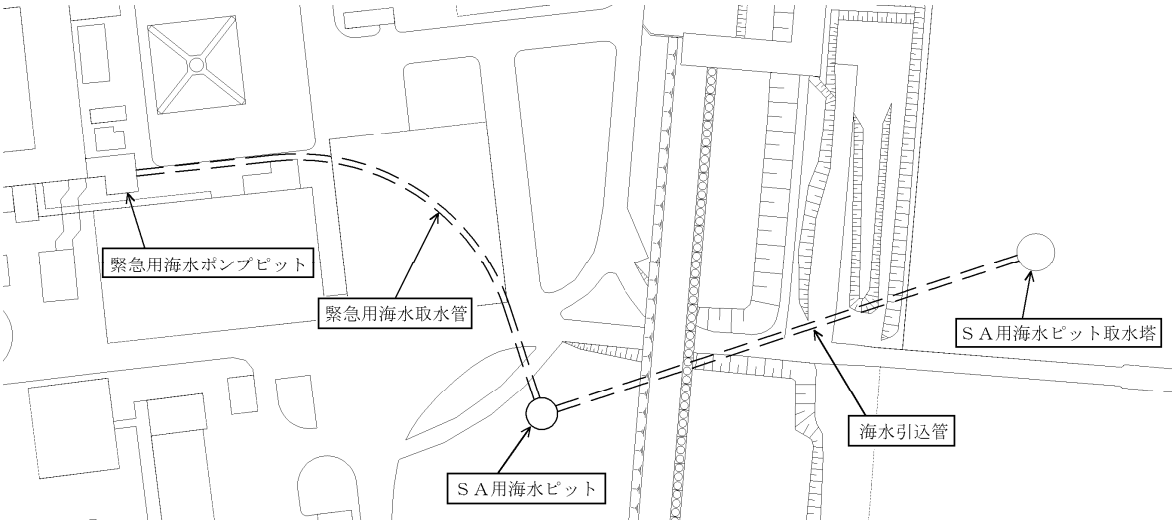


図 1－1（1）　ＳＡ用海水ピット取水塔位置図(拡大図)

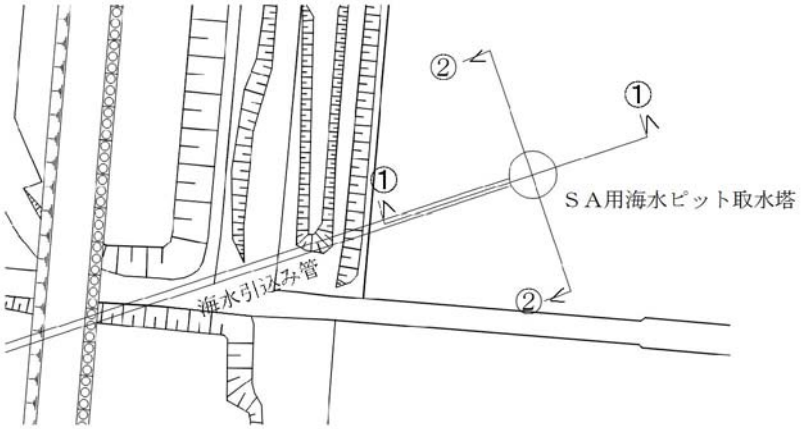


図 1－1（2）　ＳＡ用海水ピット取水塔　評価対象断面位置図

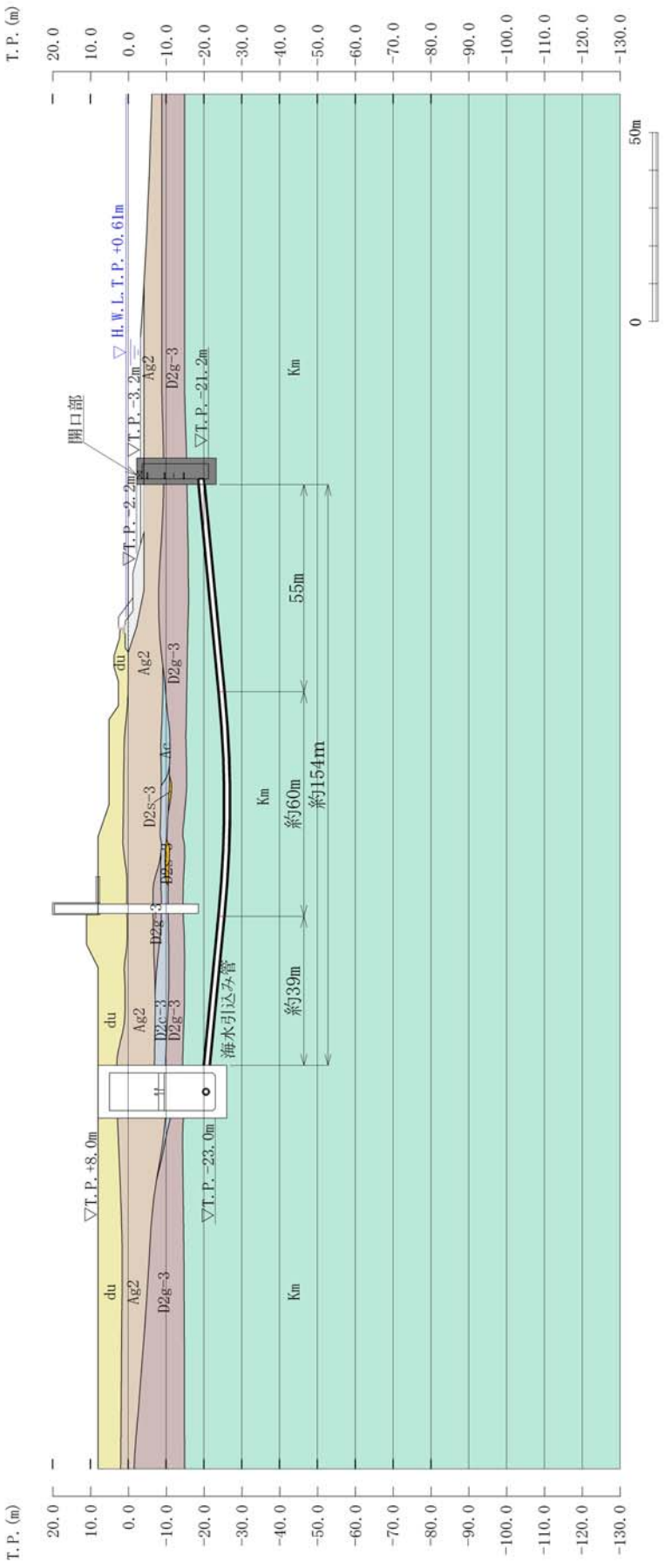


図１－１（3）　ＳＡ用海水ピット取水塔　評価対象断面図（①－①断面）

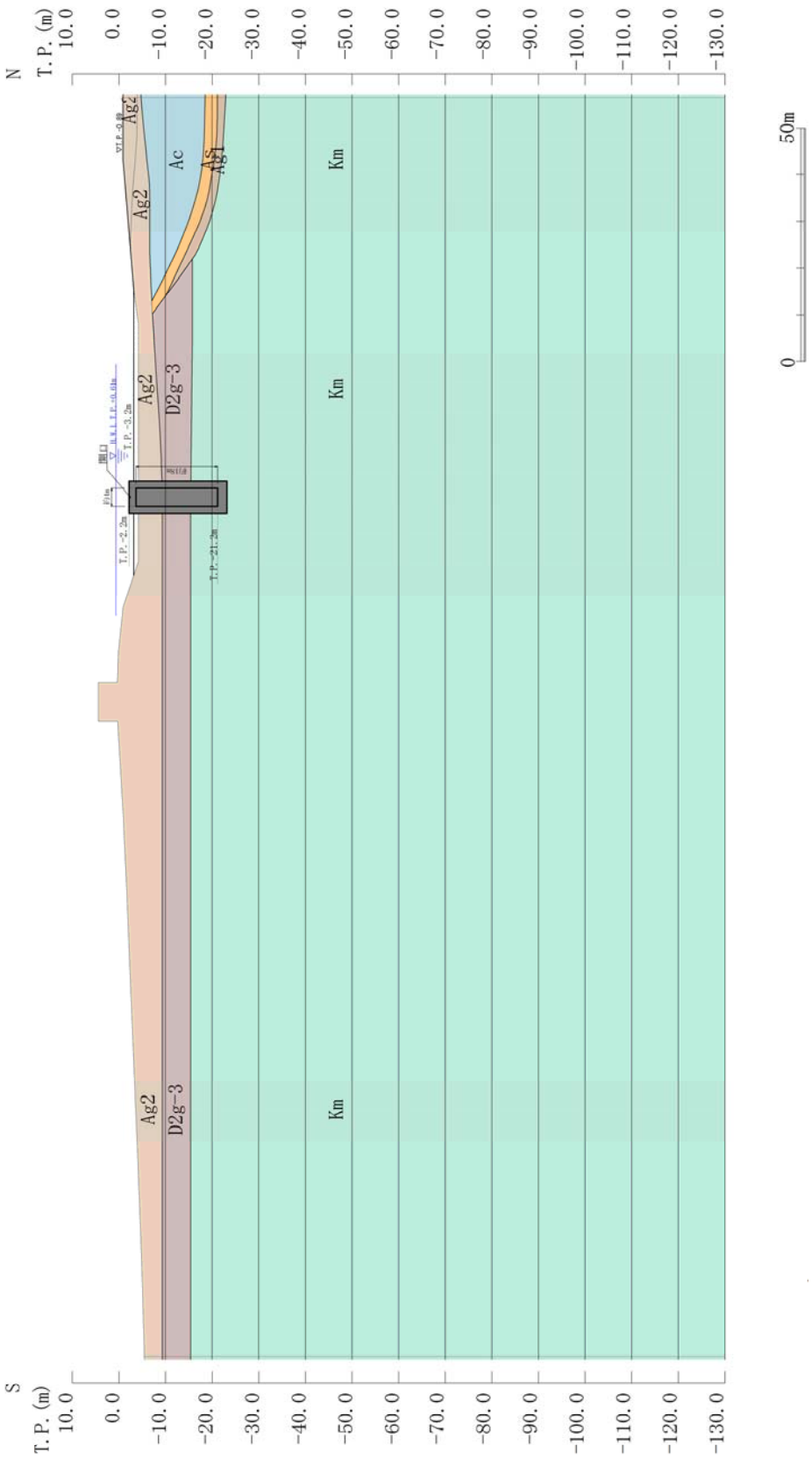


図 1－1（4）　ＳＡ用海水ピット取水塔　評価対象断面図（②－②断面）

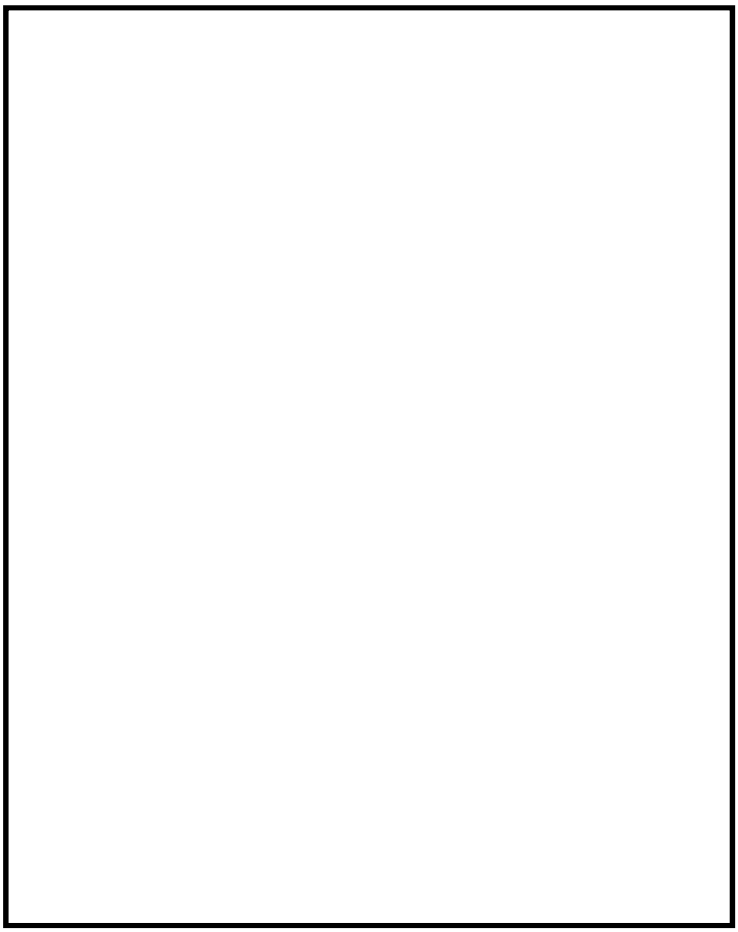


図 1－1（5）　ＳＡ用海水ピット取水塔　構造平面図

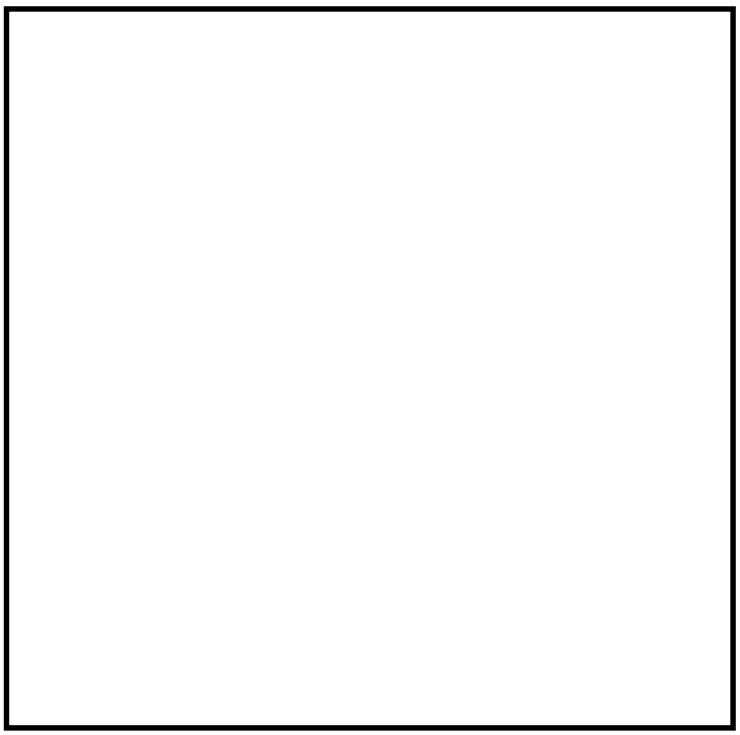


図 1－1（6）　ＳＡ用海水ピット取水塔　構造断面図

(2)　ＳＡ用海水ピット



図 1－2（1）　ＳＡ用海水ピット　評価対象断面位置図

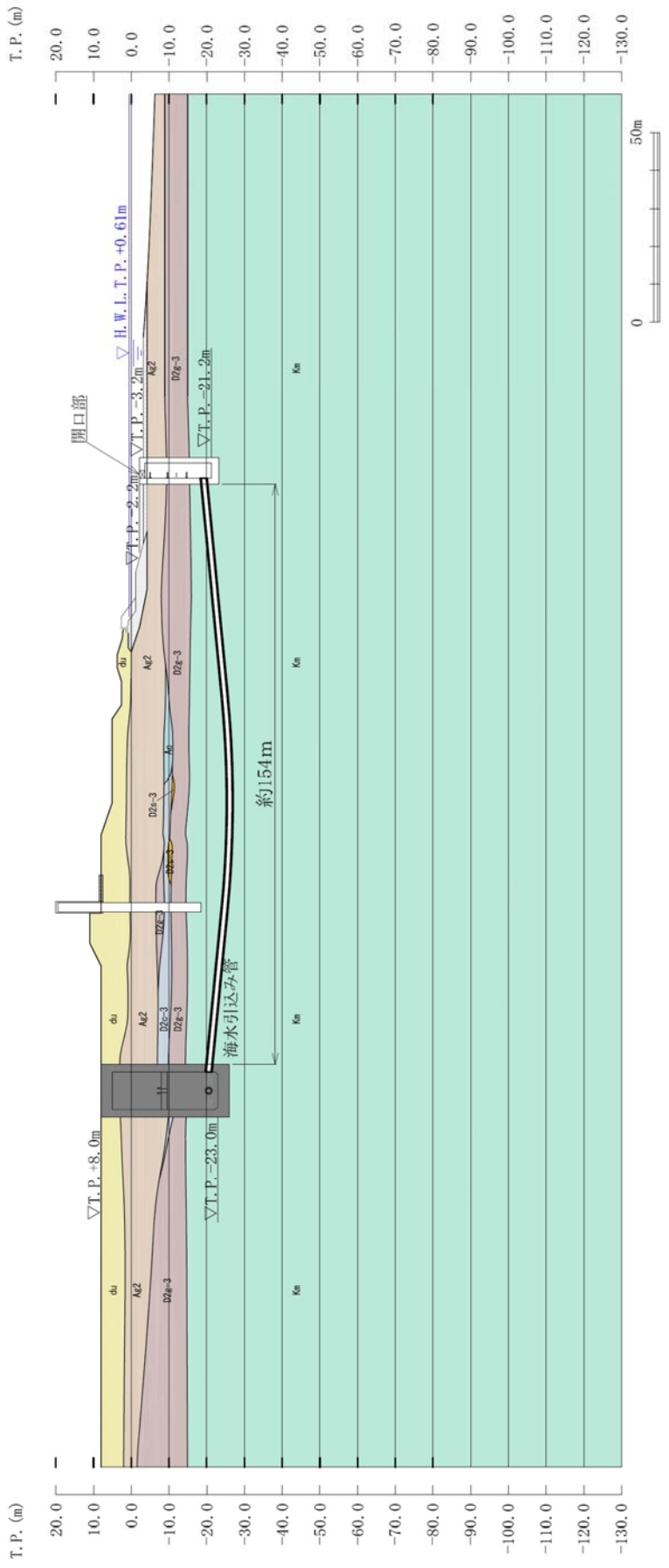


図１－２（2）　ＳＡ用海水ピット　評価対象断面図（①－①断面）

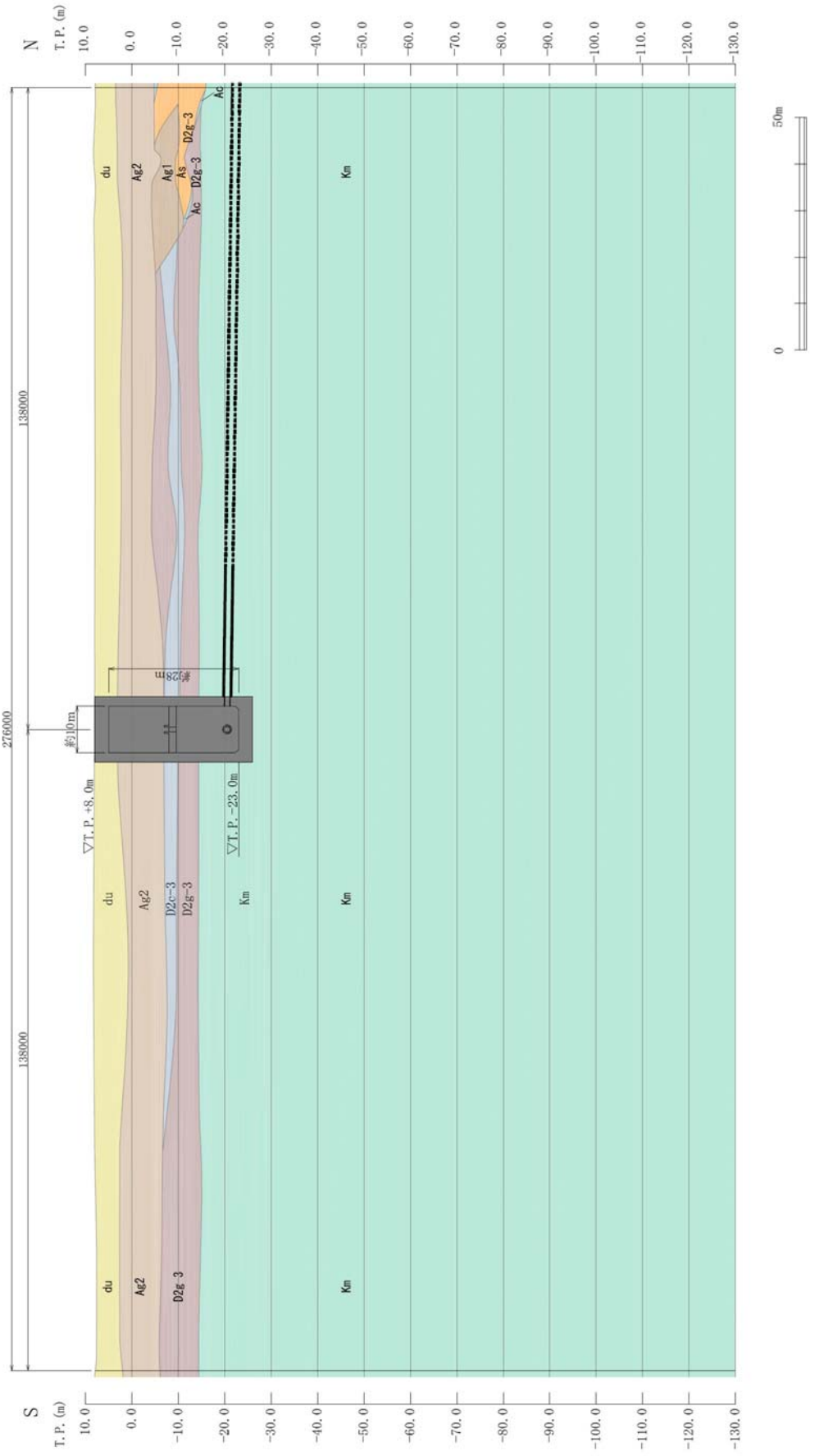


図１－２（３）　ＳＡ用海水ピット　評価対象断面図（②－②断面））

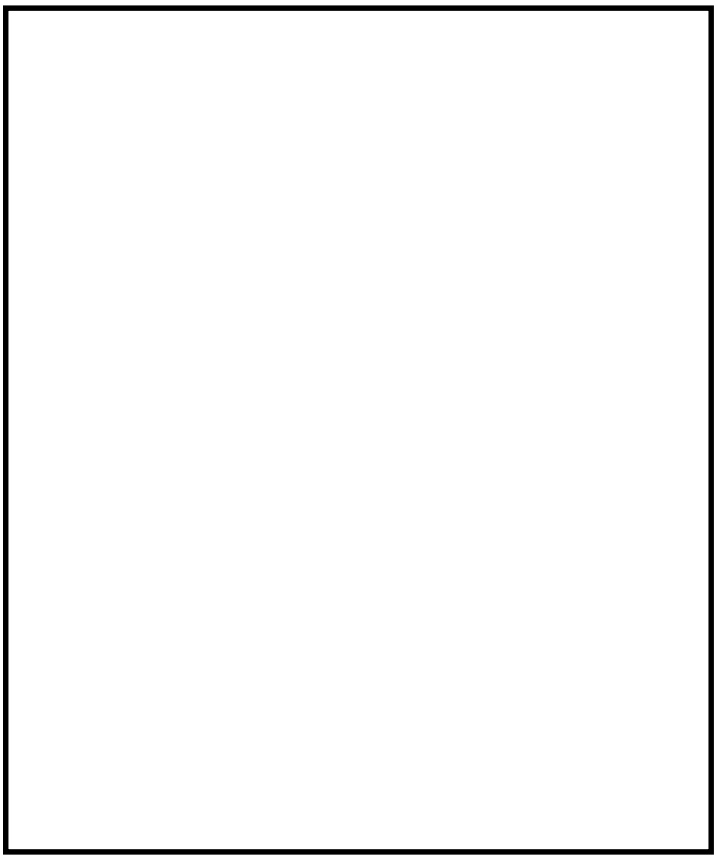


図 1－2（4）　ＳＡ用海水ピット　構造平面図

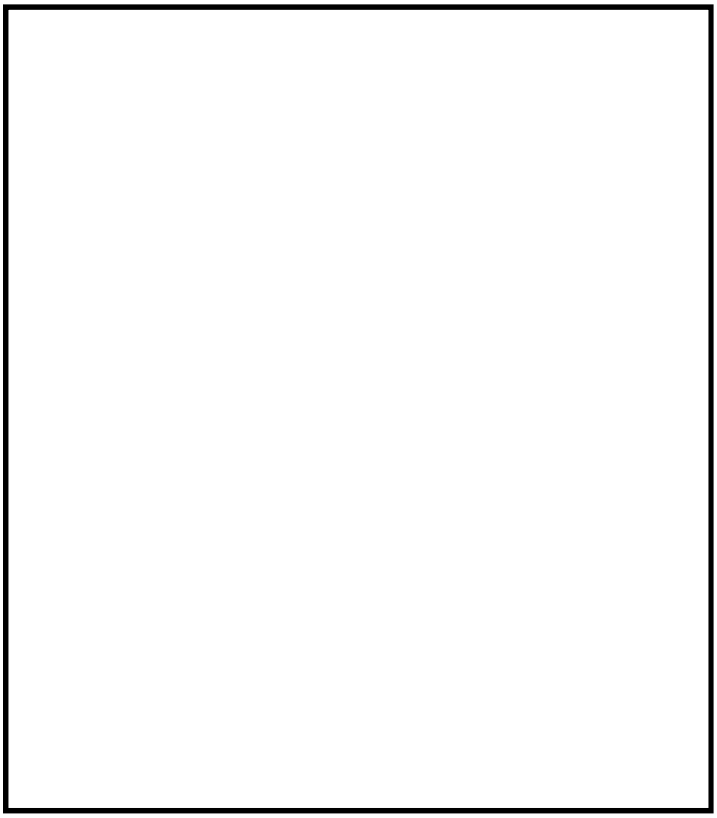


図 1－2（5）　ＳＡ用海水ピット　構造断面図

(3)　代替淡水貯槽

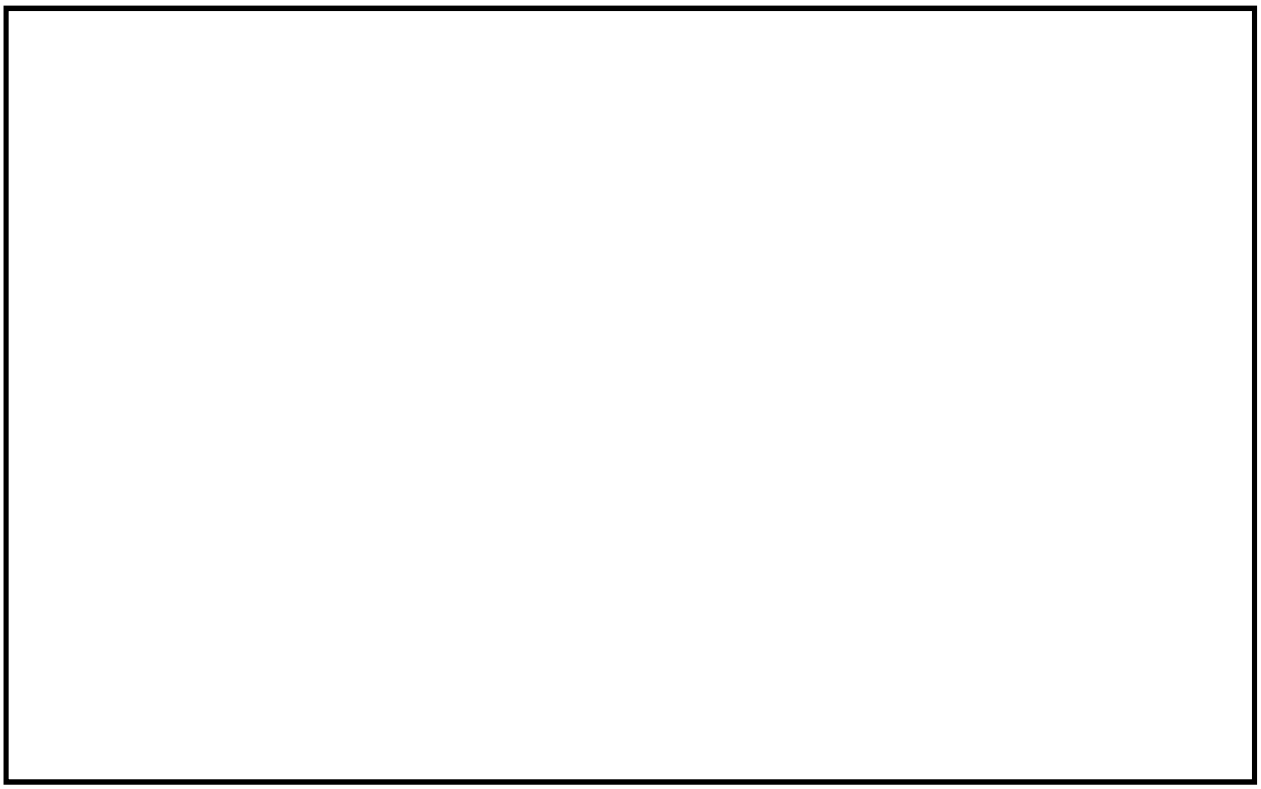


図 1－3（1）　代替淡水貯槽　平面配置図（拡大図）

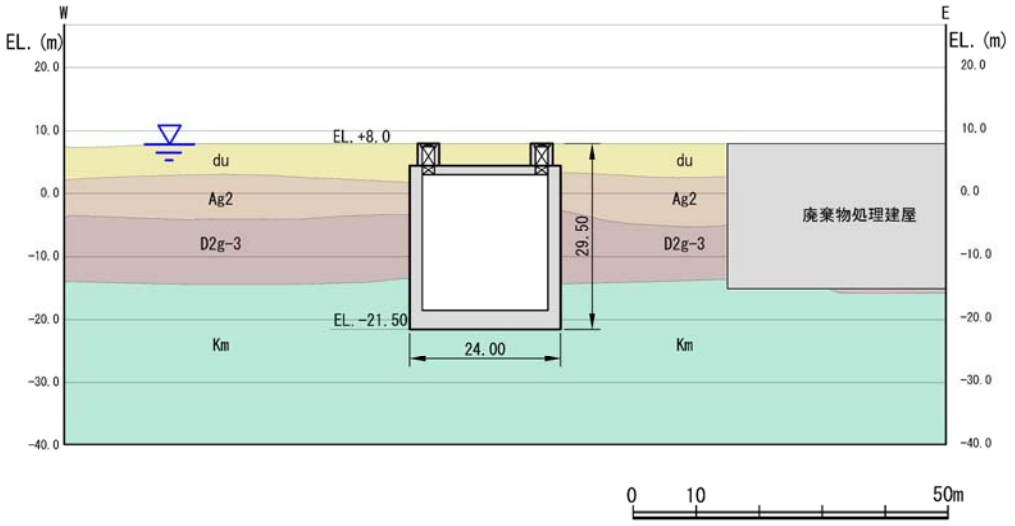


図 1－3（2）　代替淡水貯槽地質断面図（Ａ－Ａ断面）

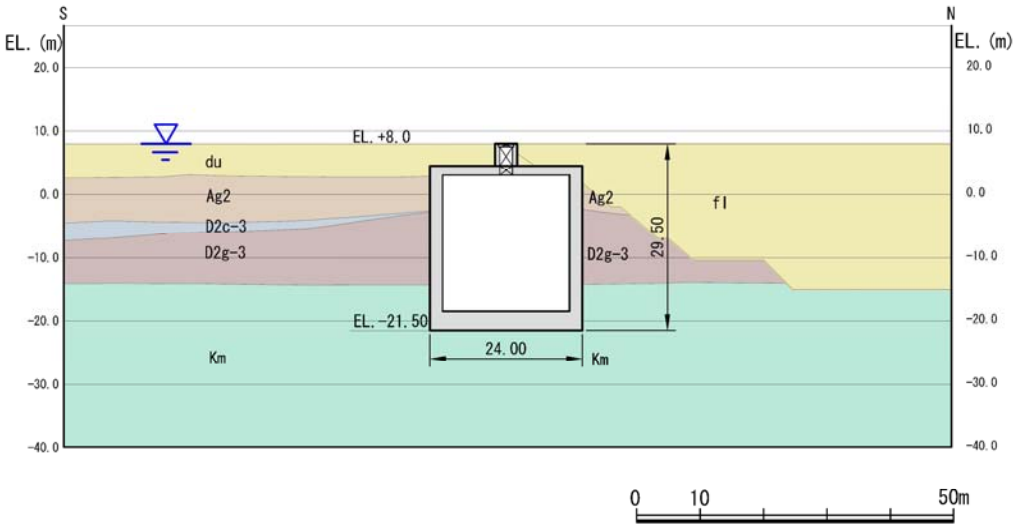


図 1－3（3）　代替淡水貯槽地質断面図（Ｂ－Ｂ断面）

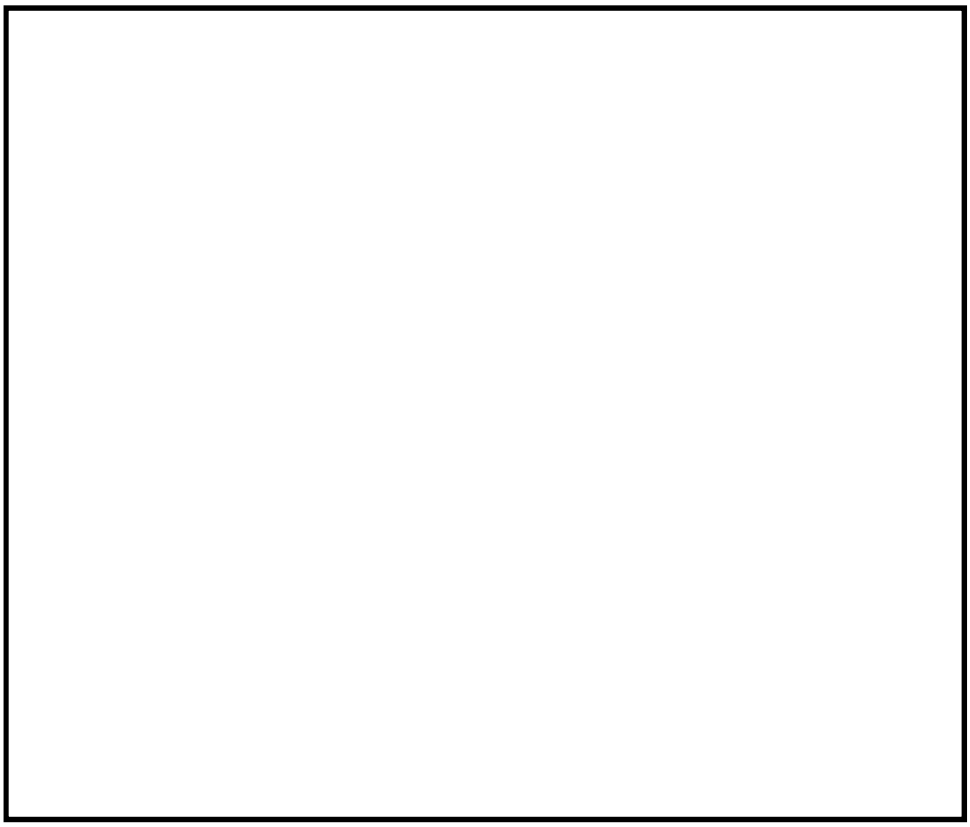


図 1－3（4）　代替淡水貯槽　平面図

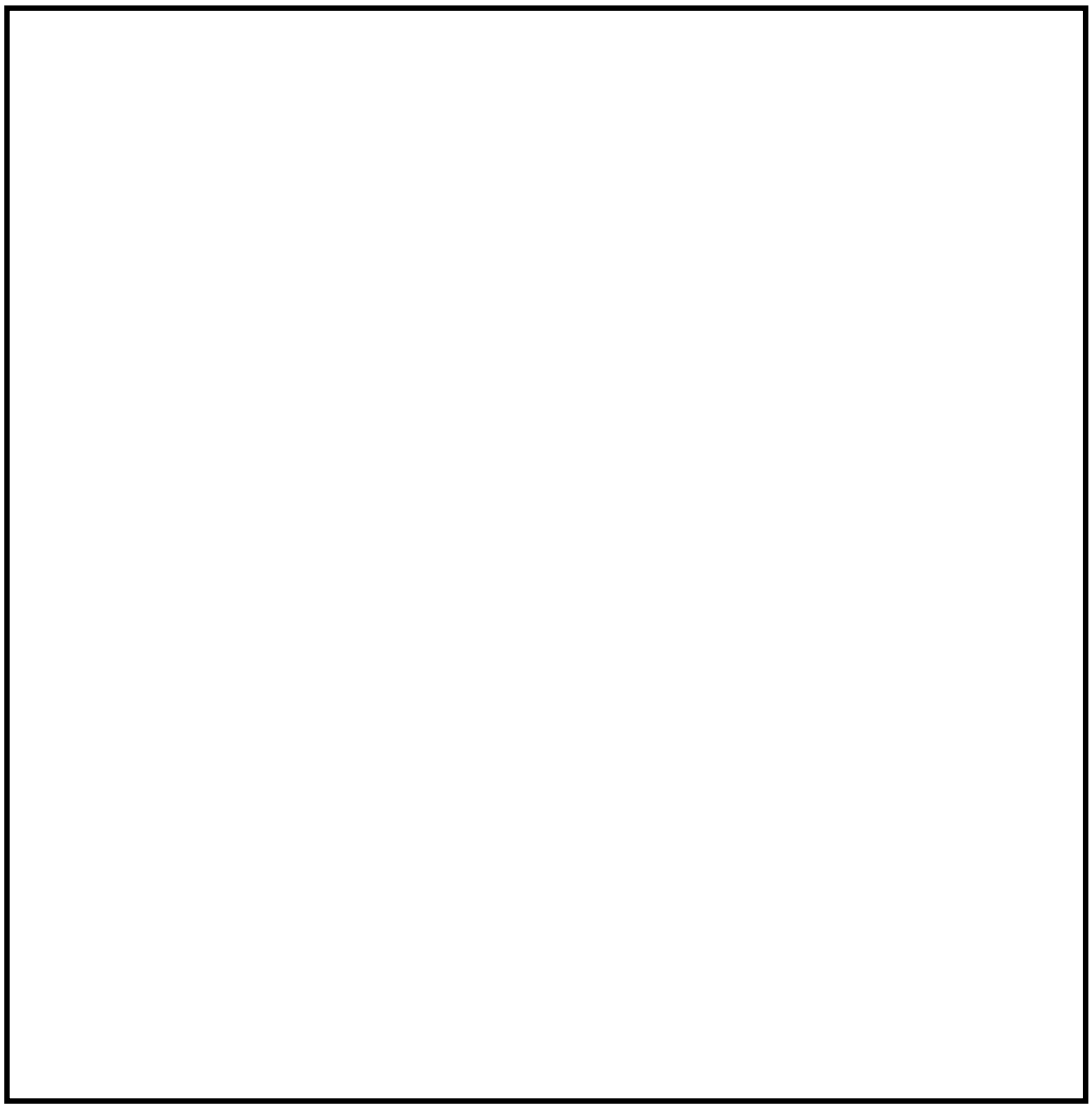


図 1－3（5）　代替淡水貯槽断面図（東西方向断面）

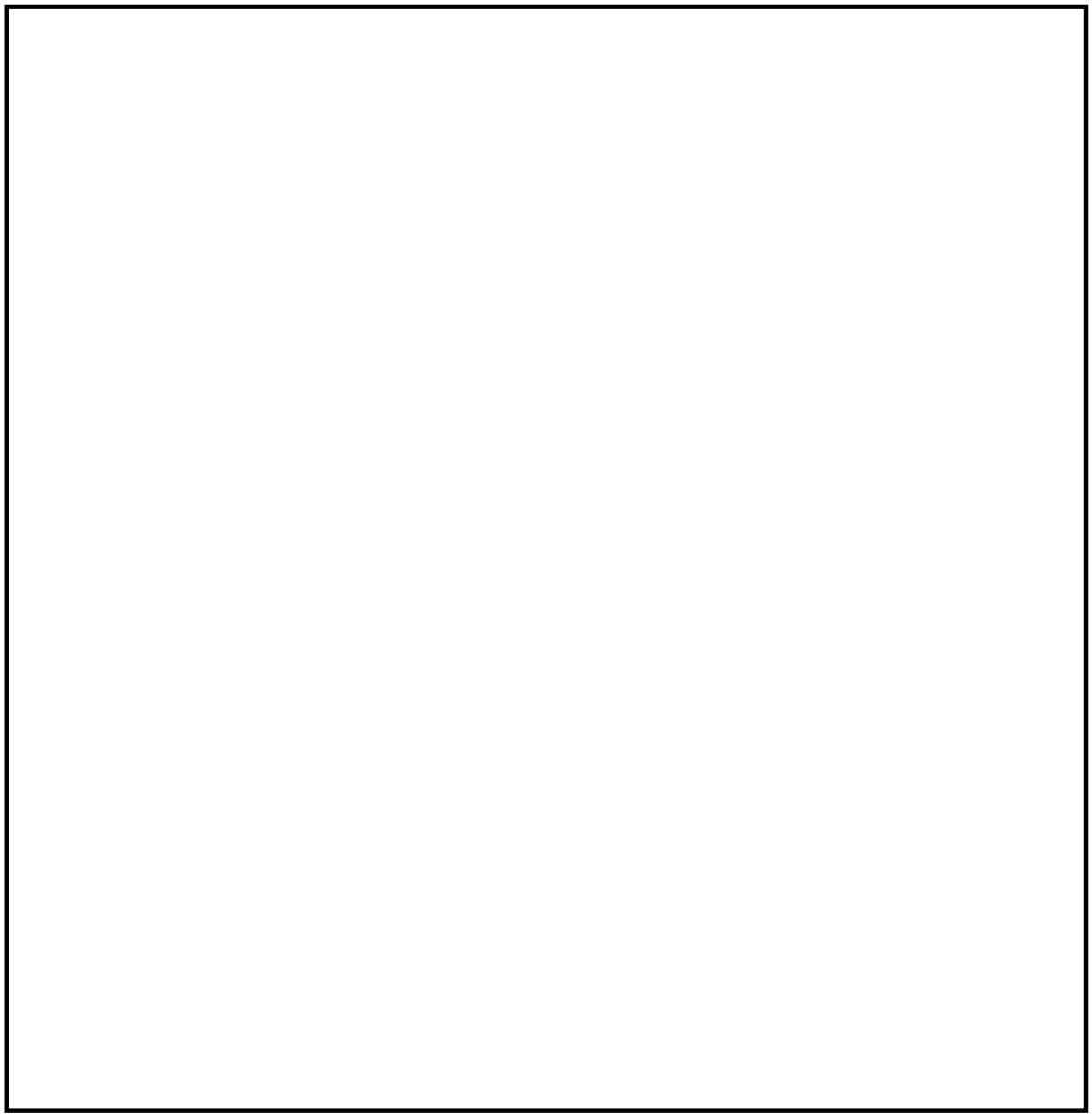


図 1－3（6）　代替淡水貯槽断面図（南北方向断面）

参考 2.　矩形の立坑構造図

矩形の立坑構造物は，緊急用海水ポンプピット，常設低圧代替注水系ポンプ室及び常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）がある。

(1)　緊急用海水ポンプピット

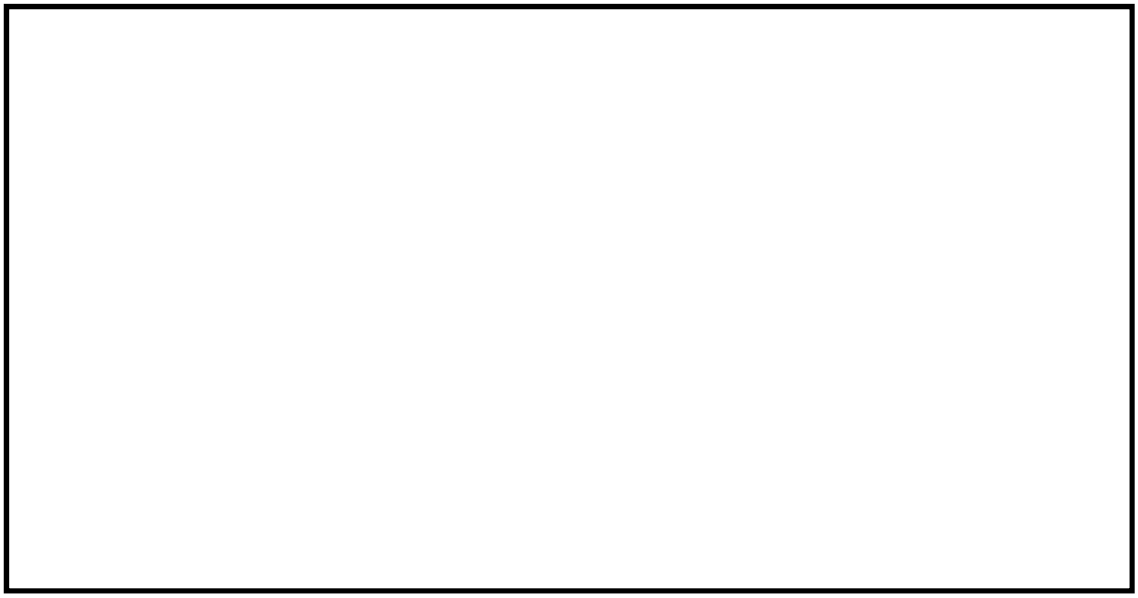


図 2－1（1）　緊急用海水ポンプピット平面配置図（拡大図）

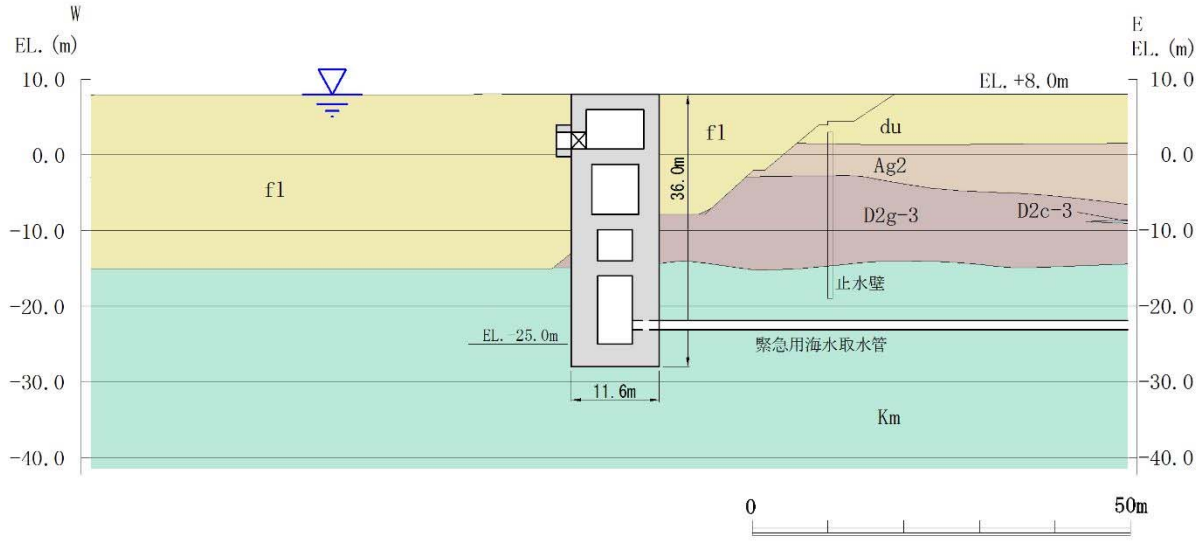


図２－１（2）　地質断面図（東西方向　Ａ－Ａ断面）

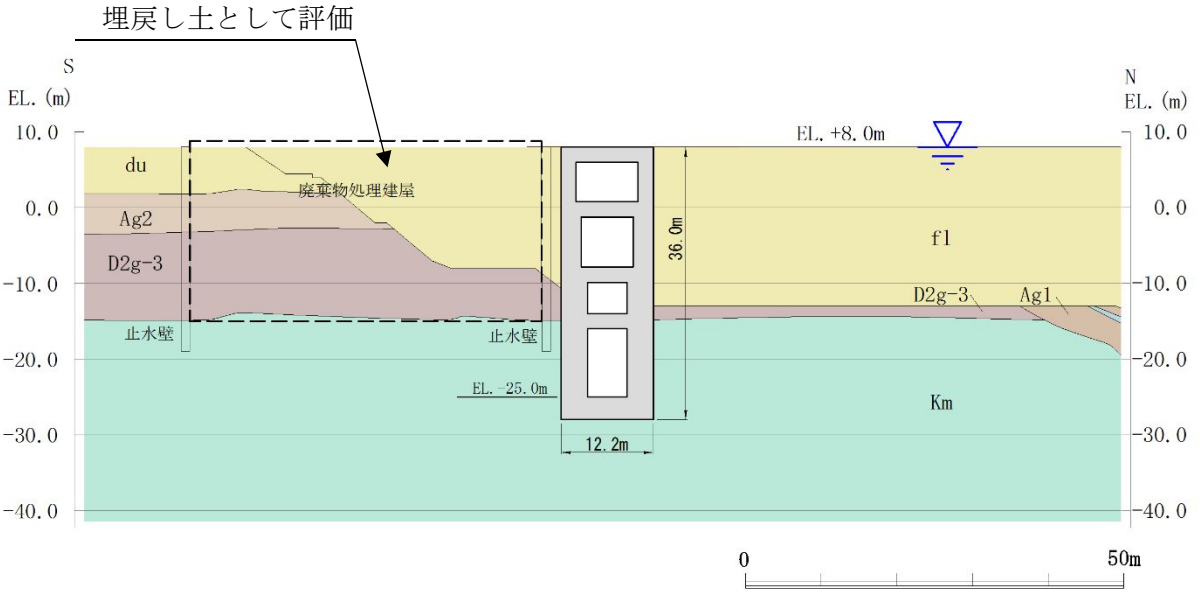


図２－１（3）　地質断面図（南北方向　Ｂ－Ｂ断面）

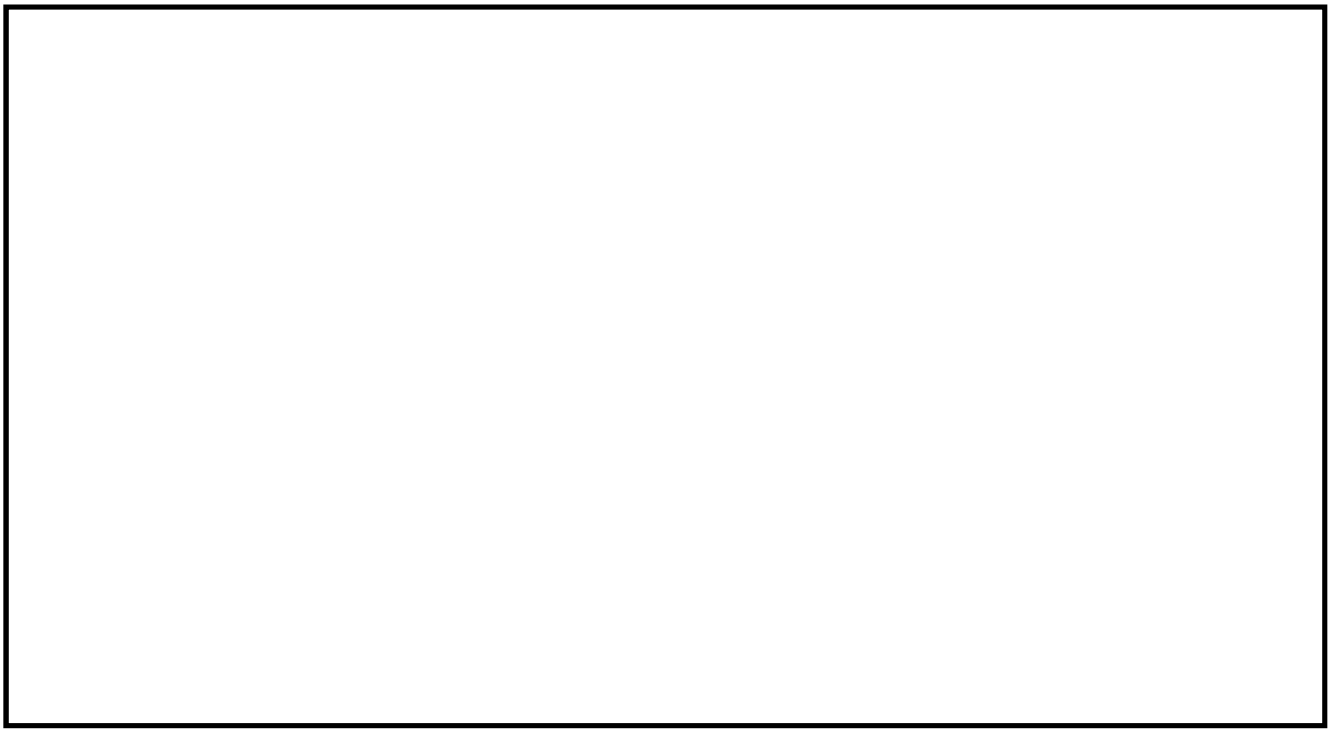


図 2－1（4）　緊急用海水ポンプピット平面図

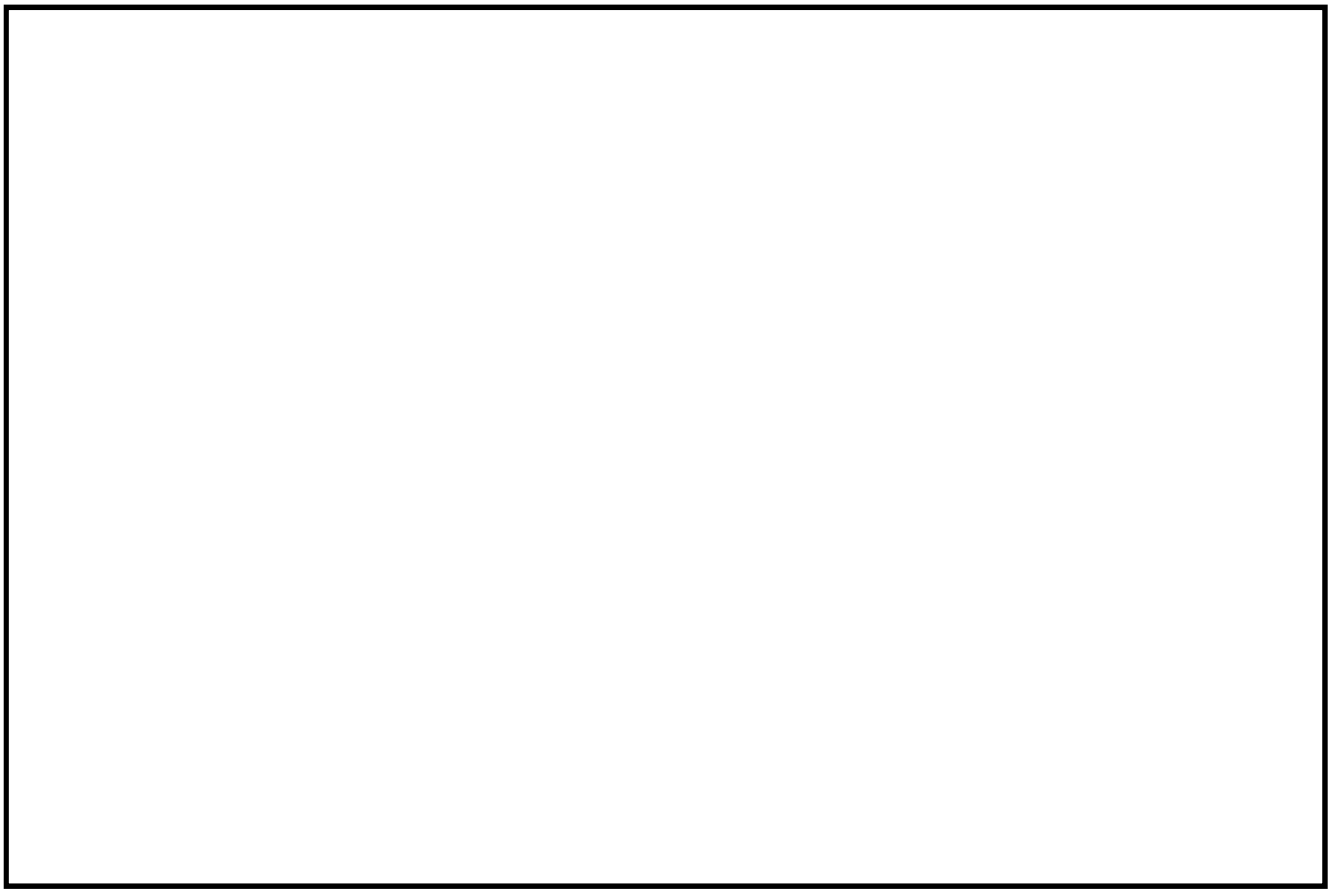


図 2－1（5）　緊急用海水ポンプピット断面図（東西方向　①－①断面）

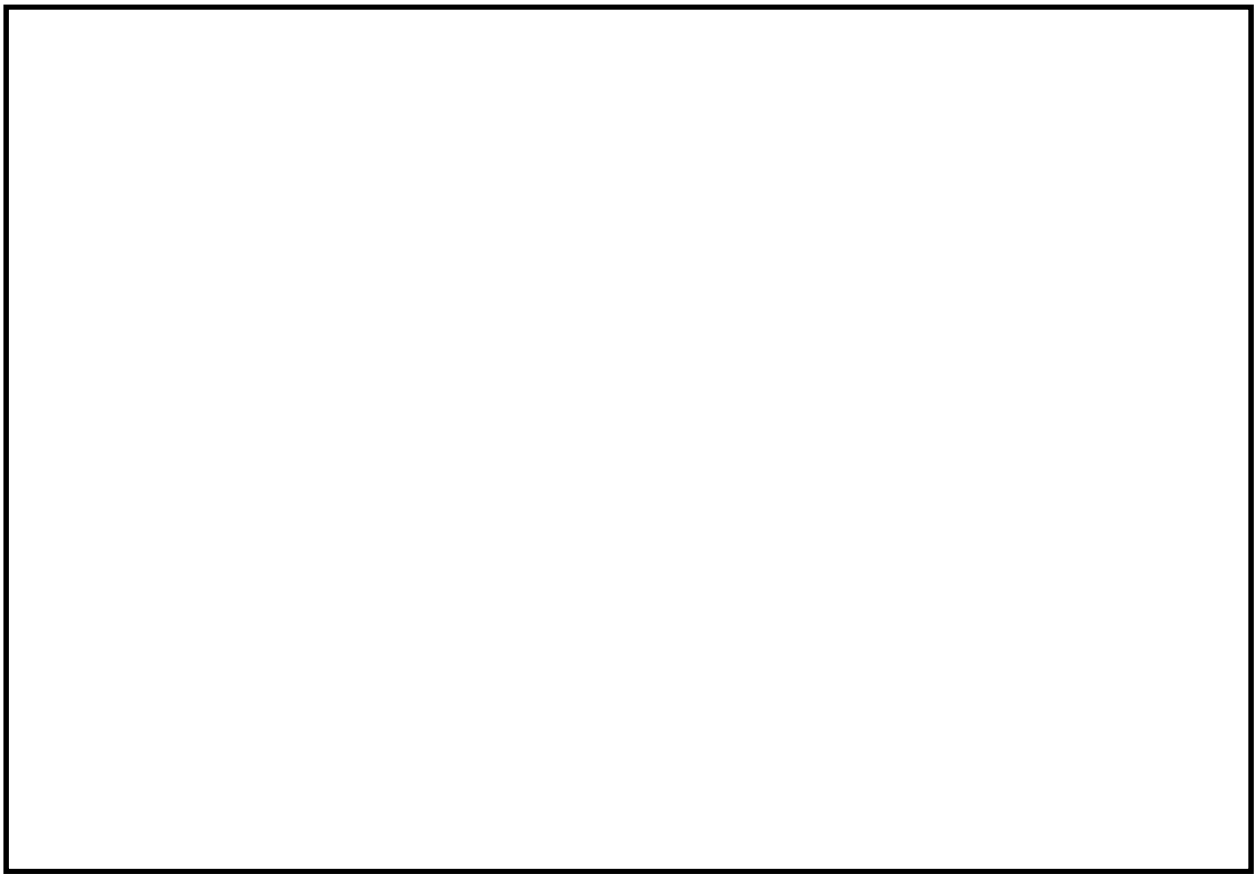


図 2－1（6）　緊急用海水ポンプピット断面図（東西方向　②－②断面）

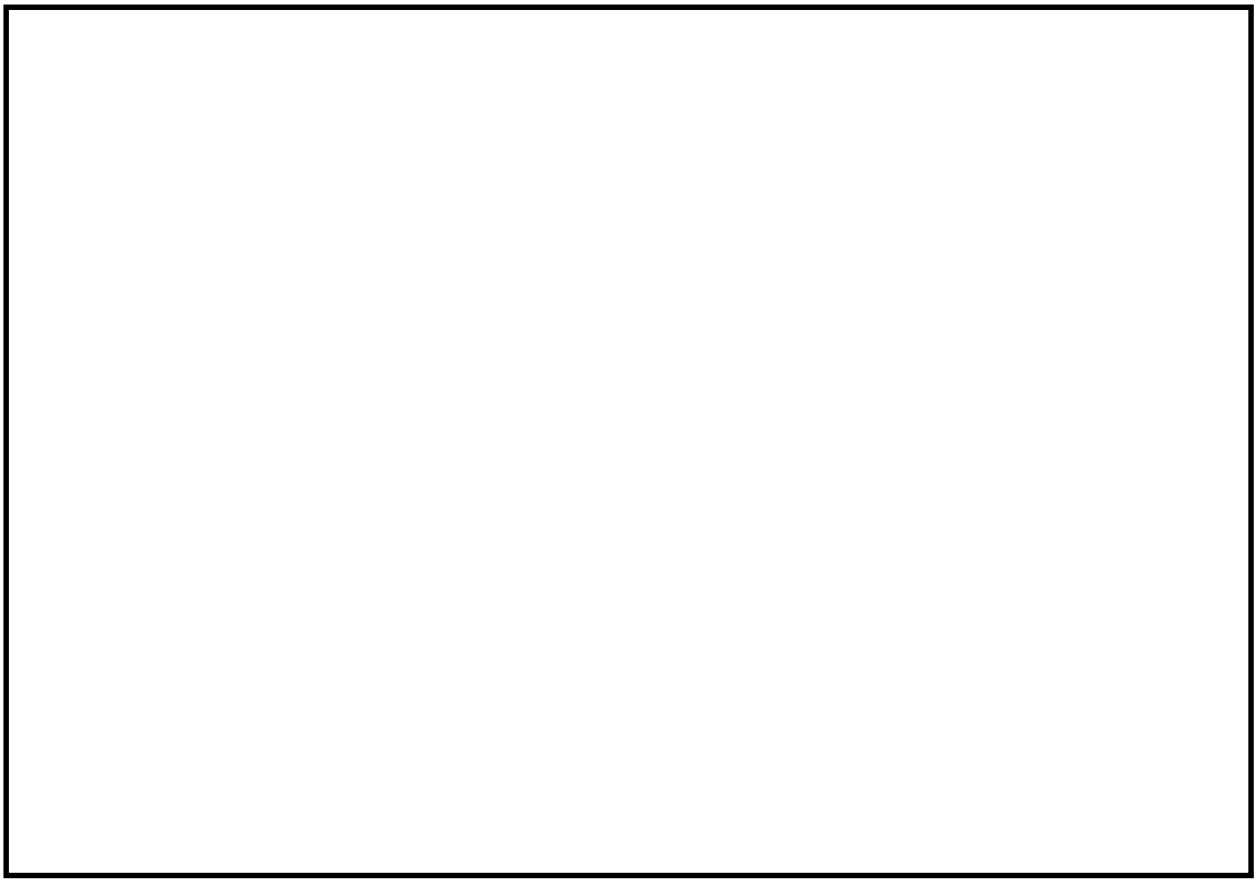


図 2－1（7）　緊急用海水ポンプピット断面図（東西方向　③－③断面）

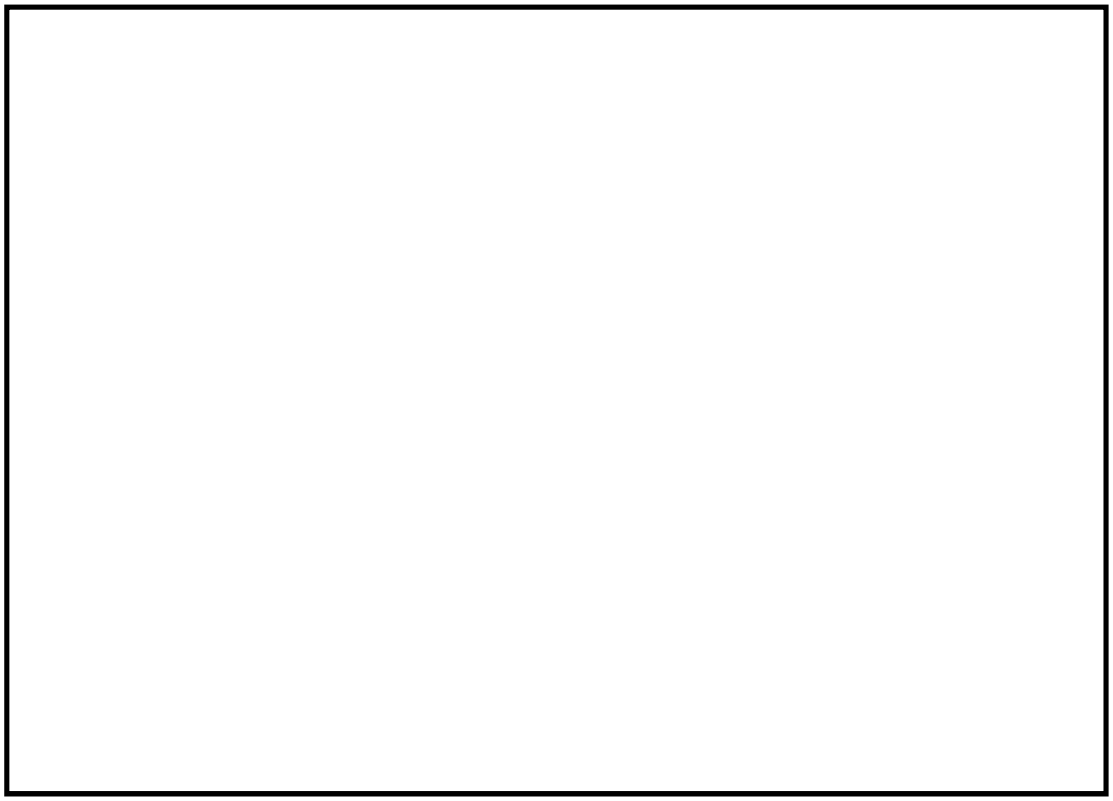


図 2－1（8）　緊急用海水ポンプピット断面図（東西方向　④－④断面）

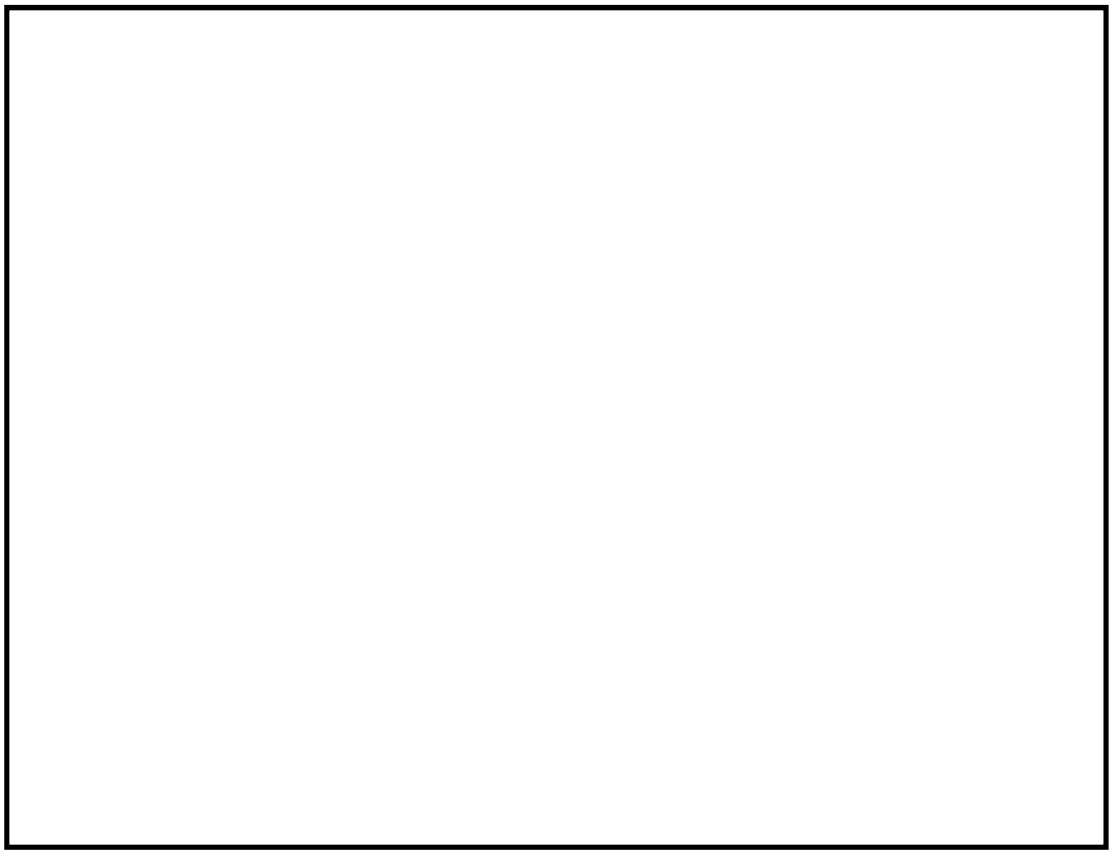


図 2－1（9）　緊急用海水ポンプピット断面図（南北方向　⑤－⑤断面）

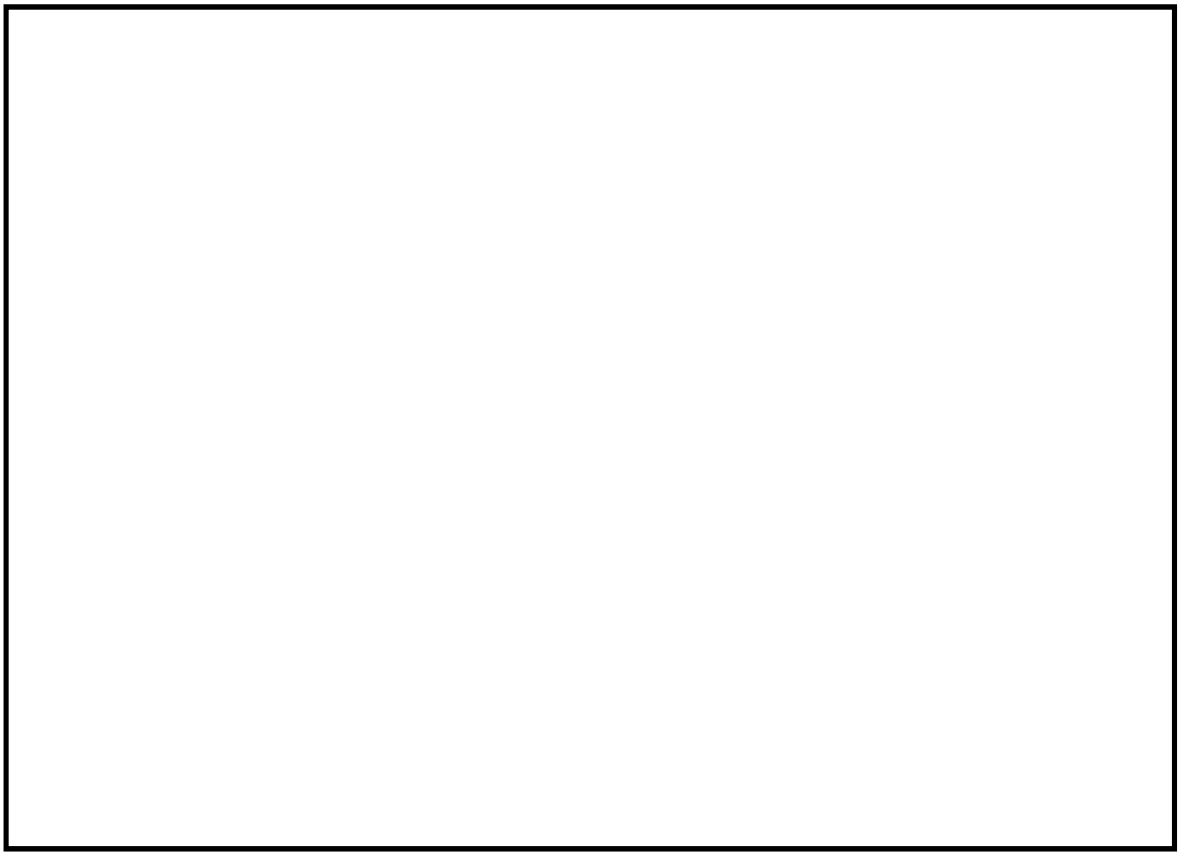


図 2－1（10）　緊急用海水ポンプピット断面図（南北方向　⑥－⑥断面）

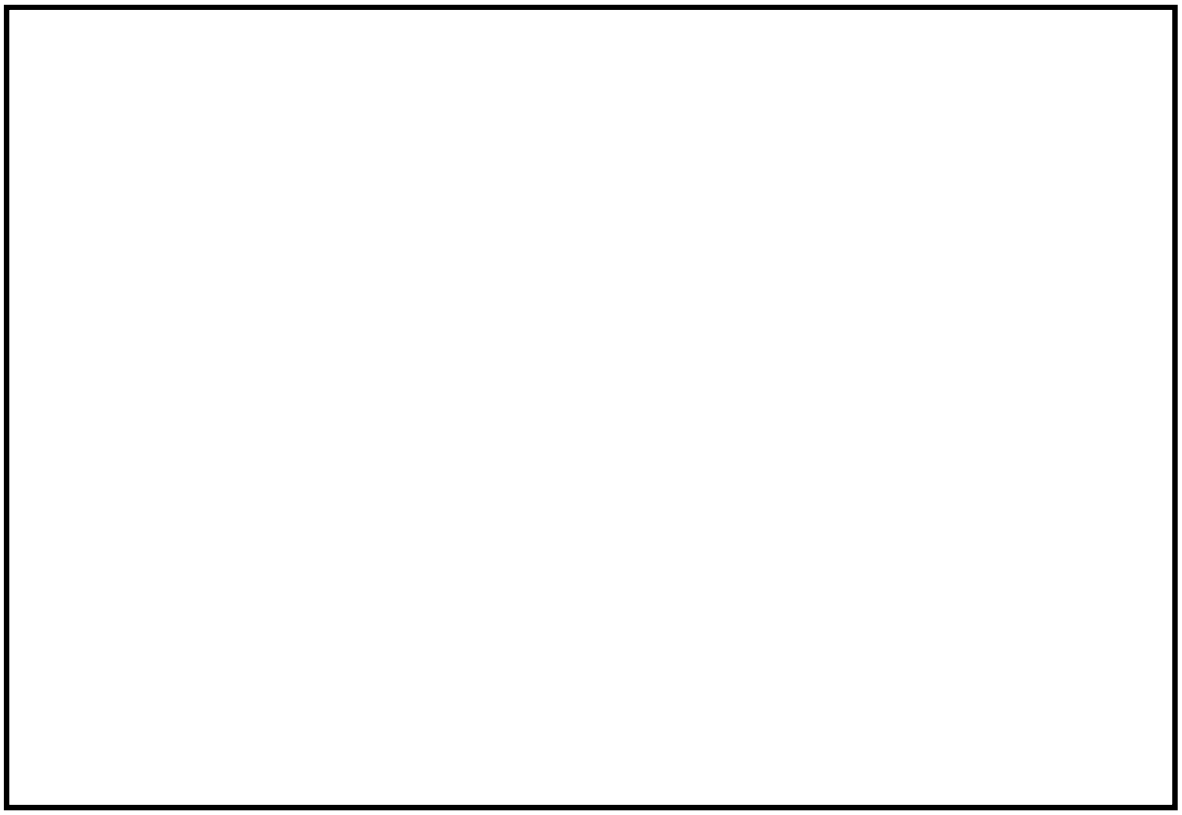


図 2－1（11）　緊急用海水ポンプピット断面図（南北方向　⑦－⑦断面）

(2)　常設低圧代替注水系ポンプ室

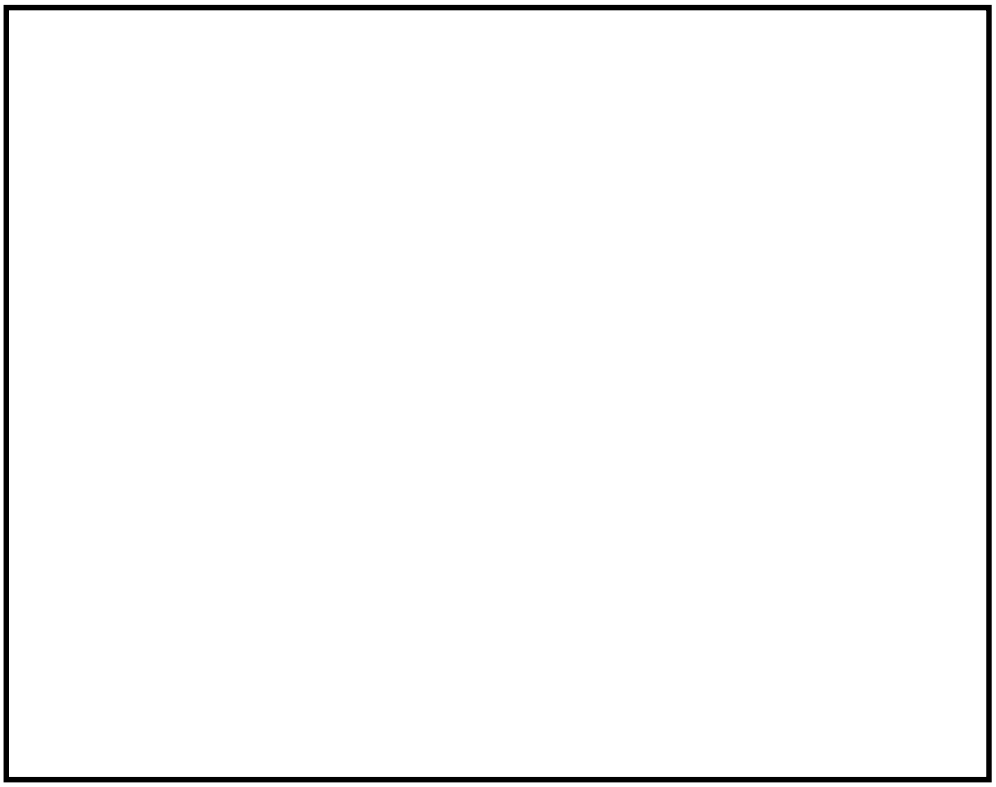


図 2－2（1）　常設低圧代替注水系ポンプ室平面図

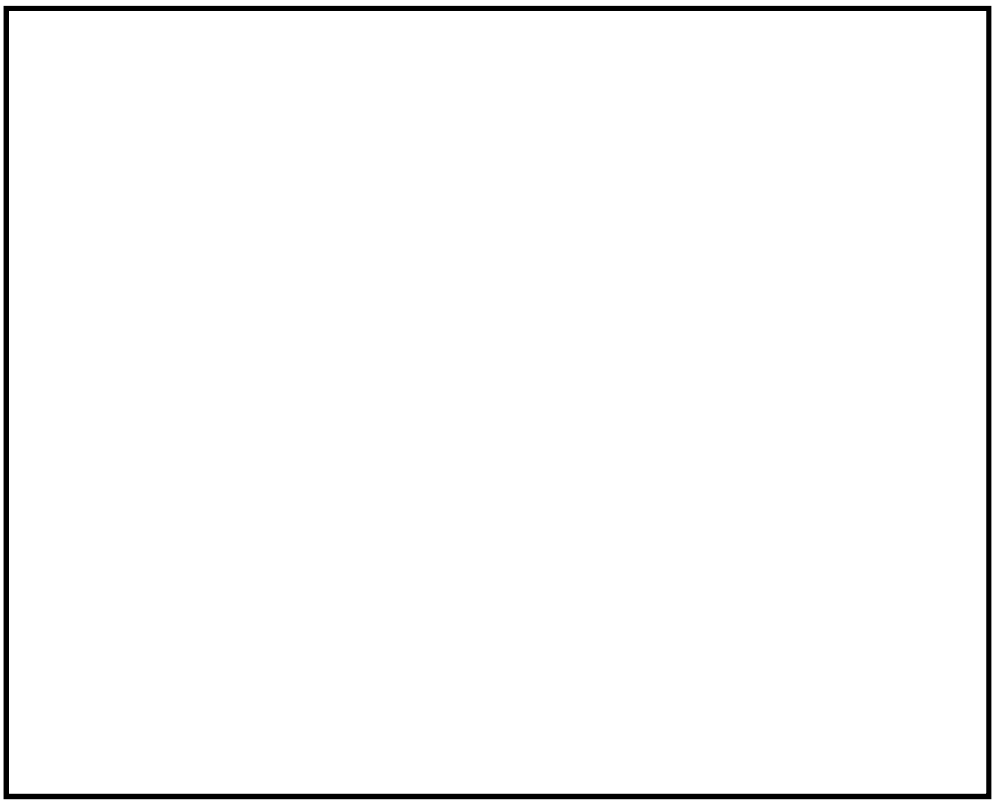


図 2－2（2）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（東西方向①－①断面）

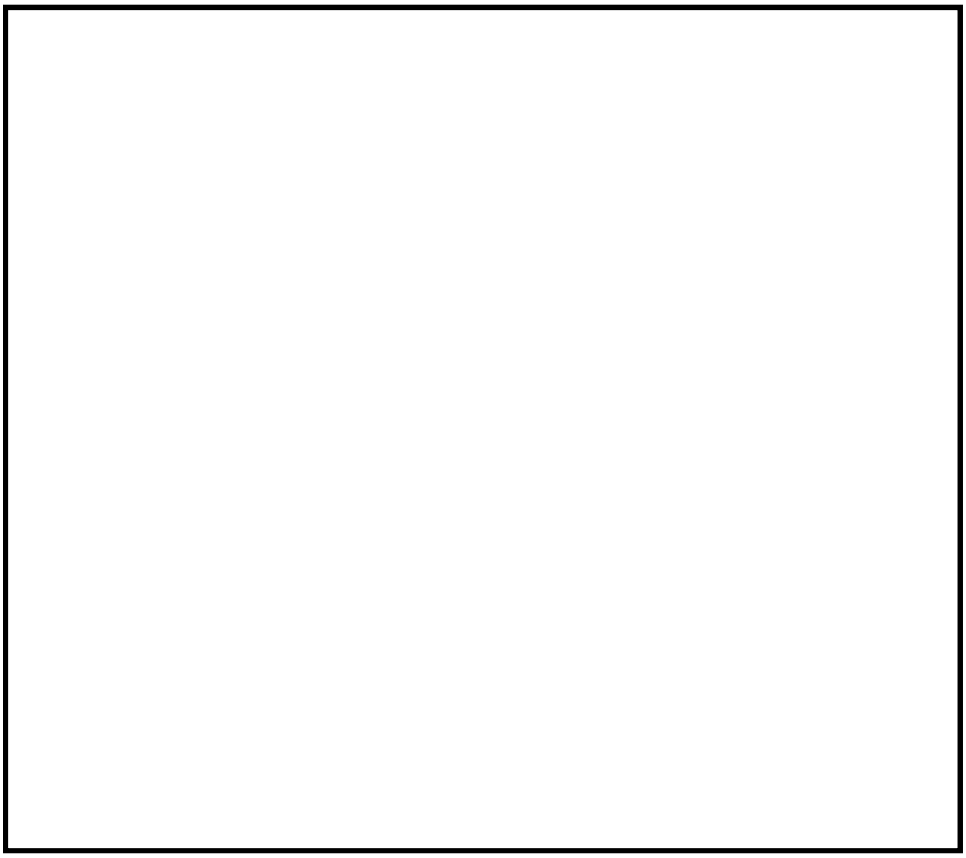


図 2－2（3）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（東西方向②－②断面）

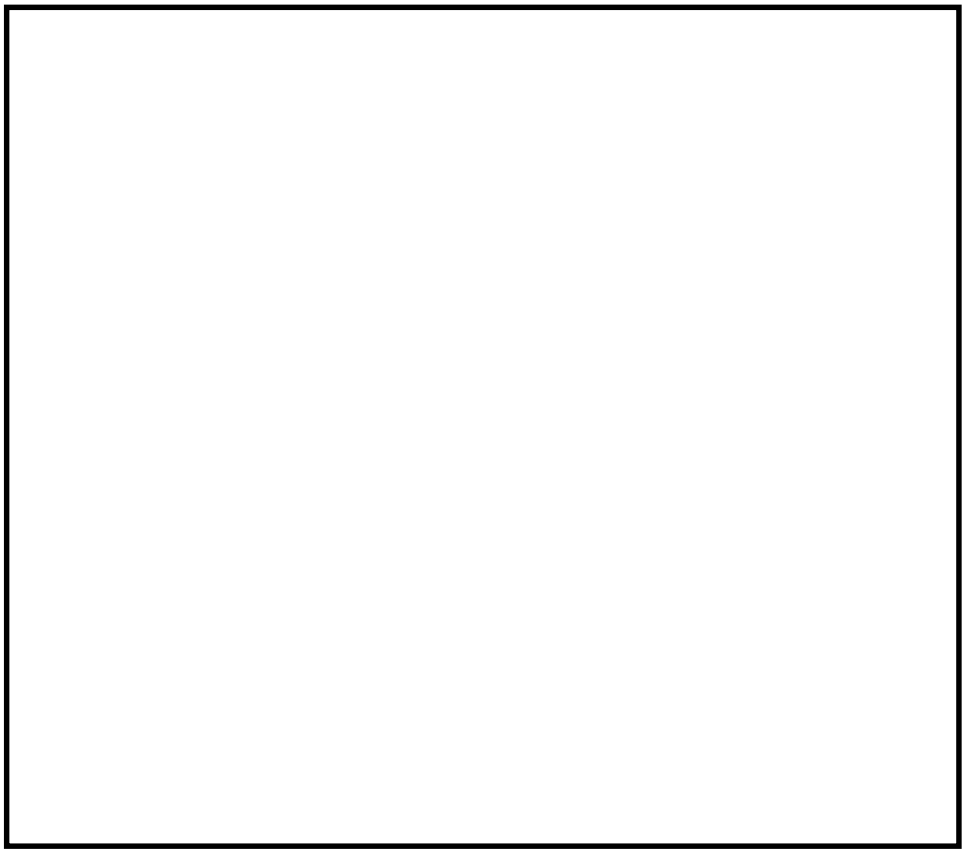


図 2－2（4）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（東西方向③－③断面）

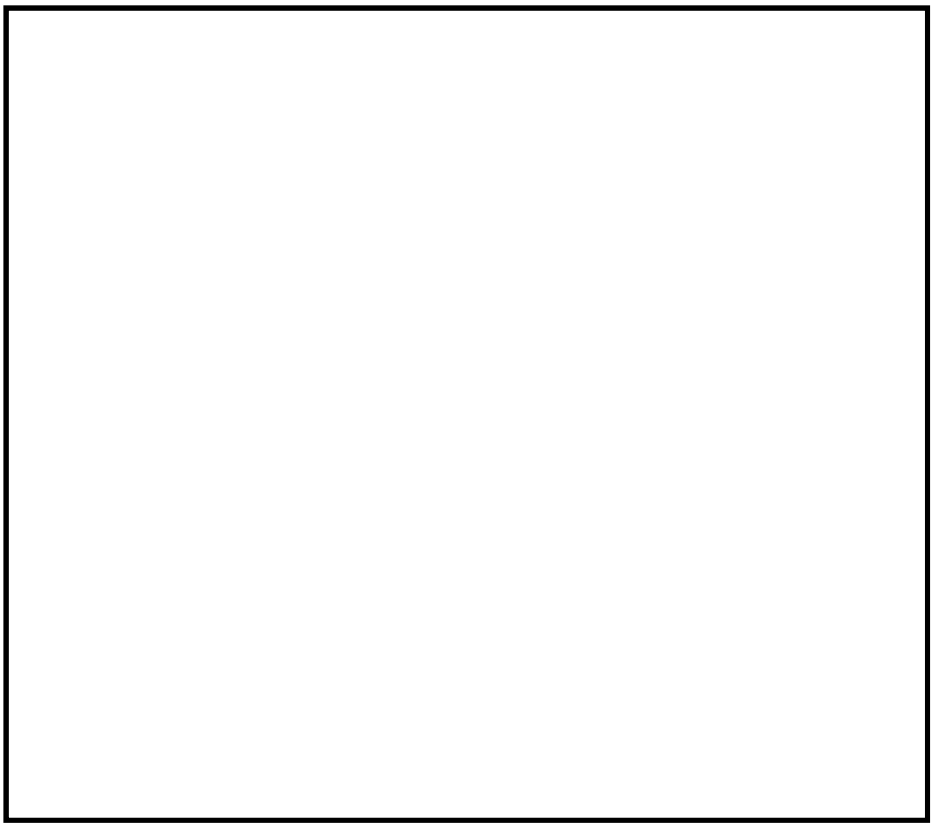


図 2－2（5）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（南北方向④－④断面）

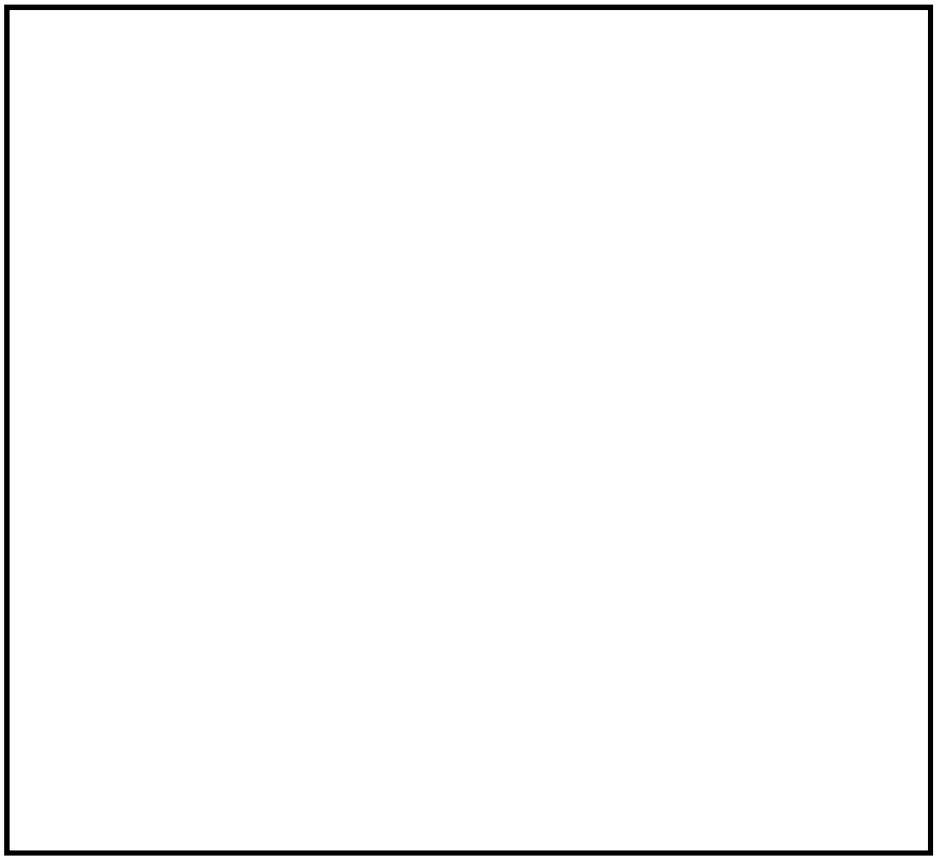


図 2－2（6）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（南北方向⑤－⑤断面）

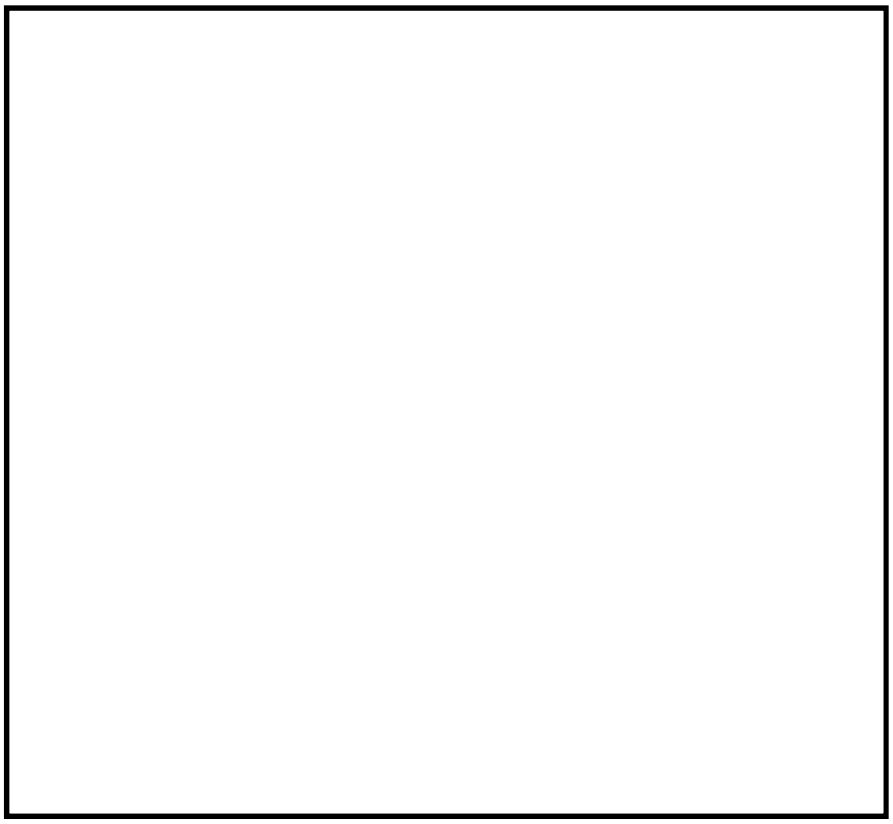


図 2－2（7）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（南北方向⑥－⑥断面）

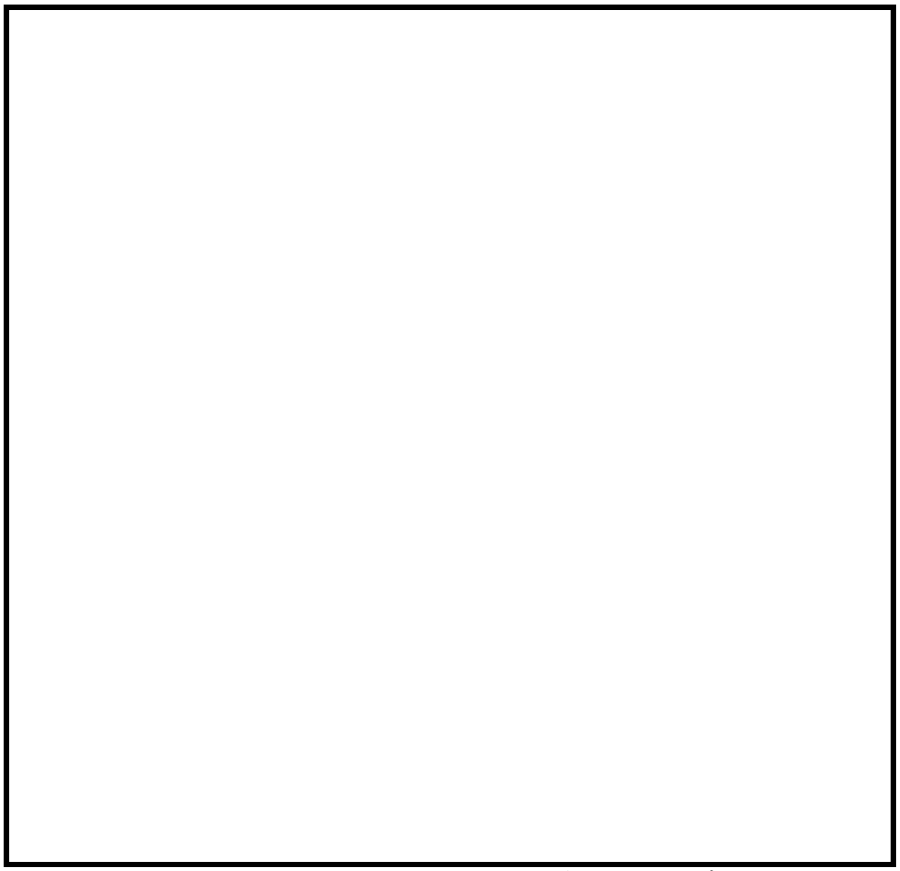


図 2－2（8）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（南北方向⑦－⑦断面）

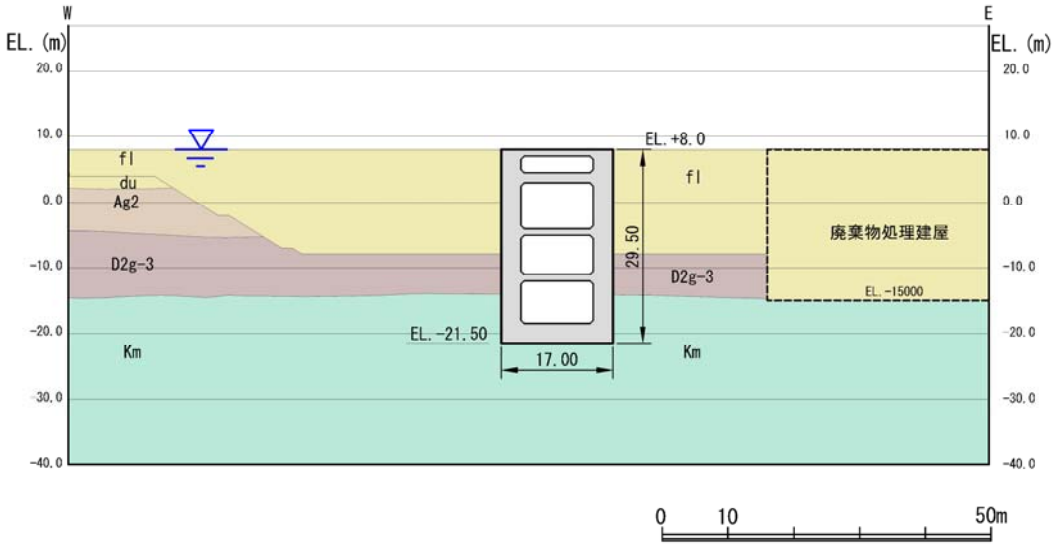


図 2－2（9）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（東西方向断面）

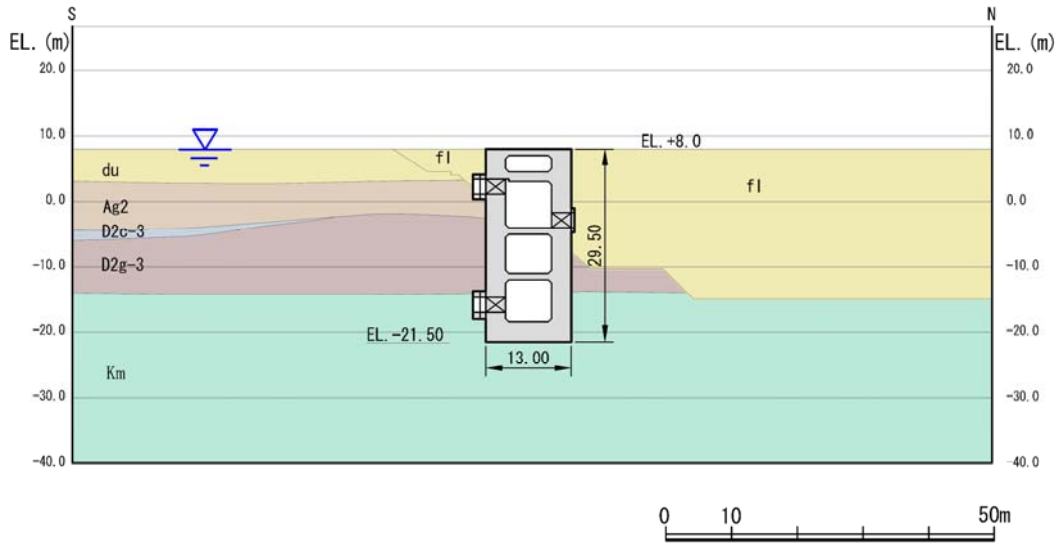


図 2－2（10）　常設低圧代替注水系ポンプ室評価対象断面図（南北方向断面）

(3)　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）

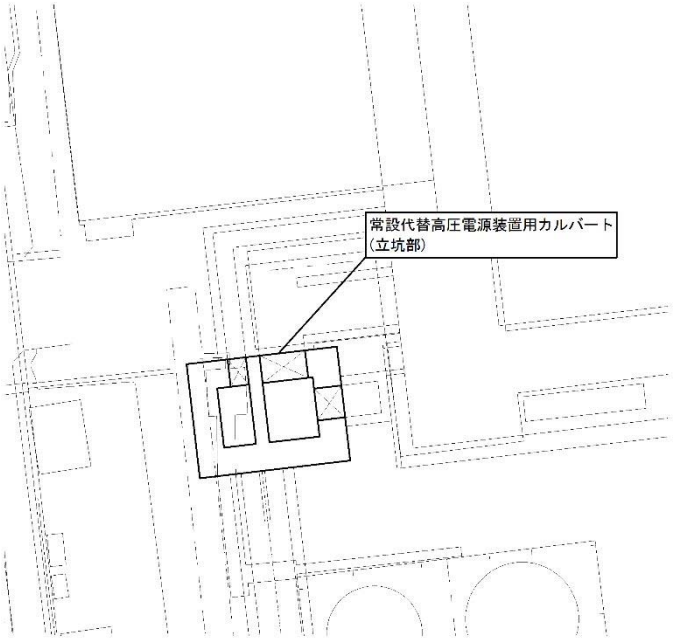


図 2－3（1）　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）平面配置図（拡大図）

図 2－3（2）　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）平面図

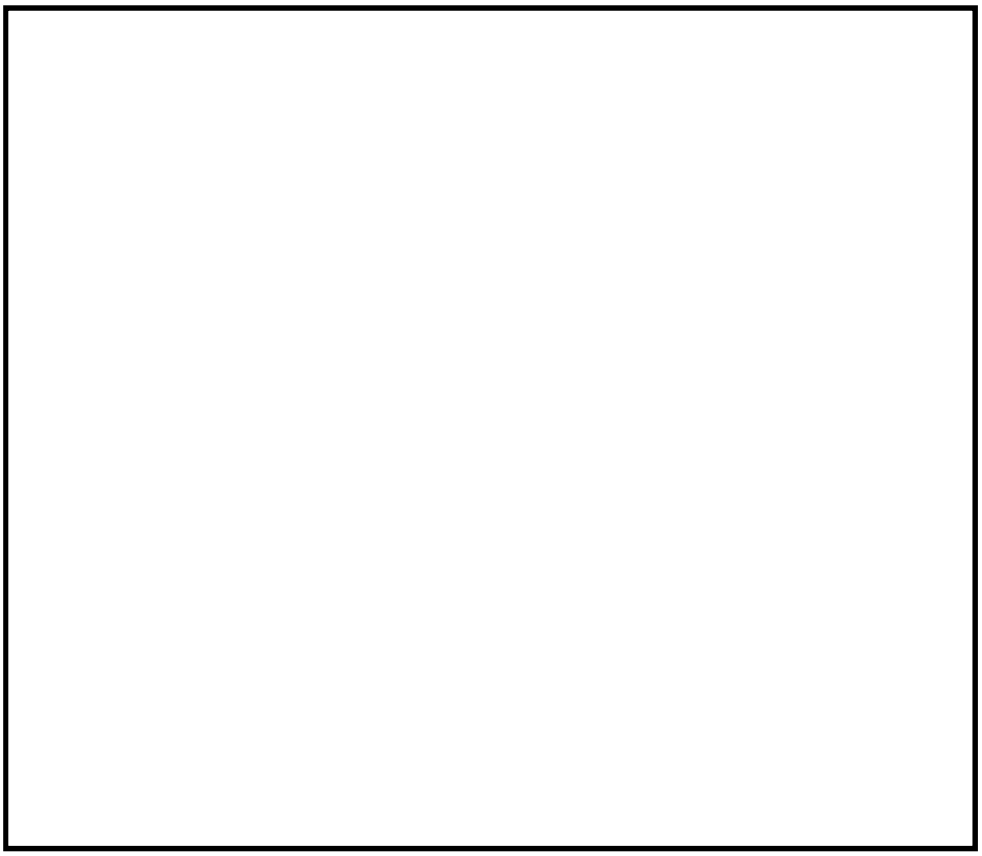


図 2－3（3）　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図（南北方向 ①－①断面）

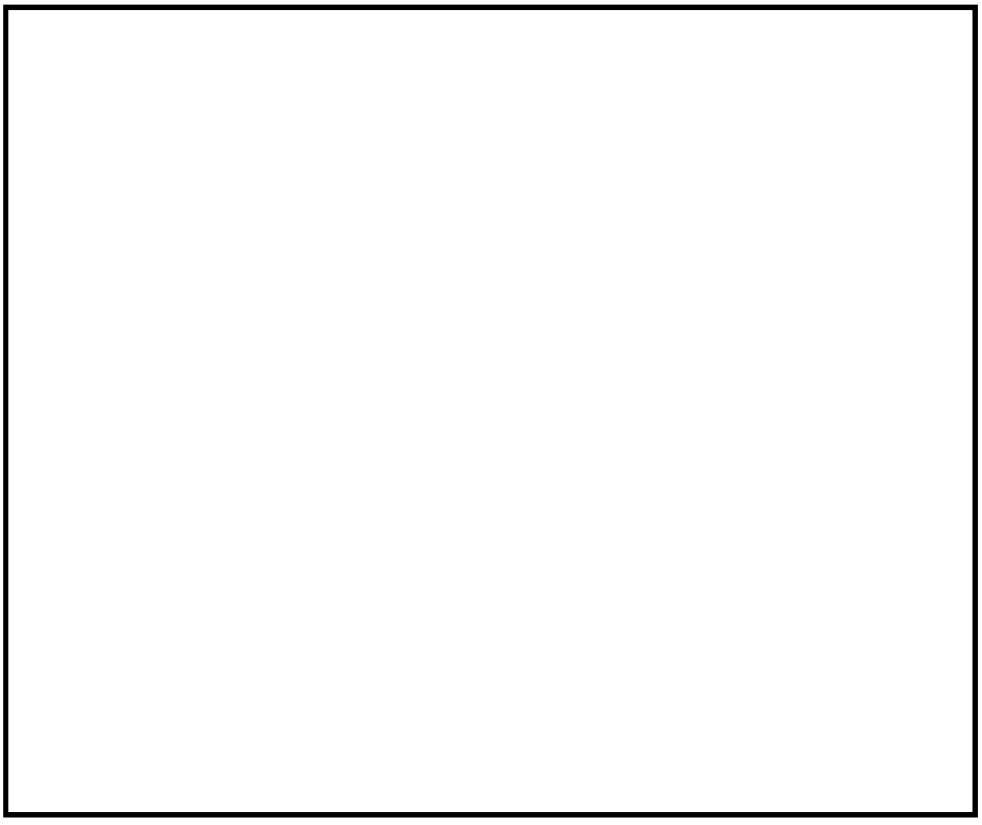


図 2－3（4）　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図（東西方向 ②－②断面）

参考 3.　既工認プラントの事例

1.　玄海３号機　海水管ダクト竪坑

(1)　モデル概要

・構造物：線形はり要素



図 1－1　玄海３号機海水管ダクト竪坑モデル図

(2)　設計方針

・鉛直方向

曲げに対して躯体の全断面積を考慮した断面性能（有効高さ），せん断に対して加振方向に平行に配置される壁部材にて受け持つ設計とする。

・水平方向

地震応答解析により得られる荷重を用いた３次元応力解析により断面力を算定する。

(3)　適用基準類

・荷重及び荷重の組合せ：コンクリート標準示方書 2002 年

・許容限界：コンクリート標準示方書，原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル 2005 年

・地震応答解析：ＪＥＡＧ４６０１-1987

2.　高浜１，２号　海水ポンプ室側立坑

(1)　モデル概要

・構造物：円筒状立坑。立坑は線形の鉛直はり要素としてモデル化し，立坑高さ方向の形状（一般部，開口部，底版）に応じた断面諸量（A,I）を入力。地盤は平面ひずみ要素としてモデル化。

・構造寸法：内径 7m，外径 11m，高さ 46m

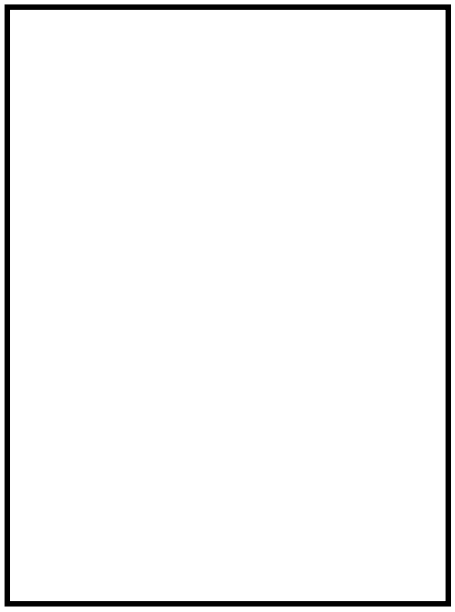


図 2－1　高浜１，２号海水ポンプ室側立坑モデル図

(2)　設計方針

・海水ポンプ室側立坑部とトンネル部を一体化せず，立坑の構造のみで開口の影響を考慮した評価を行う。底版は，両端固定梁でモデル化し，二次元動的解析における底版下面のジョイント要素に発生する鉛直方向地盤反力を作用させ評価する。

(3)　適用基準類

・コンクリート標準示方書 2002 年

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル 2005 年

・ＪＥＡＧ４６０１-1987

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-400-1【地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較】

目次

1. 概要
2. 地震応答解析モデル及び手法の比較

別紙 1-1　原子炉建屋の地盤接地状況と埋込みＳＲモデルの適用性について
別紙 1-2　原子炉建屋の地震応答解析モデルの変更について
別紙 1-3　原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

別紙 2-1　使用済燃料乾式貯蔵建屋で用いる有効入力動の適用性について
別紙 2-2　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの変更について
別紙 2-3　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルについて

下線：本日ご説明該当箇所

別紙 1-3　原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

目　　次

1. 概要 1
2. 原子炉建屋の概要 2
2.1 建屋概要 2
2.2 設置地盤の状況 6
3. 地震応答解析モデルに係る影響検討 8
3.1　概要 8
3.2　原子炉建屋内の地震計設置位置 9
3.3　建屋－地盤動的相互作用の評価法について 10
3.4　人工岩盤のモデル化について 23
3.5　側面回転ばねの扱いについて 35
4. シミュレーション解析結果を踏まえた施設影響 47
5. まとめ 59

1. 概要

原子炉建屋の地震応答解析モデル（以下「R/B 今回工認モデル」という。）は，2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）のシミュレーション解析結果を踏まえて設定している。

本資料は，東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析として実施した基礎底面の人工岩盤のモデル化方法及び側面地盤ばねの扱いについての影響検討結果を説明するものである。

2. 原子炉建屋の概要

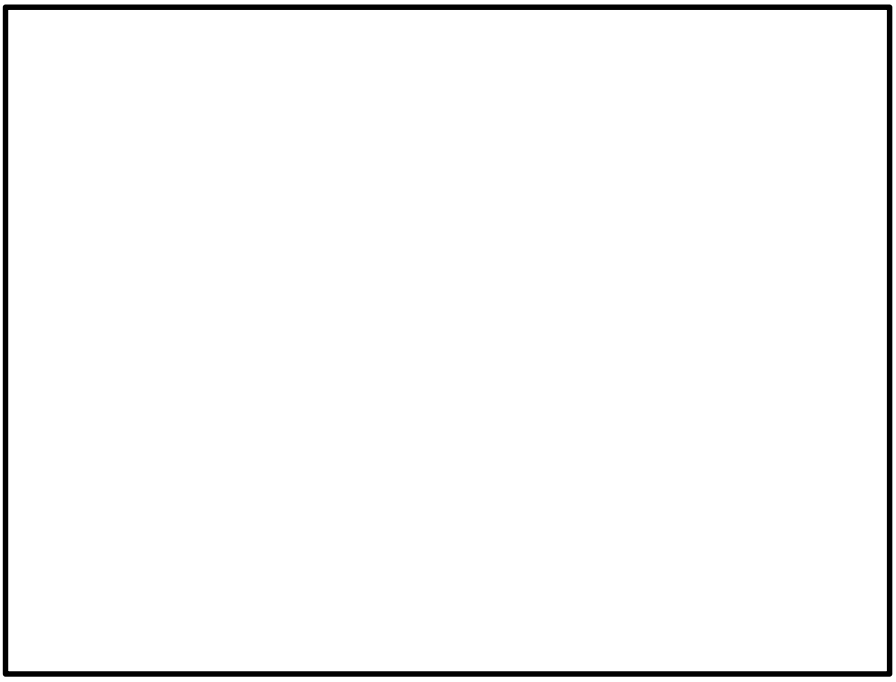
2.1 建屋概要

原子炉建屋は，地下2階，地上6階の鉄筋コンクリート造の建物である。

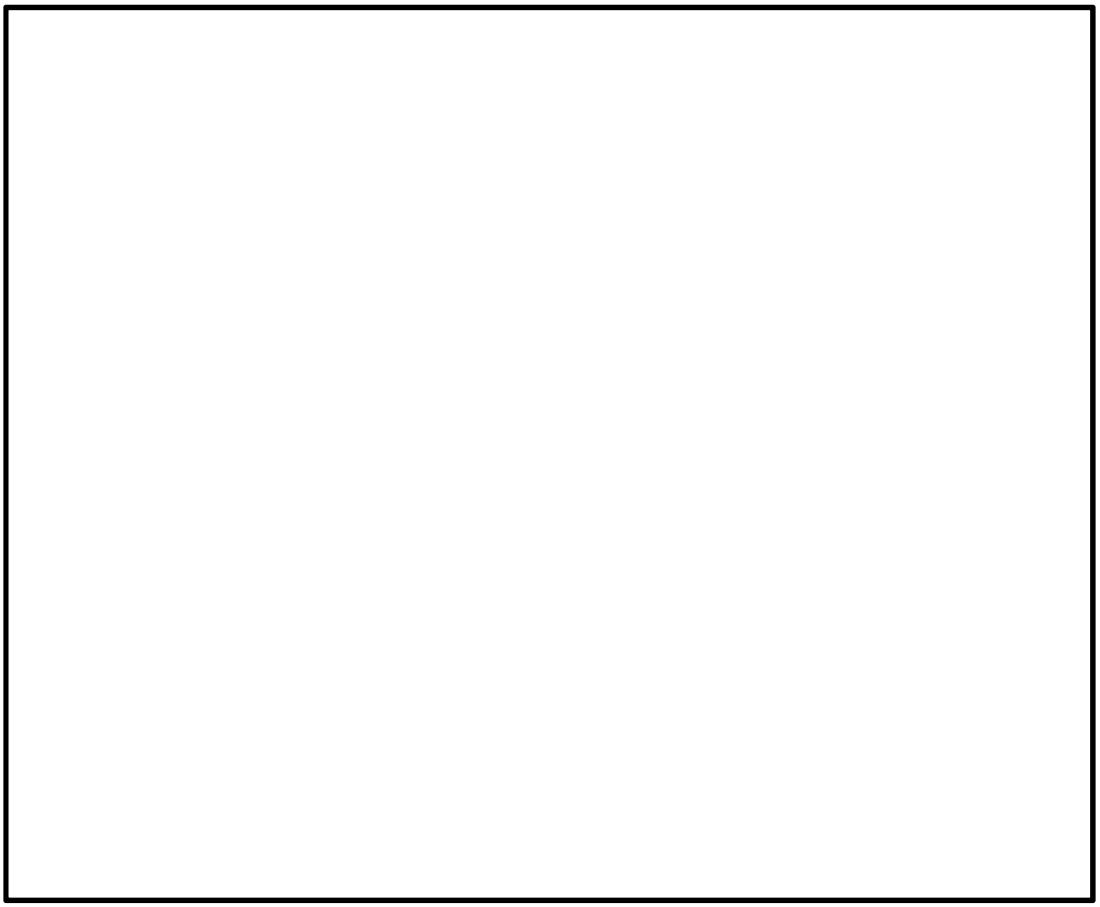
建物の中央部には原子炉格納容器を収納する原子炉棟があり，その周囲に付属棟を配置している。原子炉建屋の概要を図2－1及び図2－2に，使用材料を表2－1に示す。

原子炉棟と付属棟とは同一基礎スラブ上に設置した一体構造であり，原子炉建屋の平面は，地下部分は約67 m×約67 m，地上部分は一部を除き約41 m×約44 mの矩形をしている。基礎底面からの高さは約73 mであり，地上高さは約56 mである。

原子炉建屋の基礎は，平面が約67 m×約67 m，厚さ5 mのべた基礎で，人工岩盤を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。

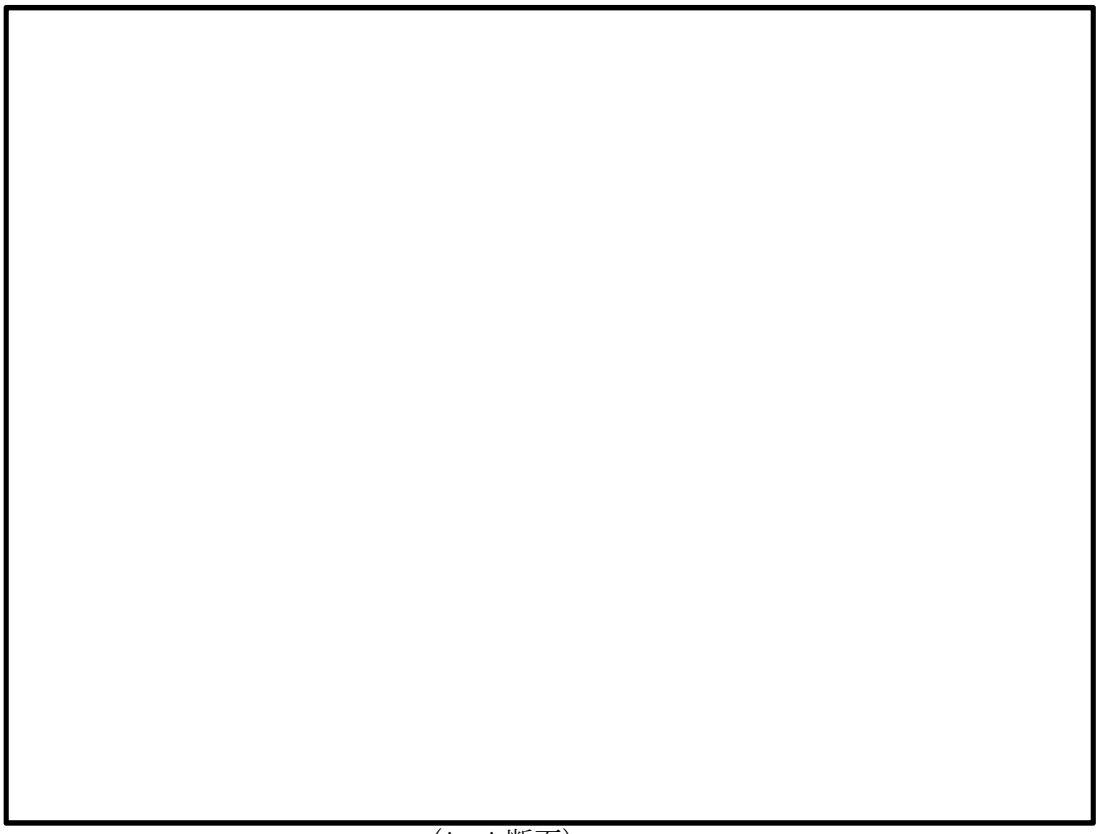


(EL. 46.5 m)

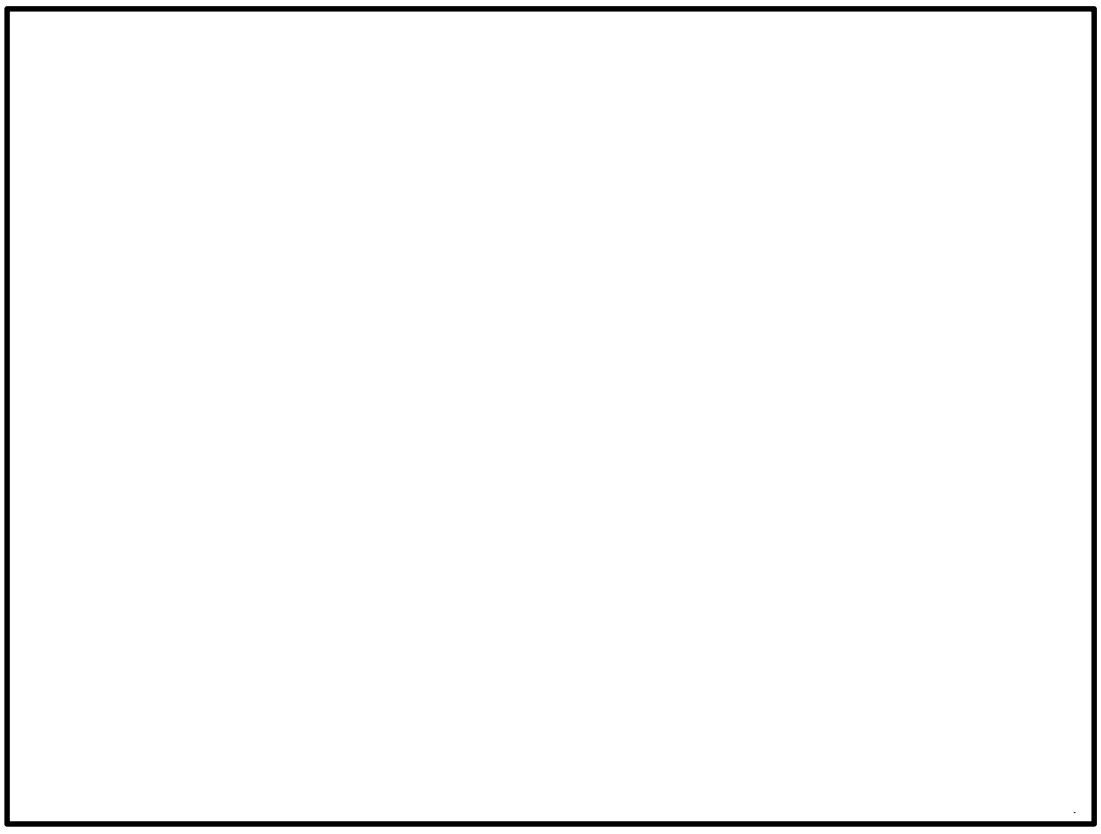


(EL. －4.0 m)

図 2－1　原子炉建屋の概要（平面図）



（A－A 断面）



（B－B 断面）

図 2－2　原子炉建屋の概要（断面図）

表 2－1　原子炉建屋の使用材料※1

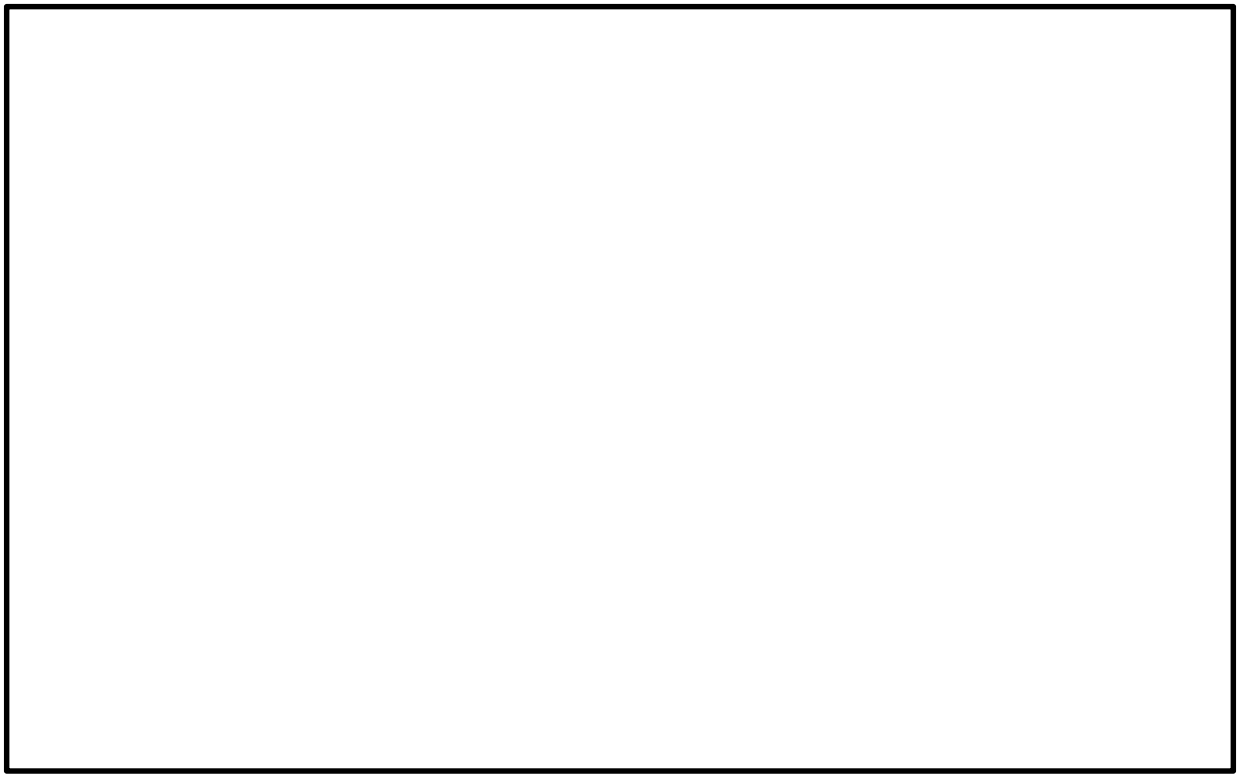
部位	設計基準強度		単位体積重量	ポアソン比	ヤング係数	せん断弾性係数
	Fc (kgf/cm^2)	Fc※2 (N/mm^2)	γ (kN/m^3)	ν	E (N/mm^2)	G (N/mm^2)
建屋	225	22.1	24.0	0.2	2.21×10^4	9.21×10^3
人工岩盤	140	13.7	23.0	0.2	1.88×10^4	7.83×10^3
鋼材	－	－	77.1	0.3	2.05×10^5	7.9×10^4

※1　使用材料については，「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（1999)」，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005)」及び「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（2005)」に準拠した。

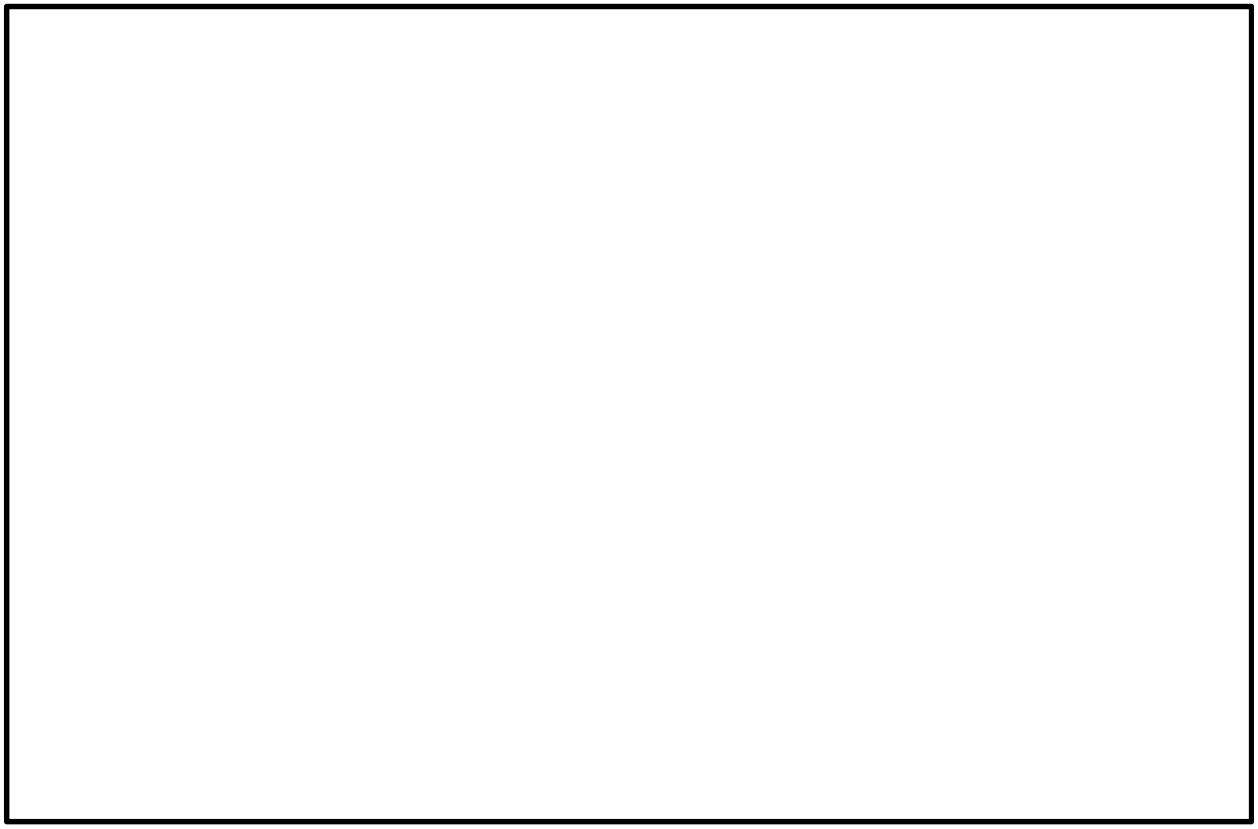
※2　Fc は 9.80665 m/s^2を用いて換算した。

2.2　設置地盤の状況

原子炉建屋はコンクリート造の人工岩盤を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。原子炉建屋の設置状況及び埋込み状況を図 2－3 の原子炉建屋設置地盤断面図に示す。



(NS 方向)



(EW 方向)

図 2－3　原子炉建屋設置地盤断面図

3.　地震応答解析モデルに係る影響検討

3.1　概要

東海第二発電所原子炉建屋の基礎はコンクリート造の人工岩盤を介して支持地盤である久米層に設置している。また，原子炉建屋の基礎下端は EL.－9 m であり，地表面（EL.8 m）から 17 m 地中に埋め込まれている。

建設当時の工認（以下「建設工認」という。）では，原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987（(社）日本電気協会）（以下「ＪＥＡＧ４６０１－1987」という。）制定前であったため，解放基盤表面という概念が無く，地盤応答解析を介さずに人工岩盤下端に設計波を直接入力していた。そのため人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し，建屋と側面地盤の相互作用は考慮していなかった。

R/B 今回工認モデルを検討するにあたり，「ＪＥＡＧ４６０１－1987」及び原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（(社）日本電気協会）（以下「ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版」という。）には，基礎底面の人工岩盤のモデル化方法及び側面回転地盤ばねの扱いについて明確に表記されていないため，東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析を行い，人工岩盤のモデル化の影響と建屋と側面地盤との相互作用の影響評価を行った。

3.2　原子炉建屋内の地震計設置位置

原子炉建屋には，地震時の基本的な振動性状を把握する目的で偶数階に各階 1 台の地震計を設置している。また，基礎上(地下 2 階)には更に 4 台の地震計を設置している。

原子炉建屋の地震計設置位置を図 3－1 に示す。

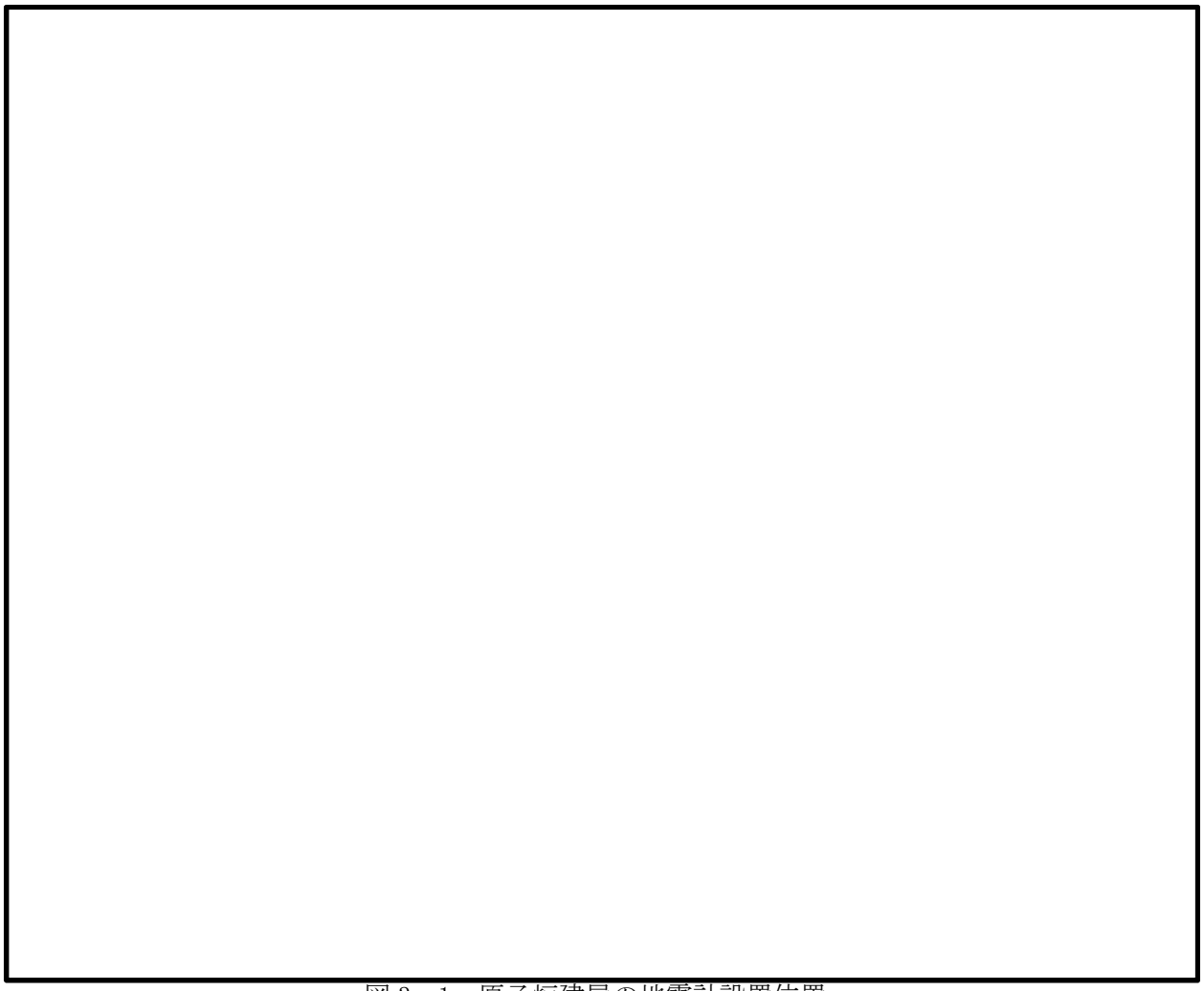


図 3－1　原子炉建屋の地震計設置位置

3.3　建屋－地盤動的相互作用の評価法について

建設工認では，埋込み効果を無視した，スウェイ・ロッキングモデル（以下「ＳＲモデル」という。）として，建屋と地盤の相互作用を考慮している。

本資料では，はじめに，建設工認に用いたＳＲモデルと側面地盤による回転拘束を含む埋込み効果を考慮した埋込みＳＲモデルを用いて東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析を行い，建屋の振動性状を比較した。解析に用いたＳＲモデルによる地震応答解析の概要を図 3－2 に，埋込みＳＲモデルによる地震応答解析の概要を図 3－3 に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として，両者の最大応答加速度分布の比較を図 3－4 及び図 3－5 に，床応答スペクトルの比較を図 3－6 及び図 3－7 に示す。これらの解析結果より埋込みＳＲモデルを用いた方が，ＳＲモデルを用いた場合に比べ，観測記録との整合が改善しており，より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられる。

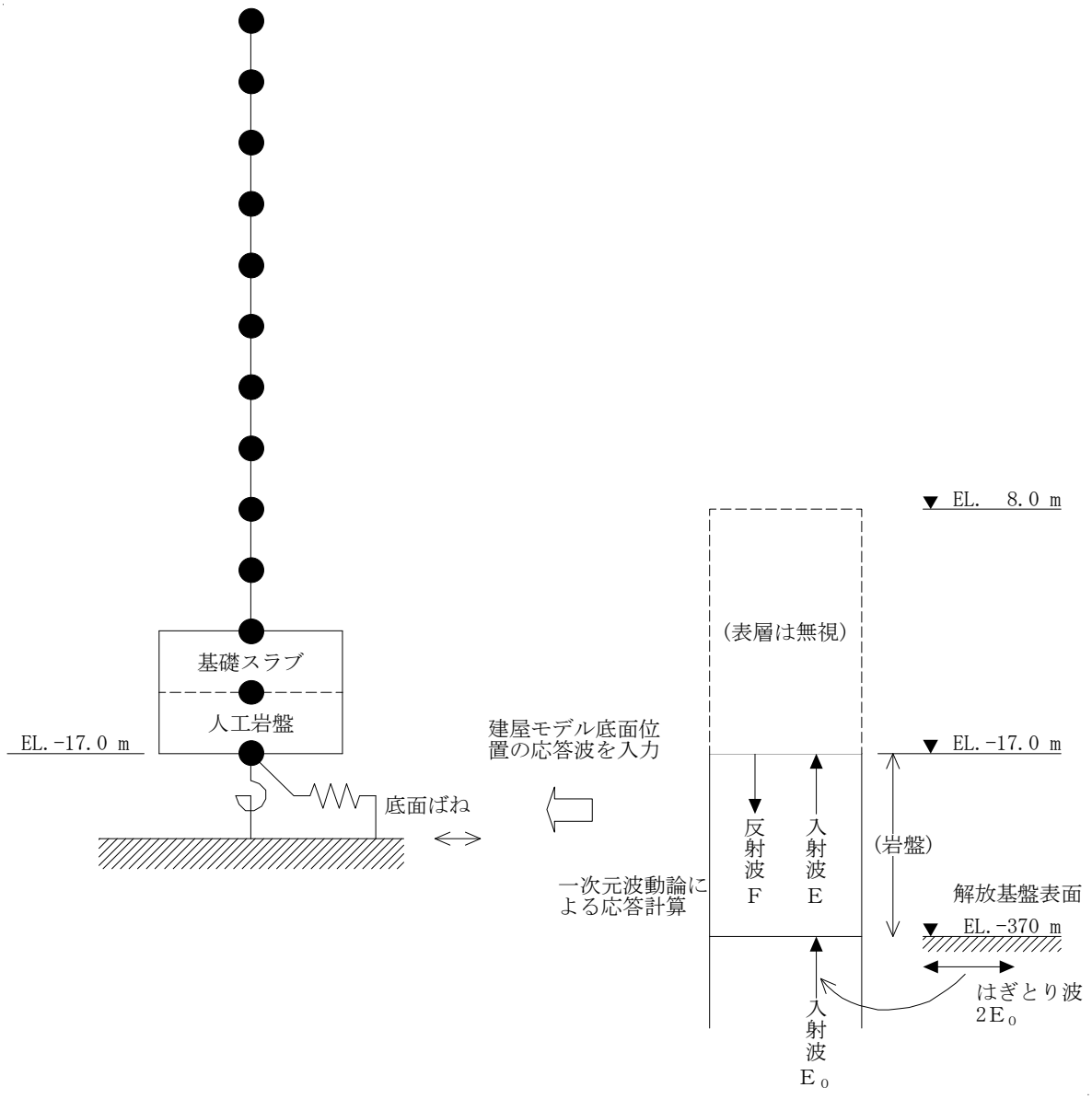


図３－２　ＳＲモデルによる地震応答解析の概要

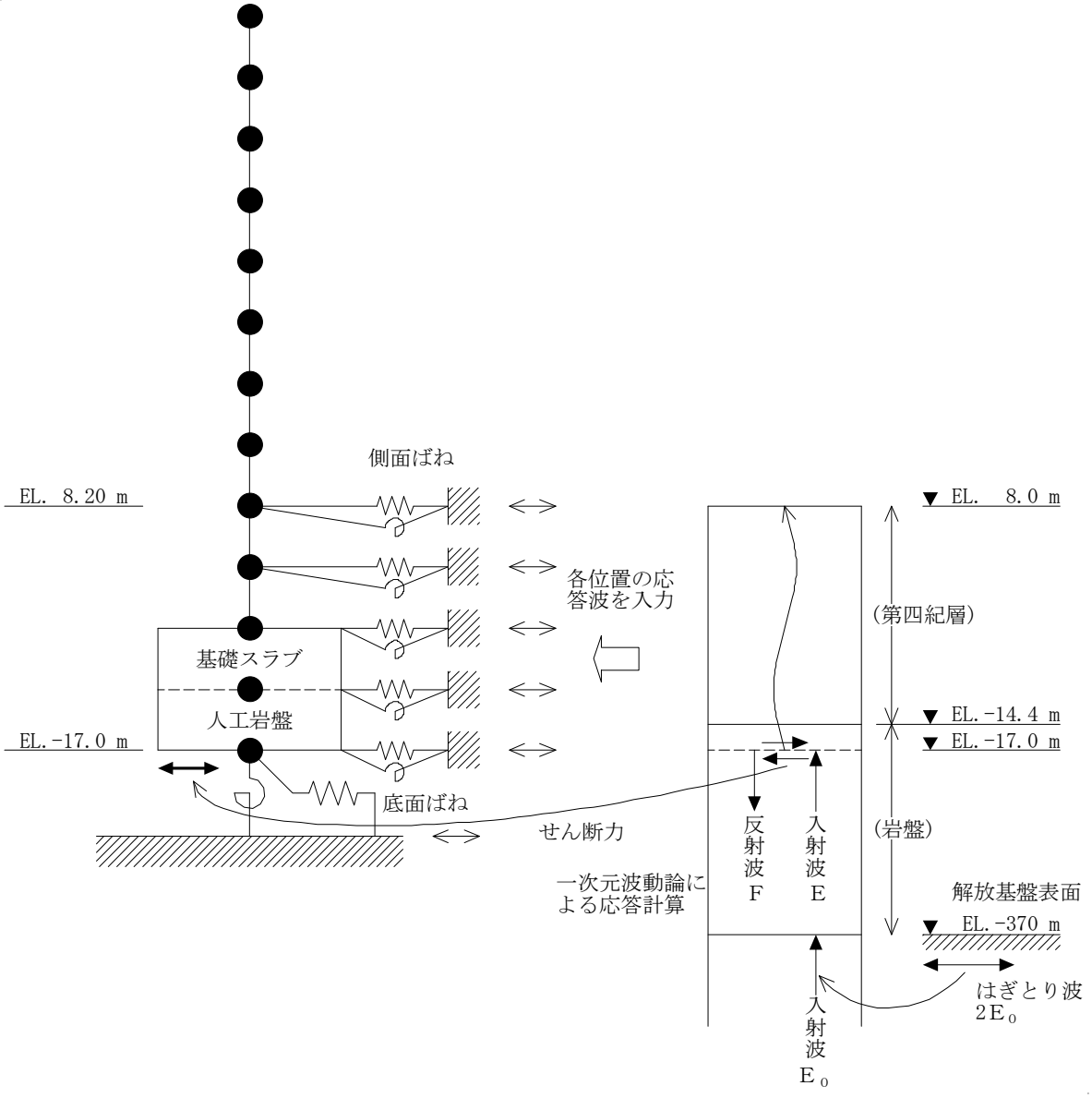
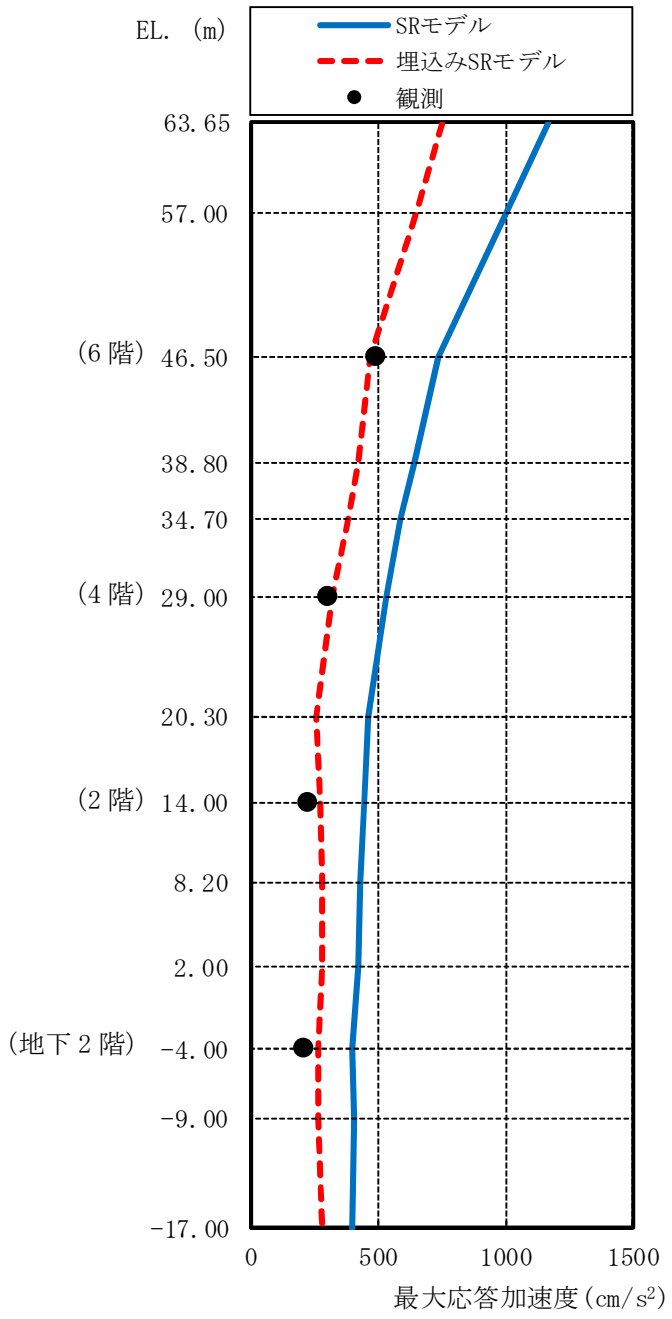
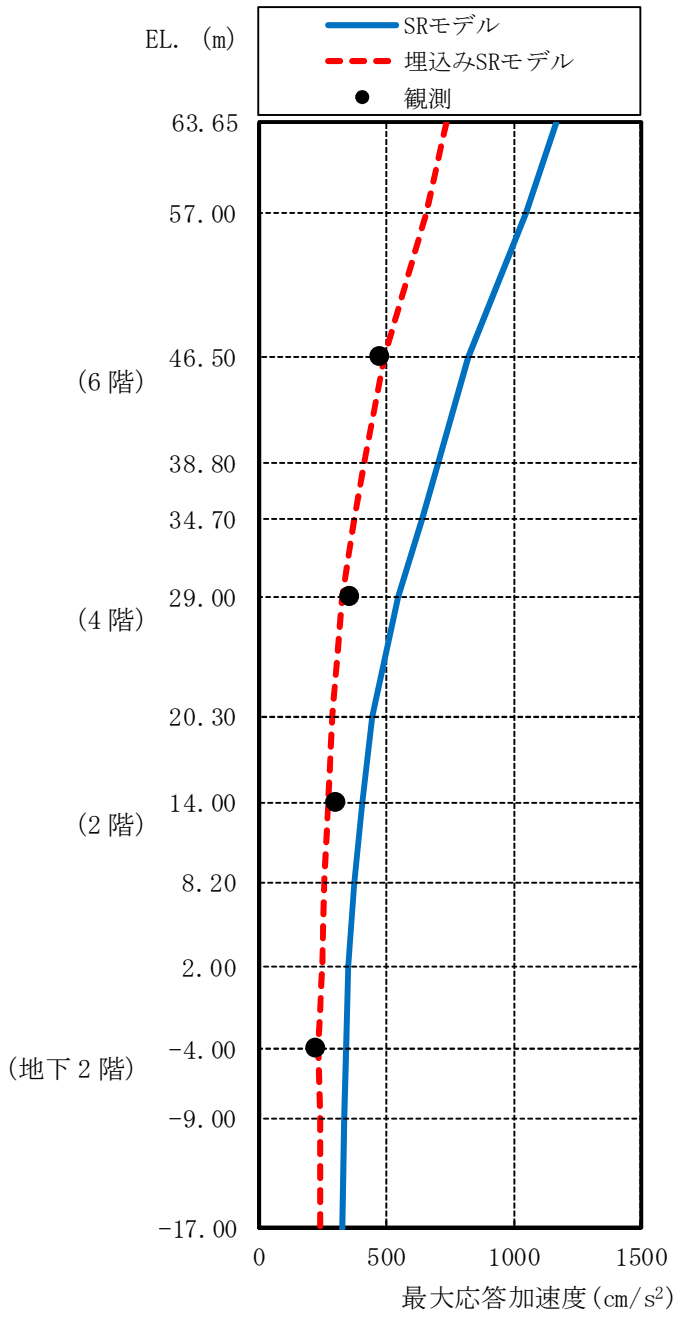


図 3－3　埋込みＳＲモデルによる地震応答解析の概要



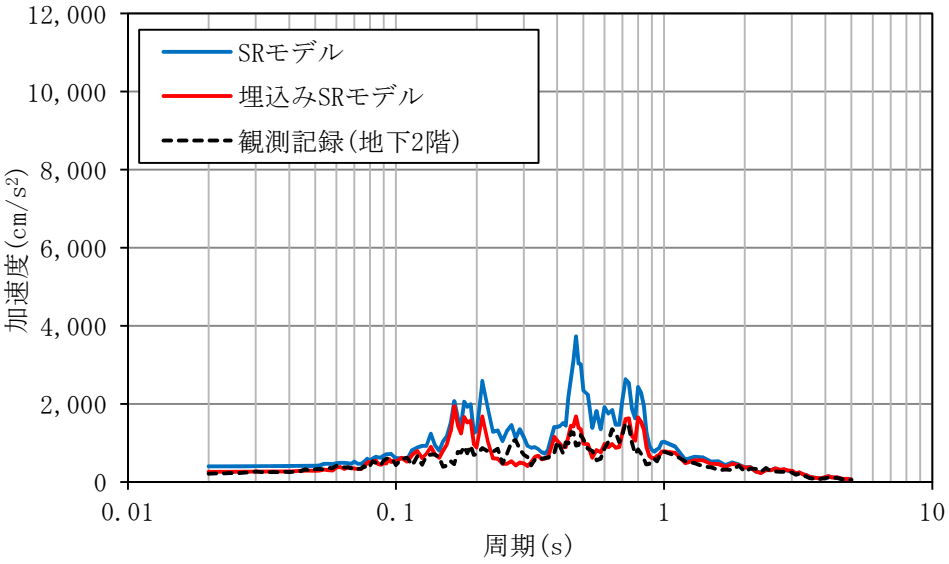
NS方向		
SR	埋込SR	観測
cm/s²	cm/s²	cm/s²
1,167	755	－
1,005	648	－
734	472	492
641	419	－
589	383	－
532	325	301
460	255	－
448	272	225
433	284	－
420	279	－
402	265	214
403	269	－
401	278	－

図 3－4　最大応答加速度分布の比較（NS 方向）

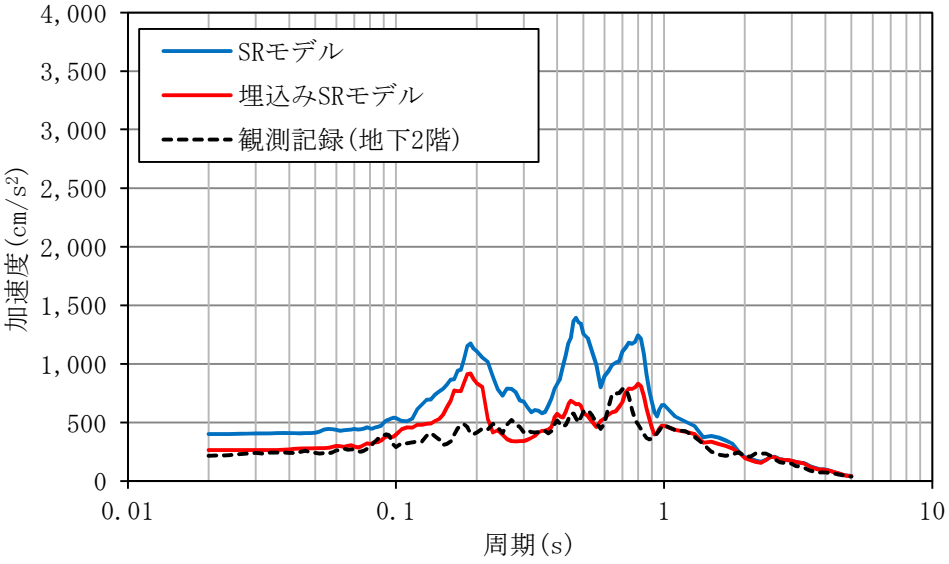


EW方向		
SR	埋込SR	観測
cm/s²	cm/s²	cm/s²
1,170	741	－
1,048	660	－
826	493	481
708	419	－
639	378	－
545	332	361
447	290	－
409	272	306
376	259	－
355	249	－
342	238	225
338	240	－
330	241	－

図 3－5　最大応答加速度分布の比較（EW 方向）



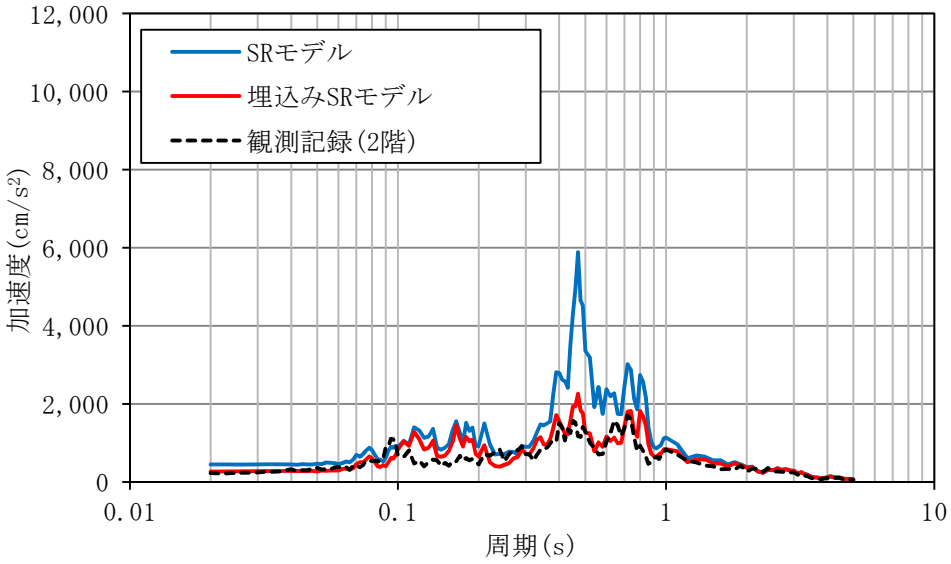
h＝1%



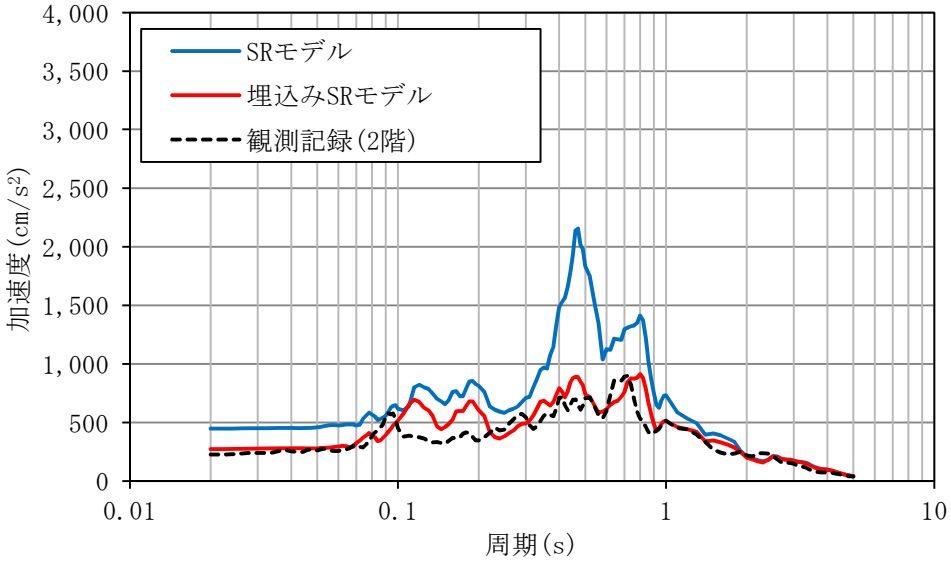
h＝5%

地下 2 階

図 3－6（1／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



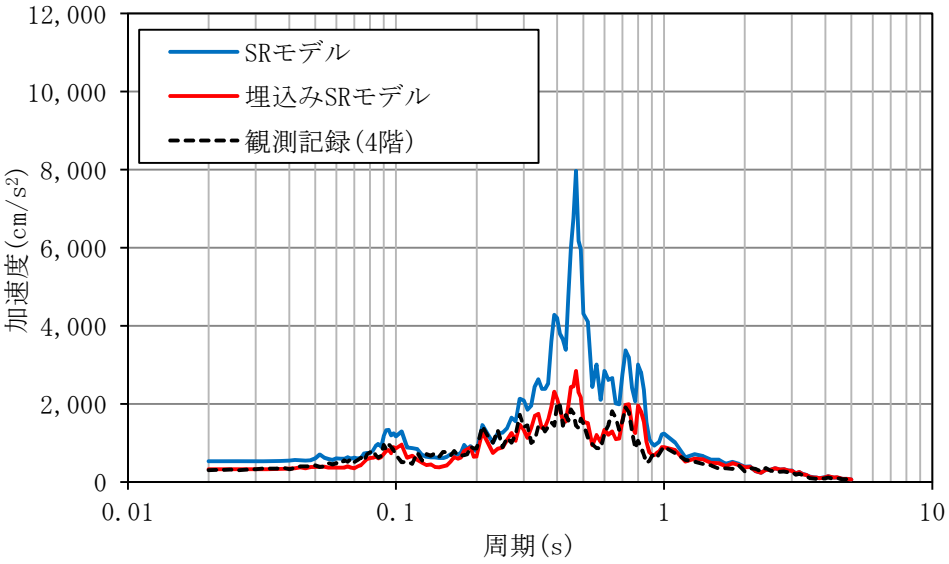
h＝1%



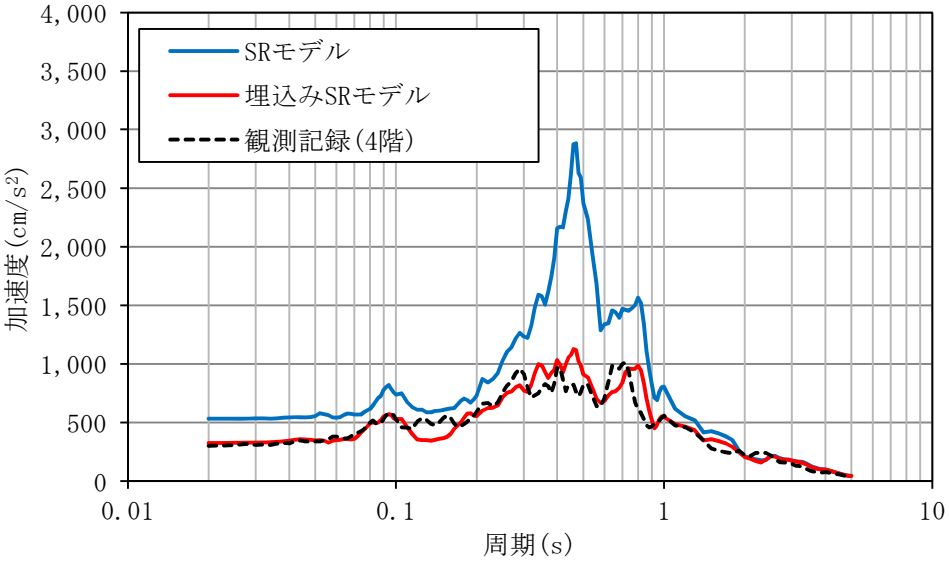
h＝5%

2 階

図 3－6（2／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



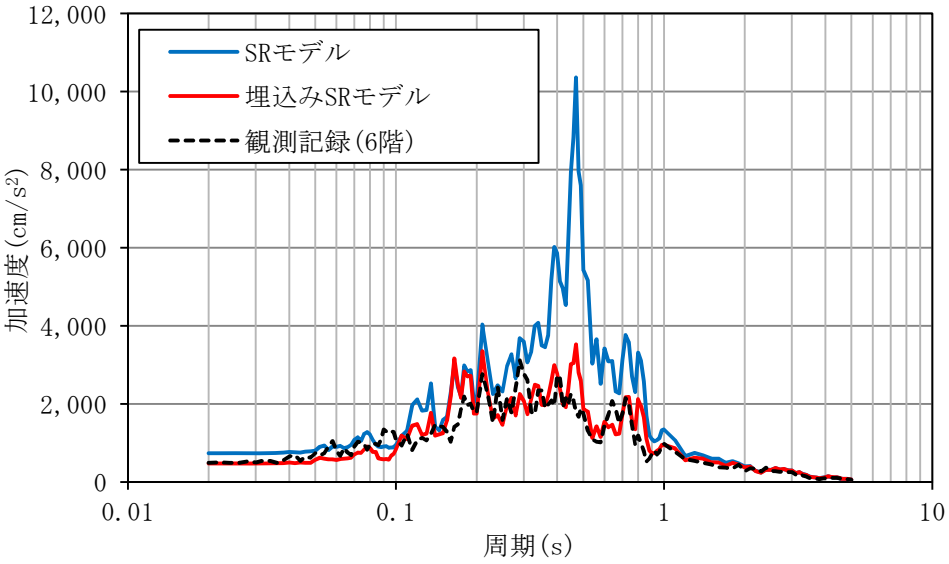
h＝1%



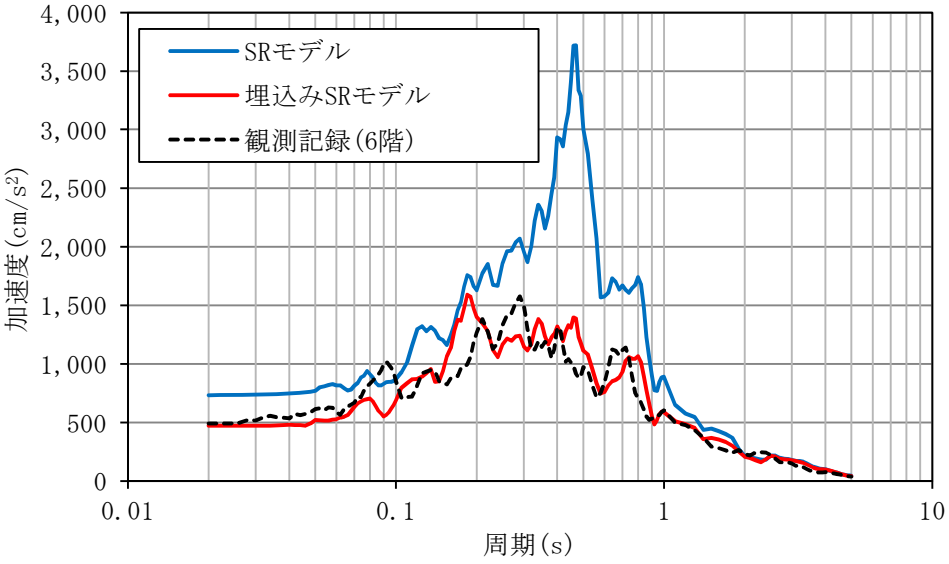
h＝5%

4 階

図 3－6（3／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



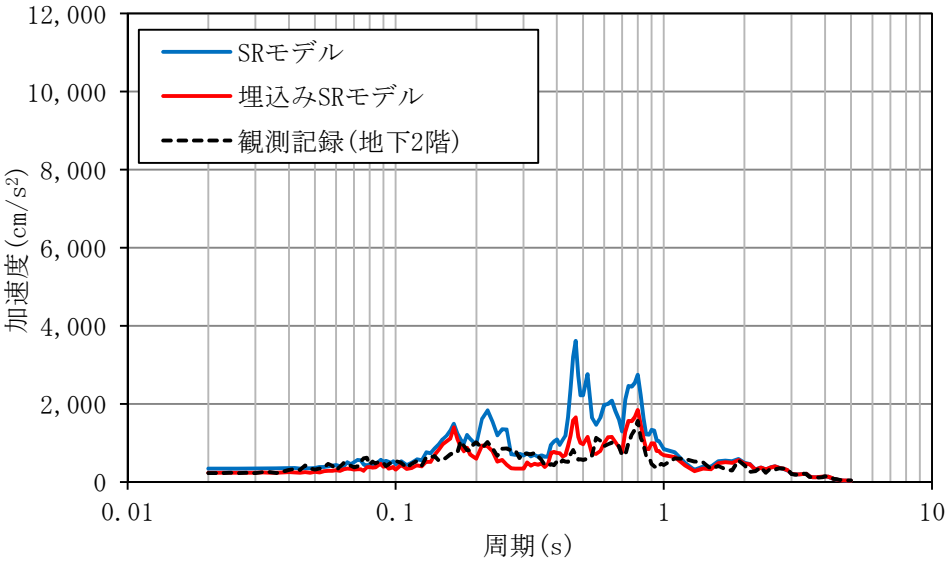
h＝1%



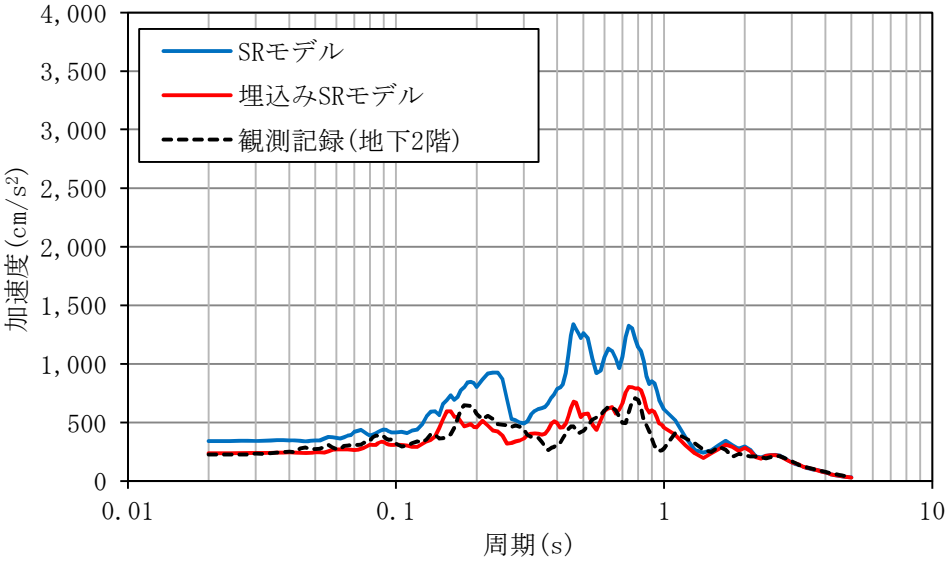
h＝5%

6 階

図 3－6（4／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



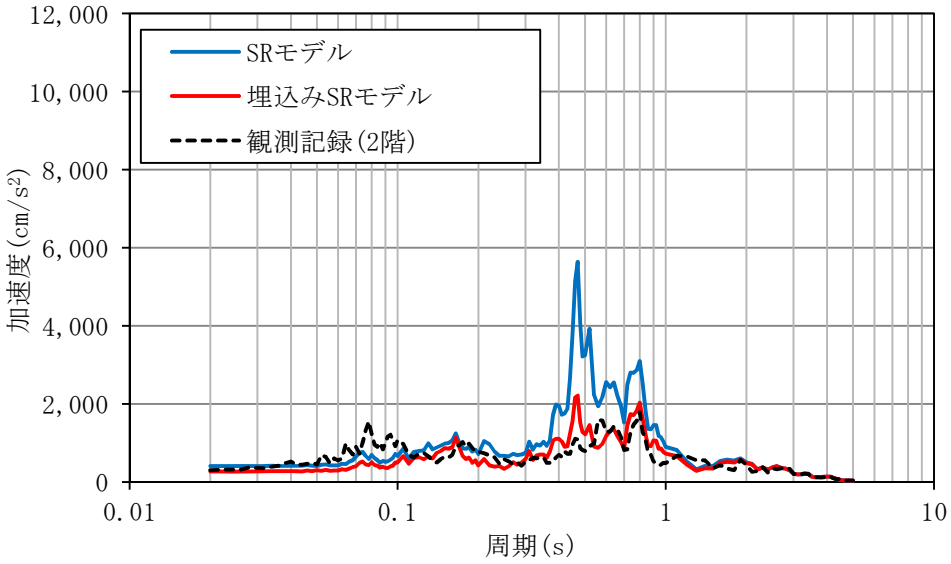
h＝1%



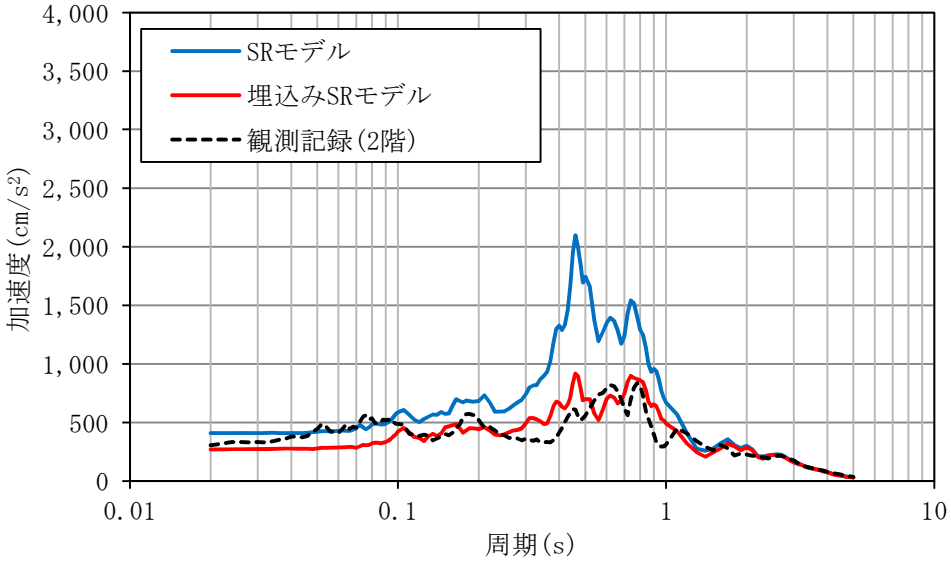
h＝5%

地下 2 階

図 3－7（1／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



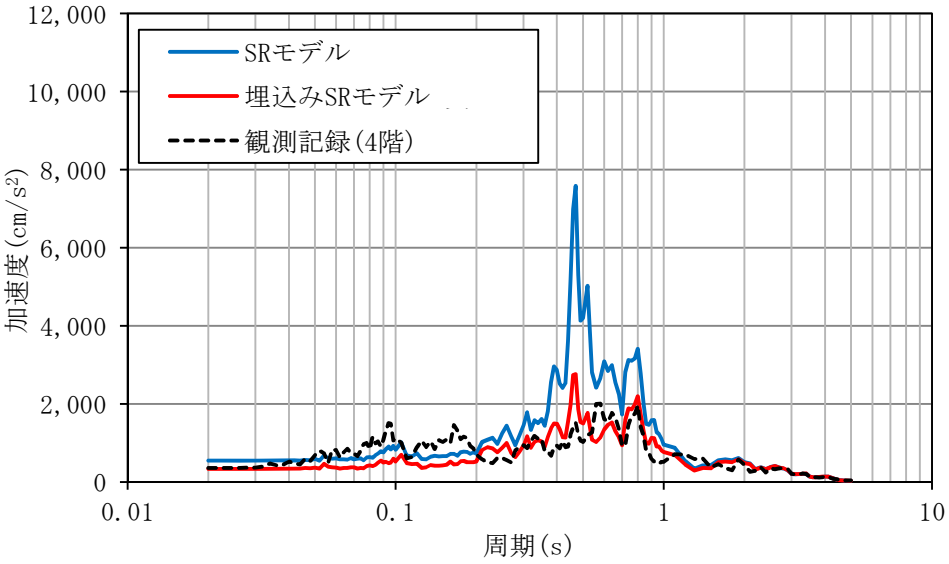
h＝1%



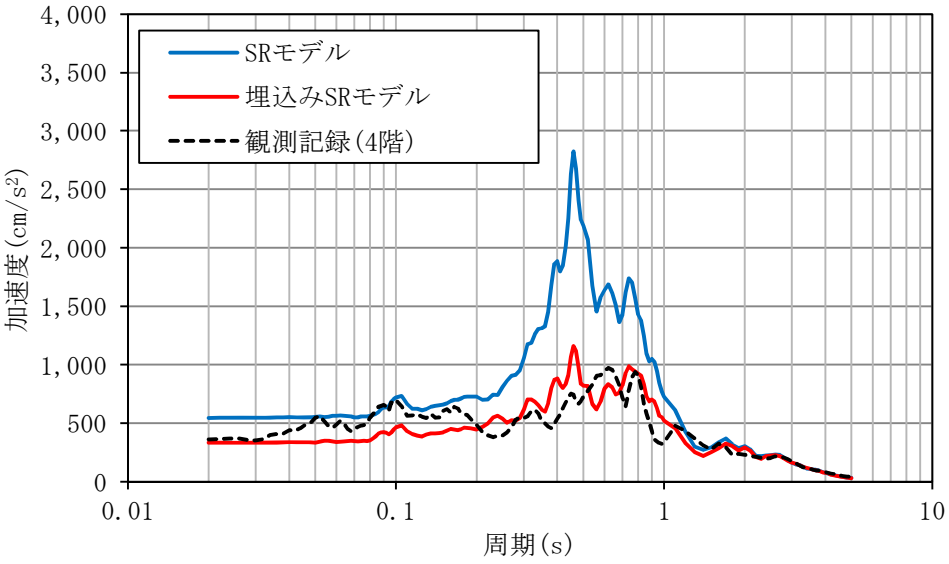
h＝5%

2 階

図 3－7（2／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



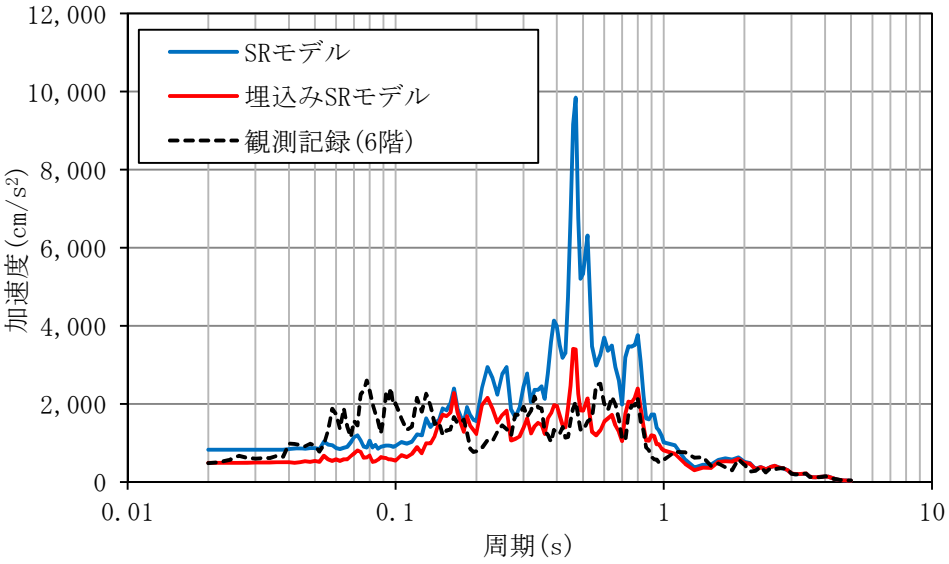
h＝1%



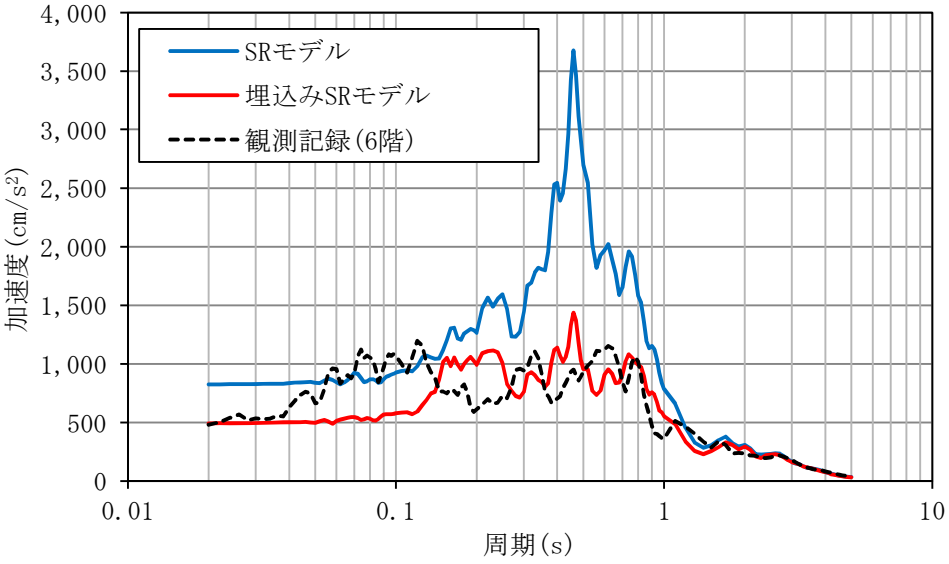
h＝5%

4 階

図 3－7（3／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



h＝1%



h＝5%

6 階

図 3－7（4／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）

3.4　人工岩盤のモデル化について

建設工認では，人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し，地震応答解析を行っていたが，ここでは，人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合の建屋応答への影響について検討した。

人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要を図 3－8 に示す。ここで，基礎底面の地盤ばね及び入力動の算定に用いる地盤モデルは，基礎底面レベルである EL.－9.0ｍまで砂質泥岩である久米層の物性と同等として設定した。また，比較検討には，前章にも用いた実状に近い建屋の振動性状を評価できている埋込みＳＲモデルを用いた。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図 3－9 及び図 3－10 に，床応答スペクトルの比較を図 3－11 及び図 3－12 に示す。人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合は,建屋モデル側にモデル化した場合の応答に比べ,概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。そのため R/B 今回工認モデルでは，保守的に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する方針とした。

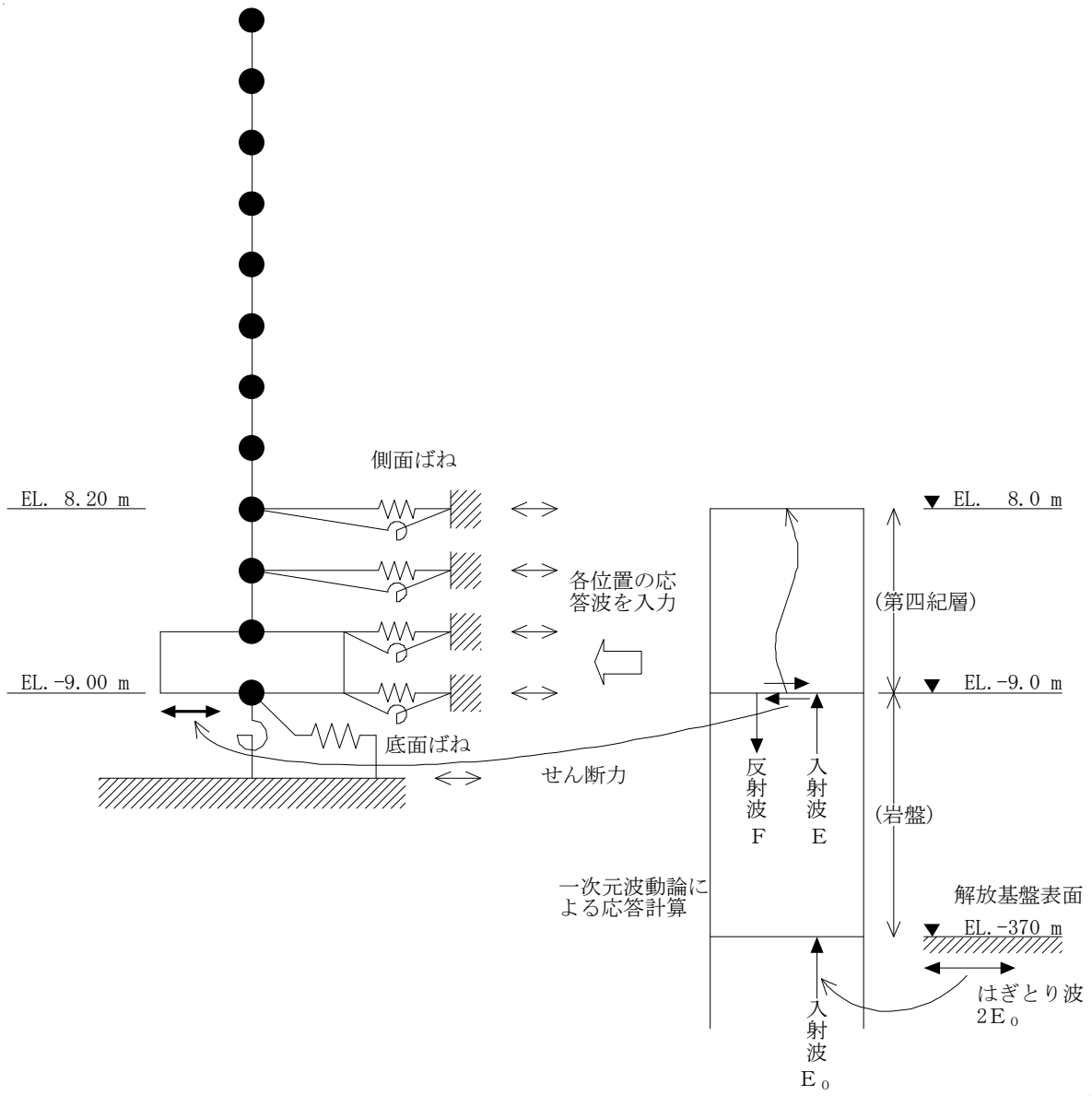
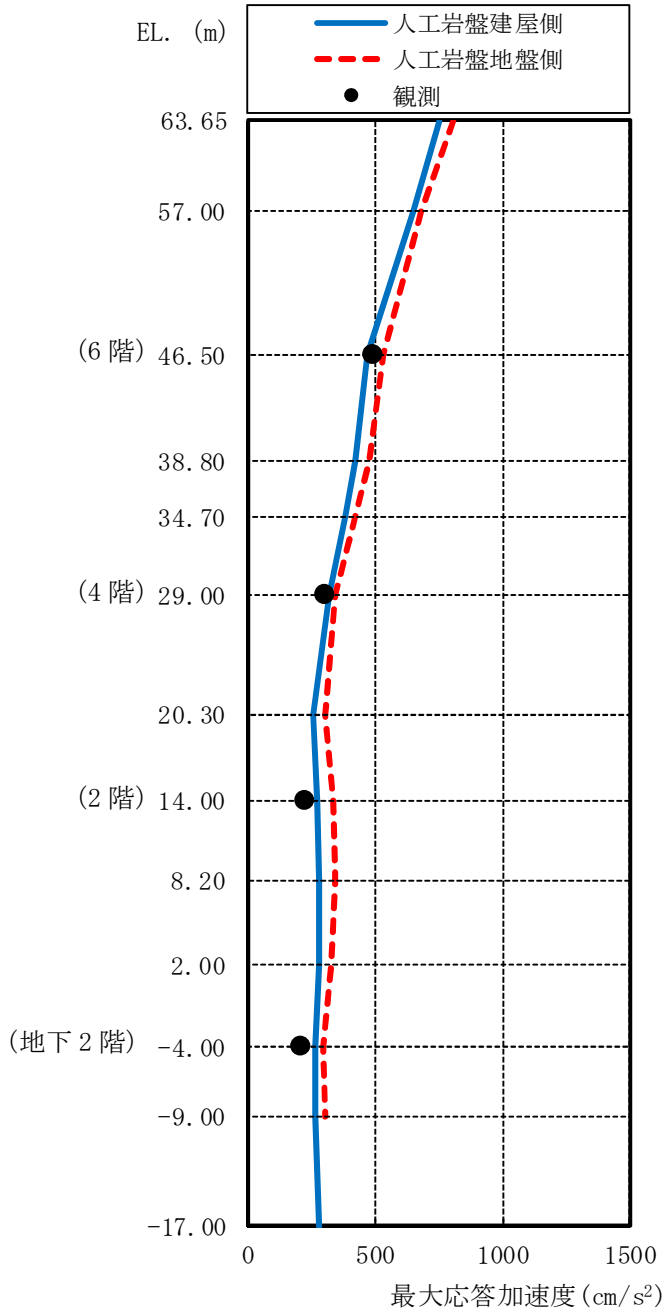
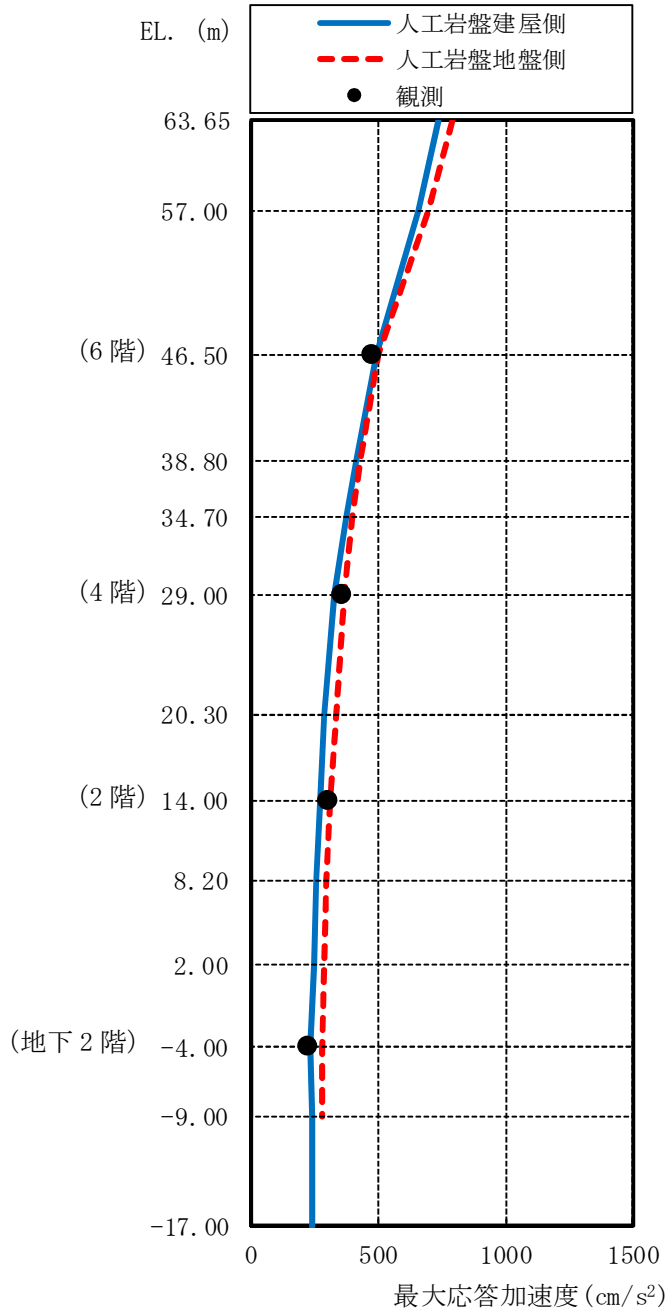


図 3－8　人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要



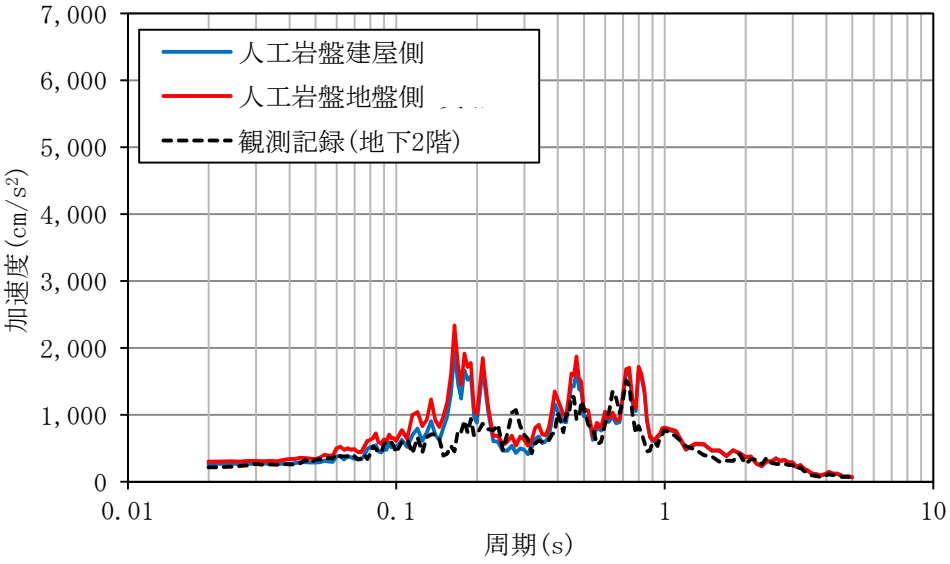
NS方向		
人工岩盤		観測
建屋側	地盤側	
cm/s²	cm/s²	cm/s²
755	811	－
648	686	－
472	532	492
419	476	－
383	421	－
325	343	301
255	306	－
272	338	225
284	344	－
279	329	－
265	301	214
269	307	－
278	－	－

図 3－9　最大応答加速度分布の比較（NS 方向）

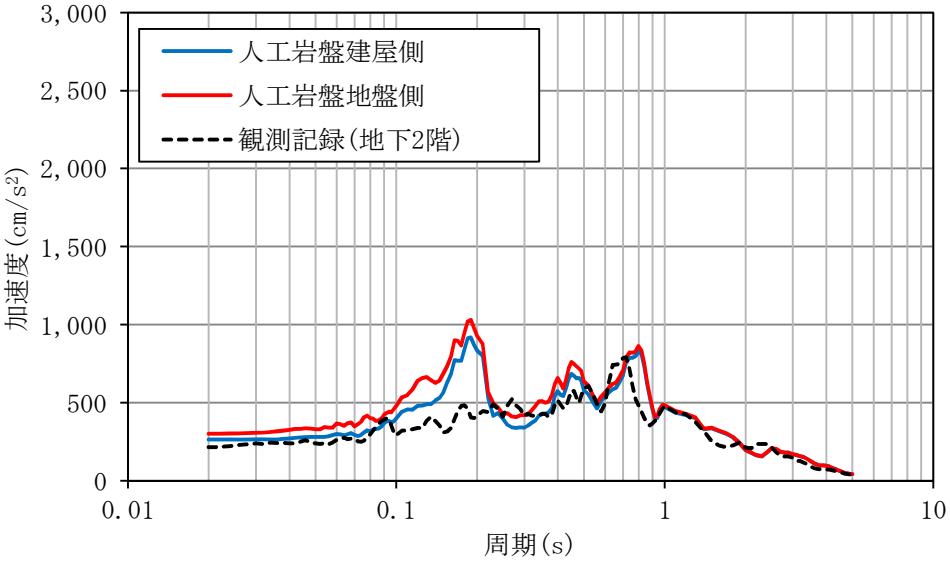


EW方向		
人工岩盤		観測
建屋側	地盤側	
cm/s²	cm/s²	cm/s²
741	794	－
660	695	－
493	500	481
419	430	－
378	399	－
332	366	361
290	334	－
272	312	306
259	299	－
249	292	－
238	281	225
240	283	－
241	－	－

図 3－10　最大応答加速度分布の比較（EW 方向）



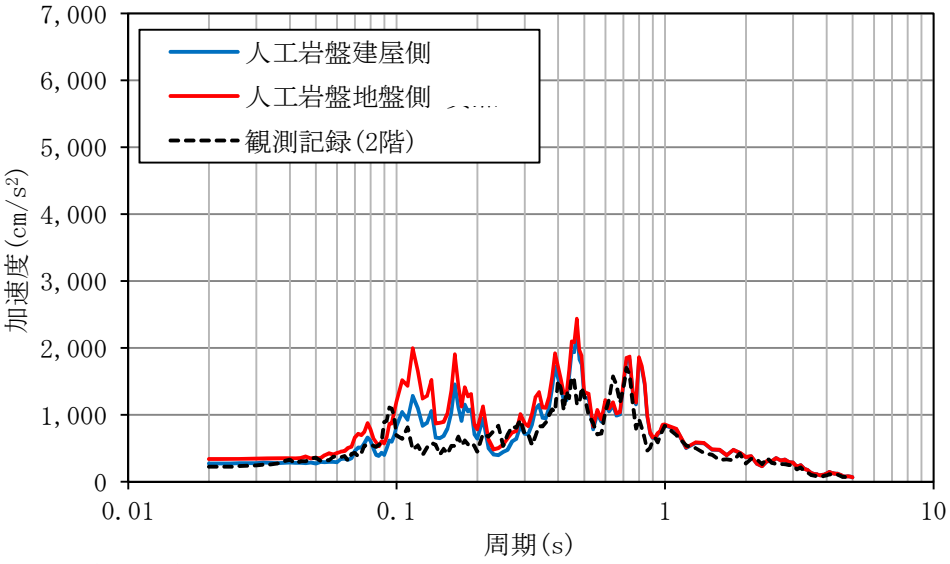
h＝1%



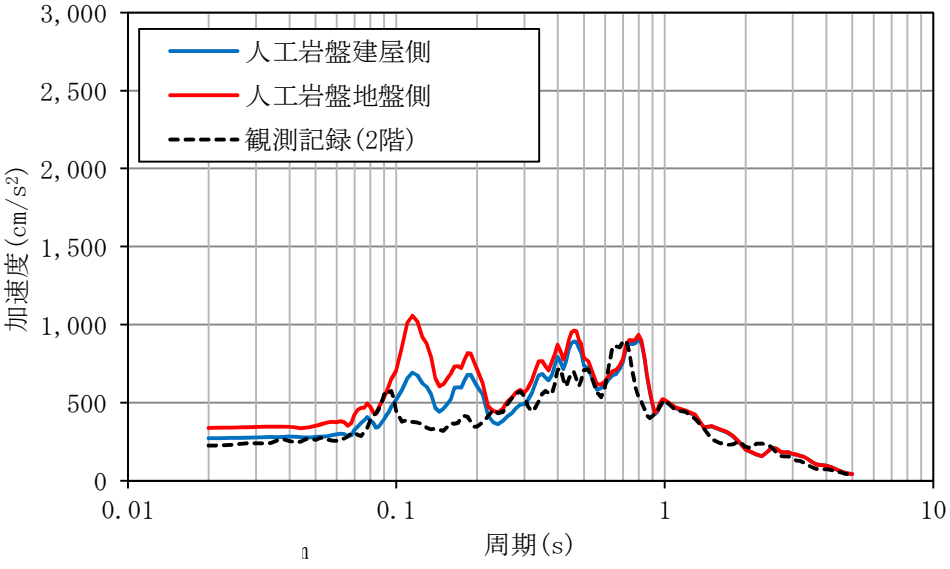
h＝5%

地下 2 階

図 3－11（1／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



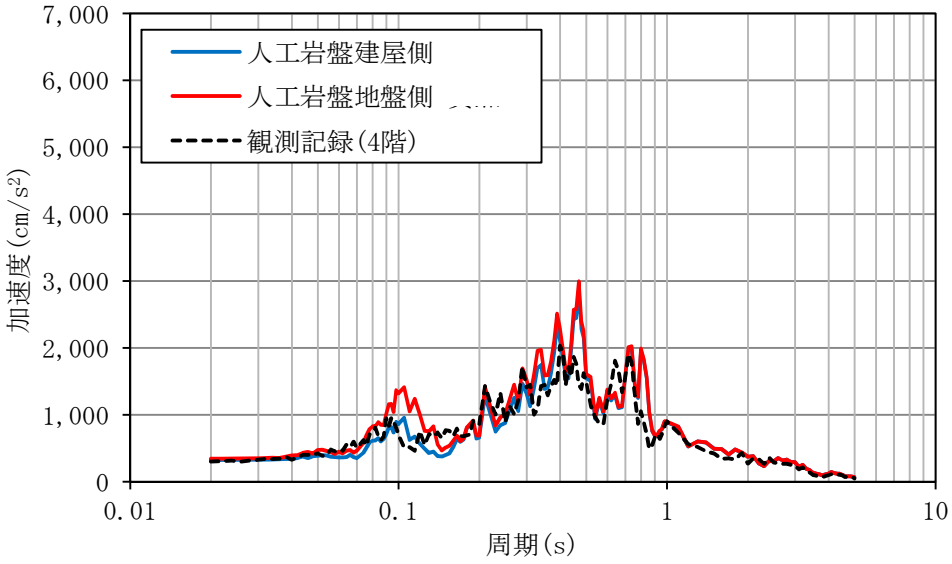
h＝1%



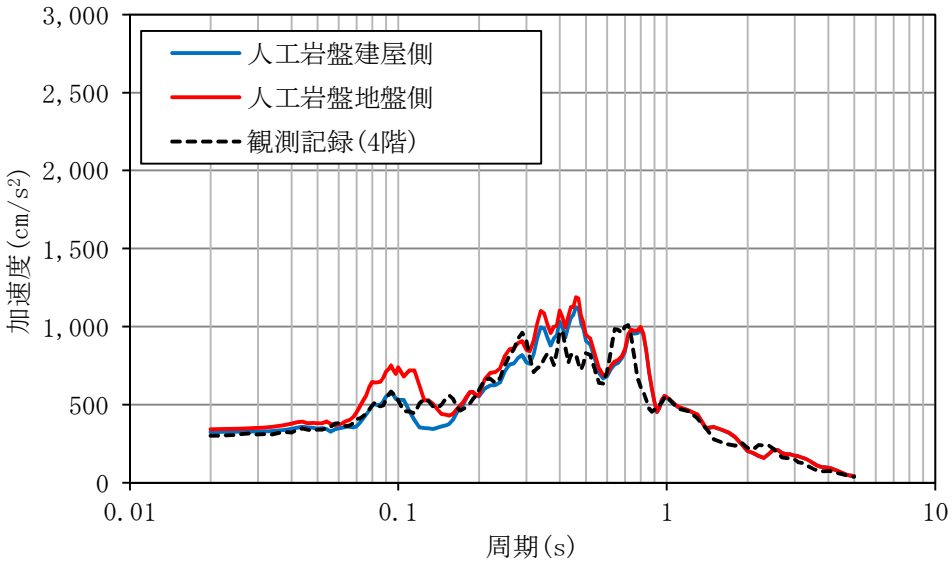
h＝5%

2 階

図 3－11（2／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



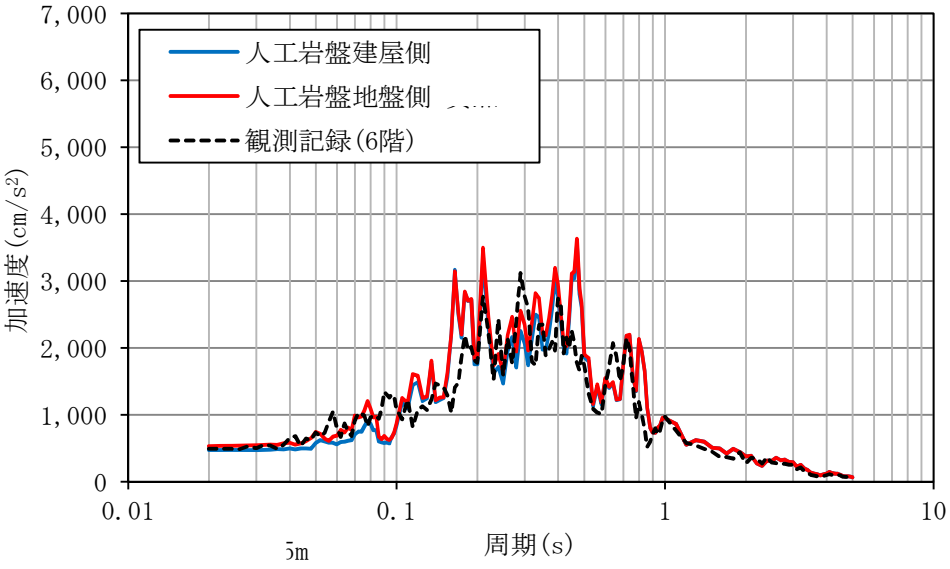
h＝1%



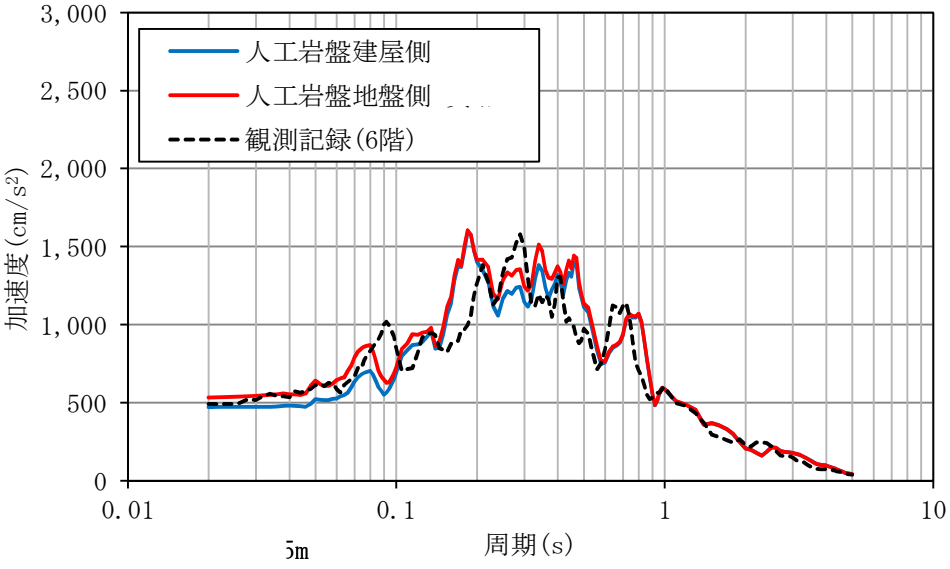
h＝5%

4 階

図 3－11（3／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



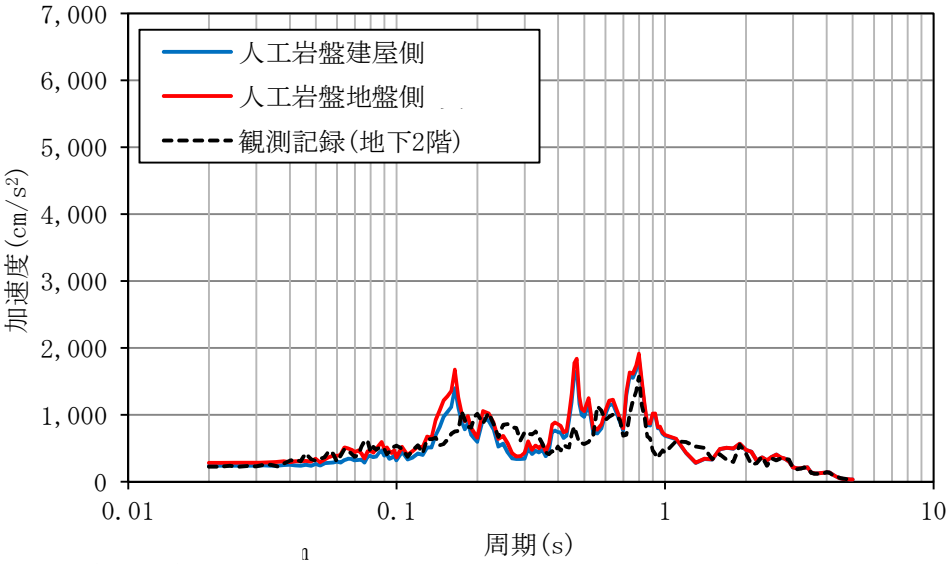
h＝1%



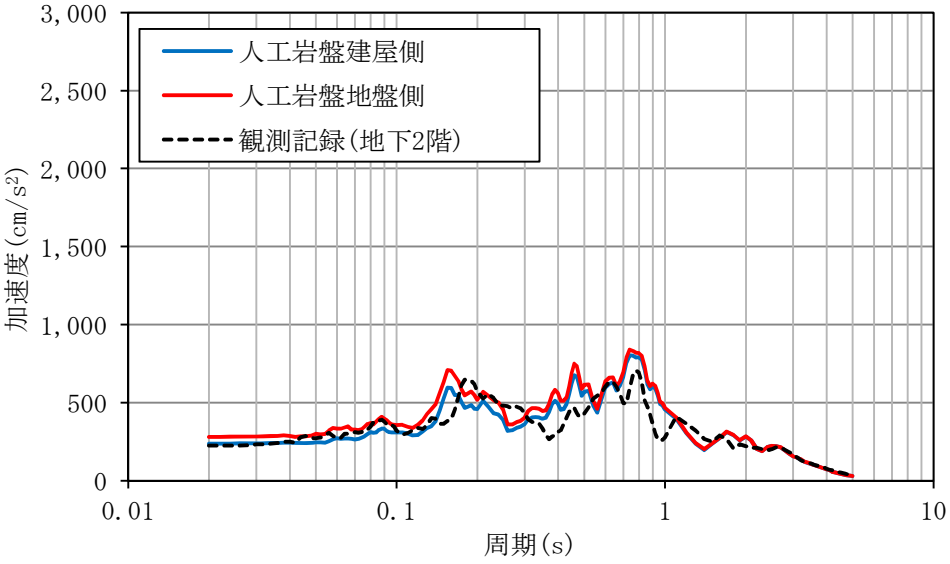
h＝5%

6 階

図 3－11（4／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



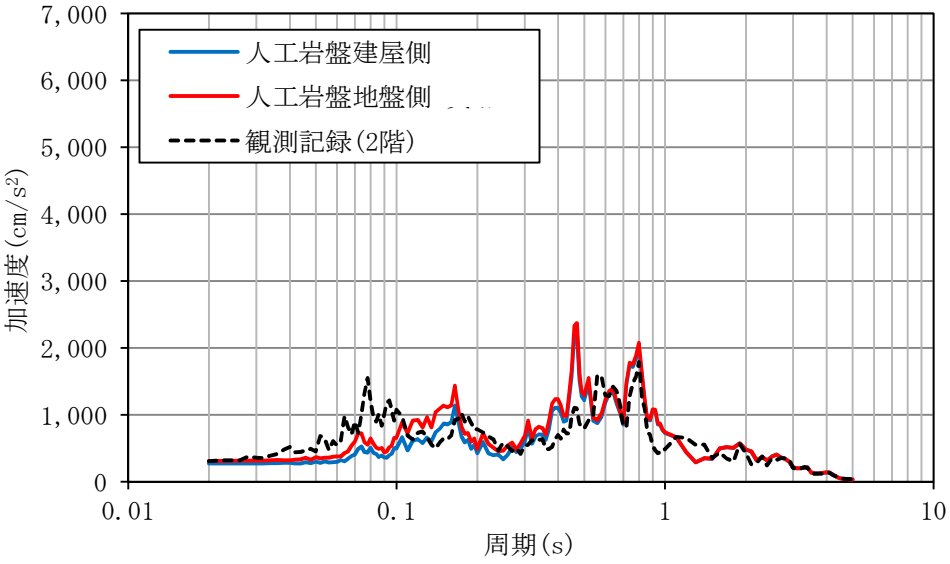
h＝1%



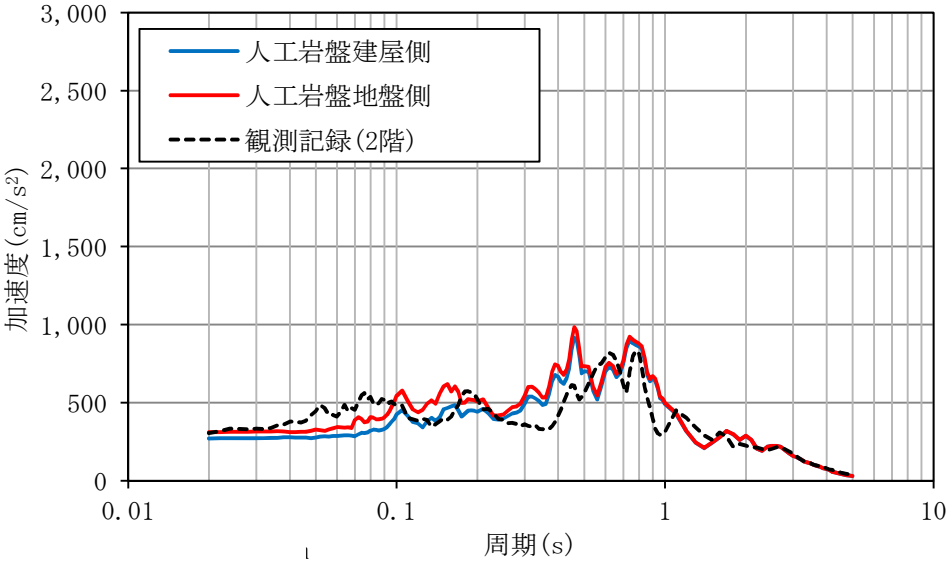
h＝5%

地下 2 階

図 3－12（1／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



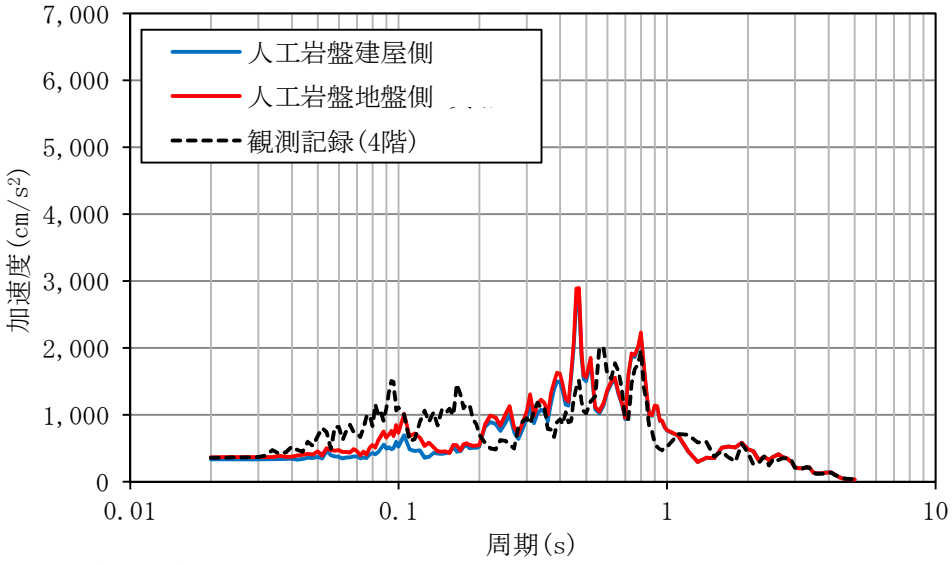
h＝1%



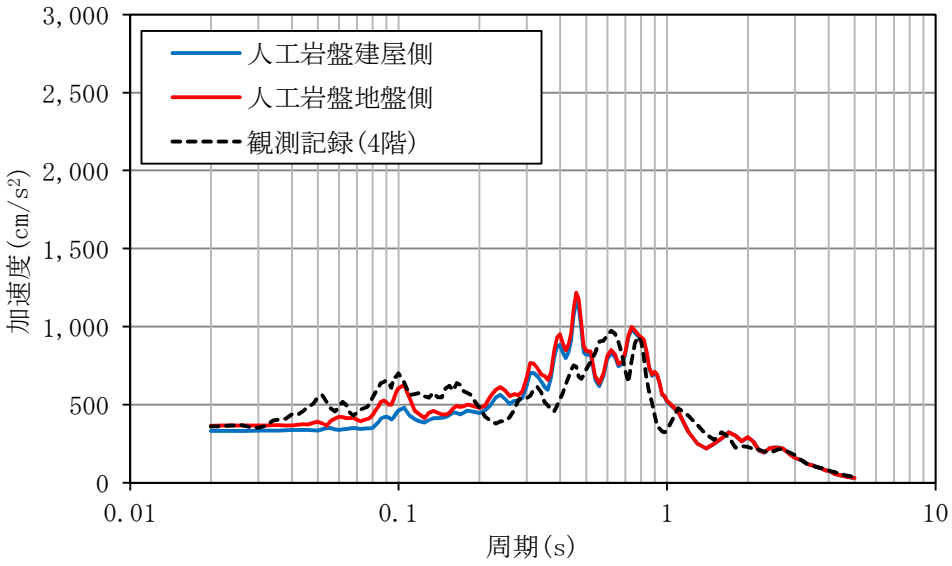
h＝5%

2 階

図 3－12（2／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



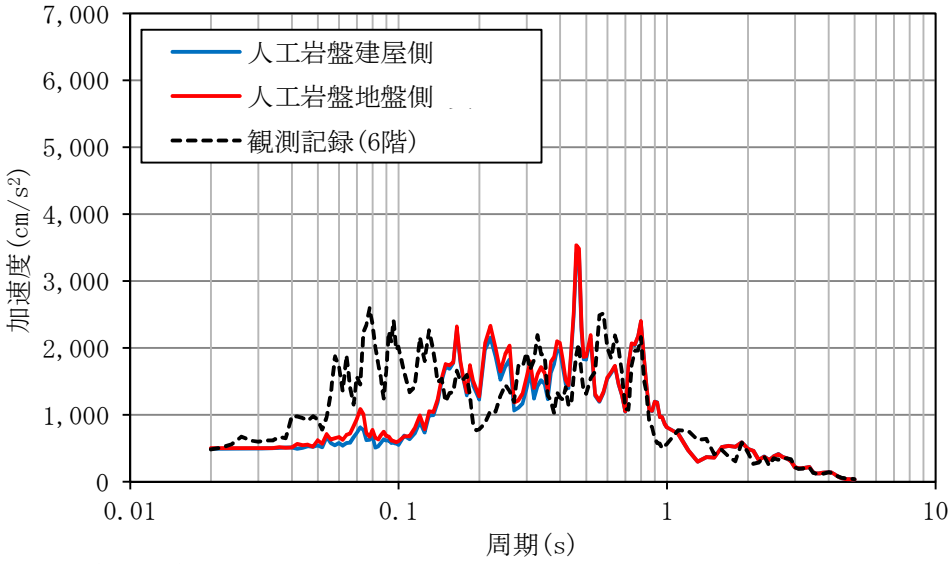
h＝1%



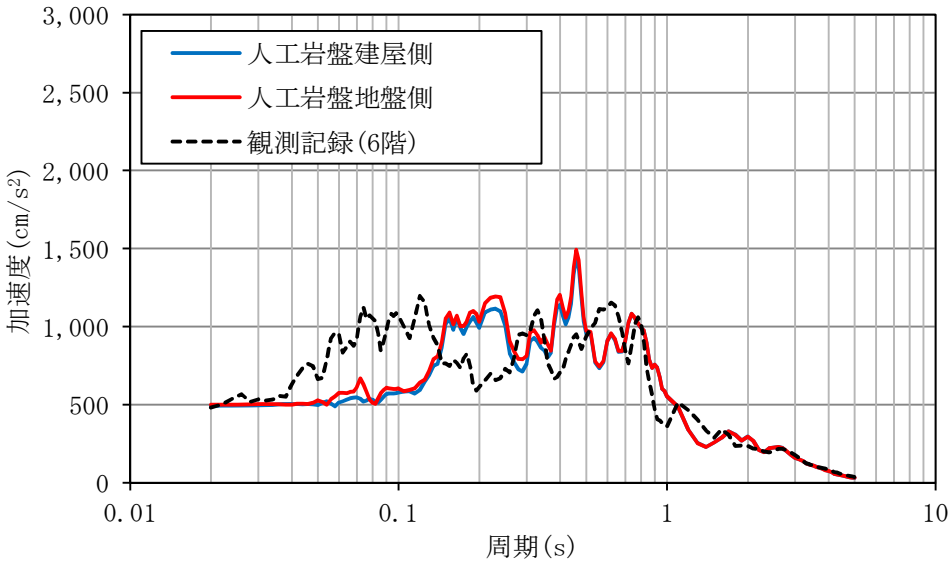
h＝5%

4 階

図 3－12（3／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



h＝1%



h＝5%

6 階

図 3－12（4／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）

3.5　側面回転ばねの扱いについて

建屋側面地盤の埋込み効果を考慮するにあたり，側面地盤を水平ばね及び回転ばねとして評価してきた。ここでは，側面回転ばねを考慮しない場合の建屋応答への影響について検討した。

側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要を図 3－13 に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図 3－14 及び図 3－15 に，床応答スペクトルの比較を図 3－16 及び図 3－17 に示す。側面回転ばねを考慮しない場合の解析結果は，側面回転ばねを考慮する場合の応答に比べ，概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。

「3.3　建屋－地盤動的相互作用の評価法について」において示したように，埋込み効果として，側面地盤の水平ばね及び回転ばねを考慮した場合に，より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられるが，R/B 今回工認モデルにおいては，保守的に側面回転ばねを採用しない方針とした。

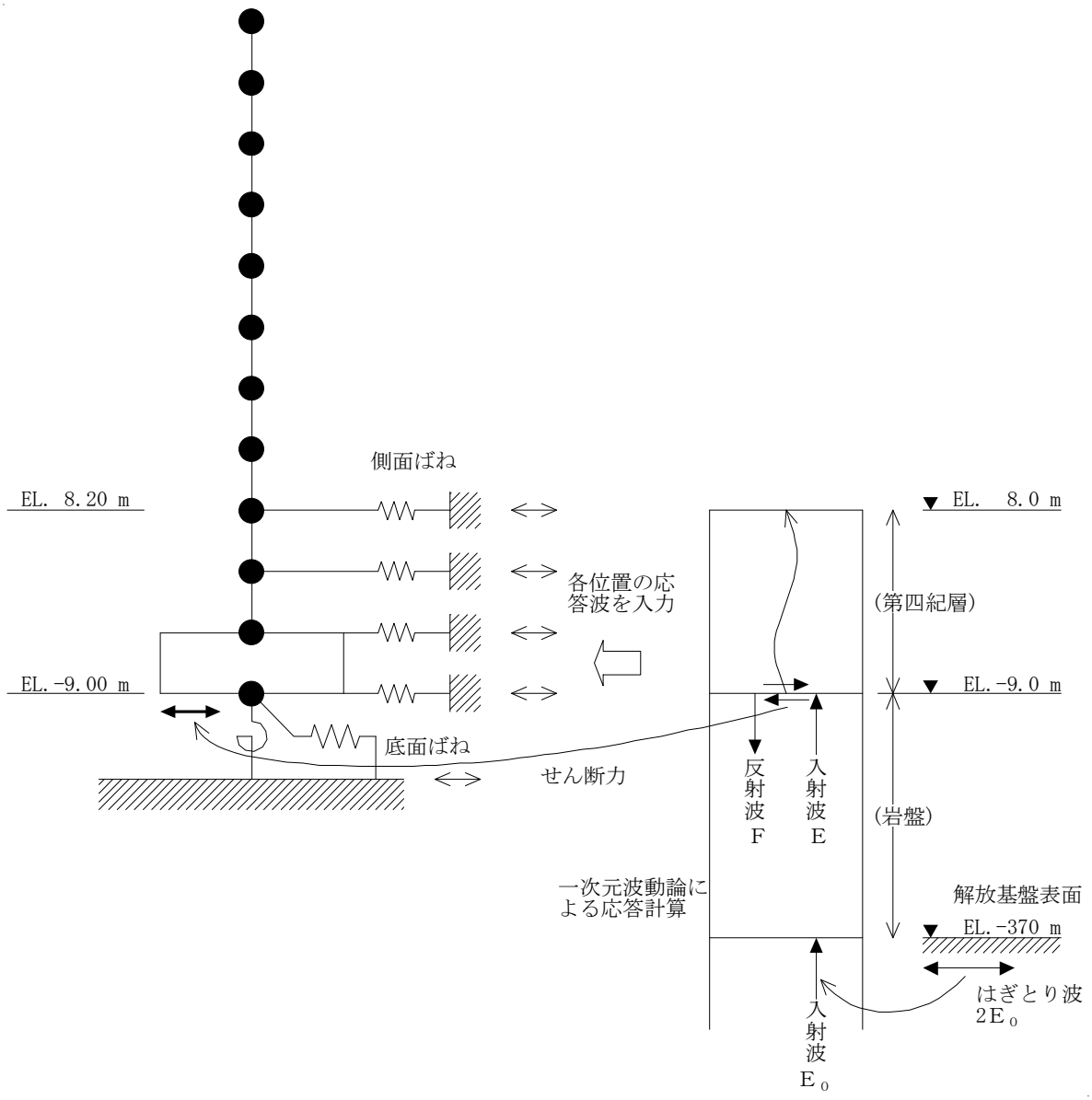
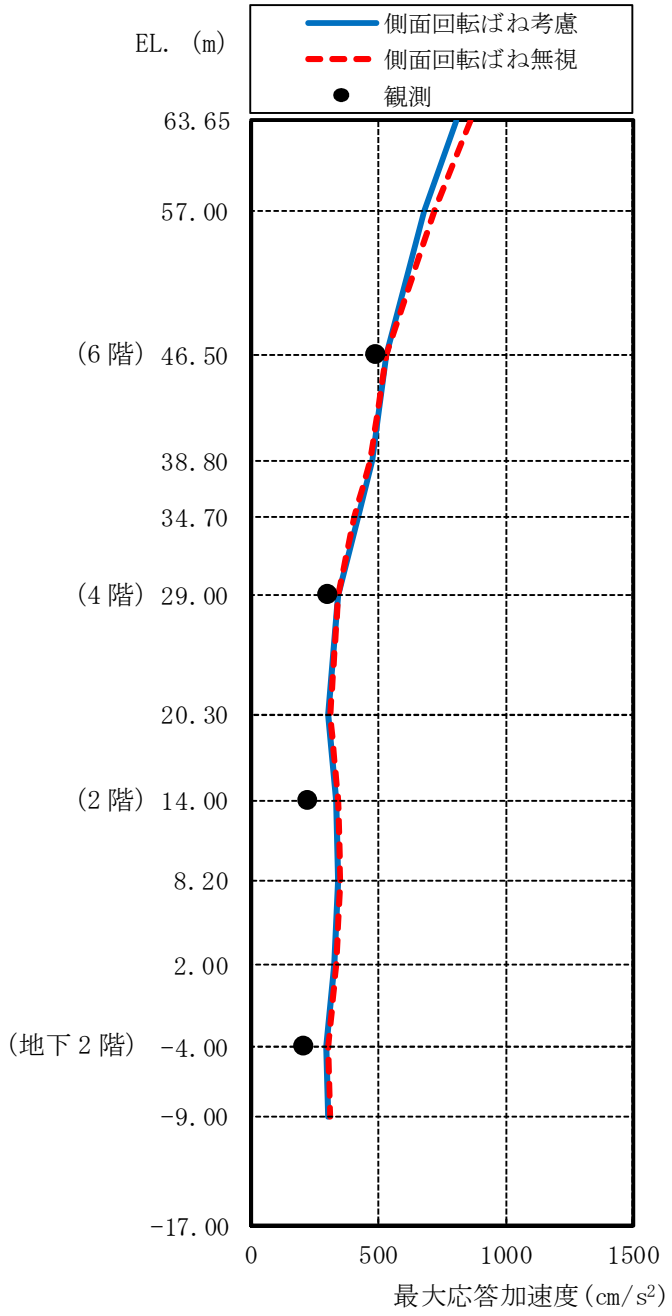
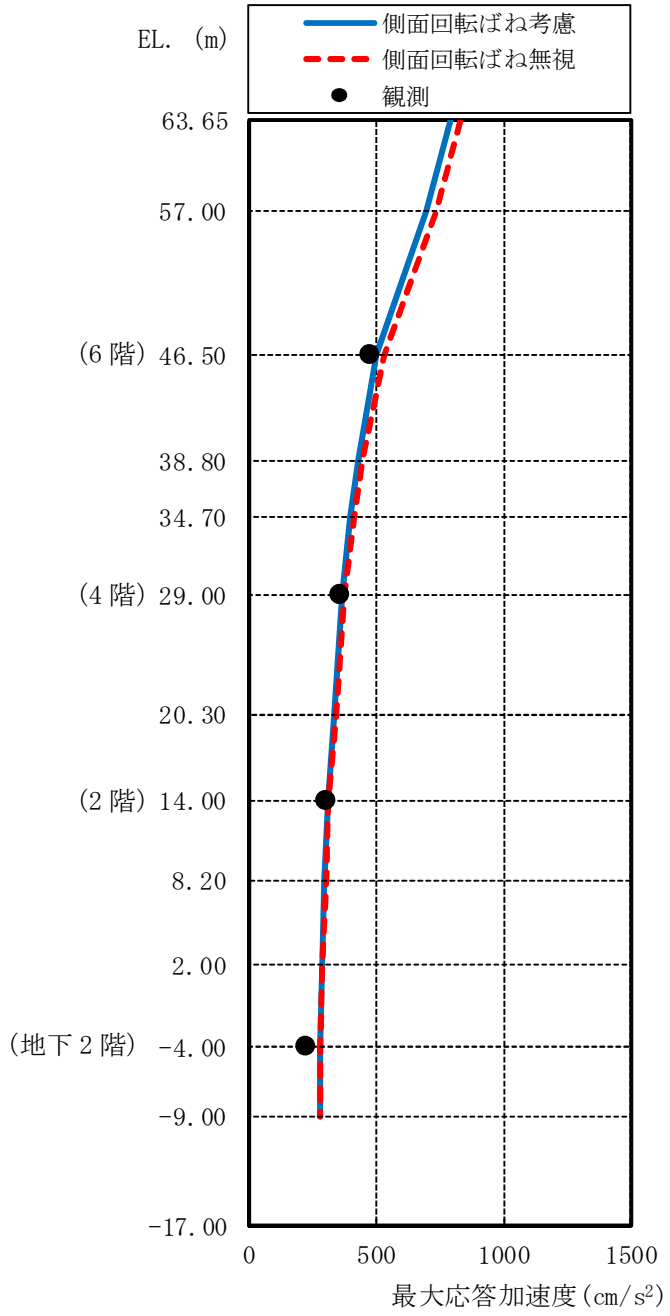


図 3－13　側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要



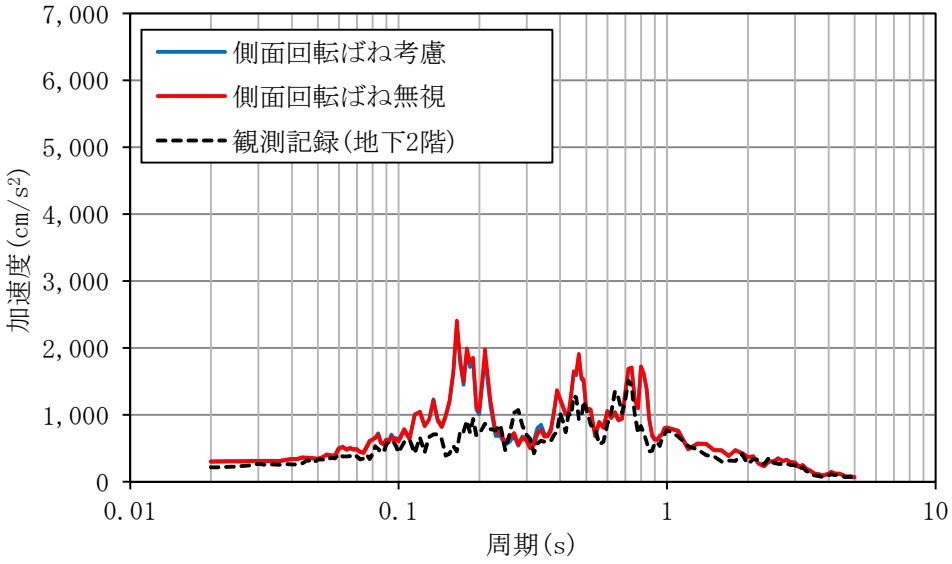
NS方向		
側面回転ばね		観測
考慮	無視	
cm/s²	cm/s²	cm/s²
811	859	－
686	723	－
532	530	492
476	466	－
421	411	－
343	346	301
306	310	－
338	343	225
344	349	－
329	334	－
301	303	214
307	310	－
－	－	－

図 3－14　最大応答加速度分布の比較（NS 方向）

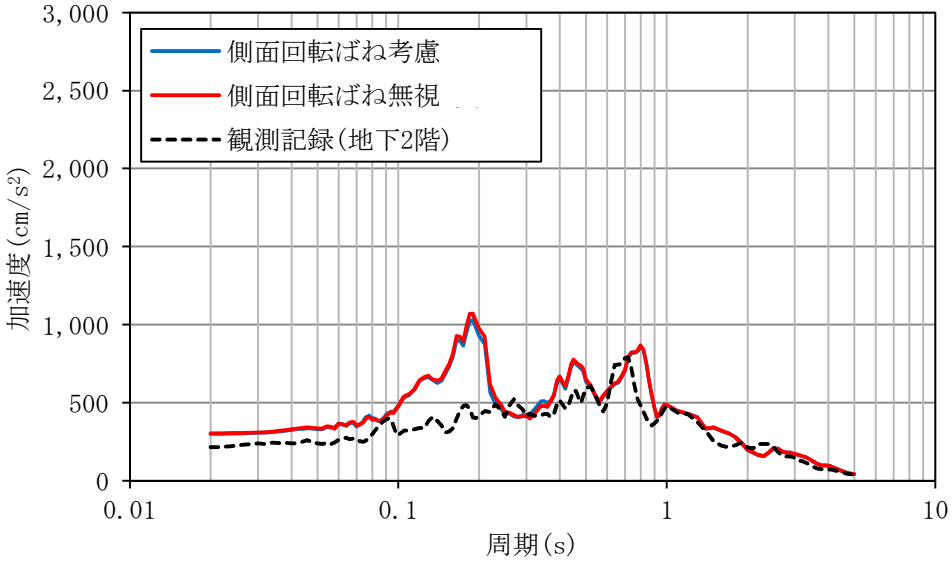


EW方向		
側面回転ばね		観測
考慮	無視	
cm/s²	cm/s²	cm/s²
794	834	－
695	735	－
500	532	481
430	449	－
399	411	－
366	374	361
334	340	－
312	317	306
299	302	－
292	292	－
281	279	225
283	282	－
－	－	－

図 3－15　最大応答加速度分布の比較（EW 方向）



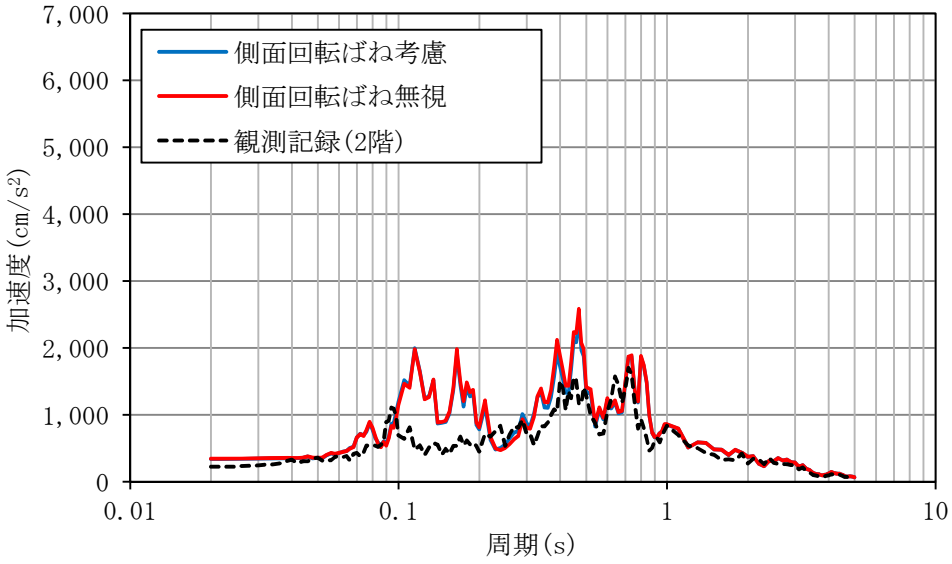
h＝1%



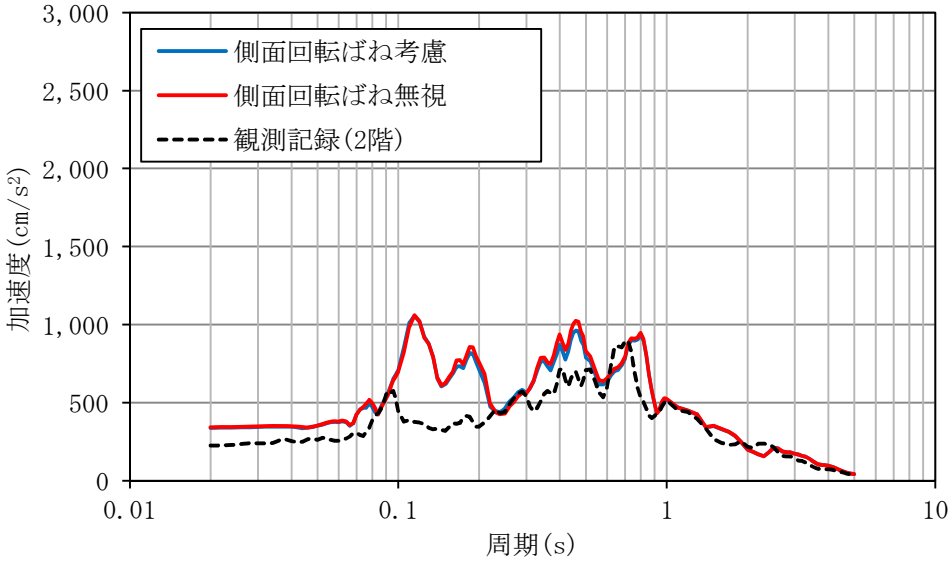
h＝5%

地下 2 階

図 3－16（1／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



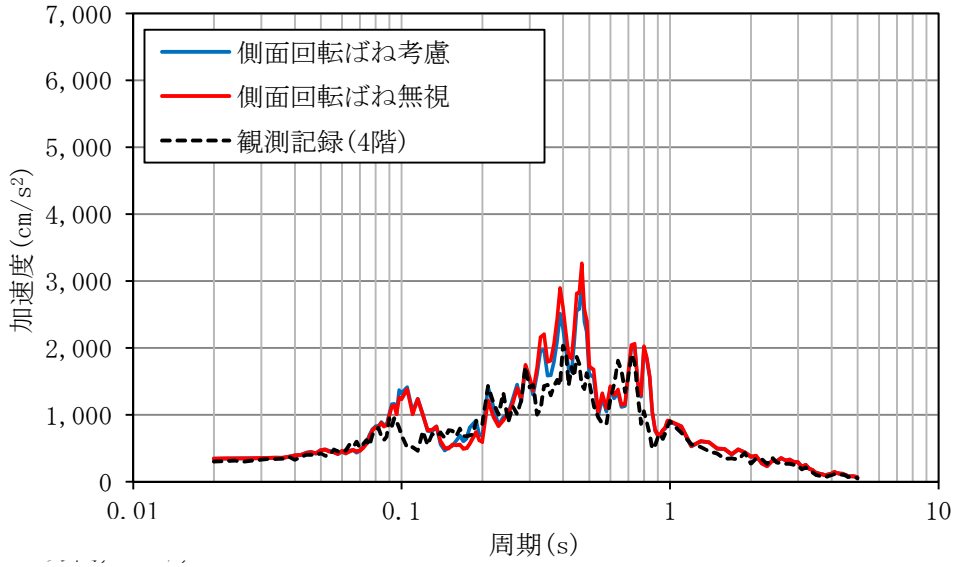
h＝1%



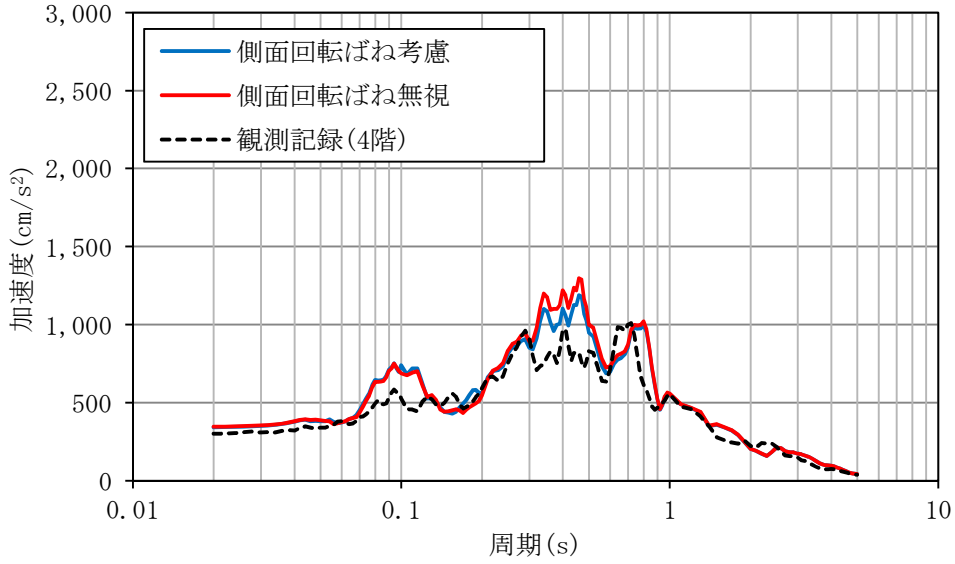
h＝5%

2 階

図 3－16（2／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



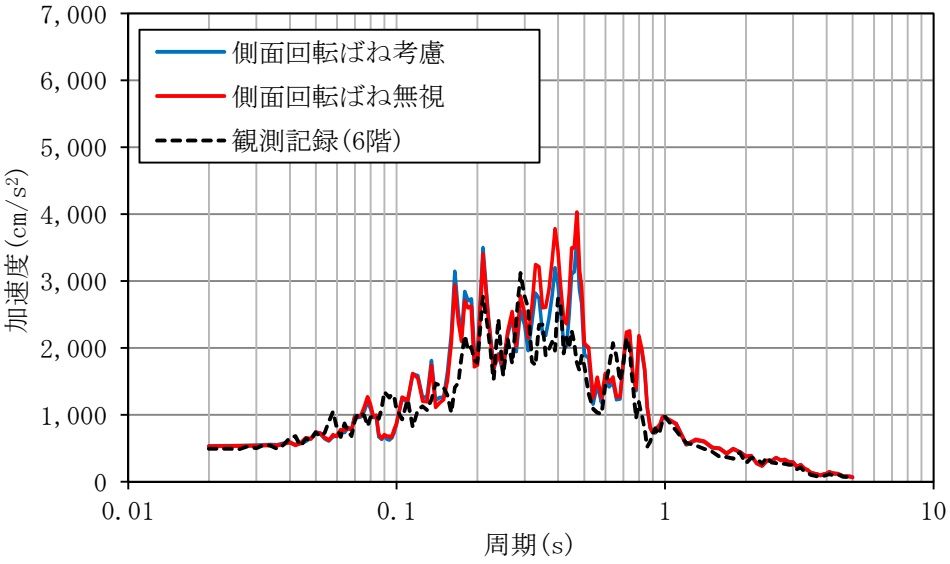
h＝1%



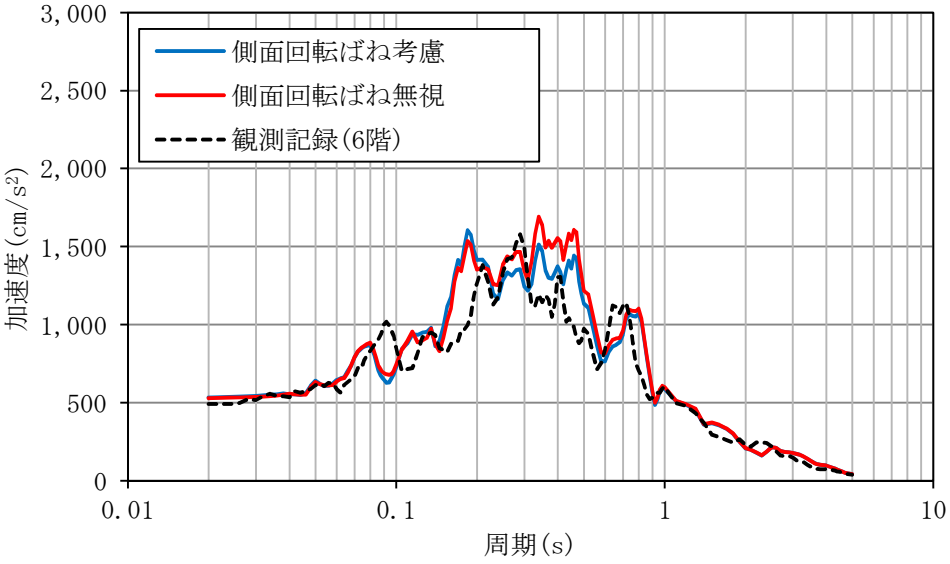
h＝5%

4 階

図 3－16（3／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



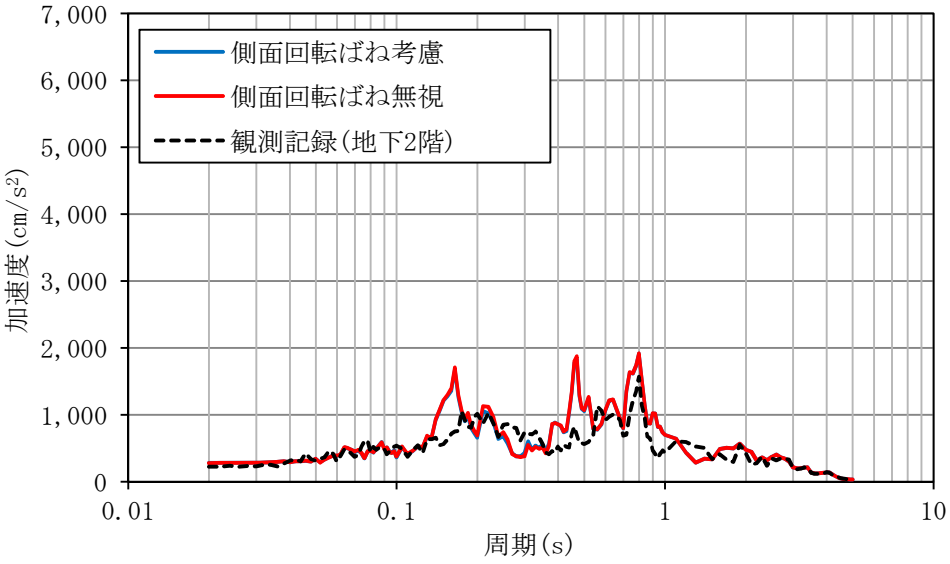
h＝1%



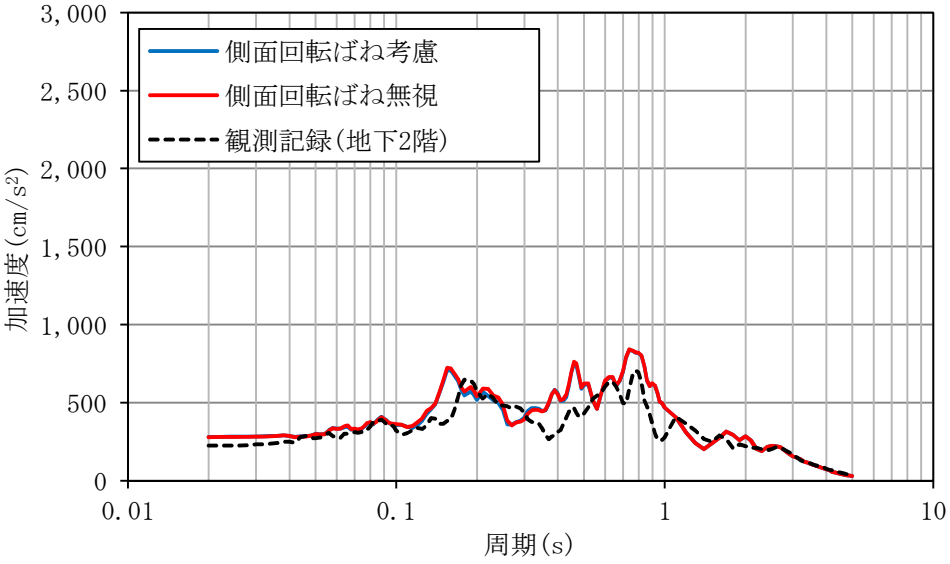
h＝5%

6 階

図 3－16（4／4）　床応答スペクトルの比較（NS 方向）



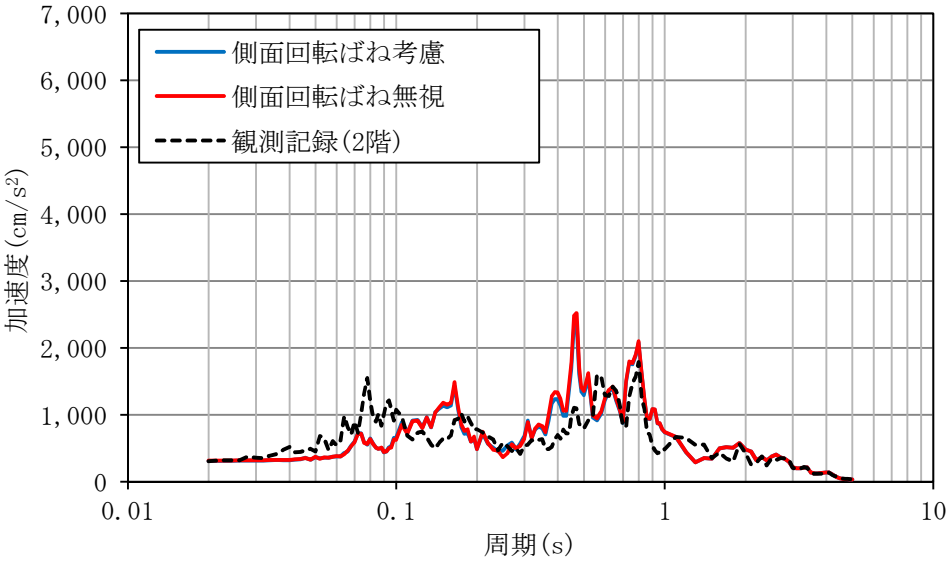
h＝1%



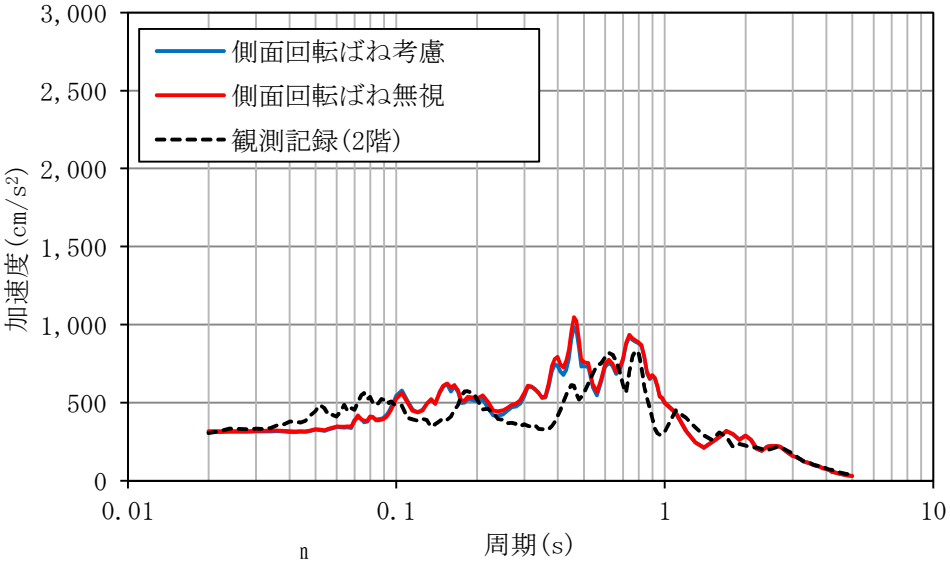
h＝5%

地下 2 階

図 3－17（1／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



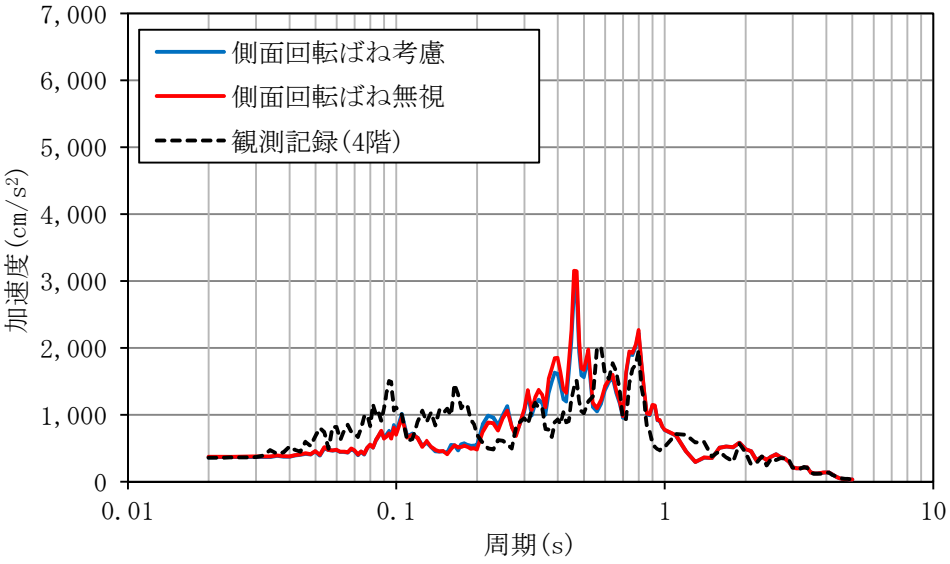
h＝1%



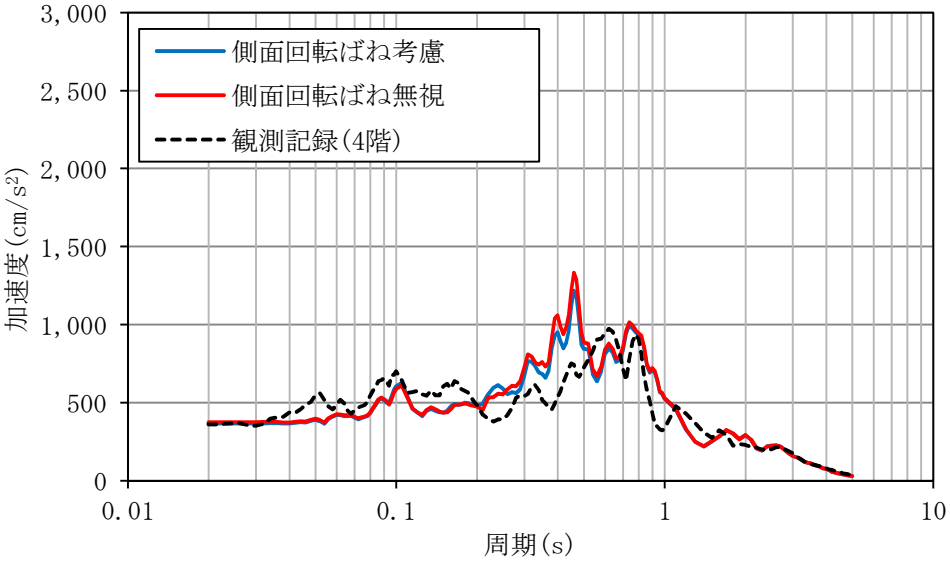
h＝5%

2 階

図 3－17（2／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



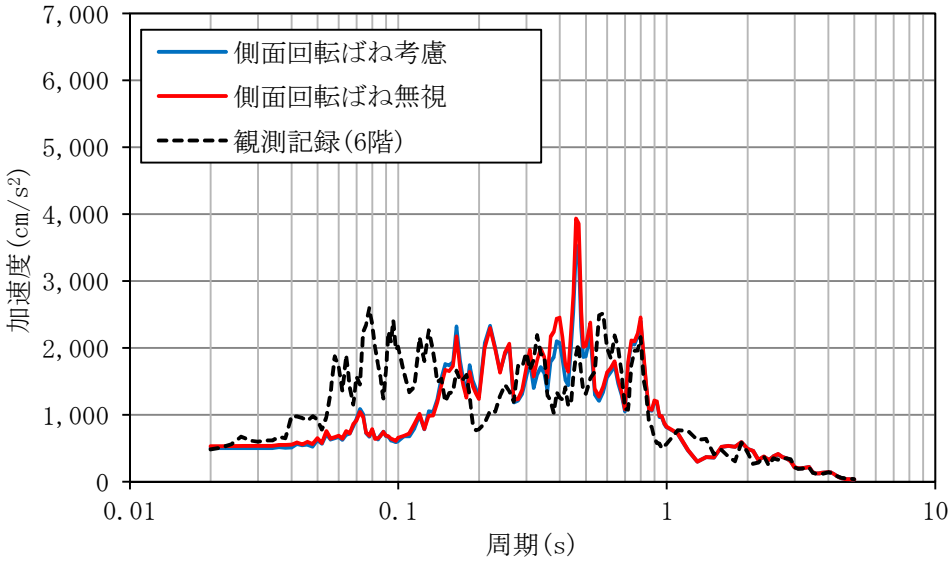
h＝1%



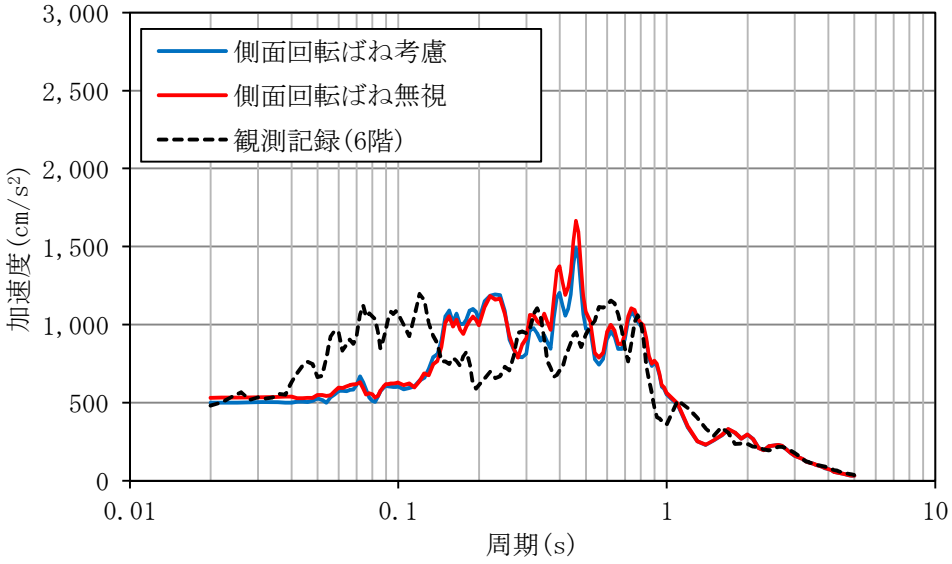
h＝5%

4 階

図 3－17（3／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）



h＝1%



h＝5%

6 階

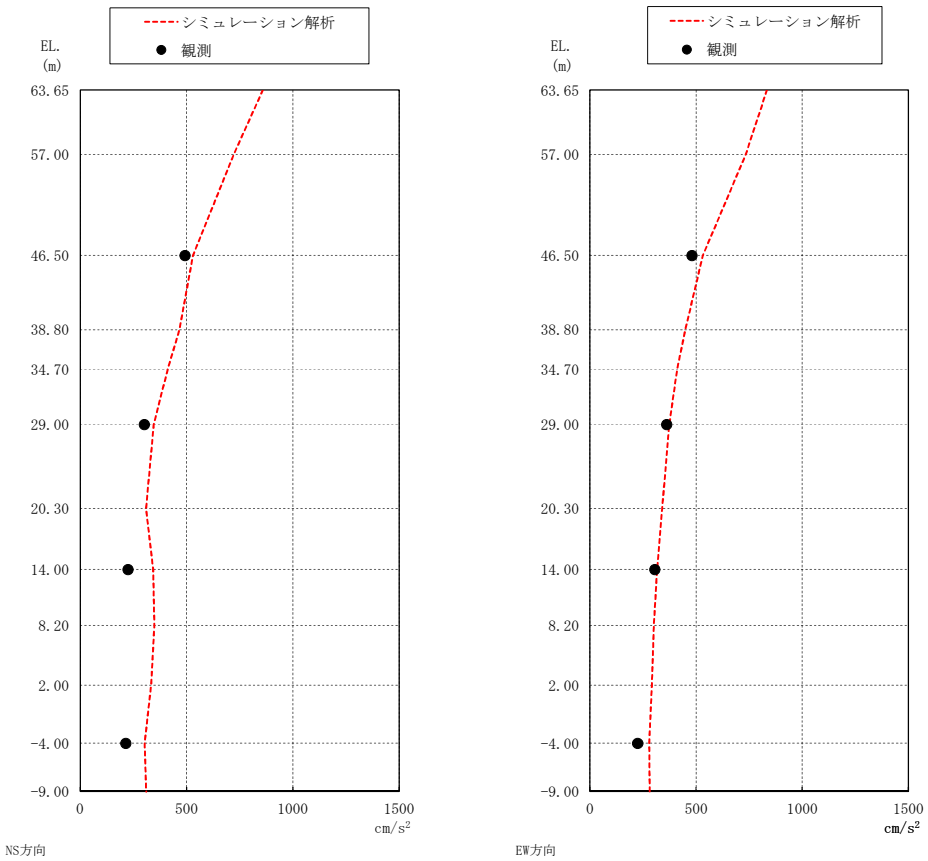
図 3－17（4／4）　床応答スペクトルの比較（EW 方向）

4. シミュレーション解析結果を踏まえた施設影響

2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録を踏まえた原子炉建屋のシミュレーション解析を3.地震応答解析モデルに係る影響検討にて実施した。本検討において観測記録とシミュレーション解析結果との床応答スペクトルの比較において，一部の周期帯において観測記録がシミュレーション解析の応答を上回る結果が確認されたため，施設への影響について確認する。なお，観測記録とシミュレーション解析の差異の考察ついては，「補足説明資料340-7　水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について　別紙3　3次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析　2.3 観測記録を用いた検討」で示す。

4.1 原子炉建屋への影響

図4-1に観測記録の最大応答加速度とシミュレーション解析との最大応答加速度との比較を示す。原子炉建屋の地震計設置位置での観測記録と原子炉建屋質点系モデルを用いたシミュレーション解析の応答とを比較した結果，最大応答加速度分布は各方向において，観測記録がシミュレーション解析を上回らないことが確認できたため，原子炉建屋の耐震評価に影響はない。



（ＮＳ方向）　　（ＥＷ方向）

図4-1 最大応答加速度の分布の比較

4.2　原子炉建屋に設置された機器・配管系

(1) 影響検討対象設備

a.　床応答スペクトルの傾向確認

原子炉建屋の各床面のシミュレーション解析結果の床応答スペクトルと観測記録の床応答スペクトルとの比較を図 4-2～図 4-4 に示す。また，最大応答加速度と固有周期 0.05 秒位置での加速度比較を表 4-1 に示す。機器・配管系評価においては，ＮＳ方向及びＥＷ方向を包絡させた設計用床応答曲線を適用し，耐震評価を実施することから，ＮＳ方向とＥＷ方向を包絡させた床応答スペクトルにて比較している。

また，原子炉建屋の設計用床応答曲線及び評価用震度は，設備評価用として加速度を 1.5 倍した値を基本として耐震計算を実施していることから，シミュレーション解析結果については，加速度値（震度）を 1.5 倍したものとする。

原子炉建屋の各床面のシミュレーション解析結果の床応答スペクトルと観測記録の床応答スペクトルの比較結果を以下に記す。

① 減衰定数 5%

・ シミュレーション解析結果の床応答スペクトルは観測記録の床応答スペクトルを包絡している。

② 減衰定数 2%

・ EL.46.5m の床応答スペクトルの比較では，0.05 秒から 0.1 秒において観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。

・ EL.46.5m の床応答スペクトル以外の階高の床応答スペクトルにおいては，シミュレーション解析結果が観測記録を概ね包絡していることが確認できる。

③ 減衰定数 1%

・ EL.46.5m の床応答スペクトルの比較では，0.05 秒から 0.1 秒において観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。

・ EL.29.0 及び EL.14.0m の床応答スペクトルの比較では，一部の周期帯で観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。

・ EL.-4.0m の床応答スペクトルにおいては，シミュレーション解析結果が観測記録を包絡していることが確認できる。

④ 最大応答加速度

・ 全標高に対してシミュレーション解析結果の最大応答加速度は，観測記録の最大応答加速度を超えていることが確認できる

以上のとおり床応答スペクトル及び最大応答加速度の比較した傾向を示したが，機器・配管系の耐震設計の特徴を踏まえて，影響検討対象設備を抽出した上で影響評価を実施する。

また，地震系が設置されていない階高については，3 次元 FEM モデルの応答を踏まえた影響検討を行った上で，影響検討対象設備について抽出し影響検討を実施する。

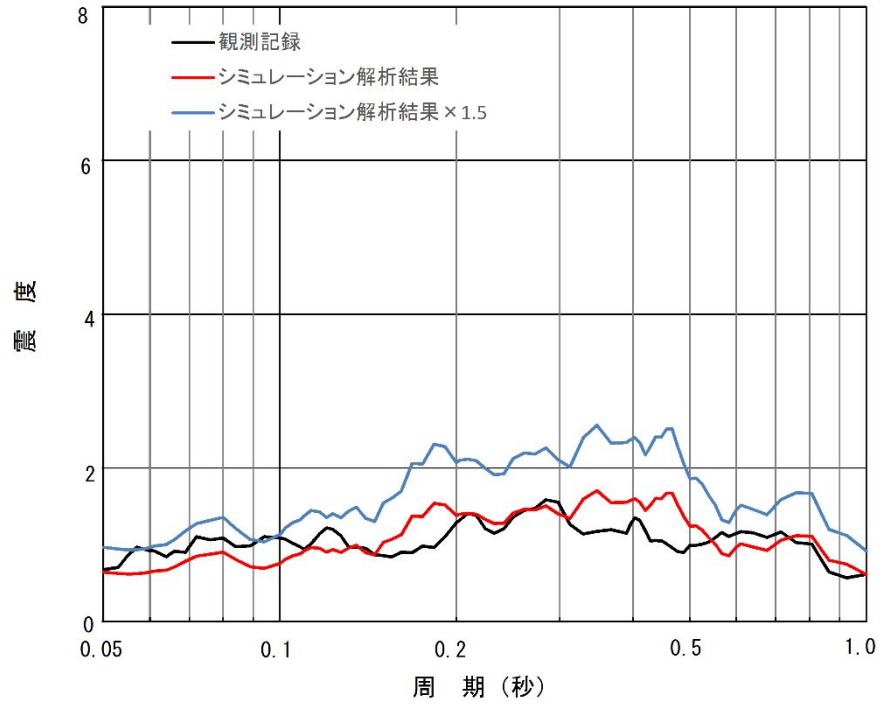


図 4-2(1) 原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル比較（減衰 5%）

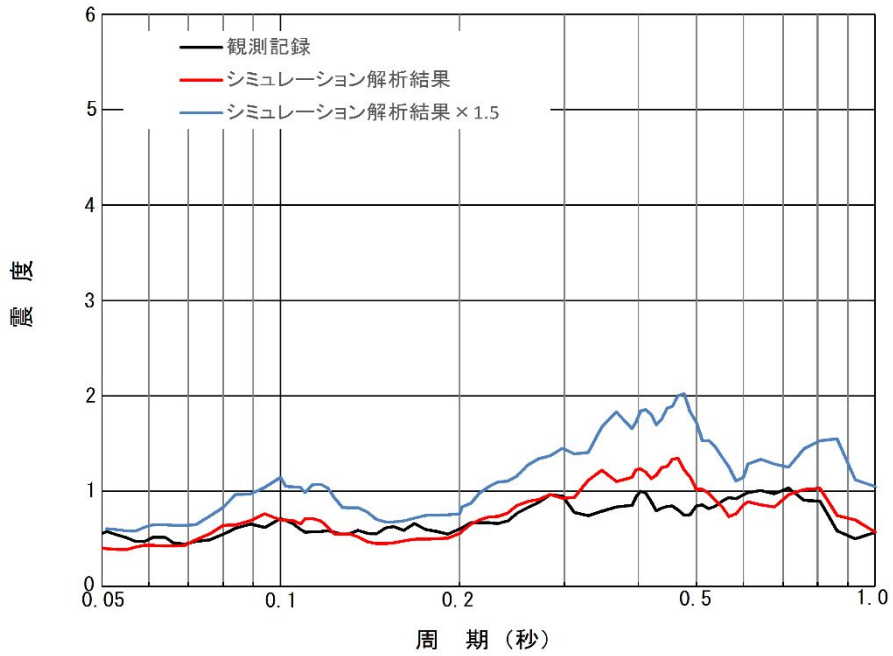


図 4-2(2) 原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル比較（減衰 5%）

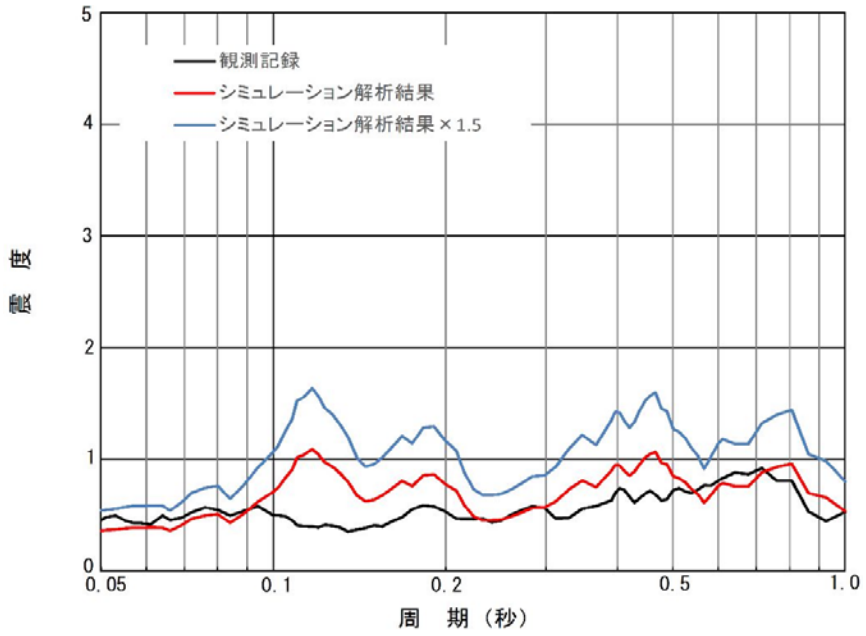


図 4-2(3) 原子炉建屋 EL.14.0m 床応答スペクトル比較（減衰 5%）

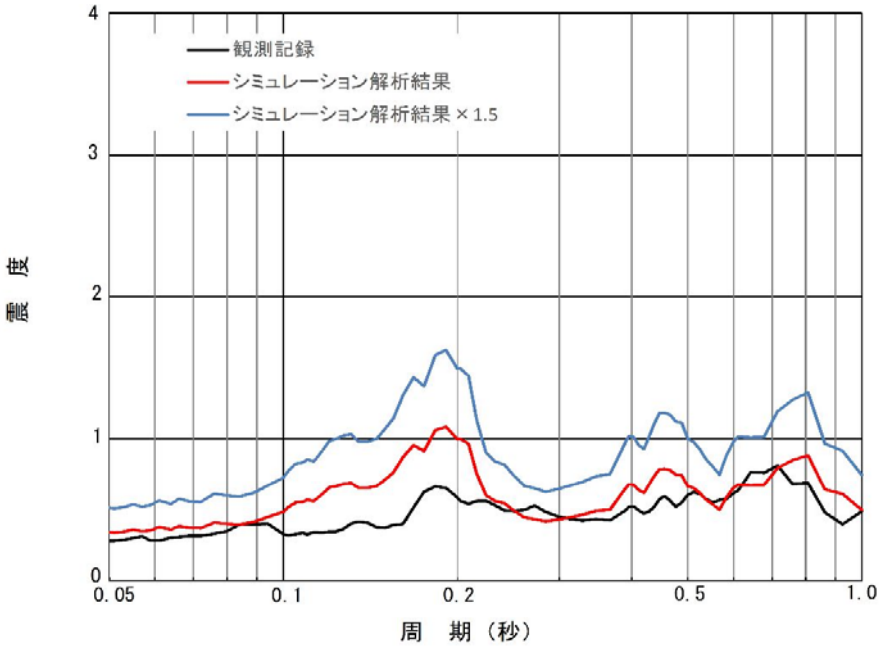


図 4-2(4) 原子炉建屋 EL.-4.0m 床応答スペクトル比較（減衰 5%）

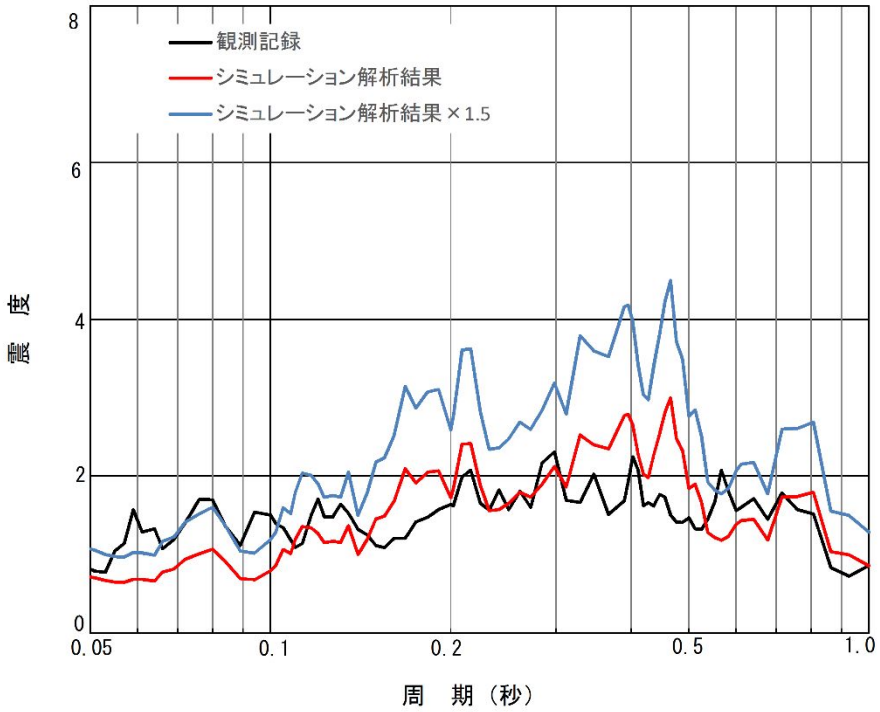


図 4-3(1) 原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル比較（減衰 2%）

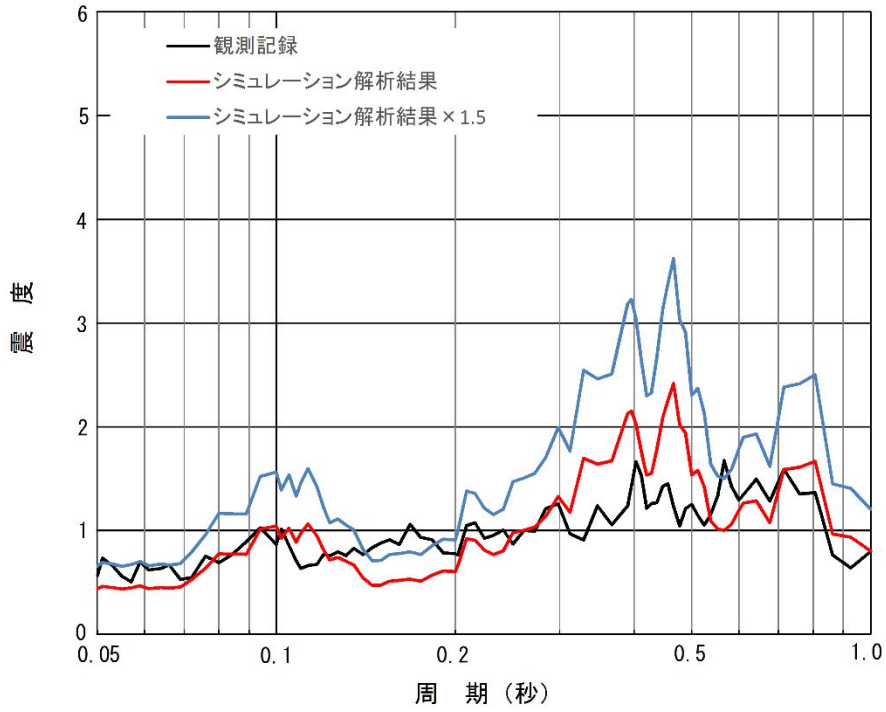


図 4-3(2) 原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル比較（減衰 2%）

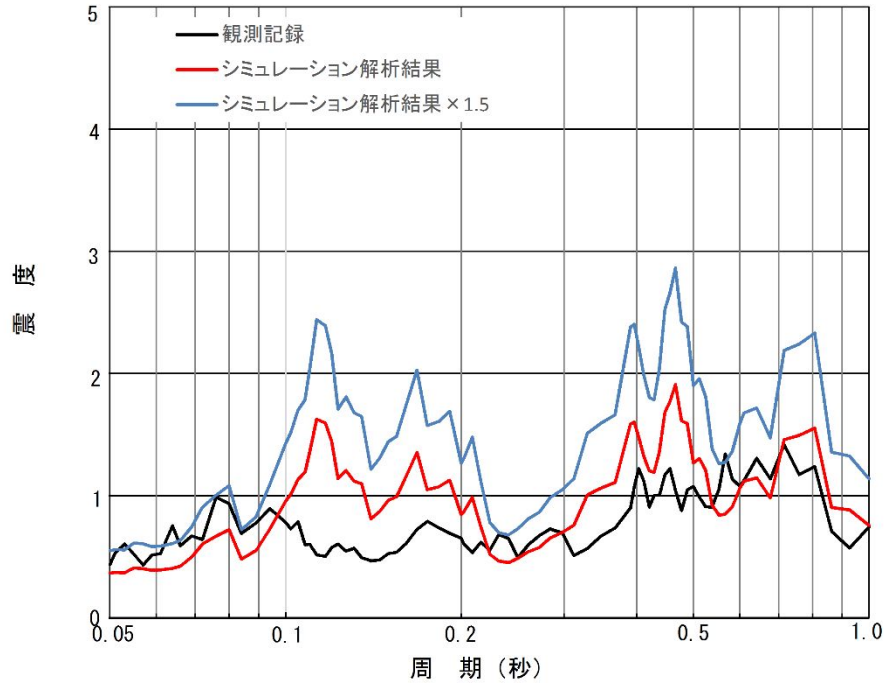


図 4-3(3) 原子炉建屋 EL. 14.0m 床応答スペクトル比較（減衰 2%）

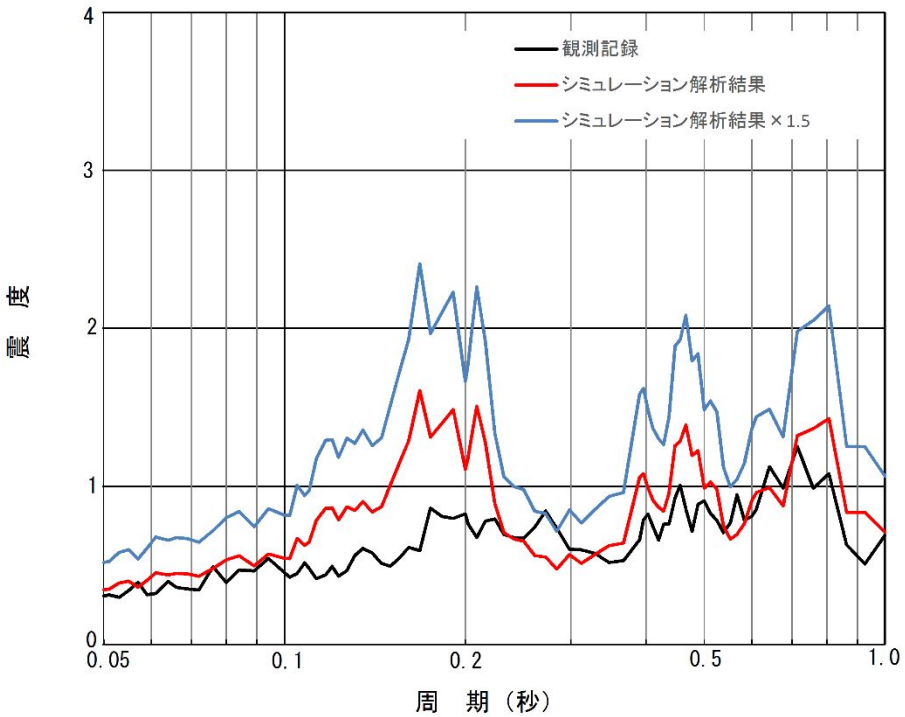


図 4-3(4) 原子炉建屋 EL. -4.0m 床応答スペクトル比較（減衰 2%）

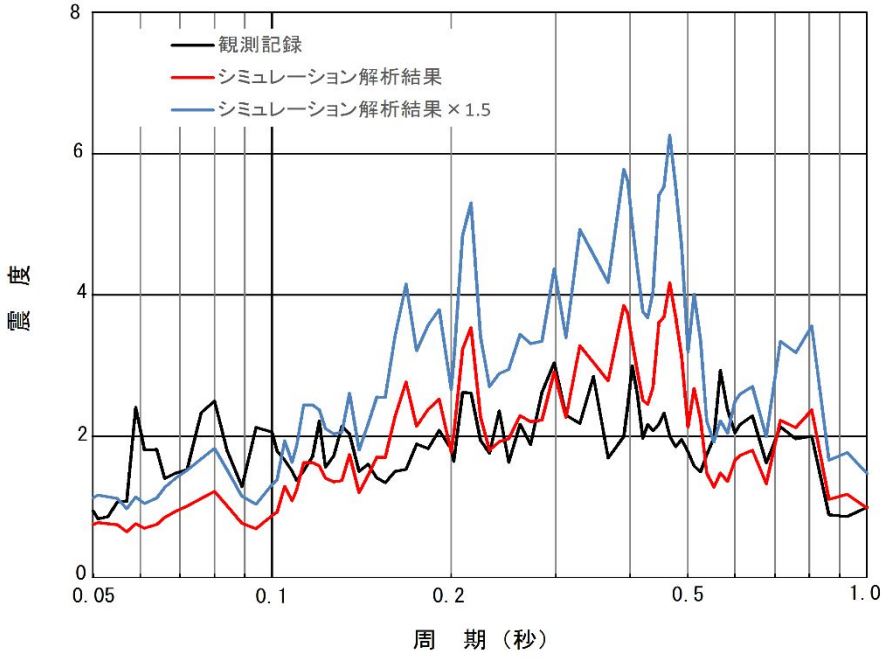


図 4-4(1) 原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル比較（減衰 1%）

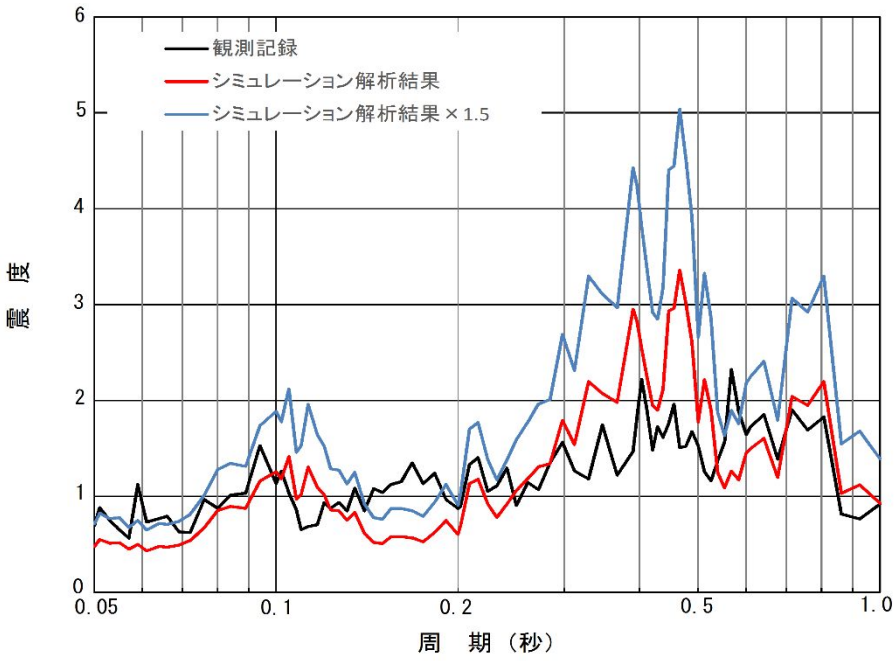


図 4-4(2) 原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル比較（減衰 1%）

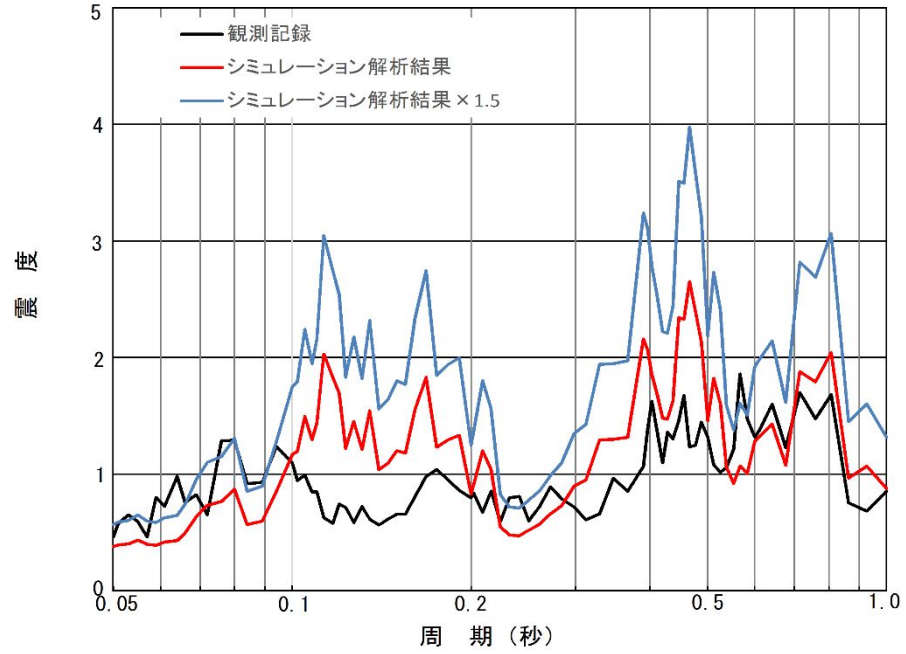


図 4-4(3) 原子炉建屋 EL. 14.0m 床応答スペクトル比較（減衰 1%）

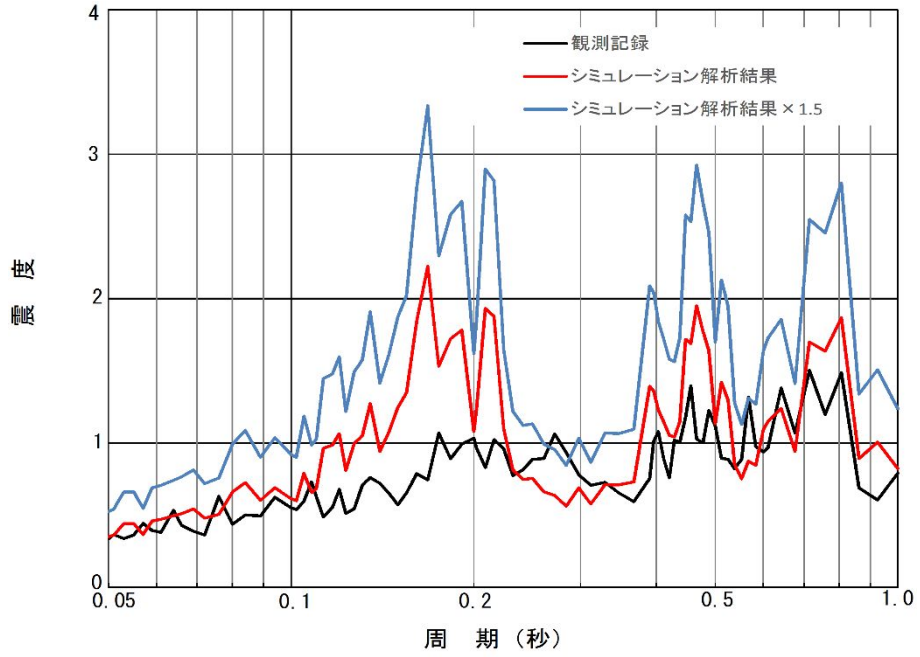


図 4-4(4) 原子炉建屋 EL. -4.0m 床応答スペクトル比較（減衰 1%）

表 4-4 最大応答加速度と固有周期 0.05 秒位置での加速度比較

標高 (m)	最大応答加速度 (cm／s^2)					固有周期 0.05 秒位置 * の加速度 (cm／s^2)		
	シミュレーション解析			観測記録		シミュレーション解析		観測記録
	ＮＳ	ＥＷ	Max(NS,EW) ×1.5	ＮＳ	ＥＷ	×1.0	×1.5	
46.5	530	532	798	492	481	700	1050	797
29.0	346	374	561	301	361	430	644	556
14.0	343	317	515	225	306	359	538	431
-4.0	303	279	455	214	225	339	509	301

＊　床応答スペクトルは減衰 2%を適用し，ＮＳ方向とＥＷ方向を包絡させた値として記載。

b.　影響検討対象設備の抽出（46.5m より下階は，追而とする。）

影響検対象設備として原子炉建屋 EL.46.5m に設置される設備について表 4-4 に，各設備の設置場所を示した図を 4-4 図に示す。

また表 4-4 には，固有周期の記載し床応答スペクトルを用いて耐震計算を実施する設備を明記した。剛設備については，最大応答加速度（ZPA）を用いた評価を実施するため，観測記録のほうが保守的な値となっていることから，影響対象設備から除外する。これより，対象設備は，燃料取替機，使用済燃料プール温度計（ＳＡ）及び代替燃料プール注水系配管について影響検討を行う。

表 4-4　原子炉建屋に設置の影響検討対象設備

設　　備	固有周期 （秒）	床応答スペクトルの適用 （適用する減衰定数）
①燃料取替機	水平：　0.078 鉛直：　0.089	○ （2.0%，1.5%）
②使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ，低レンジ）	0.05 以下	－*
③使用済燃料プール水位・温度（ＳＡ広域）	0.05 以下	－
④使用済燃料プール監視カメラ	0.05 以下	－*
⑤使用済燃料プール温度（ＳＡ）	0.23	○ （1.0%）
⑥原子炉建屋水素濃度	0.05 以下	－*
⑦静的触媒式水素再結合器	0.05 以下	－*
⑧静的触媒式水素再結合器動作装置	0.05 以下	－*
⑨代替燃料プール注水系配管（スプレイヘッダ）	1 次：　0.077	○ （2.0%）

＊　EL.57.0m の最大応答加速度を使用

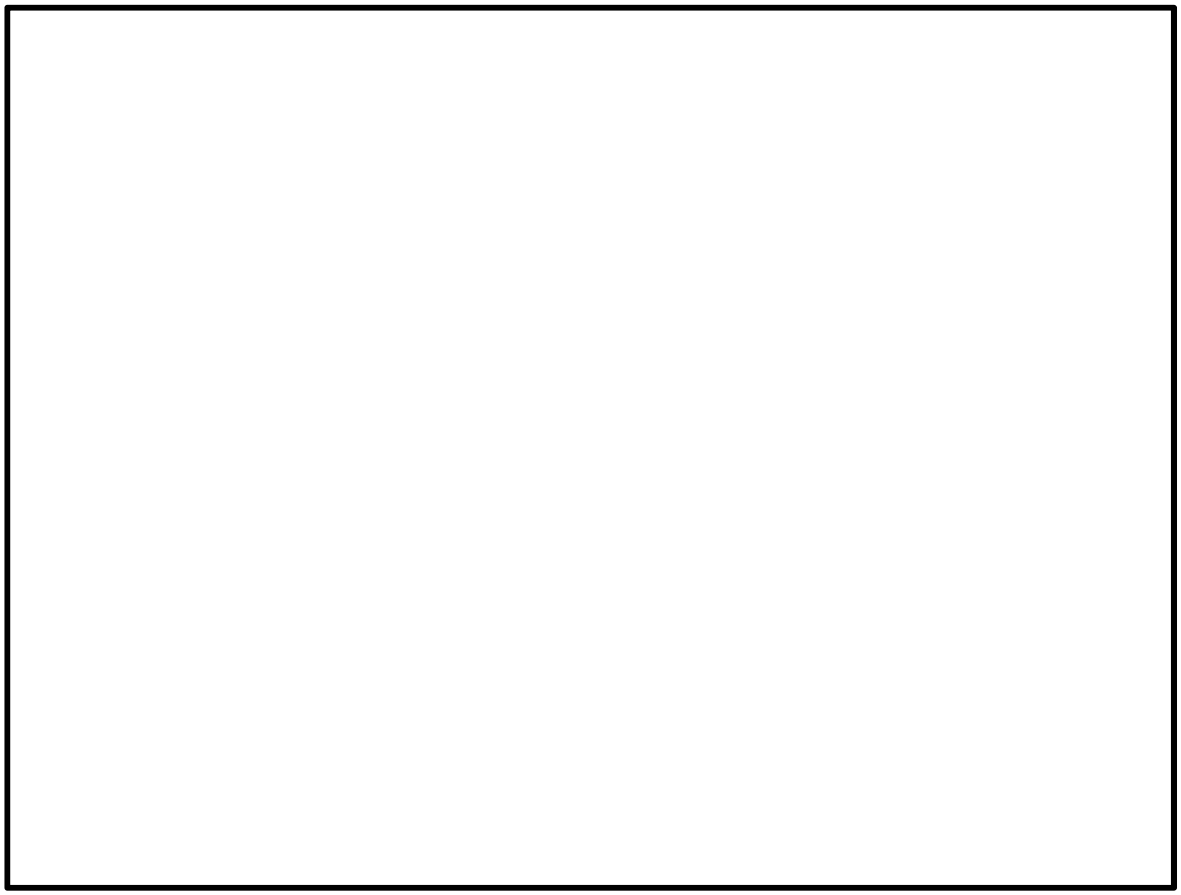


図 4-4　原子炉建屋 EL.46.5m の応答加速度を用いる設備

(2) 影響評価結果

(a) 燃料取替機

追而

(b) 使用済燃料プール温度計（ＳＡ）

追而

(c) 代替燃料プール注水系配管

追而

5. まとめ

原子炉建屋の地震応答解析モデルについて，東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果の比較から，人工岩盤のモデル化及び側面回転ばねの影響について検討した。

建設工認ではＳＲモデルとしていたが，側面地盤の埋込み効果を考慮した埋込みＳＲモデルとした場合，より実状に近い建屋の振動性状を評価できることを確認した。また，人工岩盤は岩盤として地盤モデル側にモデル化し，側面回転ばねを考慮しないモデルとする方が，応答を保守側に評価することを確認した。

以上の結果から，R/B 今回工認モデルは，人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化し，側面回転ばねを考慮しない埋込みＳＲモデルとすることとした。

別紙 1-3 の補足説明資料

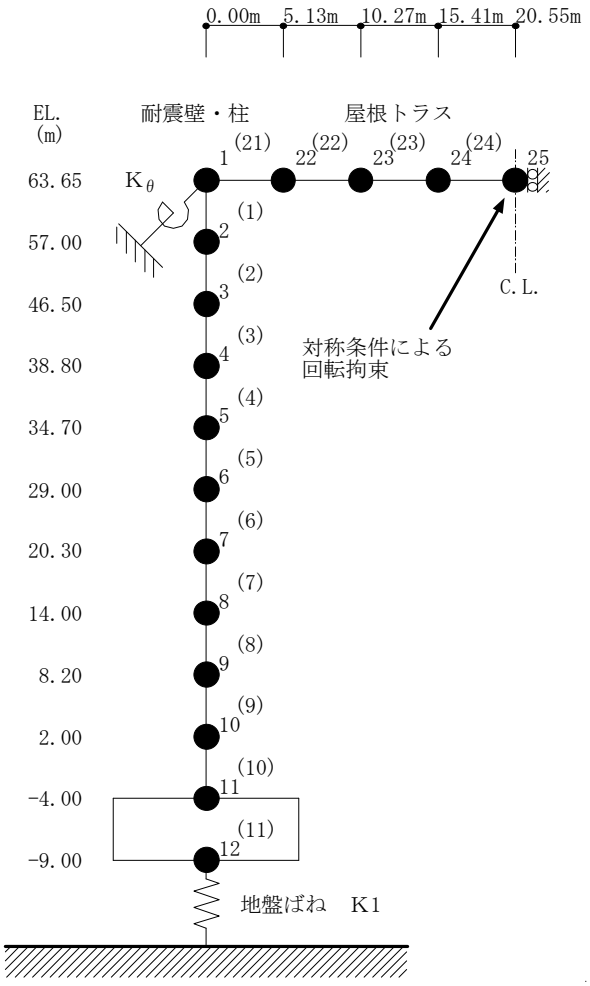
1. 概要

本資料は，別紙 1-3「原子炉建屋の地震応答解析モデルについて」で示した原子炉建屋の地震応答解析における東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析について，鉛直方向モデルによる結果を示すものである。

2. 解析モデル

鉛直方向の解析モデルを図 2－1 に示す。

鉛直方向の解析モデルは，水平方向と同様に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する。なお，側面地盤ばねについては考慮しない。



・数字は質点番号を示す。

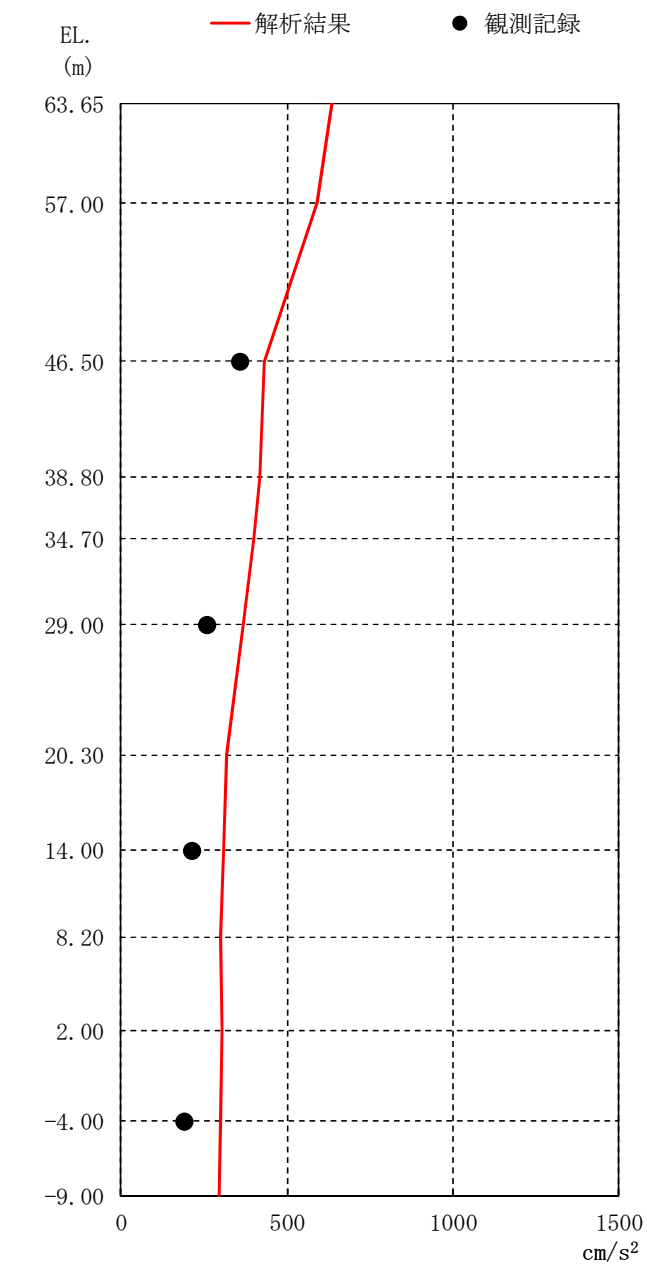
・（　）内は部材番号を示す。

図 2－1　解析モデル（鉛直方向）

3.　解析結果

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図 3－1 に，床応答スペクトルの比較を図 3－2 に示す。

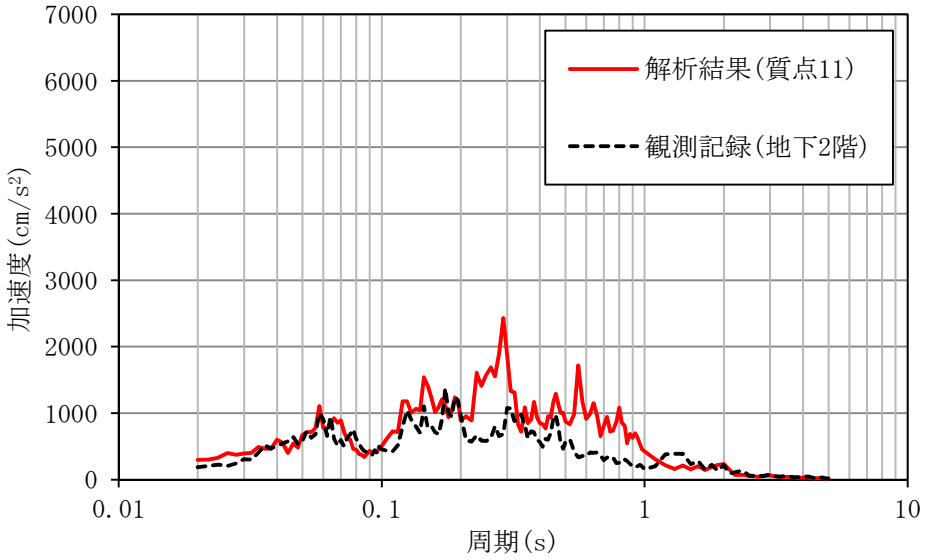
最大応答加速度は，解析結果が観測記録を上回っており，床応答スペクトルについてもほぼ全ての周期帯で解析結果が観測記録を上回る傾向となっている。



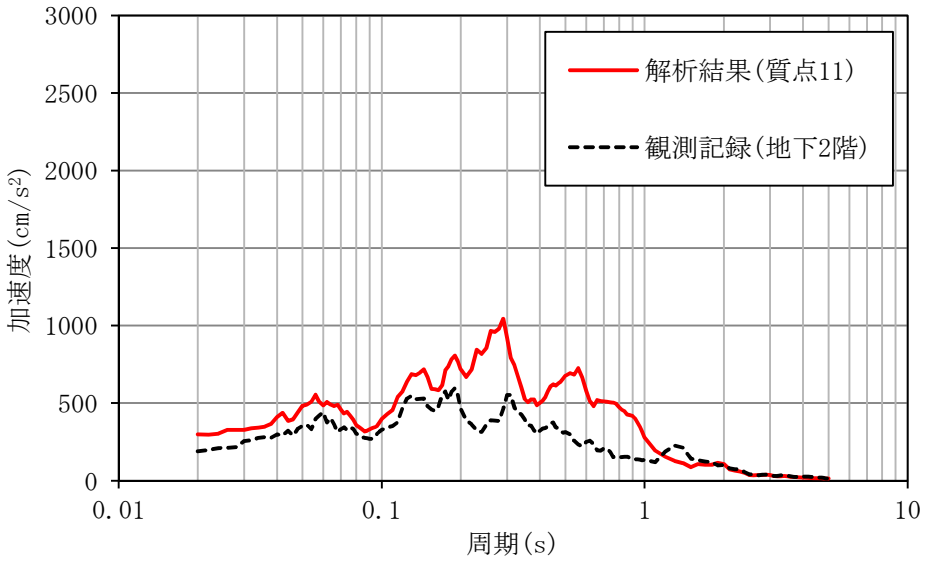
(単位：cm/s²)

解析結果	観測記録
634	—
590	—
431	358
416	—
401	—
367	259
319	—
309	212
302	—
307	—
299	189
296	—

図 3－2　最大応答加速度分布の比較（鉛直方向）



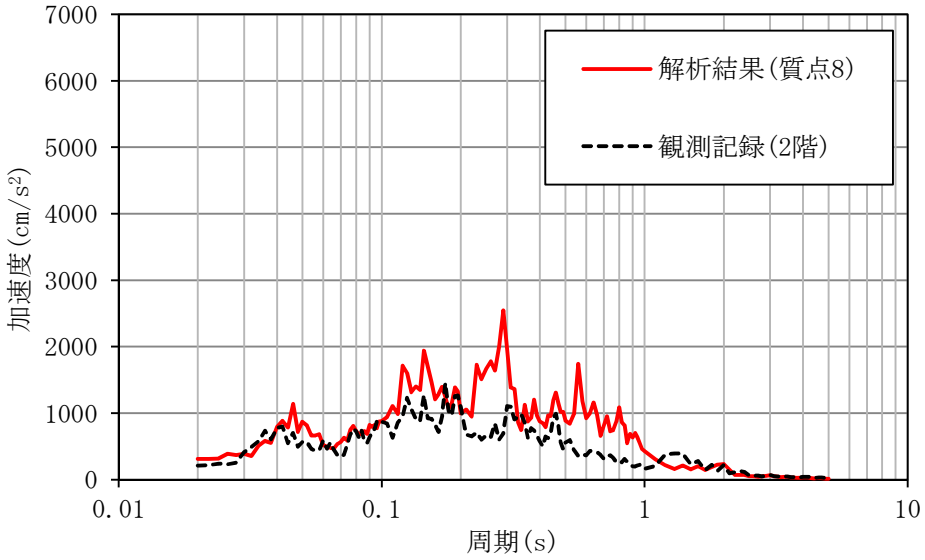
h＝1%



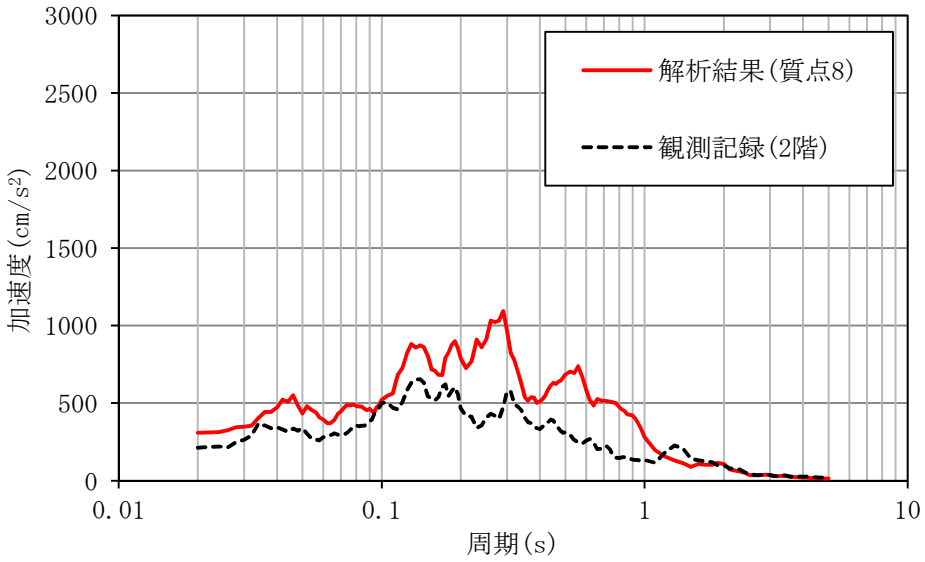
h＝5%

地下２階

図３－２（1／4）　床応答スペクトルの比較（鉛直方向）



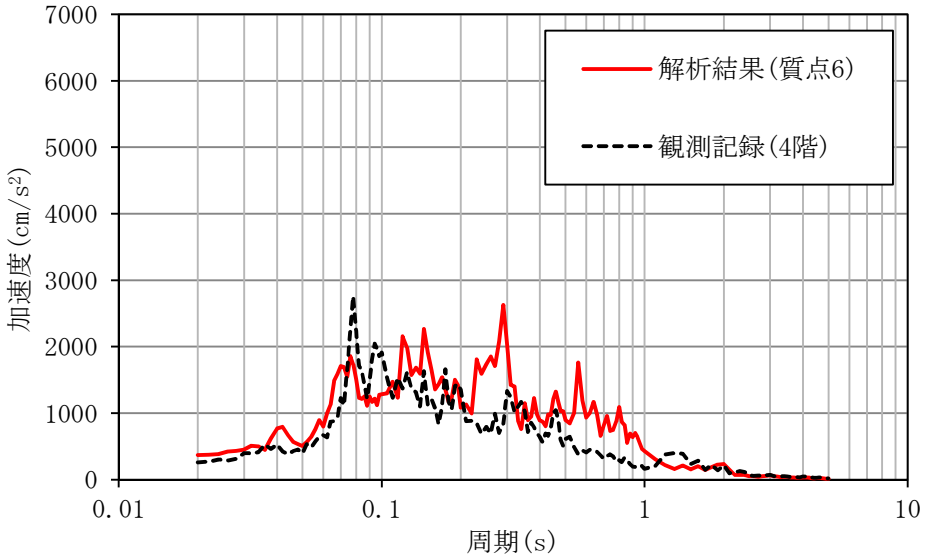
h＝1%



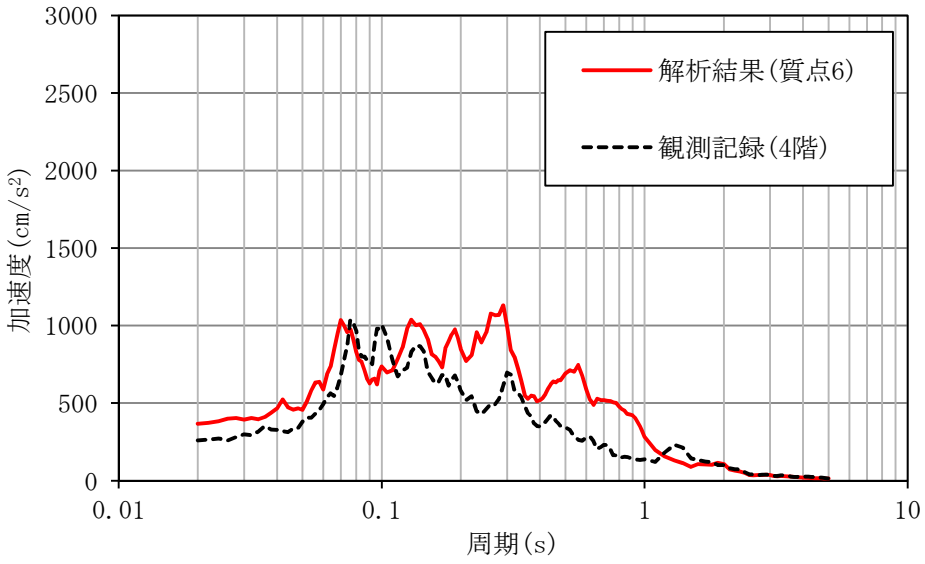
h＝5%

2 階

図 3－2（2／4）　床応答スペクトルの比較（鉛直方向）



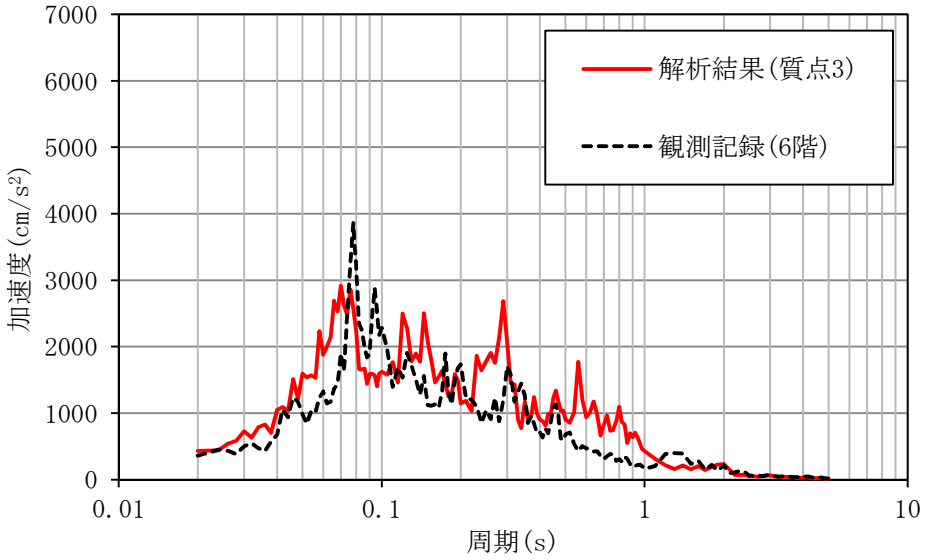
h＝1%



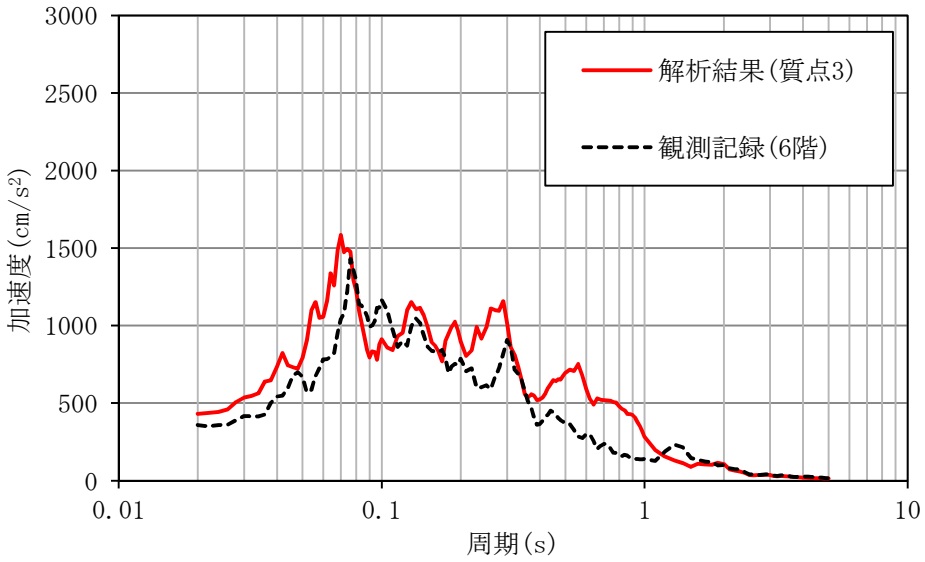
h＝5%

4 階

図 3－2（3／4）　床応答スペクトルの比較（鉛直方向）



h＝1%



h＝5%

6 階

図 3－2（4／4）　床応答スペクトルの比較（鉛直方向）

別紙 2-3　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルについて

目　　次

1. 概要 1
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋モデルの妥当性検討 2
2.1　地震計設置位置 2
2.2　シミュレーション解析結果 4
2.3 施設の耐震評価への影響検討 2
2.4　工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について 6

1. 概要

DC 今回工認モデルの妥当性確認として，2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）時の観測記録を用いたシミュレーション解析を実施した。解析に用いる地震の諸元を図 2－1 に示す。

地震名	2011 年東北地方太平洋沖地震
発生日時	2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃(注)
マグニチュード	9.0(注)
震源深さ	24km(注)
震央距離	270
震源距離	271

(注)気象庁発表値



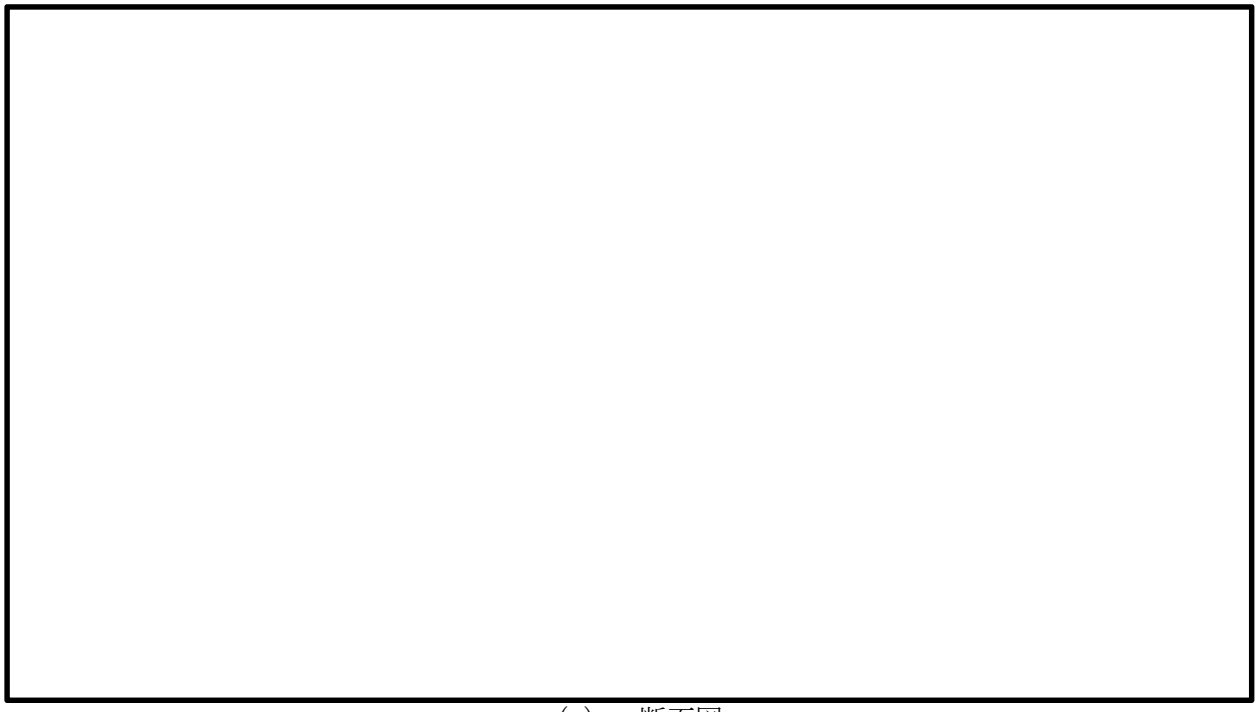
図 2－1　東北地方太平洋沖地震の震央位置

2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋モデルの妥当性検討

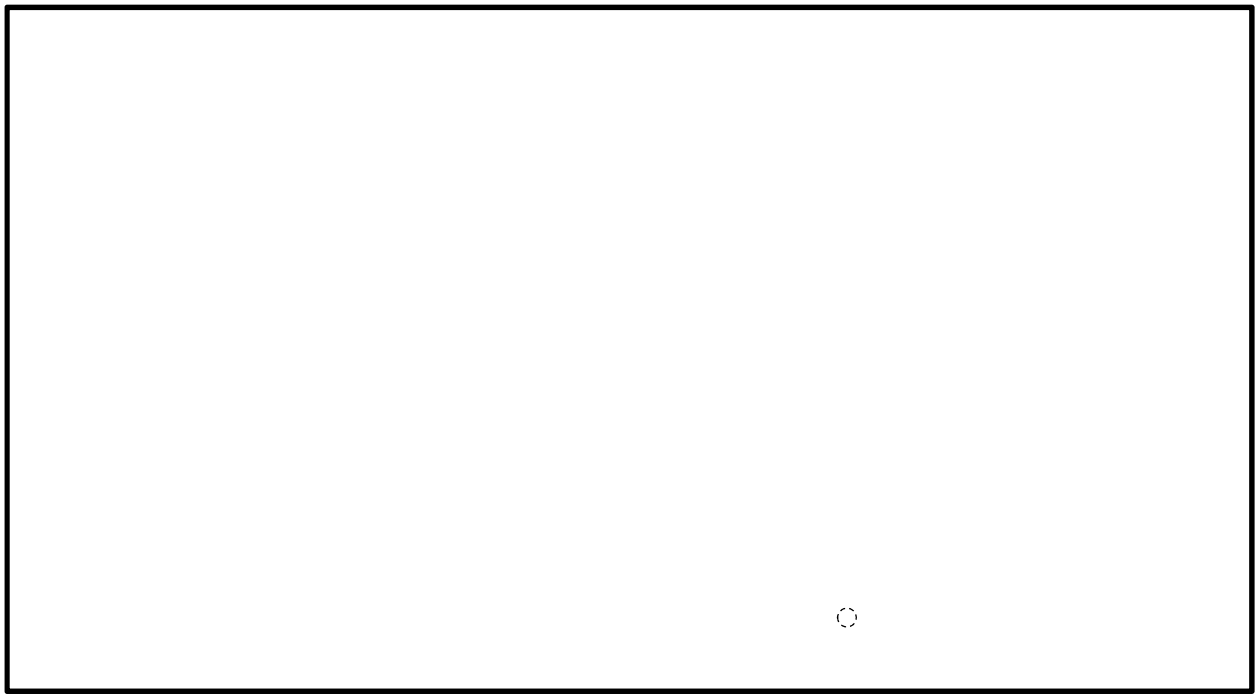
2.1 地震計設置位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋には，地震時の基本的な振動性状を把握する目的で基礎上端と屋根トラス上部に各 1 台の地震計を設置している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置を図 2－2 に示す。



(a)　断面図



(b)　1階（EL.8.3 m）平面図

図 2－2　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置

2.2　シミュレーション解析結果

観測記録を用いたシミュレーション解析は，使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデル（以下「DC 今回工認モデル」という。）を用いた。既工認での地震応答解析の概要図を図 2－3 に，今回工認での評価の概要図を図 2－4 に，東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として，最大応答加速度分布の比較を図 2－5 に床応答スペクトルの比較を図 2－6 に示す。各解析結果の比較図には建設工認時の地震応答解析モデル（以下「DC 既工認モデル」という。）による結果及びシミュレーション解析に用いた入力地震動も参考として示す。

観測記録，DC 今回工認モデルによる解析結果，DC 既工認モデルによる解析結果を比較すると，各方向において，DC 今回工認モデルと DC 既工認モデルの解析結果は観測記録と概ね良い対応を示している。

ほぼすべての周期帯において解析結果と観測記録は概ね同等もしくは解析結果が観測記録を上回る結果となっており、DC 今回工認モデルを耐震評価用の解析モデルとして適用することは妥当である。

0.1 秒付近は観測記録の方が上回るがその差は比較的小さい。また，0.2 秒から 0.3 秒付近ではシミュレーション解析の方が大きめの評価を与えている。その差異が生じる要因としては，以下が考えられる。

①0.1 秒付近及び 0.2 秒から 0.3 秒付近の差異が生じる要因

・基礎スラブ上端位置での応答であり，上部構造物の影響は小さい。また，上部構造物の質点重量は全体の 1/3 程度である。上記の確認のためシミュレーション解析の建屋入力地震動を比較したところ，基礎スラブ上端応答と同様の傾向にあった。そのため，差異の要因として，ばらつきをもつ不均質な地盤を平均的な成層モデルに仮定していることが考えられる。

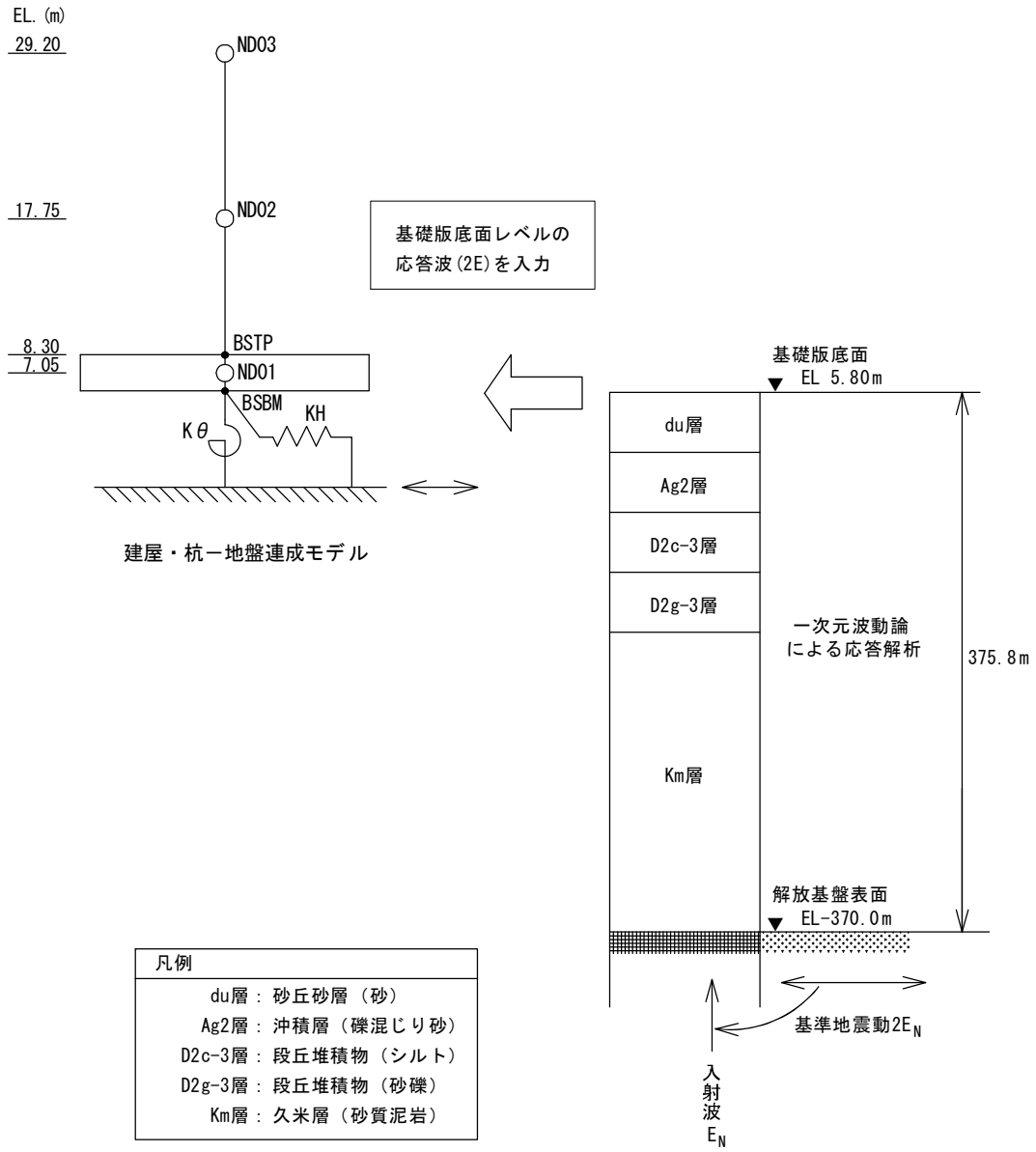
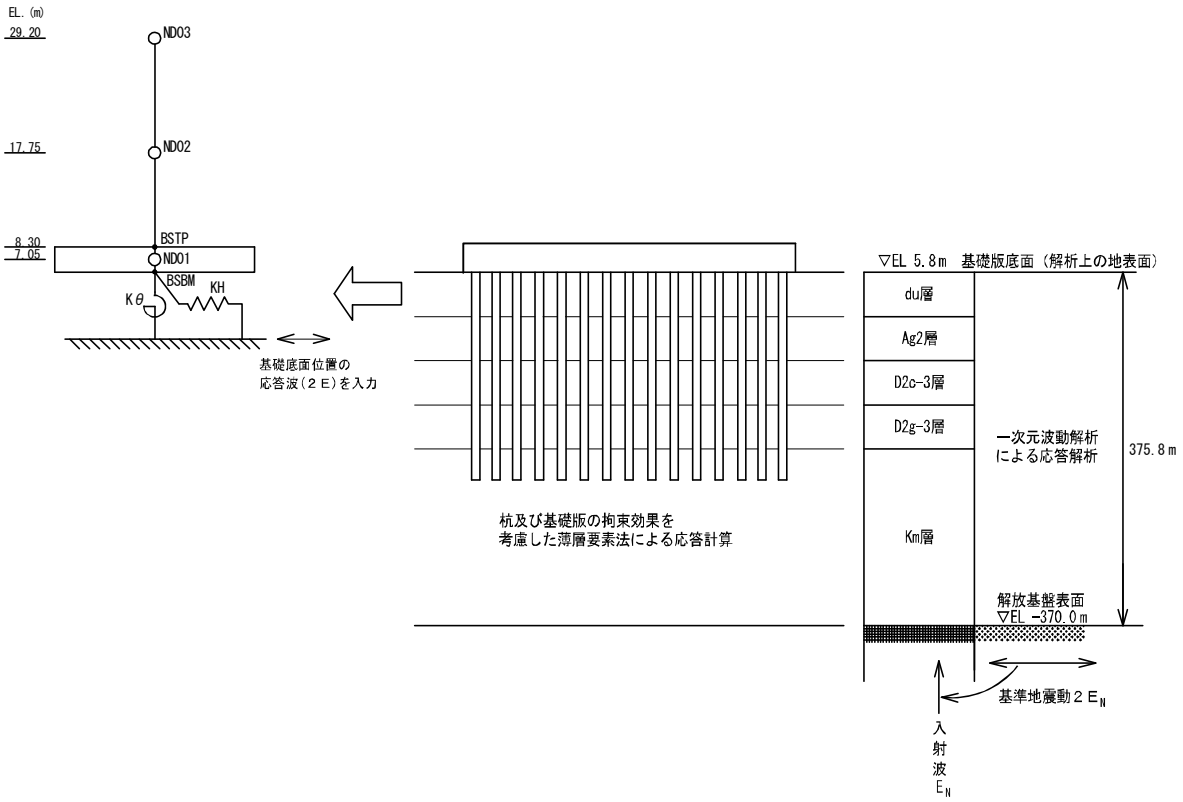
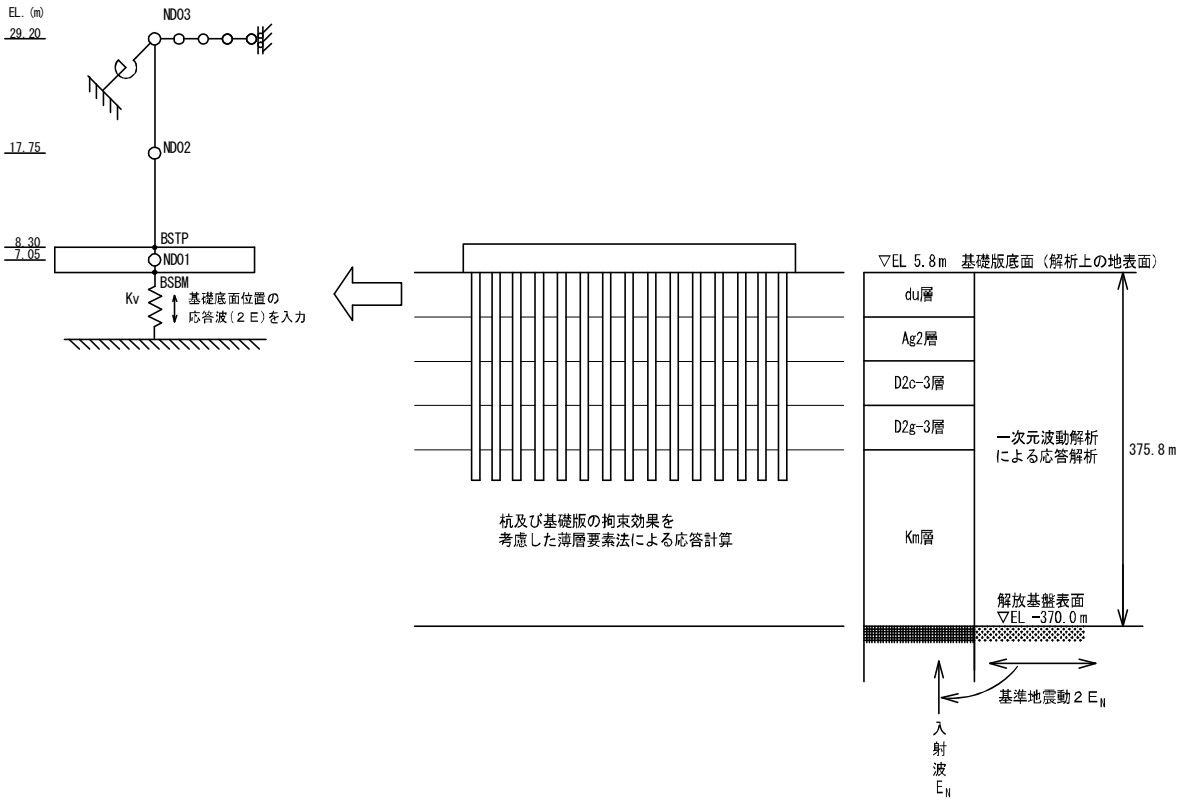


図 2－3　地震応答解析の概要図（既工認）

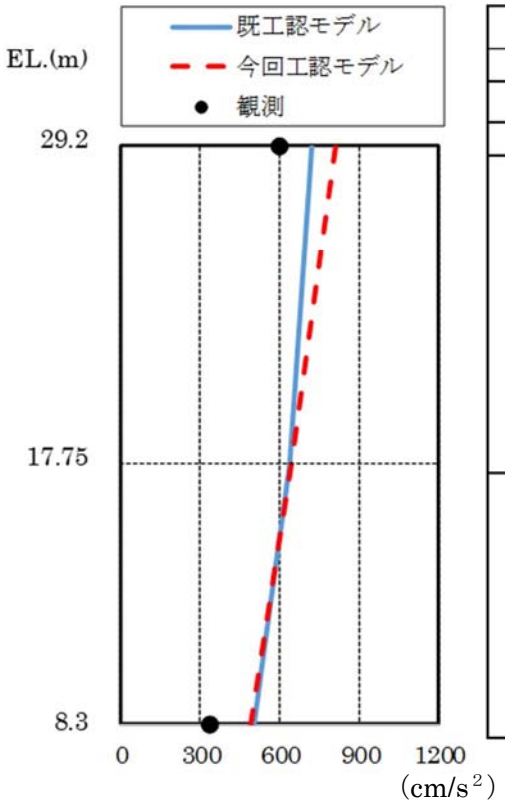


（水平方向）



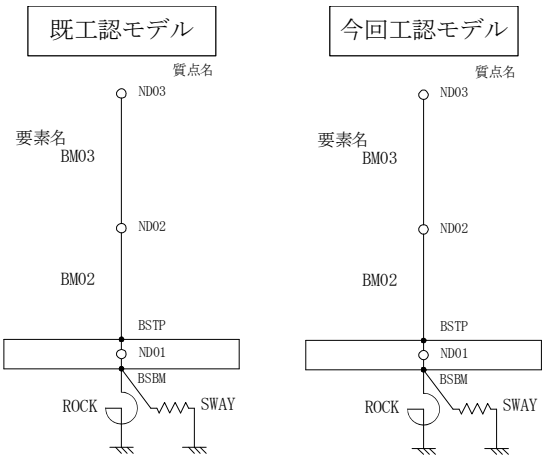
（鉛直方向）

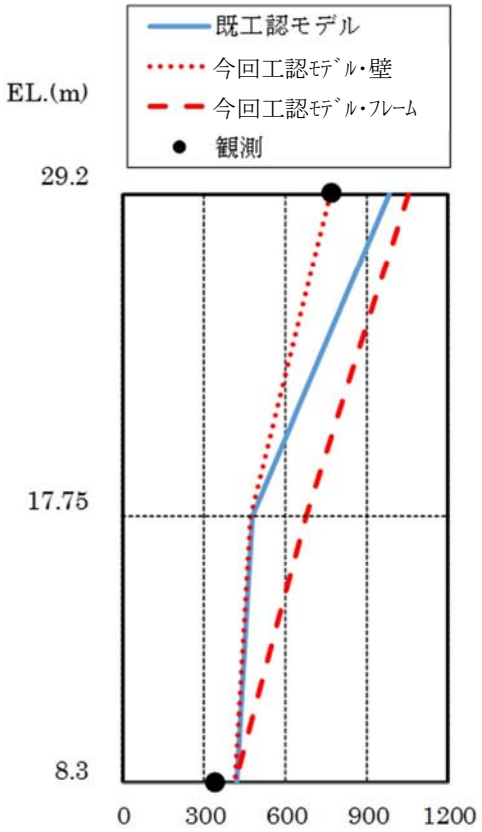
図 2－4　地震応答解析の概要図（今回工認での評価）



NS方向		
既工認モデル	今回工認モデル	観測
cm/s²	cm/s²	cm/s²
720	813	599
635	642	-
506	489	334

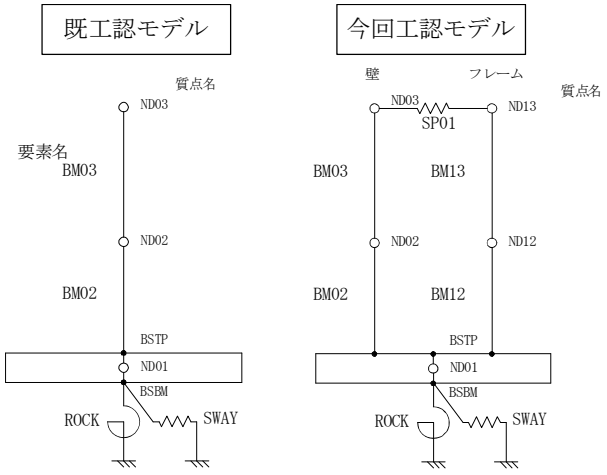
図 2－5（1／3）　最大応答加速度分布の比較（NS 方向）

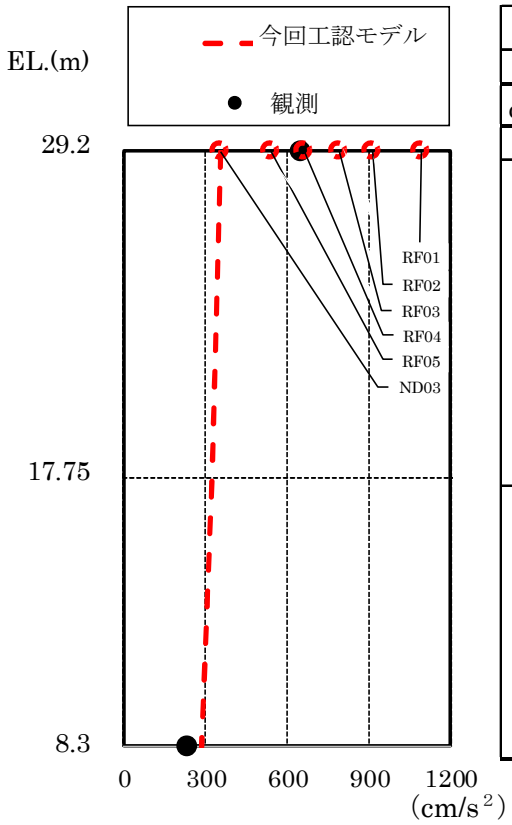




EW方向			
既工認モデル	今回工認モデル		観測
	壁	フレーム	
cm/s²	cm/s²	cm/s²	cm/s²
986	763	1052	772
480	469	674	-
417	416	416	342

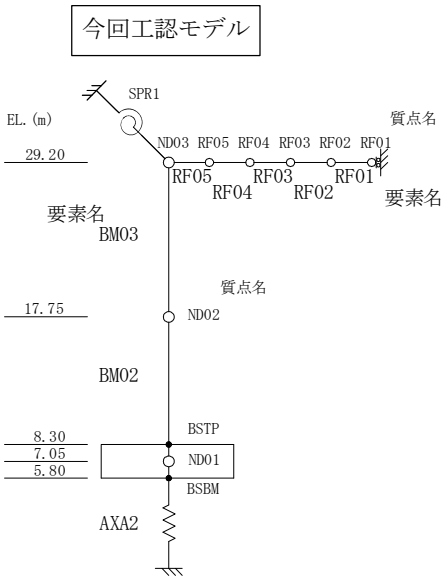
図2－5（2／3）　最大応答加速度分布の比較（EW方向）





上下 方向						
今回工認モデル						観測
cm/s²	cm/s²	cm/s²	cm/s²	cm/s²	cm/s²	cm/s²
358	539	662	793	915	1094	653
321	-	-	-	-	-	-
283	-	-	-	-	-	236

図2－5（3／3）　最大応答加速度分布の比較（鉛直方向）



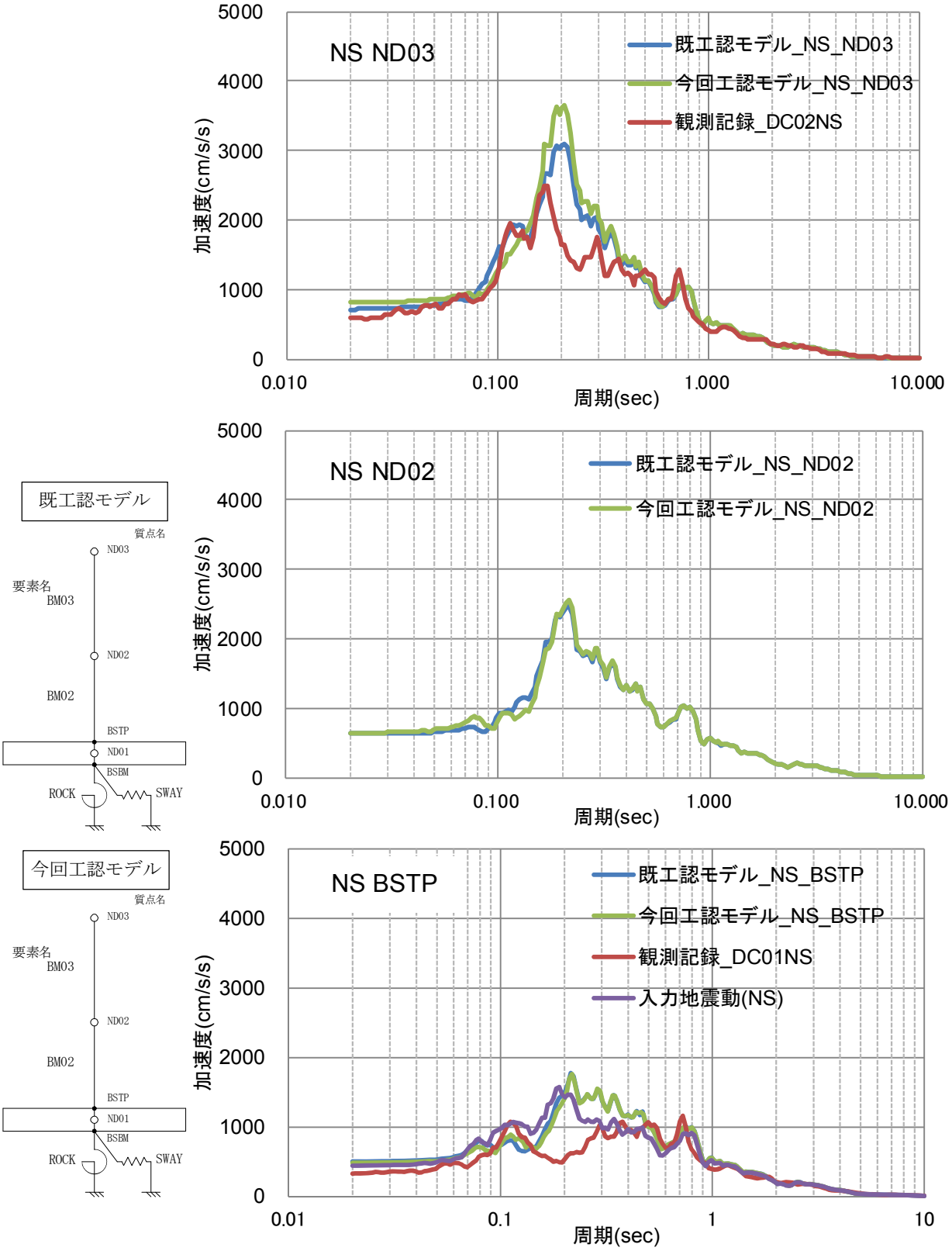
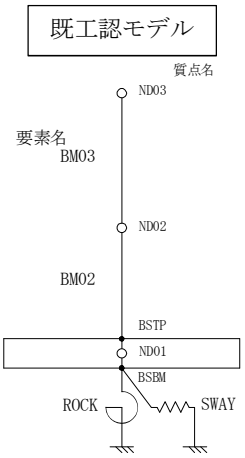
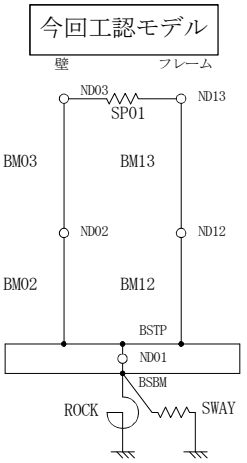
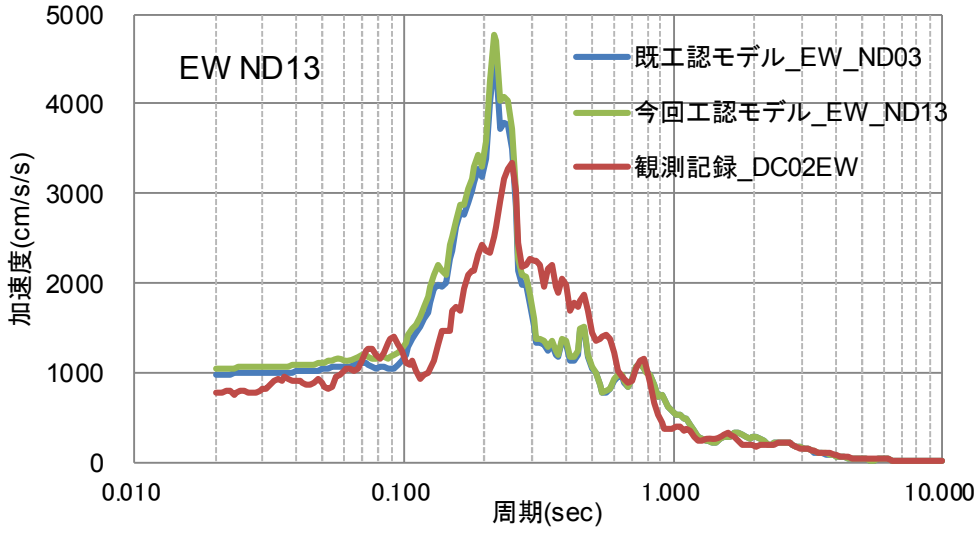
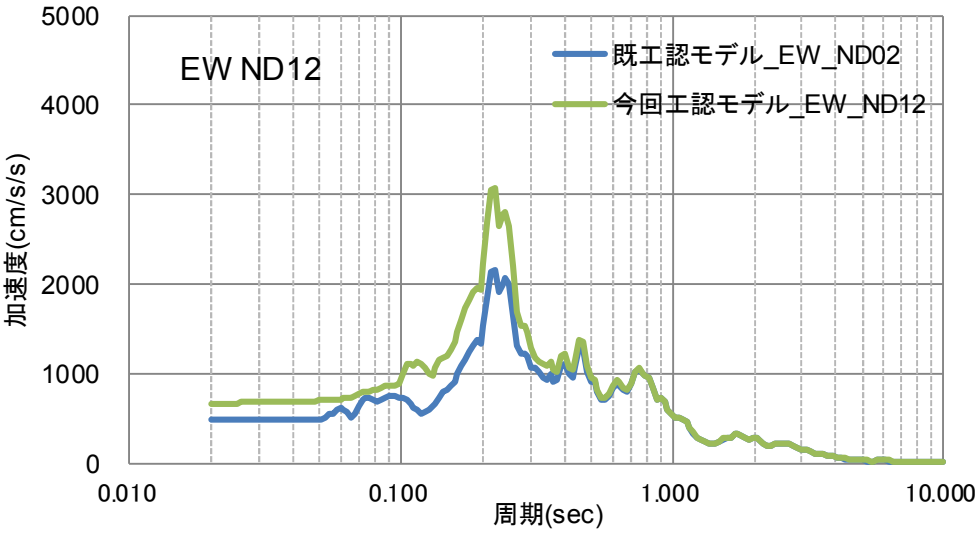


図 2－6（1／3）　床応答スペクトルの比較（NS 方向，ｈ＝5%）









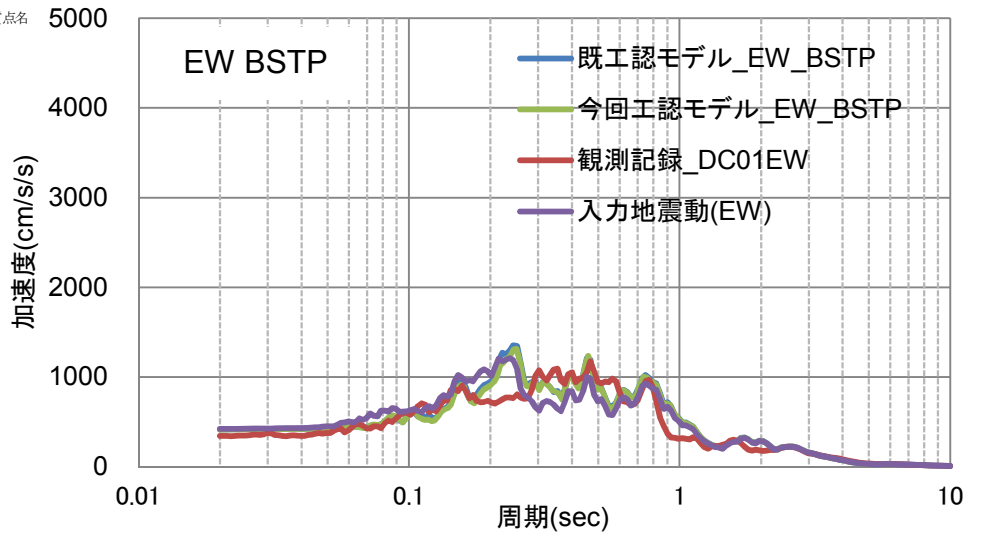
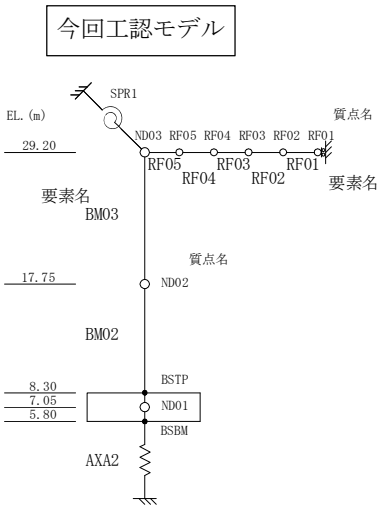
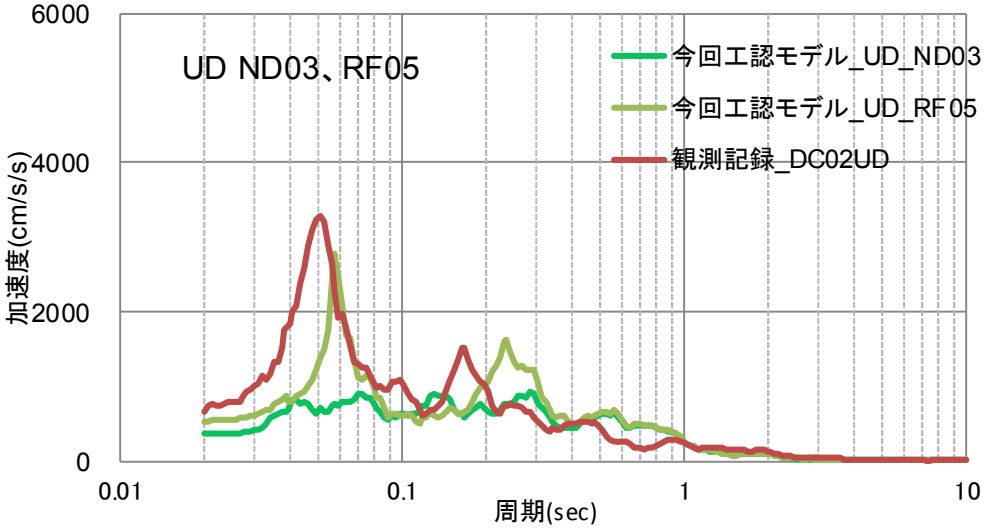
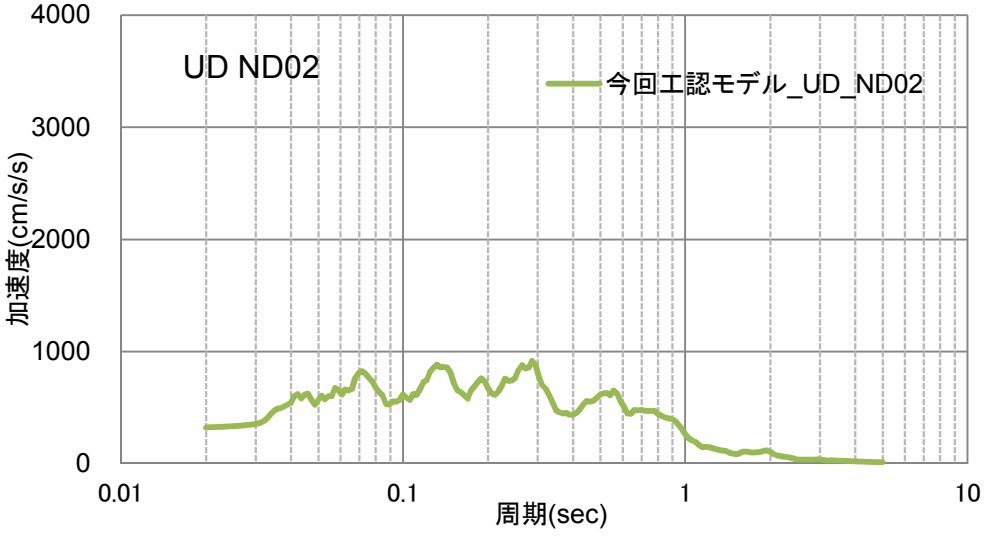


図 2－6（2／3）　床応答スペクトルの比較（EW 方向，h＝5%）

別紙 2-3-0







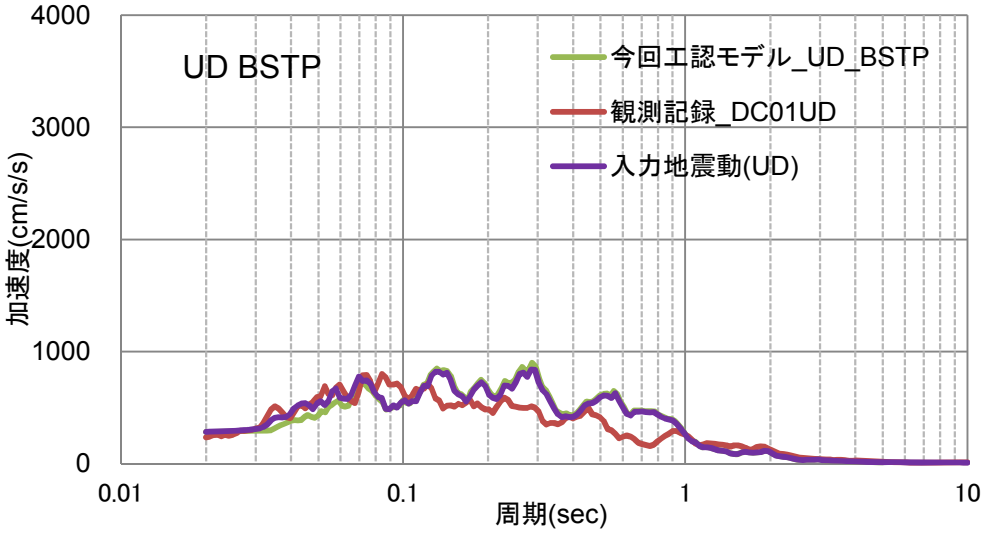


図 2－6（3／3）　床応答スペクトルの比較（上下方向，h＝5%）

別紙 2-3-1

2.1　施設の耐震評価への影響検討

2.3.1　建屋への影響

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置での観測記録と今回工認モデルを用いたシミュレーション解析の応答とを比較した結果，最大応答加速度分布は観測記録がシミュレーション解析を上回らないことが確認できたため，ＤＣ建屋の耐震評価に影響はない（図 2-5)。

2.3.2　機器・配管系への影響

(1) 影響検討対象設備

使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置された機器･配管系として，使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「ドライキャスク」という。）及び使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン（以下「ＤＣ建屋クレーン」という。）がある。影響検討対象設備を表 3-1 に示す。

表 3-1　使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置の影響検討対象設備

影響検討対象設備	設置階高
ドライキャスク	EL.8.3m
ＤＣ建屋天井クレーン	EL.17.75m

(2) 影響評価結果

(a) ドライキャスク

ドライキャスクの耐震評価に用いる EL.8.3m の最大応答加速度（ZPA）について，シミュレーション解析の結果と観測記録とを比較した結果を表 3-2 に示す。表 3-2 に示すとおり観測記録の応答加速度はシミュレーション解析の加速度を上回らないことが確認できたため，使用済燃料乾式貯蔵容器（ＤＣ）の耐震評価に影響はない。

表 3-2　使用済燃料乾式貯蔵建屋 EL.8.3m の応答加速度比較

	方向	応答加速度（cm／s^2）	
		シミュレーション解析結果	観測記録
使用済燃料乾式貯蔵建屋 EL.8.3m	水平	489	342
	鉛直	283	236

(b) ＤＣ建屋クレーン

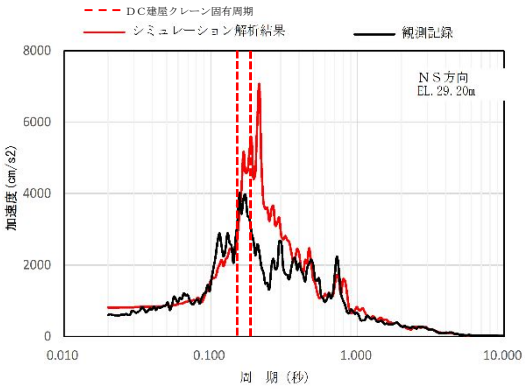
ＤＣ建屋クレーンは，EL.17.75m のクレーンガーダ上に設置されている。地震観測計は EL8.3m 及び EL29.2m に設置されており，シミュレーション解析結果との比較も当該階で実施していることから，EL8.3m 及び EL29.2m による床応答スペクトルの比較により影響を確認する。

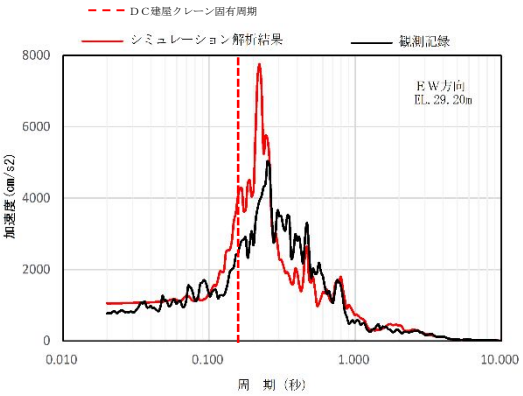
図 3-1 に観測記録の床応答スペクトルとシミュレーション解析結果の床応答スペクトルとの比較にＤＣ建屋クレーンの 1 次固有周期を記載して示す。またＤＣ建屋クレーンの 1 次固有周期を表 3-3 に示す。

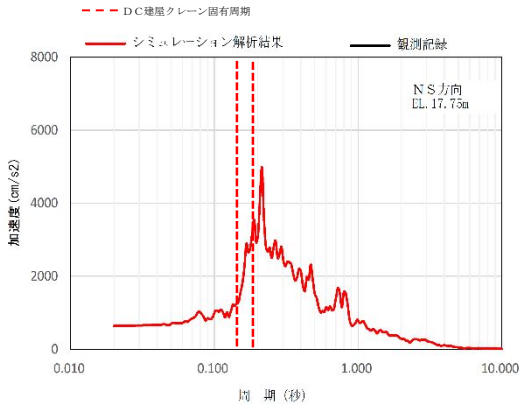
シミュレーション解析結果の応答加速度値のほうが観測記録の応答加速度値を概ね大きな値となっていることを確認した。鉛直方向の固有周期 0.128 秒で観測記録のほうが大きな応答加速度値となっているが，耐震評価で支配的な解析条件となる吊荷有りの 1 次固有周期 0.292 秒及び 0.239 秒ではシミュレーション解析のほうが応答加速度値は大きいことから問題ない。

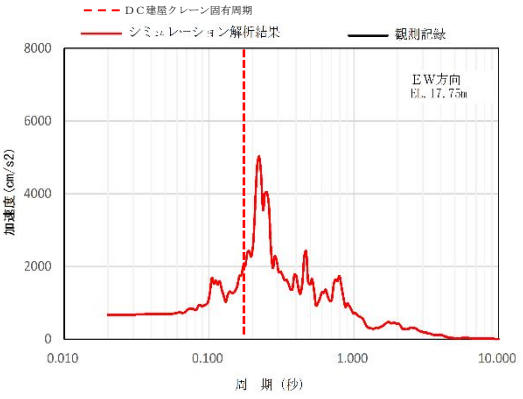
表 3-3　ＤＣ建屋クレーンの 1 次固有周期

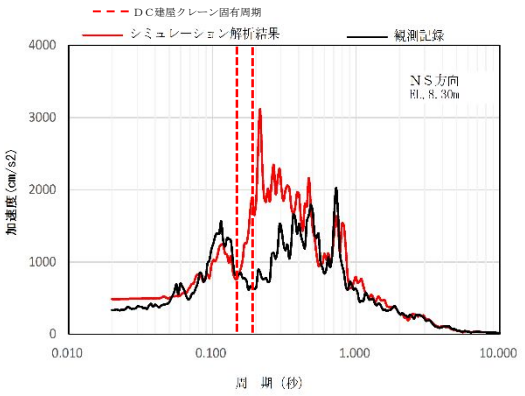
ガーダ位置	吊荷	1 次固有周期（秒）		
		ＮＳ方向	ＥＷ方向	鉛直方向
中央	有	0.190	0.174	0,292
	無	0.191	0,175	0,128
端部	有	0.141	0.177	0.239
	無	0.141	0.178	0.103











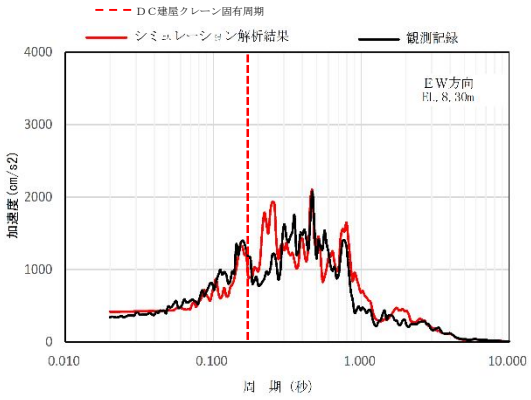
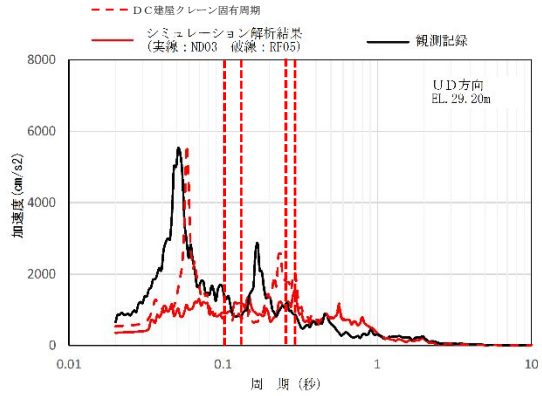
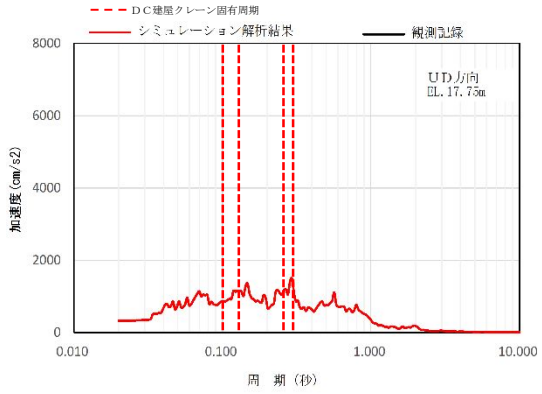


図 4-1(1)　使用済燃料乾式貯蔵建屋の床応答スペクトル比較図（減衰 2%）





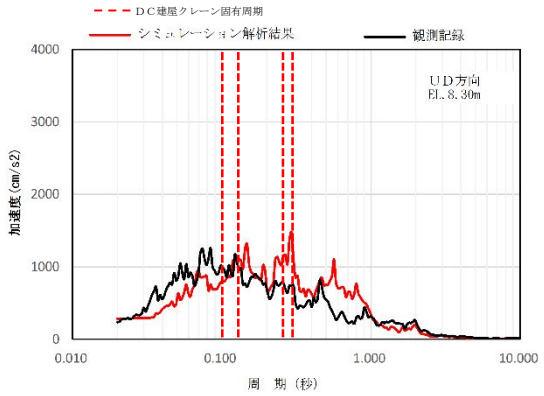


図 4-1(2)　使用済燃料乾式貯蔵建屋の床応答スペクトル比較図（減衰 2%）

2.4　工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について

使用済燃料乾式貯蔵建屋が細長い形状をしていること等を考慮し，地震応答解析モデルを既工認から変更した。東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果より，貯蔵容器への入力となる EL.8.3 m の基礎上端での応答及び建屋有周期近傍での建屋応答を概ね安全側に評価出来ていることを確認した。

以上の結果を踏まえ，使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算及び耐震計算書に用いる応答解析モデルには，DC 今回工認モデルを用いることとした。

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-7【水平２方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について】

目次

1.　検討の目的
2.　水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動
　2.1　東海第二発電所の基準地震動
　2.2　水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動
3.　各施設における水平２方向及び鉛直方向地震力の影響評価
　3.1　建物・構築物
　3.2　機器・配管系
　3.3　屋外重要土木構造物
　3.4　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

別紙１　評価部位の抽出に関する説明資料
別紙２　３次元ＦＥＭモデルを用いた精査
別紙３　３次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析
別紙４　機器・配管系に関する説明資料

下線：本日ご説明該当箇所

別紙３　３次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析

目次

1.　検討概要 …… 1
1.1　構造概要 …… 1
1.2　3次元ＦＥＭモデルによる耐震性評価の方針 …… 5
2.　3次元ＦＥＭモデルの構築 …… 7
2.1　原子炉建屋の3次元ＦＥＭモデル …… 7
2.2　固有値解析 …… 15
2.3　観測記録を用いた検討 …… 18
3.　3次元ＦＥＭモデルによる評価 …… 31
3.1　地震応答解析の概要 …… 32
3.2　建屋応答性状の把握 …… 37
3.3　建屋耐震評価への影響検討 …… 58
3.4　床応答への影響評価 …… 91

1. 検討概要

建屋の3次元的応答性状の把握及び質点系モデルによる地震応答解析の妥当性の確認の観点から，原子炉建屋について3次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析を行い，建屋の局所的な応答を検討する。また，3 次元ＦＥＭモデルによる挙動が，建屋及び機器・配管系の有する耐震性に及ぼす影響を検討する。

1.1 構造概要

原子炉建屋は，主体構造が鉄筋コンクリート造で鉄骨造陸屋根をもつ地下2階，地上6階の建物である。中央部には，平面が南北方向 45.5 m，東西方向 42.5 m の原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）があり，その周囲には原子炉建屋付属棟（以下「付属棟」という。）を配置している。

原子炉棟と付属棟は，同一基礎版上に配置した一体構造であり，原子炉建屋の平面は，下部で南北方向 68.5 m，東西方向 68.25 m のほぼ正方形となっている。基礎底面からの高さは 73.08 m であり，地上高さは 56.08 m である。また，原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離されている。

原子炉建屋の基礎は，厚さ 5.0 m のべた基礎で，支持地盤である砂質泥岩上に人工岩盤を介して設置されている。

原子炉棟の中央部には原子炉圧力容器を収容している原子炉格納容器があり，その周囲の一時遮蔽壁（以下「シェル壁(S／W)」という。）は上部が円錐台形，下部は円筒形で基礎版から立ち上がっている。シェル壁(S／W)の壁厚は上部で 1.9 m，下部で 1.8 m である。

原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁(I／W)」という。）は基礎版から屋根面まで連続しており，壁厚は地下部分で 1.5 m，地上部分では 1.5 m～0.3 m である。また，付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁(O／W)」という。）の壁厚は地下部分で 1.5 m，地上部分では 1.5 m～0.9 m である。建屋は全体として非常に剛性が高く，建屋に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。

なお，燃料取替床（EL.46.5 m）には使用済燃料貯蔵プールが設置されている。

原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 1－1 及び図 1－2 に示す。

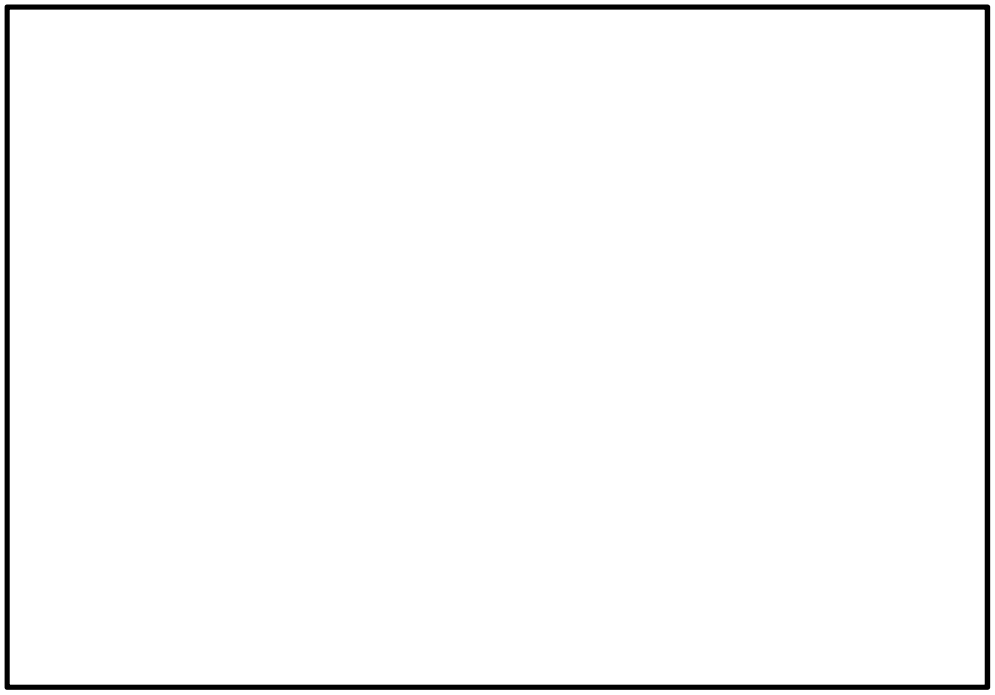


図 1－1（1／2）　原子炉建屋の概略平面図（EL.46.5 m）

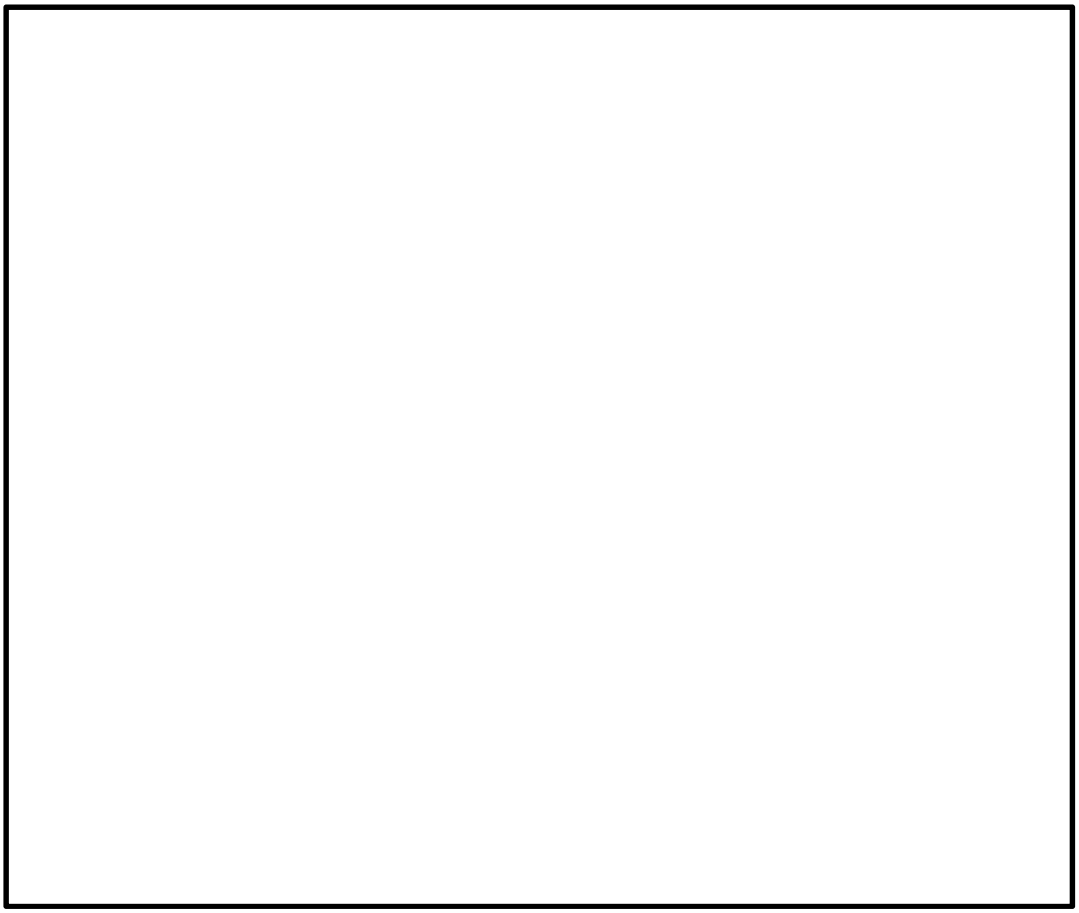


図 1－1（2／2）　原子炉建屋の概略平面図（EL.-4.0 m）

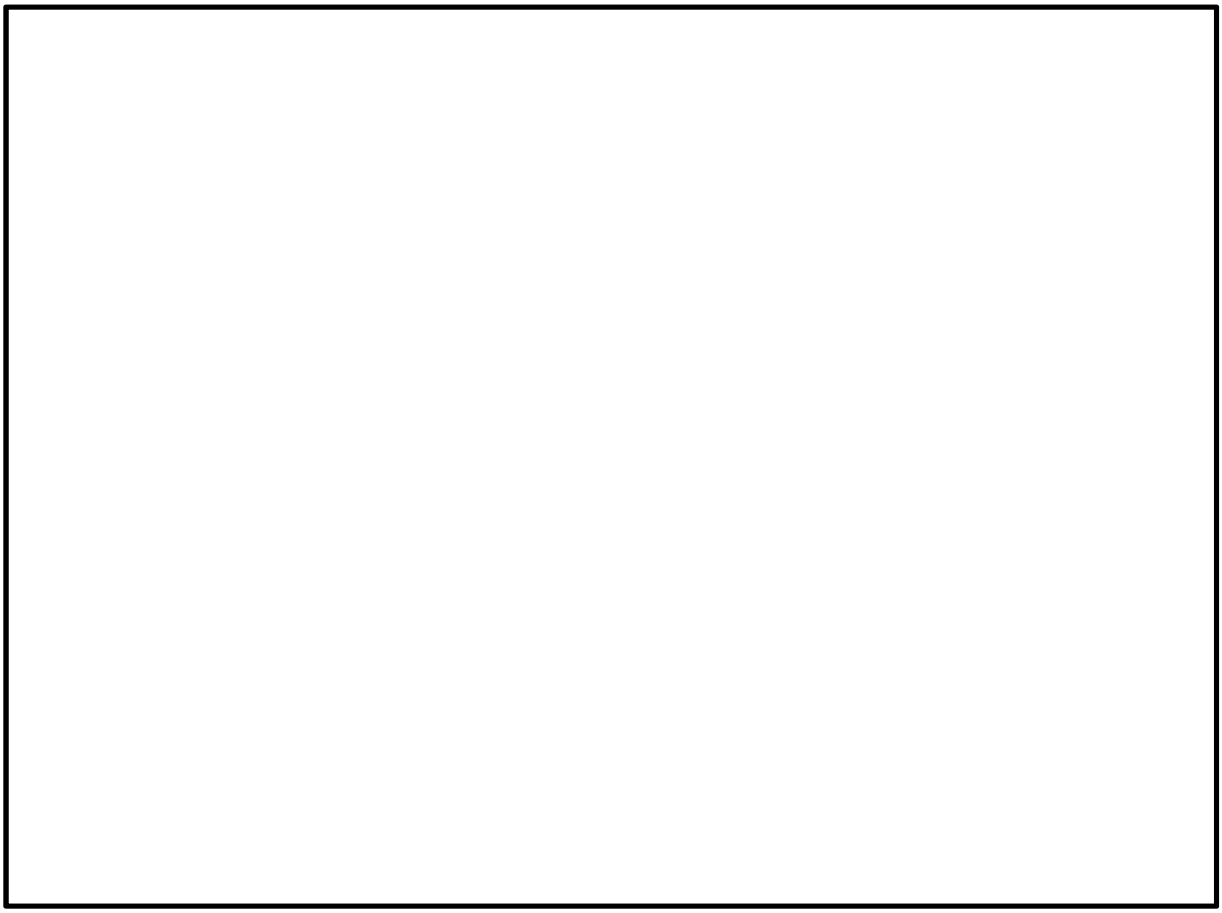


図 1－2（1／2）　原子炉建屋の概略断面図（A－A 断面）

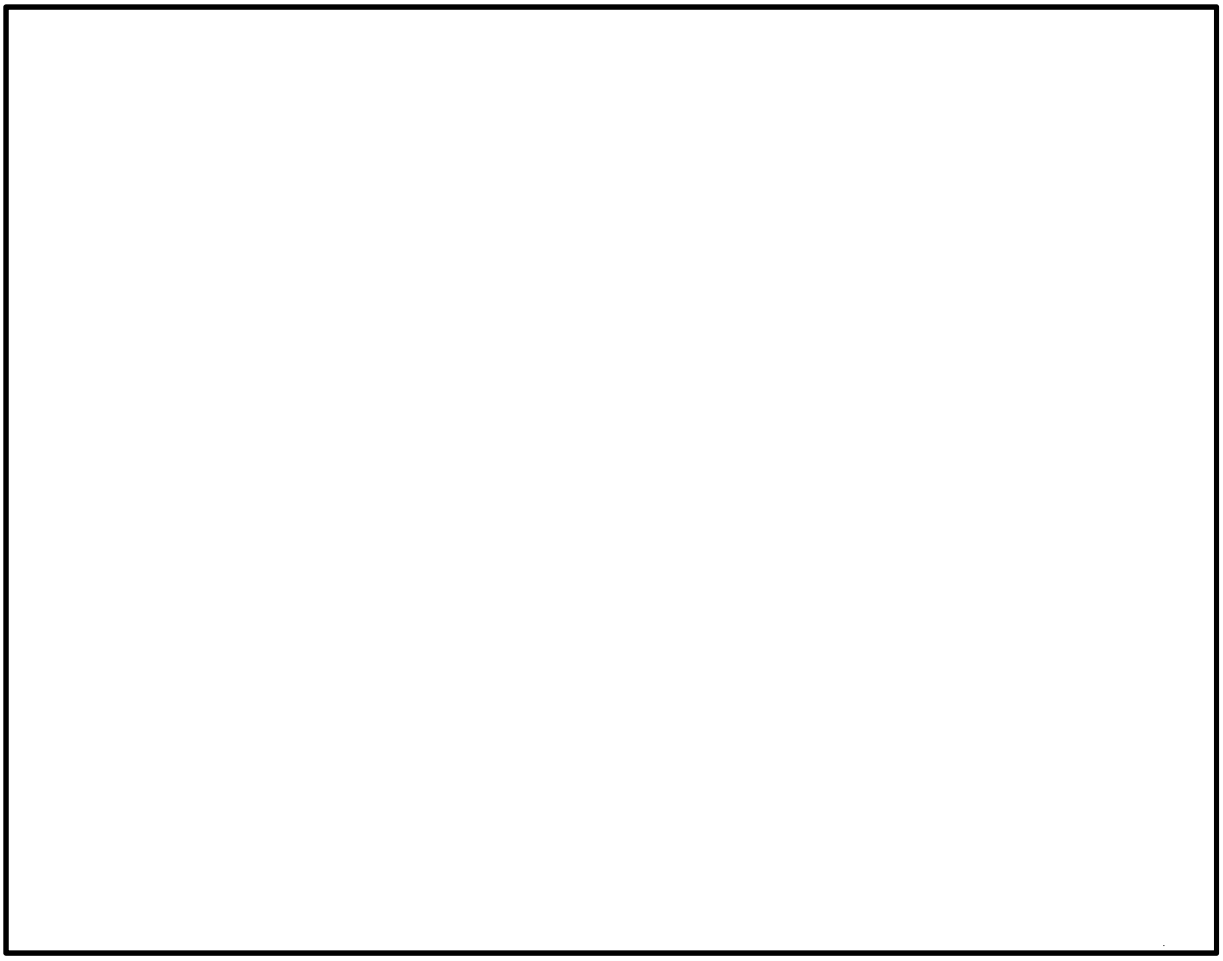


図１－２（2／2）　原子炉建屋の概略断面図（B－B 断面）

1.2　3 次元ＦＥＭモデルによる耐震性評価の方針

原子炉建屋について 3 次元ＦＥＭモデルを構築し，固有値解析や観測記録を用いた解析結果から，同モデルの妥当性を確認する。その上で，3 次元的な応答特性を把握する。また，弾性設計用地震動Ｓ$_d$による地震応答解析を行い，建屋の平均的な応答や局所的な応答を把握する。更に，3 次元的な応答特性から建屋及び機器・配管系の耐震評価への影響を確認する。

解析モデルのケースを表 1－1 に示す。解析モデルのケースは，床の柔性，地盤のモデル化を変動要因とする以下の 3 ケースとした。

表 1－1　解析モデルのケース

モデルケース	床のモデル化	地盤のモデル化	コンクリート 剛性の設定
建屋模擬モデル	床柔	相互作用考慮	設計基準強度
比較用モデル	床柔	底面鉛直方向固定	設計基準強度
質点系対応モデル	床剛	相互作用考慮	設計基準強度

建屋模擬モデルは，床の柔性を考慮し，地盤のモデル化に相互作用を考慮することで，建屋の実状を模擬したモデルとしている。

比較用モデルは建屋模擬モデルにおける地盤のモデル化「相互作用考慮」を「底面鉛直方向固定」に変更している。

質点系対応モデルは建屋模擬モデルにおける「床柔」を「床剛」に変更することにより。「床剛，相互作用考慮」の組合せとなり，質点系モデルに対応したモデルとなっている。

これら 3 ケースについて，固有値解析及び地震応答解析を実施し，その結果を比較することにより，全体的な 3 次元的応答特性，ロッキング振動の影響，ねじれの影響及び床の剛性の影響について検討を実施する。

3 次元ＦＥＭモデルによる耐震性評価フローを図 1－3 に示す。

解析には解析コード「MSC NASTRAN ver.2016.1」を用いる。

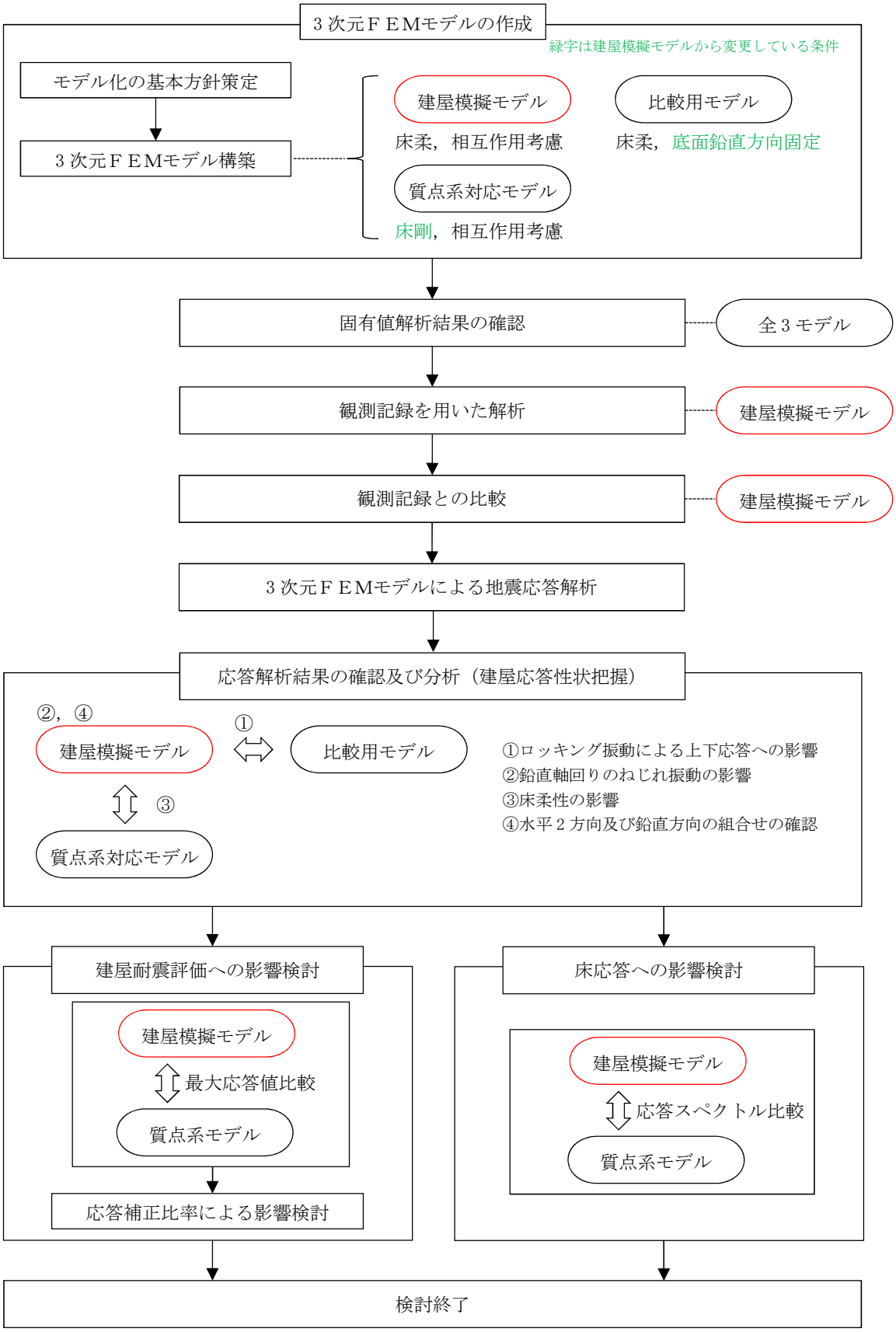


図 1－3　3 次元ＦＥＭモデルによる耐震性評価フロー

2.　3 次元ＦＥＭモデルの構築

2.1　原子炉建屋の 3 次元ＦＥＭモデル

2.1.1　モデル化の基本方針

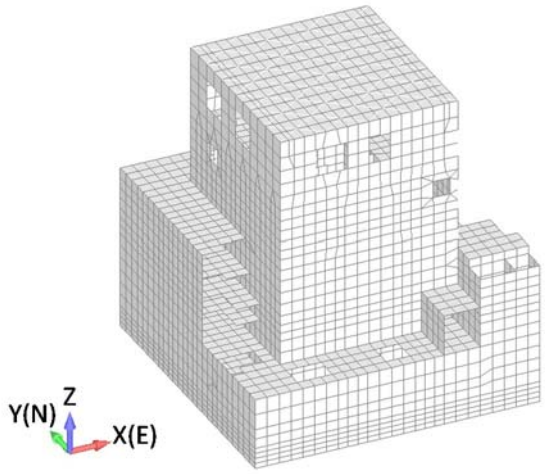
原子炉建屋の 3 次元ＦＥＭモデルを構築する。解析モデルを図 2－1 に示す。

モデル化の範囲は，原子炉棟，付属棟及び基礎とする。

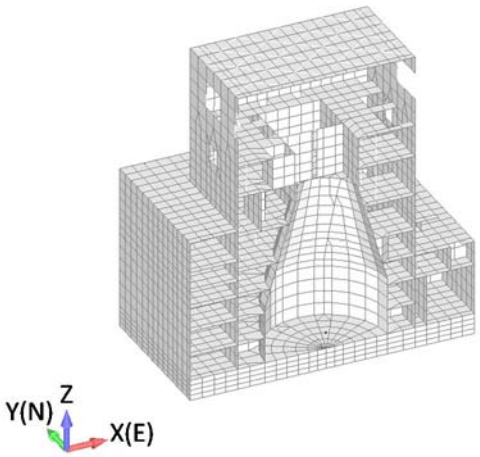
耐震壁，補助壁及び床スラブはシェル要素(約 7500 要素)，柱及び梁はバー要素(約 50 要素)，基礎はソリッド要素(約 2800 要素)とする。

要素の大きさは，各床スラブレベルと対応する位置に節点を設け，高さ方向及び水平方向に 2～3 ｍ程度とする。

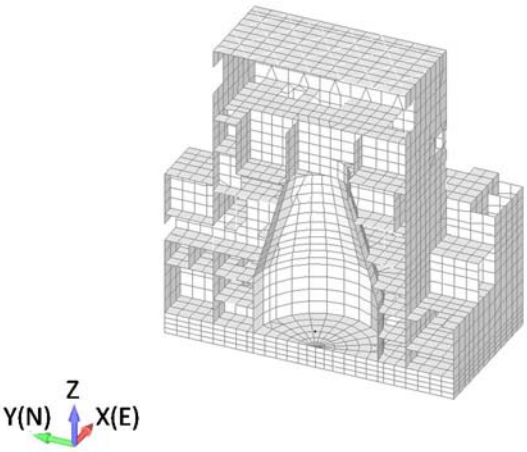
使用材料及び地盤の物性値をそれぞれ表 2－1 及び表 2－2 に，地盤のひずみ依存性を図 2－2～図 2－5 に示す。コンクリート強度は，設計基準強度を用いるものとする。



(a)　建屋全景



(b)　EW 断面図



(c)　NS 断面図

図 2－1　解析モデル

表 2－1　使用材料の物性値

部位	ヤング係数 (N/mm^2)	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート部	2.21×10^4	5
鉄骨部	2.05×10^5	2

表 2－2　地盤の物性値

(a)　地盤物性

標高 EL. m	地層 区分	層厚 m	密度 ρ t/m^3	S波速度 Vs m/s	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν
8.0	du*	5.0	1.82	210	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	240	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	240	0.491
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	500	0.462
-14.4	Km	5.6	1.72	446	0.461
-20.0		20.0	1.72	456	0.460
-40.0		20.0	1.73	472	0.458
-60.0		30.0	1.73	491	0.455
-90.0		30.0	1.73	514	0.452
-120.0		30.0	1.73	537	0.449
-150.0		40.0	1.74	564	0.445
-190.0		40.0	1.74	595	0.441
-230.0		40.0	1.75	626	0.437
-270.0		50.0	1.75	660	0.433
-320.0		50.0	1.76	699	0.427
-370.0	解放基盤	—	1.76	718	0.425

＊：地下水位より浅いことを示す。

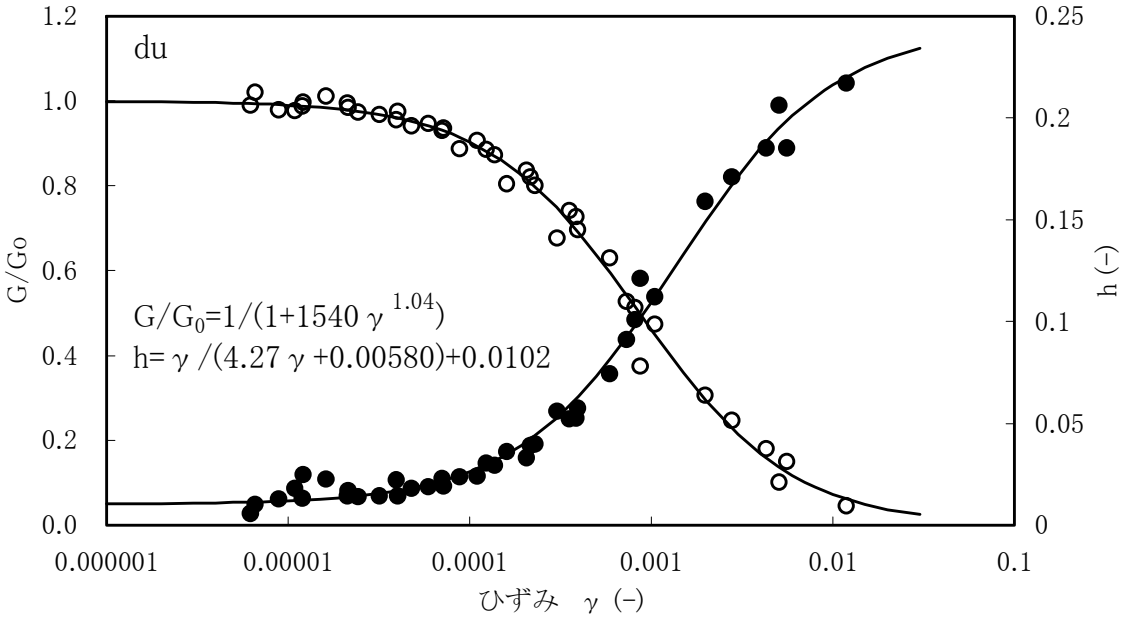


図 2－2　動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性（du 層）

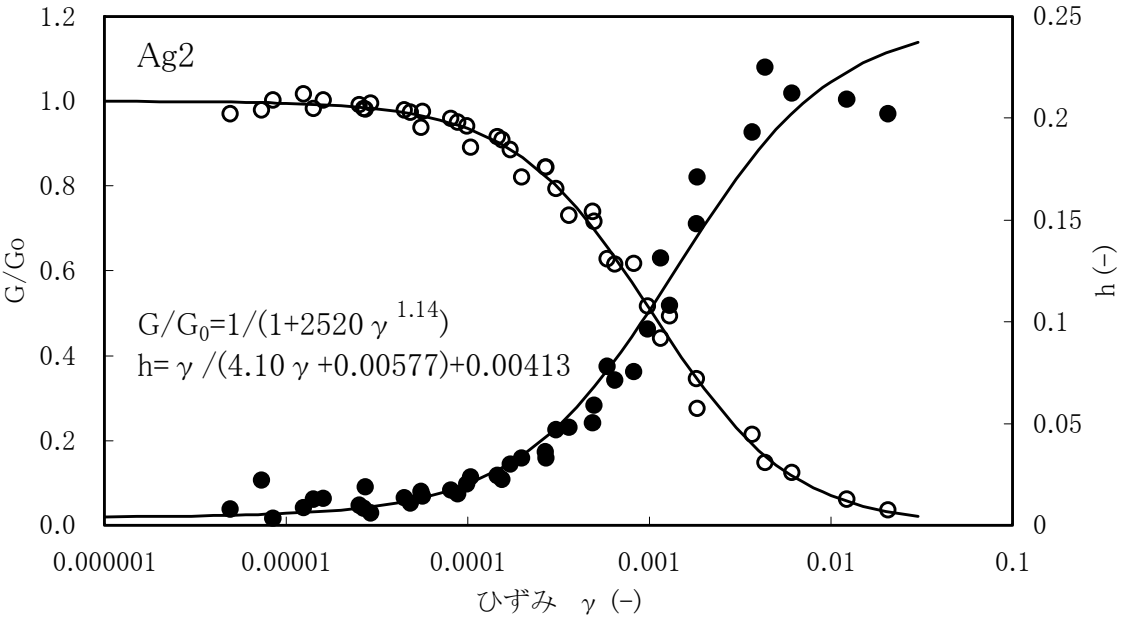


図 2－3　動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性（Ag2 層）

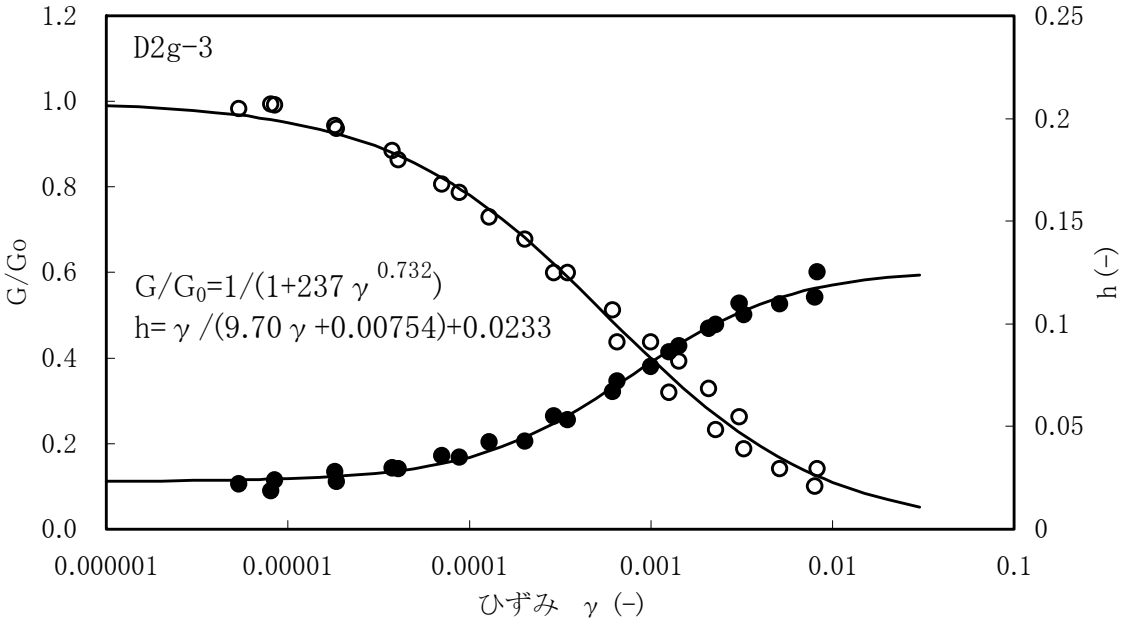


図 2－4　動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性（D2g-3 層）

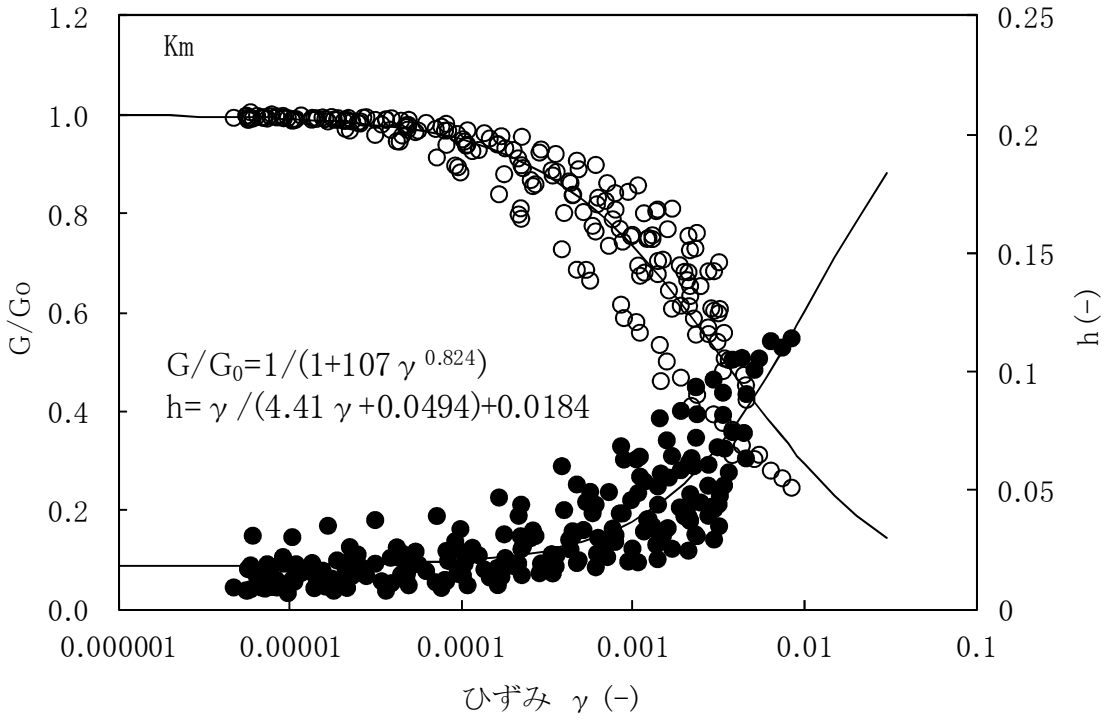


図 2－5　動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性（Km 層）

2.1.2　荷重

固定荷重，積載荷重，積雪荷重及び機器・配管荷重を考慮する。各部について，質点系モデルの質量と整合するよう質量を調整する。

このうち，炉内構造物については，質点系モデルで質量として考慮しており，建屋の3次元ＦＥＭモデルについても質量として考慮する。

2.1.3　建屋－地盤の相互作用

建屋－地盤の相互作用は，添付資料Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」における質点系モデルのＳ$_{d}$-Ｄ１での基礎底面地盤ばね及び側面地盤ばねと整合するよう，地盤をばね要素でモデル化することで考慮する。

基礎底面地盤ばねについては，質点系モデルで考慮したスウェイ，ロッキング及び鉛直ばねの値を元に，3 次元ＦＥＭモデルの基礎底面の各節点位置に要素面積に応じて離散化する。ただし，鉛直ばねのうち，水平方向加振用は，基礎底面ロッキングばねを元にNS 方向とEW 方向の平均値として設定する。

基礎側面の地盤ばねについては，質点系モデルで考慮している側面水平ばねの値を元に，各質点レベルに対応する各節点位置に要素面積に応じて離散化する。

なお，用いるばね値は，質点系モデルにおけるＳ$_{d}$－Ｄ１に対する値とする。

各地盤ばね諸元については表 2－3～表 2－5 に，底面地盤ばねと側面地盤ばね設置図について図2－6 に示す。

表 2－3　底面地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

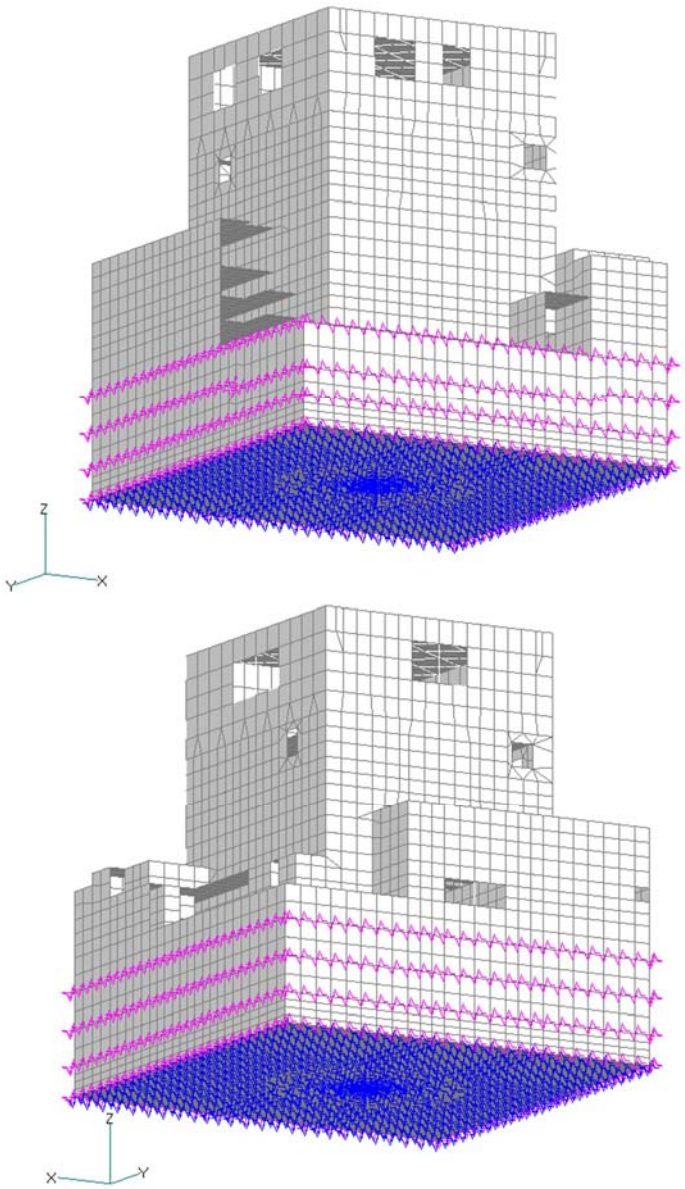
地盤ばね	NS 方向		EW 方向	
	ばね定数	減衰係数	ばね定数	減衰係数
水平底面ばね	6.95×10^{7} kN/m	3.58×10^{6} kN･s/m	6.95×10^{7} kN/m	3.59×10^{6} kN･s/m

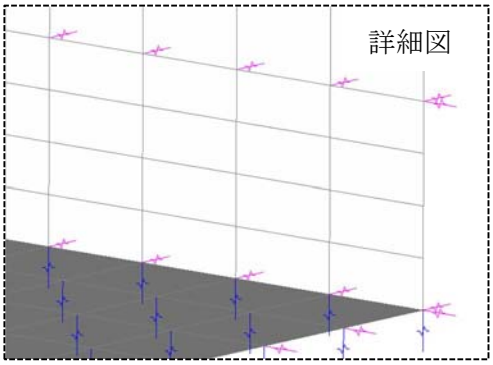
表 2－4　底面地盤ばね定数と減衰係数（上下方向）

地盤ばね		UD 方向	
		ばね定数	減衰係数
上下底面ばね	水平方向加振時	2.56×10^{8} kN/m	4.20×10^{6} kN･s/m
	鉛直方向加振時	1.16×10^{8} kN/m	8.50×10^{6} kN･s/m

表 2－5　側面地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

地盤ばね	EL. (m)	NS 方向		EW 方向	
		ばね定数	減衰係数	ばね定数	減衰係数
水平側面ばね	8.0	6.67×10^{5} kN/m	3.01×10^{5} kN･s/m	6.67×10^{5} kN/m	3.03×10^{5} kN･s/m
	2.0	1.76×10^{6} kN/m	6.71×10^{5} kN･s/m	1.76×10^{6} kN/m	6.67×10^{5} kN･s/m
	-4.0	8.58×10^{6} kN/m	9.76×10^{5} kN･s/m	8.58×10^{6} kN/m	9.76×10^{5} kN･s/m
	-9.0	2.18×10^{7} kN/m	9.56×10^{5} kN･s/m	2.18×10^{7} kN/m	9.56×10^{5} kN･s/m





青　　：底面地盤ばね
ピンク　：側面地盤ばね
※底面地盤ばねは 3 方向軸ばねとする。
※側面地盤ばねは法線方向軸ばねとする。

図 2－6　地盤ばねの設置図

2.2　固有値解析

建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮），比較用モデル（床柔，底面鉛直方向固定），質点系対応モデル（床剛，相互作用考慮）の 3 つの解析モデルケースについて，固有値解析を実施した。

各モデルの建屋－地盤連成の 1 次モードにおける固有振動数を表 2－6 に示す。モード図を表 2－7 に示す。なお，質点系モデルの固有値解析結果は，S_d－Ｄ１に対する結果とする。

建屋模擬モデルと比較用モデルとでは，モデル設定において，鉛直方向の建屋－地盤相互作用の考慮の有無に差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると，建屋－地盤相互作用を考慮した建屋模擬モデルの方が，比較用モデルよりも固有振動数が小さくなる傾向である。

建屋模擬モデルと質点系対応モデルとでは，モデル設定において，床を柔とするか剛とするかに差異がある。両モデルの固有値解析結果を比較すると，床を剛とした質点系対応モデルの方が建屋模擬モデルよりも固有振動数が大きくなる傾向である。

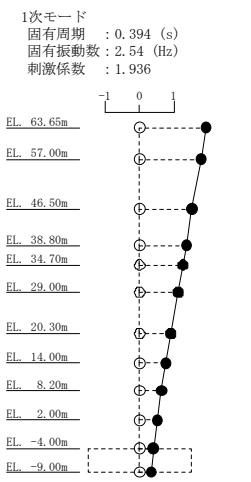
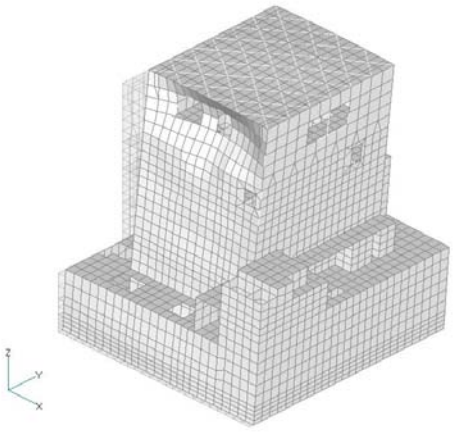
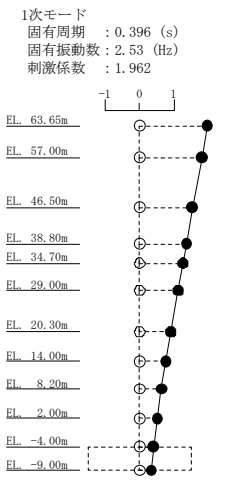
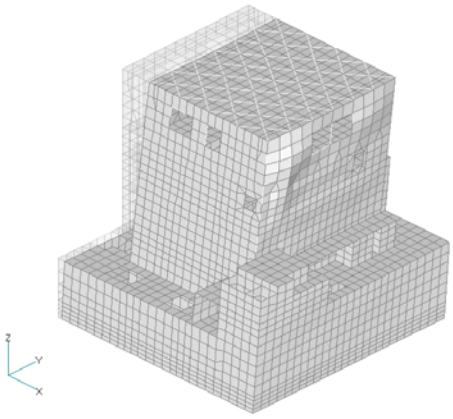
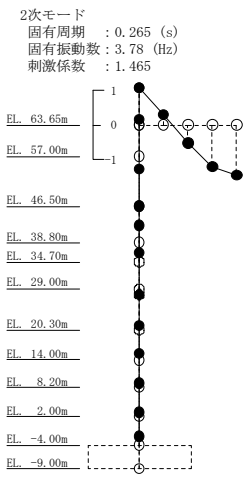
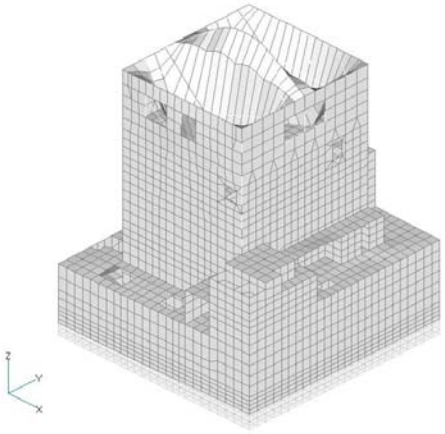
質点系対応モデルと質点系モデルとでは，補助壁のモデル化に差異がある。質点系対応モデルでは，補助壁をモデル化しているが，質点系モデルではモデル化していない。両モデルの固有値解析結果を比較すると，補助壁をモデル化した質点系対応モデルで剛性が質点系モデルより大きくなり，固有振動数も大きくなる傾向が見られる。

上記のモデル設定の差と固有値解析結果で得られた固有振動数の関係については，工学的に類推される結果と対応しており，各モデルの設定は妥当なものと考えられる。

表 2－6　固有値解析結果

方向	振動数（Hz）			
	建屋模擬 モデル	比較用 モデル	質点系対応 モデル	質点系 モデル
NS	2.45	3.08	2.63	2.54
EW	2.38	2.95	2.60	2.53
UD	3.72	9.04	3.81	3.78

表 2－7　質点系モデル及び 3 次元ＦＥＭモデルのモード比較

方向	質点系	建屋模擬モデル
NS	 2.54 Hz	 2.45 Hz
EW	 2.53 Hz	 2.38 Hz
UD	 3.78 Hz	 3.72 Hz

2.3　観測記録を用いた検討

2.3.1　観測記録を用いた検討の概要

2011 年東北地方太平洋沖地震に対して，3 次元ＦＥＭモデルを用いて解析を実施する。解析には前述の建屋模擬モデルを用いる。観測記録を用いた検討に用いる使用材料の物性値及び地盤ばねの物性値を表 2－8～表 2－11 に示す。

解析に用いる地震の諸元を図 2－8 に，地震計位置を図 2－9 に示す。また，観測記録を元に作成された，解放基盤表面レベル（EL.-370 m）で定義される解放基盤波を図 2－10 に示す。

観測記録を用いた解析は，はじめに，3 次元ＦＥＭモデルに地盤ばねを介してホワイトノイズを入力し，周波数応答解析により，基礎底面レベル（EL.-9.0m）に対する各節点の伝達関数を算定する。次に，一次元波動論に基づき，解放基盤波を用いて算出した基礎底面レベルでの地盤の応答波と周波数応答解析より得られた伝達関数を用いて各節点での応答を評価する。また，3 方向同時入力による応答は，水平 2 方向及び鉛直方向の 1 方向入力による地震応答解析で算出された各成分の応答を，時刻歴で足し合わせることにより算出する。応答の算出方法の概要を図 2－7 に示す。

検討は，地震計を設置している EL.46.5m，EL.29.0m，EL.14.0m 及び EL.-4.0m の位置での応答解析結果と観測記録とを比較することにより行う。なお，観測記録を用いた解析は，鉄筋コンクリート部の減衰定数を 5%，鉄骨部の減衰定数を 2%として行う。

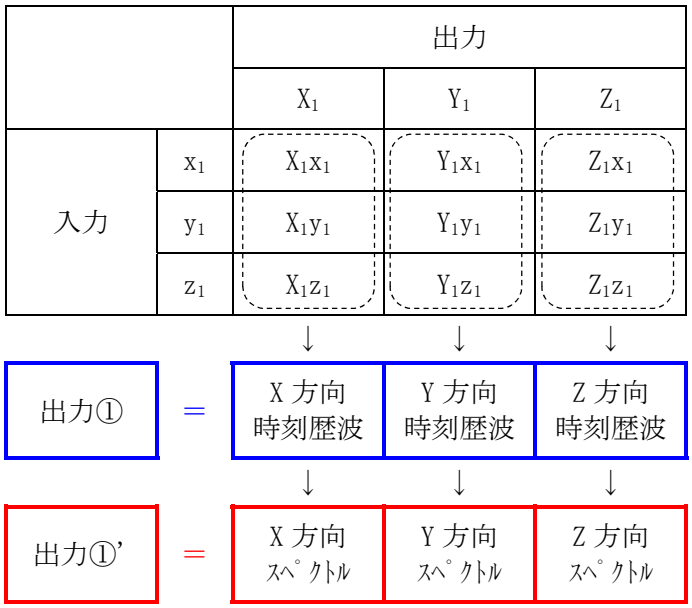


図 2－7　3 方向同時入力による応答の算出方法

表 2－8　使用材料の物性値

部位	ヤング係数 (N/mm^2)	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート部	2.21×10^4	5
鉄骨部	2.05×10^5	2

表 2－9　底面地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

地盤ばね	NS 方向		EW 方向	
	ばね定数	減衰係数	ばね定数	減衰係数
水平底面ばね	6.95×10^7 kN/m	3.58×10^6 kN･s/m	6.95×10^7 kN/m	3.59×10^6 kN･s/m

表 2－10　底面地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

地盤ばね		UD 方向	
		ばね定数	減衰係数
上下底面ばね	水平方向加振時	2.55×10^8 kN/m	4.18×10^6 kN･s/m
	鉛直方向加振時	1.16×10^8 kN/m	8.49×10^6 kN･s/m

表 2－11　側面地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

地盤ばね	EL. (m)	NS 方向		EW 方向	
		ばね定数	減衰係数	ばね定数	減衰係数
水平側面ばね	8.0	6.28×10^5 kN/m	2.74×10^5 kN･s/m	6.28×10^5 kN/m	2.74×10^5 kN･s/m
	2.0	1.59×10^6 kN/m	5.98×10^5 kN･s/m	1.59×10^6 kN/m	6.03×10^5 kN･s/m
	-4.0	8.27×10^6 kN/m	9.58×10^5 kN･s/m	8.27×10^6 kN/m	9.56×10^5 kN･s/m
	-9.0	2.14×10^7 kN/m	9.49×10^5 kN･s/m	2.14×10^7 kN/m	9.48×10^5 kN･s/m

地震名	2011 年東北地方太平洋沖地震
発生日時	2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃(注)
マグニチュード	9.0(注)
震源深さ	24km(注)
震央距離	270
震源距離	271

(注)気象庁発表値

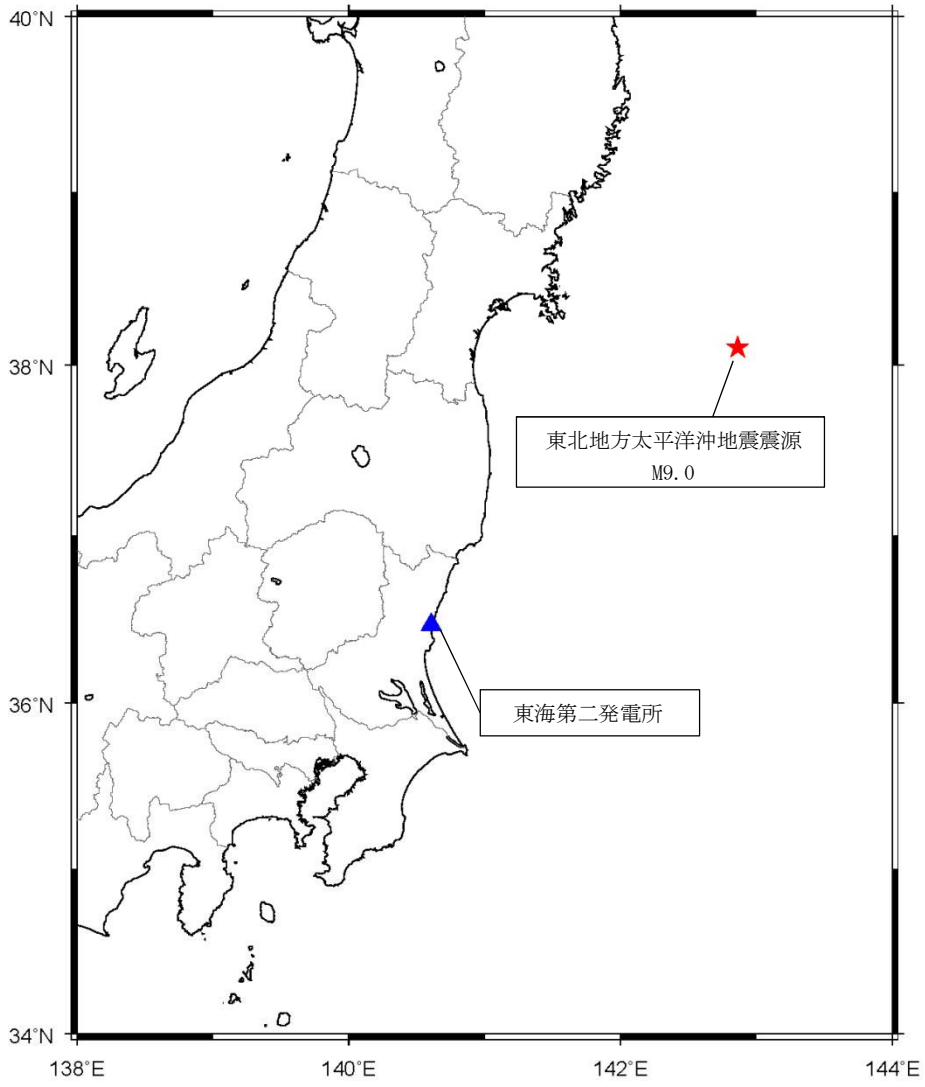


図 2－8　東北地方太平洋沖地震の震央位置

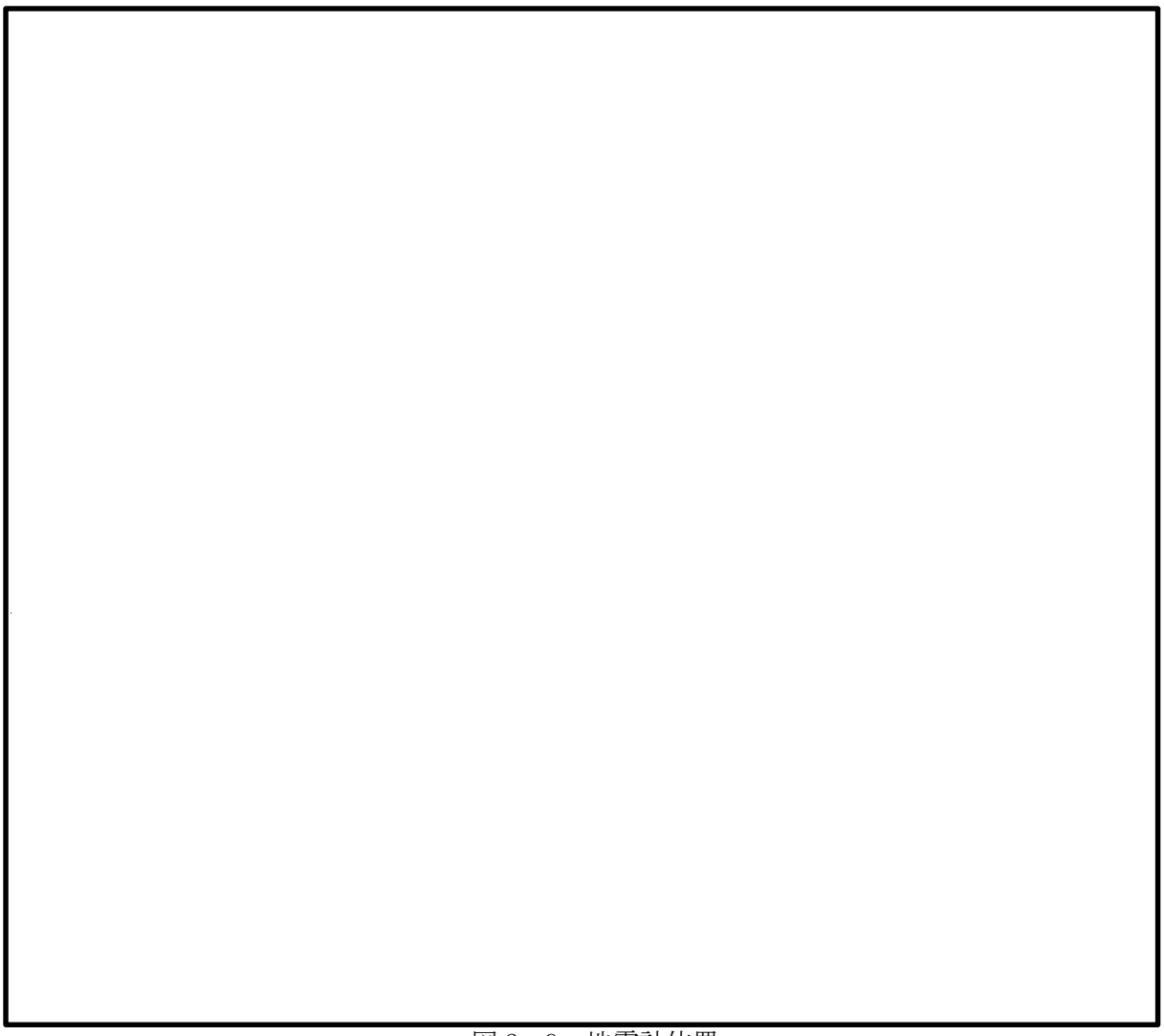
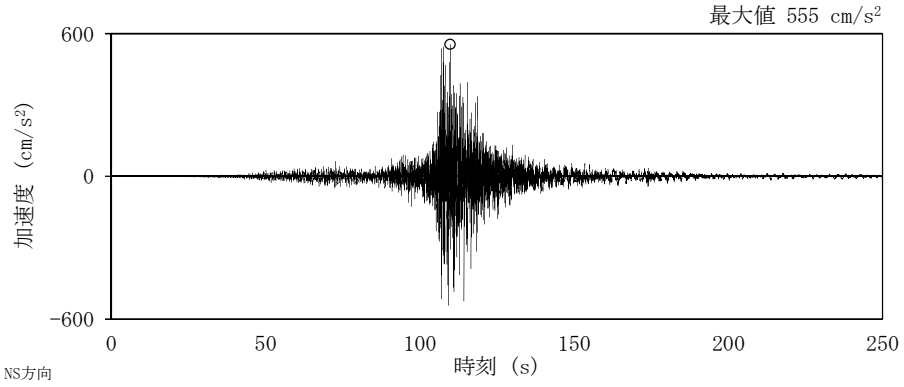
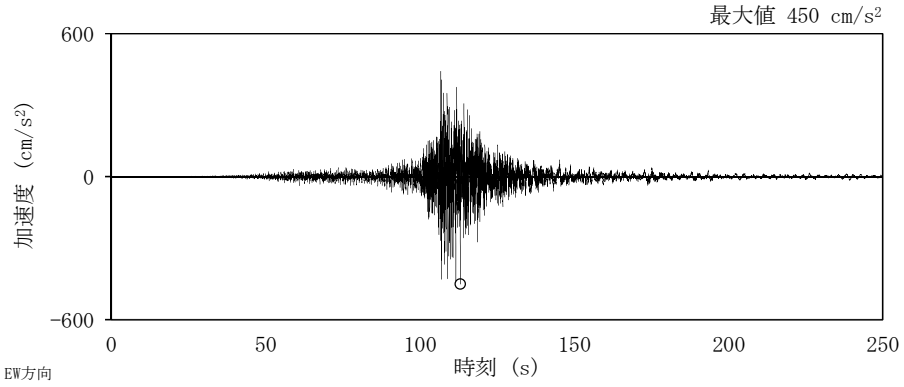


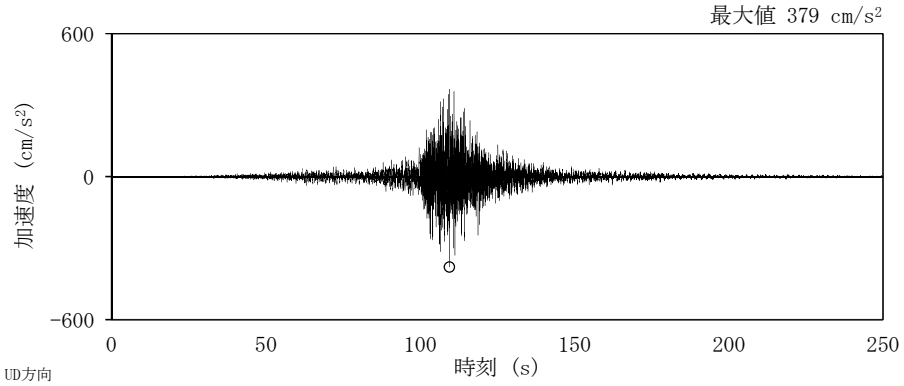
図 2－9　地震計位置



NS



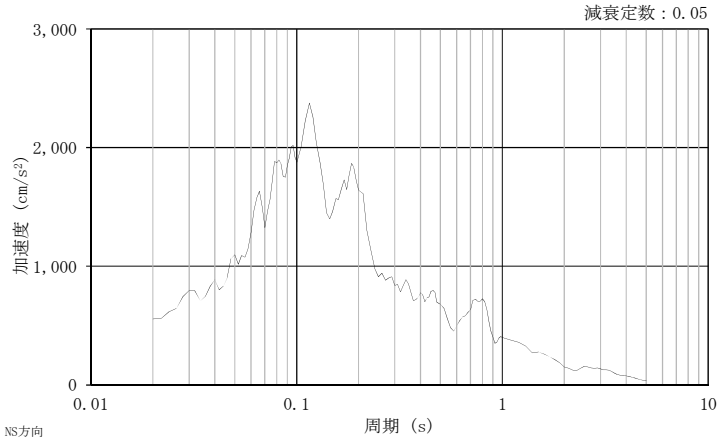
EW



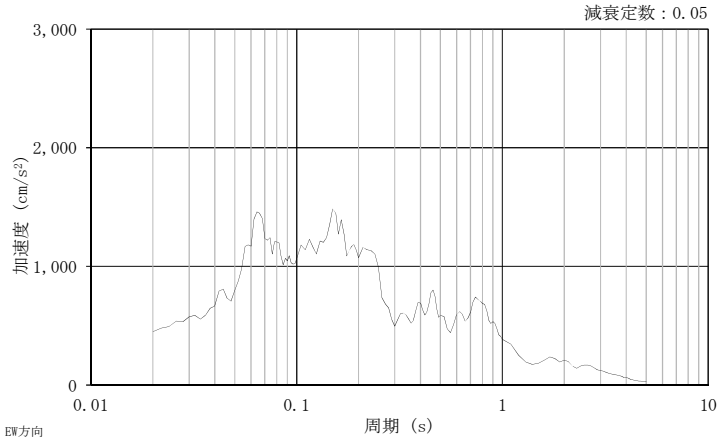
UD

(a)　加速度波形

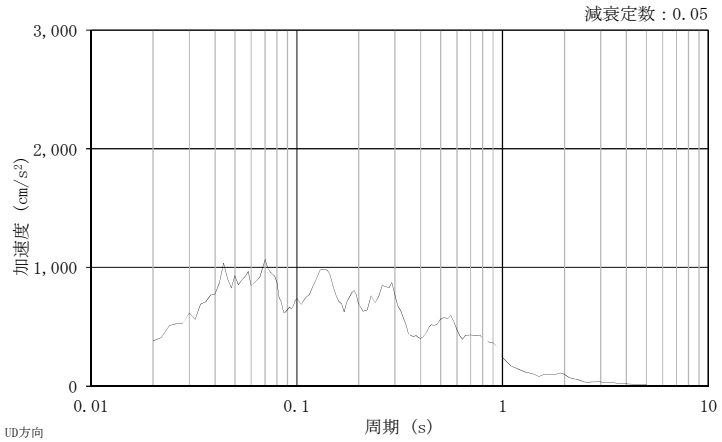
図 2－10（1／2）　解放基盤表面レベル（EL.-370 m）での解放基盤波



NS



EW



UD

(b)　加速度応答スペクトル

図 2－10（2／2）　解放基盤表面レベル（EL.-370 m）での解放基盤波

2.3.2　観測記録による解析結果

2011 年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波を用いて 3 次元ＦＥＭモデル（建屋模擬モデル）による解析を実施する。

EL.46.5m，EL.29.0m，EL.14.0m 及び EL.-4.0m の地震計位置での観測記録及び解析結果の加速度応答スペクトルの比較を表 2－12 に示す。なお，観測記録と比較するための解析結果は 3 方向同時入力による結果とし，地震計位置近傍の節点のものを用いる。また，添付資料Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」で用いた質点系モデルによるシミュレーション解析結果も併せて示す。

2.3.3　観測記録と解析結果の比較及び考察

観測記録，質点系モデルによるシミュレーション解析結果，3 次元ＦＥＭモデルによる解析結果を比較すると，NS 方向については，やや 3 次元ＦＥＭモデルによる解析結果が他に比べ大きめとなる傾向にあるが，質点系モデルによるシミュレーション解析結果及び 3 次元ＦＥＭモデルによる解析結果は観測記録のスペクトル形状と概ね対応している。

EW 方向について，3 次元ＦＥＭモデルによる解析結果は 0.4 秒～0.5 秒付近におけるピークを大きく評価しているが，その他の周期帯においては比較的よく整合している。EL.46.5m では，0.1 秒付近より短周期側の周期帯において，質点系モデルによるシミュレーション解析結果に比べ観測記録が大きくなっている。3 次元ＦＥＭモデルの解析結果については，若干小さめではあるものの応答スペクトルの傾向は再現できている。

鉛直方向について，全体的に 3 次元ＦＥＭモデルによる解析結果が大きくなる傾向にはあるが，両モデルでの解析結果は観測記録のスペクトル形状と概ね対応している。

EW 方向において，解析結果と観測記録とで差異が生じる要因としては，以下が考えられる。

①0.4～0.5 秒付近の周期帯において大きなピークが生じる要因

・0.4～0.5 秒付近の周期帯は，建屋－地盤連成系における 1 次固有周期付近の周期帯である。原子炉建屋の地震応答解析モデルは，補足説明資料「地震応答解析における既工認との比較」の別紙「原子炉建屋の地震応答解析モデルについて」で示すように，①人工岩盤を解析モデルに反映していないことにより，短周期成分を中心にやや大きくなっていること，②側面の地盤回転ばねを無視していることの影響は軽微であることを確認しており，③その他の要因としては，ばらつきをもつ不均質な地盤を平均的な成層モデルに仮定していることが差異の生じる要因と考えられる。

②0.1 秒付近より短周期側の周期帯で観測記録が大きくなる要因

・3 次元ＦＥＭモデルにおける水平及び鉛直の各方向の入力による EL.46.5 m での EW 方向成分の床応答スペクトルを表 2－13 に示す。NS 方向入力による EW 方向成分の応答はいずれの位置でも比較的小さく，位置による差はほとんどない。また，EW 方向入力による EW 方向成分の応答についても，位置によって大きな差はなく，質点系

モデルによる結果ともよく整合している。しかし，UD 方向入力による EW 方向成分の応答は，応答評価点①及び②では比較的小さいが，応答評価点③～⑤においては 0.1 秒付近で大きな応答が生じている。各方向の入力による EW 方向成分の応答を時刻歴で足し合わせた 3 方向入力による応答は，応答評価点①及び②では，EW 方向入力及び質点系モデルによるシミュレーション解析結果と大きな差は生じていないが，応答評価点③～⑤では，短周期側で増幅しており，観測記録に近いスペクトル形状を示している。

・観測記録において短周期側で応答の増幅が生じている EL.46.5 m の下階の EL.38.8 m における 3 次元ＦＥＭモデル及び質点系モデルによるシミュレーション解析の床応答スペクトルを表 2－14 に示す。EL.38.8 m では，位置によるスペクトル形状の差はほとんどなく，1 方向入力と 3 方向入力による結果も差はわずかであり，EL.46.5m で見られるような局所的な応答は生じていない。

・以上より，観測記録で見られる短周期側の増幅は，鉛直方向の入力により生じる EW 方向の応答によるものであり，EL.46.5 m において生じているものであると考えられる。質点系モデルによるシミュレーション解析結果においては他方向からの入力による応答を評価することができないため，観測記録と差異が生じたと考えられる。

・原子炉建屋 3 次元ＦＥＭモデルのモード図（ＥＷ方向断面図）を図 2－11 に示す。地震計位置及び西面中央付近において，鉛直方向入力による EW 方向応答の励起が生じる 0.1 秒付近に，東西のオペフロ面が外側にはらみ出すようなモード（10.06Hz）があり，EW 方向の応答が大きくなる要因の一つと考えられる

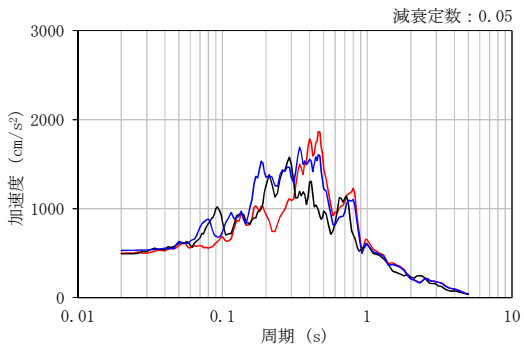
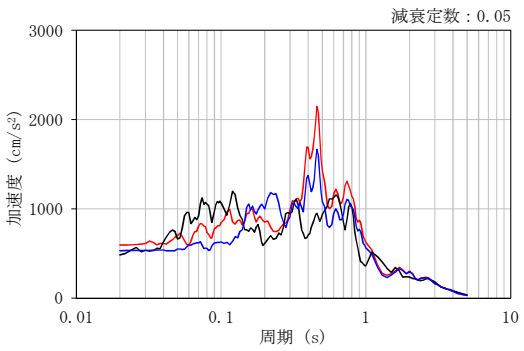
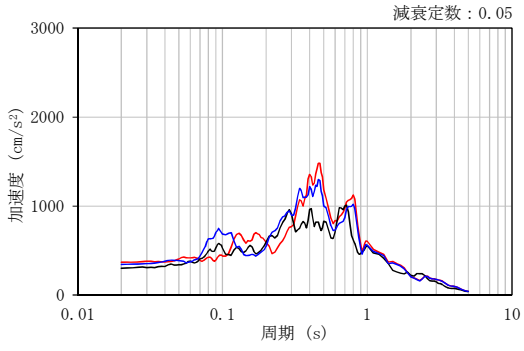
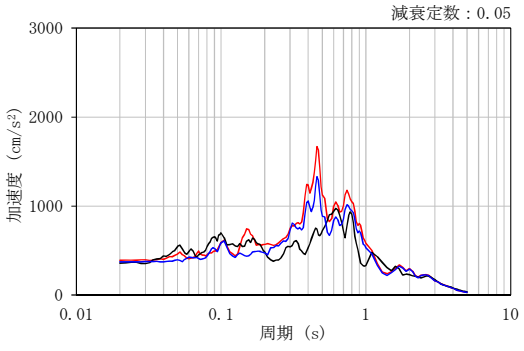
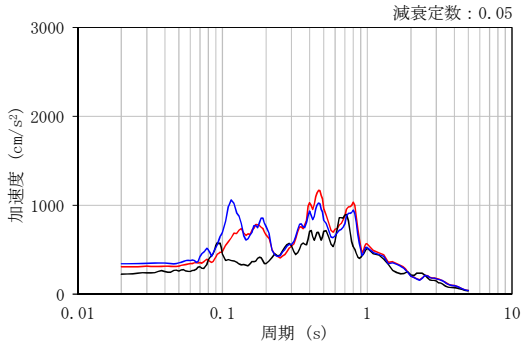
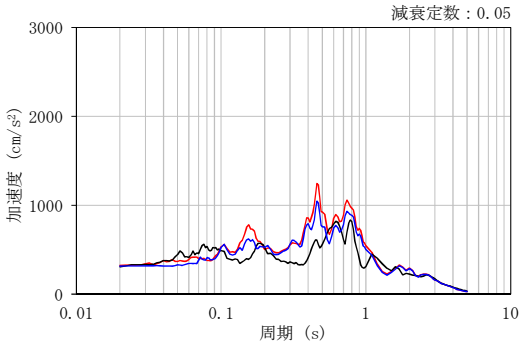
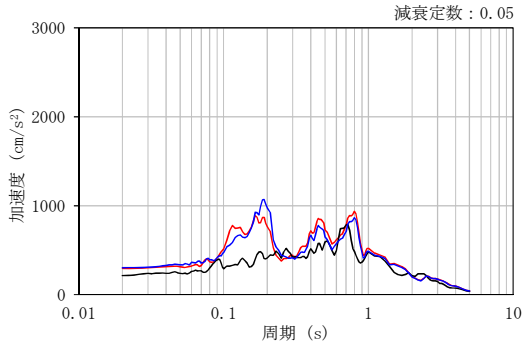
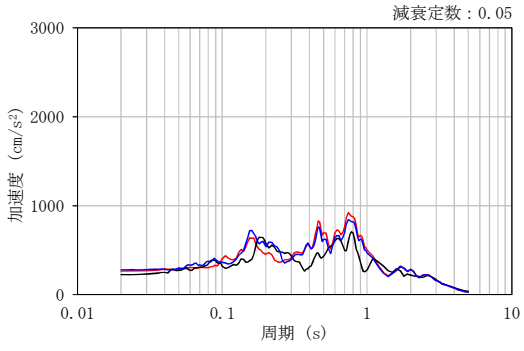
2.3.4　結論

以上から，建屋模擬モデルによる解析結果は，一部の周期帯に差異が認められるものの，観測記録と概ね対応しており，スペクトル形状を再現できている。

よって，以降の原子炉建屋の 3 次元応答性状の影響検討については，建屋模擬モデルを用いることとする。

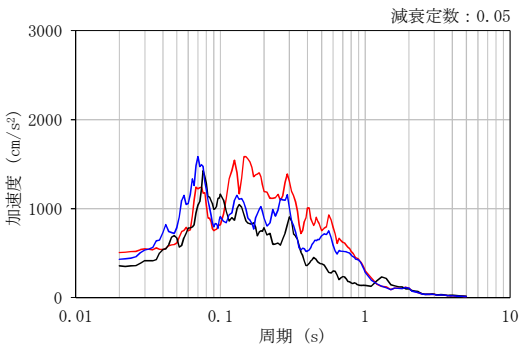
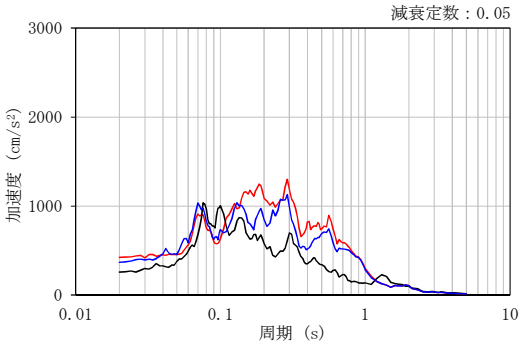
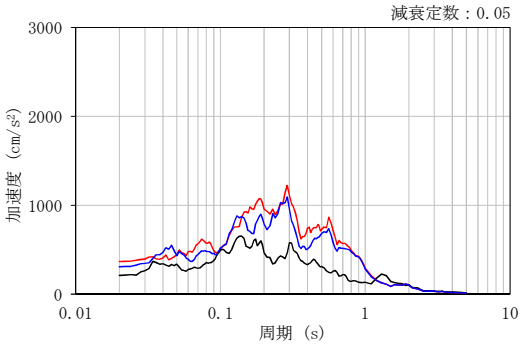
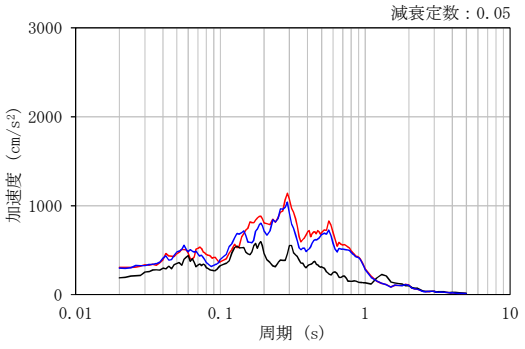
また，観測記録と質点系モデルの結果の比較で確認した局所的な応答と考えられる応答の影響については，以降で検討する。

表 2－12(1／2)　観測記録と解析結果の比較（h＝5%）

EL. (m)	NS 方向	EW 方向
46.5		
29.0		
14.0		
-4.0		

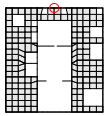
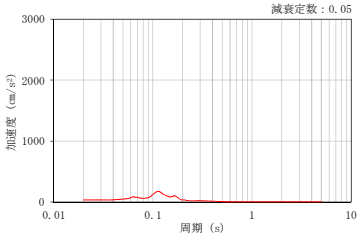
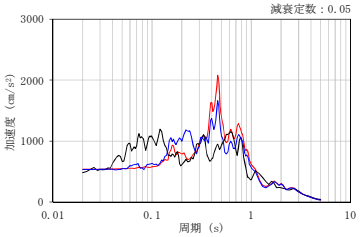
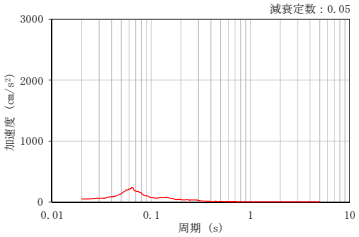
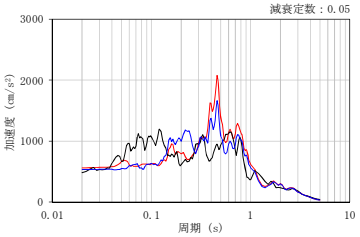
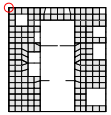
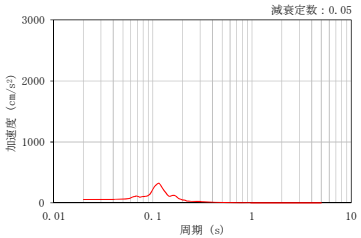
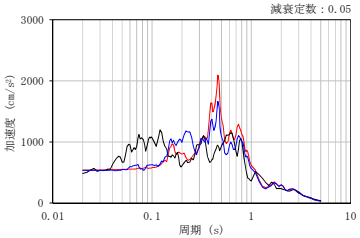
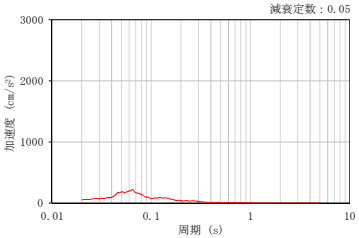
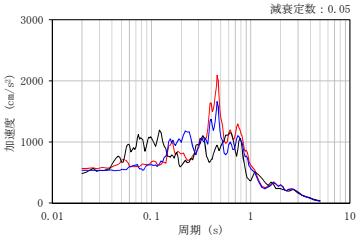
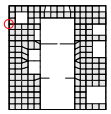
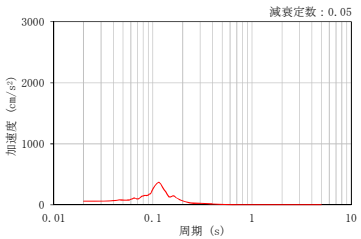
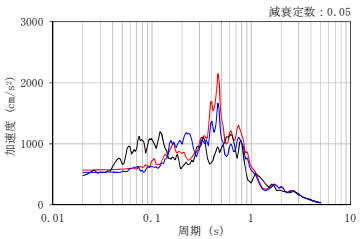
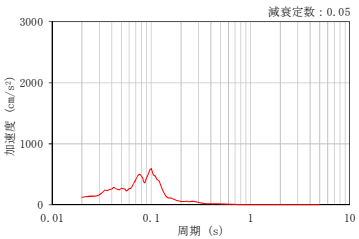
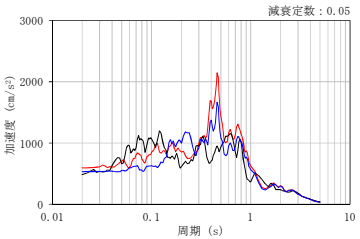
観測記録　　3 次元ＦＥＭ　　質点系

表 2－12(2／2)　観測記録と解析結果の比較（h＝5%）

EL. (m)	UD 方向
46.5	
29.0	
14.0	
-4.0	

観測記録　3 次元ＦＥＭ　質点系

表 2－13(1／2)　EW 方向の床応答スペクトル（EL.46.5 m，h＝5%）

応答評価点	NS 方向入力	EW 方向入力	鉛直方向入力	3 方向入力
①  I/W 北面中央				
②  I/W 西面北側				
③  加速度計位置				

観測記録　3 次元 FEM　質点系

表 2－13(2／2)　EW 方向の床応答スペクトル（EL.46.5 m，h＝5%）

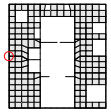
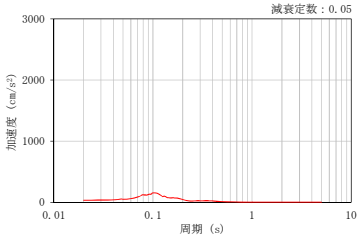
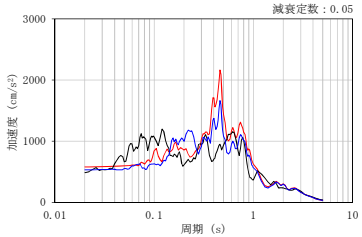
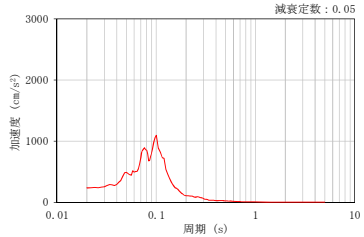
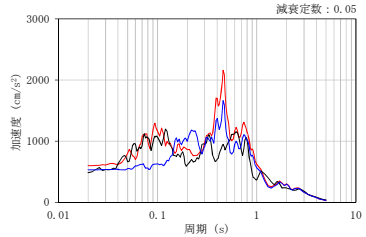
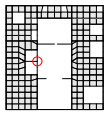
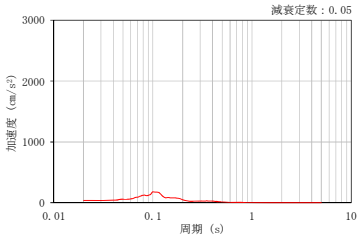
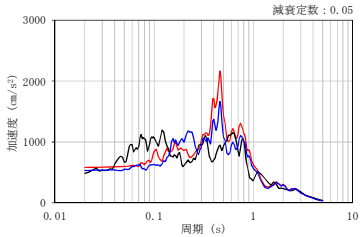
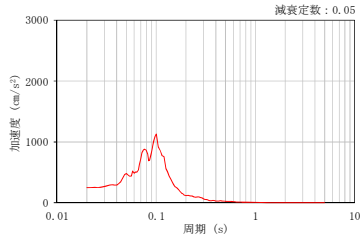
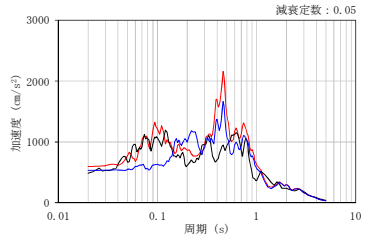
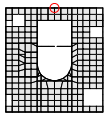
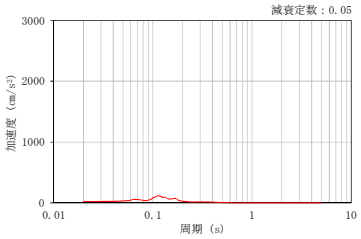
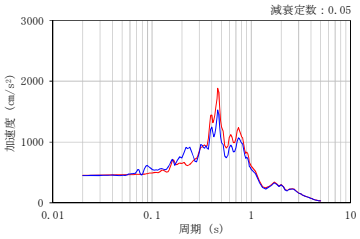
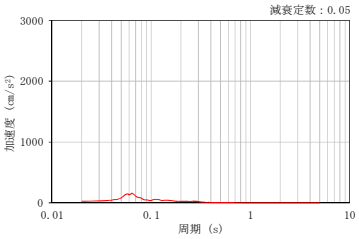
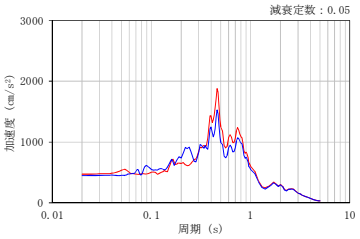
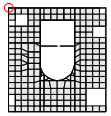
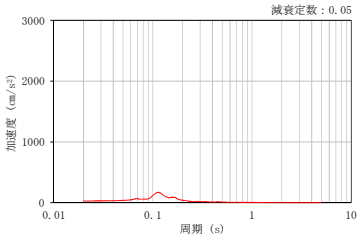
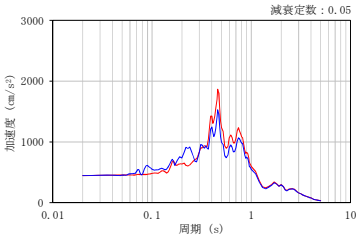
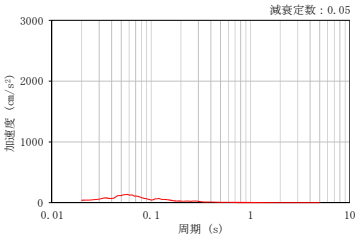
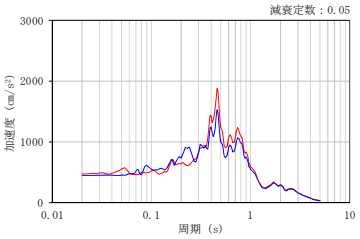
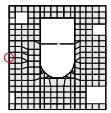
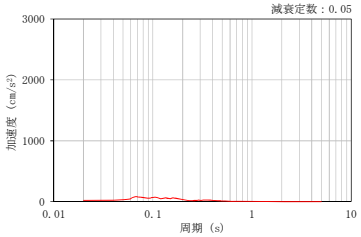
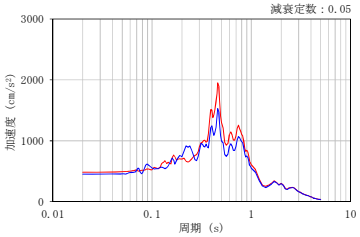
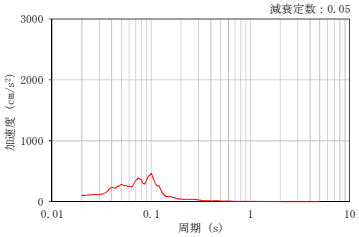
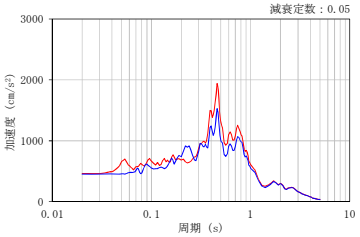
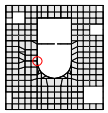
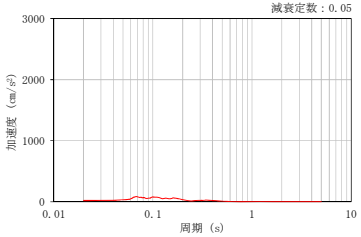
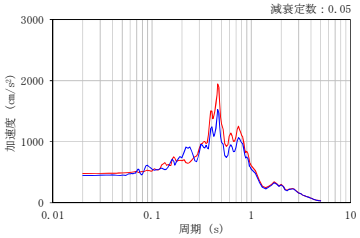
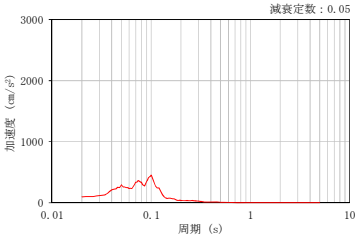
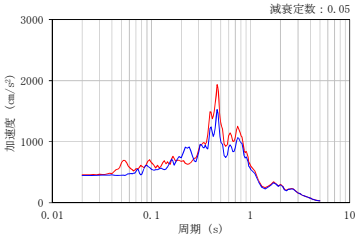
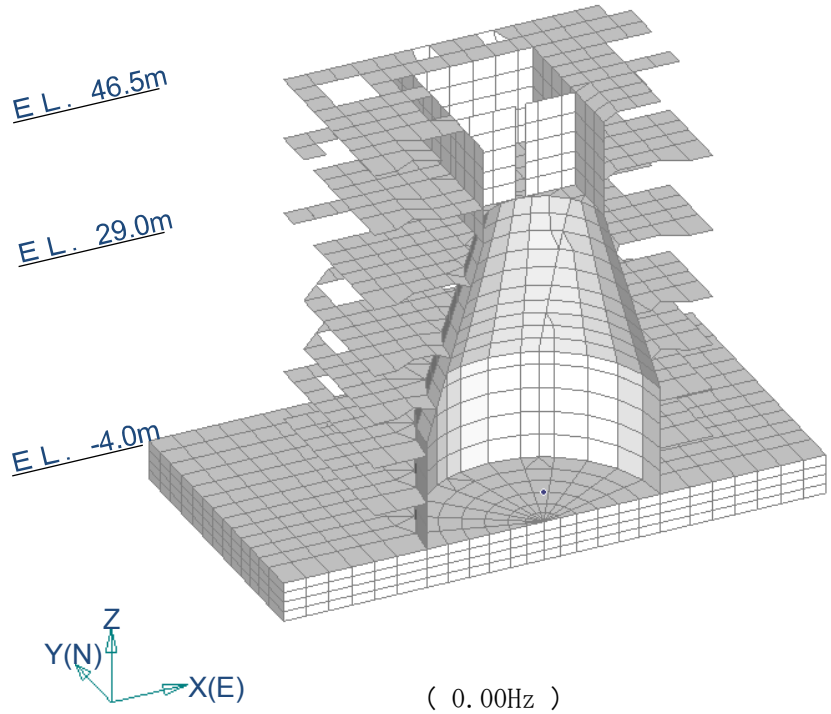
応答評価点	NS 方向入力	EW 方向入力	鉛直方向入力	3 方向入力
④  I/W 西面中央				
⑤  ｳｪﾙ西側中央				

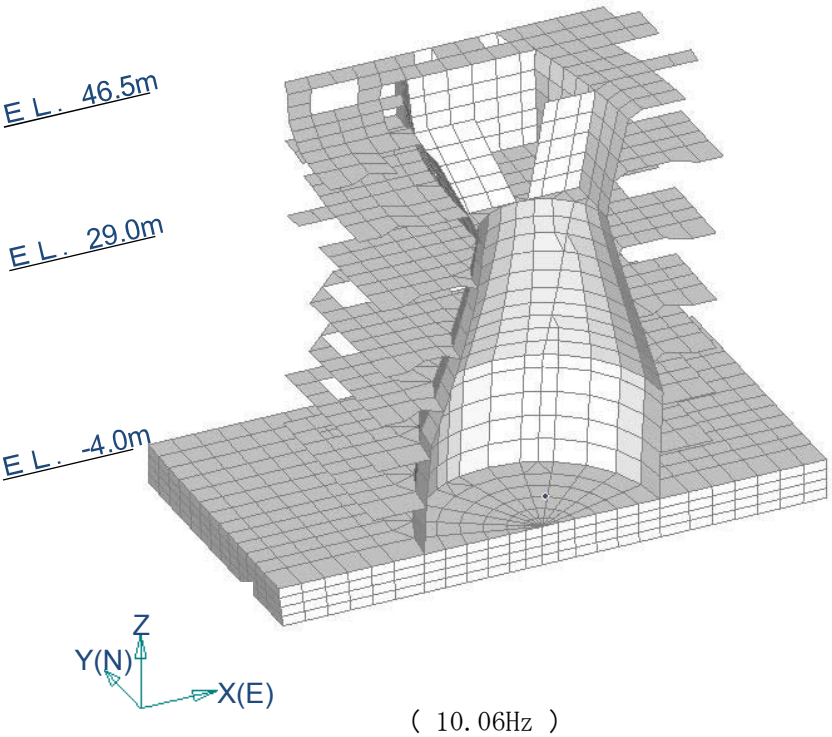
表 2－14　EW 方向の床応答スペクトル（EL.38.8 m，h＝5%）

応答評価点	NS 方向入力	EW 方向入力	鉛直方向入力	3 方向入力
⑥  I/W 北面中央				
⑦  I/W 西面北側				
⑧  I/W 西面中央				
⑨  ｳｪﾙ西側中央				

3 次元ＦＥＭ　　質点系



(0.00Hz)



(10.06Hz)

図 2－11　原子炉建屋 3 次元ＦＥＭモデルのモード図（ＥＷ方向断面図）

3 次元ＦＥＭモデルによる評価

2.4　地震応答解析の概要

原子炉建屋の 3 次元的な応答性状を把握し，それらが建屋耐震評価及び床応答へ及ぼす影響を検討するため，建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮），比較用モデル（床柔，底面鉛直方向固定）及び質点系対応モデル（床剛，相互作用考慮）の 3 つの 3 次元ＦＥＭモデルを用いて，弾性設計用地震動Ｓ$_d$に対する地震応答解析を実施する。

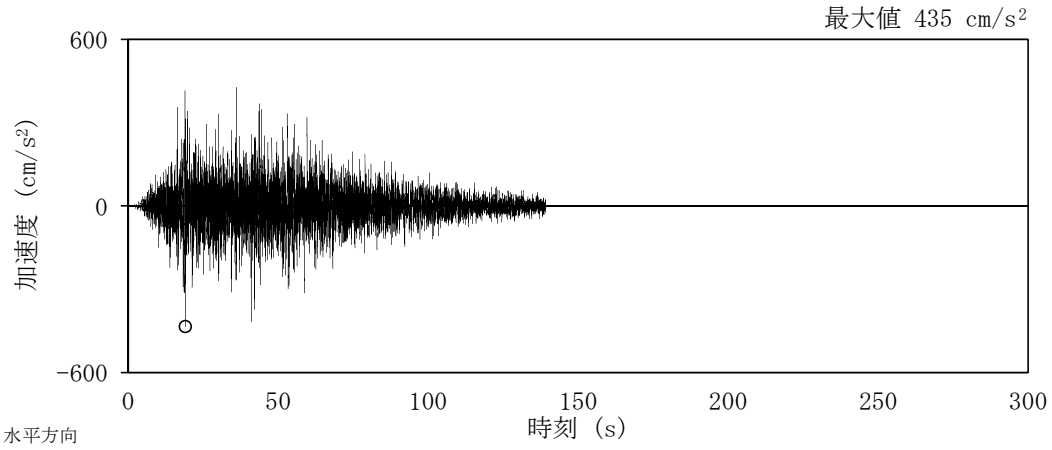
3 次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析は弾性応答解析としていることから，地震動は一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベル（EL.-370 m）で定義される弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１に対する建屋基礎底面及び側面地盤ばねレベルでの地盤の応答を，地盤ばねを介して入力し，3 次元的応答性上の把握を行う。

入力地震動Ｓ$_d$－Ｄ１を図 0－1 に示す。

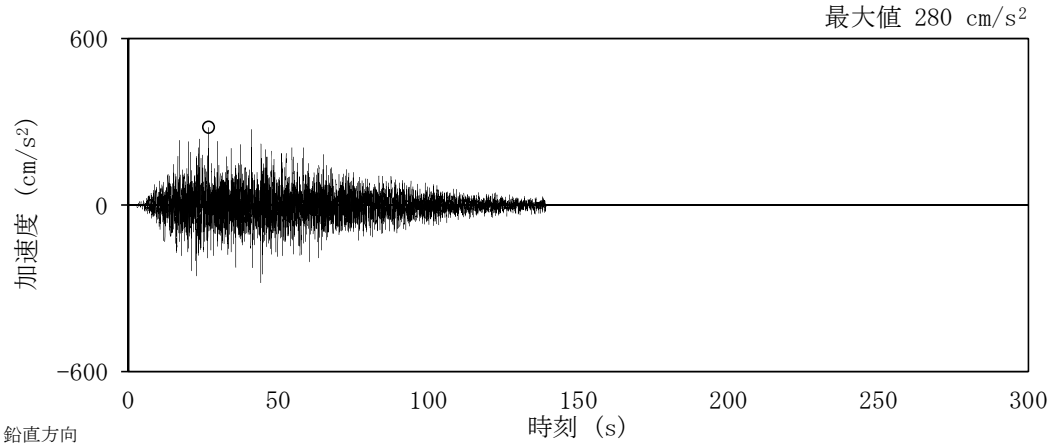
3 次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析は，NS 方向，EW 方向及び鉛直方向の各々に対して行う。また，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として，NS 方向，EW 方向及び鉛直方向の 3 方向同時入力による応答評価も併せて実施する。

3 次元ＦＥＭモデルの応答評価位置を図 0－2、3 次元ＦＥＭモデルの評価点に対応する質点系モデルの質点を図 0－3 に示す。

3 次元ＦＥＭモデルの応答評価位置は，地震計設置階に対応する床における耐震壁位置（O／W，I／W 及び S／W）の点のうち，対称性及び建屋形状を考慮した代表点を抽出した。



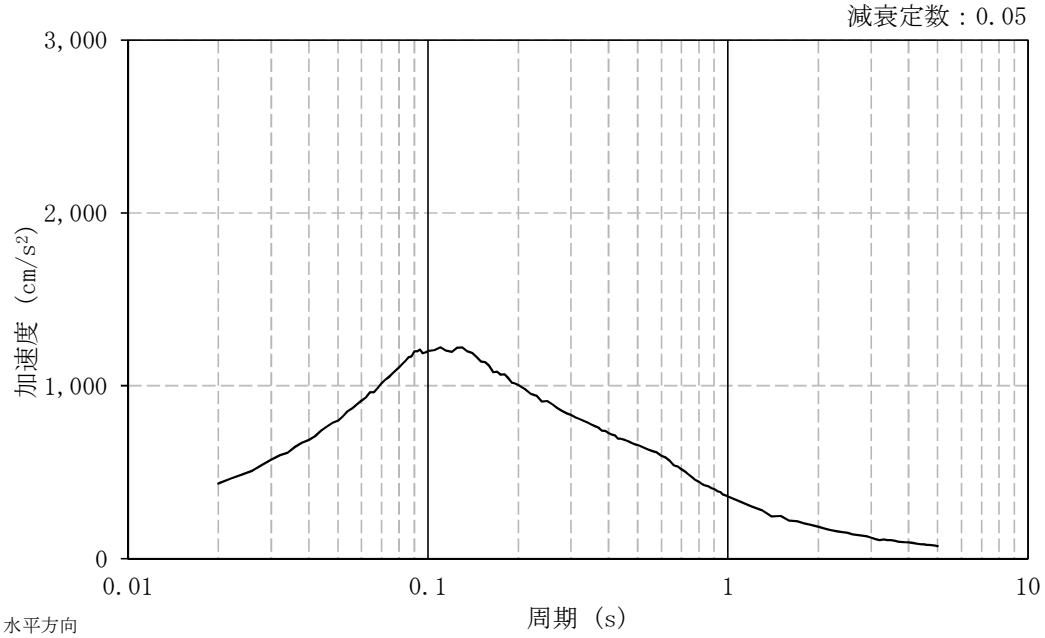
水平方向



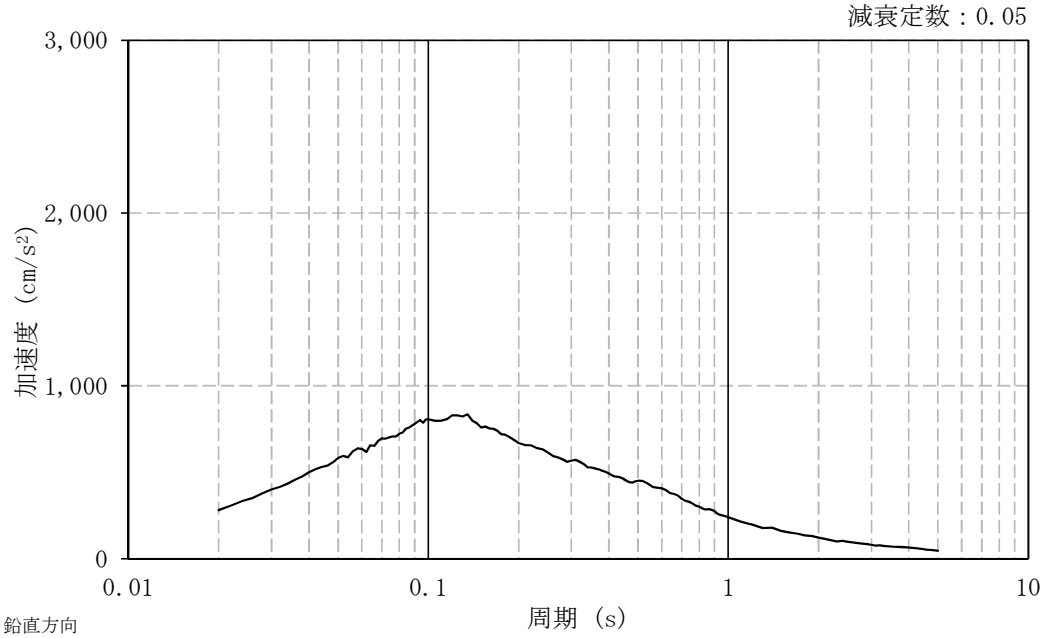
鉛直方向

(a)　加速度波形

図 0－1 (1／2)　入力地震動 (Ｓ$_{d}$－Ｄ１)



水平方向



鉛直方向

図 0－1（2／2）　入力地震動（S_d－Ｄ１）

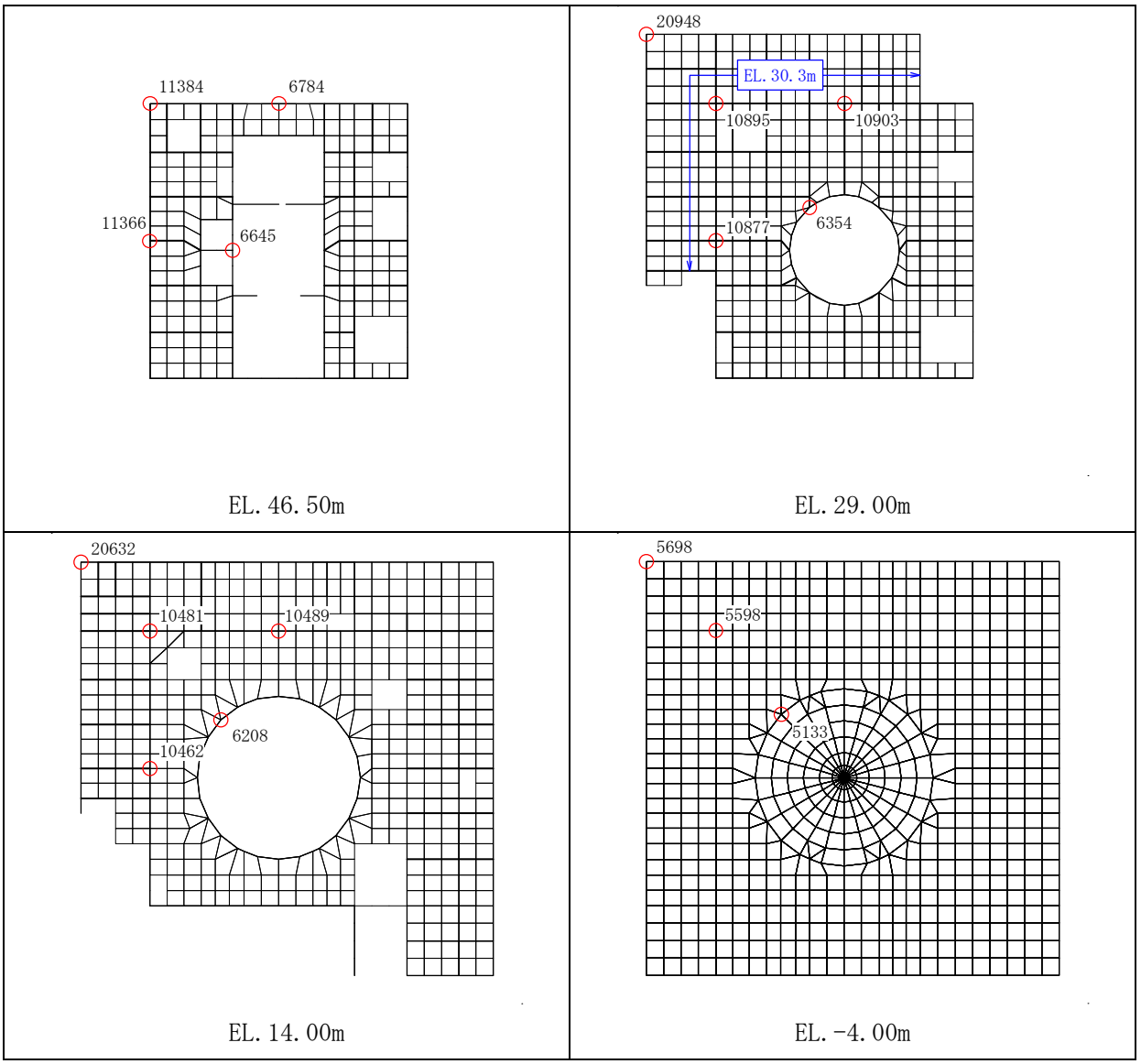

11384
6784
11366
6645
EL. 46. 50m
20948
EL. 30. 3m
10895
10903
10877
6354
EL. 29. 00m
20632
10481
10489
6208
10462
EL. 14. 00m
5698
5598
5133
EL. -4. 00m

図 0－2　応答評価位置

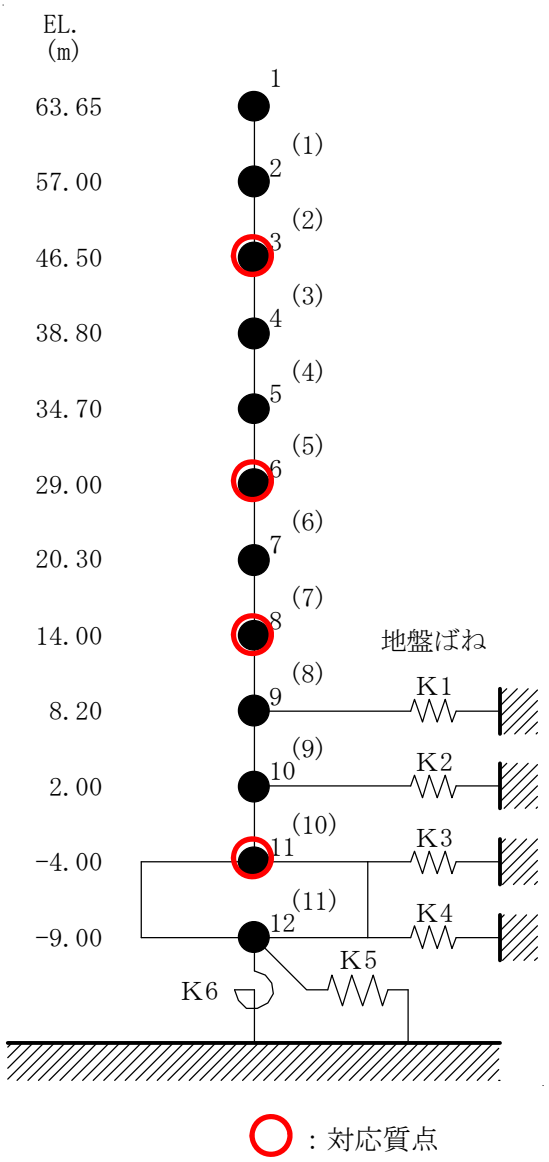


図０－３　３次元ＦＥＭモデルの評価点に対応する質点系モデルの質点（水平方向）

2.5　建屋応答性状の把握

建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮），比較用モデル（床柔，底面鉛直方向固定）及び質点系対応モデル（床剛，相互作用考慮）の 3 つの 3 次元ＦＥＭモデルを用いて，図 1－3 の評価フローに基づき，建屋応答特性の把握を行う。

具体的には，以下の(1)～(4)の応答特性について，分析・考察する。

(1) 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響：建屋模擬モデルー比較用モデル間で比較。
(2) 鉛直軸回りのねじれ振動の影響：建屋模擬モデルの加振方向及び直交方向の応答で比較。
(3) 床柔性の影響：建屋模擬モデルー質点系対応モデル間で比較。
(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響：建屋模擬モデルの水平 1 方向入力と 3 方向同時入力で比較。

(1) 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響

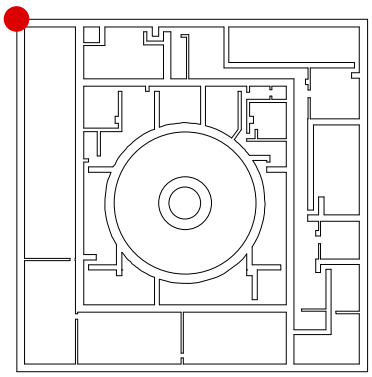
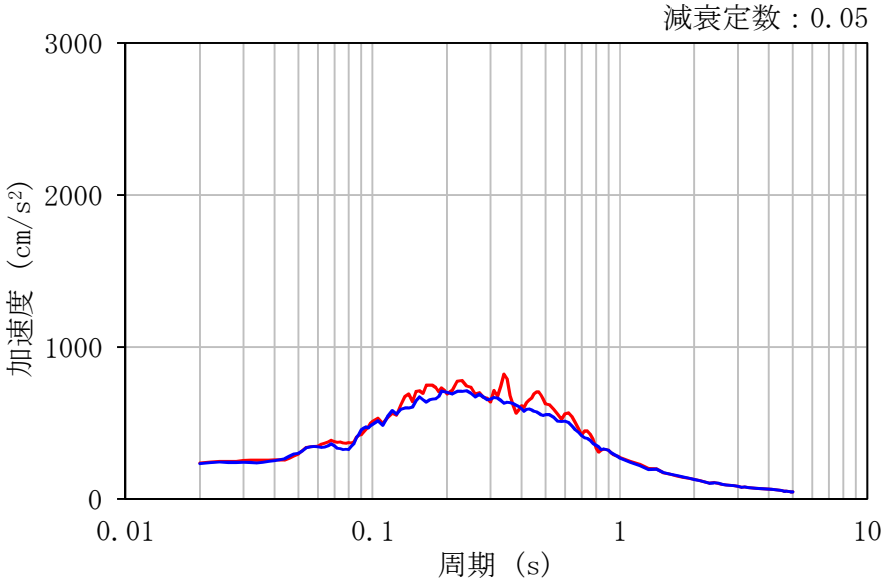
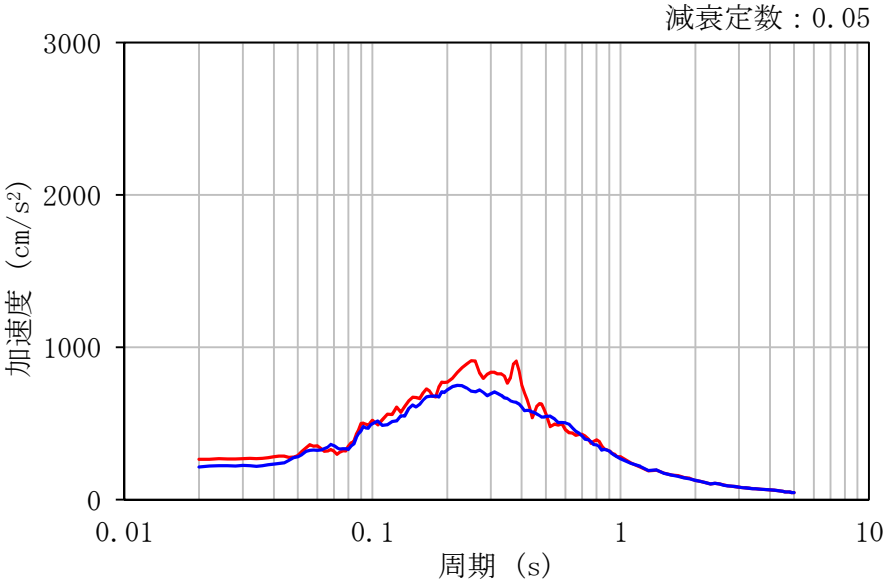
基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響は，相互作用を考慮している建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮）及び相互作用を考慮していない比較用モデル（床柔，底面鉛直方向固定）の水平方向の入力による鉛直方向応答を比較することで検討する。なお，鉛直方向応答は，水平加振時の鉛直方向応答＋鉛直加振時の鉛直方向応答により求めるが，水平方向の入力による鉛直方向応答を比較するため，鉛直加振時の鉛直方向応答はいずれのモデルも建屋模擬モデルによる結果を用いる。

応答比較に用いる評価点は，ロッキング振動の影響が出やすいと考えられる建屋端部の評価点 No.5698（EL.-4.0 m），No.20632（EL.14.0 m）及び No.20948（EL.29.0 m）を抽出した。

検討結果を表 0－1 に示す。

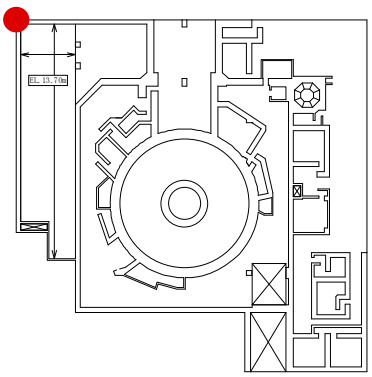
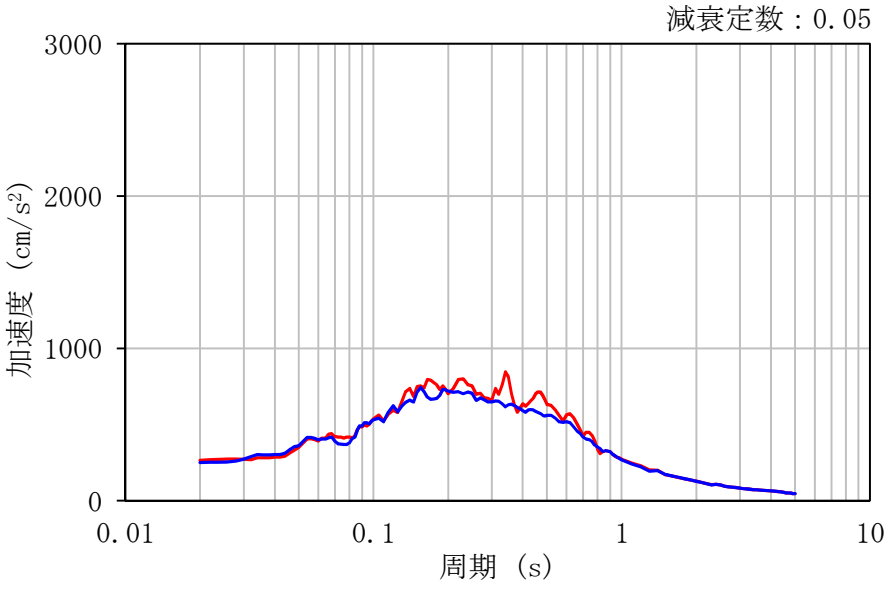
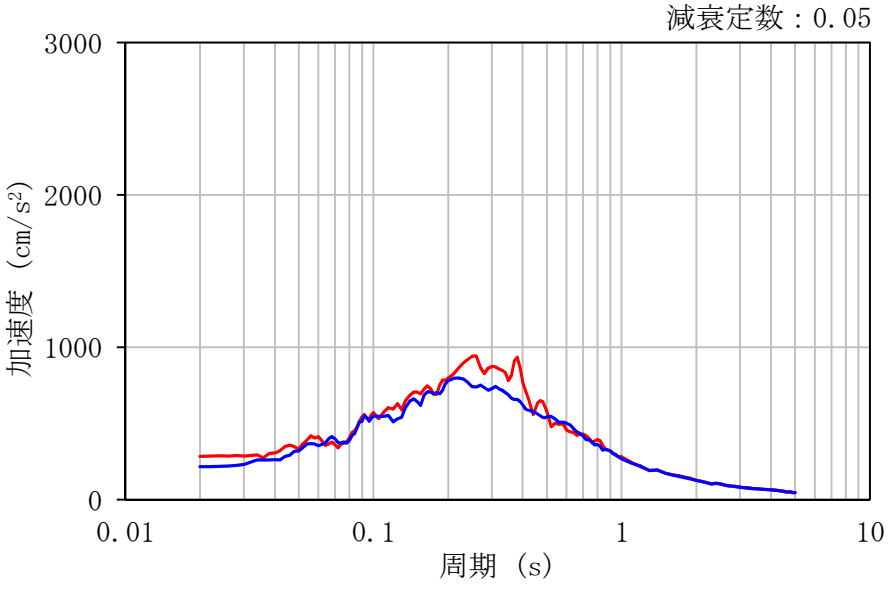
表 0－1 より，全ての評価点において，建屋模擬モデル及び比較用モデルの応答を比較すると，モデル間の差分は小さく，基礎のロッキング振動による影響は小さい。また，建屋模擬モデルの応答がやや大きいことから，建屋模擬モデルを検討対象モデルとすることは保守的である。

表 0－1(1／3)　建屋模擬モデル及び比較用モデルの鉛直方向応答

EL.-4.0 m 評価点 No.5698 O／W 脚部		
NS＋鉛直方向 加振時 鉛直応答		
EW＋鉛直方向 加振時 鉛直応答		

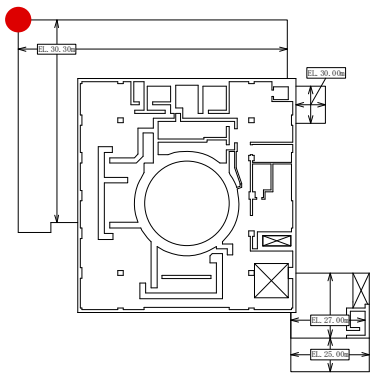
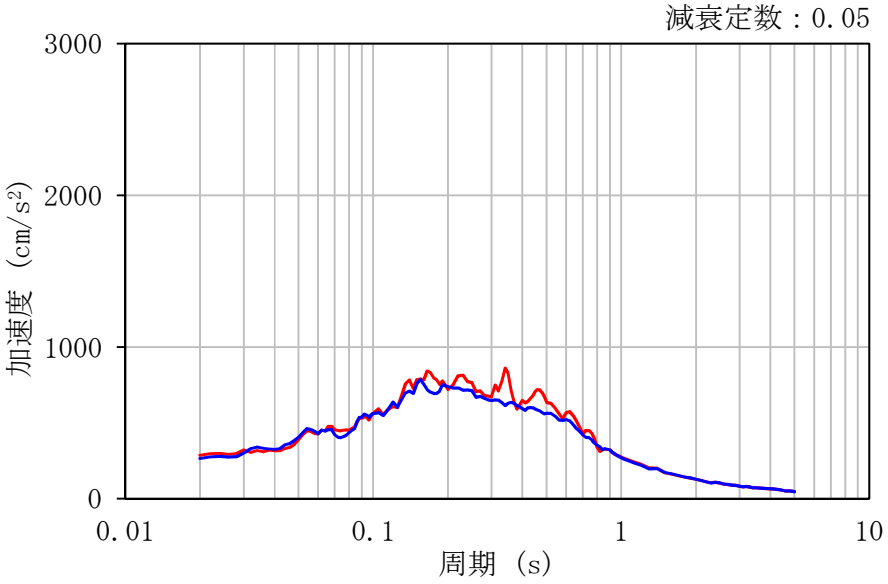
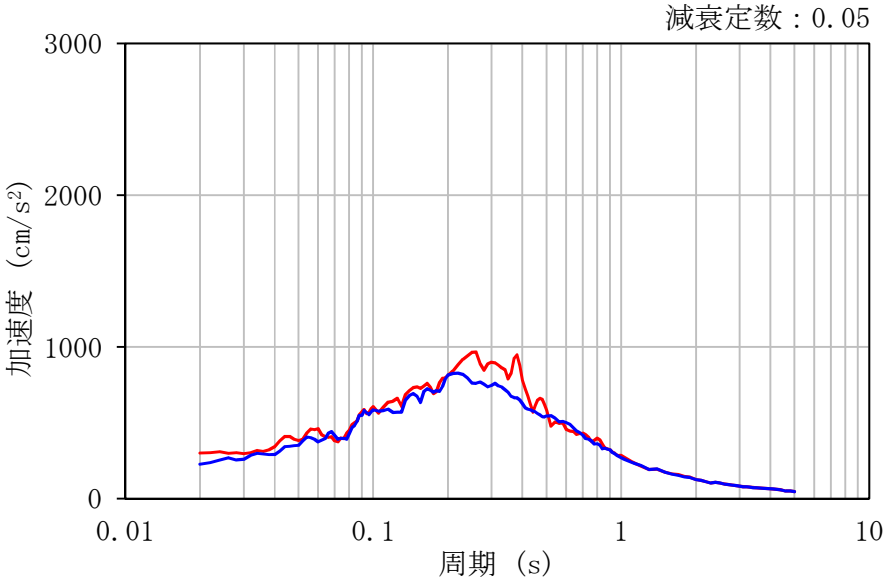
建屋模擬モデル　比較用モデル

表 0－1(2/3)　建屋模擬モデル及び比較用モデルの鉛直方向応答

<table>
<tr><td>EL. 14.0 m
評価点
No. 20632
O／W 脚部</td><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>NS＋鉛直方向
加振時
鉛直応答</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>EW＋鉛直方向
加振時
鉛直応答</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

建屋模擬モデル　比較用モデル

表 0－1(3/3)　建屋模擬モデル及び比較用モデルの鉛直方向応答

EL. 29. 0m 評価点 No. 20948 O／W 脚部		
NS＋鉛直方向 加振時 鉛直応答		
EW＋鉛直方向 加振時 鉛直応答		

建屋模擬モデル　比較用モデル

(2) 鉛直軸回りのねじれの影響

鉛直軸回りのねじれの影響は，建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮）の地震応答解析により確認する。

応答評価点は，平面形状よりねじれの影響が出やすいと考えられる No.20632（EL.14.0 m）及びNo.20948（EL.29.0 m）について抽出し，加振方向と加振直交方向の応答を比較する。

水平加振時の応答比較を表 0－2 に示す。

表 0－2 より，選定した評価点において，加振直交方向の応答は発生しているものの加振方向の応答と比較して十分に小さくなっている。したがって，水平 1 方向入力を考慮する場合，加振方向の応答に対して設計を行えば，耐震安全性上問題にはならないと考えられるが，水平 2 方向の入力を考えた場合，ねじれ応答の影響による応答が増幅する可能性がある。

以上より，水平 2 方向の入力によるねじれ応答の影響は「(4)水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響」において確認する。

表 0－2(1／2)　建屋模擬モデルの水平加振時の応答比較

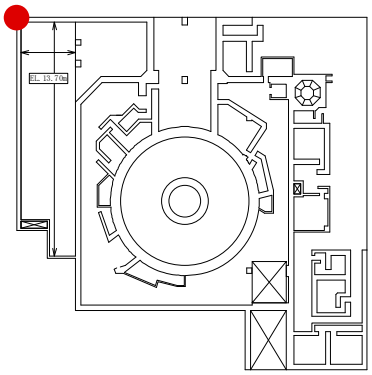
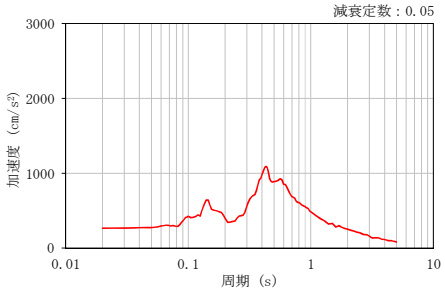
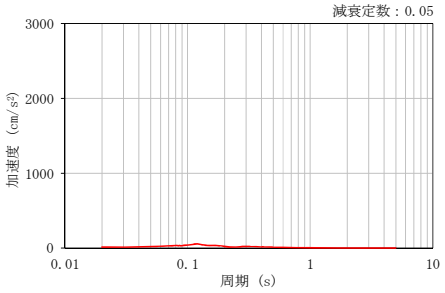
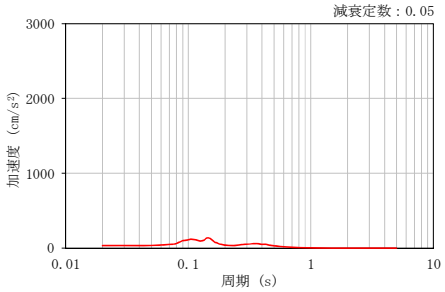
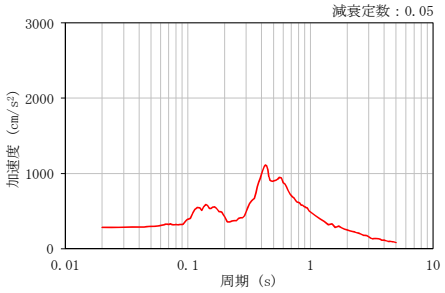
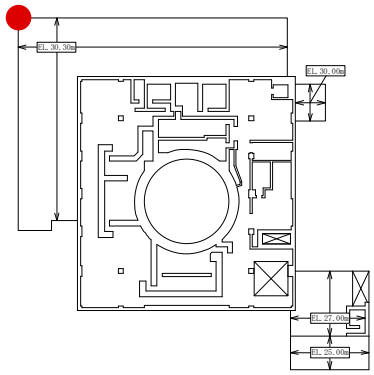
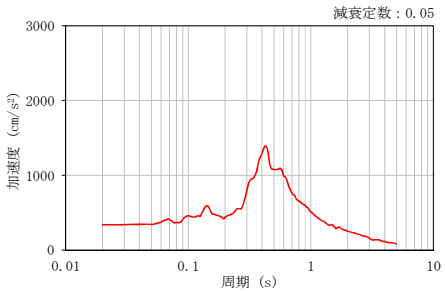
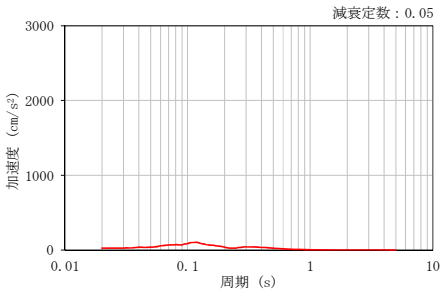
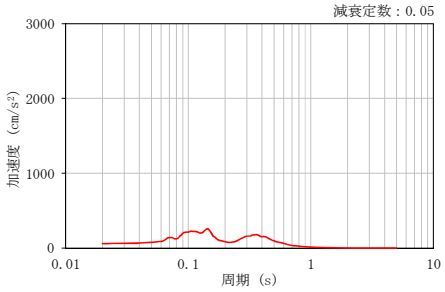
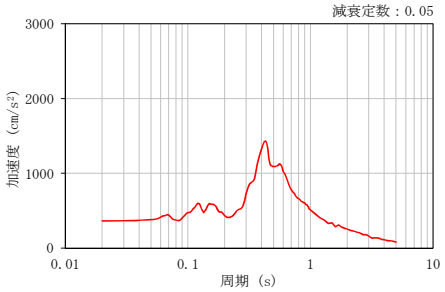
EL. 14. 0m 評価点 No. 20632 O/W 脚部		
方向	NS 方向応答	EW 方向応答
NS 方向 加振時		
EW 方向 加振時		

表 0－2(2／2)　建屋模擬モデルの水平加振時の応答比較

EL. 29. 0m 評価点 No. 20948 O/W 脚部		
方向	NS 方向応答	EW 方向応答
NS 方向 加振時		
EW 方向 加振時		

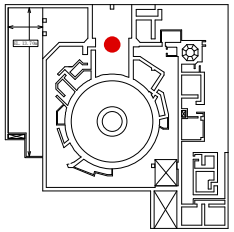
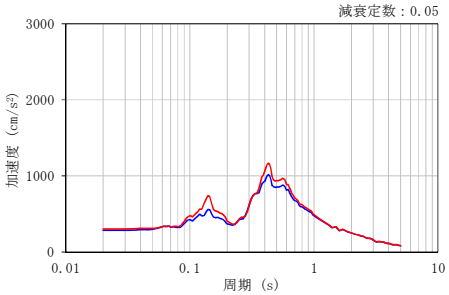
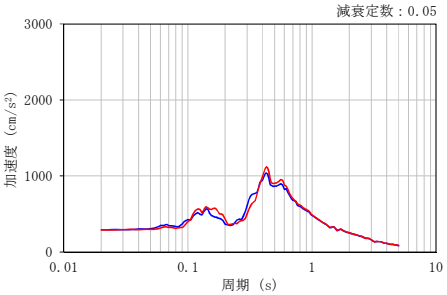
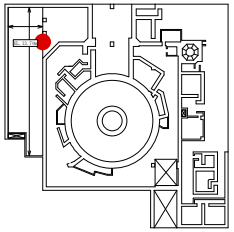
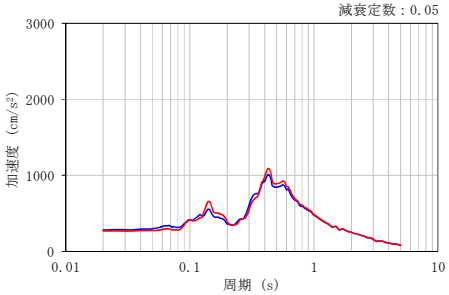
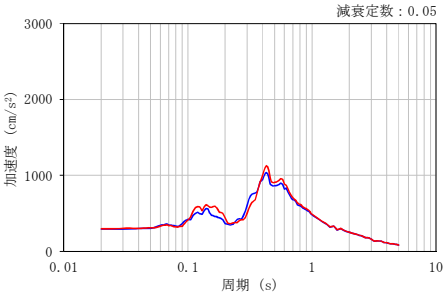
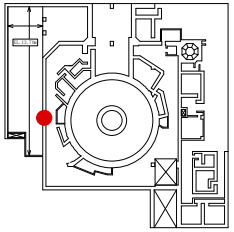
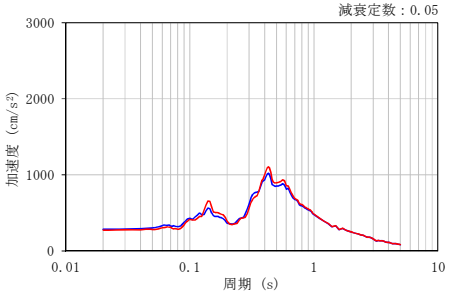
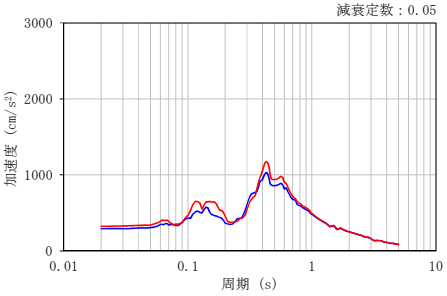
(3) 床柔性の影響

床柔性の影響は，床の柔性を考慮した建屋模擬モデル（床柔，相互作用考慮）と床を剛とした比較用モデル（床剛，相互作用考慮）を比較することにより確認する。応答を比較する評価点は，平面的に広い EL.14.0 m の評価点 No.10462，No.10481 の建屋端部及び中心部とする。

建屋模擬モデル及び質点系対応モデルの比較結果を表 0－3 に示す。

表 0－3 より，建屋模擬モデル及び質点系対応モデルを比較すると，概ね同等もしくは質点系対応モデルにおいてピーク値がやや低減されることから，建屋模擬モデルを検討対象とすることは保守的である。

表 0－3　建屋模擬モデルと質点系対応モデルの応答比較

評価点	NS 方向加振時 NS 応答	EW 応答方向加振時 EW 応答
 EL. 14. 0 m　No. 10489		
 EL. 14. 0 m　No. 10481		
 EL. 14. 0 m　No. 10462		

建屋模擬モデル　質点系対応モデル

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響

a. 地震動の入力方法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として，建屋模擬モデルに弾性設計用地震動Ｓ$_d$を水平 2 方向及び鉛直方向に同時に入力（3 方向同時入力）した場合について検討する。

地震動の組合せを表 0－4 に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響検討は，弾性設計用地震動Ｓ$_d$を水平 2 方向及び鉛直方向に組合せた地震力に対して実施する。具体的には，弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した検討を実施する。

ただし，全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的ではないことから，弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１については，水平 2 方向の地震動のうち NS 方向には弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の水平方向成分を入力し，直交する EW 方向は弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の設計用応答スペクトルに適合するが，Ｓ$_d$－Ｄ１の水平方向成分とは位相特性の異なる模擬地震波を入力する。また，鉛直方向の地震動は，弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の鉛直方向成分を入力する。

したがって，本検討においては，NS 方向に対しては弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の水平成分を，EW 方向に対しては模擬地震波(基準地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の水平成分の設計用応答スペクトルに適合するよう，位相を変えたもの)をそれぞれ入力する。また，鉛直方向の地震動は，弾性設計用地震動Ｓ$_d$－Ｄ１の鉛直方向成分を入力する。3 方向同時入力による応答は，水平 2 方向及び鉛直方向の 1 方向入力による地震応答解析で算出された各成分の応答を，時刻歴で足し合わせることにより算出する。応答算出の考え方を図 0－4 に示す。

表 0－4　地震動の組合せ

地震動の入力方法		NS 方向	EW 方向	鉛直方向
1 方向入力	NS 方向	S_d－D１	－	－
	EW 方向	－	模擬地震波(注)	－
3 方向同時入力		S_d－D１	模擬地震波(注)	S_d－D１

（注）弾性設計用地震動S_d－D１の設計用応答スペクトルに適合するが，S_d－D１とは位相特性が異なる地震波。

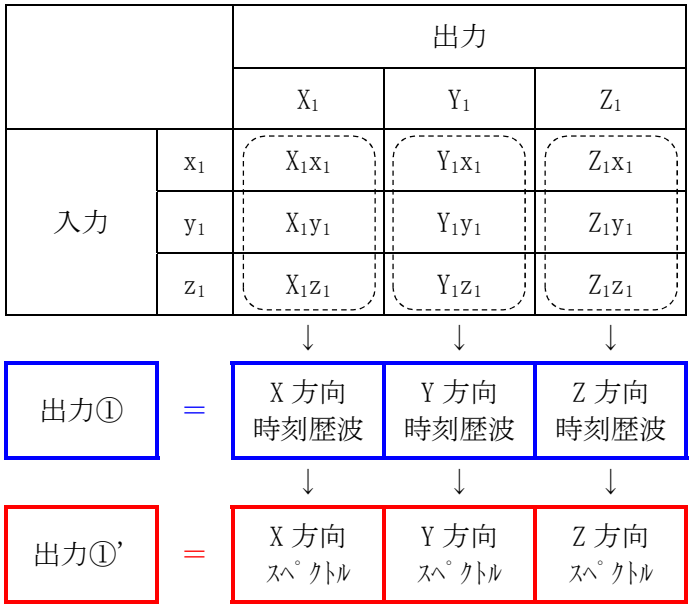


図 0－4　3 次元ＦＥＭモデルによる応答算出の考え方

b. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認は，表0－4の地震動を対象に，NS方向に入力した場合及びEW方向に入力した場合の応答と，3方向同時入力した場合の応答とを比較することにより実施する。

応答を比較する評価点は，地震計設置階である EL.-4.0 m，EL.14.0 m，EL.29.0 m 及び EL.46.5 m の床における耐震壁位置（O/W，I/W 及び S/W）の点のうち，対称性及び建屋形状を考慮した代表点を抽出した。

比較した結果を表0－5に示す。

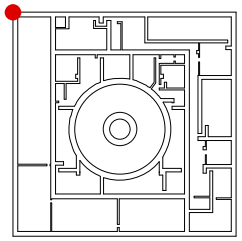
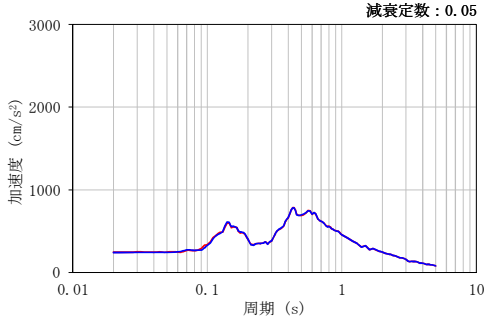
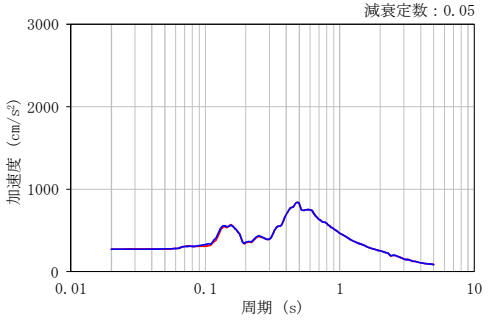
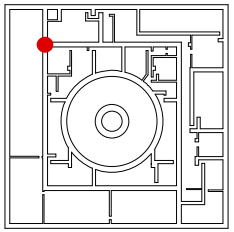
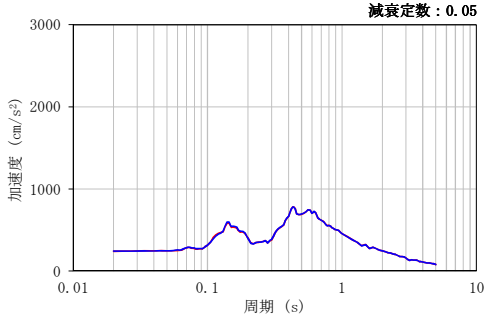
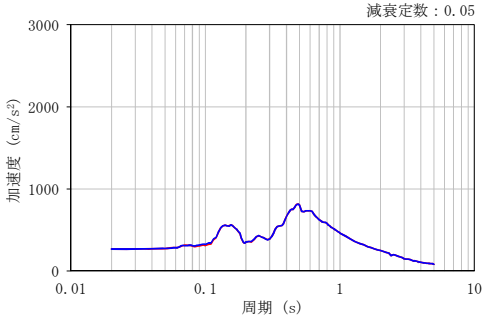
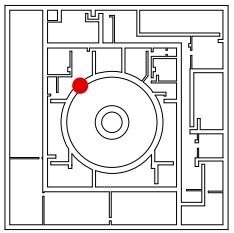
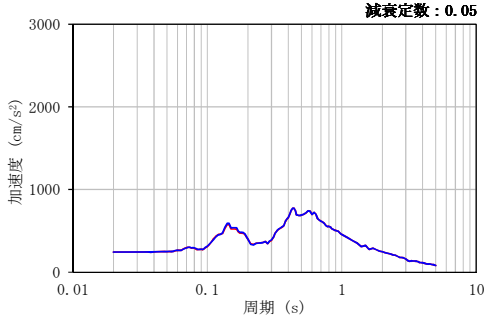
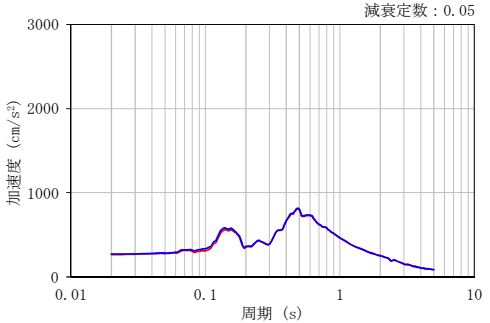
表0－5より，EL.46.5 m の評価点 No.6645 及び 11366 を除く評価点においては，3方向同時入力時の方が若干応答が大きくなる点もあるものの，1 方向入力時及び 3 方向入力時の応答の差は小さく，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないことを確認した。

EL.46.5 m の評価点 No.6645 及び 11366 では，NS 方向については 1 方向入力時及び 3 方向入力時の応答は概ね一致しているが，EW 方向では「2.3　観測記録を用いた検討」で見られた 0.1 秒付近の周期帯における応答増幅が生じている。また，表0－6に示す直下階である EL.38.8 m やその他の床レベルでは，EL.46.5 m で見られるような増幅はほとんど生じていない。したがって，EW 方向における 0.1 秒付近の応答増幅は，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる EL.46.5 m における局所的な応答であると考えられる。EL.46.5 m における影響検討は「別紙 4 機器・配管系に関する説明資料」で行う。

「(2) 鉛直軸回りのねじれの影響」では，水平 2 方向の入力を考えた場合に，ねじれの影響によって相互に応答増幅する可能性が示唆されたが，ねじれ振動の影響による応答増幅は見られなかった。

原子炉建屋の質点系モデルを用いた耐震検討では，ねじれ振動を考慮せず，水平 1 方向入力時の入力方向の応答に対する検討を行っているが，本検討により，ねじれを考慮しないことは妥当と考えられる。

表 0－5(1／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. -4.0 m　No. 5698		
 EL. -4.0 m　No. 5598		
 EL. -4.0 m　No. 5133		

3 方向　　1 方向

表 0－5(2／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

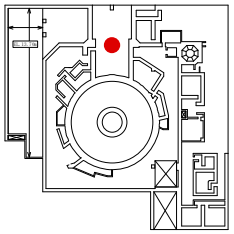
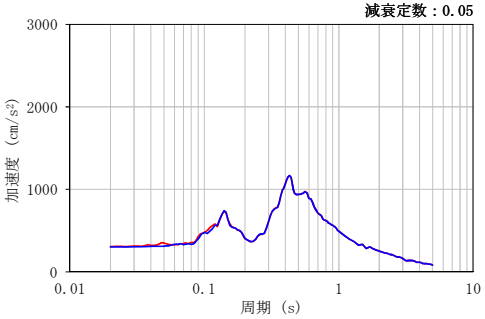
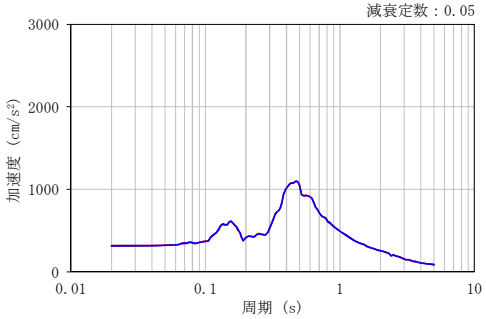
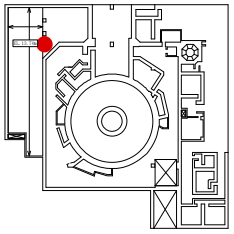
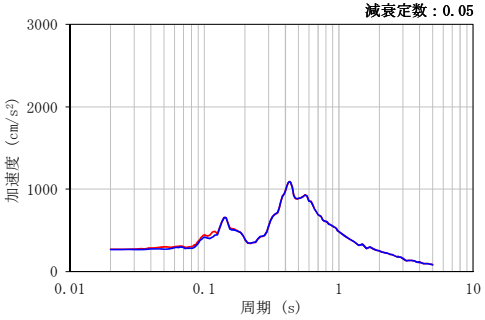
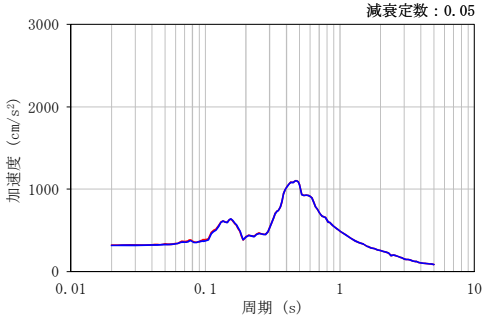
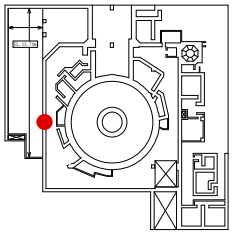
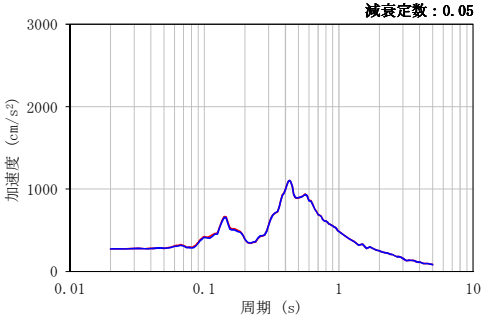
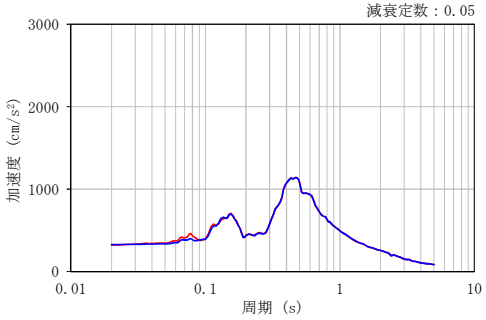
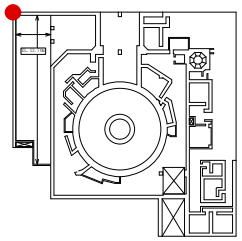
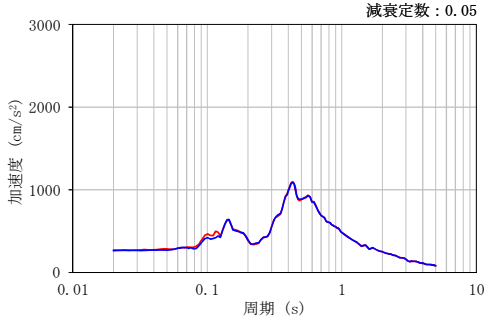
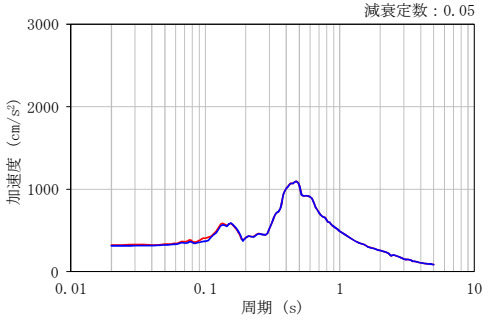
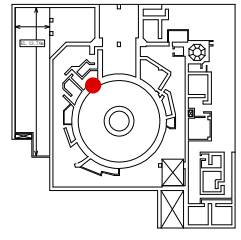
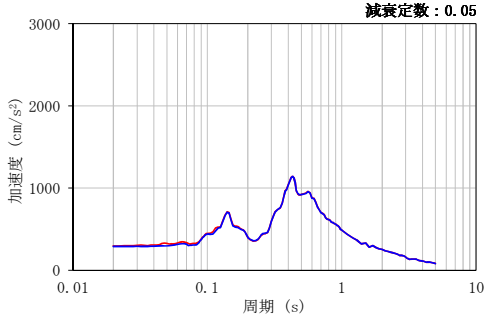
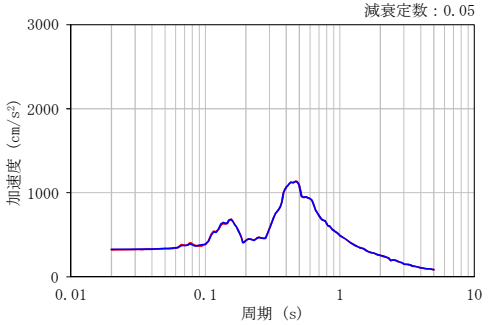
評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 14. 0 m　No. 10489		
 EL. 14. 0 m　No. 10481		
 EL. 14. 0 m　No. 10462		

表 0－5(3／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 14. 0 m　No. 20632		
 EL. 14. 0 m　No. 6208		

3 方向　　1 方向

表 0－5(4／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

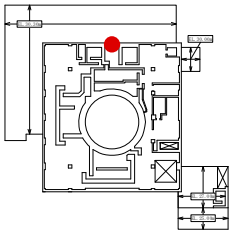
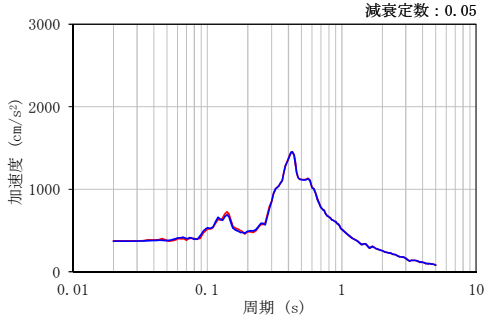
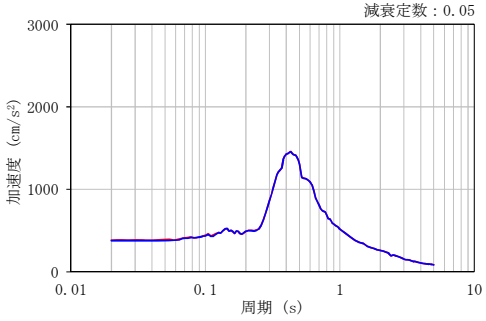
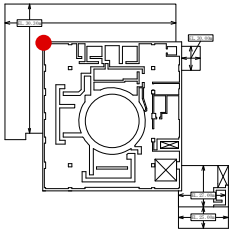
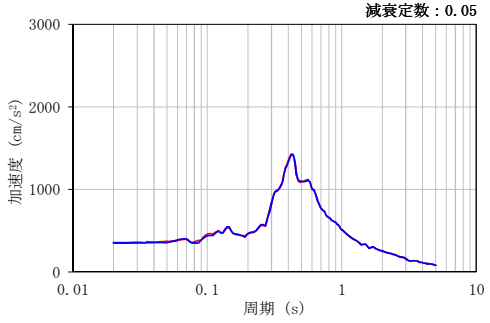
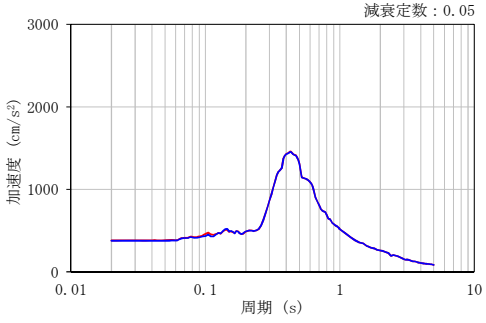
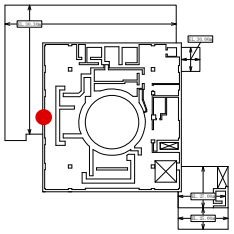
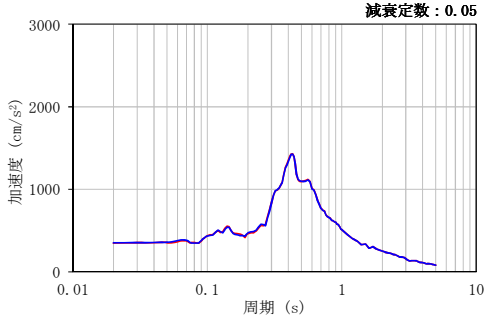
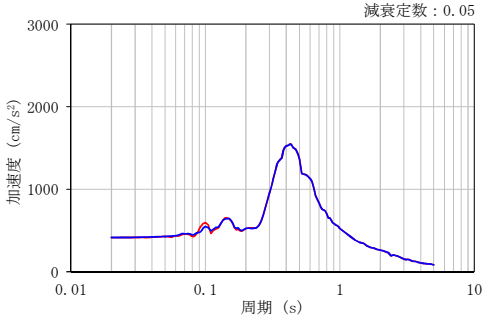
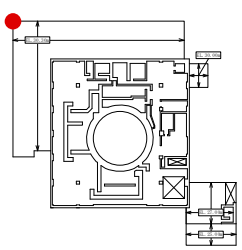
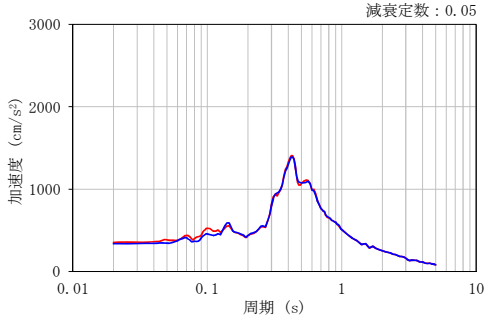
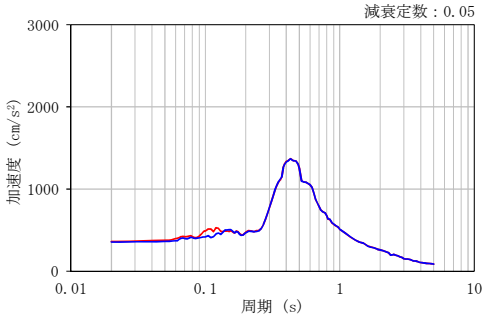
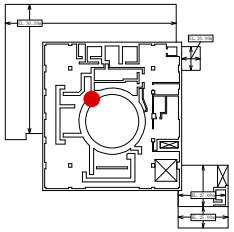
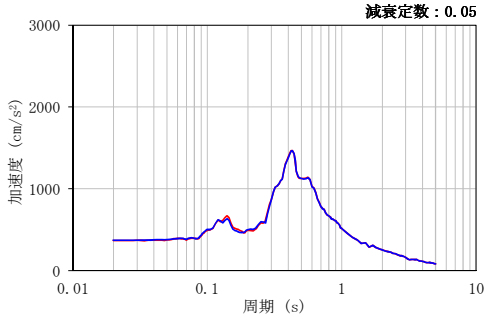
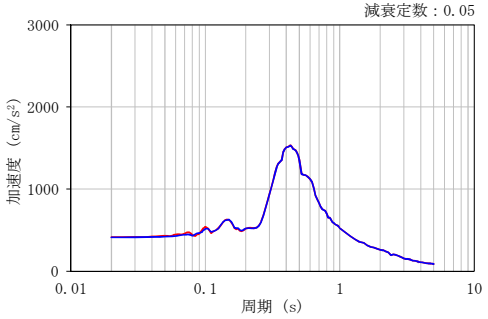
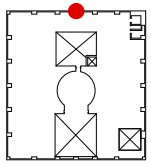
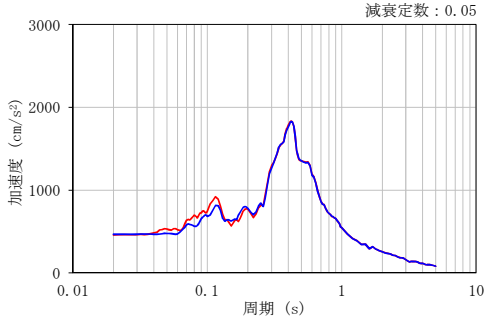
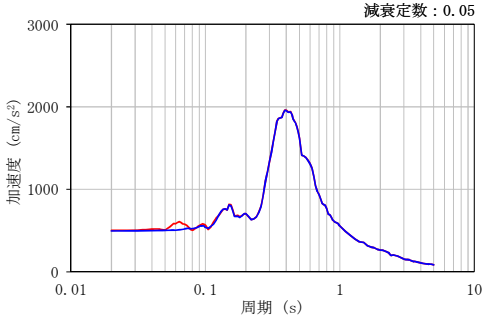
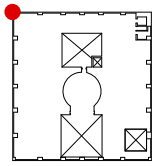
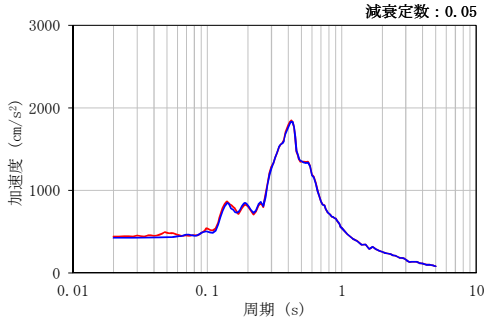
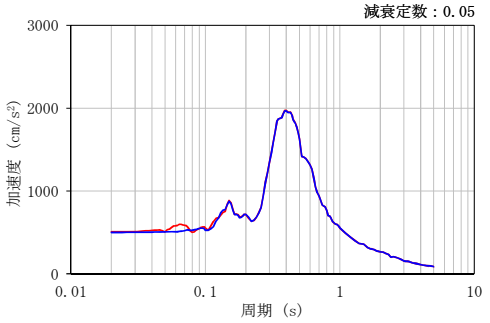
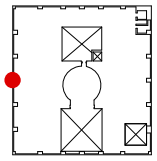
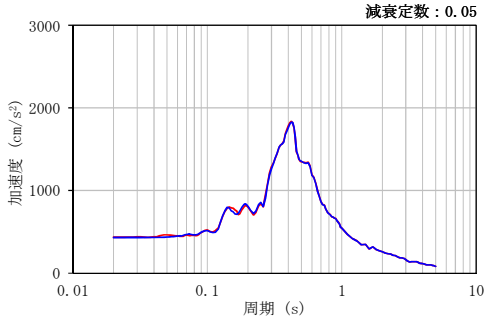
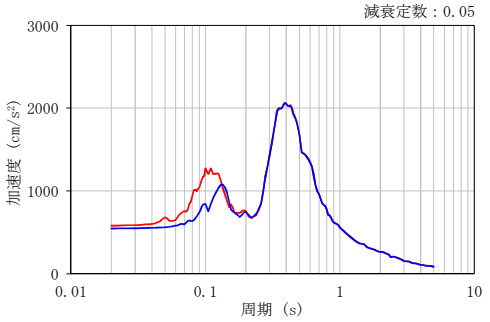
評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 29. 0 m　No. 10903		
 EL. 29. 0 m　No. 10895		
 EL. 29. 0 m　No. 10877		

表 0－5(5／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 29. 0 m　No. 20948		
 EL. 29. 0 m　No. 6354		

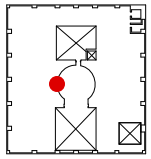
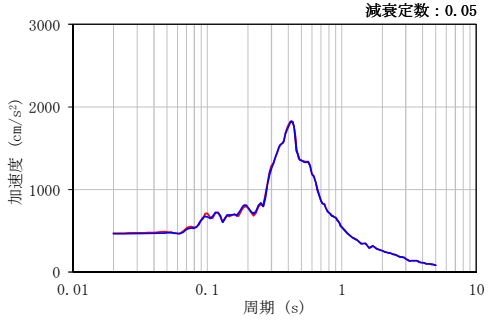
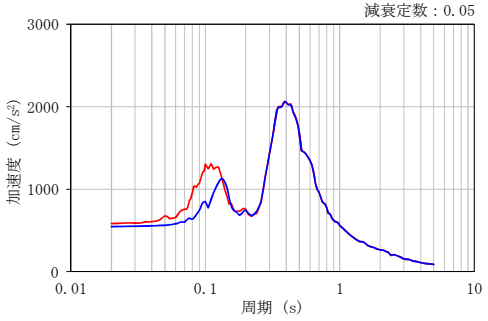
3 方向　　1 方向

表 0－5(6／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 46. 5 m　No. 6784		
 EL. 46. 5 m　No. 11384		
 EL. 46. 5 m　No. 11366		

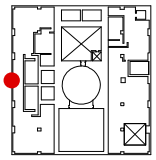
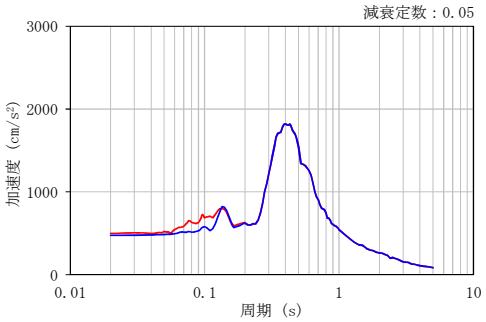
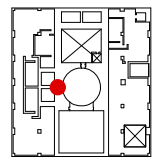
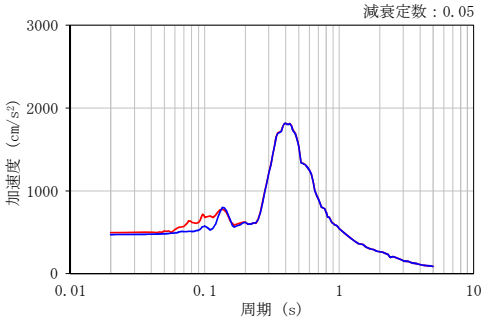
3 方向　1 方向

表 0－5(7／7)　3 次元ＦＥＭモデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答
 EL. 46.5 m　No. 6645		

3 方向　　1 方向

表 0－6　EL. 38. 8 m における EW 方向の応答

評価点	EW 応答
 EL. 38. 8 m　No. 11182	
 EL. 38. 8 m　No. 6431	

3 方向　　1 方向

(5) まとめ

建屋模擬モデル，比較用モデル及び質点系対応モデルを用いて地震応答解析を実施し，応答性状について分析・考察を行った。

基礎のロッキング振動による鉛直方向への影響について，建屋模擬モデルと比較用モデルでの応答比較をした結果，ロッキング振動の影響はほとんど見られないこと，及び建屋模擬モデルにより保守的な評価が可能であることを確認した。

床柔性の影響について，建屋模擬モデルと比較用モデルでの応答比較をした結果，建屋模擬モデルにより保守的な評価が可能であることを確認した。

鉛直軸回りのねじれ振動の影響及び水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について，建屋模擬モデルを用いて検討した結果，3方向同時入力と1方向入力時での応答の差異がほとんどないことから，1方向入力時の応答に対し，これらの影響がほとんどないことを確認した。ただし，EL.46.5 m の EW 方向においては，水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる影響と考えられる局所的な応答が生じるため，「別紙 4　機器・配管系に関する説明資料」で影響検討を行う。

以上の3次元的な応答特性に関する分析・考察を踏まえて，次節以降では建屋模擬モデルを用いて，局所的な応答による建屋耐震評価及び床応答への影響を検討する。

2.6　建屋耐震評価への影響検討

(1) 検討方針

建屋耐震評価への影響検討として，3 次元ＦＥＭモデルの応答及び質点系モデルの応答を比較する。

検討において，両モデルともに弾性設計用地震動Ｓ$_d$に対する地震応答解析を実施し，以下の 2 項目について検討を行う。

①建屋模擬モデル（3 次元ＦＥＭモデル）及び質点系モデルの最大応答値（最大応答加速度）の比較検討

②3 次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

なお，質点系モデルは添付資料Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に記載の原子炉建屋の地震応答解析モデルと同じである。

(2) 建屋模擬モデル（3 次元ＦＥＭモデル）及び質点系モデルの最大応答値（最大応答加速度）の比較検討

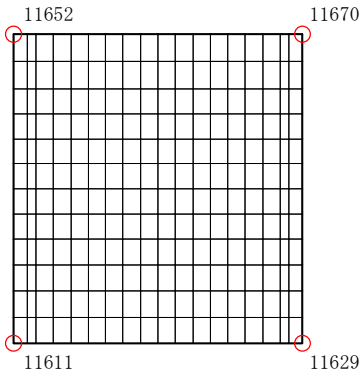
建屋模擬モデル及び質点系モデルの最大応答加速度の比較を行い，3 次元的な影響について確認する。

評価にあたっては，質点系モデルの全質点での応答を評価対象とし，質点系モデルの各質点に対応する 3 次元ＦＥＭモデルの節点としては，図 0－5 に示す節点とした。

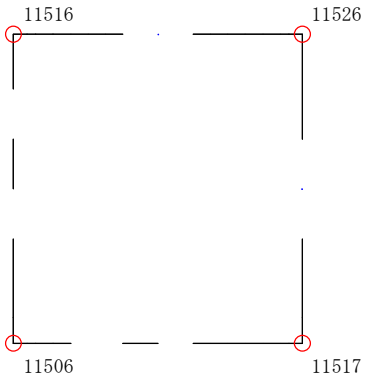
比較検討結果を図 0－6 に示す。

両モデル間で，最大応答加速度は概ね対応しているが，建屋模擬モデルは 3 次元的な応答性状が考慮されているため，完全には一致しない。

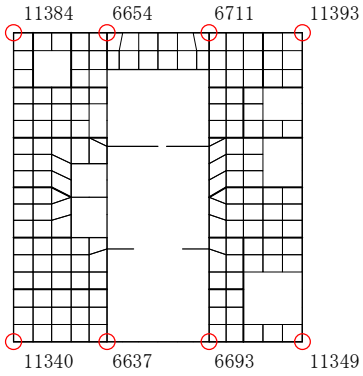
したがって，以降の「3 次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討」により，建屋への影響検討を実施する。



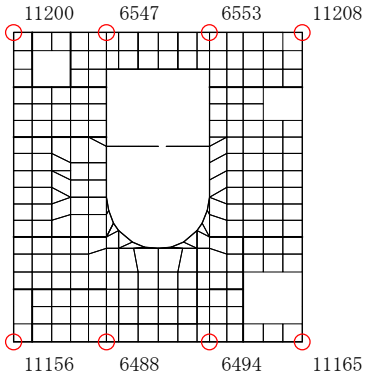
EL. 63.65 m



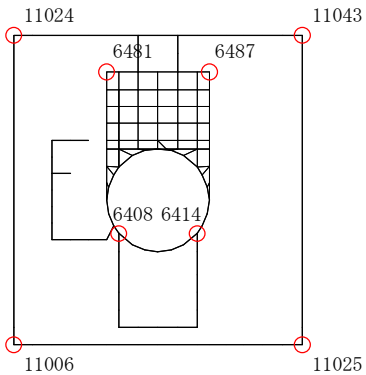
EL. 59.00 m



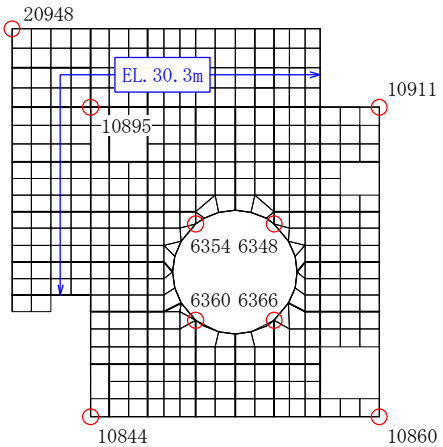
EL. 46.50 m



EL. 38.80 m



EL. 34.70 m



EL. 29.00 m

図 0－5(1／2)　応答評価位置

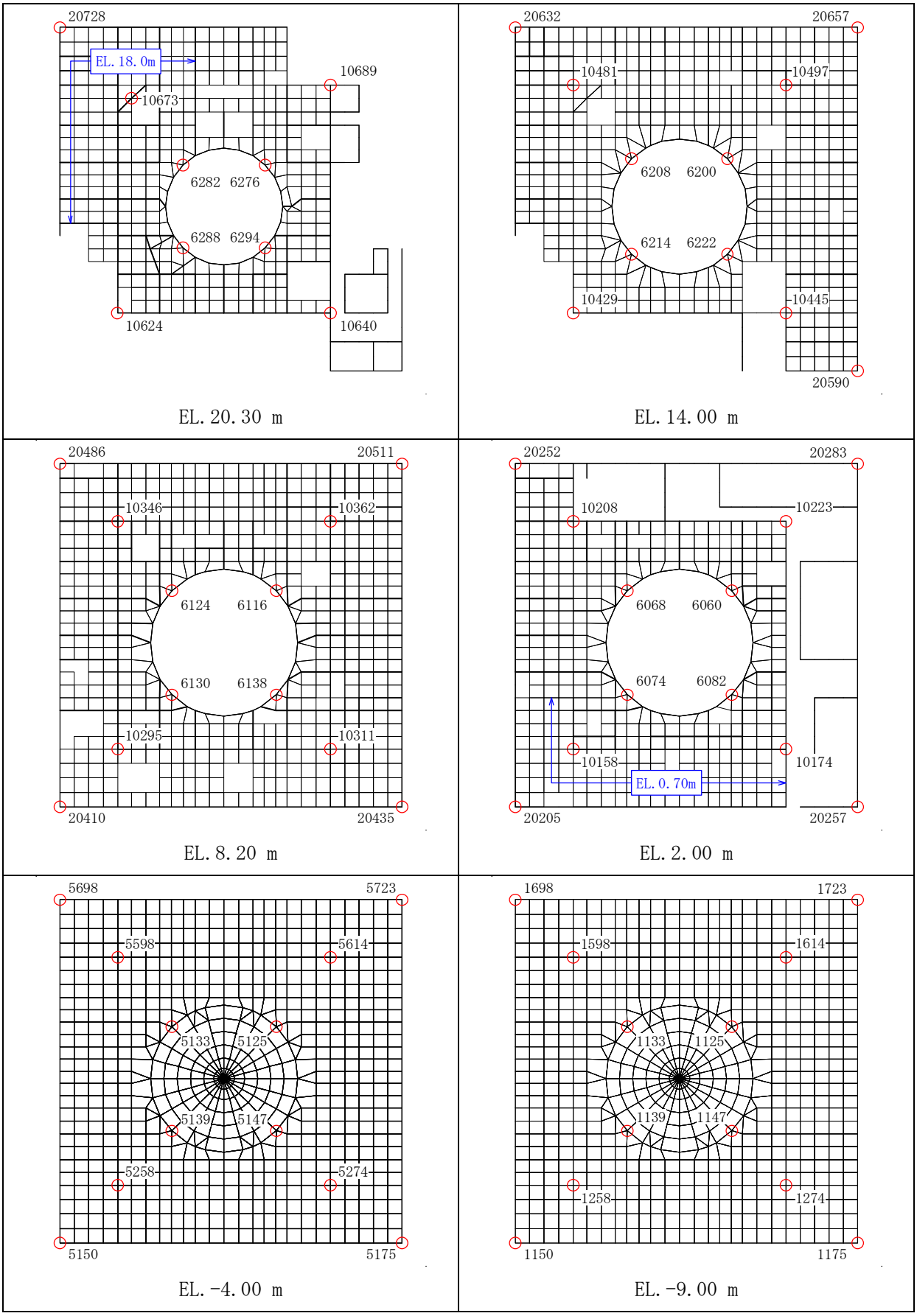
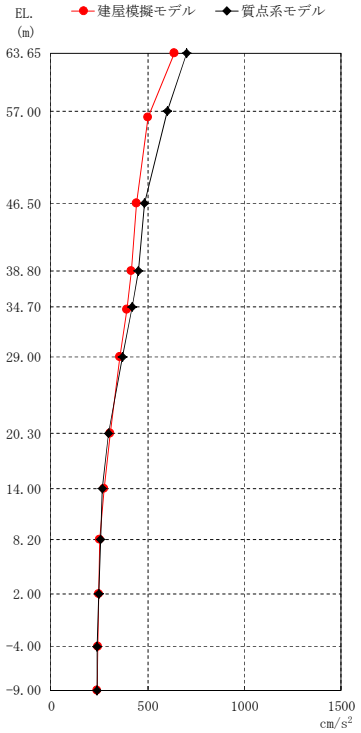


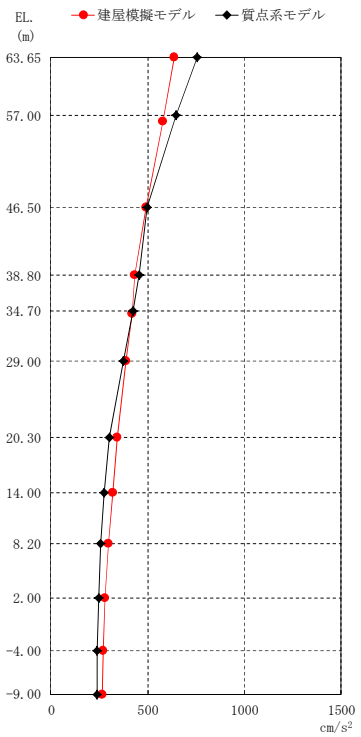
図 0－5(2／2)　応答評価位置



(単位：cm/s²)

質点系モデル	建屋模擬モデル
699	637
603	501
483	441
450	415
420	394
370	358
300	309
267	277
255	254
248	247
239	242
239	241

(a)　NS 方向



(単位：cm/s²)

質点系モデル	建屋模擬モデル
754	636
649	577
499	495
457	436
425	422
373	387
301	345
274	321
258	297
249	280
239	270
239	267

(b)　EW 方向

図 0－6 最大応答加速度の比較

(3) 3 次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

(2)の結果を踏まえて，質点系モデルに対して，3 次元ＦＥＭモデルを用いて 3 次元的な応答補正を考慮し，建屋耐震評価への影響検討を実施する。

評価に当たっては，質点系モデルにおいて，基準地震動Ｓ$_s$に対する層レベルでの評価を行う部位を対象とし，3 次元ＦＥＭモデルにおける当該部での代表的な節点を複数節点選定する。

図 0－7 に検討フローを示す。

選定した 3 次元ＦＥＭモデルでの評価点において，弾性設計用地震動Ｓ$_d$に対する最大応答加速度をもとに，3 次元的な応答補正比率ζを算出し，質点系モデルの基準地震動Ｓ$_s$に対する応答補正を行い，耐震評価への影響検討を行う。

具体的には，質点系モデルの基準地震動Ｓ$_s$に対する最大応答せん断力 Q に応答補正比率ζを乗じて，3 次元的な応答特性を踏まえたせん断力を算定する。得られたせん断力を質点系モデルの各層のせん断スケルトンカーブ上にプロットし，せん断ひずみが評価基準値（2.0×10^{-3}）を超えないことを確認する。ここで，第 1 折点を超える場合は，エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法を図 0－8 に示す。せん断ひずみを確認した結果，せん断ひずみが評価基準値を超えるものは詳細検討を実施する。

評価において用いた 3 次元ＦＥＭモデルにおける応答評価位置を図 0－5 に，質点系モデルでの評価部位を図 0－9 に示す。

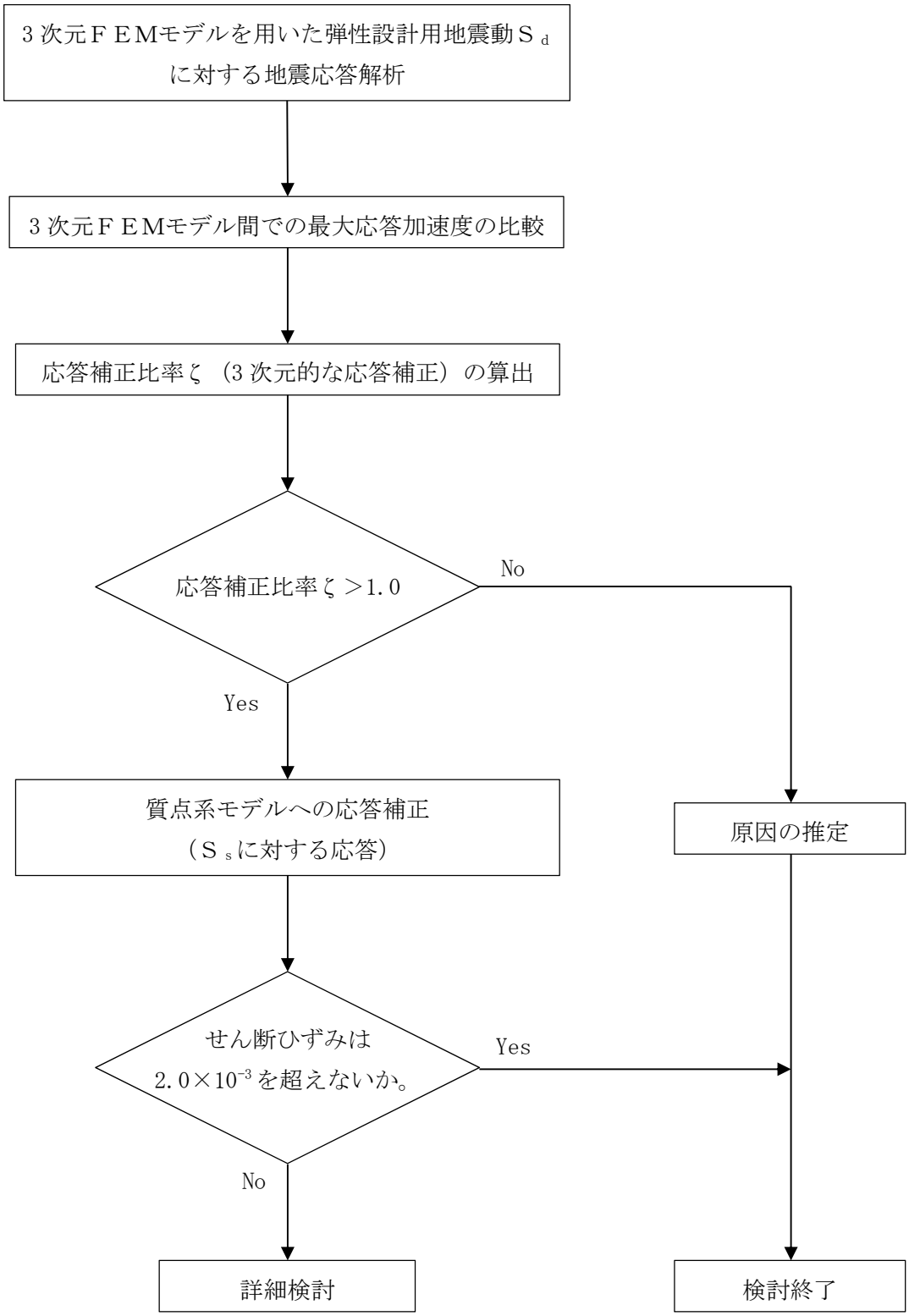
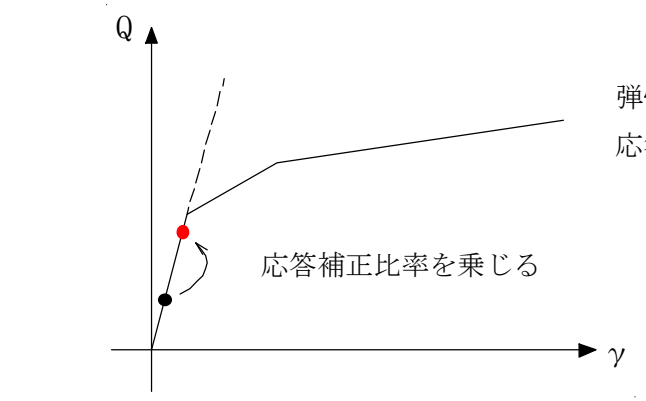
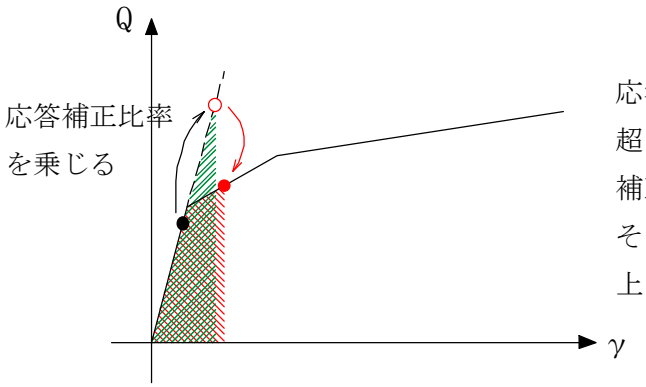

3 次元ＦＥＭモデルを用いた弾性設計用地震動Ｓ d
に対する地震応答解析
3 次元ＦＥＭモデル間での最大応答加速度の比較
応答補正比率ζ（3 次元的な応答補正）の算出
応答補正比率ζ＞1.0
No
Yes
質点系モデルへの応答補正
（Ｓ s に対する応答）
原因の推定
せん断ひずみは
2.0×10-3 を超えないか。
Yes
No
詳細検討
検討終了

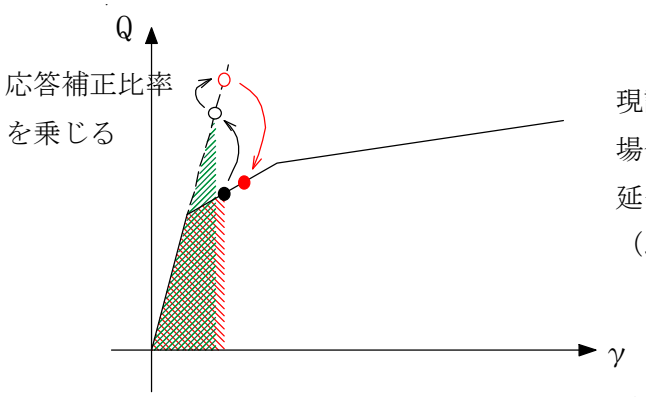
図 0－7　検討フロー



弾性直線状において，現設計による応答結果に応答補正比率を乗じる。



応答補正比率を乗じた際，第一折点を超える場合，弾性直線の延長線上に補正後の評価結果をプロットする。
その後，エネルギー一定則で，評価線分上にプロットする。



現設計において第一折点を超えている場合は，エネルギー一定則で弾性直線の延長に戻した後，補正比率を乗じる。
（以下，上記に準じる。）

図 0－8　エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法

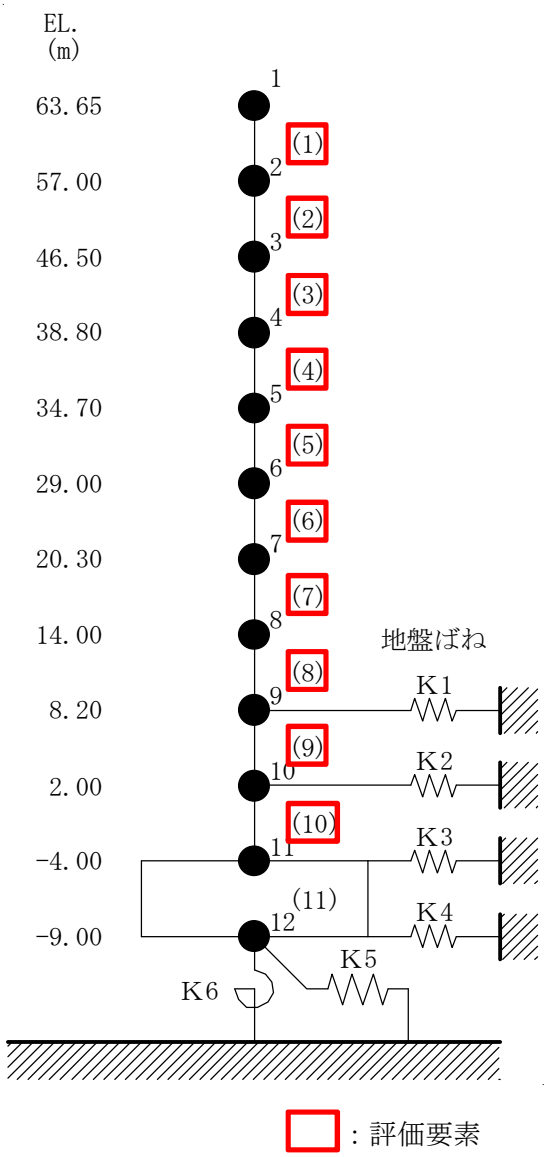


図 0－9　質点系モデルの評価部位

a．応答補正比率の算出

3 次元ＦＥＭモデルによる 3 次元的な応答性状を踏まえた定量的な耐震評価を行うため，質点系モデルの応答を補正する応答補正比率ζを算出する。

原子炉建屋については，質点系モデルにおいて，3 次元的な応答性状を考慮した 3 方向同時入力の解析ができないことから，建屋模擬モデルにおいて，1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度を比較し，応答補正比率αを算出する。

また，質点系モデルにおいて，ねじれ振動を考慮していないことから，建屋模擬モデル及び質点系モデルと諸条件を整合させた質点系対応モデルの最大応答加速度を比較し，応答補正比率βを算出する。

得られたα及びβを乗じて，建屋評価用の応答補正比率ζを以下のように算出する。

①応答補正比率α及びβはそれぞれ評価点ごとに定める。

②応答補正比率α及びβは保守的な評価を実施するため，それぞれ 1.0 以上とする。

③応答補正比率ζは，層ごとの各評価点のα×βの最大値を用いる。

応答補正比率ζの算出式を以下に示す。

建屋評価用の応答補正比率ζ＝Max(α×β)　…(1)式

(Max(α×β)：層ごとの各評価点のα×βの最大値)

ここで，

$$3\text{方向同時入力の応答補正比率}\alpha=\frac{3\text{方向同時入力による最大応答加速度}}{1\text{方向入力による最大応答加速度}}\cdots(2)\text{式}$$

（ただし，ζを算出する場合は，α≧1.0）

$$\text{ねじれ振動の応答補正比率}\beta=\frac{\text{建屋模擬モデルの最大応答加速度}}{\text{質点系対応モデルの最大応答加速度}}\cdots(3)\text{式}$$

（ただし，ζを算出する場合は，β≧1.0）

応答補正比率α，β，ζの算定結果を表 0－7～表 0－12 に示す。応答補正比率ζは 1.02～1.32 の範囲にある。

表 0－7(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
63.65	1	11652	635	664	1.05
		11611	630	668	1.06
		11629	641	672	1.05
		11670	642	649	1.01
57.00	2	11516	498	504	1.01
		11506	495	506	1.02
		11517	506	512	1.01
		11526	507	507	1.00
46.50	3	11384	426	441	1.03
		11340	424	422	0.995
		11349	414	416	1.00
		11393	419	426	1.02
		6654	460	456	0.991
		6637	465	482	1.04
		6693	459	462	1.01
		6711	461	445	0.966
38.80	4	11200	399	412	1.03
		11156	399	394	0.987
		11165	389	386	0.994
		11209	394	389	0.988
		6547	432	432	0.999
		6488	434	430	0.991
		6494	439	436	0.995
		6553	431	430	0.997
34.70	5	11024	377	387	1.03
		11006	379	374	0.987
		11025	368	362	0.983
		11043	375	367	0.979
		6481	414	415	1.00
		6408	412	406	0.987
		6414	412	402	0.977
		6487	415	406	0.979

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表 0－7(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
29	6	20948	337	354	1.05
		10895	350	356	1.02
		10844	352	346	0.981
		10860	339	329	0.970
		10911	348	341	0.981
		6351	368	368	0.999
		6357	371	366	0.986
		6363	387	375	0.969
		6345	373	368	0.986
20.3	7	20728	282	286	1.01
		10673	306	310	1.01
		10624	306	304	0.992
		10640	299	289	0.967
		10689	308	304	0.988
		6279	326	332	1.02
		6285	314	314	1.00
		6291	320	316	0.986
		6273	319	318	0.999
14	8	20632	266	270	1.02
		20590	268	272	1.01
		20657	264	267	1.01
		10481	268	271	1.01
		10429	276	272	0.986
		10445	272	266	0.975
		10497	281	276	0.983
		6204	301	307	1.02
		6211	280	282	1.01
		6218	285	279	0.979
		6197	285	287	1.01

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表 0－7(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
8.2	9	20486	251	250	0.999
		20410	245	253	1.03
		20435	253	254	1.01
		20511	251	249	0.991
		10346	253	252	0.996
		10295	252	255	1.01
		10311	254	256	1.01
		10362	256	259	1.01
		6120	263	269	1.02
		6127	255	255	0.997
		6134	257	261	1.01
		6113	256	258	1.01
2	10	20252	246	248	1.01
		20205	243	245	1.01
		20257	247	243	0.986
		20283	245	244	0.996
		10208	247	248	1.01
		10158	247	246	0.999
		10174	248	244	0.984
		10223	248	249	1.00
		6064	247	250	1.02
		6071	248	247	0.996
		6078	248	247	0.996
		6057	249	248	0.996

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表０－8(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
63.65	1	11652	635	671	1.06
		11611	640	652	1.02
		11629	637	682	1.07
		11670	633	648	1.02
57.00	2	11516	576	597	1.04
		11506	578	589	1.02
		11517	580	606	1.04
		11526	576	593	1.03
46.50	3	11384	497	507	1.02
		11340	496	504	1.02
		11349	501	514	1.03
		11393	494	506	1.03
		6654	495	505	1.02
		6637	490	493	1.00
		6693	492	499	1.01
		6711	494	503	1.02
38.80	4	11200	436	433	0.991
		11156	434	452	1.04
		11165	428	426	0.995
		11209	440	449	1.02
		6547	439	437	0.994
		6488	434	445	1.02
		6494	432	438	1.01
		6553	440	441	1.00
34.70	5	11024	409	410	1.00
		11006	411	421	1.02
		11025	403	399	0.991
		11043	413	418	1.01
		6481	439	453	1.03
		6408	433	435	1.00
		6414	427	424	0.992
		6487	440	456	1.04

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表 0－8(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
29	6	20948	356	362	1.02
		10895	376	381	1.01
		10844	383	387	1.01
		10860	377	364	0.968
		10911	380	386	1.02
		6351	406	413	1.02
		6357	413	410	0.993
		6363	397	389	0.980
		6345	397	397	1.00
20.3	7	20728	324	332	1.03
		10673	345	345	0.997
		10624	340	337	0.990
		10640	349	345	0.989
		10689	339	344	1.01
		6279	352	350	0.993
		6285	357	349	0.979
		6291	348	335	0.964
		6273	350	346	0.988
14	8	20632	314	323	1.03
		20590	319	333	1.04
		20657	308	319	1.04
		10481	318	321	1.01
		10429	313	309	0.987
		10445	334	335	1.00
		10497	317	317	1.00
		6204	325	323	0.995
		6211	329	326	0.992
		6218	320	318	0.994
		6197	331	327	0.988

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表 0－8(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率αの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力	
8.2	9	20486	298	306	1.03
		20410	284	282	0.992
		20435	297	307	1.03
		20511	294	296	1.01
		10346	300	302	1.01
		10295	292	296	1.01
		10311	292	297	1.01
		10362	298	300	1.00
		6120	302	301	0.997
		6127	305	309	1.01
		6134	298	301	1.01
		6113	306	304	0.994
2	10	20252	283	288	1.02
		20205	275	273	0.993
		20257	281	285	1.02
		20283	281	283	1.01
		10208	279	281	1.01
		10158	280	282	1.01
		10174	281	281	1.00
		10223	282	287	1.02
		6064	281	283	1.01
		6071	278	280	1.01
		6078	282	285	1.01
		6057	280	282	1.01

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるαを示す。

表 0－9(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
63.65	1	11652	513	635	1.24
		11611	513	630	1.23
		11629	517	641	1.24
		11670	517	642	1.24
57.00	2	11516	450	498	1.11
		11506	450	495	1.10
		11517	453	506	1.12
		11526	453	507	1.12
46.50	3	11384	369	426	1.16
		11340	369	424	1.15
		11349	368	414	1.13
		11393	368	419	1.14
		6654	369	460	1.25
		6637	369	465	1.26
		6693	368	459	1.24
		6711	368	461	1.25
38.80	4	11200	343	399	1.16
		11156	343	399	1.16
		11165	341	389	1.14
		11209	341	394	1.16
		6547	342	432	1.26
		6488	342	434	1.27
		6494	341	439	1.28
		6553	341	431	1.26
34.70	5	11024	334	377	1.13
		11006	334	379	1.14
		11025	328	368	1.12
		11043	328	375	1.14
		6481	332	414	1.25
		6408	332	412	1.24
		6414	330	412	1.25
		6487	330	415	1.26

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるβを示す。

表 0－9(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
29	6	20948	326	337	1.03
		10895	322	350	1.09
		10844	322	352	1.09
		10860	318	339	1.07
		10911	318	348	1.10
		6351	320	368	1.15
		6357	321	371	1.16
		6363	320	387	1.21
		6345	319	373	1.17
20.3	7	20728	299	282	0.943
		10673	303	306	1.01
		10624	303	306	1.01
		10640	300	299	0.998
		10689	300	308	1.03
		6279	301	326	1.08
		6285	302	314	1.04
		6291	301	320	1.06
		6273	301	319	1.06
14	8	20632	286	266	0.929
		20590	281	268	0.954
		20657	281	264	0.938
		10481	282	268	0.949
		10429	285	276	0.967
		10445	282	272	0.964
		10497	282	281	0.993
		6204	284	301	1.06
		6211	285	280	0.983
		6218	284	285	1.00
		6197	283	285	1.01

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるβを示す。

表 0－9(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（NS 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
8.2	9	20486	263	251	0.952
		20410	263	245	0.932
		20435	262	253	0.964
		20511	262	251	0.958
		10346	263	253	0.963
		10295	263	252	0.959
		10311	263	254	0.967
		10362	263	256	0.974
		6120	263	263	0.999
		6127	263	255	0.971
		6134	263	257	0.978
		6113	263	256	0.976
2	10	20252	242	246	1.01
		20205	242	243	1.00
		20257	243	247	1.01
		20283	243	245	1.01
		10208	243	247	1.02
		10158	243	247	1.02
		10174	244	248	1.02
		10223	244	248	1.02
		6064	243	247	1.01
		6071	243	248	1.02
		6078	243	248	1.02
		6057	244	249	1.02

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥM節点のうち最大となるβを示す。

表 0－10(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
63.65	1	11652	576	635	1.10
		11611	575	640	1.11
		11629	575	637	1.11
		11670	576	633	1.10
57.00	2	11516	511	576	1.13
		11506	509	578	1.14
		11517	509	580	1.14
		11526	511	576	1.13
46.50	3	11384	425	497	1.17
		11340	416	496	1.19
		11349	416	501	1.20
		11393	425	494	1.16
		6654	425	495	1.16
		6637	416	490	1.18
		6693	416	492	1.18
		6711	425	494	1.16
38.80	4	11200	389	436	1.12
		11156	384	434	1.13
		11165	384	428	1.11
		11209	389	440	1.13
		6547	389	439	1.13
		6488	384	434	1.13
		6494	384	432	1.13
		6553	389	440	1.13
34.70	5	11024	373	409	1.10
		11006	367	411	1.12
		11025	367	403	1.10
		11043	373	413	1.11
		6481	372	439	1.18
		6408	369	433	1.17
		6414	369	427	1.16
		6487	372	440	1.18

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるβを示す。

表 0－10(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
29	6	20948	349	356	1.02
		10895	347	376	1.01
		10844	348	383	1.01
		10860	348	377	0.968
		10911	347	380	1.02
		6351	347	406	1.02
		6357	347	413	0.993
		6363	347	397	0.980
		6345	347	397	1.00
20.3	7	20728	324	324	1.03
		10673	325	345	0.997
		10624	324	340	0.990
		10640	324	349	0.989
		10689	325	339	1.01
		6279	325	352	0.993
		6285	324	357	0.979
		6291	324	348	0.964
		6273	324	350	0.988
14	8	20632	310	314	1.03
		20590	312	319	1.04
		20657	310	308	1.04
		10481	310	318	1.01
		10429	312	313	0.987
		10445	312	334	1.00
		10497	311	317	1.00
		6204	311	325	0.995
		6211	311	329	0.992
		6218	312	320	0.994
		6197	311	331	0.988

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるβを示す。

表 0－10(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率βの算定（EW 方向）

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		β (②/①)
EL. (m)	質点番号	ＦＥＭ節点	① 質点系対応	② 建屋模擬	
8.2	9	20486	300	298	0.992
		20410	299	284	0.950
		20435	299	297	0.993
		20511	300	294	0.980
		10346	300	300	0.999
		10295	300	292	0.975
		10311	300	292	0.976
		10362	300	298	0.995
		6120	300	302	1.01
		6127	300	305	1.02
		6134	300	298	0.995
		6113	300	306	1.02
2	10	20252	288	283	0.983
		20205	287	275	0.958
		20257	288	281	0.977
		20283	287	281	0.977
		10208	288	279	0.971
		10158	288	280	0.973
		10174	288	281	0.976
		10223	288	282	0.980
		6064	288	281	0.976
		6071	288	278	0.965
		6078	288	282	0.980
		6057	288	280	0.973

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥM節点のうち最大となるβを示す。

表 0－11(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（NS 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL.(m)	質点番号	ＦＥＭ節点				
63.65	1	11652	1.05	1.24	1.31	1.31
		11611	1.06	1.23	1.31	
		11629	1.05	1.24	1.31	
		11670	1.01	1.24	1.26	
57.00	2	11516	1.01	1.11	1.13	1.14
		11506	1.02	1.10	1.13	
		11517	1.01	1.12	1.14	
		11526	1.00	1.12	1.12	
46.50	3	11384	1.03	1.16	1.20	1.32
		11340	1.00	1.15	1.15	
		11349	1.00	1.13	1.13	
		11393	1.02	1.14	1.17	
		6654	1.00	1.25	1.25	
		6637	1.04	1.26	1.32	
		6693	1.01	1.24	1.26	
		6711	1.00	1.25	1.25	
38.80	4	11200	1.03	1.16	1.20	1.28
		11156	1.00	1.16	1.16	
		11165	1.00	1.14	1.14	
		11209	1.00	1.16	1.16	
		6547	1.00	1.26	1.26	
		6488	1.00	1.27	1.27	
		6494	1.00	1.28	1.28	
		6553	1.00	1.26	1.26	
34.70	5	11024	1.03	1.13	1.17	1.26
		11006	1.00	1.14	1.14	
		11025	1.00	1.12	1.12	
		11043	1.00	1.14	1.14	
		6481	1.00	1.25	1.25	
		6408	1.00	1.24	1.24	
		6414	1.00	1.25	1.25	
		6487	1.00	1.26	1.26	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

表 0－11(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（NS 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL. (m)	質点 番号	ＦＥＭ 節点				
29	6	20948	1.05	1.03	1.09	1.21
		10895	1.02	1.09	1.12	
		10844	1.00	1.09	1.09	
		10860	1.00	1.07	1.07	
		10911	1.00	1.10	1.10	
		6351	1.00	1.15	1.15	
		6357	1.00	1.16	1.16	
		6363	1.00	1.21	1.21	
		6345	1.00	1.17	1.17	
20.3	7	20728	1.01	1.00	1.01	1.11
		10673	1.01	1.01	1.03	
		10624	1.00	1.01	1.01	
		10640	1.00	1.00	1.00	
		10689	1.00	1.03	1.03	
		6279	1.02	1.08	1.11	
		6285	1.00	1.04	1.04	
		6291	1.00	1.06	1.06	
		6273	1.00	1.06	1.06	
14	8	20632	1.02	1.00	1.02	1.09
		20590	1.01	1.00	1.01	
		20657	1.01	1.00	1.01	
		10481	1.01	1.00	1.01	
		10429	1.00	1.00	1.00	
		10445	1.00	1.00	1.00	
		10497	1.00	1.00	1.00	
		6204	1.02	1.06	1.09	
		6211	1.01	1.00	1.01	
		6218	1.00	1.00	1.00	
		6197	1.01	1.01	1.03	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

表 0－11(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（NS 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL.(m)	質点番号	ＦＥＭ節点				
8.2	9	20486	1.00	1.00	1.00	1.03
		20410	1.03	1.00	1.03	
		20435	1.01	1.00	1.01	
		20511	1.00	1.00	1.00	
		10346	1.00	1.00	1.00	
		10295	1.01	1.00	1.01	
		10311	1.01	1.00	1.01	
		10362	1.01	1.00	1.01	
		6120	1.02	1.00	1.02	
		6127	1.00	1.00	1.00	
		6134	1.01	1.00	1.01	
		6113	1.01	1.00	1.01	
2	10	20252	1.01	1.01	1.03	1.04
		20205	1.01	1.00	1.01	
		20257	1.00	1.01	1.01	
		20283	1.00	1.01	1.01	
		10208	1.01	1.02	1.04	
		10158	1.00	1.02	1.02	
		10174	1.00	1.02	1.02	
		10223	1.00	1.02	1.02	
		6064	1.02	1.01	1.04	
		6071	1.00	1.02	1.02	
		6078	1.00	1.02	1.02	
		6057	1.00	1.02	1.02	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

表 0－12(1／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（EW 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL.(m)	質点番号	ＦＥＭ節点				
63.65	1	11652	1.06	1.10	1.17	1.19
		11611	1.02	1.11	1.14	
		11629	1.07	1.11	1.19	
		11670	1.02	1.10	1.13	
57.00	2	11516	1.04	1.13	1.18	1.19
		11506	1.02	1.14	1.17	
		11517	1.04	1.14	1.19	
		11526	1.03	1.13	1.17	
46.50	3	11384	1.02	1.17	1.20	1.24
		11340	1.02	1.19	1.22	
		11349	1.03	1.20	1.24	
		11393	1.03	1.16	1.20	
		6654	1.02	1.16	1.19	
		6637	1.00	1.18	1.18	
		6693	1.01	1.18	1.20	
		6711	1.02	1.16	1.19	
38.80	4	11200	1.00	1.12	1.12	1.18
		11156	1.04	1.13	1.18	
		11165	1.00	1.11	1.11	
		11209	1.02	1.13	1.16	
		6547	1.00	1.13	1.13	
		6488	1.02	1.13	1.16	
		6494	1.01	1.13	1.15	
		6553	1.00	1.13	1.13	
34.70	5	11024	1.00	1.10	1.10	1.23
		11006	1.02	1.12	1.15	
		11025	1.00	1.10	1.10	
		11043	1.01	1.11	1.13	
		6481	1.03	1.18	1.22	
		6408	1.00	1.17	1.17	
		6414	1.00	1.16	1.16	
		6487	1.04	1.18	1.23	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

表 0－12(2／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（EW 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL. (m)	質点 番号	ＦＥＭ 節点				
29	6	20948	1.02	1.02	1.05	1.20
		10895	1.01	1.08	1.10	
		10844	1.01	1.10	1.12	
		10860	1.00	1.08	1.08	
		10911	1.02	1.10	1.13	
		6351	1.02	1.17	1.20	
		6357	1.00	1.19	1.19	
		6363	1.00	1.14	1.14	
		6345	1.00	1.14	1.14	
20.3	7	20728	1.03	1.00	1.03	1.10
		10673	1.00	1.06	1.06	
		10624	1.00	1.05	1.05	
		10640	1.00	1.08	1.08	
		10689	1.01	1.05	1.07	
		6279	1.00	1.09	1.09	
		6285	1.00	1.10	1.10	
		6291	1.00	1.07	1.07	
		6273	1.00	1.08	1.08	
14	8	20632	1.03	1.01	1.05	1.07
		20590	1.04	1.02	1.07	
		20657	1.04	1.00	1.04	
		10481	1.01	1.03	1.05	
		10429	1.00	1.00	1.00	
		10445	1.00	1.07	1.07	
		10497	1.00	1.02	1.02	
		6204	1.00	1.04	1.04	
		6211	1.00	1.06	1.06	
		6218	1.00	1.03	1.03	
		6197	1.00	1.06	1.06	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

表 0－12(3／3)　建屋耐震評価用の応答補正比率ζの算定（EW 方向）

評価点			α	β	α×β	応答補正比率ζ
EL.(m)	質点番号	ＦＥＭ節点				
8.2	9	20486	1.03	1.00	1.03	1.04
		20410	1.00	1.00	1.00	
		20435	1.03	1.00	1.03	
		20511	1.01	1.00	1.01	
		10346	1.01	1.00	1.01	
		10295	1.01	1.00	1.01	
		10311	1.01	1.00	1.01	
		10362	1.00	1.00	1.00	
		6120	1.00	1.01	1.01	
		6127	1.01	1.02	1.04	
		6134	1.01	1.00	1.01	
		6113	1.00	1.02	1.02	
2	10	20252	1.02	1.00	1.02	1.02
		20205	1.00	1.00	1.00	
		20257	1.02	1.00	1.02	
		20283	1.01	1.00	1.01	
		10208	1.01	1.00	1.01	
		10158	1.01	1.00	1.01	
		10174	1.00	1.00	1.00	
		10223	1.02	1.00	1.02	
		6064	1.01	1.00	1.01	
		6071	1.01	1.00	1.01	
		6078	1.01	1.00	1.01	
		6057	1.01	1.00	1.01	

※網掛け部：質点番号に対応したＦＥＭ節点のうち最大となるζ（＝α×β）を示す。

b. 評価結果

各層の応答比率を乗じた最大応答せん断力及び最大せん断ひずみを表 0－13 に示す。補正後の応答をプロットしたせん断スケルトンカーブを図 0－10 及び図 0－11 に示す。

質点系モデルの最大応答せん断力 Q に応答補正比率 ζ を乗じて，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響及び 3 次元的な応答特性を踏まえたせん断ひずみを評価した結果，NS 方向及び EW 方向ともに全ての層において，評価基準値（2.0×10^{-3}）を超えないことを確認した。

以上のことから，原子炉建屋については，3 次元的な応答特性による応答補正を考慮しても，建屋が有する耐震性への影響はないことを確認した。

表 0－13　3 次元的な応答特性を踏まえたせん断力及びせん断ひずみ

(a)　NS 方向

要素番号	質点系モデルの最大応答値（Ss）			応答補正比率ζ	応答補正後（最大応答値×ζ）	
	Q ($\times 10^5$kN)	γ ($\times 10^{-3}$)	地震動		Q ($\times 10^5$kN)	γ ($\times 10^{-3}$)
1	0.212	0.084	Ss-21	1.31	0.278	0.110
2	0.396	0.158	Ss-21	1.14	0.452	0.180
3	0.989	0.051	Ss-31	1.32	1.31	0.067
4	1.83	0.169	Ss-31	1.28	1.95	0.227
5	2.50	0.452	Ss-31	1.26	2.67	0.637
6	3.54	0.259	Ss-31	1.21	3.80	0.333
7	4.63	0.367	Ss-31	1.11	4.85	0.424
8	5.96	0.164	Ss-31	1.09	6.50	0.179
9	6.77	0.158	Ss-31	1.03	6.97	0.163
10	7.57	0.177	Ss-31	1.04	7.87	0.184

(b)　EW 方向

要素番号	質点系モデルの最大応答値（Ss）			応答補正比率ζ	応答補正後（最大応答値×ζ）	
	Q ($\times 10^5$kN)	γ ($\times 10^{-3}$)	地震動		Q ($\times 10^5$kN)	γ ($\times 10^{-3}$)
1	0.214	0.091	Ss-22	1.19	0.255	0.108
2	0.398	0.169	Ss-22	1.19	0.442	0.202
3	0.989	0.070	Ss-31	1.24	1.23	0.086
4	1.79	0.138	Ss-31	1.18	2.10	0.162
5	2.53	0.298	Ss-31	1.23	2.79	0.396
6	3.56	0.259	Ss-31	1.20	3.84	0.332
7	4.63	0.468	Ss-31	1.10	4.83	0.535
8	6.07	0.235	Ss-31	1.07	6.19	0.255
9	6.83	0.163	Ss-31	1.04	7.10	0.170
10	7.71	0.184	Ss-31	1.02	7.86	0.188

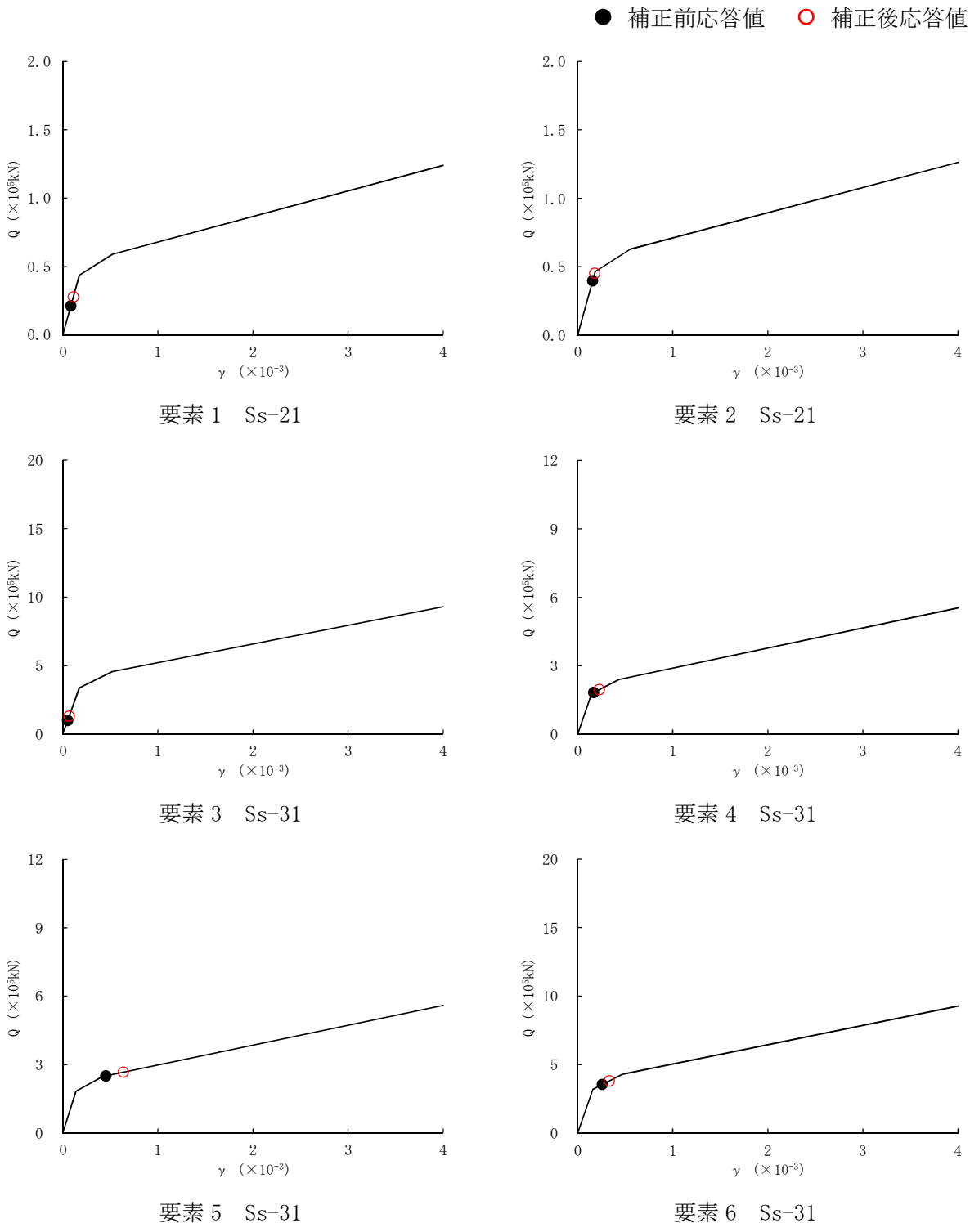


図 0－10(1／2)　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS 方向）

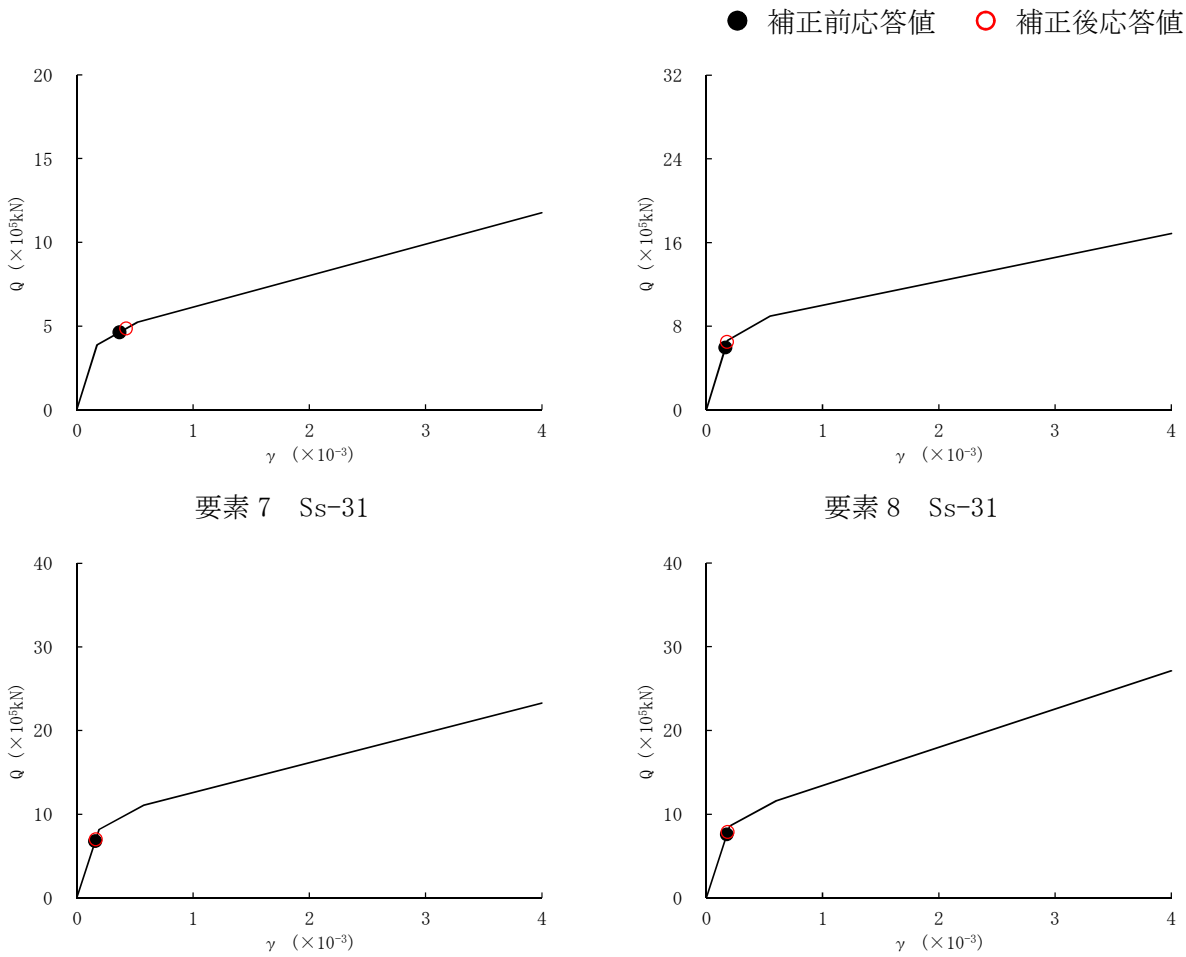


図 0－10(2／2)　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS 方向）

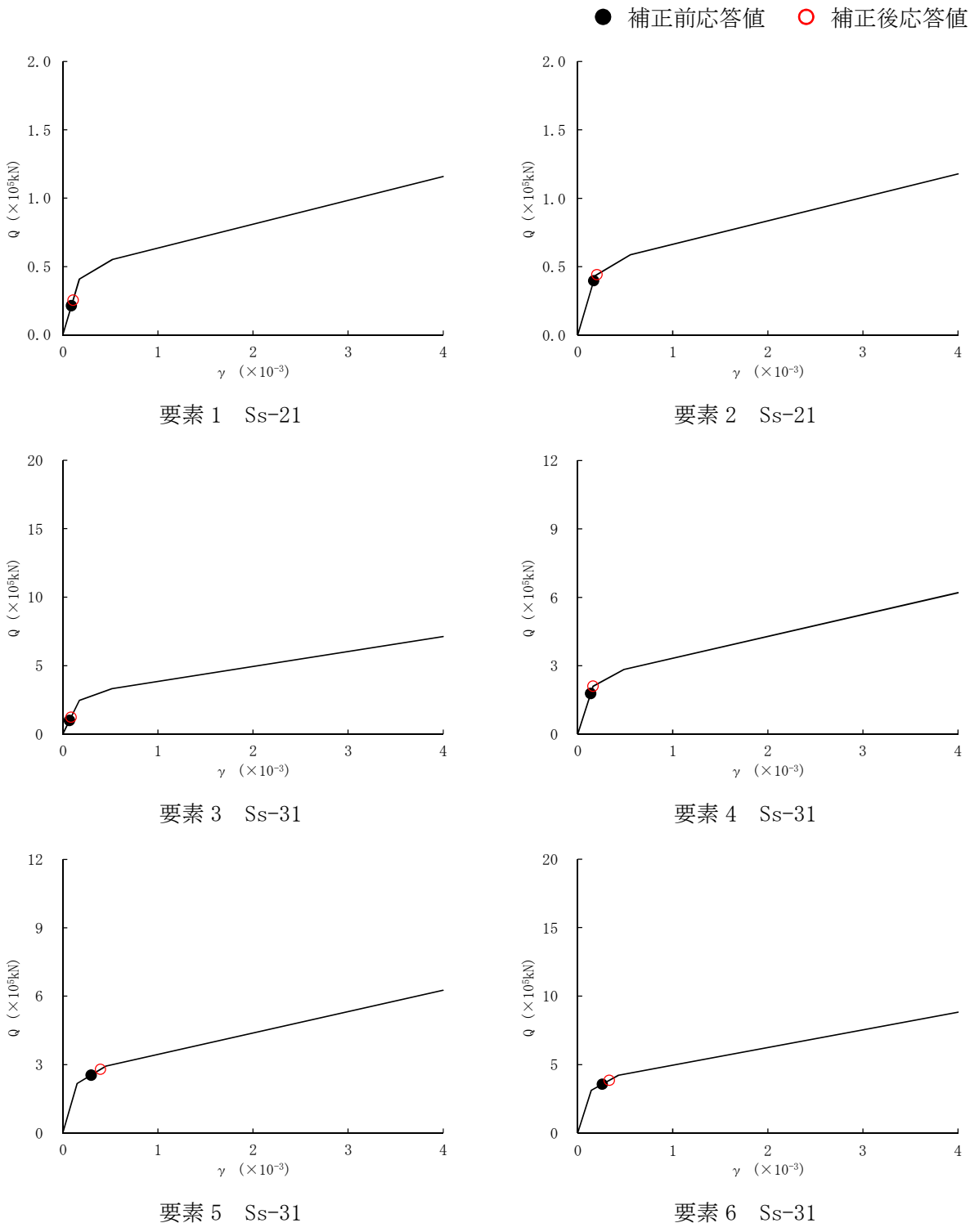


図 0－11(1／2)　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW 方向）

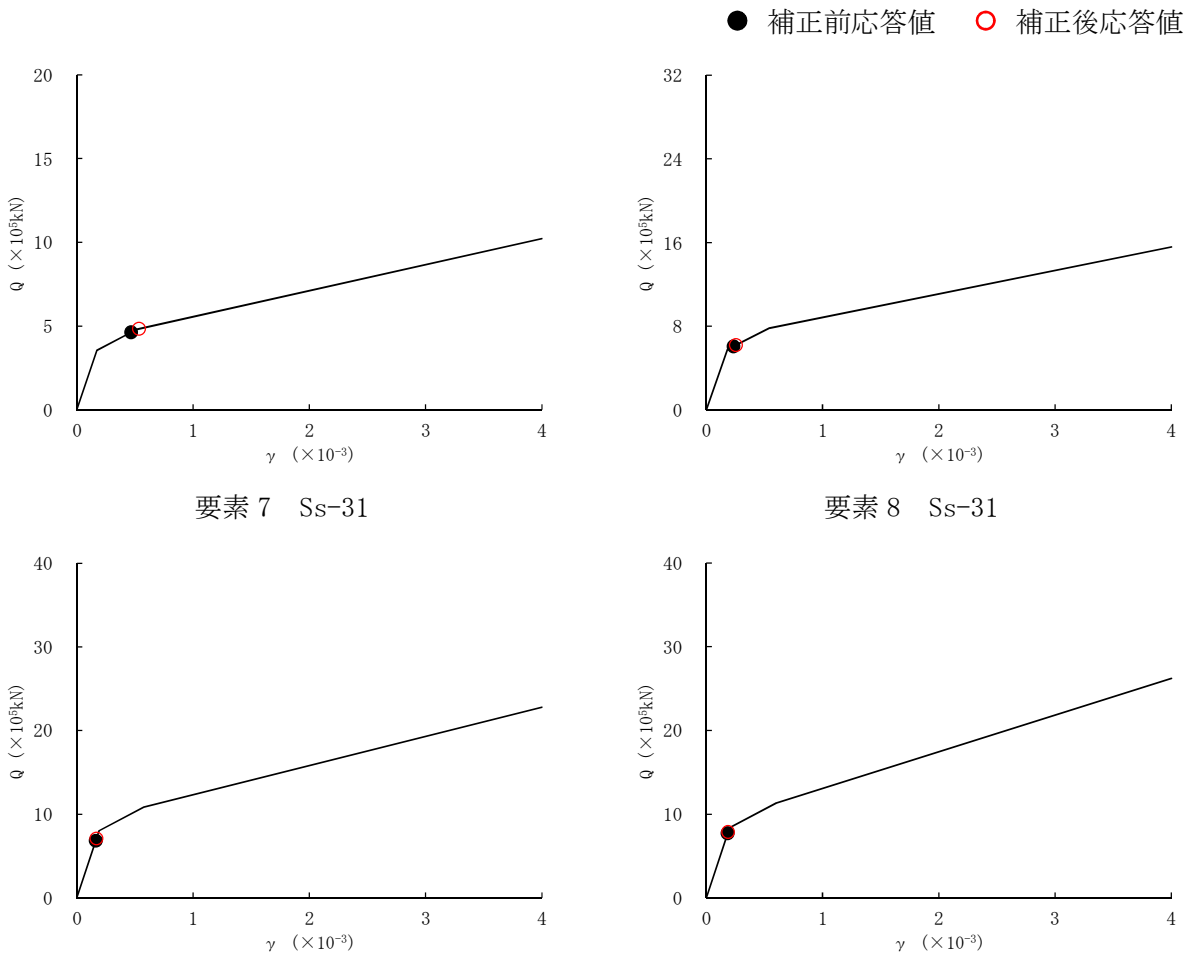


図 0－11(2／2)　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW 方向）

2.7　床応答への影響検討

3 次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析結果から，3 次元的挙動が床応答に及ぼす影響について検討する。

評価部位は，図 0－5 における各レベルの I／W 位置の北西部とする。

評価にあたっては，3 次元ＦＥＭモデルにおける 1 方向入力及び 3 方向同時入力時の床応答の比較，並びに質点系モデル及び 3 次元ＦＥＭモデルの床応答を比較し，3 次元的な応答特性の影響を確認する。

ここで，1 方向入力及び 3 方向同時入力時の床応答の比較については，「3.2(4)水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」にて検討しており，各レベルにおいて 3 方向同時入力による影響はほとんどないことを確認している。

質点系モデル及び 3 次元ＦＥＭモデルの床応答の比較について，地震動の入力は質点系モデルで 1 方向入力していることから，3 次元ＦＥＭモデルにおいても 1 方向入力で比較する。

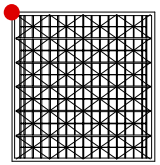
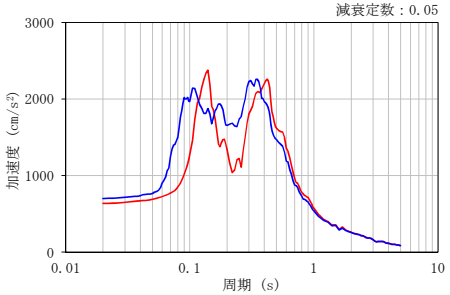
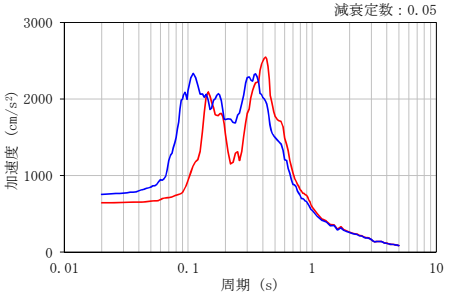
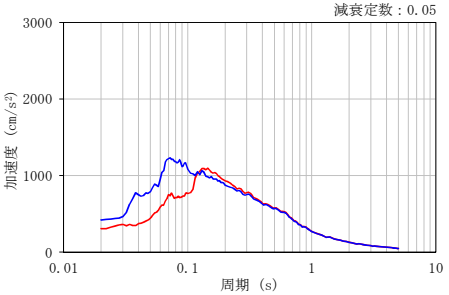
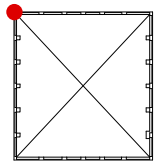
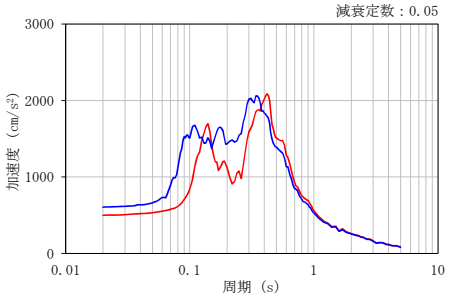
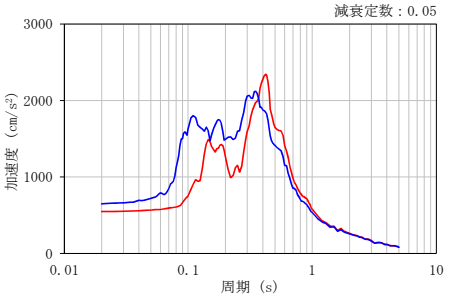
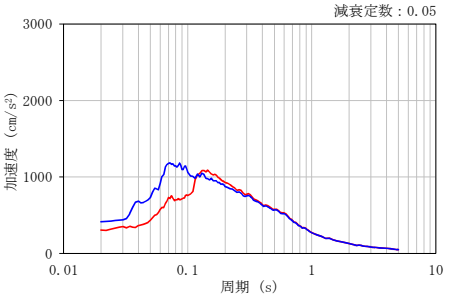
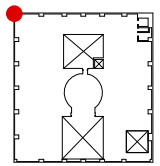
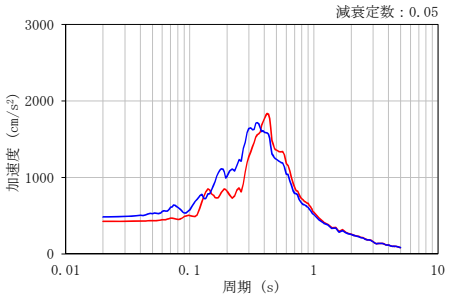
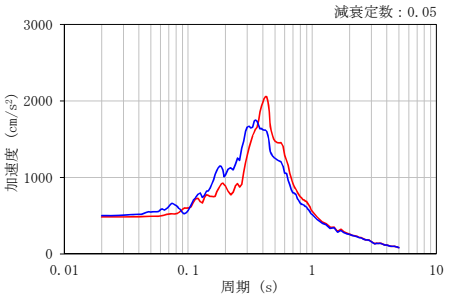
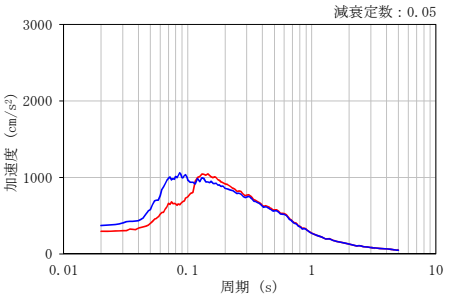
表 0－14 に比較結果を示す。

質点系モデルの応答と建屋模擬モデルの応答は概ね同等であることが確認できた。

以上のことから，3 次元的な応答特性を踏まえても，原子炉建屋における質点系モデルの応答は，妥当な応答となることが確認できた。

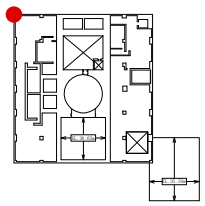
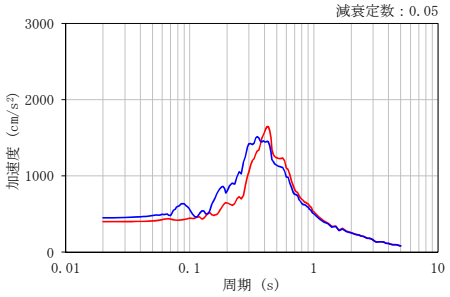
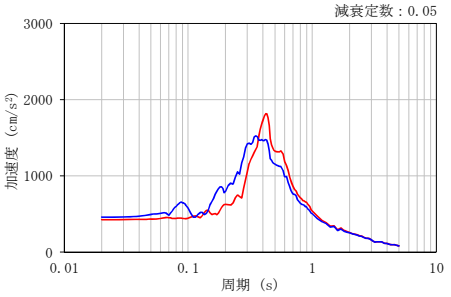
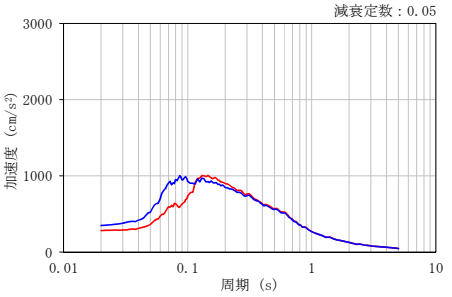
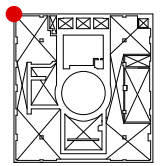
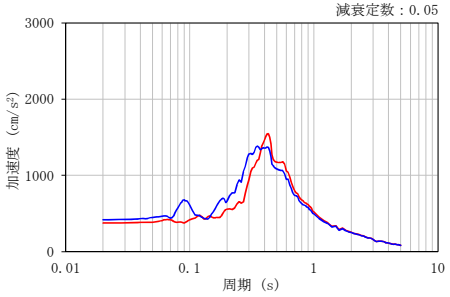
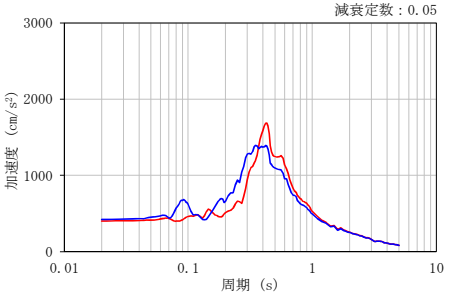
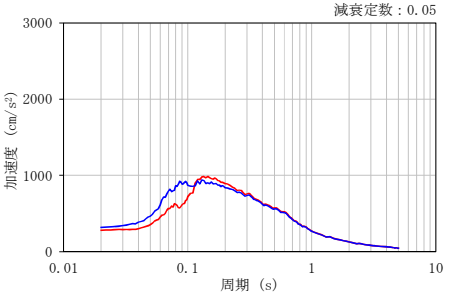
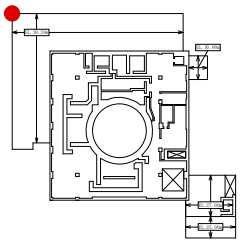
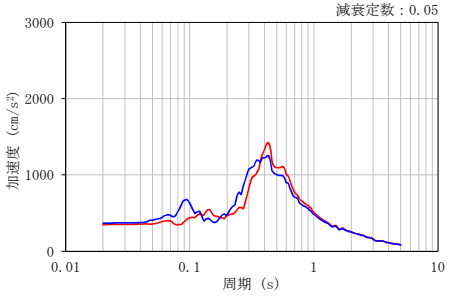
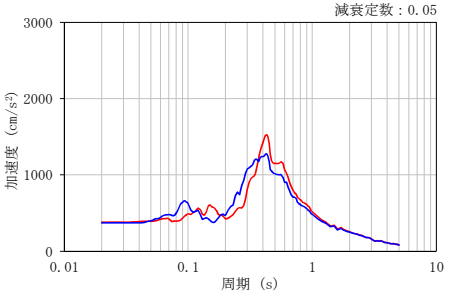
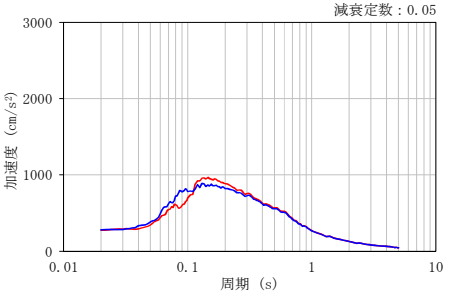
なお，「3.2　建屋応答性状の把握」で確認したように，EL.46.5 m の EW 方向については，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響で局所的な応答が生じるため，「別紙 4 機器・配管系に関する説明資料」において，その影響について検討を行う。

表 0－14(1／4)　3 次元ＦＥＭモデル（建屋模擬モデル）及び質点系モデルの応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答	UD 応答
 EL. 63. 65m No. 11652			
 EL. 59. 0m No. 11516			
 EL. 46. 5m No. 11384			

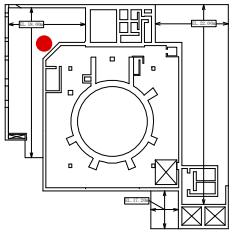
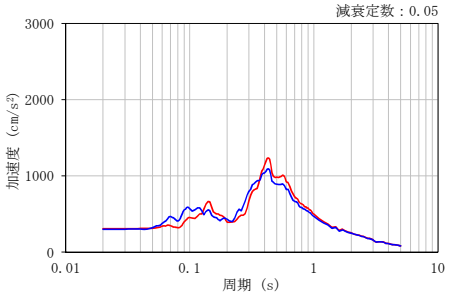
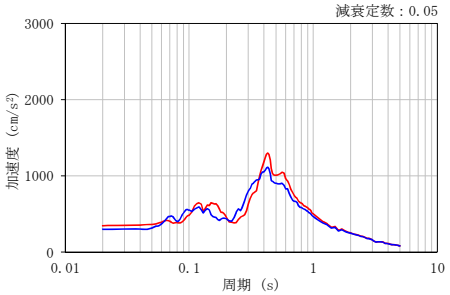
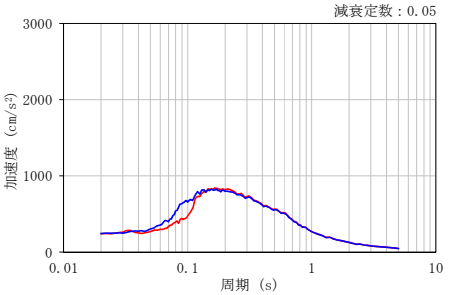
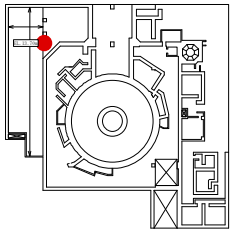
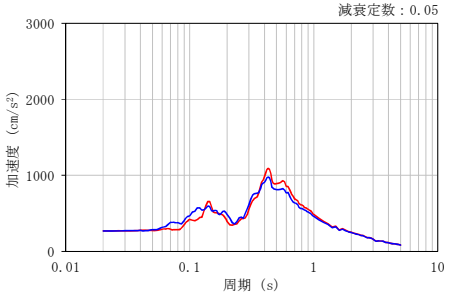
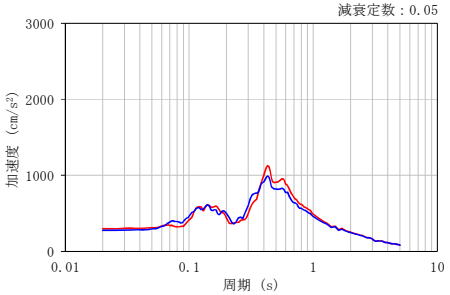
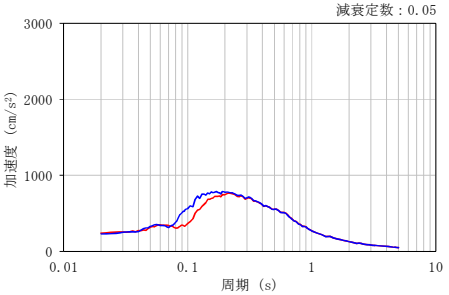
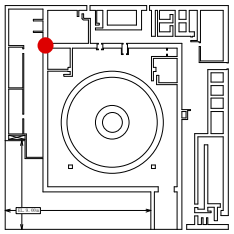
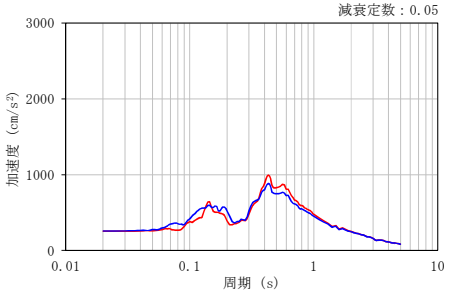
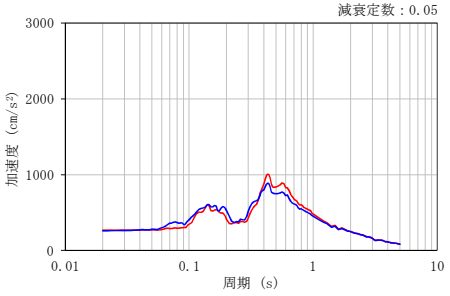
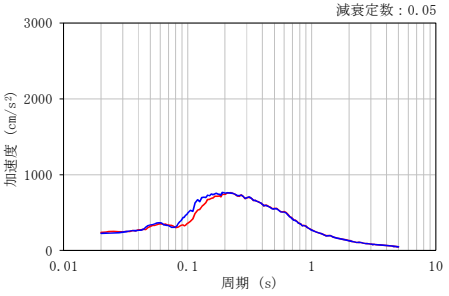
建屋模擬モデル　質点系モデル

表 0－14(2／4)　3 次元ＦＥＭモデル（建屋模擬モデル）及び質点系モデルの応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答	UD 応答
 EL. 38. 8m No. 11200			
 EL. 34. 7m No. 11024			
 EL. 29. 0m No. 10895			

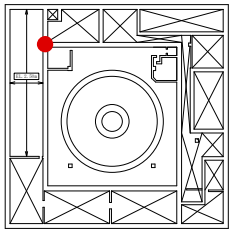
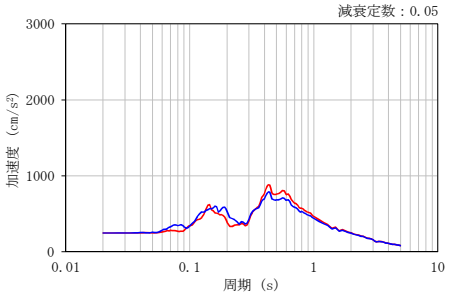
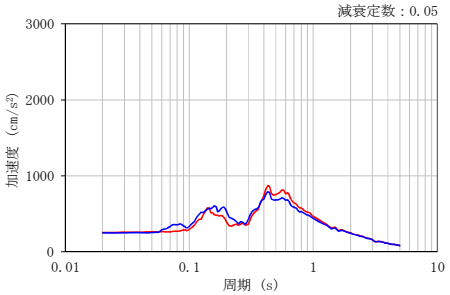
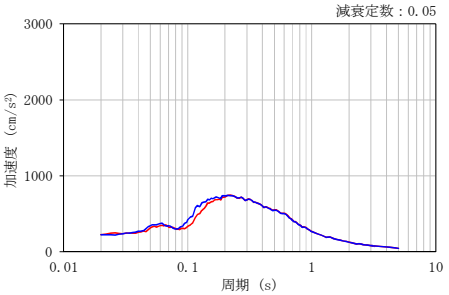
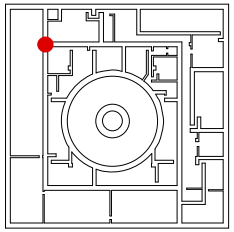
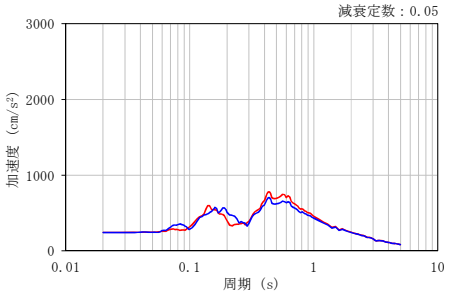
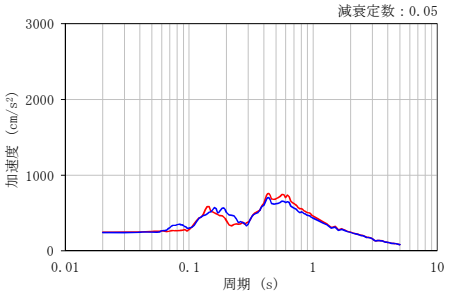
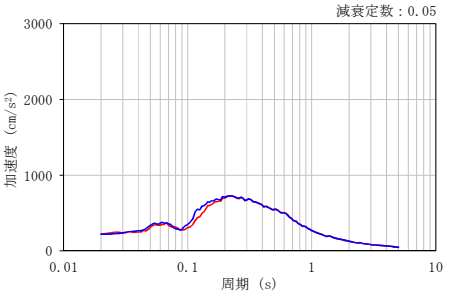
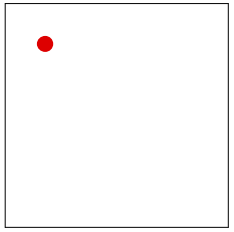
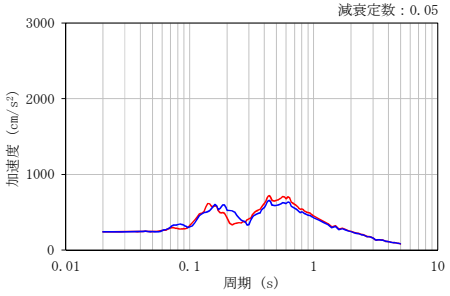
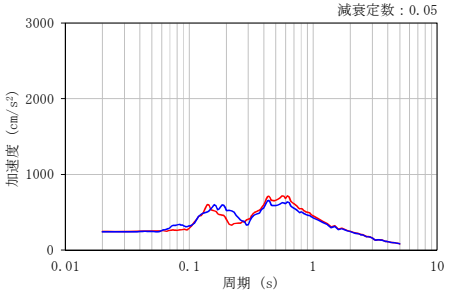
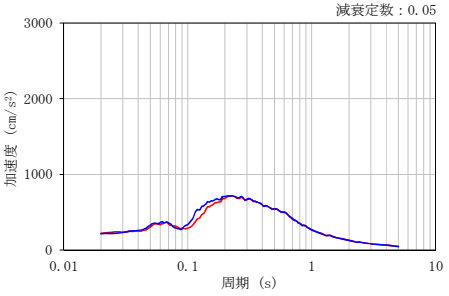
建屋模擬モデル　質点系モデル

表 0－14(3／4)　3 次元ＦＥＭモデル（建屋模擬モデル）及び質点系モデルの応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答	UD 応答
 EL. 20. 3m No. 10673			
 EL. 14. 0m No. 10481			
 EL. 8. 20m No. 10346			

建屋模擬モデル　質点系モデル

表 0－14(4／4)　3 次元ＦＥＭモデル（建屋模擬モデル）及び質点系モデルの応答比較

評価点	NS 応答	EW 応答	UD 応答
 EL. 2. 00m No. 10208			
 EL. -4. 00m No. 5598			
 EL. -9. 00m No. 1598			

建屋模擬モデル　質点系モデル

別紙3の補足説明資料

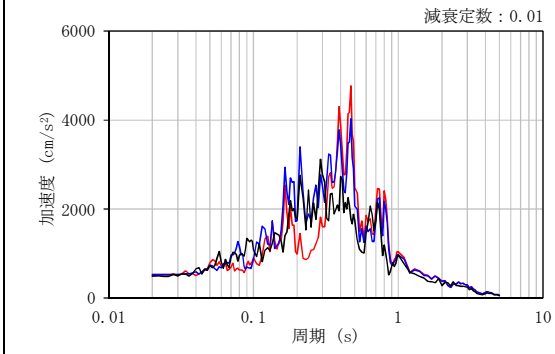
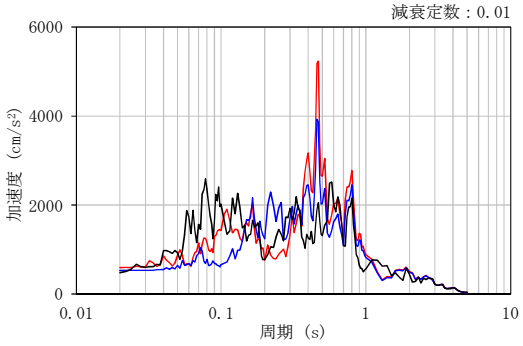
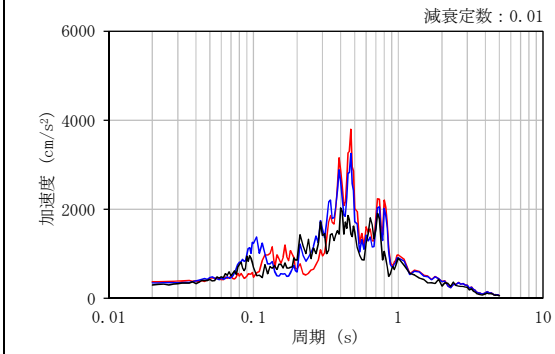
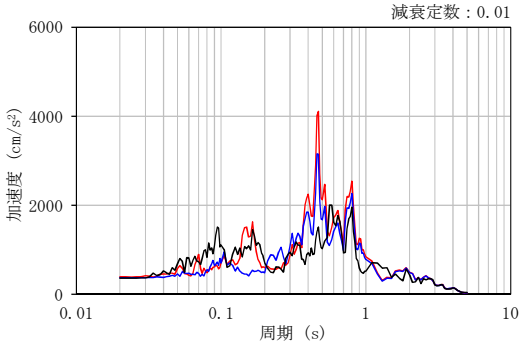
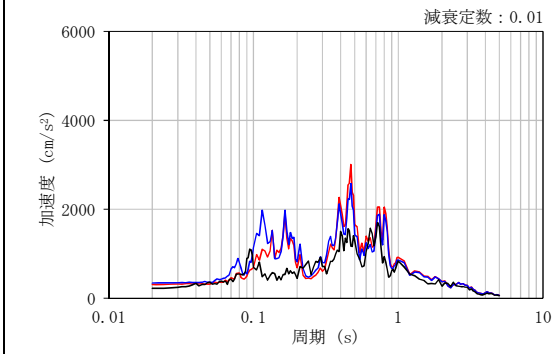
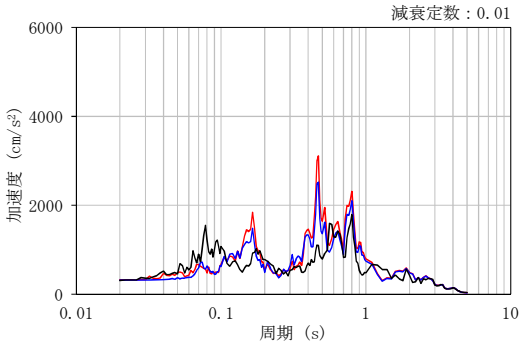
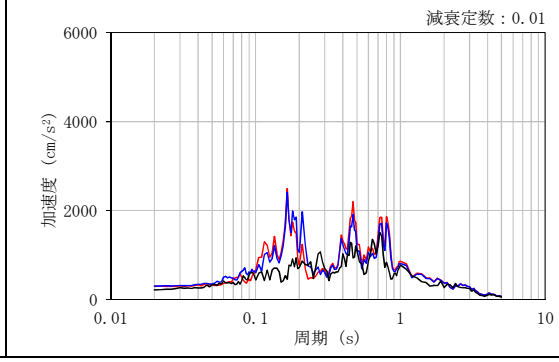
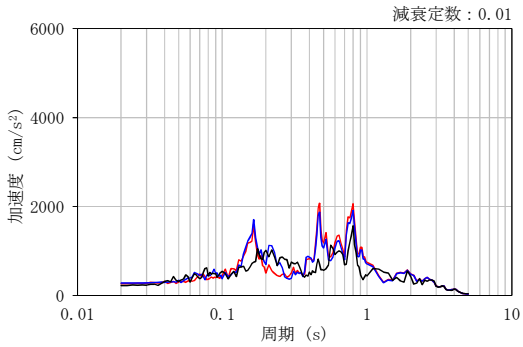
1. はじめに

本資料は，「別紙 3　3 次元ＦＥＭモデルによる地震応答解析」の「2.3　観測記録を用いた検討」において示した，観測記録とシミュレーション解析結果の比較について減衰定数を 0.1 とした場合の床応答スペクトルを記載するものである。

2. 床応答スペクトル

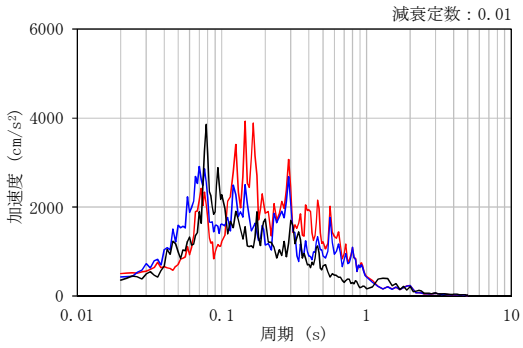
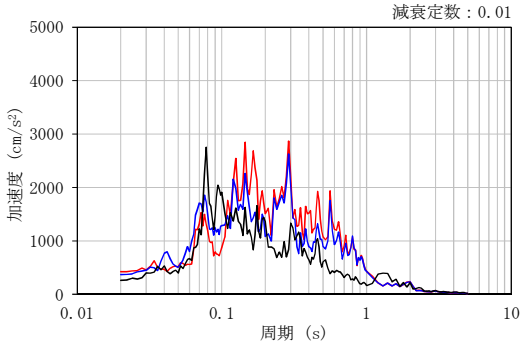
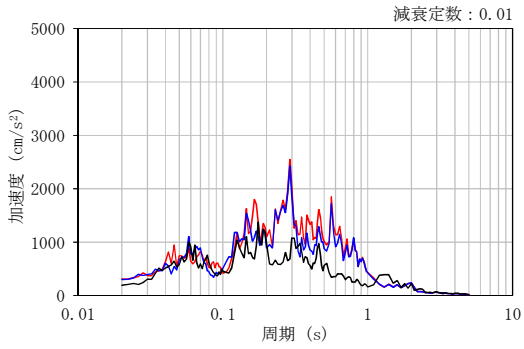
EL.46.5 m，EL.29.0 m，EL.14.0 m 及び EL.-4.0 m の地震計位置での観測記録及び解析結果の加速度応答スペクトルの比較を表 2－1 に示す。なお，観測記録と比較するための解析結果は 3 方向同時入力による結果とし，地震計位置近傍の節点のものを用いる。また，添付資料Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に用いた質点系モデルにおける解析結果も参考として併せて示す。

表 2－1(1／2)　観測記録と解析結果の比較（h＝1%）

EL. (m)	NS 方向	EW 方向
46.5		
29.0		
14.0		
-4.0		

観測記録　3 次元ＦＥＭ　質点系

表 2－1(2／2)　観測記録と解析結果の比較（h＝1%）

EL. (m)	UD 方向
46.5	
29.0	
14.0	
-4.0	

観測記録　　3 次元ＦＥＭ　　質点系

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-13【機電分耐震計算書の補足について】

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における拡幅マージンの考慮について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について
5. 弁の動的機能維持評価の検討方針
6. 動的機能維持の詳細評価について（新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について）
7. 原子炉格納容器の耐震安全性評価について

下線：ご提出資料

5.　弁の動的機能維持評価の検討方針

1.　はじめに

本資料では，実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正（以下「技術基準規則解釈等の改正」という）を踏まえて，弁の動的機能維持の検討方針を示す。

2.　弁機能維持評価に用いる配管系の応答値について

技術基準規則解釈等の改正を踏まえて，東海第二発電所の配管系に設置される弁の機能維持評価に適用する加速度値の算定方針について，規格基準に基づく設計手順を整理し，比較することにより示す。規格基準に基づく手法としてＪＥＡＧ4601 の当該記載部の抜粋を図 1 に示す。

(1)　規格基準に基づく設計手順の整理

ＪＥＡＧ4601 において，弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。

配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度（以下「ZPA」という。）を用いること，また，柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより，弁の動的機能維持評価を実施することとされている。

(2)　今回工認における東海第二発電所の設計手順

今回工認における東海第二発電所の弁駆動での応答加速度値の設定は，上記のＪＥＡＧ4601 の規定に加えて一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。

ａ．剛の場合

配管系が剛な場合は，最大加速度に一定の余裕を考慮し 1.2 倍した値(1.2ZPA)を用いて弁駆動部の応答加速度を算出し，機能維持評価を実施する。

ｂ．柔の場合

配管系の固有値が柔の場合は，ＪＥＡＧ4601 の手順と同様にスペクトルモーダル解析を行い弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて，剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から 1.2 倍した最大加速度（1.2ZPA）による弁駆動部の応答加速度を算定し，何れか大きい加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。

また，今回工認における弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において，剛領域の振動モードの影響を踏まえて，振動数領域を

20Hz から今回工認においては，50Hz まで考慮した地震応答解析により，弁の応答加速度値の算定を行う。

弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び東海第二発電所の耐震設計手順の比較を表 1 に示す。表 1 に示すとおり，東海第二発電所における弁の機能維持評価に用いる加速度値としては，規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。

表 1　弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較

配管系の固有値	ＪＥＡＧ4601	東海第二発電所
剛の場合	最大加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大加速度を 1.2 倍した値(1.2ZPA)を適用する。
柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析＊1から算定される弁駆動部の応答加速度値又は最大加速度を 1.2 倍した値(1.2ZPA)の何れか大きい方を適用する。

＊1　振動数領域として 50Hz まで考慮した地震応答解析により算定する。

(5) 地震応答解析

弁の地震応答を算出するに当たり，(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み，地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は，配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。

配管系の固有値が剛と判断される場合は，静的応答解析を行うが，この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのＺＰＡ（ゼロ周期加速度）であり，これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また，剛の範囲にない場合には，原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い，算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に，弁の詳細評価が必要となる場合には，弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。

なお，減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5～2.5%の値を用いるものとする。

図１　ＪＥＡＧ4601（1991）の抜粋

3.　スペクトルモーダル解析における考慮する振動数領域の検討について

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価について，動的機能維持要求弁として主蒸気逃がし安全弁，主蒸気隔離弁が設置された主蒸気系配管に対して検討を行った。本検討では，東海第二発電所における従来の弁の機能維持評価に用いる振動数領域は 20Hz までとしていたが，新たに 50Hz，100Hz まで考慮したスペクトルモーダル解析を実施した。本検討の詳細は添付 1 に示す。

解析結果として 50Hz まで振動数を考慮した場合については，20Hz に比べて応答加速度が増加したものの，100Hz まで考慮した場合では，50Hz の応答加速度に対して，弁の応答加速度値に増加がないことから，東海第二発電所における弁の機能維持評価に用いる周波数領域については，50Hz までを基本として評価を実施することとする。

また，本評価は代表的な弁での検討であるため，その他の動的機能要求弁についても同様の検討を行うことにより，機能維持の確認を行う。

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価

1. はじめに

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価として，主蒸気逃がし安全弁及び主蒸気隔離弁が設置された主蒸気系配管について，スペクトルモーダル解析にて考慮する範囲として 20Hz，50Hz 及び 100Hz までとし，各々評価結果として，弁駆動部の応答加速度を算定した。

2. 解析モデル

弁の機能維持評価に用いる主蒸気系配管の解析モデルを図 2 に示す。評価に用いる解析モデルは，原子炉圧力容器ノズルから主蒸気隔離弁の下流側をアンカ点としたモデルであり，また主蒸気逃がし安全弁の排気管についてもモデル化している。

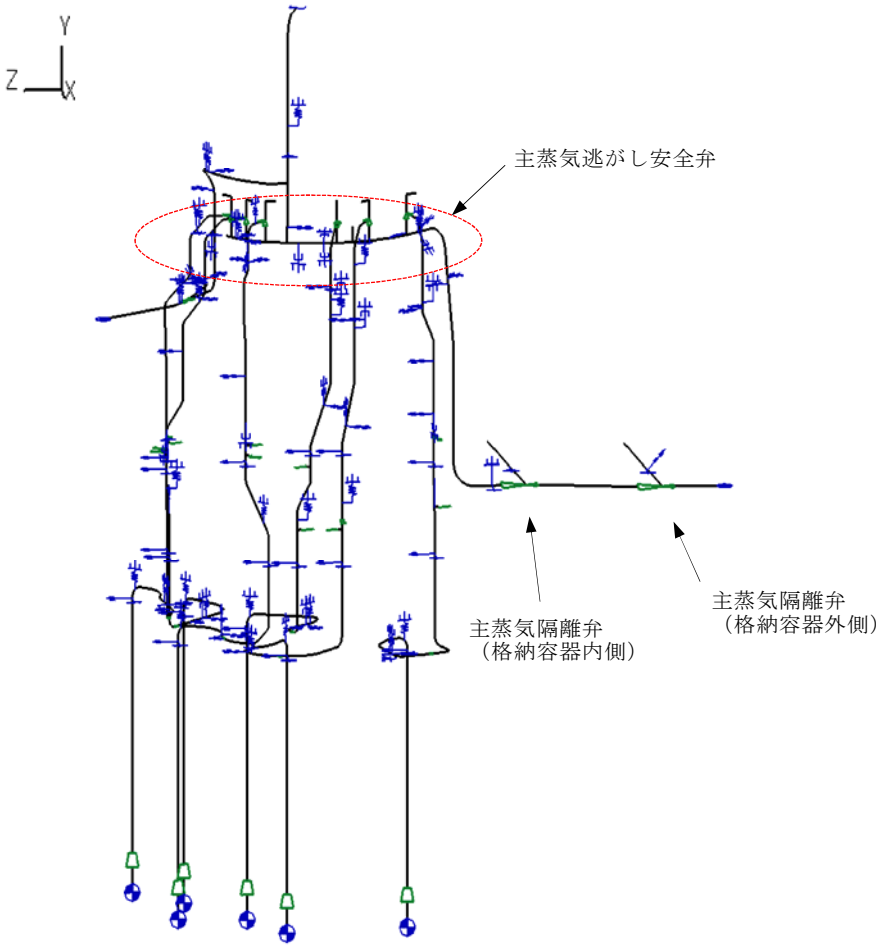


図 2 主蒸気系配管の解析モデル図

3.　入力条件

当該解析モデルは柔構造であることから，スペクトルモーダル解析から算定される弁駆動部の応答加速度値又は最大加速度を 1.2 倍した値(1.2ZPA)の何れか大きい方を適用して機能維持評価を行う。

スペクトルモーダル解析における入力条件としては，設計用床応答曲線に 1.5 倍の余裕を見込んだ加速度値を用いることとする。なお設計用床応答曲線の作成を 20Hz としていることから，20Hz を超えた範囲については，最大応答加速度を入力とする。入力条件となる動的機能維持評価用床応答スペクトルを図 3 に示す。動的機能維持評価用床応答スペクトルの適用性を添付 2 に示す。

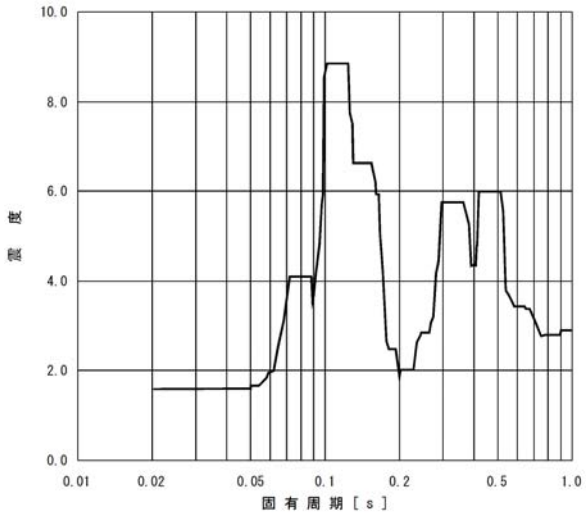


図 3(1)　原子炉本体の基礎（EL.19.856m）の動的機能維持評価用床応答スペクトル
（水平方向，減衰定数 2.0%）

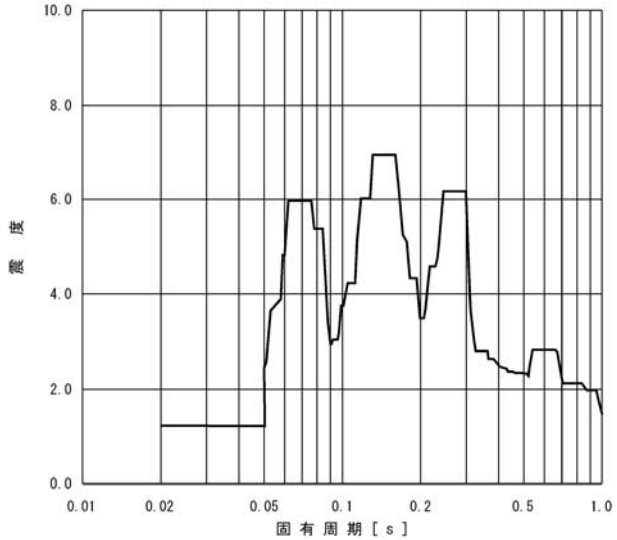


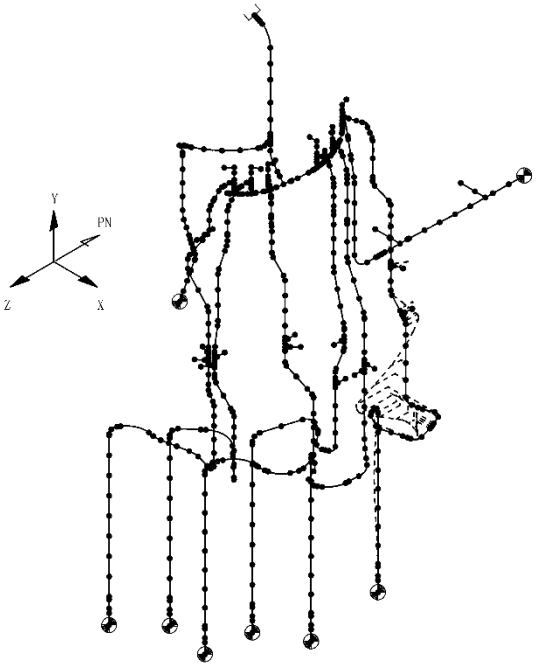
図 3(2)　原子炉本体の基礎（EL.19.856m）の動的機能維持評価用床応答スペクトル
（鉛直方向，減衰定数 2.0%）

4.　固有値解析結果

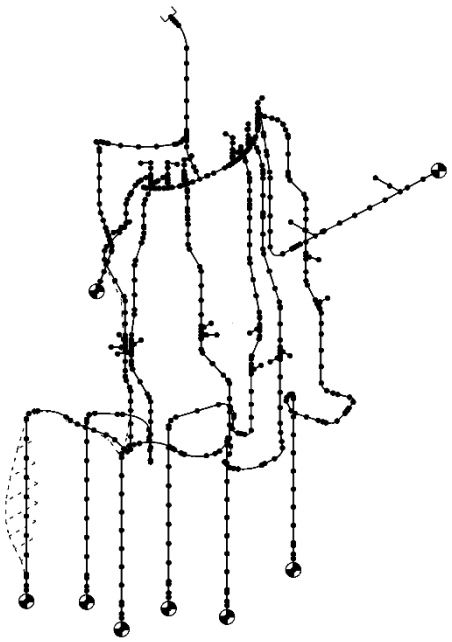
主蒸気系配管の固有値解析結果として，固有周期，刺激係数及び設計震度を表 2 に，振動モード図を図 4 に示す。

表 2　主蒸気系配管の固有周期，刺激係数及び設計震度

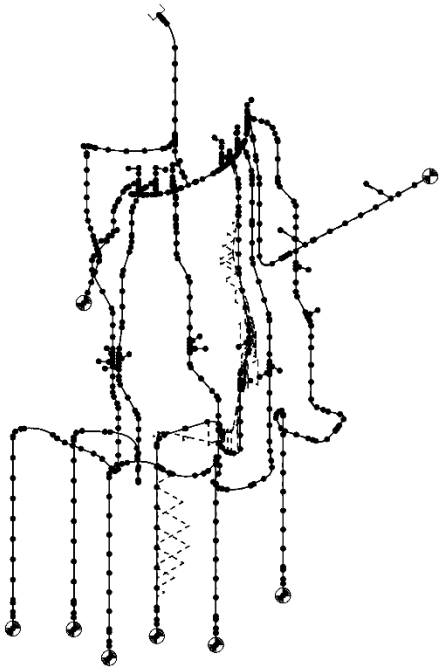
モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (S)	刺激係数			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次	8.489	0.118	0.222	0.045	0.054	8.85	8.85	5.98
2 次	9.177	0.109	0.179	0.043	0.016	8.85	8.85	4.23
3 次	10.208	0.098	0.254	0.148	0.320	5.91	5.91	3.45
4 次	10.361	0.097	0.106	0.015	0.333	5.50	5.50	3.11
5 次	10.540	0.095	0.640	0.069	0.735	4.79	4.79	3.04
6 次	10.717	0.093	0.027	0.009	0.310	4.48	4.48	3.04
7 次	10.787	0.093	0.039	0.222	0.311	4.36	4.36	3.04
8 次	10.892	0.092	0.921	0.199	0.213	4.17	4.17	3.02
9 次	11.127	0.090	0.231	0.030	0.074	3.66	3.66	2.98
10 次	11.201	0.089	0.535	0.396	0.932	3.59	3.59	3.11
138 次	49.900	0.020	0.095	0.039	0.042	1.29	1.29	1.04



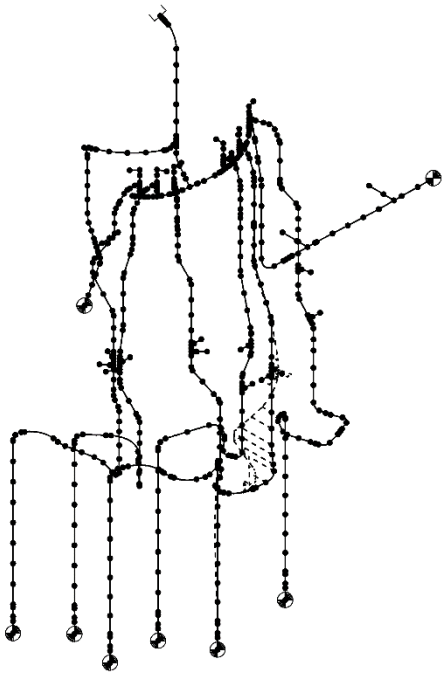
振動モード図（1 次）
固有振動数：0.118 秒



振動モード図（2 次）
固有振動数：0.109 秒

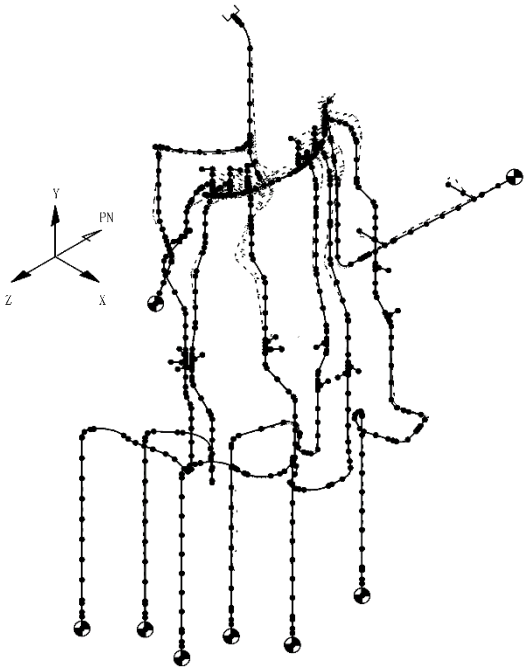


振動モード図（3 次）
固有振動数：0.098 秒

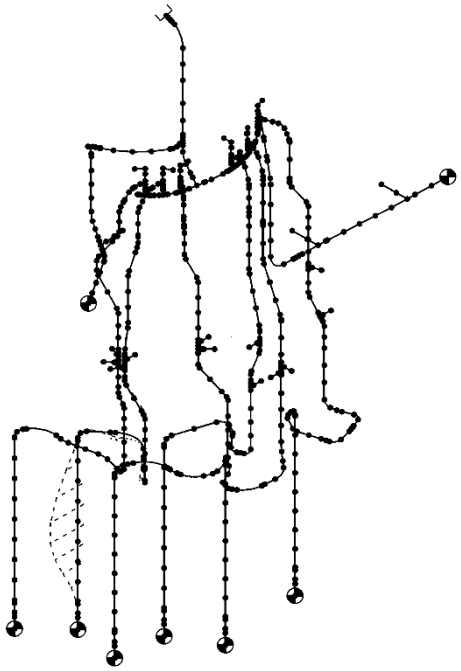


振動モード図（4 次）
固有振動数：0.097 秒

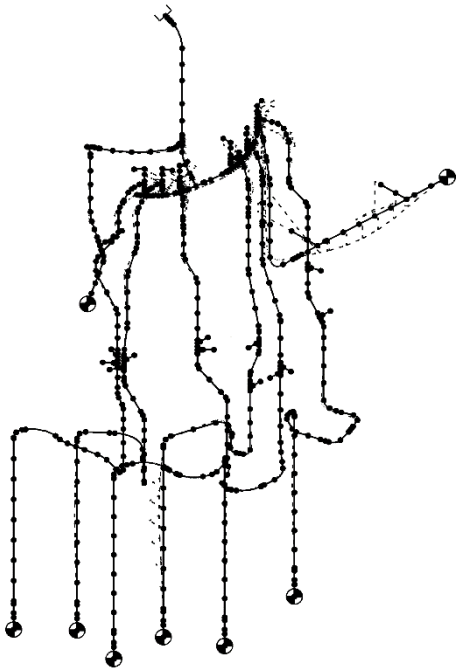
図 4(1)　主蒸気系配管の振動モード図



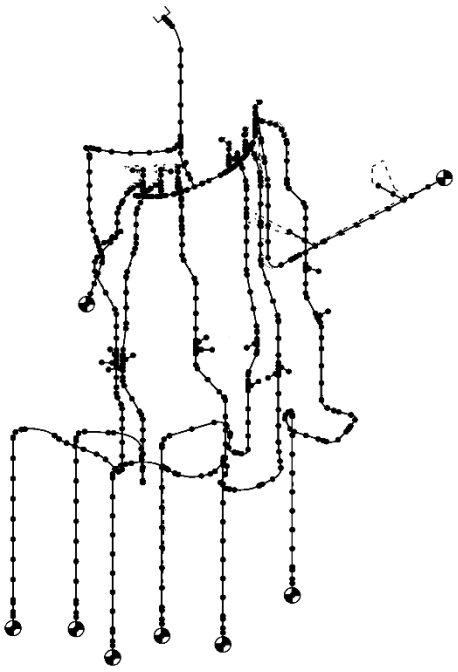
振動モード図（5 次）
固有振動数：0.095 秒



振動モード図（6 次）
固有振動数：0.093 秒

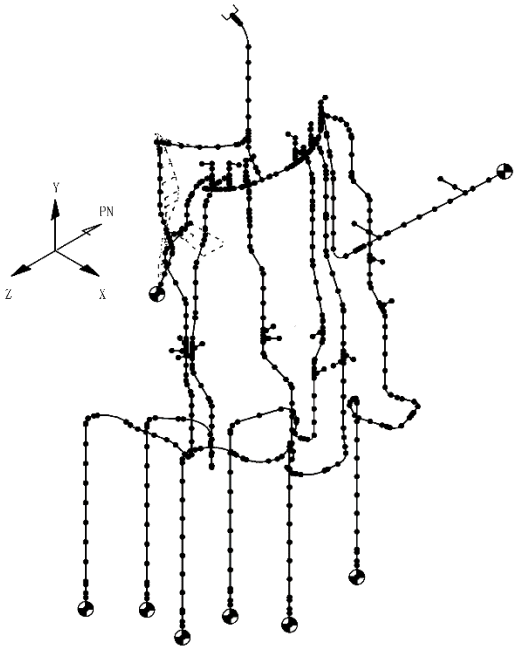


振動モード図（7 次）
固有振動数：0.093 秒

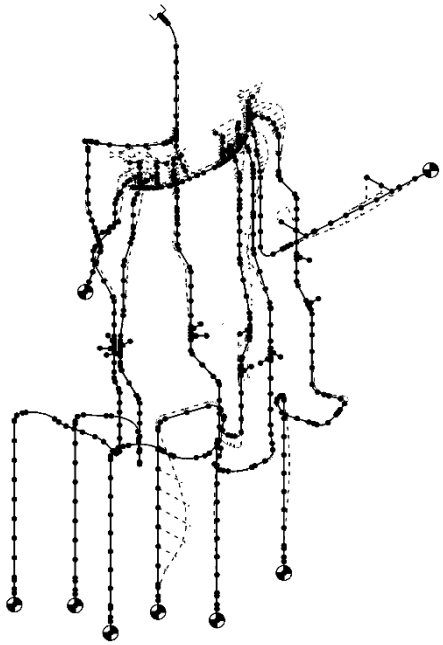


振動モード図（8 次）
固有振動数：0.092 秒

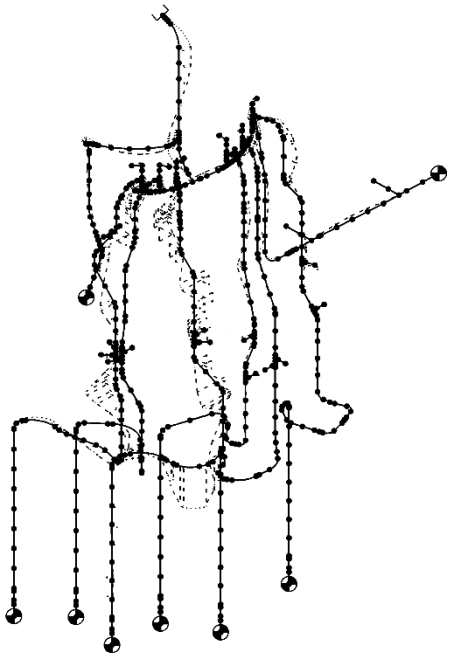
図 4(2)　主蒸気系配管の振動モード図



振動モード図（9 次）
固有振動数：0.090 秒



振動モード図（10 次）
固有振動数：0.089 秒



振動モード図（138 次）
固有振動数：0.020 秒

図 4(3)　主蒸気系配管の振動モード図

5. 解析結果

解析モデルを用いた地震応答解析による弁駆動部位置における応答加速度の算定結果を表 1 に示す。表 3 に示すとおり 20Hz の応答加速度に対して，50Hz まで考慮した応答加速度は増加しているものの，100Hz まで考慮した応答加速度は，50Hz に対して増加は認められなかった。

表 3　弁駆動部位置における応答加速度

弁名称	方向	スペクトルモーダル解析(G)			最大加速度(1.2ZPA)(G)
		20Hz	50Hz	100Hz	
主蒸気逃がし安全弁	水平	5.41	5.52	5.52	1.54
	鉛直	1.84	2.05	2.05	1.24
主蒸気隔離弁（格納容器内側）	水平	7.35	7.35	7.35	1.54
	鉛直	5.41	5.41	5.41	1.24
主蒸気隔離弁（格納容器外側）	水平	4.90	5.00	5.00	1.54
	鉛直	3.88	3.88	3.88	1.24

弁の動的機能維持評価に用いる床応答スペクトルについて

1. はじめに

工事計画に係る補足説明資料【補足-340-13 機電分耐震計算書の補足について】の「2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法」にて，機器・配管系の耐震設計における剛柔判断の固有振動数を 20Hz とすることの妥当性を確認している。前述の資料では，20Hz 近傍にて卓越する応答を示す原子炉格納容器の設計用床応答曲線を用いる配管系について，従来の応力評価手法の妥当性の確認を実施している。

本資料では上記図書と同様に，当該配管に設置された動的機能維持要求弁の加速度応答の算出に用いる床応答スペクトル（図 5 参照）として，20Hz まで作成した設計用床応答曲線に 20Hz より剛側を最大加速度とすることが妥当であることを確認する。

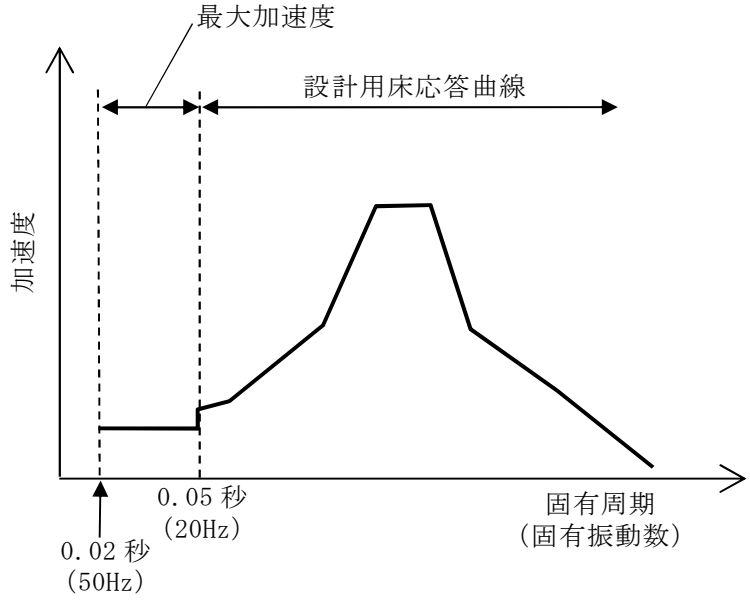


図 5　動的機能維持要求弁に用いる床応答スペクトル（イメージ図）

2. 配管系の地震応答解析

原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し，スペクトルモーダル解析を実施する解析モデルは，原子炉隔離時冷却系配管の１モデルのみである。当該解析モデルを図 6 に示すとおり，原子炉圧力容器ノズル付近に逆止弁を有し，当該弁が動的機能維持の確認が必要となる。

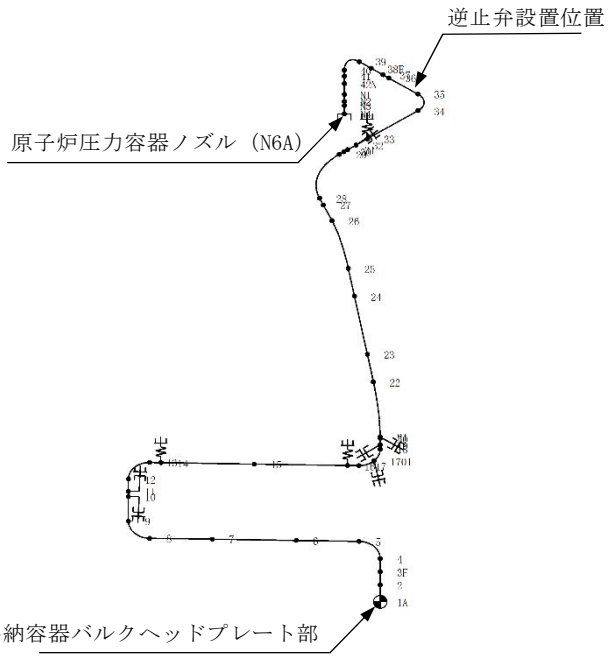


図 6 原子炉隔離時冷却系配管解析モデル図

3. 確認内容

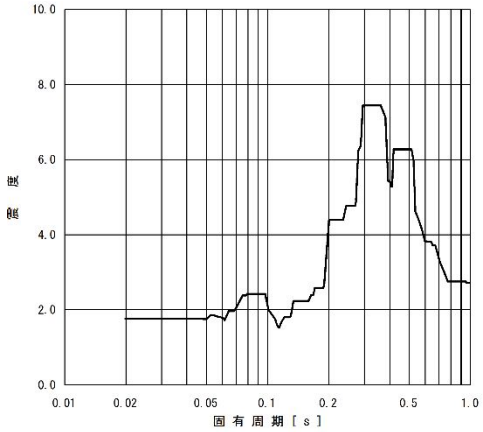
動的機能維持対象弁の応答加速度値の算出に用いる床応答スペクトルとして，以下 2 種類作成し，スペクトルモーダル解析により弁位置の応答加速度を算出することにより行う。

a．動的機能維持評価用床応答スペクトル

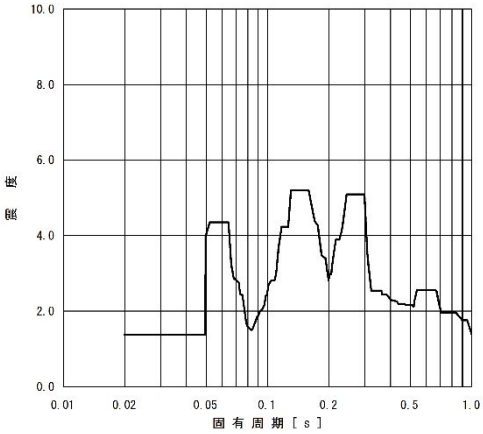
東海第二発電所動的機能維持評価に用いる床応答スペクトルで有り，床応答スペクトルの作成を 20Hz とし,20Hz を超えた範囲は最大加速度として作成する(図 7)。

b．検討用床応答スペクトル

動的機能維持確認用床応答スペクトルでの応答比較のために用いる床応答スペクトルとし,床応答スペクトルの作成範囲を 50Hz とする（図 8)。



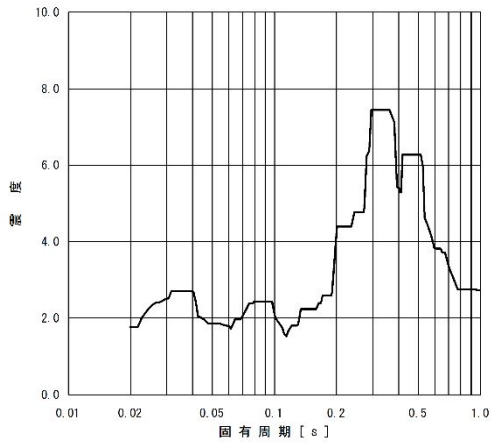
水平方向



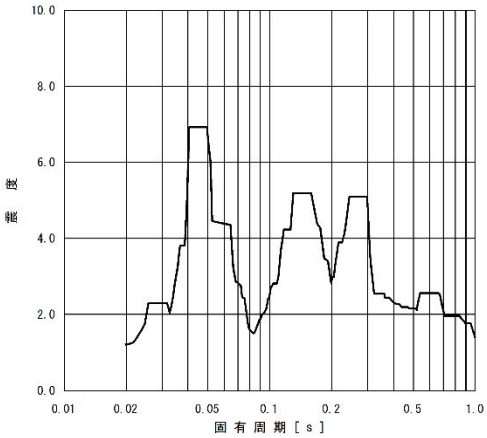
鉛直方向

図 7　動的機能維持評価用床応答スペクトル

（原子炉格納容器　EL. 39.431m 減衰定数 2.5%）



水平方向



鉛直方向

図 8　検討用床応答スペクトル

（原子炉格納容器　EL. 39.431m 減衰定数 2.5%）

4. 解析結果及び考察

(1) 解析結果

固有値解析結果として，固有振動数及び刺激係数を表 5 に，主要次数のモード図を図 9 に示す。

各床応答スペクトルを用いた地震応答解析による弁位置の応答加速度の算定結果を表 4 に示す。表 4 に示すとおり今回評価に適用する 20Hz まで作成した床応答スペクトル及び最大加速度 1.2ZPA の弁位置の応答加速度よりも 50Hz まで作成した応答スペクトルのほうが大きく値となったものの，その差は僅かであり，また確認済加速度より小さいことが確認できた。

表 4 弁設置位置における応答加速度

		弁位置の応答加速度 (G)		確認済加速度 (G)
		水平方向	鉛直方向	
動的機能維持評価用	動的機能維持確認用床応答スペクトル*1による結果	1.53	4.90	6.0
	最大加速度 1.2ZPA	1.85	1.39	
	包絡値	1.85	4.90	
検討用	検討用床応答スペクトル*2による結果	1.94	5.10	6.0

＊1：床応答スペクトルの作成を 20Hz とし，20Hz を超えた範囲は最大加速度として作成（図 7）

＊2：床応答スペクトルの範囲を 50Hz として作成（図 8）

(2) 解析結果を踏まえた対応方針

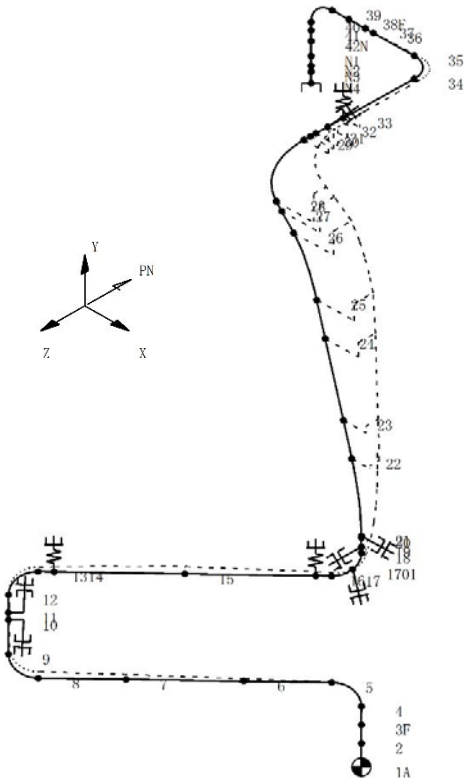
本検討に用いた床応答スペクトルは，20Hz に応答が卓越する構築物に設置される配管系を用いて検討を実施した。20Hz に卓越する応答を有する厳しい条件においても弁位置の応答増加は，1.85Gから 1.94Gの増加でその割合は 5%程度で有った。

本解析結果を踏まえて，20Hz に卓越する応答を示す構築物として原子炉格納容器の床

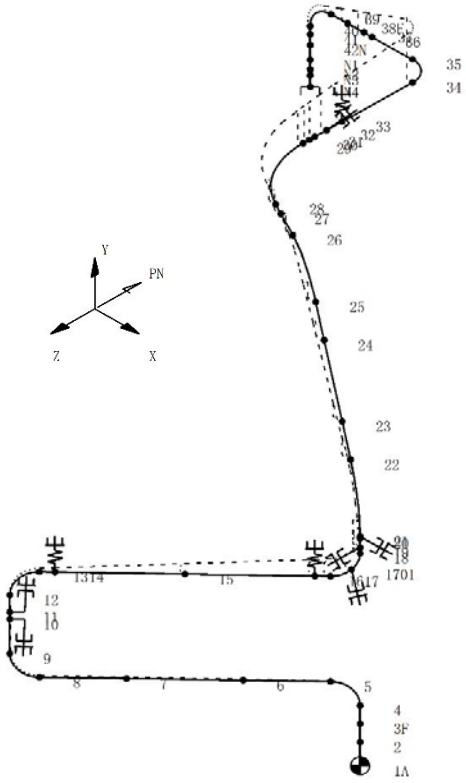
応答スペクトルを用いる配管系において，10%の裕度が確保できない弁については，3.項に示す「検討用床応答スペクトル」を用い地震応答解析結果から算定される弁位置の応答加速度に対しても，弁の機能維持が確保できることを確認する。

表 5 原子炉隔離時冷却系配管の固有振動数及び刺激係数

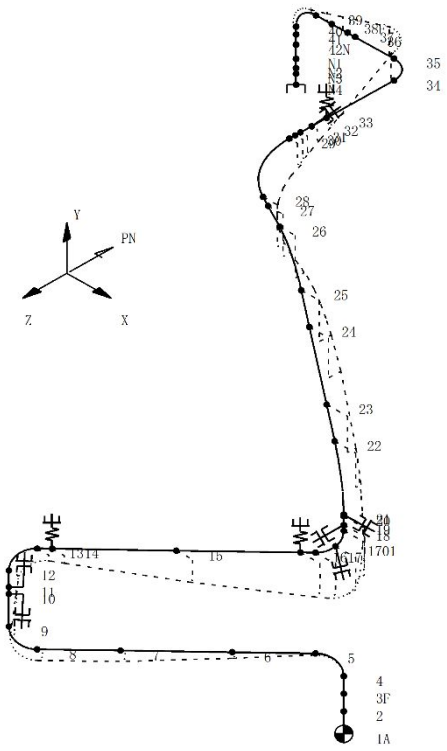
モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (S)	刺激係数			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次	12.60	0.079	0.160	0.093	0.084	2.41	2.41	1.71
2 次	15.10	0.066	0.096	0.286	0.008	1.97	1.97	3.68
3 次	21.18	0.047	0.088	0.069	0.006	1.91	1.91	6.93
4 次	22.23	0.045	0.131	0.148	0.051	2.00	2.00	6.93
5 次	25.02	0.040	0.053	0.059	0.204	2.72	2.72	4.98
6 次	27.24	0.037	0.100	0.015	0.193	2.72	2.72	3.64
7 次	29.30	0.034	0.107	0.081	0.123	2.72	2.72	2.42
8 次	32.82	0.030	0.017	0.027	0.160	2.51	2.51	2.30
9 次	35.54	0.028	0.023	0.028	0.007	2.43	2.43	2.30
10 次	39.90	0.025	0.101	0.010	0.081	2.28	1.79	2.28
11 次	44.48	0.022	0.009	0.004	0.024	1.89	1.34	1.89
12 次	48.69	0.021	0.092	0.009	0.092	1.77	1.22	1.77



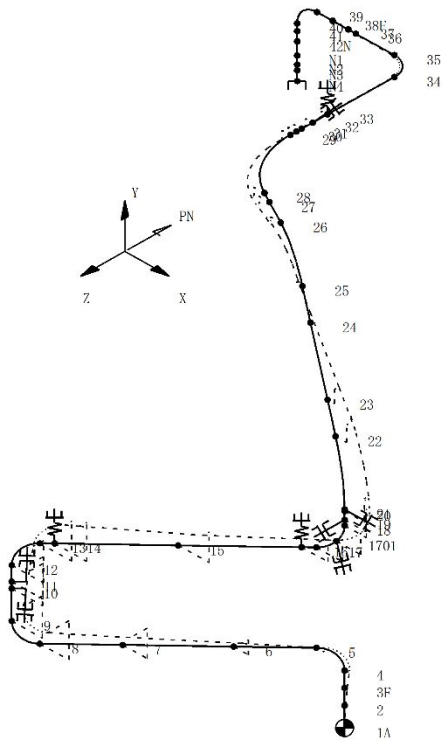
振動モード図（1 次）
固有振動数：12.60 Hz



振動モード図（2 次）
固有振動数：15.10 Hz

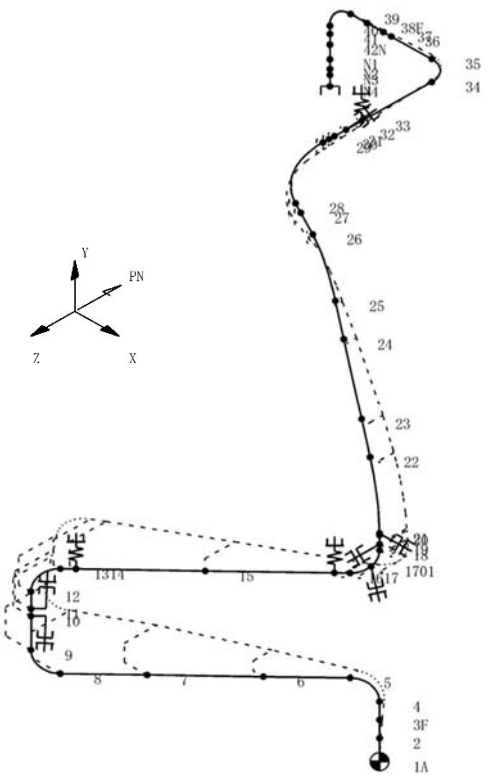


振動モード図（3 次）
固有振動数：21.18 Hz

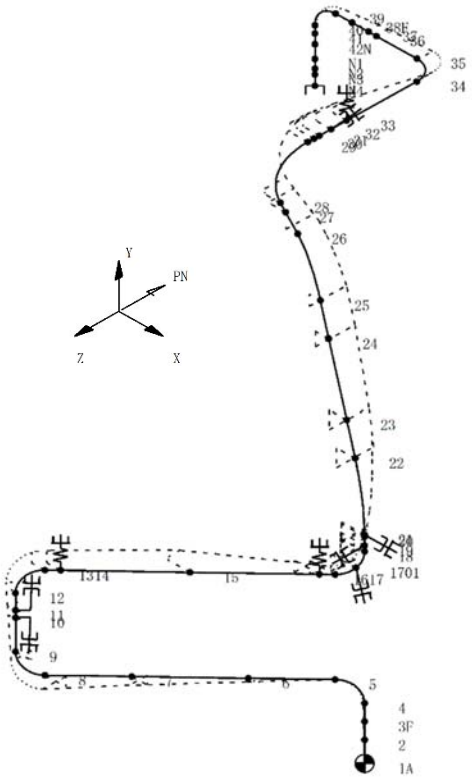


振動モード図（4 次）
固有振動数：22.23 Hz

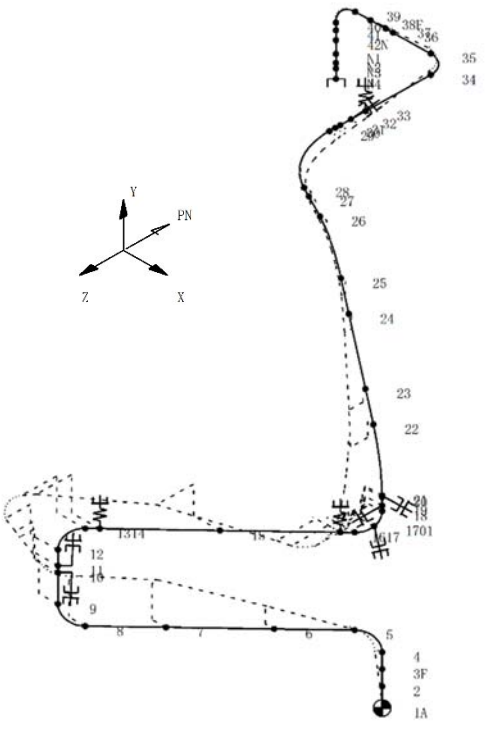
図 9(1)　原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図



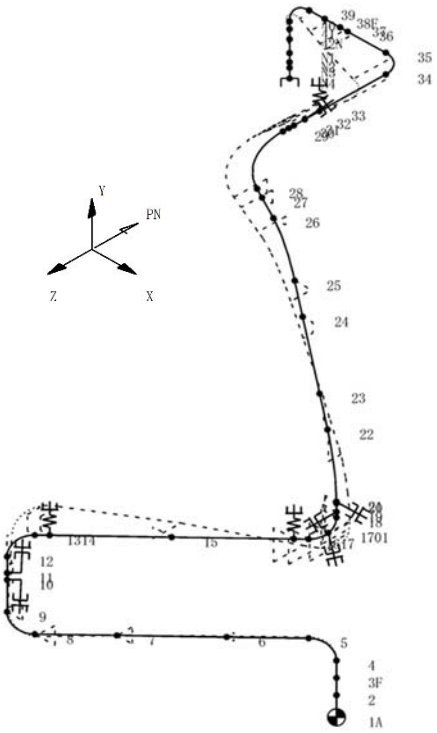
振動モード図（5 次）
固有振動数：25.02 Hz



振動モード図（6 次）
固有振動数：27.24 Hz

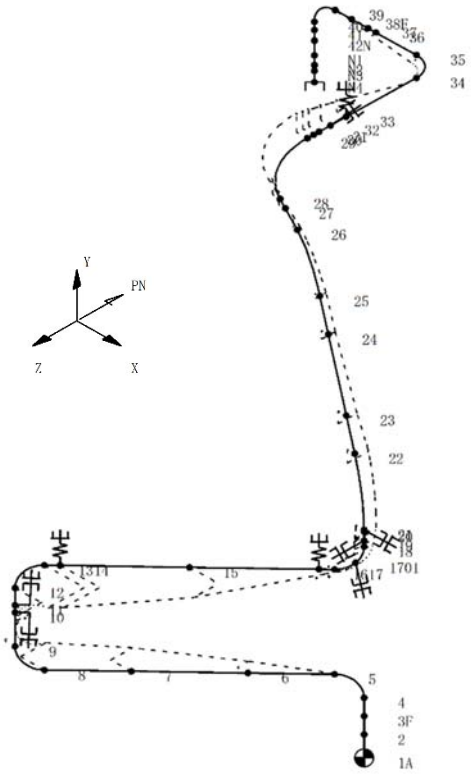


振動モード図（7 次）
固有振動数：29.30 Hz

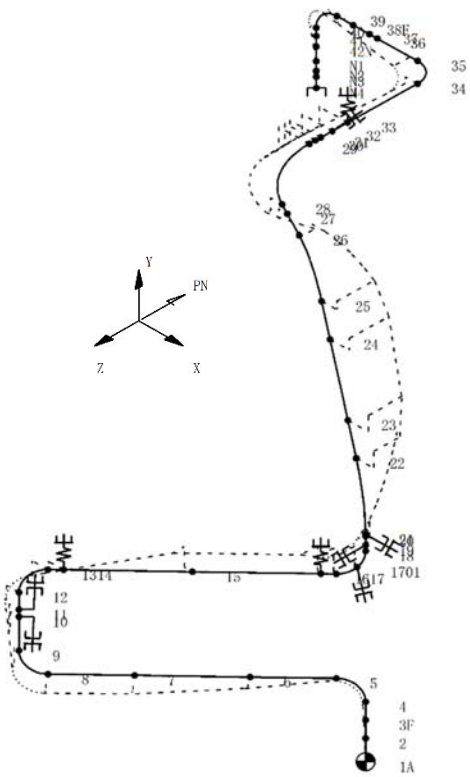


振動モード図（8 次）
固有振動数：32.82 Hz

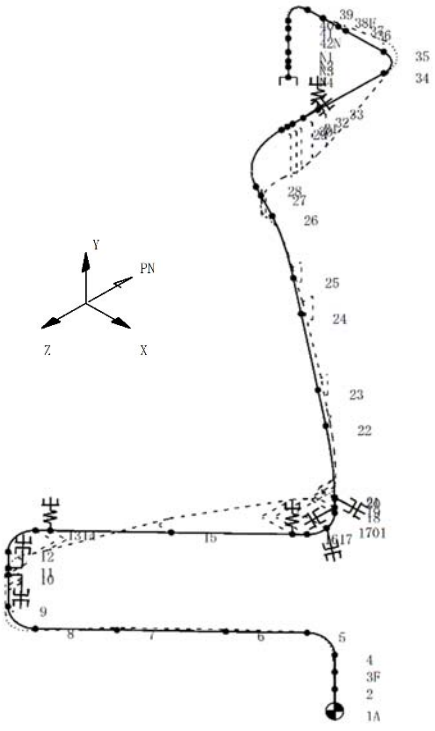
図 9(2)　原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図



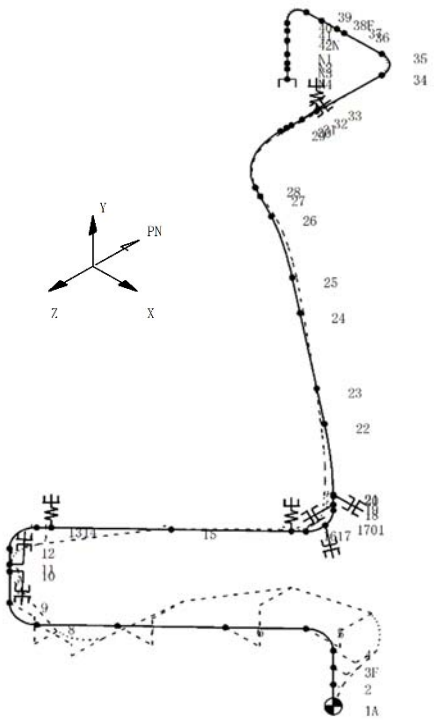
振動モード図（9 次）
固有振動数：35.54 Hz



振動モード図（10 次）
固有振動数：39.90 Hz



振動モード図（11 次）
固有振動数：44.48 Hz



振動モード図（12 次）
固有振動数：48.69 Hz

図 9(3)　原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図

SM 材の使用制限を超えた範囲での使用について

１．概要

東海第二発電所における既設設備の健全性評価にあたり，建設時に使用されているSM材（溶接構造用圧延鋼材：JIS G 3106（1966）*1）の継続使用の妥当性*2を示す。

＊1：設計・建設規格（2005/2007）付録材料図表　Part1に記載される材料規格名称であって，建設時はJIS G 3106（1966）（S45年告示５０１号（以下S45年告示））を適用している。

設計・建設規格（2005/2007）ではJIS G 3106（2004）を適用している。

＊2：設計・建設規格（2005/2007）では，最高使用圧力が2.9 MPaを超える機器には，SM材（溶接構造用圧延鋼材：JIS G 3106（2004））を使用してはならないと使用制限が記載されている。

２．東海第二発電所におけるＳM材の使用範囲について

東海第二発電所の建設時は，S45年告示に従い設計，製作を行っている。S45年告示には，SM材の使用制限の記載がなく，最高使用温度が250℃を超える容器又は最高使用圧力が10 kg/cm^{2}を超える容器にはJIS G 3106（1966）（SM材）を適用することを規定している。従って，最高使用圧力が30kg/cm^{2}以上の機器，配管についてもSM材（JIS G 3106（1966））が使用されているが，S45年告示に従って設計，製作された機器，配管は，技術基準から外れるものではない。

東海第二発電所で2.9 MPa以上でSM材を使用している設備

使用範囲	使用部位	SM材	最高使用圧力	機器クラス
残留熱除去系配管	配管	SM41B SM50B	3.45MPa	DBクラス2 SAクラス2
低圧炉心スプレイ系配管	配管	SM50B	4.14MPa	DBクラス2 SAクラス2
残留熱除去系海水系配管	配管	SM50B	3.45MPa	DBクラス3 SAクラス2
残留熱除去系ポンプ	ケーシング	SM41B	3.50MPa	DBクラス2 SAクラス2
高圧炉心スプレイ系ポンプ	ケーシング	SM41B	11.07MPa	DBクラス2 SAクラス2
低圧炉心スプレイ系ポンプ	ケーシング	SM41B	3.97MPa	DBクラス2 SAクラス2
非常用ディーゼル発電機空気だめ	胴板，鏡板，マンホール	SM50B	3.24MPa	DBクラス3 SAクラス2
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめ	胴板，鏡板，マンホール	SM50B	3.24MPa	DBクラス3 SAクラス2

３．ＳＭ材の使用制限の経緯および調査結果

設計・建設規格に記載されているSM材の使用制限は，S55年告示５０１号（以下S55年告示)）から記載されており，同解説では次の記載があることから，SM材の使用制限は日本工業規格（JIS）から由来しているものと考えられる。S55年告示の備考27から備考30までは，S45年告示及びJIS B 8243（1977)「圧力容器の構造」の使用制限に従って定めたものである。

JISにおけるSM材の使用制限について調査した結果は以下の通り。

(1) ＪＩＳ Ｂ ８２４３「圧力容器の構造」

JIS B 8243「圧力容器の構造」は，1963年に「火なし容器の構造」が制定され，1969年に「圧力容器の構造」と名称が変更になっている。1975年の「圧力容器の構造」改正時にSM材料の使用制限が設けられているが，その設けられた理由についての記載はない。

一方，JIS G 3106（SM材）のJIS制定は1952年，JIS G 3103「ボイラー及び圧力容器用炭素鋼およびモリブデン鋼（SB材)」のJIS制定は1953年，JIS G 3115「圧力容器鋼板（SPV材)」のJIS制定は1968年，JIS G 3118「中・常温圧力容器用炭素鋼鋼板（SGV材)」は1970年であり，圧力容器用の材料のJISの整備が行われてきたことから，1975年に「圧力容器に使用する材料は，圧力容器用のJIS材で」という考えのもと，それ以外の材料（JIS G 3106）に対しては，使用制限が設けられたものと考えられる。

(2) ＪＩＳ圧力容器（改訂版） －解説と計算例－（日本規格協会発行）

ＪＩＳ圧力容器（改訂版） －解説と計算例－によれば，SM材の使用制限は，「該当する鋼材が構造用鋼材であるため」と記載がある。また，鋼板の試験片採取要領において，「…JIS G 3106のSM材は各板保証されていない。このため，これらの鋼板では，最高使用圧力が定められ重要度の低い用途に限定されている。」と記載がある。JIS G 3106において引張試験片の数は，「同一溶鋼に属し，最大厚さが最小厚さの2倍以内のものを一括して一組とし，引張試験片を1個採取する。」としていることから，圧力容器の主要な部位であり，その強度を確保する必要があるため，SM材については，使用制限が設けられた可能性がある。

４．ＳＭ材の使用制限の経緯を踏まえた検討結果

(1) SM材が圧力容器用の材料でないことについての考察

JISで使用制限を制定した経緯として，JISは，その適用範囲の項において当該材料の用途を明示しているため，この範囲内で使用するのが適切であり，ボイラー用または圧力容器用として定められているものを使用すべきという考え方があるものと推定する。材料は，材料の規格や使用条件に合わせて化学成分が調整されているが，概ね製造方法は，構造用（SM材）も圧力容器用（SB，SPV，SGV材）も同じであり，上記２．(2) に記載した通り，圧力容器用の材料は，構造用の材料に比べてそれぞれの用途に応じた品質をJISにて要求していると考えられる。

東海第二発電所の建設時に使用したSM材は，S45年告示で要求されている化学成分，機械的強度及び材料の試験要領等の仕様を材料メーカへ与えて購入しているものであり，圧力容器用の材料と同等以上の製品要求のもと製造されていると考えられることから，圧力の高い範囲に使用することは問題ないと考えられる。

(2) 試験片の採取要領について

圧力容器用のJIS材（SB，SPV，SGV材）は，規格に従い圧延大板ごと，熱処理を実施した場合には同一熱処理条件ごとに材料試験を実施しているが，SM材は規格に従い最大50ｔごとに材料試験（各板での試験ではなく，ロットでの試験）を実施している。ただし，ロット試験であっても，材料メーカはミルシートにおいて，すべての材料に対して規格や規定値を保証しており，品質的にはSM材についても同じであり，2.9 MPaを超える使用条件でSM材を継続使用することについては問題ないと考えている。

(3) 先行ＰＷＲの同様の事例調査

先行機の工認認可申請において，東海第二発電所と同様に最高使用圧力が2.9MPaを超える機器，配管にSM材を使用しているという記載は確認できなかった。

(4) 他電力（ＢＷＲ）における同様の事例調査

他電力（BWR）において，SM材は使用しているが東海第二発電所と同様に最高使用圧力が2.9MPaを超える機器，配管にSM材を使用している箇所はないとの回答を得た。

(5) 検討結果

以上の検討結果から，設計・建設規格では最高使用圧力が2.9 MPaを超える機器に対するSM材の使用制限があるが，建設当時の適用規格を満足しており，材料は圧力容器の材料と同等の製品要求のもとに製造されていること， 対応する材料のすべてに対して規格の規定値を保証していることから，現在の使用条件で使用することは問題ない。

また，これらの設備については，建設時の使用前検査や供用中の点検等において使用に問題がないことを確認し，これまでも材料及び構造に起因した故障等の不適合は確認されていない。

なお，「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成30年1月24日改正）の第１７条（材料及び強度）においては，構造強度が維持されていれば現に施設された設計基準対象施設（DB）は施設時に適用された基準によること，とされており第５５条（材料及び強度）に規定される重大事故等対処設備も同様であることから，基準上も問題はない。

補足）技術基準第１７条（解説）・・以下，要約して記載

１　第８号から１４号までの構造強度は，原子炉等規制法第４３条の３の１４に基づき維持段階にも適用される。

> 第８号～１４号の規定はクラス１～３機器及び支持構造物及びクラス４機器についての構造及び強度は，設計上定める条件において，延性破断に至る塑性変形を生じないこと，全体的な変形を弾性域に抑えることを規定しており材料及び構造については１０号で規定している。

１０　この規則（技術基準）施行の際に施設し，又は着手した設計基準対象施設については，施設時に適用された規格（告示５０１号）等によること。

５．代替材で評価することの妥当性について

(1) 代替材との比較

JIS G 3106（1966）において規定される使用材料と，設計・建設規格で使用が認められている代替の材料との比較を以下に示す。

① 材料の概要

使用材料		代替材料	
SM41B	「溶接構造用圧延鋼材（JIS G 3106)」 溶接性や低温靭性が良好な材料。圧延鋼材。	SGV410	「中・常温圧力容器用炭素鋼鋼板（JIS G 3118)」 中温，常温で使用される圧力容器用の材料。圧延鋼材。
SM50B	「溶接構造用圧延鋼材（JIS G 3106)」 溶接性や低温靭性が良好な材料。圧延鋼材。	SB480	「ボイラ及び圧力容器用炭素鋼及びモリブデン鋼鋼板（JIS G 3103)」 中温から高温で使用されるボイラー及び圧力容器用の材料。圧延鋼材。

② 化学的成分

使用材料	化学的成分（%）					妥当性
代替材料	C	Si	Mn	P	S	
SM41B	≦0.20	≦0.35	0.60 ～1.20	≦0.040	≦0.040	成分規定に差があり機械的性質に違いはあるが，下表の機械的強度に問題はなく，溶接性についても炭素量が 0.35%以下であり問題ない。
SGV410	≦0.23	0.15 ～0.40	0.85 ～1.20	≦0.030	≦0.030	
SM50B	≦0.18	≦0.55	≦1.50	≦0.040	≦0.040	
SB480	≦0.31	0.15 ～0.40	≦1.20	≦0.030	≦0.030	

③ 機械的強度

使用材料	引張強さ	降伏点又は耐力	妥当性
代替材料	(MPa)	(MPa)	
SM41B	402～510	≧235	機械的強度は同等
SGV410	410～490	≧225	
SM50B	490～608	≧324	機械的強度は同等
SB480	481～588	≧265	

④ 代替材との比較結果

JIS G 3106（1966）において規定される使用材料と，代替材料との比較検討結果代替材料との比較により，化学的成分，機械的強度において，大きな差はなく，代替材として選定できる。

以上

V-1-1-6-別添 4　ブローアウトパネル及び関連設備に係る説明資料

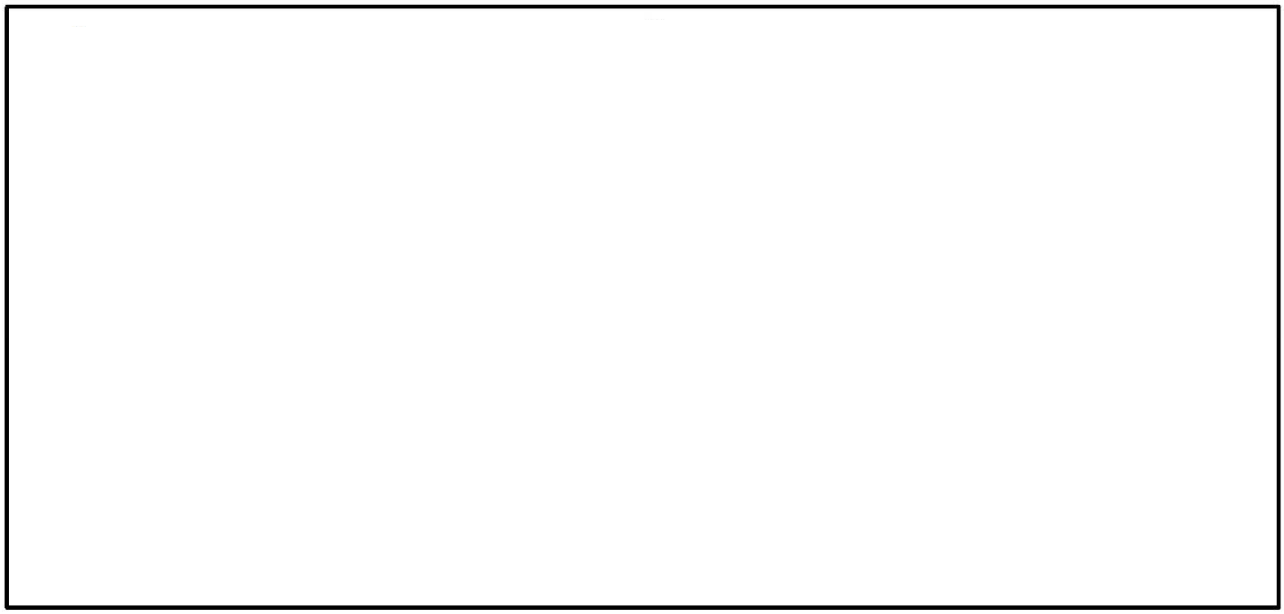
1.　東海第二発電所のブローアウトパネルについて

(1)　設置概要

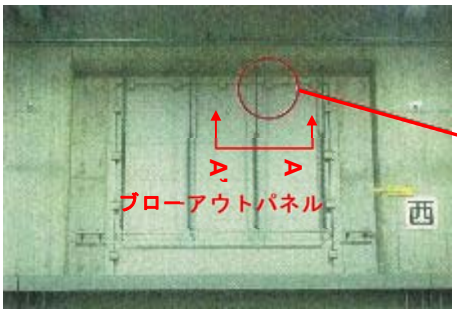
ブローアウトパネルは，原子炉建屋原子炉棟の外壁に建設時より合計 12 枚（型式：クリップ方式，大きさ約 4m×4m，重さ約 1.5t）が設置されている。原子炉棟外壁におけるブローアウトパネルの配置を第 1-1 図に示す。

・原子炉棟 6 階：東西南北の壁面に各 2 箇所の合計 8 箇所

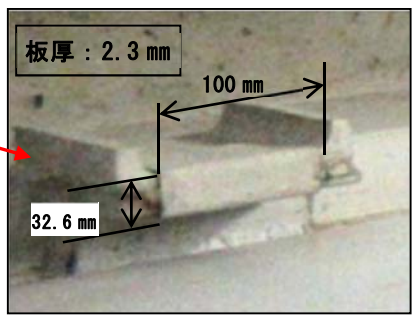
・原子炉棟 5 階：東西南北の壁面に各 1 箇所の合計 4 箇所



第 1-1 図　ブローアウトパネル配置図



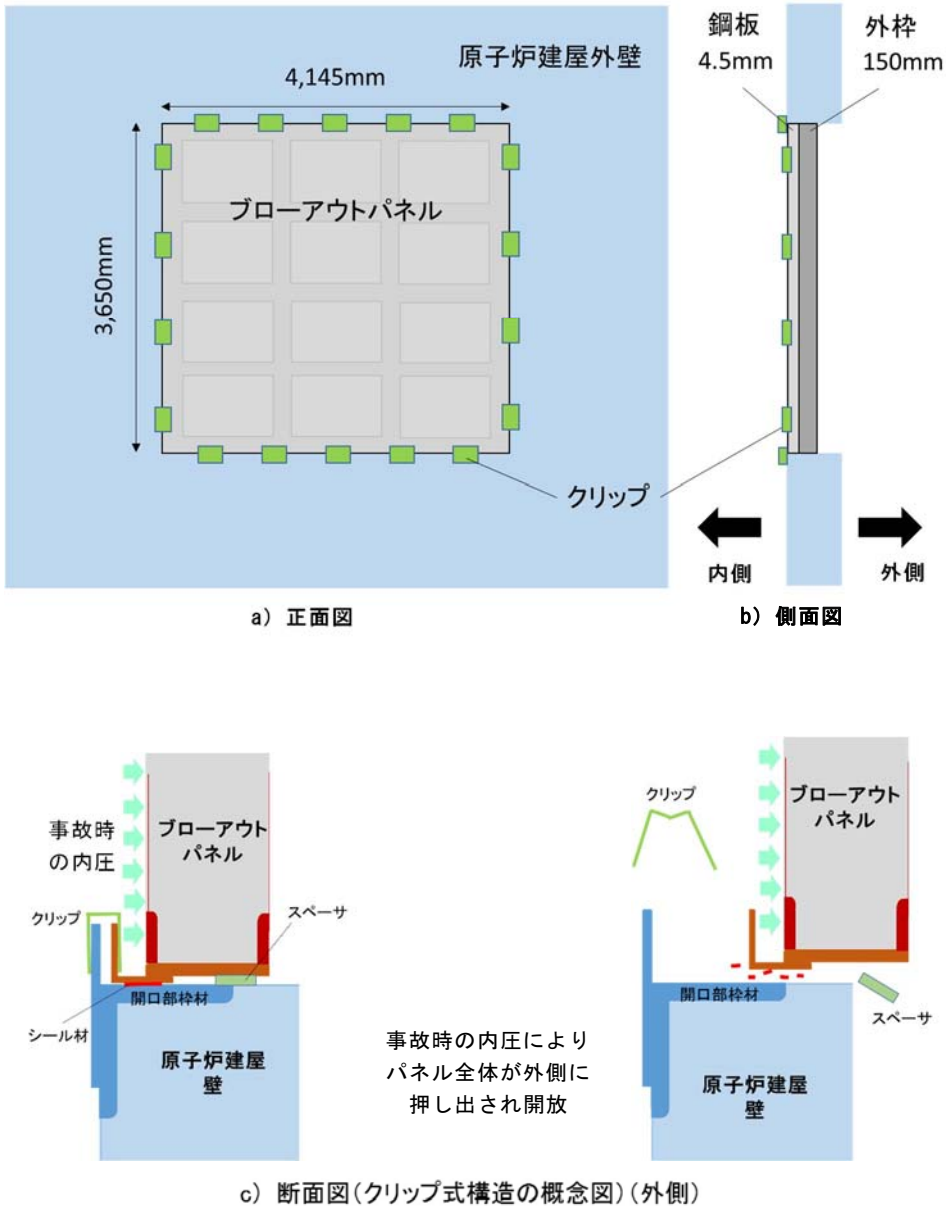
建屋内側よりの状況
（6階西側）



クリップ部拡大
（ A-A’ 矢視）

(2)　ブローアウトパネルの構造について

ブローアウトパネルは，厚さ 2.3 ㎜のクリップと呼ばれる装置 18 個で原子炉建屋外壁に設置されており，原子炉格納容器の設計上の最高使用外圧 2psi に対し，1psi で開放するように設計されている。詳細を第 1-2 図に示す。また，主要な仕様を第 1-1 表に示す。



第 1-2 図　ブローアウトパネルの構造及び作動原理

第 1-1 表　ブローアウトパネル主要仕様

設置場所		寸法(躯体開口部)	クリップ数
5階	北、西、南	4,000mm×4,000mm	18個
	東	3,500mm×4,500mm	18個
6階	北1、北2、南1、南2	3,680mm×4,170mm	18個
	西1、西2東1、東2	4,170mm×3,680mm	18個

ブローアウトパネルは，電源や空気源に頼ることなく，静的，且つ圧力上昇に対して確実に開放できる仕組みとして，クリップを使用したパネルの開放機構を選定している。

この開放機構は，既設系統設備でも採用実績のある破壊板（ラプチャーディスク）と同様の考え方（圧力による負荷荷重により，部材を破壊させる）であり，構造が単純であることから，信頼性が高いものである。

1.2　差圧によるクリップの開放機構

(1)　パネル開放の仕組み

建屋内圧力によるクリップの変形及びパネルの開放は，具体的に第 1-3 図の流れとなる。

パネルの開放に必要な荷重（①＋②＋③）　＜　建屋内圧力による荷重（④）

ここで，

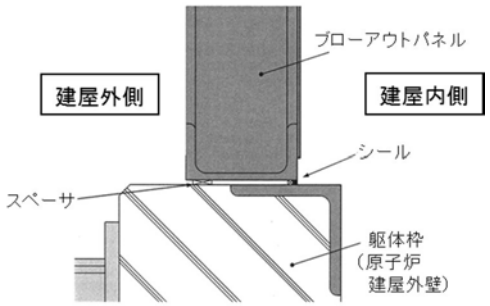
①　：クリップを変形させる荷重×クリップ個数

②　：パネルと躯体枠部の摩擦力

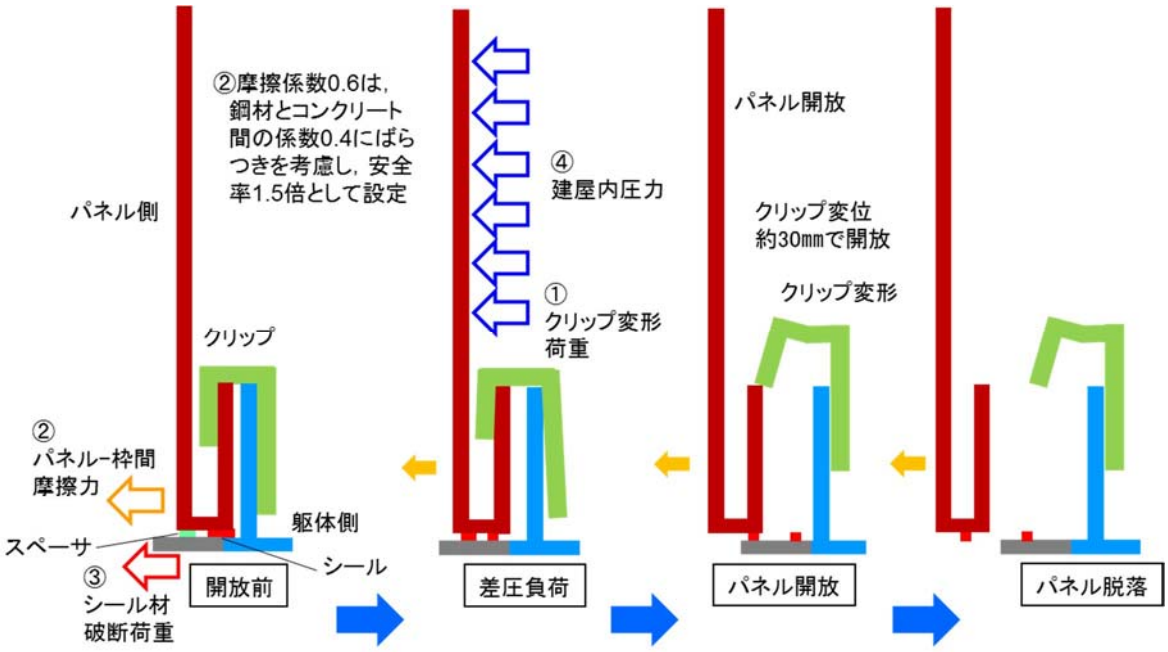
（パネル鋼材 - 枠鋼材及び枠躯体）⇒ 摩擦係数 0.6

③　：シール材の破断に必要な荷重

（シール材の選定及び施工方法の検証により設定）



ブローアウトパネル下部の詳細断面



第 1-3 図 ブローアウトパネル開放のメカニズム

1.3　ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法

ブローアウトパネル及び関連設備への技術基準規則の主な要求事項（基準地震動と設計竜巻）と成立性確認方法について整理した。各要求機能は以下の通りとなる。これらの機能を第 1-2 表のとおり整理した。

1.3.1　設計基準対処施設としての要求機能

原子炉建屋外側ブローアウトパネルは，設計基準対処施設として以下の要求事項に適合する必要がある。

・技術基準規則 第 12 条 溢水等による損傷の防止

(1)　開放機能

ブローアウトパネルは，主蒸気配管破断等を想定した場合の放出蒸気による圧力から原子炉建屋や原子炉格納容器等を防護するため，放出蒸気を建屋外に放出することを目的に設置されている。建屋の内外差圧により自動的に開放するこの機能を，ブローアウトパネルの開放機能とする。

・技術基準規則 第 38 条 原子炉制御室等

・技術基準規則 第 44 条 原子炉格納施設

(2)　２次格納施設のバウンダリ機能

上記機能に加えブローアウトパネルはその配置より，原子炉建屋原子炉棟の壁の一部となることから，２次格納施設のバウンダリを構成する部位となる。

重大事故等対処施設としての要求機能

ブローアウトパネル閉止装置は，重大事故等対処施設として以下の要求事項に適合する必要がある。

・技術基準規則 第74条 運転員の被ばく防止等

(3)　２次格納施設のバウンダリ維持

ブローアウトパネル閉止装置は，原子炉建屋原子炉棟の壁の一部となることから，運転員及び公衆被ばく防止のため，閉維持機能が必要となる。

第 1-2 表　ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能

防護すべき設備		DB			SA		
		5条 地震	7条 自然条件 竜巻差圧	7条 自然条件 竜巻飛来物	50条 地震	54条 自然条件 竜巻差圧	54条 自然現象 竜巻飛来物 （共通要因）
ブローアウトパネル	◎開機能 （12条）	○ （地震後）	プラント停止にて対応	○ （竜巻防護設備にて防護）	―	―	―
	△閉維持 （建屋気密性） （38条，44条）				―	―	―
ブローアウトパネル閉止装置 （SA緩和設備）	◎閉機能（SA前） （74条）	―	―	―	◎ （地震後）	○ （差圧発生せず影響なし）	―※1
	◎閉維持 （建屋気密性） （74条）	―	―	―	◎	―※2	―※1
竜巻防護設備	○飛来物からの防護機能 （7条）	○ （波及的影響）	○ （差圧発生せず影響なし）	○	―	―	―

◎：実機大の試験による確認　○：解析評価による確認　△：実機での確認　―：機能要求なし

※1　ブローアウトパネル閉止装置は，SA緩和設備であるため，共通要因故障の考慮不要

※2　SA 後の閉止状態での設計竜巻は，事象の重ね合わせの頻度から組み合わせ不要

1.4　ブローアウトパネル開放時の要求機能について

1.4.1　ブローアウトパネル開放時の条件について

ブローアウトパネルの開放機能は，建屋の内外差圧により自動的に開放する機能であるため，他の自然現象や事故発生時等においてパネルが開放した場合は，一時的に，バウンダリの維持機能が喪失することになる。

ブローアウトパネルの開放による２次格納施設のバウンダリ維持機能に影響を与える可能性がある自然現象としては，竜巻と地震がある。

この２つの事象に対しての対応方針をブローアウトパネルの開放時に想定される事象を踏まえ第 1-3 表のとおり検討した。

検討の結果，以下の対応とすることで，２次格納施設としてのバウンダリ機能は十分に維持できるものと考える。

・ブローアウトパネルの耐震性は，開放機能に影響を与えないよう確保する。なお，開放した場合は，安全な状態（運転中は冷温停止へ移行，停止中は使用済燃料に関連する作業の停止）に移行することを保安規定に定める。

・設計竜巻の差圧に対して，開放した場合は，安全な状態（運転中は冷温停止へ移行，停止中は使用済燃料に関連する作業の停止）に移行することを保安規定に定める。

第 1-3 表　ブローアウトパネルの開放時に想定される事象と対応方針

自然現象	設計値	プラント状態	自然現象発生時に想定される事象	対応策	対応策の妥当性
設計竜巻	8.9kPa	運転中	＜自動停止＞ ・主タービン，発電機の損傷 ・補機冷却系（常用の海水，淡水系）の喪失 ・復水器真空度低下（循環水喪失） ・外部電源喪失 ＜手動停止＞ ・補給水喪失（復水貯蔵タンク喪失）	◆安全上支障のない期間に補修が可能な設計とすることで，安全機能を損なわない設計とする	◆プラント運転中には，プラントの停止を要する事象の発生が想定されるが，停止及び冷却に必要な設備は確保されており，原子炉安全に影響しない。 ◆プラント停止中においても，残留熱除去系は維持されており，原子炉安全に影響しない。 ◆竜巻によるブローアウトパネル開放と設計基準事故との重畳頻度は，有意性の判断基準10^{-7}回／年を下回り，十分小さい ・ブローアウトパネル開放差圧を生じる竜巻（89m/s）の発生頻度：5.2×10^{-6}回／年 ・設計基準事故の発生頻度：10^{-3}～10^{-4}回／年 ・竜巻によるブローアウトパネル開放と設計基準事故の重畳頻度：＜10^{-6}回／年
		停止中	・外部電源喪失 ・補機冷却系（常用の海水，淡水系）の喪失 ・補給水系の喪失		
基準地震動Ss	据付レベルの加速度	運転中	◆ブローアウトパネルの設計開放差圧6.9kPaが発生した場合，ブローアウトパネルに付加される開放荷重（差圧×面積）は，約106～111kN程度 一方，地震による開放荷重（自重×地震加速度）は，約32～33kN程度 ◆以上より，地震荷重よる開放荷重は，ブローアウトパネル開放荷重より小さく，基準地震動Ssによりブローアウトパネルは開放しない		
		停止中			

1.5　ブローアウトパネルに対する要求事項

建設時の設計※を極力踏襲し，可能な限りブローアウトパネル枚数を多く確保した上で，解析により，主蒸気管破断事故（MSLBA)時の建屋内圧力，温度が設計条件内にあることを確認した。この結果を踏まえ，竜巻に対する対応，重大事故等発生時の要求を考慮し，ブローアウトパネル枚数の最適化を図るため原子建屋原子炉棟の５階の東側２枚を閉鎖する。

上記対策を実施するため，内部溢水における蒸気評価の再評価を行い，従来の評価に影響の無いことを確認した。

・添付十(安全解析)のＭＳＬＢＡ時の被ばく評価は，全量の地上放出を仮定しており，ブローアウトパネル枚数に影響しないため，ブローアウトパネル枚数変更の影響なし。

・IS-LOCA 時の環境条件への影響なし。（開放する場合でも，開放しない場合でも評価に影響しない）

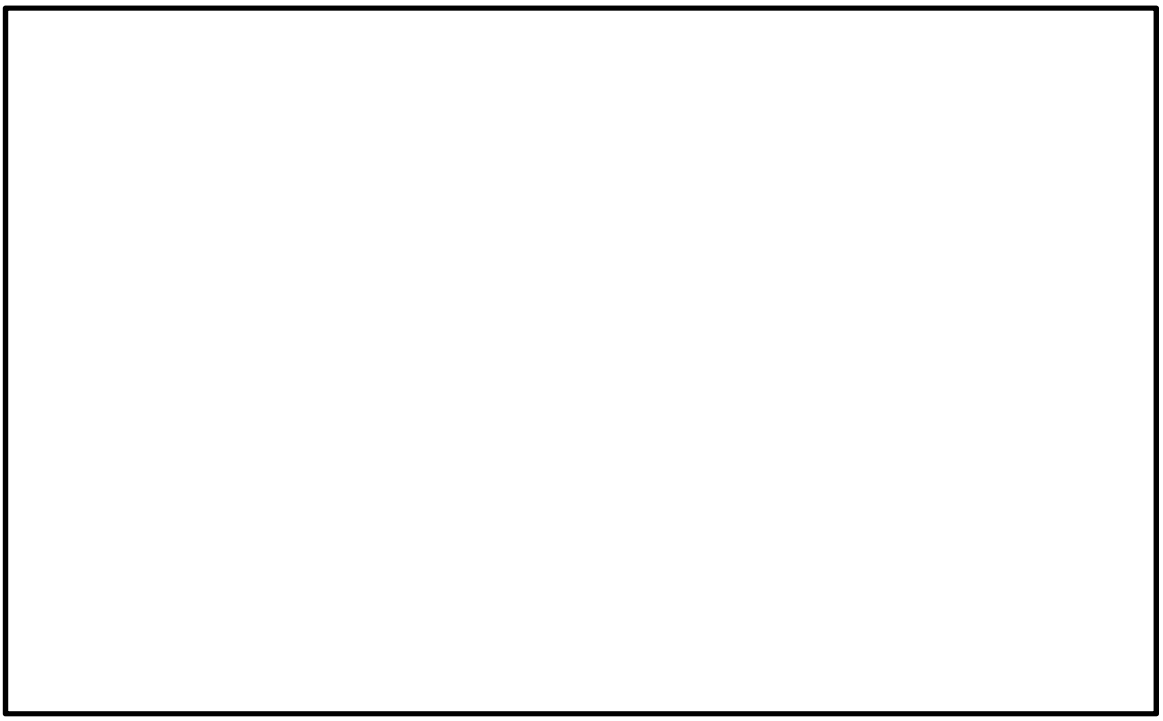
・既工認にて記載が無い設備であることから，工認での記載や今後の管理項目について検討を実施

※ 建設時設計の設置数１２枚については，建屋内圧力の上限値に対して裕度を持った開口面積として設定しており，圧力に着目した評価により十分とされた開口面積（約 90m^2）の約２倍(約 185m^2）を有している。このうち２枚を閉とした場合においても，圧力・温度ともに当初の設定値を超えることはなく影響はない。

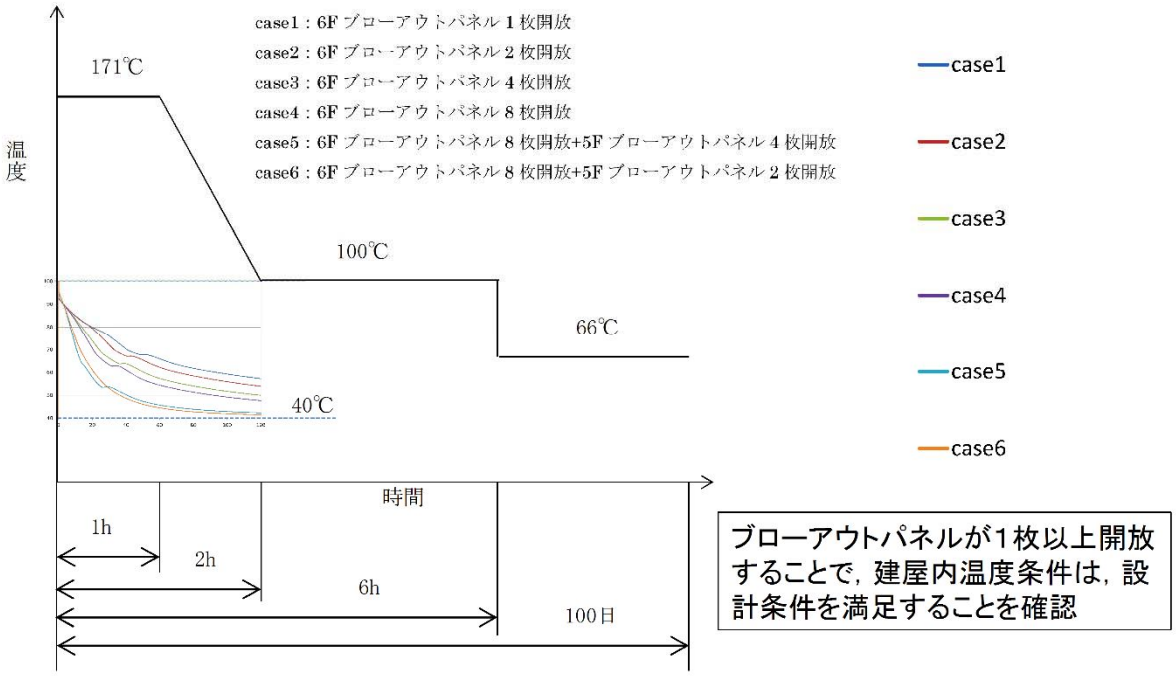
1.6　新規制対応での基本方針

(1)　ブローアウトパネルの基本設計及び対策

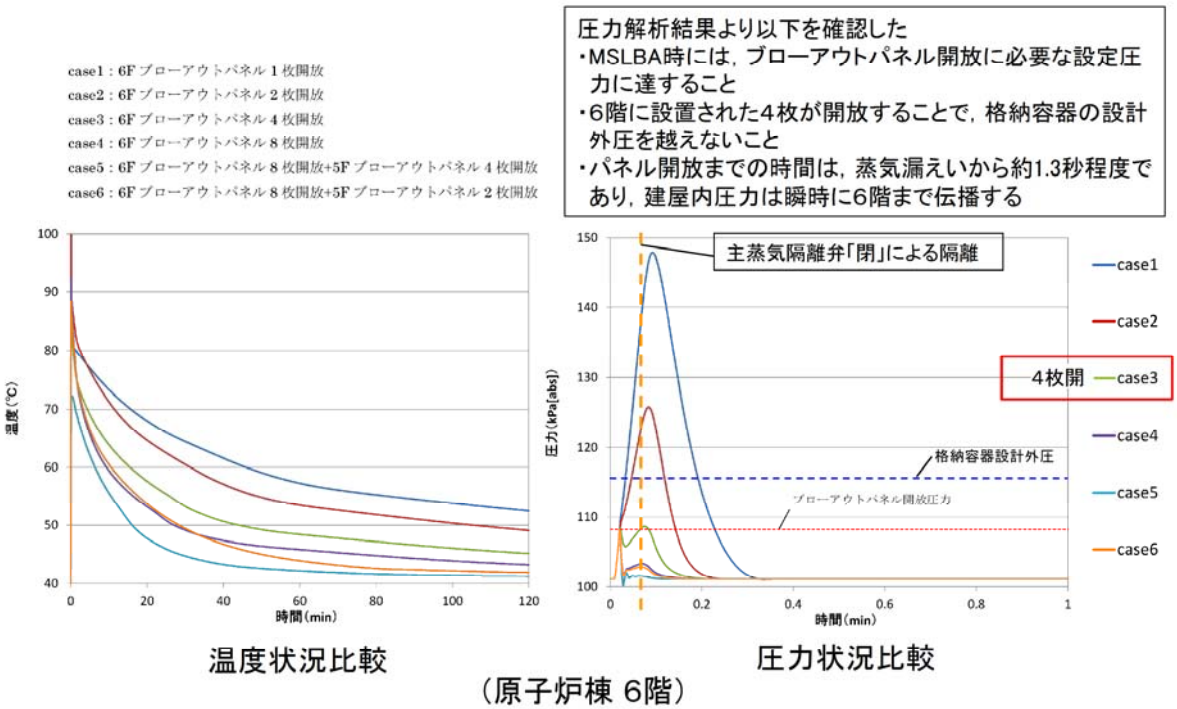
内部溢水における蒸気影響評価，竜巻に対する対応，重大事故等発生時の要求等を考慮し，原子炉棟５階の東側ブローアウトパネルを２枚閉止する対策を行う。このため，３次元流体解析により，主蒸気管破断事故時の建屋内圧力，温度が設計条件内にあることを確認した。対策の概要及び解析結果を第 1-4 図から第 1-6 図に示す。



第 1-4 図　ブローアウトパネルの閉鎖対応箇所について



第 1-5 図　主蒸気管破断時の原子炉棟内温度状態と解析結果の比較



第 1-6 図　ブローアウトパネル作動枚数による温度及び圧力状況比較

(2)　ブローアウトパネル作動のばらつきの考慮について

原子炉格納容器の設計外圧に着目すると，主蒸気管破断事故時の開放必要枚数は３次元流体解析の結果から，４枚以上となることを確認した。５枚以上の開放は，建屋内雰囲気温度と圧力の更なる低下に寄与するものであり，設備防護上は考慮するものであるが必須ではない。

３次元流体解析コードにおいては，ブローアウトパネルの開放時間遅れも解析上考慮し，設定圧力でパネルが開放すると評価している。これに対し，実際に必要とする４枚開放まで，同時に作動しない場合を想定すると，この場合は，開放面積が少ないため，建屋内圧力は再度設定圧力に到達する評価であり，４枚目までは確実に開放すると判断できる。

また，実際の蒸気噴出時の圧力伝播速度は，音速に近い値であり，ブローアウトパネルの設置位置による圧力伝播の時間差はほとんどなく，ほぼ原子炉棟６階の全域に同時に作用すると想定されることから，作動圧力に影響を与えるような，時間差は発生しないと評価している。

(3)　ブローアウトパネルのクリップの信頼性について

ブローアウトパネルは，電源や空気源に頼ることなく，静的，且つ圧力上昇に対して確実に開放できる仕組みとして，クリップを使用したパネルの開放機構を選定している。

この開放機構は，既設系統設備でも採用実績のある破壊板（ラプチャーディスク）と同様の考え方（圧力による負荷荷重により，部材を破壊させる）であり，構造が単純であることから，信頼性が高いものである。

ブローアウトパネルが差圧により確実に作動することを確認するための管理として，クリップの確認試験を実施し，ブローアウトパネル開放機構の作動性能を担保することとする。

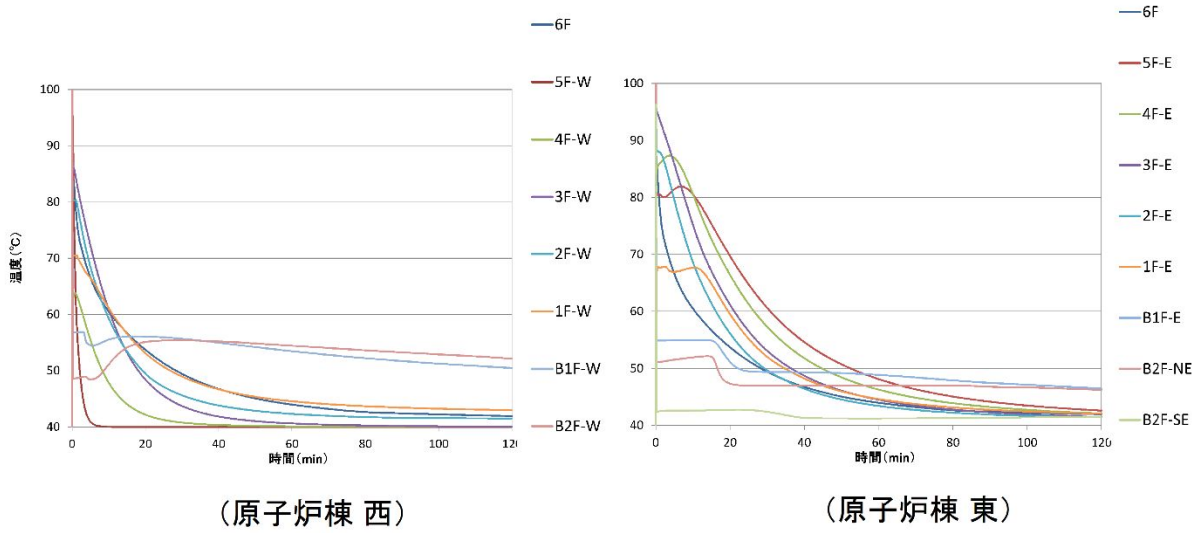
(4)　ブローアウトパネル対策後の建屋内温度評価の結果について

ブローアウトパネルの２枚閉鎖対策後の建屋内温度評価の詳細を第 1-7 図及び第 1-8 図に示す。また，ブローアウトパネルの作動枚数による建屋内温度状況の代表例として，原子炉棟３階の結果を第 1-9 図及び第 1-10 図に示す。

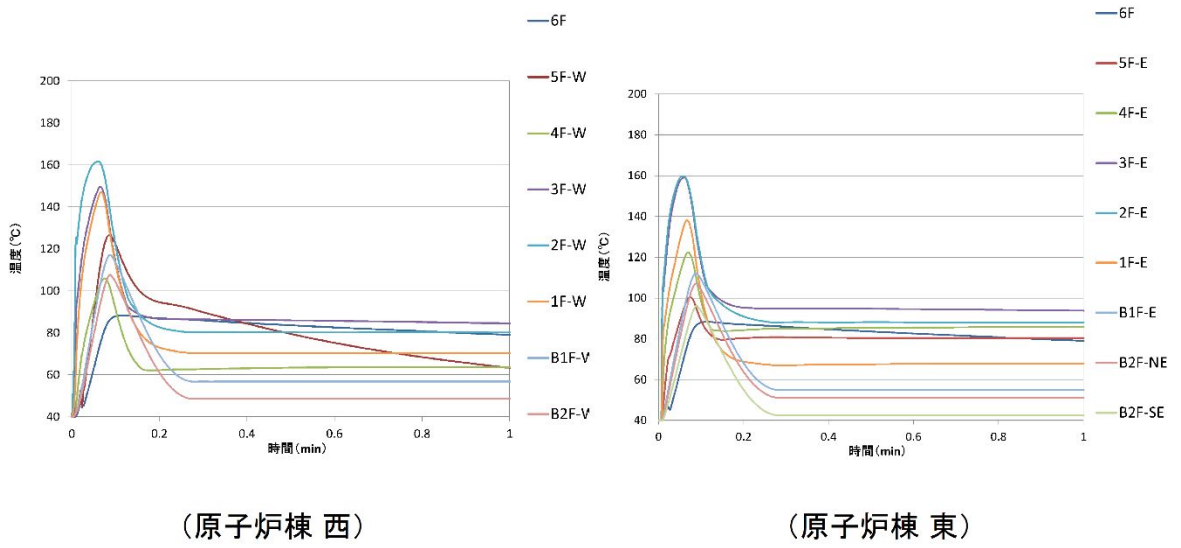
第 1-６図に示すブローアウトパネル開放後に温度が停滞する箇所は，蒸気が自然対流で上昇する流れと，外気から流入する下降気流がぶつかり，入れ替る際の停滞状況を示している。

また，５階東側のブローアウトパネルを閉止することにより，東側は大物搬入口を通じた上昇気流が発生し，６階に高温の蒸気が抜ける流れが主となる。

これに対し，西側エリアにおいては，５階から取り入れられた外気の下降気流が主となり，主蒸気管室で西→東の流れができると考えられる。このため，ブローアウトパネル全数が開放する場合と比べて，５階西側（ほう酸ポンプ設置側）の温度が下がる結果となっている。

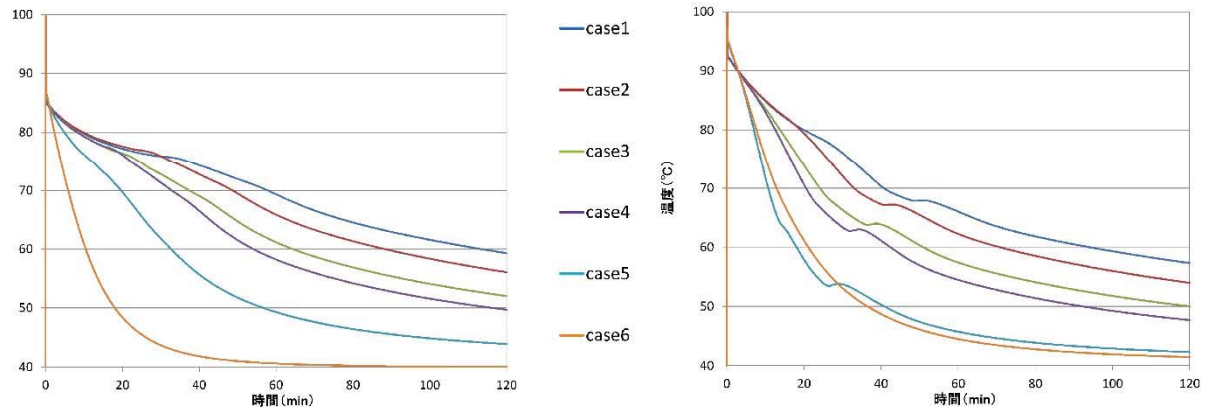


第 1-7 図　対策後の温度状況比較



第 1-8 図　対策後の温度状況比較（最高温度）

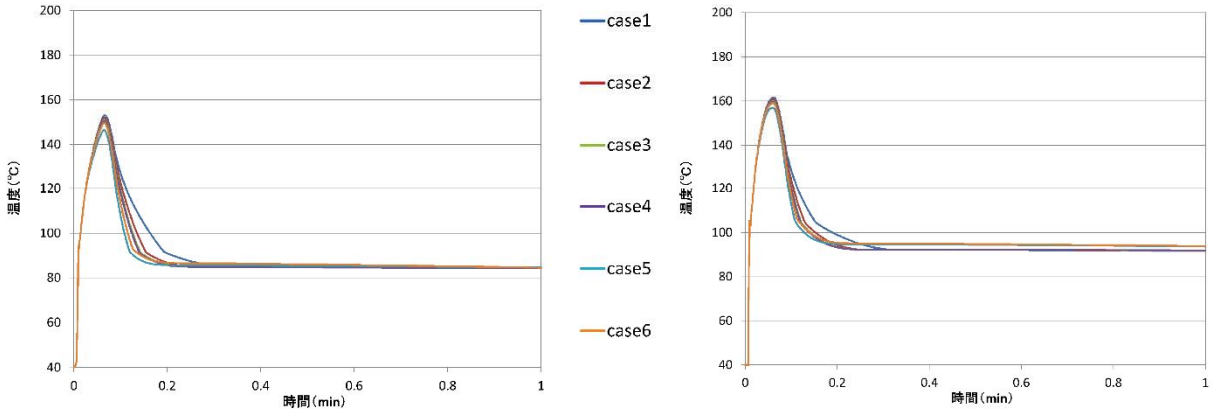
case1：6F ブローアウトパネル 1 枚開放
case2：6F ブローアウトパネル 2 枚開放
case3：6F ブローアウトパネル 4 枚開放
case4：6F ブローアウトパネル 8 枚開放
case5：6F ブローアウトパネル 8 枚開放+5F ブローアウトパネル 4 枚開放
case6：6F ブローアウトパネル 8 枚開放+5F ブローアウトパネル 2 枚開放



（原子炉棟 3階西）　　（原子炉棟 3階東）

第 1-9 図　ブローアウトパネル作動枚数による温度状況比較

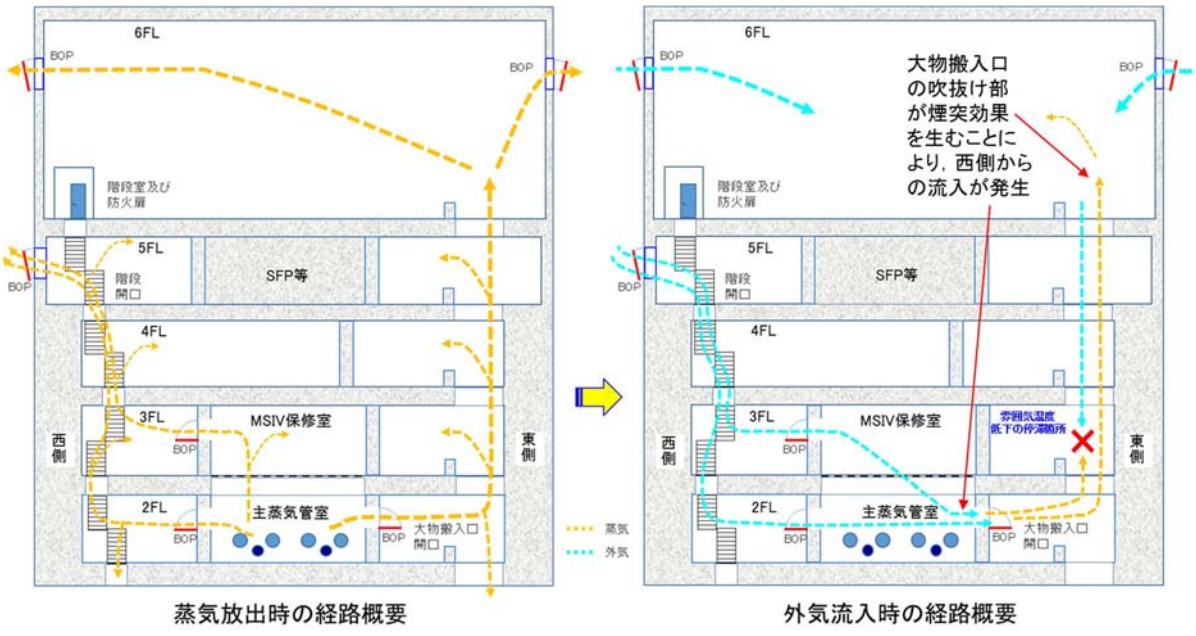
case1：6F ブローアウトパネル 1 枚開放
case2：6F ブローアウトパネル 2 枚開放
case3：6F ブローアウトパネル 4 枚開放
case4：6F ブローアウトパネル 8 枚開放
case5：6F ブローアウトパネル 8 枚開放+5F ブローアウトパネル 4 枚開放
case6：6F ブローアウトパネル 8 枚開放+5F ブローアウトパネル 2 枚開放



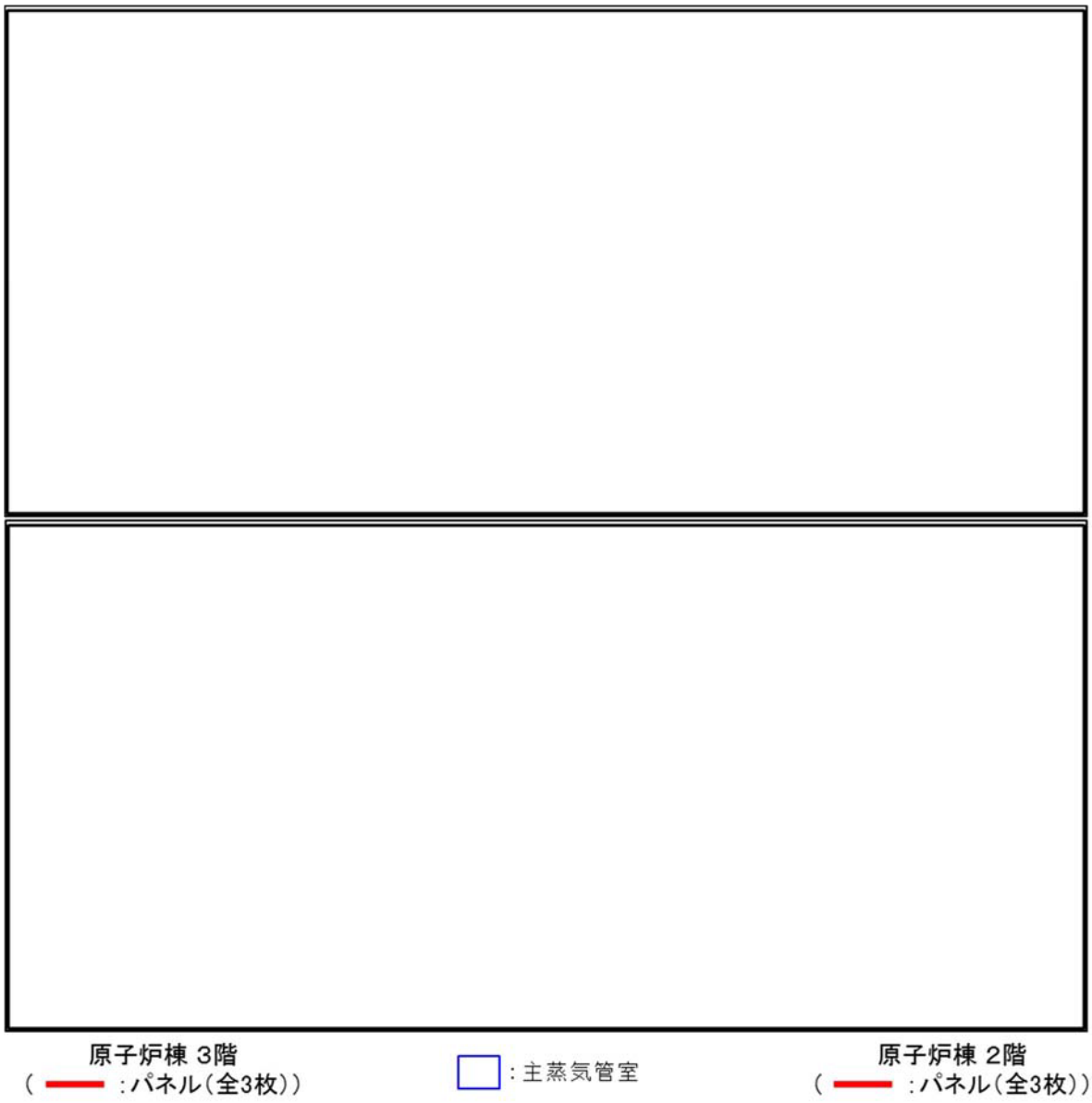
（原子炉棟 3階西）　　（原子炉棟 3階東）

第 1-10 図　ブローアウトパネル作動枚数による温度状況比較（最高温度）

ブローアウトパネル開放後に一時温度低下が停滞するのは，漏えいした高温の蒸気が大物搬入口開口部を上昇する流れと，外気が流入する際の下降気流がぶつかり，入れ替る状況を示している。ブローアウトパネルの開放枚数が多い方が蒸気漏えい後の早い段階でこの状況が現れる結果となる。また，５階，６階のブローアウトパネル全数が開放する場合と比較して，５階の東側を閉鎖する方が温度低下が早くなる原因は，５階西側から取入れられた外気が，東側大物搬入口吹抜け部で発生する煙突効果により，主蒸気管室の西側から東側への流れとなり，原子炉棟内で大きな循環が発生することで，外気の流入が速やかに進むためである。これらの状況を第 1-11 図及び第 1-12 図に建屋の断面図と平面図により示す。



第 1-11 図　原子炉棟断面図



第 1-12 図　原子炉建屋平面図

5 階東側のブローアウトパネルを閉止することにより，東側は大物搬入口を通じた上昇気流が発生し，6 階に高温の蒸気が抜ける流れが主となる。（図中の ）

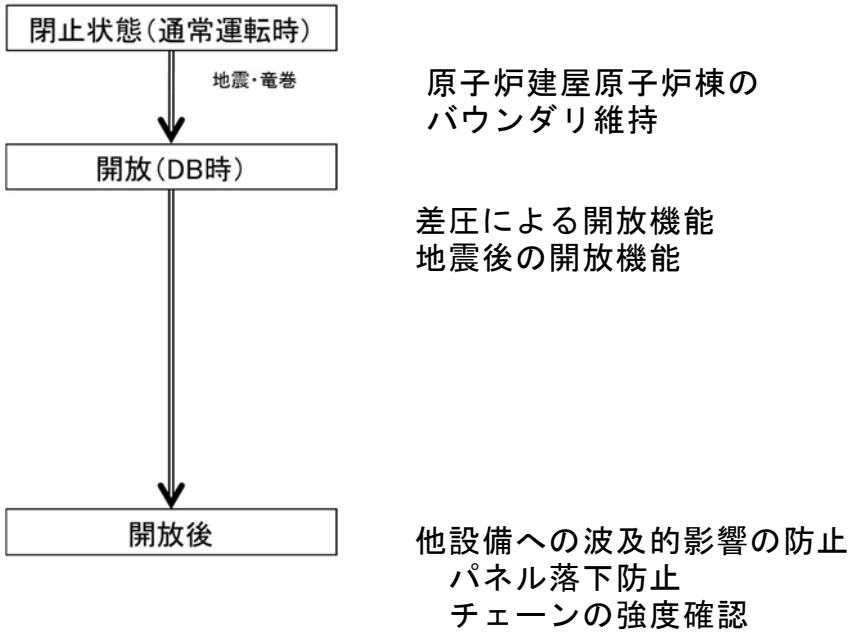
これに対し，西側エリアにおいては，５階から取り入れられた外気の下降気流が主となり，主蒸気管室で西→東の流れができると考えられる。（図中の ➡ ）

このため，ブローアウトパネル全数が開放する場合と比べて，５階西側（ほう酸ポンプ設置側）の温度が下がる結果となる。

また，各溢水防護対象設備の設置位置と蒸気配管の設置位置を考慮し，蒸気漏えいの観点で，最も厳しい環境条件となると考えられるのは２階，３階の東側エリアである。

1.7　ブローアウトパネル開放の成立性について

ブローアウトパネルが設計差圧△P（1psi＝約 6.9kPa）により開放する場合のメカニズムは，以下のとおりである。各段階に対し，確認すべき項目を以下の第 1-13 図に整理した。



第 1-13 図 ブローアウトパネルの各段階での要求機能

1.7.1　原子炉建屋原子炉棟のバウンダリ維持

東海第二の場合，基準地震動Ｓ$_s$による地震荷重は差圧による開放荷重より小さいため，差圧による開放機能確認に合わせ，基準地震動Ｓ$_s$相当の荷重では開放しないことを確認する。

差圧による開放荷重（面積×差圧）は約 110kN 程度であり，基準地震動Ｓ$_s$による開放荷重（質量×地震加速度）は約 33kN 程度であるため，地震力相当では開放しない。

1.7.2　差圧による開放機能

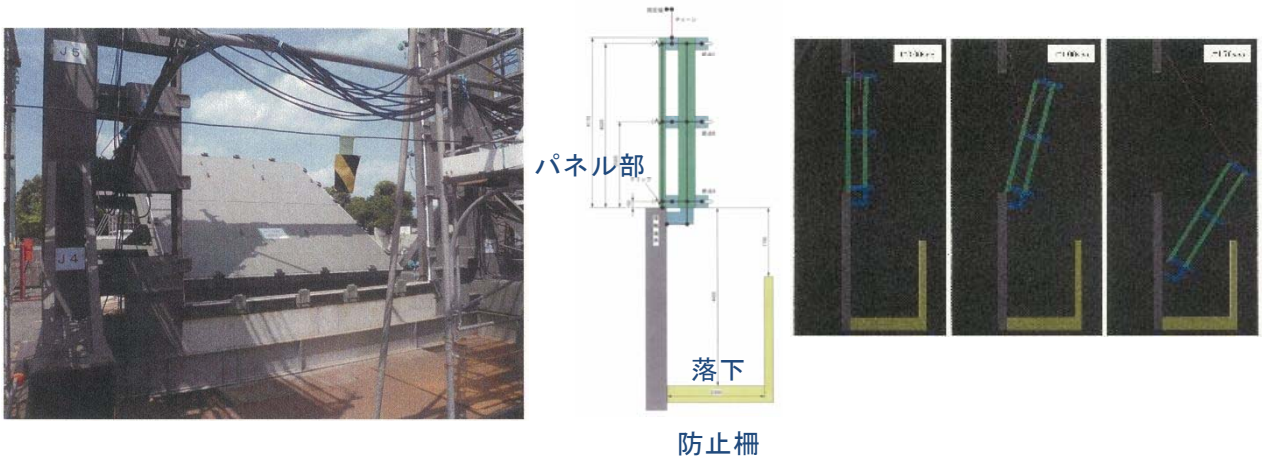
固定用クリップの引張試験を実施し，どの程度の荷重でクリップが開放するかを確認する。また，実機大モックアップによる開放試験を実施する。油圧ジャッキにより差圧に相当する力をパネルに静的に付加し，開放すること確認する。第 1-14 図に類似の試験の状況を示す。

1.7.3　地震後の開放機能

建屋の許容最大ひずみ量を生じた場合でも，変形は建屋取付枠とパネルの隙間にあるシール材の施工範囲内にあり，開放機能に影響しないことを評価により確認する。

1.7.4　実作動試験の代表性について

ブローアウトパネルは開口面積の違う２タイプ（開口面積 4m×4m，3.68m×4.17m）が設置されており，面積に応じて開放時に負荷される差圧による荷重に相違（4m×4m の場合：約 110kN，3.68m×4.17m の場合：約 106ｋN）がある。このため，実作動試験の実施については，最大面積のパネル（自重最大）を用いて，最少面積のパネルに負荷される荷重により開放することを確認する。



第 1-14 図　実機大ブローアウトパネル開放試験のイメージ

（2012 年　自主的安全性向上の一環として実施した，
原子炉建屋 6 階北側強制開放装置設置時の試験例）

1.8　クリップの信頼性（規定差圧により開放することの信頼性）

ブローアウトパネルの作動圧力は，クリップの開放荷重により管理することが可能であることから，この荷重を管理項目とする目的で個別の要素試験を実施する。

1.8.1　試験目的

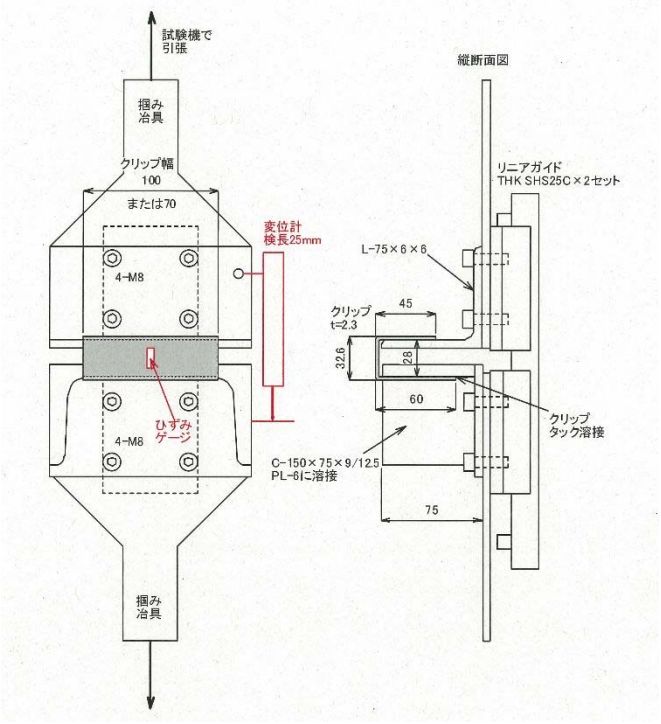
クリップ単体の引張試験を実施し，ブローアウトパネルの開放機能を担保するための，適切なクリップの管理項目を設定する。

1.8.2　試験方法

・オートグラフ試験機（AG-50ｋＮＢ）による引張試験

・変位制御（引張速度　１㎜/min）

・各測定項目は，第 1-15 図参照。

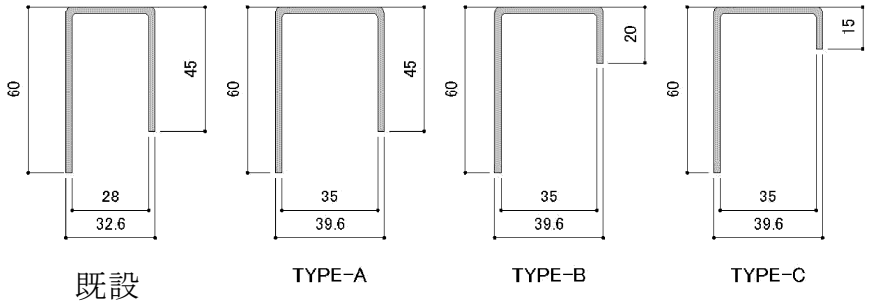


◆ 引張試験内容
クリップ単体を引張試験にてパネルの水平方向の荷重を模擬する
【測定項目】
①試験荷重，
②クリップ変位，
③クリップのひずみ
【測定結果の評価】
クリップの最大荷重と変位の試験結果より，クリップの作動時におけるばらつきを検証する
パネルが設定差圧にて確実に開放するための管理項目を検証する
【クリップの管理項目】
①材質，
②形状，
③クリップの寸法（板厚，幅），
④取付方法と取付寸法

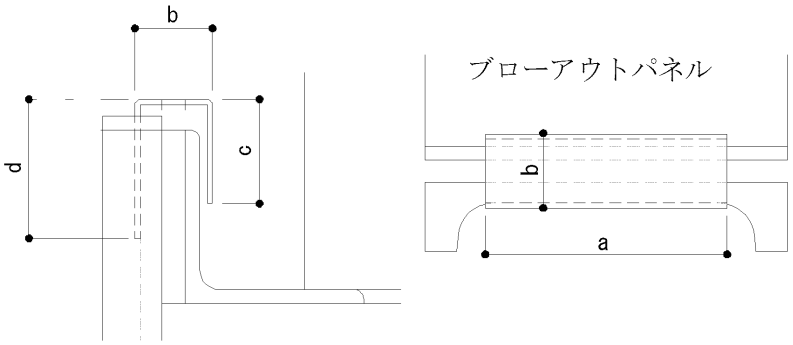
第 1-15 図　クリップの引張試験概要図

1.8.3　クリップの信頼性（クリップ試験の結果整理）

試験に用いた各クリップの形状及び試験体寸法の測定箇所を，第 1-16 図に示す。これらの各試験片にて確認する項目は以下とする。



試験用クリップ形状



第 1-16 図 クリップの形状及び試験体寸法測定箇所

第 1-4 表　試験での確認項目

項目	目的	具体的な仕様
材質	材質による強度のばらつきを確認	SS400, SPCC
板厚	一定（既設と同じ）	2.3mm
幅(a)	クリップ幅と強度の関係を確認	100mm, 70mm
掛り寸法(c)	掛り寸法による強度（外れ易さ）のばらつきを確認	45mm, 20mm, 15mm
曲げ加工後のクリップ幅(b)	曲げ加工後のクリップ幅と強度のばらつきを確認	28mm, 35mm

（１） クリップ材質 ：SS400 及び SPCC

⇒ 材質による強度との関係を確認

（２） クリップ板厚 ：2.3mm

⇒ 変更なし

（３） クリップ幅 ：（ａ）100mm 及び 70mm 2 種類

⇒ クリップ幅寸法の強度との関係を確認

（４） クリップの掛り寸法：（ｃ）3 種類 45mm，20mm，15mm（TYPE-A～C）

⇒ クリップが完全に外れる位置と掛り長さの関係を確認

（５） クリップの曲げ加工後の厚さ：（ｂ）2 種類 28mm，35mm

⇒ 取付寸法と強度との関係を確認

（６） アングル部の表面処理： 研磨の有無

⇒ 最大荷重値への影響を確認（クリップ変形時のアングルとの摩擦により強度にばらつき）

（７） 試験体数は各ケース 5 個で実施

各試験体の一覧を第 1-5 表に示す。

第 1-5 表 試験用クリップ一覧

試験区分	試験体名称	クリップ材質	クリップ板厚	クリップ幅(a)	クリップ掛り寸法(c)	曲げ加工後のクリップ幅(b)	クリップ形状	変位速度	試験体数
試験1	C70	SPCC（冷間圧延鋼板）	2.3mm	70 mm	45mm	28mm	既設と同じ	1 mm/分	5
	C100			100 mm					5
	H70	SS400（一般構造用圧延鋼材）		70 mm					5
	H100			100 mm					5
試験2	H100AP	SS400（一般構造用圧延鋼材）		100 mm	45mm	35mm	TYPE-A		5
	H100BP				20mm		TYPE-B		5
	H100CP				15mm		TYPE-C		5

1.8.4　試験結果及び考察

試験結果を最大耐力の測定値で整理した結果を第1-6表にまとめる。

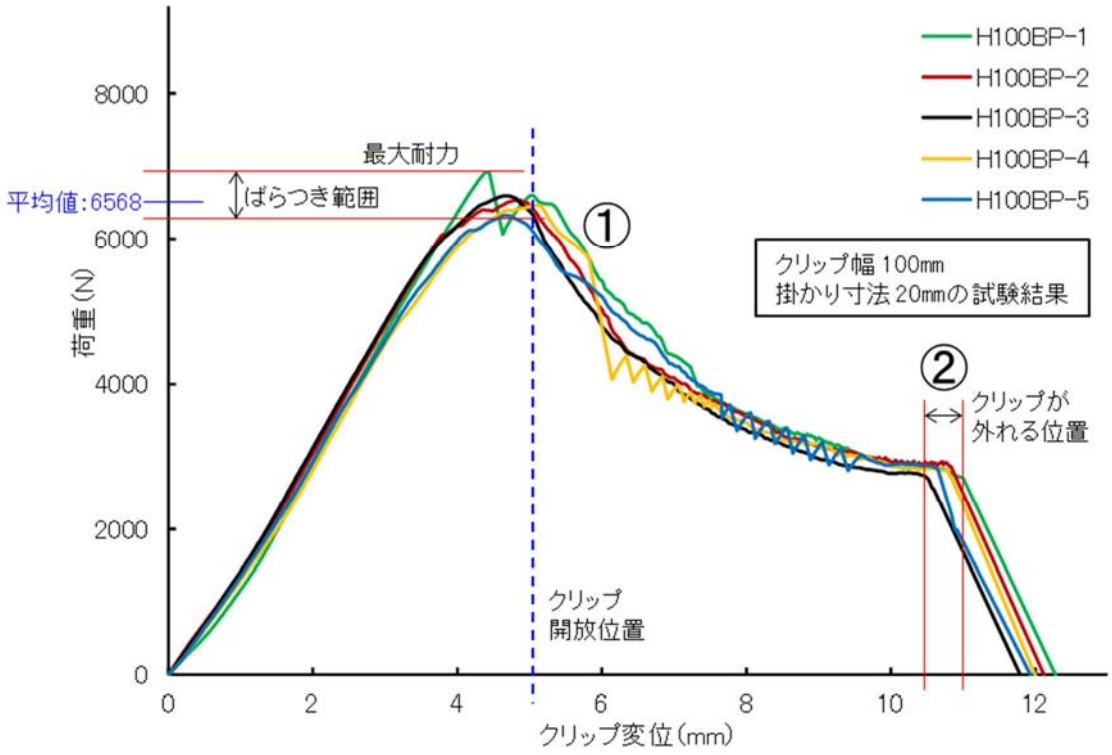
第1-6表 測定結果（最大耐力の一覧）

試験1のC70，C100，H70，H100では，各5本の試験結果の最大耐力のバラツキが大きくなっている。これは，クリップ変形時のアングル部との摩擦の大小により最大強度の値にばらつきが発生したと考える。このため，試験2ではパネル側のアングル部を研磨し，摩擦を軽減させた場合の試験を実施し良好な結果を得た。

クリップの変位と荷重の関係を第1-17図に示す。

- ◆ 試験1の結果から，SS400の降伏点の明確でばらつきも低減できることを確認　⇒　材質はSS400を選定
- ◆ 試験1の結果から，材料に関係なく，降伏荷重(平均値）はクリップ幅に比例（C70/C100=H70/H100≒0.69）

◆ 試験２の結果から，掛り寸法は，20mm 程度（TYPE-B）が最もばらつきが小さく適切な形状と判断



第 1-17 図　クリップの荷重・変位関係

①最大耐力に達したのち，クリップが降伏して開くことで荷重が低下していることをクリップ部のひずみ測定により確認した。

②パネル側のアングル部を研磨し，クリップとの摩擦を軽減させることで最大耐力のばらつきが低下することを確認した。

③クリップの掛かり長さが 20 mm（H100BP）では変位 11mm で，掛かり長さ 15mm（H100CP）では変位 9mm でクリップが完全に外れることを確認した。

（クリップの掛かり長さ 45mm（H100A）では，試験装置の仕様より，クリップが完全に外れるまで測定ができなかった）

1.8.5　クリップの信頼性（モックアップによる開放試験）

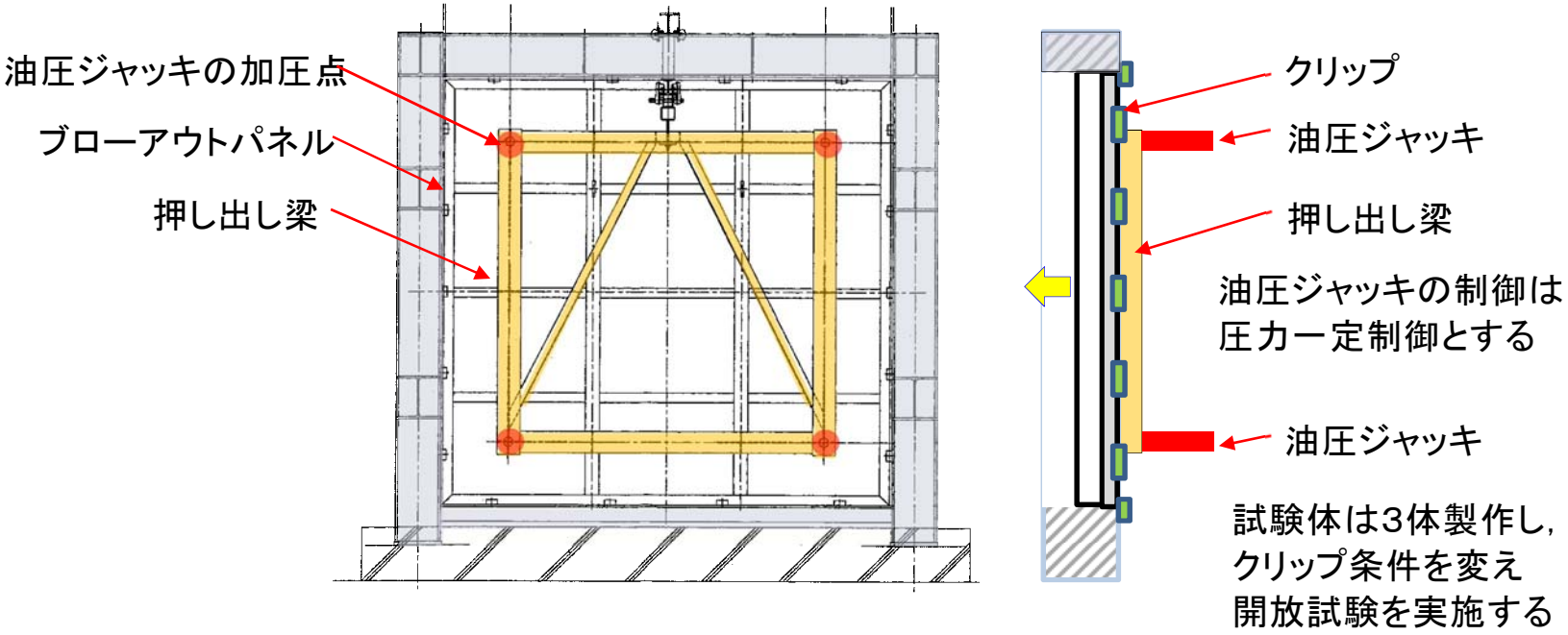
実機同等のブローアウトパネル及びパネルフレーム枠の試験体を製作し，シール施工及び新たに設定するクリップを設置した状態で，油圧ジャッキを用いた加力試験により以下の項目を確認する。モックアップ試験装置の概要を第 1-18 図に示す。

確認項目：規定圧力以下でブローアウトパネルが開放すること

クリップが完全に外れること

ブローアウトパネルが躯体より脱落すること

その他条件：ブローアウトパネルの加圧条件（蒸気条件による均等加圧）を実現象として模擬することは困難であるため，油圧ジャッキと押し出し梁を用いて等圧で均等に加圧する。



第 1-18 図　モックアップ装置の概要

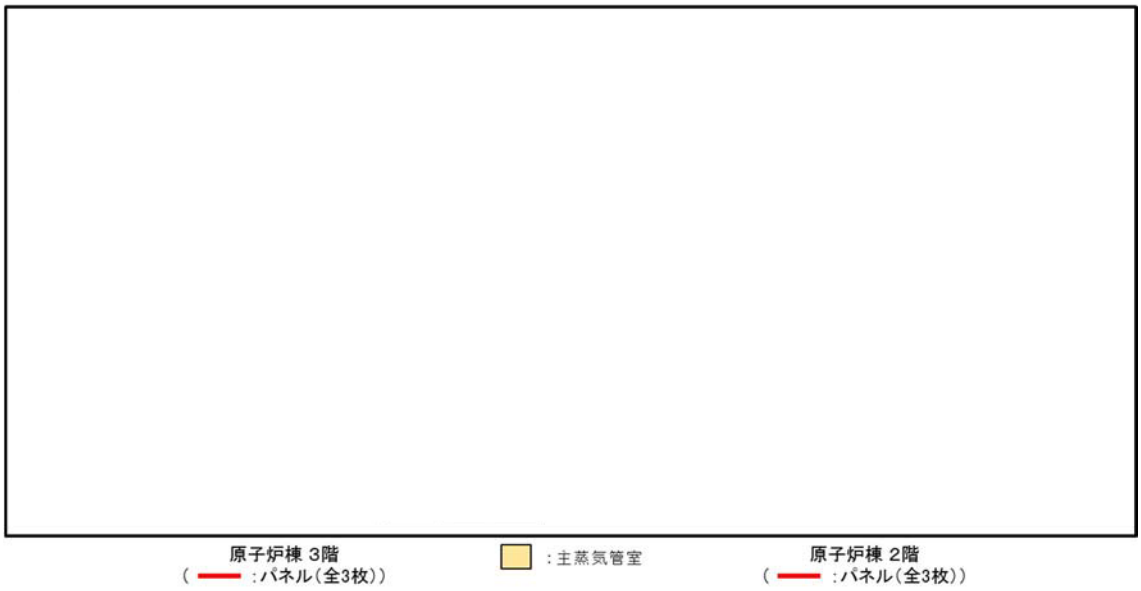
1.9　原子炉建屋内側ブローアウトパネルについて

原子炉建屋外壁のブローアウトパネル以外に，原子炉棟内のブローアウトパネルとして主蒸気管室の壁面 6 箇所にブローアウトパネルが設置されている。（大きさ 約 2m×1.5m のパネル複数で構成）

・原子炉建屋 3 階：主蒸気管室上部の保守点検室北側壁面に 2 箇所，西の壁面に 1 箇所の合計 3 箇所

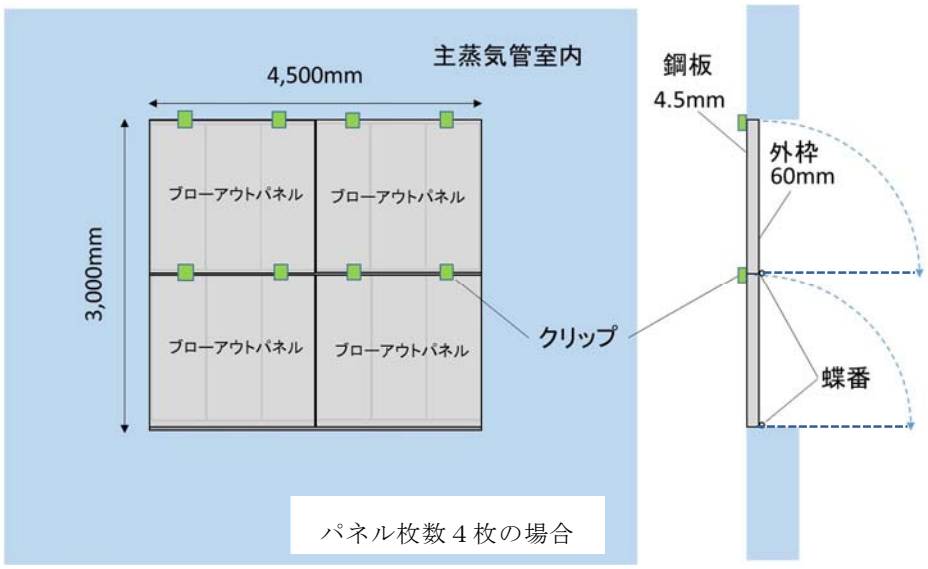
・原子炉建屋 2 階：主蒸気管室西側壁面に 1 箇所，東側壁面に 2 箇所の合計 3 箇所

第 1-19 図に配置図を示す。

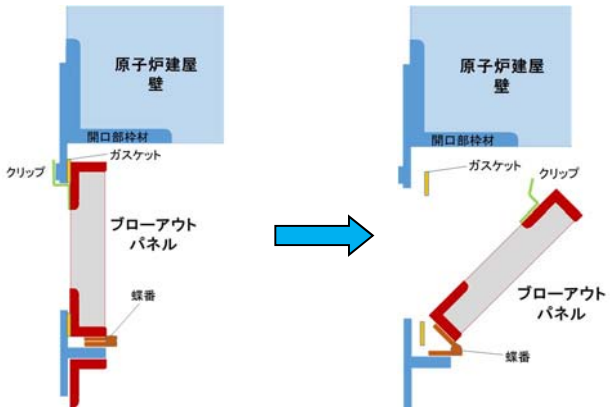


第 1-19 図　原子炉建屋内側ブローアウトパネル配置図

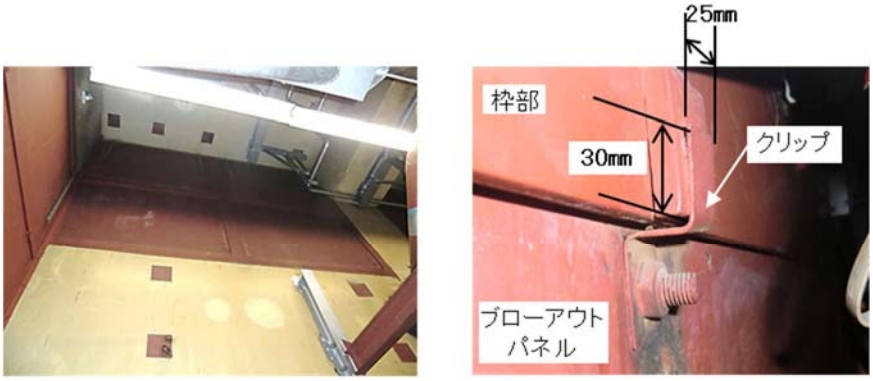
主蒸気管室のブローアウトパネルは，厚さ約 1 ㎜のクリップと呼ばれる装置 2 個で壁に設置されており，差圧のみで自動開放し，主蒸気管室での漏えい蒸気を原子炉棟内に放出するよう設計されている。第 1-20 図に原子炉建屋内側ブローアウトパネルの概要を示す。



a)　正面図　　b)　側面図



c)　断面図（クリップ式構造の概念図）



室内よりの状況
（3階　3F2）

クリップ部

第 1-20 図　原子炉建屋内側ブローアウトパネル概要

内側ブローアウトパネルのクリップは建設時の試験結果より，外側ブローアウトパネルのクリップの約１／２以下の荷重で開放する構造であり，パネルの面積とクリップの個数より，容易に（1psi 以下で）開放する構造である。原子炉建屋内側ブローアウトパネルの主な仕様を第 1-7 表に示す。

主蒸気配管破断時に主蒸気管室のブローアウトパネルが開放しない場合は，構造的に弱い，タービン建屋側の配管貫通部や主蒸気管室入口扉が圧力により破損することが考えられる。

第 1-7 表　原子炉建屋内側ブローアウトパネルの主な仕様

設置場所		寸法(躯体開口部)	パネル枚数	パネル1枚のクリップ数
2階	2F1，2F3	2,969mm×1,400mm	2枚	2個
	2F2	4,031mm×1,400mm	2枚	2個
3階	3F1	2,250mm×3,000mm	2枚	2個
	3F2，3F3	4,500mm×3,000mm	4枚	2個

1.12　クリップ破損時の他設備への影響について

ブローアウトパネルの開放時にクリップが破損し脱落する可能性があることから，この影響について以下のとおり検討し，防護対象設備等への影響がないことを確認した。

プロ―アウトパネルが設置されている原子炉建屋原子炉棟５階，６階における防護すべき設備は以下の第 1-8 表となる。

第 1-8 表　影響を考慮する防護対象設備

原子炉棟 6 階の設備

No.	系統名称	機器名称
1	原子炉補機冷却系	RCW SURGE TANK LEVEL（スイッチ）（LSL-9-192）
2	原子炉補機冷却系	RCW SURGE TANK LEVEL（伝送器）（LT-9-192）
3	エリア放射線モニタ系	燃料取替フロア　燃料プール（検出器）（RE-D21-NS03）
4	エリア放射線モニタ系	燃料取替フロア　燃料プール（現場監視ユニット）（RIA-D21-NS03）
5	燃料プール冷却浄化系	FPC SKIMMER SURGE TANK LI（PNL-LCP-133）
6	燃料プール冷却浄化系	FUEL POOL TEMP（検出器）（TE-G41-N015）
7	プロセス放射線モニタ系	R/B REFUELING EXHAUST RADIATION MONITOR（A）（検出器）（D17-N300A）
8	プロセス放射線モニタ系	R/B REFUELING EXHAUST RADIATION MONITOR（B）（検出器）（D17-N300B）
9	プロセス放射線モニタ系	R/B REFUELING EXHAUST RADIATION MONITOR（C）（検出器）（D17-N300C）
10	プロセス放射線モニタ系	R/B REFUELING EXHAUST RADIATION MONITOR（D）（検出器）（D17-N300D）

原子炉棟 5 階の設備

No.	系統名称	機器名称
1	燃料プール冷却浄化系	SKIMMER SURGE TANK HI LEVEL(スイッチ)（LSH-G41-N004）
2	燃料プール冷却浄化系	SKIMMER SURGE TANK LO LEVEL(スイッチ)（LSL-G41-N005）
3	燃料プール冷却浄化系	SKIMMER SURGE TANK LO LO LEVEL(スイッチ)(LSLL-G41-N006)
4	燃料プール冷却浄化系	SKIMMER SURGE TANK HI LEVEL(伝送器)（LT-G41-N100）

ブローアウトパネル配置に対し，クリップの飛散する水平距離を落下高さとした場合の飛散範囲及び主な防護対象設備の配置を第 1-21 図に示す。

・原子炉建屋６階：ブローアウトパネルの取付高さは，床面より 12.5m

⇒　使用済燃料プールへの落下による影響が考えられるが，クリップの重量(約 230g)より影響なしの評価となる

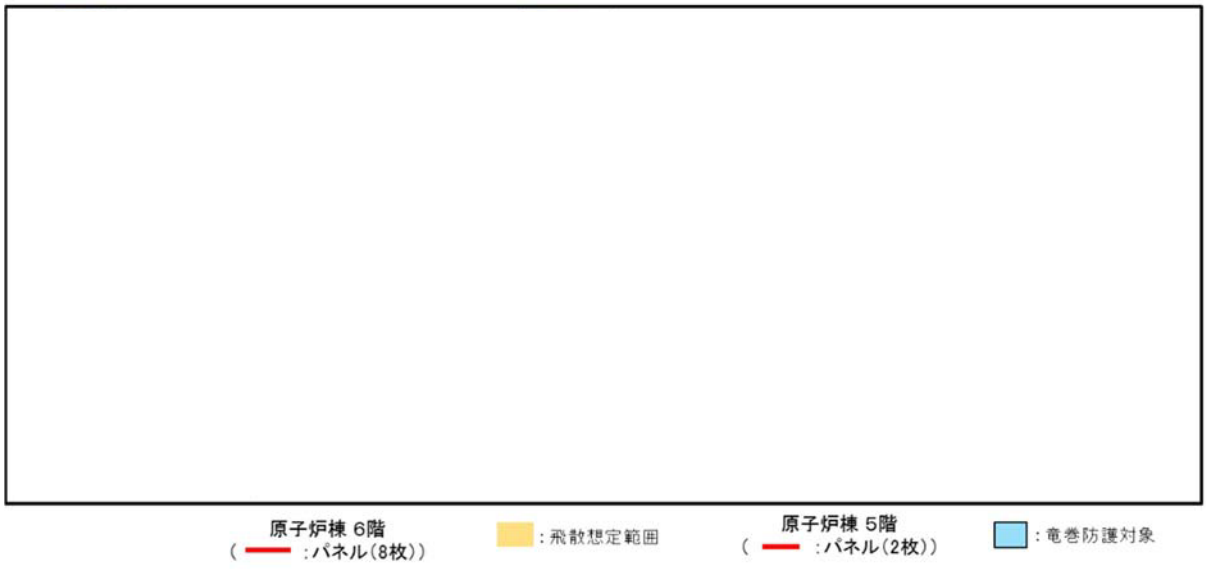
⇒　エリアモニタが床面及びブローアウトパネル下部の壁面に設置されているが，保護カバーを有しており影響なし

⇒　プロセスモニタがブローアウトパネル下部の壁面に設置されているが，他の構造物配置により直接影響はなし

⇒　スキマサージタンクレベル計がブローアウトパネル下部の壁面に設置されているが，保護カバーを有しており影響なし

・原子炉建屋５階：ブローアウトパネルの取付高さは，床面より 6.4m

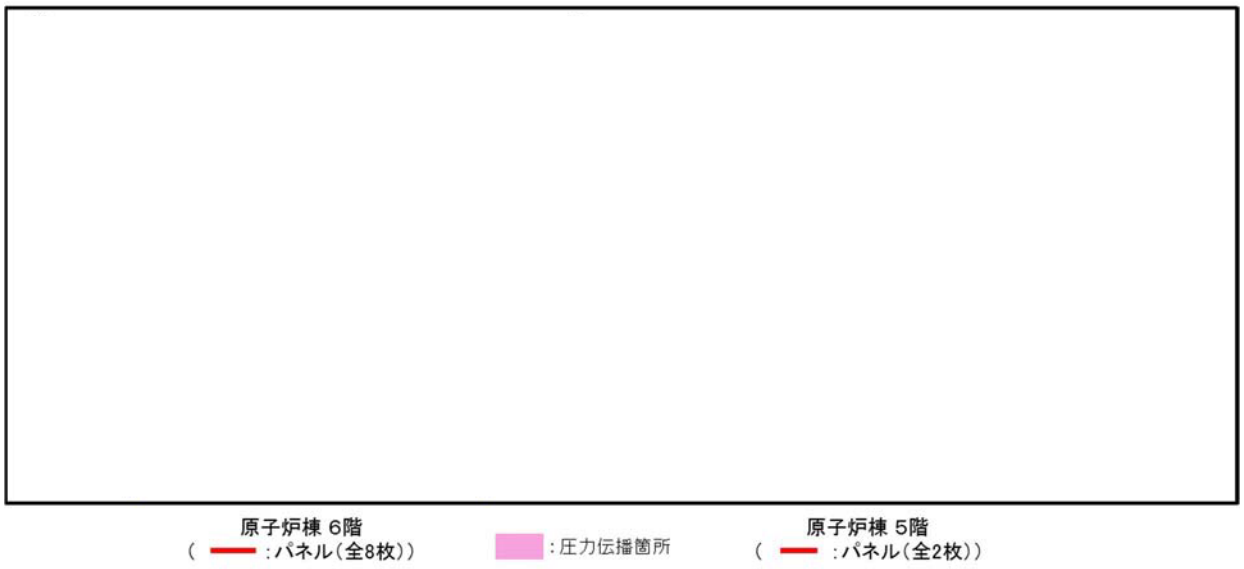
⇒　主要な設備が飛散範囲内に無いため影響なし



第 1-21 図　防護対象設備位置図

1.13　ブローアウトパネルの同時開放について

原子炉建屋外壁に設置されるブローアウトパネル 10 枚に作用する主蒸気管破断時の圧力は音速で伝播する。GOTHIC 解析によれば，原子炉棟５階のパネル 2 枚開放後，6 階のパネル 8 枚にも作動圧力以上の圧力が負荷されるため，ブローアウトパネルは開放する。圧力伝播とブローアウトパネルの位置関係を第 1-22 図に，ノード分割図及び解析結果を第 1-23 図から第 1-24 図に示す。

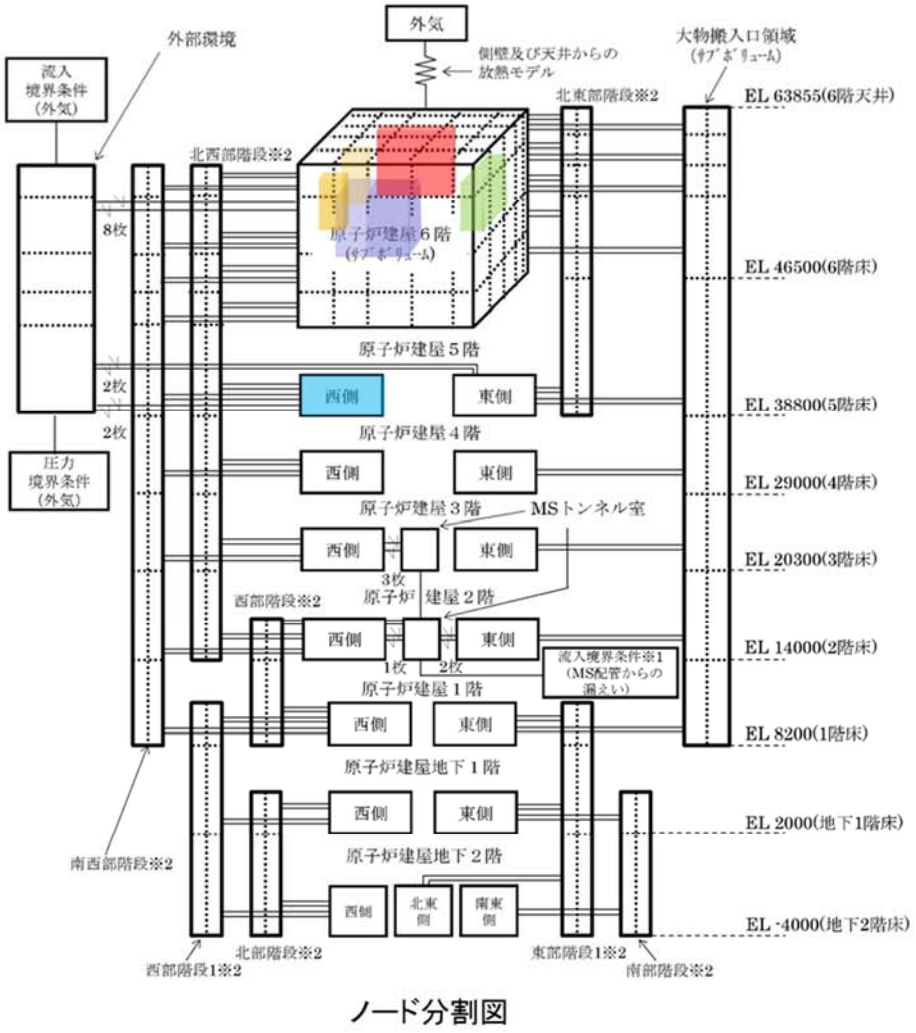


第 1-22 図　圧力伝播とブローアウトパネルの位置関係

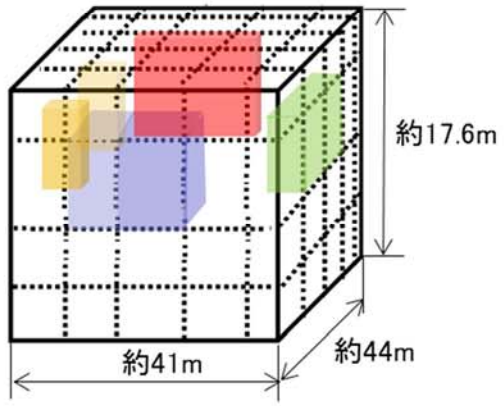
・原子炉棟６階に MSLBA 時の圧力が伝播してからパネル開放までの時間は，空気中の蒸気漏えいによる圧力伝播速度を音速同等とすると，最も遠い（西１）パネル位置でも約 0.13 秒程度である。最も近い（東２）位置との差で，約 0.1 秒。

・ブローアウトパネルの開放時間遅れ（開放圧力に到達してからパネルが開放するまでの時間）は，十分長い。

・各ブローアウトパネルが開放する時間差を，原子炉棟６階での蒸気圧伝播に掛かる時間の差と考えると，最初の１枚が開放を開始し，開放時間遅れの間に，他のパネルについても圧力が 0.1 秒で伝播することでこの間に作動を開始するため，ほぼ同時に開放が可能といえる。



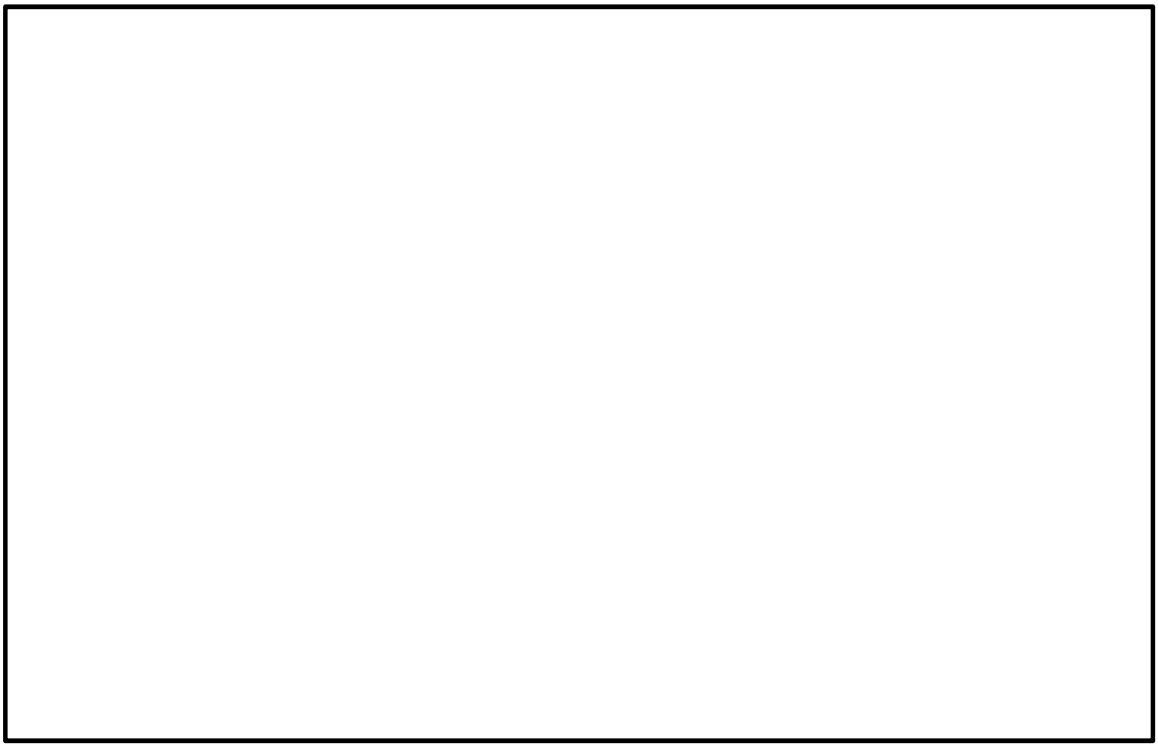
ノード分割図



6階部のノード分割（100分割）

：ブローアウトパネルに対応するノード（5階西側）

第 1-23 図　ノード分割図



第 1-24 図　原子炉棟５階及び６階の解析結果

なお，ブローアウトパネル本体の寸法と取付枠の寸法との関係より上，下端，若しくは左端（又は右端）を固定した状態でも，上端，若しくは右端（又は左端）は，型枠に干渉せずに開放する。ブローアウトパネル設置状態での取付枠との隙間は以下のとおり。

上部：28 ㎜

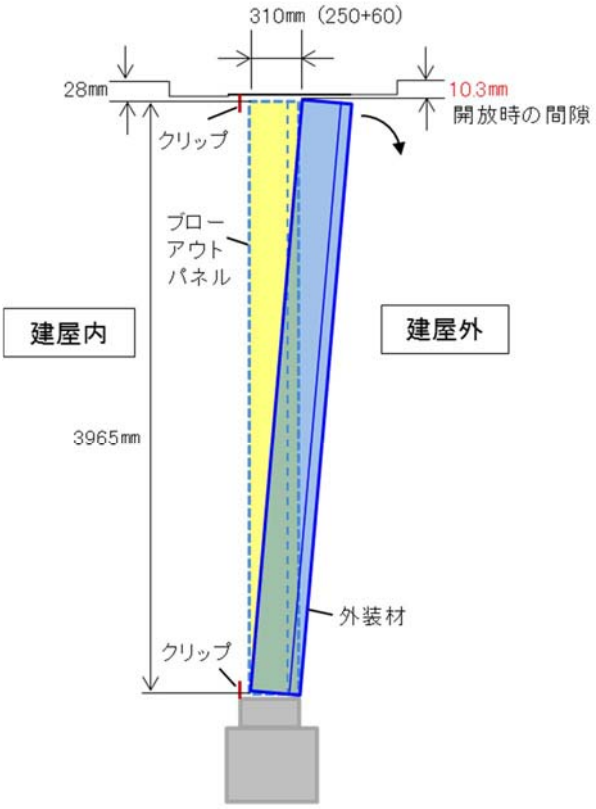
下部：　6 ㎜

左右：17.5 ㎜

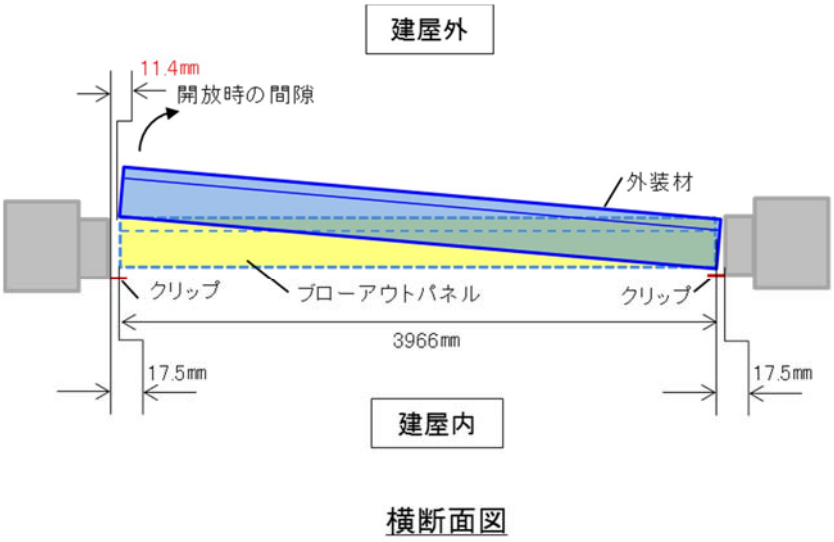
開放時のパネルの移動を保守的に 0 ㎜（パネル下部若しくは，側面が移動量なしで開放する）とした場合でも，パネルと枠間には上部で約 10 ㎜，左右で約 11 ㎜の隙間を有した状態であり，開放に影響はない。この状況を第 1-25 図及び第 1-26 図に示す。

また，ブローアウトパネルの寸法公差は，保守的に普通公差とした場合でも，±4mm 範囲であり開放に影響はない。

このため，強制開放装置は，念のための装置であることから，自主設備と位置付けている。



第 1-25 図　ブローアウトパネル開放時の縦断面図



第 1-26 図　ブローアウトパネル開放時の横断面図

2.　ブローアウトパネル閉止装置

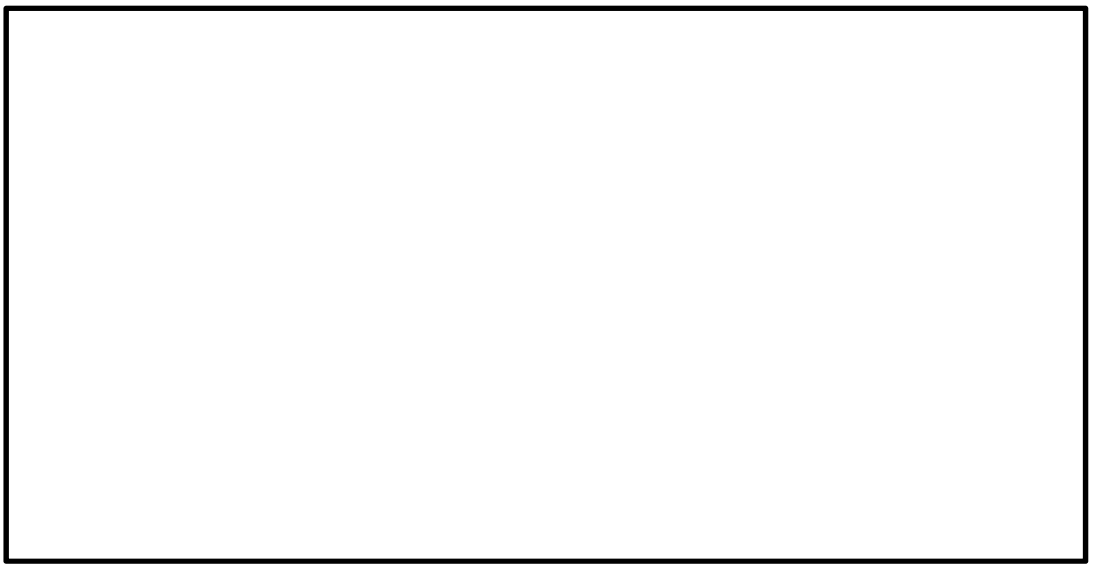
2.1 概要

ブローアウトパネル閉止装置（以下，「閉止装置」という。）は，実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則及び規則の解釈の第 74 条で要求される設備であり，原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放した状態において，炉心の著しい損傷が発生した場合に中央制御室にとどまる運転員を過度の被ばくから防護するため，原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放した後の躯体の開口部を閉止し，原子炉建屋原子炉棟の放射性物質の閉じ込め機能を確保するために設置する。

2.2 設置位置及び個数

閉止装置は，原子炉建屋原子炉棟５階，６階に計１０個設置する。

設置位置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図　ブローアウトパネル閉止装置設置位置図

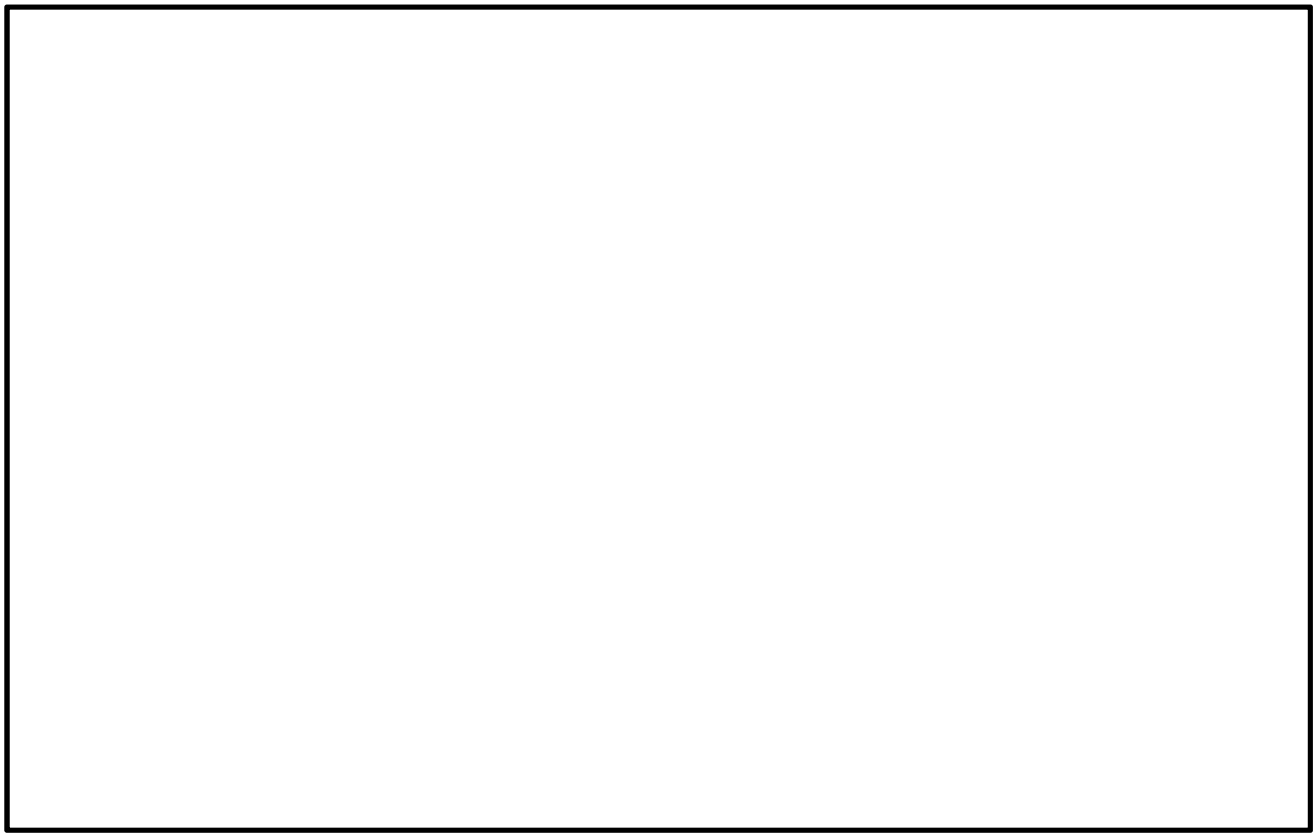
2.3 閉止装置の構造

閉止装置は，電動機の回転をハンガーローラに取り付けられているチェーンにより開閉方向の動作に変換することで扉本体の開閉が可能な構造としており，リミットスイッチにより扉本体の開閉状態を中央制御室にて確認できる構造としている。

扉本体は，ハンガーローラを介して上部レールに吊り下げられた構造としており，全開状態においては，テーパーブロックとプッシュローラにより扉本体をフレームに押し付けて固定する構造としている。また，全閉状態においては，テーパーブロックとプッシュローラにより扉本体をパッキンに押し付けることにより高い気密性を確保する構造としている。

扉本体の開閉は，ガイドローラとガイドレールにより面外方向をガイドする構造となっている。

閉止装置の構造図を第 2-2 図に示す。



2.4 設置許可基準規則第 43 条への適合について

(1) 環境条件（設置許可基準規則第43条第1項第1号）

（ⅰ） 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重その他の使用条件において，重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮するものであること。

（ⅱ） 適合性

ブローアウトパネル閉止装置は，屋外に設置するが，重大事故等時に原子炉建屋原子炉棟内の気密性を確保するために閉止する設備であることから，その機能を期待される重大事故等時における屋外又は原子炉建屋原子炉棟内の環境条件を考慮している。

(2) 操作性（設置許可基準規則第43条第1項第2号）

（ⅰ） 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できるものであること。

（ⅱ） 適合性

閉止装置は，中央制御室の操作盤のスイッチで遠隔操作による開閉操作が可能な設計とするとともに，現場においても人力により開閉操作操作が可能な設計としている。

(3) 試験検査（設置許可基準規則第43条第1項第3号）

（ⅰ） 要求事項

健全性及び能力を確認するため，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あること。

（ⅱ） 適合性

閉止装置は，原子炉の運転中又は停止中に構造健全性のため外観検査が可能な設計としている。また，ブローアウトパネル閉止装置は，原子炉の停止中に機能・性能検査として動作状態の確認が可能な設計としている。

試験検査内容を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表　ブローアウトパネル閉止装置の試験検査内容

必要な機能	検査内容
気密性能	パッキンの外観点検によりシール性能に影響を及ぼす劣化が無いことを確認する。
作動性能	閉止装置を電動による遠隔操作及び現場での手動操作により開閉が可能なことを確認する。
構造健全性	外観目視検査による閉止装置構成部品の健全性を確認する。

(4)　切替えの容易性（設置許可基準規則第43条第１項第４号）

（ⅰ）　要求事項

本来の用途以外の用途として重大事故等に対処するために使用する設備にあっては，通常時に使用する系統から速やかに切り替えられる機能を備えるものであること。

（ⅱ）　適合性

閉止装置は，本来の用途以外の用途として使用しない設計としている。

(5)　悪影響の防止（設置許可基準規則第43条第１項第５号）

（ⅰ）　要求事項

工場等内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないものであること。

（ⅱ）　適合性

閉止装置は，他の設備から独立して使用が可能であり，他の設備に悪影響を及ぼさない設計としている。また，ブローアウトパネル閉止装置の開閉動作が他の設備に悪影響を及ぼさない設計としている。

(6)　設置場所（設置許可基準規則第43条第１項第６号）

（ⅰ）　要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において重大事故等対処設備の操作及び復旧作業を行うことができるよう，放射線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定，設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講じたものであること。

（ⅱ）　適合性

閉止装置は，原子炉建屋原子炉棟の壁面（屋外）に設置し，重大事故等時において放射線量が高くなるおそれの少ない中央制御室から操作が可能な設計としている。

(7)　容量（設置許可基準規則第43条第２項第１号）

（ⅰ）　要求事項

想定される重大事故等の収束に必要な容量を有するものであること。

（ⅱ）　適合性

閉止装置は，原子炉建屋外側ブローアウトパネルと同数の 10 個設置する。なお閉止装置は，重大事故等時において中央制御室の運転員の居住性を確保するために必要な気密性能を有していること。

(8)　共用の禁止（設置許可基準規則第43条第２項第２号）

（ⅰ）　要求事項

二以上の発電用原子炉施設において共用するものでないこと。ただし，二以上の発電用原子炉施設と共用することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合であって，同一の工場等内の他の発電用原子炉施設に対して悪影響を及ぼさない場合は，この限りでない。

（ⅱ）　適合性

施設内に二以上の発電用原子炉施設はないことから，閉止装置は，共用しない。

(9) 設計基準事故対処設備との多様性（設置許可基準規則第43条第２項第３号）

（ⅰ） 要求事項

常設重大事故防止設備は，共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう，適切な措置を講じたものであること。

（ⅱ） 適合性

閉止装置は，常設重大事故緩和設備であるが，設計基準対象施設であるブローアウトパネルの気密性機能と閉止装置の気密性能が同時に損なわれない設計としている。

2.4 閉止装置に要求される機能

閉止装置の機能として，扉を閉止するための作動性と原子炉建屋原子炉棟からの放射性物質漏えいを防止するための気密性が要求される。作動性には，電動で遠隔操作できるとともに手動においても作動できることが要求される。

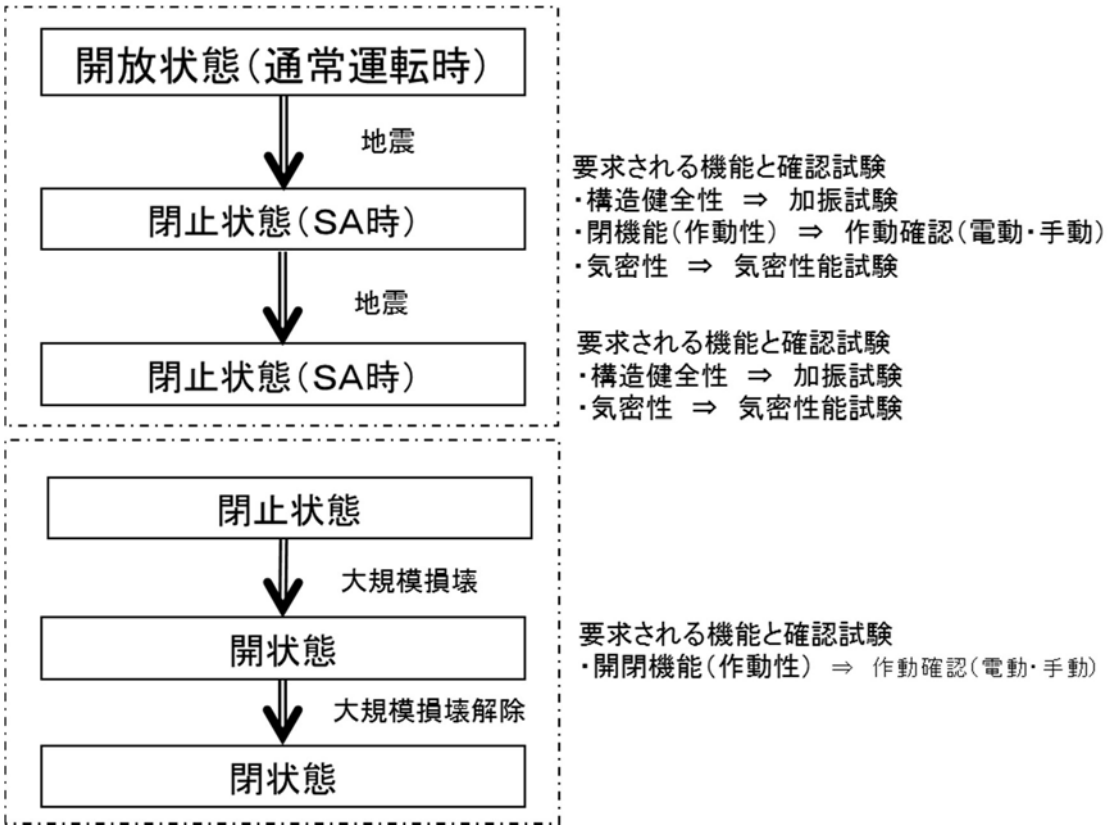
閉止装置の機能を維持するための性能目標を「Ⅴ-1-1-6　別添４」に示す。

2.5　閉止装置の機能確認

閉止装置が要求される機能を発揮することを確認するために機能確認試験を実施する。

プラントの運転状態において，閉止装置に想定される自然現象，外部人為事象のうち最も厳しい地震を想定し，地震後にも機能を維持することを確認する。

閉止装置の運転状態における要求機能と確認試験について第 2-3 図に示す。



第 2-3 図　閉止装置の運転状態における要求機能と確認試験

確認試験の内容について以下に示す。

○加振試験

ブローアウトパネル閉止装置（扉，レール，扉枠等）を一体として，躯体部への取付け状態を模擬した状態で，当該装置の設置高さにおける床応答スペクトルを包絡する条件（当該装置の固有振動数近傍）※1の試験用地震波にて加振試験を実施し，下記の試験を実施する。

※1　固有振動数が 20Hz 以上の場合，ZPA（当該位置の最大床応答加速度）を包絡する条件とする。

○気密性能試験※2

試験体両側に圧力差を生じさせ，試験体の隙間からの漏えい量を測定する。気密性能試験は，加振試験前後に実施する。

○外観目視試験

閉止装置の構成部品の目視点検を実施する。外観目視試験は，加振試験前後に実施する。

○作動試験

電動による自動操作及び手動操作により閉止装置が開閉できることを確認する。作動試験は，加振試験前後に実施する。

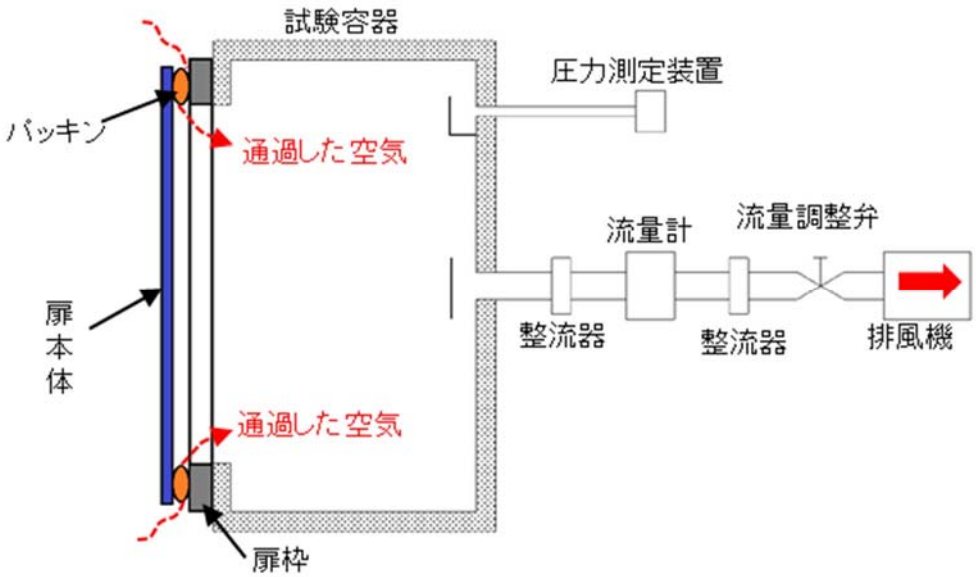
※２　気密性能試験について

・気密性能試験の方法

建屋壁面を模擬した実機大の試験体に試験容器を取付け，排風機により試験容器内の空気を排出することにより，試験容器に取り付けた扉本体に圧力差を生じさせ，圧力測定装置により圧力差を確認しながらパッキンから通過した空気の漏えい量を流量計で測定する。

試験装置，方法については，ASTM E283-4 等に準じて実施する。

試験装置の例を第 2-4 図に示す。



第 2-4 図　試験装置の例

・試験体の大きさ

約 4,800mm×約 4,800mm（躯体開口部を包絡※する大きさ）

※躯体開口部寸法についても包絡する大きさとする

閉止装置を設置する躯体部の開口寸法を第 2-2 表に示す。

第 2-2 表　躯体開口寸法表

設置場所		躯体開口部寸法（単位：mm）
5 階	北，西	4,000×4,000
6 階	北１，北２，南１，南２	3,680×4,170
	西１，西２，東１，東２	4,170×3,680

・気密性能の評価方法

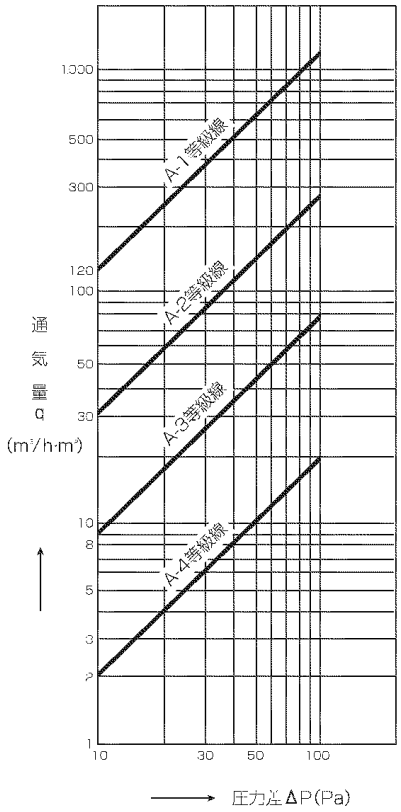
気密性能試験時の試験容器の各差圧におけるパッキン部を通過した空気量と試験体の内法面積から閉止装置の通気量を求める。

$q = Q / A$

q：通気量（$m^3/h \cdot m^2$）

Q：通過した空気量（m^3/h）

A：試験体の内法面積（m^2）



第 2-4 図 JIS A 4706　気密等級線図

800

・閉止装置の気密性能の基準

閉止装置の気密性能は，原子炉建屋原子炉棟の設計気密度（100％／day：63Pa の負圧における原子炉建屋原子炉棟の容積に対する 1 日あたりの漏えい率）を確保できることを基準とする。

非常用ガス処理系の排気量 3,570m^3／h は，原子炉建屋原子炉棟の負圧が 63Pa 時において原子炉建屋原子炉棟の容積を 1 日で処理できるよう設計しており，閉止装置 10 枚の漏えい量が非常用ガス処理系の排気量を上回らなければ，原子炉建屋原子炉棟の気密性は確保される。

気密性能の指標となる通気量は，通過した空気量と扉の内法面積から単位面積当たりの空気量で示される。

躯体開口部相当を内法面積とした場合の原子炉建屋原子炉棟の気密性を確保できる通気量ｑは，通過した空気量Ｑ（3,570m^3／h）と躯体開口面積Ａ（約 155m^2）から 23 m^3／h・m^2以下となる。

ｑ＝Ｑ／Ａ

＝3,570／155

＝23.032…

≒23

気密性能試験で使用する試験体を原子炉建屋原子炉棟に設置すると想定した場合の通気量は，試験体の内法面積が約 21.3m^2（4,620mm×4,620mm）であることから、16.7m^3／h･m^2が基準となる。

試験体は，包絡性を考慮しているため実際に取り付ける閉止装置より内法面積が大きくなってしまい通気量の基準は厳しくなる。

3.　強制開放装置

強制開放装置は，原子炉建屋外側ブローアウトパネルの開放が途中で阻害された場合において，閉止装置の閉止が必要な状況において，原子炉建屋外側ブローアウトパネルを強制的に開放させるために設置する。

原子炉建屋外側ブローアウトパネルは，10 枚同時に開放し，構造上途中で引っかかるものでは無いことから、強制開放装置は自主設備として設置する。

4.　ブローアウトパネル開放時の設計基準事故時被ばく評価への影響について

設計基準事故のうち「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」では，放射性物質は非常用ガス処理系等で処理して排気筒から放射性物質が放出される想定としているが，原子炉建屋のブローアウトパネルが開放した場合は，原子炉建屋内の負圧維持ができなくなり，ブローアウトパネル開放部から直接大気中に放射性物質が放出される可能性がある。

本評価では事故発生から 30 日後以降に地震によりブローアウトパネルが開放されると想定したときの設計基準事故時の被ばく評価への影響について以下のとおり確認した。

4.1 放出量評価

事故発生から 30 日までは，設置許可申請書添付書類十に記載される評価に基づき放出量評価を行い，31 日後は原子炉建屋から直接大気中に放射性物質が放出されると仮定し，非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系を通らずに地上放出されるものとし，非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系のよう素除去効果及び換気率を見込まずに放出量を評価する。評価対象事故は，事故発生時に非常用ガス処理系排気筒から放射性物質が放出され，長期間放出が継続し，ブローアウトパネルが開放される影響が生じる「原子炉冷却材喪失」とする。具体的な放出量評価方法については別紙 1 に示す。

放出量の評価結果を第 1 表に示す。

第 1 表　原子炉冷却材喪失時の放出量の評価結果

項　目	評価期間	原子炉冷却材喪失	
		希ガス (0.5MeV 相当値) (Bq)	よう素 (I－131 換算値) (Bq)
設置許可申請書における放出量	無限期間	4.0×10^{12}	4.8×10^{9}
ブローアウトパネル開放を想定した放出量	事故発生から 30 日まで	3.9×10^{12}	4.4×10^{9}
	事故発生から 31 日後以降	1.1×10^{11}	4.6×10^{10}
	合　計	4.0×10^{12}	5.1×10^{10}

4.2 大気拡散条件

大気拡散評価は，「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき行う。

事故発生から 30 日までは排気筒放出，31 日後以降は地上放出を想定し大気拡散評価を行う。また，ブローアウトパネルが開放した場合は原子炉建屋から瞬時に放出するものとし実効放出継続時間は 1 時間とする。

大気拡散条件の評価結果を第 2 表に示す。

第 2 表　原子炉冷却材喪失時の相対濃度及び相対線量の評価結果

項　目		実効放出継続時間(h)	相対濃度/相対線量		評価方位
設置許可申請書における拡散条件		24	D/Q (Gy/Bq)	4.5×10^{-20}	W
		24	χ/Q (s/m^3)	8.0×10^{-7}	
ブローアウトパネル開放を想定した拡散条件	事故発生から 30 日まで	24	D/Q (Gy/Bq)	3.5×10^{-20}	NW
		24	χ/Q (s/m^3)	7.6×10^{-7}	
	事故発生から 31 日後以降	1	D/Q (Gy/Bq)	4.0×10^{-19}	
		1	χ/Q (s/m^3)	2.9×10^{-5}	

4.3 被ばく評価結果

ブローアウトパネルが開放した場合の設計基準事故時の被ばく評価結果を第 3 表に示す。ブローアウトパネル開放を考慮した評価結果は，設計基準事故の基準である 5mSv を十分に下回る結果となっている。また，設置許可申請書の本文十号に記載されている設計基準事故で最も線量が高くなる主蒸気管破断の線量（1.8×10^{-1} mSv）と比べても十分に低い値となっており，設計基準事故に係る被ばく評価の結論に影響はない。

第 3 表　原子炉冷却材喪失時の被ばく評価結果

項　目			実効線量（mSv）
設置許可申請書 添付書類十記載値	希ガス		1.8×10^{-4}
	よう素		3.6×10^{-5}
	直接・スカイシャイン線		1.0×10^{-4}
	合　計		**3.2×10^{-4}**
ブローアウトパネル 開放を想定した場合	事故発生から 30 日まで	希ガス	1.4×10^{-4}
		よう素	3.3×10^{-5}
	事故発生から 31 日後以降	希ガス	4.4×10^{-5}
		よう素	1.3×10^{-2}
	直接・スカイシャイン線		1.0×10^{-4}
	合　計		**1.3×10^{-2}**

※ブローアウトパネル開放後は原子炉建屋内の放射性物質は大気中へ放出されるため，原子炉建屋からの直接γ線及びスカイシャインガンマ線は無くなるが本評価においては考慮しない。

別紙 1

ブローアウトパネルの開放を考慮した放出量評価について

「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」の放出量評価においては非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系によるよう素除去効果及び換気率を考慮して式①及び式②により放出量評価を行っている。

ブローアウトパネルが開放した場合には，非常用ガス処理系及び非常用ガス再循環系のよう素除去効果及び換気率が期待できなくなる。このため，別表 1 及び別表 2 に示す条件の違いを考慮して補正係数を求め，設置許可申請書に基づく放出量の事故発生から 31 日以降の放出量に補正係数を乗じてブローアウトパネル開放後の放出量を評価した。

1．燃料集合体の落下

燃料集合体の落下におけるブローアウトパネル開放時（事故発生から 31 日後以降）の放出量を評価するための補正係数は，①式で$\frac{F_1}{DF}\cdot Q_P^i$は定数とし，その他の係数は別表 1 に示す条件から求める。

ただし，燃料集合体の落下の放出率は別図 1 に示すように約 20 日で≒0 であり，事故発生から 31 日後以降のブローアウトパネル開放の影響はない。

$$Q_i=\frac{\lambda LSGTS\cdot(1-f_2)\cdot\frac{F_1}{DF}\cdot Q_P^i}{\left(\lambda_R^i+\lambda LSGTS+\lambda LFRVS\cdot f_1\right)}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots①$$

Q_i　：大気中に放出される放射性物質の放出量（Bq）

F_1　：核分裂生成物の存在割合

- 希ガス　F＝1
- 有機よう素　F＝全よう素中の有機よう素の割合
- 無期よう素　F＝全よう素中の無機よう素の割合

DF　：無機よう素のプール水による除去係数（DF＝500）
（希ガス及び有機よう素はDF＝1）

λ LSGTS　：非常用ガス処理系による原子炉建屋内空気の換気率（s^{-1}）

λ LFRVS　：非常用ガス再循環系による原子炉建屋内空気の再循環率（s^{-1}）

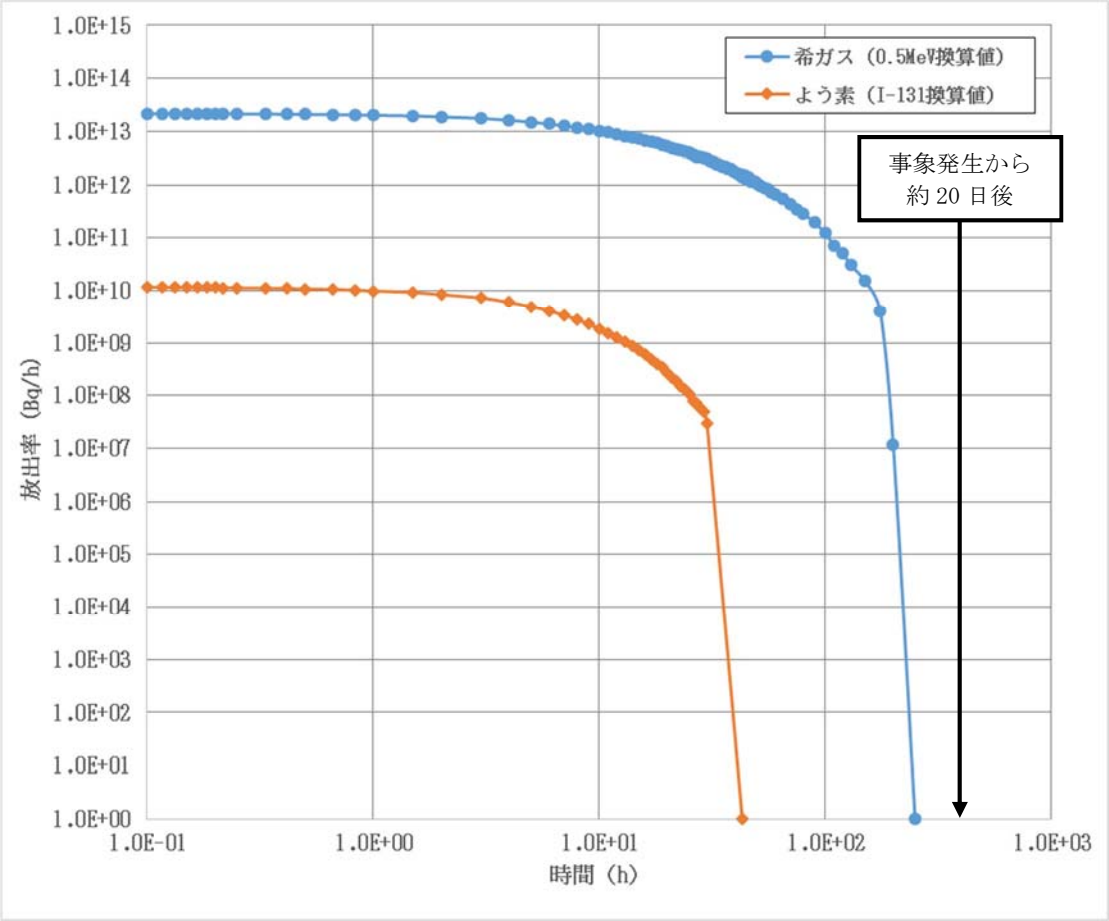
f_1　：非常用ガス再循環系フィルタのよう素除去効率（-）

f_2　：非常用ガス再循環系フィルタ及び非常用ガス処理系フィルタを経由した場合の総合よう素除去効率（-）

λ_R^i　：核種iの崩壊定数（s^{-1}）

別表１　燃料集合体の落下時の非常用ガス処理系等の評価条件

	設置申請書添付書類十 における評価条件	ブローアウトパネルの開放を 考慮した場合の評価条件
F_1	希ガス　　F＝100 ％ 有機よう素　F＝1 ％ 無期よう素　F＝99 ％	同左
DF	希ガス　　DF＝1 有機よう素　DF＝1 無期よう素　DF＝500	同左
λ LSGTS	1 回/d	無限大
λ LFRVS	4.8 回/d	0 回/d
f_1	90 ％	0 ％
f_2	97 ％	0 ％
λ_R^i	（例） 希ガス（Xe－133）：0.131（d^{-1}） よう素（I－131）：0.086（d^{-1}）	同左



別図１　燃料集合体の落下における放出率の時間推移

2. 原子炉冷却材喪失

原子炉冷却材喪失におけるブローアウトパネル開放時（事故発生から 31 日後以降）の放出量を評価するための補正係数は，②式で$\left(q_C^i + q_f^i \cdot g\right) \cdot K_0$は定数とし，その他の係数は別表 1 に示す条件から求める。

補正前後のブローアウトパネル開放後（事故発生から 31 日後以降）を別表 3 に示すとおりであり，よう素は約 140 倍，希ガスは約 1.1 倍となっている。

$$Q_H^i = \left(q_C^i + q_f^i \cdot g\right) \cdot K_0 \cdot (1 - f_2) \cdot \frac{\lambda LPCV \cdot \lambda LSGTS}{\left(\lambda_R^i + \lambda LPCV \cdot F_3\right) \cdot \left(\lambda_R^i + \lambda LSGTS + \lambda LFRVS \cdot f_1\right)} \quad \cdots\cdots\cdots ②$$

Q_H^i ：大気中に放出される放射性物質の放出量（Bq）

q_C^i ：核種iの冷却材中存在量（Bq）

$q_C^i = C_W^i \cdot \mathrm{M}$

C_W^i ：核種iの冷却材中存在量（Bq/g）

M ：冷却材保有量（g）

q_f^i ：核種iの追加放出量

g ：組成構成比

- 希ガス　g＝1
- 有機よう素　g＝全よう素中の有機よう素の割合
- 無機よう素　g＝全よう素中の無機よう素の割合

K_0 ：格納容器気相部に存在する核分裂生成物の格納容器全存在量に対する割合

$K_0 = (1 - F_2) \cdot F_3$

F_2 ：無機よう素の格納容器内の壁面等に付着する割合（希ガス及び有機よう素はこの効果を無視する。）

F_3 ：格納容器内の気相部に浮遊する割合

$$F_3 = \frac{V_A}{V_A + V_W \cdot P}$$

V_A ：格納容器内気相容積（m^3）

V_W ：格納容器内液相容積（m^3）

P ：気液分配係数（−）

λ LPCV ：格納容器からの漏えい率（s^{-1}）

λ LSGTS ：非常用ガス処理系による原子炉建屋内空気の換気率（s^{-1}）

λ LFRVS ：非常用ガス再循環系による原子炉建屋内空気の再循環率（s^{-1}）

f_1 ：非常用ガス再循環系フィルタのよう素除去効率（−）

f_2 ：非常用ガス再循環系フィルタ及び非常用ガス処理系フィルタを経由した場合の総合よう素除去効率（−）

λ_R^i ：核種iの崩壊定数（s^{-1}）

別表 2　原子炉冷却材喪失時の非常用ガス処理系等の評価条件

	設置申請書添付書類十 における評価条件	ブローアウトパネルの開放を 考慮した場合の評価条件
C_W^i	4.6×10^3 Bq/g（I-131）	同左
M	289 t	同左
q_f^i	2.22×10^{14} Bq（I-131）	同左
g	希ガス　　F＝100 % 有機よう素　F＝4 % 無期よう素　F＝96 %	同左
F_2	50 %	同左
V_A	9,800 m^3	同左
V_W	3,300 m^3	同左
P	希ガス　　P＝1 有機よう素　P＝1 無期よう素　P＝100	同左
λ LPCV	0.5 %/d	同左
λ LSGTS	1 回/d	無限大
λ LFRVS	4.8 回/d	0 回/d
f_1	90%	0%
f_2	97%	0%
λ_R^i	希ガス（Xe－133）：0.131（d^{-1}） よう素（I－131）：0.086（d^{-1}）	同左

別表 3　ブローアウトパネル開放後（事故発生から 31 日後以降）の放出量

項　目		補正前	補正後	補正後/補正前
ブローアウトパネル開放後の放出量（Bq）	希ガス （0.5MeV 相当値）	1.0×10^{11}	1.1×10^{11}	1.1 倍
	よう素 （I-131 換算値）	3.1×10^8	4.6×10^{10}	140 倍

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

（Ⅴ-1-1-2-2　津波への配慮に関する説明書）

改定履歴

改定	改定日 （提出年月日）	改定内容
改 0	H30.2.5	・新規制定 ・「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を新規作成し，追加
改 1	H30.2.7	・「1.1　潮位観測記録の考え方について」及び「1.3　港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し，追加
改 2	H30.2.8	・改 0 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 3	H30.2.9	・改 1 に，「1.6　ＳＡ用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し，追加（「1.1　潮位観測記録の考え方について」及び「1.3　港湾内の局所的な海面の励起について」は，変更なし）
改 4	H30.2.13	・改 3 の内，「1.1　潮位観測記録の考え方について」及び「1.3　港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6　ＳＡ用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は，変更なし）
改 5	H30.2.13	・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し，追加
改 6	H30.2.15	・「5.7　自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し，追加
改 7	H30.2.19	・改 6 に，「5.1　地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し，追加（「5.7　自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は，変更なし）
改 8	H30.2.19	・「5.9　浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し，追加
改 9	H30.2.22	・改 8 の「5.9　浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は，変更なし）
改 10	H30.2.23	・改 2 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 11	H30.2.27	・「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4　津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し，追加
改 12	H30.3.1	・「1.2　遡上・浸水域の評価の考え方について」，「1.4　津波シミュレーションにおける解析モデルについて」，「4.2　漂流物による影響確認について」，「5.2　耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6　浸水量評価について」を新規作成し，追加 ・改 4 の内，「1.6　ＳＡ用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改 13	H30.3.6	・改 12 の内，「1.6　ＳＡ用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改 14	H30.3.6	・改 5 の内，「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち，「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成） ・改 9 の内，「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定

改定	改定日 （提出年月日）	改定内容
改 15	H30.3.9	・資料番号を「補足-60」→「補足-60-1」に変更（改定番号は継続） ・改 7 の内,「5.7　自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 10 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 16	H30.3.12	・改 14 の内,「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定
改 17	H30.3.22	・改 15 の内,「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 18	H30.3.30	・「1.5　入力津波のパラメータスタディの考慮について」,「3.1　砂移動による影響確認について」,「6.5.1　防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を新規作成し追加 ・改 17 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 19	H30.4.3	・改 18 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 20	H30.4.4	・改 11 の内「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5.10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて」を新規作成し追加
改 21	H30.4.6	・改 11 の内「5.4　津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を改定 ・改 16 の内「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」のうち「5.14.2　鋼製防護壁シール材について」を新規作成）
改 22	H30.4.6	・「6.9.2　逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を新規作成し追加
改 23	H30.4.10	・改 18 の「6.5.1　防潮扉の設計に関する補足説明」及び「6.6.1　放水路ゲートに関する補足説明」を改訂 ・改 21 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 24	H30.4.11	・改 5 の内,「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち,「5.11.4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））」を改定） ・改 14 の内,「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち,「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を改定） ・改 20 の内,「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5.15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を新規作成し追加 ・「6.2.1　鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6.3.1　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6.4.1　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6.8.1　貯留堰の設計に関する補足説明」を新規作成し追加
改 25	H30.4.12	・改 23 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定
改 26	H30.4.13	・改 12 の内,「4.2　漂流物による影響確認について」及び「5.6　浸水量評価について」を改定
改 27	H30.4.18	・改 25 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定

改定	改定日 （提出年月日）	改定内容
改 28	H30.4.19	・改 5 の内，「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11.7　防潮扉」を改定） ・改 24 の内，「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 21 の内，「5.4　津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・「5.13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を新規作成し，追加 ・「5.18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について」を新規作成し，追加 ・「6.5.1　防潮扉の設計に関する補足説明」（土木）を新規作成し，追加 ・「6.8.2　貯留堰取付護岸に関する補足説明」を新規作成し，追加
改 29	H30.4.19	・改 18 の内，「1.5　入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定
改 30	H30.4.27	・H30.4.23 時点での最新版一式として，改 29（H30.4.19）までの最新版をとりまとめ，一式版を作成
改 31	H30.4.26	・改 28 の内，「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 28 の内，「5.4　津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・改 5 の内，「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11.2　防潮堤（鋼製防護壁)」，「5.11.3　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁)」を改定） ・「6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を新規作成し，追加 ・「6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」を新規作成し，追加
改 32	H30.5.1	・改 31 の内，「4.1　設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5.9　浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を削除し，5.9　以降の番号を繰り上げ ・改 5 の内，「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.8　構内排水路逆流防止設備」を改定） ・改 21 の内，「5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定（「5.13.2　鋼製防護壁シール材について」を改定） ・「6.1.1.1　鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し，追加 ・「6.7.1.1　構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し，追加
改 33	H30.5.7	・改 5 の内，「5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定 ・「6.2.1.2　鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を新規作成し，追加 ・「6.3.1.2　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し，追加 ・「6.4.1.2　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し，追加 ・「6.8.1.2　貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し，追加

改定	改定日 （提出年月日）	改定内容
改 34	H30.5.7	・改 27 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定 ・「6.7.1　構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を新規作成し，追加
改 35	H30.5.14	・改 34 の「6.1.3　止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の実証試験の記載等について適正化

下線は，今回提出資料を示す。

目　　次

[　　]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

1.　入力津波の評価

1.1　潮位観測記録の考え方について[改 4 H30.2.13]

1.2　遡上・浸水域の評価の考え方について[改 12 H30.3.1]

1.3　港湾内の局所的な海面の励起について[改 4 H30.2.13]

1.4　津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30.3.1]

1.5　入力津波のパラメータスタディの考慮について[改 29 H30.4.19]

1.6　ＳＡ用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30.3.6]

2.　津波防護対象設備

2.1　津波防護対象設備の選定及び配置について

3.　取水性に関する考慮事項

3.1　砂移動による影響確認について[改 18 H30.3.30]

3.2　海水ポンプの波力に対する強度評価について

3.3　電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について

4.　漂流物に関する考慮事項

4.1　設計に用いる遡上波の流速について[改 32 H30.5.1]

4.2　漂流物による影響確認について[改 26 H30.4.13]

4.3　漂流物衝突力について

5.　設計における考慮事項

5.1　地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30.2.19]

5.2　耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 12 H30.3.1]

5.3　強度計算に用いた規格・基準について

5.4　津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 31 H30.4.26]

5.5　津波防護施設のアンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について

5.6　浸水量評価について[改 26 H30.4.13]

5.7　自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 15 H30.3.9]

5.8　浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について

5.9 浸水防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて[改 20 H30.4.4]

5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について

5.10.1　概要[改 5 H30.2.13]

5.10.2　防潮堤（鋼製防護壁）[改 31 H30.4.26]

5.10.3　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）[改 31 H30.4.26]

5.10.4　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））[改 24 H30.4.11]

5.10.5　防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）[改 24 H30.4.11]

5.10.6　貯留堰及び貯留堰取付護岸[改 5 H30.2.13]

5.10.7　防潮扉[改 28 H30.4.19]

5.10.8　構内排水路逆流防止設備[改 32 H30.5.1]

5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について
5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について[改 28 H30.4.19]
5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について[改 16 H30.3.19]
5.13.2 鋼製防護壁シール材について[改 32 H30.5.1]
5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について[改 24 H30.4.11]
5.15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 33 H30.5.7]
5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について[改 28 H30.4.19]
5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 7 H30.2.19]
6. 浸水防護施設に関する補足資料
6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明[改 32 H30.5.1]
6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明
6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明
6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 35 H30.5.14]
6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料[改 24 H30.4.11]
6.2.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料[改 33 H30.5.7]
6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30.4.11]
6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30.5.7]
6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30.4.11]
6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30.5.7]
6.5 防潮扉に関する補足説明
6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明[改 23 H30.4.10]
6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 28 H30.4.19]（土木）
6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明
6.6 放水路ゲートに関する補足説明
6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 23 H30.4.10]
6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明

[ ]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

6.7.1　構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明[改 34 H30.5.7]
6.7.1.1　構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明[改 32 H30.5.1]
6.7.1.2　構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明
6.8　貯留堰に関する補足説明
6.8.1　貯留堰の設計に関する補足説明
6.8.1.1　貯留堰の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30.4.11]
6.8.1.2　貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30.5.7]
6.8.2　貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 28 H30.4.19]
6.9　浸水防護設備に関する補足説明
6.9.1　浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁の設計に関する補足説明
6.9.2　逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について[改 22 H30.4.6]
6.9.3　津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について
6.10 津波監視設備に関する補足説明
6.10.1 津波監視カメラの設計に関する補足説明
6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明
6.10.3 加振試験の条件について
6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明
6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明[改 31 H30.4.26]
6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明[改 31 H30.4.26]

[　　]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

6.1.3　止水機構に関する補足説明

6.1.3.1　止水機構（1 次止水機構）の実規模大実証試験の計画について

1.目　的

止水機構が基準地震動Ｓ$_s$及び余震+津波時において，実規模大の試験装置を用いた試験（以下「実証試験」という。）を行い，止水板の挙動を確認することにより，変位追従性，水密ゴムの健全性を確認する。

実証試験においては，振動台の能力の中で実証試験を行う必要があることから，最大限の加振ケースにて実証試験を行ない止水板の挙動等※を確認する。また，実証試験にて得られた結果については，三次元動的解析を実施し検証を行うと共に，基準地震動Ｓ$_s$における止水板の挙動等※については，三次元動的解析にて止水板の挙動等※を確認する。

※止水板の挙動等とは

地震時又は余震+津波時における止水板の挙動，変位追従性，水密ゴムの健全性

2.止水機構（１次止水機構）の概要

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地震時における追従性を確保する必要があることから，止水板が可動できるよう止水機構を設置する。1次止水機構は，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。水密ゴムは，摩擦抵抗を低減し追従性を向上させるため，表面ライニング（樹脂）を施工する。

また，止水板には漂流物の衝突による影響も考慮し，止水板押え及び保護プレートを設置し漂流物荷重からも耐える構造とする。

止水機構の構造図を図１に，１次止水機構に係る各部位の役割・機能を表１に示す。

なお，止水機構は，1 次止水機構である止水板からの微少な浸水も考慮し，敷地内に浸水させないよう陸側にシートジョイントからなる２次止水機構を設置する。

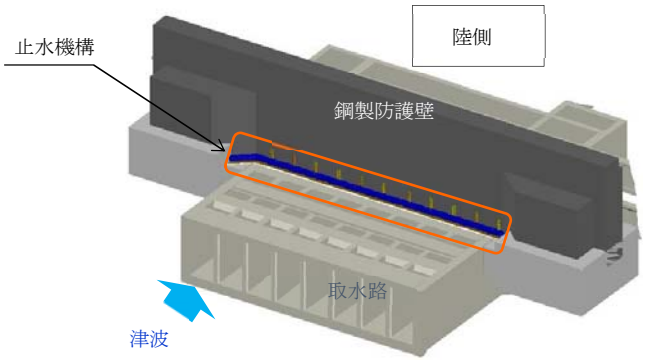


図　止水機構の設置位置

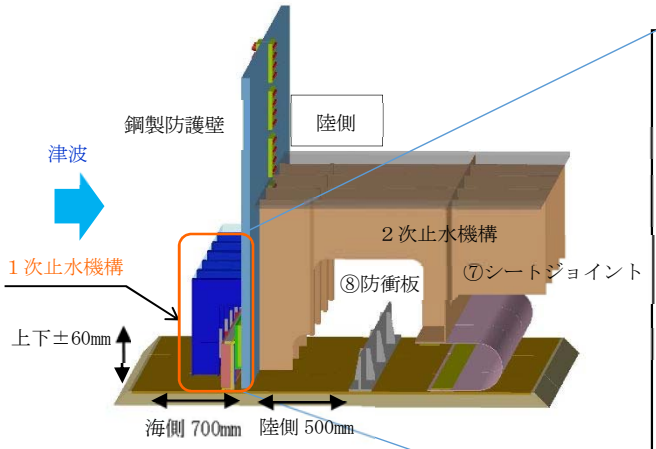


図 a　止水機構断面図

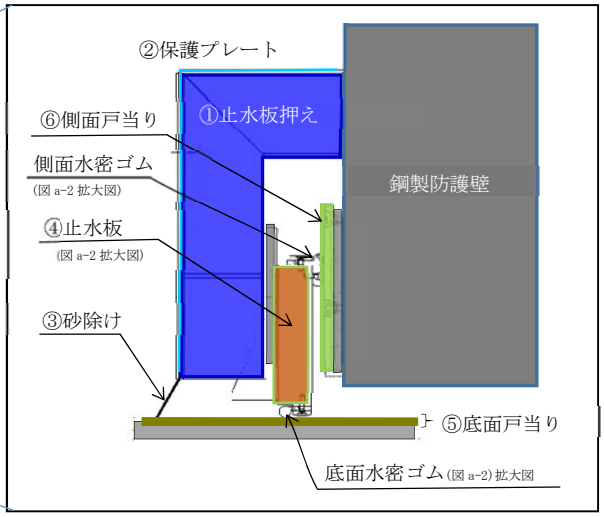


図 a-1　1次止水機構拡大図

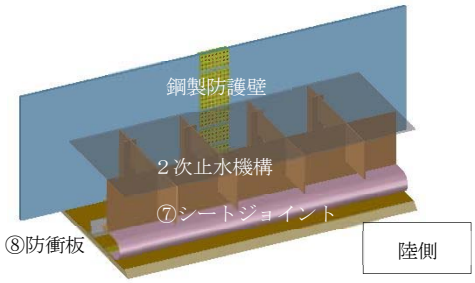


図 b　2次止水機構の構造

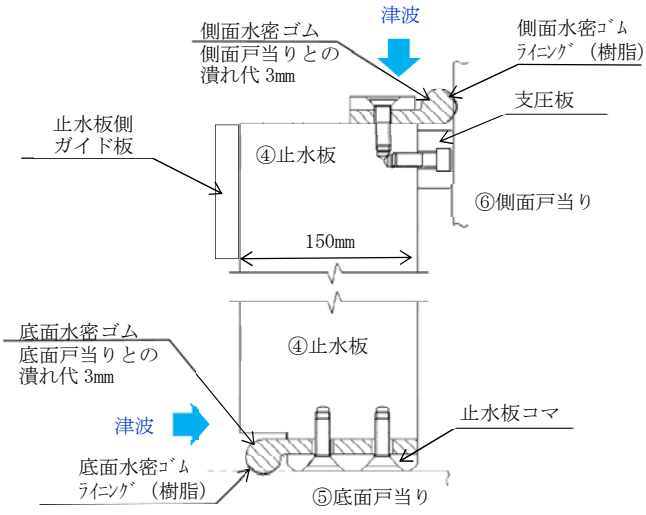


図 a-2　止水板，底面・側面水密ゴム拡大図

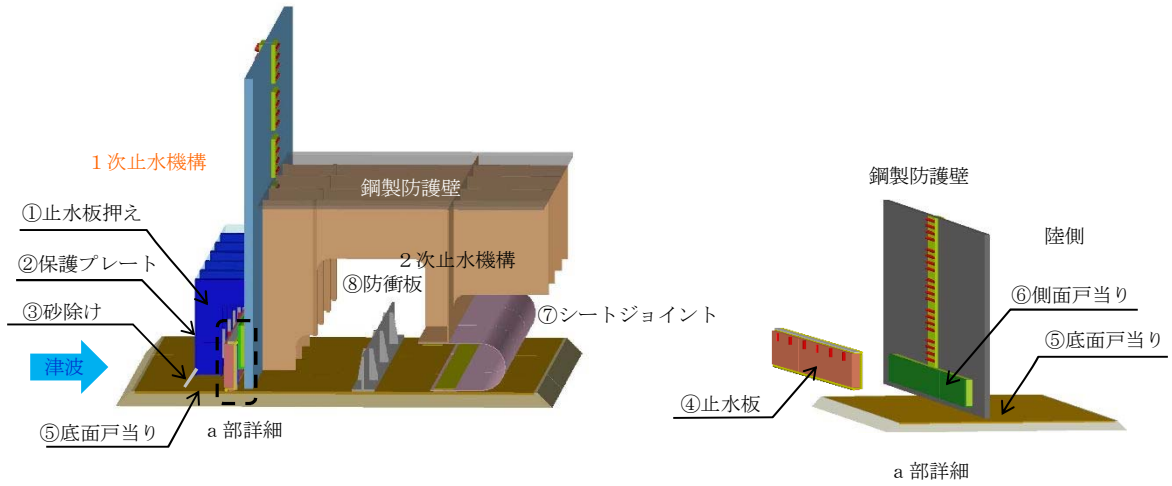
図1　止水機構の構造図

6.1.3-2

表１　１次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
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	・大型植生など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150mm×高さ400mm 重量：約930kg	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，平面度の管理） ・床部より約100㎜嵩上げし異物混入を防止する。	ステンレス (表面仕上げNo.1)※２
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，平面度の管理）	ステンレス (表面仕上げNo.1)※２
⑦　シートジョイント※１	・水密ゴムからの微少な浸水を保持する。 ・陸側からの異物混入を防止する。	シートジョイント
⑧　防衛板※１	・１次止水機構の損傷又は保守に伴う取り外し時に漂流物が２次止水機構に到達することを防止する。	鋼製



止水機構の各名称

※１：２次止水機構

※２：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

3. 鋼製防護壁と 1 次止水機構の検討フロー及び 1 次止水機構の実証試験評価フロー

鋼製防護壁と 1 次止水機構の検討フロー（図 2）及び 1 次止水機構の実証試験評価フロー（図 3）については以下の通り。

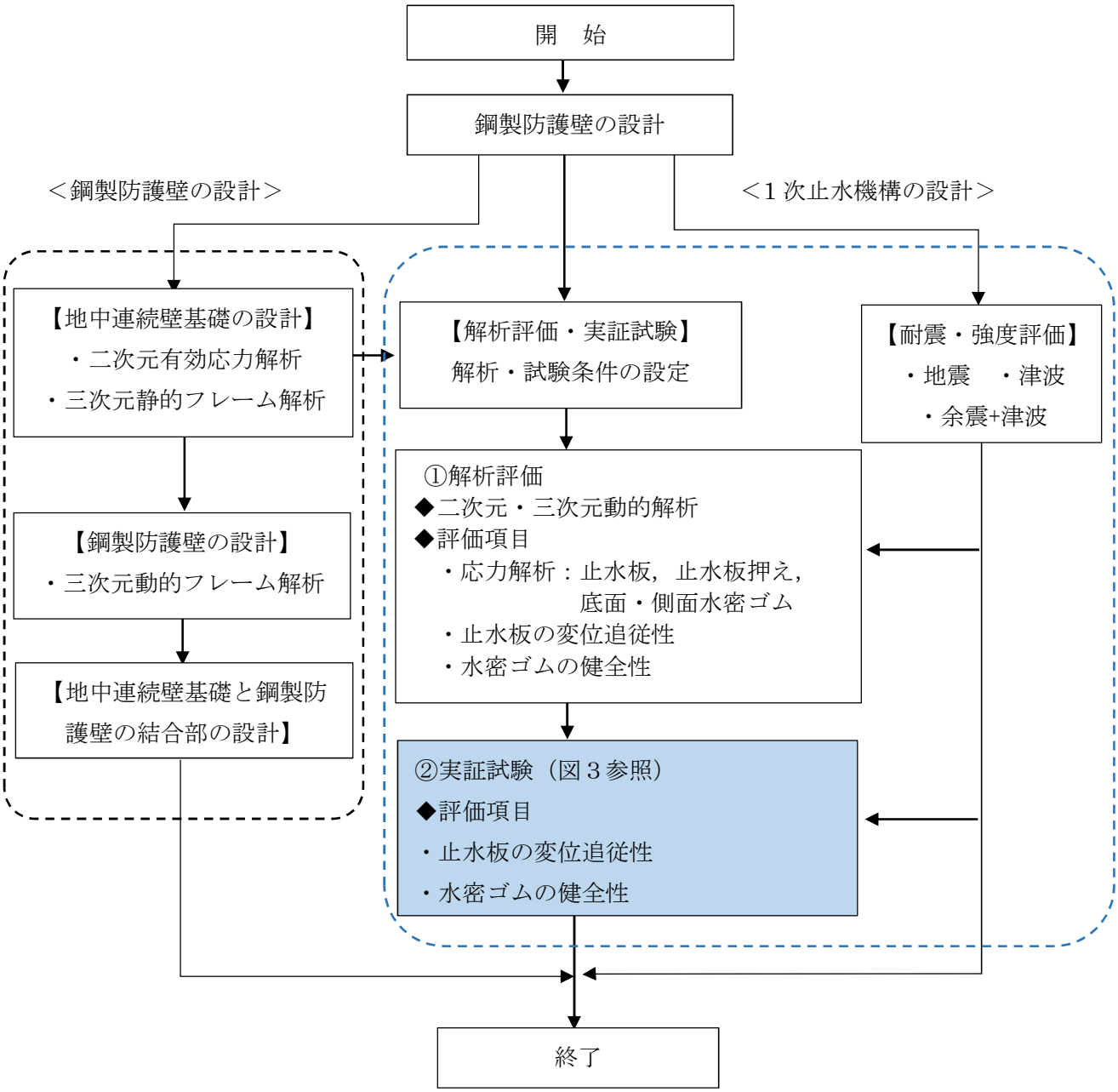
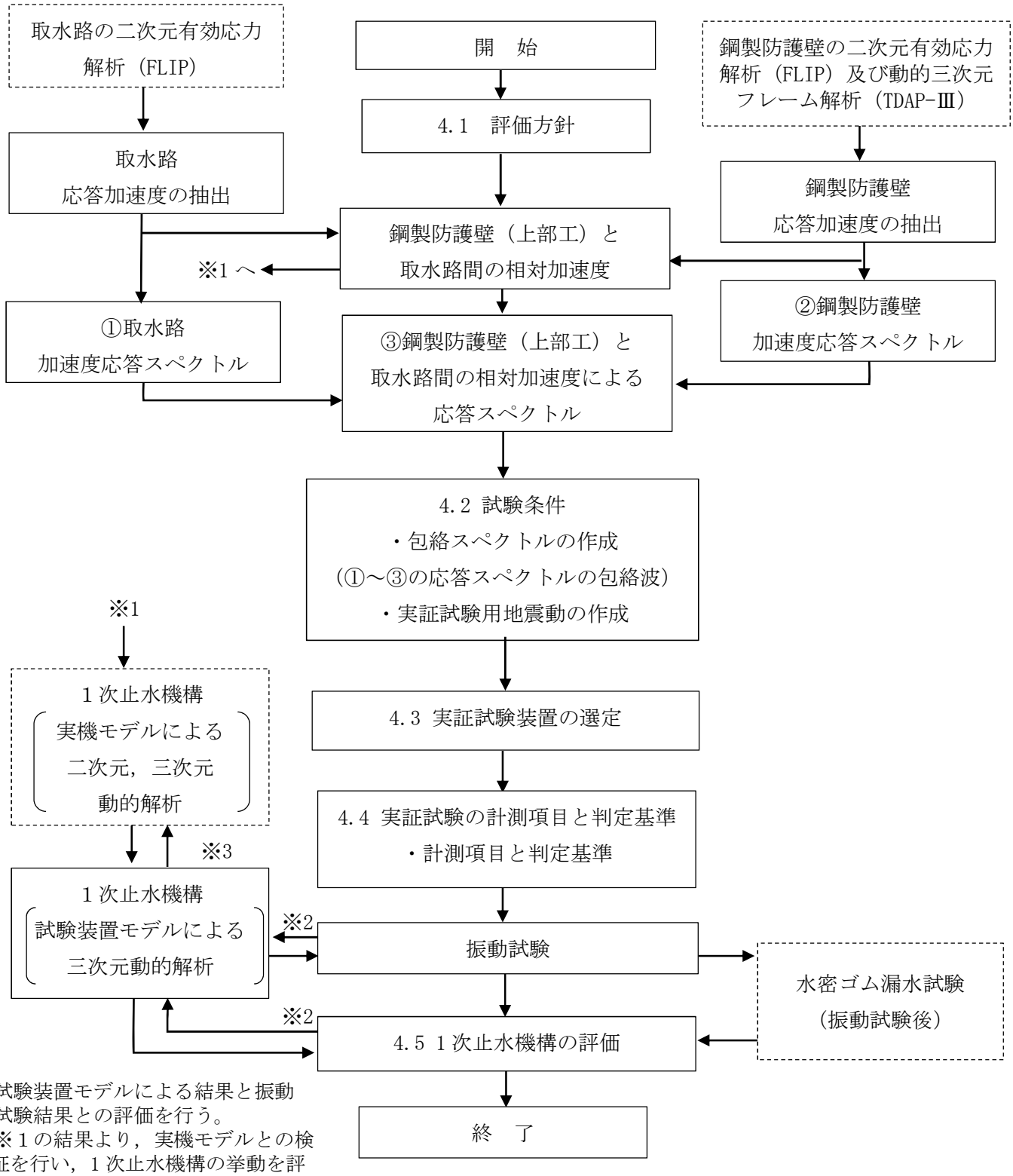


図 2　鋼製防護壁と 1 次止水機構の検討フロー



※２：試験装置モデルによる結果と振動試験結果との評価を行う。
※３：※１の結果より，実機モデルとの検証を行い，１次止水機構の挙動を評価する。

図３　１次止水機構の実証試験評価フロー

4. 実証試験の計画について

4.1 評価方針

鋼製防護壁に設置する1次止水機構は，鋼製防護壁の底面と既設取水路の応答変位の違いにより相対変位が生じ敷地に浸水する可能性があることから，可動式の止水板を設置する。

１次止水機構の実証試験において，止水板の地震時及び余震+津波における挙動を確認する。

止水板の評価は，鋼製防護壁と取水路の本震Ｓ$_{s}$－Ｄ１の応答加速度から加振試験用応答スペクトルを作成し実証試験を実施する。

実証試験で得られた止水板の挙動について，評価するとともに「止水板の地震時の追従性」，「水密ゴムの健全性」及び「１次止水機構の構成部品の健全性」について確認し，止水板，水密ゴム及び止水機構全体に影響がないか確認する。

また，実証試験の結果と三次元動的解析の結果から，止水板の挙動について評価を行う。

4.2　試験条件

(1) 実証試験用の入力地震動の作成

実証試験に用いる評価用の地震動は，解放基盤表面からの地盤の特性に応じた地震動の応答スペクトルに基づく本震Ｓ$_{s}$－Ｄ１を選定し，実証試験用に応答スペクトルを作成し実施する。

また，津波防護施設である鋼製防護壁は，余震時にも耐える必要があることから，Ｓ$_{d}$－Ｄ１を選定し，実証試験を実施する。表２に加振試験用応答スペクトルに用いる入力地震動を示す。

表２　加振試験用応答スペクトルに用いる入力地震動

種類	入力地震動
本震	Ｓ$_{s}$－Ｄ１
余震	Ｓ$_{d}$－Ｄ１

(2) 余震時の津波高さ

余震時の津波高さは，敷地に遡上する津波高さについても考慮したT.P.＋24mの静水圧とする。

構造設計上は，止水板に動水圧を荷重条件とした構造設計を行う。但し，実証試験においては，二次元動的解析の試計算結果（補足説明２参照）から動水圧（高圧）で実施した場合に，地震時における止水板の挙動に比べ余震時の止水板が浮き上がらない傾向であったことから，動水圧（高圧）より低い状態の静水圧（低圧）での試験を実施し止水板の挙動を確認する。

また，実機における構造においても，止水板押えの前面に設置している保護プレートの下部より津波は浸水することから，直接津波の波圧を受けにくい。そのため，静水圧での実証試験がより現実的な止水板の挙動が把握できる。図３に止水板への流入イメージを示す。

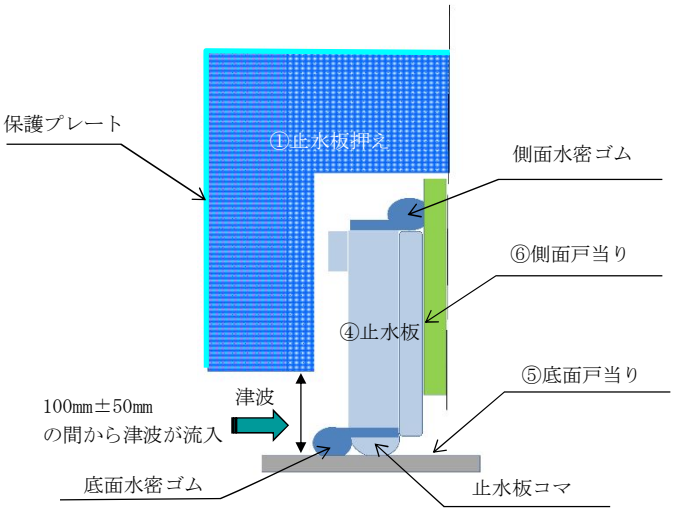


図３　止水板への流入イメージ

(3)試験ケースと試験回数

実証試験に用いる入力地震動（S_s－Ｄ１，S_d－Ｄ１）による確認は，以下の２ケースを実施する。

＜試験ケース＞　・本震　　・余震＋津波

＜試験回数＞再現性確認のため，各２回実施。

	本震（S_s－Ｄ１）	余震+津波（S_d－Ｄ１）
試験回数	２回	２回

(4)水密ゴムの摩擦係数

水密ゴムの摩擦係数は，ダム・堰施設技術基準（案）に記載のライニングがある場合，未使用状態（水密ゴムが健全の状態）の 0.2（乾式）を適用し実施する。また，ライニングがない場合は，1.2（乾式）を適用し実施する。水密ゴムの摩擦係数については補足説明１に示す。

なお,水密ゴムのライニングがない状態についても実施し挙動を確認する計画であるが,二次元動的解析の摩擦係数のしきい値の結果を踏まえ，安全上配慮した試験を実施する。試験の回数については，解析結果及びライニングありの実証試験状況を踏まえ決定する。

(5)試験装置の制限に対する対応

① 実証試験用地震動の加速度が試験装置の上限（水平 3G，鉛直 1G）を超えた場合には，振動試験装置の上限を超えない範囲で実証試験を実施する。なお，上限を超える止水板の挙動については，二次元・三次元動的解析にて挙動を把握する。

② 実証試験用地震動の水平又は鉛直変位が試験装置の上限（水平±150㎜，鉛直±100㎜）を超える場合には，振動台入力波形の長周期側で加速度をカットするハイパスフィルタで処理した入力地震動にて試験を実施する。

ハイパスフィルタで処理する場合には，止水機構（止水板：剛体）の実証試験に影響のない周波数範囲であることを確認する。

4.3 実証試験装置の概要

(1)試験装置

振動台の上に１次止水機構を設置し，水平方向と鉛直方向とを同時加振する。図4に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
最大積載重量	80ｔｆ		
テーブル寸法	Ｘ：6m　×　Ｙ：4m		
定格	Ｘ方向	Ｙ方向	Ｚ方向
最大変位	±300㎜	±150㎜	±100㎜
最大加速度 （35ｔ積載時）	1Ｇ （水平）	3Ｇ （水平）	1Ｇ （鉛直）

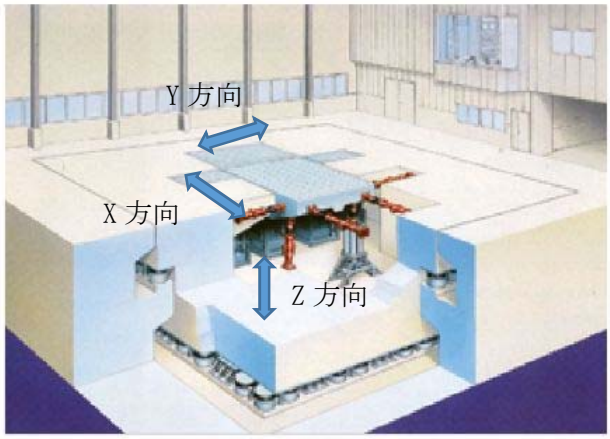
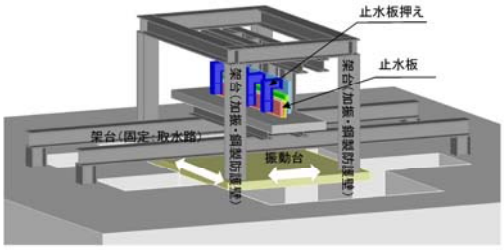
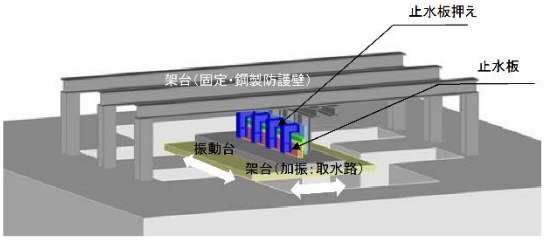


図4　大型3軸振動台の概要

(2)試験装置の選定

実証試験を実施するに当たり，鋼製防護壁と取水路の振動特性に違いがあることから実証試験においては鋼製防護壁を固定するケースと加振させるケースの２通りについて検討した。試験装置のケースを表３に示す。

表３　試験装置ケース

	ケース①	ケース②
固定	取水路	鋼製防護壁
加振	鋼製防護壁	取水路
装置概要		
メリット	・鋼製防護壁側を直接加振するため，止水板に対する加速度（水平）が伝わりやすい。 ・鋼製防護壁側を直接加振するため，水平の慣性力が入りやすく，底面及び側面水密ゴムの挙動が確認しやすい。	・固定基礎に架構を設置することで鋼製防護壁を想定した架構の剛性が得られやすい。 ・取水路側を直接加振するため，止水板に対する加速度（鉛直）が伝わりやすい。 ・取水路側を直接加振するため，底面水密ゴム及び止水板底面が摩耗し保守的な結果が得られやすい。 ・想定した加速度時刻歴波形を直接振動台に入力することができる。
デメリット	・実機では，鋼製防護壁と取水路が同時に振動するが，鋼製防護壁の加振のみとなる。 ・固定基礎に取水路を想定した架構，振動台に鋼製防護壁を想定した架構を設置する必要があるため架構が大型化する。 ・振動台に直接加速度時刻歴波形を入力するケース①に比べ，鋼製防護壁を介して加振するため，入力加速度の伝達に影響が生じる。	・実機では，鋼製防護壁と取水路が同時に振動するが，取水路の加振のみとなる。

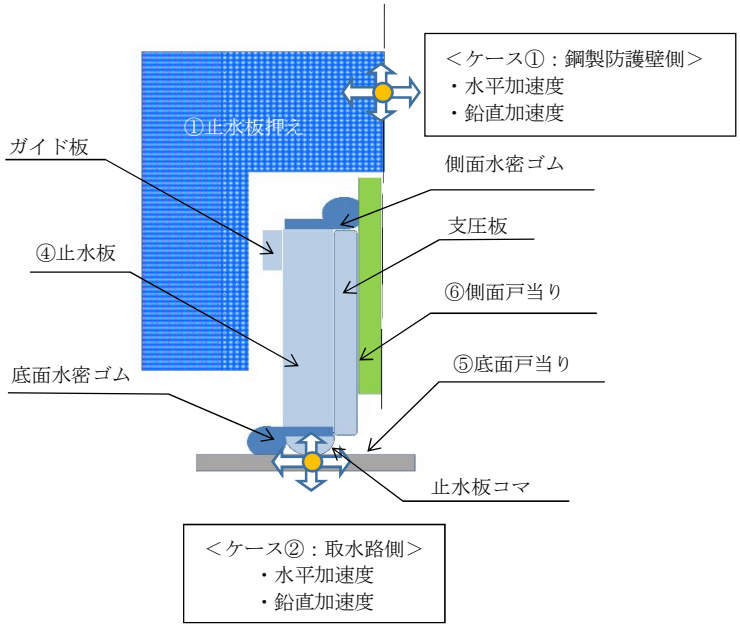
上記デメリットの部分については，試験装置の解析モデルにて評価を行い，実証試験装置に影響のないことを確認する。

試験装置のケース毎の止水板に作用する慣性力の考え方については，表４に示すとおり。

ケース②の取水路側を加振する場合，鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりやすく，浮き上がりの挙動を確認しやすい。また，鋼製防護壁の剛性が得られやすいことから，ケース②を選択する。

表４　止水板に作用する慣性力

振動の種別		実機適用	実証試験装置
ケース① 〈鋼製防護壁側〉	水平 加速度	止水板押えあるいは側面戸当りを介して直接慣性力が作用する。	鋼製防護壁側を加振した場合，鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりにくく，浮き上がり等の挙動が確認しにくい。
	鉛直 加速度	支圧板又はガイド板の摩擦抵抗力が作用した場合に慣性力が作用する。	
ケース② 〈取水路側〉	水平 加速度	底面水密ゴム及び止水板コマの摩擦抵抗力が作用した場合に慣性力が作用する	取水路側を加振した場合，鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりやすく，浮き上がりの挙動を確認しやすい。
	鉛直 加速度	取水路より直接慣性力が作用する。	



止水板に与える地震動の入力イメージ

試験装置ケースの選定は，前述の試験装置ケースの検討及び止水板に作用する慣性力の検討を踏まえ，更に，二次元動的解析の試解析結果から，鉛直方向の慣性力を伝達しやすいケース②を選択する。二次元動的解析の試解析結果を補足説明２に示す。

(3) 実証試験の試験条件

止水板の実規模の挙動を確認するため，止水板と止水板を支持する部材については実機と同じ構造部材にて実証試験を実施し実物と同じ挙動が再現できるようにする。以下の条件にて実証試験を実施する。

①止水板は実機と同じ大きさ，構造のものを使用し，止水板 2 枚を止水板接続ゴムで接続する。また，止水板に取り付ける底面・側面水密ゴムも実機と同じ寸法，構造のものを使用する。図 5 に実機と同じ仕様部材を示す。

＜実機と同じ仕様部材＞（材質，構造，寸法，重量全て同じ部材）

・止水板（止水板本体，止水板コマ，支圧板，止水板側ガイド含む）
・水密ゴム（底面・側面水密ゴム（ライニング含む），止水板接続ゴム）
・止水板押え（止水板押え側ガイド含む）
・底面・側面戸当り（水密ゴムとの接触するステンレス部材）

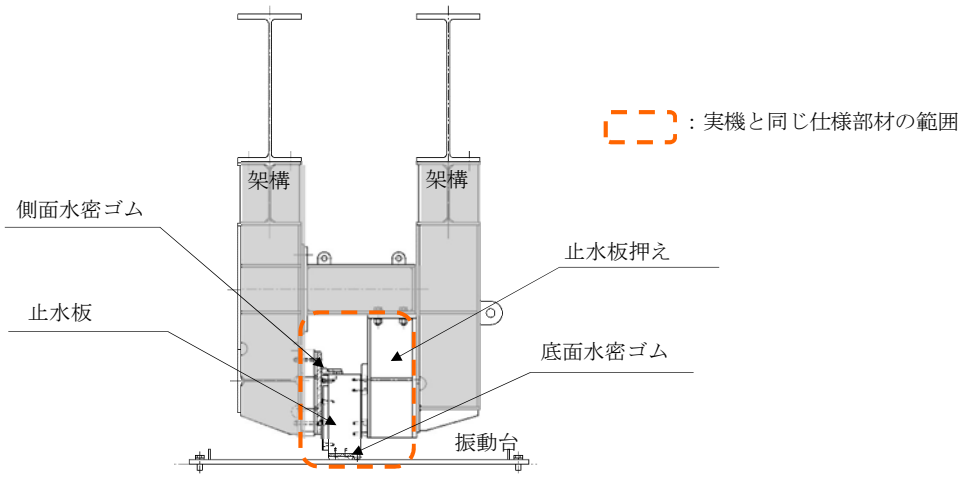


図 5　実機と同じ仕様部材の部位

②止水板は取水路側に垂直に置かれ鋼製防護壁の側面戸当りと止水板押えにより，実機と同じ隙間で支持された状態で設置する。実証試験のイメージを図 6 に示す。

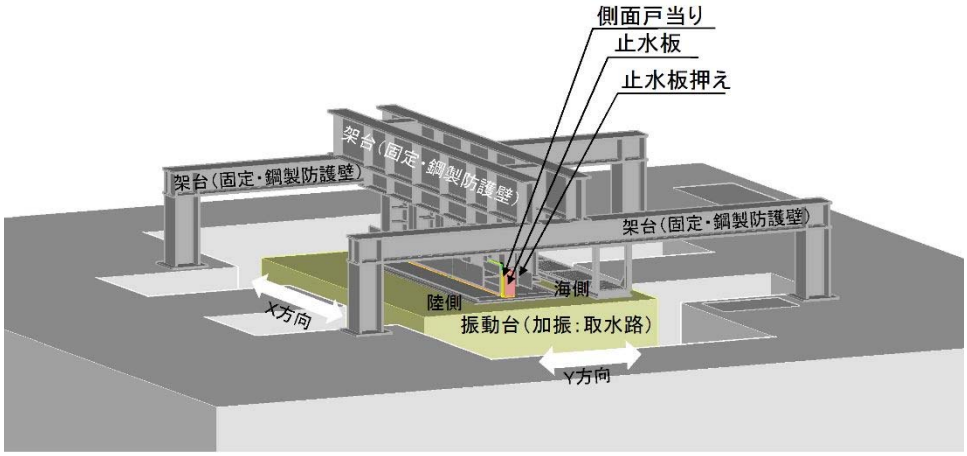


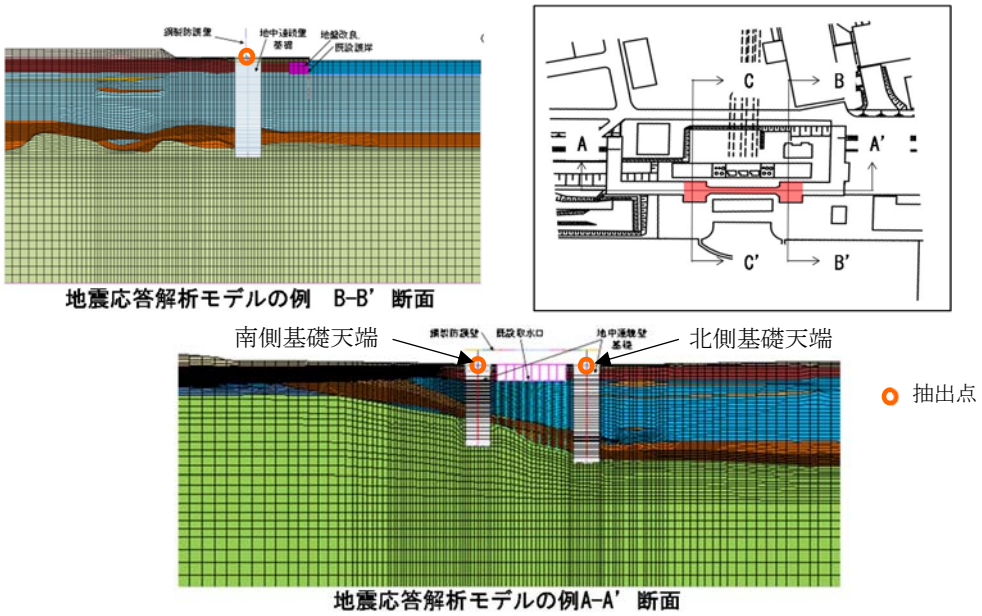
図 6　実証試験の鳥観図

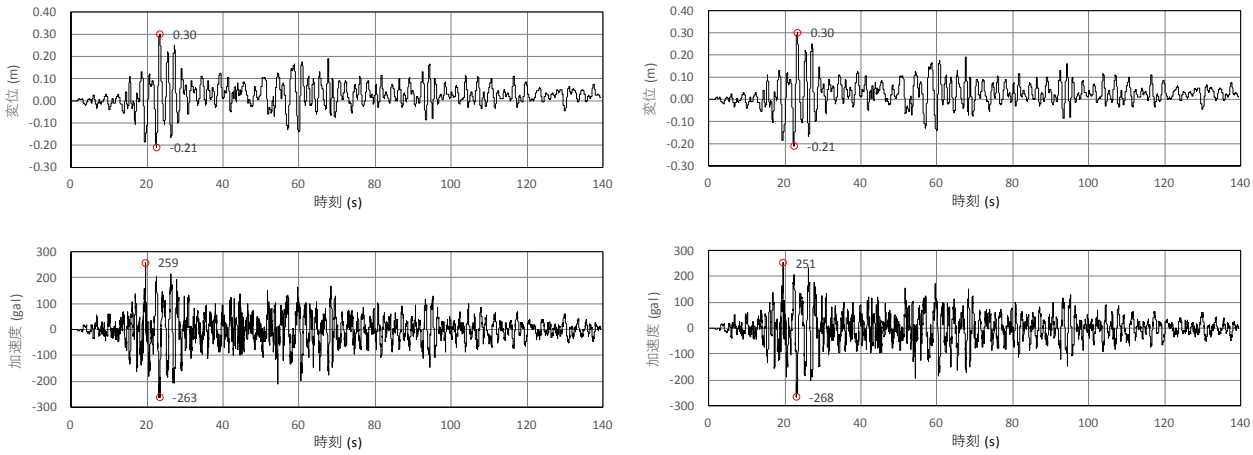
③鋼製防護壁の応答加速度及び変位は取水路側に与え加振する。

入力波形については，鋼製防護壁と取水路の応答スペクトル及び鋼製防護壁と取水路の重ね合わせた相対的な応答スペクトルの全体を包絡させた応答スペクトルにより模擬地震波を作成し，加振試験を実施する。

３方向（X方向（堤軸）包絡波）の実証試験用地震動の作成方法は以下のとおり。

a. 二次元有効応力解析による鋼製防護壁基礎天端の応答時刻歴を算出する。（図７参照）





南側基礎天端　　北側基礎天端

図７　鋼製防護壁基礎の二次元有効応力解析による応答時刻歴（堤軸方向；A-A 断面）

b.　前項を入力した鋼製防護壁の動的三次元フレーム解析にて止水機構位置の応答時刻歴及び応答スペクトルを抽出する。（図 8 参照）

◎　入力する変位時刻歴には組合せ係数法を考慮し，下記の 2 ケースを実施する。

堤軸方向(X)着目ケース：X1.0, Y0.4, Z1.0
堤軸直交方向(Y)着目ケース：X0.4, Y1.0, Z1.0

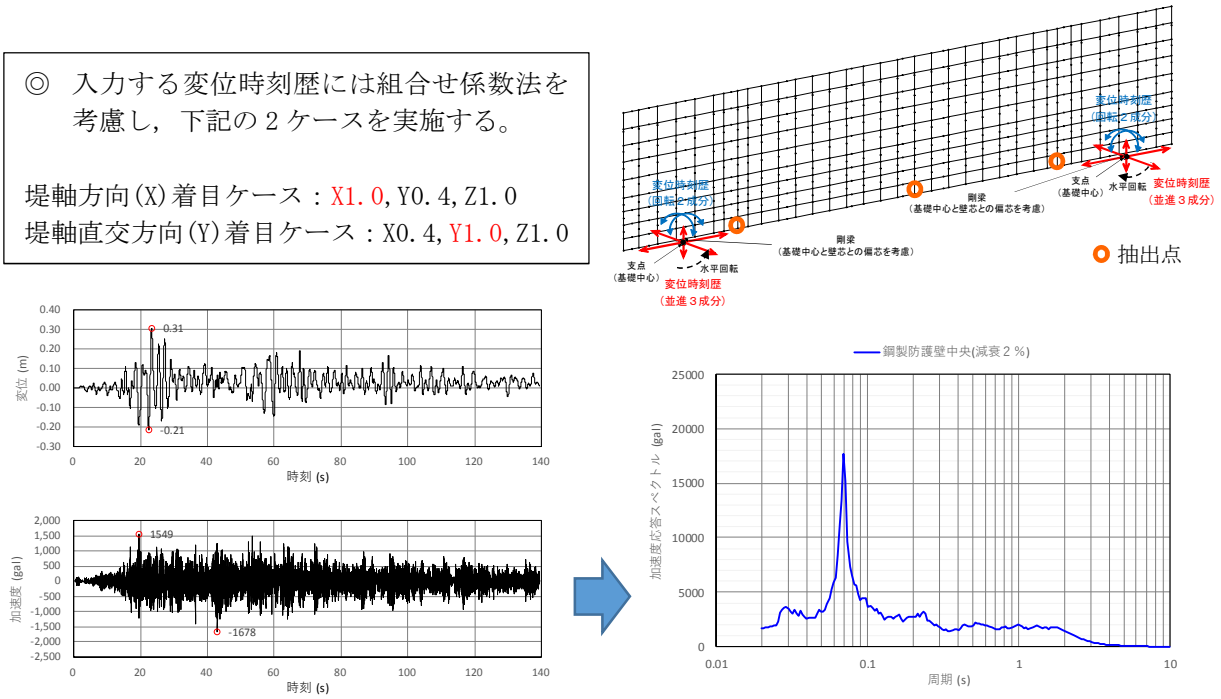


図 8 鋼製防護壁の三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴と応答スペクトル(堤軸方向)

c.　二次元有効応力解析による取水路天端の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 9 参照）

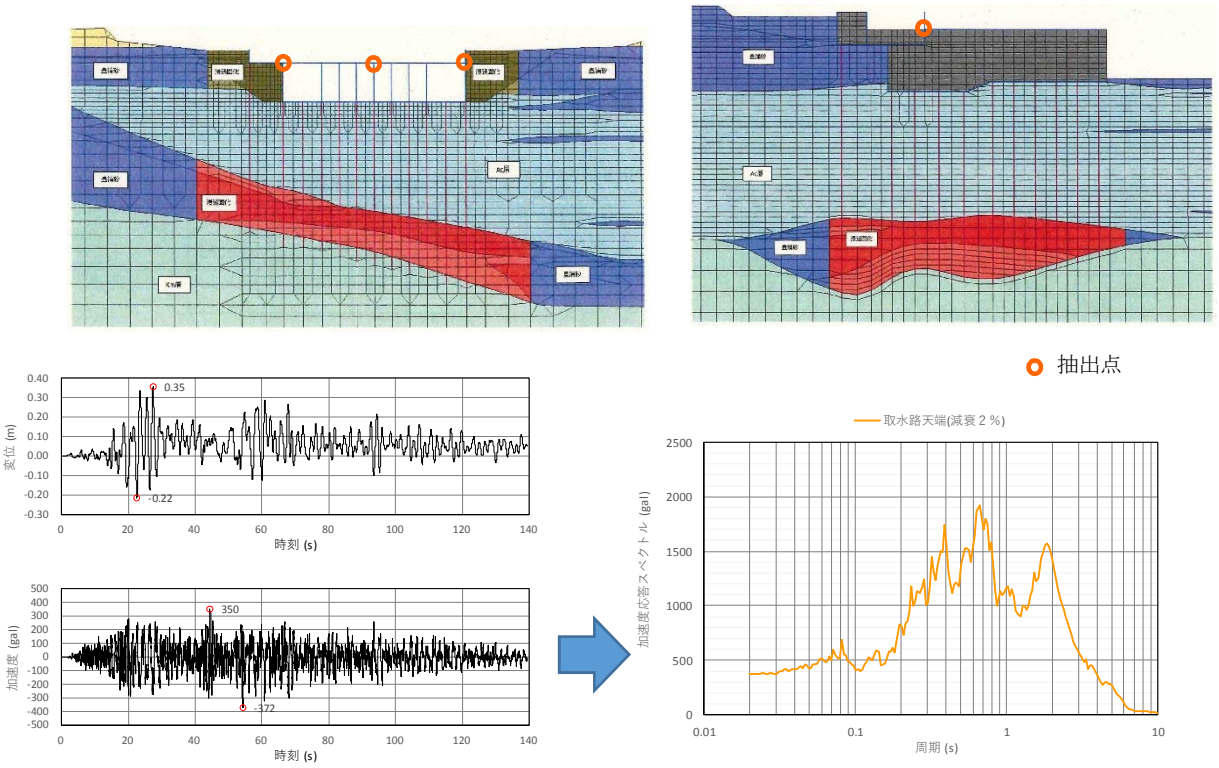
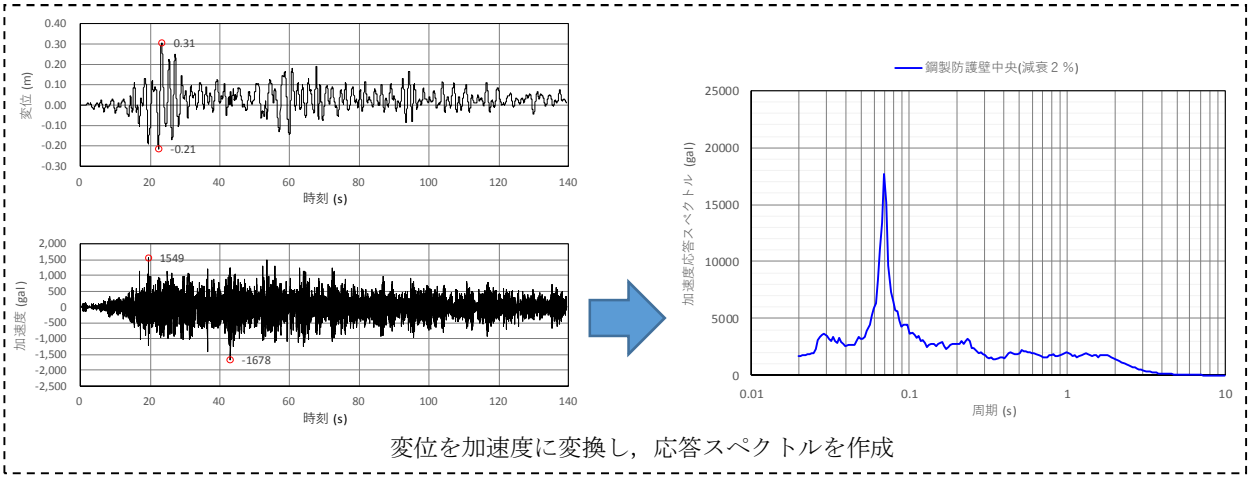


図 9 既設取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴と応答スペクトル(堤軸方向)

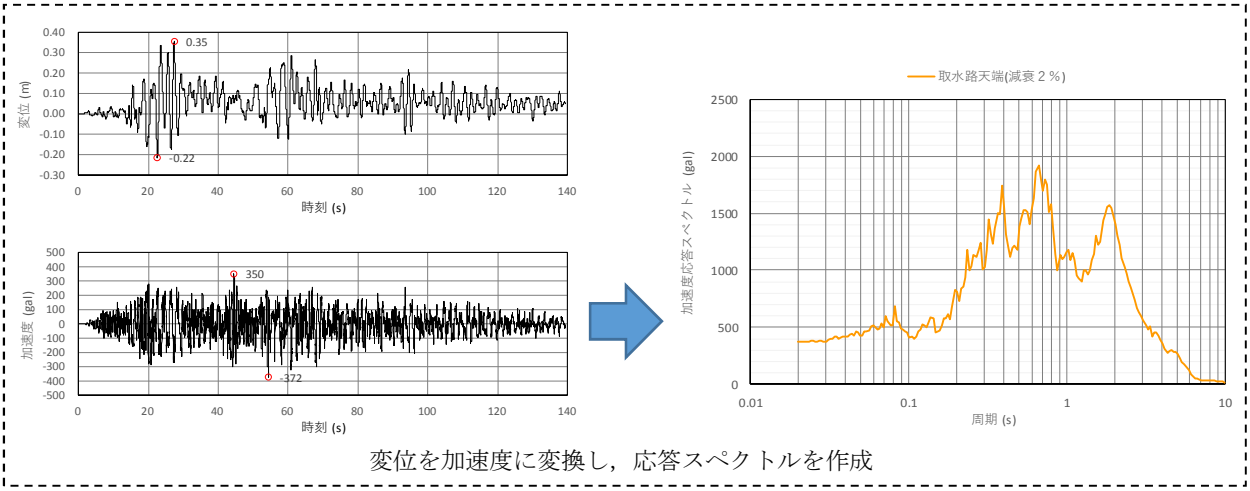
d.　b 項，c 項で求めた応答時刻歴を重ね合わせ，鋼製防護壁と取水路の相対的な応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 10 参照）

b 項で算出した鋼製防護壁三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴及び応答スペクトル（堤軸方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

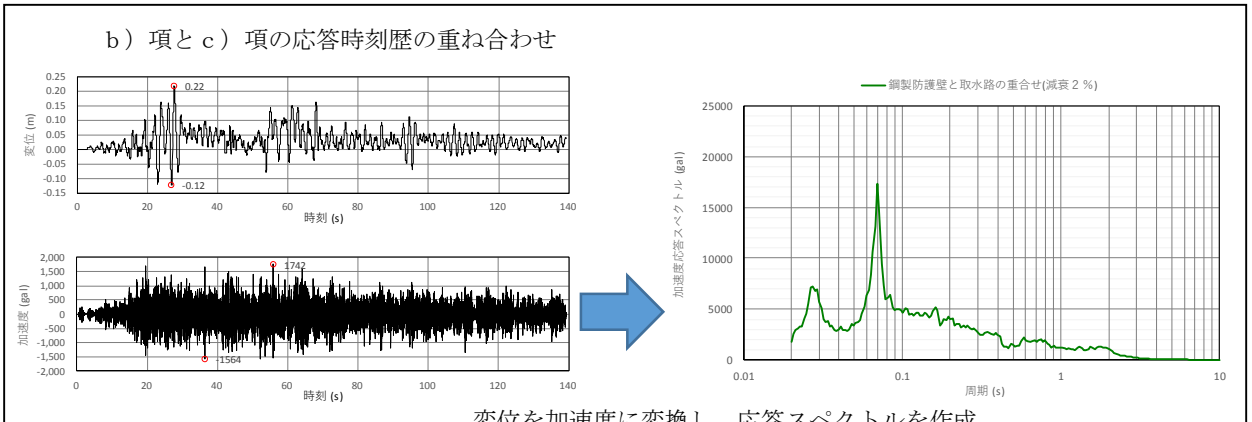
c 項で算出した取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴及び応答スペクトル（堤軸方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

鋼製防護壁（b 項）と取水路（c 項）の応答時刻歴及び応答スペクトルの重ね合わせ（堤軸方向）

b）項と c）項の応答時刻歴の重ね合わせ



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

図 10　鋼製防護壁と取水路を重ね合わせた応答スペクトル

e.　b 項，c 項と d 項にて算出した応答スペクトルを比較し，加速度応答スペクトルの包絡波を作成し実証試験用地震動として振動台に入力する。(図 11)

X方向（ＮＳ）については振動台の能力(1G)が上限であることから，Ｙ方向（ＥＷ）にＸ方向（ＮＳ）の包絡波を入力し方向を反転させた加振（①）を行なうことで止水板の挙動を確認する。

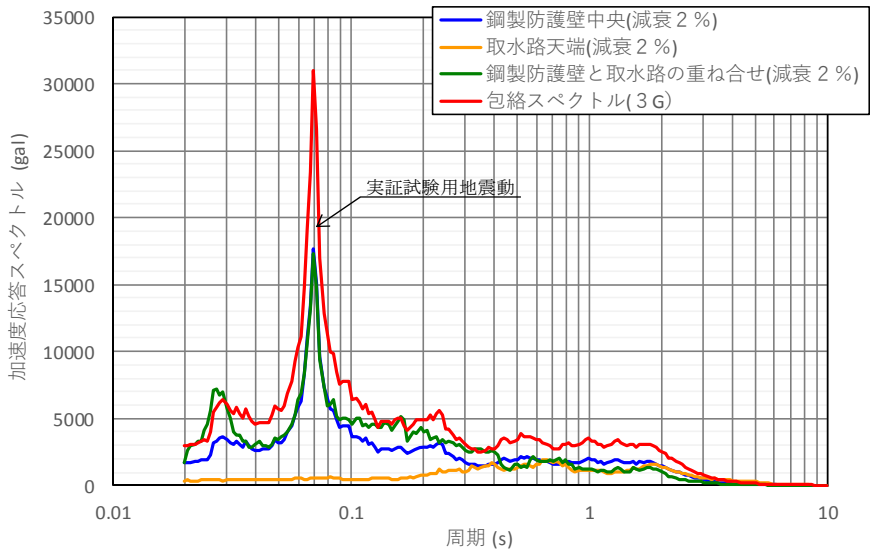


図 11　応答スペクトルの包絡波の作成(堤軸方向)

３方向(Ｙ方向（堤軸直角）包絡波)及び鉛直（取水路側包絡波）の実証試験用地震動の作成については，6.1.3.4 項の「実証試験に用いる地震動の作成，実証試験及び三次元動的解析のケースについて」にて示す。

(4)実証試験装置の構造

①鋼製防護壁の架構構造（固定部）

実証試験装置の試験装置構造図を図 12 に示す。

鋼製防護壁(固定部)の架構部分は，固定基礎より設置し振動台を跨ぐ構造で止水板を支持する。

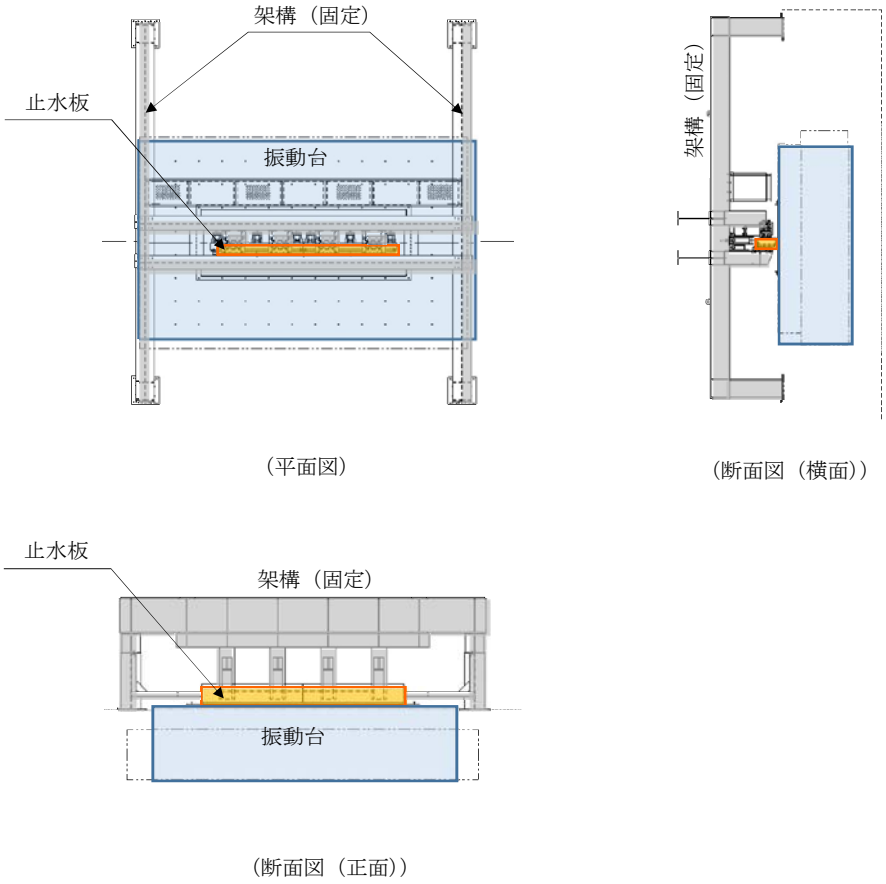


図 12　実証試験の試験装置構造図

②取水路の架構構造（加振部）

取水路側に設置する止水板部の試験装置の構造は，架構で止水板を支持する構造である。

余震＋津波時においては，津波高さを模擬する必要があることから，ロードセルを用いて水圧をかけた状態を模擬し余震を与える。余震時の津波高さは，敷地に遡上する津波高さについても考慮した T.P.＋24m の静水圧にて実施する。余震＋津波時の水圧を模擬した試験装置の構造を図 13 に示す。

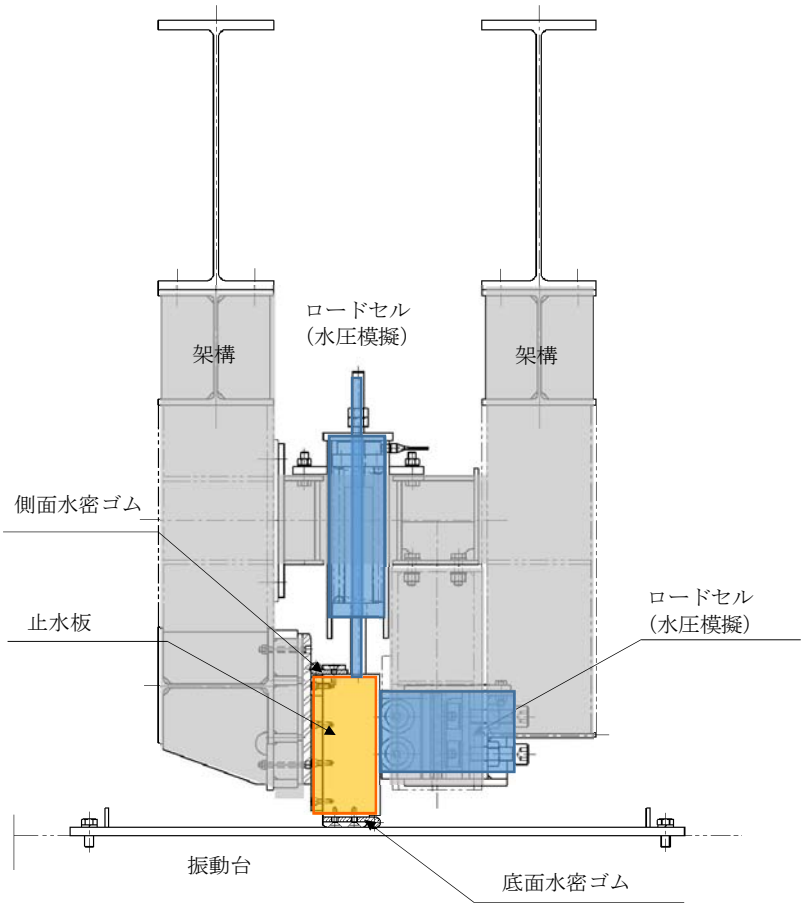


図 13　余震＋津波時の試験装置の構造図

(5) 供試体（止水板）の構造（実規模）

止水板は，止水板（実物大）２枚を実機と同じ連結方法（止水板接続ゴム）にて連結させた構造にする。重量も同じ（約 930kg/枚）として製作する。

水密ゴムは，止水板の底面及び側面に設置する。水密ゴムも実物と同じ構造にて設置する。

止水板の構造及び水密ゴムの構造を図 14 に示す。また，止水板の長手方向の挙動及び実証試験における荷重条件について補足説明 3 にて示す。

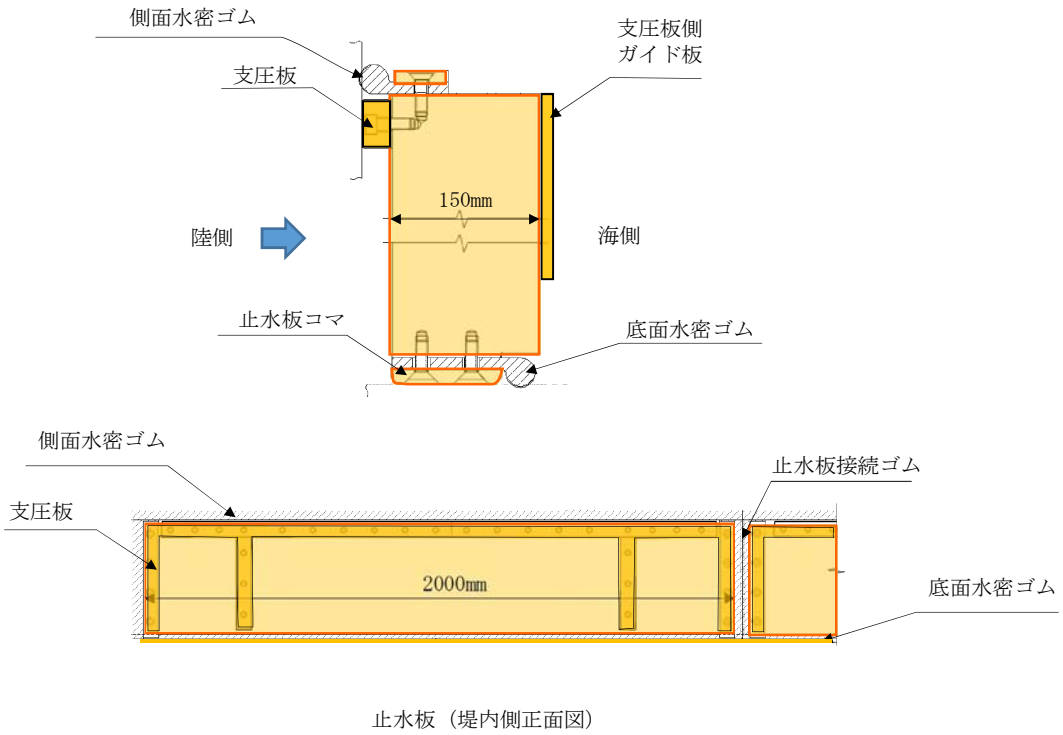


図 14　止水板の構造及び水密ゴムの構造

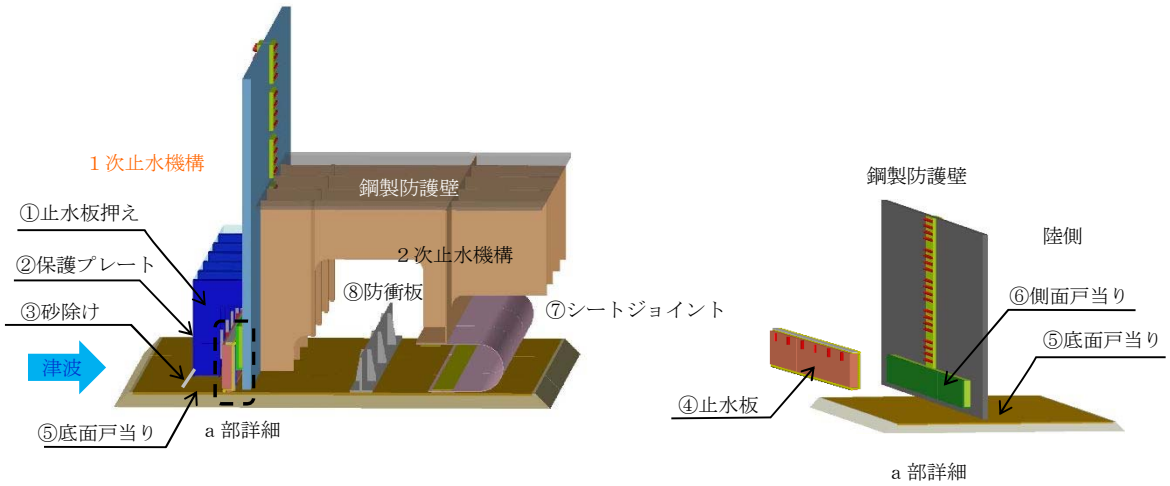
4.4　実証試験の計測項目と判定基準

実証試験では以下の項目について計測を行い「止水板の地震時の追従性」,「水密ゴムの健全性」及び「１次止水機構の構成部品の健全性」について確認し，止水機構全体に影響がないか確認する。表 5 に実証試験の計測項目と判定基準，表 6 に各部位の検査項目と図 15 に実証試験時の計測装置の配置を示す。

表５　実証試験の計測項目と判定基準

機能目標	計測項目※	判定基準
止水板の地震時の追従性確認	◆追従性評価（ビデオ撮影） ◆変位計測（レーザー変位計） ◆加速度計測（加速度計） ◆外観目視検査	◆止水板の動作に異常がなく，止水板としての機能が保持されていること。（浮き上がり，止水板の破損・損傷）
水密ゴムの健全性確認	◆追従性評価（ビデオ撮影） ◆変位計測（レーザー変位計） ◆寸法計測 ◆外観目視点検	◆水密ゴムの動作に異常がなく機能が保持されていること。 （噛み込み，摺動による亀裂，破損，摩耗） ◆水密ゴムのライニングに異常がなく機能が保持されていること。（ライニングの破損，めくれ）
１次止水機構の構成部品の健全性確認	◆止水板，側面戸当り，底面戸当り，止水板押え，架構等の外観目視点検 ◆三次元計測による試験装置全体の計測	◆装置全体に異常がなく健全であること。 （試験装置，部材の変形，損傷，他）

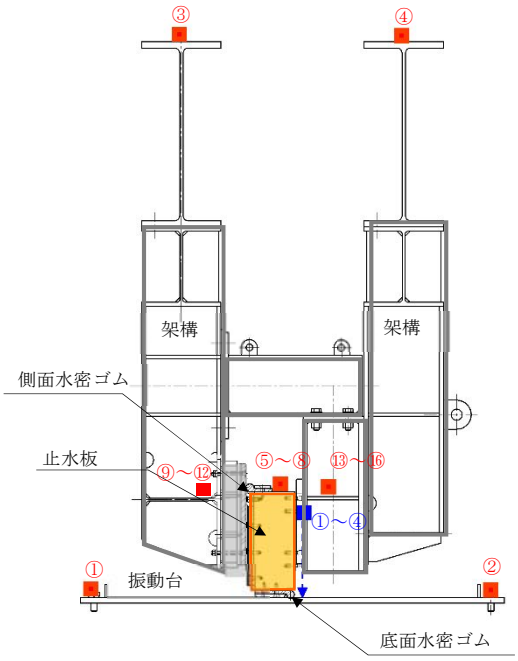
※各部位毎の計測項目については，表 7 の 1 次止水機構の各部位毎の評価項目に示す。



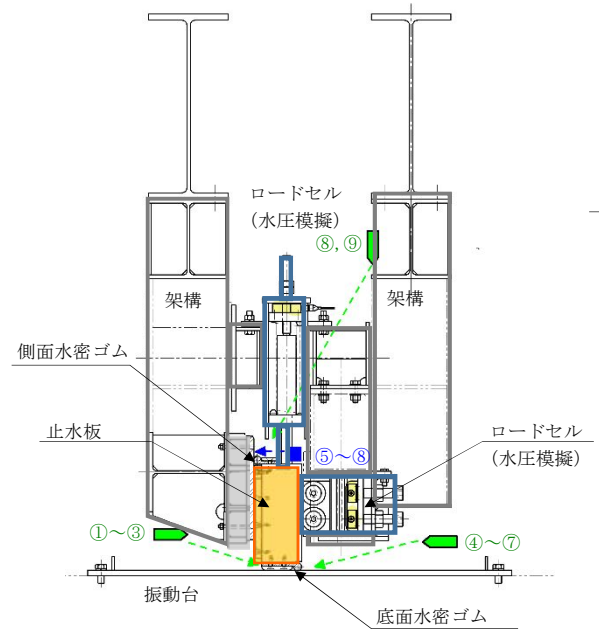
止水機構の各名称

表６　各部位の検査項目

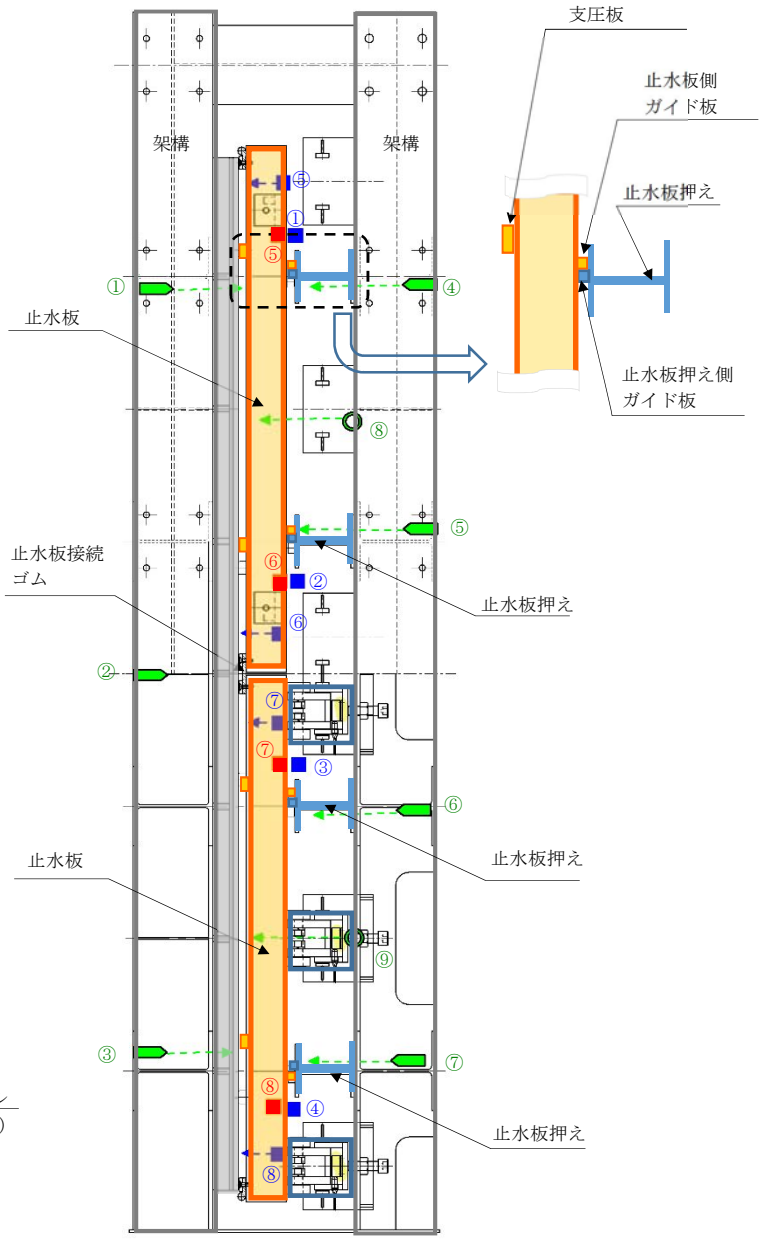
各部位	目　的	確認項目	
①止水板押え	止水板の追従性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板押えの加速度計測（⑬～⑯）
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板押えと止水板の隙間計測 ・止水板押え側ガイド板の平面度測定 ・止水板押え側ガイド板と止水板側ガイドとの寸法測定 ◆外観目視検査 ・変形，摩耗等の確認
④止水板 （底面止水板コマ部含む）	止水板の追従性及び健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板と底面，側面戸当りの変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による止水板の挙動確認） ◆止水板の加速度計測（⑤～⑧） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板，支圧板の寸法測定 ・止水板コマ寸法測定（寸法，板厚，摩耗量測定（試験後）） ◆外観目視,据付け状況検査 ・止水板コマ，支圧板の変形，摩耗，据付け等の確認
⑤底面戸当り ⑥側面戸当り	止水性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆加速度計測（底面・側面戸当り）（⑨～⑫） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法測定 ・平面度測定 ◆外観目視，据付け状況検査 ・変形，摩耗，ゆがみ，据付け等の確認
底面・側面水密ゴム	止水板に追従し，水密性に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板と底面，側面戸当りの変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による浮き上がり確認） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測（厚さ） ◆外観目視，据付け状況検査 ・変形，摩耗，亀裂，ライニング面，据付け等の確認 ◆漏水検査
止水板接続ゴム	止水板との接続部に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板の変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による止水板の挙動を把握し，接続ゴムの変位を計測） ◆止水板の加速度計測（⑤～⑧） ◆ビデオ撮影（②）
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測（寸法） ◆外観目視検査 ・変形，摩耗，亀裂の確認 ・底面・側面水密ゴムの接続箇所の確認 ◆水密ゴムの据付け状況確認



断面図（加速度計，レーザ変位計）



断面図（ロードセル（水圧模擬））



平面図

図 15　実証試験時の計測部位

4.5　1 次止水機構の評価

実証試験の結果及び 1 次止水機構の評価については以下の通り分析し，二次元・三次元動的解析の結果との考察を加え，止水機構全体の評価を行う。

①実証試験データの分析

・表 5 の結果から異常の有無を確認する。

・加振時の止水板の挙動を評価する。

②二次元及び三次元動的解析結果の分析

・二次元及び三次元動的解析の結果から止水板の挙動を確認する。解析結果については補足説明4に示す。

・実証試験の結果と試験装置の三次元動的解析の結果から，止水板の挙動について評価を行う。

③1 次止水機構の評価

1 次止水機構の各部材毎における，強度評価，耐震評価の項目について，表 7 の 1 次止水機構の各部位毎の評価項目に示す。

耐震評価については，実証試験にて得られた結果と実証試験装置の解析モデルとの挙動評価の結果から，実機モデルでの三次元動的解析結果と検証を行い 1 次止水機構の挙動を評価する。

また，止水板の瞬間的な跳ね上がりについては，地震時の跳ね上がり時間から浸水量を評価し，余震+津波時における浸水量として算出し，２次止水機構への影響を評価する。

止水機構の概要を補足説明 5 に示す。

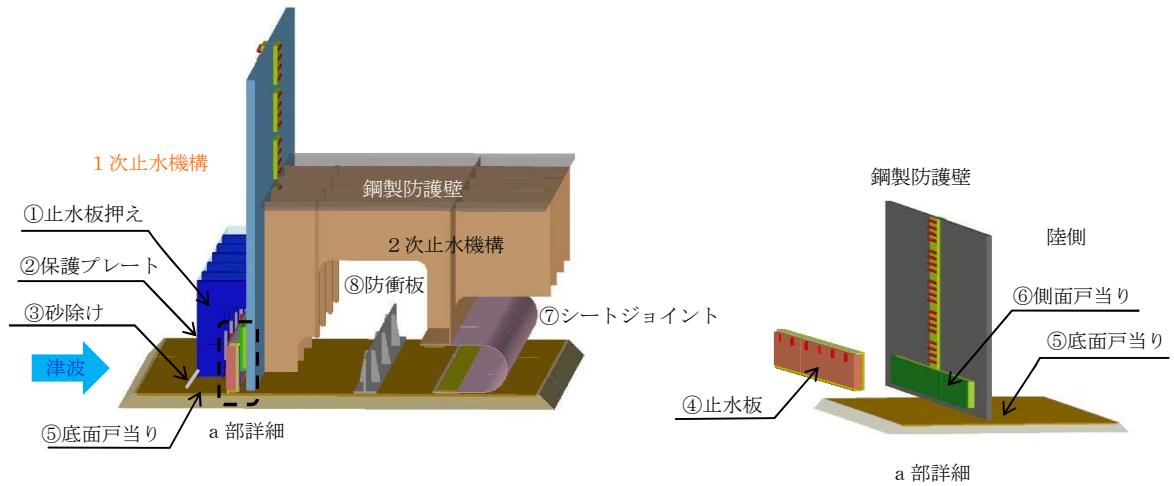
④漏水試験の実施（別途実施）

実証試験にて実施した水密ゴム（底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム）について漏水試験を実施する。

主に漏水試験は，本震，余震＋津波を経験させた水密ゴムについて，漏水試験を実施し評価する。漏水試験の試験要領は補足説明6に示す。

表７　１次止水機構の各部位毎の評価項目

各部位	役割・機能	評価	評価項目
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。	耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価　・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価(ビデオ撮影) ・加速度計測（水平，鉛直） ・外観目視検査（試験装置の架構部）
④止水板 （底面止水コマ部含む）	・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。	耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価　・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影）　・変位計測（浮上り測定：底面戸当りと鉛直の相対変位計測） ・加速度計測（水平，鉛直） ・余震+津波（水圧模擬）　・外観目視検査
⑤底面戸当り ⑥側面戸当り	・止水板の底面と側面の水密ゴムとのシール性を確保する。	実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影） ・外観目視検査
底面・側面水密ゴム	・底面・側面戸当りとのシール性を確保する。	耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価　・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影） ・変位計測（浮上り測定：底面戸当りと鉛直の相対変位計測） ・外観目視検査 ◆漏水試験（別途実施）



止水機構の各名称

5. 実証試験のスケジュール

実証試験については，平成 30 年 5 月上旬までに実施する計画である。

（場所：茨城県つくば市）

表 8 に実証試験に関するスケジュール（案）を示す。

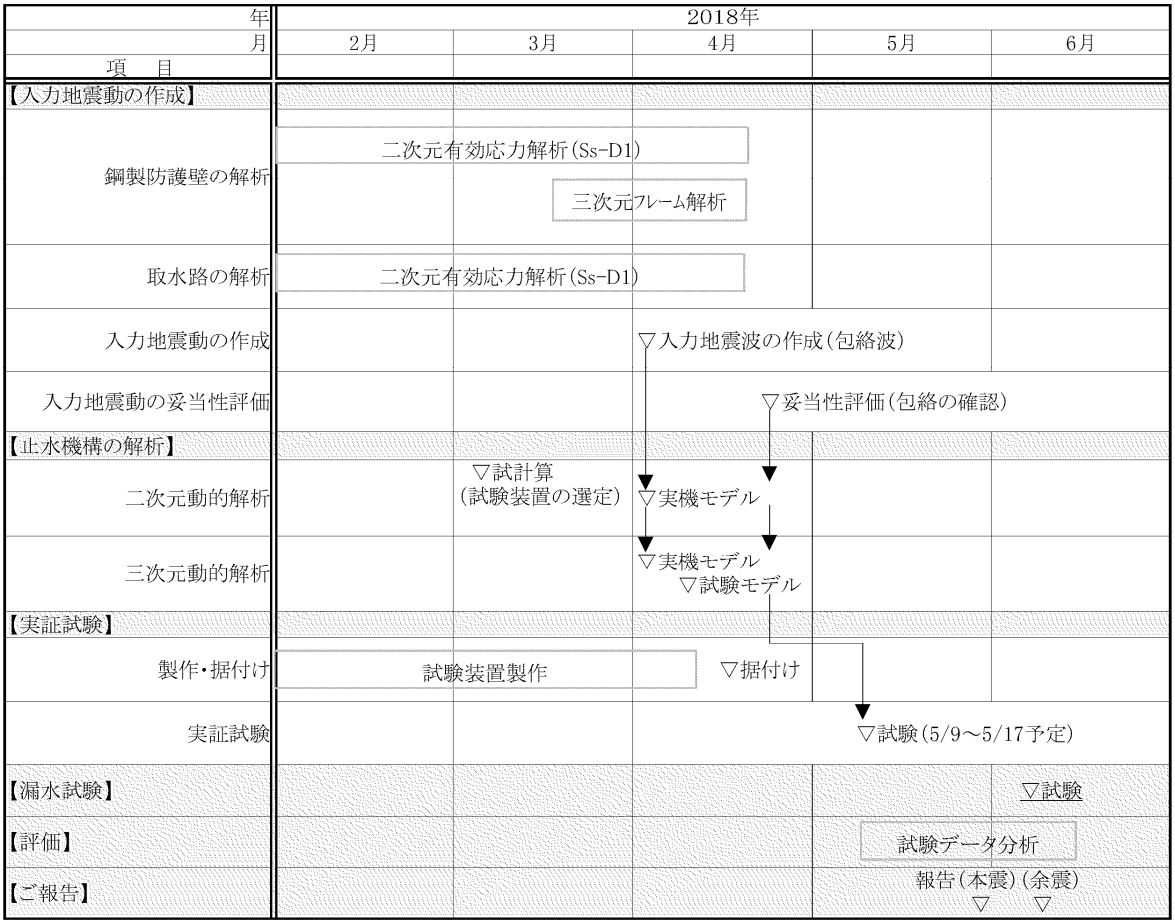


表 8　実証試験に関するスケジュール（案）

【補足説明１】水密ゴムの摩擦係数について

実証試験における水密ゴムの摩擦係数は，ダム・堰施設技術基準（案）に記載の0.2及び，物性値確認を行った結果，最大で乾式の0.2，湿式の0.22であることから，ダム・堰施設技術基準（案）に記載の0.2と定義し実証試験を実施する。

なお，水密ゴムのライニングなしの実証試験については，同様に1.2と定義し実証試験を実施する。

①ダム・堰施設技術基準（案）

水密ゴム（ライニングあり）とステンレスの摩擦係数は，0.2（乾式），0.1（湿式）と記載がある。なお，水密ゴム（ライニングなし）の場合は，1.2（乾式），0.7（湿式）である。

②水密ゴムの物性値

・静摩擦係数は最大0.2（乾式），動摩擦係数は最大0.22（乾式）表9に超高分子ポリエチレンの物性値を示す。

表9　超高分子量ポリエチレンの物性値

項目	物性値
引張り強さ（MPa）	44
伸び（%）	450
高度（Rスケール）	40
摩擦係数 （相手：ステンレス）	・静摩擦係数：0.10～0.20※（乾式） ・動摩擦係数：0.07～0.22※（乾式） 0.05～0.10（湿式）

※：動摩擦係数＞静摩擦係数の状況について

一般的に摩擦係数は，動摩擦係数＜静摩擦係数の関係であるが，
高分子材料のように，静摩擦係数と動摩擦係数の値に大きな差が生じやすい場合に「スティック・スリップ（付着すべり）」と言われる現象が生じやすいことから，動摩擦係数が静摩擦係数より僅かに上回ったものと推定される。

【補足説明 2】二次元動的解析の試解析結果

1．目　的

本解析は，止水機構の実証試験を実施するにあたり，試験ケースを確定させる必要があることから試計算を実施し試験ケースを確定する。

2．　解析条件

（1）解析コード　　MSC_MARC2014.2.0（エムエスシーソフトウェア株式会社）

（2）解析内容　　大変形超弾性解析（水密ゴムを超弾性体として解析）

止水機構の止水板の水密ゴムと戸当り側を解析する必要があることから，大変形超弾性解析を実施する。以下に解析の概要を示す。

①材料非線形解析：水密ゴムの応力とひずみの関係が非線形状態の解析。

②幾何学非線形解析：水密ゴムの引張りひずみが100%程度を示す大変形になりうる場合も，変形に伴う荷重，応力の方向変化を考慮した解析。

③境界非線形解析：荷重の変化に伴い水密ゴムの抑え金具（コマ）及び扉体等への接触境界条件及びその領域を変化させた解析。

（3）入力地震動

解析に用いた入力地震動は，基準地震動Ｓｓ（設置許可段階）を鋼製防護壁の地中連続壁基礎天盤の応答を算出し，鋼製防護壁の三次元フレーム解析にて算出した応答時刻歴及び応答スペクトルを解析モデルの摺動側になる鋼製防護壁（ケース①）と取水路（ケース②）に入力し解析を実施した。

（4）モデル化

解析モデルは3次元要素（６面体要素）で面外方向厚みを10㎜とし，面外方向変位を拘束することで平面ひずみ要素の状態とした。図16に二次元動的解析のモデル図を示す。

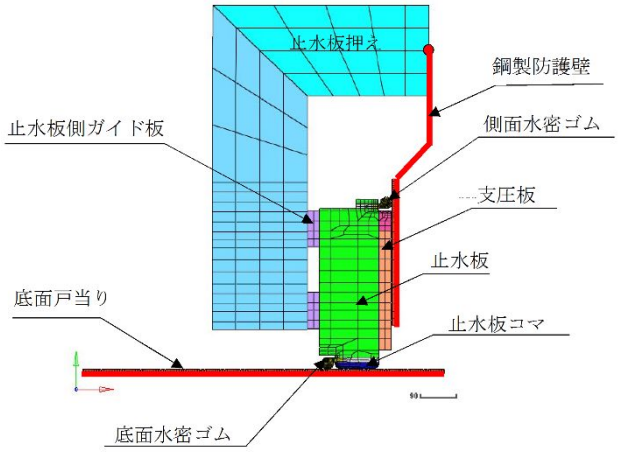


図16　二次元動的解析モデル図

（5）解析ケース

試験装置ケースと解析ケースを表10に示す。

表10 試験装置ケースと解析ケース

試験装置ケース	摺　動	解析ケース	地震波
ケース①	鋼製防護壁側	Case1-1	本震
		Case1-2	余震
ケース②	取水路側（基礎）	Case2-1	本震
		Case2-2	余震

（6）物性値および摩擦係数

各部の物性値と摩擦係数は表 11 に示す通り。モデル化に当たっては，⑤底面戸当り，鋼製防護壁（⑥側面戸当り）は，剛体としてモデル化した。

表11　物性値および摩擦係数

部位（材質）	物性値	許容値	摩擦係数
①止水板押え （SM490）	縦弾性係数　205000MPa ポアソン比　0.3	耐力　315MPa	－
④止水板 （SUS304）	縦弾性係数 197000MPa ポアソン比　0.3	耐力　205MPa	－
底面・側面水密ゴム （合成ｺﾞﾑ+ ﾗｲﾆﾝｸﾞ貼付け）	単軸引張試験結果	引張強さ　14.7 MPa	0.2
止水板押え （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4 （金属間の摩擦係数）
支圧板 （超高分子ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ）	縦弾性係数　785MPa ポアソン比　0.3	引張強さ　44MPa	0.2
止水板側ガイド板 （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4

（７）試験条件

ここでは，鋼製防護壁側の基準地震動Ｓｓ（設置許可段階）による相対変位及び応答加速度について評価し，鋼製防護壁側及び取水路側（基礎）に摺動を与え止水機構の挙動を評価した。

①鋼製防護壁摺動（ケース①）

鋼製防護壁摺動のケースでは鋼製防護壁（止水版押えの根元も含む）は剛として水平相対変位，鉛直変位および回転変位を止水板押えの据付け部（鋼製防護壁との設置部）に強制変位として与えた。取水路側（基礎）は剛として固定した。

②取水路側（基礎）摺動（ケース②）

取水路側（基礎)）摺動のケースでは，取水路側（基礎）を剛として水平相対変位，鉛直変位を強制変位として与えた。鋼製防護壁（止水版押え据付け部も含む）は剛として固定した。

③解析地震波

本震および余震ともに，最大の鉛直加速度が認められる 40～46sec（6 秒間）について解析を実施した。

（８）水圧荷重

水圧荷重は，水位TP+20ｍの静水圧および動水圧とした。

（９）解析結果

止水板コマの取水路側（基礎）からの浮き上がり量を表 12 に示す。

本震時において，静的には自重に対して摩擦力等による上向力は小さく止水板が取水路側（基礎）から浮き上がることはないが，取水路側（基礎）や鋼製防護壁への接触時に生ずる衝撃力などの動的作用により浮き上がるものと考えられる。浮き上がり量は，鋼製防護壁摺動より取水路側（基礎）摺動の方が大きい傾向が見られた（CASE1-1 と CASE2-1)。

これは，取水路側（基礎）摺動の方が鉛直方向の慣性力がより顕著に表れたためと考えられる。

余震時（津波重畳）において，鋼製防護壁摺動の場合には浮き上がりは無いが，取水路側（基礎）摺動の場合に 0.03 ㎜の浮き上がりが見られた。本震時と同様に衝撃力などの動的作用の影響もあるものと考えられる。また本震時と同様に浮き上がり量は，鋼製防護壁摺動より取水路側（基礎）摺動の方が大きい傾向が見られた。

表 12　止水板コマの取水路側（基礎）からの浮き上がり量

ケース	摺動側	地震波	浮き上がり量(㎜)	継続時間(秒)	説明図
Case1-1	鋼製防護壁側	本震	1.81	0.15	図17
Case1-2		余震	0	－	図18
Case2-1	取水路側（基礎）	本震	3.71	0.24	図19
Case2-2		余震	0.03	0.10	図20

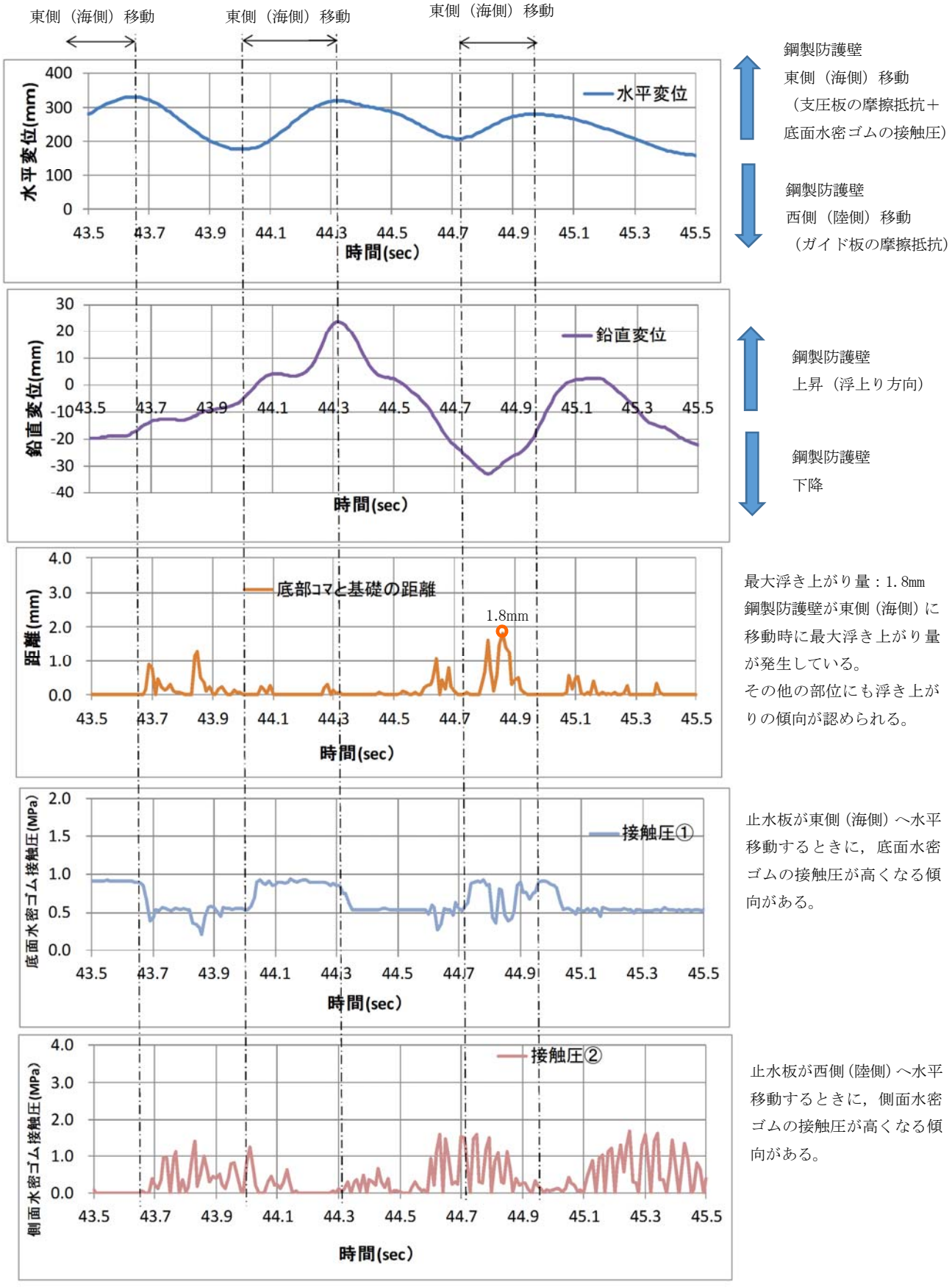
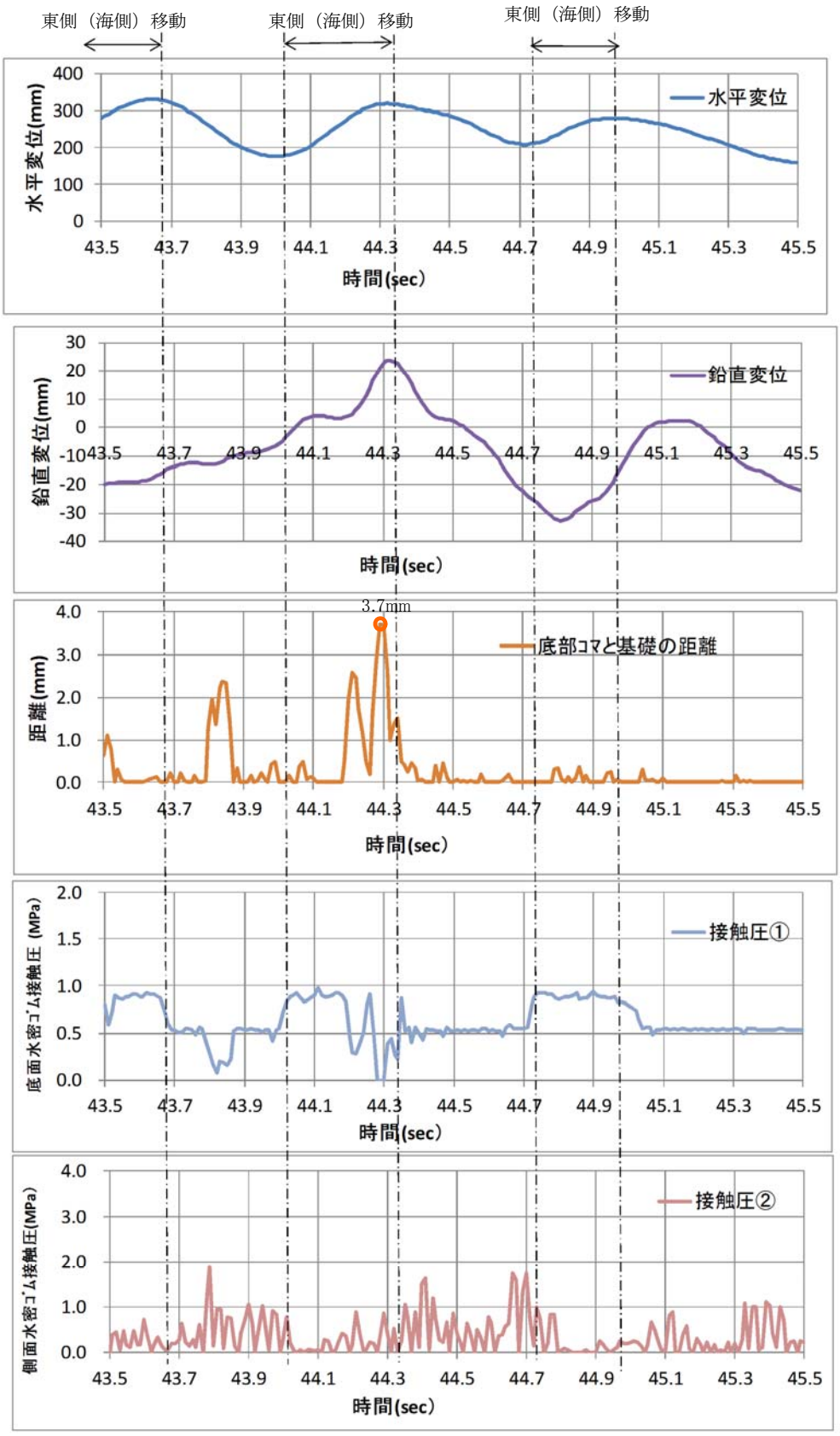


図 17　本震時　鋼製防護壁側摺動（CASE1-1）



取水路
東側（海側）移動
（支圧板の摩擦抵抗＋
底面水密ゴムの接触圧）

取水路
西側（陸側）移動
（ガイド板の摩擦抵抗）

取水路
上昇（浮上り方向）

取水路
下降

最大浮き上がり量：3.7㎜
取水路の東側（海側）に移動時に最大浮き上がり量が発生している。
その他の部位にも浮き上がりの傾向が認められる。

止水板が東側（海側）へ水平移動するときに，底面水密ゴムの接触圧が高くなる傾向がある。

止水板が西側（陸側）へ水平移動するときに，側面水密ゴムの接触圧が高くなる傾向がある。

図 18　本震時　取水路側（基礎）摺動（CASE2-1）

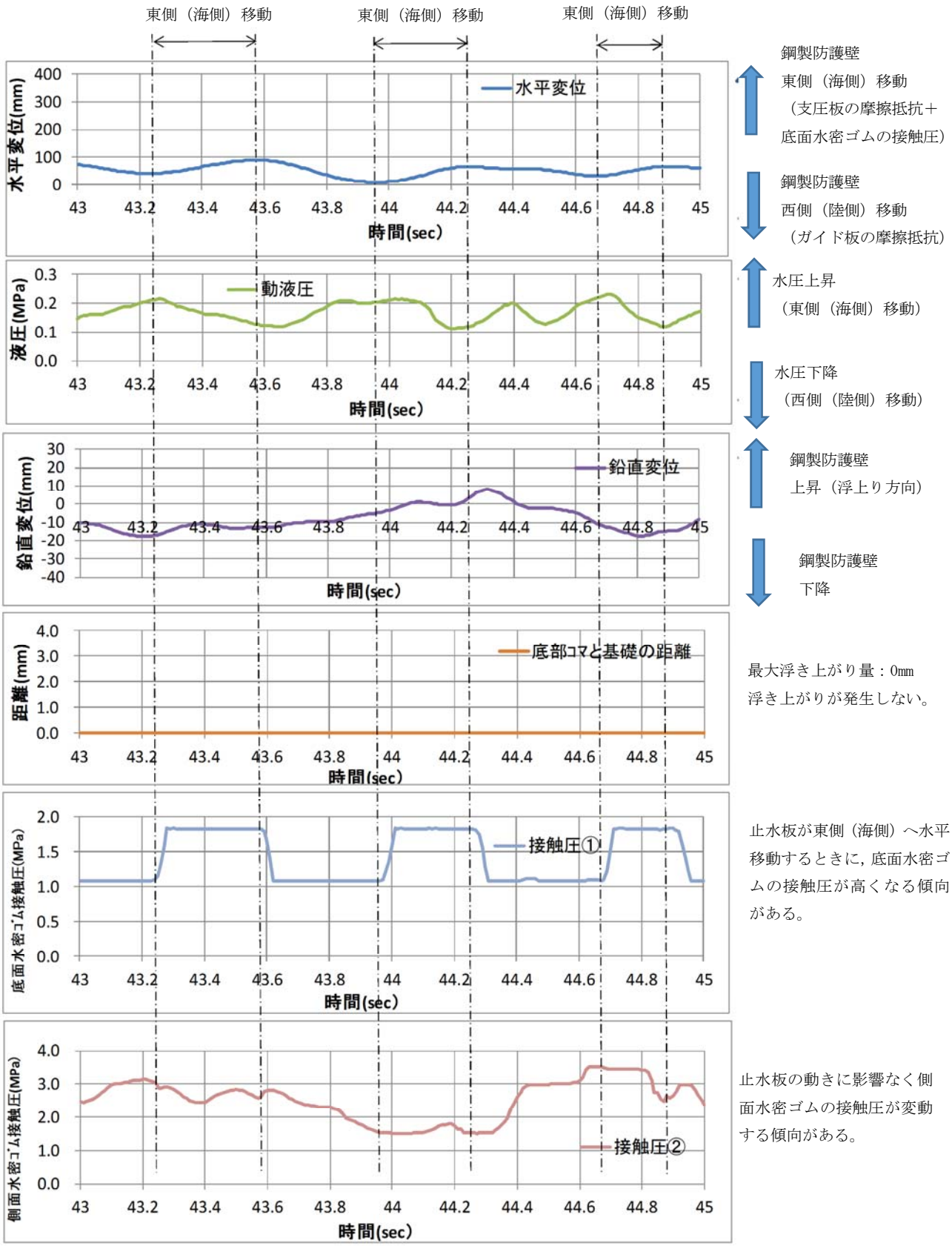


図 19　余震時　鋼製防護壁摺動（CASE1-2）

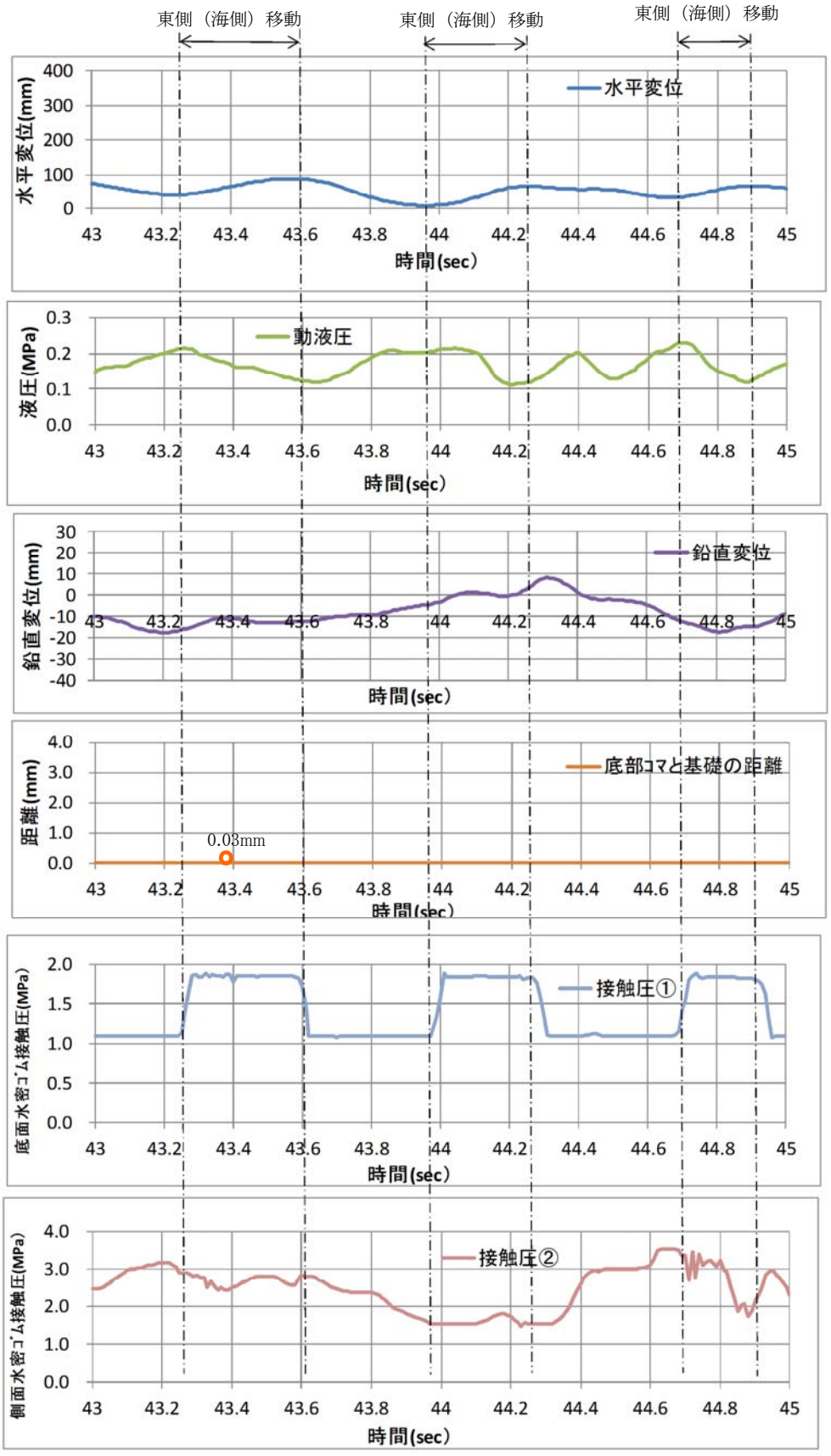


図 20　余震時　取水路側（基礎）摺動（CASE2-2）

【補足説明 3】止水板の長手方向の挙動及び実証試験における荷重条件について

（1）止水板の長手方向の挙動について

止水板動は，①止水板押えの止水板押え側ガイド板と④止水板の止水板側ガイド板にて長手方向の移動を制限している。止水板側ガイド板と止水板押え側ガイド板の隙間は 5mm で管理している。図 21 に止水板と止水板押えのガイド構造について示す。

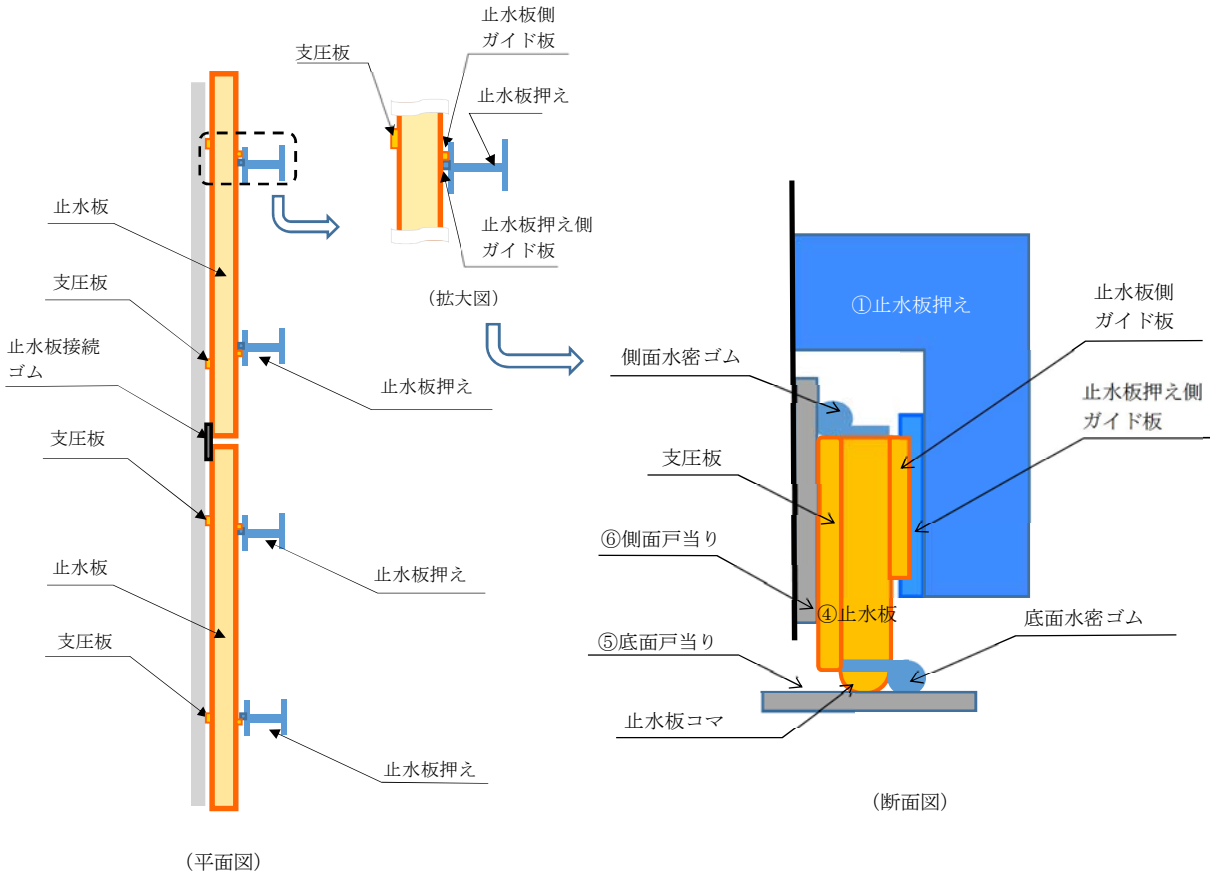


図 21　止水板と止水板押えのガイド構造について

（2）実証試験における荷重条件について

止水板の耐震設計における考慮する荷重は，固定荷重，地震荷重である。実証試験においても，固定荷重，地震荷重について模擬している構造であり，耐震評価の荷重の組み合せと同じ状態で実証試験を実施する。

表 17 に止水板の耐震評価における荷重の組合せを示す。

なお，積雪荷重と風荷重については，止水板押えの外側に設置している保護プレートで受けることから，構造上止水板には積雪荷重及び風荷重は考慮しない。

表 17　止水板の耐震評価における荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	G＋K s

G　：固定荷重　躯体自重を考慮する。

K s：地震荷重　基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

【補足説明 4】　二次元・三次元動的解析の解析評価について

（１）二次元動的解析

＜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Ｓs

・解析ケース：3ケース　地震時，津波時，津波時＋余震

解析モデルは図22に示す。

・水密ゴム摩擦係数：

常時　：0.2（ダム・堰施設技術基準（案））（国土交通省）

劣化時の挙動把握（しきい値確認）　：0.2～1.2

・金属間摩擦係数

止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4

・評価対象部位：

底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板

・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム）

弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）

・評価項目：

応力評価，追従性評価（止水板浮上り），水圧模擬，摩擦係数しきい値確認

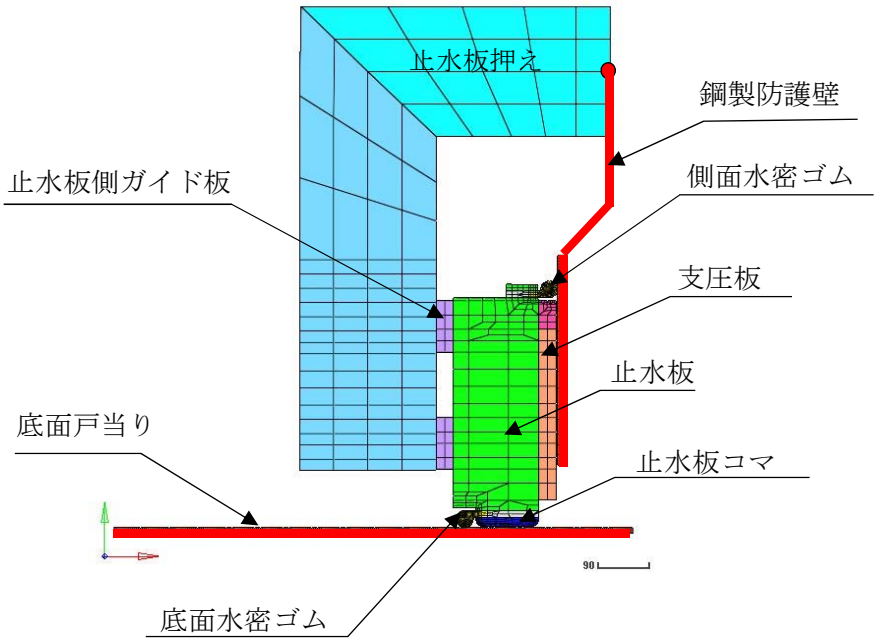


図 22　二次元動的解析モデル

（２）三次元動的解析

＜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，津波時＋余震

解析モデルは図23に示す。

・水密ゴム摩擦係数：

常時　：0.2（ダム・堰施設技術基準（案））（国土交通省）

・金属間摩擦係数

止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4

・評価対象部位：

底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板

・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム］

弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）

・評価項目：

応力評価，追従性評価（止水板２枚の挙動，浮上り），水圧模擬

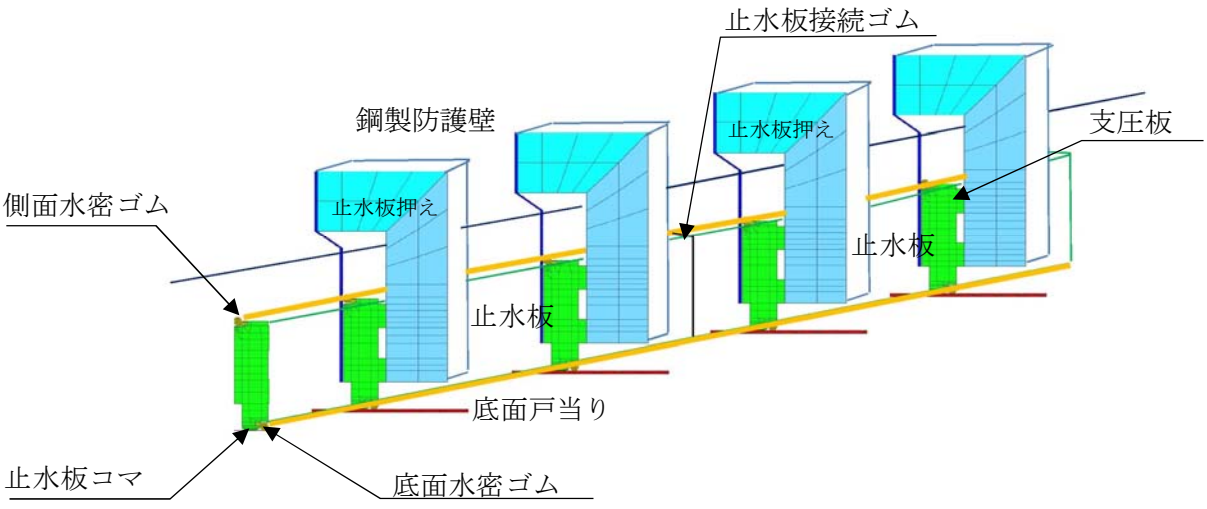


図 23　三次元動的解析モデル

【補足説明 5】止水機構の概要について

（１）１次止水機構の止水板について

1次止水機構の止水板は，地震時の追従性を確保するとともに，津波による津波荷重，漂流物による衝突荷重を考慮した構造とする。水密部の水密ゴムは，津波による圧力に耐えうるよう設置し津波からの浸水を防止する。

なお，止水板からの微少な漏えいを考慮し，敷地内に浸水させないよう陸側にシートジョイントからなる2次止水機構を設置している。図24に止水機構全体の構造図を示す。

（２）２次止水機構の構造について

ａ．２次止水機構は，共通要因故障（止水板の追従性不良等）による同時機能喪が生じないよう多様性を図ることとし，１次止水機構の構造と異なるシートジョイントを設置している。

ｂ．シートジョイントについては，想定する津波荷重に対して十分な耐性を有するものを採用するが，１次止水機構の取り外し時に津波の襲来を想定すると，漂流物が２次止水機構に到達する可能性があることから，２次止水機構前面に防衝板を設置し，漂流物による損傷を防止する構造にしている。

ｃ．さらに，２次止水機構の後段には，２次止水機構からの漏水の可能性を考慮し，漏水を収集・排水可能な排水溝を設置する構造にする。排水は，構内排水路の防潮堤内側の集水枡に収集し，構内排水路逆流防止設備を介して排水する。

ｄ．１次止水機構及び２次止水機構のこれらの対策により，基準津波の遡上波の重要な安全機能を有する海水ポンプが設置されたエリアへの到達，流入防止を確実なものとしている。

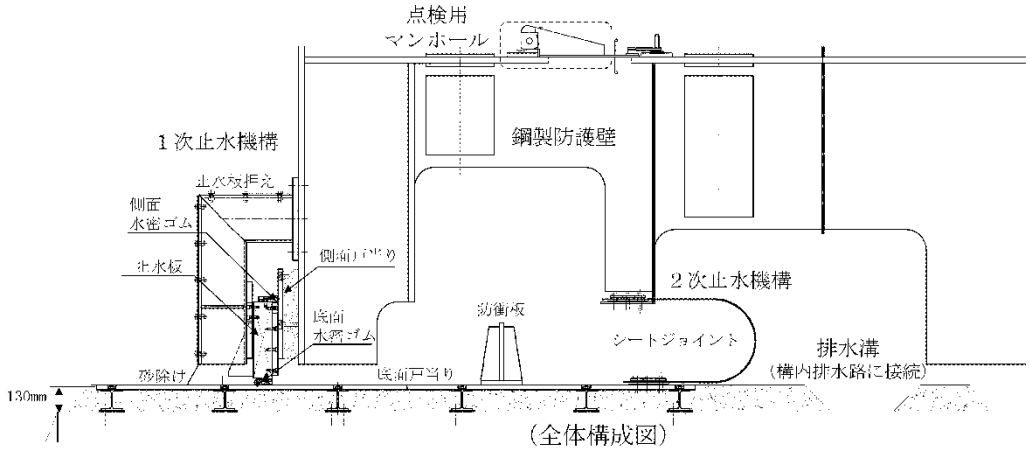


図 24　止水機構全体の概要

【補足説明6】漏水試験について

実証試験にて実施した水密ゴムについて，漏水試験を実施し水密性を確認する。

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する。

試験装置は，止水板２枚分（4m）の水密ゴムを設置可能な漏水試験装置を製作し，底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴムからの漏水を確認する。漏水位置は中央部の3m分からの漏水量を算出する。

表13に漏水試験条件の一覧，表14に漏水試験装置の主要仕様，図25に漏水試験の装置概要図を示す。

表13　漏水試験条件一覧表

項目	条件	備考
水密ゴム	試験体１	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
	試験体２	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
	試験体３	ライニングのない状態にて試験を実施した水密ゴム（試験結果で亀裂，損傷等ない場合に実施）
試験圧力	0.17MPa以上	保守的に，防潮堤天端高さ（T.P.＋20m）から設置地盤標高（T.P.＋3m）を差し引いた値
	0.21MPa以上	敷地に遡上する津波高さ（T.P.＋24m）から設置地盤標高（T.P.＋3m）を差し引いた値
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*	5.2 ℓ／10分	試験圧力0.17MPaに対する許容漏水量
	6.4 ℓ／10分	試験圧力0.21MPaに対する許容漏水量

＊「ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）」で規定する保持時間及び許容漏水量算定式に基づく3m当たりの許容漏水量

・許容漏水量：Ｗ＝10.2Ｌ×Ｐ

Ｗ：漏水量（mℓ/min）

Ｐ：設計圧力

Ｌ：長辺の長さ(cm)

（試験装置の漏水検出範囲長さ300cm）

表 14　漏水試験装置の主要仕様

項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 4.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.7m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	1 枚当たり　長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m 2 枚の止水板を接続ゴムにて接続し実施
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 930kg／枚

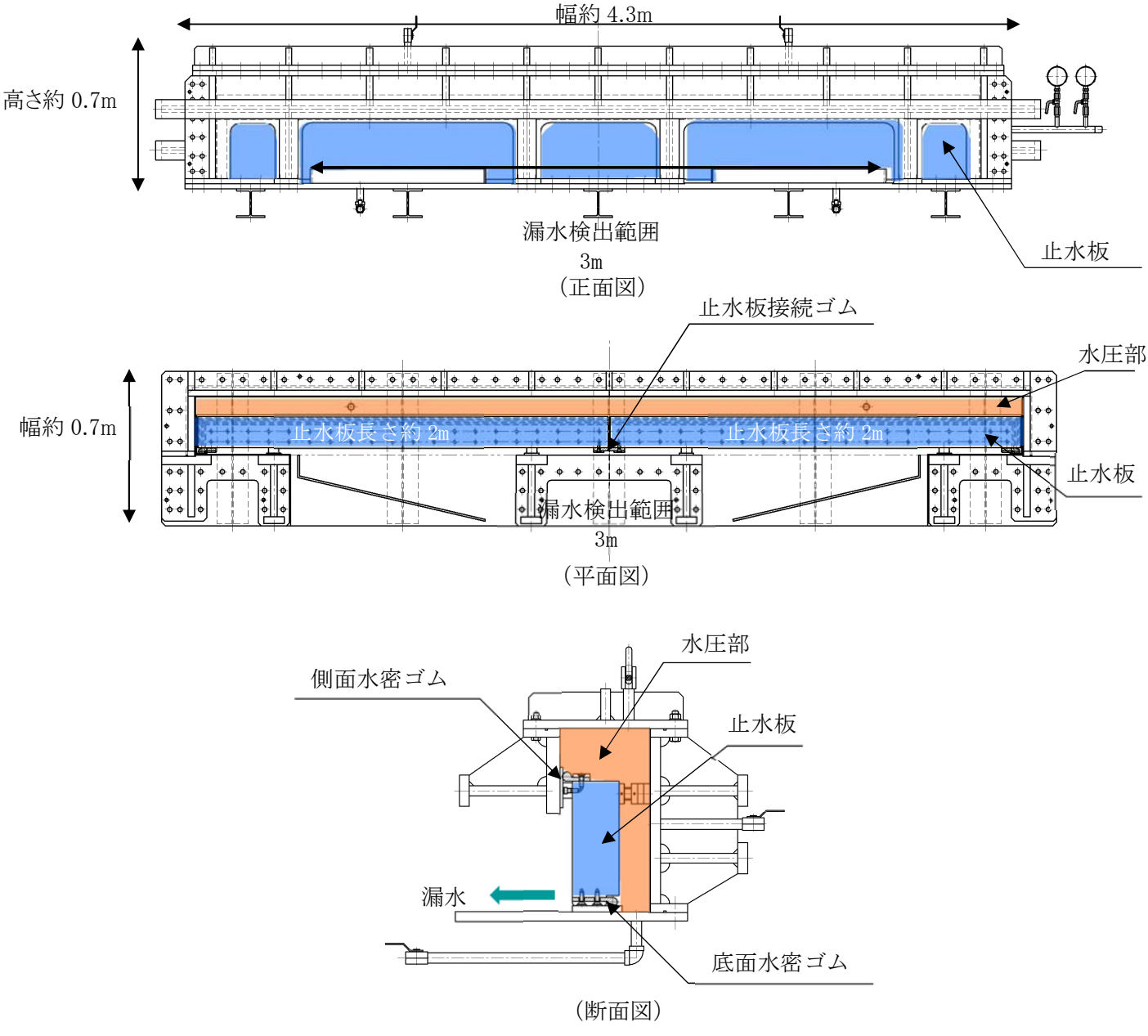


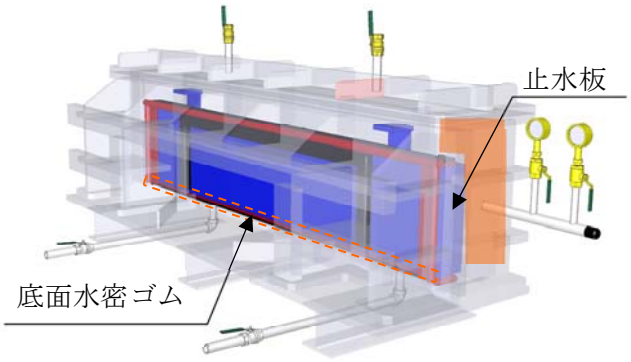
図 25　漏水試験の装置概要図

＜水密ゴムの単体漏水試験結果＞

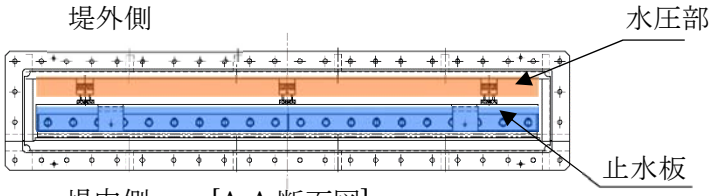
水密ゴムの単体試験として，未使用品の水密ゴム及び劣化状況を模擬した漏水試験を実施しており良好な結果を得ている。表 15 に試験装置の主要仕様，表 16 に漏水試験結果，図 25 に試験装置の概要図，図 26 に試験圧力と漏水量を示す。

表 15　試験装置主要仕様

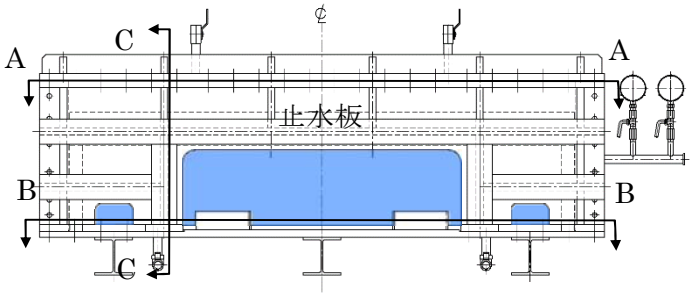
項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 2.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.5m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 620kg



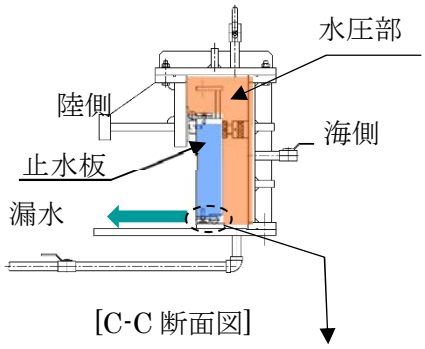
[試験装置の全体図]



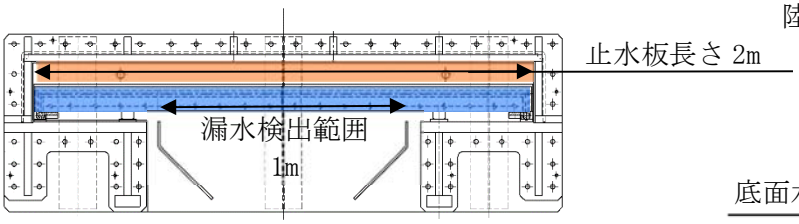
[A-A 断面図]



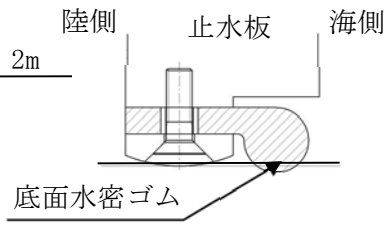
[正面図（陸側から）]



[C-C 断面図]



[B-B 断面図]



[底面水密ゴム取付部拡大図]

図 25　試験装置概要図

表16　漏水試験結果

	区分	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏水量※1 (ℓ/10分)	許容 漏水量 (ℓ/10分)	判定
試験体1	未使用品	0.20	10	0.020	2.0	○
試験体2		0.20	10	0.029	2.0	○
試験体3	劣化状態 を仮定	0.17	10	0.039	1.7※2	○
		0.66	10	0.625	6.7※2	○
		0.17	10	0.440	1.7※2	○
		0.66	10	0.525	6.7※2	○

※１：漏水量は１ｍあたり10分間漏水量。

※２：未使用品（新品）の場合の許容漏水量

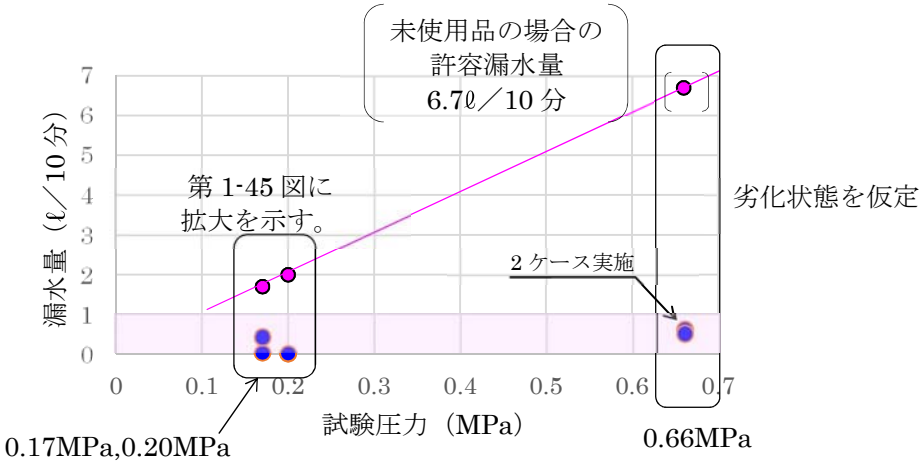


図 26　試験圧力と漏水量（高圧）

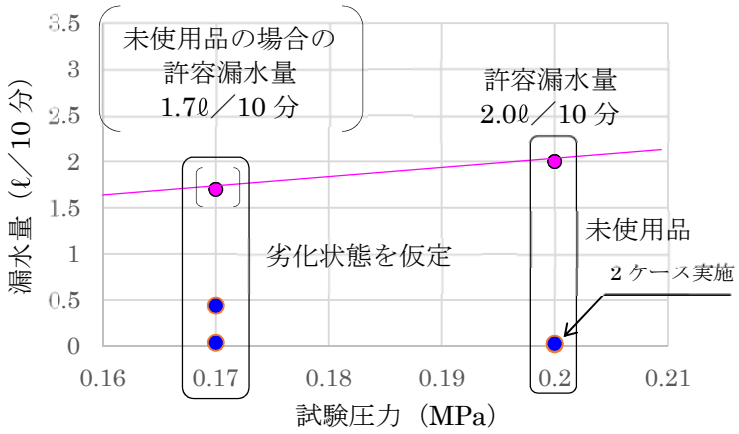


図 26　試験圧力と漏水量（低圧）

【参考】実証試験において想定される不具合と対策（案）

実証試験において想定される不具合として，止水板の浮上りや水密ゴムの噛み込み等が考えられるため，以下の対策（案）を検討している。

対策（案）の実施に当たっては，二次元・三次元動的解析の結果も踏まえ，原因の分析を十分に行い，必要に応じて対策を実施する。

図 27 に要因と対策（案）を示す。

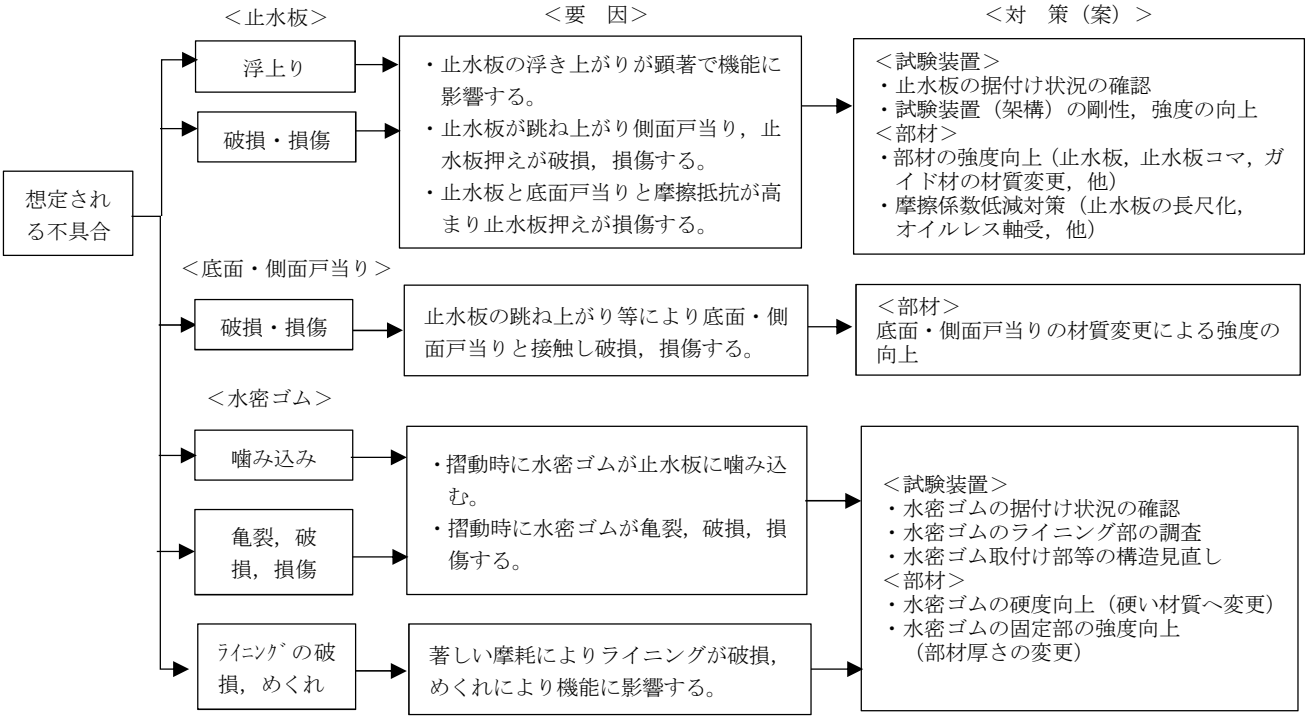


図 27　実証試験時における不具合時に対する対策（案）

6.1.3.2　止水機構（1 次止水機構）の実証試験の試験要領について

1.目　的

止水機構の地震時及び余震+津波時の追従性を確認するため，実規模大の試験装置を用いた試験（以下「実証試験」という。）を行い，止水板の挙動を確認することにより，変位追従性，水密ゴムの健全性を確認する。本件は，実証試験の試験要領を示す。

２．試験期間及び場所

実施時期：平成 30 年 5 月 9 日（水）～17 日（木）（予定）

場　　所

３．試験体制

実証試験体制は，図 1 に示す。

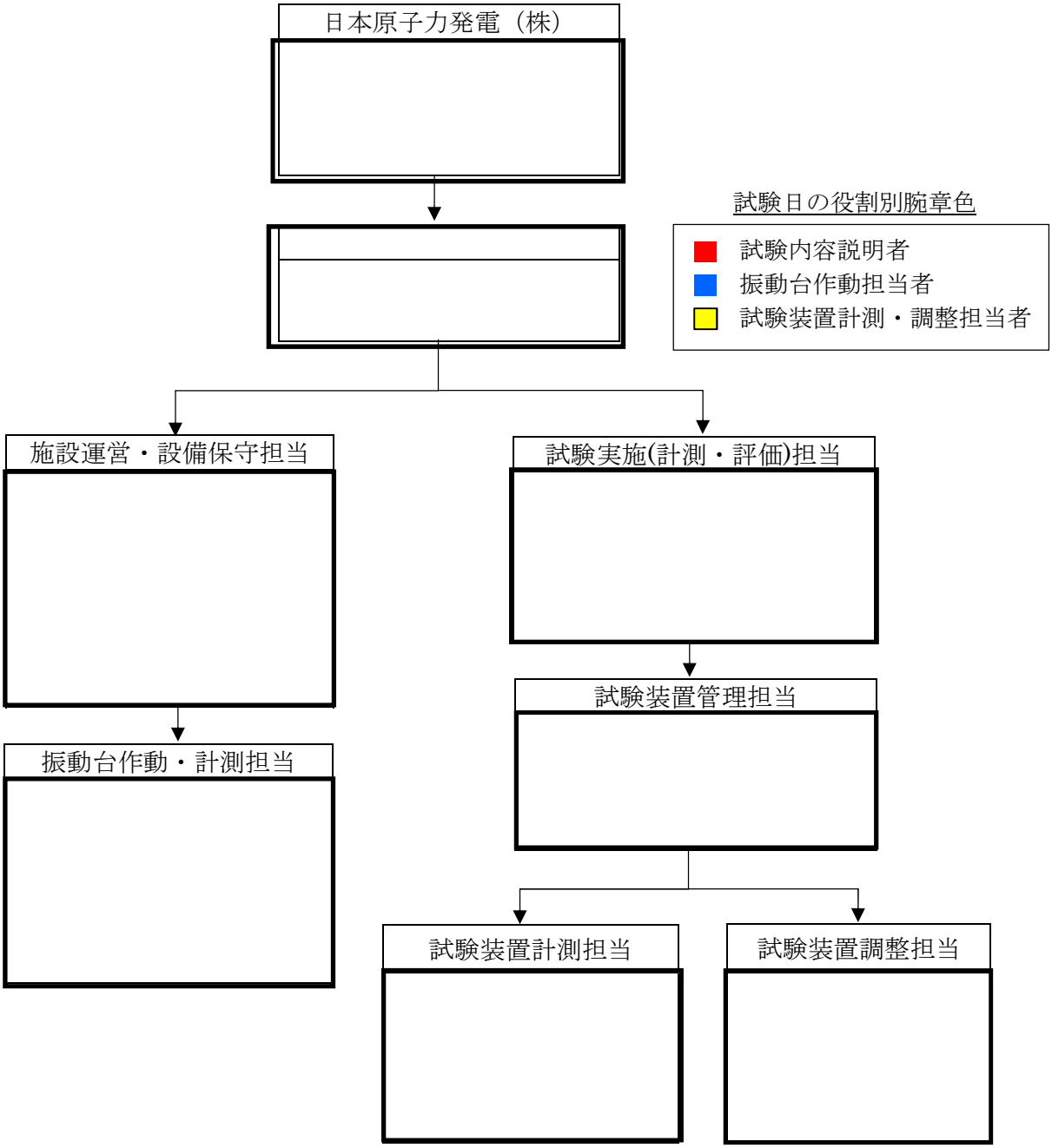

日本原子力発電（株）
試験日の役割別腕章色
試験内容説明者
振動台作動担当者
試験装置計測・調整担当者
施設運営・設備保守担当
試験実施(計測・評価)担当
試験装置管理担当
振動台作動・計測担当
試験装置計測担当
試験装置調整担当

図１　実証試験体制

４．実証試験装置の概要

振動台の上に１次止水機構を設置し，水平方向と鉛直方向とを同時加振する。図２に大型３軸振動台の概要，図３に振動台の平面図，図４に試験装置のイメージ図を示す。

振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
最大積載重量	80ｔｆ		
テーブル寸法	Ｘ：6m　×　Ｙ：4m		
定格	Ｘ方向	Ｙ方向	Ｚ方向
最大変位	±300㎜	±150㎜	±100㎜
最大加速度 （35ｔ積載時）	1Ｇ （水平）	3Ｇ （水平）	1Ｇ （鉛直）

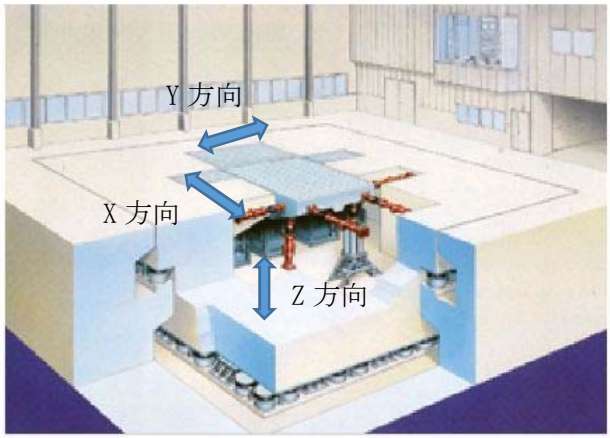


図2　大型3軸振動台の概要

図 3　振動台平面図

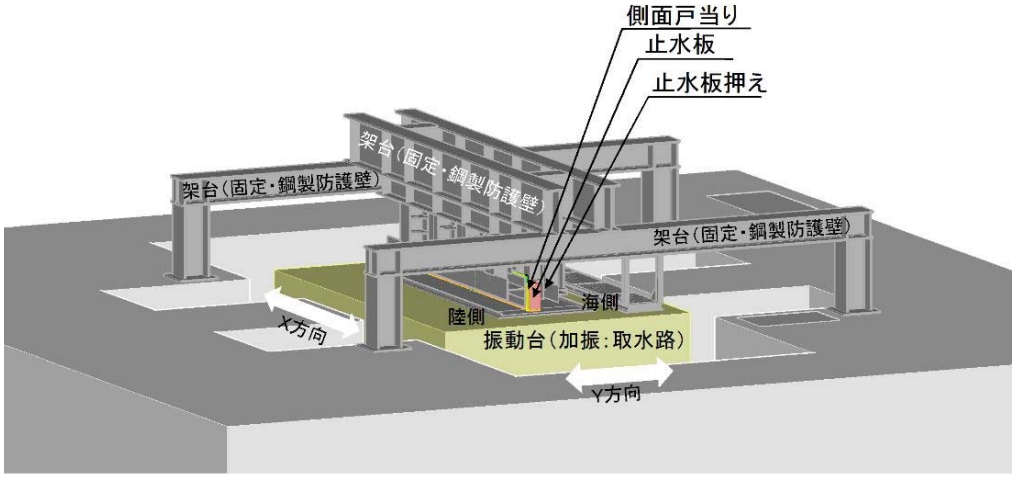


図 4　試験装置の鳥観図

５．試験条件

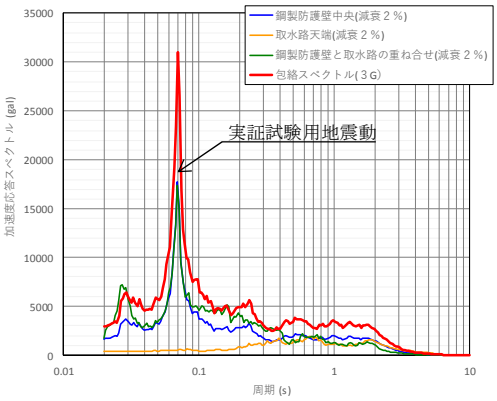
（１）実証試験用地震動

振動台に入力する実証試験用地震動は，本震として基準地震動Ｓｓを包絡させた地震動及び余震+津波時として津波波圧を模擬的に与えた条件にて実証試験を実施する。表１に実証試験用応答スペクトルに用いる入力地震動を示す。

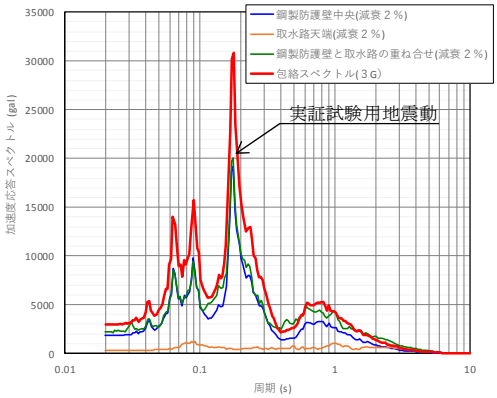
図５に本震による三方向（Ｘ，Ｙ，Ｚ）の実証試験用地震動の加速度応答スペクトルを示す。模擬地震動の詳細については「6.1.3.4　実証試験に用いる地震動の作成，実証試験及び三次元動的解析のケースについて」に示す。

表１　実証試験用応答スペクトルに用いる入力地震動

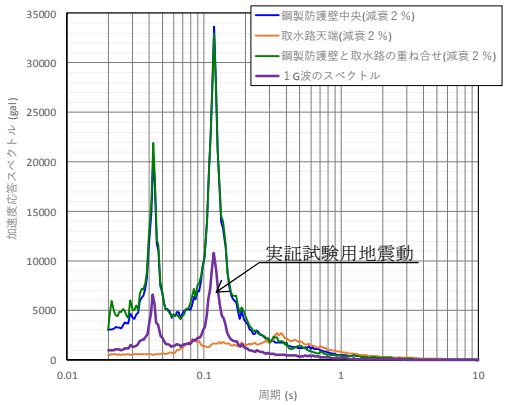
種類	入力地震動
本震	Ｓｓ－Ｄ１
余震＋津波	Ｓｄ－Ｄ１



加速度応答スペクトルＸ方向（NS）



加速度応答スペクトルＹ方向（EW）



加速度応答スペクトルＺ方向

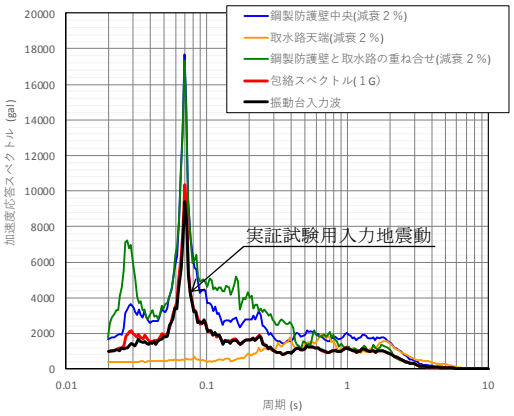
図５　本震による三方向（Ｘ，Ｙ，Ｚ）の実証試験用地震動の加速度応答スペクトル

（２）実証試験用入力地震動

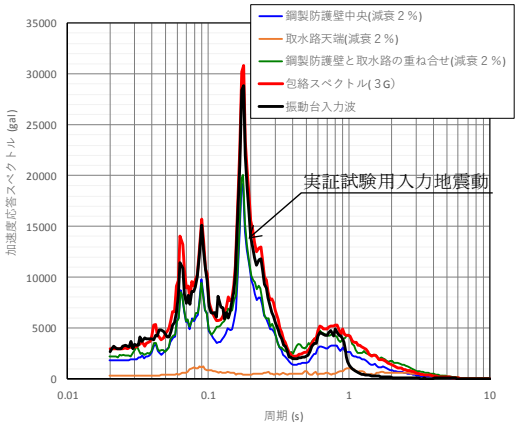
実証試験用入力地震動は，変位量に対する振動台性能の制限内に地震動を収めることを目的として，実証試験用地震動にハイパスフィルター（HPF）を掛け，長周期成分をカットした地震動である。

実証試験に用いる振動台へ入力する入力波形を図６に示す。

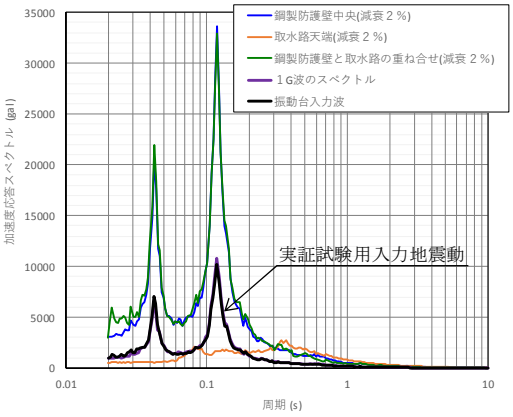
図６の入力加速度が最大３ＧであるＹ方向（EW）の加速度応答スペクトル図から周期1sec 付近で HPF が掛かっていることが読み取れるが，最大加速度レベルは実証試験用地震動とほぼ同一レベルであることを確認した。



加速度応答スペクトルＸ方向（NS）



加速度応答スペクトルＹ方向（EW）



加速度応答スペクトルＺ方向

図６　本震による三方向（Ｘ，Ｙ，Ｚ）の実証試験用入力地震動の加速度応答スペクトル

（３）実証試験ケースと三次元動的解析ケース

表 2 に本震時，表 3 に余震時の実証試験のケースと三次元動的解析のケースを示す。

表 2　本震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （X方向（堤軸）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （X包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （Y 方向に X 方向の地震動を入力。方向反転）
②３方向 （Y方向（堤軸直角）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （図 7 に実証試験用入力地震動）
③鉛直 （鋼製防護壁包絡波）	－	－	１Ｇ	●	－	鉛直単独
④鉛直 （取水路側包絡波）	－	－	波形 入力	●	●	鉛直単独 （図８に実証試験用入力地震動）
⑤基準地震動（S_s） （S_s-D1）	－			●	●	３方向同時
⑥基準地震動（S_s）	－			○	○	３方向同時

●：先行実施

○：実証試験報告時に報告（5 月下旬）

表 3　余震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （Y方向（提軸直交）包絡波）	１Ｇ	２Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	○	○	３方向同時
②鉛直 （鋼製防護壁波形入力）	－	－	１Ｇ	－	－	鉛直単独
③鉛直 （取水路側波形入力）	－	－	波形 入力	○	○	鉛直単独
④基準地震動（S_d） （S_d-D1）	－			○	○	３方向同時

●：先行実施

○：実証試験報告時に報告（6 月中旬）

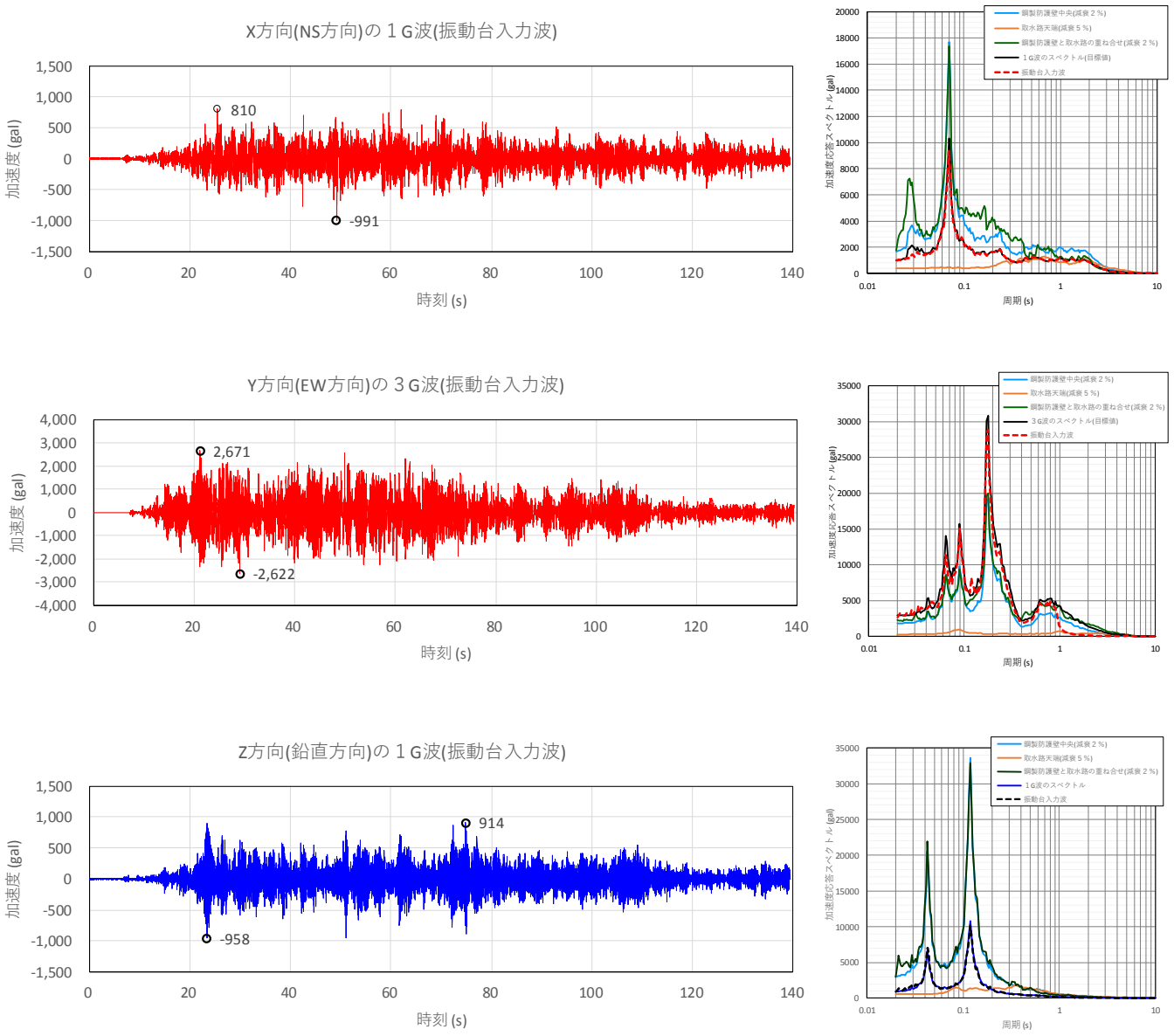


図７　②３方向（Ｙ方向（堤軸直交）包絡波）実証試験用入力地震動

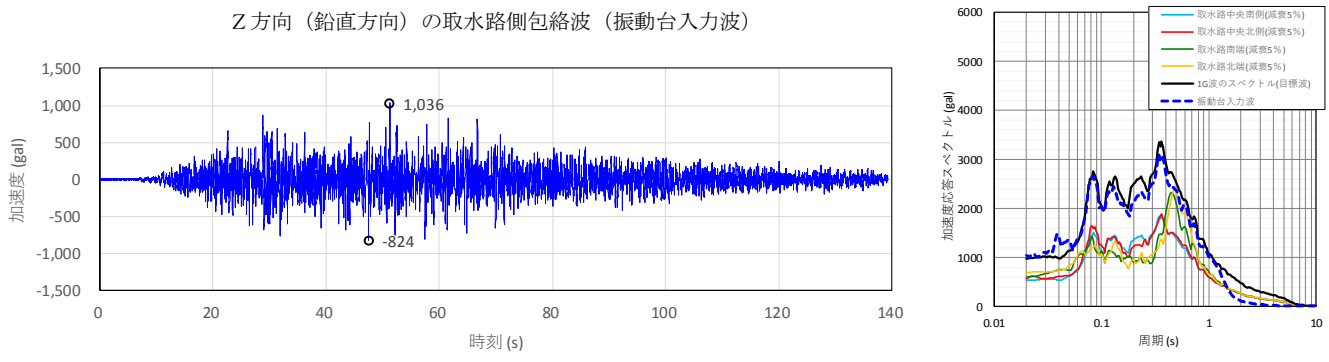


図８　④鉛直（取水路側包絡波）実証試験用入力地震動

（4）試験回数

実証試験に用いる入力地震動（S_s－D1，S_d－D1）による確認は，止水板の挙動の再現性を確認するため，表4の試験回数の設定のとおり2回づつ実施する。

表4　試験回数の設定

	本震	余震+津波
試験回数	2回	2回

（5）摩擦係数の設定

止水板に設置する側面・底面水密ゴムは，材料証明書にてダム堰施設技術基準の物性値であることを確認した未使用品のものを使用するため，摩擦係数は0.2の状態とする。表5に水密ゴムの物性値及び試験方法の規格を示す。

表5　水密ゴムの物性値及び試験方法の規格

	試験項目		物性値	規格値	試験条件・試験方法
通常	硬さ　(DURO-A型)		55	55±5	JIS K 6253
	引張り強さ	(MPa)	16.3	14.7以上	JIS K 6251
		(kgf／cm2)	166	150以上	
	伸び（%）		500	300以上	

（６）余震時の波圧の設定について

余震時においては，余震+津波の津波高さの圧力を想定する必要があるため，津波による荷重を以下のとおり止水板に負荷し，実証試験を実施する。

◆水平方向荷重

止水板１枚（2m）当り３カ所×2セットの水圧負荷装置により 29.0 kN 以上の荷重を掛ける。

W_h＝86.7kN/m×2m÷（3×2）＝28.9 kN≒29.0 kN

＜水平方向水圧荷重（単位ｍ当たり）＞

$W_H=1/2\cdot(h^2-h_1^2)\ \gamma_w$

$=1/2\times(20.90^2-20.485^2)\times10.1=86.7kN/m$

γ_w：海水の単位体積重量　10.1 kN/m

◆鉛直方向荷重

止水板１枚(2m)当り２カ所×2セットの水圧負荷装置により 29.0kN 以上の荷重を掛ける。

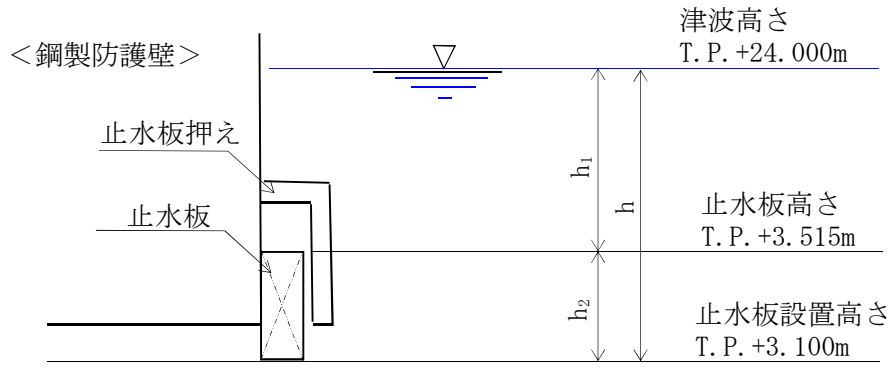
W_v＝29.0 kN/m×2m÷2＝29.0kN

＜鉛直方向水圧荷重（単位ｍ当たり）＞

$W_V=h1\cdot\gamma_w\cdot B'$

$=20.485\times10.1\times0.14=$　29.0 kN/m

B´：鉛直方向受圧厚さ 0.14m



h ＝20.9m

h1＝20.485m

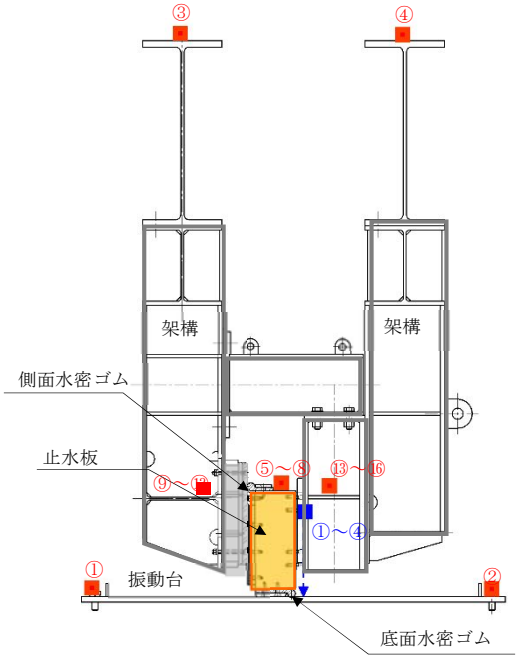
h2＝0.415m

（７）実証試験に係る計測項目

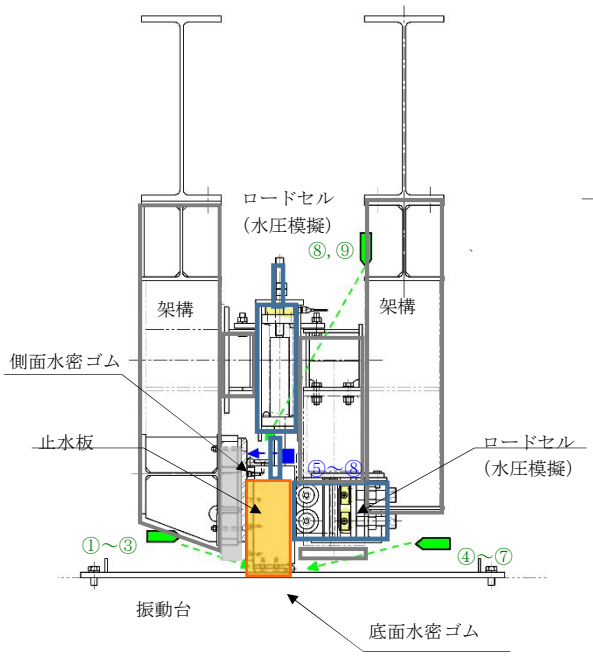
実証試験における計測項目（表 6）計測箇所（図 9）及び計測器一覧（表 7）を示す。

表 6　実証試験における計測項目

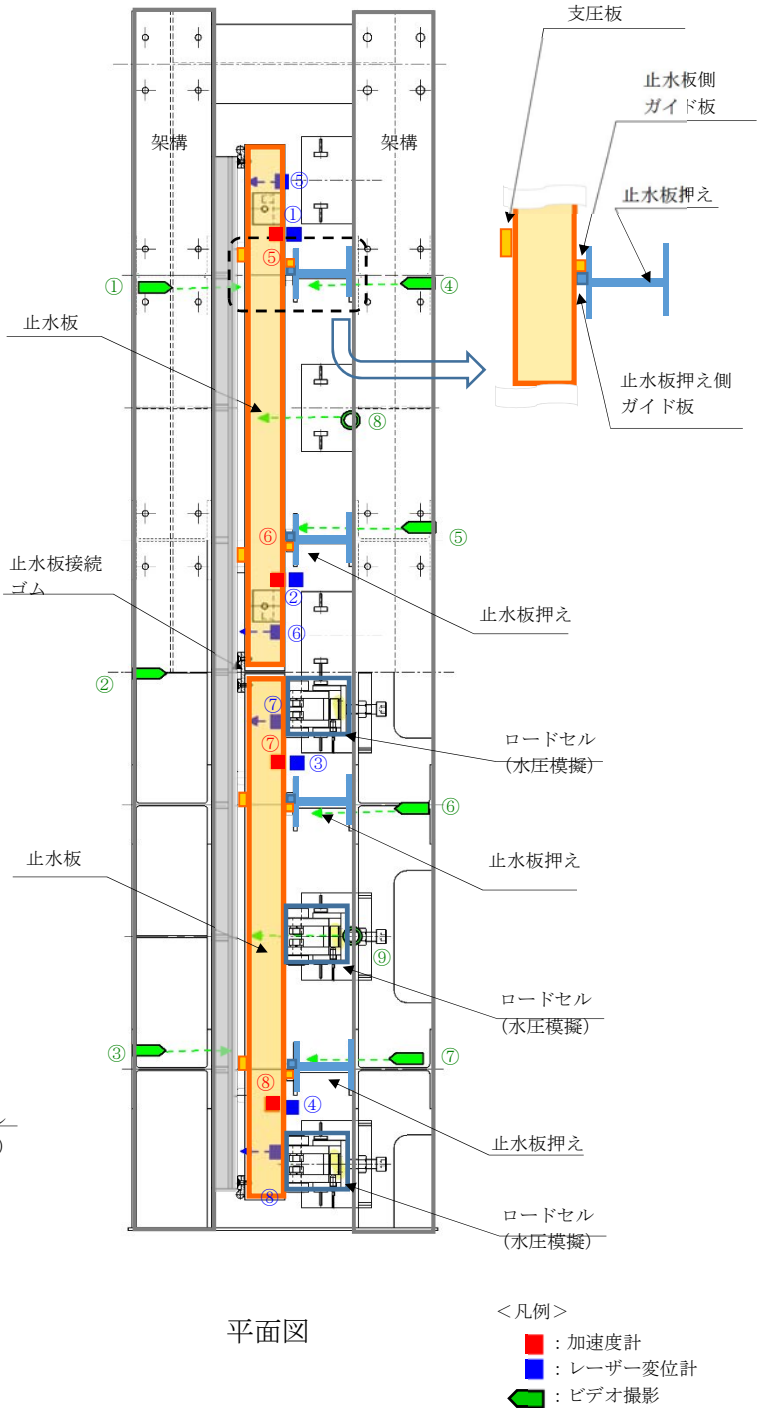
各部位	目　的	確認項目	
①止水板押え	止水板の追従性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板押えの加速度計測（⑬～⑯）
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板押えと止水板の隙間計測 ・止水板押え側ガイド板の平面度測定 ・止水板押え側ガイド板と止水板側ガイドとの寸法測定 ◆外観目視検査 ・変形，摩耗等の確認
④止水板 （底面止水板コマ部含む）	止水板の追従性及び健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板と底面，側面戸当りの変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による止水板の挙動確認） ◆止水板の加速度計測（⑤～⑧） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板，支圧板の寸法測定 ・止水板コマ寸法測定（寸法，板厚，摩耗量測定（試験後）） ◆外観目視,据付け状況検査 ・止水板コマ，支圧板の変形，摩耗，据付け等の確認
⑤底面戸当り ⑥側面戸当り	止水性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆加速度計測（底面・側面戸当り）（⑨～⑫） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法測定 ・平面度測定 ◆外観目視，据付け状況検査 ・変形，摩耗，ゆがみ，据付け等の確認
底面・側面水密ゴム	止水板に追従し，水密性に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板と底面，側面戸当りの変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による浮き上がり確認） ◆ビデオ撮影（①～⑨）
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測（厚さ） ◆外観目視，据付け状況検査 ・変形，摩耗，亀裂，ライニング面，据付け等の確認 ◆漏水検査
止水板接続ゴム	止水板との接続部に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板の変位計測（①～⑧） （レーザー変位計による止水板の挙動を把握し，接続ゴムの変位を計測） ◆止水板の加速度計測（⑤～⑧） ◆ビデオ撮影（②）
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測（寸法） ◆外観目視検査 ・変形，摩耗，亀裂の確認 ・底面・側面水密ゴムの接続箇所の確認 ◆水密ゴムの据付け状況確認



断面図（加速度計，レーザ変位計）



断面図（ロードセル（水圧模擬））



平面図

本震時の計測機器に，更に水圧模擬するためロードセルを設置する。

図 9　実証試験時の計測部位（本震時・余震+津波時）

表 7　計測器一覧

計測器	型番	メーカ	仕様	数量	備考
レーザー変位計			測定範囲　160～450 ㎜ 繰返し精度　30μｍ 計測精度：0.1㎜	4	鉛直 相対変位
			測定範囲　75～130 ㎜ 繰返し精度　30μｍ 計測精度　0.01㎜	4	水平 相対変位
加速度計			定格容量　±20G 応答周波数範囲 500Hz 計測精度　0.02G±1%	16	ＸＹＺ方向
ロードセル			定格容量　50ｋN 非直線性　±0.05%	12	水平方向
			定格容量　100ｋN 非直線性　±0.2%	4	鉛直方向
ＣＣＤカメラ			f6 ㎜，8 ㎜，12 ㎜	6	
			f3.7 ㎜	3	
ビデオカメラ			ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾊｲﾋﾞｼﾞｮﾝ方式	2	全景用

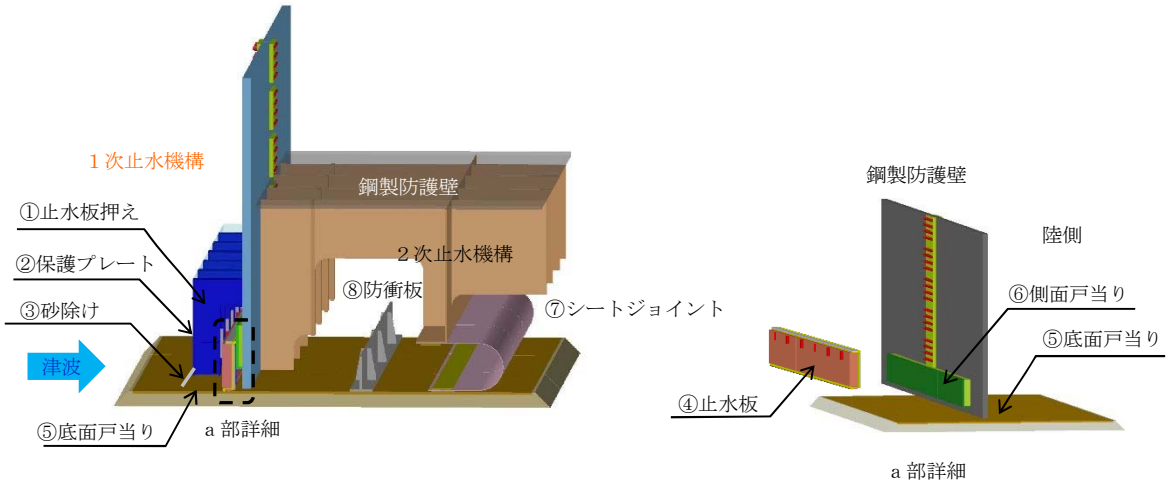
（８）実証試験の計測項目と判定基準

実証試験では以下の項目について計測を行い「止水板の地震時の追従性」，「水密ゴムの健全性」及び「１次止水機構の構成部品の健全性」について確認し，止水機構全体に影響がないか確認する。表８に実証試験の計測項目と判定基準を示す。

表８　実証試験の計測項目と判定基準

機能目標	計測項目※	判定基準
止水板の地震時の追従性確認	◆追従性評価（ビデオ撮影） ◆変位計測（レーザー変位計） ◆加速度計測（加速度計） ◆外観目視検査	◆止水板の動作に異常がなく，止水板としての機能が保持されていること。（浮き上がり，止水板の破損・損傷）
水密ゴムの健全性確認	◆追従性評価（ビデオ撮影） ◆変位計測（レーザー変位計） ◆寸法計測 ◆外観目視点検	◆水密ゴムの動作に異常がなく機能が保持されていること。 （噛み込み，摺動による亀裂，破損，摩耗） ◆水密ゴムのライニングに異常がなく機能が保持されていること。（ライニングの破損，めくれ）
１次止水機構の構成部品の健全性確認	◆止水板，側面戸当り，底面戸当り，止水板押え，架構等の外観目視点検 ◆三次元計測による試験装置全体の計測	◆装置全体に異常がなく健全であること。 （試験装置，部材の変形，損傷，他）

※各部位毎の計測項目については，表７の１次止水機構の各部位毎の評価項目に示す。



止水機構の各名称

（9）実証試験手順

実証試験は1回の実証試験で約3日間必要とする。そのため，実証試験の「本震」,「余震+津波」を実施し水密ゴムの計測等は4日目に実施する手順になる。**エラー！ 参照元が見つかりません。**10に実証試験の実施手順（例）を示す。

水密ゴムは，実際に想定しうる「本震」の後に「余震+津波」となるため，「余震+津波」の実証試験が終了するまでは同じものを通して使用する。

以下は1回目の試験手順を示す，2回目の試験手順も同様の手順で実施する。

表9　実証試験の実施手順（1回目）

時間帯	本　震 （1日目）	本　震 （2日目）	余震＋津波1回 （3日目）
午前 （約3.5時間）	＜試験前準備＞ ・各部外観検査，寸法計測 （試験前健全性確認） ・振動台の油圧上昇 （ＸＹＺ軸方向） ・振動台の油圧降下 ・止水板設置 ・計測器取付け ・水密ゴムの計測 ・水密ゴムの外観据付け検査	＜試験前準備＞ ・同左	＜試験前準備＞ ・同左
午後 （約4.5時間）	＜試験前準備＞ ・振動台油圧上昇 ・ホワイトノイズ加振※	＜試験枚準備＞ ・同左	＜試験前準備＞ ・水密ゴムの外観据付け検査 ・水密ゴムの計測 ・水圧負荷装置設置
	＜実証試験＞ ・実証試験（本震） ・加振終了後油圧降下	＜実証試験＞ ・同左	＜実証試験＞ ・油圧上昇 ・水平負荷装置荷重調整 ・実証試験（余震） ・水平負荷解除 ・加振終了後油圧降下
	＜試験後＞ ・止水板取り外し ・水密ゴムの外観・据付け検査	＜試験後＞ ・同左	＜試験後＞ ・止水板取り外し ・水密ゴムの外観・据付け検査 ・水圧負荷装置取外し

（4日目）

・水密ゴム取外し，摩耗等計測

・各部外観検査，寸法計測（試験後健全性確認）

・品質記録の例を図10に示す。

※ホワイトノイズ加振とは

止水板を設置しない状態で試験装置の固有振動数を算出し，試験装置の固有振動数に有意な変化がないことを試験前に確認することで，試験装置が正常な状態であることを確認する。

発注者	日本原子力発電株式会社 殿
業務名	東海第二発電所
実験名	一次止水機構　振動試験
実施日	
受注者	
再委託先	
実施場所	

発注者		受注者		再委託先		
				承認	審査	担当

試験NO.	UPE有無	計測場所 止水板	位置	底面止水板コマ厚さ(mm) 加振前	加振後	摩耗量(mm)	備考
1	有り	右	右側				
			中央				
			左側				
		左	右側				
			中央				
			左側				
2		右	右側				
			中央				
			左側				
		左	右側				
			中央				
			左側				
3	有り	右	右側				
			中央				
			左側				
		左	右側				
			中央				
			左側				
4	無し	右	右側				
			中央				
			左側				
		左	右側				
			中央				
			左側				

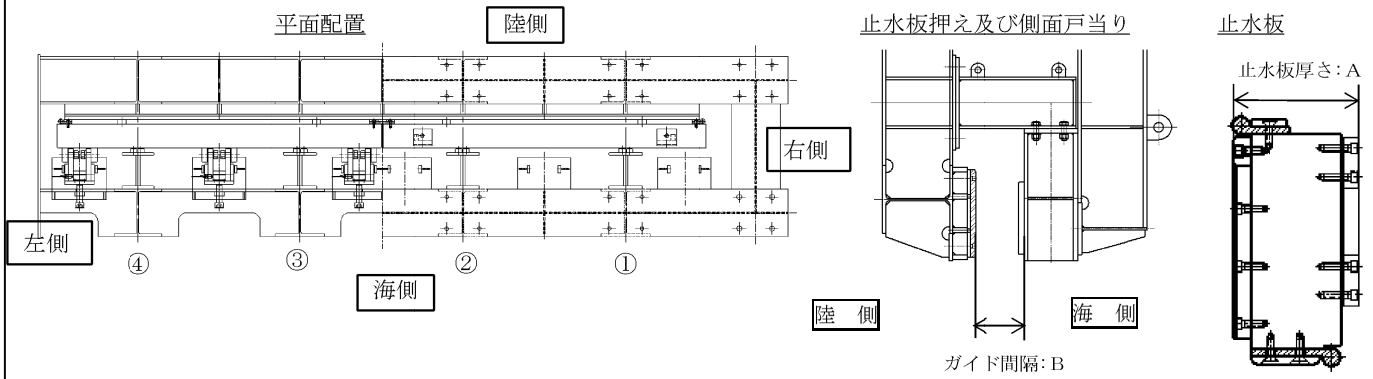
備考	摩耗量計測：0-100mmノギス 計測個所 （海側から見る）

図 10　品質記録の例（1/3）　　（止水板の寸法計測の例）

発　注　者	日本原子力発電株式会社 殿
業　務　名	東海第二発電所
実　験　名	一次止水機構　振動試験
実　施　日	
受　注　者	
再 委 託 先	
実 施 場 所	

発　注　者		受　注　者		再　委　託　先		
				承　認	審　査	担　当

止水板厚さ				ガイド間隔				止水板の軸直角方向隙間(㎜)	備考
止水板	位置	設計値(㎜)	計測値(㎜)：A	位置		設計値(㎜)	計測値(㎜)：B	C＝B－A	
右	右側			1	上				
					下				
	左側			2	上				
					下				
左	右側			3	上				
					下				
	左側			4	上				
					下				



備考	計測：ノギス、スケール

図 10　品質記録の例（2/3）　（止水板押えと側面戸当りの寸法計測の例）

図 10　品質記録の例（3/3）　　（止水板押えの間隔計測の例）

6.1.3.3　二次元・三次元動的解析の結果について

1.目　的

止水機構の実規模大の試験装置を用いた試験（以下「実証試験」という。）では，基準地震動Ｓｓ及び余震＋津波時における止水板の挙動を確認することにより，変位追従性，水密ゴムの健全性を確認する。

本件では，実証試験に合わせて実施する二次元・三次元動的解析の結果について説明する。

２．解析条件

（１）二次元動的解析

＜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，津波時＋余震

解析モデルは図1に示す。

・水密ゴム摩擦係数：

常時　：0.2（ダム・堰施設技術基準（案））（国土交通省）

劣化時の挙動把握（しきい値確認）　：0.2～1.2

・金属間摩擦係数

止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4

・評価対象部位：

底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板

・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム）

弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）

・評価項目：

応力評価，追従性評価（止水板浮上り），水圧模擬，摩擦係数しきい値確認

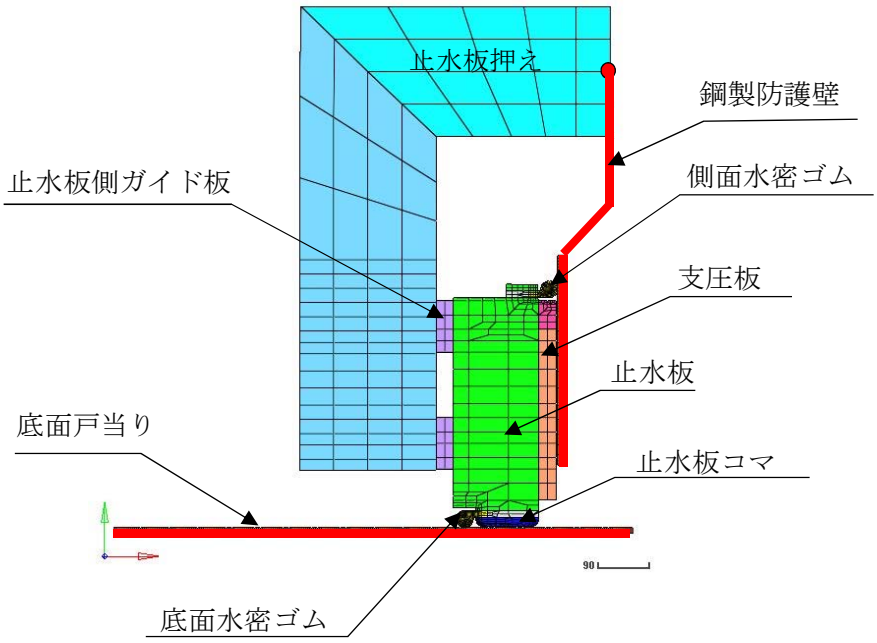


図１　二次元動的解析モデル

（２）三次元動的解析

＜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，津波時＋余震

解析モデルは図2に示す。

・水密ゴム摩擦係数：

常時　：0.2（ダム・堰施設技術基準（案））（国土交通省）

・金属間摩擦係数

止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4

・評価対象部位：

底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板

・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム）

弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）

・評価項目：

応力評価，追従性評価（止水板2枚の挙動，浮上り），水圧模擬

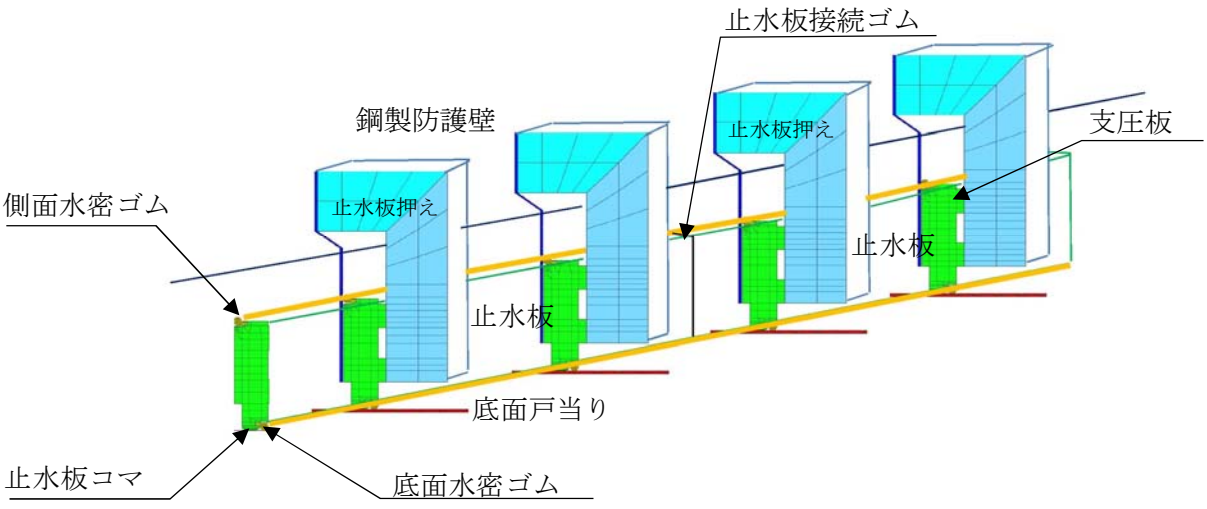


図２　三次元動的解析モデル

３．三次元動的解析

（１）実証試験モデルの解析条件

ａ．解析コード　　MSC_MARC2014.2.0（エムエスシーソフトウェア株式会社）

ｂ．解析内容　　大変形超弾性解析（止水ゴムを超弾性体として扱う）

ｃ．モデルの説明

基本的に6面体ソリッド要素，架台の部分はシェル要素として作成した。

ｄ．解析に用いる物性値および摩擦係数

各部の物性値と摩擦係数は表１に示す通り。モデル化に当たっては，⑤底面戸当り，鋼製防護壁（⑥側面戸当り）は，剛体としてモデル化した。

表1　物性値および摩擦係数

部位（材質）	物性値	許容値	摩擦係数
①止水板押え （SM490）	縦弾性係数　205000MPa ポアソン比　0.3	耐力　315MPa	－
④止水板 （SUS304）	縦弾性係数 197000MPa ポアソン比　0.3	耐力　205MPa	－
底面・側面水密ゴム （合成ｺﾞﾑ+ ﾗｲﾆﾝｸﾞ貼付け）	単軸引張試験結果	引張強さ　14.7 MPa	0.2
止水板コマ （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4 （金属間の摩擦係数）
支圧板 （超高分子ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ）	縦弾性係数　785MPa ポアソン比　0.3	引張強さ　44MPa	0.2
止水板側ガイド板 （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4

ｅ．解析モデルに考慮している隙間

止水機構の実機と同じ構造を模擬するため，以下の箇所については，解析モデル上も隙間を考慮し解析を実施する。図３に解析モデル上の隙間を示す。

①側面水密ゴムと側面戸当りの隙間 3mm

②底面水密ゴムと底面戸当りの隙間 3mm

③止水板ガイドと止水板押えの隙間 5mm

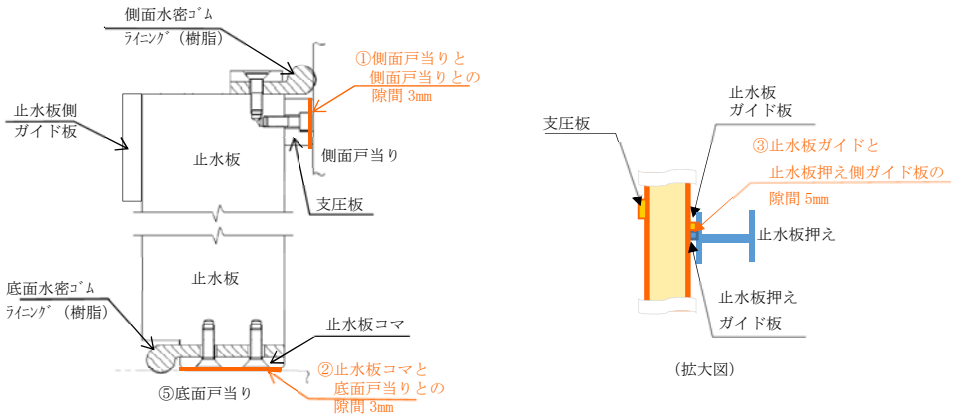


図３　解析モデル上の隙間

f．解析モデルの作成

実証試験モデルの解析モデルを図 4 に示す。

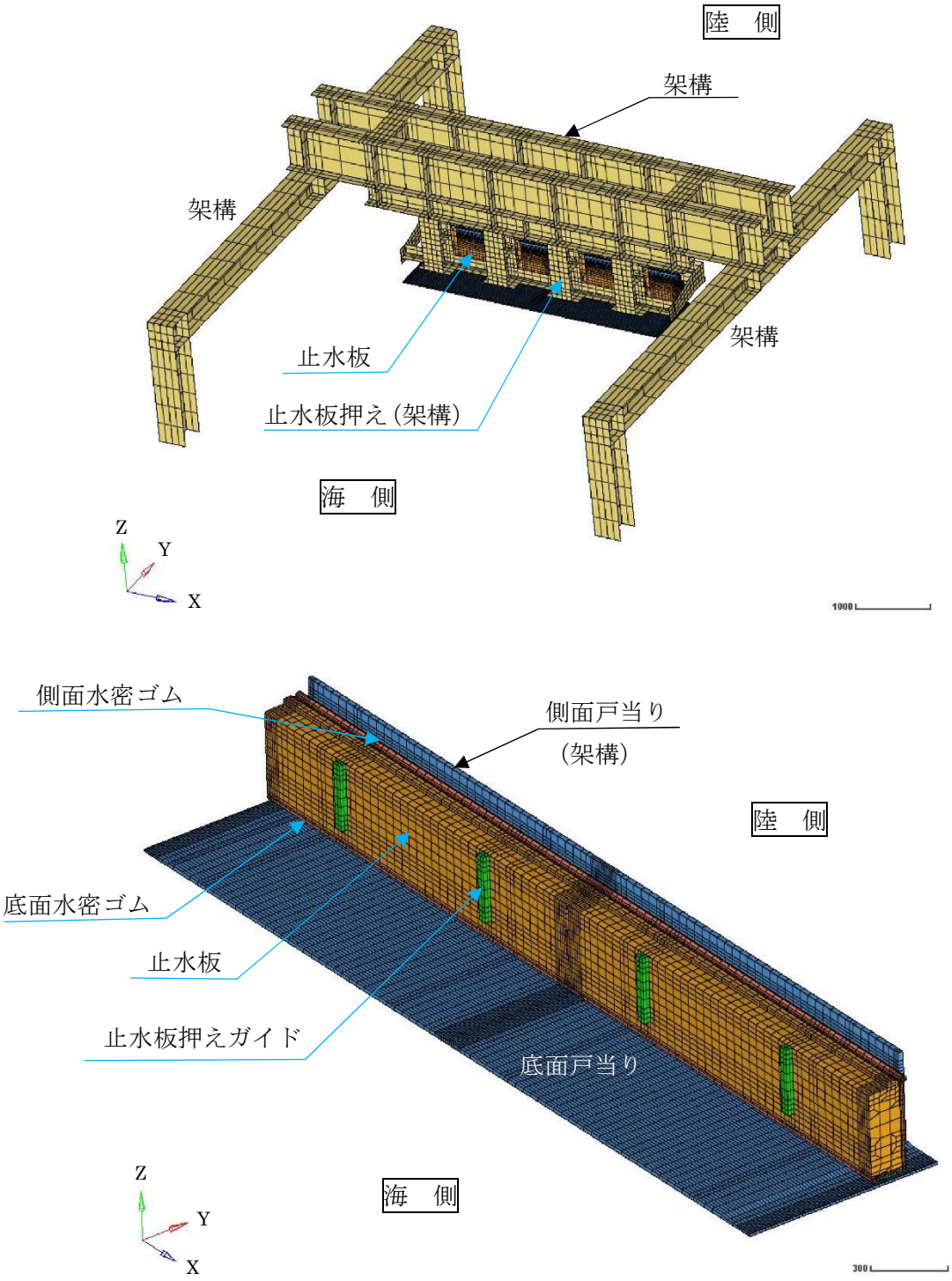


図 4　三次元解析モデル（実証試験用）（1/2）

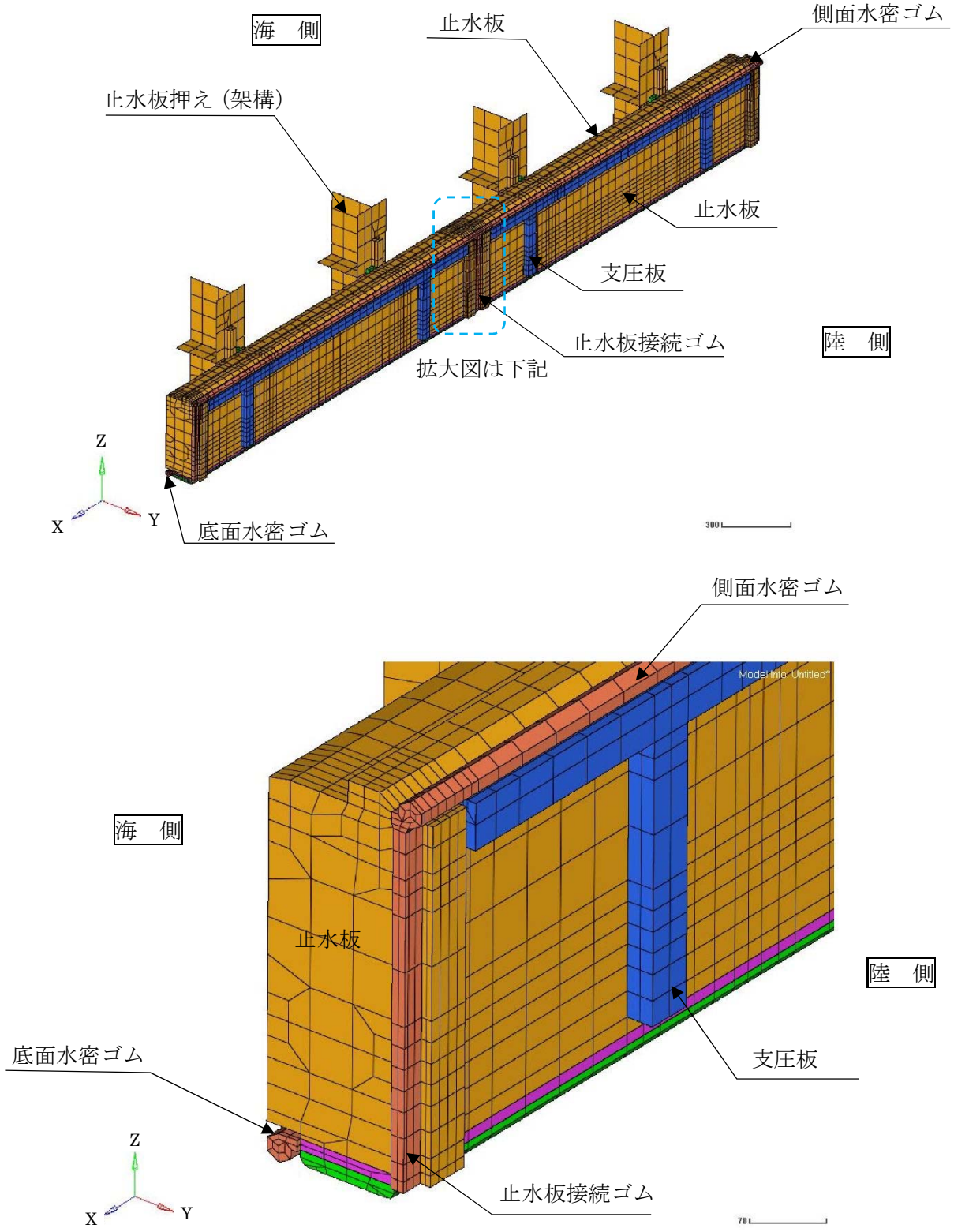


図 4　三次元解析モデル（実証試験用）(2/2)

（２）実機モデルの解析条件

ａ．解析コード　　MSC_MARC2014.2.0（エムエスシーソフトウェア株式会社）

ｂ．解析内容　　大変形超弾性解析（止水ゴムを超弾性体として扱う）

ｃ．モデルの説明

基本的に6面体ソリッド要素として作成した。

ｄ．解析に用いる物性値および摩擦係数

各部の物性値と摩擦係数は表１に示す通り。

表1　物性値および摩擦係数

部位（材質）	物性値	許容値	摩擦係数
①止水板押え （SM490）	縦弾性係数　205000MPa ポアソン比　0.3	耐力　315MPa	－
④止水板 （SUS304）	縦弾性係数 197000MPa ポアソン比　0.3	耐力　205MPa	－
底面・側面水密ゴム （合成ｺﾞﾑ+ ﾗｲﾆﾝｸﾞ貼付け）	単軸引張試験結果	引張強さ　14.7 MPa	0.2
止水板コマ （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4 （金属間の摩擦係数）
支圧板 （超高分子ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ）	縦弾性係数　785MPa ポアソン比　0.3	引張強さ　44MPa	0.2
止水板側ガイド板 （ｱﾙﾐﾆｳﾑ銅合金）	縦弾性係数　110000MPa ポアソン比　0.3	耐力　245MPa	0.4

ｅ．解析モデルに考慮している隙間

止水機構の実機と同じ以下の箇所については，解析モデル上も隙間を考慮し解析を実施する。図５に解析モデル上の隙間を示す。

①側面水密ゴムと側面戸当りの隙間 3mm

②底面水密ゴムと底面戸当りの隙間 3mm

③止水板ガイドと止水板押えの隙間 5mm

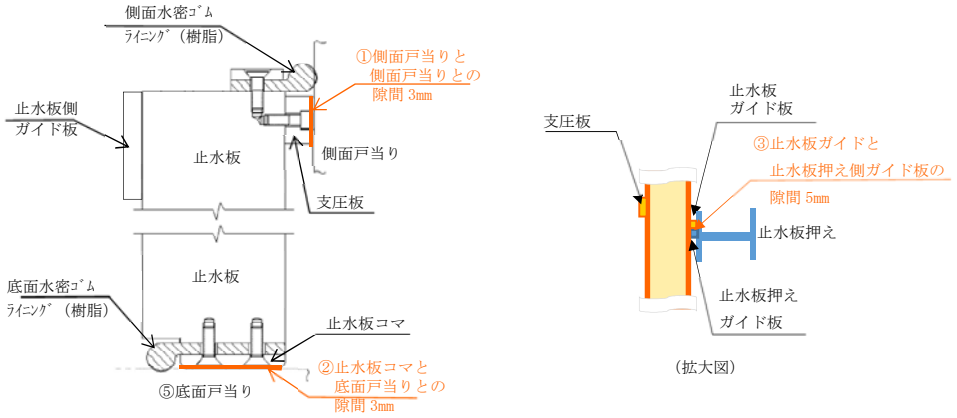


図５　解析モデル上の隙間

f．解析モデルの作成

実機モデルの解析モデルを図 6 に示す。

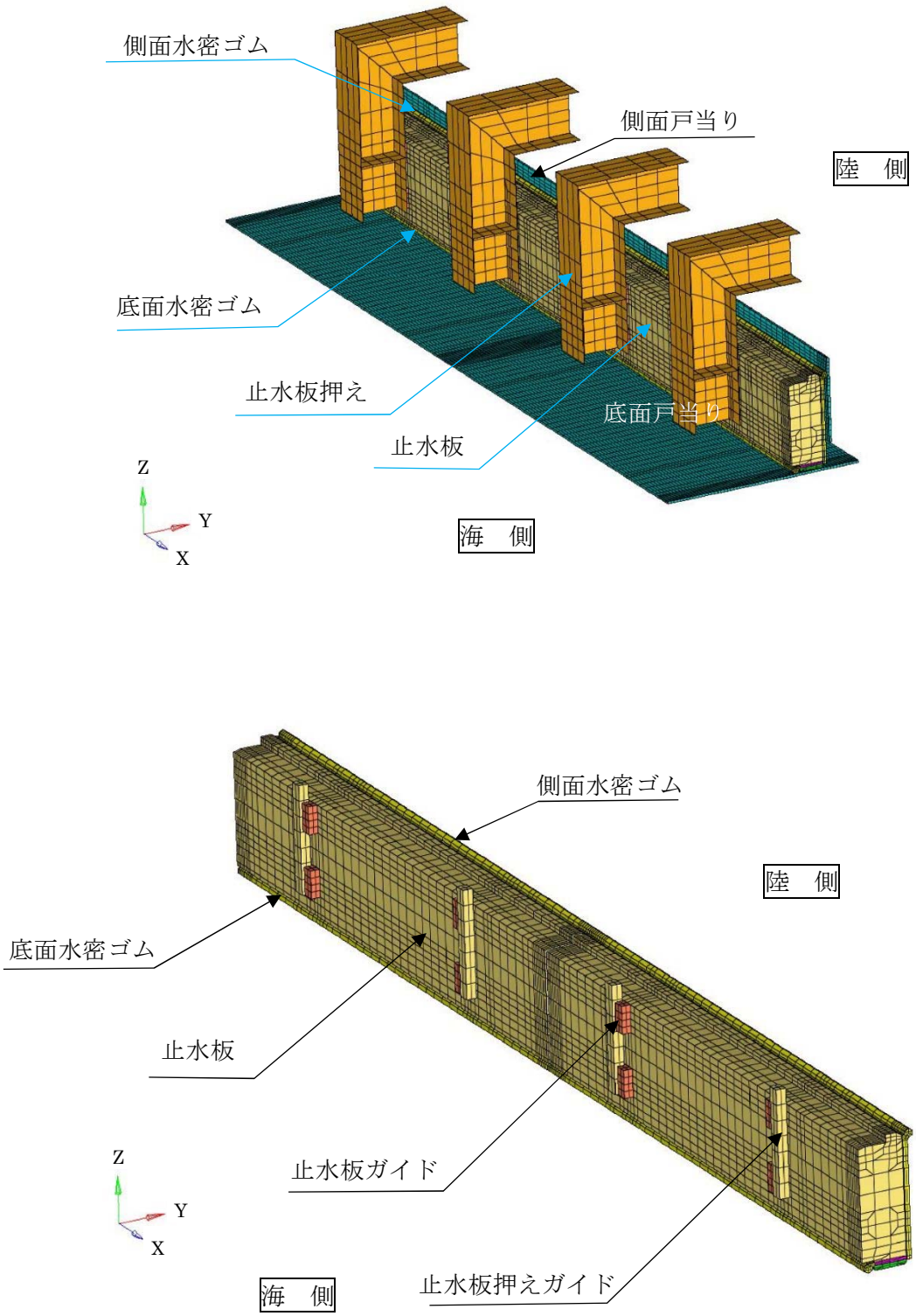


図 6　三次元解析モデル（実機用）(1/2)

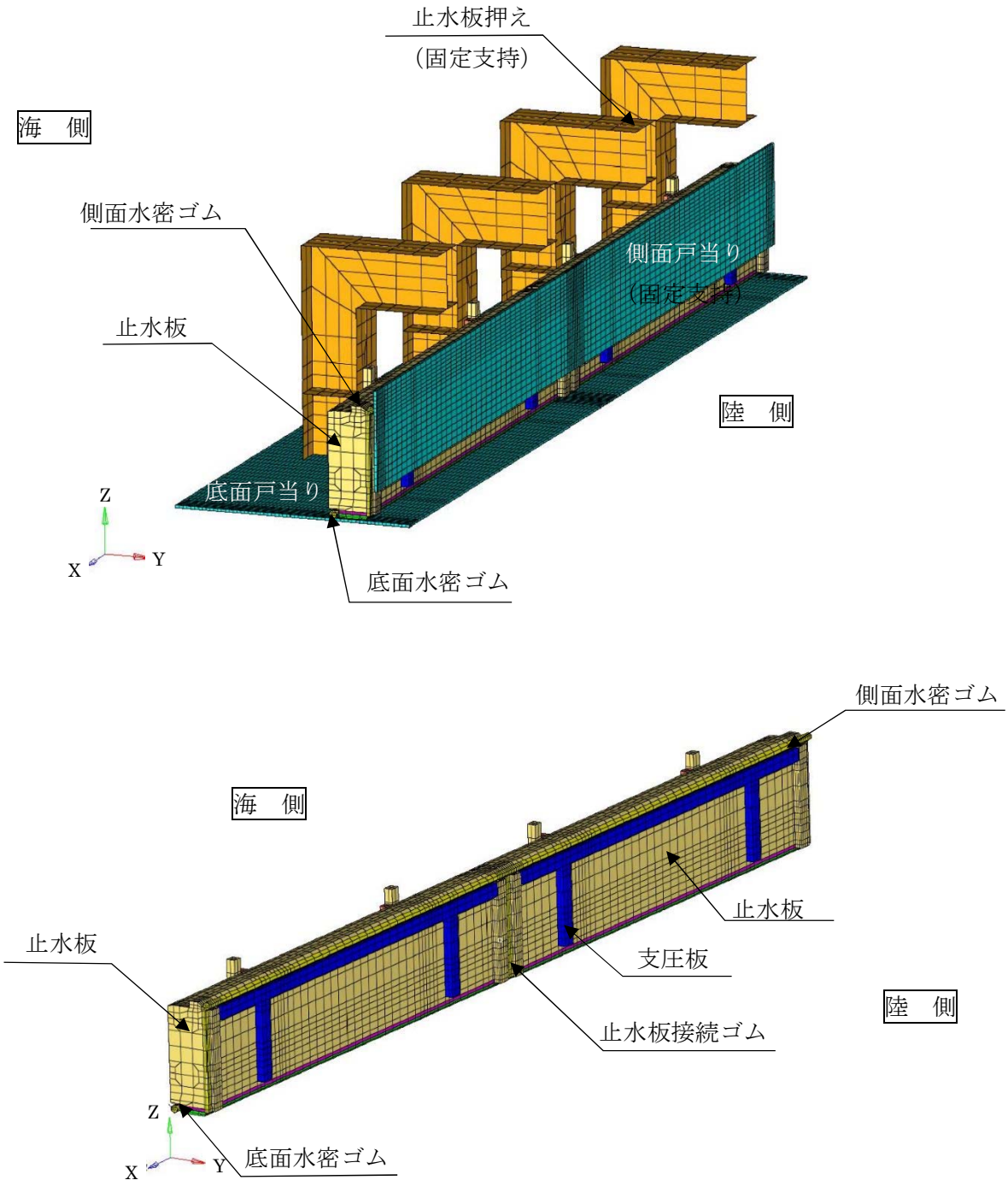


図 6　三次元解析モデル（実機用）(2/2)

（３）三次元動的解析結果

表２に本震時，表３に余震時の三次元動的解析ケースと解析結果を示す。

表２　本震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （X方向（堤軸）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （X包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （Y 方向に X 方向の地震動を入力。方向反転）
②３方向 （Y方向（堤軸直角）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （図７に実証試験解析結果）
③鉛直 （鋼製防護壁包絡波）	－	－	１Ｇ	●	－	鉛直単独
④鉛直 （取水路側包絡波）	－	－	波形 入力	●	●	鉛直単独 （図８に実証試験解析結果）
⑤基準地震動（S_s） （S_s-D1）	－			●	●	３方向同時
⑥基準地震動（S_s）	－			○	○	３方向同時

●：先行実施

○：実証試験結果報告時に報告（5 月下旬）

表３　余震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （Y方向（堤軸直交）包絡波）	１Ｇ	２Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	○	○	３方向同時
②鉛直 （鋼製防護壁波形入力）	－	－	１Ｇ	－	－	鉛直単独
③鉛直 （取水路側波形入力）	－	－	波形 入力	○	○	鉛直単独
④基準地震動（S_d） （S_d-D1）	－			○	○	３方向同時

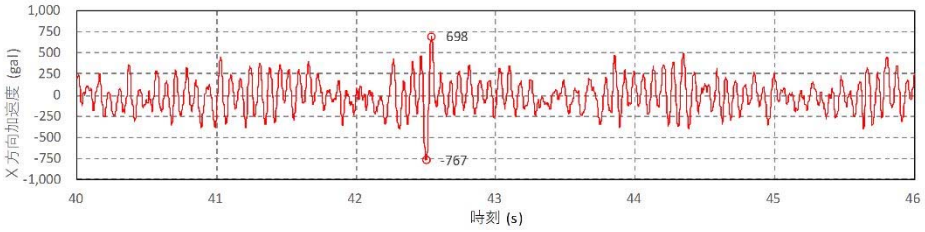
●：先行実施

○：実証試験結果報告時に報告（6 月中旬）

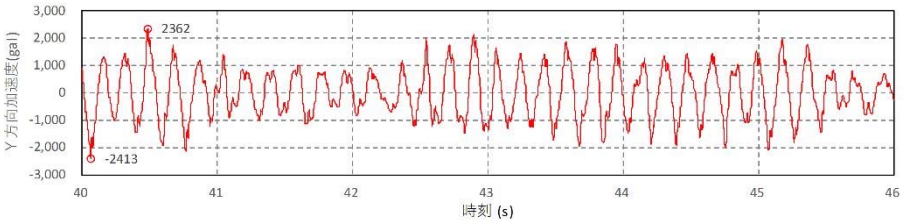
②3 方向（Y 方向（堤軸直角）包絡波）の解析結果

（a）加速度時刻歴

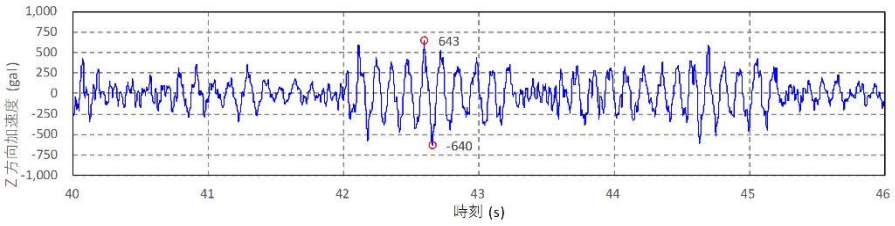
3 軸方向（X，Y，Z）の加速度時刻歴を図 7 に示す。



水平（X 方向）加速度



水平（Y 方向）加速度



鉛直（Z 方向）加速度

図 7　水平＜堤軸直交方向＞（Y 方向包絡波，3 方向同時）の解析結果

（ｂ）実証試験モデルの解析結果

実証試験モデルの解析結果を図８に示す。

浮き上がり量は最大で 0.72㎜（図 8-1）であることを確認した。

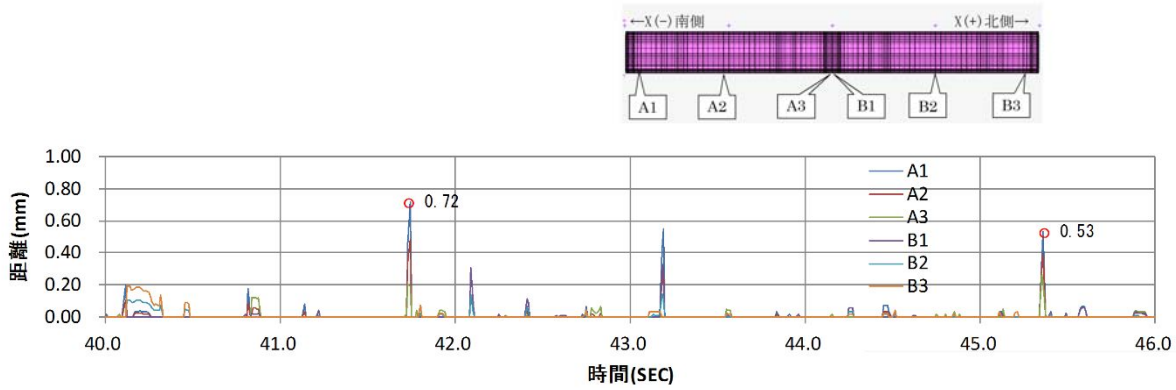


図 8-1　止水板コマと底面戸当りとの距離（浮上り量）

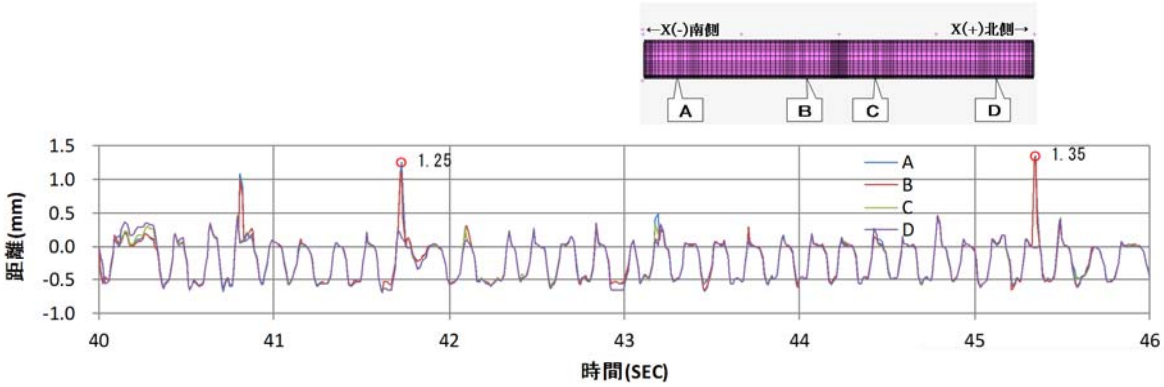


図 8-2　止水板と底面戸当りとの距離（浮上り量）実証試験計測位置

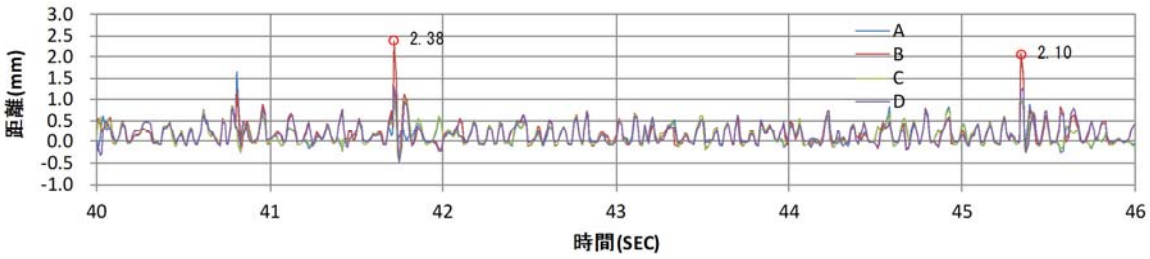


図 8-3　止水板と側面戸当りとの距離

図８　水平＜堤軸直交方向＞（Ｙ方向包絡波，３方向同時）の解析結果

【実証試験モデル】

④鉛直＜取水路波形入力＞（波形入力）の解析結果

（ａ）加速度時刻歴

鉛直方向（Ｚ方向）の加速度時刻歴を図９に示す。

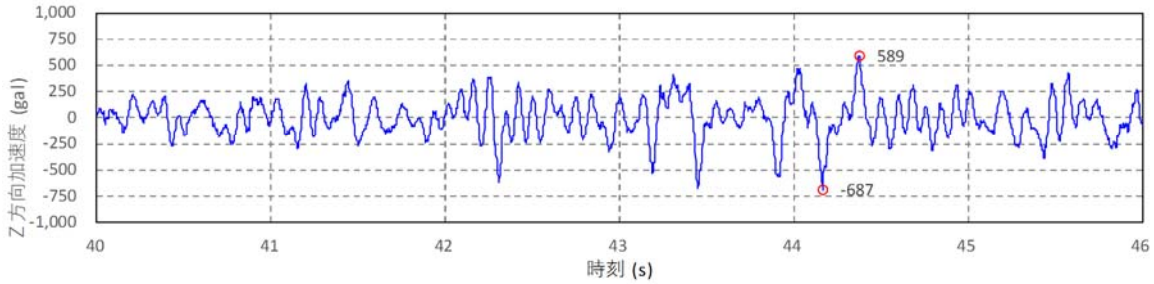


図９　鉛直（取水路波形入力）の加速度応答時刻歴

（b）実証試験モデルの解析結果

実証試験モデルの解析結果を図 10 に示す。

浮き上がり量は最大で 0.08mm（図 10-1）であることを確認した。

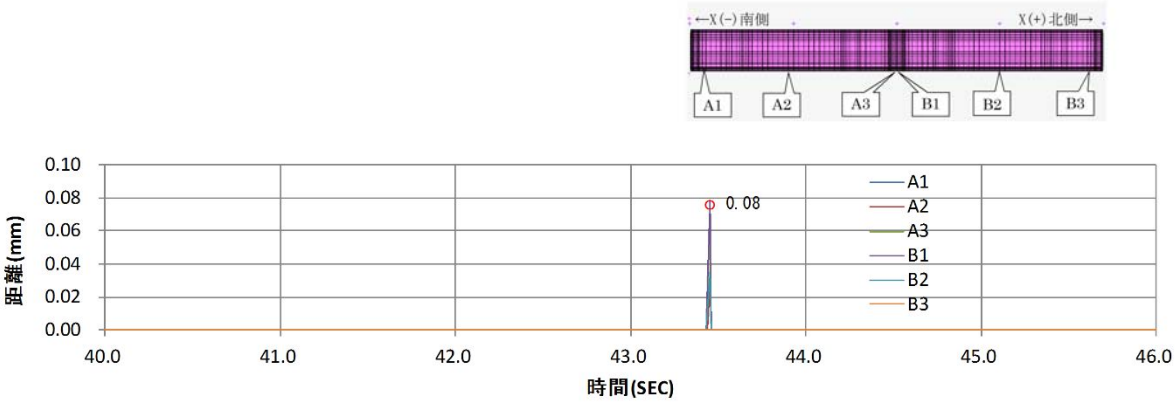


図 10-1　止水板コマと底面戸当りとの距離（浮上り量）

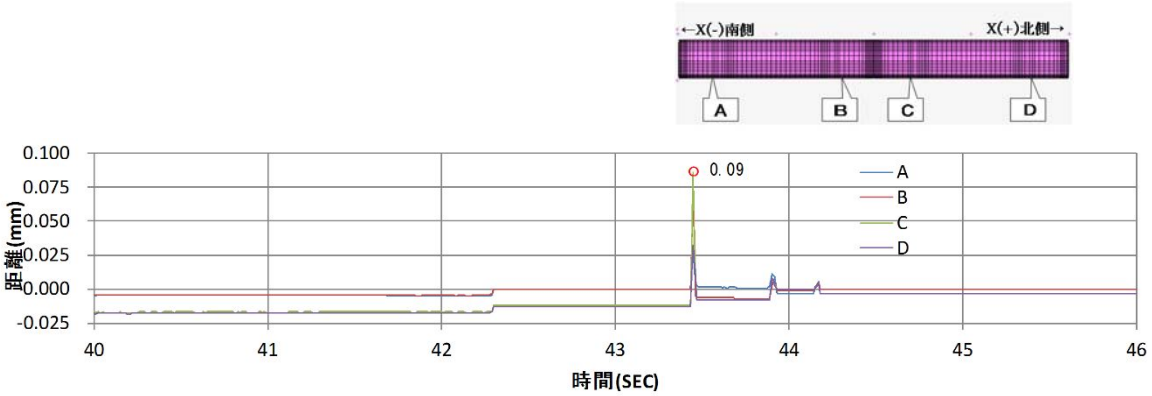


図 10-2　止水板と底面戸当りとの距離（浮上り量）実証試験計測位置

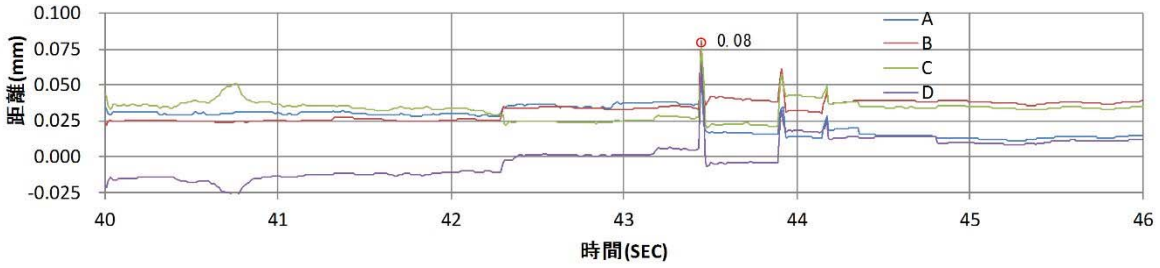


図 10-3　止水板と側面戸当りとの距離

図 10　鉛直（取水路波形入力）の解析結果

【実証試験モデル】

（ｃ）実機モデルの解析結果

実機モデルの解析結果を図 11 に示す。

浮き上がり量は最大で 0.05mm（図 11-1）であることを確認した。

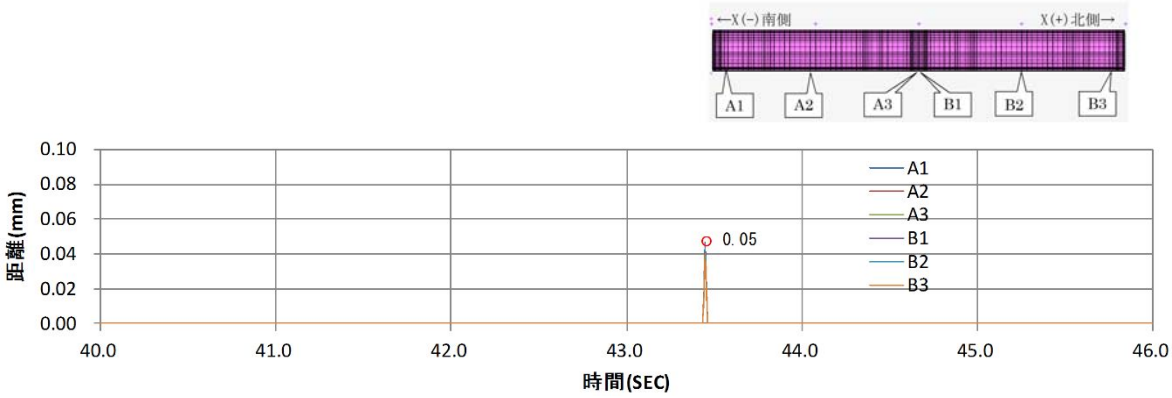


図 11-1　止水板コマと底面戸当りとの距離（浮上り量）

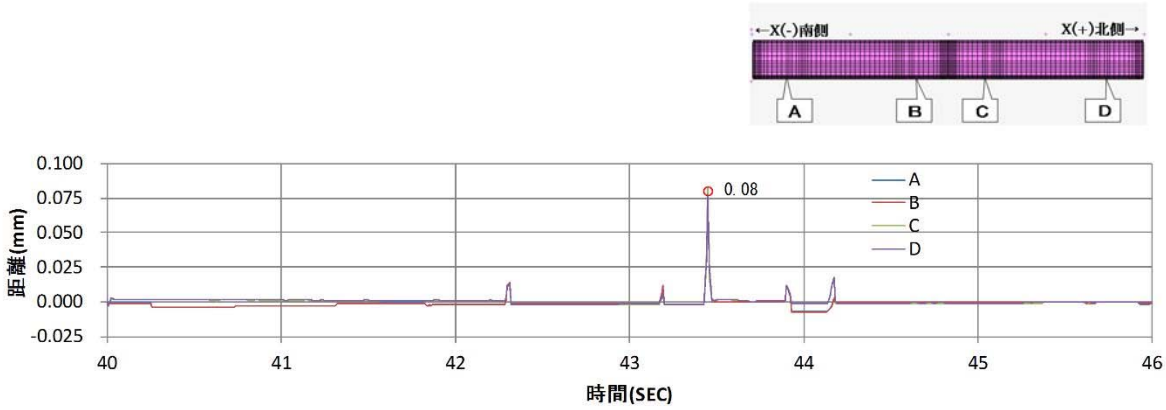


図 11-2　止水板と底面戸当りとの距離（浮き上がり量）実証試験計測位置

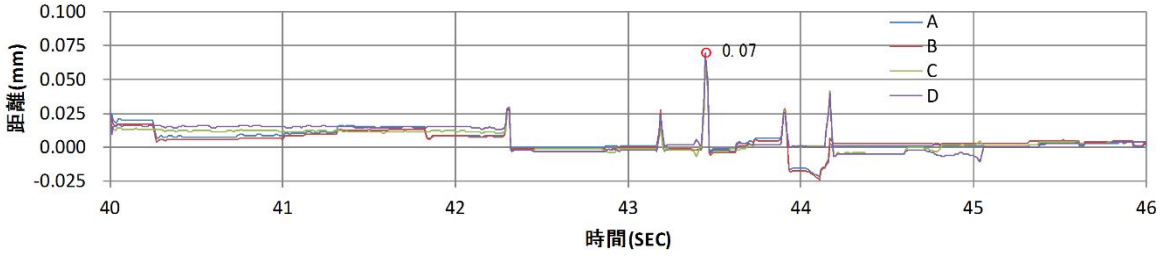


図 11-3　止水板と側面戸当りとの距離

図 11　鉛直（取水路波形入力）の解析結果

【実機モデル】

（ｄ）解析結果の考察（④鉛直＜取水路波形入力＞（波形入力））

実証試験モデル（図 10）と実機モデル（図 11）との解析結果を比較すると，止水板の浮き上がりの挙動やタイミング，距離はほぼ同じ結果が得られ，実証試験モデルは実機モデルに近い信頼性の高い結果が得られた。

しかしながら，実証試験モデルの解析結果においては，「止水板と底面戸当りとの距離」「止水板と側面戸当りとの距離」の解析結果に 0.05㎜程度の僅かなばらつきがみられた。

僅かなばらつきの要因として，実機モデルの場合は側面戸当り，止水板押えの固定端は固定支持であるのに対し，実証試験モデルの場合は，全て門型の架構により支持されている事が要因と考えられる。

6.1.3.4　実証試験に用いる地震動の作成，実証試験及び三次元動的解析のケースについて

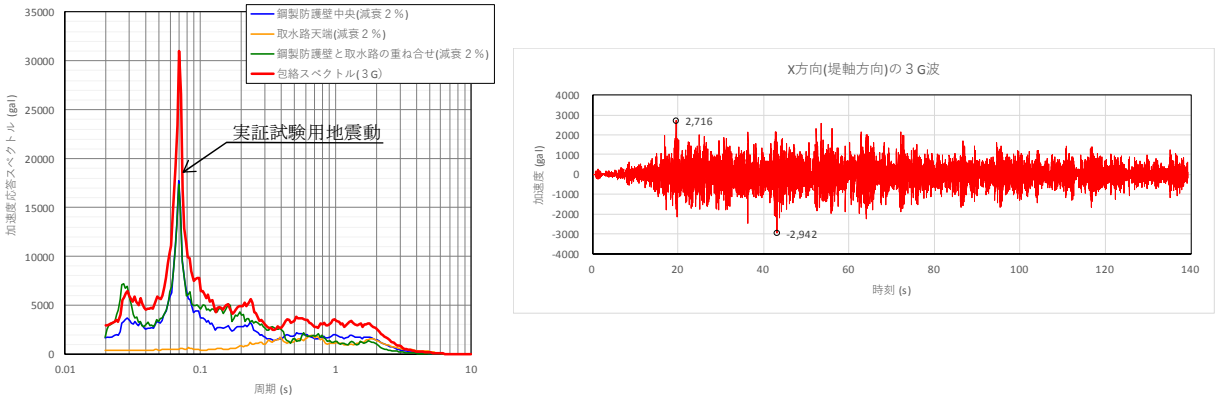
１．本震

(1)本震時における実証試験用地震動の加速度応答スペクトルと時刻歴波形

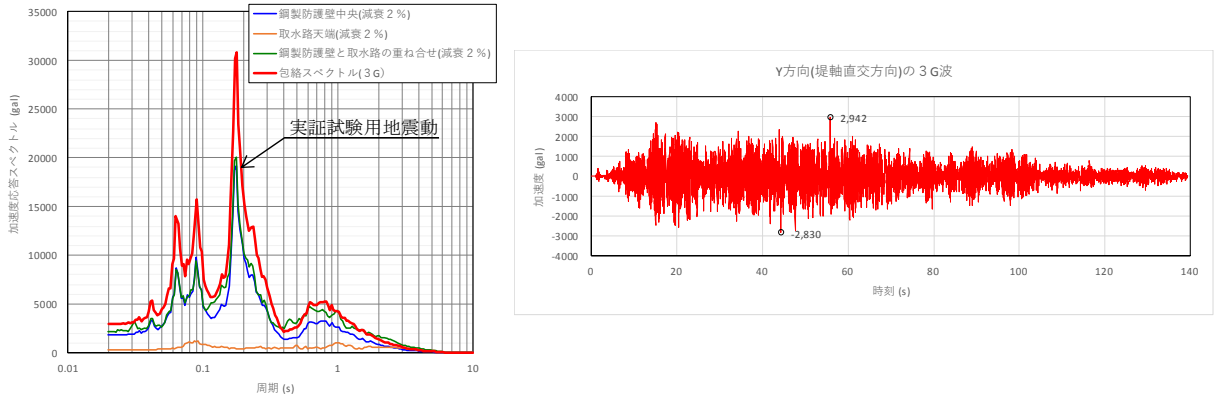
ＸＹ方向の水平加振については，振動台の能力(3G)の範囲で包絡波を作成した。

Ｚ方向の鉛直加振については，振動台の能力(1G)を超えるため，実証試験において振動台の鉛直性能の最大の 1G の加振により実施する。

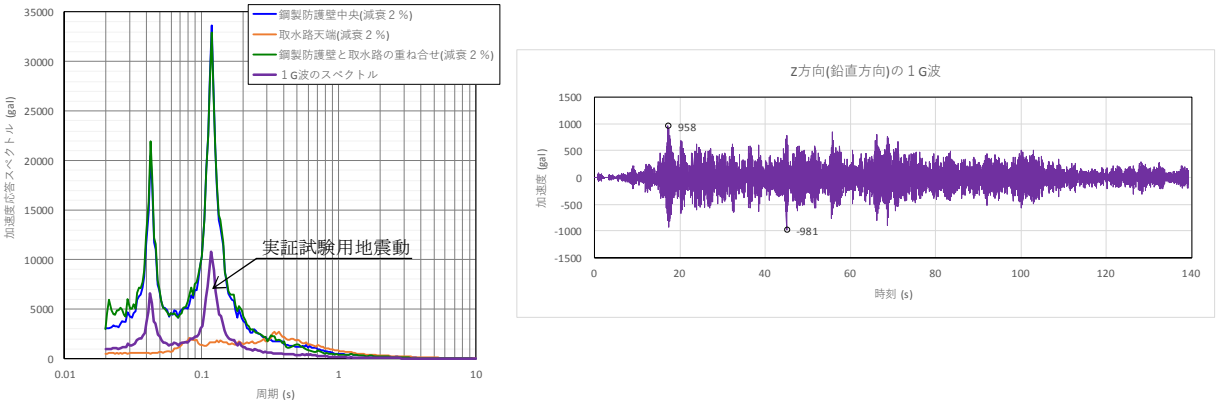
図１に三方向(Ｘ，Ｙ，Ｚ)の実証試験用地震動の加速度応答スペクトルと加速度時刻歴を示す。



加速度応答スペクトルと時刻歴波形（Ｘ方向（ＮＳ））



加速度応答スペクトルと時刻歴波形（Ｙ方向（ＥＷ））



加速度応答スペクトルと時刻歴波形（Ｚ方向）

図１　三方向（Ｘ，Ｙ，Ｚ）の実証試験用地震動の加速度応答スペクトルと加速度時刻歴

(2)本震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

本震時における実証試験のケースと検証に用いる三次元動的解析の実施ケースを表１に示す。

実証試験実施前に実施する項目は，実証試験に合わせた三次元動的解析を実施し，実証試験結果の報告時には，実機モデルでの三次元動的解析を実施し止水板の挙動を検証する。

a．水平方向（X，Y）

水平方向の加振は，Y方向（EW）の包絡波で加振（②）を行う。X方向（NS）については振動台の能力(1G)が上限であることから，Y方向（EW）にX方向（NS）の包絡波を入力し方向を反転させた加振（①）を行なうことで止水板の挙動を確認する。

b．鉛直方向（Z方向）

鉛直方向による加振試験については，実証試験による振動台の能力(1G)が上限であることから，鉛直方向の上限（1G）を考慮したケース(①,②)にて実証試験を行い，止水板の挙動を確認する。

また，データ拡充の観点から鋼製防護壁の波形と取水路の波形を与えたケース(③,④)も実施し，止水板の挙動を確認する。

表１　本震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （X方向（堤軸）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （X包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （Y方向にX方向の地震動を入力。方向反転）
②３方向 （Y方向（堤軸直角）包絡波）	１Ｇ	３Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	●	○	３方向同時 （図７に実証試験用入力地震動）
③鉛直 （鋼製防護壁包絡波）	－	－	１Ｇ	●	－	鉛直単独
④鉛直 （取水路側包絡波）	－	－	波形 入力	●	●	鉛直単独 （図８に実証試験用入力地震動）
⑤基準地震動（S_s） （S_s-D1）	－			●	●	３方向同時
⑥基準地震動（S_s）	－			○	○	３方向同時

●：先行実施

○：実証試験結果報告時に報告（5月下旬）

2. 余震

(3) 余震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

余震時における実証試験のケースと検証に用いる三次元動的解析の実施ケースを表 2 に示す。

表 2　余震時の実証試験ケースと三次元動的解析のケース

	実証試験のケース			三次元動的解析ケース		備　考
	X	Y	Z	実証試験	実機	
①３方向 （Y方向（堤軸直交）包絡波）	１Ｇ	２Ｇ （Y包絡波）	１Ｇ	○	○	３方向同時
②鉛直 （鋼製防護壁波形入力）	－	－	１Ｇ	－	－	鉛直単独
③鉛直 （取水路側波形入力）	－	－	波形 入力	○	○	鉛直単独
④基準地震動（S_d） （S_d-D1）	－			○	○	３方向同時

●：先行実施

○：実証試験結果報告時に報告（6 月中旬）

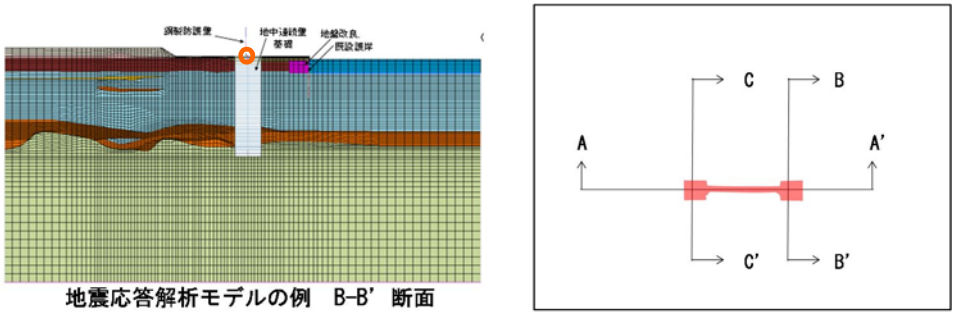
(3) 実証試験用地震動の作成について

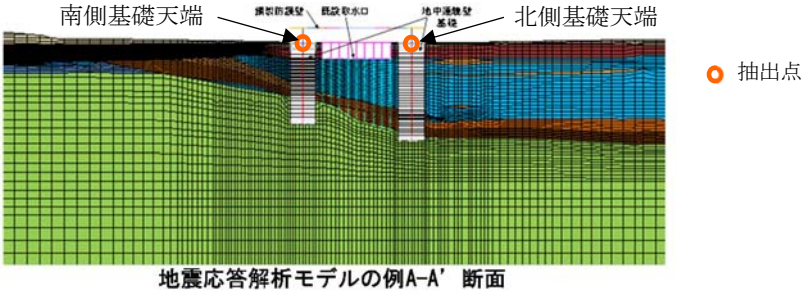
◆X方向（堤軸）の実証試験用地震動の作成

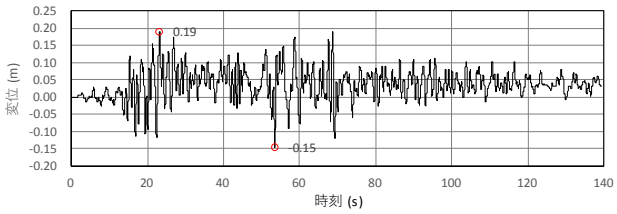
作成方法は，6.1.3-13 頁に示す。

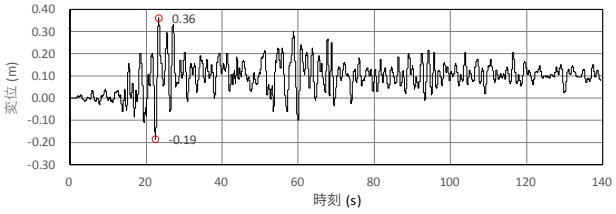
◆Y方向（堤軸直角）の実証試験用地震動の作成

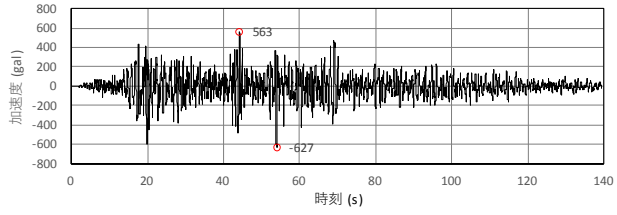
a． 二次元有効応力解析による鋼製防護壁基礎天端の応答時刻歴を算出する。（図 2 参照）

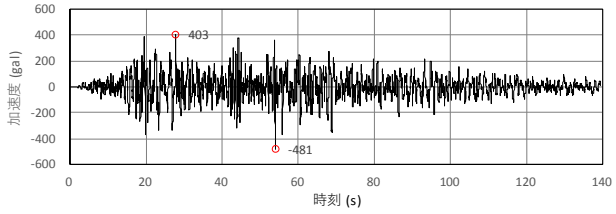












南側基礎天端(C-C’断面)　　北側基礎天端(B-B’断面)

図 2　鋼製防護壁基礎の二次元有効応力解析による応答時刻歴

（堤軸直交方向；B-B’及び C-C’断面）

b．鋼製防護壁の三次元フレームモデルの基礎との接続部に前頁の a. に示す変位時刻歴を入力した動的解析を行い，止水機構位置の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 3 参照）

◎ 入力する変位時刻歴には組合せ係数法を考慮し，下記の 2 ケースを実施する。

堤軸方向(X)着目ケース：X1.0, Y0.4, Z1.0
堤軸直交方向(Y)着目ケース：X0.4, Y1.0, Z1.0

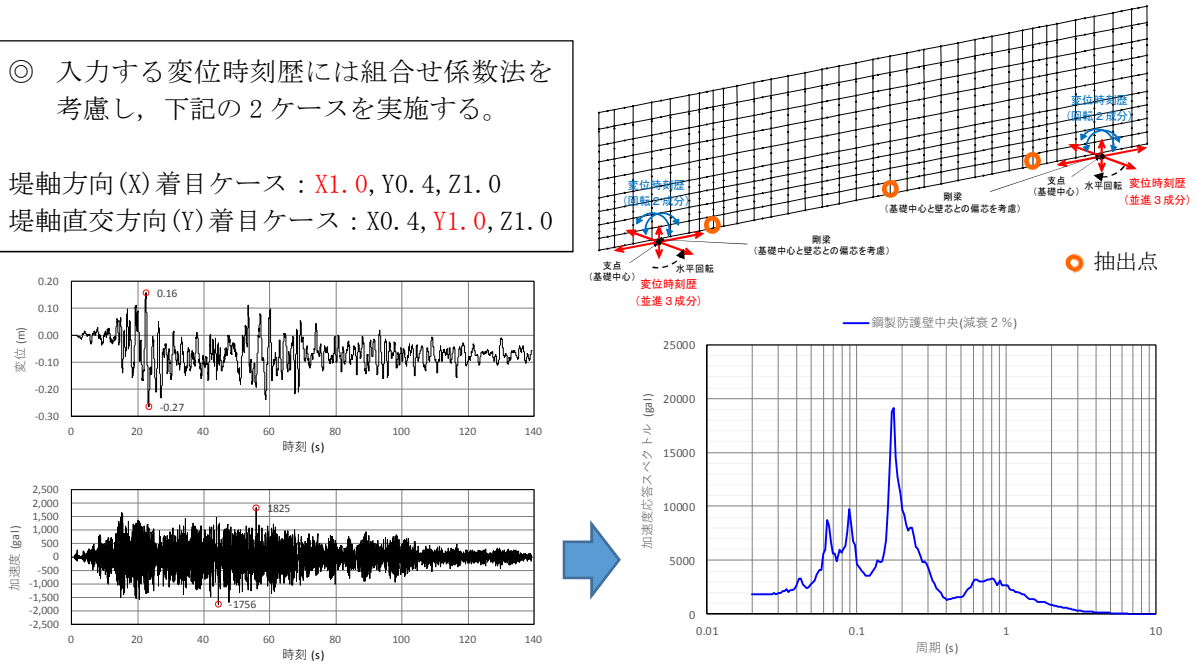


図 3 鋼製防護壁の三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴と応答スペクトル（堤軸直交方向）

c．二次元有効応力解析による取水路天端の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 4 参照）

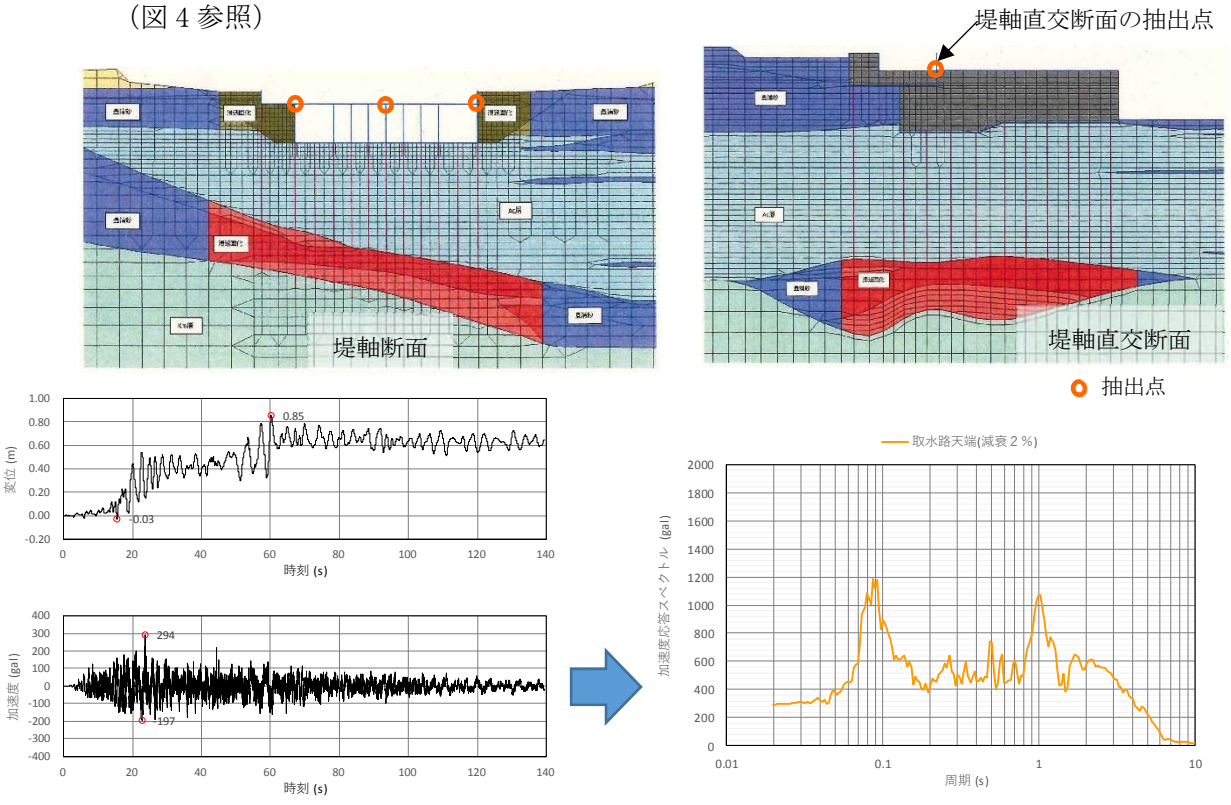
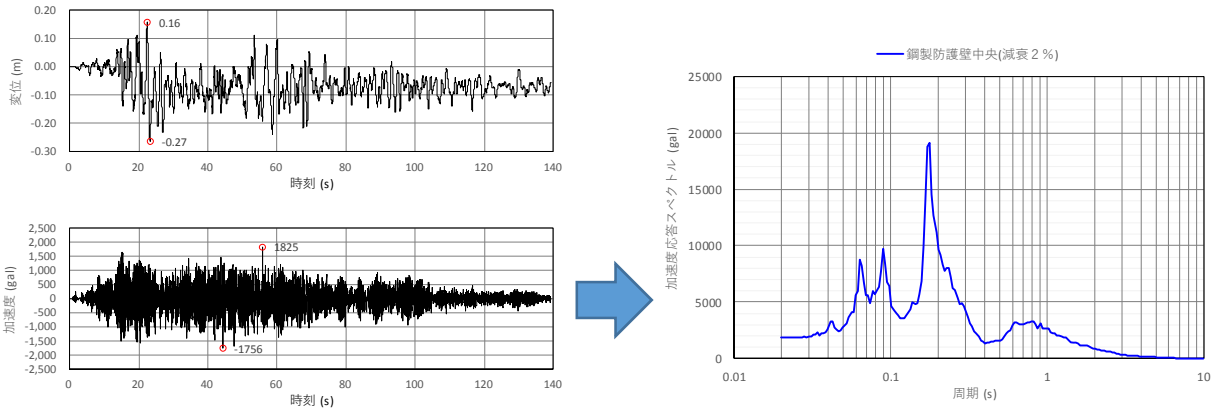


図 4 既設取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴と応答スペクトル(堤軸直交方向)

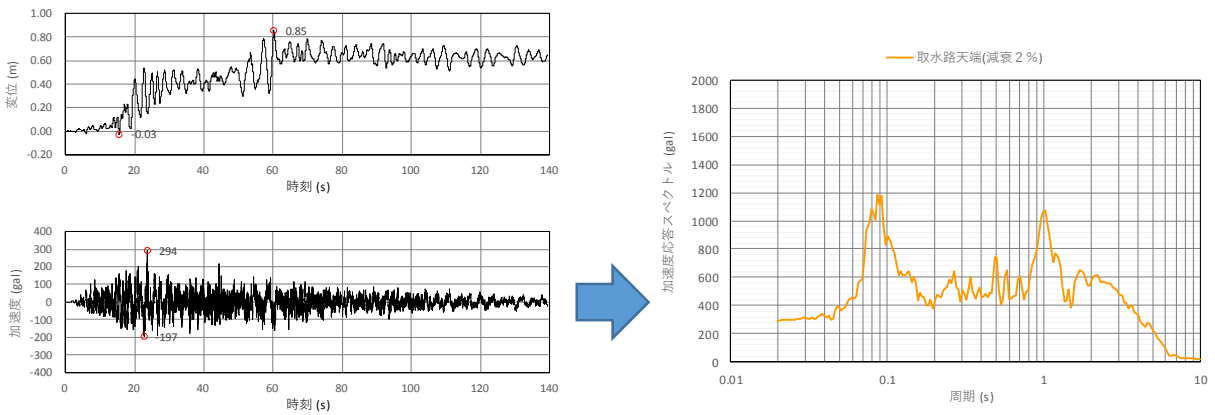
d．b 項，c 項で求めた応答時刻歴を重ね合わせ，鋼製防護壁と取水路の相対的な応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 5 参照）

b 項で算出した鋼製防護壁三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴及び応答スペクトル（堤軸直交方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

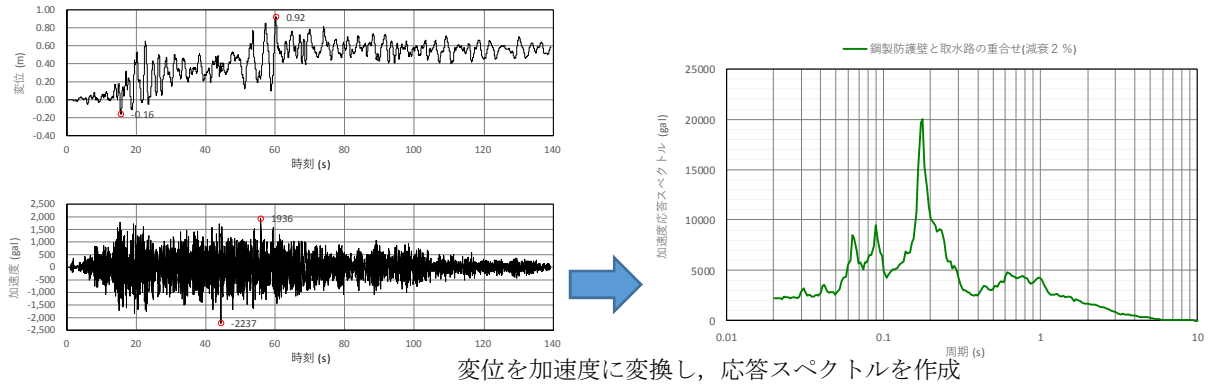
c 項で算出した取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴及び応答スペクトル（堤軸直交方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

鋼製防護壁（b 項）と取水路（c 項）の応答時刻歴及び応答スペクトルの重ね合わせ（堤軸直交方向）

b）項と c）項の応答時刻歴の重ね合わせ



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

図 5　鋼製防護壁と取水路を重ね合わせた応答スペクトルの作成

e．b 項，c 項と d 項にて算出した応答スペクトルを比較し，加速度応答スペクトルの包絡波を作成し実証試験用地震動として振動台に入力する。（図 6）

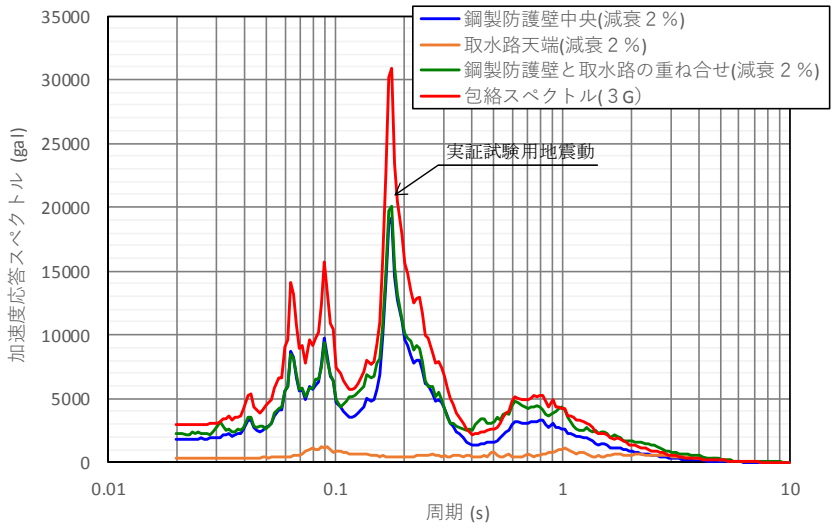
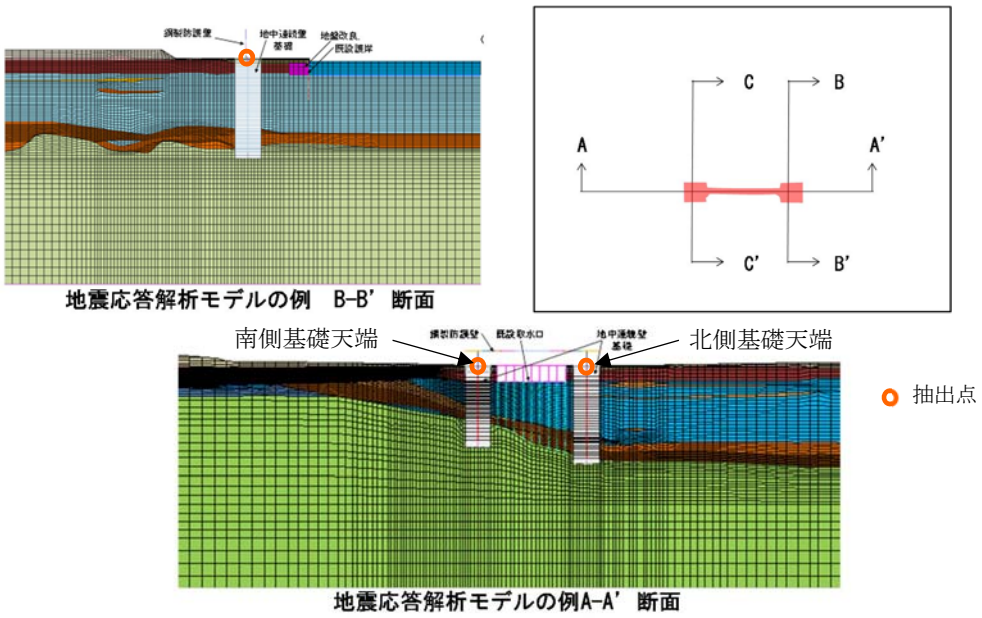
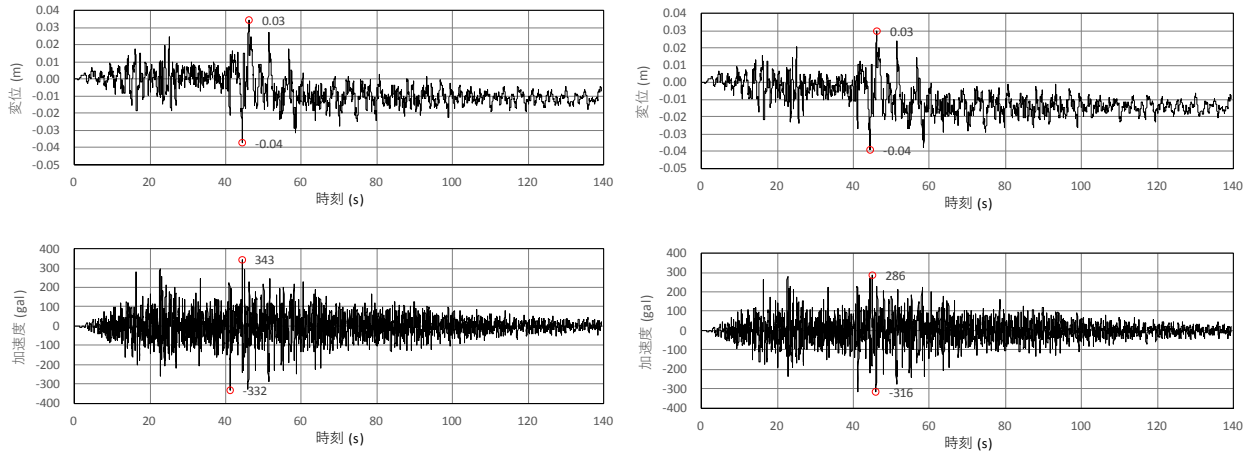


図 6　応答スペクトルの包絡波の作成（堤軸直交方向）

◆Z 方向(鉛直方向)の実証試験用地震動の作成方法

ａ． 二次元有効応力解析による鋼製防護壁基礎天端の応答時刻歴を算出する。(図 7 参照)





南側基礎天端(C-C’断面)　　北側基礎天端(B-B’断面)

図 7　鋼製防護壁基礎の二次元有効応力解析による応答時刻歴（鉛直方向）

b．鋼製防護壁の三次元フレームモデルの基礎との接続部に前頁の a. に示す変位時刻歴を入力した動的解析を行い，止水機構位置の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 8 参照）

◎ 入力する変位時刻歴には組合せ係数法を考慮し，下記の 2 ケースを実施する。

堤軸方向(X)着目ケース：X1.0, Y0.4, Z1.0
堤軸直交方向(Y)着目ケース：X0.4, Y1.0, Z1.0

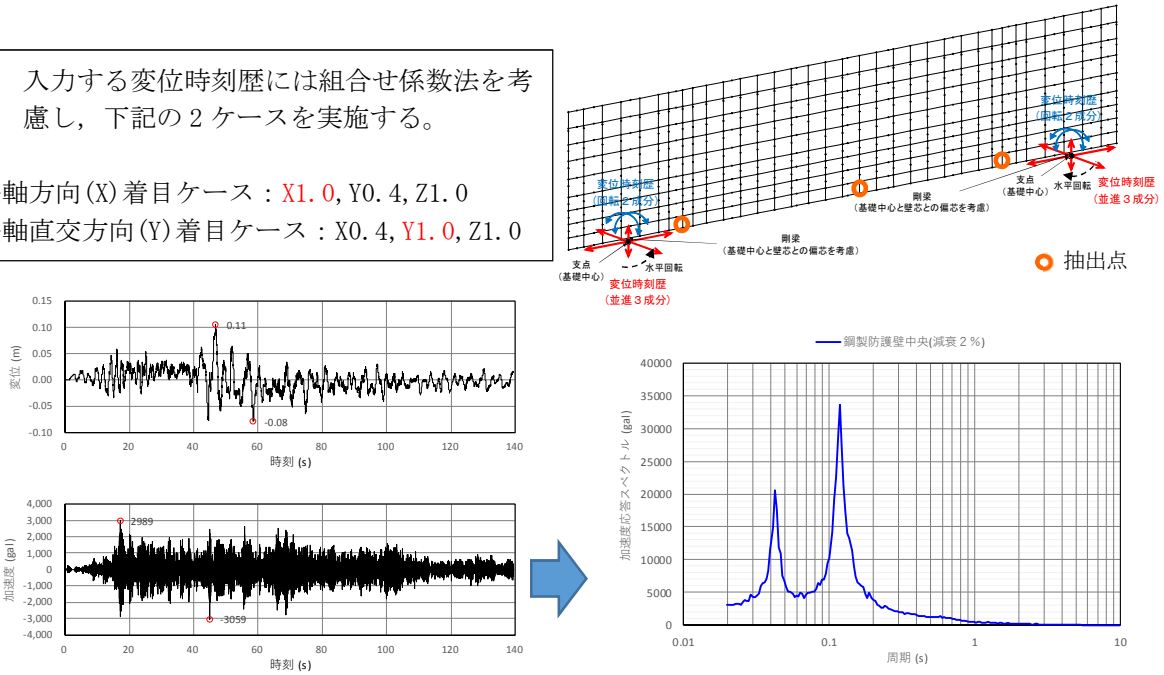


図 8 鋼製防護壁の三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴と応答スペクトル(鉛直方向)

c．二次元有効応力解析による取水路天端の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 9 参照）

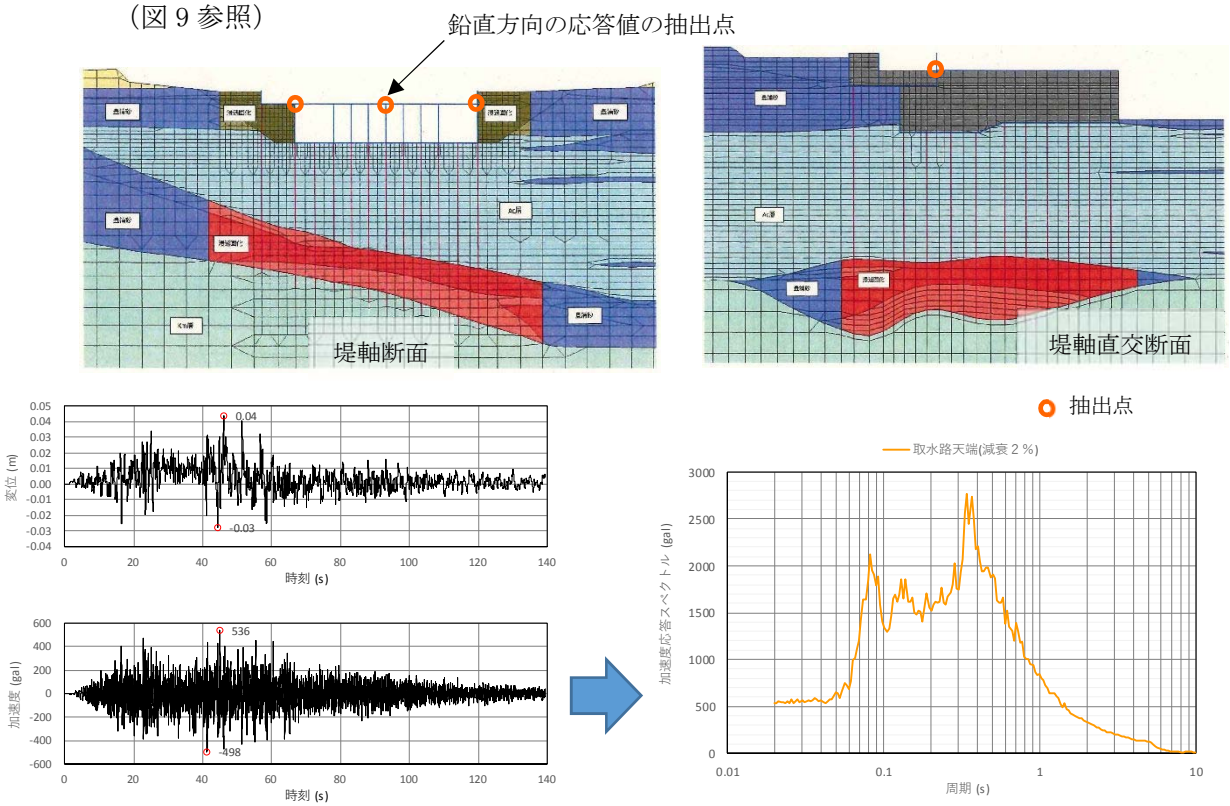
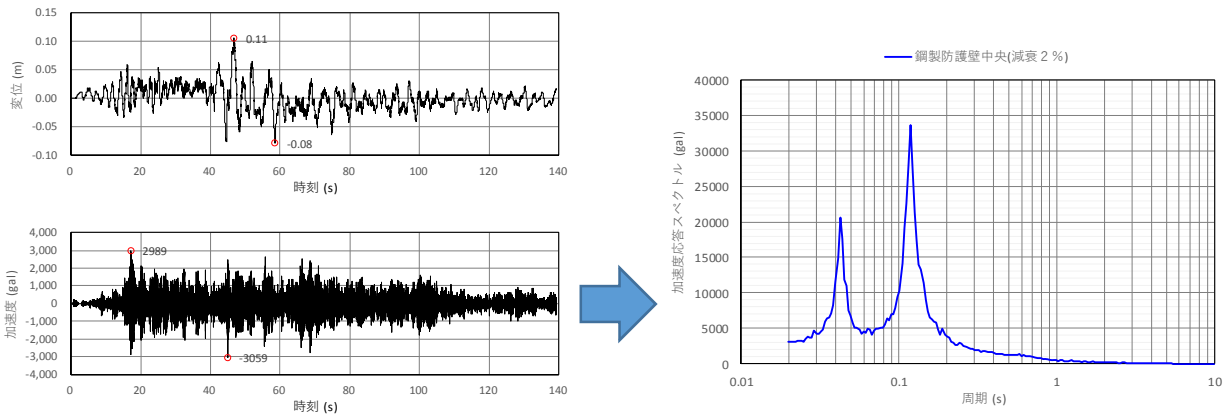


図 9 既設取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴と応答スペクトル(鉛直方向)

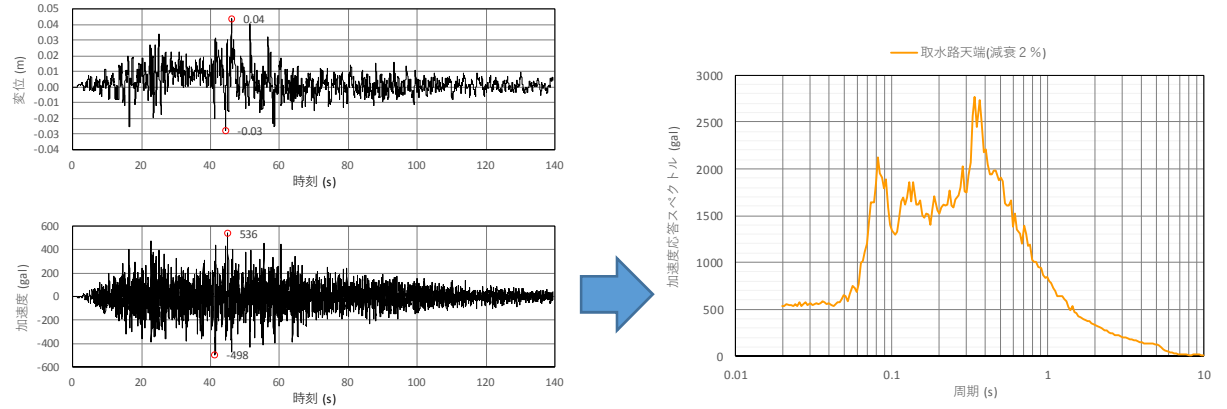
d．b 項，c 項で求めた応答時刻歴を重ね合わせ，鋼製防護壁と取水路の相対的な応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。（図 10 参照）

b 項で算出した鋼製防護壁三次元フレーム解析による中央部の応答時刻歴及び応答スペクトル（鉛直方向）



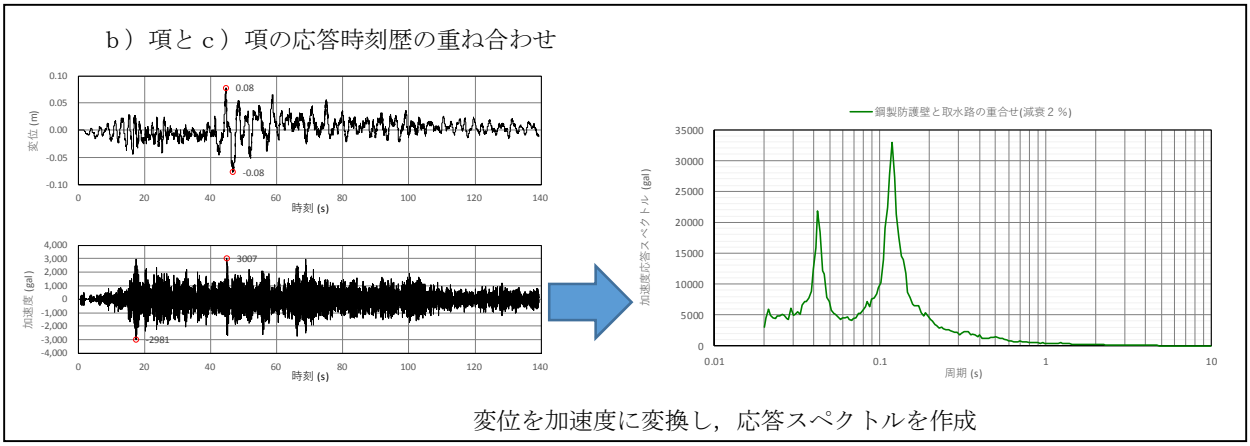
変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

c 項で算出した取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴及び応答スペクトル（鉛直方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

鋼製防護壁（b 項）と取水路（c 項）の応答時刻歴及び応答スペクトルの重ね合わせ（鉛直方向）



変位を加速度に変換し，応答スペクトルを作成

図 10　鋼製防護壁と取水路を重ね合わせた応答スペクトルの作成

e．b 項，c 項と d 項にて算出した応答スペクトルを比較し，加速度応答スペクトルの包絡波を作成し実証試験用地震動として振動台に入力する（図 11）。

鉛直による加振試験については，実証試験による加振は 1G が振動台の能力の上限であることから，鉛直の上限（1G）によるケースを考慮し実証試験を行う。なお，三次元動的解析においては，基準地震動（S_s）を包絡波した実証試験用地震動にて解析を実施し挙動を確認する。

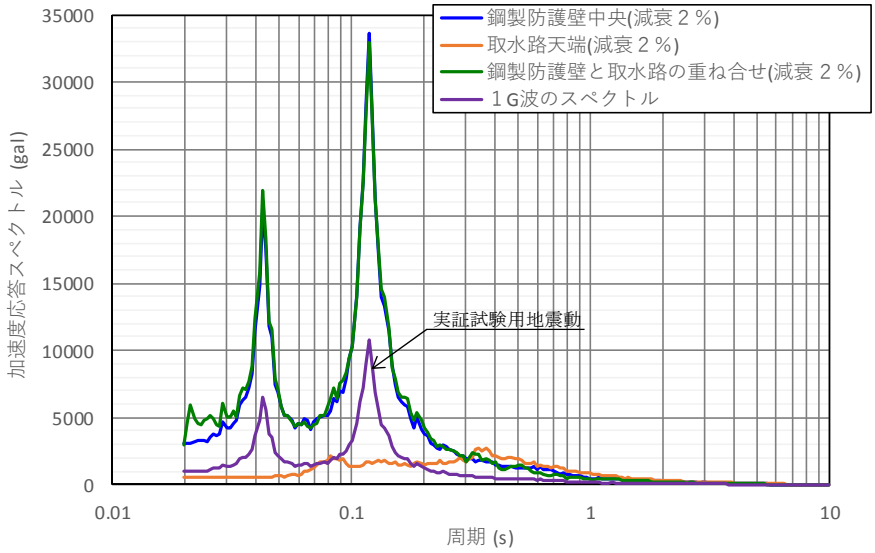


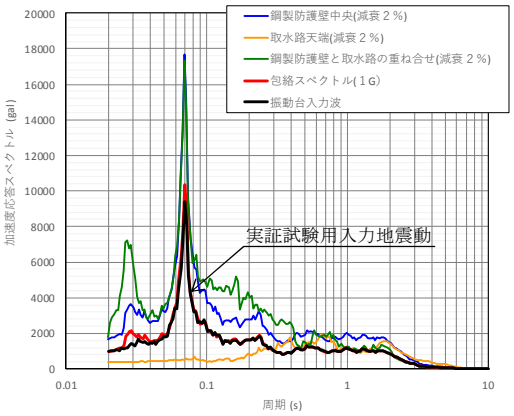
図 11　応答スペクトルの包絡波の作成(鉛直方向)

（４）実証試験用入力地震動

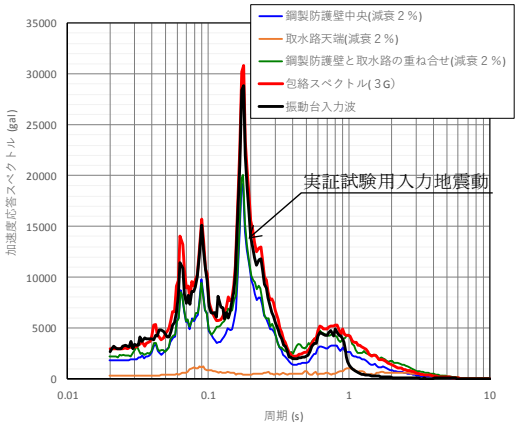
実証試験用入力地震動は，変位量に対する振動台性能の制限内に地震動を収めることを目的として，実証試験用地震動にハイパスフィルター（HPF）を掛け，長周期成分をカットした地震動である。

実証試験に用いる振動台へ入力する入力波形を示す。

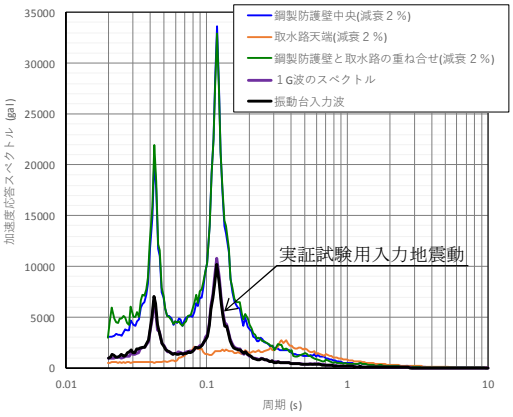
図 12 の入力加速度が最大 3G であるＹ方向（EW）の加速度応答スペクトル図から周期 1sec 付近で HPF が掛かっていることが読み取れるが，最大加速度レベルは実証試験用地震動とほぼ同一レベルであることを確認した。



加速度応答スペクトルＸ方向（NS）



加速度応答スペクトルＹ方向（EW）



加速度応答スペクトルＺ方向

図 12　本震による三方向（Ｘ，Ｙ，Ｚ）の実証試験用入力地震動の加速度応答スペクトル

◆鉛直（取水路側包絡波）の実証試験用地震動の作成

鉛直（取水路側包絡波）における実証試験に用いる振動台へ入力する入力波形の策定の考え方を図 13～図 15 に示す。

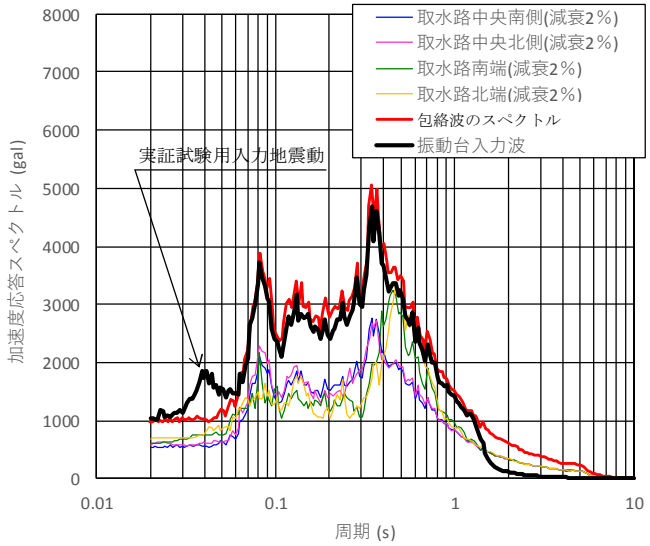


図 13　取水路上面の加速度応答スペクトル(包絡波は取水路中央南側の 1.83 倍

※入力地震動は Ss-D1 -H-V

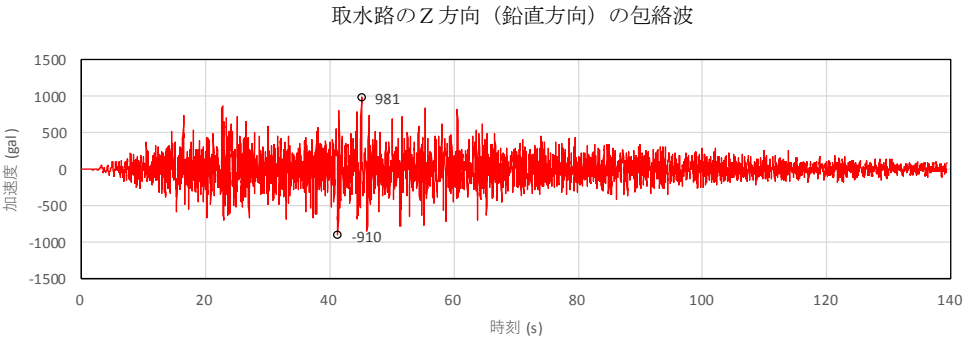


図 14　取水路の鉛直方向の包絡波の加速度時刻歴(包絡波は取水路中央南側の 1.83 倍)

取水路中央南側の応答加速度時刻歴を 1.83 倍して取水路の鉛直方向の包絡波を作成

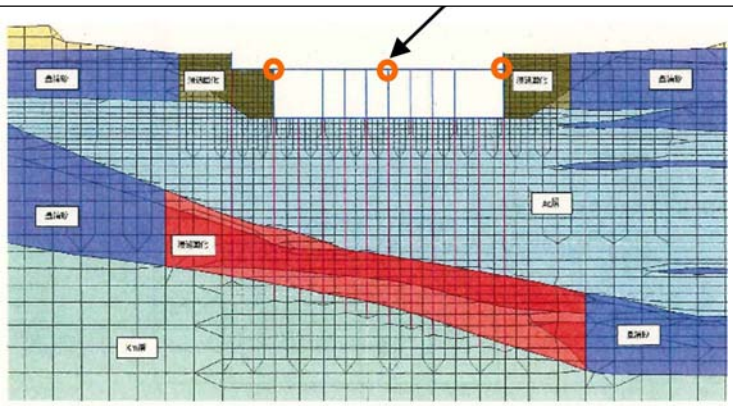


図 15　加速度応答スペクトルの算出位置