

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-14 改27
提出年月日	平成29年11月27日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

平成29年11月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第4条：地震による損傷の防止

目 次

第1部

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性

下線部：今回提出資料

(1) 位置，構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.3 気象等

1.4 設備等

1.5 手順等

第2部

1. 耐震設計の基本方針

1.1 基本方針

1.2 適用規格

2. 耐震設計上の重要度分類

2.1 重要度分類の基本方針

2.2 耐震重要度分類

3. 設計用地震力

3.1 地震力の算定法

3.2 設計用地震力

4. 荷重の組合せと許容限界

4.1 基本方針

5. 地震応答解析の方針

5.1 建物・構築物

5.2 機器・配管系

5.3 屋外重要土木構造物

5.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備 又は津波監視設備が設置された建物・構築物

6. 設計用減衰定数

7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響

8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針

9. 構造計画と配置計画

(別 添)

- 別添 - 1 設計用地震力
- 別添 - 2 動的機能維持の評価
- 別添 - 3 弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価
- 別添 - 4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別添 - 5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
- 別添 - 6 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添 - 7 主要建屋の構造概要について
- 別添 - 8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

(別 紙)

- 別紙 - 1 既工認との手法の相違点の整理について（設置変更許可申請段階での整理）
- 別紙 - 2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- 別紙 - 3 原子炉建屋屋根トラス評価モデルへの弾塑性解析適用について
- 別紙 - 4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 別紙 - 5 機器・配管系における手法の変更点について
- 別紙 - 6 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙 - 7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙 - 8 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について
- 別紙 - 9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について
- 別紙 - 10 液状化影響の検討方針について
- 別紙 - 11 屋外二重管の基礎構造の設計方針について
- 別紙 - 12 既設設備に対する耐震補強等について
- 別紙 - 13 動的機能維持評価の検討方針について

(つづき)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備(注1)		補助設備(注2)		直接支持構造物(注3)		間接支持構造物(注4)		波及的影響を 考慮すべき施設(注5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス
Sクラス	() 原子炉冷却材圧力バウダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設	原子炉格納容器 原子炉格納容器バウダリに属する配管・弁	S S	隔離弁を閉とす ために必要な電気計 装設備	S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	原子炉建屋	S _s	原子炉ウエル用遮 蔽ブロッック タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他	S _s S _s S _s S _s
		残留熱除去系(格納 容器スプレッド冷却主 機)運転に必要な設 備) 可燃性ガス濃度制御 系 原子炉建屋原子炉棟 非常用ガス再循環系 原子炉格納容器圧力 低減装置(ダイヤフ ラムフロア、ベント 管) 冷却水源としてのサ プレッション・プー ル	S S S S S S S	残留熱除去系海水 非常用電源及び計 装設備(非常用ダイ セル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む) 当該施設の機能維 持に必要な空調設備	S S S S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	原子炉建屋 原子炉本体の基礎 (注7) 海水ポンプ基礎等の構 造物 排気筒 ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	S _s S _s S _s S _s	タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他	S _s S _s S _s S _s
Sクラス	() 津波防護機能を 有する設備及び浸 水防止機能を有す る設備	防潮堤 防潮扉 放水路ゲート 構内排水路逆流防止 設備 貯留堰 浸水防止蓋 貫通部止水処置	S S S S S S S	非常用電源及び計 装設備(非常用ダイ セル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)	S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	原子炉建屋 当該の屋外設備を支 持する構造物 ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	S _s S _s S _s	タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他	S _s S _s S _s
		取水ピット水位計 潮位計 津波・構内監視カメラ	S S S	非常用電源及び計 装設備(非常用ダイ セル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)	S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	原子炉建屋 当該の屋外設備を支 持する構造物 ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	S _s S _s S _s	タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他	S _s S _s S _s
Sクラス	() その他	ほう酸水注入系 (注8)	S	非常用電源及び計 装設備(非常用ダイ セル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)	S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	原子炉建屋 原子炉本体の基礎 ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	S _s S _s S _s	タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他	S _s S _s S _s
		圧力容器内部構造物 (注9)	S		S	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物 原子炉圧力容器	S		S _s S _s S _s		

(つづき)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備(注1)		補助設備(注2)		直接支持構造物(注3)		間接支持構造物(注4)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Bクラス	() 原子炉冷却材圧力 ハウンドリに直接接 続されていて、一次 冷却材を内蔵してい るか又は内蔵し得る 施設 () 放射性廃棄物を内 蔵している施設(た だし、内蔵量が少な い又は貯蔵方式によ り、その破損による 公衆に与える放射線 の影響が周辺監視区 域外における年間の 線量限度に比べ十分 小さいものは除く) () 放射性廃棄物以外 の放射性物質に関 連した施設で、そ の破損により、公 衆及び従事者に過 大な放射線被ばく を与える可能性の ある施設	<ul style="list-style-type: none"> 主蒸気系(外側主蒸気 隔離弁より主塞止弁ま で) 主蒸気逃がし安全弁排 気管 主蒸気系及び給水系 原子炉冷却材浄化系 放射性廃棄物処理施設 (Cクラスに属するも のは除く) 	B (注10)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管等の支持構造 物 	B	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋(外側主蒸 気隔離弁より主塞止弁ま での配管・弁を支持する 部分) 原子炉建屋 	S _d S _d
		<ul style="list-style-type: none"> 主蒸気逃がし安全弁排 気管 主蒸気系及び給水系 原子炉冷却材浄化系 放射性廃棄物処理施設 (Cクラスに属するも のは除く) 	B (注11)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管等の支持構造 物 	B	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 原子炉建屋 廃棄物処理建屋 	S _B S _B S _B S _B
		<ul style="list-style-type: none"> タービン、復水器、給 水加熱器及びその主要 配管 復水脱塩装置 復水貯蔵タンク 燃料プール冷却浄化系 放射線低減効果の大き い遮蔽 制御棒駆動水圧系(放 射性流体を内蔵する部 分) 原子炉建屋クレーン 燃料取替機 使用済燃料乾式貯蔵建 屋天井クレーン 制御棒貯蔵ラック 	B B B B B B B B B	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管等の支持構造 物 	B	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 	S _B S _B S _B S _B

(つづき)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備(注1)		補助設備(注2)		直接支持構造物(注3)		間接支持構造物(注4)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注5)
Bクラス	() 使用済燃料を冷却するための施設	・燃料プールの冷却浄化系	B	・原子炉補機冷却系 ・補機冷却海水系 ・電気計装設備	B B B	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	・原子炉建屋 ・海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物	S _B S _B
	() 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設	-	-	-	-	-	-	-	-
Cクラス	() 原子炉の反応度を制御するための施設でSクラス及びBクラスに属さない施設	・再循環流量制御系 ・制御棒駆動水圧系(Sクラス及びBクラスに属さない部分)	C C	-	-	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	・原子炉建屋	S _C
	() 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でSクラス及びBクラスに属さない施設	・試料採取系 ・洗濯廃液処理系 ・固化装置より下流の固体廃棄物処理系(貯蔵庫を含む) ・雑固体減容処理設備 ・放射性廃棄物処理施設のうち濃縮装置の凝縮水側 ・新燃料貯蔵庫 ・その他	C C C C C C	-	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・固体廃棄物貯蔵庫 ・給水加熱器保管庫 ・固体廃棄物作業建屋	S _C S _C S _C S _C S _C S _C

(つづき)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備(注1)		補助設備(注2)		直接支持構造物(注3)		間接支持構造物(注4)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Cクラス	() 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	<ul style="list-style-type: none"> 循環水系 タービン補機冷却系 所内ボイラ及び炉内蒸気系 消火系 主発電機・変圧器 空調設備 タービン建屋クレーン 所内用空気系及び計器 その他 	C C C C C C C C			<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 その他 	S _c S _c S _c S _c

(注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。
 (注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。
 (注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。
 (注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物(建物・構築物)をいう。
 (注5) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける施設に波及的影響を及ぼすおそれのある施設を波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属する施設の破損によって上位クラスに属する施設も適用範囲とする。いう。また、その他の施設として「1.3.1.5 設計における留意事項」での検討を踏まえた施設も適用範囲とする。

(注6) S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力
 S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力
 S_B : 耐震 B クラス施設に適用される地震力
 S_C : 耐震 C クラス施設に適用される静的地震力

(注7) 原子炉本体の基礎の一部は、間接支持構造物の機能に加えてドライウエルとサブプレッション・チェンバとの圧力境界となる機能を有する。

(注8) ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、S クラスに準ずる。

(注9) 压力容器内部構造物は、炉内にあることの重要性から S クラスに準ずる。

(注10) B クラスではあるが、弾性設計用地震動 S_d に対して破損しないことの検討を行うものとする。

(注11) 地震により主蒸気逃がし安全弁排気管(以下「排気管」という。)がサブプレッション・チェンバ内の排気管が破損しないことを確認すること。また、排気管がドライウエル内で破損した場合であれば、放出された蒸気はベント管を通してサブプレッション・チェンバのプール水中に導かれて凝縮するため、原子炉格納容器の内圧が有意に上昇することはないと考えられるが、基準地震動 S_s に対してドライウエルの排気管が破損しないことを確認する。

(1) 入力地震動

原子炉建屋設置位置付近は、地盤調査の結果、新第三紀の砂質泥岩からなる久米層が分布している。ボーリング孔で実施したP S検層から得られたEL. - 400mまでの久米層のS波速度は、深度方向に増大する傾向を示し平均0.38km/s~0.79km/sであり、EL. - 370m以深ではS波速度が0.7km/s以上であることが確認されている。したがって、EL. - 370mの位置を解放基盤表面として設定する。なお、S波速度と標高についての関係を第7図に示す。S波速度 V_s (km/s)と標高 Z (m)との関係は次式で近似される。

$$V_s = 0.433 - 7.71 \times 10^{-4} \cdot Z$$

解析に用いる解放基盤のS波速度は、標高 Z をEL. - 370 mとして算定される0.718km/sとする。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで、必要に応じ2次元FEM解析または1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地質・速度構造の違いにも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。特に杭を介して岩盤に支持された建物・構築物については杭の拘束効果についても適切に考慮する。弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力による評価については別添 - 3に示す。

また、耐震Bクラスの建物・構築物のうち共振のおそれがあり、動的解析が必要なものに対しては、弾性設計用地震動 S_d を1/2倍したものを

いる。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。また、原則として、建物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定は、線形解析及び非線形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析にて地震時の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

建物・構築物の地震応答解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、基礎側面と地盤の接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。各入力地震動が接地率に与える影響を踏まえて、地盤ばねには必要に応じて、基礎浮上りによる非線形性又は誘発上下動を考慮できる浮上り非線形性を考慮するものとする。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地震応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また、材料のばらつきによる変動が建物・構築物の振動性状や応答性状に及ぼす影響として考慮すべき要因を選定した上で、選定された要因を考慮した動的解析により設

東海第二発電所

既工認との手法の相違点の整理について
（設置変更許可申請段階での整理）
（耐震）

別表3(1) 既設D B施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(1) 共通適用あり: 規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既工認と今回工認時との比較												他プラントを含めた既工認での適用例				既工認と今回工認の手法に相違															
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)				解析モデル				減衰定数				その他 (評価条件の変更等)		備考 (左欄にて比較した自プラント既工認)	(1) : 共通適用例あり : 個別適用例あり x: 適用例なし		内容	参照した設備名称	減衰定数の実績 : 構造上の差異なし x: 構造上の差異あり (適用可能であることの理由も記載)												
	: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容			: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容			: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容			: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容																		
		工認	解析種別	内容		工認	解析種別	方向		内容	工認	解析種別		方向							内容	工認	内容									
放射線管理施設 原子炉建屋ガス処理系	非常用ガス再循環系フィルタトレイン (応答解析) (応力解析)	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	建設工認 第13回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-4「非常用ガス再循環系フィルタトレインの耐震性についての計算書」																		
			応力解析	公式等による評価		既工認	応力解析	水平		-	既工認	応力解析								水平	-											
		今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認							今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認					
			応力解析	公式等による評価		今回工認	応力解析	水平		-	今回工認	応力解析																水平	-			
		非常用ガス処理系排風機 (応答解析) (応力解析)	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-							既工認	建設工認 第13回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-6「非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書」											
				応力解析	公式等による評価		既工認	応力解析	水平		-	既工認	応力解析															水平	-			
	今回工認		応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認								今回工認				
			応力解析	公式等による評価		今回工認	応力解析	水平		-	今回工認	応力解析																	水平	-		
	非常用ガス処理系フィルタトレイン (応答解析) (応力解析)		既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	建設工認 第13回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-7「非常用ガス処理系フィルタトレインの耐震性についての計算書」																	
				応力解析	公式等による評価		既工認	応力解析	水平		-	既工認	応力解析																水平	-		
		今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	今回工認							今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認	今回工認					
			応力解析	公式等による評価		今回工認	応力解析	水平		-	今回工認	応力解析																	水平	-		
原子炉格納施設 ドライウエル		既工認	応答解析	時刻歴解析	既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	既工認	応答解析	水平	1.0%	既工認	(応力解析) 解析コード: ASSAL							建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:										
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価		既工認	応力解析	鉛直		-	既工認	応力解析															鉛直		-			
	今回工認		応答解析	時刻歴解析		今回工認	応答解析	水平		多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	今回工認	応答解析			水平	1.0%	今回工認	(応力解析) 解析コード: NASTRAN														
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析		鉛直		1.0%			今回工認	応力解析															鉛直	1.0%
	今回工認		応答解析	時刻歴解析		今回工認	応答解析	水平		多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	今回工認	応答解析			水平	1.0%	今回工認	(応力解析) 解析コード: ASSAL	建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:												
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析		鉛直		-			今回工認	応力解析																鉛直
		既工認	応答解析	時刻歴解析	既工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	既工認		応答解析	水平	1.0%	既工認	(応力解析) 解析コード: NASTRAN																
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																		鉛直
		今回工認	応答解析	時刻歴解析	今回工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	今回工認		応答解析	水平	1.0%	今回工認	(応力解析) 解析コード: ASSAL					建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:										
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析	鉛直			-	今回工認	応力解析																		
	既工認		応答解析	時刻歴解析		既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)		既工認	応答解析	水平	1.0%			既工認	(応力解析) 解析コード: NASTRAN														
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																	鉛直	
今回工認	応答解析		時刻歴解析	今回工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	今回工認		応答解析	水平	1.0%	今回工認			(応力解析) 解析コード: ASSAL	建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:													
	応力解析		FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析	鉛直			-	今回工認	応力解析																		鉛直	
	既工認	応答解析	時刻歴解析		既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)		既工認	応答解析	水平	1.0%		既工認	(応力解析) 解析コード: NASTRAN																
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																		鉛直	1.0%
	今回工認	応答解析	時刻歴解析		今回工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)		今回工認	応答解析	水平	1.0%		今回工認	(応力解析) 解析コード: ASSAL					建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:										
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析	鉛直			-	今回工認	応力解析																			鉛直
既工認		応答解析	時刻歴解析	既工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	既工認		応答解析	水平	1.0%	既工認			(応力解析) 解析コード: NASTRAN															
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																	鉛直		1.0%
今回工認		応答解析	時刻歴解析	今回工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	今回工認		応答解析	水平	1.0%	今回工認			(応力解析) 解析コード: ASSAL	建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:													
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析	鉛直			-	今回工認	応力解析																			鉛直
	既工認	応答解析	時刻歴解析		既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)		既工認	応答解析	水平	1.0%		既工認	(応力解析) 解析コード: NASTRAN																
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																		鉛直	1.0%
	今回工認	応答解析	時刻歴解析		今回工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)		今回工認	応答解析	水平	1.0%		今回工認	(応力解析) 解析コード: ASSAL					建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析: (その他) 解析コード:										
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			今回工認	応力解析	鉛直			-	今回工認	応力解析																			鉛直
既工認		応答解析	時刻歴解析	既工認		応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	既工認		応答解析	水平	1.0%	既工認			(応力解析) 解析コード: NASTRAN															
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			既工認	応力解析	鉛直			1.0%	既工認	応力解析																	鉛直		1.0%

別表3(1) 既設D B施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(1) 共通適用あり: 規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既工認と今回工認時との比較										他プラントを含めた既工認での適用例				既工認と今回工認の手法に相違							
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)					解析モデル					減衰定数		その他 (評価条件の変更等)			備考 (左欄にて比較した自プラント既工認)	(1) : 共通適用あり : 個別適用あり x: 適用例なし	内容	参照した設備名称	減衰定数の実績 : 構造上の差異なし x: 構造上の差異あり (適用可能であること の理由も記載)		
	: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容				: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容				: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容		: 同じ : 異なる : 該当なし							相違内容	
		工認	解析種別	内容			工認	解析種別	方向	内容		工認	解析種別								方向	内容
原子炉格納容器	下部シアラグとダイヤフラムブラケット	(応答解析)	既工認	応答解析	時刻歴解析	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	1.0%						(建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」)	(解析手法) 応力解析: (解析モデル) 応答解析: 応力解析: (減衰定数) 応答解析:
				応力解析	公式等による評価			応力解析	水平	-			応力解析	鉛直	-							
		(応力解析)	今回工認	応答解析	時刻歴解析	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	1.0%							
				応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)			応力解析	鉛直	1.0%							
	開アンカー部	(応答解析)	既工認	応答解析	時刻歴解析	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	1.0%	(建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」)	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析:					
				応力解析	公式等による評価			応力解析	水平	-			応力解析	鉛直	-							
		(応力解析)	今回工認	応答解析	時刻歴解析	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	1.0%							
				応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)			応力解析	鉛直	1.0%							
	イクイメントハッチ	(応答解析)	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」)	(解析手法) 応力解析: (解析モデル) 応力解析:					
				応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-							
		(応力解析)	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-							
				応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-							
パーソナルエアロック	(応答解析)	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」)	(解析手法) 応力解析: (解析モデル) 応力解析:						
			応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-								
	(応力解析)	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-								
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-								
サブプレッションチェンバアクセスハッチ	(応答解析)	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	-	(建設工認 第1回 添付書類 -1-1「耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-3「原子炉格納容器強度計算書」)	(解析手法) 応力解析: (解析モデル) 応力解析:						
			応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-								
	(応力解析)	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	-								
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-								
配管貫通部	(応答解析)	既工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析)	既工認	応答解析	水平	0.5%	(建設工認 第20回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-6「格納容器貫通部の耐震性についての計算書」)	(解析手法) 応力解析: (解析モデル) 応力解析: (減衰定数) 応答解析:						
			応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	3次元はりモデル			応力解析	鉛直	-								
	(応力解析)	今回工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平	0.5%~3.0%								
			応力解析	FEM解析			応力解析	鉛直	3次元はりモデル			応力解析	鉛直	0.5%~3.0%								
			応力解析	シェルモデル			応力解析	水平	-			応力解析	水平	-								
			応力解析	シェルモデル			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-								

別表3(1) 既設D B施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(1) 共通適用あり: 規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既工認と今回工認時との比較												他プラントを含めた既工認での適用例				既工認と今回工認の手法に相違						
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)			解析モデル				減衰定数		その他 (評価条件の変更等)		備考 (左欄にて比較した自プラント既工認)	(1) : 共通適用例あり : 個別適用例あり x: 適用例なし	内容	参照した設備名称	減衰定数の実績 : 構造上の差異なし x: 構造上の差異あり (適用可能であることの理由も記載)							
	: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容		: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容			: 同じ : 異なる : 該当なし	相違内容		: 同じ : 異なる : 該当なし							相違内容					
		工認	解析種別		内容	工認	解析種別		方向	内容								工認	解析種別	方向	内容		
原子炉格納容器 電気配線貫通部	既工認	応答解析	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	-	(解析手法) 応答解析: 応力解析: (解析モデル) 応答解析: 応力解析: (減衰定数) 応答解析:									
		応力解析	-		応力解析	水平	-		応力解析	水平	-												
	今回工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	今回工認	応答解析	水平	ビームモデル	1.0%	今回工認	応答解析	水平	1.0%	今回工認					-					
		応力解析	FEM解析		応力解析	水平	シェルモデル	-		応力解析	水平	-											
	ダイヤフラムフロア	既工認	応答解析	時刻歴解析	既工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建物-機器連成解析モデル)	5.0%	既工認	応答解析	水平	5.0%					既工認	建設工認 第3回 添付書類 -3-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-2「申請設備の耐震性についての計算書」	(解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析:			
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	水平	FEMモデル	-		応力解析	水平	-										
今回工認		応答解析	時刻歴解析	今回工認	応答解析	水平	多質点系モデル(建物-機器連成解析モデル)	5.0%	今回工認	応答解析	水平	5.0%	今回工認										
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	水平	FEMモデル	-		応力解析	水平	-											
ベント管	既工認	応答解析	時刻歴解析	既工認	応答解析	水平	多質点系モデル	0.5%	既工認	応答解析	水平	0.5%	既工認	建設工認 第3回 添付書類 -3-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-2「申請設備の耐震性についての計算書」	(解析手法) 応答解析: (解析モデル) 応答解析:								
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-	-		応力解析	水平	-											
	今回工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	今回工認	応答解析	水平	ビームモデル	0.5%	今回工認	応答解析	水平	0.5%	今回工認										
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-	-		応力解析	水平	-											
格納容器スプレッドヘッド	既工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	既工認	応答解析	水平	ビームモデル	0.5%	既工認	応答解析	水平	0.5%	既工認	建設工認 第3回 添付書類 -3-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -3-2「申請設備の耐震性についての計算書」	(減衰定数) 応答解析:								
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-	-		応力解析	水平	-											
	今回工認	応答解析	スペクトルモーダル解析	今回工認	応答解析	水平	ビームモデル	0.5%	今回工認	応答解析	水平	0.5%	今回工認										
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-	-		応力解析	水平	-											
再結合装置フロア	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	建設工認 第24回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-3「可燃性ガス濃度制御系機器配管の耐震性についての計算書」										
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-		-	応力解析	水平							-					
	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認											
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-		-	応力解析	水平							-					
再結合装置	既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	既工認	応答解析	水平	-	既工認	応答解析	水平	-	既工認	建設工認 第24回 添付書類 -2-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類 -2-3「可燃性ガス濃度制御系機器配管の耐震性についての計算書」										
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-		-	応力解析	水平							-					
	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認	応答解析	水平	-	今回工認											
		応力解析	公式等による評価		応力解析	水平	-		-	応力解析	水平							-					

既工認での適用例を確認する他プラントについて

1. はじめに

既工認との手法の相違点の整理において、今回工認に適用する評価手法が既工認で適用した評価手法と異なる場合、他プラント既工認での適用実績を確認することとし、東海第二発電所（以下本項では「東海第二」と略す。）では、以下に示す項目を除いて基本的にH18年9月の耐震設計審査指針改訂後のプラントとして大間1号炉を比較対象としている。

一方で、大間1号炉はABWRであり、炉型として大きく異なる原子炉格納容器及びその他関連設備については、その参照を適切に考慮する必要がある。このため、既工認での適用例を参照するプラントについて整理する。

2. 他プラントでの適用例を参照するプラント及びその説明

原子炉格納容器及びその他関連設備について、東海第二における既工認の手法と今回工認の手法との相違点に対して、他プラントでの適用例を参考とする項目を記載するとともに、参照するプラント名及びその説明を第1表に整理した。

第1表 原子炉格納容器及びその他関連設備において参照するプラント及びその説明

No.	評価対象項目	他プラントでの適用例を参考する項目	参照するプラント	説明
原子炉格納容器				
1	ドライウエル	<p>応答解析</p> <p>解析モデル (鉛直)</p> <p>減衰定数 (鉛直)</p>	美浜3号	<p>東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体（ドライウエル部）の地震力を算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋と大型機器系を連成させた地震応答解析（以下「建屋・機器連成解析」という。）を実施する。</p> <p>参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号としている。</p> <p>東海第二の建屋・機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰定数として、溶接構造物の1%を適用する。</p> <p>参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器であり鉛直方向の減衰定数として、1%を適用している美浜3号としている。</p>
2	サブレッション・チェンバ	<p>応力解析</p> <p>応答解析</p> <p>解析モデル (鉛直)</p> <p>減衰定数 (鉛直)</p>	<p>-</p> <p>美浜3号</p> <p>美浜3号</p>	<p>東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体（サブレッション・チェンバ部）の地震力を算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋・機器連成解析を実施する。</p> <p>参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号としている。</p> <p>東海第二の建屋・機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰定数として、溶接構造物の1%を適用する。</p> <p>参照するプラントとしては、東海第二と同様の鋼製格納容器であり鉛直方向の減衰定数として、1%を適用している美浜3号としている。</p>

No.	評価対象項目	他プラントでの適用例を参考する項目	参照するプラント	説明
3	上部シアラグ及びビスラピライザ	応答解析 解析モデル (鉛直)	美浜3号	東海第二の上部シアラグが取り付く原子炉格納容器本体の評価に際して、当該箇所 ¹ の鉛直方向の地震力を算定する。地震力の算定にあたっては、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋・機器連成解析を実施する。参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号としている。
		減衰定数 (鉛直)	美浜3号	
4	下部シアラグとダイヤフラムフラケット	応力解析 解析手法	柏崎刈羽5号	格納容器構造(MARK-型)と同じ柏崎刈羽5号を参照する。
		解析モデル	柏崎刈羽5号	
4	下部シアラグとダイヤフラムフラケット	応答解析 解析モデル (鉛直)	美浜3号	東海第二の下部シアラグが取り付く原子炉格納容器本体の評価に際して、当該箇所 ¹ の鉛直方向の地震力を算定する。地震力の算定にあたっては、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋・機器連成解析を実施する。参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号機としている。
		減衰定数 (鉛直)	美浜3号	
4	下部シアラグとダイヤフラムフラケット	応力解析 解析手法	柏崎刈羽5号	格納容器構造(MARK-型)と同じ柏崎刈羽5号を参照する。
		解析モデル	柏崎刈羽5号	

No.	評価対象項目	他プラントでの適用例を参考する項目	参照するプラント	説明
5	胴アンカ一部	応答解析	美浜3号	東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体底部の地震力を算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋と大型機器系を連成させた地震応答解析(以下「建屋・機器連成解析」という。)を実施する。参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号としている。
		減衰定数(鉛直)	美浜3号	
6	イクイブメントハッチ	応答解析	-	-
		応答解析	-	-
7	パーソナルエアロック	応答解析	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。また、大間1号はコンクリート製格納容器であるが、鋼板を介してハッチを取り付けており、東海第二発電所と同様の形状を有している。
		応答解析	大間1号	同上
8	サブレーションチェンバークセスハッチ	応答解析	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。また、大間1号はコンクリート製格納容器であるが、鋼板を介してエアロックを取り付けており、東海第二発電所と同様の形状を有している。
		応答解析	大間1号	同上
8	サブレーションチェンバークセスハッチ	応答解析	-	-
		応答解析	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。ただし、大間1号炉のサブレーションチェンバ用のアクセスハッチはコンクリート構造物に直接取り付く構造であるため、当該部の評価は、類似設備として機器搬入用のハッチを参照する。
		応答解析	大間1号	同上

No.	評価対象項目	他プラントでの適用例を参考する項目	参照するプラント	説明
9	配管貫通部	応答解析	大間1号	配管貫通部に発生する反力を算定するための配管解析であり、配管設計は炉型に関係なく同様にあるため大間1号を参照する。
		応力解析	東通1号	
10	電気配線貫通部	解析モデル	東通1号	同上 東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参照する。 * 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施
		応答解析	福島第一4号 (H22年改造工認)	
		解析モデル	福島第一4号 (H22年改造工認)	
		減衰定数	福島第一4号 (H22年改造工認)	
		応力解析	福島第一4号 (H22年改造工認)	東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参照する。 * 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施
		解析モデル	福島第一4号 (H22年改造工認)	

No.	評価対象項目	他プラントでの適用例を参考する項目	参照するプラント	説明
圧力低減装置その他関連の安全設備				
11	ダイヤフラムフロア	応答解析 解析モデル (鉛直) (設置位置の 応答加速度算 出)	大飯3, 4号	東海第二のダイヤフラムフロアの評価に際しては、当該設備の設置位置として原子炉本体の基礎及び原子炉建屋基礎版上の鉛直方向加速度を用いる。原子炉本体の基礎の鉛直方向加速度の算定にあたっては、多質点系モデルにモデル化し、建屋・機器連成解析を実施する。なお、原子炉建屋基礎版上の鉛直方向加速度は、原子炉建屋の地震応答解析結果を用いる(別途整理済み)。参照するプラントとしては、東海第二と同様の鉄筋コンクリートを多質点系モデルにモデル化している大飯3, 4号としている。
		減衰定数 (鉛直)	大飯3, 4号	東海第二の建屋・機器連成解析に用いる原子炉本体の基礎の鉛直方向の減衰定数として、鉄筋コンクリートの5%を適用する。
		応力解析	-	参照するプラントとしては、東海第二と同様の鉄筋コンクリートの鉛直方向の減衰定数として、5%を適用している大飯3, 4号としている。
12	ベント管	応力解析 応答解析 解析手法	柏崎刈羽 5号 柏崎刈羽 5号	格納容器構造(MARK-型)が同じ柏崎刈羽5号を参照する。 同上
		応力解析	-	-
13	格納容器スプレイヘッド	応答解析 減衰定数 (鉛直)	大間1号	一般的な配管解析であるため、大間1号を参照する。
		応力解析	-	-

東海第二発電所

下位クラス施設の波及的影響の検討について
(耐震)

第 6 - 1 - 1 - 2 表 建屋外施設の評価結果（地盤の不等沈下による影響）

建屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある 下位クラス施設	評価方針又は評価結果	備 考
原子炉建屋	タービン建屋 サービス建屋 ベアラ建屋 サンプルトンク室 ヘパフィルタター室 大物搬入口建屋 連絡通路	原子炉建屋への波及的影響確認として、下位クラス施設が設置された地盤が不等沈下しないことの確認又は不等沈下した場合でも離隔距離が十分であることを確認する。 また、原子炉建屋に対して建屋規模から小さい施設については、接触したとしても原子炉建屋の耐震性を損なわないことを確認する。	支持構造については添付資料 4 参照 大物搬入口建屋の耐震重要度分類を含めた取扱いは添付資料 5 参照

波及的影響評価に係る現場調査の実施要領

1. 目的

建屋内外の上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響評価のため、現場調査を実施し、上位クラス施設周辺の下位クラス施設の位置、構造及び影響防止措置等の状況を確認し、下位クラス施設による波及的影響のおそれの有無等を調査する。

2. 調査対象

2.1 調査対象施設

以下に示す上位クラス施設を現場調査の対象とする。

- (1) 設計基準対象施設のうち、耐震Sクラス施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む。）
- (2) 重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備

なお、狭暗部、内部構造物等機器の内部、コンクリート埋設、地下、高所及び水中については、現場調査が困難な範囲があるが、確認可能な部位との取り合い部まで現地調査を行い、機器配置図等を用いて波及的影響の確認を行う。

狭暗部（原子炉圧力容器支持構造物等）については、外部から閉ざされた区域にあり、元々耐震Sクラス施設しかないこと、内部構造物等機器の内部（原子炉圧力容器内部構造物等）はその物全体が上位クラス施設であること、コンクリート埋設、地下については、周囲に波及的影響を与えるものはないことから、確認可能な部位との取り合い部まで現地調査を行い、機器配置図等を用いて波及的影響の確認を行う。

高所については、施設下方から周辺機器の位置関係を俯瞰的に見ることで波及的影響の有無を確認する。高所に設置されたケーブルトレイ及び電線管についても同様である。

水中については，対象上位クラス施設として使用済燃料プール，使用済燃料貯蔵ラックが該当するが，使用済燃料プール内に設置されている下位クラス施設は設計図書類で網羅的に確認できることから，現場調査では使用済燃料貯蔵プール等の上部を俯瞰的に見ることで波及的影響の有無を確認する。

海水ポンプ等の耐震Sクラスが設置される取水構造物については，機器配置図にて位置関係を確認し，波及的影響の有無を確認する。

2.2 現場調査にて確認する検討事象

別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目を第1表に示す。

第1表 別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目

調査対象施設	建屋外施設		接続部 (建屋内外)	建屋内施設
	別記2	別記2	別記2	別記2
現場調査による確認項目	× ¹		× ²	

- 1 不等沈下又は相対変位の観点として，上位クラス施設の建物・構築物と下位クラス施設の位置関係が机上検討で確認した通りであることを現地で確認。
- 2 接続部については，系統図等により網羅的に確認が可能であり，プラント建設時及び改造工事の際は，施工に伴う確認，系統図作成時における現場確認，使用前検査，試運転等から接続部が設計図書どおりであることを確認していることから，接続部の波及的影響については，机上検討により評価対象の抽出が可能である。

3. 調査要員

調査要員の要件は，以下のとおりとする。下記(1)または(2)の要件に該当

する者の複数名でチームを編成し，現場調査を実施する。

(1) 耐震設計，構造設計又は機械・電気計装設計等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

(2) 施設の構造，機能及び特性等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

4. 現場調査実施日

平成 27 年 12 月 7 日～平成 28 年 3 月 25 日

平成 29 年 5 月 18 日

5. 調査方法

5.1 調査手順

調査対象施設について，別紙 1 の「東海第二発電所上位クラス施設への波及的影響調査記録シート」に従い，周辺の下位クラス施設の位置，構造及び影響防止措置（落下防止措置，固縛措置等）等の状況から，波及的影響のおそれの有無を確認する。なお，H29 年 11 月 1 日以降は，下位クラス施設の転倒・落下に対する影響について，記載をより明確化させた別紙 2「東海第二発電所上位クラス施設への波及的影響調査記録シート」を用いる。

5.2 確認項目及び判断基準

各確認項目に対する波及的影響のおそれの有無の判断基準を第 2 表に示す。

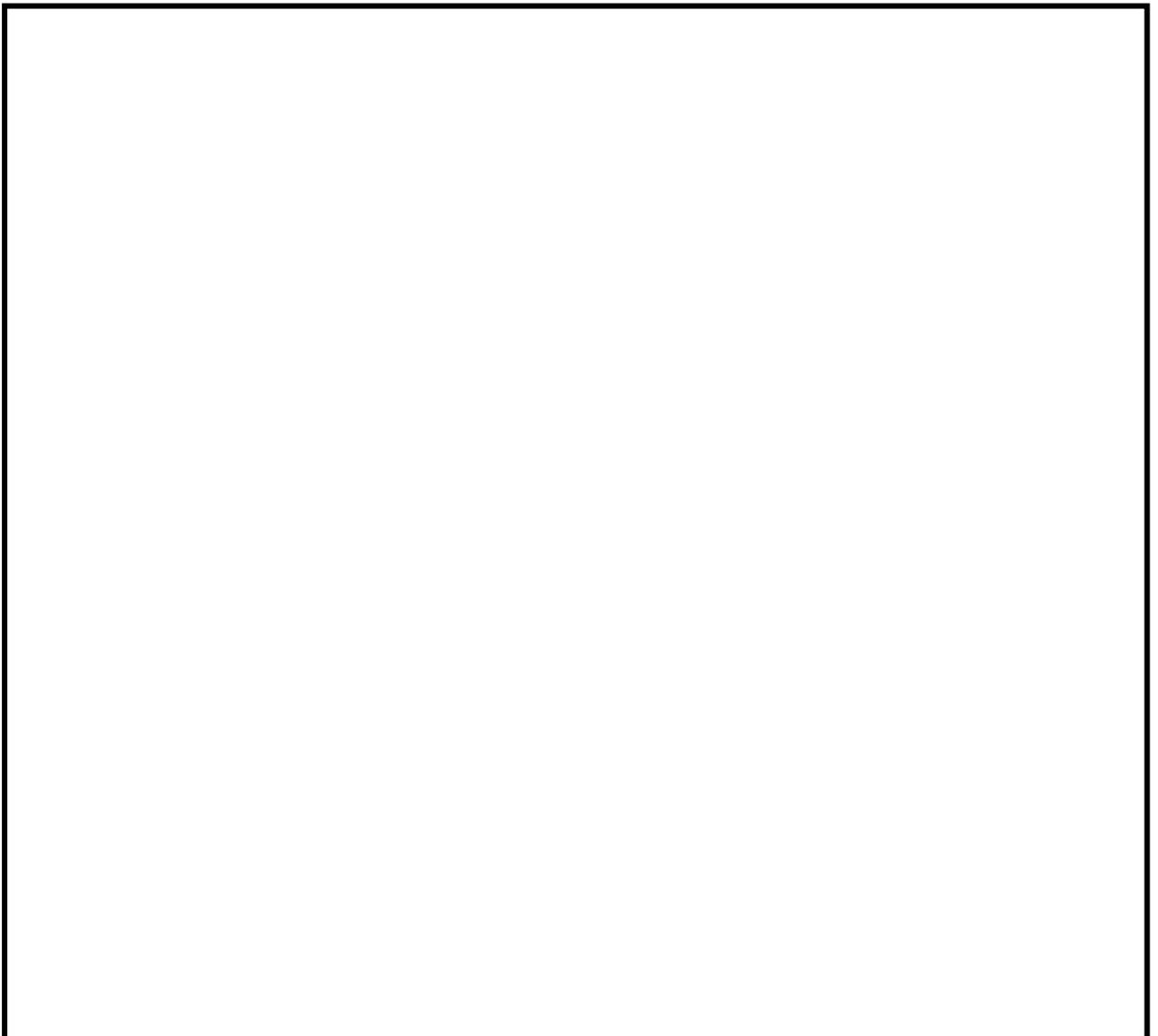
なお，対象となる上位クラス施設に対して，下位クラス施設が明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ，重量等である場合（小口径配管，照明器具等）は影響無しと判断する。

第2表 確認項目及び判断基準

確認項目	判断基準
<p>下位クラス施設との十分な離隔距離をとる等により，当該設備に与える影響はない。</p>	<p>・周辺の下位クラス施設の転倒・落下を想定した場合にも上位クラス施設に衝突しないだけの離隔距離をとって配置・保管されていること。</p>
<p>周辺に作業用ホイスﾄ・レール，グレーチング，手すり等がある場合，落下防止措置等により，当該設備に与える影響はない。</p>	<p>・作業用ホイスﾄ・レール，グレーチング，手すり等について，離隔距離が十分でない場合は，適切な落下防止措置等が講じられていること。</p> <p>・離隔距離をとっていても地震により移動する可能性があるもの（チェーンブロック等）は移動防止措置が講じられていること。</p>
<p>周辺に仮置き機器がある場合，固縛措置等により，当該設備に与える影響はない。</p>	<p>・仮置き機器について，離隔距離が十分でない場合は，固縛措置等により落下防止または移動防止措置が講じられていること。</p>
<p>上部に照明器具がある場合，落下防止措置等により，当該設備に与える影響はない。</p>	<p>・照明器具について，離隔距離が十分でない場合は，適切な落下防止措置等が講じられていること。</p>

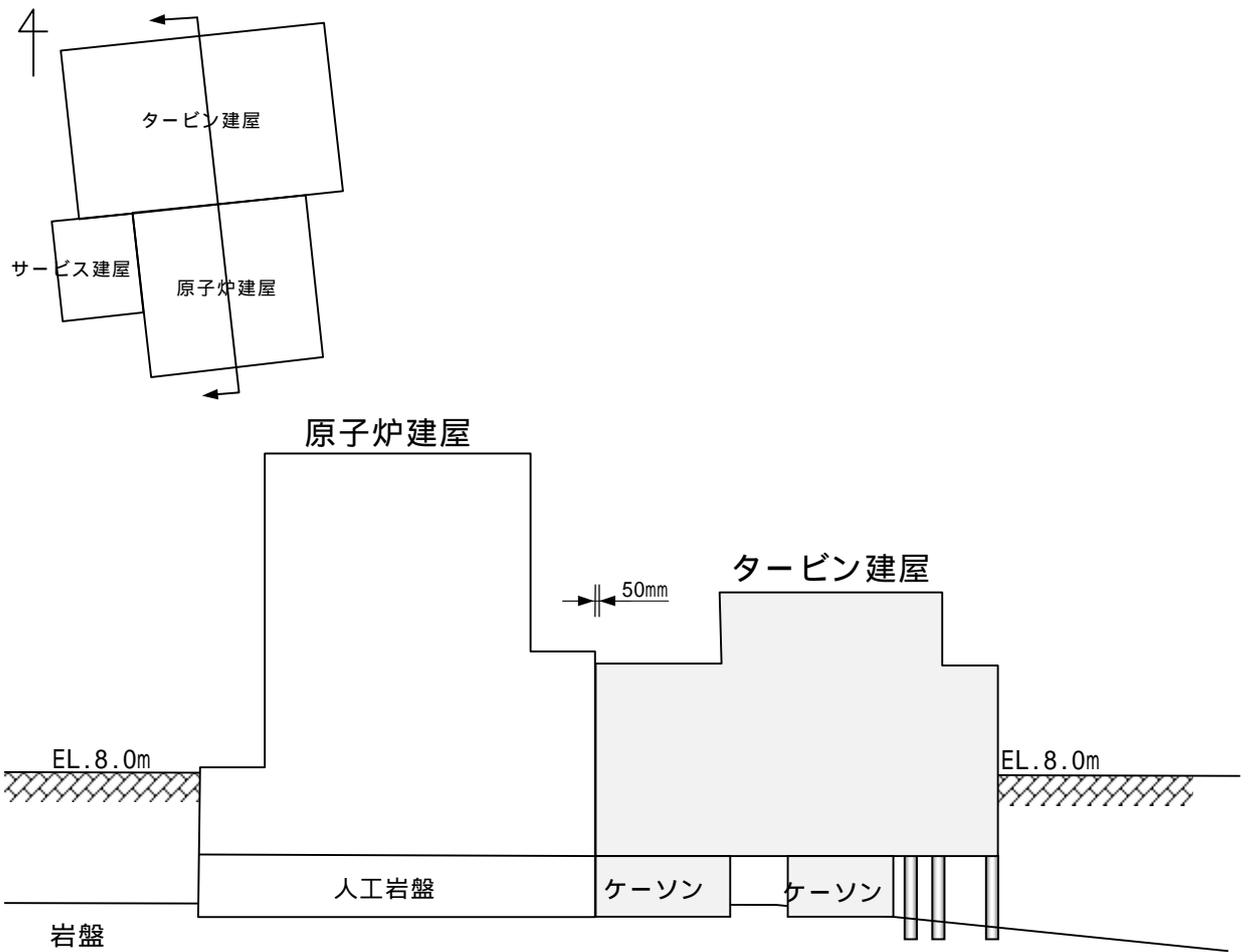
上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の設置状況について

本資料では，上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の設置状況を示す。
原子炉建屋周辺の全体配置図を第4 - 1図に，波及的影響設備として抽出した施設の設置状況の概念図を第4 - 1図～第4 - 6図について示す。

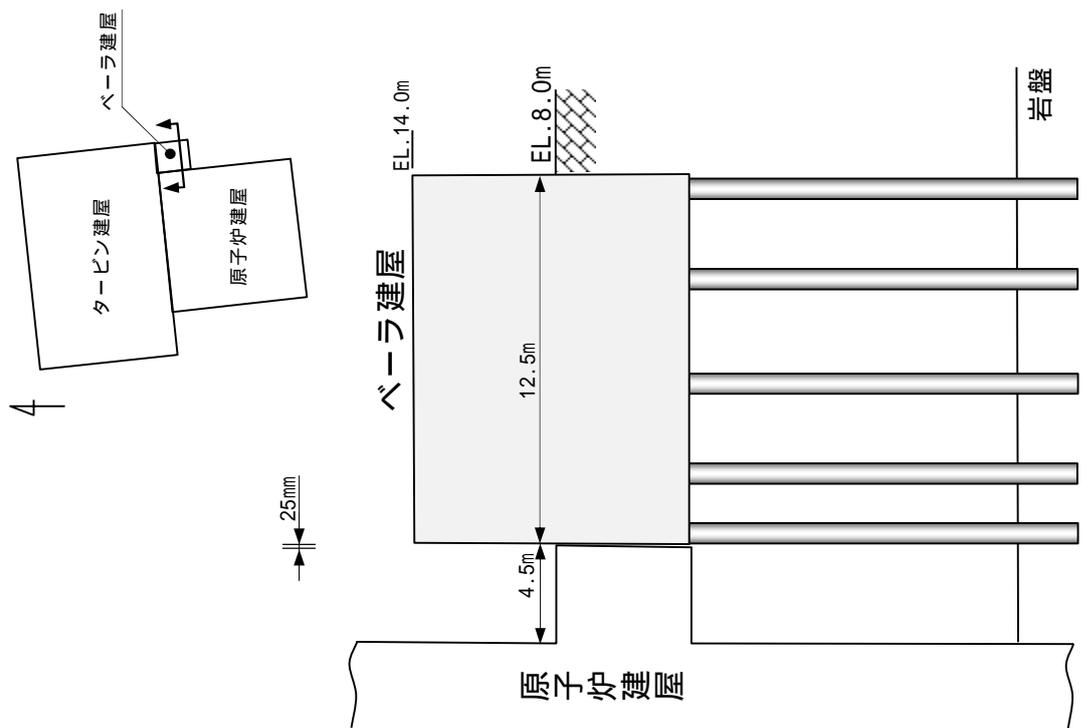


 : 上位クラス施設
 : 下位クラス施設

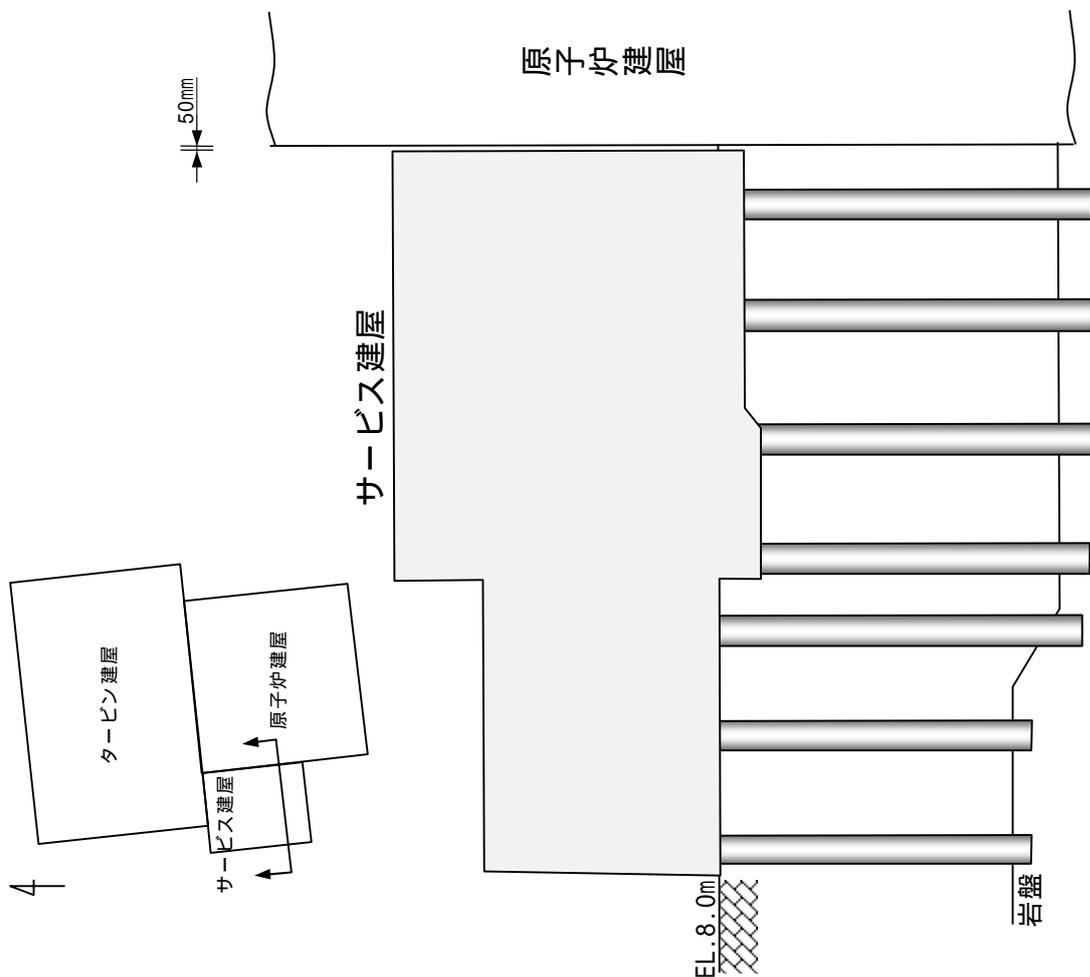
第1図 原子炉建屋周辺における下位クラス施設配置図



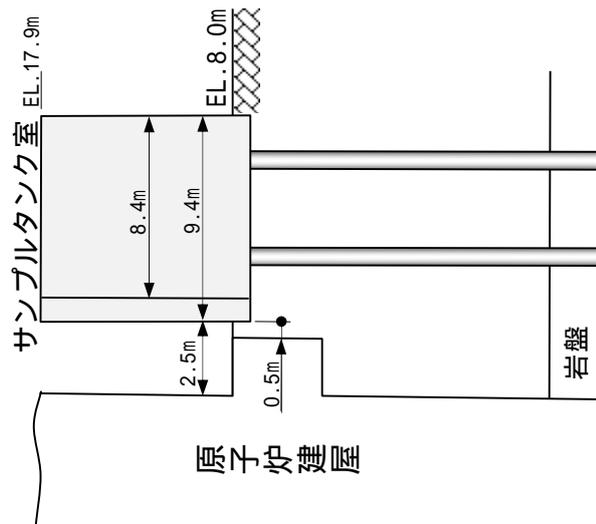
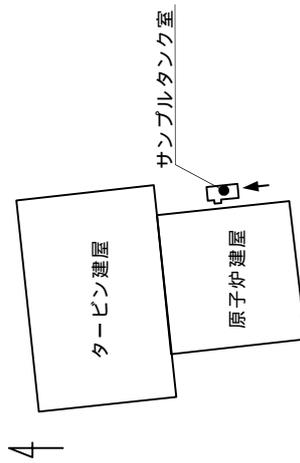
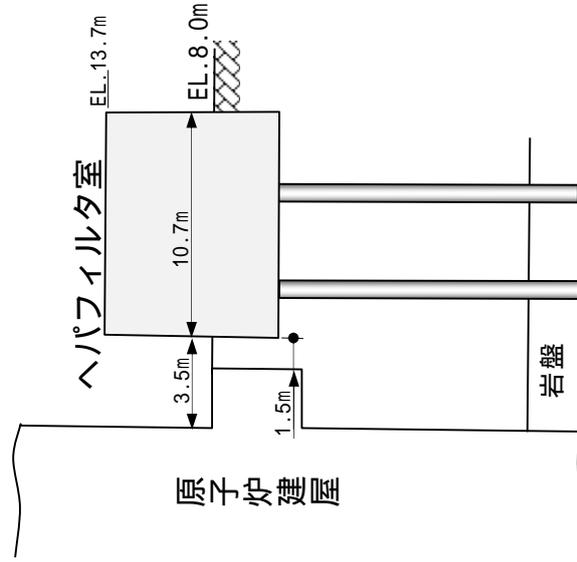
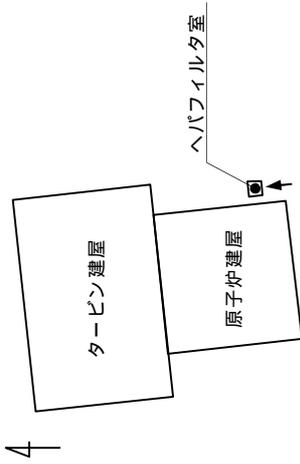
第 4 - 1 図 原子炉建屋及びタービン建屋設置状況概念図



第4-3図 ベアラ建屋設置状況概念図

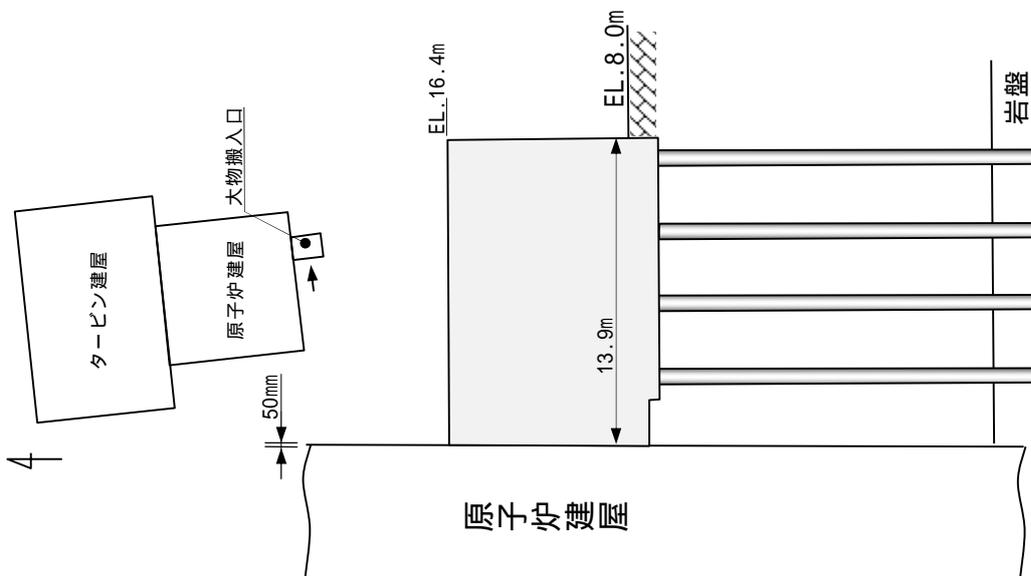


第4-2図 サービス建屋設置状況概念図



第4-5図 ヘパフィルタ室設置状況概念図

第4-4図 サンプルタンク室設置状況概念図



第4 - 6図 機器搬入口設置状況概念図

大物搬入口建屋の耐震重要度分類について

1. はじめに

大物搬入口建屋の機能要求を踏まえて、耐震設計上の取扱いについて、以下のとおり整理した。

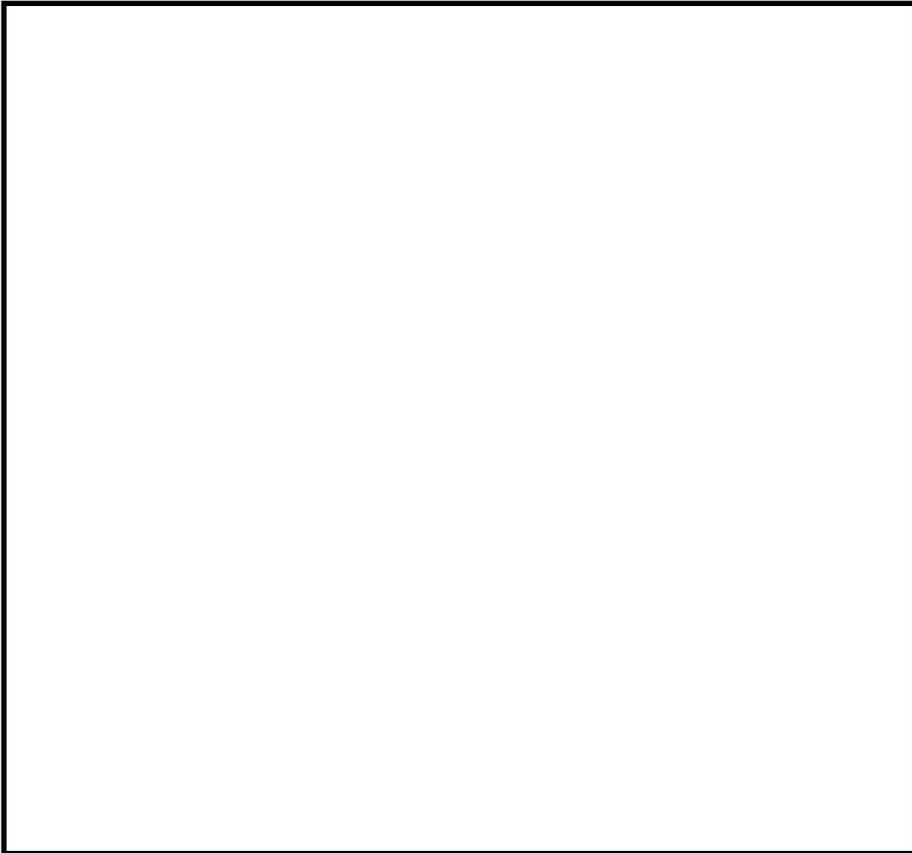
2. 二次格納施設範囲及び気密性に係る要求について

二次格納施設の範囲を示した原子炉建屋概略平面図を第1図に示す。

二次格納施設を負圧に維持するため、機器搬入口内側扉（以下「内側扉」という。）又は機器搬入口外側扉（以下「外側扉」という。）のどちらか一方の扉は閉鎖状態であることが要求される。これは、設計基準事故（原子炉冷却材喪失（LOCA）、燃料集合体の落下）が発生した際に、原子炉建屋ガス処理系（非常用ガス処理系、非常用ガス再循環系）により二次格納施設内のガスを処理するとともに、二次格納施設を負圧に維持するための「気密性に係る要求」である。

プラント運転時は、原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる事故の発生に備え、原則、内側扉及び外側扉ともに閉鎖状態としている。また、機器の搬出入等に伴い一時的に内側扉又は外側扉を開放する場合は、もう一方の扉は閉鎖状態を維持し、二次格納施設の気密性を確保することとしている。

東海第二発電所では、一時的な機器搬出入時を除いて閉鎖状態とする内側扉までを二次格納施設として扱い耐震Sクラスとし、大物搬入口建屋を含む外側扉については、耐震Cクラスとしている。その理由は以下のとおりである。



: 二次格納施設



: 機器搬入口内側扉開放時に一時的に
気密性を要求する範囲

第 1 図 原子炉建屋概略平面図 (EL.8.2m)

3. 耐震重要度分類の整理

大物搬入口建屋を含む外側扉を耐震Cクラスとしている理由について整理する。

(1) 通常運転時は内側扉及び外側扉の両方を閉めて運転していること

上記 2. のとおり、通常運転時は、原則、内側扉及び外側扉を閉じて運転しており、地震発生等により大物搬入口建屋を含む外側扉の気密性が確保されない場合でも、耐震Sクラスとした内側扉にて二次格納施設の気密性は確保可能である。

(2) 基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる事故が発生せず二次格納施設の健全性の維持が可能であること

上記のとおり、二次格納施設の気密性の要求は、原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる設計基準事故（LOCA、燃料集合体の落下）に備えたものであるが、原子炉冷却材圧力バウンダリは耐震Sクラスとしており、基準地震動 S_s によるLOCAの発生はない。また、燃料交換機は、基準地震動 S_s によっても、吊り上げた燃料を落下させることはなく、燃料集合体の落下は発生しない。

以上より、基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要となる事故は考慮不要であることから、内側扉の開放時において決定論的に地震の発生を想定した場合においても設計基準事故に至らず、地震発生後に速やかに内側扉の閉鎖を行うことにより、二次格納施設の気密性を維持することができる。

(3) 内側扉の開放時間が限定的でありその間に事故等が発生する確率が小さいこと

a . L O C A 時に対する検討

内側扉の開放時における L O C A の発生について

・ 1 年間における内側扉の解放時間

新燃料の受入れ，使用済燃料の移送等計画的に実施する作業における内側扉の開放時間は，1 回当たりの作業時間として 2～3 時間であり，年間の合計時間は約 90 時間となる。この合計時間に基づく 1 年間当たり内側扉が開放している割合は， 1.1×10^{-2} 年 / 年である。なお，この開放時間は，過去の作業時間を参考に算定したものであり，今後の内側扉の開放作業に際しては作業効率を図ることや計画的に実施することにより，内側扉の開放時間を極力抑えることが可能である。

・ L O C A の発生確率

内部事象 P R A における L O C A の発生確率は，大破断 L O C A が 2.0×10^{-5} (/ 炉年)，中破断 L O C A が 2.0×10^{-4} (/ 炉年)，小破断 L O C A が 3.0×10^{-4} (/ 炉年) であり，その合計は 5.2×10^{-4} (/ 炉年) である。なお，内側扉の開放時に偶発的に L O C A が発生した場合においても，外側扉は閉じられているため，二次格納施設の気密性確保に問題はない。

以上より，内側扉の開放時における L O C A の発生確率は， 5.8×10^{-6} (/ 炉年) となる。

L O C A 発生後に内側扉が開放し続ける時間について

内側扉を開放する 1 回の作業継続時間は最長でも 3 時間であり，過去の作業実績から閉鎖作業時間は約 1 時間である。このため，内側扉開放時に万一 L O C A が発生しても，内側扉を閉鎖するまでの時間，すなわち外側扉で気密性を確保する期間は約 1 時間 (1.2×10^{-4} 年) となる。

以上のとおり、内側扉開放時に L O C A が発生し内側扉を閉鎖するまでの間に大物搬入口建屋が地震により損傷する確率は、大物搬入口建屋が損傷する地震の年超過確率を P (/ 年) とすると、 $7.0 \times 10^{-10} \times P$ (/ 炉年) となり極めて小さい。

また、この確率は、JEAG4601・補-1984 で用いられる荷重の組合せに関する判断基準である 10^{-7} / 年よりも小さく事象の発生としては極めて稀である。

第 1 表 LOCA 発生後内側扉を閉鎖するまでの間に地震が発生する確率

内側扉の開放時における LOCA の発生確率 (/ 炉年)	外扉側で気密性を確保する期間 (年)	大物搬入口建屋が損傷に至る年超過確率 (/ 年)	合計 (/ 炉年)
5.8×10^{-6}	1.2×10^{-4}	P	$7.0 \times 10^{-10} \times P$

地震起因による L O C A 発生について

内側扉の開放時に地震起因の L O C A が発生した場合には、二次格納施設の気密性確保が一時的に損なわれることとなるが、地震起因の L O C A の発生確率は約 3×10^{-12} (/ 炉年) であり、内側扉の開閉状態に関係無く、その発生確率は十分小さい。さらに で整理した 1 年間当たり内側扉が開放している割合である 1.1×10^{-2} 年 / 年 を考慮すれば、確率的に極めて小さくなる。

本確率についても、JEAG4601・補-1984 で用いられる荷重の組合せに関する判断基準である 10^{-7} / 年よりも小さく事象の発生としては極めて稀である。

b. 燃料集合体の落下に対する検討

燃料集合体落下の可能性を有する作業として、定期検査時の燃料集合体の取替作業（以下「燃料取替作業」という。）がある。

燃料取替作業時における内側扉の開放作業は、燃料取替作業時には内側扉の開放作業を計画的に実施しない運用とすること、また燃料取替作業時に内側扉の開放の必要が生じたときには燃料集合体を取り扱う作業を一時的に中断する運用とすることにより、内側扉が開放された状態での燃料取替作業時における燃料集合体の落下を防ぐこととする。

4. まとめ

以上のとおり、大物搬入口建屋は通常運転時には原則内側扉及び外側扉を閉鎖状態としていること、基準地震動 S_s により原子炉建屋ガス処理系の起動が必要な事故は考慮不要であること、内側扉が開放された状態でLOCAが発生し、内側扉を閉鎖するまでに地震により大物搬入口建屋が損傷する確率は極めて小さいこと及び運用により内側扉が開放された状態での燃料取替作業時における燃料集合体の落下を防止することから、大物搬入口建屋を含む外側扉まで耐震Cクラスとして扱うこととする。

東海第二発電所

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ
に関する検討について
(耐震)

目 次

1. はじめに
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 S_s
 - 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
 - 3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方
 - 3.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法
 - 3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出方針
 - 3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 3.2 機器・配管系
 - 3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方
 - 3.2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針
 - 3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法
 - 3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出
 - 3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの抽出結果及び今後の評価方針
 - 3.3 屋外重要土木構造物
 - 3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方
 - 3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針
 - 3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法
 - 3.3.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出
 - 3.3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備における評価対象構造物の抽出及び整理

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

3.4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

別紙 - 1 機器・配管系に関する説明資料

参考資料 - 1 方向性を考慮していない水平方向地震動における模擬地震波の作成方針

1. はじめに

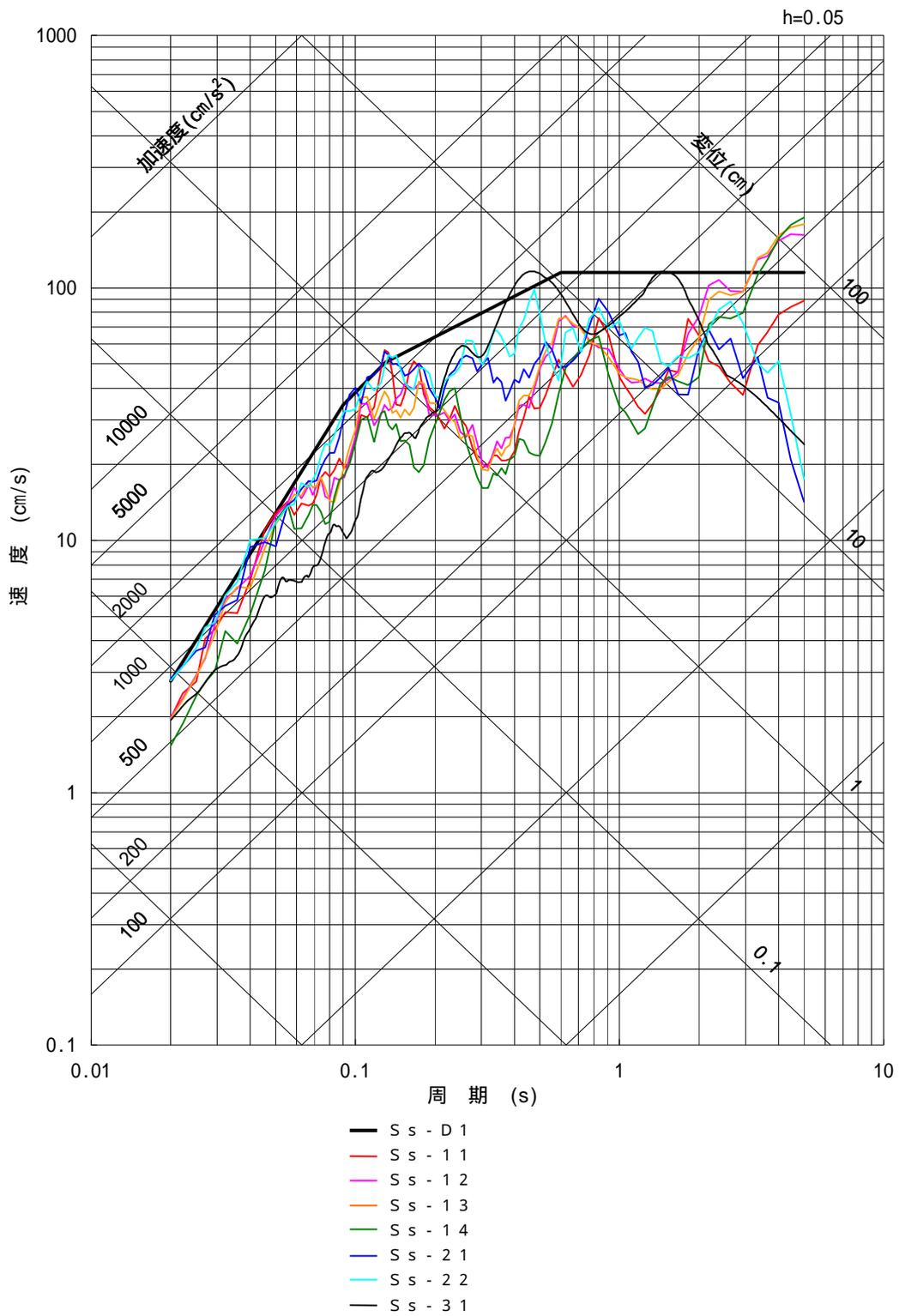
今回、新たに水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震設計に対して、施設の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。本資料は、検討対象施設における評価対象部位の抽出方法と抽出結果、並びに影響評価の方針について記すものである。

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

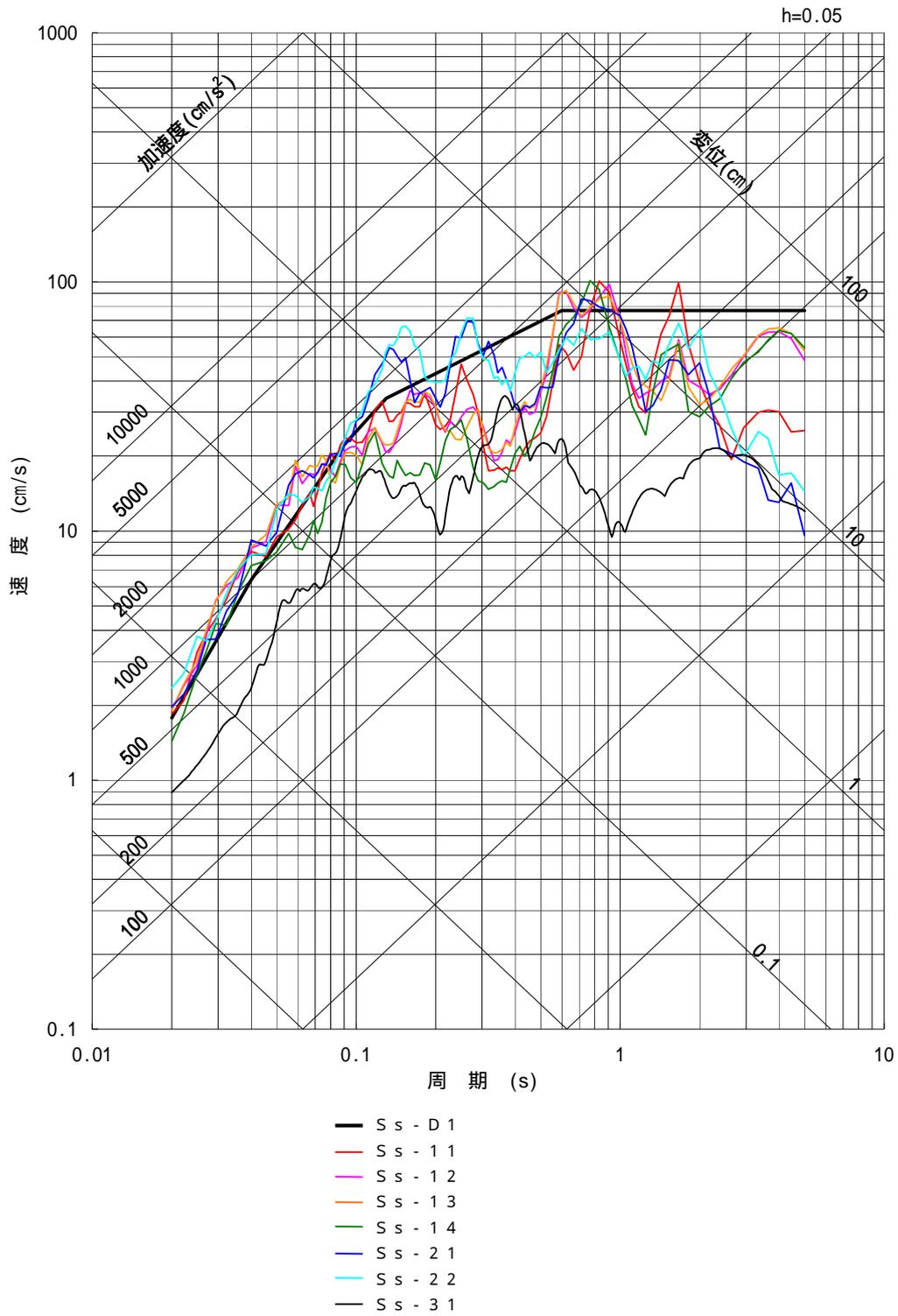
2.1 東海第二発電所の基準地震動 S_s

東海第二発電所の基準地震動 S_s は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価して、これらの評価結果に基づき策定している。「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としては、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施し、その結果を踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動として基準地震動 $S_s - D1$ 、断層モデルを用いた地震動として $S_s - 11 \sim S_s - 14$ 、 $S_s - 21$ 、 $S_s - 22$ を策定している。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動 $S_s - 31$ を策定している。

基準地震動 S_s の水平方向のスペクトル図を第 2 - 1 図に、鉛直方向のスペクトル図を第 2 - 2 図に示す。



第 2 - 1 図 (2 / 2) 基準地震動 S_s の応答スペクトル (E W 方向)



第 2 - 2 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (鉛直方向)

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

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は、複数の基準地震動 S_s における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し、本影響評価に用いる。

6. 水平 2 方向入力時の影響評価について（矩形配置されたボルト）

6.1 はじめに

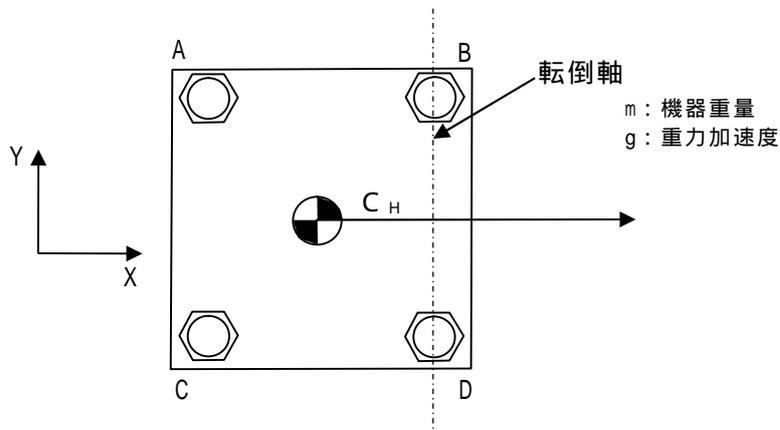
本項は，水平 2 方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては，弱軸方向に応答し水平 2 方向地震力による影響が軽微であるため，機器の形状を正方形として検討を行った。

6.2 引張応力への影響

水平 1 方向に地震力が作用する場合と水平 2 方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお，簡単のため機器の振動による影響は考えないこととする。

(1) 水平 1 方向に地震力が作用する場合

第 6 - 1 図のように X 方向に震度 C_H が与えられる場合を考慮する。



第 6 - 1 図 水平 1 方向の地震力による応答（概要）

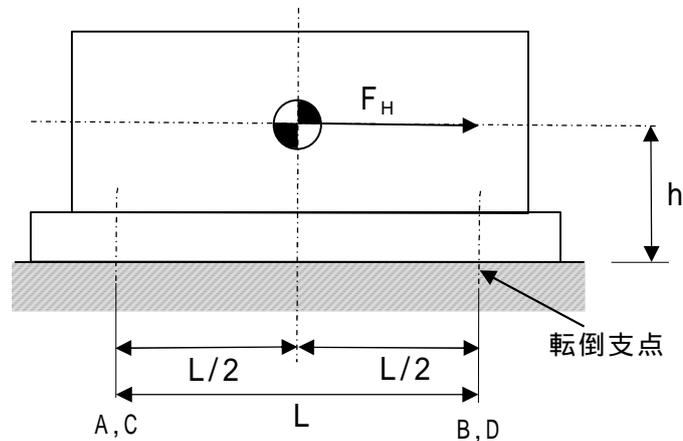
この場合，対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は，

$$F_H = mg C_H$$

と表せ， F_H によるボルト B とボルト D の中心を結んだ軸を中心に転倒

モーメントを生じる。この転倒モーメントはボルト A , C により負担される。

このとき，系の重心に生じる力は，第 6 - 2 図に示すとおりである。



第 6 - 2 図 水平 1 方向の地震力による力

第 6 - 2 図より，水平方向地震動による引張力は

$$F_b = \frac{1}{L} (mg C_H h)$$

である。

ボルトに発生する引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A_b のボルト n_f 本で受けると考え，

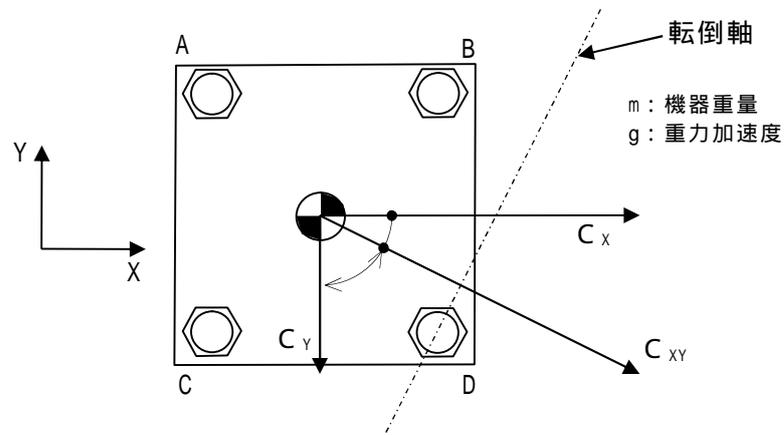
$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

となる。

(2) 水平 2 方向に地震力が作用する場合

第 6 - 3 図のように X 方向と Y 方向にそれぞれ震度 C_x , C_y が作用する場合を考慮する。なお，本検討においては，X 方向と Y 方向に同時に最大

震度が発生する可能性は低いと考え X 方向の震度と Y 方向の震度を 1:0.4
 ($0.4 C_x = C_y$) と仮定する。



第 6 - 3 図 水平 2 方向の地震力による応答 (概要)

この時 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4}{10}\right)$ であることから、水平方向の震度 C_{xy} は

$$\begin{aligned} C_{xy} &= C_x \cos \theta + C_y \sin \theta \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_x + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_y \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x \end{aligned}$$

と表される。この時、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は、

$$F_H = mg C_{xy} = mg \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x$$

となる。この F_H により、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルト A, B, C により負担される。

水平 2 方向の地震力を受け対角方向に応答する場合、各ボルトにかかる引

張力を F_A, F_B, F_C とし、第 6 - 4 図に示すようにボルト D の中心を通る直線を転倒軸とすると、

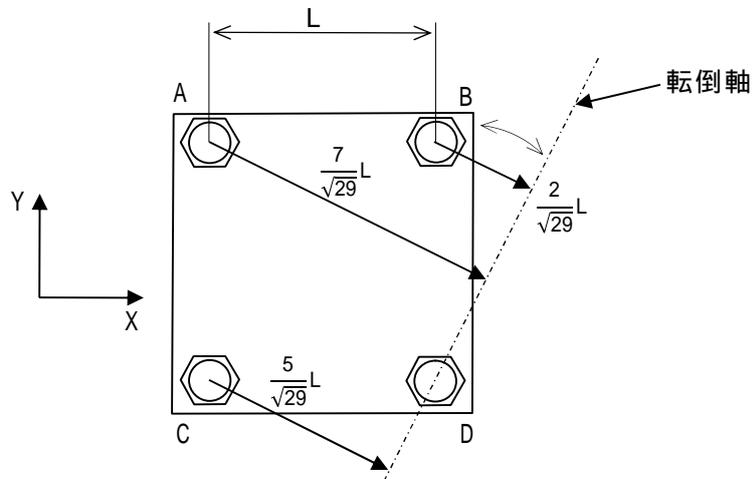
転倒軸からの距離により、

$$F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$$

であり、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメント M は、

$$\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \\ &= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \end{aligned}$$

である。



第 6 - 4 図 対角方向に応答する場合の転倒軸から距離

転倒しない場合、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメント M と水平方向地震力モーメントが釣り合っているので、

$$mg C_{XY} h = \frac{78}{7\sqrt{29}} LF_A$$

であり，引張力 F_A は以下のとおりとなる。

$$F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L} (mg C_{XY} h)$$

以上より，最も発生応力の大きいボルト A に発生する応力 σ'_b は

$$\sigma'_b = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_b L} (mg C_{XY} h)$$

であり，水平 1 方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{1}{2A_b L} (mg C_H L)$$

に対して，震度 $C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_H$ であることから

$$\begin{aligned} \sigma'_b &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} (mg C_{XY} h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} (mg C_H h) \\ &= \frac{40.6}{39} \sigma_b \\ &= 1.04 \sigma_b \end{aligned}$$

となる。したがって，水平 2 方向入力時を考慮した場合，ボルトに発生する引張応力は増加するが，その影響は軽微と考えられる。

6.3 せん断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するため，全ボルトに対するせん断力 F_b は，

$$F_b = F_H$$

であり、せん断応力 σ_b は断面積 A_b のボルト本数 n でせん断力 F_b を受けるため、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{nA_b}$$

となる。

水平 1 方向の地震力を考慮した場合のせん断力 F_b 及び水平 2 方向の地震力を考慮した場合のせん断力 F_b' はそれぞれ、

$$F_b = mg C_x$$

$$F_b' = mg \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x = 1.08mg C_x$$

$$= 1.08 F_b$$

となる。水平 1 方向及び水平 2 方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平 2 方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微と考えられる。

水平 2 方向の震度比として 1:0.4 を適用する場合は、本検討手法の妥当性を示した上で適用する。

3.3 屋外重要土木構造物

3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

従来設計手法の考え方について，RC構造物である取水構造物を例に第3 - 3 - 1表に示す。

一般的な地上構造物では，躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し，屋外重要土木構造物は，概ね地中に埋設されているため，動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。また，屋外重要土木構造物は，比較的単純な構造部材の配置で構成され，ほぼ同一の断面が奥行き方向に連続する構造的特徴を有することから，3次元的な応答の影響は小さいため，2次元断面での耐震評価を行っている。

屋外重要土木構造物は，主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため，通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから，構造上の特徴として，明確な弱軸，強軸を有する。

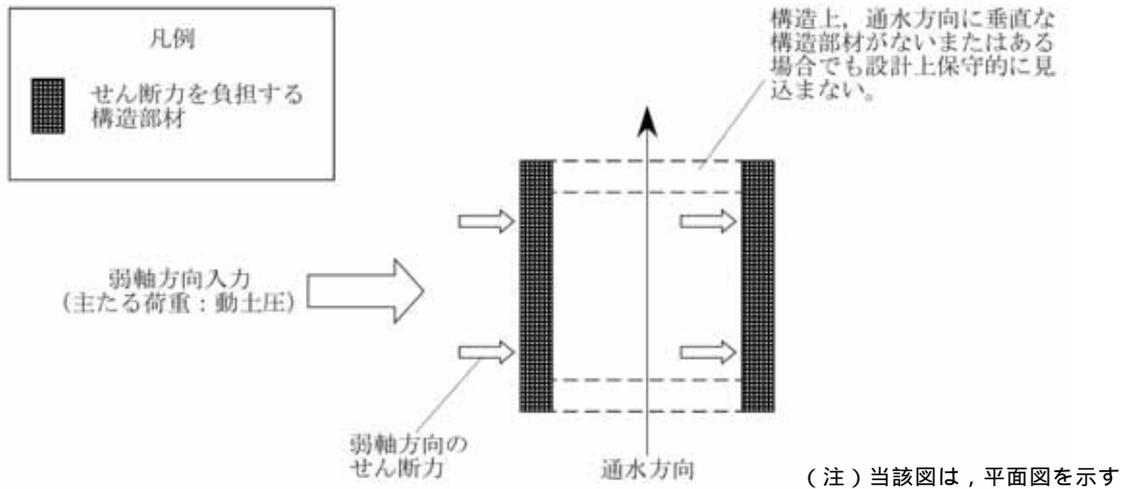
強軸方向の地震時挙動は，弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから，従来設計手法では，弱軸方向を評価対象断面として，耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第3 - 3 - 1図に示すとおり，従来設計手法では，屋外重要土木構造物の構造上の特徴から，弱軸方向の地震荷重に対して保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず，垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計している。

なお，屋外重要土木構造物のうち，既設構造物は取水構造物と屋外二重管（基礎部除く）であり，それ以外の構造物は新設構造物である。ここでは，既設構造物，新設構造物の両方について検討を行う。

第 3 - 3 - 1 表 従来設計における評価対象断面の考え方（取水構造物の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計 の評価対 象断面の 考え方	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な壁部材が少ない</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>	<p>取水方向</p> <p>加振方向</p> <p>加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができる</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>



第 3 - 3 - 1 図 従来設計手法の考え方

3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、屋外重要土木構造物である、取水構造物及び屋外二重管並びに波及影響防止のために耐震評価する土木構造物とする。また、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の間接支持構造物のうち常設代替高圧電源装置置場、常設代替高圧電源装置用カルバート、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、緊急用海水ポンプピット、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎並びに重大事故時における海水の通水構造物のうちS A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A用海水ピット及び緊急用海水取水管も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし、評価対象に含める。

屋外重要土木構造物を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

抽出された構造物については、従来設計手法での評価対象断面の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し、適切に組み合わせることで、水平2方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり、水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第3-3-2図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

構造形式の分類

評価対象構築物について、各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

荷重の組合せによる応答特性が想定される構造物形式の抽出

で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。

従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響により3次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

従来設計手法の妥当性の確認

で抽出された箇所が、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し、適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

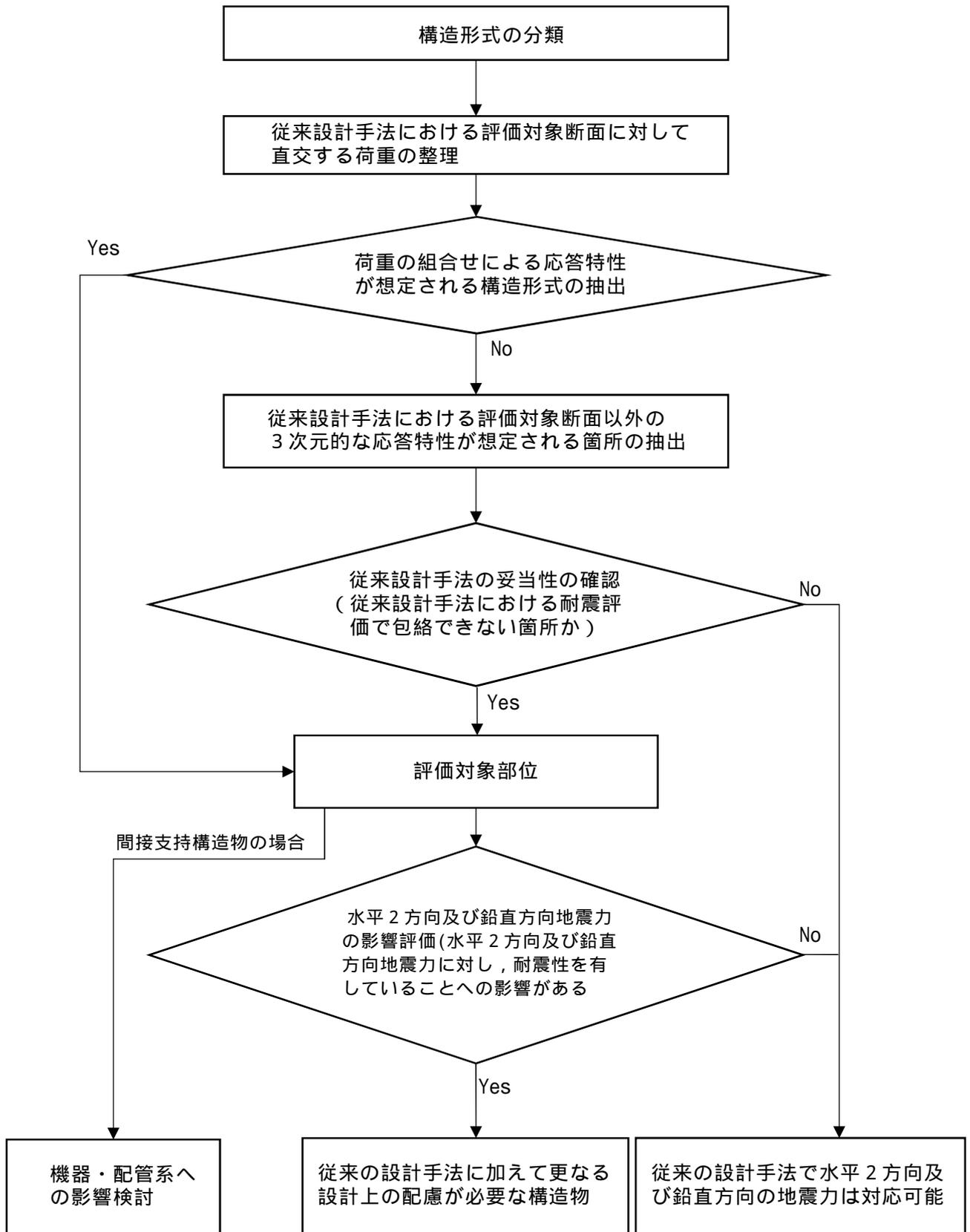
評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮し選定する。

機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、及び の精査にて、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



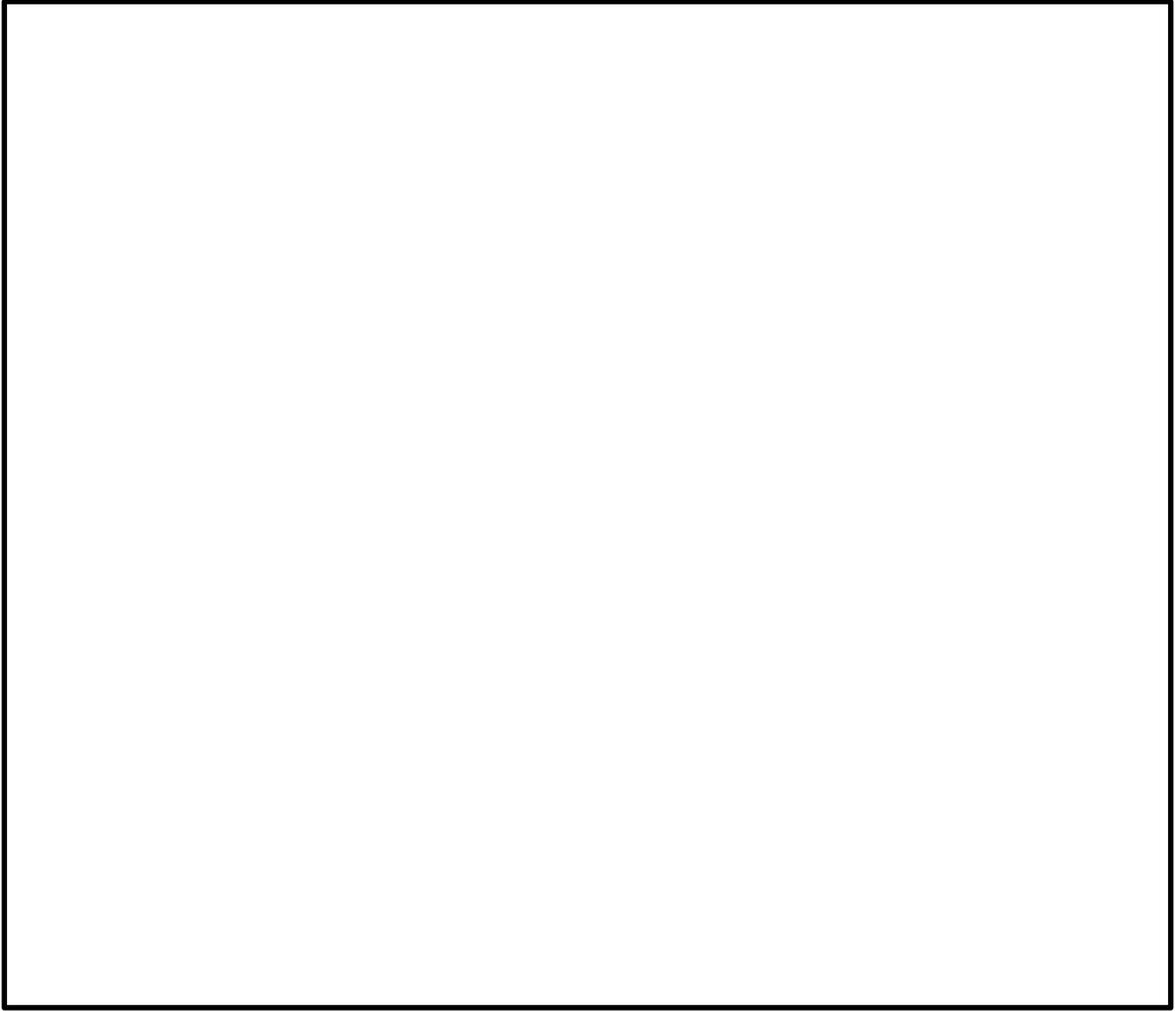
第 3 - 3 - 2 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

第3-3-3図に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より1)取水構造物、常設代替高圧電源装置置場、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、緊急用海水ポンプピット、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎のような箱型構造物、2)常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部、カルバート部)、常設低圧代替注水系配管カルバート及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのような線状構造物、3)代替淡水貯槽、S A用海水ピット取水塔及びS A用海水ピットのような円筒状構造物、4)屋外二重管基礎コンクリートのような梁状構造物、5)取水構造物、屋外二重管、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の鋼管杭基礎、並びに6)屋外二重管、海水引込み管及び緊急用海水取水管のような管路構造物の6つに大別される。



第 3 - 3 - 3 図 屋外重要土木構造物配置図

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第3-3-2表に、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第3-3-2表 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ(注)
㊦動土圧 及び動水 圧	従来設計手法における 評価対象断面に対し て、平行に配置される 構造部材に作用する動 土圧及び動水圧	
㊧摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間 で生じる相対変位に伴 い発生する摩擦力	
㊨慣性力	躯体に作用する慣性力	

(注) 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第3-3-3表に、3.3.4(1)で整理した構造形式毎に、3.3.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.4(2)で整理した荷重のうち①摩擦力や②慣性力は、③動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、③動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

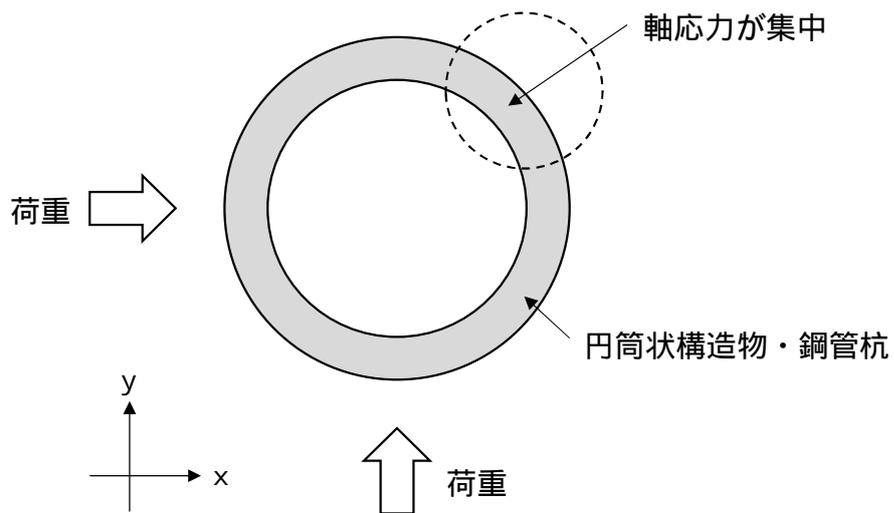
線状構造物については、その構造上の特徴として、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さない若しくは妻側（小口）の面積が小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧は作用しない。

箱型構造物は、妻壁等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧が作用する。

同様に、梁状構造物は、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する③動土圧及び動水圧が構造物側面に作用する。

円筒状構造物及び鋼管杭基礎は、第3-3-4図に示すように水平2方向入力による応力の集中が考えられる。

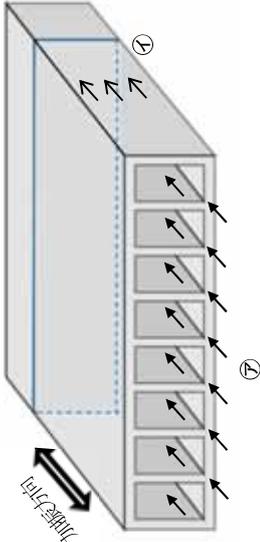
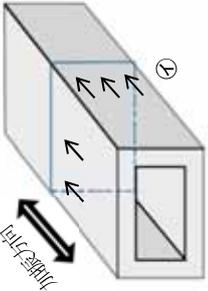
管路構造物については、従来設計手法において管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。



第 3 - 3 - 4 図 円筒状構造物・鋼管杭基礎に係る応答特性

以上のことから，荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として，従来評価手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する箱型構造物及び梁状構造物ならびに水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる円筒状構造物，鋼管杭基礎及び管路構造物を抽出する。

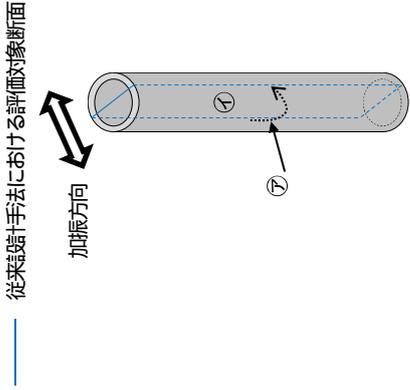
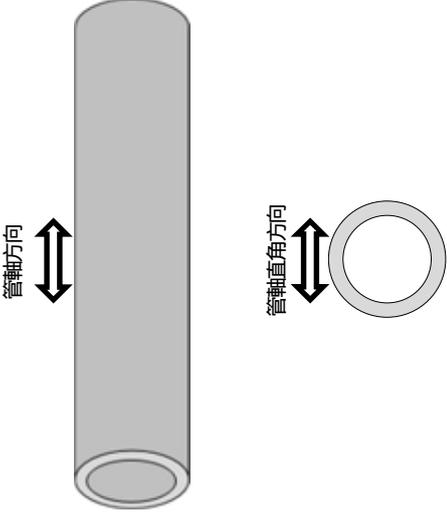
第3-3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出(1/3)

<p>3.3.4(1)で整理した構造形式の分類</p>	<p>1)箱型構造物 (取水構造物等)</p> <p>—— 従来設計手法における評価対象断面(弱軸に平行な断面)</p>  <p>(注)⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>2)線状構造物 (常設低圧代替注水系配管カルバート等)</p> <p>—— 従来設計手法における評価対象断面(弱軸に平行な断面)</p>  <p>(注)⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>																		
<p>3.3.4(2)で整理した荷重の作用状況</p>	<table border="1"> <tr> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> <td>主に妻壁に作用</td> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>①摩擦力</td> <td>側壁に作用</td> <td>①摩擦力</td> <td>側壁, 頂版に作用</td> </tr> <tr> <td>⑦慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> <td>⑦慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	⑦動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	⑦動土圧及び動水圧	作用しない	①摩擦力	側壁に作用	①摩擦力	側壁, 頂版に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用	<table border="1"> <tr> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> <td>作用しない</td> </tr> <tr> <td>①摩擦力</td> <td>側壁, 頂版に作用</td> </tr> <tr> <td>⑦慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table>	⑦動土圧及び動水圧	作用しない	①摩擦力	側壁, 頂版に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用
⑦動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	⑦動土圧及び動水圧	作用しない																	
①摩擦力	側壁に作用	①摩擦力	側壁, 頂版に作用																	
⑦慣性力	全ての部材に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用																	
⑦動土圧及び動水圧	作用しない																			
①摩擦力	側壁, 頂版に作用																			
⑦慣性力	全ての部材に作用																			
<p>従来設計手法における評価対象断面における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材(妻壁)を有し, ⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材(妻壁)を有し, ⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</p>																		
<p>抽出結果 (: 影響検討実施)</p>		<p style="text-align: center;">x</p>																		

第3-3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出(2/3)

3.3.4(1)で整理した 構造形式の分類	3)円筒状構造物 (代替淡水貯槽等)	4)梁状構造物 (屋外二重管基礎コンクリート)												
3.3.4(2)で整理した 荷重の作用状況	<p>(注)①慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>(注)①慣性力はすべての構造部材に作用</p>												
従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度	<table border="1"> <tr> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> </tr> <tr> <td>①摩擦力</td> <td>①摩擦力</td> </tr> <tr> <td>④慣性力</td> <td>④慣性力</td> </tr> </table> <p>胴体部において、⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	⑦動土圧及び動水圧	⑦動土圧及び動水圧	①摩擦力	①摩擦力	④慣性力	④慣性力	<table border="1"> <tr> <td>⑦動土圧及び動水圧</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>①摩擦力</td> <td>主に胴体部に作用</td> </tr> <tr> <td>④慣性力</td> <td>全ての部材に作用</td> </tr> </table> <p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行な側面に、 ⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	⑦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	①摩擦力	主に胴体部に作用	④慣性力	全ての部材に作用
⑦動土圧及び動水圧	⑦動土圧及び動水圧													
①摩擦力	①摩擦力													
④慣性力	④慣性力													
⑦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用													
①摩擦力	主に胴体部に作用													
④慣性力	全ての部材に作用													
抽出結果 (: 影響検討実施)														

第 3 - 3 - 3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (3 / 3)

<p>3.3.4 (1) で整理した 構造形式の分類</p>	<p>5) 鋼管杭基礎 (取水構造物等の杭基礎)</p> 	<p>6) 管路構造物 (屋外二重管等)</p>
<p>3.3.4 (2) で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>① 動土圧及び動水圧 主に胴体部に作用 ② 摩擦力 主に胴体部に作用 ③ 慣性力 全ての部材に作用</p> <p>胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、及び上部工からの荷重が作用するため影響大。</p>	<p>管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力の組合せが考慮されている</p> 
<p>従来設計手法における 評価対象断面に対して 直交する荷重の影響度</p>		
<p>抽出結果 (: 影響検討実施)</p>		

(4) 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

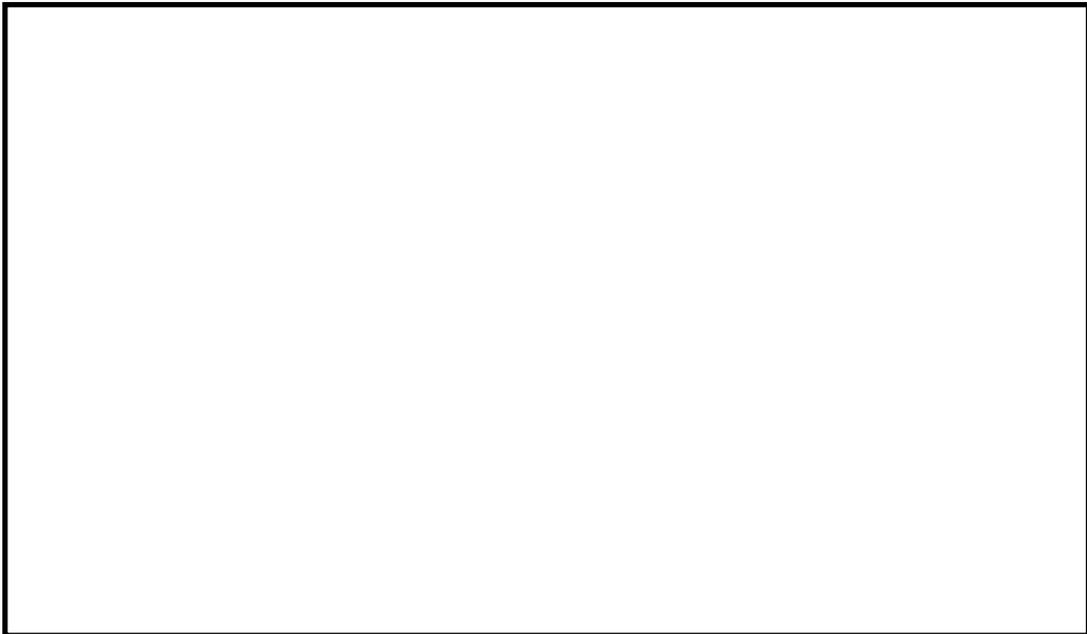
(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について，構造物ごとの平面・断面図を以下に示す。各構造物の構造，地盤条件等を考慮した上で，従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。

a)常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）

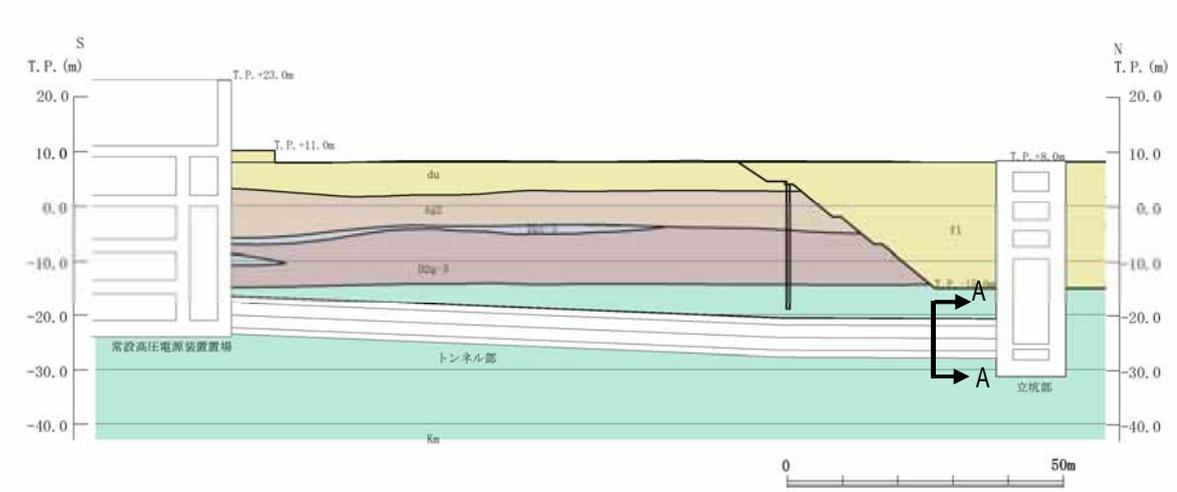
【線状構造物】

第3-3-5図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，第3-3-6図及び第3-3-7図に常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の断面図を示す。

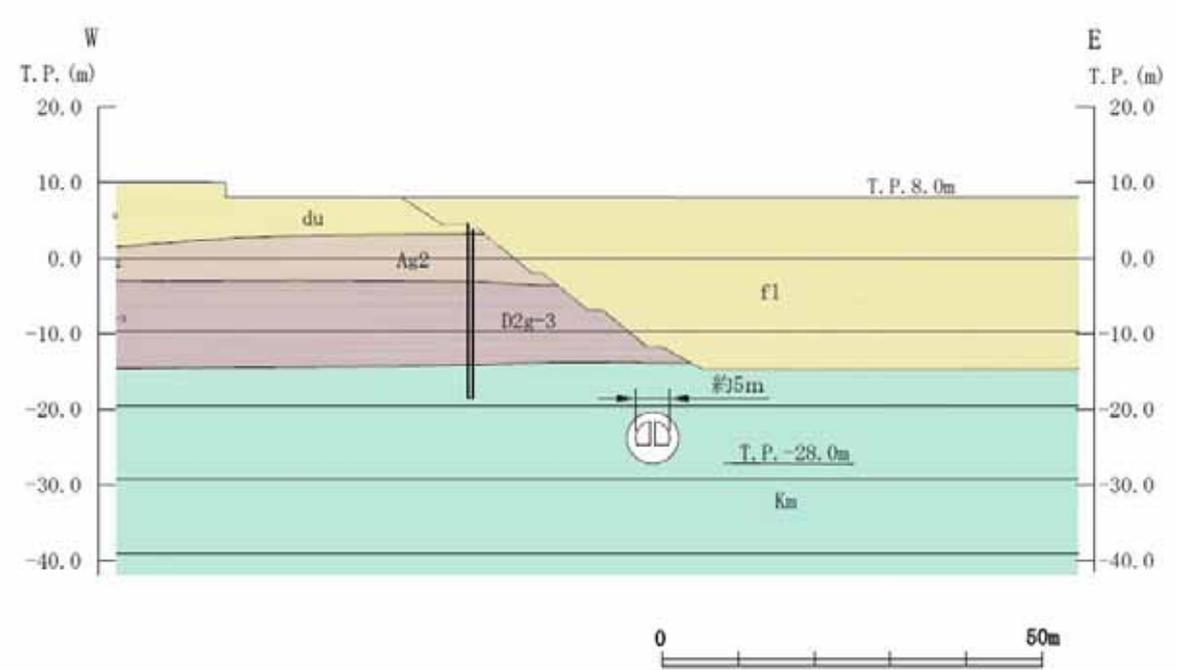
当該トンネルは，断面変化がほとんどないが，緩やかな曲線部が計画されている。第3-3-8図（施工目地の割り付け概念図）に示すように，適切な間隔で施工目地を設けることにより，構造物に応力集中が発生しないような設計方針とする。なお，施工目地の間隔は，トンネルの適用事例が多い「トンネル標準示方書：土木学会」に基づき決定する。



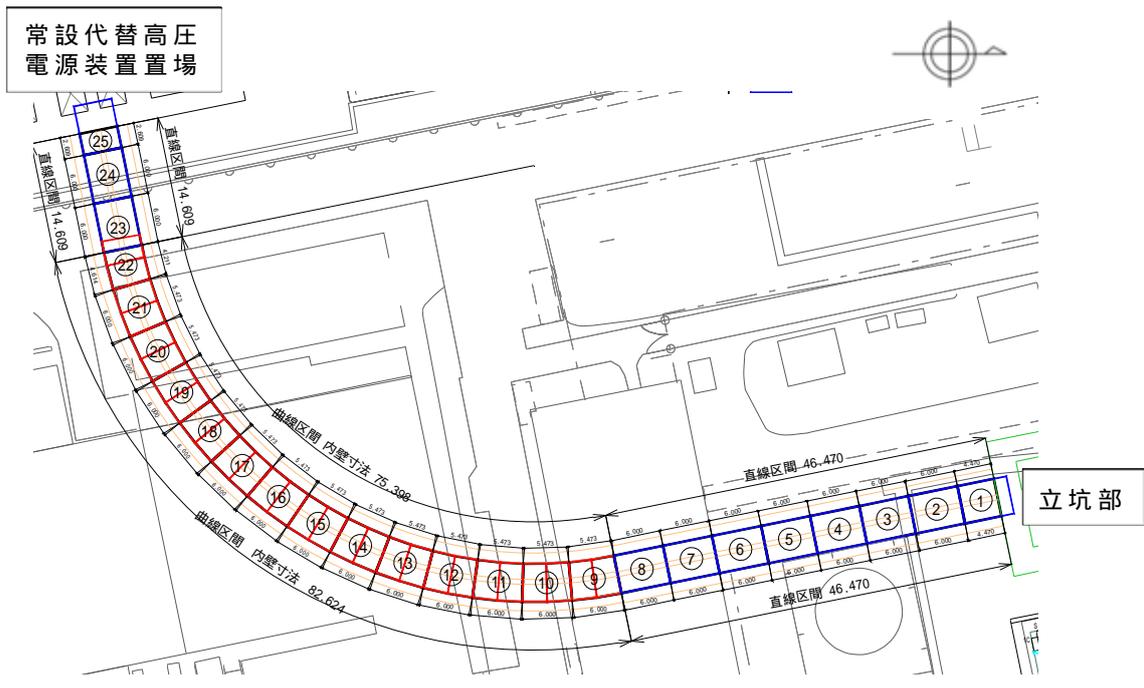
第3-3-5図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3 - 3 - 6 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
縦断面図



第 3 - 3 - 7 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
横断面図



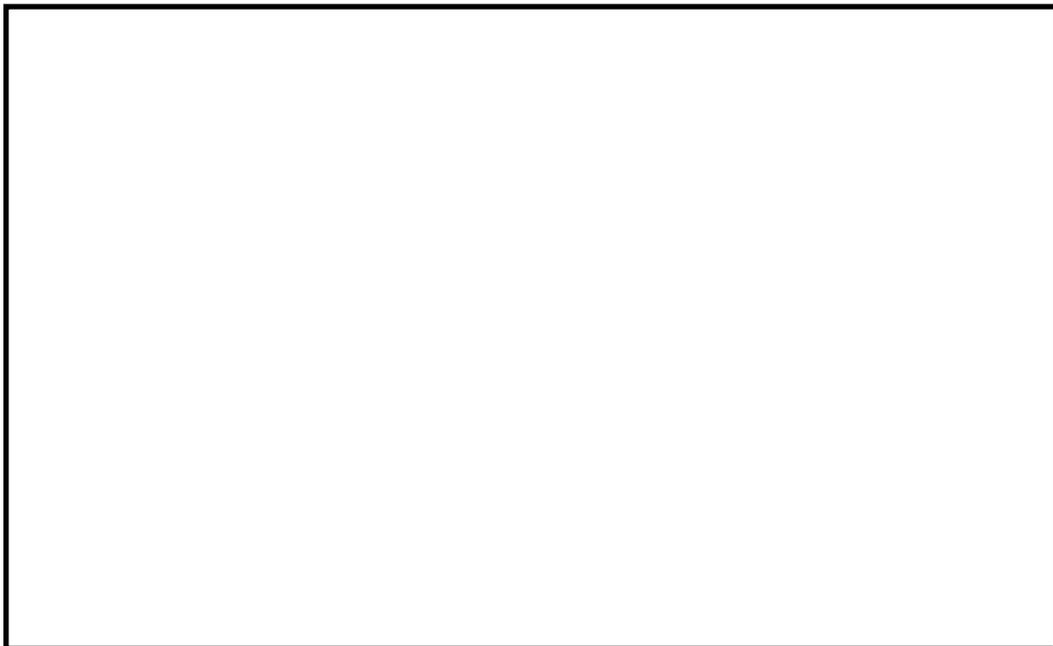
第 3 - 3 - 8 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
 施工目地の割り付け概念図

b)常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

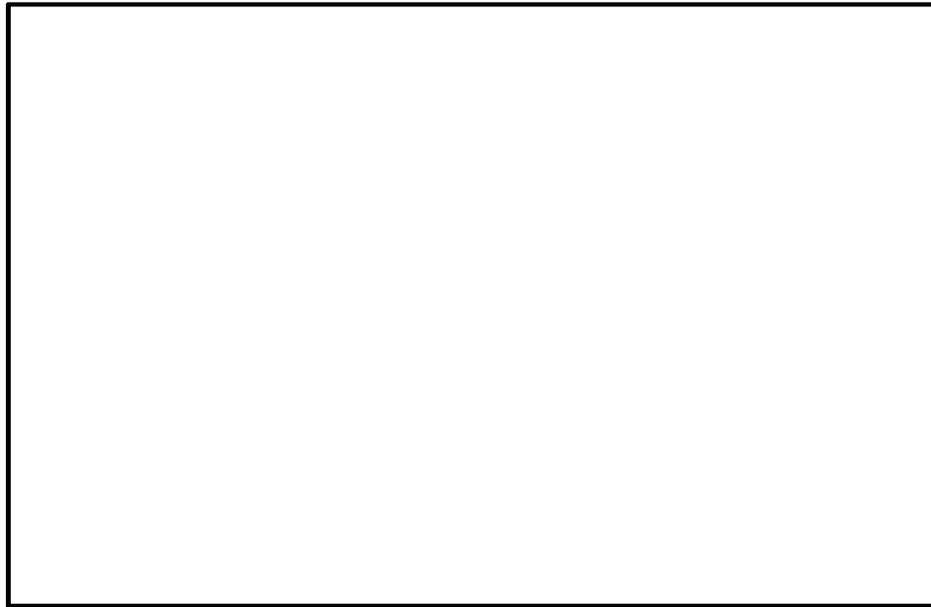
【線状構造物】

第3-3-9図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，第3-3-10図及び第3-3-11図に常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の平面図及び断面図を示す。

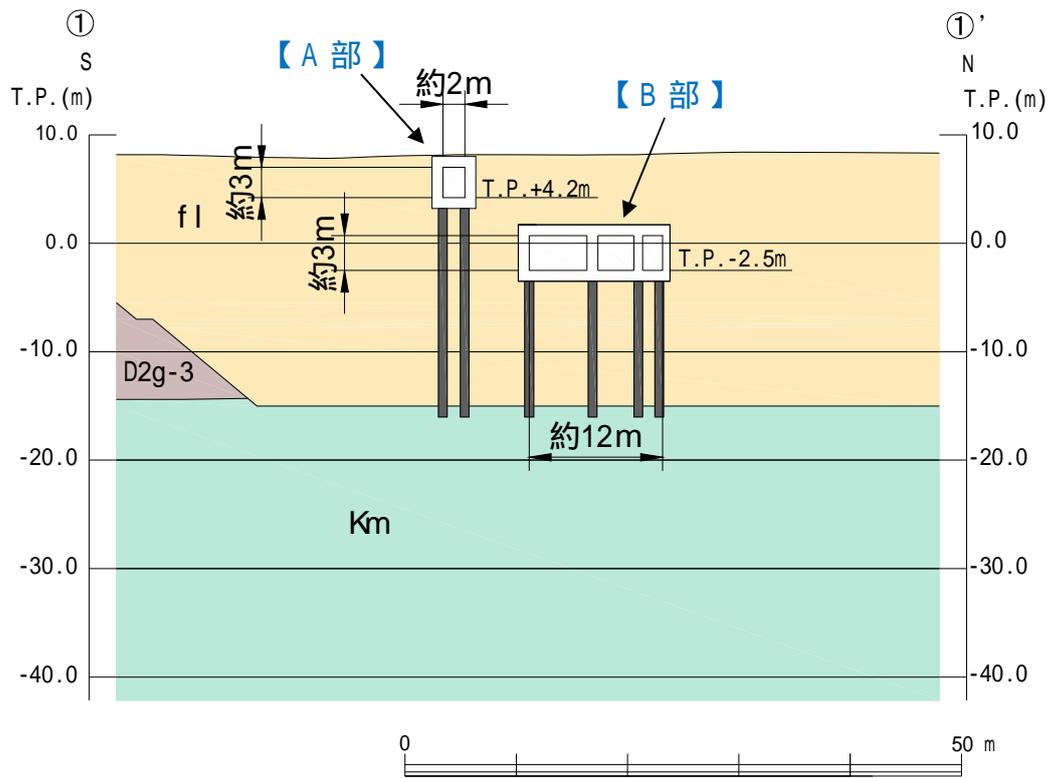
内空幅約2m，内空高さ約3mのカルバート部【A部】は，断面変化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げの影響をほとんど受けない。一方，内空幅約12m，内空高さ約3mのカルバート部【B部】は，内空寸法はほぼ一様であるが屈曲部（隅角部）を有するため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。



第3-3-9図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3 - 3 - 10 図 常設代替高圧電源装置用カルバート
(カルバート部) 平面図



第 3 - 3 - 11 図 常設代替高圧電源装置用カルバート
(カルバート部) 断面図 (- ' 断面)

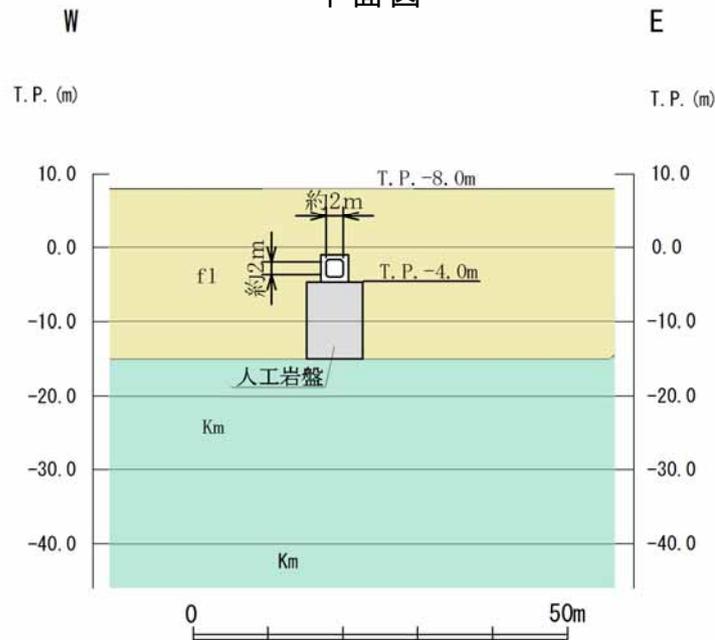
c) 常設低圧代替注水系配管カルバート【線状構造物】

第 3 - 3 - 12 図及び第 3 - 3 - 13 図に常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は，断面変化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げの影響をほとんど受けない。



第 3 - 3 - 12 図 常設低圧代替注水系配管カルバート
平面図



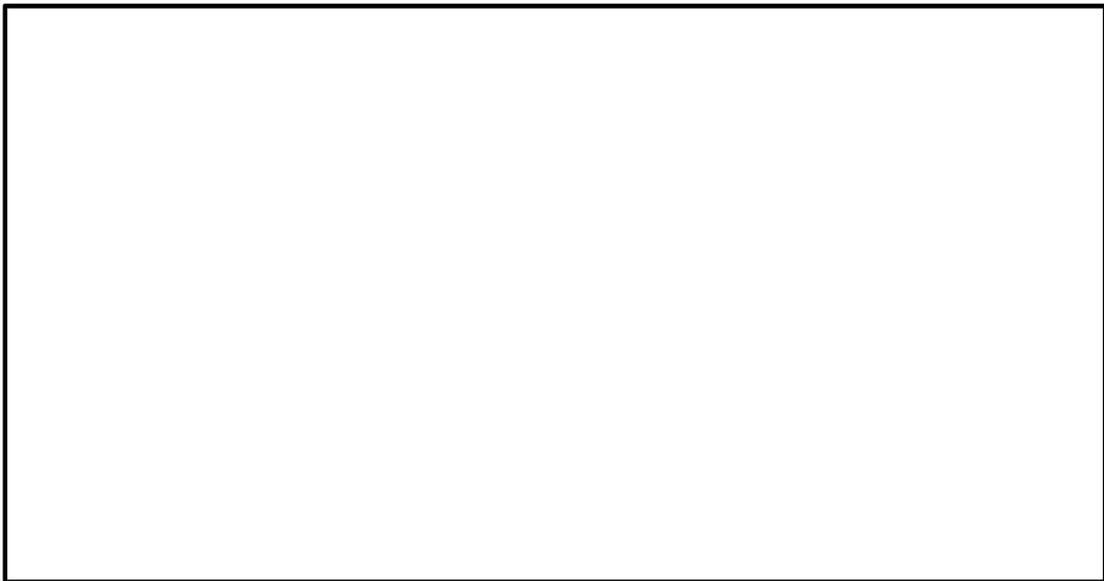
第 3 - 3 - 13 図 常設低圧代替注水系配管カルバート
断面図（東西断面）

d) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート（上部工）

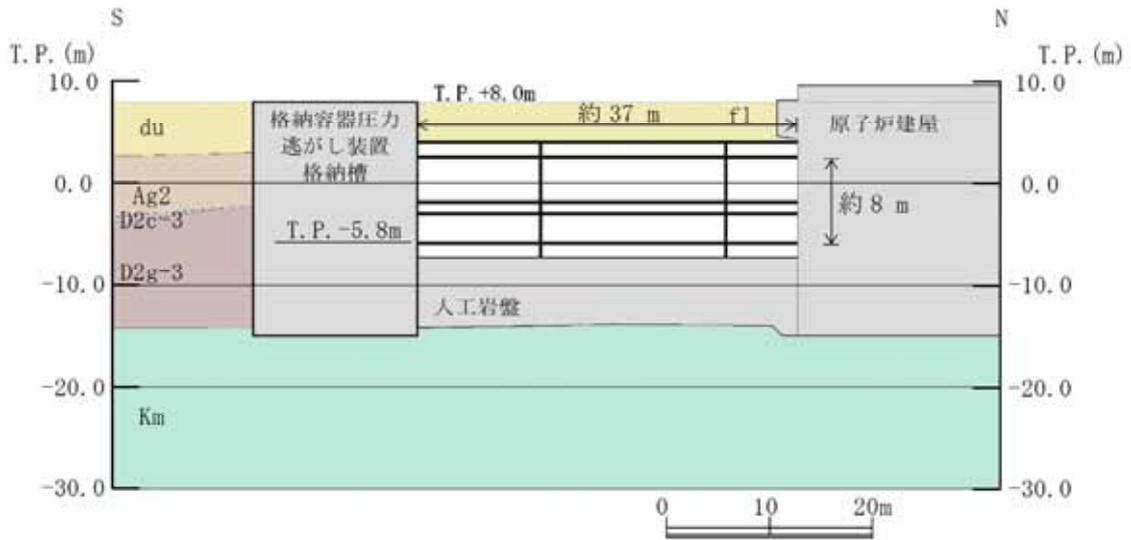
【線状構造物】

第 3 - 3 - 14 図，第 3 - 3 - 15 図及び第 3 - 3 - 16 図に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

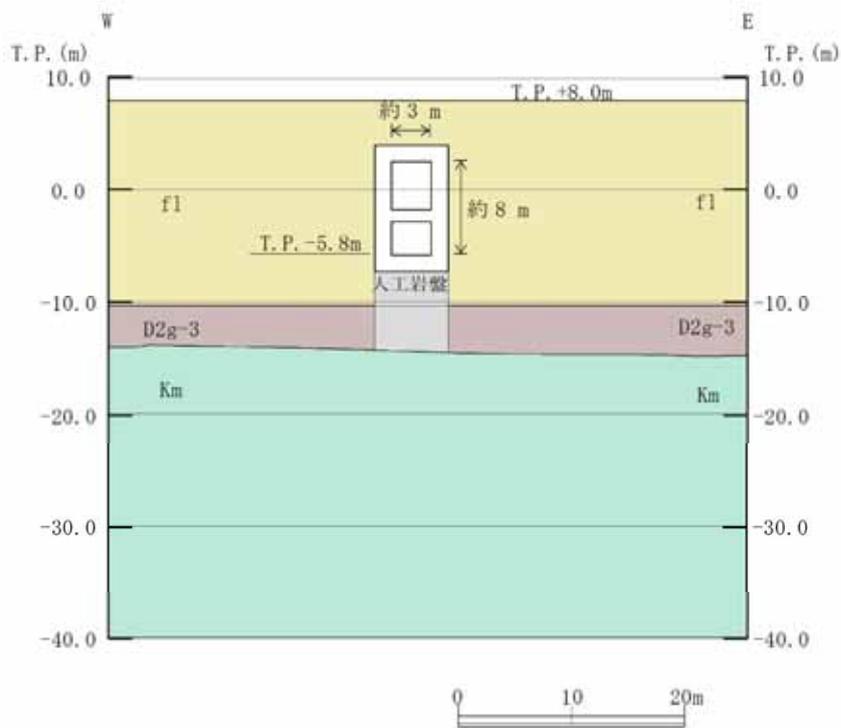
当該構造物は，断面変化があり屈曲部を有するため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。



第 3 - 3 - 14 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート平面図



第 3 - 3 - 15 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート断面図 (A - A 断面)



第 3 - 3 - 16 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート断面図 (B - B 断面)

線状構造物として大別した常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、構造物の配置上、屈曲部を有する。線状構造物の屈曲部では、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

以上のことから、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの屈曲部について水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する。

(5) 従来設計手法の妥当性の確認

i) 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）【B部】の従来設計では，第3-3-4表に示す通り，屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず，保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）は，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，躯体が底面で拘束されていることから，屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）における屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は，従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3-3-4表 屈曲部における3次元的な拘束効果
（常設代替高圧電源装置用カルバート）

--

ii) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの従来設計では，第3-3-5表に示す通り，屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず，保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，躯体が底面で拘束されていることから，屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は，従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3-3-5表 屈曲部における3次元的な拘束効果
（格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート）

--

3.3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.4 の検討を踏まえ，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として，構造及び作用荷重の観点から，箱型構造物，梁状構造物，円筒状構造物及び鋼管杭基礎を抽出する。なお，管路構造物については，従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っているため対象外とする。

箱型構造物，円筒状構造及び鋼管杭基礎については，構造物の規模等を考慮し（第 3 - 3 - 6 表），箱型構造物の代表構造物（施設）として常設代替高圧電源装置置場，円筒状構造の代表構造物（施設）として代替淡水貯槽及び SA 用海水ピット，鋼管杭基礎の代表構造物（施設）として取水構造物を選定し，影響評価を行う。第 3 - 3 - 17 図から第 3 - 3 - 34 図に各構造物の概要図を示す。

梁状構造物は屋外二重管基礎コンクリートのみであることから，当該構造物にて影響評価を行う。

第 3 - 3 - 6 表 代表構造物の選定検討表 (1 / 2)

構造形式	構造物 (施設) 名	規模			選定理由
		長辺	短辺	高さ	
箱型	取水構造物	約56m	約43m	約12m	
	常設代替高圧電源装置置場	約56m	約46m	約47m	長辺・短辺・高さが最大
	常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部)	約15m	約11m	約39m	
	常設低圧代替注水系ポンプ室	約15m	約11m	約30m	
	緊急用海水ポンプピット	約12m	約12m	約36m	
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約12m	約7m	約7m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) ・ (南側)	約17m	約15m	約7m	
円筒状	代替淡水貯槽	直径 約20m		約22m	直径が最大
	SA用海水ピット	直径 約14m		約34m	高さが最大
	SA用海水ピット取水塔	直径 約8m		約21m	

緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

第 3 - 3 - 6 表 代表構造物の選定検討表 (2 / 2)

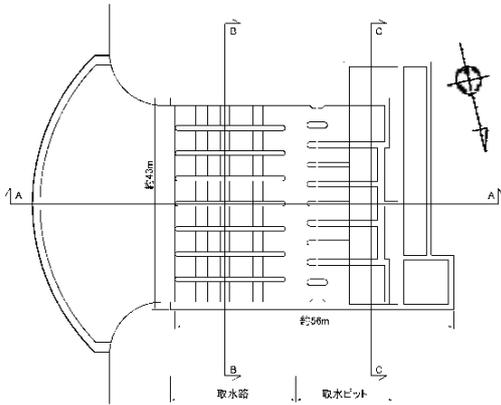
構造形式	構造物 (施設) 名	上部工規模			鋼管杭	選定理由
		長辺	短辺	高さ	長さ(最大)	
鋼管杭基礎	取水構造物	約56m	約43m	約12m	約43m	上部工の長辺・短辺、杭長さが最大
	屋外二重管 ^{注)}	約10m	約4m	約3m	約42m	
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約12m	約7m	約7m	約33m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側)	約17m	約15m	約7m	約33m	
	可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側)	約17m	約15m	約7m	約15m	

注) 屋外二重管の上部工規模は基礎コンクリートの寸法

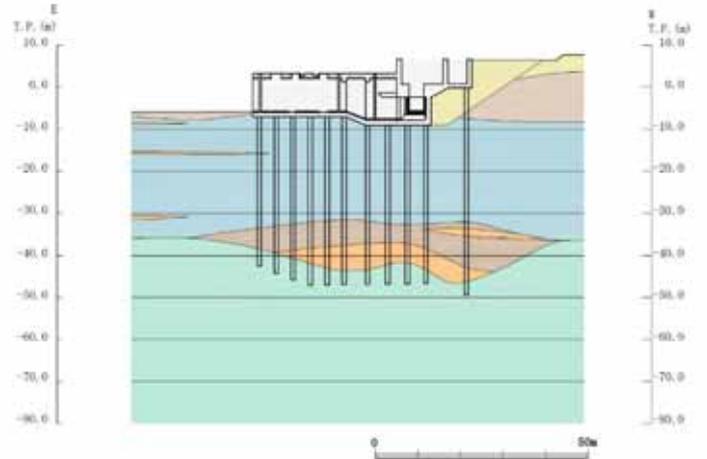
緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

a) 取水構造物 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎の代表】

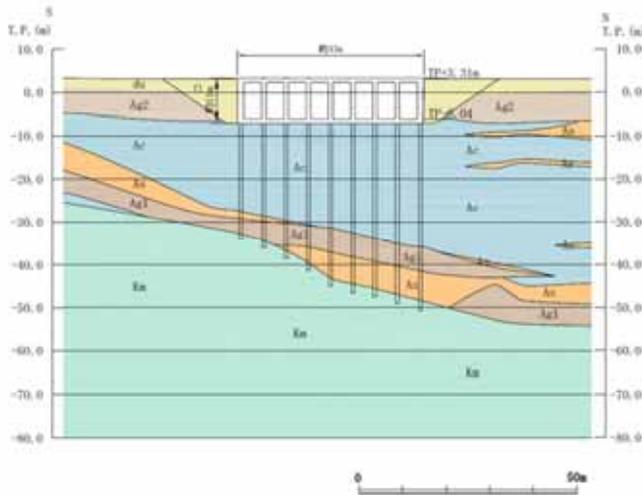
第 3 - 3 - 17 図から第 3 - 3 - 20 図に取水構造物の平面図及び断面面図を示す。



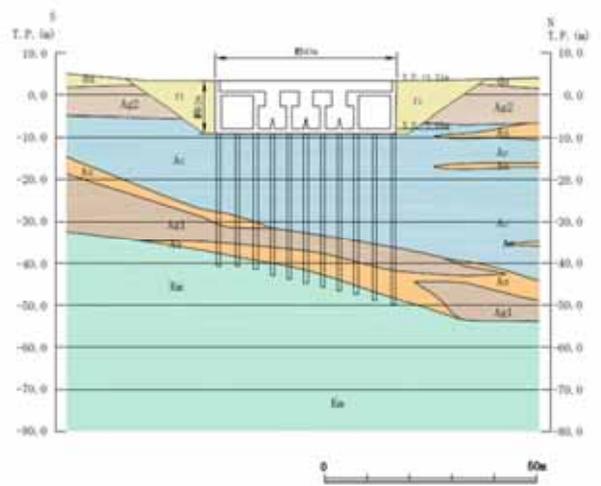
第 3 - 3 - 17 図 取水構造物
平面図



第 3 - 3 - 18 図 取水構造物
縦断面図 (A - A 断面)



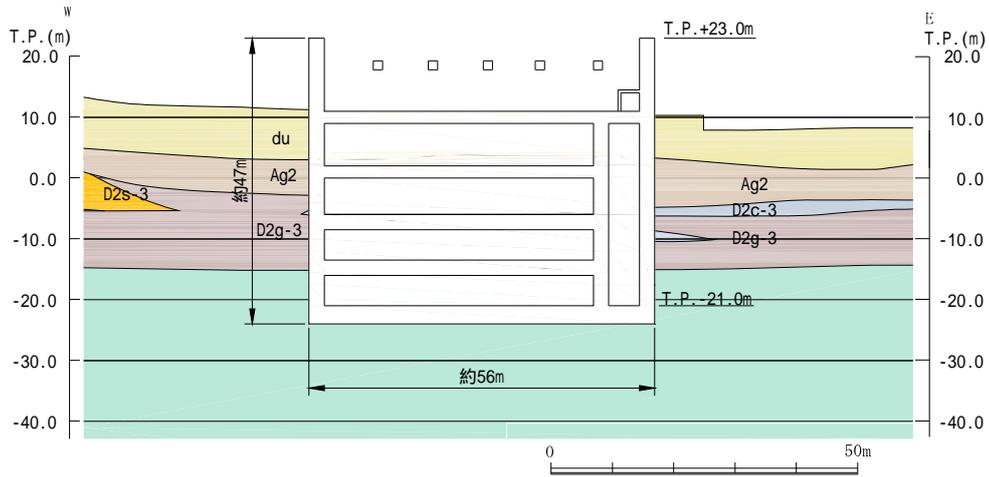
第 3 - 3 - 19 図 取水構造物
縦断面図 (B - B 断面)



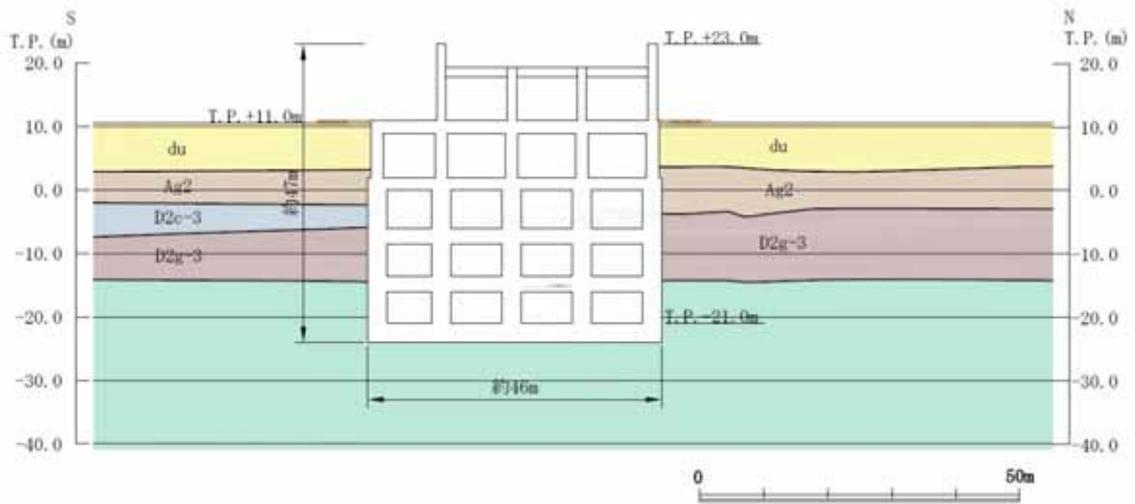
第 3 - 3 - 20 図 取水構造物
縦断面図 (C - C 断面)

b) 常設代替高圧電源装置置場 【箱型構造物の代表】

第 3 - 3 - 21 図及び第 3 - 3 - 22 図に常設代替高圧電源装置置場の断面図を示す。



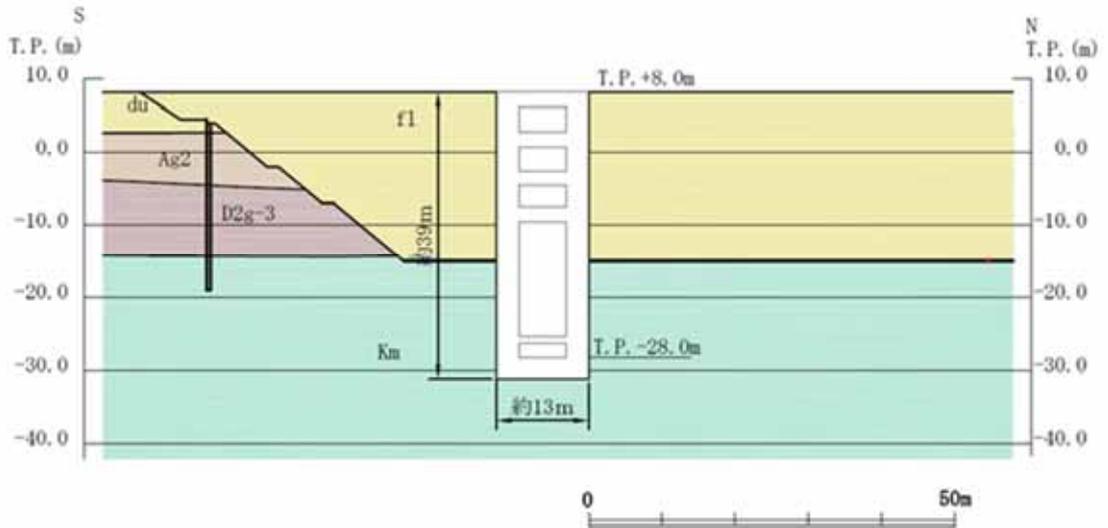
第 3 - 3 - 21 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図（東西断面）



第 3 - 3 - 22 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図（南北断面）

c) 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）【箱型構造物】

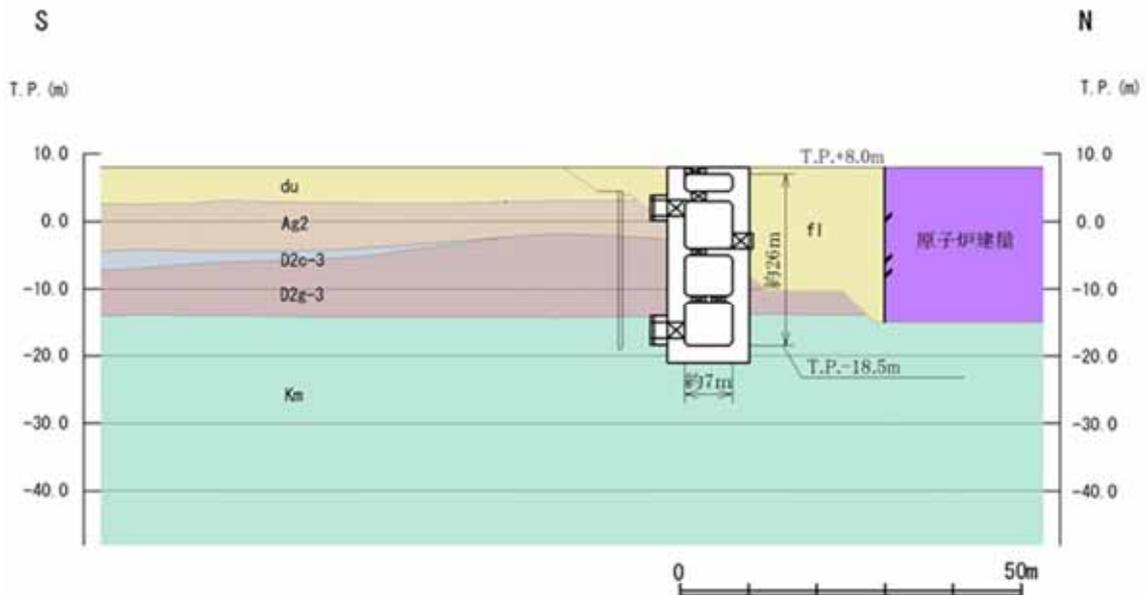
第 3 - 3 - 23 図に常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の断面図を示す。



第 3 - 3 - 23 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図

d) 常設低圧代替注水系ポンプ室 【箱型構造物】

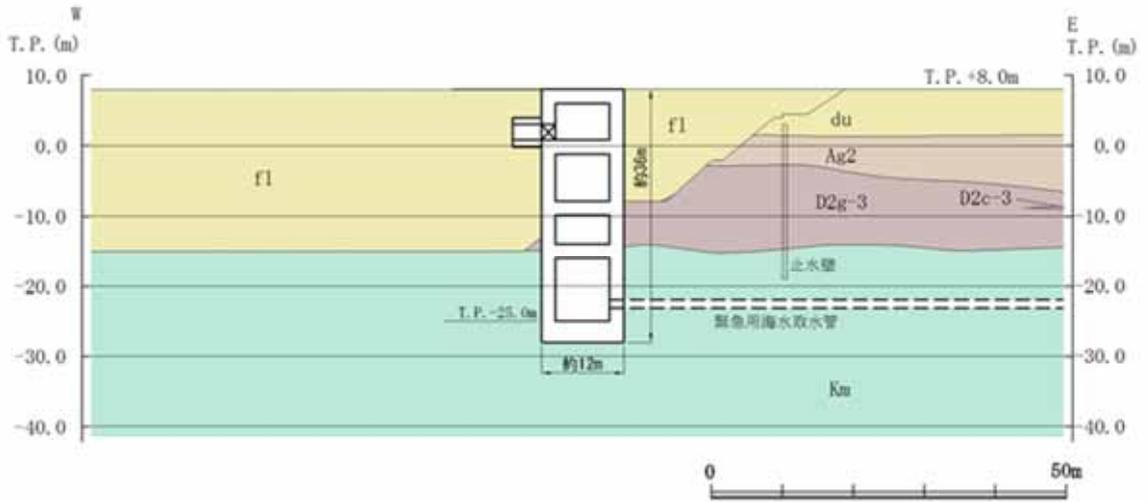
第 3 - 3 - 24 図に常設低圧代替注水系ポンプ室の断面図を示す。



第 3 - 3 - 24 図 常設低圧代替注水系ポンプ室
断面図（南北断面）

e) 緊急用海水ポンプピット 【箱型構造物】

第 3 - 3 - 25 図に緊急用海水ポンプピットの断面図を示す。

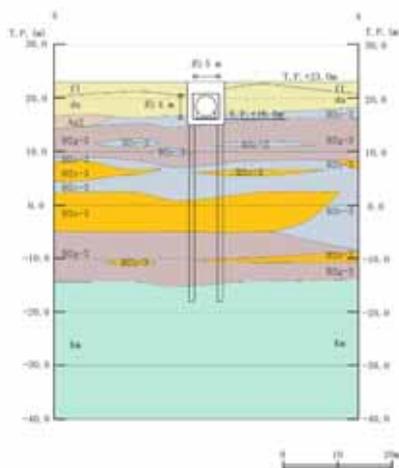


第 3 - 3 - 25 図 緊急用海水ポンプピット
断面図（東西断面）

f) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

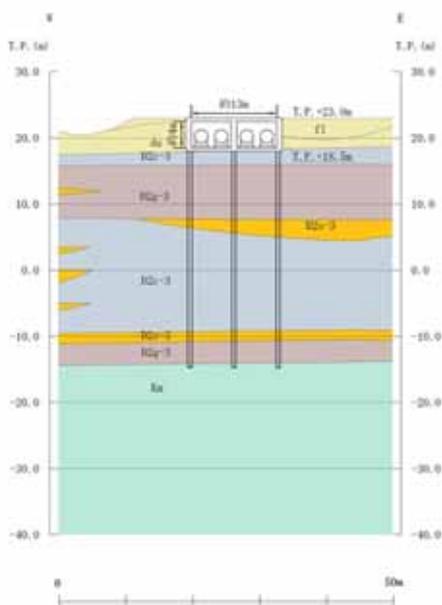
第 3 - 3 - 26 図に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図を示す。



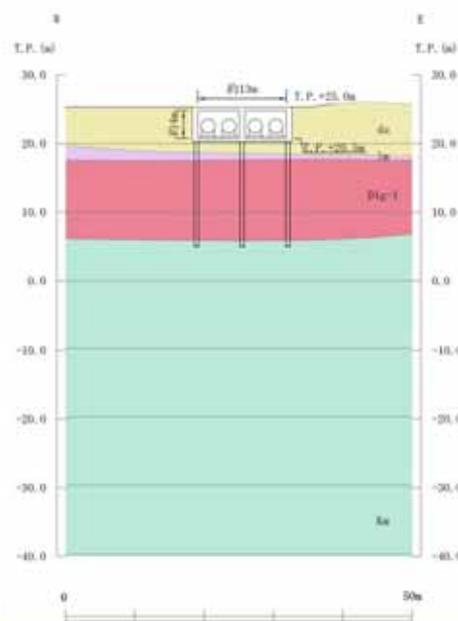
第 3 - 3 - 26 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図

g) 可搬型設備用軽油タンク基礎 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

第 3 - 3 - 27 図及び第 3 - 3 - 28 図に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図を示す。



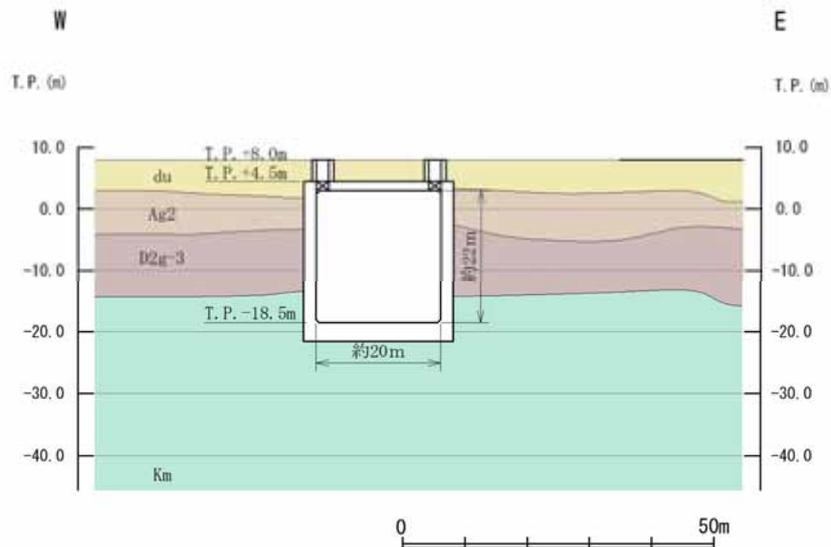
第 3 - 3 - 27 図 可搬型設備用軽油タンク基礎断面図【西側】



第 3 - 3 - 28 図 可搬型設備用軽油タンク基礎断面図【南側】

h) 代替淡水貯槽 【円筒状構造物の代表】

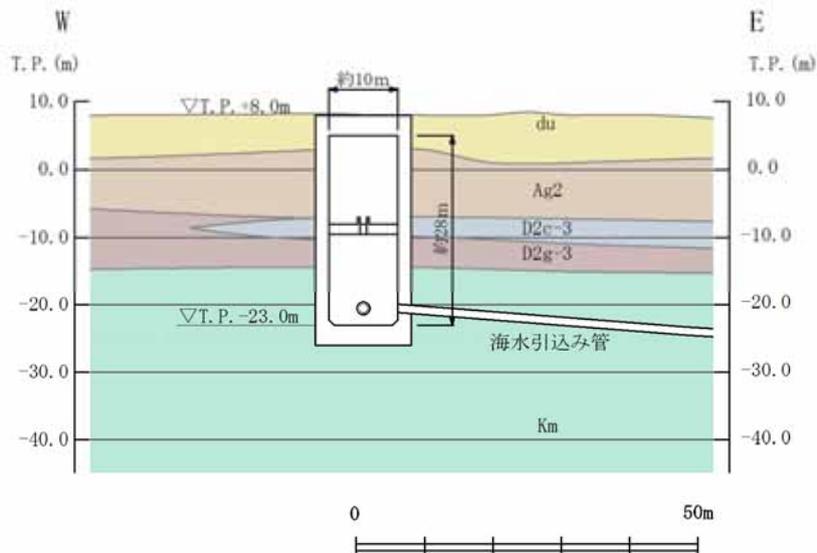
第 3 - 3 - 29 図に代替淡水貯槽の断面図を示す。



第 3 - 3 - 29 図 代替淡水貯槽 断面図（東西断面）

i) S A 用海水ピット 【円筒状構造物の代表】

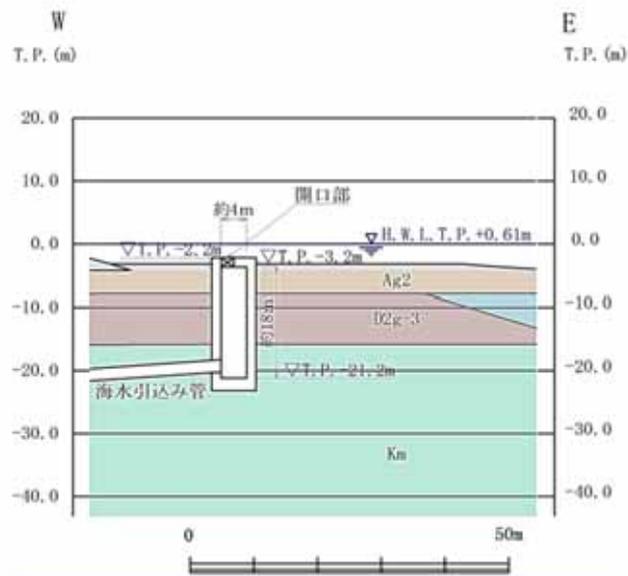
第 3 - 3 - 30 図に S A 用海水ピットの断面図を示す。



第 3 - 3 - 30 図 S A 用海水ピット 断面図

j) S A用海水ピット取水塔 【円筒状構造物】

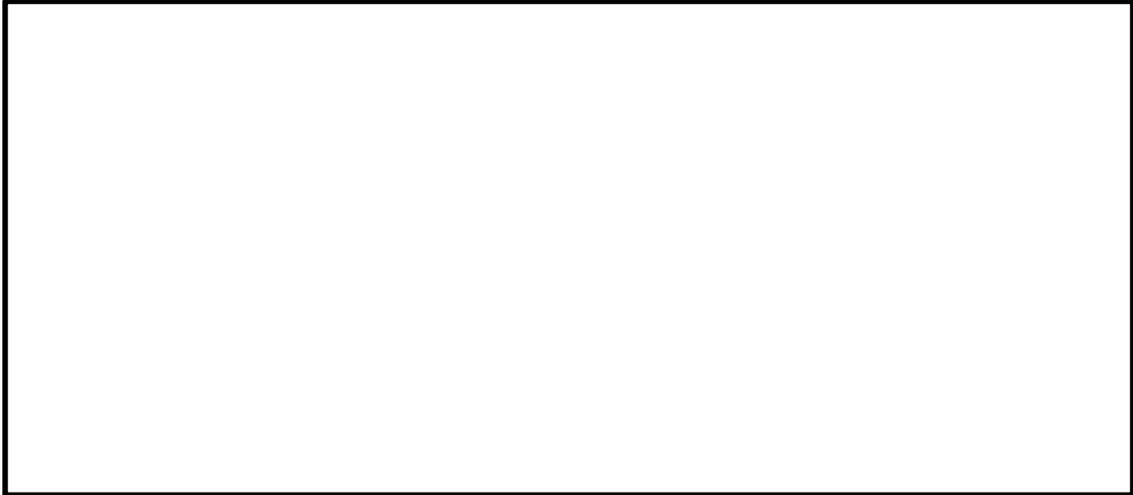
第 3 - 3 - 31 図に S A用海水ピット取水塔の断面図を示す。



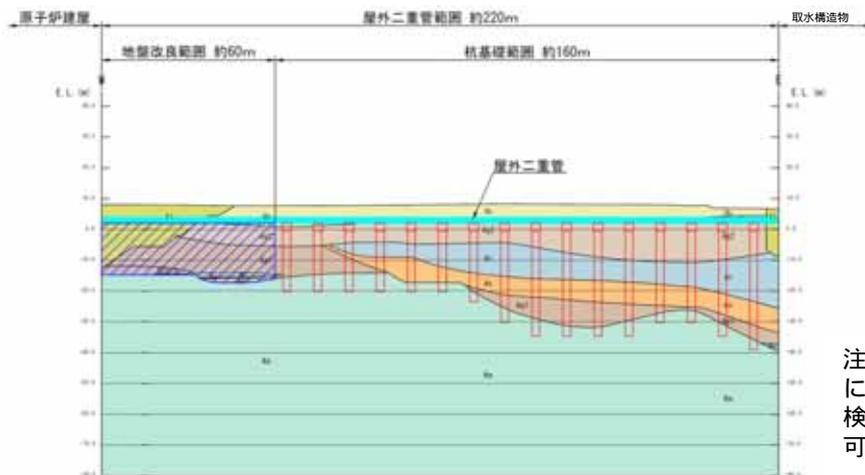
第 3 - 3 - 31 図 S A用海水ピット取水塔 断面図

k) 屋外二重管 【鋼管杭基礎】

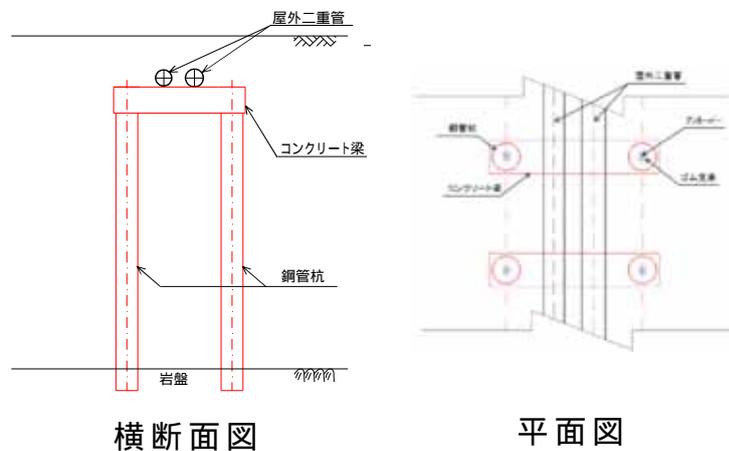
第 3 - 3 - 32 図及び第 3 - 3 - 33 図に屋外二重管の平面及び断面図を示す。第 3 - 3 - 34 図に概念図を示す。



第 3 - 3 - 32 図 屋外二重管 平面図



第 3 - 3 - 33 図 屋外二重管 縦断面図 (A - A 断面)



第 3 - 3 - 34 図 屋外二重管概念図

4条 - 別紙 7 - 74

3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1) 箱型構造物

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、箱型構造物の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの2次元の地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸方向加振における部材照査において、強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 - 許容応力度設計法 - （日本建築学会，1999）（以下「RC基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

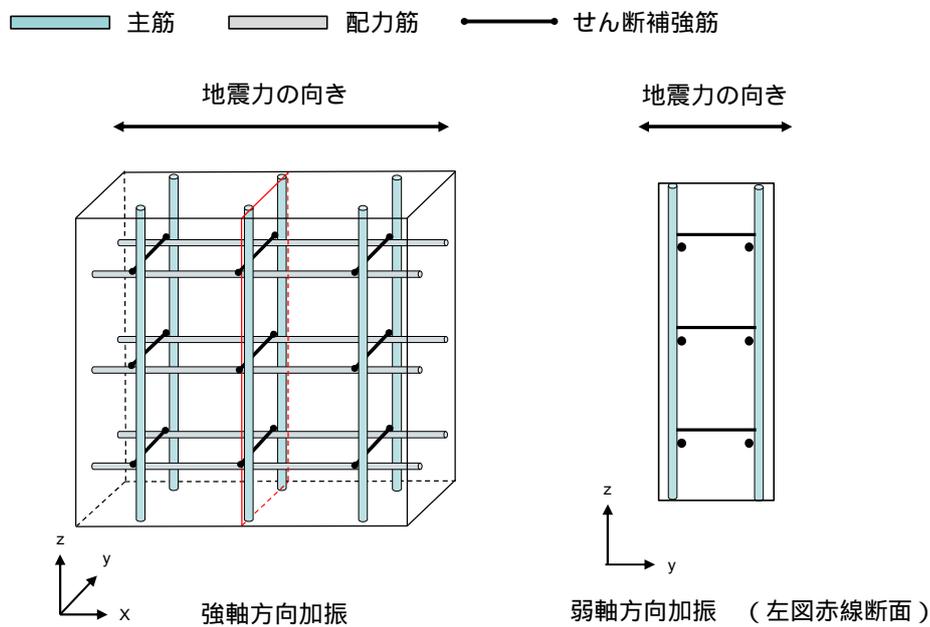
RC基準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材の生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、第3-3-35図に示すとおり、強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸方向加振にて発生する応力を、弱軸方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

なお、弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では、保守的に両方とも基準地震動 S_g を用いる。

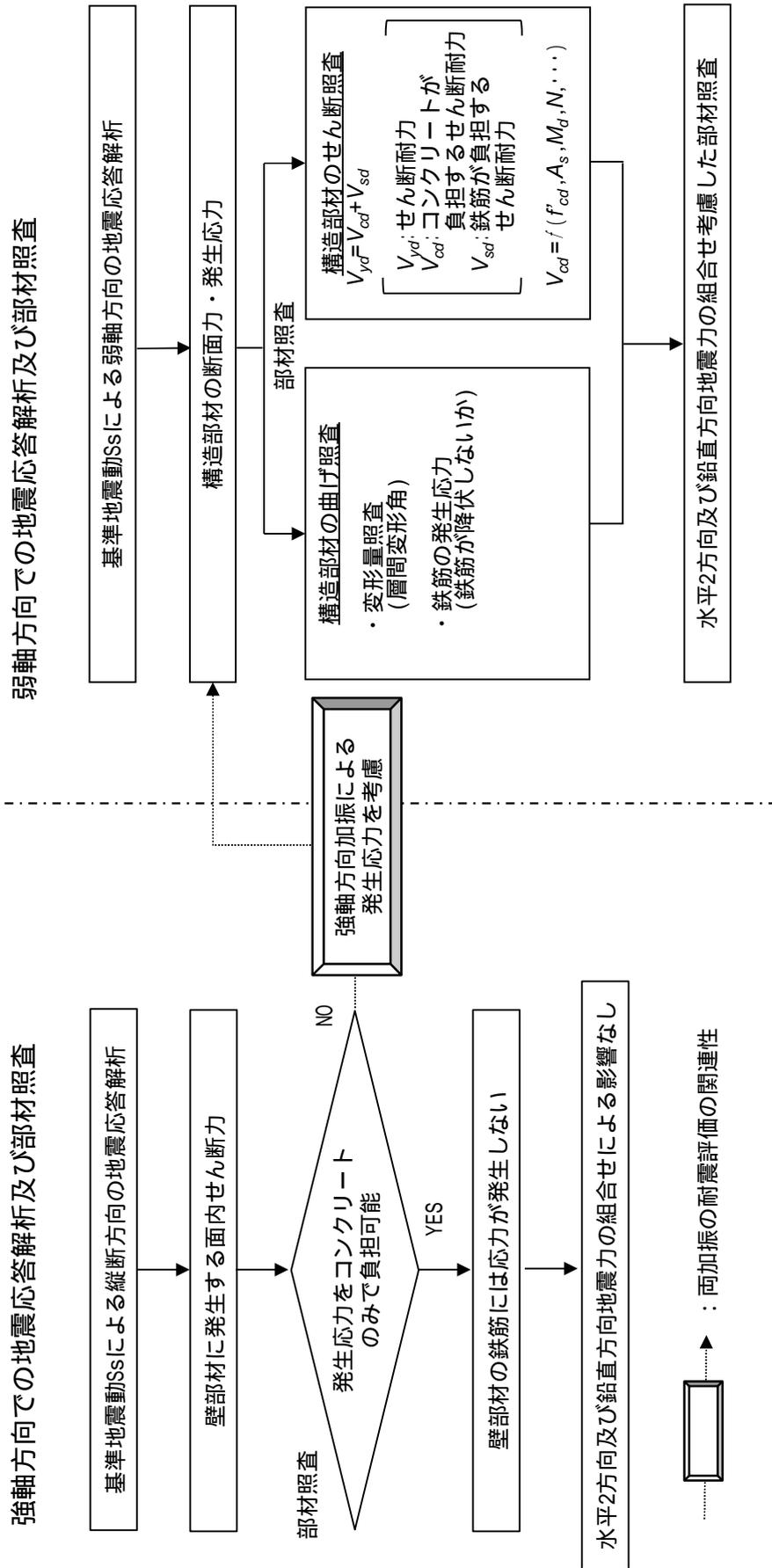
第3-3-36図に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。



		強軸方向加振	弱軸方向加振	備考
断面力	My (y軸まわりの曲げモーメント)		×	
	Mx (x軸まわりの曲げモーメント)	×		
	Nz (鉛直方向軸力)			互いに干渉する可能性あり
	Nzx (zx平面内せん断)		×	
	Qz (z方向面外せん断)	×		
応力	主筋			互いに干渉する可能性あり
	配力筋		×	
	せん断補強筋	×		

(: 発生する可能性あり, : 発生する可能性があるが極めて軽微, × : 発生しない)

第3-3-35図 強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力



第 3 - 3 - 36 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー
4 条 - 別紙 7 - 77

(2) 梁状構造物，円筒状構造物及び鋼管杭基礎

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，従来の設計手法である水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の評価結果等を用い，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせる方法として，米国 Regulatory Guide 1.92(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として，組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の部位について，構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで，各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し，各部位が有する耐震性への影響を評価する。

(注)Regulatory Guide(RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

3.3.7 機器・配管系への影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物

3.4.1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物における評価対象構造物の抽出及び整理

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象施設の設置位置図を第3-4-1図に示す。各対象施設において，「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」の何れかの区分に基づき設計するものについて，その方針を第3-4-1表に示す。

津波防護施設については，「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。なお，評価対象施設の構造的な特徴を踏まえ，3.4.4項以降に水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ影響を整理する。

浸水防止設備及び津波監視設備については，「3.2 機器・配管系」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については，各構造物の構造上の特徴を踏まえ「3.1 建物・構築物」又は「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

【凡例】

■ T. P. +3.0m~T. P. +8.0m

■ T. P. +8.0m~T. P. +11.0m

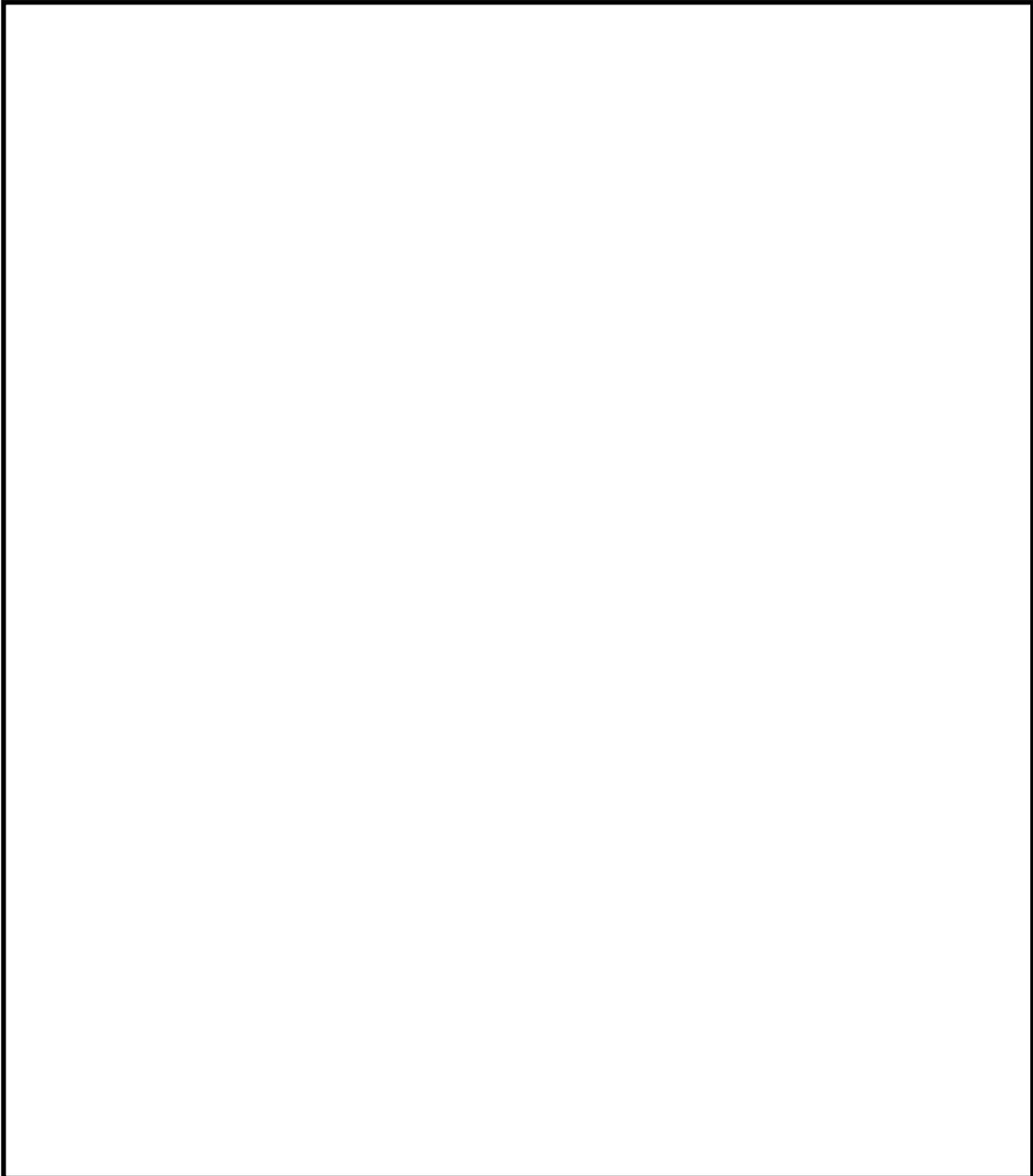
■ T. P. +11.0m 以上

□ 津波防護施設

□ 浸水防止設備

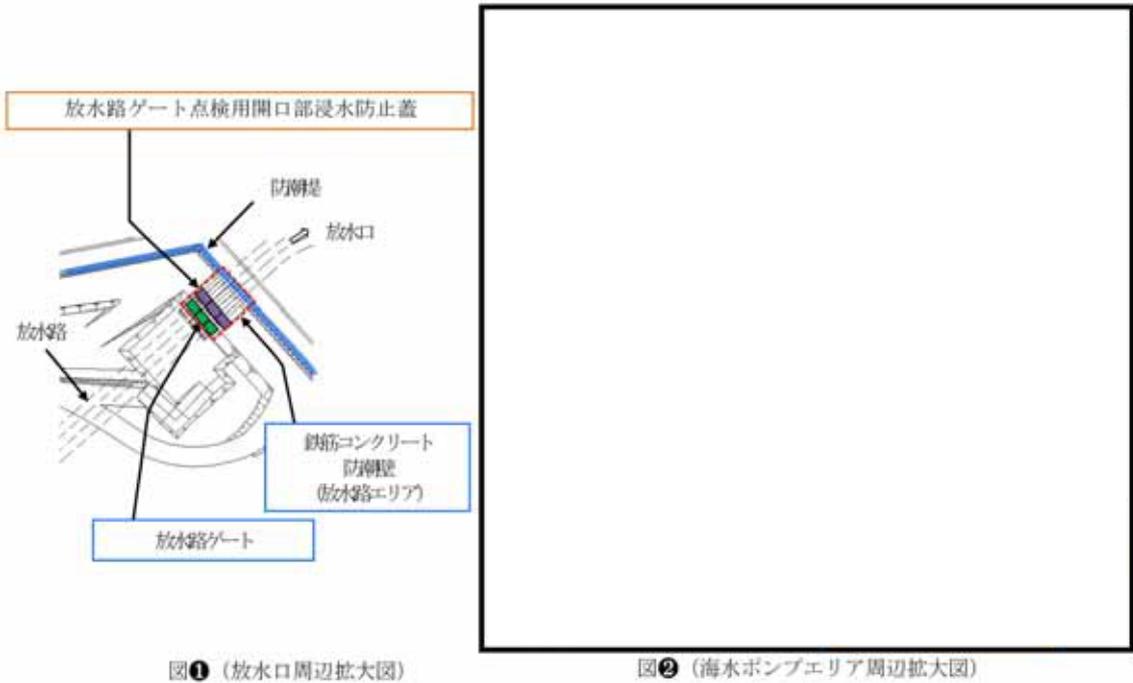
□ 津波監視設備

■ 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



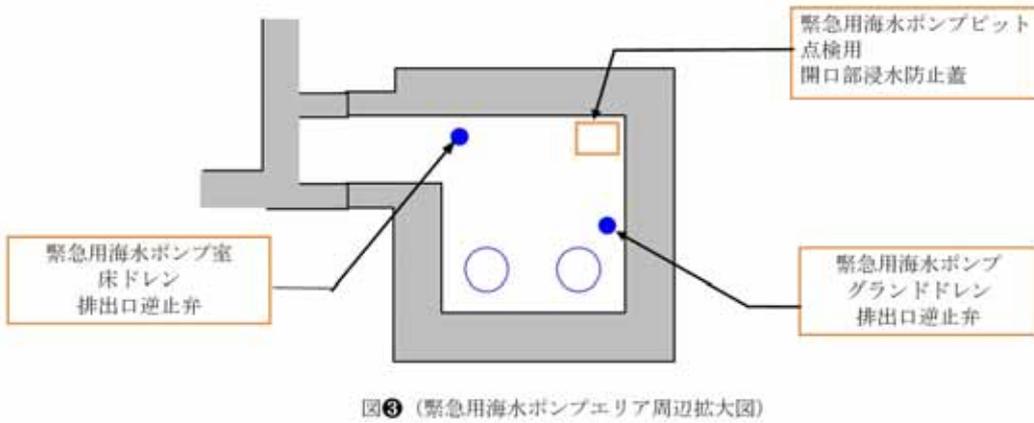
第 3 - 4 - 1 図 (1 / 2) 津波防護施設 , 浸水防止設備及び津波監視設備位置図

- 【凡例】
- 津波防護施設
 - 浸水防止設備
 - 津波監視設備
 - 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



図① (放水口周辺拡大図)

図② (海水ポンプエリア周辺拡大図)



図③ (緊急用海水ポンプエリア周辺拡大図)

第 3 - 4 - 1 図 (2 / 2) 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

第 3 - 4 - 1 表 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

分類	施設，設備名称		区分
津波防護施設	防潮堤及びゲート類	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。影響評価については3.4.4以降に整理する。津波防護施設のうち放水路ゲート，防潮扉本体，構内排水路逆流防止装置は，「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。
		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）	
	構内排水路逆流防止設備	逆流防止装置	
		出口側集水桝	
	貯留堰		
浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく
	海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁		
	取水ピット空気抜き配管逆止弁		
	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋		
	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		
	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋		
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		
	緊急用海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床 dren 排出口逆止弁		
	貫通部止水処置		
津波監視設備	津波監視カメラ		「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく
	取水ピット水位計		
	潮位計		
浸水防止設備及び津波監視設備が設置された建物・構築物	取水構造物		「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の影響評価については3.4.4以降に整理する。
	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁		
	S A用海水ピット		
	緊急用海水ポンプピット		
	原子炉建屋		「3.1 建物・構築物」の設計方針に基づく

： 間接支持構造物

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

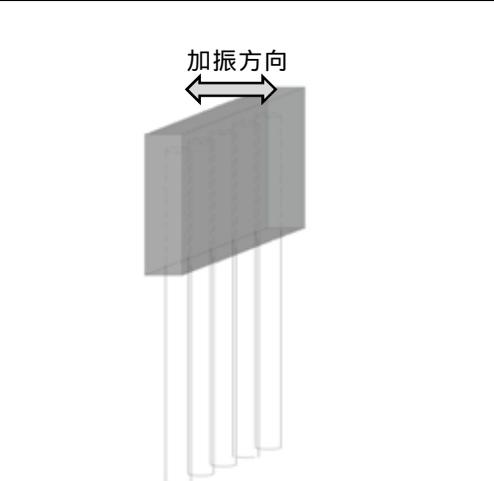
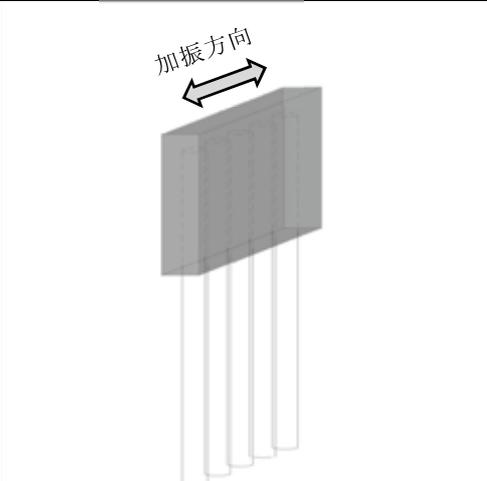
津波防護施設における従来設計手法の考え方について、防潮堤を例に第 3 - 4 - 2 表に示す。津波防護施設は、地中構造物と地上構造物に分けられる。地上構造物は、躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等が主たる荷重となる。地中構造物については、屋外重要土木構造物同様、比較的単純な構造部材の配置で構成される。地中構造物、地上構造物共にほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有することから、3 次元的な応答の影響は小さいため、2 次元断面での耐震評価を行っている。

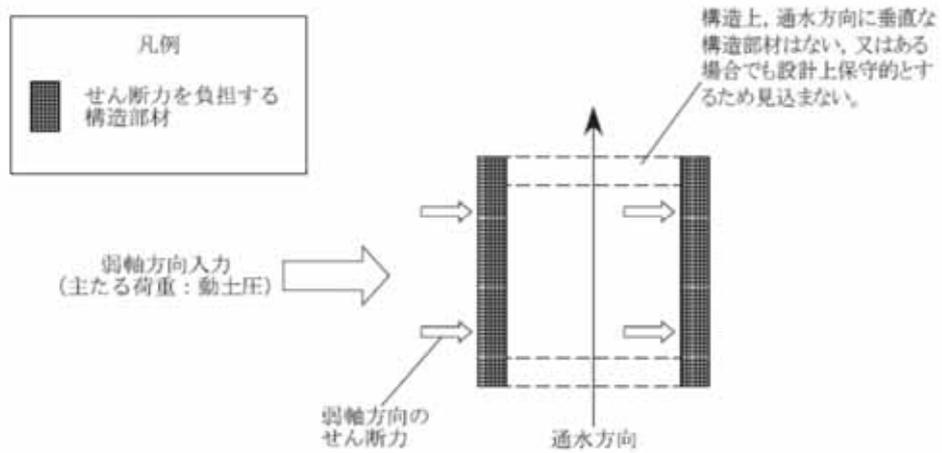
上述のとおり、地中構造物、地上構造物共にほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的な特徴を有していることから、構造上の特徴として明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来評価手法では弱軸方向を評価対象として、耐震設計上求められる水平 1 方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第 3 - 4 - 2 図に示す通り、従来設計手法では、津波防護施設の構造上の特徴から、弱軸方向の地震荷重に対して、保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

第 3 - 4 - 2 表 従来設計における評価対象断面の考え方（防潮堤）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計 の評価対 象断面の 考え方	 <p>加振方向に対する抵抗力が小さい</p>	 <p>加振方向に同一構造が連続している</p>



(注) 当該図は平面図を示す

第 3 - 4 - 2 図 従来設計手法の考え方

3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

津波防護施設において、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性が抽出された、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は、既往の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平2方向及び鉛直方向に組合せ、対象部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たな設計上の対応策を講じる。

評価フローを第3-4-3図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

構造形式の分類

評価対象構築物について、各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。

従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響により3次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

従来設計手法の妥当性の確認

で抽出された箇所が、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し、適切に組合せることで、水平2方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

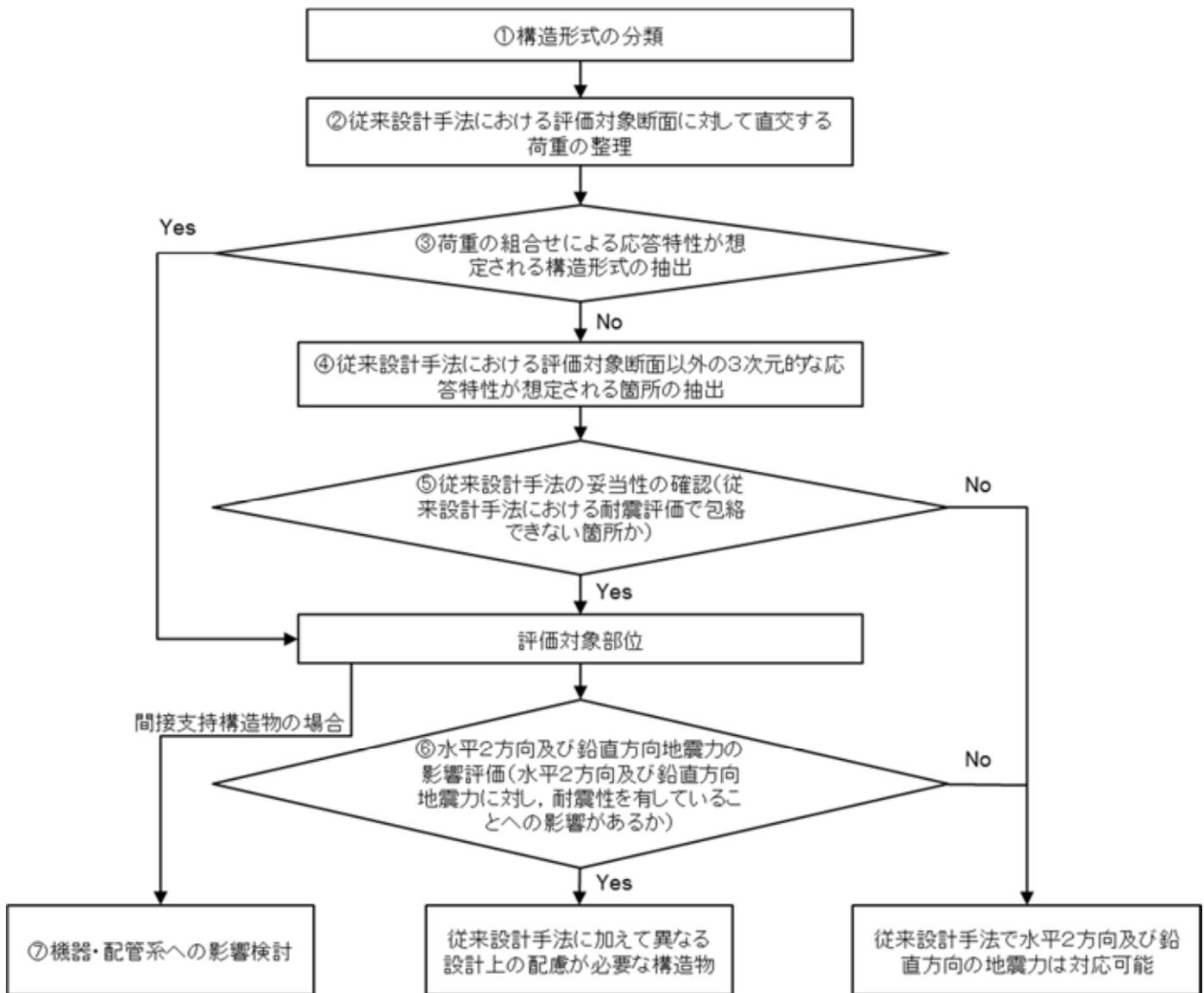
評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮し選定する。

機器・配管系への影響評価

評価対象として抽出された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、及びの精査にて、津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第 3 - 4 - 3 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

東海第二発電所

屋外重要土木構造物の耐震評価における
断面選定について
(耐震)

1. 方針

本資料では、屋外重要土木構造物、「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備」及び「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）（以後、「常設重大事故等対処施設」という。）」の耐震評価における断面選定の考え方について示す。

本資料で記載する屋外重要土木構造物等及びこれに設置される主要設備の一覧表を第1表に、全体配置図を第1図に示す。

耐震評価においては、構造物の配置、構造形状、周辺の地質構造等を考慮し、耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等の断面選定の考え方を第2表の通り整理する。

個々の施設の断面選定においては、上記の考え方に加え、可とう管及び杭基礎等に着目した影響並びに周辺施設の影響及び上載する機器・配管等への影響についても考慮する。

第1表 耐震重要施設等に設置される主要設備一覧表

屋外重要土木構造物等				主要設備								
名称	屋外重要土木構造物	津波防護施設	常設SA設備	常設SA施設	名称	耐震	津波	常設SA設備				
取水構造物		-			残留熱除去系海水ポンプ	-	-					
					非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	-	-					
					高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	-	-					
					潮位計, 取水ピット水位計	-	-	注1				
					残留熱除去系海水系配管	-	-					
					非常用ディーゼル発電機用海水系配管	-	-					
					高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機用海水系配管	-	-					
					貯留堰	-	-	-				
					防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)	-	-	注1	津波・構内監視カメラ(4台)	-	-	注1
					防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)	-	-	注1	防潮扉	-	-	注1
第2章		-			防潮堤(鋼製防護壁)	-	-	注1				
					鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)	-	-	注1	放水路ゲート	-	-	注1
					常設代替高圧電源装置置場	-	-	-	軽油貯蔵タンク	-	-	
					常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル, 立坑, カルバート)	-	-	-	常設代替高圧電源装置他	-	-	
					代替淡水貯槽	-	-	-	西側淡水取水設備	-	-	
					常設低圧代替注水系ポンプ室	-	-	-	軽油移送配管	-	-	
					常設低圧代替注水系配管カルバート	-	-	-	常設代替高圧電源装置電路	-	-	
					緊急用海水ポンプピット	-	-	-	-	-	-	
					格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	-	-	-	常設低圧代替注水系ポンプ	-	-	
					緊急用海水取水管	-	-	-	常設低圧代替注水系配管	-	-	
第3章		-			SA用海水ピット	-	-	-	緊急用海水ポンプ	-	-	
					海水引込み管	-	-	-	格納容器圧力逃がし装置用配管	-	-	
					SA用海水ピット取水塔	-	-	-	-	-	-	
					緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎(A, B)	-	-	-	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク(A, B)	-	-	
					可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)	-	-	-	可搬型設備用軽油タンク(西側)	-	-	
					可搬型設備用軽油タンク基礎(南側)	-	-	-	可搬型設備用軽油タンク(南側)	-	-	

常設SA設備 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備
 常設SA施設 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設
 耐震 : 耐震重要施設(津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備を除く)
 津波 : 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備
 注1 : 常設重大事故等対処設備に対する津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備

第 2 表 屋外重要土木構造物等の断面選定の基本方針

		断面選定の基本方針		
名 称	A: 構造形状，周辺の地質構造等の条件が比較的単純であり，耐震評価上厳しい断面が定性的に定まるもの	B: 比較的長いトンネル又は鋼管であり，複数個所にて一次元波動論等による地震応答解析を実施し，耐震評価上厳しい断面を選定するもの	C: 構造形状，周辺の地質構造等の条件から複数の断面を耐震評価断面として整理し，耐震評価上厳しい断面を選定するもの	D: 複雑な設備構造，長大な設置範囲であることを考慮し，津波荷重等も踏まえた総合的な耐震評価，耐津波評価を行うもの
第 2 章	取水構造物			
	屋外二重管			
	貯留堰			
	防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）			
	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）			
	防潮堤（鋼製防護壁）			
	鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）			
	常設代替高压電源装置置場			
	常設代替高压電源装置用カルバート（トンネル，立坑，カルバート）	（立坑，カルバート）	（トンネル）	
	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			
	緊急用海水ポンプビット			
第 3 章	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート			
	緊急用海水取水管			
	SA用海水ビット			
	海水引込み管			
	SA用海水ビット取水塔			
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎（A，B）			
	可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）			
	可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）			



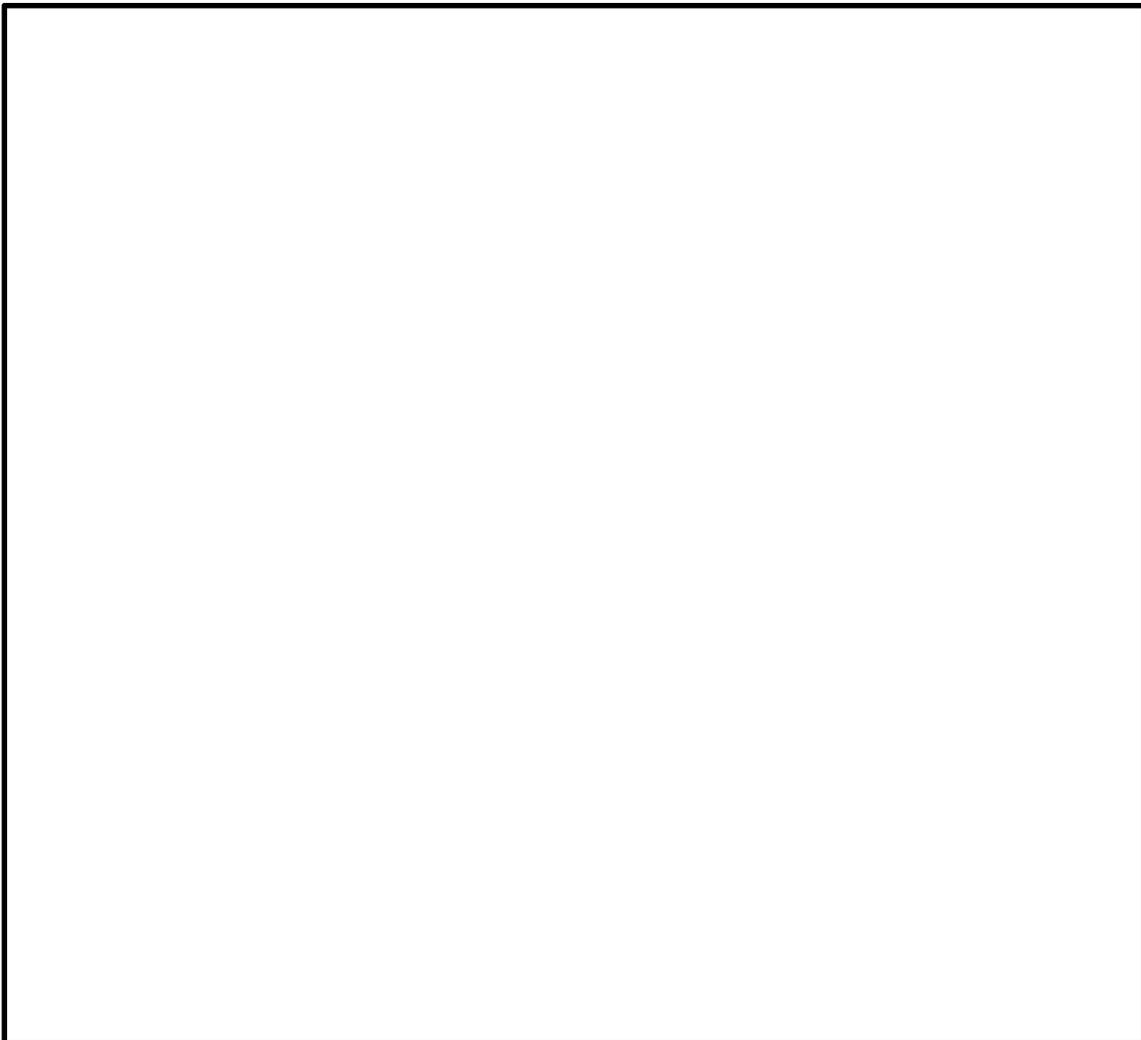
第 1 図 全体平面配置図

2. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方

2.1 各施設の配置

本章では屋外重要土木構造物である，取水構造物，屋外二重管，常設代替高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバート，津波防護施設である防潮堤（放水路エリアを含む）及び貯留堰の断面選定の考え方を示す。

第 2.1-1 図に屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図を示す。



第 2.1-1 図 屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図

2.2 取水構造物の断面選定の考え方

取水構造物の平面図を第 2.2 - 1 図に，縦断面図を第 2.2 - 2 図に，横断面図を第 2.2 - 3 図に示す。

取水構造物は，S クラス機器である残留熱除去系海水ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等の間接支持機能を有する。取水構造物は非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

取水構造物は，延長約 56m，幅約 43m，高さ約 12m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，取水方向に対して複数の断面形状を示すが，基本的には取水路は 8 連のラーメン構造にて，取水ピットは 5 連のラーメン構造にて構成され，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

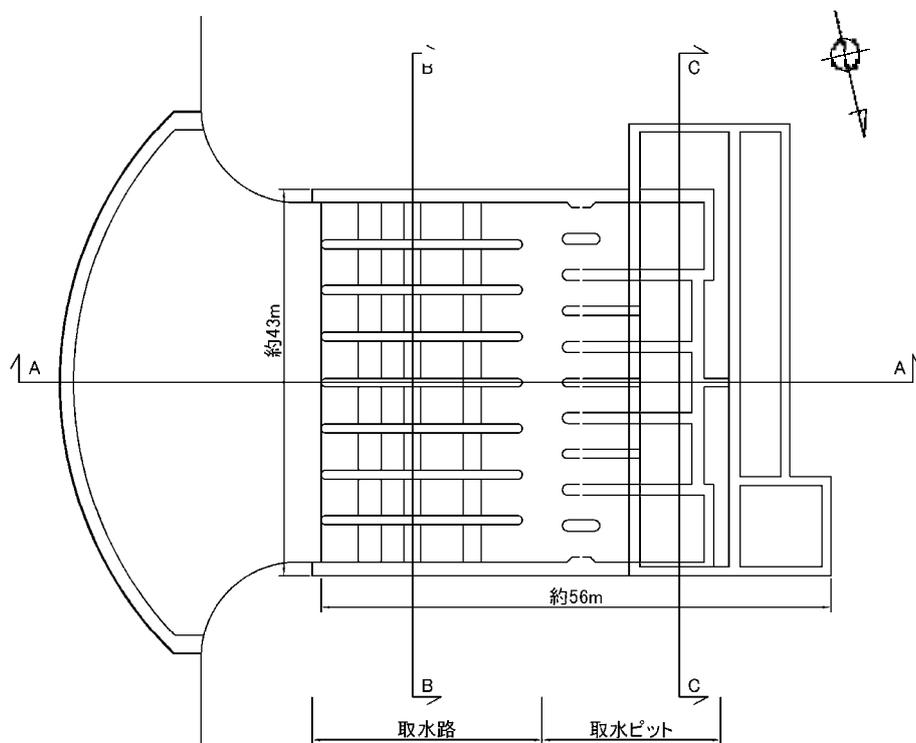
取水構造物の縦断方向（通水方向）は，加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（通水方向に対し直交する方向）は，通水機能を確保するため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向を評価対象の断面の方向とする。

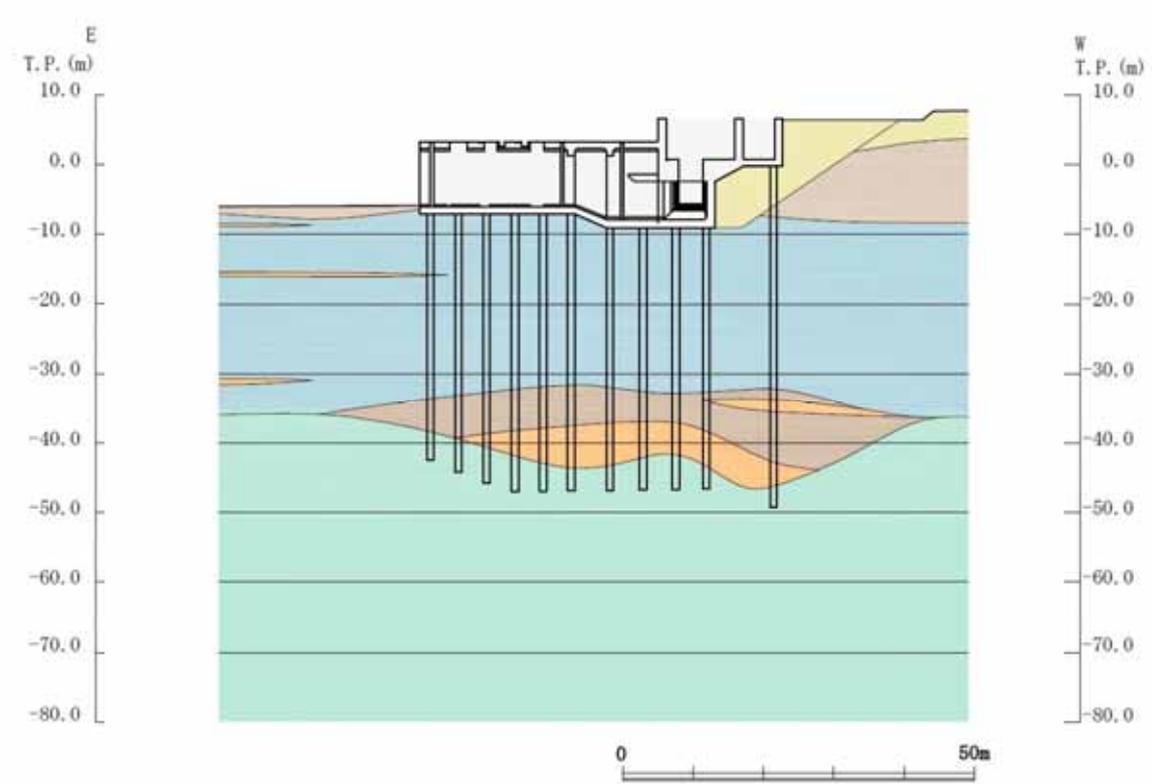
取水路である 8 連のボックスカルバート構造の区間（以下，「取水路区間」という。）においては，頂版には取水方向に概ね規則的に開口が存在する。このため，耐震評価においては，同区間の取水方向全長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮した断面を設定する。

取水構造物は，上述のとおり取水方向に対し複数の断面形状を示すこと，杭による支持形式であることから，周辺の地質構造，隣接する構造物の状況を踏まえ，杭への影響についても考慮し，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

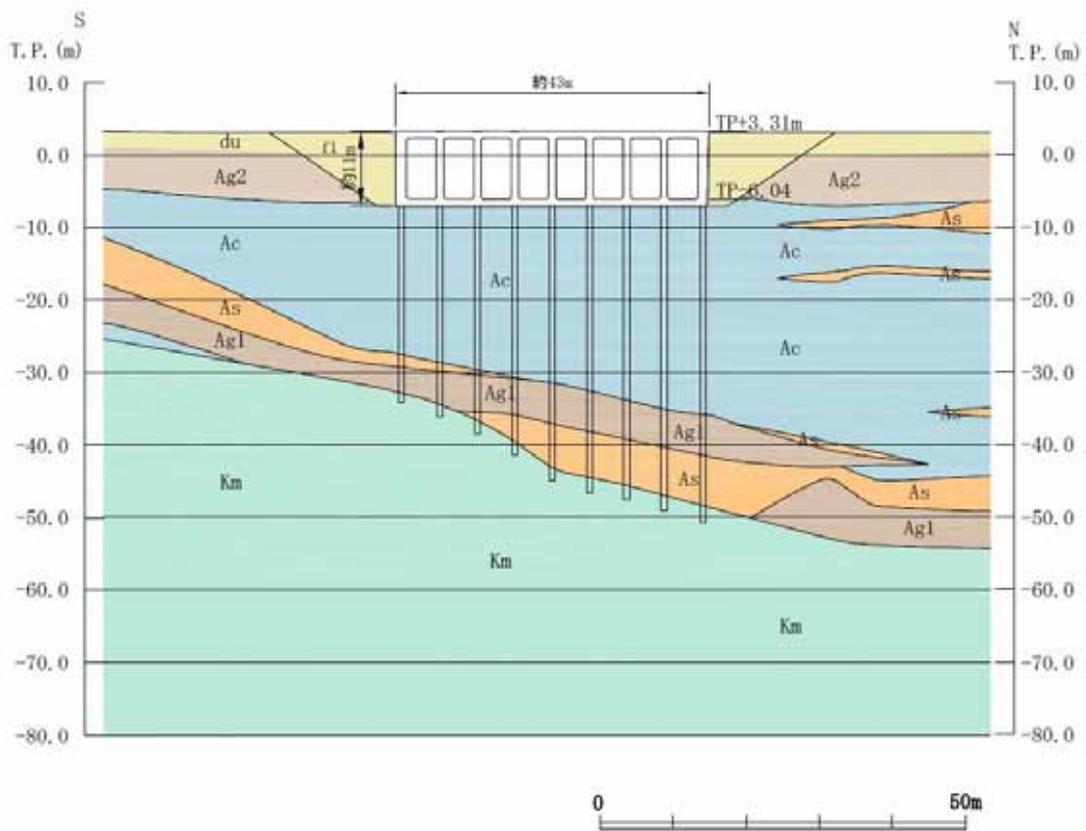
なお、取水ピットである5連のボックスカルバート形状の区間（以下、「取水ピット区間」という。）においては、循環水ポンプ、残留熱除去系海水ポンプ等の非常用ポンプなどの重量物が設置される。このため、機器・配管系を評価する床応答の観点から、機器への影響を踏まえ、開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮した断面を選定し、地震応答解析を実施する。



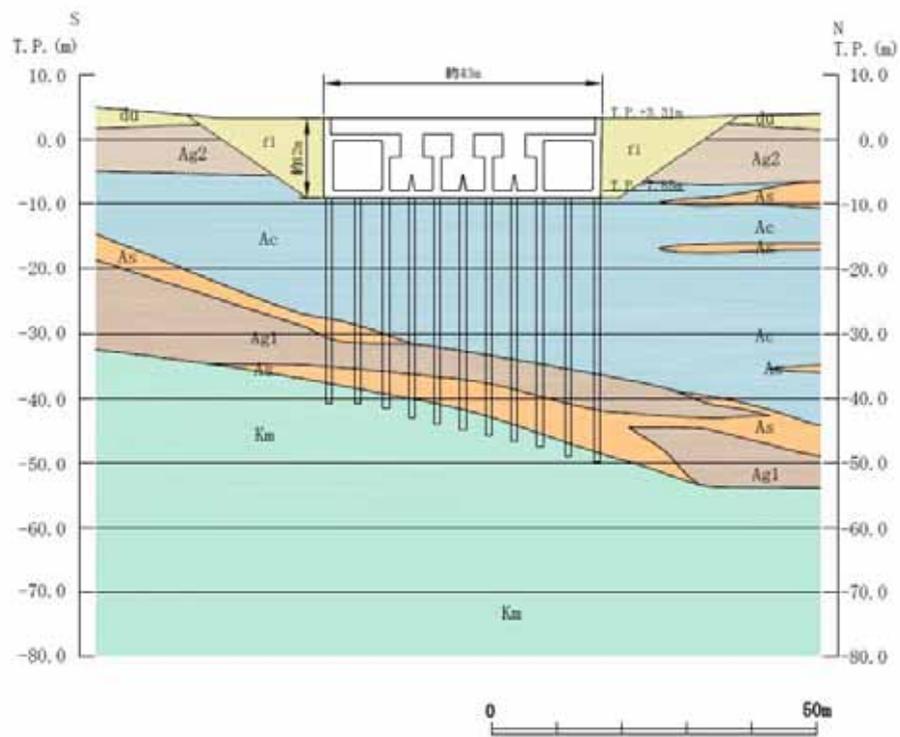
第 2.2 - 1 図 取水構造物 平面図



第 2.2 - 2 図 取水構造物 縦断面図 (A - A 断面)



第 2.2 - 3 (1) 図 取水構造物 横断面図 (B - B 断面 : 取水路)



第 2.2 - 3 (2) 図 取水構造物 横断面図 (C - C 断面 : 取水ピット)

2.3 屋外二重管の断面選定の考え方

屋外二重管は、Sクラス機器である残留熱除去系海水系配管、非常用ディーゼル発電機用海水系配管等の間接支持機能を有する。

屋外二重管は、延長約 215m、内径 2.0m 及び 1.8m の 2 本の鋼管の地中構造物である。構造物直下には液状化検討対象層である As 層、Ag1 層及び Ag2 層が分布している。なお、指針改訂に伴う耐震裕度向上工事として、平成 21 年に Ag2 層を対象とした地盤改良を実施している。

設置許可基準規則第 3 条第 1 項への適合性の観点から、本構造物は杭等を介して岩盤で支持する構造とする。

屋外二重管の平面図を第 2.3 - 1 図に、縦断面図を第 2.3 - 2 図に、横断面図を第 2.3 - 3 図に示す。

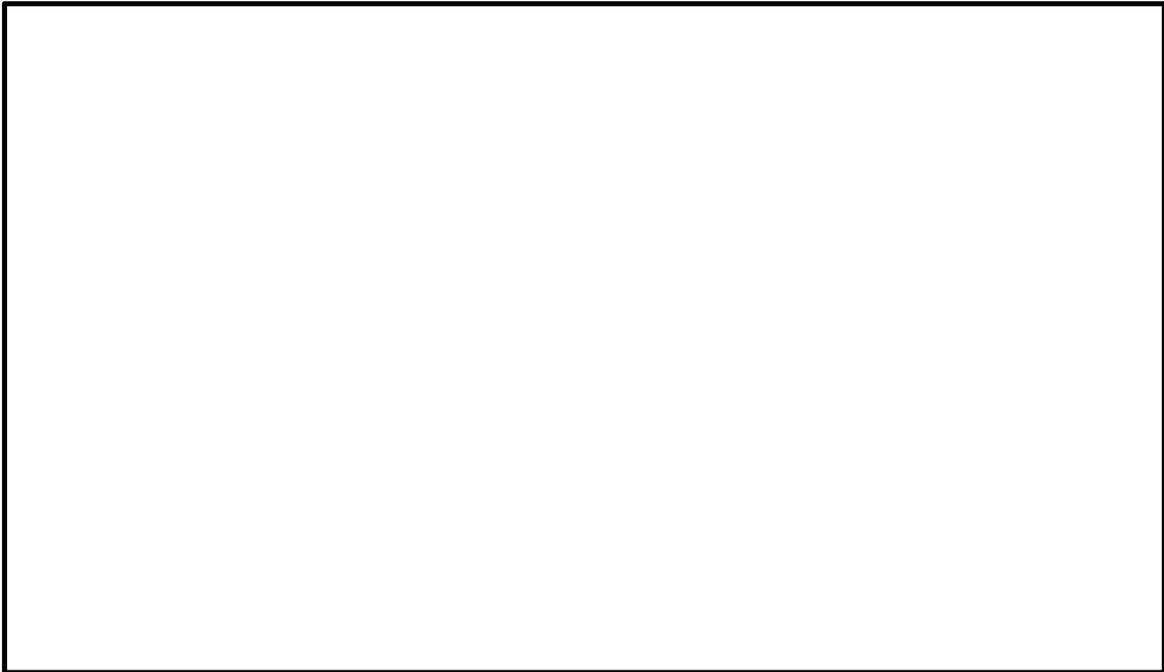
主な範囲においては、屋外二重管の直下に沈下防止を目的とした鋼製梁を設置して、鋼管杭を介して岩盤で支持させる。また、原子炉建屋近傍で、移設不可能な既設構造物（排気筒基礎等）や埋設物との干渉によって鋼管杭の打設が困難な箇所については、屋外二重管直下を地盤改良（セメント固化工法等）することにより補強する地盤に支持させる検討を行う。屋外二重管の基礎構造概要図を第 2.3 - 4 図に示す。

屋外二重管のうち二重管部分は設置距離が長い線状の構造物であり、カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから、横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが、一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し、管軸方向の発生応力を考慮した耐震評価を行う。また、延長上の複数箇所に可とう管を設置することから、可とう管の配置を踏まえた検討を実施する。

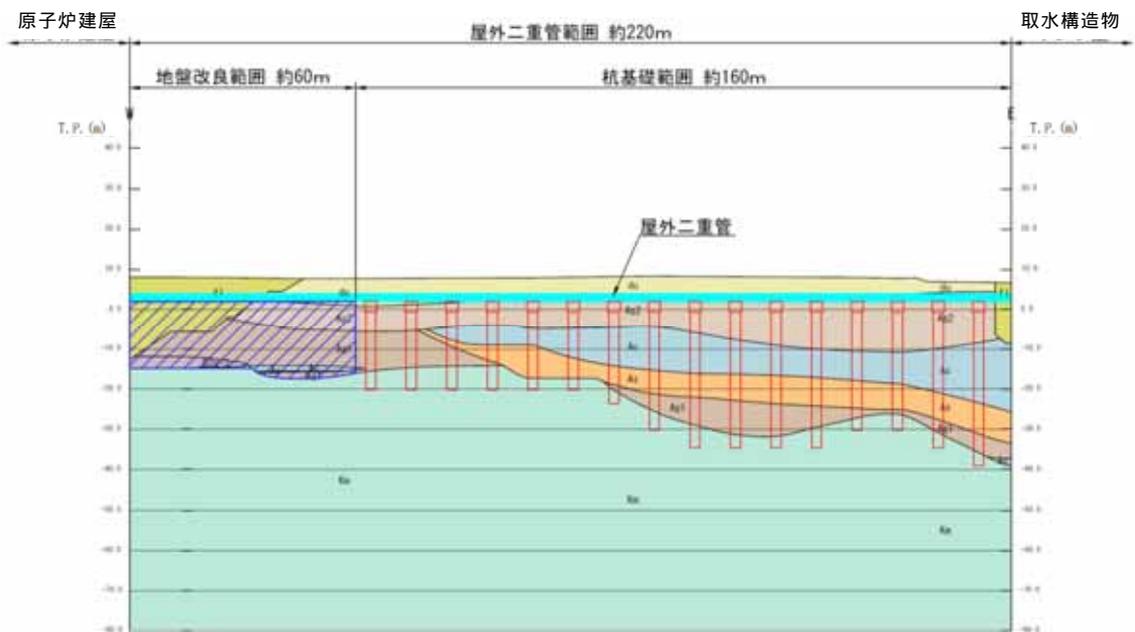
耐震評価では、上述の構造的特徴があること、周辺の地盤構造、隣接する構造物の状況を踏まえ、可とう管及び杭基礎部分への影響についても考慮し、

耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

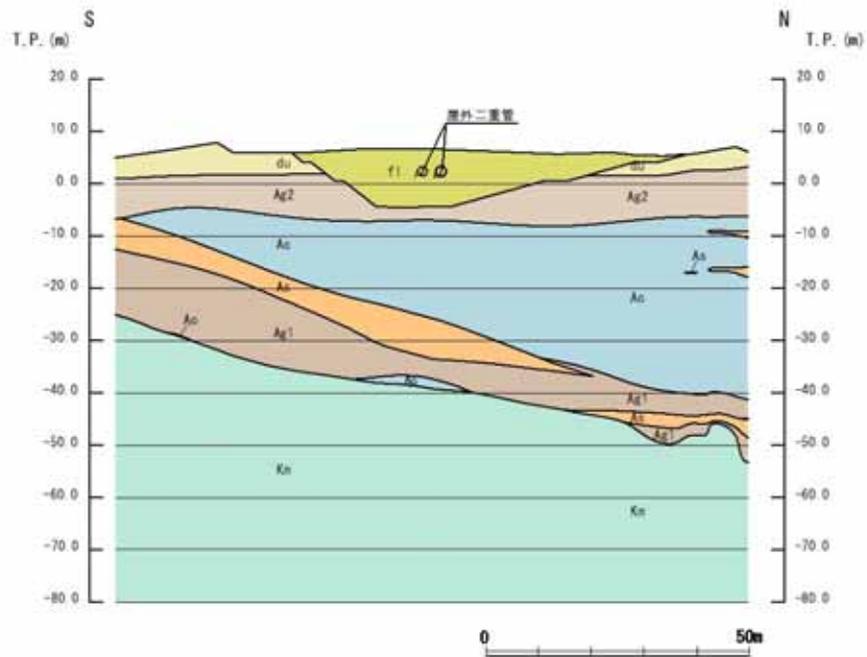
また、屋外二重管には残留熱除去系海水系配管、非常用ディーゼル発電機用海水系配管等が設置されることから、これら配管系への影響も踏まえた断面を選定し、地震応答解析を実施する。



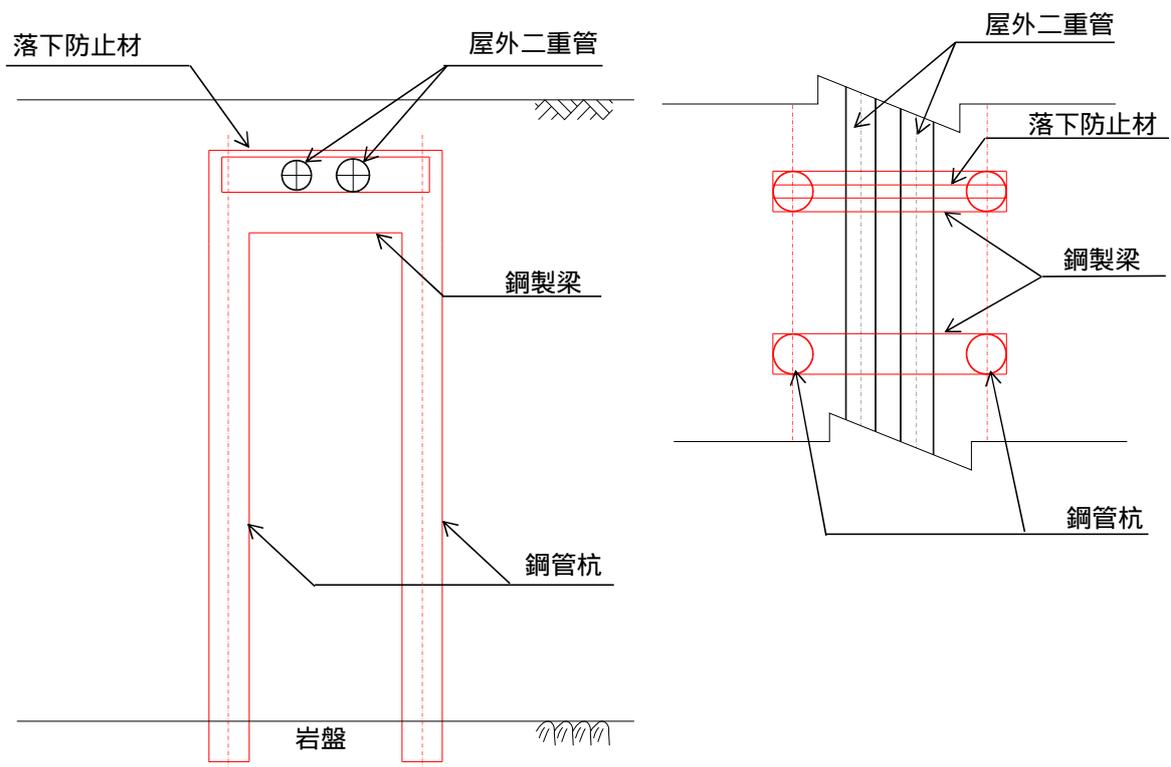
第 2.3 - 1 図 屋外二重管 平面図



第 2.3 - 2 図 屋外二重管 縦断面図 (A - A 断面)



第 2.3 - 3 図 屋外二重管 横断面図 (B - B 断面)



基礎構造 (管軸直角方向イメージ)

基礎構造 (平面イメージ)

第 2.3 - 4 図 基礎構造概要図

2.4 貯留堰の断面選定の考え方

貯留堰の平面図を第 2.4 - 1 図に，断面図を第 2.4 - 2 図に示す。

貯留堰は非常用取水設備であり，貯水性能が要求される。

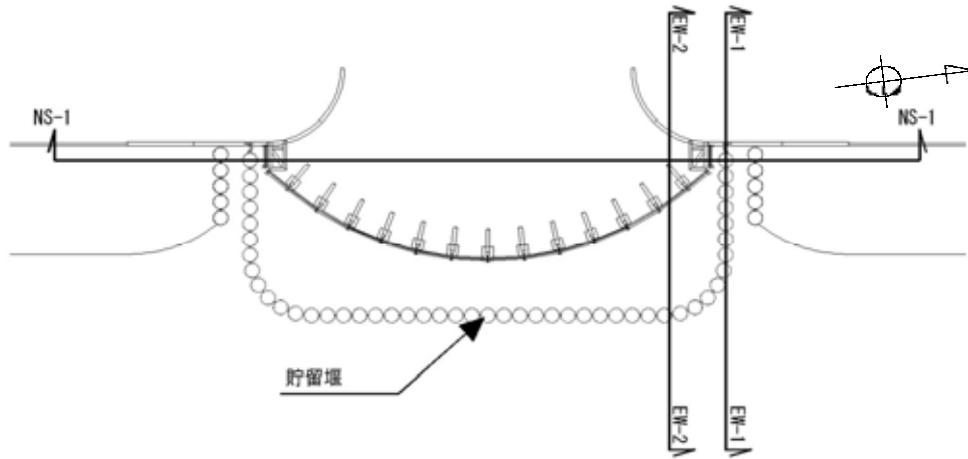
貯留堰は，延長約 110m の海底面から約 2m 突出した鋼管矢板を連結した構造物であり，取水口護岸に接続する。鋼管矢板は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

貯留堰の縦断方向（軸方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対して直交する方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板がないことから，弱軸方向となる。

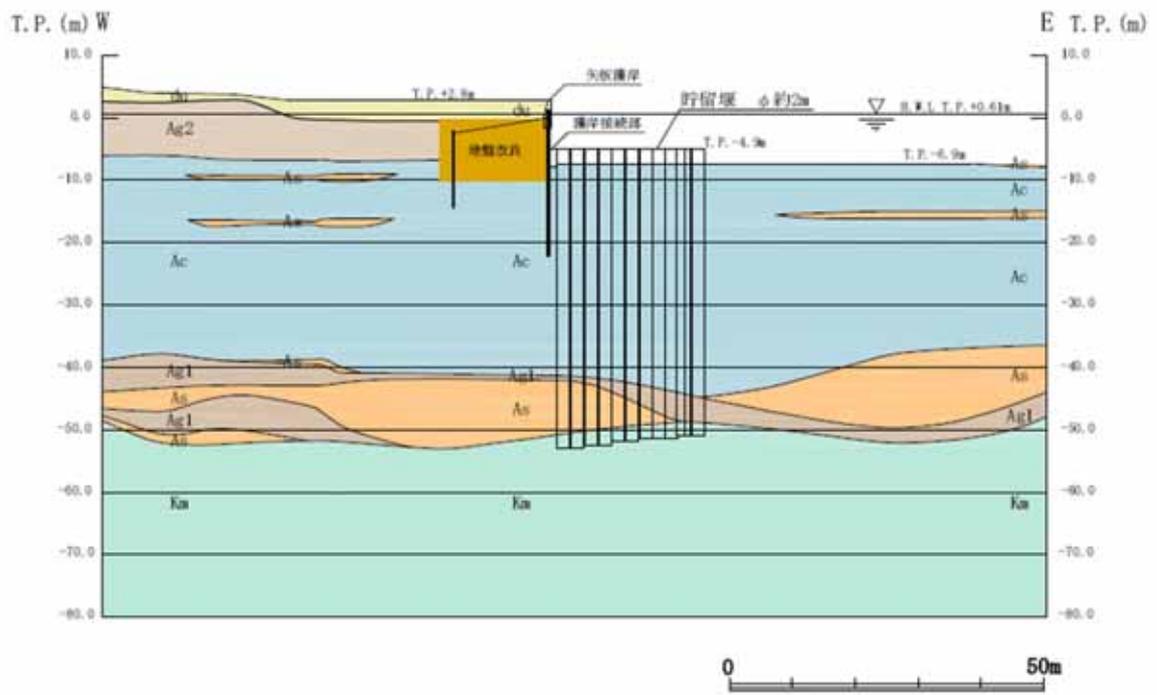
貯留堰は，上述のとおり縦断方向に対し一様な設備形状であるが，鋼管矢板の周辺に第四系地盤が分布していることから，耐震評価では，周辺地盤の影響が支配的と考えられる。

NS - 1 断面から，貯留堰の設置位置については，北に向かって堆積層の基底面が深くなっていることから，貯留堰の本体に着目した検討断面として，EW-2 断面を選定する。また，護岸との接続部については，北側の接続部に着目した検討断面として，EW - 1 断面及び NS - 1 断面を選定する。

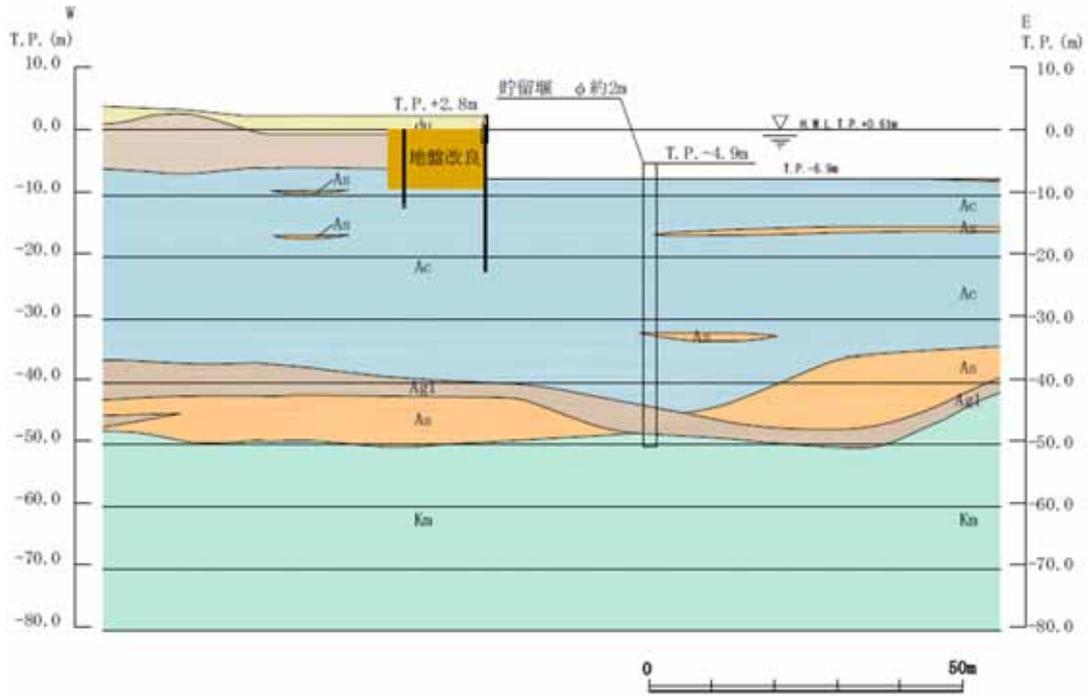
今後，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



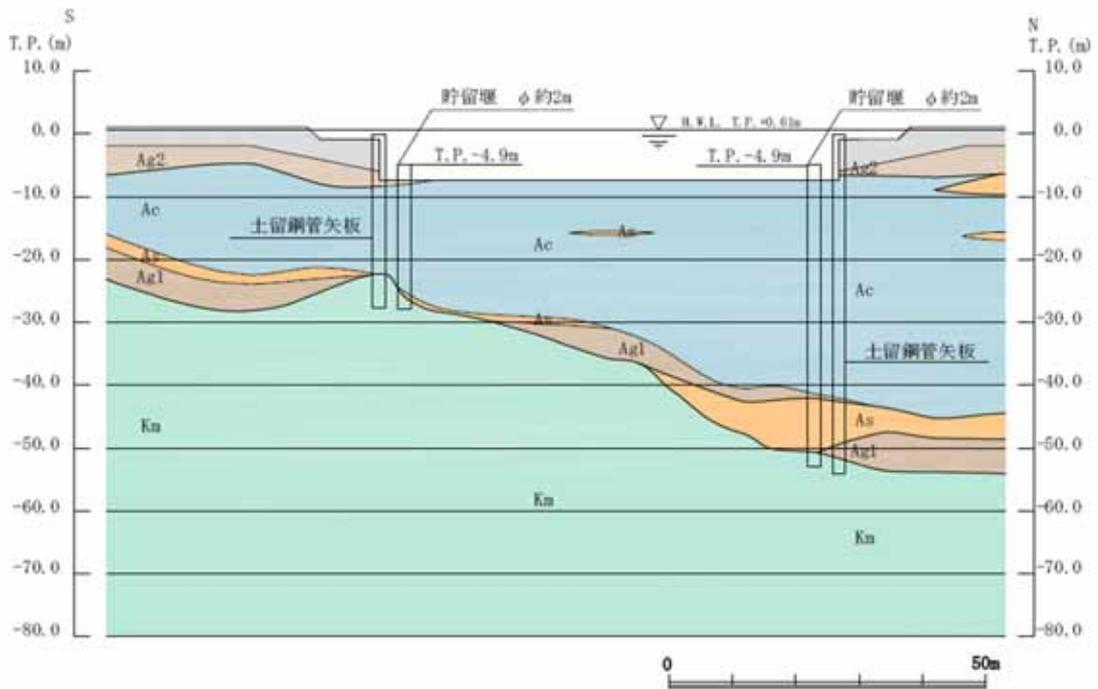
第 2.4 - 1 図 貯留堰 平面図



第 2.4 - 2 (1) 図 貯留堰 断面図 (EW - 1 断面)



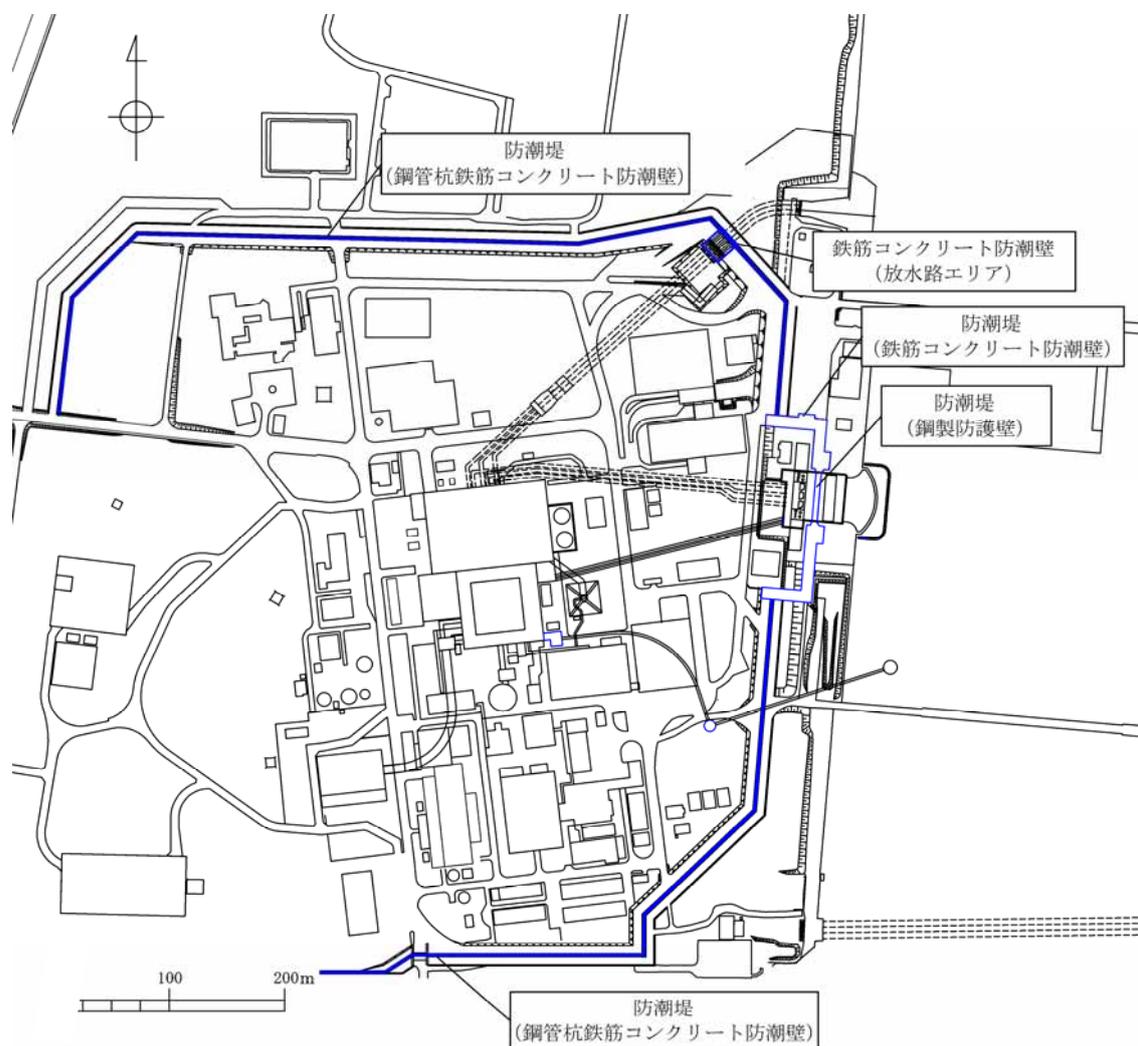
第 2.4 - 2 (2) 図 貯留堰 断面図 (EW - 2 断面)



第 2.4 - 2 (3) 図 貯留堰 断面図 (NS - 1 断面)

2.5 防潮堤の断面選定の考え方

防潮堤の平面図を第 2.5 - 1 図に示す。防潮堤は，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁，鋼製防護壁及び鉄筋コンクリート防潮壁に区分され，総延長は約 2.3km，天端高さは T.P. + 20m（敷地前面東側）又は T.P + 18m（敷地側面北側及び敷地側面南側）からなる。以下に，それぞれの断面選定の考え方を示す。



第 2.5 - 1 図 防潮堤 平面図

2.5.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁

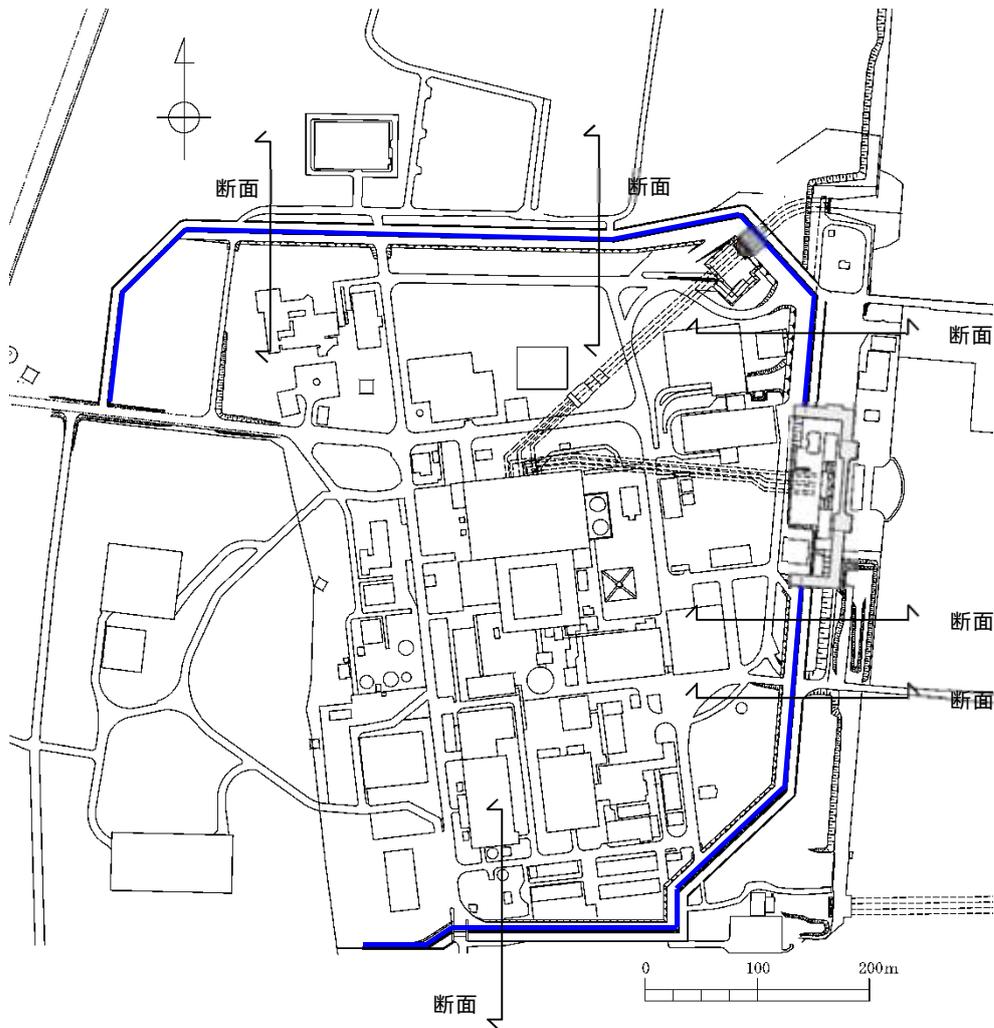
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面図を第 2.5 - 2 図に，正面図及び断面図を第 2.5 - 3 図に，横断面図を第 2.5 - 4 ~ 5 図に示す。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，延長約 2km，直径 2 ~ 2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた鉄筋コンクリート造の防潮壁を 1 つのブロックとした構造物であり，鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

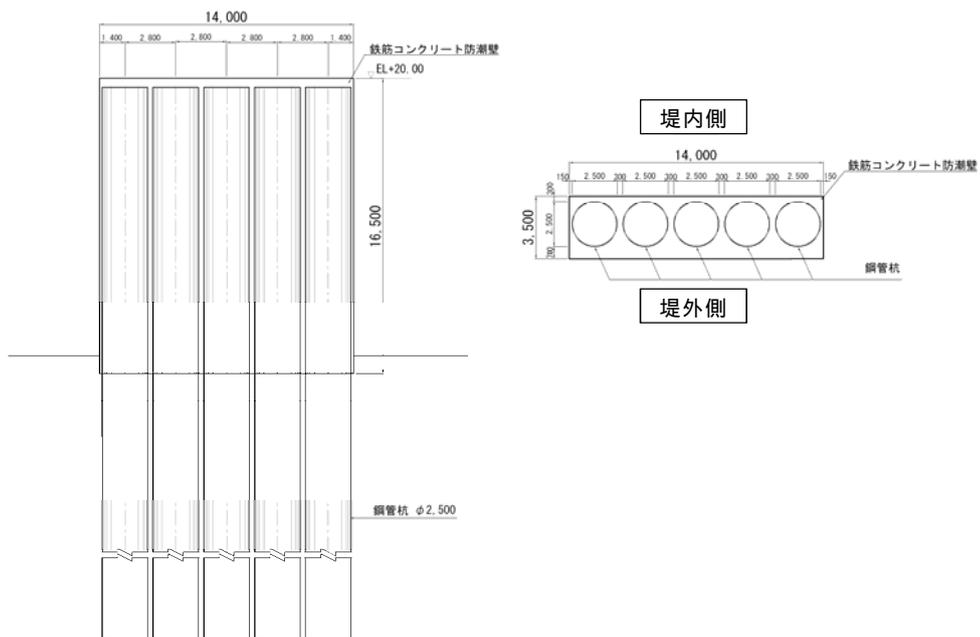
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向と平行に配置される躯体及び杭基礎を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一方，横断方向は，加振方向と平行に躯体及び杭基礎が配置されないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面について，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

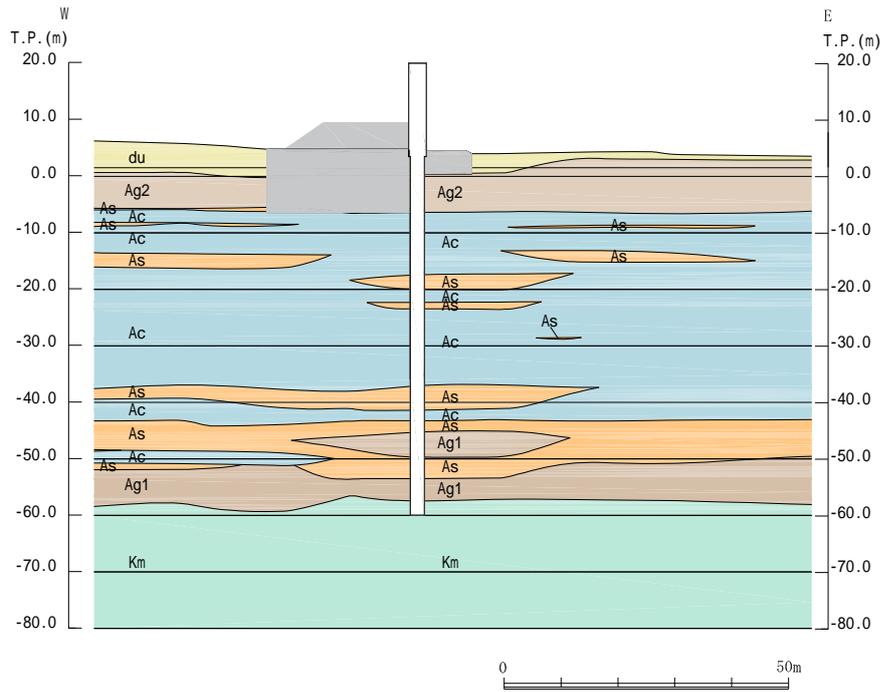
なお，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は敷地の全域に渡り設置することから，敷地の地質・地質構造の特徴や遡上津波の特性等を踏まえ，それらを網羅的に考慮した検討断面を第 2.5 - 1 表，第 2.5 - 2 表，第 2.5 - 6 図，第 2.5 - 7 図に基づき選定した（ 断面 ~ 断面 ）。



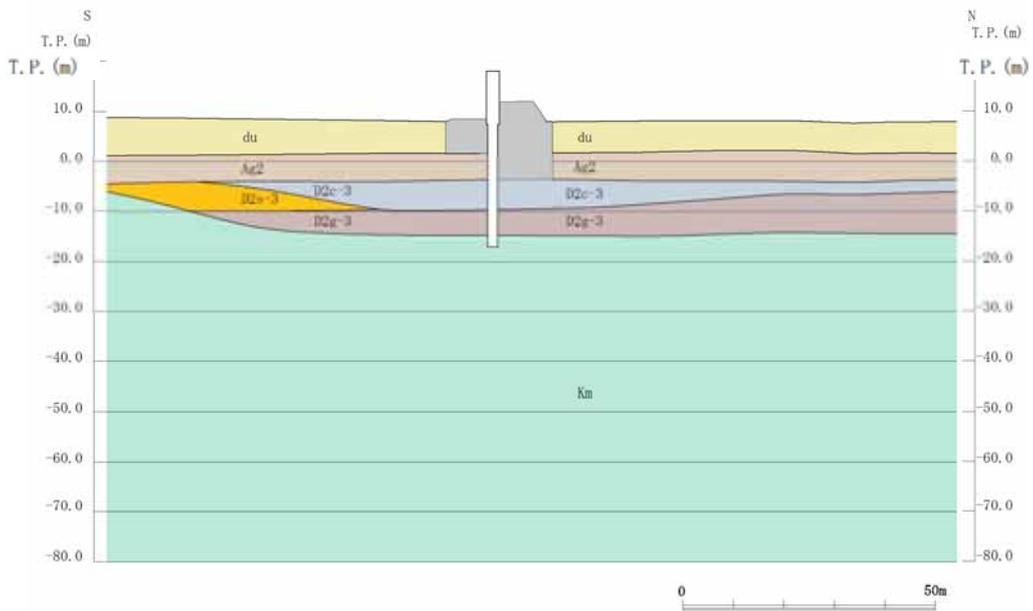
第 2.5 - 2 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



第 2.5 - 3 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図



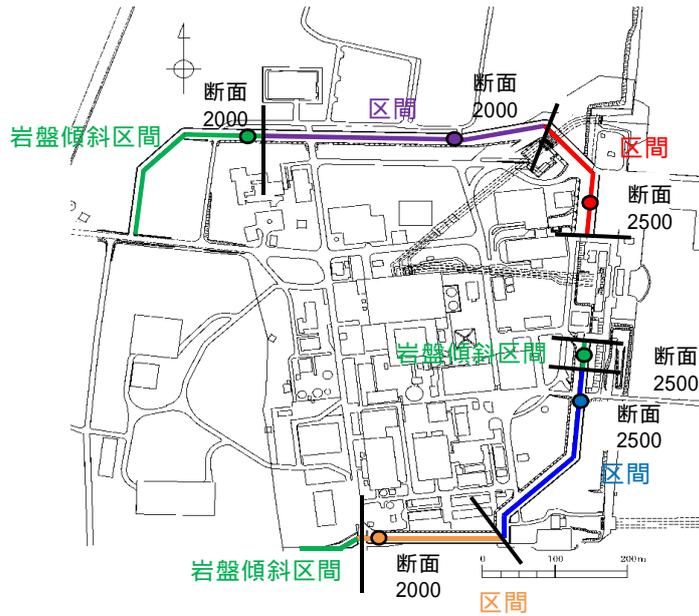
第 2.5 - 4 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (断面)



第 2.5 - 5 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図 (断面)

第 2.5 - 1 表 検討断面選定理由

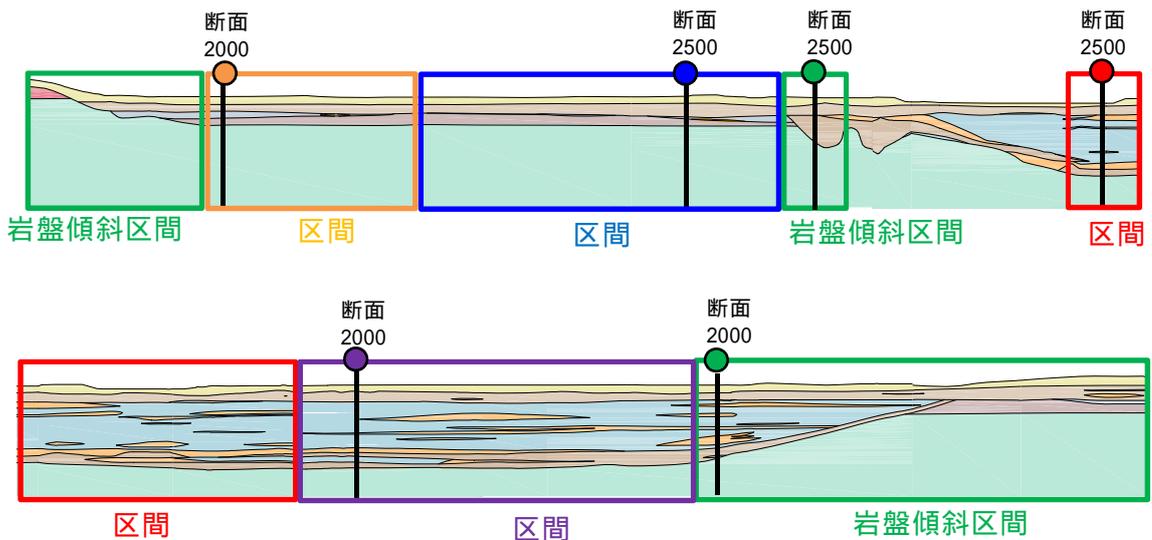
検討断面	地質的特徴	区間名 (防潮堤天端高さ)	選定理由
くは断面 断面もし	岩盤が傾斜する。	岩盤傾斜区間 (T.P.+18m もしくは T.P.+20m)	岩盤の傾斜角が最も大きい箇所
断面	岩盤標高が低い (第四系の層厚が厚い)	区間 (T.P.+18m)	粘土層が最も厚く堆積する箇所(区間内で第四系の層厚はほぼ一定)
断面		区間 (T.P.+20m)	全区間で防潮壁の壁高さが最も高い箇所(全区間で津波荷重が最も大きい箇所)
断面	岩盤標高が高い (第四系の層厚が薄い) 更新統が存在する。	区間 (T.P.+20m)	当該区間で第四系の層厚が最も厚い箇所
断面		区間 (T.P.+18m)	当該区間で第四系の層厚が最も厚い箇所



第 2.5 - 6 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の区間割図

第 2.5 - 2 表 区間別の第四系層厚

凡例	区間	鋼管杭径	第四系の層厚(岩盤の出現深さ)
—	岩盤傾斜区間	2,000 or 2,500	薄い~厚い(傾斜)
—	区間	2,000	一定の厚さで薄い(浅い)
—	区間	2,500	一定の厚さで薄い(浅い)
—	区間	2,500	一定の厚さで厚い(深い)
—	区間	2,000	一定の厚さで厚い(深い)



第 2.5 - 7 図 検討断面位置図

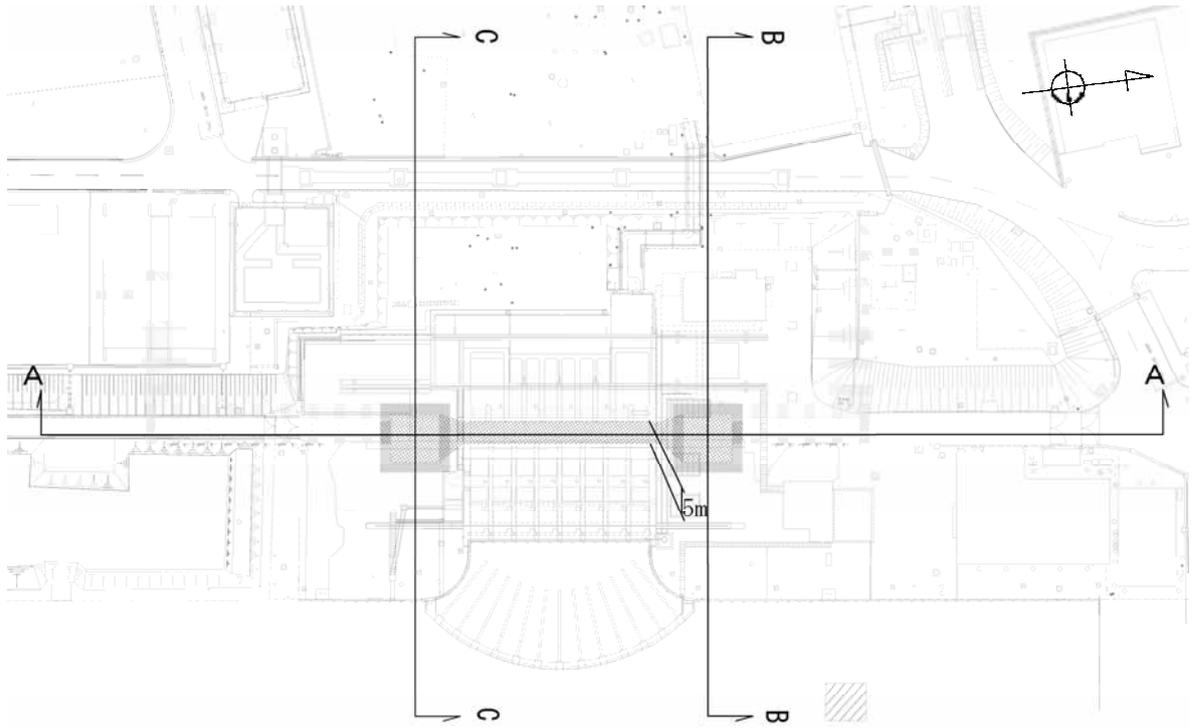
2.5.2 鋼製防護壁

鋼製防護壁の平面図を第 2.5 - 8 図に，正面図を第 2.5 - 9 図に，断面図を第 2.5 - 10 図に示す。

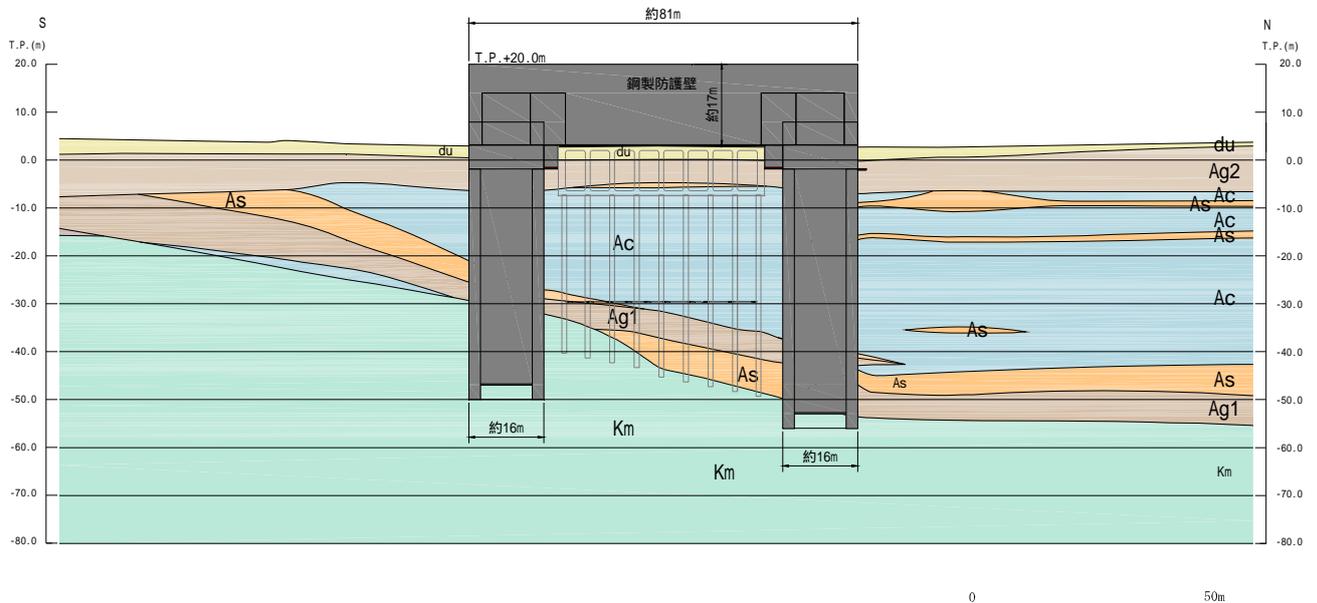
鋼製防護壁は，幅約 81m，高さ約 17m，奥行約 5m の鋼製の構造物であり，幅約 50m の取水構造物を横断し，取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。鋼製防護壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北側に傾斜し，その上部に第四系の地層が堆積しているため，第四系の地層は北側で厚く分布している。

鋼製防護壁は，上部工では相対的に断面係数が大きい縦断方向が強軸方向となる。一方，鋼製防護壁の基礎は取水構造物を挟んで南北に分離されており，平面形状が正方形であり，構造全体としての挙動を考慮すると縦断方向を強軸方向とは見なせない。また，北側と南側で基礎の延長や地盤条件が異なるため，複雑な挙動が考えられる。

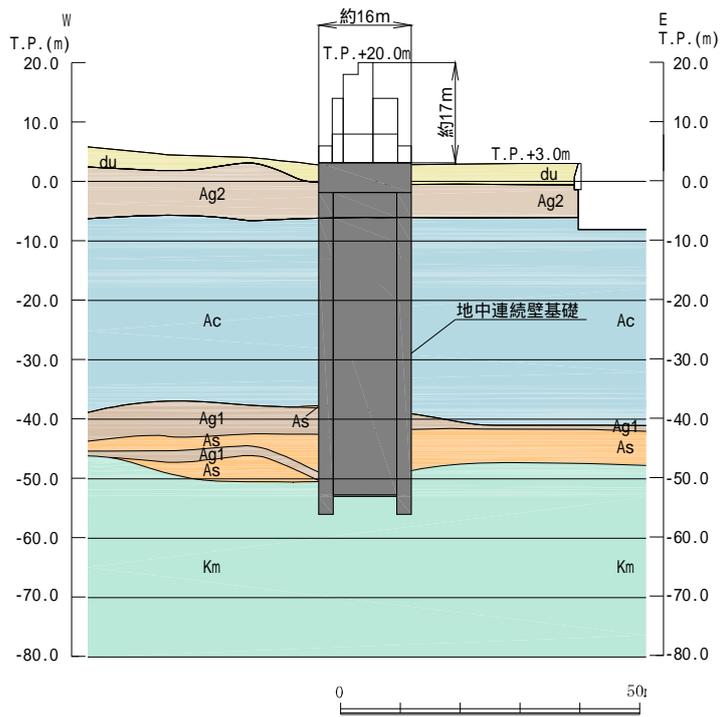
耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して，縦断方向 1 断面及び南北基礎の横断方向（堤軸に対して直交する方向）2 断面について，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



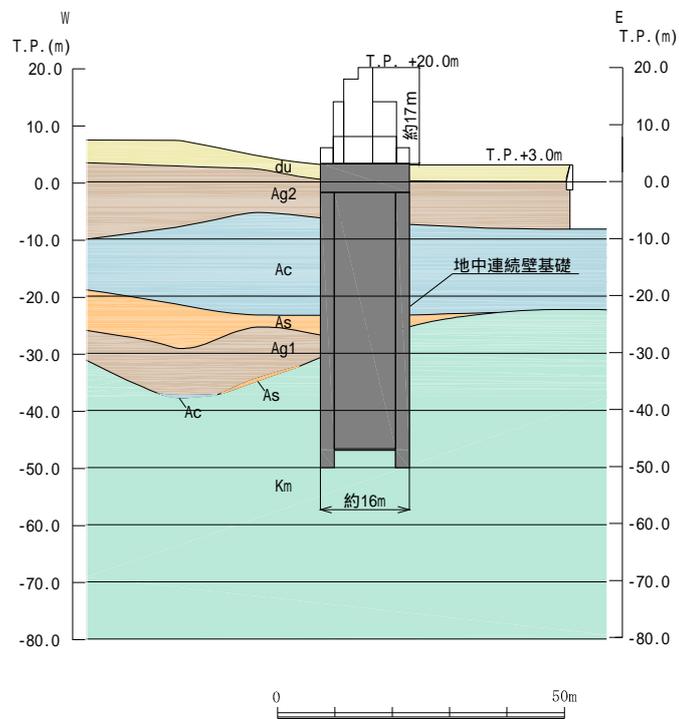
第 2.5 - 8 図 鋼製防護壁 平面図



第 2.5 - 9 図 鋼製防護壁 正面図 (A - A 断面)



第 2.5 - 10 (1) 図 鋼製防護壁 断面図 (B - B 断面)



第 2.5 - 10 (2) 図 鋼製防護壁 断面図 (C - C 断面)

2.5.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリアを除く）

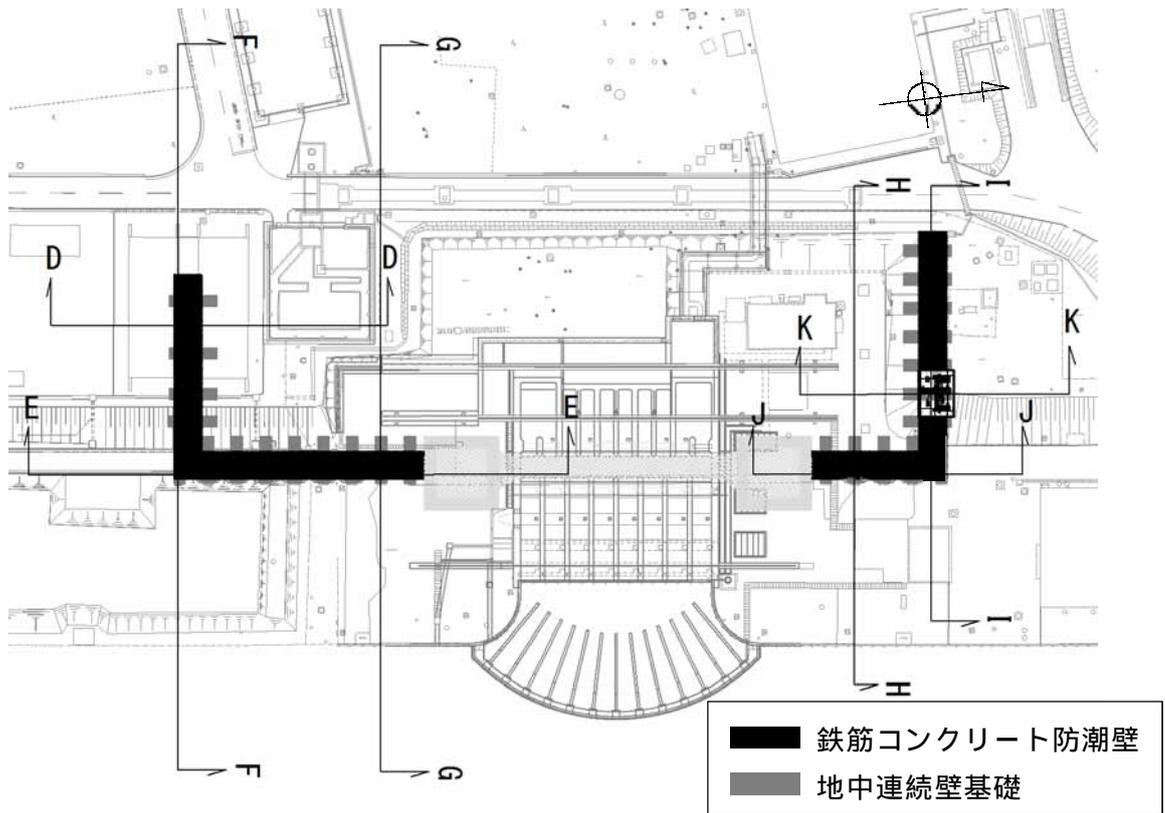
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリアを除く）の平面図を第 2.5 - 11 図に，断面図を第 2.5 - 12 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は，幅 11m～20m 程度，高さ約 22m，奥行約 10m の鉄筋コンクリート造の構造物であり，ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は，地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

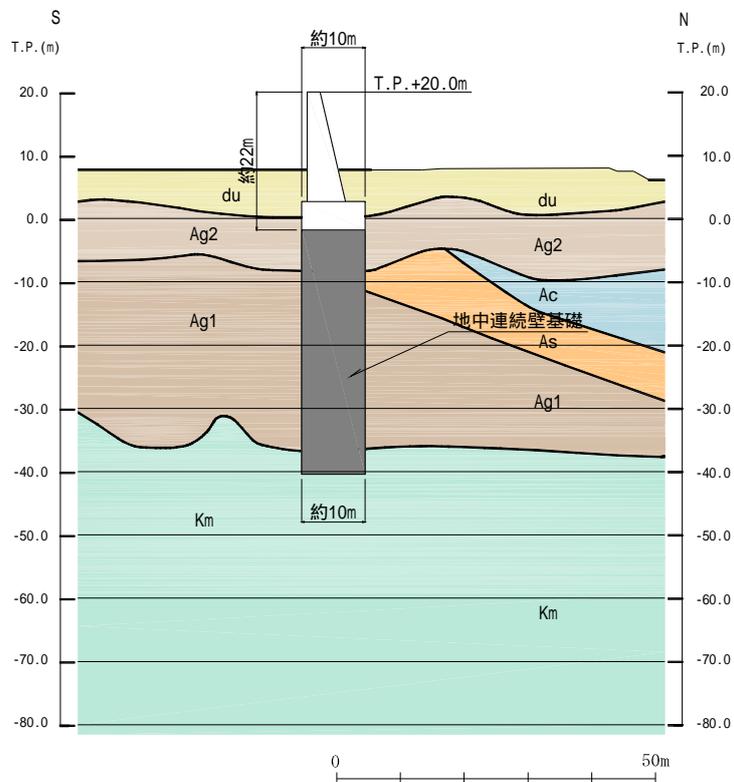
鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。横断方向（堤軸に対して直交する方向）は，加振方向と平行に躯体が配置されないことから，弱軸方向となる。一方，地中連続壁基礎に着目すると防潮堤の縦断方向は加振方向と平行に配置される部材が少ないことから弱軸方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北側側で厚く分布して傾斜し，その上部に第四系の地層が堆積しているため，第四系の地層は北る。第四系の地層は，南側の東西方向では起伏に富み，北側の東西方向はほぼ水平に層をなしている。

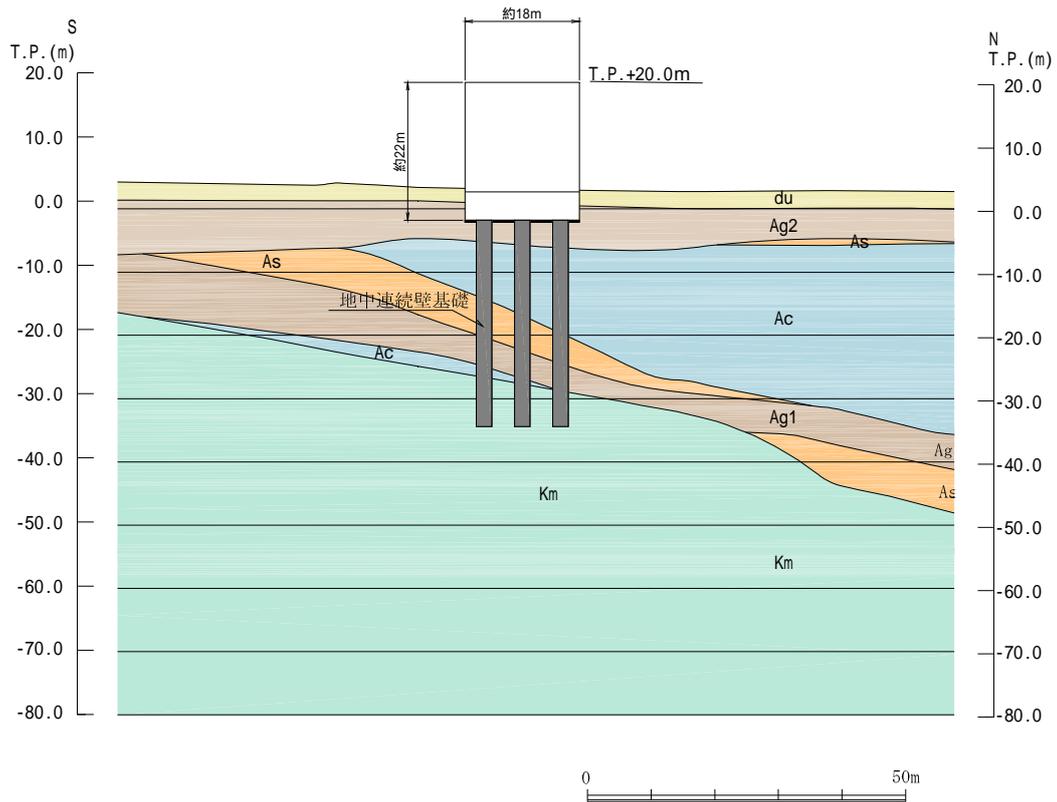
耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して，上部工については構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の 4 断面，基礎部については構造の安全性に支配的な弱軸方向である縦断方向の 4 断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上もっとも厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



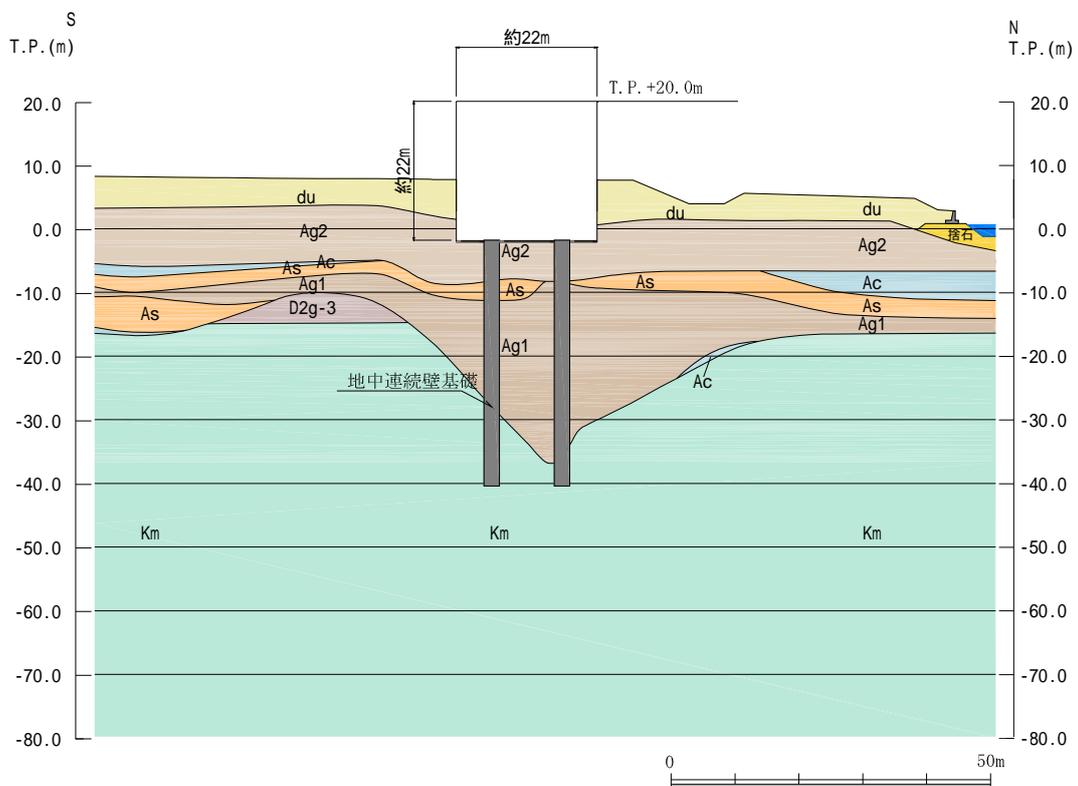
第 2.5 - 11 図 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



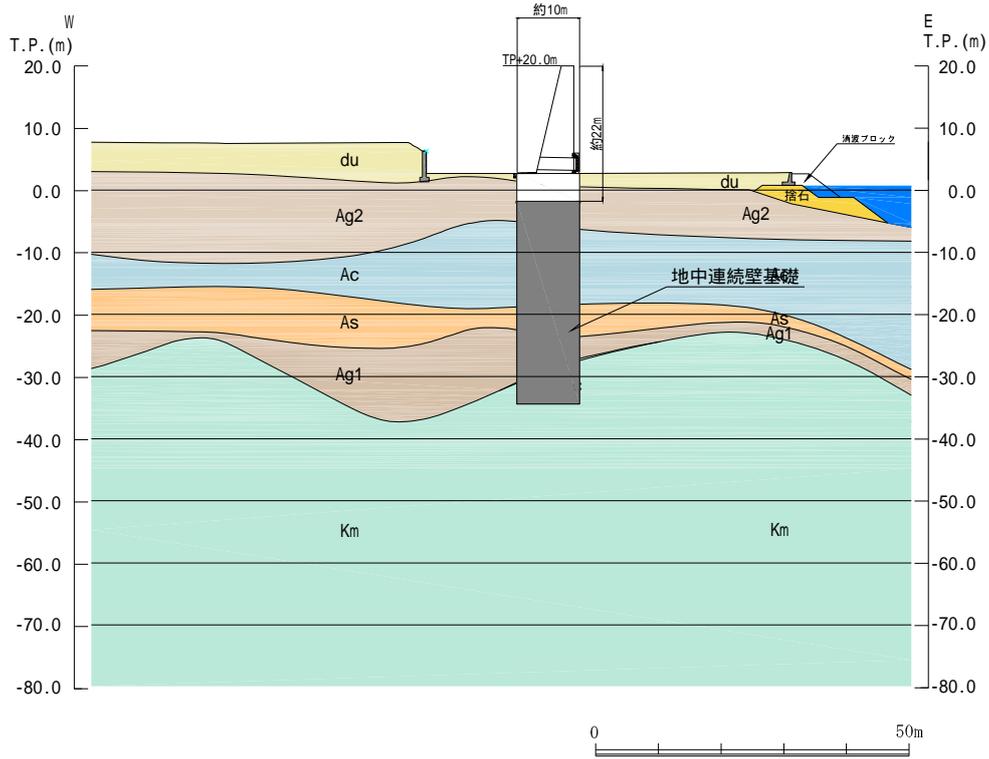
第 2.5 - 12 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(D - D断面)



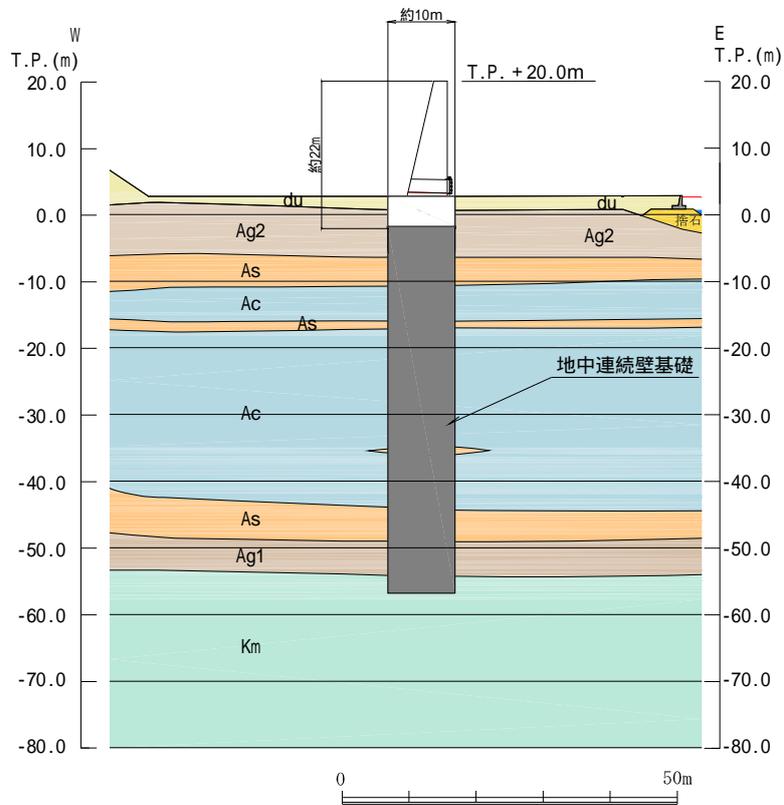
第 2.5 - 12 (2) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(E - E 断面)



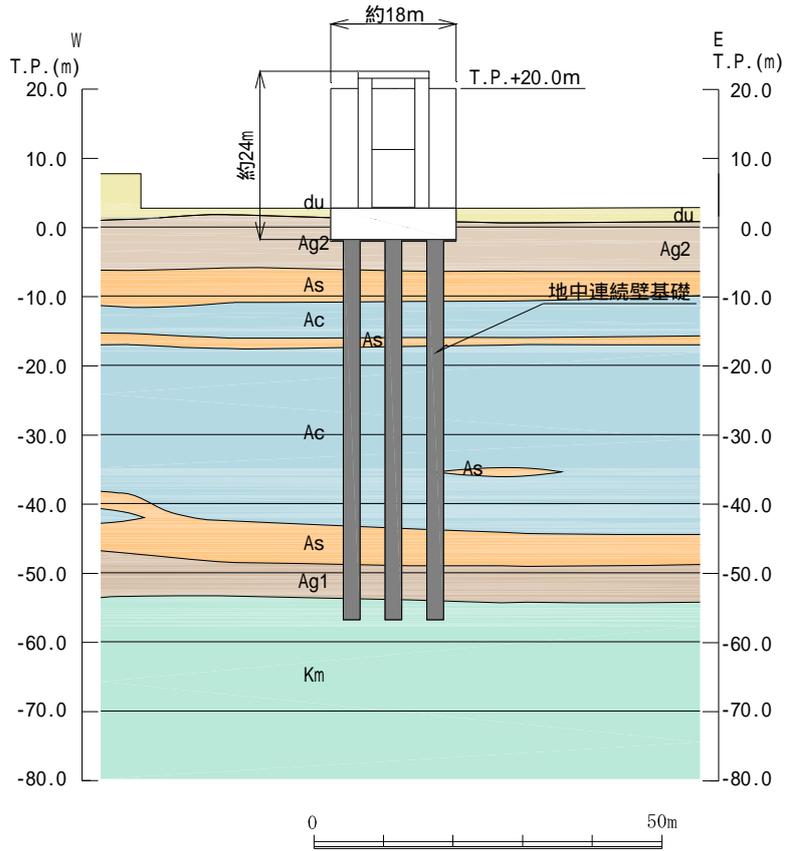
第 2.5 - 12 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(F - F 断面)



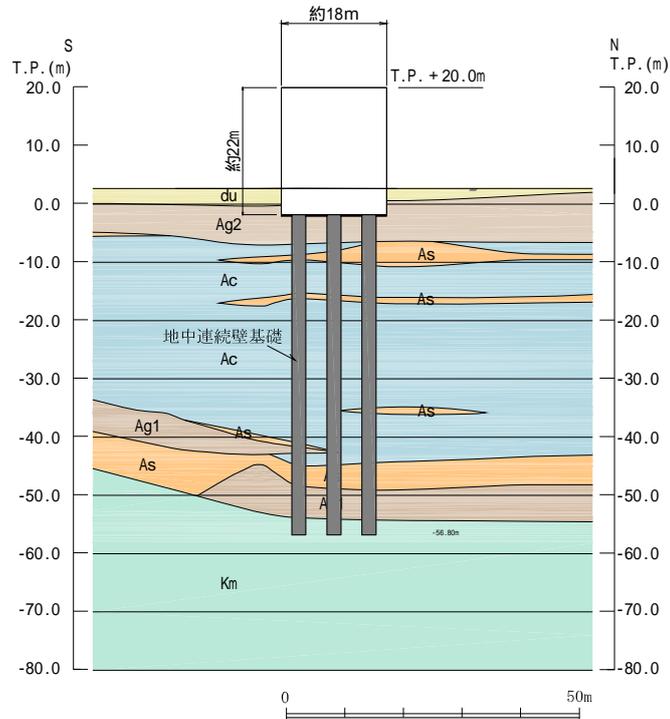
第 2.5 - 12 (4) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(G - G 断面)



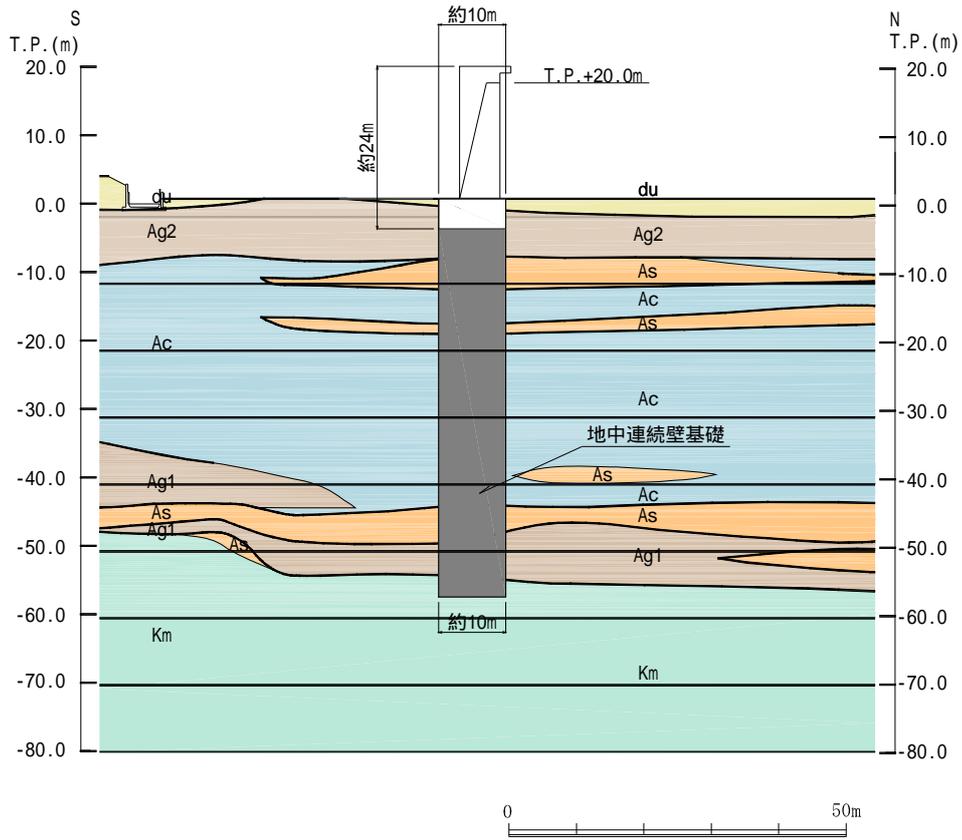
第 2.5 - 12 (5) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(H - H 断面)



第 2.5 - 12 (6) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(I - I 断面)



第 2.5 - 12 (7) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(J - J 断面)



第 2.5 - 12 (8) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (K - K 断面)

2.5.4 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

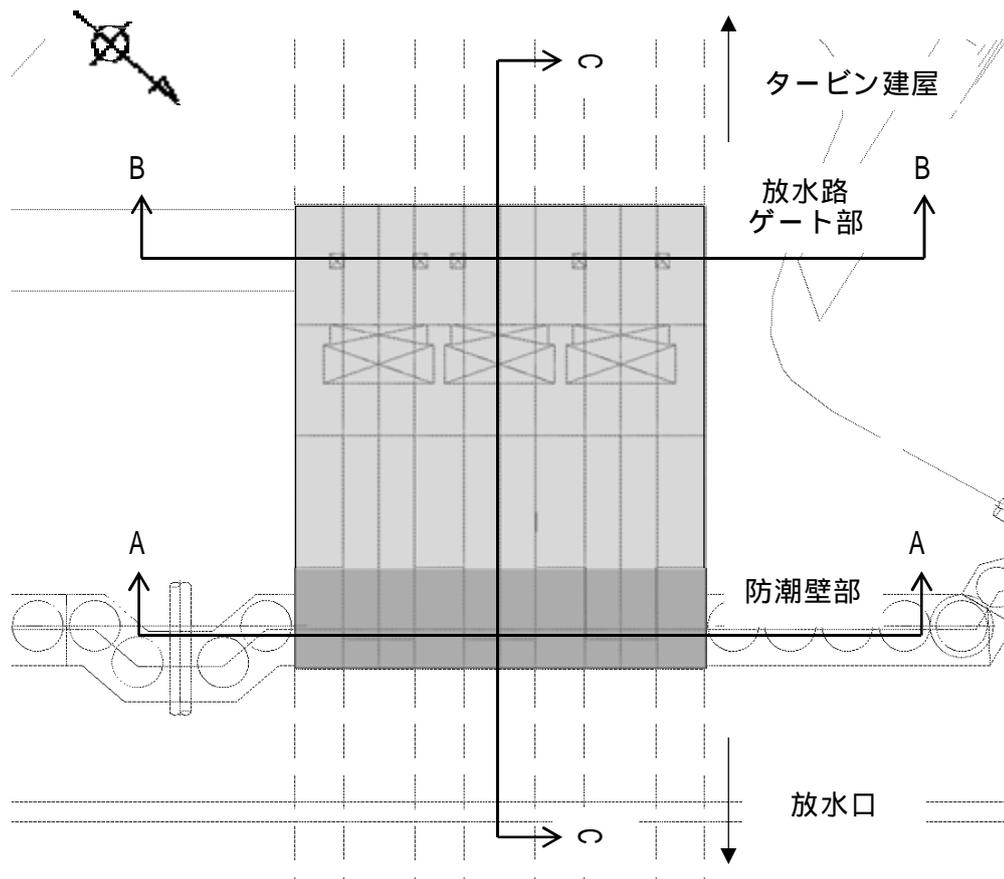
鉄筋コンクリート防潮壁のうち放水路横断部の平面図を第 2.5 - 13 図に，断面図を第 2.5 - 14 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は，縦断方向約 20m，高さ約 17m，横断方向約 23m の鉄筋コンクリート造の構造物であり，放水路，地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

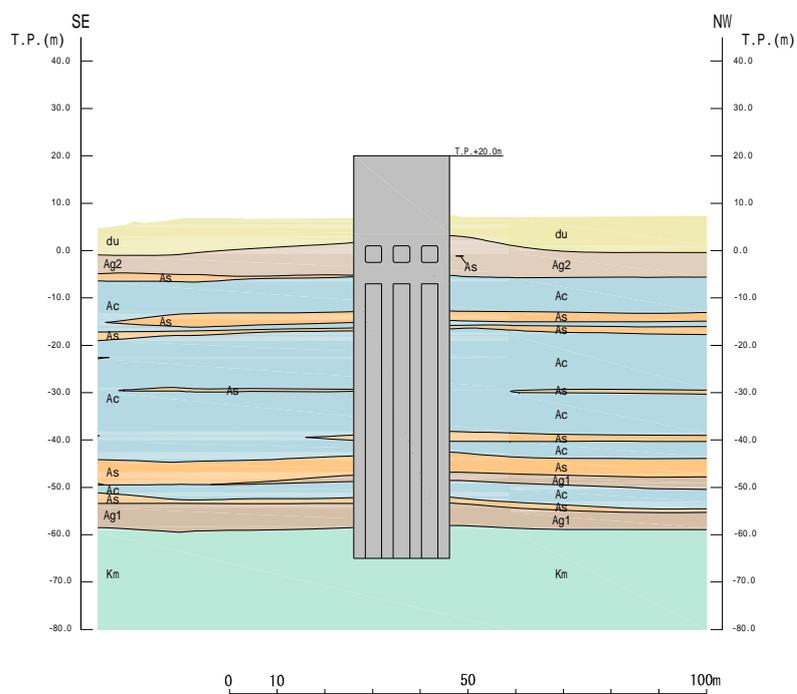
鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向では，防潮壁部は加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となり，防水路部及び放水路ゲート部は加振方向と平行に躯体が配置されないことから，弱軸方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の第四系の地層はほぼ水平な層をなし，Ac 層が厚く分布する。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して，縦断方向 2 断面及び横断方向 1 断面について，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。縦断方向の断面位置は防潮壁部と放水路ゲート部に設定する。横断方向の断面位置は構造物の中心線位置とする。

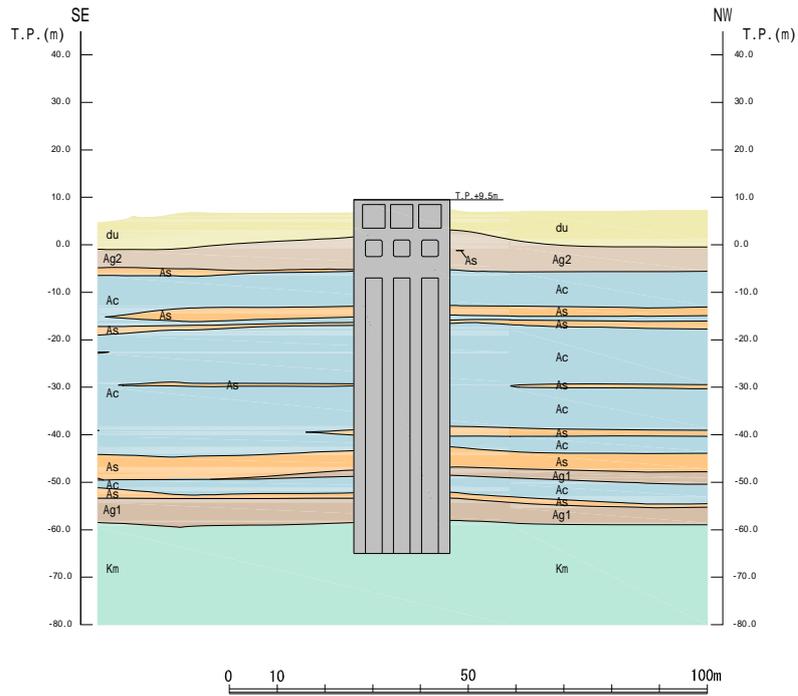


第 2.5 - 13 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア） 平面図

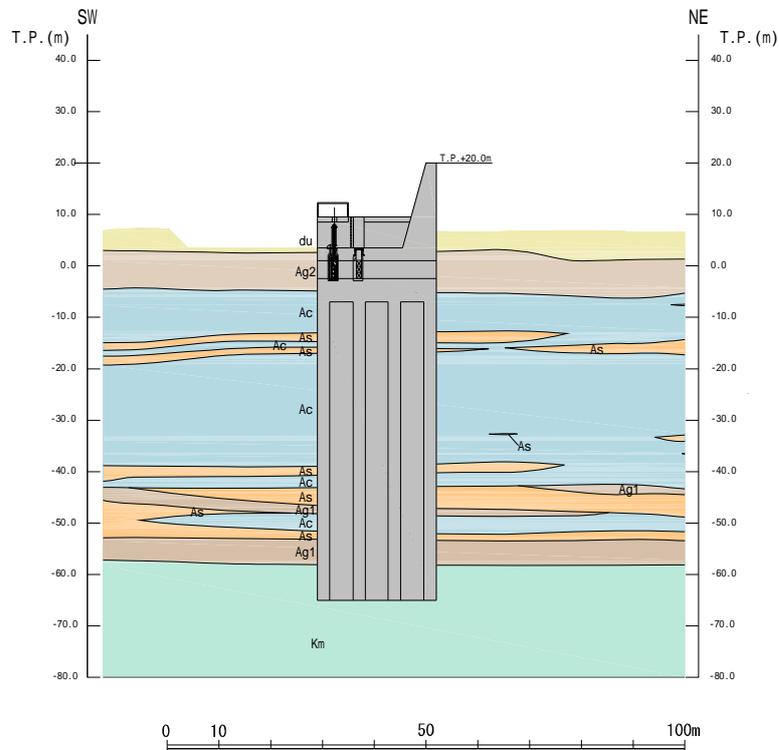


第 2.5 - 14 (1) 図 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

断面図（A - A 断面）（防潮壁部）



第 2.5 - 14 (2) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) 断面図
(B - B 断面)(放水路ゲート部)



第 2.5 - 14 (3) 図 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) 断面図
(C - C 断面)

2.6 常設代替高圧電源装置置場の断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置置場の平面図を第 2.6 - 1 図に，断面図を第 2.6 - 2 図に示す。

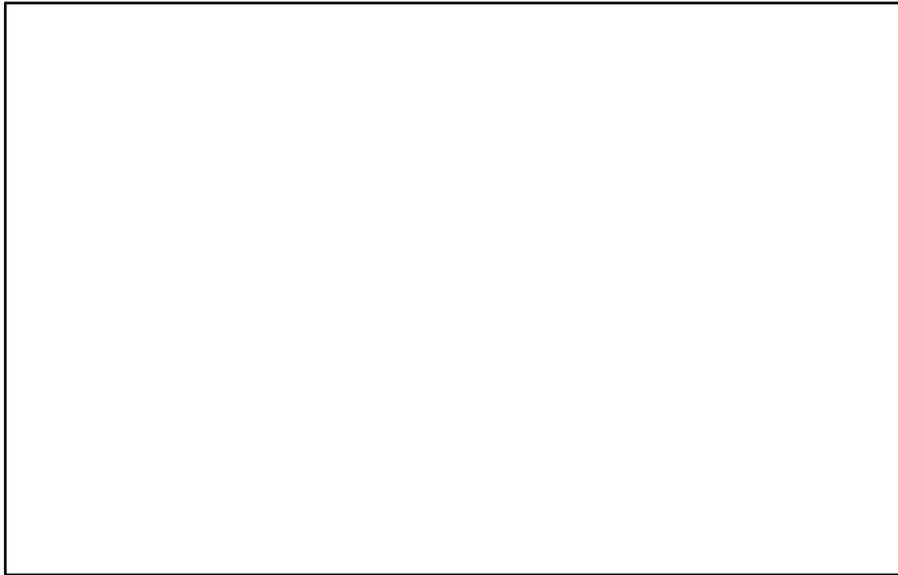
常設代替高圧電源装置置場は常設重大事故等対処施設であり，常設代替高圧電源装置等を内包すると共に，S クラス施設である軽油貯蔵タンクを間接支持する機能を有する。

常設代替高圧電源装置置場は，幅約 46m（南北方向）×約 56m（東西方向），高さ約 47m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

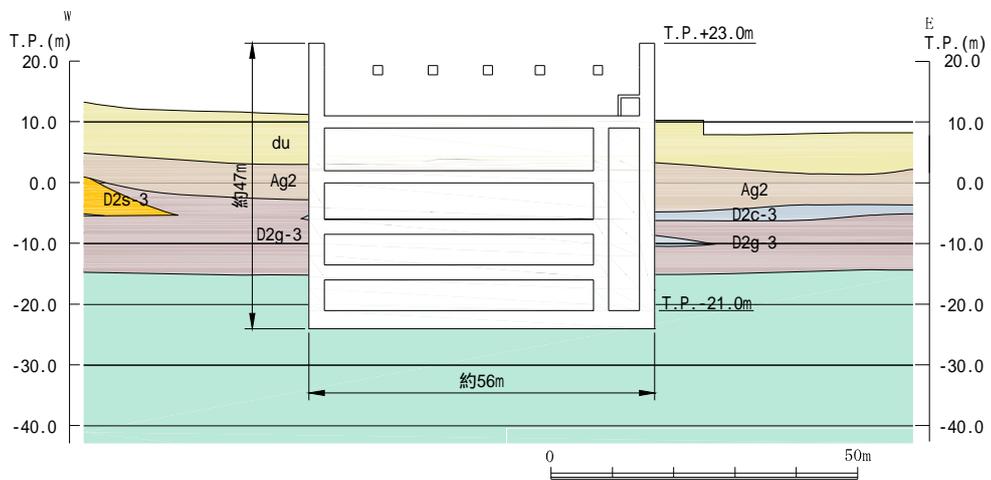
常設代替高圧電源装置置場では内包する常設代替高圧電源装置や間接支持する S クラス施設が縦断方向（東西方向）に一様に設置されているため，機器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

常設代替高圧電源装置置場の東西方向は加振と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことが出来るため，強軸方向となる。一方，南北方向は，設備の配置などから加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから弱軸方向となる。

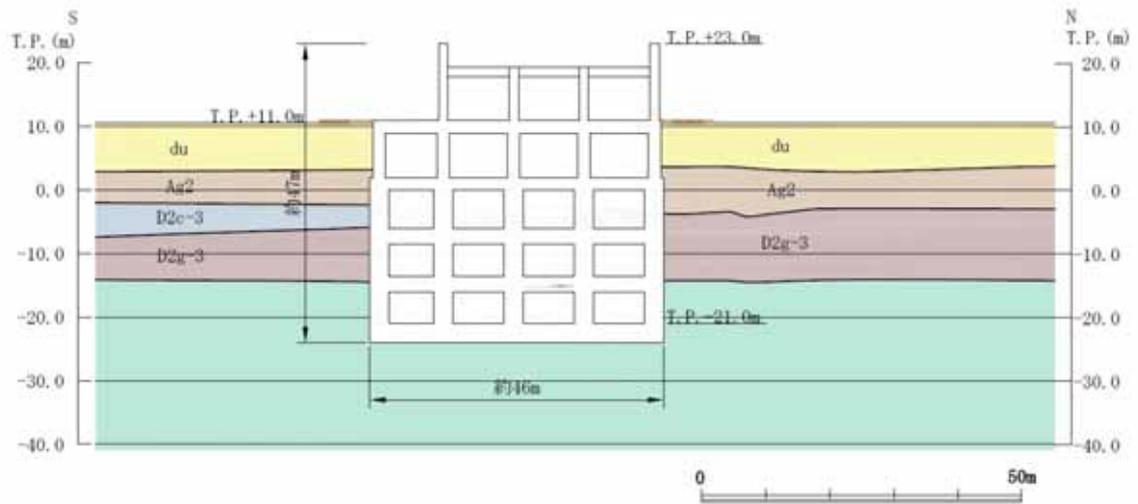
常設代替高圧電源装置置場は，弱軸方向にほぼ一様な構造であること，周辺の地質構造は施設の縦断方向について一様であることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である南北方向の断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.6 - 1 図 常設代替高圧電源装置置場 平面図



第 2.6 - 2 (1) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (東西断面)

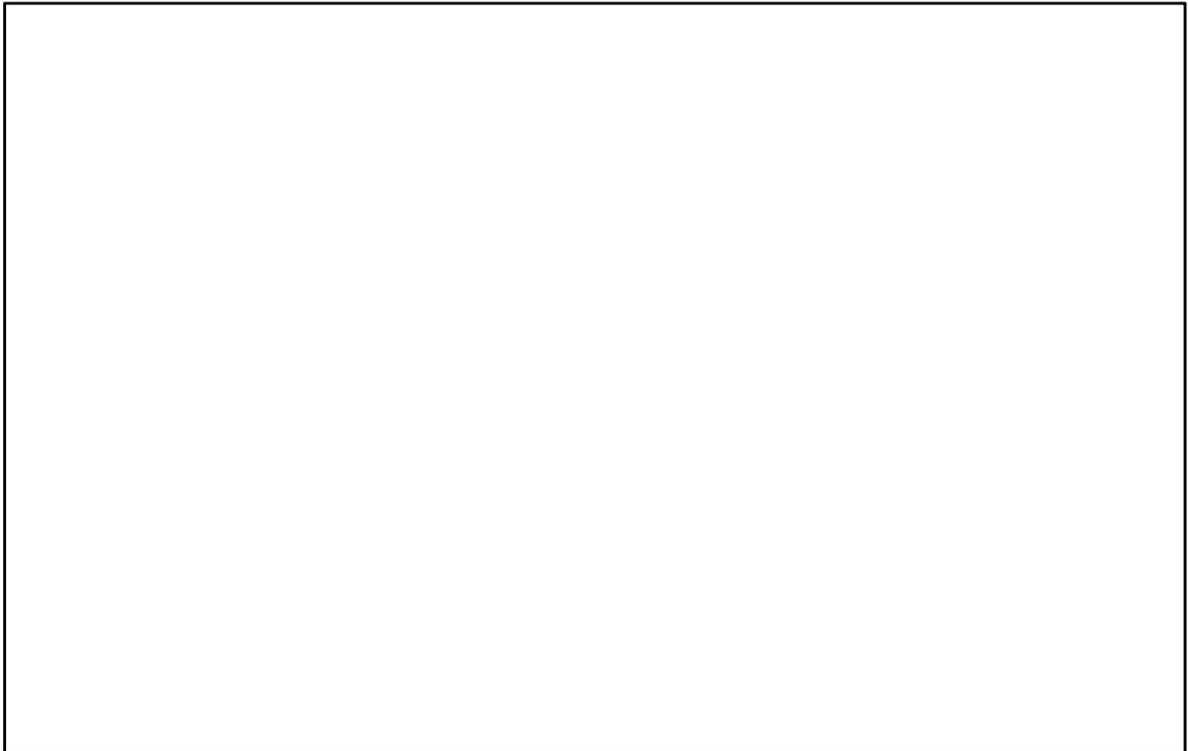


第 2.6 - 2 (2) 図 常設代替高圧電源装置置場 断面図 (南北断面)

2.7 常設代替高圧電源装置用カルバートの断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置用カルバートの平面図を第 2.7 - 1 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバートは、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、トンネル部、立坑部及びカルバート部に区分される。以下にそれぞれの断面選定の考え方を示す。



第 2.7 - 1 図 常設代替高圧電源装置用カルバート 平面図

2.7.1 トンネル部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちトンネル部の縦断面図を第 2.7 - 2 図に，横断面図を第 2.7 - 3 図に示す。

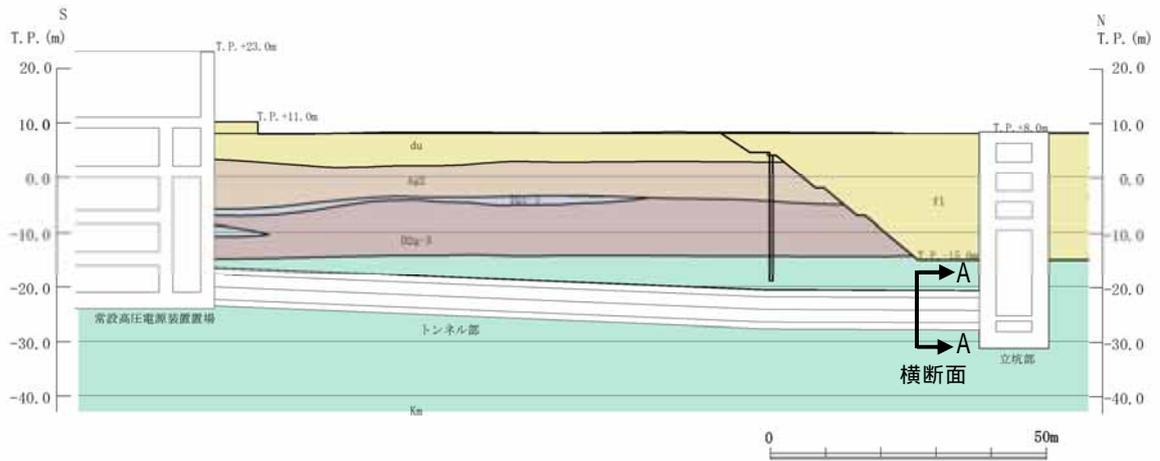
常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部，カルバート部）は常設重大事故等対処施設であり，常設代替高圧電源装置電路等を内包すると共に，S クラス施設である軽油移送配管を間接支持する機能を有する。

トンネル部は，延長約 150m，内径約 5m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，トンネルの軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。トンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されている。

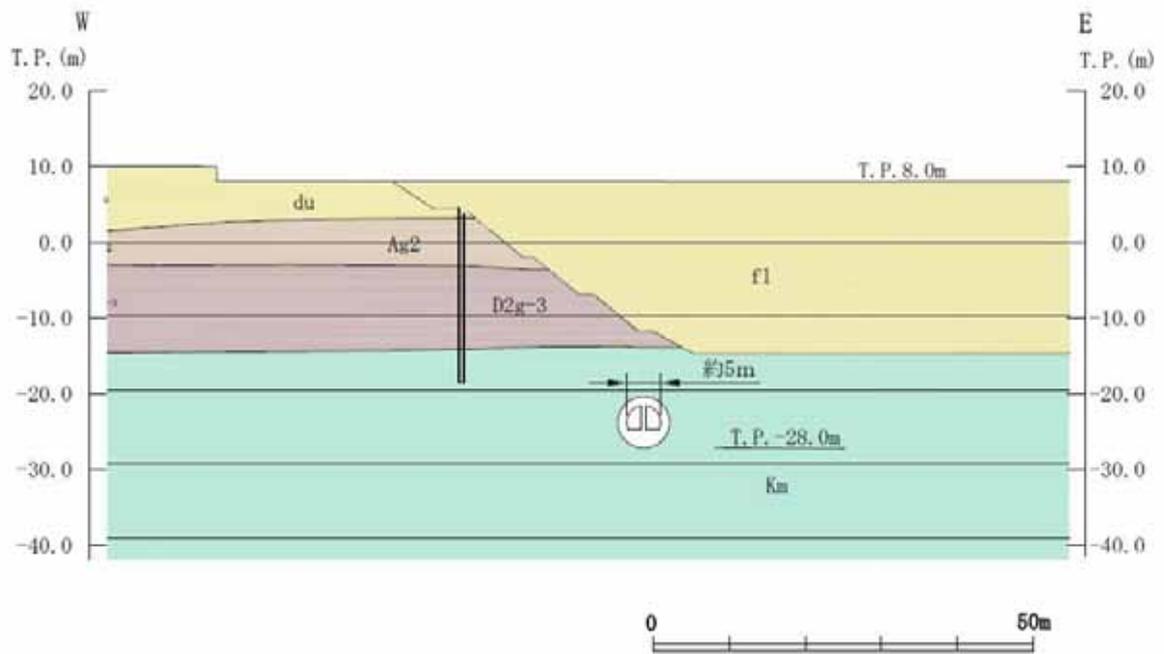
トンネルの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。また，前述のとおりトンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されており，トンネル縦断方向の応力は区間毎に解放されると考えられる。縦断方向のブロック毎の相対変位に対しては，岩盤に設置されているため小さいと考えられる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

トンネル部は，全長を岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えられることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向（配管方向と直交する断面）のうち，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，トンネル縦断方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，トンネルの上端と下端

の相対変位を確認する。



第 2.7 - 2 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）縦断面図



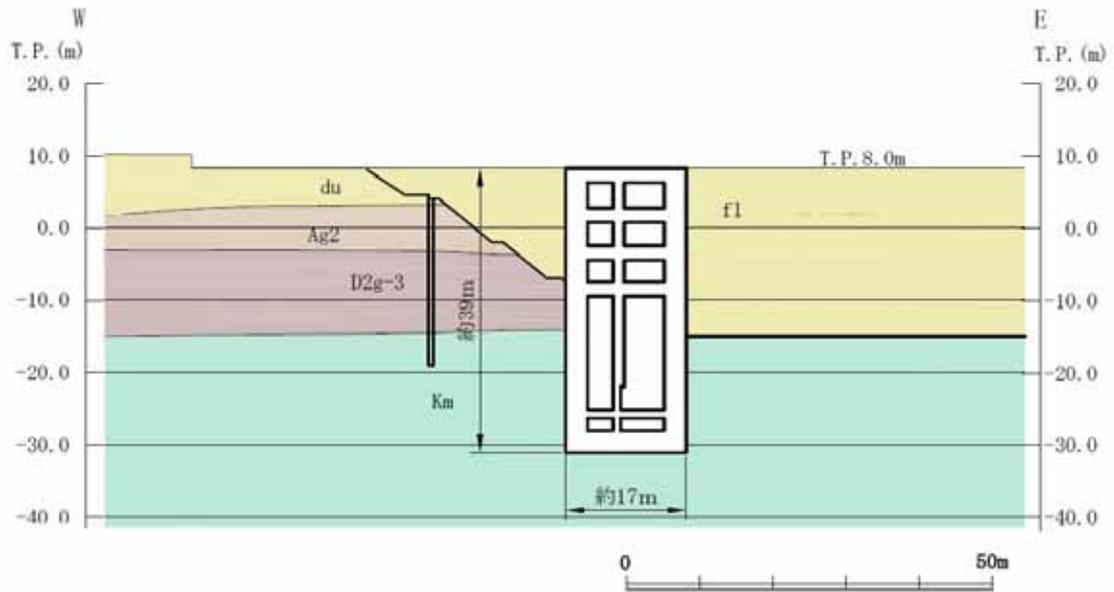
第 2.7 - 3 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
横断面図

2.7.2 立坑部

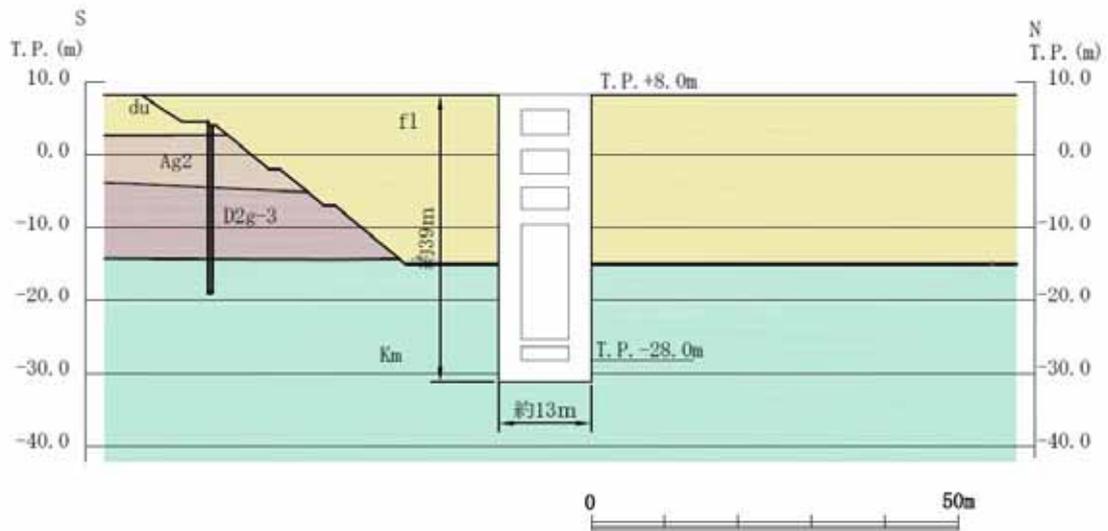
常設代替高圧電源装置用カルバートのうち立坑部の断面図を第 2.7 - 4 図に示す。

立坑部は、幅約 15m (東西方向) × 約 11m (南北方向)、高さ約 39m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

立坑部は、角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから、耐震評価では、立坑部の南北方向及び東西方向の 2 断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.7 - 4 (1) 図 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 断面図
(東西断面)



第 2.7 - 4 (2) 図 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 断面図
(南北断面)

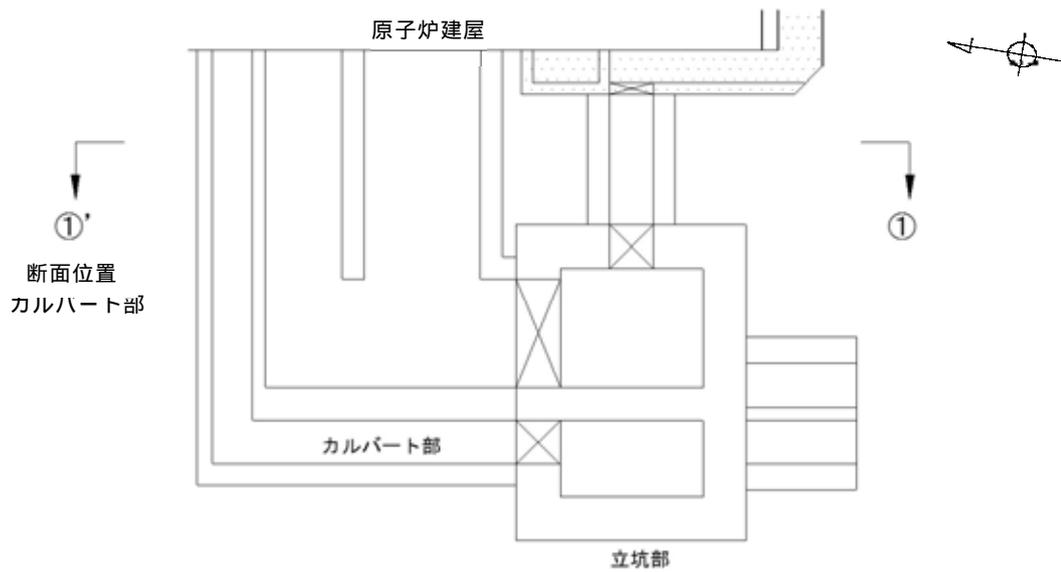
2.7.3 カルバート部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちカルバート部の平面図を第 2.7 - 5 図に，断面図を第 2.7 - 6 図に示す。

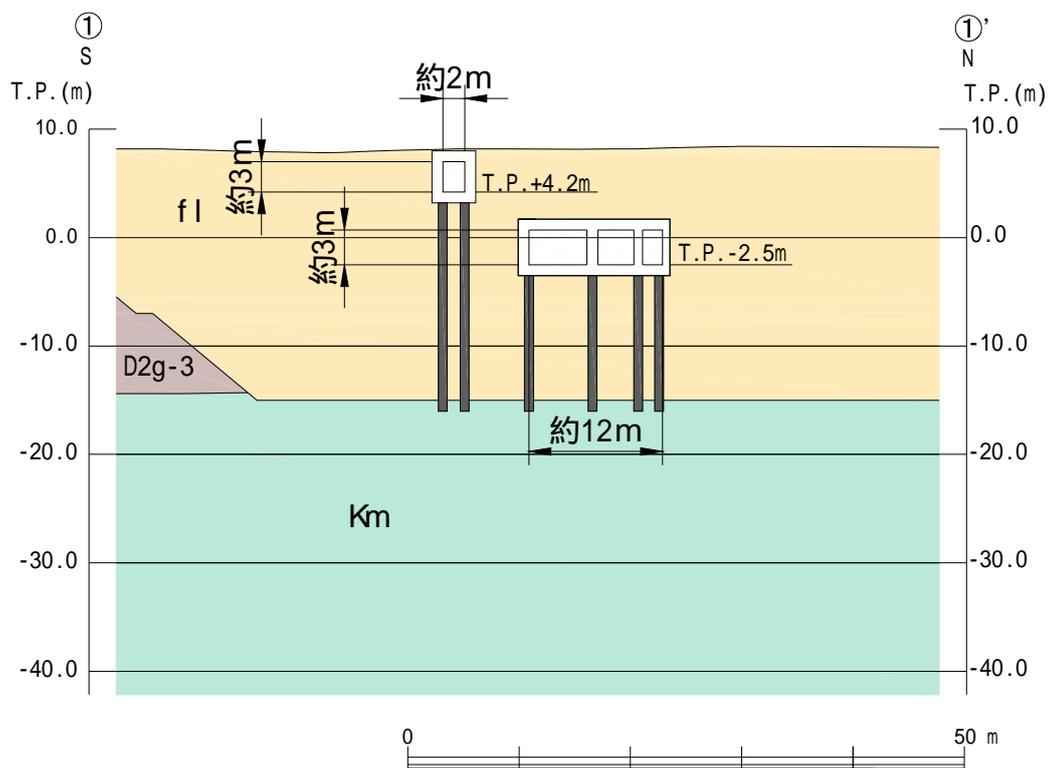
カルバート部は，延長約 29m，内空幅約 12m，内空高さ約 3m 及び延長約 6m，内空幅約 2m，内空高さ約 3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，カルバートの軸方向（配管方向）に対して内空寸法がほぼ一様で，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 2.7 - 5 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）平面図

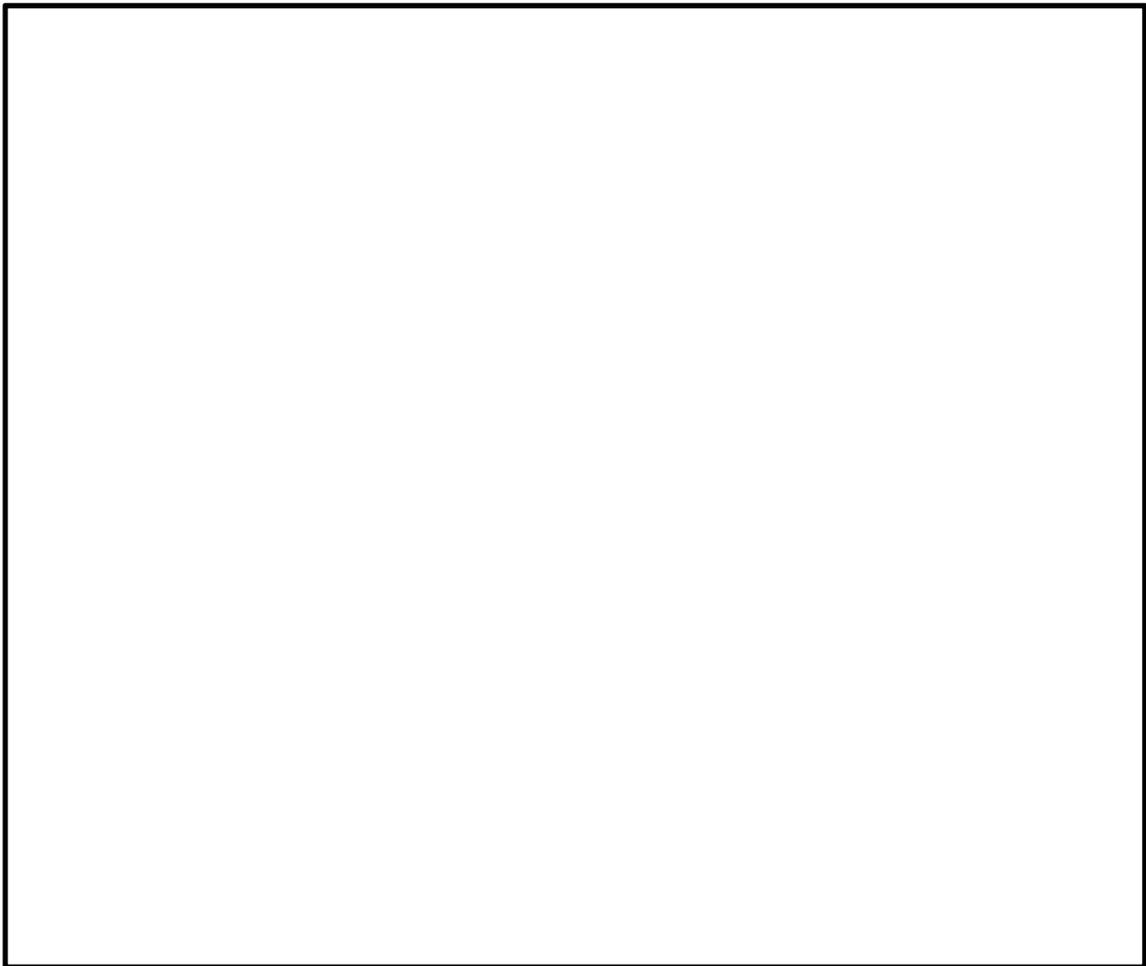


第 2.7 - 6 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）
断面図（ ① - ①' 断面）

3. 常設重大事故等対処施設等の耐震評価における断面選定の考え方

3.1 各施設の配置

本章では「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備」及び「常設重大事故等対処施設」である、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、緊急用海水ポンプピット、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、緊急用海水取水管、S A用海水ピット、海水引込み管、S A用海水ピット取水塔、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え方を示す。各施設の平面配置図を第 3.1 - 1 図に示す。



第 3.1 - 1 図 重大事故等対処施設の土木構造物 平面配置図

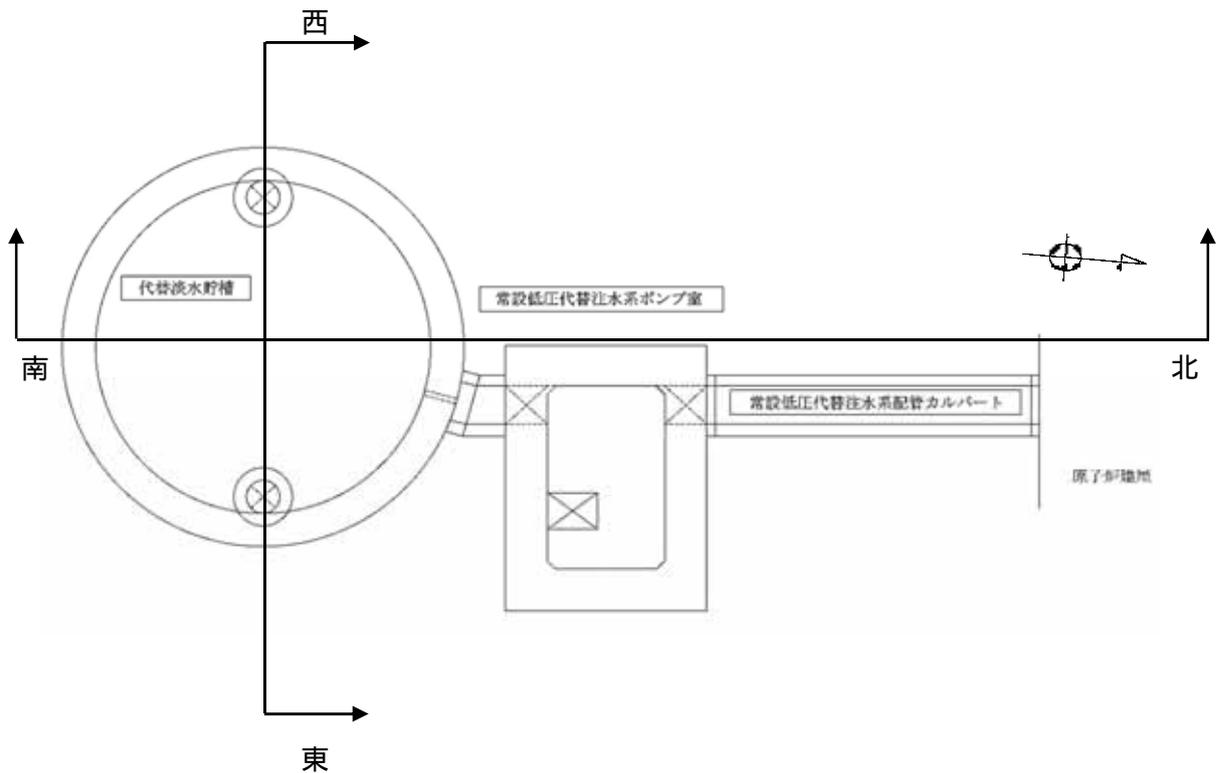
3.2 代替淡水貯槽の断面選定の考え方

代替淡水貯槽の平面図を第 3.2 - 1 図に，断面図を第 3.2 - 2 図に示す。

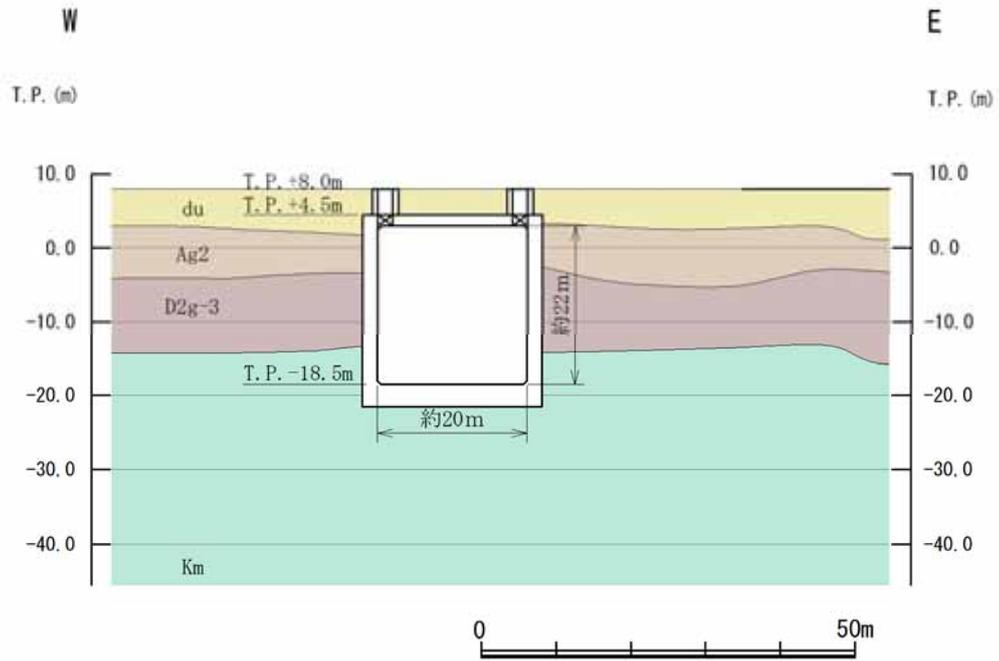
代替淡水貯槽は常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。

代替淡水貯槽は，内径約 20m，内空高さ約 22m の鉄筋コンクリート造の円筒形の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

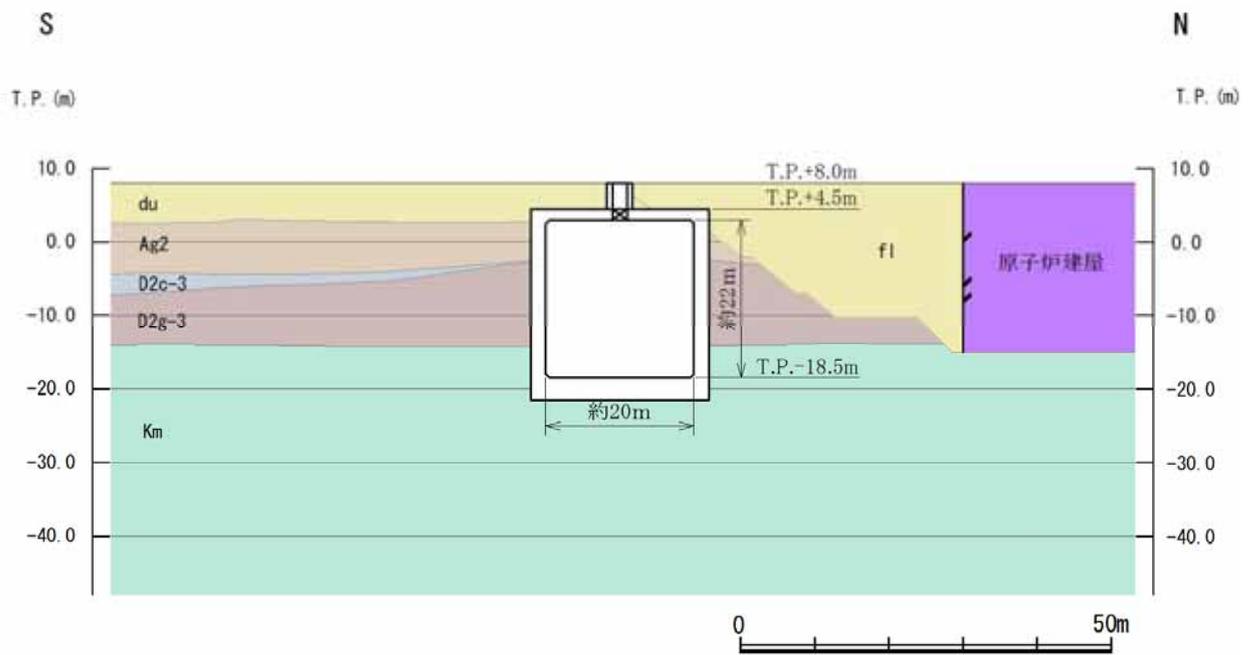
代替淡水貯槽は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸方向がないことから，東西及び南北方向の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.2 - 1 図 代替淡水貯槽 平面図



第 3.2 - 2 (1) 図 代替淡水貯槽 断面図 (東西断面)



第 3.2 - 2 (2) 図 代替淡水貯槽 断面図 (南北断面)

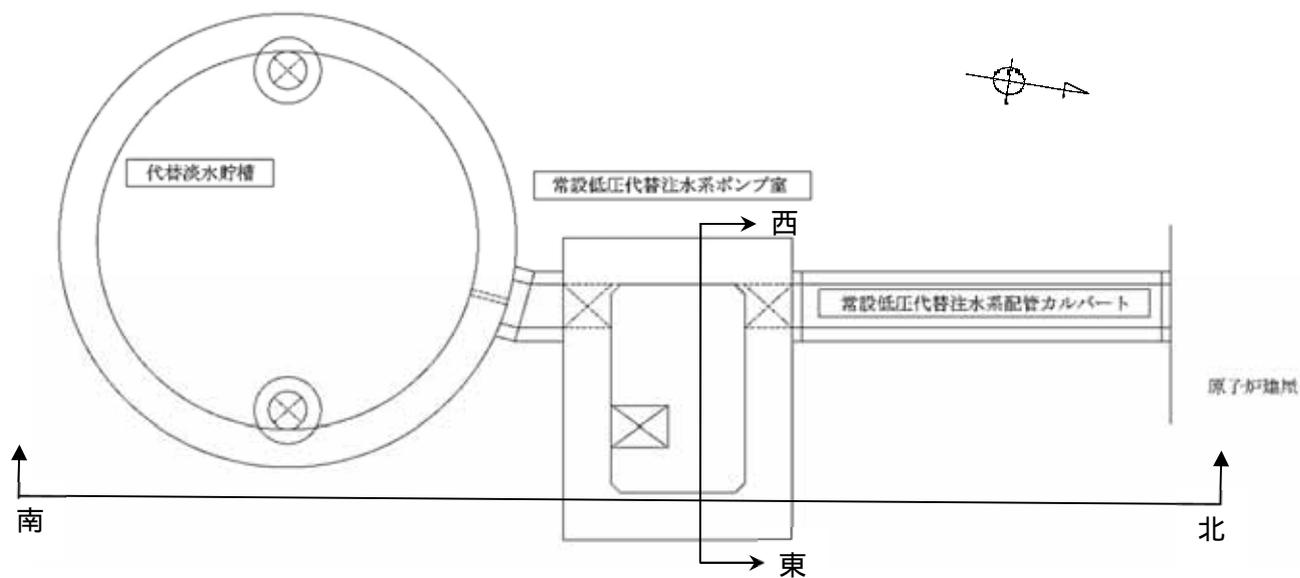
3.3 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方

常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 3.3 - 1 図に，断面図を第 3.3 - 2 図に示す。

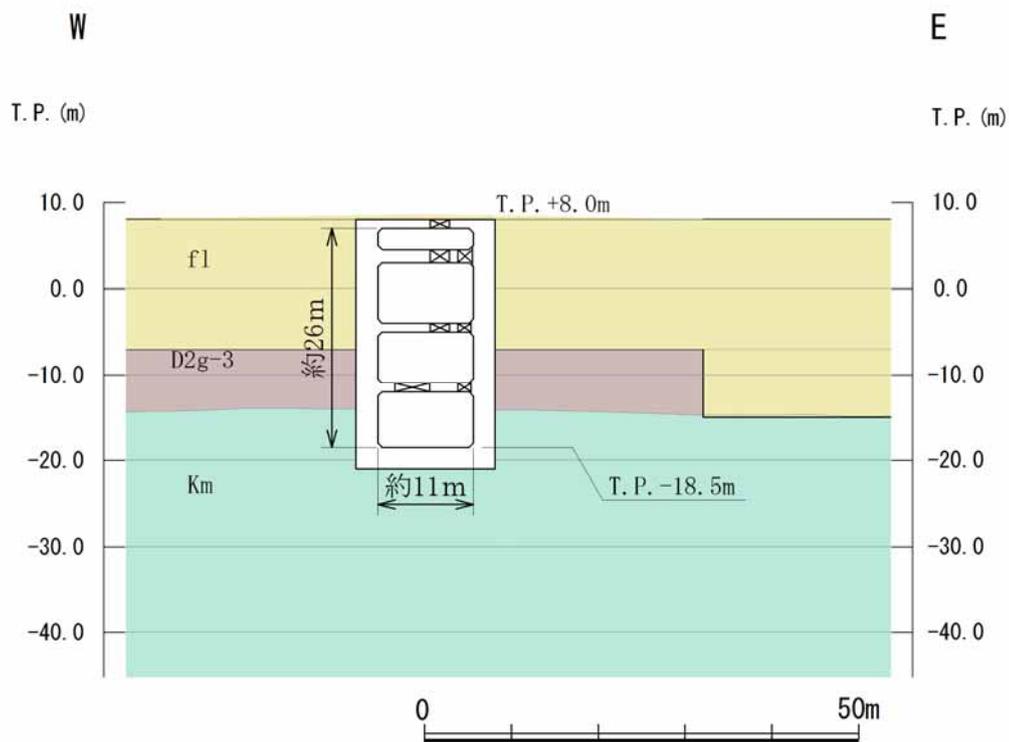
常設低圧代替注水系ポンプ室は常設重大事故等対処施設であり，常設低圧代替注水系ポンプ等を内包する。

常設低圧代替注水ポンプ室は，内空幅約 11m（東西方向）×約 7m（南北方向），内空高さ約 26m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，代替淡水貯槽と接続する配管を支持する内空幅約 2m，内空高さ約 2m の張出し部を 2 箇所有する。

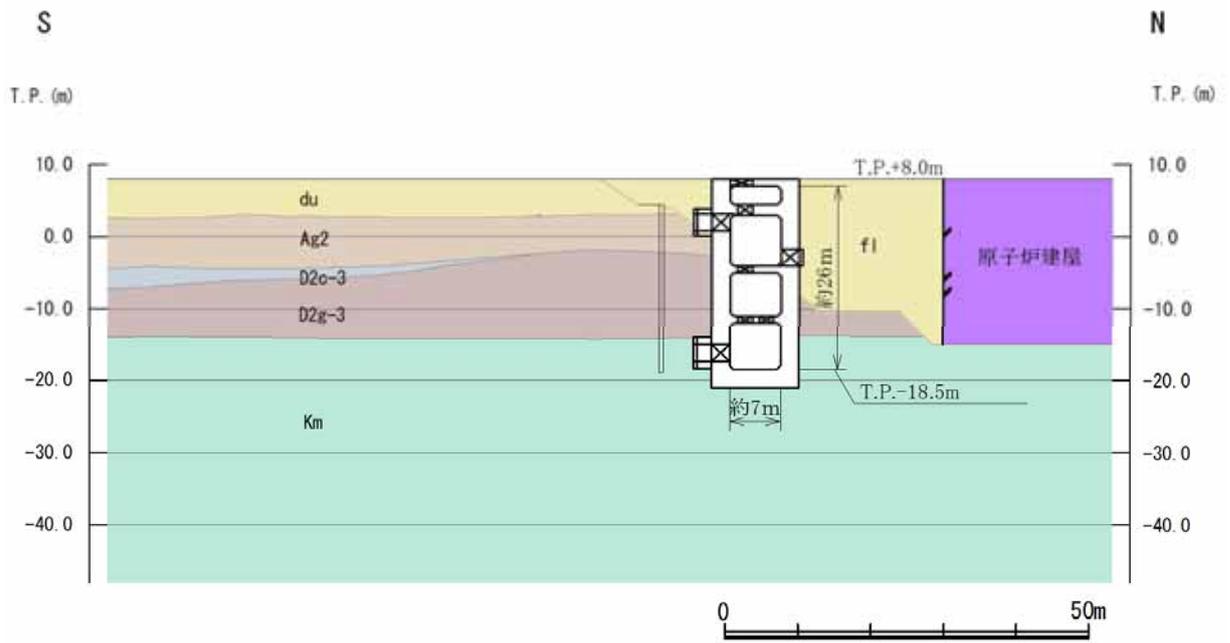
常設低圧代替注水系ポンプ室は，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また，南北断面においては，東西方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 3.3 - 1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 平面図



第 3.3 - 2 (1) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (東西断面)



第 3.3 - 2 (2) 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図 (南北断面)

3.4 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方

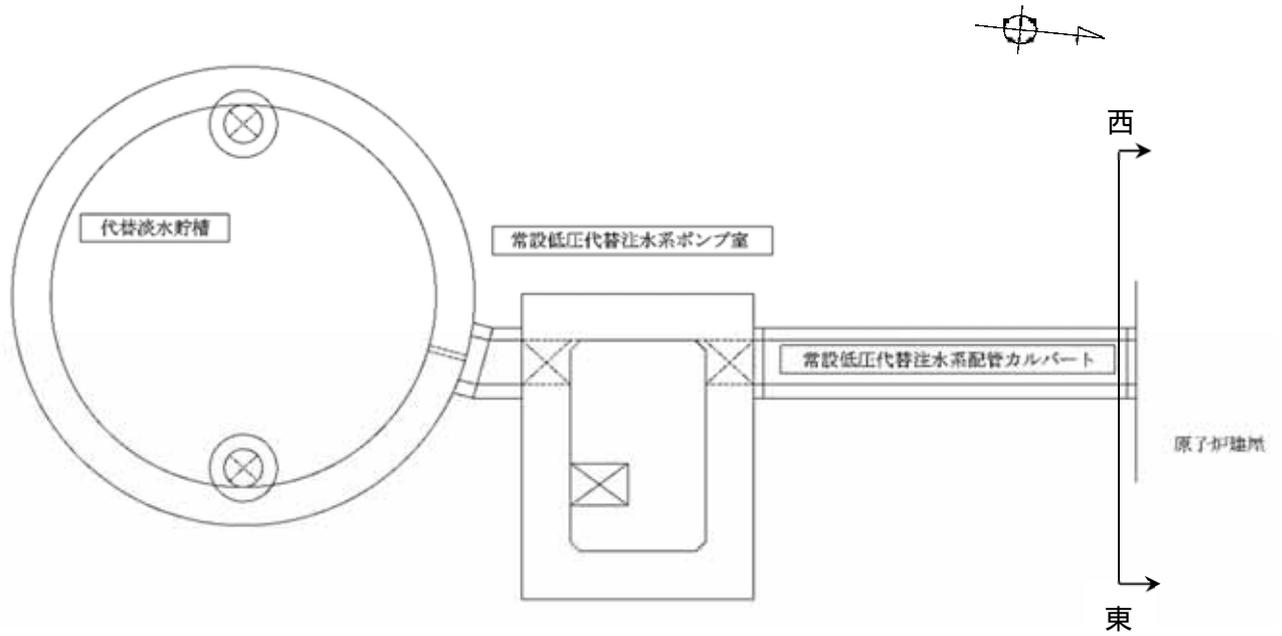
常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第 3.4 - 1 図に，断面図を第 3.4 - 2 図に示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートは常設重大事故等対処施設であり，常設低圧代替注水系配管を内包する。

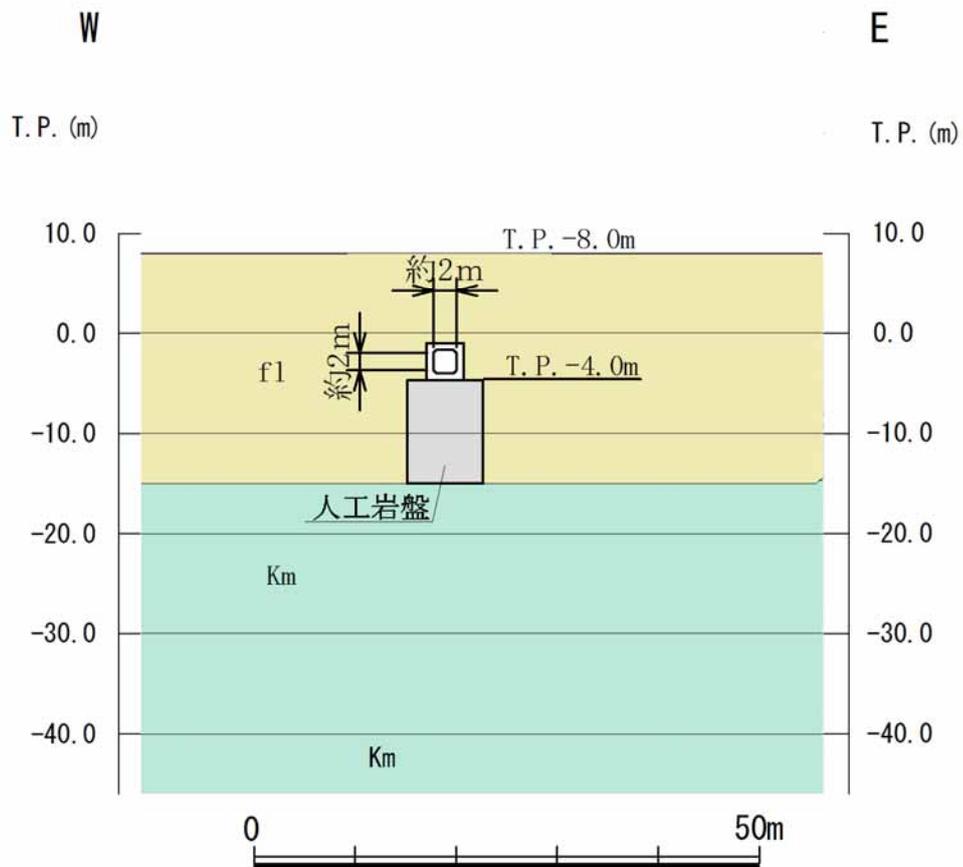
常設低圧代替注水系配管カルバートは，延長約 22m，内空幅約 2m，内空高さ約 2m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

常設低圧代替注水系配管カルバートは全区間同一断面であり，周辺地盤も同じ構成であることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.4 - 1 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



第 3.4 - 2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図（東西断面）

3.5 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

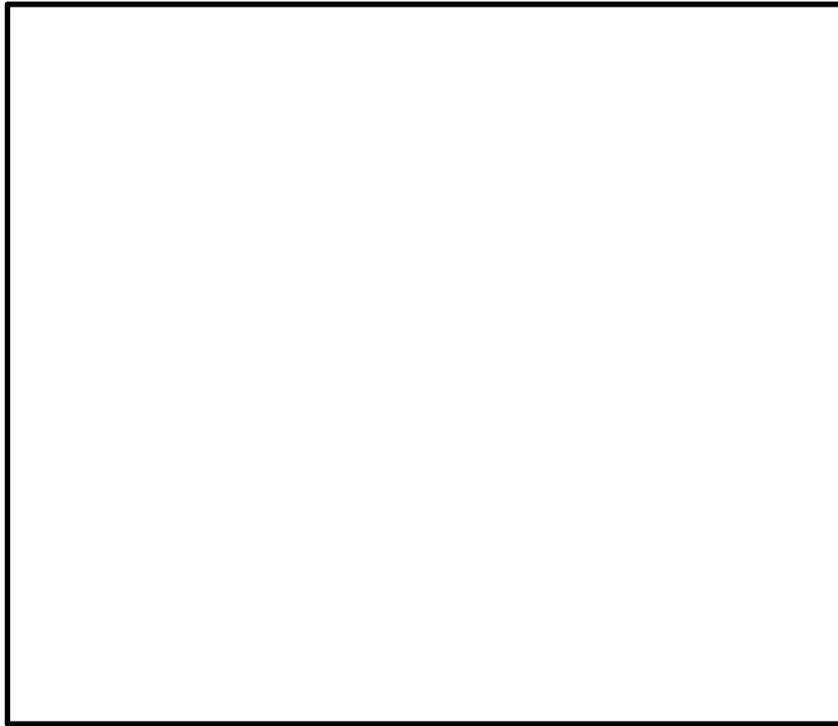
緊急用海水ポンプピットの平面図を第 3.5 - 1 図に，断面図を第 3.5 - 2 図に示す。

緊急用海水ポンプピットは常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備であり，緊急用海水ポンプ等を内包する。

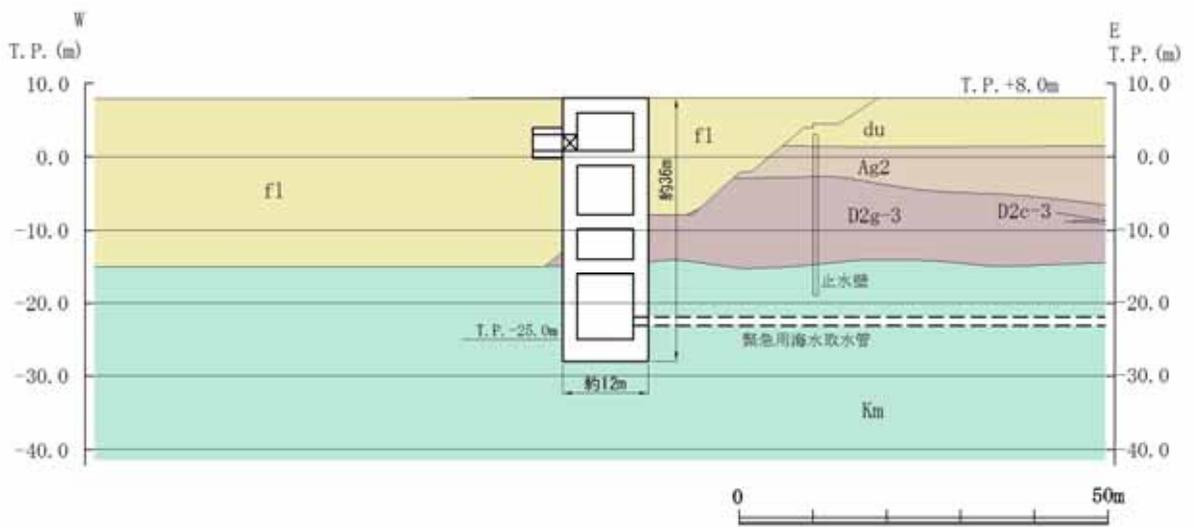
S A 用海水ポンプピットは非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

緊急用海水ポンプピットは，幅約 12m（東西方向）×約 12m（南北方向），高さ約 36m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，原子炉建屋内へ接続する配管を間接支持する内空幅約 3m，内空高さ約 2m の張出し部を有する。

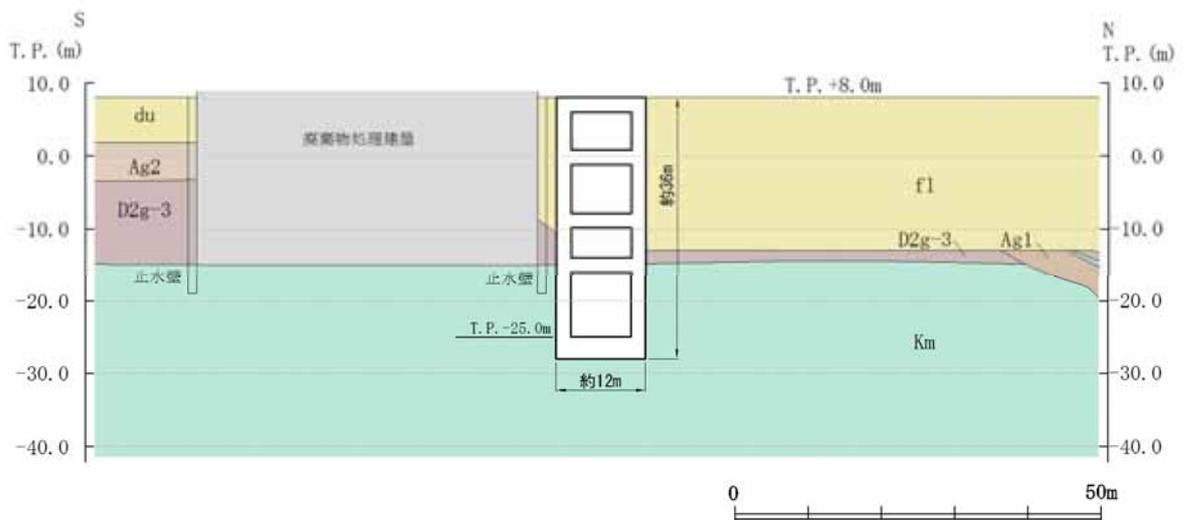
緊急用海水ポンプピットは，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，緊急用海水ポンプピットの東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。また，東西断面においては，南北方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第 3.5 - 1 図 緊急用海水ポンプピット 平面図



第 3.5 - 2 (1) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (東西断面)



第 3.5 - 2 (2) 図 緊急用海水ポンプピット 断面図 (南北断面)

3.6 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方

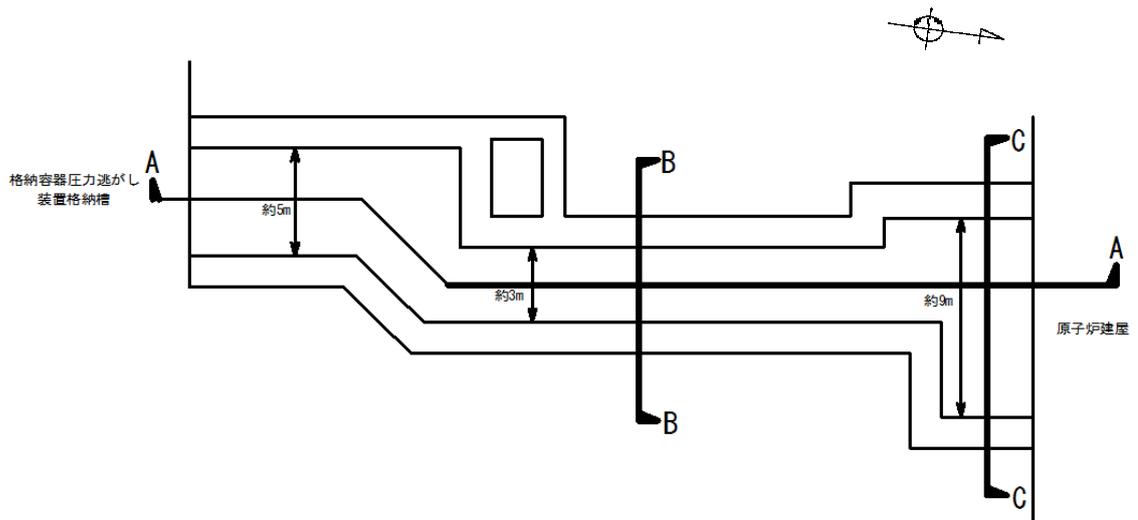
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図を第 3.6 - 1 図に，縦断面図を第 3.6 - 2 図に，横断面図を第 3.6 - 3 図に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは常設重大事故等対処施設であり，格納容器圧力逃がし装置用配管を内包する。

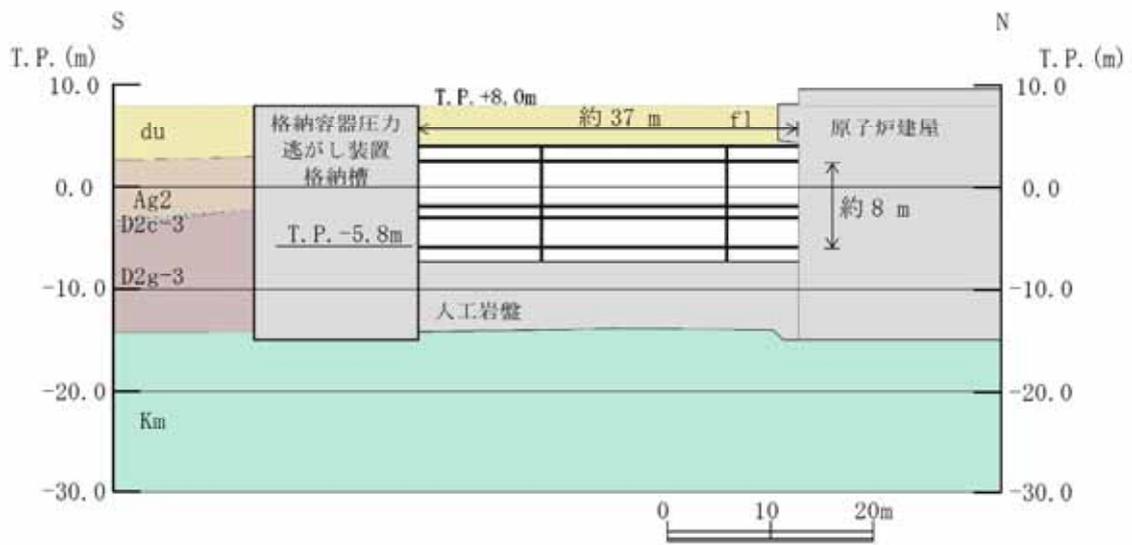
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，延長約 37m，内空幅約 3m（一部約 5m 及び約 9m），内空高さ約 8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸方向となる。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺の地質構造は縦断方向に対して一様であるが，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは縦断方向に対して複数の断面形状を示すことから，上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し，耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

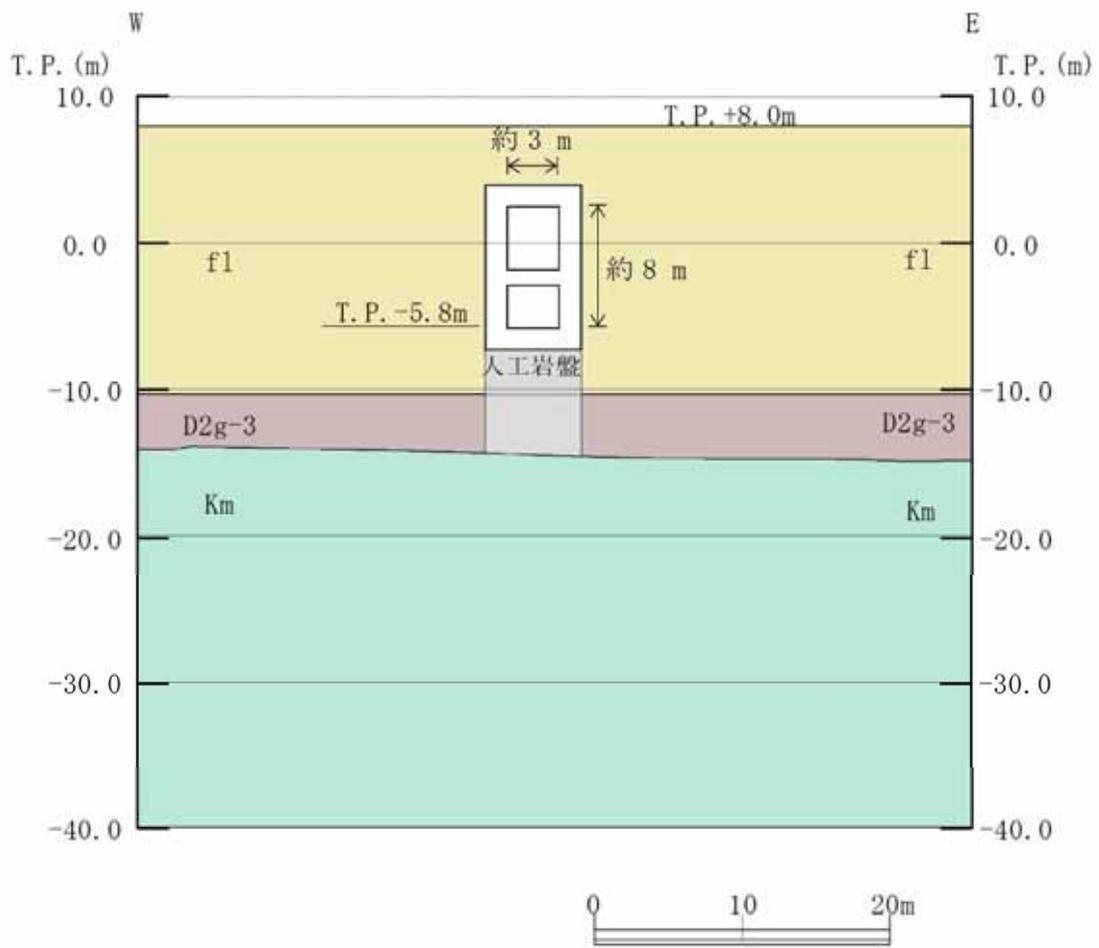


第 3.6 - 1 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 平面図

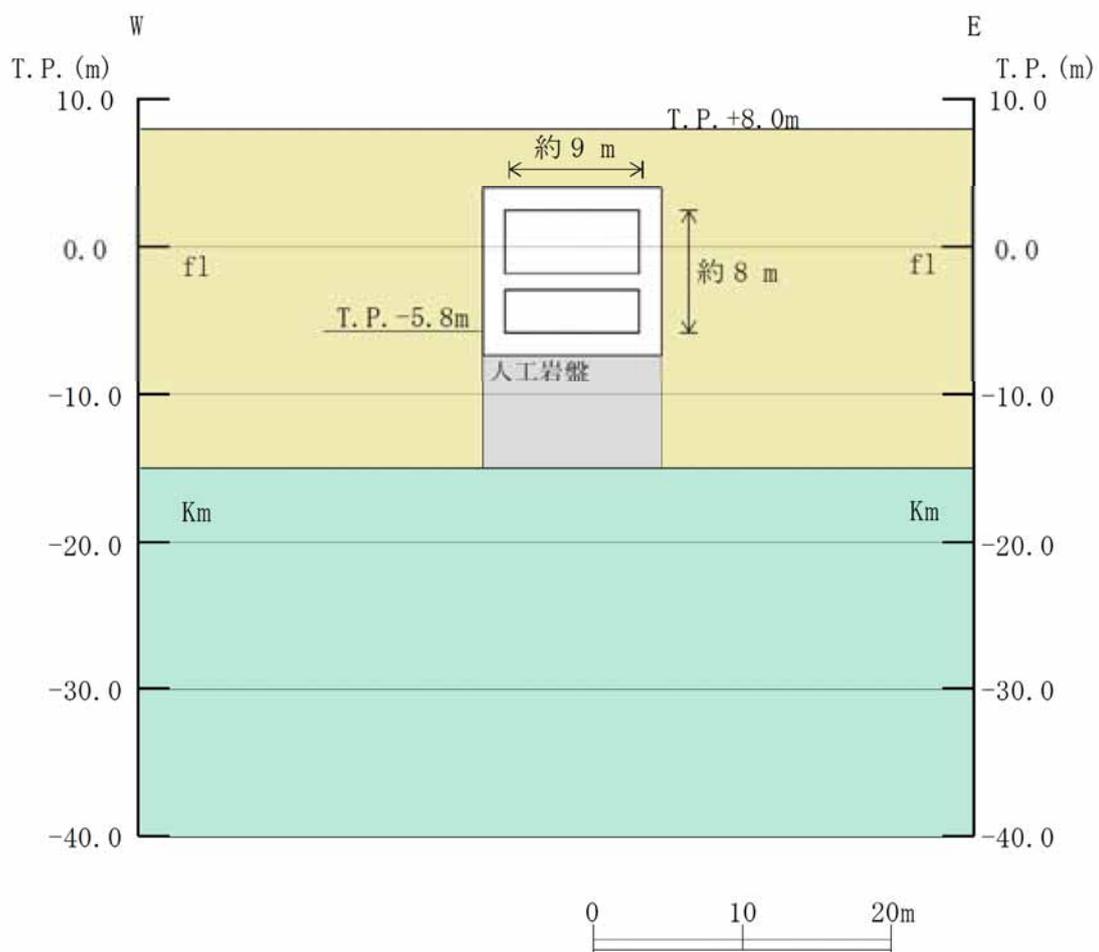


第 3.6 - 2 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 縦断面図

(A - A 断面)



第 3.6 - 3 (1) 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図
(B - B 断面)



第 3.6 - 3 (2) 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図
(C - C 断面)

3.7 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管の平面図を第 3.7 - 1 図に，縦断面図を第 3.7 - 2 図に，横断面図を第 3.7 - 3 図に示す。

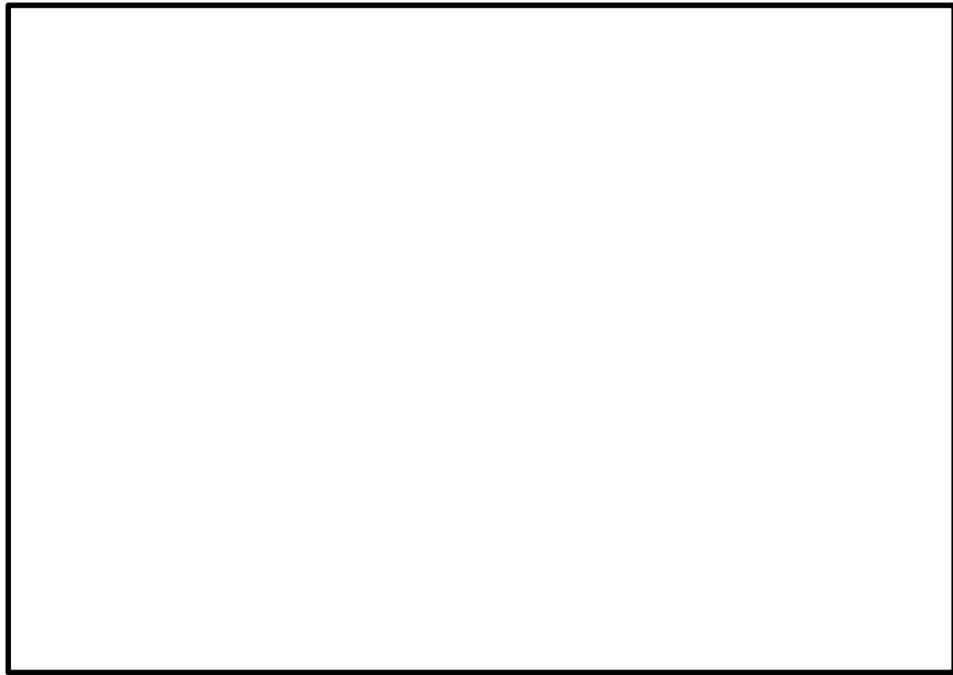
緊急用海水取水管は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

緊急用海水取水管は，S A 用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約 168m で内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

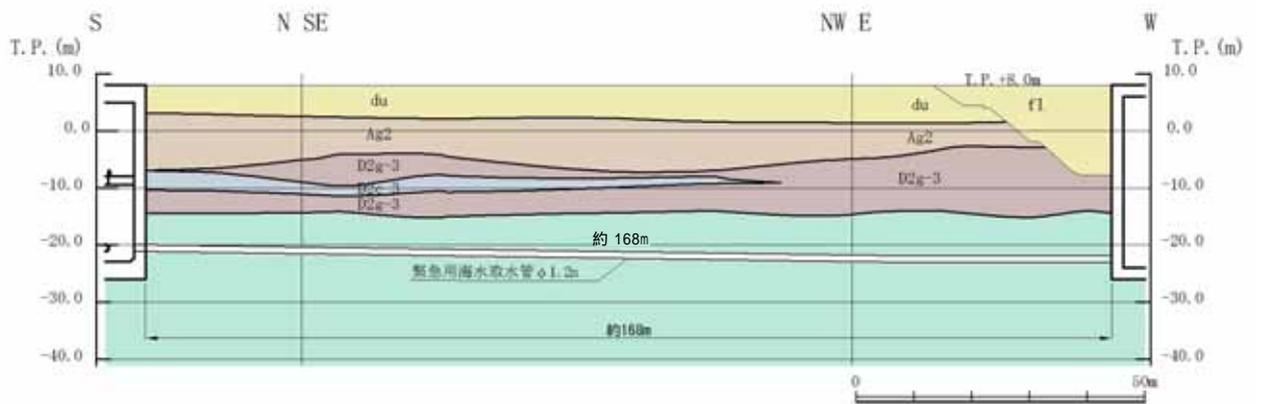
緊急用海水取水管は設置距離が長い線状の構造物であり，カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから，横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが，一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し，管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。また，緊急用海水取水管には，延長上の複数箇所にて可とう管を設置することから，管軸方向の評価においては，可とう管の配置を踏まえた検討を実施する。

緊急用海水取水管は，全長を岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えられることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向のうち，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

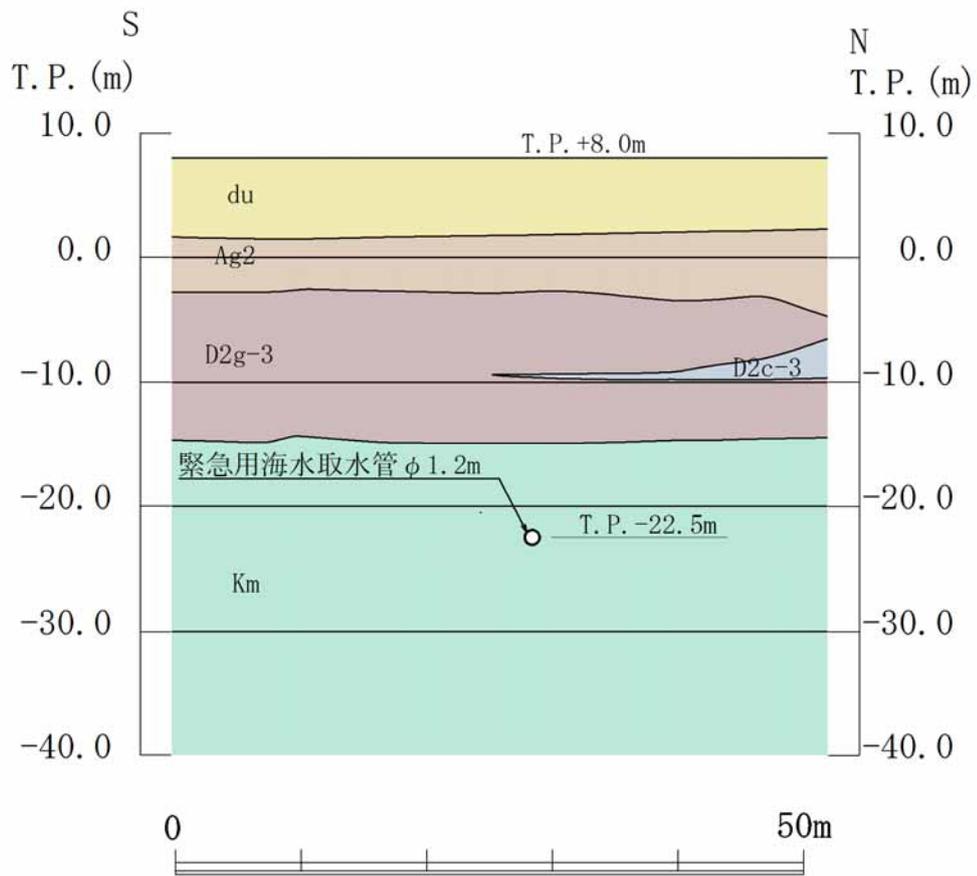
なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，管軸方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，管路の上端と下端の相対変位を確認する。



第 3.7 - 1 図 緊急用海水取水管 平面図



第 3.7 - 2 図 緊急用海水取水管 縦断面図



第 3.7 - 3 図 緊急用海水取水管 横断面図 (A - A 断面)

3.8 S A用海水ピットの断面選定の考え方

S A用海水ピットの平面図を第 3.8 - 1 図に，断面図を第 3.8 - 2 図に示す。

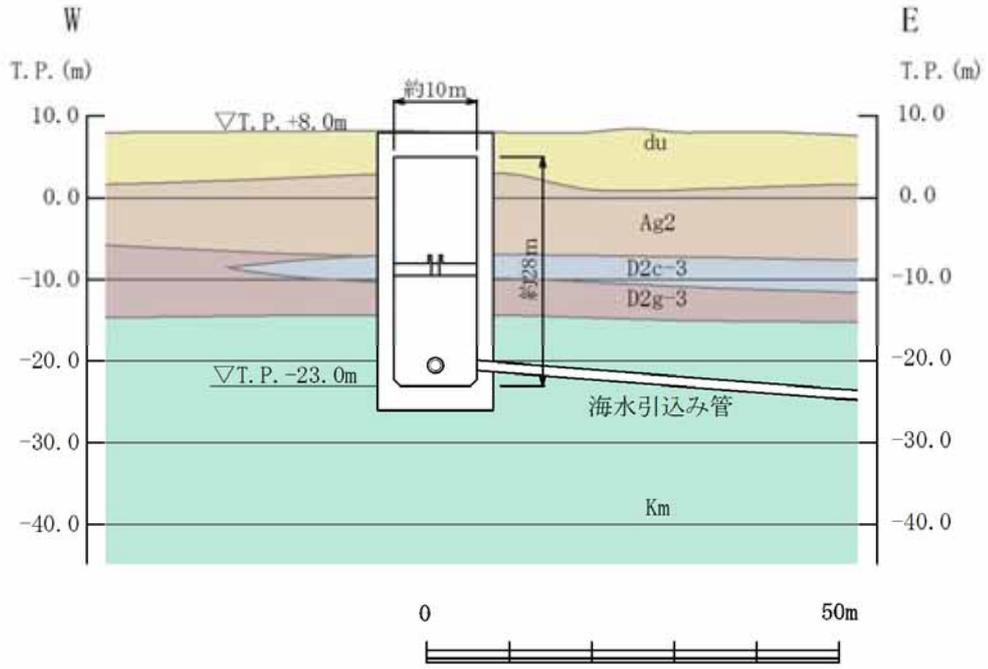
S A用海水ピットは常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能及び貯水性能が要求される。

S A用海水ピットは，内径約 10m，内空高さ約 28m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピットは，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で，双方の管路はS A用海水ピットへ直交して接続される。

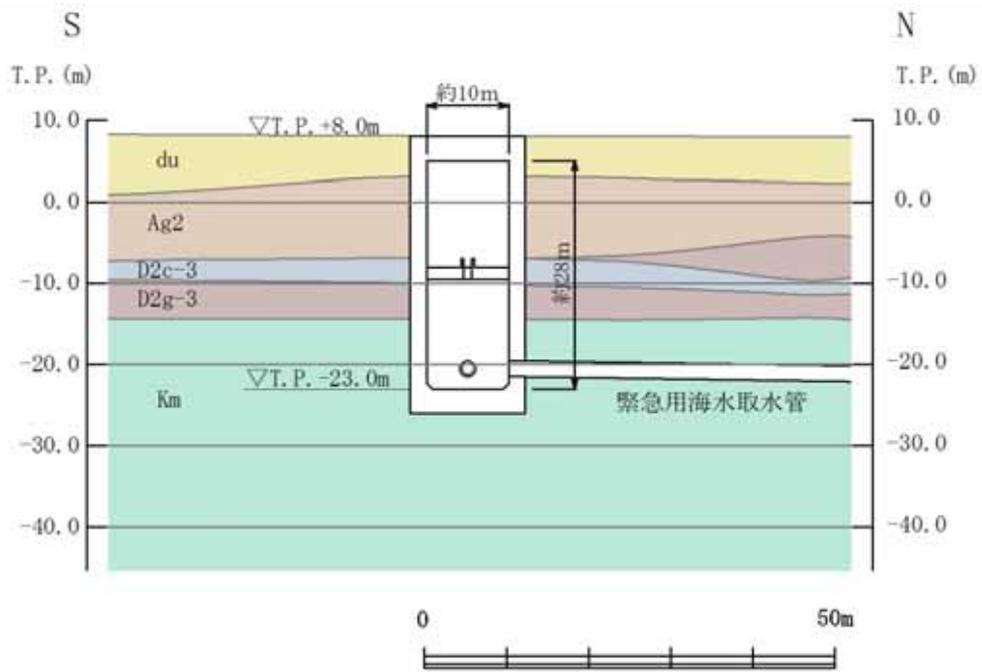
S A用海水ピットは，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸方向がないことから，S A用海水ピットに接続する海水引込み管及び緊急用海水取水管に着目し，直交する両管路の縦断方向の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.8 - 1 図 S A用海水ピット 平面図



第 3.8 - 2 (1) 図 S A 用海水ピット 断面図 (- 断面)



第 3.8 - 2 (2) 図 S A 用海水ピット 断面図 (- 断面)

3.9 海水引込み管の断面選定の考え方

海水引込み管の平面図を第 3.9 - 1 図に，縦断面図を第 3.9 - 2 図に，横断面図を第 3.9 - 3 図に示す。

海水引込み管は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

海水引込み管は，S A用海水ピット取水塔とS A用海水ピットを接続する延長約 154m,内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

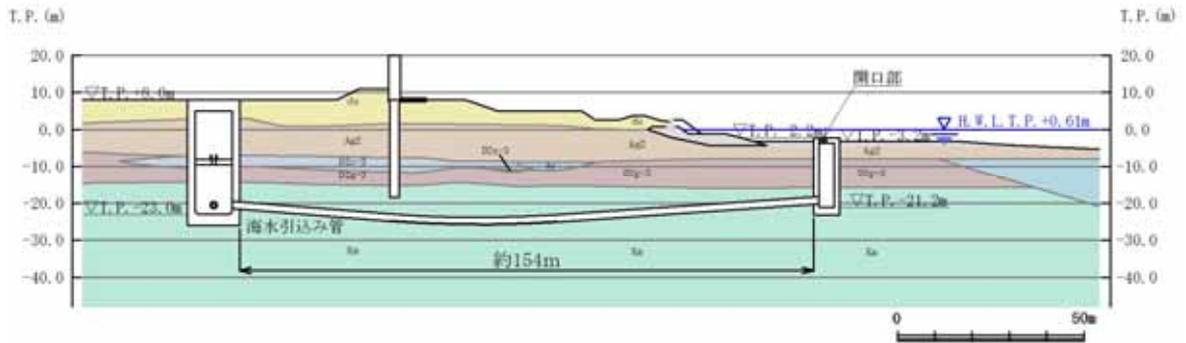
海水引込み管は設置距離が長い線状の構造物であり，カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから，横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが，一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し，管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。また，海水引込み管には，延長上の複数箇所に可とう管を設置することから，管軸方向の評価においては，可とう管の配置を踏まえた検討を実施する。

海水引込み管は，全長とも岩盤に設置されており，周辺の地盤が構造物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく，上載荷重の影響が支配的であると考えられることから，耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向のうち，土被りが最も大きくなる A - A 断面を選定し，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

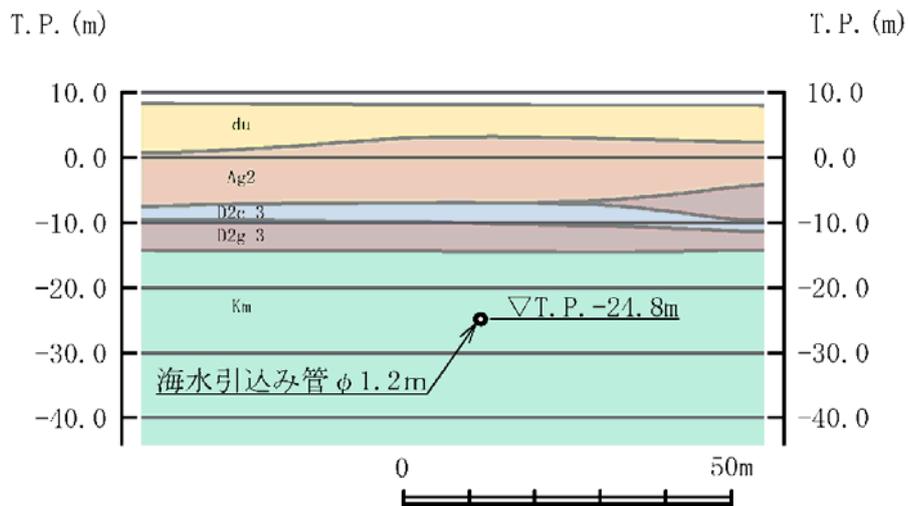
なお，周辺地質状況の相違による影響を確認するため，管軸方向における複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し，管路の上端と下端の相対変位を確認する。



第 3.9 - 1 図 海水引込み管 平面図



第 3.9 - 2 図 海水引込み管 縦断面図



第 3.9 - 3 図 海水引込み管 横断面図 (A - A 断面)

3.10 S A用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

S A用海水ピット取水塔の平面図を第 3.10 - 1 図に，断面図を第 3.10 - 2 図に示す。

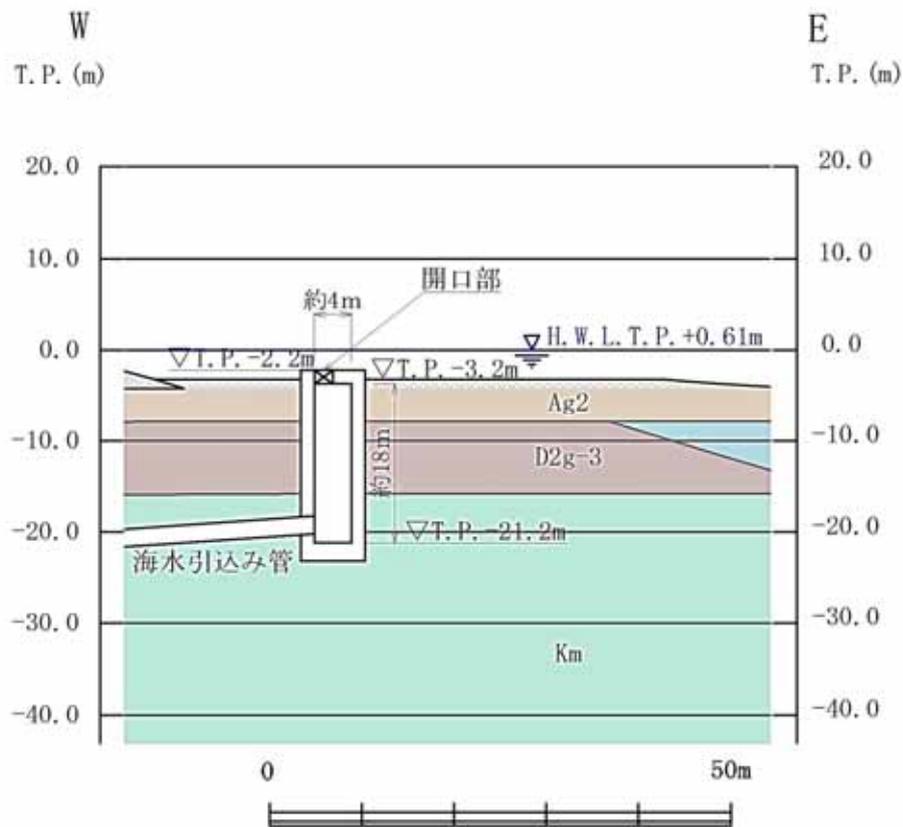
S A用海水ピット取水塔は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である。また，非常用取水設備であり，通水性能が要求される。

S A用海水ピット取水塔は，内径約 4m，内空高さ約 18m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，S A用海水ピット取水塔は，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管が接続する構造で，管路はS A用海水ピット取水塔へ直交して接続される。

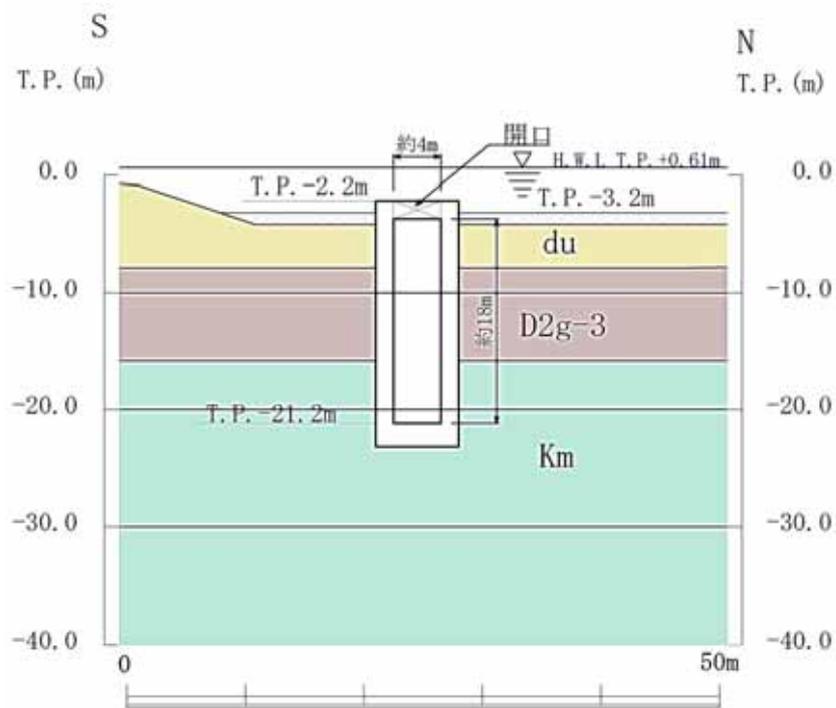
S A用海水ピット取水塔は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり明確な弱軸方向がないことから，S A用海水ピット取水塔に接続される海水引込み管に着目し，海水引込み管を縦断する断面とこれに直交する断面の2断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



第 3.10 - 1 図 S A用海水ピット取水塔 平面図



第 3.10 - 2 (1) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (- 断面)



第 3.10 - 2 (2) 図 SA用海水ピット取水塔 断面図 (- 断面)

3.11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の平面図を第 3.11 - 1 図に，断面図を第 3.11 - 2 図に示す。また，可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 3.11 - 3 図に，断面図を第 3.11 - 4 図に示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも常設重大事故等対処施設であり，対応するタンク（緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク及び可搬型設備用軽油タンク）を内包する。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は内空幅約 9m（タンク軸方向）×約 5m（タンク横断方向），内空高さ約 4m，可搬型設備用軽油タンク基礎は内空幅約 11m（タンク軸方向）×約 13m（タンク横断方向），内空高さ約 4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

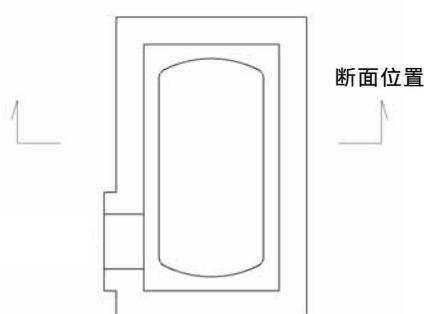
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも比較的単純な箱型構造物であり，縦断方向（タンクの軸方向）にほぼ一様な断面である。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎はいずれも内包するタンクが縦断方向に一様に設置されているため，機器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

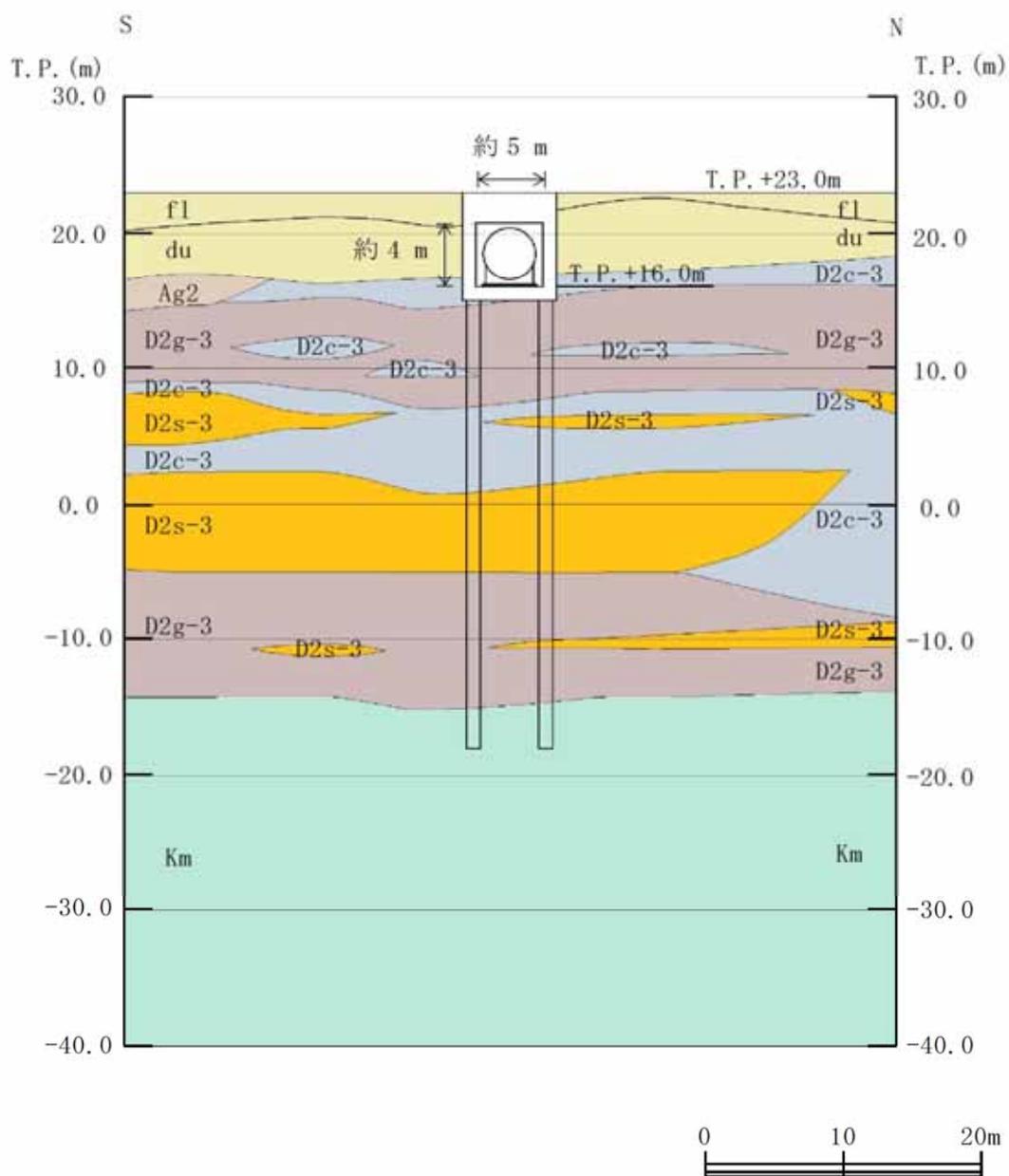
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の縦断方向は，加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は，タンクを格納するため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向（タンク

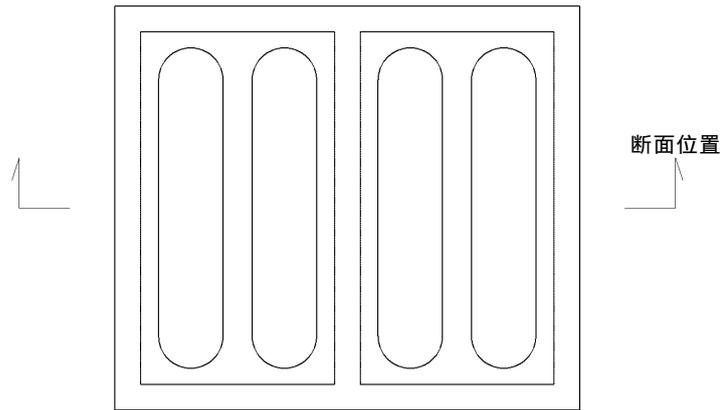
の軸方向に対し直交する方向)の断面を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。



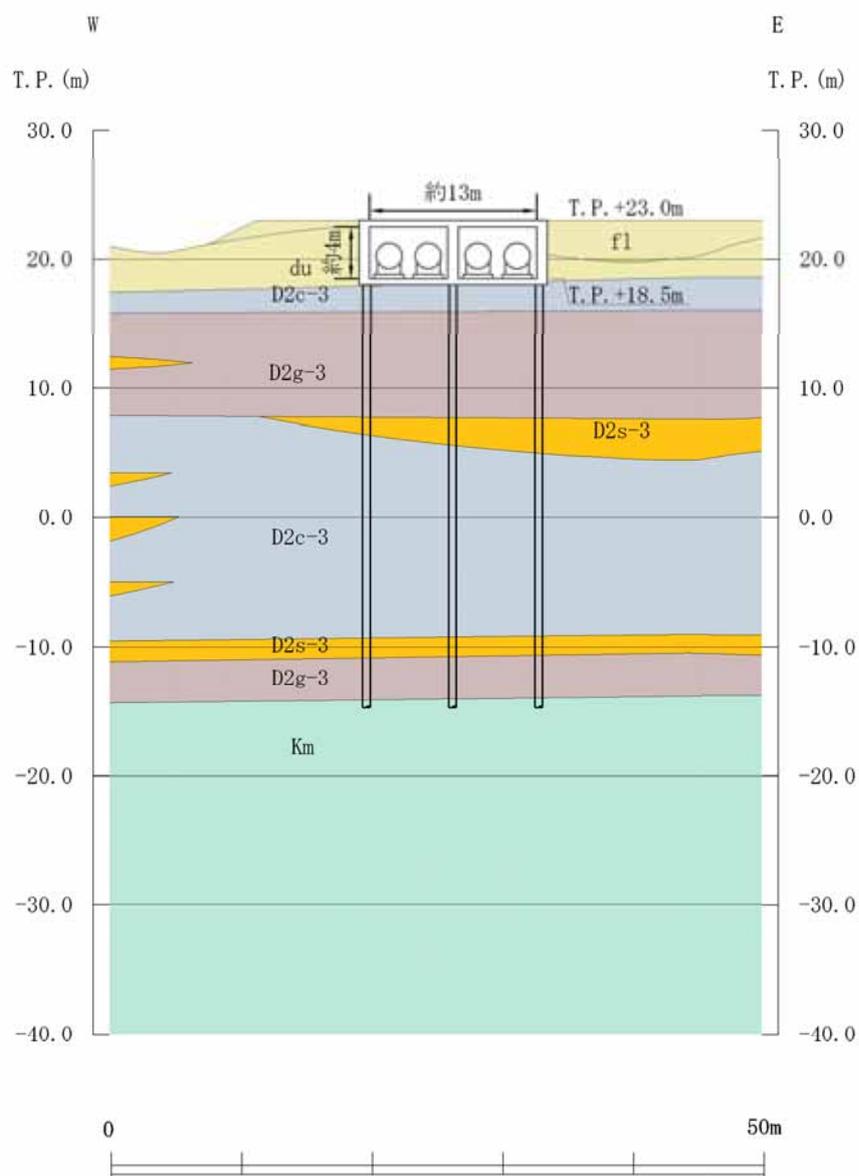
第 3.11 - 1 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 平面図



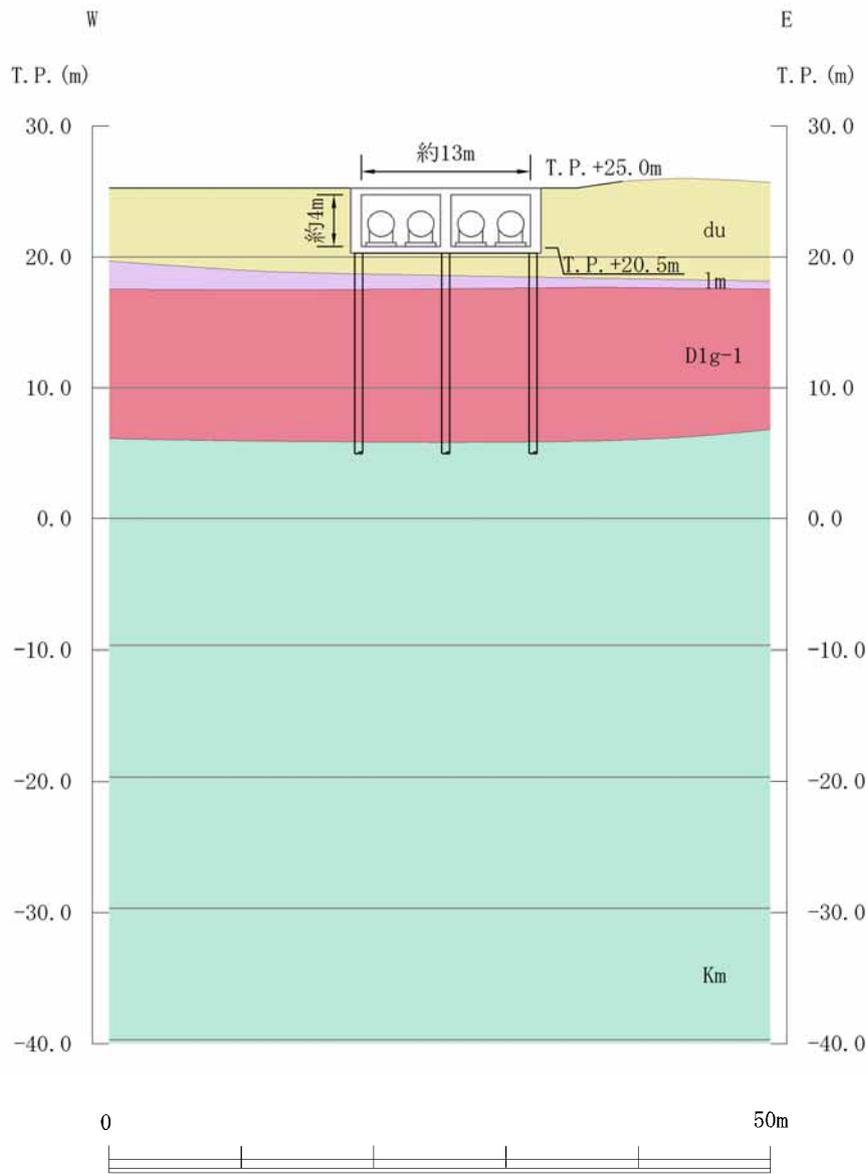
第 3.11 - 2 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図



第 3.11 - 3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 3.11 - 4 (1) 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 (西側) 断面図



第 3.11 - 4 図 (2) 可搬型設備用軽油タンク基礎 (南側) 断面図

東海第二発電所

動的機能維持評価の検討方針について (耐震)

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）及び先行電力の審査状況を踏まえて、動的機能維持が必要な設備の検討方針を示す。

2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針

J E A G 4601 に定められた適用範囲から外れ新たな検討が必要な設備又は評価用加速度が機能維持確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備を抽出するとともに、抽出された設備における動的機能維持のための検討方針を示す。

2.1 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

(1) 検討対象設備

検討対象設備は、耐震Sクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし、動的機能が必要な設備としてJ E A G 4601で適用範囲が定められている機種（立形ポンプ、横形ポンプ、電動機等）とする。なお、加振試験により機能維持を確認する設備J E A G 4601にて評価用加速度が機能維持確認済み加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められている設備については検討から除外する。

(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

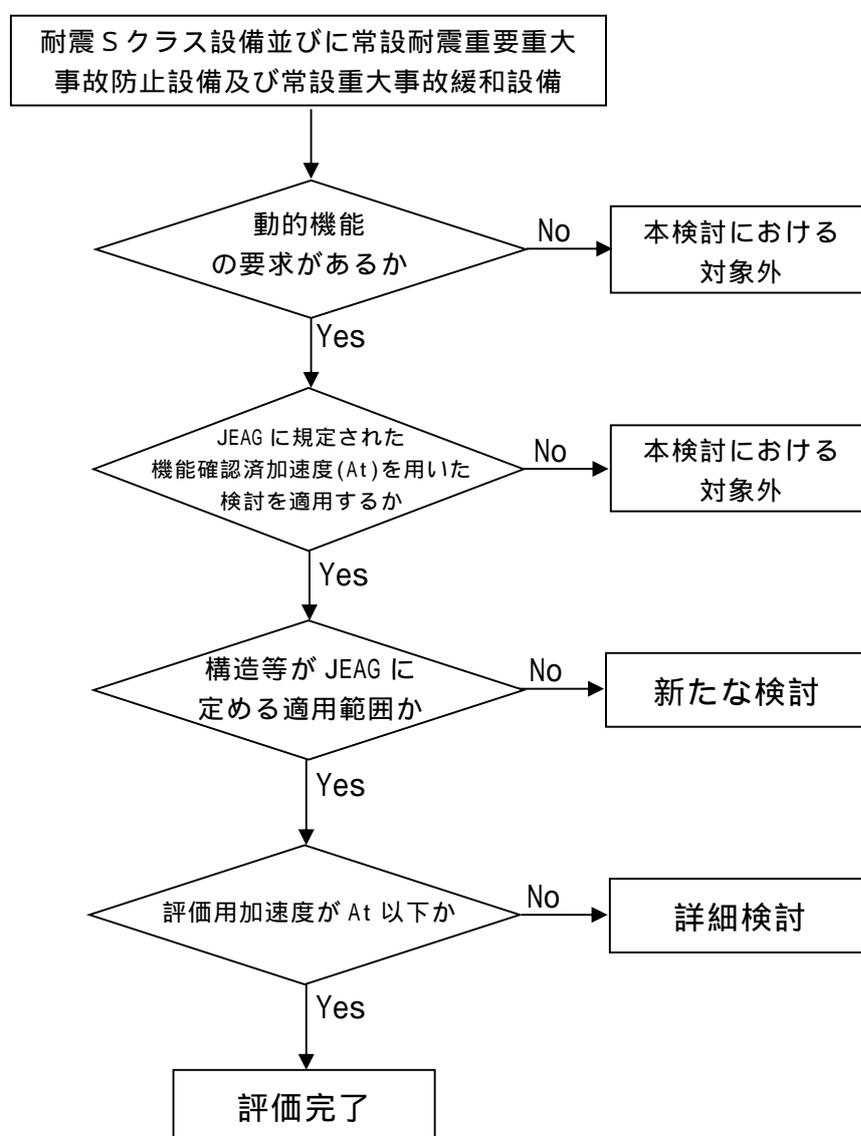
第1図に抽出フローを示す。検討対象設備について、J E A G 4601に定める適用機種に対して構造、作動原理等が同じであることを確認する。同じであることが確認できない場合は、新たな検討が必要な設備として抽出する。

さらに評価用加速度がJ E A G 4601及び既往の研究等により妥当性が確認されている値に定める機能確認済み加速度以内であることの確認を行い、

機能確認済加速度を超える設備については詳細検討が必要な設備として抽出する。

上記の整理結果として別表 1 に検討対象設備を示すとともに、新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出のための情報として J E A G 4601 に該当する機種名等を整理した。

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（平成 10 年度～平成 13 年度）」



第 1 図 検討が必要な設備の抽出フロー

(3) 抽出結果

第1表に新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果を示す。

新たな検討が必要となる設備として、Vベルトの方式の遠心ファン（以下「Vベルト式ファン」という。）となる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及び非常用ガス処理系排風機並びに横形スクリー式ポンプ（以下「スクリー式ポンプ」という。）、横形ギヤ式ポンプ（以下「ギヤ式ポンプ」という。）として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、常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプが該当する。

新たな検討が必要となる設備のうち、Vベルト式ファンについては、遠心直結式ファン又は遠心直動式ファンへの構造変更を行うため、動的機能維持評価のための新たな検討は不要となる。

また、評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備として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並びにこれらポンプ用の電動機が該当する。

第 1 表(1) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	J E A G 4601 適用範囲 ：可 ×：否(新たな 検討が必要)	At 確認 ：OK ×：NG(詳細 検討が必要)
立形ポンプ	残留熱除去系ポンプ		
	高圧炉心スプレイ系ポンプ		
	低圧炉心スプレイ系ポンプ		
	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		×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ポンプ		×
	緊急用海水ポンプ		注 1
横形ポンプ	原子炉隔離時冷却系ポンプ		
	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	×	-
	常設低圧代替注水系ポンプ		注 1
	代替燃料プール冷却系ポンプ		
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ		注 1
	代替循環冷却系ポンプ		
	常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ	×	-
	緊急時対策所用発電機給油ポンプ	×	-
ポンプ駆動用 タービン	原子炉隔離時冷却系ポンプ用駆動タービ ン		
電動機	残留熱除去系ポンプ用電動機		
	高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機		
	低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機		
	残留熱除去系海水系ポンプ用電動機		×
	ほう酸水注入ポンプ用電動機		
	中央制御室換気系空気調和機ファン用電 動機		

注 1) 今後の設計進捗によって、評価用加速度の変更により At 確認結果が変更する可能性が有る。

第 1 表(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	J E A G 4601 適用範囲 ：可 ×：否(新たな 検討が必要)	At 確認 ：OK ×：NG(詳細 検討が必要)
電動機	中央制御室換気系フィルタ系ファン用電動機	○	○
	非常用ガス処理系排風機用電動機		
	非常用ガス再循環系排風機用電動機		
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機	○	○
	非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機		注 1
	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機		×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機		注 1
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機		×
	常設低圧代替注水系ポンプ用電動機		注 1
	代替燃料プール冷却系ポンプ用電動機		
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ用電動機		注 1
	代替循環冷却系ポンプ用電動機		
	緊急用海水ポンプ用電動機		注 1
	緊急時対策所非常用送風機用電動機		注 1
	常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用電動機		注 1
	緊急時対策所用発電機給油ポンプ用電動機		注 1
ファン	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	×	-
	非常用ガス処理系排風機	×	-
	非常用ガス再循環系排風機		
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ		
	緊急時対策所非常用送風機		注 1

注 1) 今後の設計進捗によって、評価用加速度の変更により At 確認結果が変更する可能性が有る。

第 1 表(3) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	J E A G 4601 適用範囲 ：可 ×：否(新たな 検討が必要)	At 確認 ：OK ×：NG(詳細 検討が必要)
非常用ディー ゼル発電機	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		
	非常用ディーゼル発電機調速装置及び非常用ディーゼル発電機非常調速装置		
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機調速装置及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機非常調速装置		
往復動式ポン プ	ほう酸水注入ポンプ		
制御棒	制御棒挿入性		注 2

注 2) 地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位が加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位に対して下回ることを確認

2.2. 動的機能維持の検討

2.2.1 新たな検討が必要な設備の検討

(1) 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針

新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解釈等の改正及び先行電力の審査状況を踏まえて、公知化された検討として（社）日本電気協会 電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会（以下「耐特委」という。）により取り纏められた類似機器における検討をもとに実施する。

具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し、その分析により動的機能上の評価点を検討し、機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目を選定している。

今回新たな検討が必要な設備については、基本的な構造は類似している機種/型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し機能維持評価を実施する。

新たな検討が必要な設備において、参考とする機種/型式を第2表に示すとともに、第2図及び第3図に今回工認にて新たな検討が必要な設備及び耐特委で検討され新たな検討において参考とする設備の構造概要図を示す。

スクリー式及びギヤ式ポンプは、遠心式横形ポンプ（以下「遠心式ポンプ」という。）と内部流体の吐出構造が異なるが、電動機からの動力を軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であること及びケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有しており基本構造が同じといえる。このため、スクリー式及びギヤ式ポンプについては、遠心式横形ポンプを参考とし、地震時異常要因分析を実施する。なお、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，常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプについては，新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり，評価する設備となる。

第2表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種／型式

新たな検討が必要な設備	機種／型式	参考とする機種／型式
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ 	横形ポンプ／スクリー式	横形ポンプ／単段遠心式
<ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所用発電機給油ポンプ 	横形ポンプ／ギヤ式	

(2) 新たな検討が必要な動的機能維持評価の評価項目の抽出

新たな検討が必要な設備として、スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプに対する地震時異常要因分析を踏まえて評価項目を抽出する

また当該検討において参考とする耐特委での機種 / 型式に対する評価項目を踏まえた検討を行う。

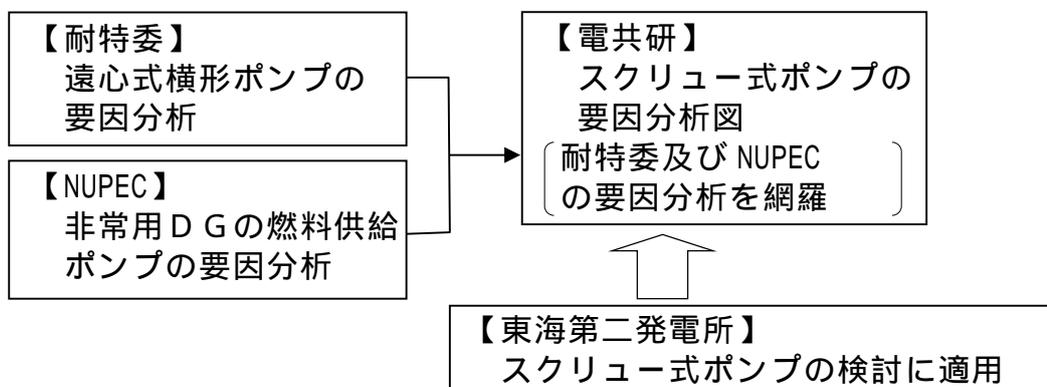
a . スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目の抽出

(a) スクリュー式ポンプの評価項目の抽出

スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図（以下「要因分析図」という。）及び評価項目は、電共研での検討内容を用いる。電共研では第4図に示すとおり、耐特委における遠心式横形ポンプ及びNUPECにおける非常用DGの燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果（非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験（1992年3月））を網羅するように、スクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、評価項目を抽出している。

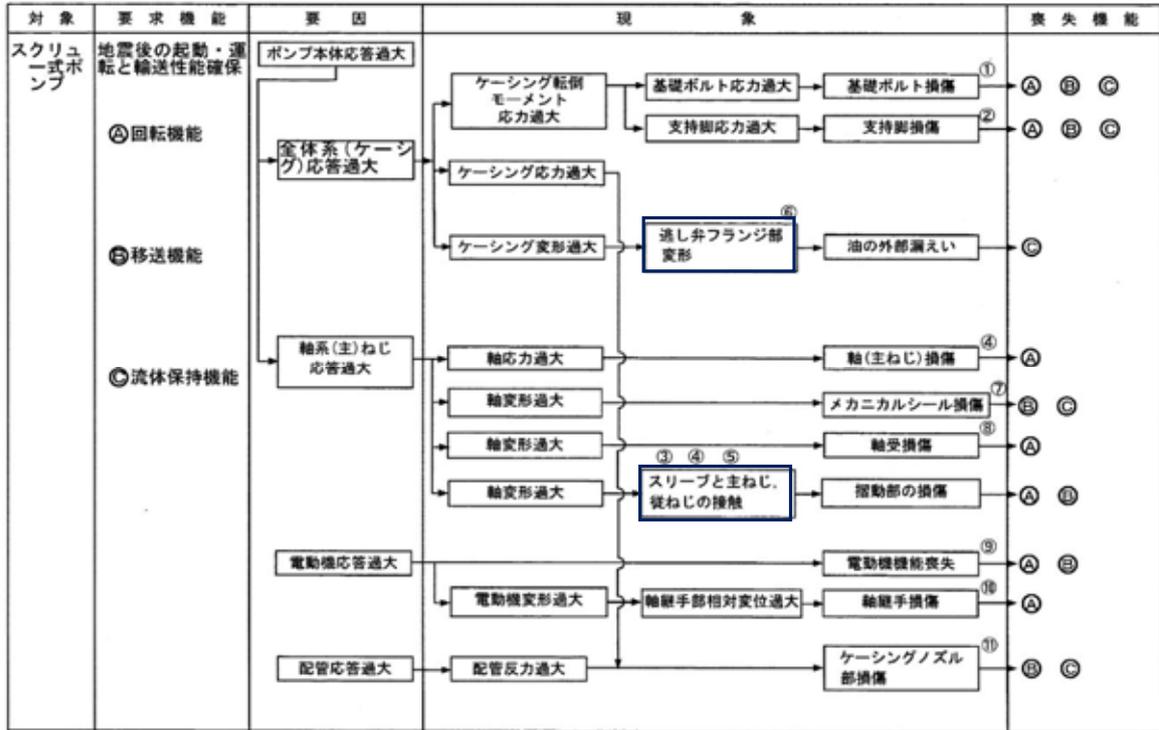
スクリー式ポンプの要因分析図を第5図に示す。要因分析図に基づき抽出される評価項目は第3表のとおりである。

動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成25年3月）



第4図 地震時異常要因分析の適用（スクリー式ポンプ）

□ スクリー式ポンプとして抽出された評価項目



第5図 スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図

第3表 スクリュー式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

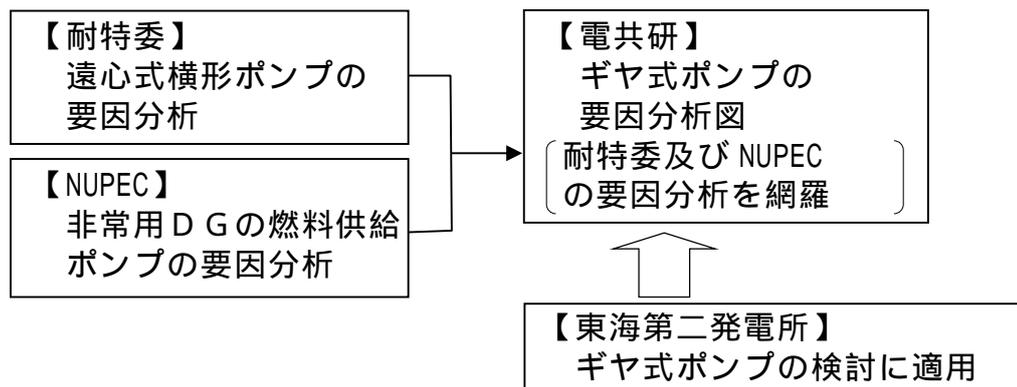
	評価項目	異常要因
	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。
	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。
	摺動部 (スリーブ 主ねじ 従ねじのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。
	軸系(主ねじ)	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び移送機能が喪失する。
	逃がし弁	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部変形し油の外部漏えいに至る。
	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至りメカニカルシールが損傷することにより移送機能及び流体保持機能が喪失する。
	軸受	軸変形が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び移送機能が喪失する。
	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
	軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。
	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。

(b) ギヤ式ポンプの評価項目の抽出

ギヤ式ポンプの要因分析図及び評価項目は、電共研での検討内容を用いる。電共研での検討内容を用いる。電共研では、第6図に示すとおり耐特委における遠心式横形ポンプ及びNUPECにおける非常用DGの燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果（非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験（1992年3月））を網羅するように、ギヤ式ポンプに対する異常要因分析を行い、評価項目を抽出している。

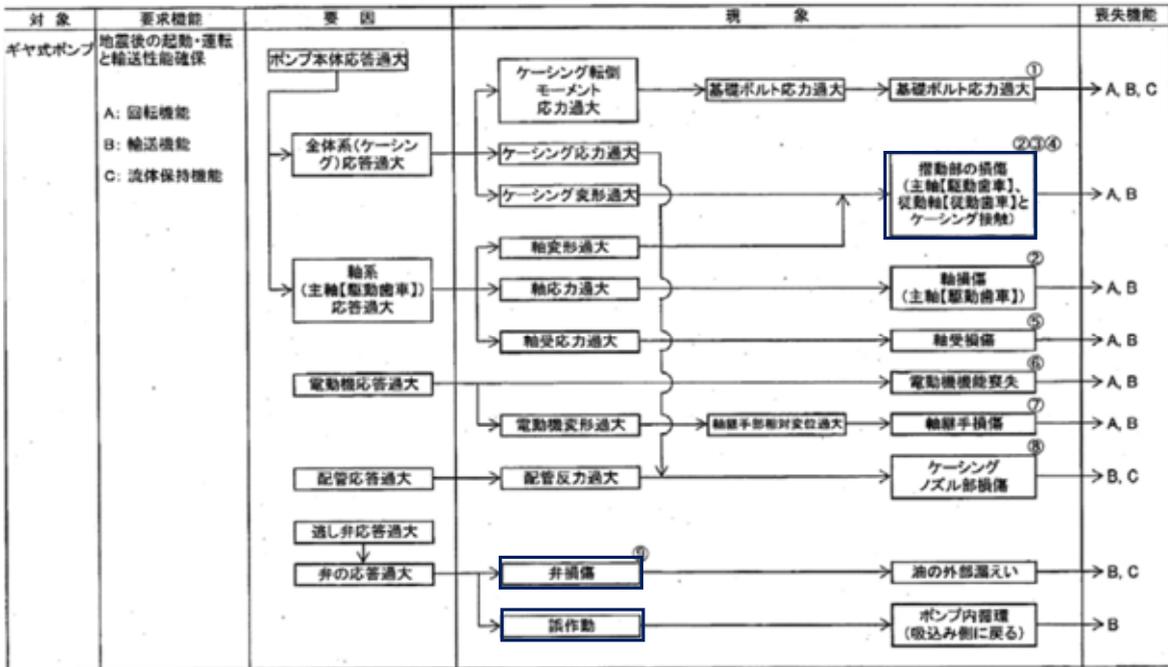
ギヤ式ポンプの要因分析図を第7図に示す。要因分析図に基づき抽出される評価項目は第4表のとおりである。

動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成25年3月）



第6図 地震時異常要因分析の適用（ギヤ式ポンプ）

□ ギヤ式ポンプとして抽出された評価項目



第7図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

第4表 ギヤ式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

評価項目	異常要因
基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。
摺動部 (主軸又は従動軸とケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。
軸	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。
軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。

(c) スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの抽出した評価項目に対する相互確認

スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、ポンプ構造が類似していることを踏まえて、各ポンプの評価項目の抽出結果を比較することにより、その検討結果について相互の確認を行う。

) スクリュー式ポンプで抽出した評価項目に対してギヤ式ポンプで抽出されなかった評価項目

支持脚

ギヤ式ポンプはポンプケーシングに取付ボルト用のフランジが

直接取り付けられており構造上存在しない。

メカニカルシール

ギヤ式ポンプはメカニカルシールを有しない構造である。

) ギヤ式ポンプで抽出した評価項目に対してスクリー式ポンプで抽出されなかった評価項目

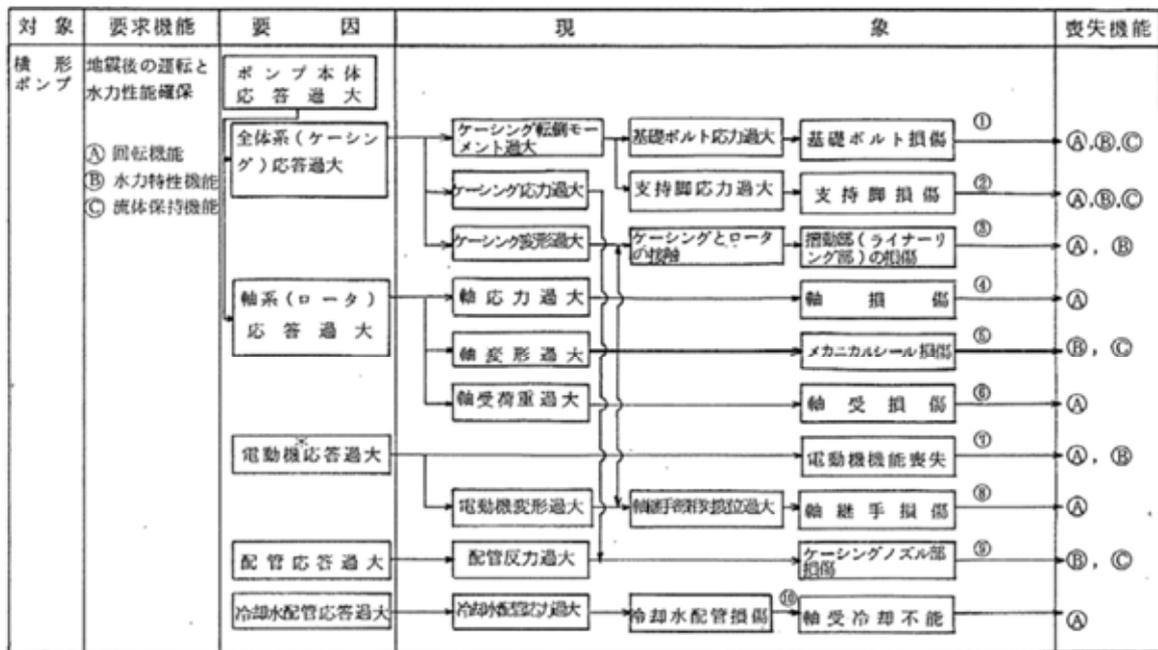
逃がし弁（移送機能）

スクリー式ポンプについても逃がし弁が設置されており，誤作動すればギヤ式ポンプと同様に移送機能に影響を与えることからスクリー式ポンプについても評価項目として選定する。

b. 遠心式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目の抽出

耐特委における検討として，第8図に遠心式ポンプの要因分析図を示す。

また抽出された評価項目を第5表に示す。



* 駆動用タービンの場合も同様。また，増速機も含む。

第8図 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

第5表 遠心式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

評価項目	異常要因
基礎ボルト(取付ボルト含む), 支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。 またポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。
摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。
軸	軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。
メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。
軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。
軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。

c. 遠心式ポンプの評価項目を踏まえたスクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価項目の検討

(a) スクリー式ポンプの評価項目の検討

スクリー式ポンプの要因分析結果について, 耐特委における遠心式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果, スクリー式ポンプの評価項目は, 遠心式ポンプとほぼ同様となった。スクリー式ポンプの動的機能

維持の評価項目の抽出にあたり、遠心式ポンプの耐特委における評価項目に加え、構造の差異により抽出されたスクリー式ポンプの評価項目を加えて検討を行う。なお、構造の差異として抽出された評価項目は下記の通りである。

- ・逃がし弁（遠心式ポンプの評価項目になくスクリー式ポンプのみで抽出）
- ・摺動部（スクリー式ポンプ及び遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目であるが、構成部品が異なる。）
- ・軸冷却水配管（スクリー式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出）

なお、スクリー式ポンプの標準設計として、軸冷却水配管を有していない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、軸冷却水配管は設置されていない。

基礎ボルト（取付ボルトを含む）の評価

スクリー式ポンプは遠心式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており、地震時に有意な荷重がかかることから動的機能維持の評価項目として選定する。

支持脚部の評価

支持脚部については、スクリー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違いはなく、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となっている。このため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位であるため、取付ボルト及び基礎ボルトの評価で代表できる。

摺動部の評価

摺動部の損傷の観点より、遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に、スクリー式ポンプにおける評価項目を以下のとおり選定する。

スクリー式ポンプのスクリー部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく動的機能評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、スリーブ部については、ケーシング部に設置されている。

主ねじ又は従ねじについては、損傷によってスリーブ部と接触することで回転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられるため、動的機能維持の評価項目として選定する。

軸系の評価

スクリー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり、一軸構造の遠心式ポンプとは軸の構造が異なるが、軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失することは同様である。このため、スクリー式ポンプにおいても、遠心式ポンプと同様に、軸損傷が発生しないことを確認するため、軸系の評価を動的機能維持の評価項目として選定する。

逃がし弁の評価

逃がし弁はばね式であり、フランジ部の構造評価に対する確認も含め、弁に作用する最大加速度が、安全弁の動的機能維持確認済加速度以下であることを確認する。

メカニカルシール

メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、計算書の対象外とする。

軸受の評価

ポンプにおいて、軸受の役割は回転機能の保持であり、その役割はスクリー式ポンプも遠心式ポンプも同じである。当該軸受が損傷することにより、ポンプの機能喪失につながるため、動的機能維持の評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重としてスラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。

電動機の評価

スクリー式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、耐特委（J E A G 4601）で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内であることから、動的機能維持済加速度との比較により評価を行う。

軸継手の評価

スクリー式ポンプは、遠心式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用していることから、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しないため、計算書の評価対象外とする。

ケーシングノズルの評価

スクリー式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式ポンプと同様に、ポンプケーシングと配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないため、計算書の評価対象外とする。

以上から、スクリー式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち、計算書の評価対象とするものは以下の通りである。

- ・基礎ボルト及び取付ボルトの評価
- ・摺動部（軸系）の評価
- ・軸系としてねじの評価

- ・逃がし弁の評価
- ・軸受の評価
- ・電動機の評価

(b) ギヤ式ポンプの評価項目の検討

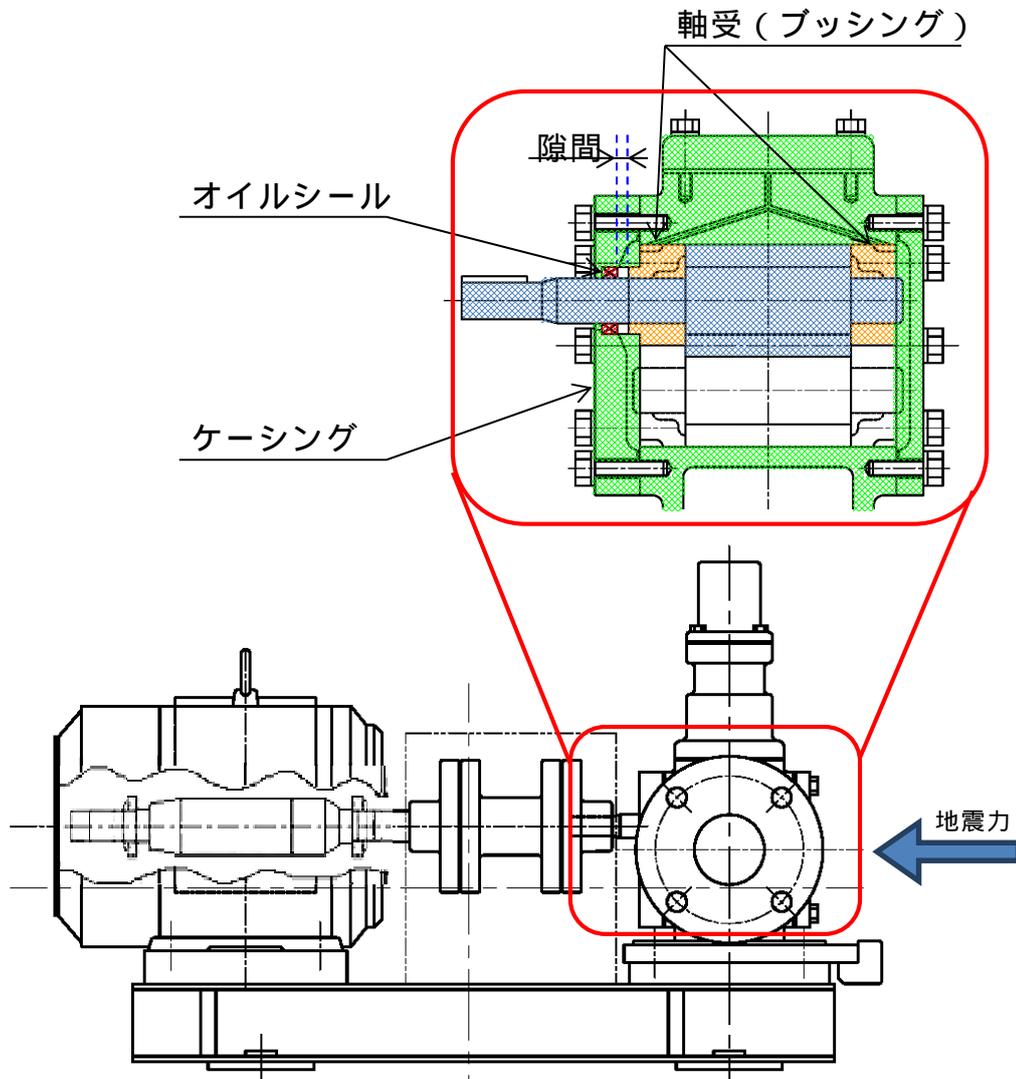
ギヤ式ポンプの要因分析結果について、耐特委における遠心式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果、ギヤ式ポンプの評価項目は、遠心式ポンプとほぼ同様となる。ギヤ式ポンプの動的機能維持の評価項目の抽出にあたり、遠心式ポンプの耐特委における評価項目に加え、構造の差異により抽出されたギヤ式ポンプの評価項目を加えて検討を行う。なお、構造の差異として抽出された評価項目は下記の通りである。

- ・逃がし弁(遠心式ポンプの評価項目になくギヤ式ポンプのみで抽出)
- ・摺動部(ギヤ式ポンプと遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目であるが、構成部品が異なる。)
- ・メカニカルシール(ギヤ式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出)
- ・軸冷却水配管(ギヤ式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出)

なお、ギヤ式ポンプの標準設計として、軸冷却水配管及びメカニカルシールを有していない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが、ギヤ式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、軸冷却水配管は設置されていない。

また、ギヤ式ポンプは軸封部の標準設計としてオイルシールを採用している(第9図参照)。オイルシールはケーシングと軸受(ブッシング)で形成される隙間部に挿入される形態で取り付けられており、オイルシールとブッシングの間には隙間がある構造であるため、地震荷重は軸受(ブッシ

ング)を通してケーシングに伝達されることから、ケーシングと軸受(ブッシング)が健全であれば、オイルシールが損傷することはないことから、地震時異常要因分析による評価項目に選定されていない。



設計進捗により構造変更の可能性有り。

第9図 ギヤ式ポンプの標準的な構造概要図

基礎ボルト(取付ボルトを含む)の評価

ギヤ式ポンプは遠心式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており、地震時に

有意な荷重がかかることから動的機能維持の評価項目として選定する。

摺動部の評価

摺動部の損傷の観点より、遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に、ギヤ式ポンプにおける評価項目を以下のとおり選定する。

ギヤ式ポンプのギヤ部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく動的機能評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、ケーシングについては、横形ポンプと同様に耐圧構造であり、使用圧力に耐えられる強度の肉厚を有している。

主軸又は従動軸については、損傷によってギヤがケーシングと接触することで回転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられる。主軸の重量は、従動軸の重量に比べ大きく、軸を支持する距離は双方の軸で同じであるため、評価項目は、主軸（ギヤ部）を対象として行う。

主軸の評価

ギヤ式ポンプは二軸（主軸及び従動軸）構造であり、一軸構造の横形ポンプとは軸の構造が異なるが、主軸の重量は、従動軸に比べ大きく、軸を支持する距離は双方の軸で同じであるため、主軸の健全性確認を行うことによって、一軸構造の横形ポンプと同様の見解が適用できるものである。そのため、ギヤ式ポンプにおいても、遠心式ポンプと同様に、軸損傷が発生しないことを確認するため、主軸の評価を動的機能維持の評価項目として選定する。

軸受の評価

ポンプにおいて、軸受の役割は「回転機能の保持」であり、その役割は遠心ポンプもギヤ式ポンプも同じである。

当該軸受が損傷することにより、ポンプの機能喪失につながるため、動的機能維持の評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷

重としてスラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。

なお、遠心式ポンプは「ころがり軸受」を用いており、「回転機能の保持」という役割を果たすために、ベアリング内外輪間に鋼球を装備した回転機構を有する構造となっている。

一方、ギヤ式ポンプは「ブッシング」を用いており、「ころがり軸受」と同様に「回転機能の保持」という役割を果たすために、軸とブッシング間に形成された油膜によるスベリ支持を有する構造となっている。

電動機の評価

ギヤ式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、耐特委（JEAG4601）で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内であることから、動的機能維持済加速度との比較により評価を行う。

軸継手の評価

ギヤ式ポンプは、遠心式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用していることから、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しないため、計算書の評価対象外とする。

ケーシングノズルの評価

ギヤ式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式ポンプと同様に、機器と配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないため、計算書の評価対象外とする。

逃がし弁の評価

逃がし弁はばね式であるため、弁に作用する最大加速度が、安全弁の動的機能維持確認済加速度以下であることを確認する。

以上から、ギヤ式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち、計算書の評価対象とするものは以下の通りである。

- ・基礎ボルト（取付ボルトを含む）の評価
- ・主軸（ギヤ部）の評価
- ・主軸の評価
- ・軸受の評価
- ・電動機の評価
- ・逃がし弁の評価

(3) まとめ

新たな検討が必要な設備について、地震時要因分析を行い、基本的な機構造が類似している機種／型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、評価項目の抽出を行った。

また、耐特委における遠心式ポンプの評価項目に対して、スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、一部構造の異なる部位があるが、これら部位に対する評価方法については、耐特委で検討された遠心式ポンプにおける評価手法と同様であること、既往の評価方法を踏まえて実施が可能であることから、耐特委の検討をもとに参考とする遠心式ポンプをベースとした評価は可能であると考える。

(2) 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針

評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の検討については、JEAG4601 - 1991 追補版及び耐特委報告書にて、動的機能維持評価上必要な基本評価項目が地震時異常要因分析に基づき選定されている(第6表)。機能維持評価に当たっては、技術基準規則解釈等の改正及び先行電力の審査状況を踏まえて、基本評価項目に対して、必要な評価項目を選定し、その妥当性を示した上で検討を実施する。

第6表 各設備における基本評価項目

詳細検討が必要な設備	機種 / 型式	基本評価項目
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ 	立形ポンプ / 立形斜流ポンプ	基礎ボルト 取付ボルト ディスチャージケーシング コラム コラムサポート 軸受 軸 冷却水配管 メカニカルシール熱交換器 電動機
<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 ・ 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 ・ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 	電動機 / 立形ころがり軸受電動機	端子箱 フレーム 基礎ボルト 取付ボルト 固定子 軸(回転子) 軸受 固定子と回転子とのクリアランス 軸継手

3. 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 J E A G 4601 の当該記載部の抜粋を第 9 図に示す。

(1) 規格基準に基づく設計手順の整理

J E A G 4601 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(ZPA)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ド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 J E A G 4601 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、J E A G 4601 の手順と同様にスペクトルモード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、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により応答加速度の増加が考えられる場合には、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。スペクトルモーダル解析において考慮する高周波数域の範囲については、応答解析結果を用いた検討を踏まえて決定する。

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第7表に示す。

第7表に示すとおり、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。

第7表 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	J E A G 4601	東海第二発電所
剛の場合	最大加速度 (1.0ZPA) を適用する。	最大加速度の 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により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大加速度の 1.2 倍した値 (1.2ZPA) の何れか大きい方を適用する。

* 1 高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。

(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。

第9図 J E A G 4601 (1991) の抜粋