

# 島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止 (コメント回答)

---

[水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ]

令和 2 年 1 月  
中国電力株式会社

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
論点[ I ]設置変更許可申請における既許可からの変更点等を踏まえた論点			
23-1	R1.9.5	[論点 I - 6 : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ] ・先行審査実績と評価が異なる施設等については、異なる評価をした理由及び評価の島根 2 号炉への適用性を説明すること。また、評価のプロセス及び根拠の説明が不十分な内容並びに先行審査と比較して説明が不十分な内容については、説明を充足すること。	2~33
23-2	R1.9.5	・電気盤内の各器具の影響評価について、発生加速度と機能確認済加速度を説明すること。	34~37

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## ■ 指摘事項

### 【No.23-1（論点I-6）水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ】

- 先行審査実績と評価が異なる施設等については、異なる評価をした理由及び評価の島根2号炉への適用性を説明すること。また、評価のプロセス及び根拠の説明が不十分な内容並びに先行審査と比較して説明が不十分な内容については、説明を充足すること。

## ■ 回答

- ・ 先行審査実績と評価が異なる施設等については、異なる評価をした理由及び評価の島根2号炉への適用性の説明を追加した。
  - ・ 屋外重要土木構造物等※の構造形式の分類において、取水管を先行審査実績と同様に管路構造物に分類し、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係る説明を追加した。（P5,8,15）
  - ・ 津波防護施設等の構造形式において、線状構造物として分類した防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部や隅角部の影響評価について、先行審査実績と同様な評価を実施し、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係る説明を追加した。（P30～31）

※屋外重要土木構造物、重大事故等対処施設のうち土木構造物及び波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

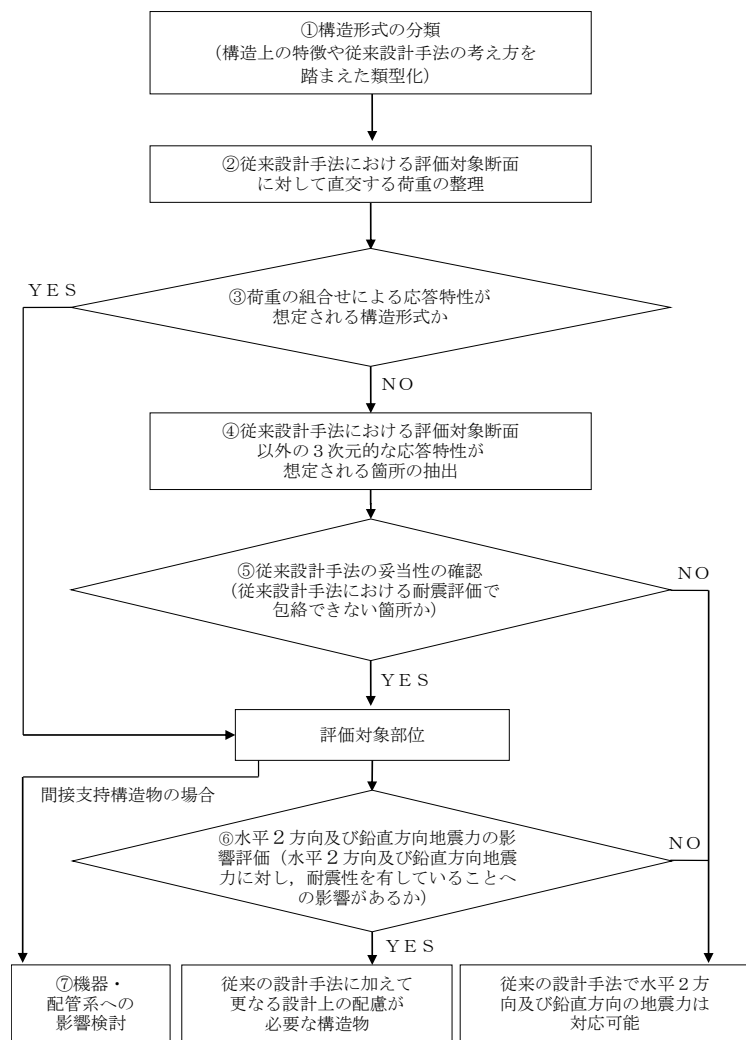
- ・ 評価のプロセス及び根拠の説明が不十分な内容並びに先行審査と比較して説明が不十分な内容について、説明を追加した。（P3～33）

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (1)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

- 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は、以下に示す先行炉（柏崎6/7号炉，女川 2 号炉 他）と同様のフローに基づいて行う。



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フロー

- ① 構造形式の分類**
  - 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。
- 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**
  - 評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。
- 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**
  - ②で整理した荷重に対して、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。
- 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で抽出されなかった構造形式について、3 次元的な応答が想定される箇所を抽出する。
- ⑤ 従来設計手法の妥当性の確認**
  - ④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性評価で満足できるか検討を行う。
- ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価**
  - 構造部材が有する耐震性への影響を確認する。
- ⑦ 機器・配管系への影響検討**
  - 機器・配管系の間接支持機能を有する場合、応答値への影響を確認する。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

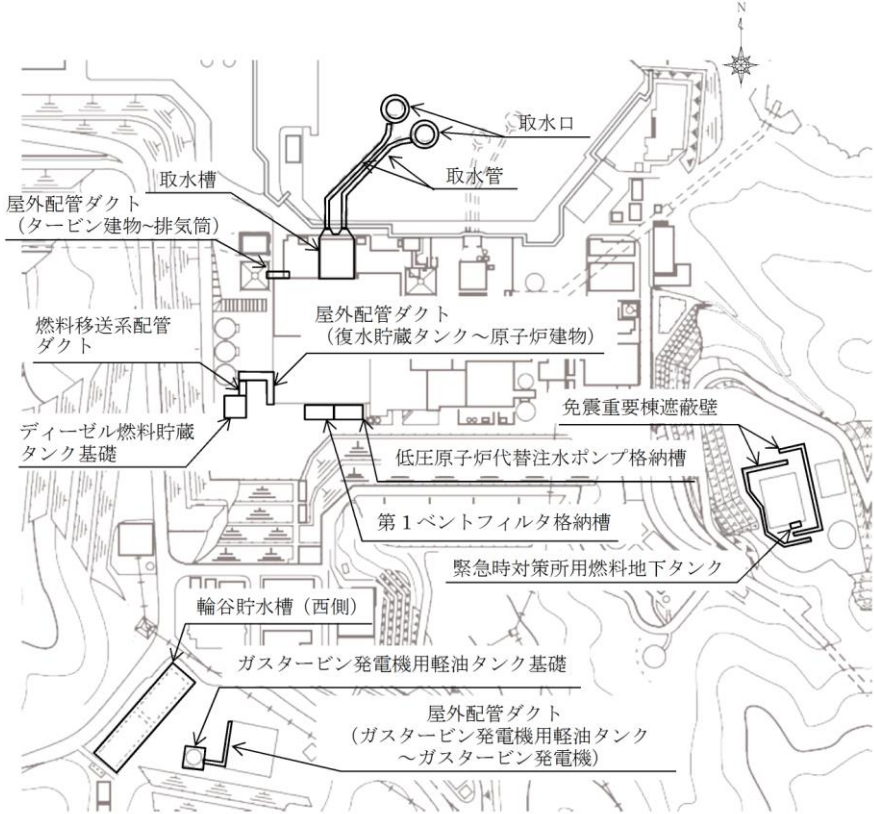
## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (2)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ① 構造形式の分類

- ・ 評価対象構造物について、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。
- ・ 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行う屋外重要土木構造物等※は、以下に示すとおりである。

※屋外重要土木構造物，重大事故等対処施設のうち土木構造物及び波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物を「屋外重要土木構造物等」という。



屋外重要土木構造物等配置図

屋外重要土木構造物等の施設分類

評価対象構造物	施設分類		
	屋外重要土木構造物	重大事故等対処施設	波及的影響
取水槽	○	○	-
取水管	○	○	-
取水口	○	○	-
屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)	○	○	-
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	○	○	-
燃料移送系配管ダクト	○	○	-
屋外配管ダクト(復水貯蔵タンク~原子炉建物)	○	○	-
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	-	○	-
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	-	○	-
第1ベントフィルタ格納槽	-	○	-
屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク ~ガスタービン発電機)	-	○	-
緊急時対策所用燃料地下タンク	-	○	-
輪谷貯水槽 (西側)	-	-	○
免震重要棟遮蔽壁	-	-	○

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

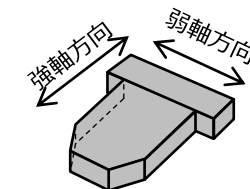
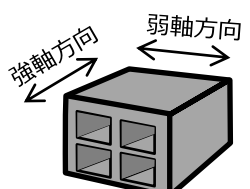
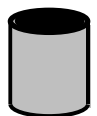
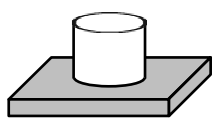
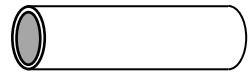
## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (3)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ① 構造形式の分類

- ・屋外重要土木構造物等を、以下に示すとおり 5 つの構造形式に大別した。
- ・箱型構造物及び線状構造物は、先行炉（東海第二，女川 2 号炉）と同様に整理した。
- ・なお，取水口及び直接基礎は，明確な強軸，弱軸がないことから，それぞれ円筒状構造物及び直接基礎として整理した。
- ・また，取水管については，先行炉（東海第二）の屋外二重管本体と同様に，延長の長い鋼製の管路であることから，管路構造物として整理した。

屋外重要土木構造物等の構造形式

評価対象構造物	構造形式		構造形式の特徴
<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水槽</li> <li>・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎</li> <li>・低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽</li> <li>・第 1 ベントフィルタ格納槽</li> <li>・緊急時対策所用燃料地下タンク</li> <li>・輪谷貯水槽（西側）</li> </ul>	a. 箱型構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・弱軸方向に対して平行に配置される妻壁等を有する。</li> <li>・強軸方向に断面形状が一樣でない。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外配管ダクト （タービン建物～排気筒）</li> <li>・燃料移送系配管ダクト</li> <li>・屋外配管ダクト （復水貯蔵タンク～原子炉建物）</li> <li>・屋外配管ダクト （ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）</li> <li>・免震重要棟遮蔽壁</li> </ul>	b. 線状構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・弱軸方向に対して平行に配置される妻壁等がない。</li> <li>・強軸方向に断面形状が一樣である。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水口</li> </ul>	c. 円筒状構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・明確な強軸，弱軸がない。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎</li> </ul>	d. 直接基礎		<ul style="list-style-type: none"> <li>・明確な強軸，弱軸がない。</li> <li>・上部工から伝わる荷重が作用する。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水管</li> </ul>	e. 管路構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・管軸方向に断面形状が一樣であり，延長が長い。</li> </ul>

※ 本表は，今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (4)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

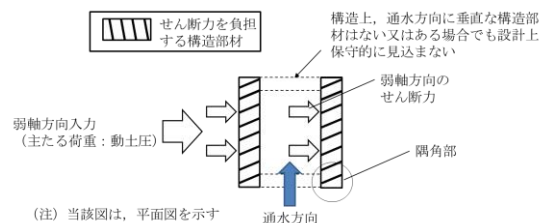
#### ② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

- 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。

- 従来設計の考え方について、取水槽の例を右表に示す。
- 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等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等は、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等は、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。
- さらに、右図に示すとおり、先行炉（柏崎6/7号炉及び女川2号炉）と同様、屋外重要土木構造物等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水路の壁部材を見込まず、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。
- 上記の考え方は、東海第二他の多くの先行炉と同様である。

従来設計における評価対象断面の考え方（取水槽の例）

横断方向の加振	縦断方向の加振
<p>・横断方向は、加振方向に平行な壁部材が少なく、弱軸方向にあたる。</p>	<p>・縦断方向は、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、強軸方向にあたる。</p>
<p>・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。</p> <p>・弱軸方向を評価対象断面とする。</p>	



(注) 当該図は、平面図を示す

従来設計手法の考え方

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (5)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

- 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、先行炉（女川 2 号炉他）と同様、①動土圧及び動水圧、②摩擦力、③慣性力が挙げられる。
- 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。
- ②摩擦力や③慣性力は、①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、①動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

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

作用荷重		作用荷重のイメージ
① 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物材に作用する動土圧及び動水圧	
② 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	
③ 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



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (6)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

- ②で整理した荷重が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。
- 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①動土圧及び動水圧が作用する箱型構造物を先行炉（東海第二，女川 2 号炉）と同様に抽出する。
- また、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，③慣性力が作用する直接基礎，及び従来設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を考慮している管路構造物を抽出する。

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

構造形式の分類	a. 箱型構造物 (取水槽, 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽, 第 1 ベントフィルタ格納槽, ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎, 緊急時対策用燃料地下タンク, 輪谷貯水槽 (西側))	b. 線状構造物 (屋外配管ダクト (タービン建物～排 気筒), 燃料移送系配管ダクト, 屋外 配管ダクト (復水貯蔵タンク～原子炉 建物), 屋外配管ダクト (ガスタービ ン発電機用軽油タンク～ガスタービ ン発電機), 免震重要棟遮蔽壁)	c. 円筒状構造物 (取水口)	d. 直接基礎 (ガスタービン発電機用軽油タンク 基礎)	e. 管路構造物 (取水管)					
荷重の作用状況	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>— 従来設計手法における評価対象断面</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>	<p>管軸方向 (強軸方向)</p> <p>管軸直角方向 (弱軸方向)</p> <p>(注) ③慣性力は全ての構造部材に作用</p>					
	①動土圧及び動水圧	妻壁に作用	①動土圧及び動水圧	作用しない	①動土圧及び動水圧	作用する	①動土圧及び動水圧	作用しない	①動土圧及び動水圧	作用しない
	②摩擦力	側壁に作用	②摩擦力	側壁, 頂版に作用	②摩擦力	作用しない	②摩擦力	作用しない	②摩擦力	側壁, 頂版に作用
	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用	③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	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, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。	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, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小。	従来設計手法における耐震評価に対して, 直交する荷重として①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。	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タンクの重量に起因する③が作用するため影響大。	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, ①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小。 また, 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。					
抽出結果	○	×	○	○	○					

\* 本表は, 今後の審査進捗 (詳細設計) に応じて見直しを行います。

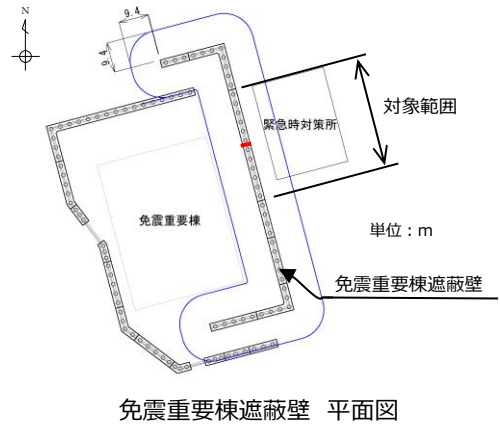
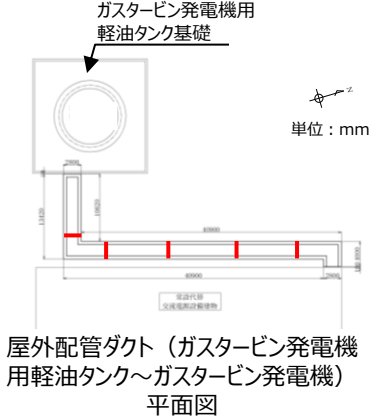
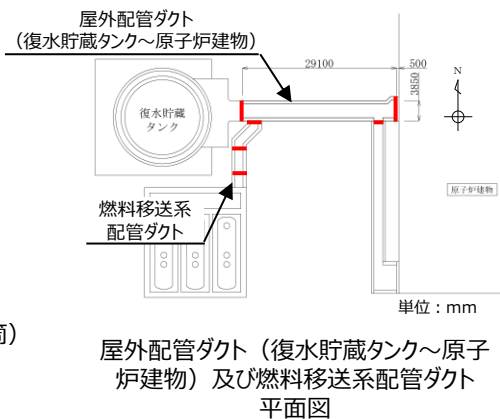
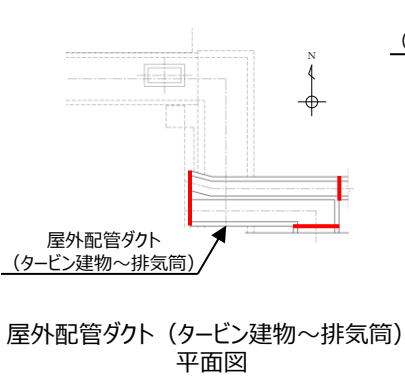
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I - 6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (7)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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。
- ③で抽出されなかった線状構造物として大別した屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒), 燃料移送系配管ダクト, 屋外配管ダクト (復水貯蔵タンク～原子炉建物), 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機) 及び免震重要棟遮蔽壁は, 以下に示すとおり, 構造物の配置上, 屈曲部や隅角部を有する。
- 線状構造物の屈曲部や隅角部では, 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懸念されるため, 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒), 燃料移送系配管ダクト, 屋外配管ダクト (復水貯蔵タンク～原子炉建物), 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機) について, 構造目地を踏まえて 3 次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。
- なお, 免震重要棟遮蔽壁については, 屋外の上位クラス施設である緊急時対策所に波及的を及ぼす範囲に屈曲部や隅角部は存在しないことから, 3 次元的な応答特性が想定される箇所としては対象外である。



— : 構造目地

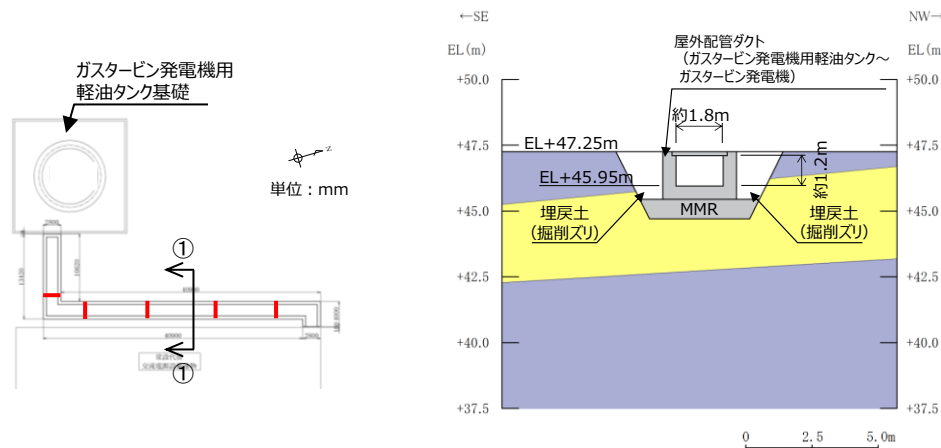
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (8)

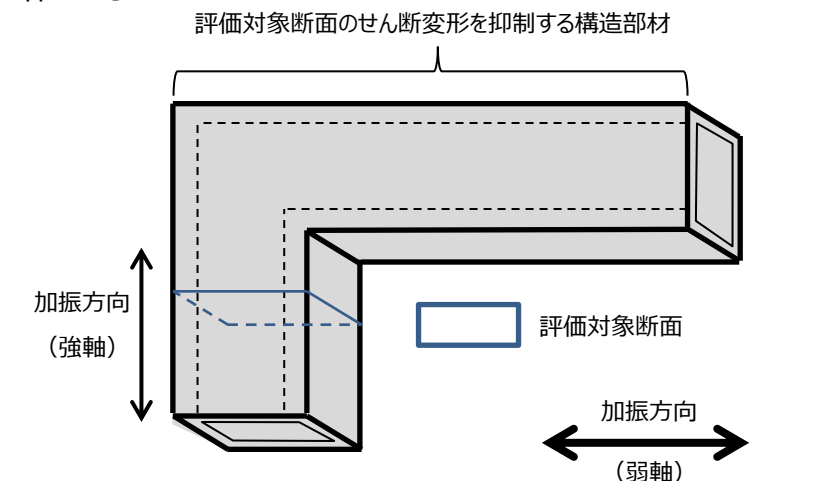
### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

- ④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。
- 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）及び屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）は、隅角部に構造目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3次元的な応答特性は想定されず、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 燃料移送系配管ダクトの屈曲部では、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の従来設計では、以下に示すとおり、先行炉（女川 2 号炉）と同様、ほぼ等間隔に構造目地が設けられており構造物に応力集中が発生しない設計としていたとともに、十分な支持性能を有する岩盤に MMR（マンメイドロック）を介して設置されているため、構造物の延長方向に影響するような強軸方向の変形については影響をほとんど受けない。
- また、弱軸方向については、屈曲部や隅角部における 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、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であり、十分に保守的な評価となっている。
- 以上のことから、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の隅角部での水平 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。



屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）  
平面図及び①-①断面図



線状構造物の屈曲部・隅角部における 3 次元的な拘束効果  
（屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の隅角部）

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (9)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 【評価対象構造物の抽出結果】

- 以上の検討結果を踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの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、以下に示す構造物を抽出する。

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

構造形式	評価対象構造物
a. 箱型構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水槽</li> <li>・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎</li> <li>・低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽</li> <li>・第 1 ベントフィルタ格納槽</li> <li>・緊急時対策所用燃料地下タンク</li> <li>・輪谷貯水槽 (西側)</li> </ul>
c. 円筒状構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水口</li> </ul>
d. 直接基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎</li> </ul>
e. 管路構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水管</li> </ul>

※ 本表は、今後の審査進捗 (詳細設計) に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (10)

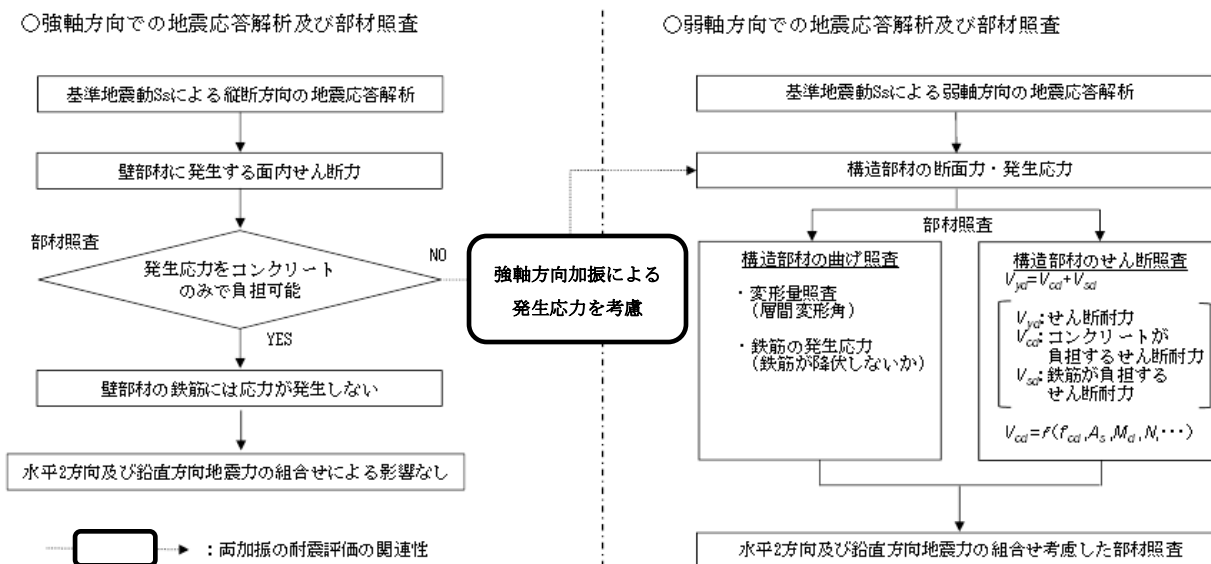
### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

- ①～⑤により抽出した評価対象構造物について、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）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（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を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するとともに構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材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。

#### a. 箱型構造物

- 箱型構造物の影響評価は以下に示すフローに基づいて行い、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で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。
- 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  $S_s$  を用いる。
- 本評価手法は、東海第二他の先行炉の箱型構造物で審査実績があることから、島根 2 号炉への適用性はあると判断できる。



箱型構造物における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (11)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

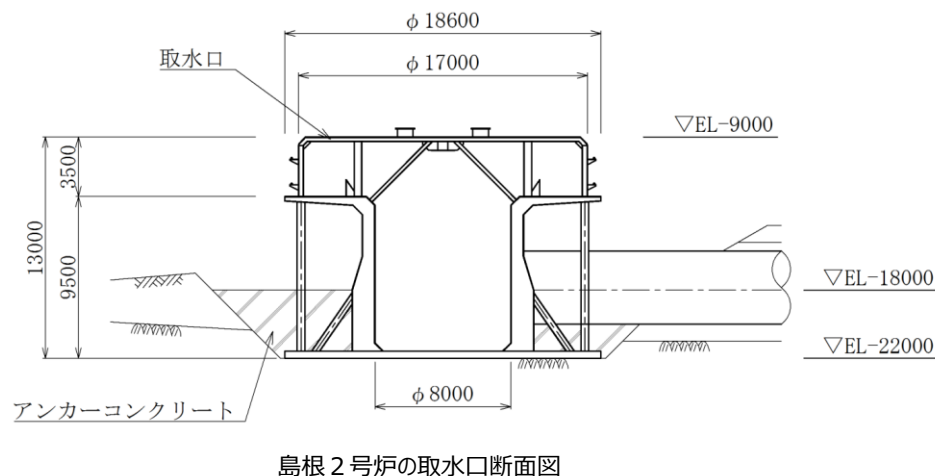
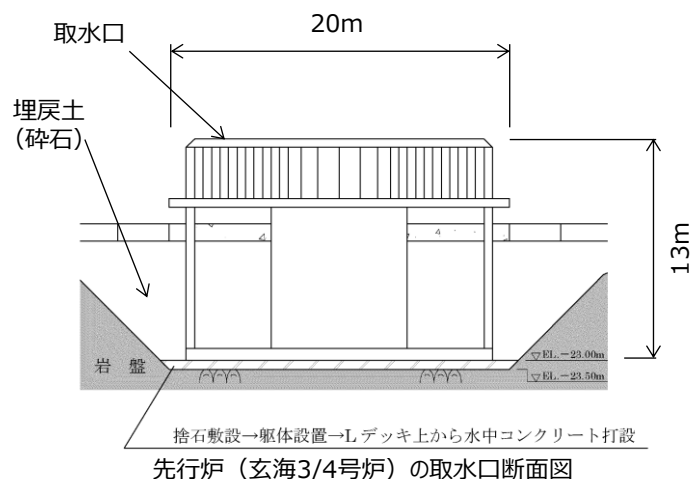
#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

##### c. 円筒状構造物

- 円筒状構造物の影響評価は、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、最大応答の非同時性を考慮した S R S 法又は米国 Regulatory Guide 1.92※ の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考とした組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいて地震力を設定する。

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

- 島根 2 号炉の取水口は、海中の岩盤上に設置された鋼製の円筒状構造物であり、先行炉（玄海3/4号炉）の取水口と同様な構造及び周辺状況である。
- 上記の評価手法は、先行炉（玄海3/4号炉）と同様な方法であることから、島根 2 号炉への適用性はあると判断できる。



他サイトの情報に係る記載内容については、会合資料やHP等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

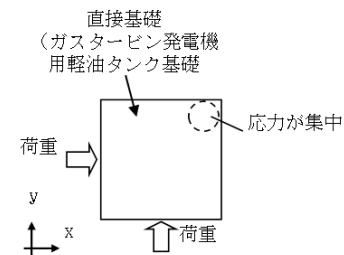
## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (12)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

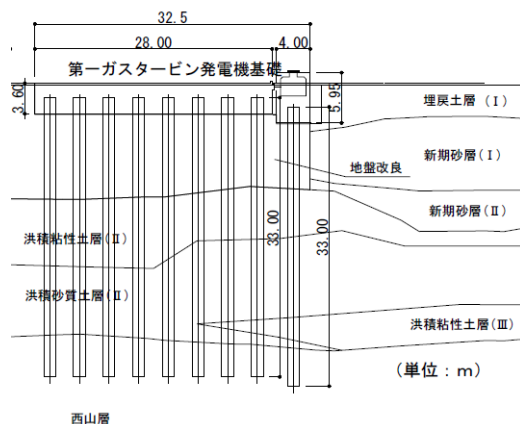
#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

##### d. 直接基礎

- 直接基礎の影響評価について、対象構造物であるガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、幅18m×奥行18m、厚さ約1.4mの鉄筋コンクリート造の構造物であり、MMR（マンメイドロック）を介して岩盤に支持されている。
- 先行炉（柏崎6/7号炉）の第一ガスタービン発電機基礎は、基礎構造物として分類され、躯体及び杭について水平 2 方向及び鉛直力の組合せの影響評価を行うとしている。
- 先行炉（柏崎6/7号炉）の杭基礎とは異なるものの、島根 2 号炉の直接基礎（ガスタービン発電機用軽油タンク基礎）は、平面形状が正方形であり、水平 2 方向による応力集中が想定される構造的特徴を有している。
- 島根 2 号炉の直接基礎の影響評価は、前述の円筒状構造物と同様の方針とし、最大応答の非同時性を考慮した S R S S 又は組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）に基づいて地震力を設定し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

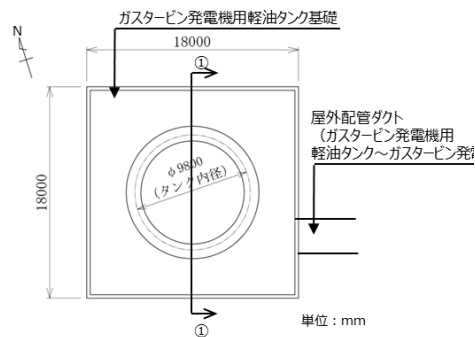


直接基礎における応答特性



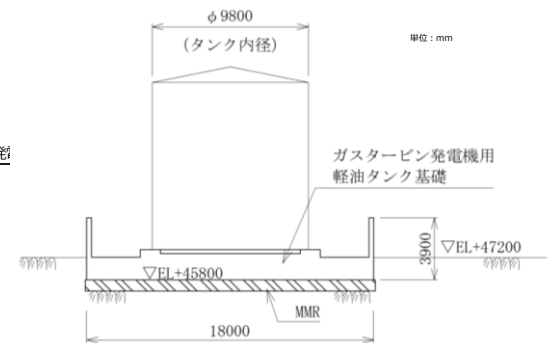
断面図

先行炉（柏崎6/7号炉）の第一ガスタービン発電機基礎



平面図

島根 2 号炉のガスタービン発電機用軽油タンク基礎



断面図

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

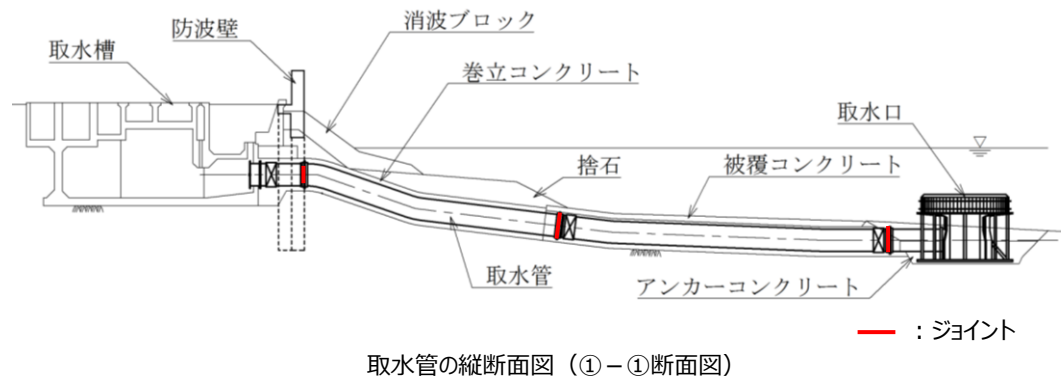
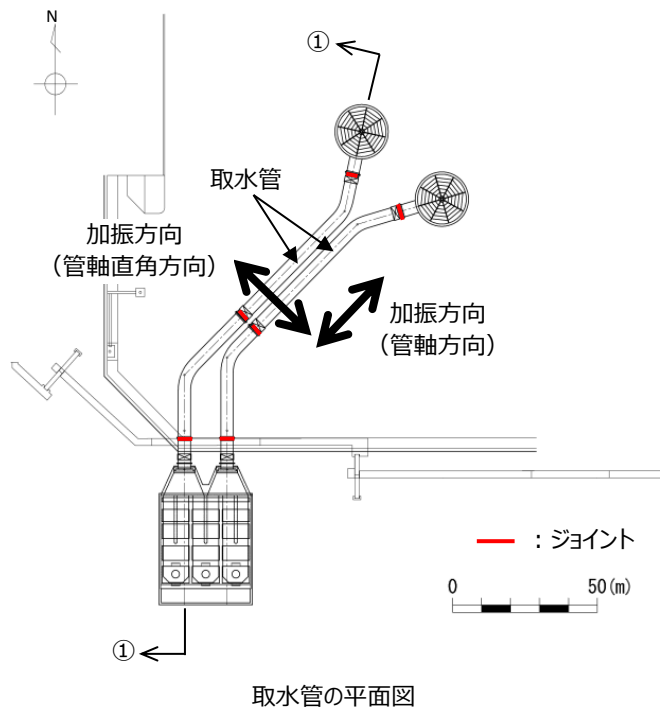
## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (13)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

##### e. 管路構造物

- 対象構造物である取水管は、以下に示すとおり、延長が長い構造であることから、従来設計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行っており、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に作用させて評価を行っている。
- 以上のことから、取水管の水平 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。
- 島根 2 号炉の取水管は鋼製の管路であり、先行炉（玄海3/4号炉）の取水管路と同様な構造及び周辺状況である。
- 上記の評価手法は、先行炉（玄海3/4号炉）と同様な方法であることから、島根 2 号炉への適用性はあると判断できる。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (14)

### 1. 屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑦ 機器・配管系への影響検討

- ・評価対象として抽出した構造物が、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、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物等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。

#### 【まとめ】

- ・屋外重要土木構造物等の水平 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、線状構造物及び管路構造物は従来の設計手法で対応可能であることから、以下に示す構造物について行う方針とする。
- ・影響評価の結果、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。
- ・なお、評価結果は、詳細設計段階において説明する。

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

構造形式	評価対象構造物
a. 箱型構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水槽</li> <li>・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎</li> <li>・低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽</li> <li>・第 1 ベントフィルタ格納槽</li> <li>・緊急時対策所用燃料地下タンク</li> <li>・輪谷貯水槽（西側）</li> </ul>
c. 円筒状構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水口</li> </ul>
d. 直接基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎</li> </ul>

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (15)

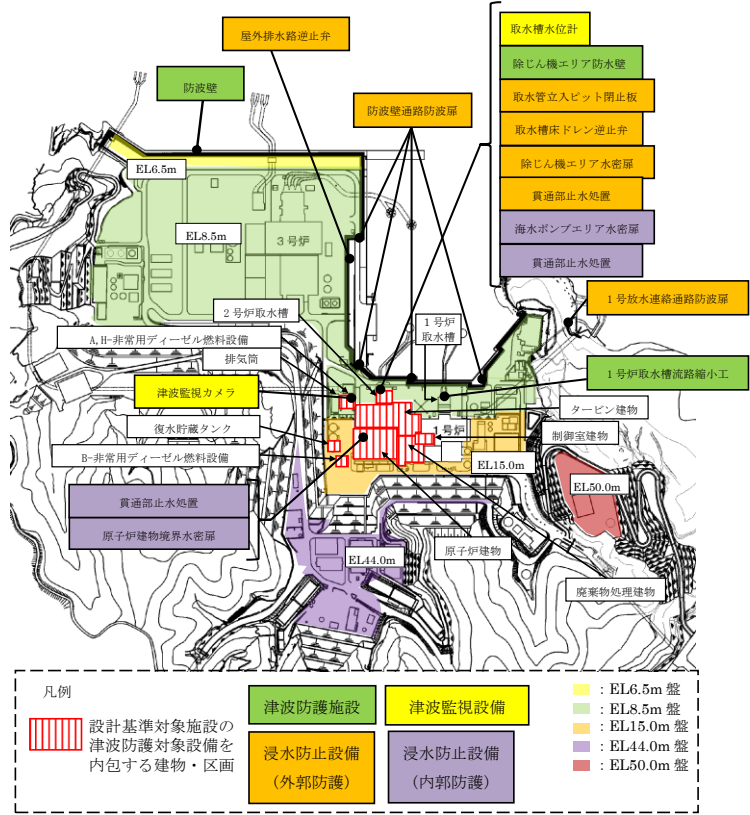
### 2. 津波防護施設等の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

・ 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は、屋外重要土木構造物と同様のフローに基づいて行う。

#### ① 構造形式の分類

- ・ 評価対象構造物について、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。
- ・ 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行う津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備（以下、「津波防護施設等」と記す）は、以下に示すとおりである。
- ・ 津波防護施設等の評価対象構造物のうち、評価対象構造物の構造的な特徴を踏まえ、津波防護施設のうち、防波壁及び1号炉取水槽流路縮小工について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ影響を整理する。

津波防護施設等の分類



津波防護施設等配置図

施設、設備分類	施設、設備名称	区分
津波防護施設	防波壁	「屋外重要土木構造物等」の設計方針に基づく。影響評価については以降に整理する。
	1号炉取水槽流路縮小工	
	除じん機エリア防水壁	「機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「屋外重要土木構造物等」又は津波防護施設の設計方針に基づく。
浸水防止設備	取水槽床ドレン逆止弁	「機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「建物・構築物」、「屋外重要土木構造物等」又は津波防護施設の設計方針に基づく。
	貫通部止水処置	
	防波壁通路防波扉	
	屋外排水路逆止弁	
	1号放水連絡通路防波扉	
	取水管立入ピット閉止板	
	除じん機エリア水密扉	
	海水ポンプエリア水密扉	
津波監視設備	取水槽水位計	「機器・配管系」の設計方針に基づく。なお、間接支持構造物の影響評価は、「建物・構築物」、「屋外重要土木構造物等」又は津波防護施設の設計方針に基づく。
	津波監視カメラ	

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

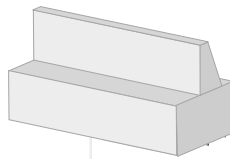

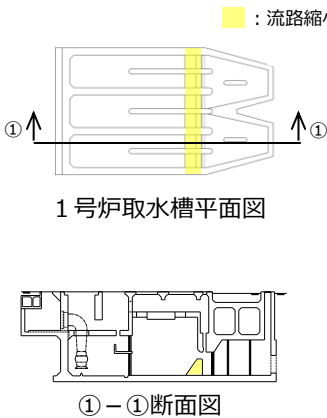
## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (16)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ① 構造形式の分類

- ・ 防波壁等を、以下に示すとおり 3 つの構造形式に大別した。
- ・ 線状構造物及び鋼管杭基礎は、先行炉（東海第二、女川 2 号炉）と同様に整理した。
- ・ なお、1 号炉取水槽流路縮小工については、1 号炉取水槽の一部の部材により構成されることから、箱型構造物として整理した。

防波壁等の構造形式

防波壁等	構造形式		構造形式の特徴
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防波壁（波返重力擁壁）の上部工及び下部工</li> <li>・ 防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の上部工</li> <li>・ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工</li> </ul>	a. 線状構造物		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 弱軸方向に対して平行に配置される妻壁等がなく、強軸方向の土圧や水圧等の荷重が作用しない。</li> <li>・ 強軸方向に断面形状が一樣である。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の下部工</li> <li>・ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工</li> </ul>	b. 鋼管杭基礎		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 明確な強軸，弱軸がなく，互いに直交する断面に対して土圧や水圧等の荷重が作用する。</li> <li>・ 上部工から伝わる荷重が作用する。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 号炉取水槽流路縮小工※ （※：流路縮小工の構造及び設計条件については、現在、審議中）</li> </ul>	c. 箱型構造物	<p style="text-align: right;">■：流路縮小工</p>  <p style="text-align: center;">1 号炉取水槽平面図</p> <p style="text-align: center;">①-①断面図</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 弱軸方向に対して平行に配置される妻壁等を有し、強軸方向の土圧や水圧等の荷重が作用する。</li> <li>・ 強軸方向に断面形状が一樣でない。</li> </ul>

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (17)

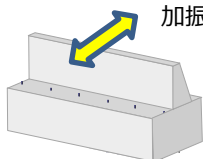
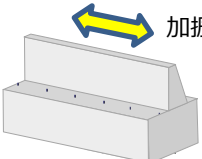
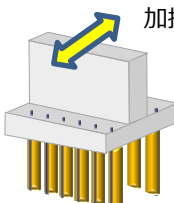
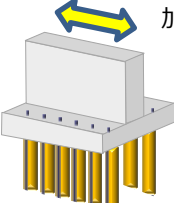
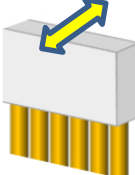
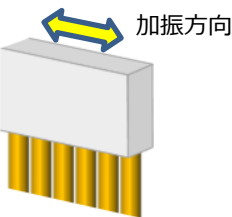
### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

- 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。

- 津波防護施設の従来設計の考え方について、防波壁の例を右表に示す。
- 津波防護施設は、地中構造物と地上構造物に分けられ、地上構造物は、躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等の外力が主たる荷重となり、地中構造物については、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。
- 地中構造物、地上構造物のうち、「屋外重要土木構造物等」と同様、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方向に連続する構造的特徴を有する線状構造物は、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。
- 線状構造物は、ほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的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。
- さらに、「屋外重要土木構造物等」と同様、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、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう保守的な設計をしている。
- 上記の考え方は、女川 2 号炉他の先行炉と同様である。

従来設計における評価対象断面の考え方（防波壁の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
波返重力擁壁	 加振方向	 加振方向
鋼管杭式逆 T 擁壁	 加振方向	 加振方向
多重鋼管杭式擁壁	 加振方向	 加振方向
特徴	・加振方向に対する抵抗力が小さい。	・加振方向に同一構造が連続している。
	・横断方向は加振方向に対する抵抗力が小さく、弱軸方向にあたる。	・縦断方向は加振方向に同一構造が連続しており、強軸方向にあたる。
	・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。 ・弱軸方向を評価対象断面とする。	



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (18)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

- 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、先行炉（女川 2 号炉他）と同様，① 動土圧及び動水圧，② 摩擦力，③ 慣性力が挙げられる。

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

作用荷重		作用荷重のイメージ
① 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	
② 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	
③ 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

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (19)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

- ②で整理した荷重が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。

#### a. 線状構造物（防波壁（波返重力擁壁）の上部工）

- 防波壁（波返重力擁壁）の上部工は、以下に示すとおり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 先行炉（東海第二，女川 2 号炉）の線状構造物と同様の抽出結果である。

防波壁（波返重力擁壁）上部工の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	①線状構造物（防波壁（波返重力擁壁）上部工）		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		①動土圧及び動水圧	作用しない
		②摩擦力	作用しない
		③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	・従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性		<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁（波返重力擁壁）の上部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</li> <li>上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び強軸方向の慣性力により発生する応力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は小さい。</li> </ul>	
抽出結果	×		

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (20)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### a. 線状構造物（防波壁（波返重力擁壁）の下部工）

- 防波壁（波返重力擁壁）の下部工は、以下に示すとおり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 先行炉（東海第二，女川 2 号炉）の線状構造物と同様の抽出結果である。

防波壁（波返重力擁壁）下部工の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	①線状構造物（防波壁（波返重力擁壁）下部工）		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		①動土圧及び動水圧	作用しない
		②摩擦力	従来設計手法における評価対象断面に対して直交する側面に作用する
		③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>・従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p>		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性		<p>・防波壁（波返重力擁壁）の下部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。</p> <p>・下部工は強軸方向の慣性力により発生する応力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は小さい。</p>	
抽出結果	×		

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (21)

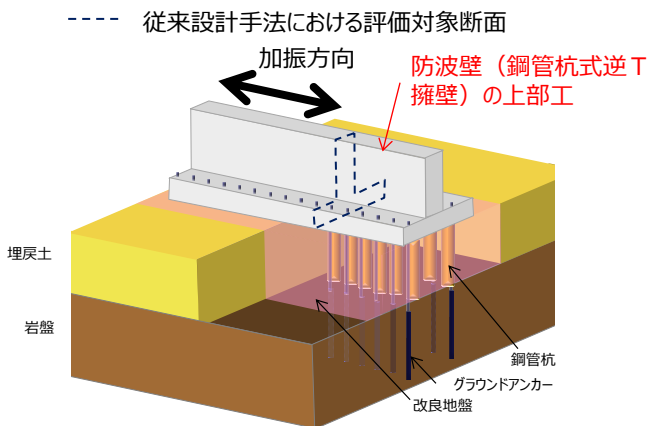
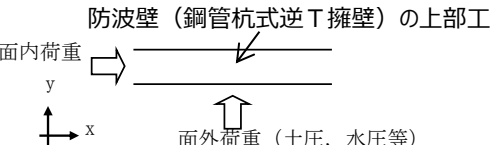
### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### a. 線状構造物 (防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) の上部工)

- 防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) の上部工は、以下に示すとおり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 先行炉 (東海第二, 女川 2 号炉) の線状構造物と同様の抽出結果である。

防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) 上部工の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	①線状構造物 (防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) 上部工)		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況	 <p>----- 従来設計手法における評価対象断面 加振方向 防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) の上部工 埋戻土 岩盤 鋼管杭 グラウンドアンカー 改良地盤</p>	①動土圧及び動水圧	作用しない
		②摩擦力	作用しない
		③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>・従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。</p>		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	 <p>防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) の上部工 面内荷重 y x 面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>	<p>・防波壁 (鋼管杭式逆 T 擁壁) の上部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。 ・上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び強軸方向の慣性力により発生する応力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は小さい。</p>	
抽出結果	×		

※ 本表は、今後の審査進捗 (詳細設計) に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (22)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### a. 線状構造物（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工）

- ・ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は、以下に示すとおり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- ・ 先行炉（東海第二，女川 2 号炉）の線状構造物と同様の抽出結果である。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）上部工の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	①線状構造物（防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）上部工）		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面 加振方向 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工 埋戻土 埋戻土 捨石 岩盤 鋼管杭</p>	①動土圧及び動水圧	作用しない
		②摩擦力	作用しない
		③慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	・従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さい。		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	<p>防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工 面内荷重 y x 面外荷重（土圧，水圧等）</p>	・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による面内荷重及び面外荷重の作用が考えられる。 ・上部工には土圧及び水圧等の荷重が作用しないこと及び強軸方向の慣性力により発生する応力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は小さい。	
抽出結果	×		

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (23)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### b. 鋼管杭基礎（防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の下部工）

- 鋼管杭基礎である防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の下部工（鋼管杭基礎）は、以下に示すとおり、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 先行炉（女川 2 号炉）の鋼管杭基礎（防潮堤（鋼管式鉛直壁）の下部工）と同様の抽出結果である。

防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の下部工（鋼管杭基礎）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	②鋼管杭基礎（防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）下部工）		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		①動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	・胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、上部工からの荷重が作用するが、下記の理由により影響の程度は小さい。		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性		<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の下部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。</li> <li>下部工は改良地盤内に設置されており、動土圧の影響は小さく、応答については上部工の影響が支配的である。</li> <li>上部工は明確な強軸、弱軸を示し、強軸方向の慣性力により発生する応力は小さいことから、水平 2 方向入力による応力の集中は発生しにくく、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。</li> </ul>	
抽出結果	×		

※ 本表は、今後の審査進捗（詳細設計）に応じて見直しを行います。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (24)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### b. 鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工)

- 鋼管杭基礎である防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工 (鋼管杭基礎) は、以下に示すとおり、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。
- 先行炉 (東海第二, 女川 2 号炉) の線状構造物と同様の抽出結果である。

防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工 (鋼管杭基礎) の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響

構造形式の分類	②鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 下部工)		
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の作用状況		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
従来設計手法における評価断面に対して直交する荷重の影響程度	・胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、上部工からの荷重が作用するため影響の程度が大きい。		
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性		<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼管杭基礎である防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工には、左記に示すような水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。</li> <li>下部工では、上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力、並びに上部工法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため、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。</li> </ul>	
抽出結果	○		

※ 本表は、今後の審査進捗 (詳細設計) に応じて見直しを行います。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (25)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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

##### c. 箱型構造物 (1号炉取水槽流路縮小工)

- 1号炉取水槽流路縮小工は、屋外重要土木構造物の水平 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の箱型構造物 (取水槽等) と同様に、従来評価手法における評価対象断面に対して直交する①動土圧及び動水圧が作用することから、評価対象構造物として抽出する。

- 以上の結果、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、鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の下部工) 及び箱型構造物 (1号炉取水槽流路縮小工) を抽出する。

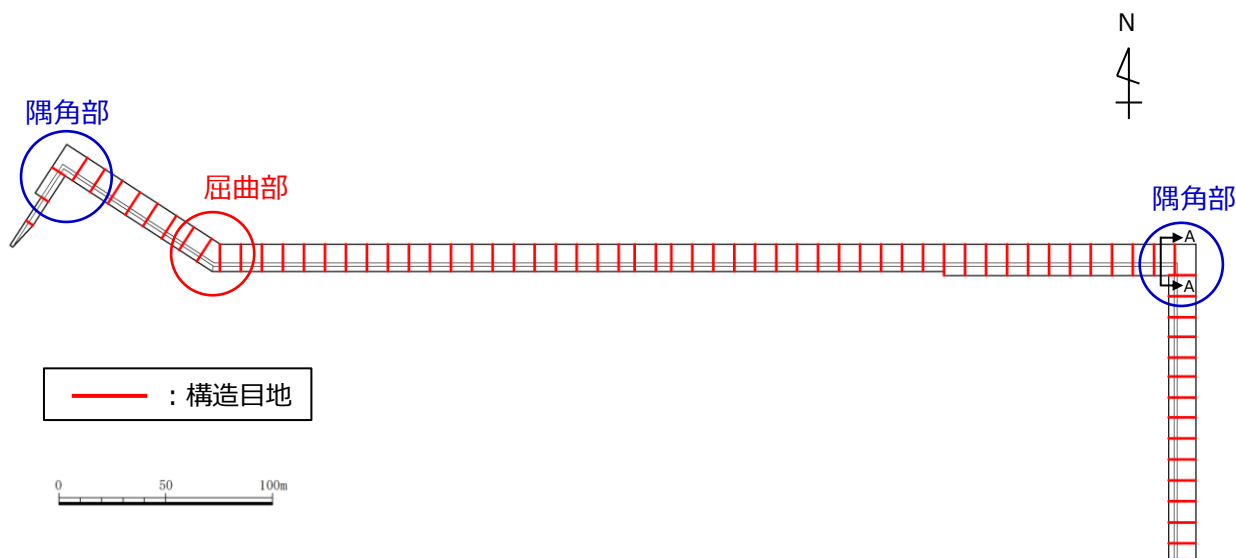
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (26)

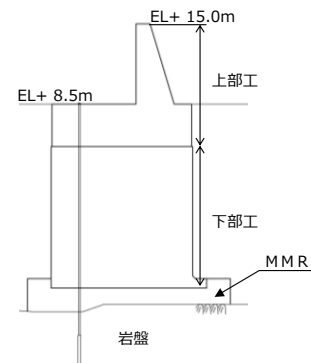
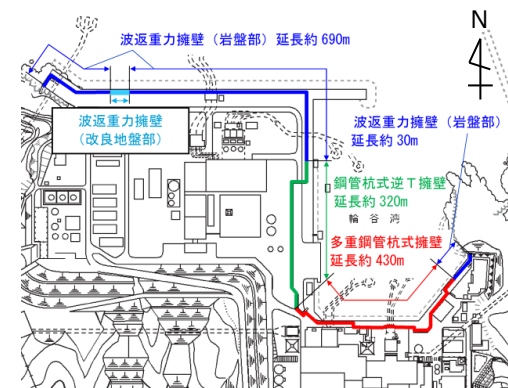
### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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 (1)

- ③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。
- フローの③で抽出しなかった線状構造物は、構造物の配置上、屈曲部や隅角部を有する。
- 防波壁（波返重力擁壁）の上部工の屈曲部では、以下に示すとおり、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 隅角部については、隅角部に施工時目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- また、防波壁（波返重力擁壁）の下部工の屈曲部や隅角部では、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。



防波壁（波返重力擁壁）上部工 構造目地 平面図



A-A 断面

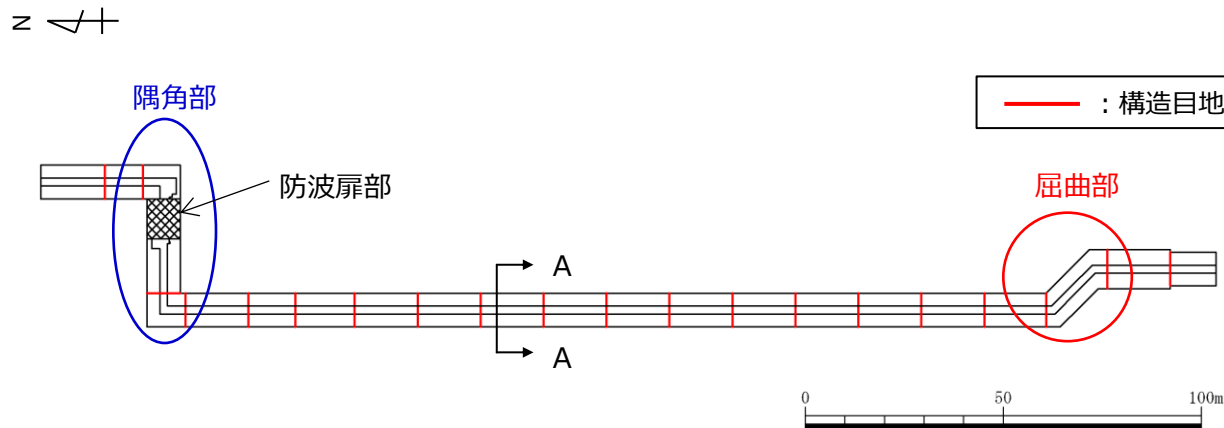
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (27)

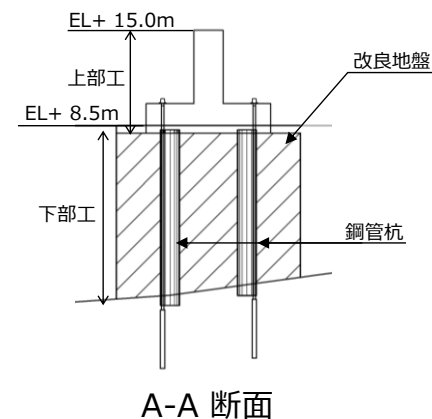
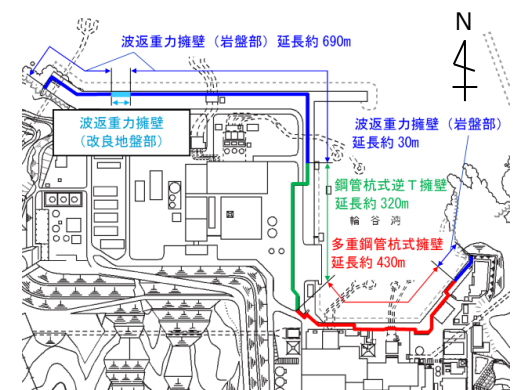
### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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 (2)

- 防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）の上部工の屈曲部では、以下に示すとおり、妻壁に相当する部位の面積が小さく、慣性力の影響も小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。
- 隅角部については、隅角部に施工時目地を設けるため、独立した線状構造物が接しているのみであり、3 次元的な応答特性は想定されず、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。



防波壁（鋼管杭式逆 T 擁壁）上部工 構造目地 平面図



A-A 断面

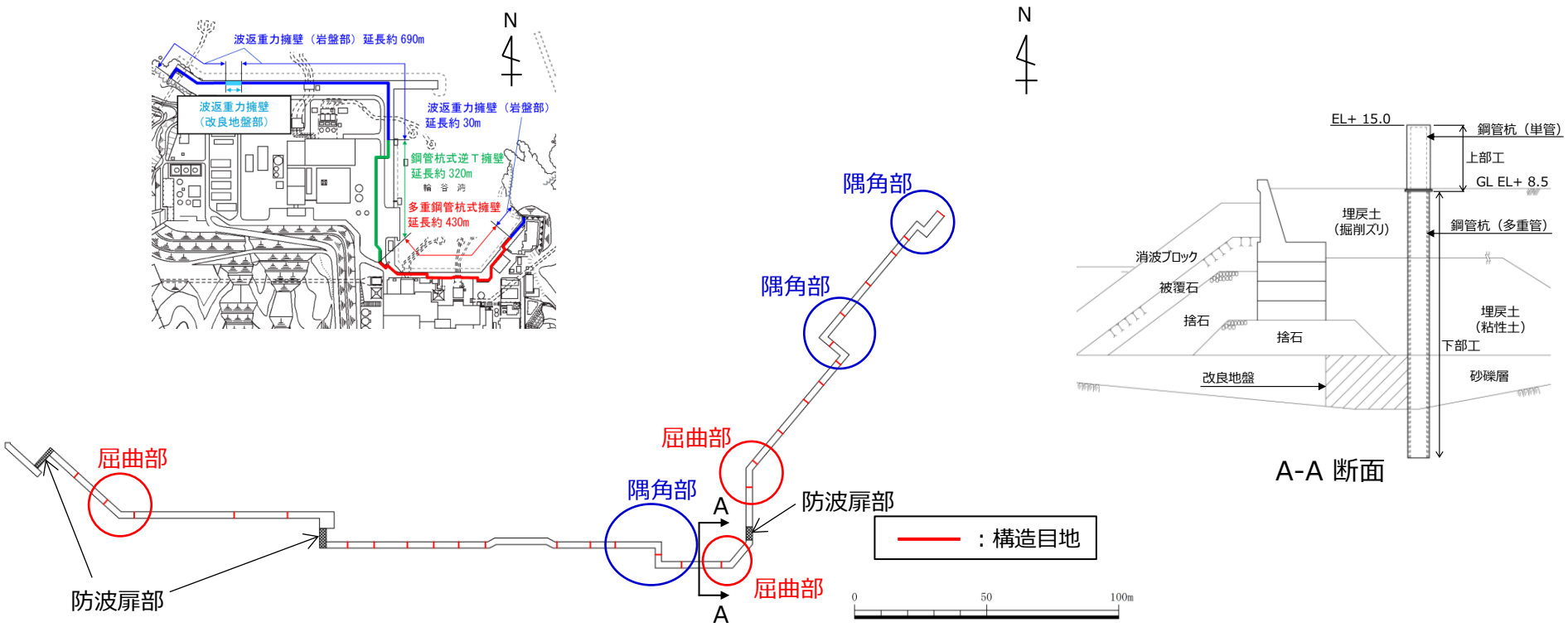
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (28)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### 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)

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部及び隅角部では、以下に示すとおり、妻壁に相当する部位を有することから、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懸念される。
- 以上のことから、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の屈曲部及び隅角部について、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。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）上部工 構造目地 平面図

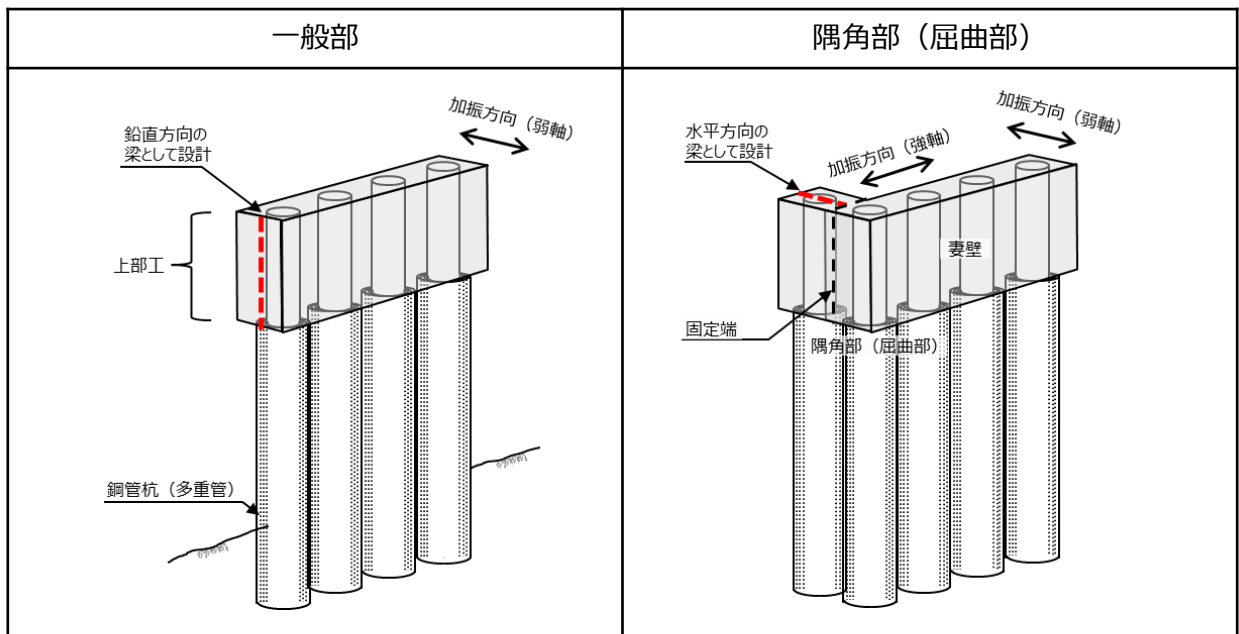
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (29)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

- ④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。
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工の従来設計において、一般部では、上部工が下部工と一体構造であることから、これを適切にモデル化し、上部工を鉛直方向の梁として設計する。屈曲部や隅角部では、妻壁側は一般部と同様に設計するが、妻壁と交差する壁は妻壁側を固定端とし、上部工が下部工と一体構造であることを適切にモデル化し、上部工を水平方向の梁として設計する。
- したがって、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した設計を行っていることから、本資料の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価においては対象外である。
- 島根 2 号炉の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の上部工は、連続して打設した杭の上部に設置されており、地中連続壁基礎の上部に設置された先行炉（東海第二）の鉄筋コンクリート防潮壁の上部工と同様の構造である。
- 本検討結果は、先行炉（東海第二）の鉄筋コンクリート防潮壁の上部工と同様である。



線状構造物の屈曲部・隅角部における 3 次元的な拘束効果  
 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の上部工の隅角部の例)



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (30)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

- ①～⑤により抽出した評価対象構造物について、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）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（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を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するとともに構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材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。

#### b. 鋼管杭基礎（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工）

- 鋼管杭基礎（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の下部工）の影響評価は、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）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（強軸方向）の地震応答解析に基づく同時刻の地震時荷重等を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

$$R_{max} = \max\left(\frac{\sigma(t)_1}{\sigma_a}, \frac{\sigma(t)_2}{\sigma_a}\right)$$

$$\sigma(t)_1 = \sqrt{\left(\frac{1.0 \times (M(t)_{弱})}{Z}\right)^2 + \left(\frac{1.0 \times (M(t)_{強})}{Z}\right)^2} + \frac{1.0 \times (N(t)_{弱})}{A}$$

$$\sigma(t)_2 = \sqrt{\left(\frac{1.0 \times (M(t)_{弱})}{Z}\right)^2 + \left(\frac{1.0 \times (M(t)_{強})}{Z}\right)^2} + \frac{1.0 \times (N(t)_{強})}{A}$$

$M(t)_{弱}$ ：時刻  $t$  における弱軸断面方向の曲げモーメント

$M(t)_{強}$ ：時刻  $t$  における強軸断面方向の曲げモーメント

$N(t)_{弱}$ ：時刻  $t$  における弱軸断面の軸力

$N(t)_{強}$ ：時刻  $t$  における強軸断面の軸力

$Z$ ：鋼管杭の断面係数  $A$ ：鋼管杭の断面積

$\sigma(t)$ ：時刻  $t$  における曲げ軸応力  $\sigma_a$ ：短期許容応力度  $R_{max}$ ：時刻歴最大照査値

先行炉（東海第二）における鋼管杭基礎の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価（曲げ軸力照査の算定式の例）

他サイトの情報に係る記載内容については、会合資料やHP等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-1】

## 論点 I-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (31)

### 2. 津波防護施設等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

#### ⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

##### c. 箱型構造物 (1号炉取水槽流路縮小工)

- 箱型構造物 (1号炉取水槽流路縮小工) の水平 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、屋外重要土木構造物等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価における箱型構造物と同一の手法とする。

#### ⑦ 機器・配管系への影響検討

- 評価対象として抽出した構造物が、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、④及び⑤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。

#### 【まとめ】

- 以上の結果、防波壁等の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価は、鋼管杭基礎 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)) 及び箱型構造物 (1号炉取水槽流路縮小工) について行う。
- 影響評価の結果、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。
- なお、評価結果は、詳細設計段階において説明する。

## 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-2】

### ■ 指摘事項

【No.23-2（論点I-6）水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ】

○電気盤内の各器具の影響評価について、発生加速度と機能確認済加速度を説明すること。

### ■ 回答

- 電気盤内の各器具の影響評価について、発生加速度と機能確認済加速度の説明を追加した。（P35～37）
  1. 補助リレー
  2. ノーヒューズブレーカ（MCCB）
  3. 過電流リレー（保護リレー）

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-2】

## 論点 I - 6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ ( 1 )

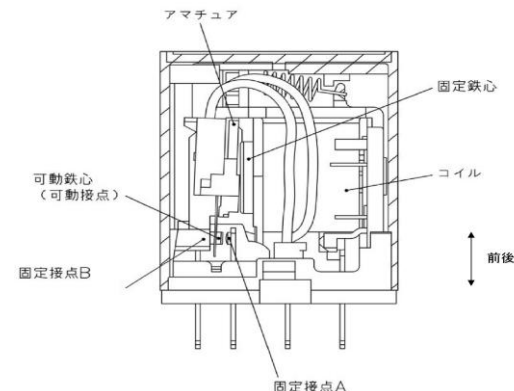
<電気盤内の器具の影響評価の説明 1 / 3 >

- 代表としてメタクラ取付器具について、検討結果を整理した。

### 1. 補助リレー

#### (1) 構造及び作動機構の概要

- 補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ、接点の開閉を行うものである。補助リレーのうち、固定鉄心、固定接点（A、B接点）はいずれも強固に固定されており、可動接点は1方向（上下方向又は左右方向）にのみ動くことができる構造になっている。



補助リレーの構造図

#### (2) 器具の誤動作モードに対する水平 2 方向地震力の影響検討

- 地震力による可動鉄心（可動接点）の振動に伴う接点の誤接触又は誤開放（上下方向又は左右方向）については、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また器具可動部の振動方向が1方向（上下方向又は左右方向）のみであることより、水平 2 方向の影響はないと考えられる。

#### (3) 機能確認済加速度

補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	水平※1 (前後・左右)	上下
発生加速後 (G) ※2	1.02	1.28
機能確認済加速度 (G)		

※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値、機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※2：原子炉建物 EL. 23800 基準地震動 S s (暫定値)

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-2】

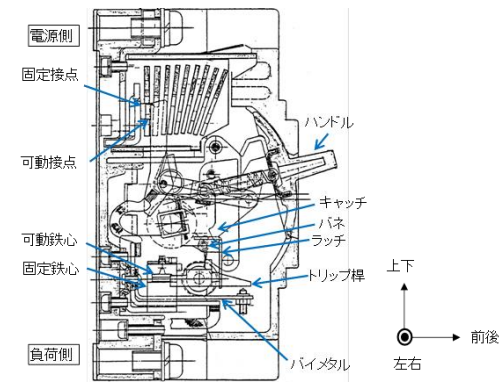
## 論点 I - 6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (2)

<電気盤内の器具の影響評価の説明 2 / 3>

### 2. ノーヒューズブレーカ (MCCB)

#### (1) 構造及び作動機構の概要

- MCCB (熱動電磁式) は、過電流が流れるとバイメタルが湾曲し、トリップ桿によりラッチの掛合いが外れ、キャッチがばねにより回転することによりリンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。また、短絡電流等の大電流が流れた場合は、固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引され、トリップ桿が作動し、同様に回路を遮断する。



MCCBの構造図

#### (2) 器具の誤動作モードに対する水平 2 方向地震力の影響検討

- ハンドルの逆方向への動作 (上下方向), 接点の乖離 (前後方向, 左右方向) については, ハンドルは 1 方向にしかな振動できないこと, 前後 - 左右の接点乖離は各々独立であること (前後方向は接触・非接触による乖離, 左右はずれによる乖離) から, 水平 2 方向の影響はないと考えられる。
- ラッチ外れによるトリップ (前後方向, 上下方向) については, 2 軸 (前後方向, 上下方向) の影響は無視できないが, 左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため, 水平 2 方向の影響はないと考えられる。

#### (3) 機能確認済加速度

MCCBの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	水平※1 (前後・左右)	上下
発生加速後 (G) ※2	1.02	1.28
機能確認済加速度 (G)		

※1 : 発生加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※2 : 原子炉建物 EL. 23800 基準地震動 S s (暫定値)

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.23-2】

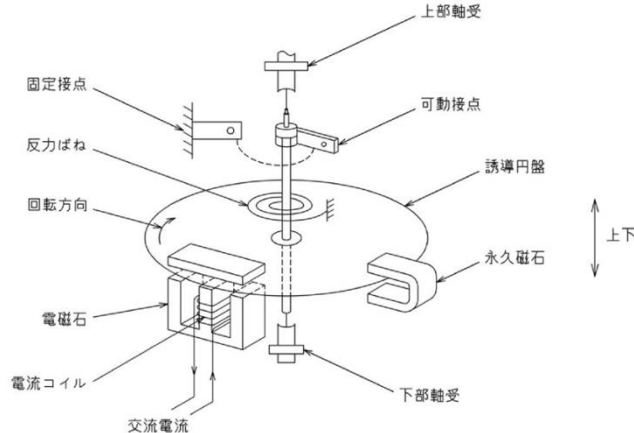
## 論点 I - 6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せ (3)

<電気盤内の器具の影響評価の説明 3 / 3>

### 3. 過電流リレー (保護リレー)

#### (1) 構造及び作動機構の概要

- 過電流リレーは、電流コイル1つを持つ電磁石が動作トルクを発生し、永久磁石の制動により限時特性を得る円板型リレーであり、タップ値以上の過電流が流れると接点が動作し、警報や遮断器引き外しを行う。なお、過電流リレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取付けられている。



過電流リレーの構造図

#### (2) 器具の誤動作モードに対する水平 2 方向地震力の影響検討

- 誘導円板の接触による固渋 (上下方向) については、上下方向に生じるものであるため、水平 2 方向の影響はないと考えられる。
- 可動接点の振動による接点の誤接触 (前後方向, 左右方向) については、平成13年度に行われた電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」において、水平 2 方向加振時に鉛直方向加振を加えた試験を実施しており、正弦波加振試験では円板の回転挙動が発生したが、地震波加振試験では円板の回転挙動が発生しないことが確認されており、水平 2 方向の影響はないと考えられる。

#### (3) 機能確認済加速度

過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	水平※1 (前後・左右)	上下
発生加速後 (G) ※2	1.02	1.28
機能確認済加速度 (G)		

※ 1 : 発生加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※ 2 : 原子炉建物 EL. 23800 基準地震動 S s (暫定値)