

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

設計基準対象施設について

平成29年2月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

- 4条 地震による損傷の防止
- 5条 津波による損傷の防止
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止
- 7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8条 火災による損傷の防止
- 9条 溢水による損傷の防止等
- 10条 誤操作の防止
- 11条 安全避難通路等
- 12条 安全施設
- 14条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
- 17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 23条 計測制御系統施設(第16条に含む)
- 24条 安全保護回路
- 26条 原子炉制御室等
- 31条 監視設備
- 33条 保安電源設備
- 34条 緊急時対策所
- 35条 通信連絡設備

下線部：今回ご提出資料

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
 - (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及び解析モデルについて
- 別添－8 入力地震動について

(別紙)

- 別紙－1 建屋及び原子炉の地震応答解析モデルの詳細化について
- 別紙－2 原子炉格納容器コンクリート部の応力解析における弾塑性解析の採用について
- 別紙－3 土木構造物の解析手法および解析モデルの精緻化について
- 別紙－4 使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数について
- 別紙－5 原子炉建屋屋根トラス及び排気筒の評価モデルについて
- 別紙－6 機器・配管系設備に関するその他手法の相違点について
- 別紙－7 機器・配管系の設備の既工認からの構造変更について
- 別紙－8 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙－9 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について
- 別紙－10 基礎地盤傾斜が $1/2,000$ を超えることに対する耐震設計方針について
- 別紙－11 液状化影響の検討方針について
- 別紙－12 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

下線部：今回ご提出資料

目次

1. はじめに	1
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	1
2.1 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動	1
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	4
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	5
3.1 建物構築物	5
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	5
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	7
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	10
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部位の抽出結果	36
3.1.5 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	38
3.2 機器・配管系	39
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	39
3.2.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針	40
3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ影響評価方法	41
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	44
3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果及び 今後の評価方針	45
3.3 屋外重要土木構造物	55
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	55
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	57
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	58
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	61
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	72
3.4 浸水防止設備及び津波監視設備	73
3.4.1 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	73

別紙ー 1 機器・配管系に関する説明資料

参考資料ー 1 荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出に関する
補足説明

参考資料ー 2 水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組み合わせに対する梁の力学的特性

参考資料ー 3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせの影響評価に用いる模擬
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合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合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のあるものを抽出し、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 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動

柏崎刈羽原子力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」と「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-1 及び S_s-3 、断層モデルを用いた地震動として S_s-2 、 S_s-4 ～ S_s-7 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-8 を策定している。

基準地震動 S_s-1 ～ S_s-8 のスペクトル図（水平方向）を図 2.1-1 に、基準地震動 S_s-1 ～ S_s-8 のスペクトル図（鉛直方向）を図 2.1-2 に示す。

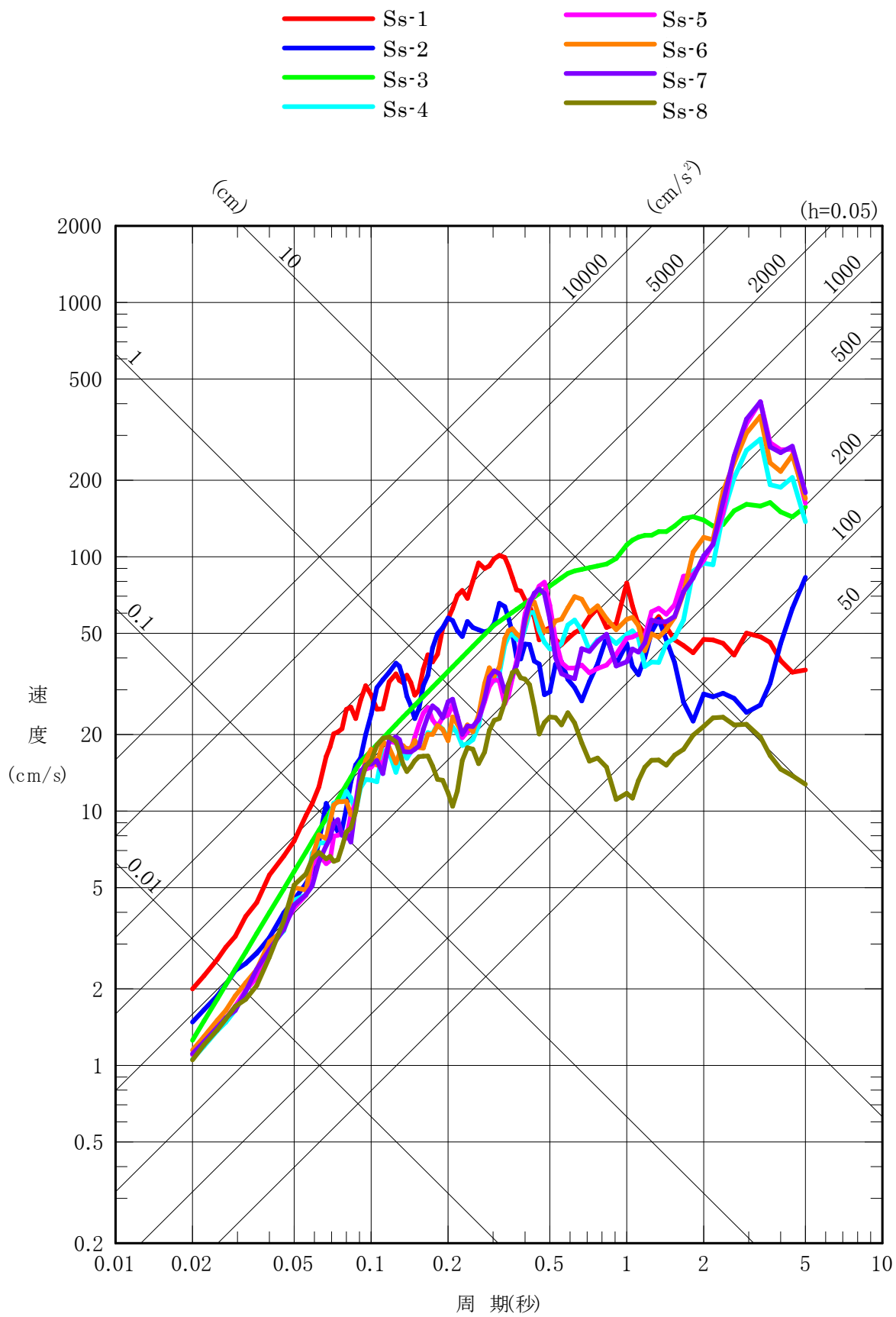


図 2.1-2 基準地震動の応答スペクトル (鉛直方向) (大湊側)

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。

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

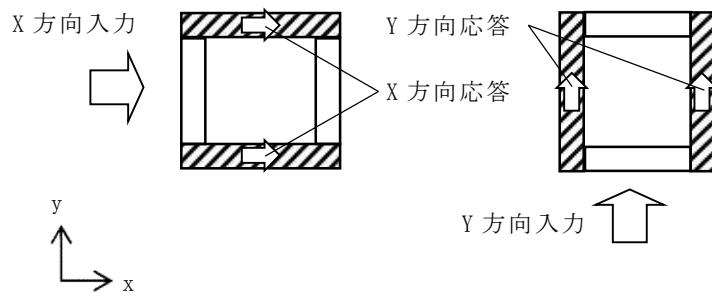
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルに方向ごとに入力し、解析を行っている。また、原子炉格納施設等における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に生じるせん断力に対して、地震時の力の流れが明解となるように、直交する 2 方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平 2 方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、建物・構築物に対し、水平 2 方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平 2 方向の入力がある場合の評価は、水平 1 方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

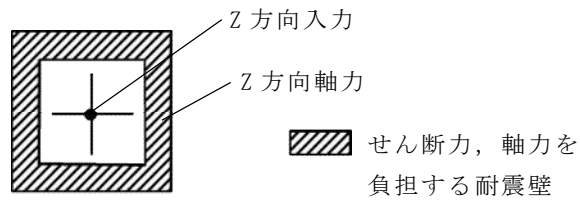
鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力に対して、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、図 3.1.1-1 及び図 3.1.1-2 に示す。

従来設計手法における建物・構築物の応力解析による評価は、上記の考え方を踏まえた地震応答解析により算出された応答を、水平 1 方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。

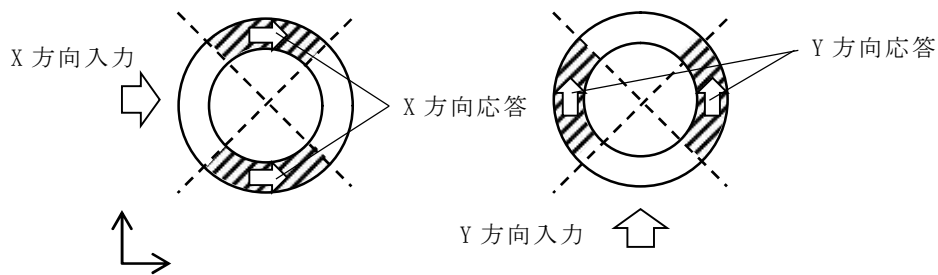


(a) 水平方向

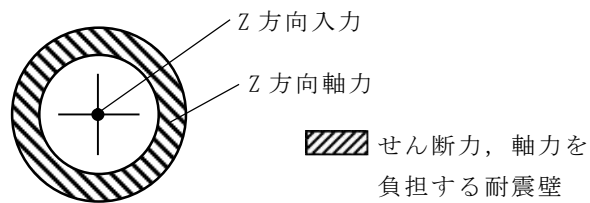


(b) 鉛直方向

図 3.1.1-1 入力方向ごとの耐震要素 (矩形)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 3.1.1-2 入力方向ごとの耐震要素 (円筒形)

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

建物・構築物において、従来設計手法に対して水平 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部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、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が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する部位とする。

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による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。

応答特性から抽出された、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み合わせ、各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あると確認された場合は、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。

影響評価のフローを図 3.1.2-1 に示す。

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋・構築物において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び 3 次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理する。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

従来設計手法における応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3 次元的な応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(5) 3次元解析モデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3次元解析モデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3次元解析モデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する3次元解析モデルによる精査は、施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋(6/7号炉)及び原子炉格納容器(6/7号炉)の3次元解析モデルを用いた地震応答解析又は応力解析による精査を代表させて行う。

(6) 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においては、従来設計手法の水平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算出結果等を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を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構成部位について、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、各部位の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”

(7) 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が、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・配管系の間接支持機能を有する場合、機器・配管系に対し、水平2方向及び鉛直方向入力時と水平1方向入力時の加速度応答スペクトルを比較するなど応答値への影響を確認する。

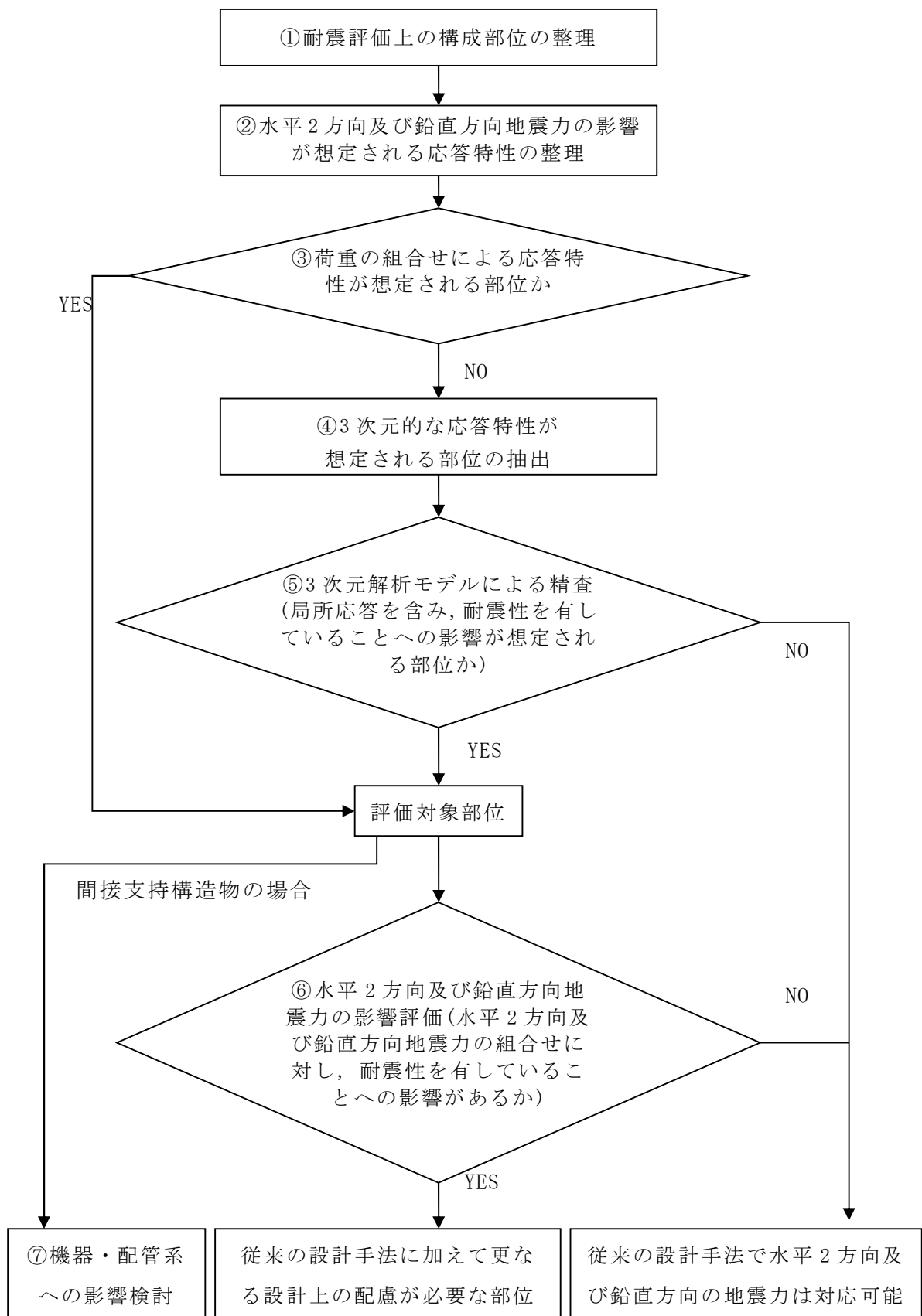


図 3.1.2-1 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響検討のフロー

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

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、各建物・構築物において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表3.1.3-1に示す。

表 3.1.3-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理（6号炉）（1/4）

耐震性評価部位		原子炉建屋			タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎	
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨				上部鉄骨
		RC造	RC造	RC造	S造, SRC 造, RC造	RC造			S造, SRC 造, RC造
柱	一般部	○	—	—	○	○	○	—	
	隅部	○	—	—	○	○	○	—	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
梁	一般部	○	—	—	○	○	○	—	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
	鉄骨トラス	—	—	—	○	—	○	—	
壁	一般部	○	○	○	○	—	—	○	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	○	—	
床 屋根	一般部	○	○	○	○	○	—	—	
基礎	矩形	○		—	—	○	—	○	
	杭基礎	—		—	—	—	—	○	

凡例 ○：対象の構造部材有り，—：対象の部材なし

※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。

表 3.1.3-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理（7号炉）（2/4）

耐震性評価部位		原子炉建屋			タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎	
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨				上部鉄骨
		RC造	RC造	RC造	S造, SRC 造, RC造	RC造			S造, SRC 造, RC造
柱	一般部	○	—	—	○	○	○	—	
	隅部	○	—	—	○	○	○	—	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
梁	一般部	○	—	—	○	○	○	—	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
	鉄骨トラス	—	—	—	○	—	○	—	
壁	一般部	○	○	○	○	—	—	○	
	地下部	○	—	—	—	○	—	—	
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	○	—	
床 屋根	一般部	○	○	○	○	○	—	—	
基礎	矩形	○		—	—	○	—	○	
	杭基礎	—		—	—	—	—	○	

凡例 ○：対象の構造部材有り，—：対象の部材なし

表 3.1.3-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理（6号炉及び7号炉）（3/4）

耐震性評価部位		コントロール 建屋	5号炉原子炉建屋		廃棄物処理建屋			サービス 建屋
			RC造	RC造	上部鉄骨	RC造	復水貯蔵槽	
		RC造			S造, SRC造, RC造		RC造	S造, SRC造, RC造
柱	一般部	○	○	○	○	—	○	○
	隅部	○	○	○	○	—	○	○
	地下部	○	○	—	○	—	—	○
梁	一般部	○	○	○	○	—	○	○
	地下部	○	○	—	○	—	—	○
	鉄骨トラス	—	—	○	—	—	○	—
壁	一般部	○	○	○	○	○	○	○
	地下部	○	○	—	○	—	—	○
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	○	—
床 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○
基礎	矩形	○	○	—	○	—	—	○
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

凡例 ○：対象の構造部材有り，—：対象の部材なし

表 3.1.3-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理（6号炉及び7号炉）（4/4）

耐震性評価部位		5号炉タービン建屋		5号炉 サービス 建屋	5号炉 排気筒	5号炉 格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC造	上部鉄骨 S造, SRC造 RC造			
柱	一般部	○	○	○	—	—
	隅部	○	○	○	○	—
	地下部	○	—	○	—	—
梁	一般部	○	○	○	○	—
	地下部	○	—	○	—	—
	鉄骨トラス	—	○	—	—	—
壁	一般部	○	—	○	—	○
	地下部	○	—	○	—	—
	鉄骨ブレース	—	○	—	○	—
床 屋根	一般部	○	○	○	—	—
基礎	矩形	○	—	○	○	○
	杭基礎	—	—	—	○	○

凡例 ○：対象の構造部材有り，—：対象の部材なし

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、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を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を表3.1.3-2及び表3.1.1-3に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のかえ方を表3.1.3-4に示す。

表 3.1.3-2 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
(荷重の組合せによる応答特性)

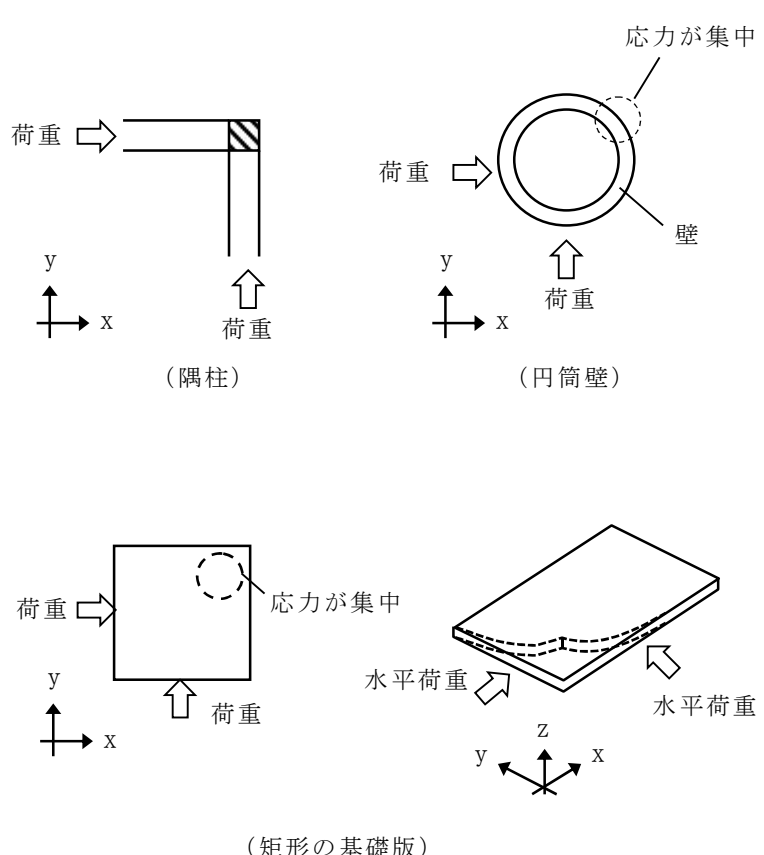
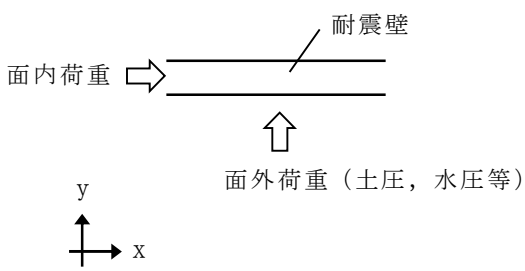
荷重の組合せによる 応答特性		影響想定部位
①-1	直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>(隅柱)</p> <p>(円筒壁)</p> <p>(矩形の基礎版)</p>
①-2	面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面外荷重 (土圧, 水圧等)</p>

表 3.1.3-3 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
(3 次元的な応答特性)

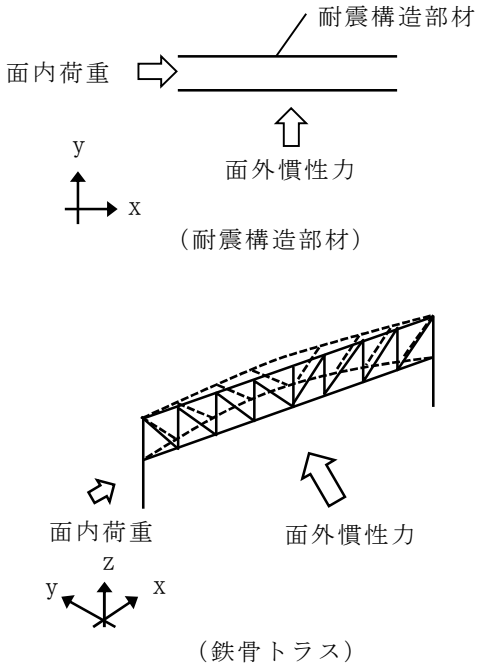
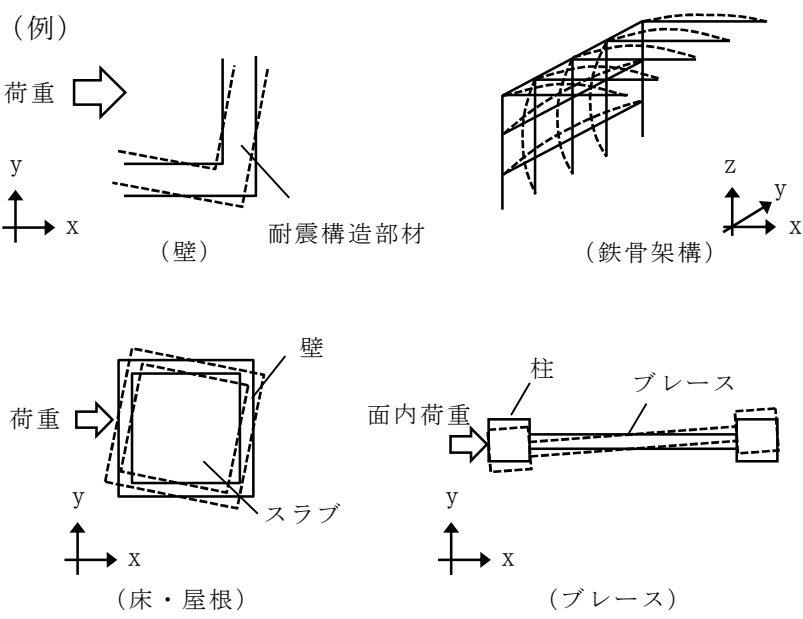
3 次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位 (例)</p>  <p>面内荷重 →</p> <p>耐震構造部材</p> <p>↑</p> <p>面外慣性力 (耐震構造部材)</p> <p>y x</p> <p>面内荷重 z</p> <p>↑</p> <p>面外慣性力</p> <p>y z x</p> <p>(鉄骨トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物など含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p>  <p>荷重 →</p> <p>y x</p> <p>(壁) 耐震構造部材</p> <p>(鉄骨架構)</p> <p>z y x</p> <p>荷重 →</p> <p>y x</p> <p>壁 スラブ</p> <p>(床・屋根)</p> <p>面内荷重 →</p> <p>y x</p> <p>柱 ブレース</p> <p>(ブレース)</p>

表 3.1.3-4 耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力の方考え方 (1/2)

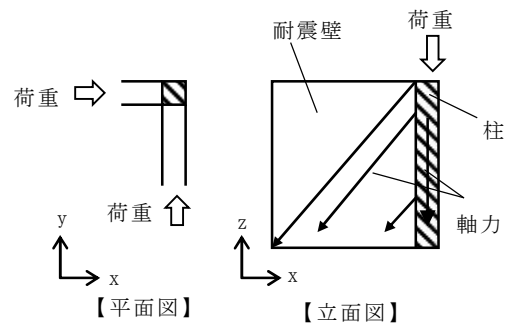
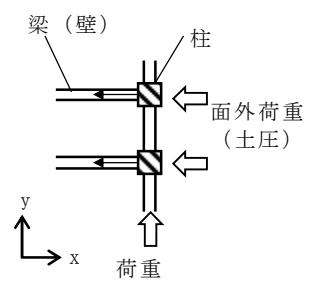
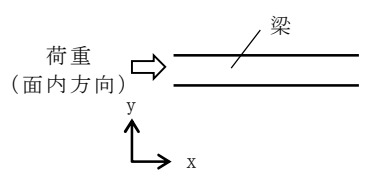
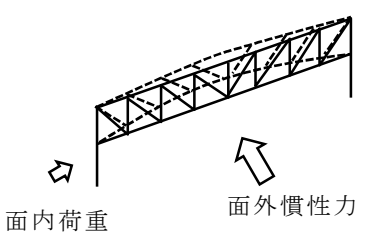
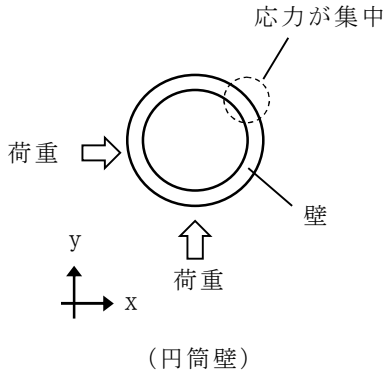
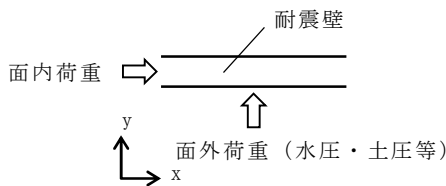
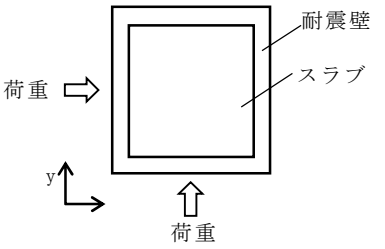
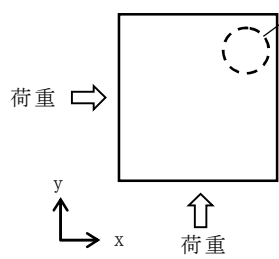
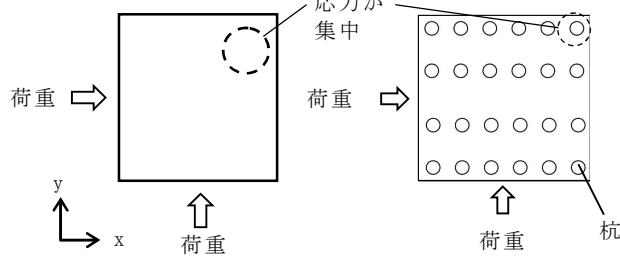
耐震評価上の構成部材		水平 2 方向入力の方考え方
柱	一般部	耐震壁付構造の場合、水平入力による影響は小さい。
	隅部 (端部含む)	<p>独立した隅柱は、直交する地震荷重が同時に作用する。ただし、耐震壁付きの隅柱は、軸力が耐震壁に分散されることで影響は小さい。</p>  <p>【平面図】 【立面図】</p>
	地下部	<p>地下外周柱は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向 (土圧) の荷重が作用する。ただし、外周部耐震壁付のため、水平入力による影響は小さい。また、土圧が作用する方向にある梁および壁が応力を負担することで、水平面外入力による影響は小さい。</p> 
梁	一般部	<p>大スパンや吹抜け部では面内方向の荷重に加え、面外慣性力が作用する。ただし、1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床および壁の拘束により面外荷重負担による影響は小さい。</p> 
	地下部	<p>地下外周梁は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向 (土圧) の荷重が作用する。ただし、1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床および壁の拘束により面外荷重負担による影響は小さい。</p>
	鉄骨トラス	<p>大スパンや吹抜け部では面内方向の荷重に加え、面外慣性力が作用する。ただし、1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、また、床による拘束があるため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> 

表 3.1.3-4 耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力のかえ方 (2/2)

耐震評価上の構成部材		水平 2 方向入力のかえ方
壁	一般部	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本。円筒壁は直交する水平 2 方向の地震力により、集中応力が作用する。</p>  <p>(円筒壁)</p>
	地下部 プール壁	<p>地下部分の耐震壁は、直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。同様にプール部の壁については水圧を面外方向から受ける。</p>  <p>(耐震壁)</p> <p>(面外荷重 (水圧・土圧等))</p>
	鉄骨 ブレース	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり、ねじれによる荷重増分は軽微と考えられ影響は小さい。</p>
床 屋根	一般部	<p>スラブは四辺が壁及び梁で拘束されており、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。</p>  <p>(耐震壁)</p> <p>(スラブ)</p>
基礎	矩形 杭基礎	<p>直交する水平 2 方向の地震力により、集中応力が作用する。</p>  <p>(矩形基礎)</p>
		 <p>(杭基礎)</p>

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

表 3.1.3-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち、表 3.1.3-2 に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を表 3.1.3-5 に示す。

a. 柱

柱は、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位としては、隅柱が考えられる。

建屋（RC 造）並びに原子炉建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の上部鉄骨の隅柱は、耐震壁又は鉄骨ブレース付きの隅柱であり、軸力が耐震壁に分散されることから応力集中による影響は小さいと考えられるため、該当しない。

排気筒の隅柱が①-1 に該当するものとして抽出した。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧が作用する地下外周柱が考えられるが、耐震壁に囲まれており、面内の荷重を負担しないことから、影響は小さいと考えられるため、該当しない。

b. 梁

梁の一般部及び鉄骨トラス部については、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧が作用する地下外周梁が考えられるが、床および壁による面外方向の拘束があるため、該当しない。

c. 壁

矩形の壁は、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。円筒壁は応力の集中が考えられるため、原子炉格納容器（6/7 号炉）の一般部の壁を①-1 に該当するものとして抽出した。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、土圧や水圧が作用する地下部やプール部が考えられ、各建屋の地下外壁、使用済燃料貯蔵プール（6/7 号炉）・復水貯蔵槽（6/7 号炉）の一般部の壁を、①-2 に該当するものとして抽出した。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。また①-2「面

内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位も存在しない。

e. 基礎

①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位としては、矩形の基礎及び杭基礎が考えられる。

矩形の基礎を有する各建屋、排気筒（5/6/7号炉）及び格納容器圧力逃がし装置基礎（5/6/7号炉）については、隅部への応力集中が考えられるため、①-1に該当するものとして抽出した。また杭基礎を有する格納容器圧力逃がし装置基礎（5/6/7号炉）及び排気筒（5号炉）の基礎についても、①-1に該当するものとして抽出した。なお、原子炉格納容器の基礎については、原子炉建屋の基礎として抽出することとした。

また、①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、基礎は該当しない。

表 3.1.3-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (6 号炉) (1/4)
(荷重の組み合わせによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		原子炉建屋				タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨		上部鉄骨		
		RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	S 造, RC 造	RC 造
柱	一般部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
	隅部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	①-1	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	—	—
梁	一般部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	該当なし	—	該当なし	—	—
壁	一般部	該当なし	①-1	①-2	該当なし	該当なし	—	—	該当なし
	地下部	①-2	—	—	—	①-2	—	—	—
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	該当なし	該当なし	—
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
基礎	矩形	①-1		—	—	①-1	—	①-1	①-1
	杭基礎	—		—	—	—	—	—	①-1

凡例 ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」
 ※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。

表 3.1.3-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (7 号炉) (2/4)
(荷重の組み合わせによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		原子炉建屋				タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨		上部鉄骨		
		RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造		
柱	一般部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
	隅部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	①-1	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	—	—
梁	一般部	該当なし	—	—	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	—	—	該当なし	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	該当なし	—	該当なし	—	—
壁	一般部	該当なし	①-1	①-2	該当なし	該当なし	—	—	該当なし
	地下部	①-2	—	—	—	①-2	—	—	—
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	該当なし	該当なし	—
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
基礎	矩形	①-1		—	—	①-1	—	①-1	①-1
	杭基礎	—		—	—	—	—	—	①-1

凡例 ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

表 3.1.3-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (6 号炉及び 7 号炉) (3/4)
(荷重の組み合わせによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		コントロール 建屋	5 号炉原子炉建屋		廃棄物処理建屋			サービス 建屋
			RC 造	RC 造	上部鉄骨	RC 造	復水貯蔵槽	
		S 造, SRC 造, RC 造			RC 造		RC 造	S 造, SRC 造, RC 造
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	該当なし
梁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし
	地下部	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	該当なし
	鉄骨トラス	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—
壁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	①-2	該当なし	該当なし
	地下部	①-2	①-2	—	①-2	—	—	①-2
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	該当なし	—
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	①-1	①-1	—	①-1	—	—	①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

- 凡例
- ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 - ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

表 3.1.3-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (6 号炉及び 7 号炉) (4/4)
 (荷重の組み合わせによる応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		5 号炉タービン建屋		5 号炉 サービス 建屋	5 号炉 排気筒	5 号炉 格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC 造	上部鉄骨 S 造, SRC 造 RC 造			
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	①-1	—
	地下部	該当なし	—	該当なし	—	—
梁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—
	地下部	該当なし	—	該当なし	—	—
	鉄骨トラス	—	該当なし	—	—	—
壁	一般部	該当なし	—	該当なし	—	該当なし
	地下部	①-2	—	①-2	—	—
	鉄骨フレーム	—	該当なし	—	該当なし	—
床 屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	—	—
基礎	矩形	①-1	—	①-1	①-1	①-1
	杭基礎	—	—	—	①-1	①-1

- 凡例
- ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 - ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

表 3.1.3-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、表 3.1.3-3 に示す 3次元的な応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を表 3.1.3-6 に示す。

a. 柱

(3) で抽出されている以外の各建屋の柱は各部とも、両方向に対して断面算定を実施しており、面外慣性力の影響も考慮済みであるため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」の部位には該当しない。

各建屋は、鉄筋コンクリート造耐震壁又は鉄骨造ブレースを主な耐震要素として扱っており、地震力のほとんどを耐震壁又はブレースが負担する。ねじれ振動の影響が想定される部位についても、ねじれを加味した構造計画を行っており、②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に関しても該当しない。

b. 梁

各建屋(RC造)の梁一般部および地下部は剛性の高い床や耐震壁が付帯するため、面外方向の変形を抑制することから、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」には該当しない。

原子炉建屋(5/6/7号炉)、タービン建屋(5/6/7号炉)及び廃棄物処理建屋の上部鉄骨部の梁一般部および鉄骨トラス部は、面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きいと考えられることから、②-1の挙動が発生する部位に該当するものとして抽出した。また、排気筒(5/6/7号炉)の梁一般部(水平材)については、塔状構造物としてねじれ挙動が想定されることから、②-2に該当するものとして抽出した。

c. 壁

(3) で抽出されている以外の各建屋の壁については、複数スパンにまたがって直交方向に壁や大梁のない連続した壁が存在せず、ねじれのない構造であるため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に該当しない。

タービン建屋(6/7号炉)の鉄骨ブレースについては、上部架構の妻側片面にブレースが配置されていないため、②-2に該当するものとして抽出した。また、排気筒(5/6/7号炉)の鉄骨ブレースについては、塔状構造物としてねじれ挙動が想定されるため、②-2に該当するものとして抽出した。

d. 床及び屋根

各建屋の床及び屋根については、釣合いよく壁が配置されているため、②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」及び②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」に該当しない。

e. 基礎

矩形の基礎及び杭基礎は、(3)の荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニングで抽出されている。

表 3.1.3-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出（6号炉）（1/4）
（3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング）

耐震性評価部位		原子炉建屋				タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨		上部鉄骨		
		RC造	RC造	RC造	S造, SRC 造, RC造	RC造	S造, SRC 造, RC造		
柱	一般部	不要	—	—	不要	不要	不要	—	—
	隅部	不要	—	—	不要	不要	不要	要①-1	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—
梁	一般部	不要	—	—	②-1	不要	不要（注1）	②-2	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	②-1	—	不要（注1）	—	—
壁	一般部	不要	要①-1	要①-2	不要	不要	—	—	不要
	地下部	要①-2	—	—	—	要①-2	—	—	—
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	②-2	②-2	—
床 屋根	一般部	不要	不要	不要	②-1	不要	不要（注1）	—	—
基礎	矩形	要①-1		—	—	要①-1	—	要①-1	要①-1
	杭基礎	—		—	—	—	—	—	要①-1

- 凡例
- ・要：荷重組み合わせによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み、
 - ・不要：評価不要
 - ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 - ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」
 - ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」
 - ・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

（注1）大スパン架構であるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

※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。

表 3.1.3-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (7 号炉) (2/4)
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		原子炉建屋				タービン建屋		排気筒	格納容器 圧力逃がし 装置基礎
			原子炉 格納容器	使用済燃料 貯蔵プール	上部鉄骨		上部鉄骨		
		RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造		
柱	一般部	不要	—	—	不要	不要	不要	—	—
	隅部	不要	—	—	不要	不要	不要	要①-1	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—
梁	一般部	不要	—	—	②-1	不要	不要 (注 1)	②-2	—
	地下部	不要	—	—	—	不要	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	②-1	—	不要 (注 1)	—	—
壁	一般部	不要	要①-1	要①-2	不要	不要	—	—	不要
	地下部	要①-2	—	—	—	要①-2	—	—	—
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	②-2	②-2	—
床 屋根	一般部	不要	不要	不要	②-1	不要	不要 (注 1)	—	—
基礎	矩形	要①-1		—	—	要①-1	—	要①-1	要①-1
	杭基礎	—		—	—	—	—	—	要①-1

- 凡例
- ・ 要：荷重組み合わせによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み
 - ・ 不要：評価不要
 - ・ 「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 - ・ 「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」
 - ・ 「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」
 - ・ 「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注 1) 大スパン架構であるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

表 3.1.3-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (6 号炉及び 7 号炉) (3/4)
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		コントロール 建屋	5 号炉原子炉建屋		廃棄物処理建屋			サービス 建屋
				上部鉄骨		復水貯蔵槽	上部鉄骨	
		RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造	RC 造	S 造, SRC 造, RC 造	RC 造
柱	一般部	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要
	隅部	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要
	地下部	不要	不要	—	不要	—	—	不要
梁	一般部	不要	不要	不要 (注 1)	不要	—	不要 (注 1)	不要
	地下部	不要	不要	—	不要	—	—	不要
	鉄骨トラス	—	—	不要 (注 1)	—	—	不要 (注 1)	—
壁	一般部	不要	不要	不要	不要	要①-2	不要	不要
	地下部	要①-2	要①-2	—	要①-2	—	—	要①-2
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	—	不要	—
床 屋根	一般部	不要	不要	不要 (注 1)	不要	不要	不要 (注 1)	不要
基礎	矩形	要①-1	要①-1	—	要①-1	—	—	要①-1
	杭基礎	—	—	—	—	—	—	—

- 凡例
- ・要：荷重組み合わせによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み
 - ・不要：評価不要
 - ・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」
 - ・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」
 - ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」
 - ・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注 1) 大スパン架構であるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

表 3.1.3-6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響の確認が必要な部位の抽出 (6 号炉及び 7 号炉) (4/4)
(3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

耐震性評価部位		5 号炉タービン建屋		5 号炉 サービス 建屋	5 号炉 排気筒	5 号炉 格納容器 圧力逃がし 装置基礎
		RC 造	上部鉄骨 S 造, SRC 造 RC 造			
柱	一般部	不要	不要	不要	—	—
	隅部	不要	不要	不要	要①-1	—
	地下部	不要	—	不要	—	—
梁	一般部	不要	不要 (注 1)	不要	②-2	—
	地下部	不要	—	不要	—	—
	鉄骨トラス	—	不要 (注 1)	—	—	—
壁	一般部	不要	—	不要	—	不要
	地下部	要①-2	—	要①-2	—	—
	鉄骨フレス	—	不要	—	②-2	—
床 屋根	一般部	不要	不要 (注 1)	不要	—	—
基礎	矩形	要①-1	—	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	—	—	—	要①-1	要①-1

凡例 ・要：荷重組み合わせによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み

・不要：評価不要

・「①-1」：応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が応力として集中」

・「①-2」：応答特性「面内荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注 1) 大スパン架構であるが、下部に上位クラス施設がないため不要とする。

(5) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出結果

建物・構築物において、3次元的な応答特性が想定されるとして抽出した部位を表3.1.3-7に示す。また、各耐震評価部位の代表評価部位の抽出方法について下記に示す。

- a. 応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい部位」
梁（一般部・鉄骨トラス）について、下部に上位クラス施設がある、原子炉建屋（6/7号炉）の3次元的な応答特性について精査を行う。
- b. 応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」
梁（一般部）について、重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒（6/7号炉）の3次元的な応答特性について精査を行う。
タービン建屋（6/7号炉）の鉄骨ブレースについては、下部に上位クラス設備はないが、上部架構の妻側片面にブレースが配置されていないため、今後の詳細設計において、上部架構の3次元的な応答特性について精査の必要性の有無を含め検討する。
- c. 局所的な応答
耐震評価部位全般に対して、局所的な応答について精査を行う。精査は、3.1.2(5)3次元解析モデルに基づく精査に基づき、原子炉建屋（6/7号炉）及び原子炉格納容器（6/7号炉）を代表として評価する。

表 3.1.3-7 3次元解析モデルを用いた精査が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建物	代表評価部位
②-1	梁	一般部・ 鉄骨トラス	・原子炉建屋（6/7号炉）	鉄骨トラスの下部に上位クラス設備がある，原子炉建屋（6/7号炉）の鉄骨トラスを評価する
②-2	梁	一般部	・排気筒（6/7号炉） ・排気筒（5号炉）	重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒の主柱材を評価する。
	壁	鉄骨 ブレース	・タービン建屋（6/7号炉） ・排気筒（6/7号炉） ・排気筒（5号炉）	重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒の主柱材を評価する。 タービン建屋については，上部架構の3次元的な応答特性について精査の必要性の有無を含め検討する。
局所的な応答	耐震評価部位全般		・原子炉建屋（6/7号炉） ・原子炉格納容器（6/7号炉）	施設の重要性，建屋規模及び構造特性を考慮し，原子炉建屋（6/7号炉）及び原子炉格納容器（6/7号炉）を代表として評価する

（注）下線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

凡例 ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

※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。

(6) 3次元解析モデルによる精査の方針

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した代表評価部位について、3次元 FEM モデルによる精査を行う。精査の方針を表 3.1.3-8 に示す。

3次元 FEM モデルを用いた精査方法として、水平 2 方向及び鉛直方向を同時入力時の応答の、水平 1 方向入力時の応答に対する増分が小さい事を確認する。評価に用いる地震動については 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に基づき、複数の基準地震動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

表 3.1.3-8 3次元解析モデルを用いた精査の方針

応答特性	耐震評価部位		対象建物	3次元解析モデルを用いた精査方法	3次元解析モデルを用いた精査結果
②-1	梁	一般部・鉄骨トラス	・原子炉建屋 (6/7号炉)	水平2方向及び鉛直方向入力時の応答の、水平1方向入力時の応答に対する増分が小さいことを確認する。	工認の補足説明資料で準備
②-2	梁	一般部	・排気筒 (6/7号炉)	同上	同上
	壁	鉄骨ブレース	・タービン建屋 (6/7号炉) ^(注1) ・排気筒 (6/7号炉)	同上	同上
局所的な応答	耐震評価部位全般		・原子炉建屋 (6/7号炉) ・原子炉格納容器 (6/7号炉)	同上	同上

凡例 ・「②-1」：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

・「②-2」：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注1) 詳細設計において、上部架構の3次元的な応答特性について精査の必要性の有無を含め検討する。

※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。

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部位の抽出結果

建物・構築物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるとして抽出した部位を表3.1.4-1に示す。また、各耐震評価部位の代表評価部位の抽出方法について下記に示す。

(1) 応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」

柱（隅部）について、重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒（6/7号炉）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を行う。

壁（一般部）について、円筒壁であり直交する水平2方向の荷重により応力が集中すると考えられ原子炉格納容器（6/7号炉）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を行う。

基礎（矩形・杭基礎）について、対象建物・構築物の中で規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している原子炉建屋基礎（6/7号炉）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を行う。また、重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒（6/7号炉）の基礎については、3次元解析モデルによる精査にて、3次元的な応答特性を考慮した影響評価を行う。

(2) 応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」

壁（水圧・土圧作用部）について、対象建物・構築物の中で、上部に床などの拘束がなく、面外荷重（水圧）の影響が大きいと考えられる使用済燃料プール（6/7号炉）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を行う。

表 3.1.4-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響の確認が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物	代表評価部位
①-1	柱	隅部	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>排気筒 (6/7 号炉)</u> ・ 排気筒 (5 号炉) 	重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒の支柱材を代表として評価する。
	壁	一般部	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>原子炉格納容器 (6/7 号炉)</u> 	円筒壁であり直交する水平 2 方向の荷重により応力が集中するため原子炉格納容器を代表として評価する。
	基礎	矩形・杭基礎	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>原子炉建屋 (6/7 号炉)</u> ・ タービン建屋 (6/7 号炉) ・ <u>排気筒 (6/7 号炉)</u> ・ 格納容器圧力逃がし装置基礎(5/6/7 号炉) ・ コントロール建屋 ・ 原子炉建屋 (5 号炉) ・ 廃棄物処理建屋 ・ サービス建屋 (5/6/7 号炉) ・ タービン建屋 (5 号炉) ・ 排気筒 (5 号炉) 	建物規模が比較的大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の基礎を代表として評価する。また、塔状構造物で重要設備である非常用ガス処理系用内筒を支持する排気筒の基礎を代表として評価する。
①-2	壁	水圧作用部 地下部	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>使用済燃料貯蔵プール (6/7 号炉)</u> ・ 復水貯蔵槽 ・ 原子炉建屋 (6/7 号炉) ・ タービン建屋 (6/7 号炉) ・ コントロール建屋 ・ 原子炉建屋 (5 号炉) ・ 廃棄物処理建屋 ・ サービス建屋 (5/6/7 号炉) ・ タービン建屋 (5 号炉) 	上部に床などの拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料貯蔵プールの壁を評価する。

(注) 下線部は代表として評価する建物・構築物を示す。

凡例 ①-1: 応答特性「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中」

①-2: 応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

※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。

3.1.5 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

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部位として抽出された部位について、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。評価にあたっては、従来設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いることとする。評価に用いる地震動を表 3.1.5-1 に示す。

また影響評価は、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価、または、基準地震動 S_s の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組み合わせ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいた評価により実施する。

表 3.1.5-1 評価に用いる地震動

耐震評価部位		対象建物・構築物	評価に用いる地震動
柱	隅部	・排気筒 (6/7号炉)	基準地震動 S_s -1~8までを用いることを基本とする。 なお、代表波による検討を実施する場合は、従来手法による解析結果の値に対する許容値の割合が最も小さい地震動を選定する。
壁	一般部	・原子炉格納容器 (6/7号炉)	同上
基礎	矩形	・原子炉建屋 (6/7号炉) ・排気筒 (6/7号炉)	同上
壁	水圧作用部	・使用済燃料貯蔵プール (6/7号炉)	同上

※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。

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

機器・配管系における従来 of 水平方向及び鉛直方向の組合せによる設計手法では、建物・構築物の振動特性を考慮し、変形するモードが支配的となり応答が大きくなる方向（応答軸方向）に基準地震動を入力して得られる各方向の地震力（床応答）を用いている。

応答軸（強軸・弱軸）が明確となっている設備の耐震評価においては、水平各方向の地震力を包絡し、変形モードが支配的となる応答軸方向に入力するなど、従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方、応答軸が明確となっていない設備で 3 次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に 3 次元のモデル化を行っており、建物・構築物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し、この入力により算定される荷重や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。

さらに、応答軸以外の振動モードが生じにくい構造の採用、応答軸以外の振動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮など、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。

3.2.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

機器・配管系において、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設備（部位）の評価を行う。

評価対象は、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・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。また、耐震 B クラス設備については共振の恐れのあるものを評価対象とする。

対象とする設備を機種毎に分類し、それぞれの構造上の特徴により荷重の伝達方向、その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平 2 方向の地震力による影響を受ける可能性のある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性のある設備（部位）は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響の検討を実施する。水平各方向の地震力が 1 : 1 で入力された場合の発生値を従来の評価結果の荷重又は算出応力等を水平 2 方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる又は新たな解析等により高度化した手法を用いる等により、水平 2 方向の地震力による設備（部位）に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた荷重や応力の結果が従来の発生値と同等である場合は影響がある設備として抽出せず、従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は、設備が有する耐震性への影響を確認する。

設備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。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価は、基準地震動 $S_s - 1 \sim 8$ を対象とするが、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係、地震力の包絡関係を確認し、代表可能である場合は代表の基準地震動にて評価する。また、水平各方向の地震動は、それぞれの位相を変えた地震動を用いることを基本とするが、保守的な手法を用いる場合もある。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ影響評価方法

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力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設備について、構造及び発生値の増分の観点から抽出し、影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフローを第3.2.3-1図に示す。

なお、耐震評価は基本的に概ね弾性範囲で留まる体系であることに加え、国内と海外の機器の耐震解析は、基本的に線形モデルにて実施している等類似であり、水平2方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れることから、米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of Earthquake」を参考として、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際は、地震時に水平2方向及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとした考え方である Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法（以下「最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法」という。）または組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を適用し、各方向からの地震入力による各方向の応答を組み合わせる。

① 評価対象となる設備の整理

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・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価、共振のおそれのある耐震 B クラス施設を評価対象とし、代表的な機種毎に分類し整理する。（第3.2.3-1図①）

② 構造上の特徴による抽出

機種毎に構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点、もしくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（第3.2.3-1図②）

③ 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

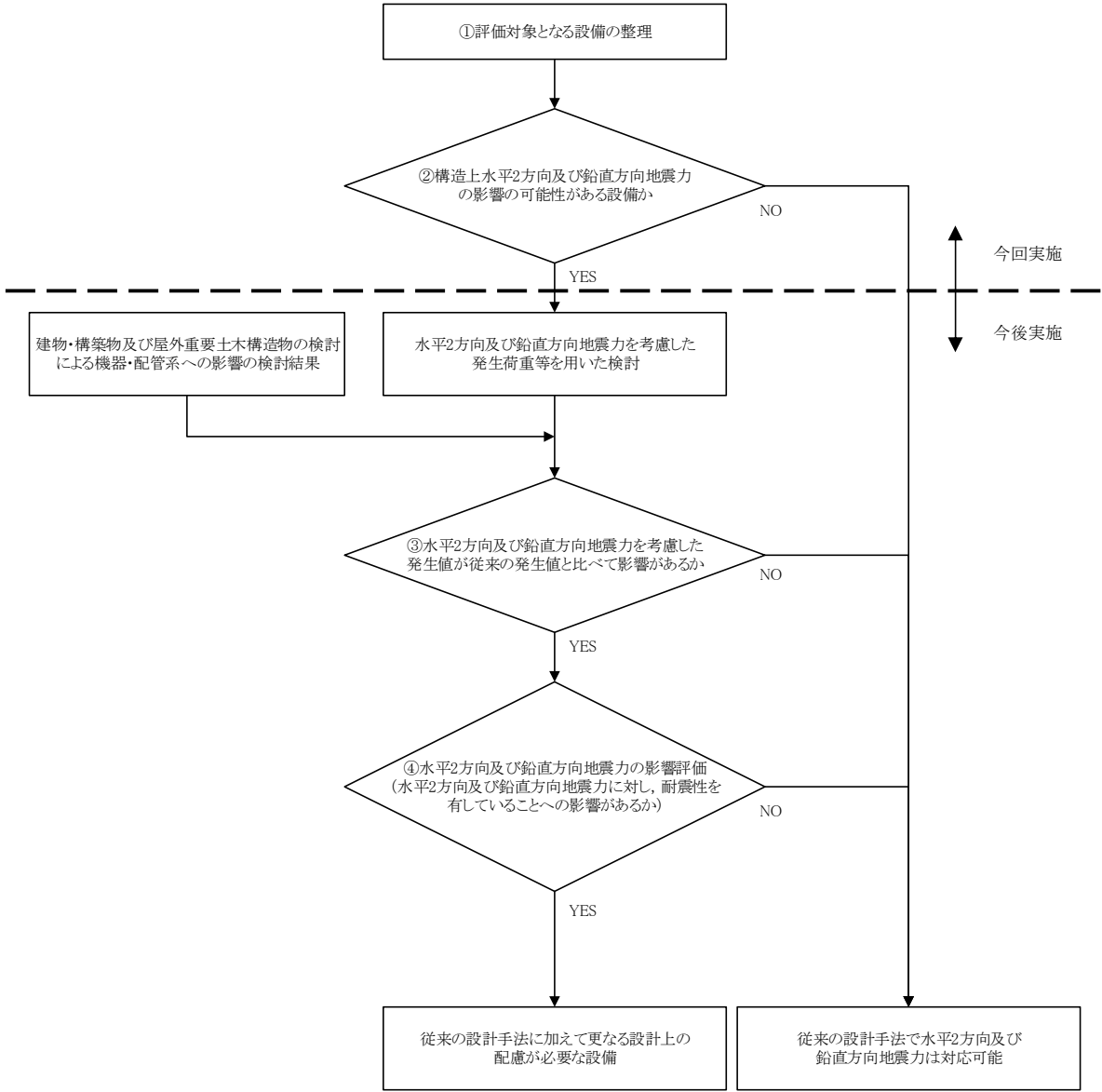
また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（第 3.2.3-1 図③）

④水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備の耐震性への影響を確認する。（第 3.2.3-1 図④）

なお、現時点においては各機器の耐震性に関する詳細検討が完了していないことから、上記①及び②を実施し、今後、詳細検討の進捗に伴い③及び④を実施することとする。



第 3. 2. 3-1 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

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

評価対象設備を機種毎に分類した結果を、第3.2.4-1表に示す。機種毎に分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力により影響が軽微な設備であると整理した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の特徴から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる機器を分類しているが、今後の詳細検討において水平1方向地震力による裕度（許容応力/発生応力）が1.1未満の機器については、個別に安全側となるように最大応答の非同時性を考慮したSRSS法、組合せ係数法、3軸時刻歴解析等の手法を用いて水平2方向の影響について検討を行うこととする。また、影響の分類基準としている1割の増分についても、詳細検討において必要に応じて見直しを検討することとする。

A. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

制御棒・破損燃料貯蔵ラックのサポートや横置き容器等は、水平2方向の地震力を想定した場合、水平1方向を拘束する構造であることや水平各方向で振動性状及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより、特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため、水平1方向の地震力しか負担しないものとして分類した。（別紙1参照）

B. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものを分類した。（別紙1参照）

- C. 水平 2 方向の地震力を組み合わせても水平 1 方向の地震による応力と同等と言えるもの

原子炉圧力容器スタビライザは、周方向 8 箇所を支持する構造で配置されており、水平 1 方向の地震力を 6 体で支持する設計としており、水平 2 方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受けもつ部位が異なることで、水平 1 方向の地震力による荷重と水平 2 方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり、水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等のものとして分類した。その他の設備についても、同様の理由から水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同様のものとして分類した。(別紙 1 参照)

- D. 従来評価において、水平 2 方向の考慮をした評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケット等は、従来評価において、水平 2 方向地震を考慮した評価を行っているため、水平 2 方向の影響を考慮済みとして分類した。(別紙 1 参照)

- (2) 水平 2 方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点
水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は、評価上有意なねじれ振動は発生しない。

一方、3 次元的な広がりを持つ配管系等は、系全体として考えた場合有意なねじれ振動が発生する可能性がある。しかし、水平方向とその直交方向が相関する振動モードが想定される設備は、従来設計より 3 次元のモデル化を行っており、その振動モードは適切に考慮した評価としているため、この観点から抽出される機器は無かった。

3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果及び今後の評価方針

3.2.4 で抽出した結果を別紙 1 に示す。これらの設備に関して、今後、3.2.3③「発生値の増分による抽出」に記載の方法に従い発生値の増分の観点から評価対象部位の抽出を行った上で、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。また、建築・構造物及び屋外土木重要構造物の検討結果より機器・配管系の耐震性への影響を与えると判断された設備についても同様に発生値の増分の観点から評価対象部位の抽出を行った上で、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。

第 3.2.4-1 表 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

設備 ^{※1}		部位	応力分類
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部フランジ	一次一般膜応力
		下部フランジ	一次膜応力+一次曲げ応力
		炉心支持板支持面	支圧応力
	シュラウドサポート	レグ	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			軸圧縮応力
		シリンダ プレート 下部胴	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次一般膜応力
	上部格子板	リム胴板	一次一般膜応力
		グリッドプレート	一次膜応力+一次曲げ応力
	炉心支持板	補強ビーム 支持板	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	一次一般膜応力
一次膜応力+一次曲げ応力			
制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
原子炉圧力容器	胴板 下部鏡板	各部位	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
			一次+二次+ピーク応力
	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	スタブチューブ ハウジング 下部鏡板リガメント	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
			一次+二次+ピーク応力
	原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔 (N1)	各部位	座屈 (軸圧縮)
			一次一般膜応力
一次膜応力+一次曲げ応力			
一次+二次応力			
			一次+二次+ピーク応力
			座屈 (軸圧縮)

※1 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。

設備 ^{※1}		部位	応力分類
原子炉圧力容器	ノズル	各部位	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
			一次+二次+ピーク応力
			座屈（軸圧縮）
	ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
		蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
		蒸気乾燥器ホールドダウンブラケット ガイドロッドブラケット	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
		給水スパーチャブラケット 低圧注水スパーチャブラケット	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			純せん断応力
		原子炉圧力容器支持構造物	原子炉圧力容器スカート
一次+二次応力			
一次+二次+ピーク応力			
座屈（軸圧縮）			
原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト		一次応力（引張）
			一次応力（せん断）
			一次応力（組合せ）
原子炉圧力容器付属構造物	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド	一次応力（引張）
		ブラケット	一次応力（せん断） 一次応力（曲げ）
	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム	プレート	一次応力（せん断）
			一次応力（圧縮）
			一次応力（曲げ）
	原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング	ケーシング	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
			一次+二次+ピーク応力
			支圧応力 座屈（軸圧縮）

設備 ^{※1}		部位	応力分類
原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器ユニット及び蒸気乾燥器ハウジング	ユニットサポート	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
		耐震用ブロックせん断面	純せん断応力
		耐震用ブロック支圧面	支圧応力
	気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 中性子束計測案内管	各部位	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
	スパージャ 炉内配管	各部位	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
	使用済燃料貯蔵ラック	角管及びプレート シートプレート及びベース	一次応力 (引張)
			一次応力 (せん断)
一次応力 (組合せ)			
基礎ボルト		一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック部材	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
	サポート部材 サポート部基礎ボルト	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
	底部基礎ボルト	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
原子炉冷却材再循環ポンプ	モータカバー 補助カバー	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
		一次+二次応力	
		一次+二次+ピーク応力	
	スタッドボルト 補助カバー取付ボルト	平均引張応力	

設備※1	部位	応力分類
主蒸気逃がし安全弁逃がし安全弁機能用アキュムレータ (6号炉) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (6号炉)	Uバンド及びリブ	一次応力 (せん断)
		一次応力 (曲げ)
		一次応力 (組合せ)
	ボルト	一次応力 (引張)
		一次応力 (せん断)
	支柱 (H形鋼)	一次応力 (せん断)
一次応力 (曲げ)		
一次応力 (組合せ)		
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ (7号炉) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ (7号炉)	胴板	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		一次+二次応力
	脚	一次応力 (組合せ)
横置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力
		一次膜応力+一次曲げ応力
		一次+二次応力
	脚	一次応力 (組合せ)
	基礎ボルト	一次応力 (引張)
		一次応力 (せん断)
		一次応力 (組合せ)
	耐震強化サポート (7号炉のみ)	一次応力 (引張)
一次応力 (せん断) 一次応力 (組合せ)		
アンカボルト (7号炉のみ)	一次応力 (せん断)	
立形ポンプ	コラムパイプ バレルケーシング	一次一般膜応力
		一次応力 (引張)
	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力 (せん断)
		一次応力 (組合せ)
ECCS ストレーナ	各部位 (ボルト以外)	一次膜応力+一次曲げ応力
	ボルト	一次応力 (引張)
横形ポンプ ポンプ駆動用タービン 補機海水ストレーナ 空調ファン 空調ユニット 空気圧縮機	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力 (引張)
		一次応力 (せん断)
	取付ボルト	一次応力 (組合せ)

設備 ^{※1}		部位	応力分類
水圧制御ユニット	フレーム	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (圧縮)	
		一次応力 (曲げ)	
		一次応力 (組合せ)	
	取付ボルト	一次応力 (引張)	
一次応力 (せん断)			
一次応力 (組合せ)			
平底たて置円筒容器	胴板	一次一般膜応力	
		一次+二次応力	
	基礎ボルト	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
核計装設備	各部位	一次一般膜応力	
		一次膜応力+一次曲げ応力	
伝送器 (矩形壁掛)	取付ボルト	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
伝送器 (円形壁掛)	取付ボルト	一次応力 (引張)	
伝送器 (円形吊下)	取付ボルト	一次応力 (引張)	
制御盤	取付ボルト	一次応力 (引張)	
		一次応力 (せん断)	
		一次応力 (組合せ)	
原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	ライナプレート	圧縮ひずみ
		ライナアンカ	引張ひずみ
	ドライウェル上鏡	上鏡球殻部とナックル部の結合部 上鏡円筒部とフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
		フランジプレート	せん断
			曲げ
		ガセットプレート	せん断
		コンクリート部	圧縮

設備※1		部位	応力分類
原子炉格納容器	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付） 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）	鏡板 鏡板のスリーブとの取付部 スリーブのフランジプレートとの取付部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力
		フランジプレート	せん断 曲げ
		ガセットプレート	せん断
		コンクリート部	圧縮
	クエンチャサポート基礎	ベースプレート	引張
		下部サポートパイプ(7号炉のみ)	せん断 圧縮
		ガセットプレート ベアリングプレート	せん断 曲げ
		基礎ボルト	引張
		コンクリート	圧縮 基礎ボルト引張荷重
	下部ドライウェルアクセストンネル	各部位	組合せ
	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ サブプレッションチェンバ出入口 上部ドライウェル所員用エアロック	胴板 胴板のフランジプレートとの結合部	一次一般膜応力 一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力
		フランジプレート	せん断 曲げ
		ガセットプレート	せん断
		コンクリート部	圧縮
	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ 下部ドライウェル所員用エアロック	胴板	一次一般膜応力 一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力
		胴板と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力
	原子炉格納容器配管貫通部	スリーブ スリーブのフランジプレートとの取付部 端板	一次一般膜応力 一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力
		フランジプレート	せん断 曲げ
		ガセットプレート	せん断
		コンクリート部	圧縮

設備※1		部位	応力分類
原子炉格納容器	原子炉格納容器電気配線貫通部	スリーブ スリーブのフランジプレートとの取付部	一次一般膜応力
			一次膜応力+一次曲げ応力
			一次+二次応力
		フランジプレート	せん断
			曲げ
		ガセットプレート	せん断
コンクリート部	圧縮		
ダイヤフラムフロア		鉄筋コンクリートスラブ	引張
			せん断
			圧縮
		鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部（地震時水平力伝達用シアプレート） 原子炉本体基礎接合部（地震時水平力伝達用シアプレート）	せん断 曲げ
原子炉本体基礎接合部（半径方向水平力伝達用頭付きスタッド）	せん断		
ベント管	垂直管支持部 水平吐出管の垂直管との結合部 水平吐出管支持部 リターンラインの垂直管との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	
		一次+二次応力	
ドライウェルスプレイ管 サプレッションチェンバースプレイ管	スプレイ管 スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部 スプレイ管案内管	一次膜応力+一次曲げ応力	
		一次+二次応力	
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	ブレース	一次応力（圧縮）	
	ベース取付溶接部	一次応力（引張）	
		一次応力（せん断）	
	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力（引張）	
		一次応力（せん断） 一次応力（組合せ）	
非常用ディーゼル発電機	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力（引張）	
		一次応力（せん断）	
		一次応力（組合せ）	

設備 ^{※1}	部位	応力分類
スカート支持たて置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力
		一次+二次応力
	スカート	一次応力（組合せ）
		一次+二次応力（座屈）
	基礎ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
一次応力（組合せ）		
その他電源設備	取付ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
		一次応力（組合せ）
配管本体，サポート（多質点梁モデル解析）	配管，サポート	一次応力
		一次+二次応力
矩形構造の架構設備（静的触媒式水素再結合装置，架台を含む）	各部位	各応力分類
ガスタービン発電機	転倒評価	応答変位
	取付ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
		一次応力（組合せ）
通信連絡設備（アンテナ類）	ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
		一次応力（組合せ）
取水槽水位計	取付ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
		一次応力（組合せ）
監視カメラ	据付ボルト	一次応力（引張）
		一次応力（せん断）
		一次応力（組合せ）
	据付部材	一次応力（組合せ）
貫通部止水処置	シール材	シール材に生じる変位
浸水防止ダクト	各部位	各応力分類
床ドレンライン浸水防止治具	各部位	各応力分類
原子炉ウェル遮へいプラグ	本体	せん断応力度

設備 ^{※1}		部位	応力分類
原子炉圧力容器支持構造	原子炉本体の基礎	円筒部(内筒)	せん断
		円筒部(外筒)	組合せ
		円筒部(たてリブ)	せん断
			組合せ
		アンカボルト	引張
		コンクリート	基礎ボルトの引張荷重
		ベアリングプレート	曲げ
		ブラケット部	せん断
	曲げ		
	ブラケット部下面の水平プレート	曲げ	
燃料取替機		燃料取替機構造物フレーム	一次応力 (せん断)
		ブリッジ脱線防止ラグ (本体)	一次応力 (曲げ)
		トロリ脱線防止ラグ (本体)	一次応力 (組合せ)
		走行レール 横行レール	一次応力 (組合せ)
	ブリッジ脱線防止ラグ (取付ボルト)	一次応力 (せん断)	
	トロリ脱線防止ラグ (取付ボルト)	一次応力 (せん断)	
	吊具	吊具荷重	
原子炉建屋クレーン		クレーン本体ガーダ	一次応力 (せん断)
			一次応力 (曲げ)
			浮上り量
		脱線防止ラグ	一次応力 (圧縮)
		トロリストッパ	一次応力 (せん断)
			一次応力 (曲げ)
			一次応力 (組合せ)
トロリ	浮上り量		
吊具	吊具荷重		
原子炉遮蔽壁		一般胴部 開口集中部	せん断
			圧縮
			曲げ
			組合せ

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

屋外重要土木構造物における従来設計手法の考え方について、取水路を例に表 3.3.1-1 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。

図 3.3.1-1 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持つよう設計している。

屋外重要土木構造物のうち軽油タンク基礎は、海水の通水機能や配管等の間接支持機能を有する構造物と比較して、強軸及び弱軸が明確ではないことから、従来設計では、長軸方向及び短軸方向ともに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。

表 3.3.1-1 従来設計における評価対象断面の考え方（取水路の例）

	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>加振方向に平行な壁部材が少ない</p> <p>⇒弱軸方向を評価対象断面とする</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出来る</p> <p>⇒強軸方向</p>

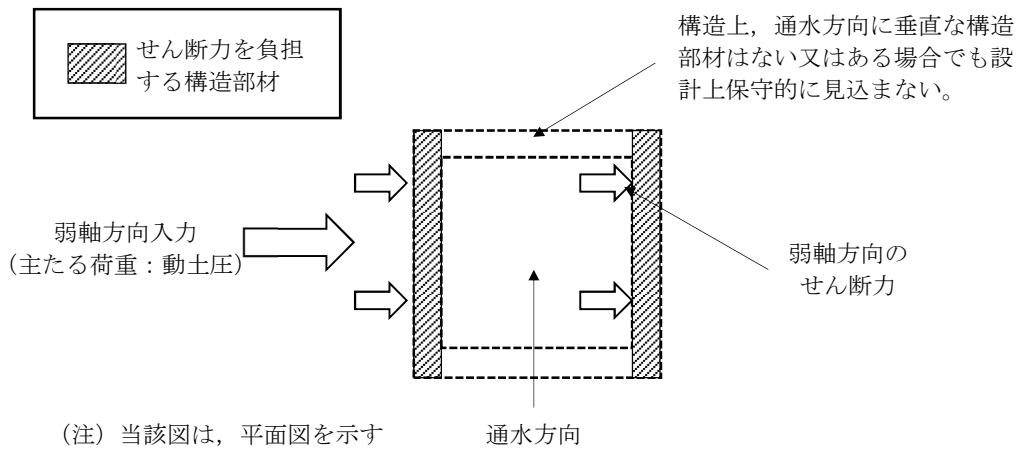


図 3.3.1-1 従来設計手法の考え方

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、軽油タンク基礎、燃料移送系配管ダクト、海水貯留堰、スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路及び波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物（取水護岸、燃料移送ポンプエリア竜巻防護壁）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第一ガスタービン発電機基礎及び第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎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毎に分類し、構造形式毎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（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（弱軸方向）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図3.3.3-1に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

屋外重要土木構造物について、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、構造形式毎に大別する。

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

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。

③ 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

②で整理した荷重に対して、構造形式毎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。

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。

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

⑥ 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（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（弱軸方向）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合せることで、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。

評価対象部位については、屋外重要土木構造物が明確な弱軸・強軸を示し、地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し、従来設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平 2 方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

③及び⑤にて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力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には、機器・配管系に対して、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。

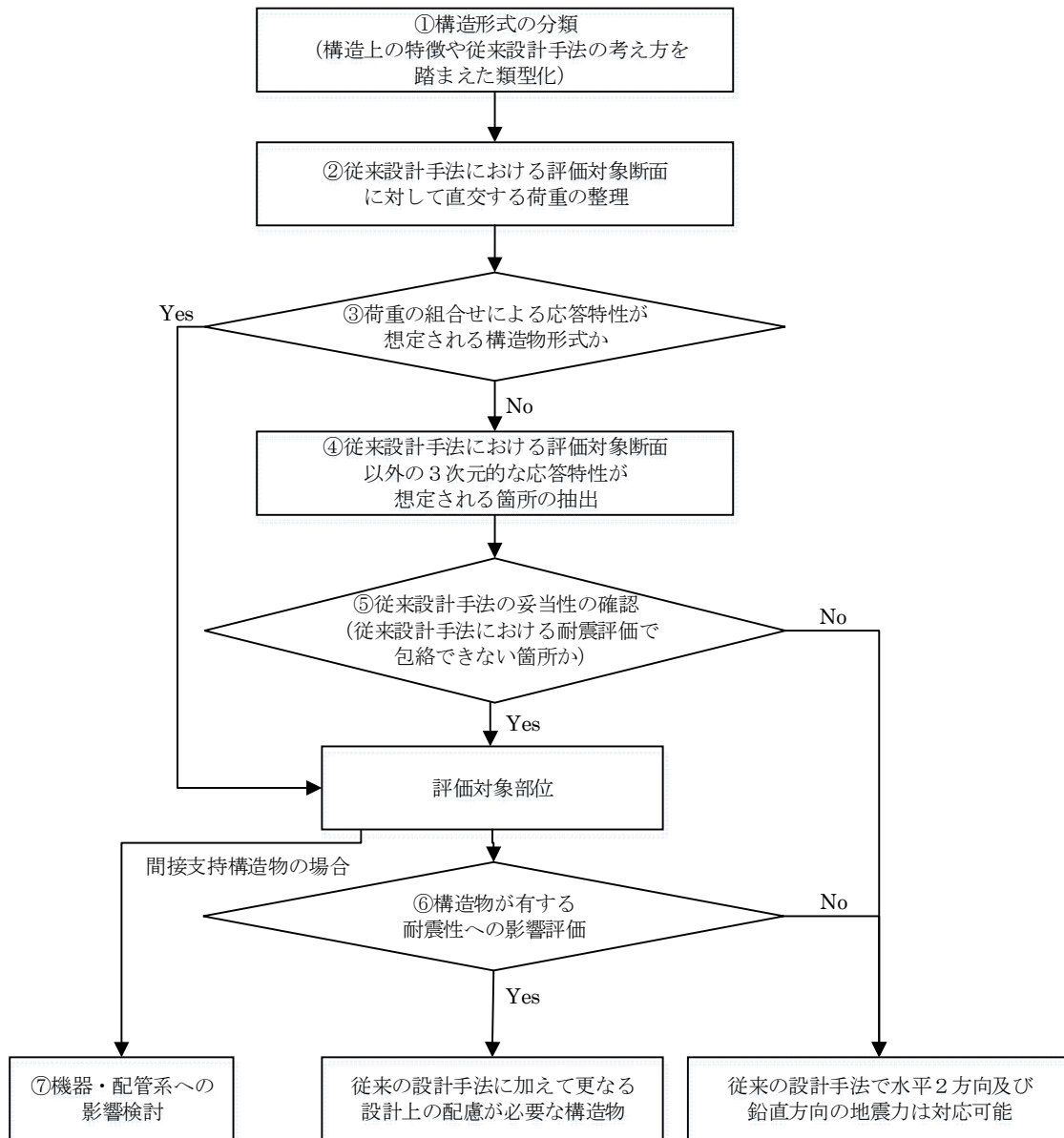


図 3.3.3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

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

図3.3.4-1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燃料移送系配管ダクト、海水貯留堰、スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路のような同一断面が連続する線状構造物、②軽油タンク基礎、第一ガスタービン発電機基礎、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎のような基礎構造物、③取水護岸のような護岸構造物、④燃料移送ポンプエリア竜巻防護壁のような壁構造物の4つの構造形式に大別される。

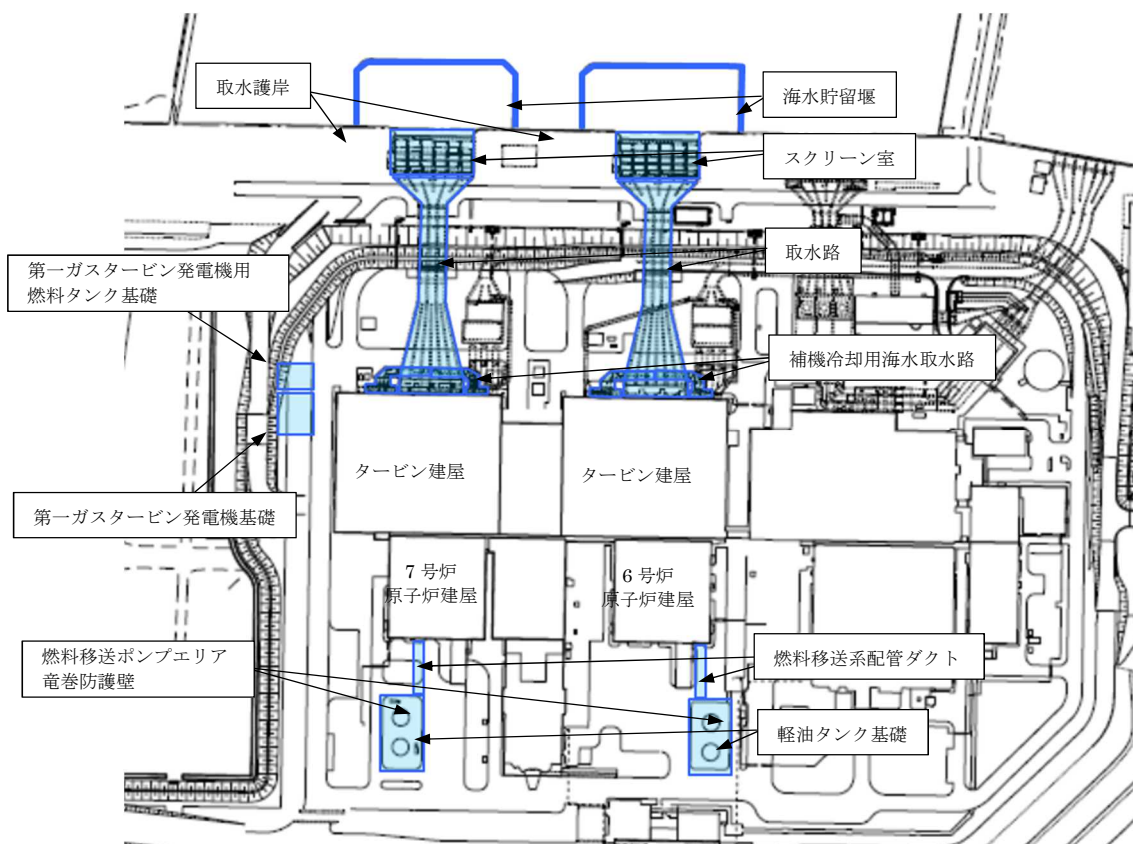


図 3.3.4-1 屋外重要土木構造物配置図

(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

表 3.3.4-1 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。

表 3.3.4-1 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

(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

表 3.3.4-2 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。

屋外重要土木構造物の地震時の挙動は、屋外重要土木構造物が概ね地中に埋設されることから、周辺の埋戻土の挙動に大きく影響される。②や③は、①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による影響を考慮する。

線状構造物、護岸構造物及び壁構造物については、その構造上の特徴として、大部分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①は作用しないが、取水路及び補機冷却用海水取水路の一部には水路上部に点検用立坑が存在するとともに、スクリーン室及び補機冷却用海水取水路には妻壁部が存在する。当該箇所には立坑及び妻壁を介して評価対象断面に対して直交する①が作用する。

基礎構造物は、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とタンク等の機器重量に起因する③が作用する。

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①が作用する取水路立坑部及び妻壁部と、①と③が作用する基礎構造物を抽出する。

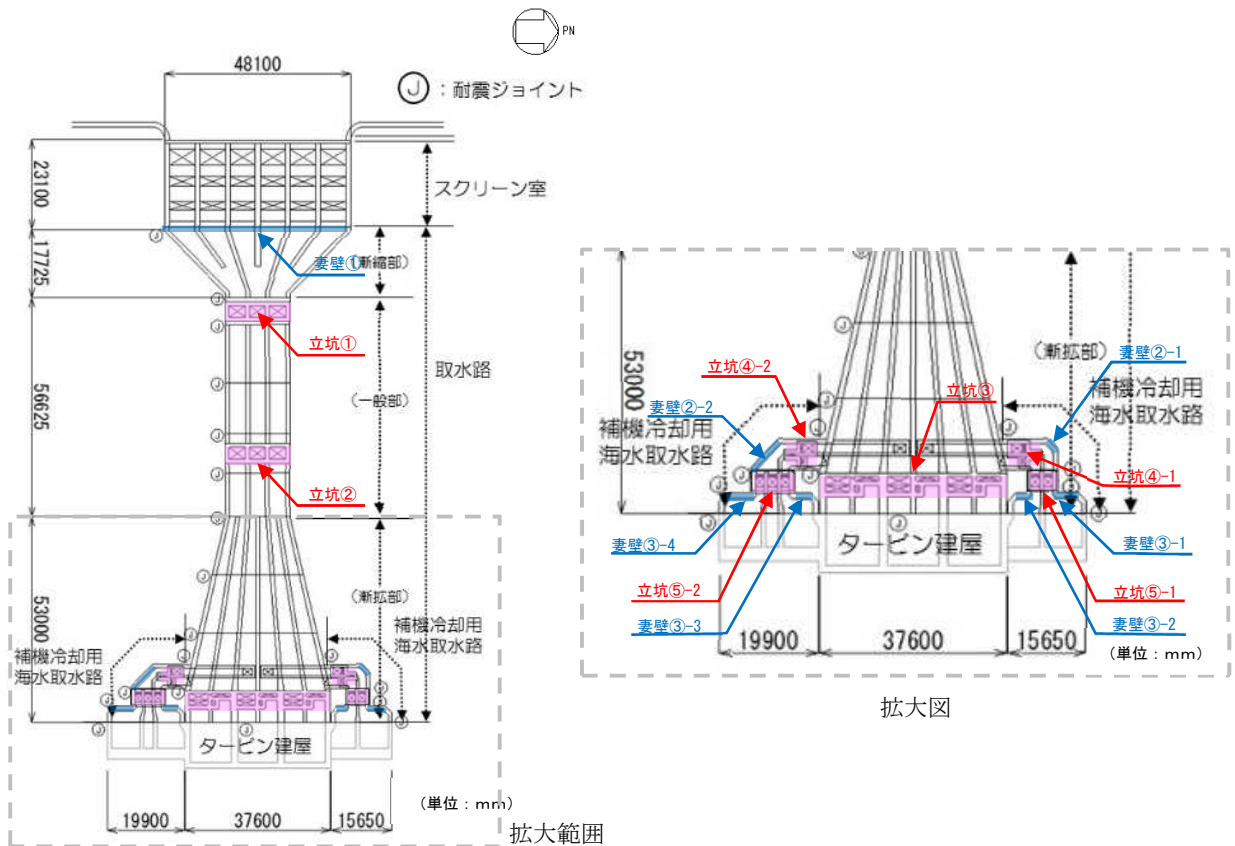


図 3.3.4-2 7号炉スクリーン室，取水路，補機冷却用海水取水路平面図

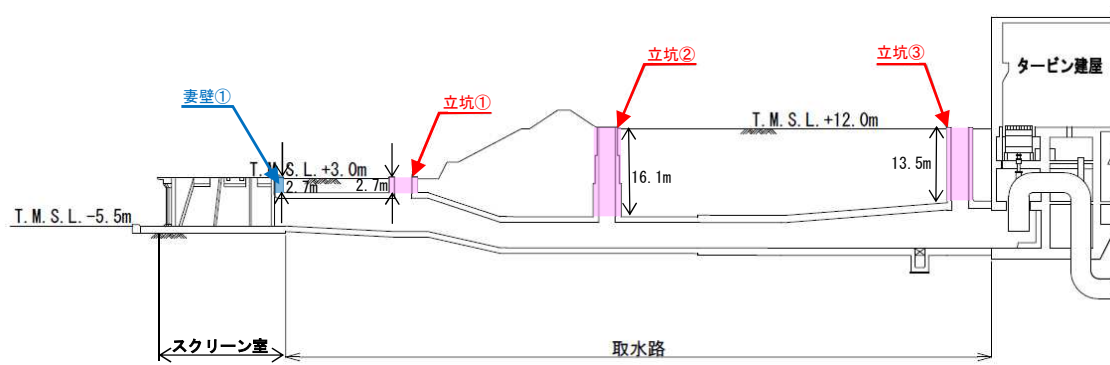


図 3.3.4-3 7号炉スクリーン室，取水路縦断図

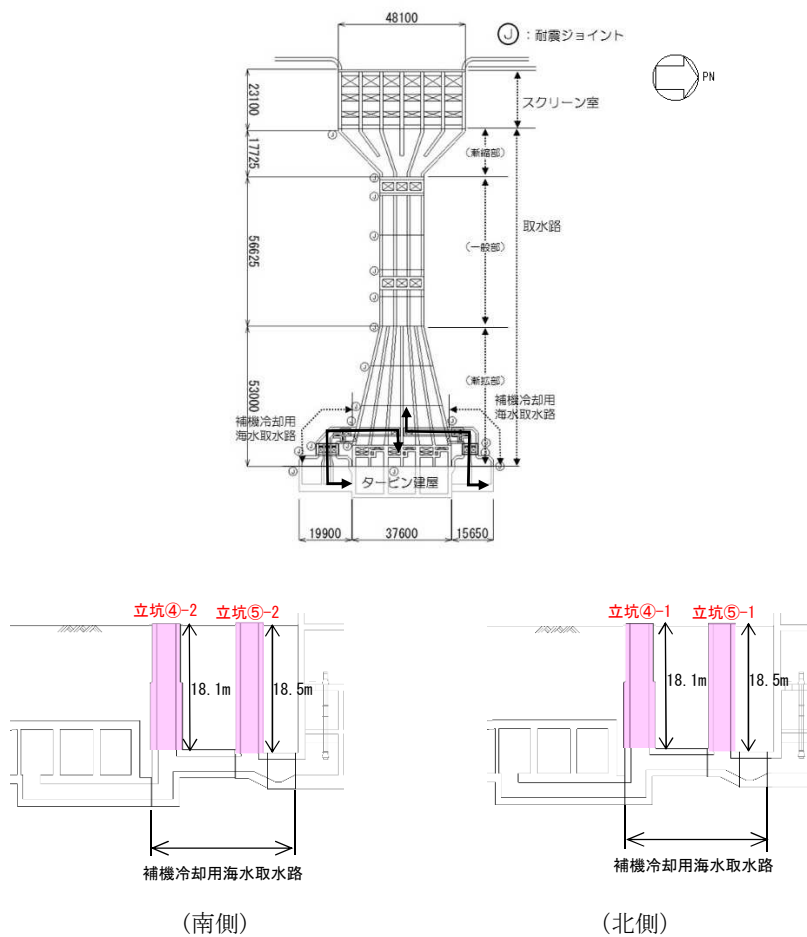
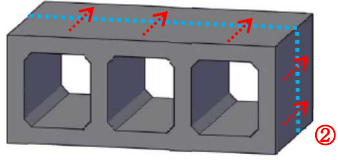
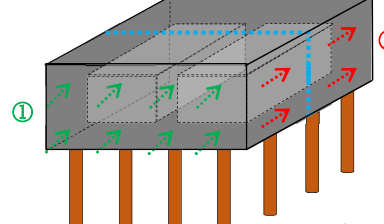


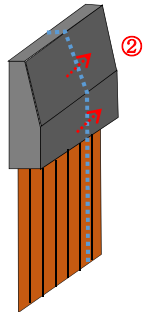
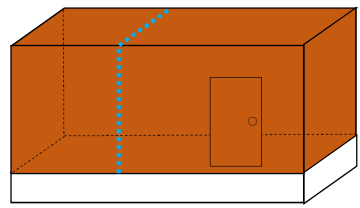
図 3.3.4-4 7号炉補機冷却用海水取水路縦断図

表 3.3.4-2 (1/2) 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

3.3.4(1)で整理した構造形式の分類 (対象構造物)	①線状構造物 (燃料移送系配管ダクト, 海水貯留堰, スクリーン室, 取水路, 補機冷却用海水取水路)	②基礎構造物 (軽油タンク基礎, 第一ガスタービン発電機基礎, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎)		
3.3.4(2)で整理した荷重の作用状況	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力は全ての部材に作用</p>	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力は全ての部材に作用</p> <p>※短辺方向加振時の例</p>		
	①動土圧及び動水圧	作用しない	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する側面に作用
	②摩擦力	側壁, 頂版に作用	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
	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対象断面に対して直交する荷重の影響程度	<p>(一般部) 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。 (立坑部, 妻壁部) 取水路及び補機冷却用海水取水路の一部には水路上部に点検用立坑が存在するとともに, スクリーン室及び補機冷却用海水取水路には妻壁部が存在する。立坑及び妻壁を介して①動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大。</p>		<p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行する側面に, ①動土圧及び動水圧による荷重が, 底面にタンク等の機器重量に起因する③慣性力が作用するため影響大。</p>	
抽出結果	<p>一般部: × 立坑部: ○ 妻壁部: ○</p>		○	

(○: 影響検討実施)

表 3.3.4-2 (2/2) 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

3.3.4(1)で整理した構造形式の分類 (対象構造物)	③護岸構造物 (取水護岸)	④壁構造物 (燃料移送ポンプエリア竜巻防護壁)		
3.3.4(2)で整理した荷重の作用状況	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力は全ての部材に作用</p>	<p>..... 従来設計手法での評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力は全ての部材に作用</p>		
	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	上部工背面に作用	②摩擦力	作用しない
	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対象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評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有するが、地上構造物であり①動土圧及び動水圧ならびに②摩擦力による荷重が作用しないため影響小。	
抽出結果	×		×	

(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

線状構造物として大別した補機冷却用海水取水路は、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、補機冷却用海水取水路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

補機冷却用海水取水路の従来設計では、図 3.3.4-5 に示すとおり、屈曲部（妻壁②）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。また、補機冷却用海水取水路はマンメイドロックを介して岩盤に直接設置されており、躯体が底版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はない。

以上のことから、補機冷却用海水取水路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。

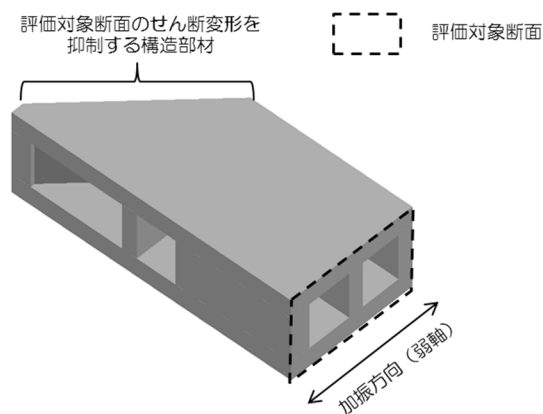


図 3.3.4-5 屈曲部における 3 次元的な拘束効果

(6) 構造物が有する耐震性への影響評価（評価対象部位の抽出）

3.3.4(3)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の影響検討すべき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、従来評価における評価対象断面に対して垂直な荷重が作用する線状構造物の立坑部及び妻壁部と基礎構造物を対象とする。

a. 立坑部

スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路の立坑部は、水路上部に複数箇所存在（立坑①～⑤）する。このうち、従来評価における評価対象断面に対して垂直な荷重として支配的な動土圧及び動水圧を受ける立坑の高さに着目すると、表3.3.4-3に示すとおり、立坑②～⑤と比較し、立坑①は高さが低い。

表 3.3.4-3 立坑の高さ

立坑	高さ(m)
①	2.7
②	16.1
③	13.5
④-1,2	18.1
⑤-1,2	18.5

立坑②～⑤は、立坑の高さ（土被り厚さ）に大きな差が無いことから、動土圧の主要因である地盤変位に着目し、立坑の水路接続位置と地表面間の地盤の最大相対水平変位を比較する。

地盤変位は、液状化の影響を考慮するために二次元有効応力解析（解析コード「FLIP Ver. 7.2.3_5」）により算定する。図3.3.4-6の解析モデルに示す通り、解析断面は6号炉の汀線直交断面とし、タービン建屋及び地盤をモデル化している。地盤の物性値は、「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 設計基準対象施設について 第4条：地震による損傷の防止 別紙-11 液状化影響の検討方針について」の検討方針に基づく。液状化の評価対象として取り扱う埋戻土層、及び洪積砂質土層Ⅰ、Ⅱ(0-1)の有効応力解析に用いる液状化パラメータは、液状化試験結果に基づき、地盤のばらつき等を考慮し、保守的に設定した。なお、地盤変位の算定方法は、「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 津波による損傷の防止について 別添1 添付資料2 地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について」に示す通りである。

地盤変位の算定結果を表3.3.4-4に示す。地盤の最大相対水平変位は、立坑③～⑤と比較し、立坑②が大きいことから、立坑の評価は立坑②を代表させて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

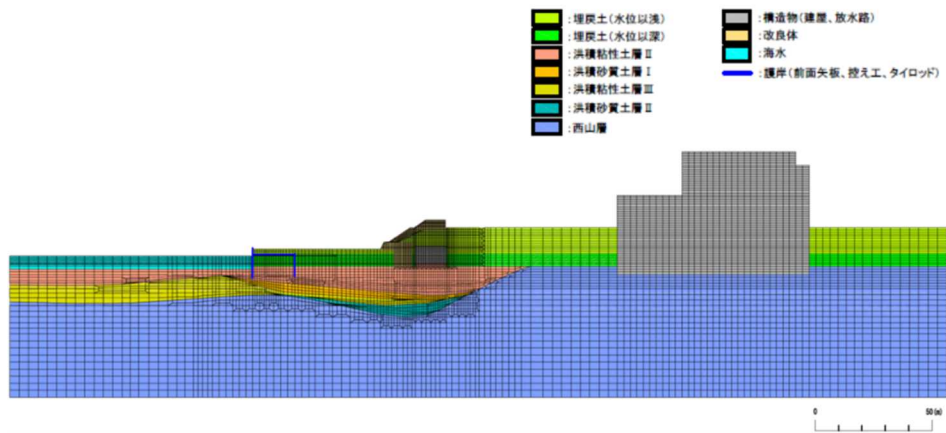


図 3.3.4-6 地盤変位解析モデル図

※解析モデルでは、取水路構造物をモデル化していないことから、立坑位置の地盤変位を抽出

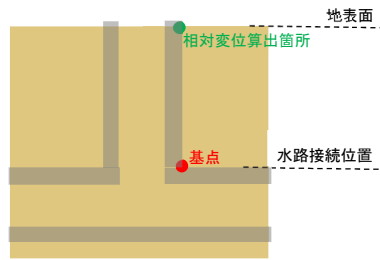


図 3.3.4-7 地盤変位算定の概要

表 3.3.4-4 立坑部の地盤変位

地震動	地盤の最大相対水平変位 (m)			
	立坑②	立坑③	立坑④-1, 2	立坑⑤-1, 2
Ss-1	0.595	0.233	0.361	0.269
Ss-3	0.586	0.236	0.370	0.272
Ss-7	0.827	0.448	0.612	0.514

b. 妻壁部

スクリーン室，補機冷却用海水取水路には，スクリーン室の妻壁①と補機冷却用海水取水路の妻壁②，③が存在する。補機冷却用海水取水路の妻壁②については，3.3.4(5)に示した通り，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ため，評価対象から除く。

妻壁①，③について，表3.3.4-5に示す通り，妻壁①と比較し妻壁③は設置位置が深く，妻壁部に作用する動土圧及び動水圧の影響が大きいことから，妻壁③を選定する。

4箇所存在する妻壁③は，設置位置及び妻壁の内法高さが同じであり，動土圧及び動水圧の影響に大きな差は無いと考えられることから，「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（日本建築学会，1999）」（以下，「RC規準」とする。）を参考に壁部材の耐力に着目し代表を選定する。RC規準における壁部材のコンクリートの許容水平せん断力算定式を図3.3.4-9に示す。表3.3.4-6に示す通り，妻壁③-1～4は，壁部材の厚さが同じであり，壁の幅が最も小さい妻壁③-2が最も許容水平せん断力が小さくなることから，妻壁③-2を代表として水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施する。

表 3.3.4-5 妻壁の設置深さ※

妻壁	深さ (m)
①	2.5
③-1	22.5
③-2	22.5
③-3	22.5
③-4	22.5

※地表面～妻壁下端の高さ

水平荷重を受ける耐震壁のコンクリートの許容水平せん断力 Q_A は(1)式による。

$$Q_A = r t l f_s \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 r ：開口に対する低減率で、(2)式の r_1 と r_2 のうちいずれか小さい方による。

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= 1 - \frac{l_0}{l} \\ r_2 &= 1 - \sqrt{\frac{h_0 l_0}{h l l}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

$$\left(\text{適用範囲 } \sqrt{\frac{h_0 l_0}{h l l}} \leq 0.4 \right)$$

- 記号 t : 壁板の厚さ
 l : 壁板周辺の柱中心間距離
 h : 壁板中心の梁中心間距離
 l_0 : 開口部の長さ
 h_0 : 開口部の高さ
 l' : 壁板の内法長さ
 h' : 壁板の内法高さ
 f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

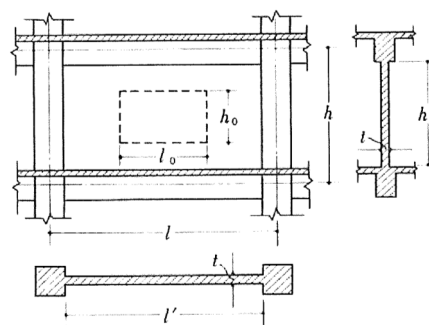
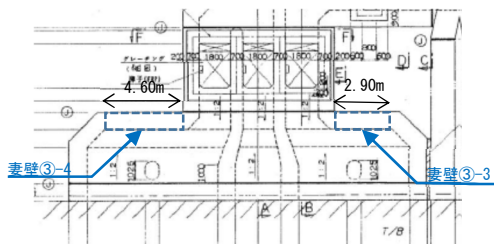
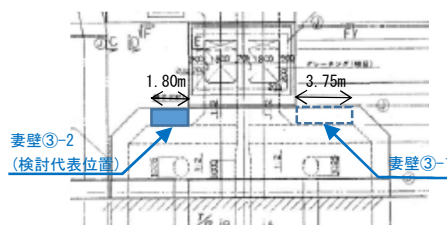


図 3.3.4-9 壁部材のコンクリートの許容水平せん断力の算定式



(補機冷却用海水取水路南側平面図)



(補機冷却用海水取水路北側平面図)

図 3.3.4-10 補機冷却用海水取水路平面図

表 3.3.4-6 補機冷却用海水取水路妻壁部の構造諸元

妻壁	厚さ (m)	幅 (m)
③-1	1.03	3.75
③-2	1.03	1.80
③-3	1.03	2.90
③-4	1.03	4.60

c. 基礎構造物

基礎構造物である第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎は、動土圧及び動水圧を受ける部位である基礎側面の高さが軽油タンク基礎および第一ガスタービン発電機基礎の側面高さ比べて大きいため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響は大きいと考えられる。従って、基礎構造物の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価は、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎に代表させて実施する。

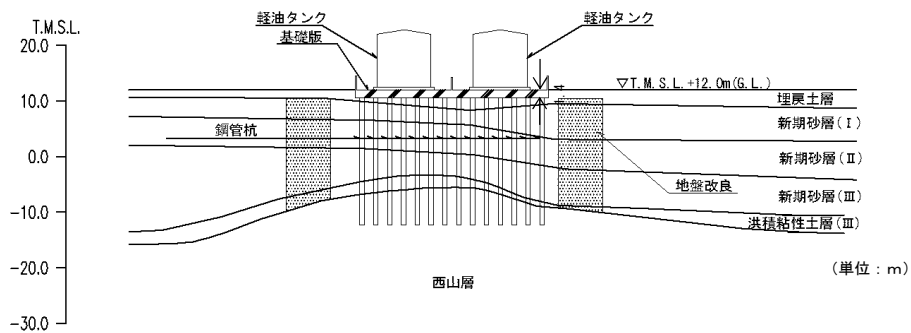


図 3.3.4-9 7号炉軽油タンク基礎断面図 (EW 断面)

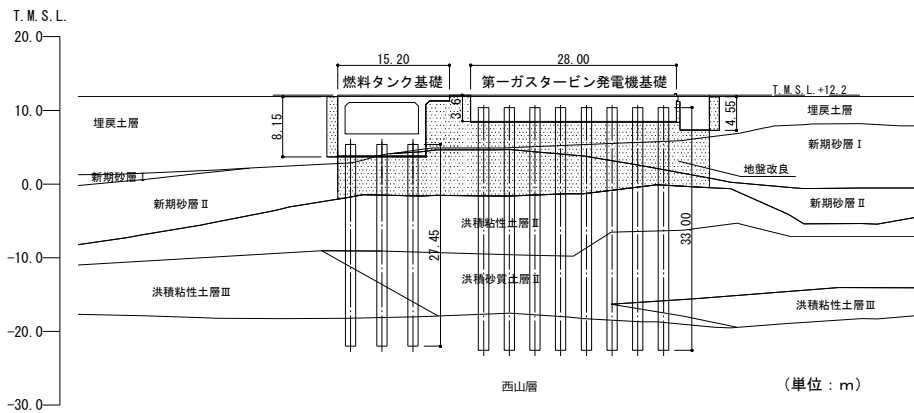


図 3.3.4-10 第一ガスタービン発電機基礎及び燃料タンク基礎断面図 (EW 断面)

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

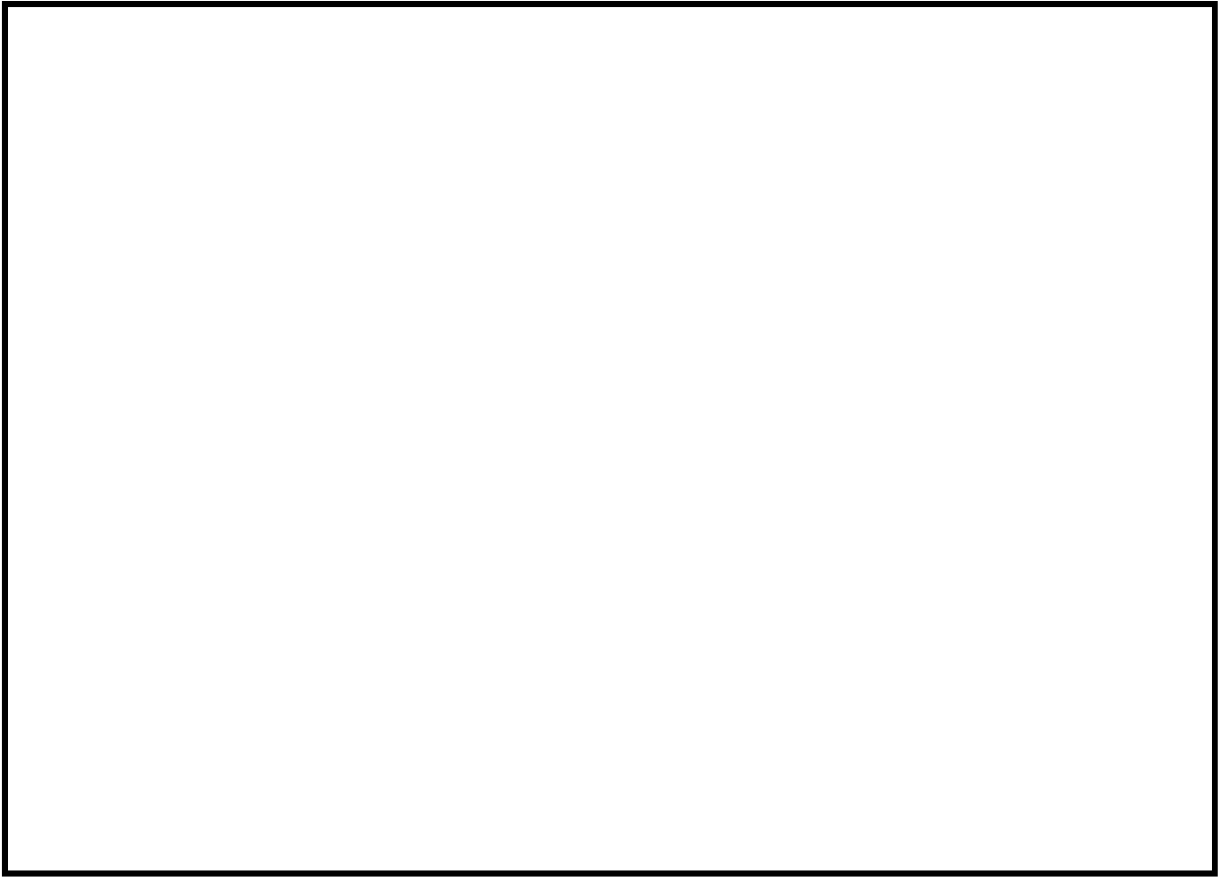
3.3.4 の検討を踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価は、スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路の立坑部は立坑②、妻壁部は妻壁③-2、基礎構造物は第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎（躯体、杭）を代表として行う。

3.4 浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 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

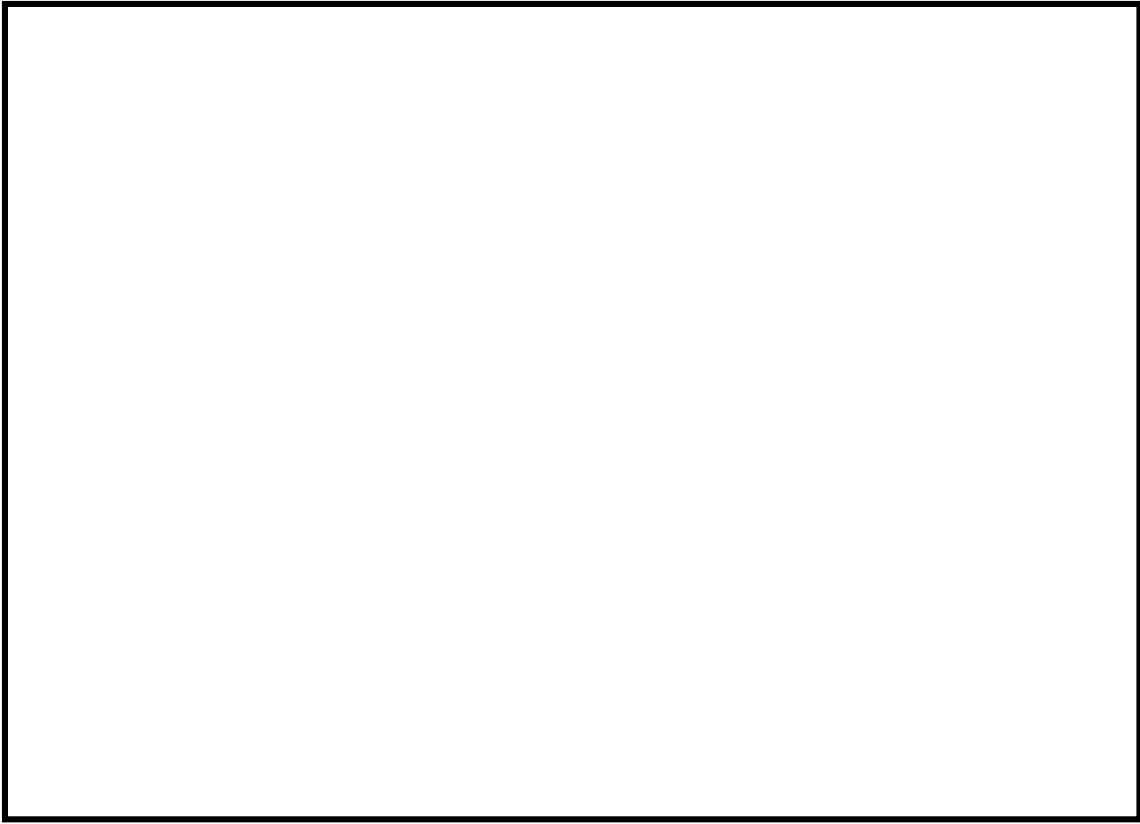
(1) 評価対象となる設備の整理

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設備は、浸水防止設備である閉止板、水密扉、浸水防止ダクト、止水ハッチ、貫通部止水処置、床ドレン浸水防止治具、津波監視設備における津波監視カメラ、取水槽水位計とする。各構造物の位置図を図 3.4.1-1 に示す。



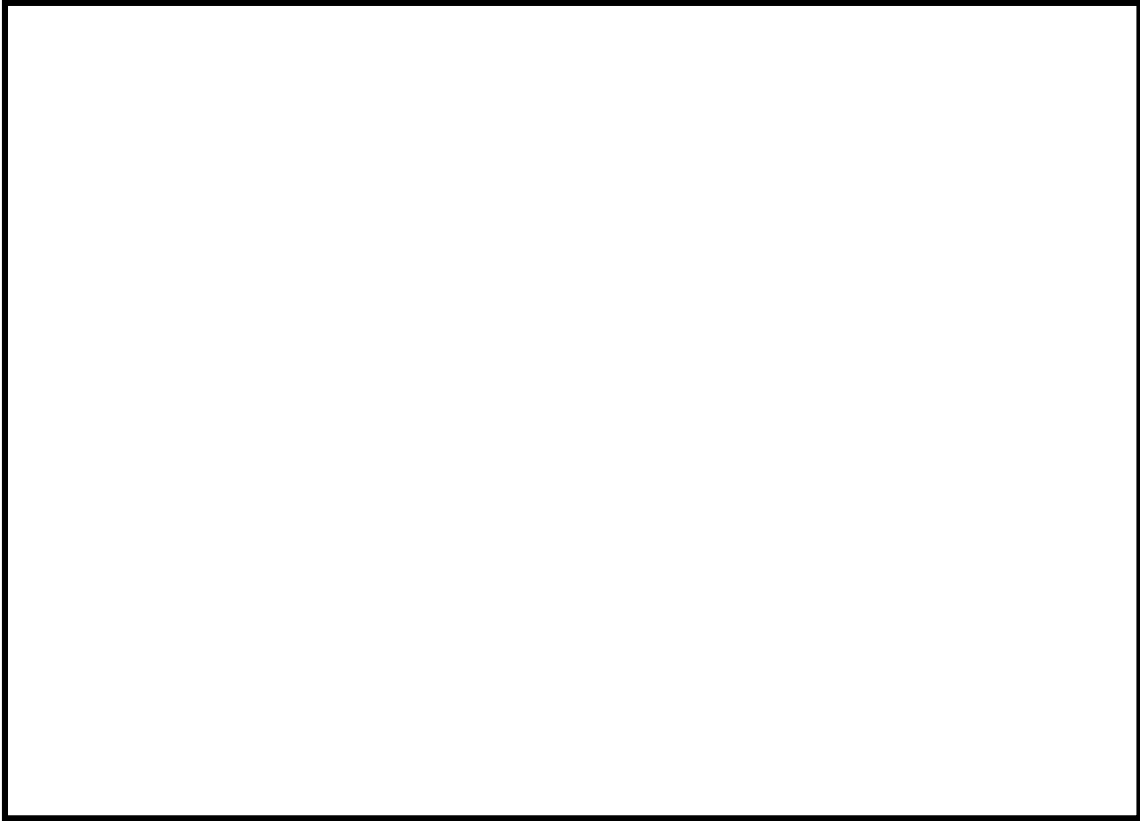
(屋内：6号炉 T/B T.M.S.L. -5100)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (1/7)



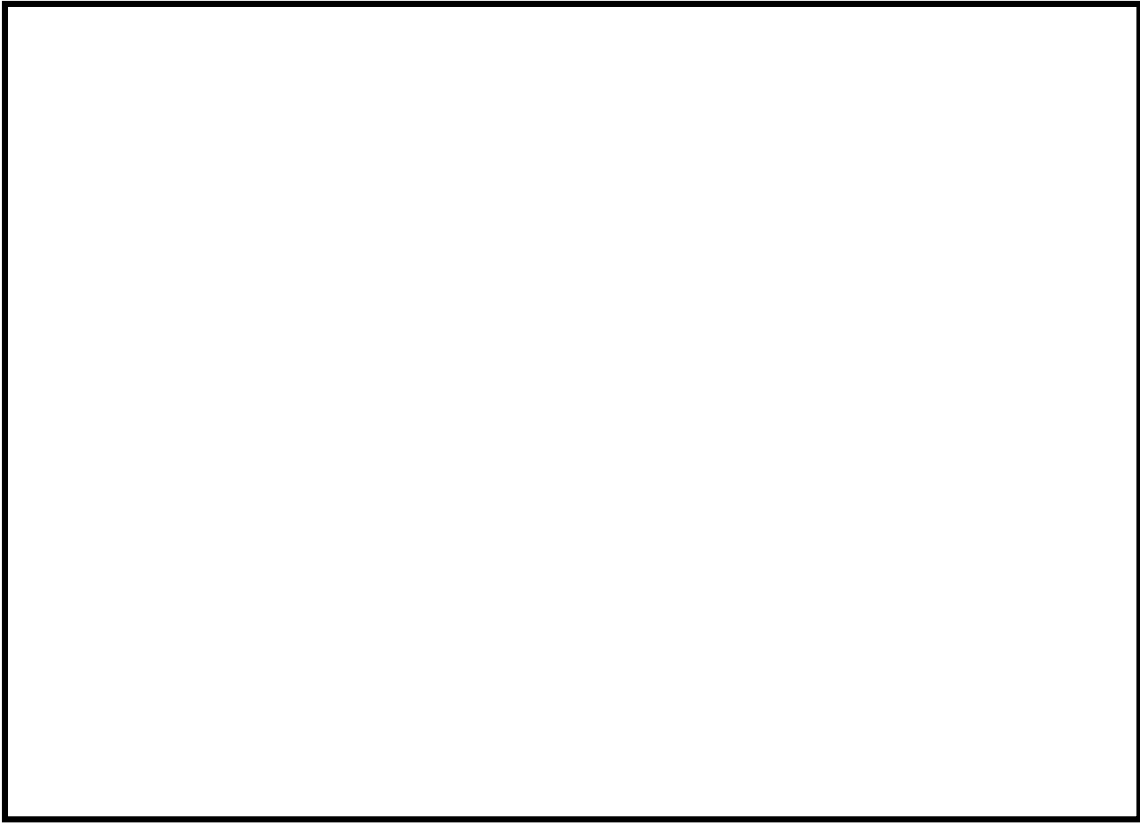
(屋内：6号炉 T/B T.M.S.L.-1100)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (2/7)



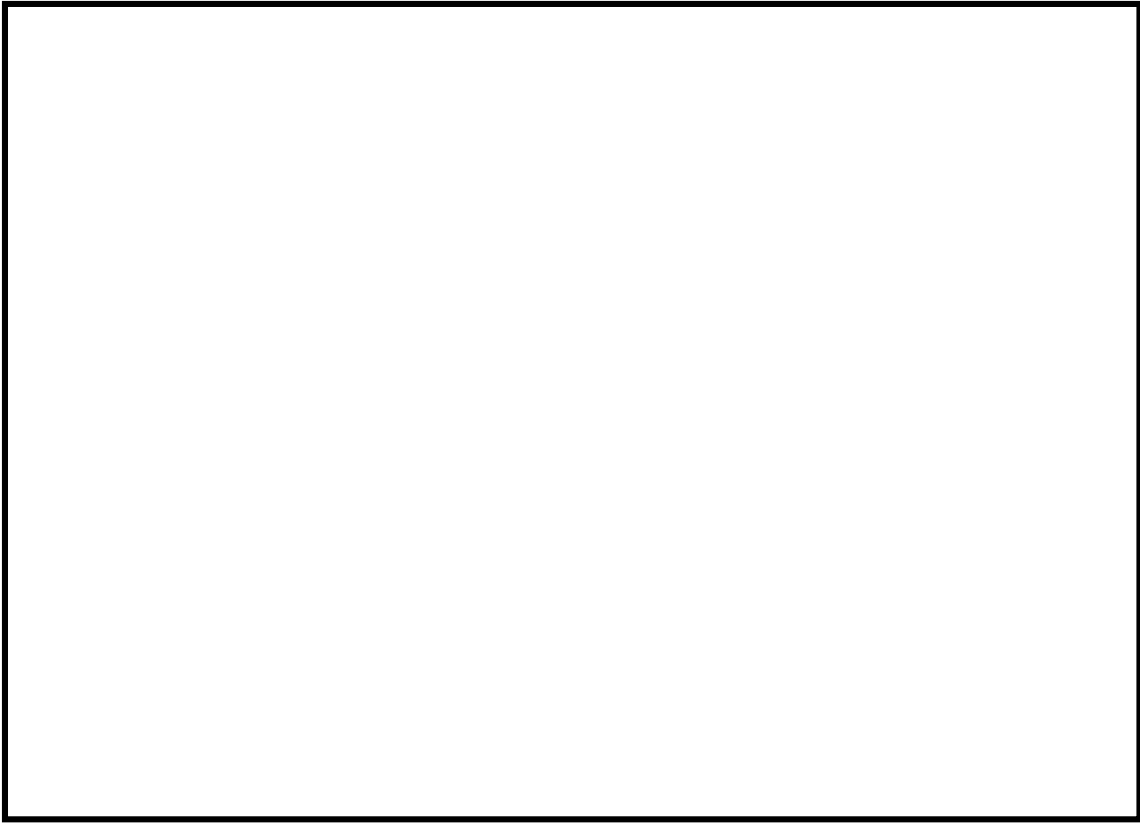
(屋内：6号炉 T/B T.M.S.L. 4900)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (3/7)



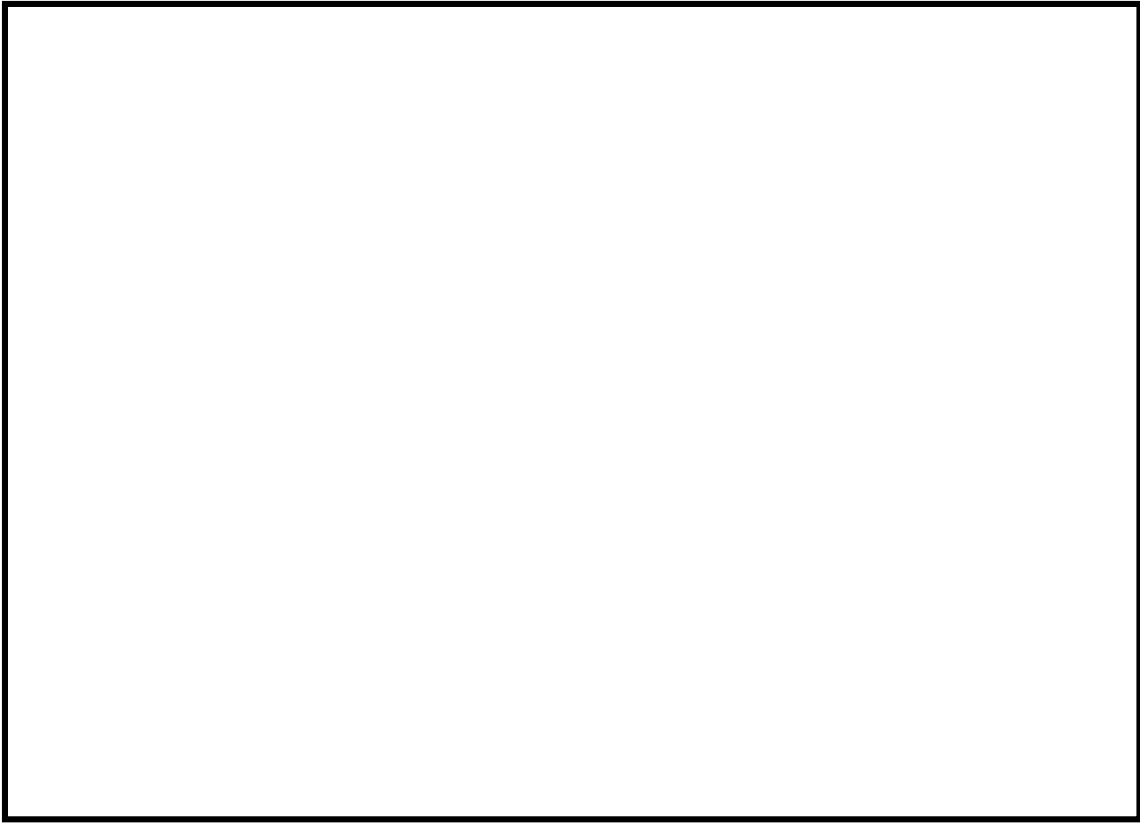
(屋内：7号炉 T/B T.M.S.L. -5100)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (4/7)



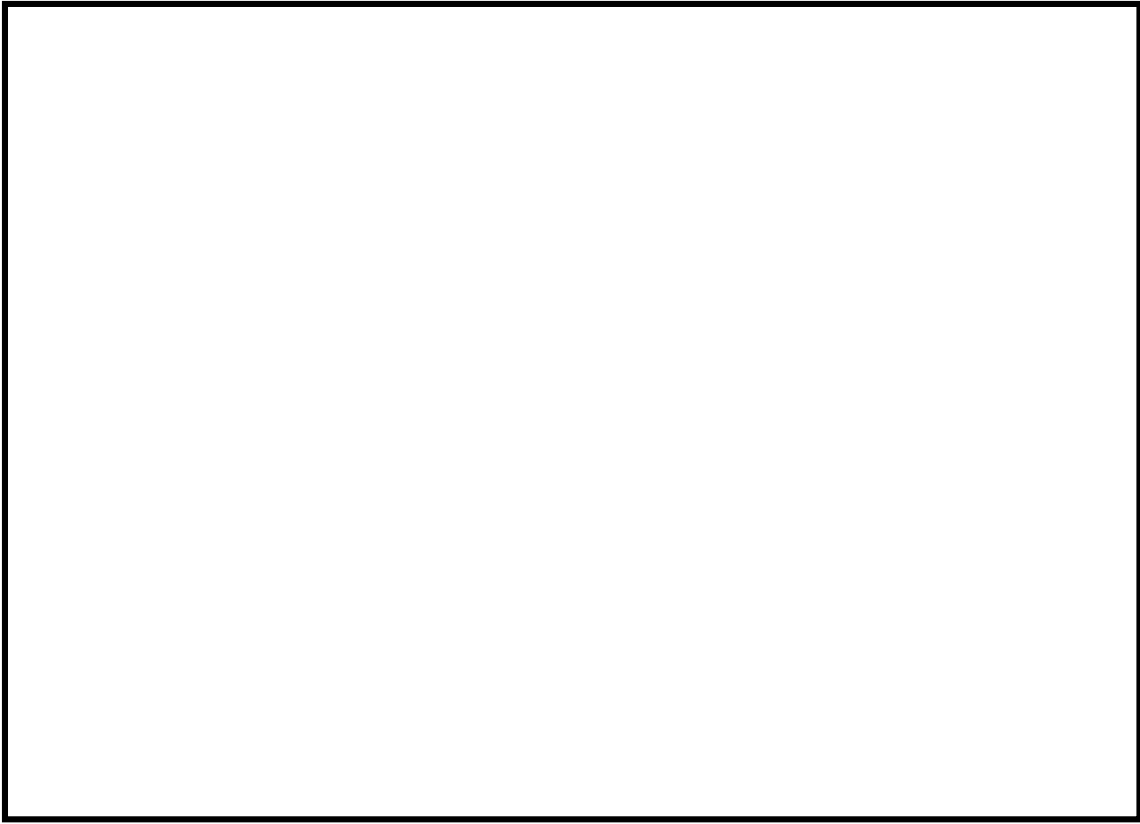
(屋内：7号炉 T/B T.M.S.L.-1100)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (5/7)



(屋内：7号炉 T/B T.M.S.L. 4900)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (6/7)



(屋外)

図 3.4.1-1 浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (7/7)

(2) 評価対象物の抽出

評価対象構造物のうち、閉止板、止水ハッチ及び水密扉については「3.1 建物・構築物」、浸水防止ダクト、貫通部止水処置、床ドレン浸水防止治具、津波監視カメラ、取水槽水位計については、「3.2 機器・配管系」に準じて設計されていることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、その方針に基づいて実施する。浸水防止設備の分類を表 3.4.1-1 に示す。

表 3.4.1-1 浸水防止施設及び津波監視設備の分類

施設, 設備分類	施設, 設備名称	区分
浸水防止設備	閉止板	建物・構築物
浸水防止設備	止水ハッチ	建物・構築物
浸水防止設備	水密扉	建物・構築物
浸水防止設備	浸水防止ダクト	機器・配管系
浸水防止設備	貫通部止水処置	機器・配管系
浸水防止設備	床ドレン浸水防止治具	機器・配管系
津波監視設備	津波監視カメラ	機器・配管系
津波監視設備	取水槽水位計	機器・配管系

表 1 構造強度評価

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平 2 方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4 項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平 2 方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平 1 方向の地震力しか負担しないもの B：水平 2 方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平 2 方向の地震を組み合わせても 1 方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平 2 方向の地震力を考慮しているもの	①-1 の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (3.2.4 項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
炉心シュラウド	上部フランジ 下部フランジ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	炉心支持板支持面	支圧応力	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平 2 方向入力の影響はない。	×	—
シュラウドサポート	レグ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円周配置であるため水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
		軸圧縮応力	△	B	同上。		
炉心支持構造物 上部格子板	シリンダプレート 下部胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
炉心支持構造物 上部格子板	リム胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	グリッドプレート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は格子構造であるため水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
炉心支持板	補強ビーム 支持板	一次一般膜応力	△	B	水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平 2 方向の地震力を組み合わせた場合でも水平 2 方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		

※1 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。

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由	
原子炉圧力容器	胴板 下部鏡板	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
			一次+二次応力	△	B	同上。		
			一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。		
	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	スタブチューブ ハウジング 下部鏡板リガメント	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
			一次+二次応力	△	B	同上。		
			一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。		
			座屈(軸圧縮)	△	B	同上。		
	原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1)	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
			一次+二次応力	△	B	同上。		
一次+二次+ピーク応力			△	B	同上。			
座屈(軸圧縮)			△	B	同上。			
ノズル	各部位	一次一般膜応力	○	-	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元はりモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	-	同上。			
		一次+二次応力	○	-	同上。			
		一次+二次+ピーク応力	○	-	同上。			
		座屈(軸圧縮)	○	-	同上。			
ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザ ブラケット	一次一般膜応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。			
	蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力	△	D	水平2方向入力時の地震力を4つのブラケットのうち2つで分担した荷重を方向毎に考慮した評価を行っている。したがって、水平2方向入力により4つのブラケットにより荷重を分担するとした場合、ブラケット1つあたりの荷重は小さくなるため、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料2】	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
	蒸気乾燥器ホールダウン ブラケット ガイドロッドブラケット	一次一般膜応力	△	C	地震時の機能要求が無いことから地震荷重を考慮しない評価(構造評価)を実施しているため影響はない。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。			

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)			
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由		
原子炉圧力容器	ブラケット類	給水スパーチャブラケット	一次一般膜応力	○	—	評価においては3次元的に配置されている炉内配管の応答を使用しており、炉内配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	×	—	
		低圧注水スパーチャブラケット	一次膜応力+一次曲げ応力	○	—				同上。
			純せん断応力	○	—				同上。
原子炉圧力容器	原子炉圧力容器スカート	スカート	一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—	
			一次+二次応力	△	B				同上。
			一次+二次+ピーク応力	△	B				同上。
			座屈(軸圧縮)	△	B				同上。
原子炉圧力容器支持構造物	原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト	一次応力(引張)	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—	
			一次応力(せん断)	△	C				水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。
			一次応力(組合せ)	△	C				
原子炉圧力容器付属構造物	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド	一次応力(引張)	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	—	
		ブラケット	一次応力(せん断)	△	C				水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】
	一次応力(曲げ)		△	C	同上。				
	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム		プレート	一次応力(せん断)	△	B	水平方向地震力が作用する際に、加震軸上に最大応力が発生する。水平2方向の地震力が同時に作用した場合においても、それぞれの方向の加震軸上に最大応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	
		一次応力(圧縮)		△	B	同上。			
一次応力(曲げ)		△		B	同上。				

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由	
原子炉圧力容器付属構造物	原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング	ケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
			一次+二次応力	△	B	同上。		
			一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。		
			支圧応力	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。		
			座屈(軸圧縮)	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器ユニット及び蒸気乾燥器ハウジング	ユニットサポート	一次一般膜応力	△	C	従来評価で評価が厳しくなる方向に地震荷重を与えているため、水平2方向の地震力が作用した場合において、水平1方向の地震荷重と同等となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。		
	耐震用ブロックせん断面	耐震用ブロックせん断面	純せん断応力	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。	×	-
		耐震用ブロック支圧面	支圧応力	△	C	地震の水平力は4箇所の耐震用ブロックのうち相対する2箇所で受けるものとして評価しているが、水平2方向入力では4箇所の耐震用ブロックに荷重が分担されるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
原子炉圧力容器内部構造物	気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 中性子束計測案内管	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
原子炉圧力容器内部構造物	スパーージャ 炉内配管	各部位	一次一般膜応力	○	-	3次元的に配置されているため、水平それぞれの方向の地震力に対し、各方向で応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	従来より、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
			一次膜応力+一次曲げ応力	○	-	同上。		

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
使用済燃料貯蔵ラック	角管及びプレート シートプレート及びベース	一次応力(引張)	○	—	水平それぞれの方向における評価において、最大応力発生箇所は異なるものの、円形状の一樣断面でないため、発生応力は積算される。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元FEMモデルを作成し、耐震評価を実施している。
		一次応力(せん断)	○	—	同上。		
		一次応力(組合せ)	○	—	同上。		
	基礎ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック部材	一次応力(引張)	○	—	水平それぞれの方向における評価において、最大応力発生箇所は異なるものの、円形状の一樣断面でないため、発生応力は積算される。したがって、水平2方向入力の影響がある。	×	—
		一次応力(せん断)	○	—	同上。		
		一次応力(組合せ)	○	—	同上。		
	サポート部材 サポート部基礎ボルト	一次応力(引張)	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3】		
		一次応力(せん断)	△	A	水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。【補足説明資料3】		
		一次応力(組合せ)	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3】		
	底部基礎ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
原子炉冷却材再循環ポンプ	モータカバー 補助カバー	一次一般膜応力	△	C	鉛直方向荷重の影響が支配的であるため、水平方向地震荷重は荷重条件として考慮していない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。		
		一次+二次応力	△	C	同上。		
		一次+二次+ピーク応力	△	C	同上。		
	スタッドボルト 補助カバー取付ボルト	平均引張応力	△	C	鉛直方向荷重の影響が支配的であるため、水平方向地震荷重は荷重条件として考慮していない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
主蒸気逃がし安全弁逃がし安全弁機能用アキュムレータ(6号炉) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ(6号炉)	U-バンド及びリブ	一次応力(せん断)	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。	×	-
		一次応力(曲げ)	△	C	従来評価では鉛直方向とより有意な応力が発生する水平1方向との組合せを考慮しており、他の水平方向の地震力により発生する応力は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(組合せ)	△	C	同上。		
	ボルト	一次応力(引張)	△	C	従来評価では鉛直方向とより有意な応力が発生する水平1方向との組合せを考慮しており、他の水平方向の地震力により発生する応力は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。		
	支柱(H形鋼)	一次応力(せん断)	○	-	水平2方向の影響がある。		
		一次応力(曲げ)	○	-	同上。		
		一次応力(組合せ)	○	-	同上。		
	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ(7号炉) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ(7号炉)	胴板	一次一般膜応力	△	A		
一次膜応力+一次曲げ応力			△	A	同上。		
一次+二次応力			△	A	同上。		
脚		一次応力(組合せ)	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		

設備 ^{※1}	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
横置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	A	同上。		
		一次+二次応力	△	A	同上。		
	脚	一次応力(組合せ)	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		基礎ボルト	一次応力(引張)	△	A		
	一次応力(せん断)		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		
	一次応力(組合せ)		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
	耐震強化サポート(7号炉のみ)	一次応力(引張)	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	△	A	同上。		
		一次応力(組合せ)	△	A	同上。		
アンカボルト(7号炉のみ)	一次応力(せん断)	○	-	水平2方向が同時に作用した場合に、一部のアンカボルトで強軸側と弱軸側の荷重を合わせて負担するため、2方向入力の影響がある。			
立形ポンプ	コラムパイプ バレルケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	○	現在考慮している、X,Y方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。よって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力(引張)	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
ECCS ストレーナ	各部位(ボルト以外)	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-
	ボルト	一次応力(引張)	△	D	同上		

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
横形ポンプ ポンプ駆動用タービン 補機海水ストレーナ 空調ファン 空調ユニット 空気圧縮機	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】	×	-
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
水圧制御ユニット	フレーム	一次応力(引張)	○	-	非対象構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次応力(せん断)	○	-	同上。		
		一次応力(圧縮)	○	-	同上。		
		一次応力(曲げ)	○	-	同上。		
		一次応力(組合せ)	○	-	同上。		
	取付ボルト	一次応力(引張)	○	-	非対象構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。		
一次応力(せん断)		○	-	同上。			
一次応力(組合せ)		○	-	同上。			
平底たて置円筒容器	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		一次+二次応力	△	B	同上。		
	基礎ボルト	一次応力(引張)	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
核計装設備	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上		
伝送器(矩形壁掛)	取付ボルト	一次応力(引張)	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		一次応力(せん断)	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
		一次応力(組合せ)	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
伝送器(円形壁掛)	取付ボルト	一次応力(引張)	△	A	水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。	×	-
伝送器(円形吊下)	取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。	×	-

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由	
制御盤	取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】	×	-	
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】			
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。			
原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	ライナプレート	圧縮ひずみ	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
			引張ひずみ	○	-	同上。		
		ライナアンカ	変位	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
	ドライウェル上鏡	上鏡球殻部とナックル部の結合部 上鏡円筒部とフランジプレートとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次+二次応力	△	B	同上。		
		フランジプレート	せん断	△	C	鉛直方向の荷重(死荷重または圧力荷重)が支配的であり、水平方向の地震力の影響は小さい。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
			曲げ	△	C	同上。		
		ガセットプレート	せん断	△	C	鉛直方向の荷重(死荷重または圧力荷重)が支配的であり、水平方向の地震力の影響は小さい。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	コンクリート部	圧縮	△	C	鉛直方向の荷重(死荷重または圧力荷重)が支配的であり、水平方向の地震力の影響は小さい。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	下部ドライウェルアクセス トンネルスリーブ及び鏡板(機器搬入用ハッチ付) 下部ドライウェルアクセス トンネルスリーブ及び鏡板(所員用エアロック付)	鏡板 鏡板のスリーブとの取付部 スリーブのフランジプレートとの取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	×	-
一次+二次応力			○	-	同上。			
フランジプレート		せん断	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
		曲げ	○	-	同上。			
ガセットプレート		せん断	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
コンクリート部	圧縮	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。				

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由	
クエンチャサポート基礎	ベースプレート	引張	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	○	配管反力に基づいて評価を実施しており、従来よりねじれを考慮した評価を実施している。	
	下部サポートパイプ(7号炉のみ)	せん断	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。			
		圧縮	○	—	同上。			
	ガセットプレート ベアリングプレート	せん断	○	—	同上。			
		曲げ	○	—	同上。			
	基礎ボルト	引張	○	—	同上。			
コンクリート	圧縮	○	—	同上。				
	基礎ボルト引張荷重	○	—	同上。				
下部ドライウエルアクセストンネル	各部位	組合せ	○	—	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	×	—	
原子炉格納容器	上部ドライウエル機器搬入用ハッチ サブプレッションチェンパ出入口 上部ドライウエル所員用エアロック	胴板 胴板のフランジプレートとの結合部	一次一般膜応力	△ ○	D —	水平2方向を考慮した評価を実施している(K6)。手計算により機器の軸と軸直方向の各々の評価を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。(K7)。	×	—
			一次膜応力+一次曲げ応力	△ ○	D —	同上。		
			一次+二次応力	△ ○	D —	同上。		
	フランジプレート	せん断	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		曲げ	△	D	同上。			
	ガセットプレート	せん断	△	D	同上。			
	コンクリート部	圧縮	△	D	同上。			
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 下部ドライウエル所員用エアロック	胴板	一次一般膜応力	△ ○	D —	水平2方向を考慮した評価を実施している(K6)。3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。(K7)。	×	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△ ○	D —	同上。			
		一次+二次応力	△ ○	D —	同上。			
	胴板と鏡板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
		一次+二次応力	○	—	同上。			

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)				
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由			
原子炉格納容器	スリーブ スリーブのフランジプレートとの取付部 端板	一次一般膜応力	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元はりモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。					
		一次+二次応力	○	—	同上。					
	フランジプレート	せん断	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。					
		曲げ	○	—	同上。					
	ガセットプレート	せん断	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。					
	コンクリート部	圧縮	○	—	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。					
	原子炉格納容器電気配線貫通部	スリーブ スリーブのフランジプレートとの取付部	一次一般膜応力	△	D			水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	—
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D			同上。		
			一次+二次応力	△	D			同上。		
フランジプレート		せん断	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。					
		曲げ	△	D	同上。					
ガセットプレート		せん断	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。					
コンクリート部	圧縮	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。						
ダイヤフラムフロア	鉄筋コンクリートスラブ	引張	△	C	鉛直方向荷重の影響が支配的であるため、水平方向荷重の影響が小さい。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—			
		せん断	△	C	同上。					
		圧縮	△	C	同上。					
	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部(地震時水平力伝達用シアプレート) 原子炉本体基礎接合部(地震時水平力伝達用シアプレート)	せん断	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料5】					
		曲げ	△	C	同上。					
	原子炉本体基礎接合部(半径方向水平力伝達用頭付きスタッド)	せん断	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料5】					

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
ベント管	垂直管支持部 水平吐出管の垂直管との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	非対象構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
	水平吐出管支持部 リターンラインの垂直管との結合部	一次+二次応力	○	—	同上。		
ドライウェルスブレイ管 サブプレッションチェンバースブレイ管	スブレイ管 スブレイ管とスブレイ管案内管との接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	非対象構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
	スブレイ管案内管	一次+二次応力	○	—	同上。		
可燃性ガス濃度制御系再結合装置 ブロワ	ブレース	一次応力(圧縮)	△	A	ブレースはブロワの重心とサポートプレート設置位置のずれによる軸方向転倒防止のため設置している。そのためブレースが受けもつ荷重は現在評価対象としている軸方向の転倒モーメント分のみであり、軸直方向の水平地震荷重はベース溶接部のせん断で受けもつと考えられる。したがって、水平2方向入力の影響は受けない。	×	—
	ベース取付溶接部	一次応力(引張)	△	A	溶接部の配置は矩形であり、水平2方向の入力で対角方向に転倒することはなく、2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	○	—	ベース溶接部で水平方向のそれぞれの水平荷重を負担する。したがって、水平2方向入力の影響がある。		
	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。				
非常用ディーゼル発電機	基礎ボルト 取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】	×	—
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
スカート支持たて置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次+二次応力	△	B	同上。		
	スカート	一次応力(組合せ)	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次+二次応力(座屈)	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大点は地震方向で異なるため影響は軽微である。		
	基礎ボルト	一次応力(引張)	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		
一次応力(組合せ)		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。			
その他電源設備	取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】	×	-
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
配管本体, サポート(多質点梁モデル解析)	配管, サポート	一次応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次+二次応力	○	-	同上。		
矩形構造の架構設備(静的触媒式水素再結合装置, 架台を含む)	各部位	各応力分類	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
ガスタービン発電機	転倒評価	応答変位	△	C	車輛の転倒は、走行直角方向のみが対象となるため、水平1方向のみの地震力が支配的であり、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
	取付ボルト	一次応力(引張)	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【補足説明資料7】		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
通信連絡設備(アンテナ類)	ボルト	一次応力(引張)	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次応力(せん断)	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		
		一次応力(組合せ)	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
取水槽水位計	取付ボルト	一次応力(引張)	○	-	水平2方向の影響がある。	×	-
		一次応力(せん断)	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力(組合せ)	○	-	水平2方向の影響がある。		
監視カメラ	据付ボルト	一次応力(引張)	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		一次応力(せん断)	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
		一次応力(組合せ)	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
	据付部材	一次応力(組合せ)	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
貫通部止水処置	シール材	シール材に生じる変位	△	C	対象となる貫通部は建屋軸に沿った配置となっていることから、シール材に加わるせん断方向及び圧縮方向の変位は、水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
浸水防止ダクト	各部位	各応力分類	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
床ドレンライン浸水防止治具	各部位	各応力分類	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
原子炉ウェル遮へいプラグ	本体	せん断応力度	△	C	鉛直方向荷重が支配的であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
原子炉圧力容器支持構造 原子炉本体の基礎	円筒部(内筒) 円筒部(外筒)	せん断	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		組合せ	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	円筒部(たてリブ)	せん断	△	B	円筒形状であり水平地震の方向毎に最大応力発生箇所が異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	アンカボルト	引張	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	コンクリート	基礎ボルトの引張荷重	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	ベアリングプレート	曲げ	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	ブラケット部	せん断	△	B	円筒形状であり水平地震の方向毎に最大応力発生箇所が異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		曲げ	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
ブラケット部下面の水平プレート	曲げ	△	A	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
燃料取替機	燃料取替機構造物フレーム ブリッジ脱線防止ラグ(本体) トロリ脱線防止ラグ(本体) 走行レール 横行レール	一次応力(せん断)	△	A	すべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向毎に発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料6】	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次応力(曲げ)	△	A	同上。		
		一次応力(組合せ)	△	A	同上。		
	ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト)	一次応力(せん断)	△	A	すべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向毎に発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		吊具	吊具荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。	×

設備※1	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガード	一次応力(せん断)	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次応力(曲げ)	△	D	同上。		
		浮上り量	△	D	同上。		
	脱線防止ラグ	一次応力(圧縮)	△	A	すべり方向とすべり直角方向では水平2方向で異なる挙動を示すため、水平2方向の影響は軽微である。	×	—
	トロリストッパ	一次応力(せん断)	△	A	同上。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次応力(曲げ)	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。		
		一次応力(組合せ)	△	D	同上。		
	トロリ	浮上り量	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○	
吊具	吊具荷重	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。			
原子炉遮蔽壁	一般胴部 開口集中部	せん断	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		圧縮	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。		
		曲げ	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向毎に最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		

表2 動的／電氣的機能維持評価

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無(3.2.4項(1)に対応) ○:影響あり △:影響軽微	影響軽微とした分類 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D:従来評価にて保守性を考慮しており水平2方向の地震力を考慮しても影響が軽微であるもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ×:発生しない ○:発生する	左記の振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
立形ポンプ	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。	○	現在考慮している、X,Y方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。よって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
横形ポンプ	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
ポンプ駆動用タービン	△	B	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である弁箱(主蒸気止め弁ヨーク部(立置き))に対して、水平2方向による最大応力の発生箇所が異なるため影響は軽微である。	×	—
立形機器用電動機	△	D	最弱部である軸受に対し、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*において十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
横形機器用電動機	△	D	最弱部であるフレームに対し、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*において十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
空調ファン	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
非常用ディーゼル発電機(機関本体)	△	A	現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
非常用ディーゼル発電機(ガバナ)	○	—	ガバナについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。ただし、JEAG4601に記載の機能確認済加速度は1.8Gであるが、旧JNES試験より4Gまでの機能維持を確認しているため、2方向合成加速度が4G未満であれば問題ない。	×	—
弁	○	—	弁については水平2方向合成による応答増加の影響があるが、2方向合成応答加速度が試験にて確認した機能維持確認済加速度未満であれば問題ない。	×	—
制御棒挿入性	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—
電気盤	△	A	電気盤、制御盤等に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料8】	×	—
伝送器・指示計	△	A	伝送器・指示計の掃引試験結果において、X,Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X,Y2方向成分にも共振点は無いと考えられる。よって、X,Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
取水槽水位計	△	A	水位計の掃引試験結果において、X,Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X,Y2方向成分にも共振点は無いと考えられる。よって、X,Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
監視カメラ	△	A	監視カメラ本体の掃引試験結果において、X,Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X,Y2方向成分にも共振点は無いと考えられる。よって、X,Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
ガスタービン発電機	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—
通信連絡設備(アンテナ類)	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—

※JEAG4601で定められた評価部位の裕度評価

別紙1 補足説明資料

目次

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉圧力容器スタビライザ）	1
2. 水平2方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）	4
3. 水平2方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）	6
4. 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）	8
5. 水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）	20
6. 水平2方向同時加振の影響評価について（燃料取替機）	24
7. 水平2方向同時加振の影響評価について（矩形配置されたボルト）	25
8. 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）	31

1 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉压力容器スタビライザ）

1.1 はじめに

本項は、原子炉压力容器スタビライザ（以下「RPV スタビライザ」という。）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

1.2 現行評価の手法

RPV スタビライザは、周方向 45° 間隔で 8 体配置されており、図 1-1 に地震荷重と各 RPV スタビライザが分担する荷重の関係を示す。

水平方向の地震荷重に関して現行評価では、RPV スタビライザ 6 体に各水平方向地震力（X 方向、Y 方向）の最大地震力が負荷されるものとしている。

$$f = \text{MAX} \left(\frac{F_X}{4}, \frac{F_Y}{4} \right)$$

ここで、

f : RPV スタビライザ 1 個が受けもつ最大地震荷重

F_X : X 方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

F_Y : Y 方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

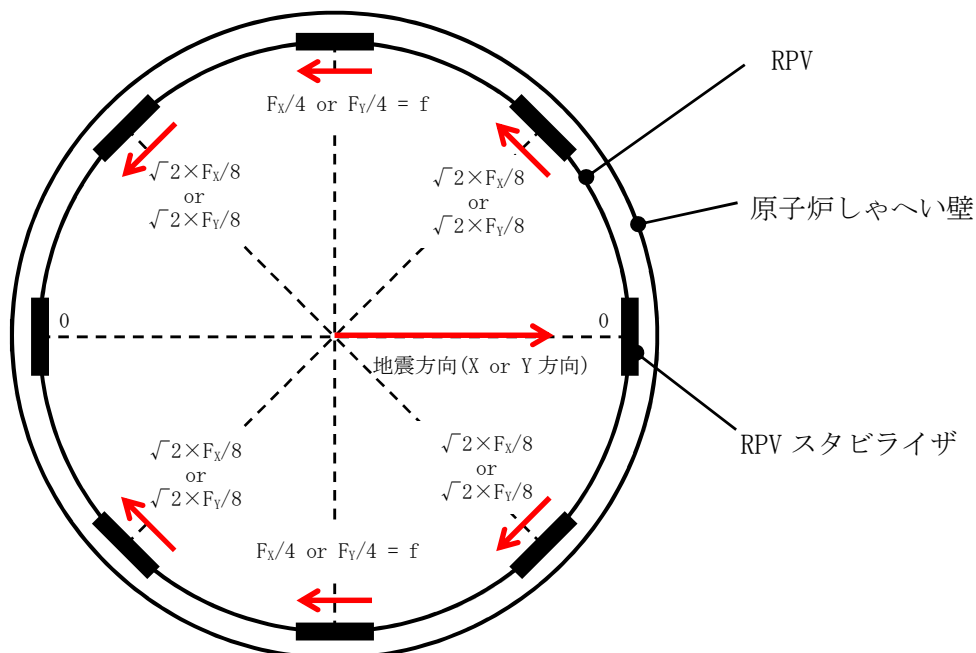


図 1-1 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担（水平 1 方向）

水平 2 方向地震力の組合せの考慮については、表 1-1 に示した水平 1 方向反力を用いて、X 方向・Y 方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し、以下の 2 つの方法にて検討を行った。

- ① 組合せ係数法： $F_Y=0.4F_X$ と仮定し、X 方向・Y 方向のそれぞれの水平 1 方向応答結果を算術和する
- ② 最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法： $F_Y=F_X$ と仮定し、X 方向・Y 方向のそれぞれの水平 1 方向応答結果を二乗和平方根にて合成する

上記検討の結果を表 1-2 に示す。いずれの検討方法を用いても、水平 2 方向反力の組合せ結果の最大値は f となり、これは水平 1 方向反力の最大値と同値である。

したがって、RPV スタビライザに対して水平 2 方向の影響はない。

表 1-2 原子炉圧力容器スタビライザ各点における水平 2 方向の考慮

位置		①組合せ係数法を用いた 水平 2 方向反力の組合せ ($F_Y=0.4F_X$)	②SRSS 法を用いた 水平 2 方向反力の組合せ ($F_Y=F_X$)
①	0°	$F_X/4=f$	$F_X/4=f$
②	45°	$\sqrt{2} \times F_X/8 + \sqrt{2} \times F_Y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_X/8$ $=0.990 \times F_X/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_X/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_Y/8)^2)}$ $F_X/4=f$
③	90°	$F_Y/4=0.4 \times F_X/4 < f$	$F_Y/4=F_X/4=f$
④	135°	$\sqrt{2} \times F_X/8 + \sqrt{2} \times F_Y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_X/8$ $=0.990 \times F_X/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_X/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_Y/8)^2)}$ $F_X/4=f$
⑤	180°	$F_X/4=f$	$F_X/4=f$
⑥	225°	$\sqrt{2} \times F_X/8 + \sqrt{2} \times F_Y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_X/8$ $=0.990 \times F_X/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_X/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_Y/8)^2)}$ $F_X/4=f$
⑦	270°	$F_Y/4=0.4 \times F_X/4 < f$	$F_Y/4=F_X/4=f$
⑧	315°	$\sqrt{2} \times F_X/8 + \sqrt{2} \times F_Y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_X/8$ $=0.990 \times F_X/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_X/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_Y/8)^2)}$ $F_X/4=f$
最大		f	f

2 水平2方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）

2.1 はじめに

本項は、蒸気乾燥器支持ブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2 現行評価の手法

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体配置されており、位置関係は図2-1の通りとなる。

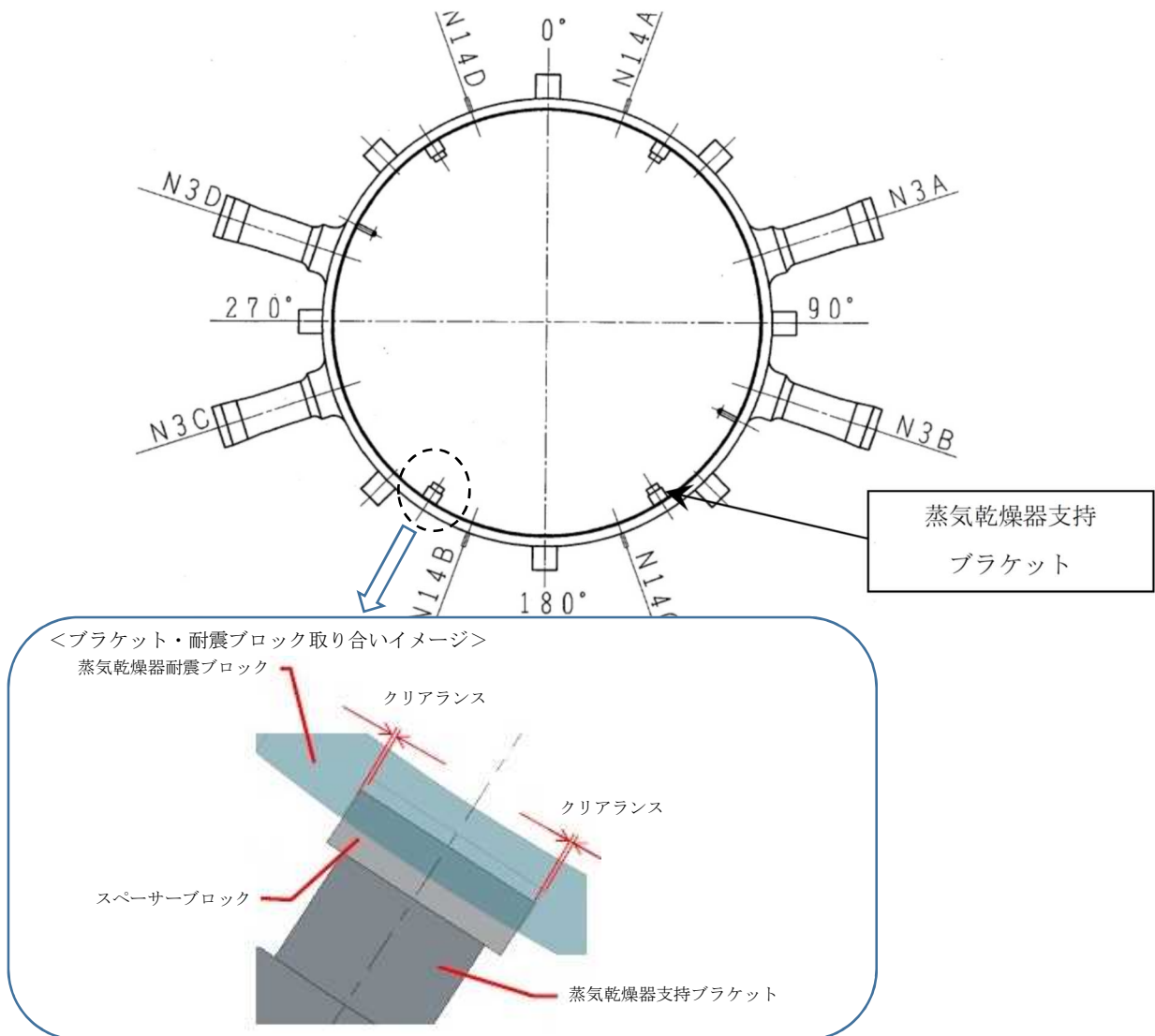


図2-1 蒸気乾燥器支持ブラケットの位置

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しかし、耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震動の入力方向によっては、4体のうち対角のブラケット2体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット2体により、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。

図 2-2 に評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。

$$F = \max\left(\frac{F_x}{2}, \frac{F_y}{2}\right)$$

F : 蒸気乾燥器から受ける地震荷重

F_x : X 方向地震よりブラケットに発生する荷重

F_y : Y 方向地震よりブラケットに発生する荷重

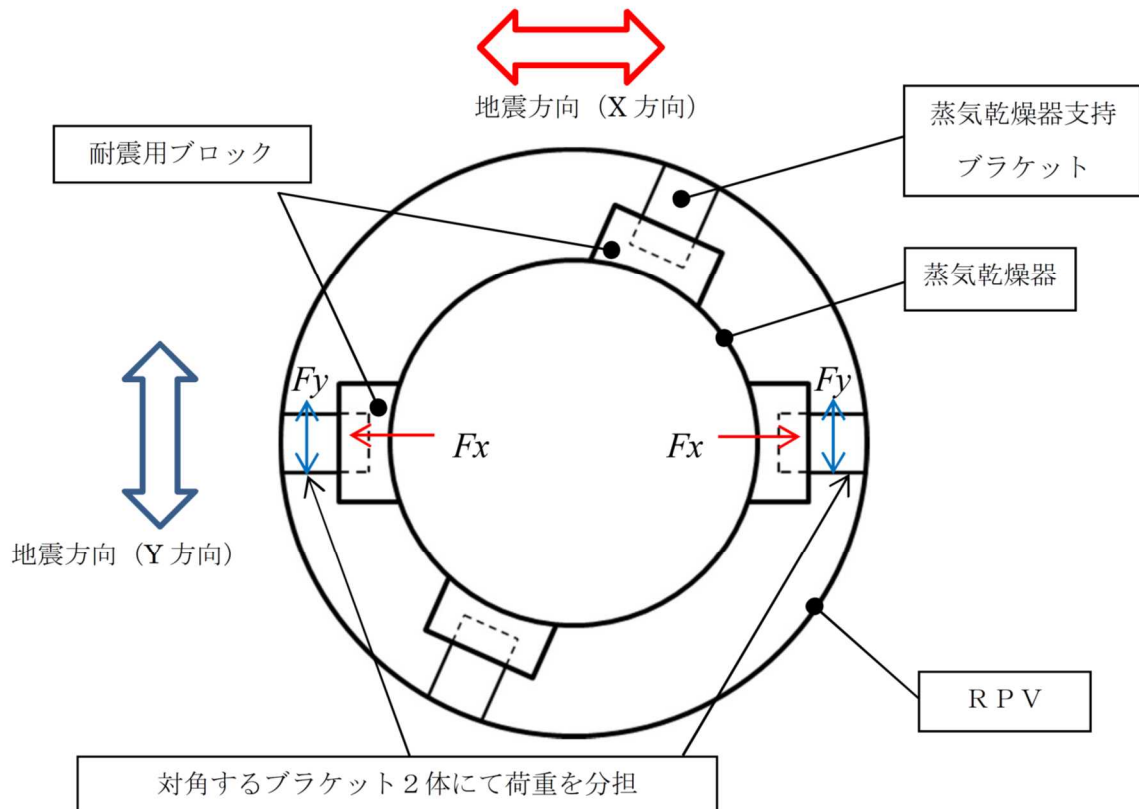


図 2-2 評価におけるブラケットの負荷荷重

2.3 水平 2 方向同時加振の影響

蒸気乾燥器支持ブラケットは、現行評価において、水平 2 方向の地震荷重を同時に考慮し、ブラケットと耐震ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として 4 体のブラケットのうち 2 体でその荷重を支持すると評価しており、水平 2 方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。

3 水平2方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）

3.1 はじめに

本項は、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）のサポートに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

3.2 サポートの構造

本サポートは、ラックの耐震上弱軸方向となる短辺方向の転倒防止を目的として、使用済燃料貯蔵プール壁面から腕を張り出す形で設置されており、ラックの短辺方向側を支持し、長辺方向側は荷重を受けない構造となっている（図 3-1）。

3.3 水平2方向の地震力による影響について

現行評価において、サポートの応力は、地震力によりラックから入力される荷重(反力)、サポート自身の荷重(自重及び自身の慣性力)と、部材の断面特性を用いて下記の地震条件時のそれぞれについて求めている。

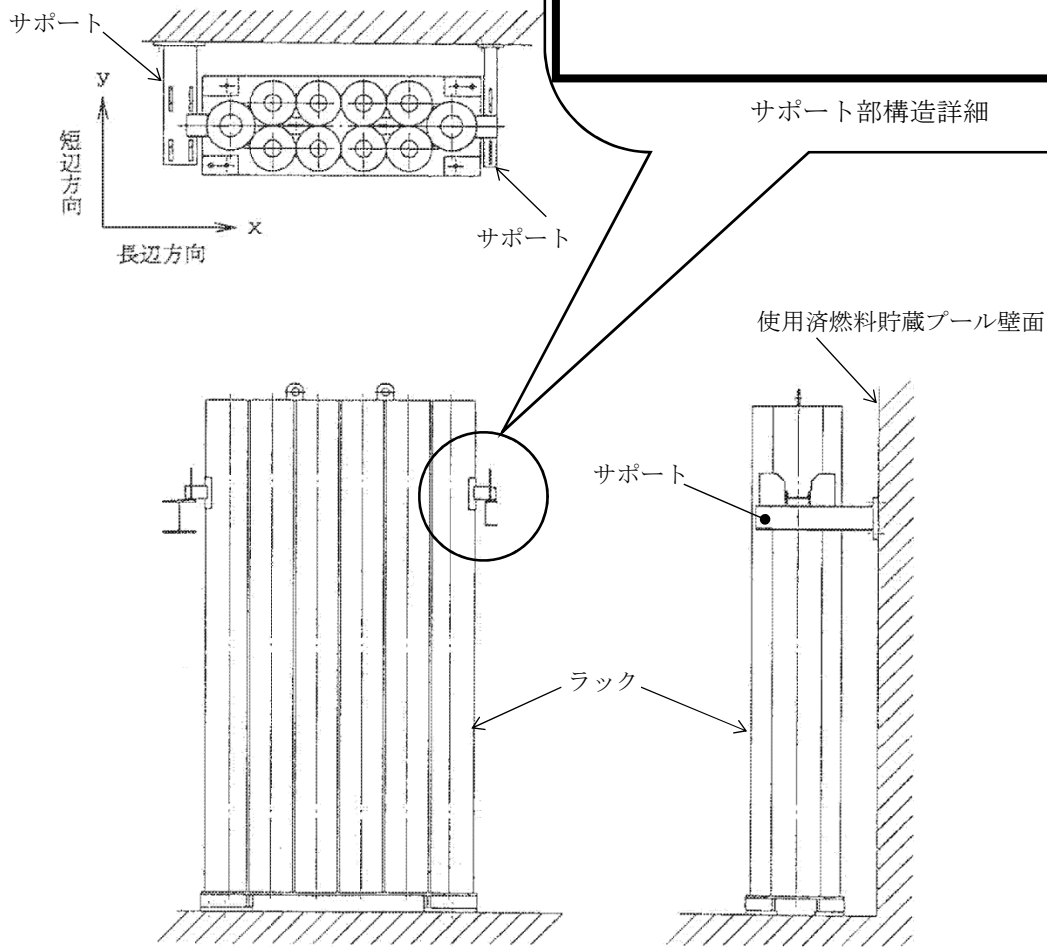
- ・長辺方向(水平 x 方向) + 鉛直方向
- ・短辺方向(水平 y 方向) + 鉛直方向

長辺方向(x方向)の地震の場合、サポートはラックを支持していないため、ラックから入力される荷重(反力)は生じず、サポート自身の慣性力による応力のみが発生する。短辺方向(y方向)の地震の場合、サポートには、ラックからの反力と自身の慣性力による応力が発生する。ラック自身の慣性力は、いずれの方向の地震においても、ラックからの反力と比較して小さい。

したがって、サポートの応力は、水平1方向（短辺方向(y方向)）の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。

[サポート取合部の説明]

- 短辺方向側は、ラック付のサポート座を支持用プレートではさみ込むように拘束して支持されている。
- 長辺方向側は、拘束する構造となっていない。



全景

図 3-1 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態

4 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）

4.1 はじめに

本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒容器に対する影響検討結果をFEMで確認した結果をまとめたものである。

容器については、別紙1にて記載している通り、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組合せても影響軽微としている。本項には、別紙1にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器のFEMモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。

具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

- ①X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認
- ②最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組合せた場合に影響のあるような点があるかを確認

4.2 影響評価検討

評価検討モデルを図4-1に示す。検討方法を以下に示す。

- ・ 検討方法 : 水平地震力1GをX方向へ入力し、周方向の0°方向から90°方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。
- ・ 検討モデル : たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化
- ・ 拘束点 : 容器基部を拘束
- ・ 荷重条件 : モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷
- ・ 解析手法 : 静的解析
- ・ 対象部位及び応力 : 容器基部における応力強さ
- ・ 水平2方向同時加振時の考慮方法
 - ・ 組合せ係数法（最大応答の非同時性を考慮）
 - ・ SRSS法（最大応答の非同時性を考慮）

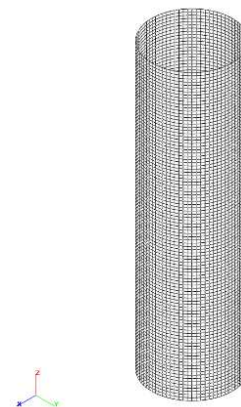


図4-1 評価検討モデル

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力 σ_x

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を図 4-2 に示す。

この結果より、最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y 方向から水平地震力を入力した場合においても、最大応力点は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また、表 4-1 に X 方向、Y 方向、2 方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{x,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{x,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{x,X}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{x,Y}(\theta)$) により、以下の通り算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{x,c}(\theta) = \max(\sigma_{x,c(X)}(\theta), \sigma_{x,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{x,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{x,X}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{x,Y}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸応力を組合せた応力、 $\sigma_{x,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{x,Y}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{x,X}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組合せた応力であり、以下のように表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{x,c(X)}(\theta) &= \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta) \\ \sigma_{x,c(Y)}(\theta) &= 0.4 \times \sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{x,Y}(\theta)\end{aligned}$$

<SRSS 法>

$$\sigma_{x,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{x,X}(\theta)^2 + \sigma_{x,Y}(\theta)^2}$$

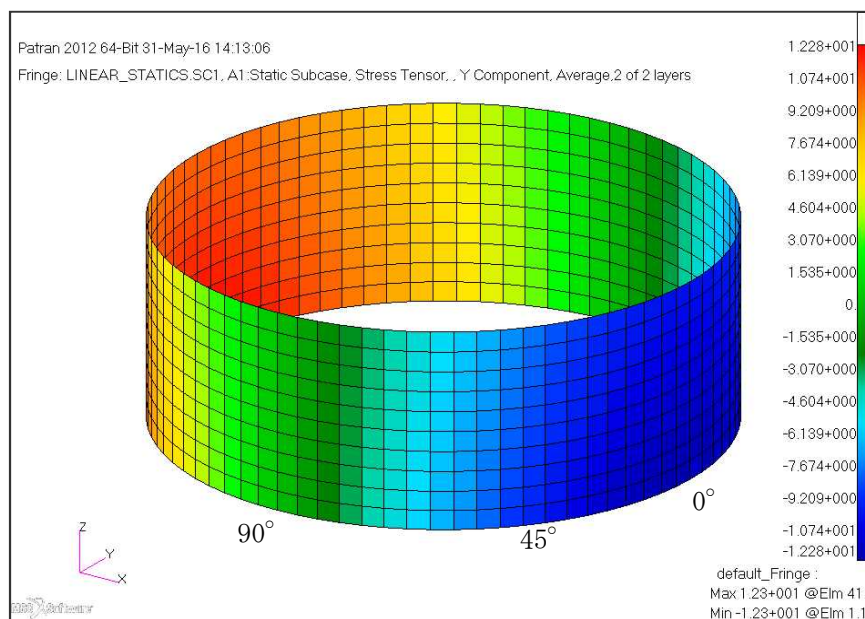


図 4-2 水平地震時軸方向応力コンター図

表 4-1 水平地震時の軸方向応力分布

角度	x 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ)=12.28$ $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ)=4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(22.5^\circ)=13.22$ $\sigma_{x,c(Y)}(22.5^\circ)=9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(X)}(45^\circ)=12.15$ $\sigma_{x,c(Y)}(45^\circ)=12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(67.5^\circ)=9.24$ $\sigma_{x,c(Y)}(67.5^\circ)=13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(90^\circ)=4.91$ $\sigma_{x,c(Y)}(90^\circ)=12.28$	12.28

4.3.2 周方向応力 σ_ϕ

容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を図 4-3 に、周方向応力分布を表 4-2 に示す。軸方向応力同様に最大応力点は 0°/180°位置に発生しており、最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2 方向入力時の影響についても軸方向応力と同様に中間部 (0° /90° 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{\phi,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,x}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,y}(\theta)$) により、以下の通り算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{\phi,c}(\theta) = \max(\sigma_{\phi,c(X)}(\theta), \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi,x}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{\phi,y}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸応力を組合せた応力、 $\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi,y}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{\phi,x}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組合せた応力であり、以下のように表される。

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,x}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,x}(\theta) + \sigma_{\phi,y}(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$$

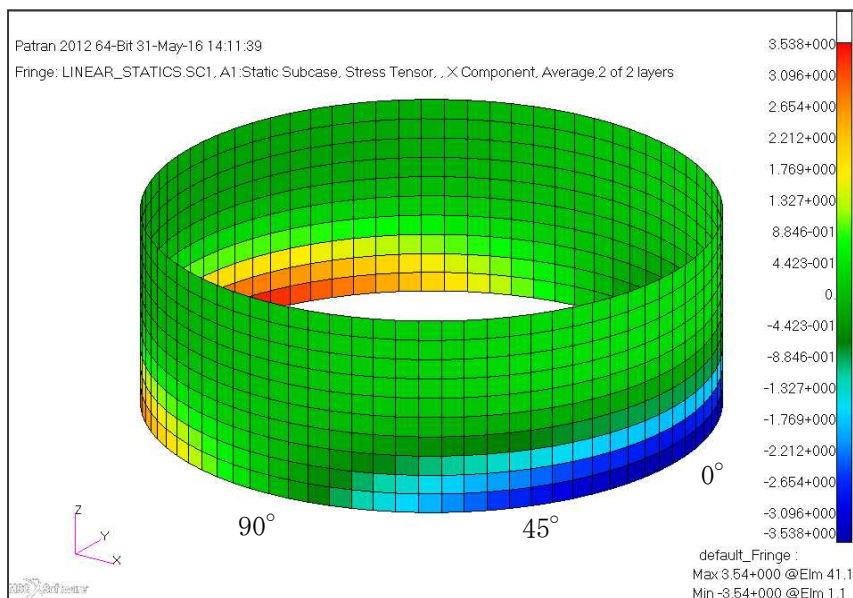


図 4-3 水平地震時周方向応力コンター図

表 4-2 水平地震時の周方向応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$
0° 方向	3.54	0.00	3.54 $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ)=3.54$ $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ)=1.42$	3.54
22.5° 方向	3.27	1.35	3.81 $\sigma_{x,c(X)}(22.5^\circ)=3.81$ $\sigma_{x,c(Y)}(22.5^\circ)=2.66$	3.54
45° 方向	2.50	2.50	3.50 $\sigma_{x,c(X)}(45^\circ)=3.50$ $\sigma_{x,c(Y)}(45^\circ)=3.50$	3.54
67.5° 方向	1.35	3.27	3.81 $\sigma_{x,c(X)}(67.5^\circ)=2.66$ $\sigma_{x,c(Y)}(67.5^\circ)=3.81$	3.54
90° 方向	0.00	3.54	3.54 $\sigma_{x,c(X)}(90^\circ)=1.42$ $\sigma_{x,c(Y)}(90^\circ)=3.54$	3.54

4.3.3 せん断応力 τ

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を図 4-4 に示し、せん断応力分布を表 4-3 に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2 方向入力時の影響についても軸方向応力、周方向応力と同様に中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\tau_X(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_Y(\theta)$) により、以下の通り算出する。

<組合せ係数法>

$$\tau_c(\theta) = \max(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_X(\theta)$ に 1、 $\tau_Y(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸応力を組合せた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_Y(\theta)$ に 1、 $\tau_X(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組合せた応力であり、以下のように表される。

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

$$\tau_{c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \tau_X(\theta) + \tau_Y(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_X(\theta)^2 + \tau_Y(\theta)^2}$$

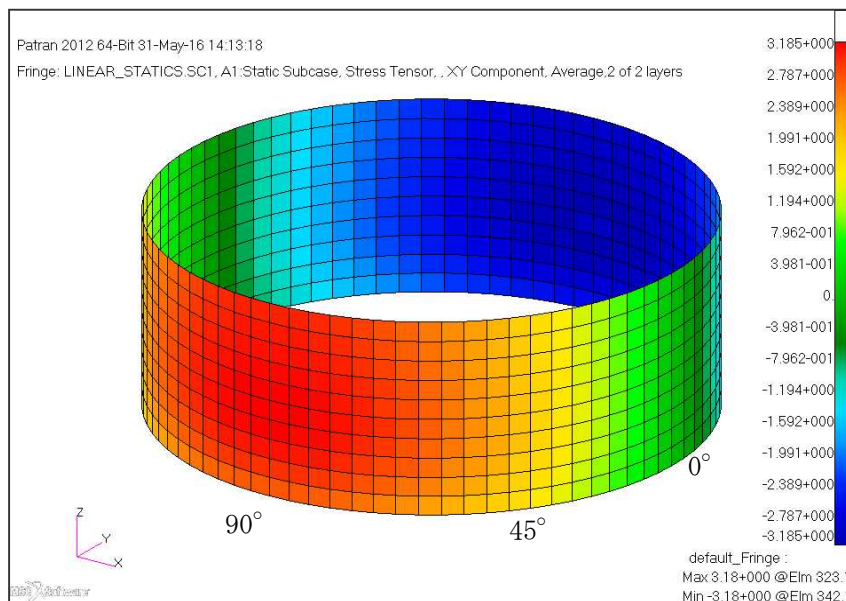


図 4-4 水平地震時せん断応力コンター図

表 4-3 水平地震時のせん断応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS 法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.00	2.70	2.70 $\tau_{c(X)}(0^\circ)=1.08$ $\tau_{c(Y)}(0^\circ)=2.70$	2.70
22.5° 方向	1.03	2.49	2.91 $\tau_{c(X)}(22.5^\circ)=2.03$ $\tau_{c(Y)}(22.5^\circ)=2.91$	2.70
45° 方向	1.91	1.91	2.67 $\tau_{c(X)}(45^\circ)=2.67$ $\tau_{c(Y)}(45^\circ)=2.67$	2.70
67.5° 方向	2.49	1.03	2.91 $\tau_{c(X)}(67.5^\circ)=2.91$ $\tau_{c(Y)}(67.5^\circ)=2.03$	2.70
90° 方向	2.70	0.00	2.70 $\tau_{c(X)}(90^\circ)=2.70$ $\tau_{c(Y)}(90^\circ)=1.08$	2.70

4.3.4 組合せ応力強さ σ

胴の組合せ応力強さ σ は、表 4-1~3 に示した X 方向、Y 方向、2 方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組合せ、耐震評価結果として用いている。

<水平 1 方向のうち、X 方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_x(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,X}(\theta)$ は以下の通りに表される。

$$\sigma_{1,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,X}(\theta) = 0$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_x(\theta)$ は以下の通りとなる。

$$\sigma_x(\theta) = \max(|\sigma_{1,X}(\theta) - \sigma_{2,X}(\theta)|, |\sigma_{2,X}(\theta) - \sigma_{3,X}(\theta)|, |\sigma_{3,X}(\theta) - \sigma_{1,X}(\theta)|)$$

なお、Y 方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_y(\theta)$ は、上記の式における X を Y に置き換えた式により算出する。

ここで $\theta=0^\circ$ の場合、表 4-1 より $\sigma_{x,x}(0^\circ)=12.28$ 、表 4-2 より $\sigma_{\phi,x}(0^\circ)=3.54$ 、表 4-3 より $\tau_x(0^\circ)=0$ であるため

$$\sigma_{1,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 12.28$$

$$\sigma_{2,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 3.54$$

$$\sigma_{3,x}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_x(0^\circ) = \max(|12.28 - 3.54|, |3.54 - 0|, |0 - 12.28|) = 12.28$$

< 組合せ係数法による水平 2 方向同時加振を考慮した組合せ応力強さ $\sigma_c(\theta)$ >
 $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを図 4-5 に示す。

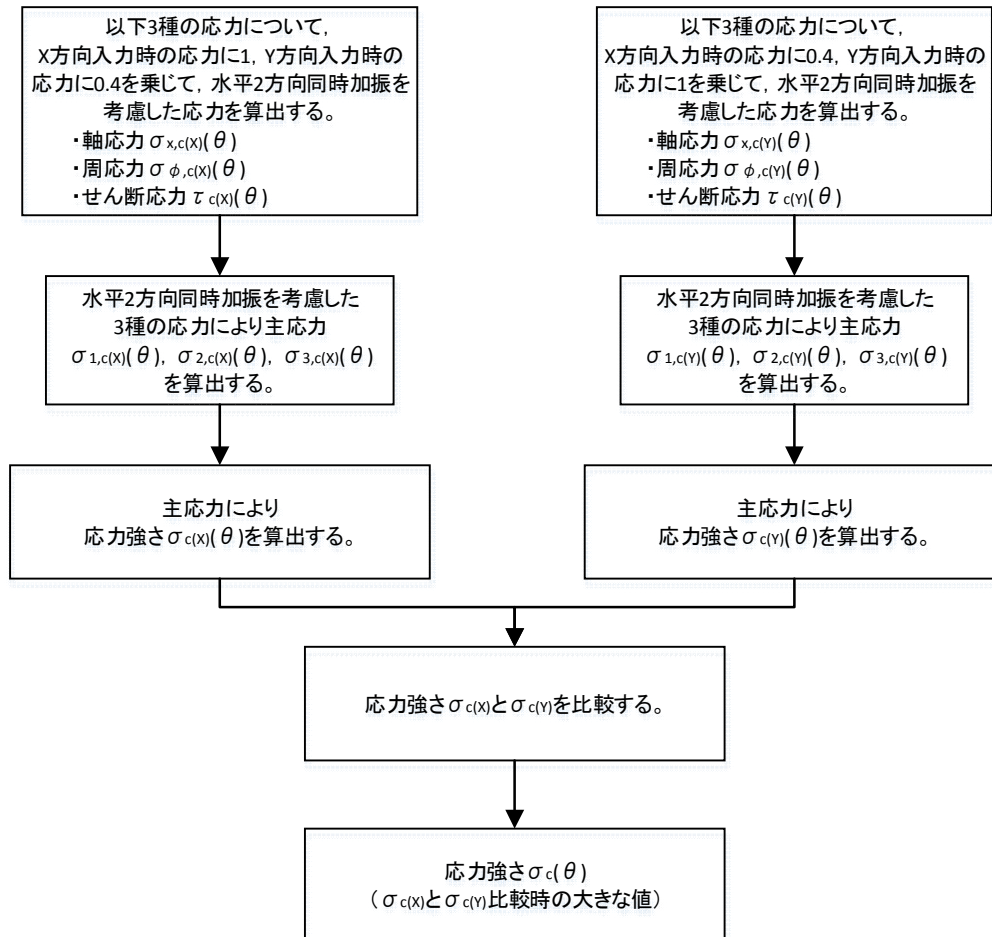


図 4-5 組合せ係数法による組合せ応力算出フロー

X 方向入力時の応力に 1, Y 方向入力時の応力に 0.4 を乗じて組み合わせた水平 2 方向同時加振を考慮した応力は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}\sigma_{x,c(X)}(\theta) &= \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta) \\ \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) &= \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta) \\ \tau_{c(X)}(\theta) &= \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)\end{aligned}$$

水平 2 方向同時加振を考慮した各応力により, 主応力強さ $\sigma_{1,c(X)}(\theta)$, $\sigma_{2,c(X)}(\theta)$, $\sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下の通りに表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{1,c(X)}(\theta) &= \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right) \\ \sigma_{2,c(X)}(\theta) &= \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right) \\ \sigma_{3,c(X)}(\theta) &= 0\end{aligned}$$

各主応力により, 応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下の通りとなる。

$$\sigma_{c(X)}(\theta) = \max(|\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta)|)$$

同様に, Y 方向入力時の応力に 1, X 方向入力時の応力に 0.4 を乗じて組み合わせた水平 2 方向同時加振を考慮した応力により, 応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。

この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し, 大きな値を $\sigma_c(\theta)$ とする。

$$\sigma_c(\theta) = \max(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$$

ここで $\theta=0^\circ$ の場合, 表 4-1 より $\sigma_{x,X}(0^\circ)=12.28$, 表 4-2 より $\sigma_{\phi,X}(0^\circ)=3.54$, 表 4-3 より $\tau_X(0^\circ)=1.08$ であるため,

$$\begin{aligned}\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 12.41 \\ \sigma_{2,c(X)}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 3.41 \\ \sigma_{3,c(X)}(0^\circ) &= 0\end{aligned}$$

となる。したがって, 応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \max(|12.41 - 3.41|, |3.41 - 0|, |0 - 12.41|) = 12.41$$

同様に, 表 4-1 より $\sigma_{x,Y}(0^\circ)=4.91$, 表 4-2 より $\sigma_{\phi,Y}(0^\circ)=1.42$, 表 4-3 より $\tau_Y(0^\circ)=2.70$ であるため

$$\begin{aligned}\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 6.38 \\ \sigma_{2,c(Y)}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = -0.05 \\ \sigma_{3,c(Y)}(0^\circ) &= 0\end{aligned}$$

となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(Y)}(0^\circ) = \max(|6.38 - (-0.05)|, |-0.05 - 0|, |0 - 6.38|) = 6.43$$

応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ により、組合せ係数法による水平 2 方向同時加振時を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は

$$\sigma_c(0^\circ) = \max(12.41, 6.43) = 12.41$$

となる。

<SRSS 法による水平 2 方向同時加振を考慮した組合せ応力強さ $\sigma_s(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$, $\sigma_{2,s}(\theta)$, $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下の通りに表される。

$$\begin{aligned}\sigma_{1,s}(\theta) &= \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right) \\ \sigma_{2,s}(\theta) &= \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right) \\ \sigma_{3,s} &= 0\end{aligned}$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下の通りとなる。

$$\sigma_s(\theta) = \max(|\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta)|, |\sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta)|, |\sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta)|)$$

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、表 4-1 より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 12.28$ 、表 4-2 より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 3.54$ 、表 4-3 より $\tau_s(0^\circ) = 2.70$ であるため、

$$\begin{aligned}\sigma_{1,s}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 13.05 \\ \sigma_{2,s}(0^\circ) &= \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 2.77 \\ \sigma_{3,s}(0^\circ) &= 0\end{aligned}$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0|, |0 - 13.05|) = 13.05$$

$\theta = 0^\circ$ の場合に SRSS 法、組合せ係数法を用いて算出した応力強さを表 4-4 にまとめる。

表 4-4 SRSS 法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さ ($\theta = 0^\circ$)

	X	Y	SRSS 法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_x(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} =$ 12.28	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 12.28	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 4.91
$\sigma_\phi(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} =$ 3.54	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 3.54	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 1.42
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} =$ 2.70	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 =$ 1.08	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 =$ 2.70
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 +$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 13.05	$1/2 \times [12.28 + 3.54 +$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2\}}] =$ 3.41	$1/2 \times [4.91 + 1.42 +$ $\sqrt{\{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 6.38
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 -$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 2.77	$1/2 \times [12.28 + 3.54 -$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2\}}] =$ 12.41	$1/2 \times [4.91 + 1.42 -$ $\sqrt{\{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ -0.05
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0	0	0
$\sigma(\theta)$	-	-	MAX ($ 13.05 - 2.77 $, $ 2.77 - 0 $, $ 0 - 13.05 $) = 13.05	MAX ($ 3.41 - 12.41 $, $ 12.41 - 0 $, $ 0 - 3.41 $) = 12.41	MAX ($ -0.05 - 6.38 $, $ 6.38 - 0 $, $ 0 - (0.05) $) = 6.43
			Max(12.41, 6.43) = 12.41		

算出した応力強さの分布及び分布図を表 4-5、図 4-6 に示す。

表 4-5 水平地震時の組合せ応力強さ分布

角度	X 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2 方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.05
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.05
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.05
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.05
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.05

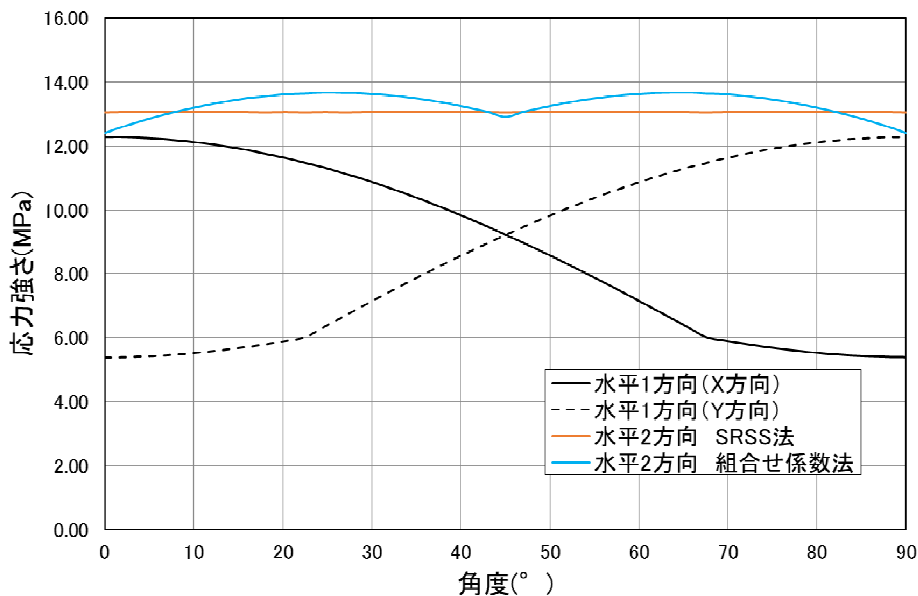


図 4-6 水平地震時組合せ応力強さ分布図

組合せ応力強さは SRSS 法では全方向において一定であるのに対して、組合せ係数法では 24.75°/65.25° 方向に 2 つのピークをもつ分布となった。組合せ応力強さは 0°/45°/90° 方向付近では SRSS 法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ 24.75°/65.25° 方向付近では SRSS 法を約 5% 上回る結果となった。

水平 2 方向入力時の SRSS 法による組合せ最大応力強さは水平 1 方向入力時の最大応力強さに対して 6% 上回る程度であり (表 4-6 参照)、水平 2 方向による影響は軽微と言える。一方、水平 2 方向入力時の組合せ係数法による組合せ最大応力強さについては、水平 1 方向入力時の最大応力強さに対して 11% 上回る結果となった。これは水平 2 方向の影響軽微と判断する基準 (応力の増分が 1 割) を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を

考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。

表 4-6 水平地震時の最大組合せ応力強さ及び水平2方向による影響

		最大組合せ応力強さ [MPa]	水平2方向／水平1方向 最大応力強さ比
水平1方向入力		12.28	1.00
水平2方向入力	SRSS法	13.05	1.06
	組合せ係数法	13.67	1.11

5 水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）

5.1 はじめに

本項は、ダイヤフラムフロアに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

5.2 ダイヤフラムフロアの構造

ダイヤフラムフロアは鉄筋コンクリート製格納容器（以下、「RCCV」と呼ぶ。）をドライウエルとサプレッションチェンバに仕切る構造物である。ダイヤフラムフロアは鉄筋コンクリート製のスラブであり、RCCV及び原子炉本体基礎で支持されている。ダイヤフラムフロアとRCCVの接合部にはシアプレートが放射状に設置されており、円周方向及び鉛直方向の力の伝達を行う。原子炉本体基礎との接合部には、ダイヤフラムフロアが原子炉本体基礎に上載する構造とし、原子炉本体基礎上面にシアプレート及び頭付きスタッドが放射状に設置されており、円周・半径方向力の伝達を行う（図5-1）。

5.3 現行評価の手法

ダイヤフラムフロアに作用する地震力は、NS、EW方向のうち最大となるものを用いる。

鉄筋コンクリートスラブは軸力、曲げ応力により発生する引張応力度、圧縮応力度と面外せん断力について評価を実施している。

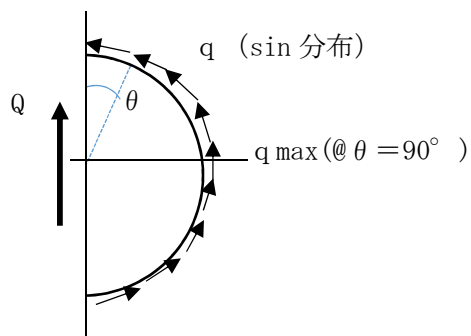
シアプレート及び頭付きスタッドは、地震時の水平力または鉛直力によるせん断応力度と曲げモーメントによる曲げ応力度について評価を実施している。

5.4 水平2方向同時加振の影響

鉄筋コンクリートスラブに作用する荷重は鉛直方向の荷重が支配的であり、水平2方向の地震を組み合わせた場合でも、引張応力度、圧縮応力度及び面外せん断力に与える影響は軽微である。

地震時にダイヤフラムフロア全体に加わる水平力 Q とした場合、ダイヤフラムフロア端部に加わる水平力 q は \sin 分布として与えている（図5-2）ため、地震方向との角度 θ が 90° の位置で最大となることから、NS、EW方向で最大となる地震力の位置は異なる（図5-3）。

さらに、水平2方向同時加振時の水平力の合力は、水平1方向加振時の最大の水平力と比較し、SRSS法を用いた場合は同値、組合せ係数法を用いた場合は最大で約1.08倍の値となる（図5-4）ため、水平2方向同時加振の影響は軽微である。



Q:地震時にダイヤフラムフロア全体が受ける水平力
 q:ダイヤフラム端部に作用する水平力

図 5-2 ダイヤフラムフロア端部における水平力の分布

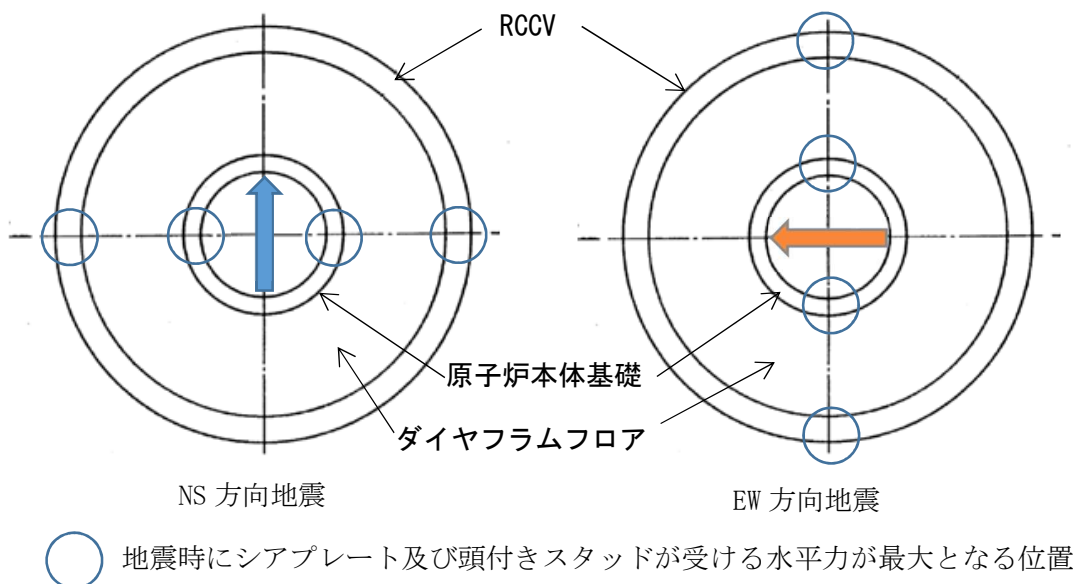
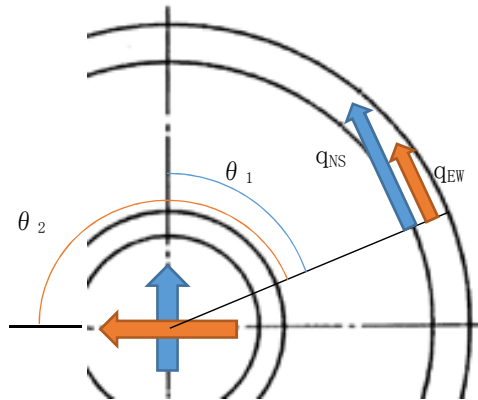


図 5-3 シアプレート及び頭付きスタッドに与える各方向地震による最大水平力発生点



NS 加振時水平力 : $q_{NS} = Q / \pi r \times \sin \theta_1$
 EW 加振時水平力 : $q_{EW} = Q / \pi r \times \sin \theta_2$
 $= Q / \pi r \times \sin(\pi/2 + \theta_1)$
 $= Q / \pi r \times \cos \theta_1$

← : NS 方向加振時 ← : EW 方向加振時

< 組合せ係数法を用いた 2 方向加振時水平力 >

$$q = \max(q_{NS} + 0.4 \times q_{EW}, 0.4 \times q_{NS} + q_{EW})$$

$$= Q / \pi r \times \max(\sin \theta_1 + 0.4 \times \cos \theta_1, 0.4 \times \sin \theta_1 + \cos \theta_1)$$

< SRSS 法を用いた 2 方向加振時水平力 >

$$q = \sqrt{q_{NS}^2 + q_{EW}^2}$$

$$= \sqrt{(Q / \pi r \times \sin \theta_1)^2 + (Q / \pi r \times \cos \theta_1)^2}$$

$$= Q / \pi r$$

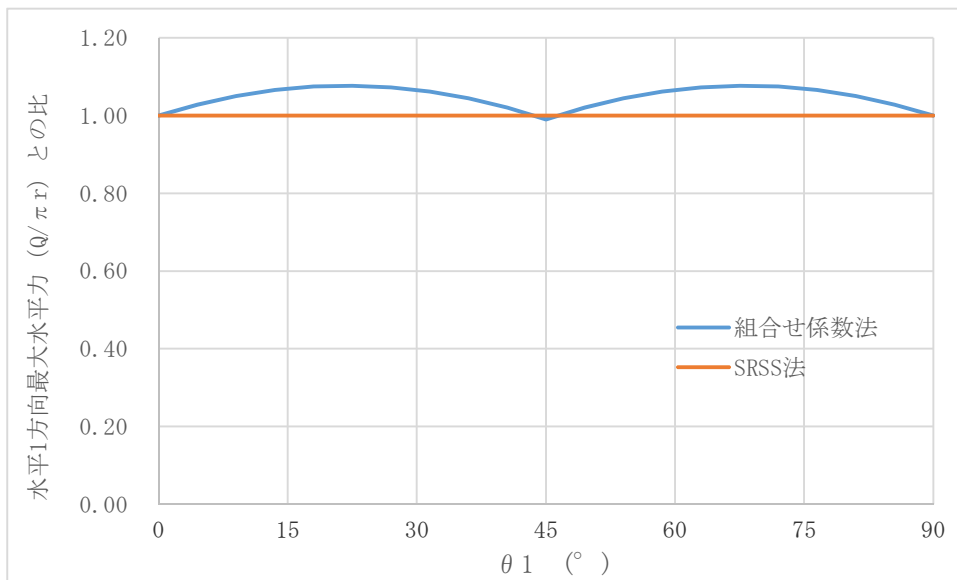


図 5-4 水平 2 方向同時加振時の水平力分布について

6 水平2方向同時加振の影響評価について（燃料取替機）

6.1 はじめに

本項は、燃料取替機（以下、FHM という。）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

6.2 現行評価の手法

FHM はレール上で車輪で移動する構造であるため、基本的には建屋との固定はないが、地震時に横行方向（走行レールに対し直角方向）にすべりが生じた場合は、レールに沿って取り付けられている脱線防止ラグがレールの側面と接触し、FHM のすべりを制限する構造となっている。つまり、ラグとレールが接触し、FHM が横行方向に建屋と固定された体系では、地震入力がFHM 本体へそのまま伝達されることが想定される。

一方、走行方向（走行レールの長手方向）については、FHM の車輪とレールの接触面（踏面）を介してFHM 本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微（FHM 本体への影響は軽微）と考えられる。

上記より、FHM 本体の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、水平2方向同時加振の考慮として、耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても、従来評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。

なお、FHM については、鉛直地震動が従来の静的地震力から動的地震力へ変更となっていることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向同時加振を想定した場合の現行評価の妥当性について今後の詳細検討において行うこととする。

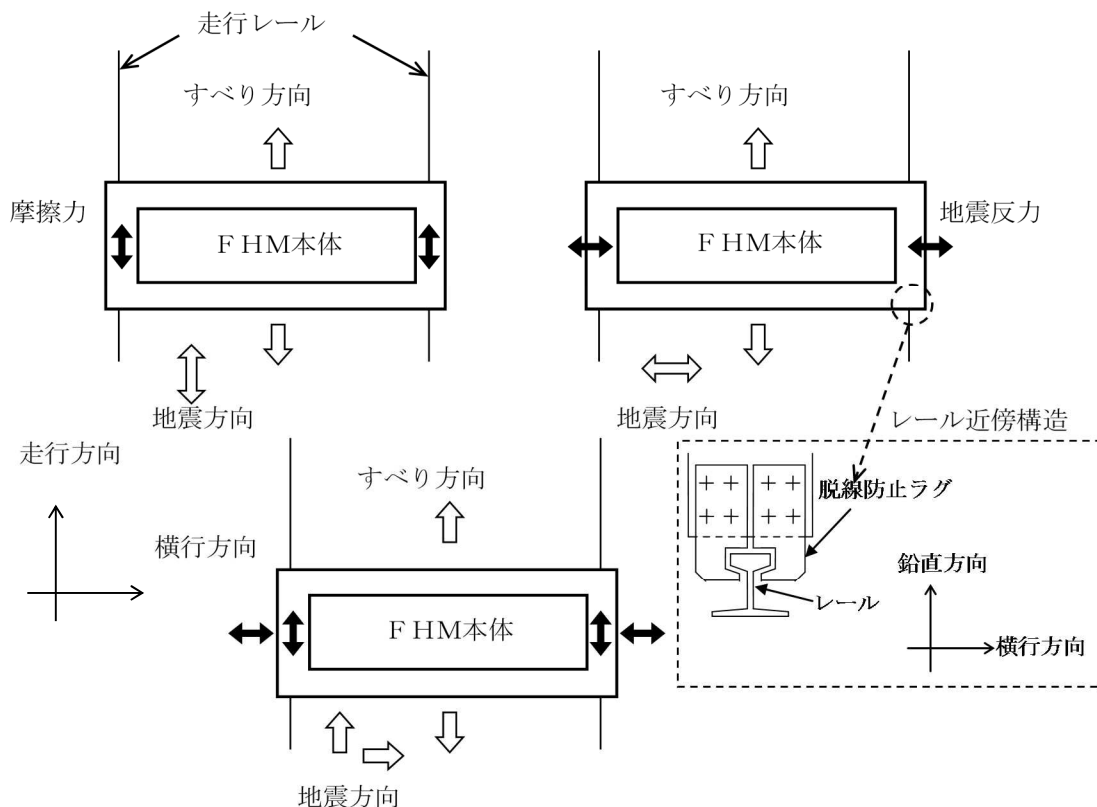


図 6-1 燃料取替機の負担する水平地震荷重

7 水平2方向同時加振の影響評価について（矩形配置されたボルト）

7.1 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おこなった。

7.2 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

図7-1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。

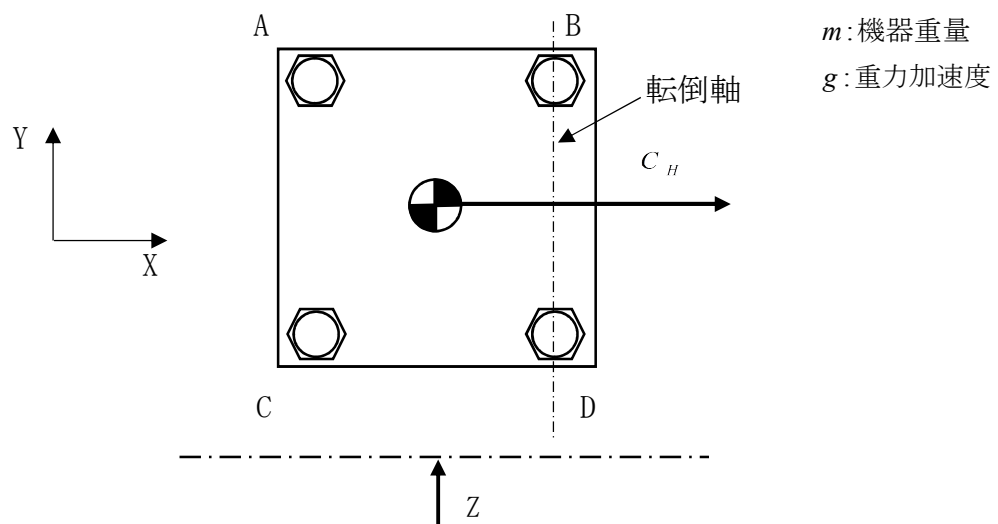


図7-1 水平1方向の地震力による応答（概要）

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

$$F_H = mgC_H$$

と表せ、 F_H によりボルト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、図 7-2 に示すとおりである。

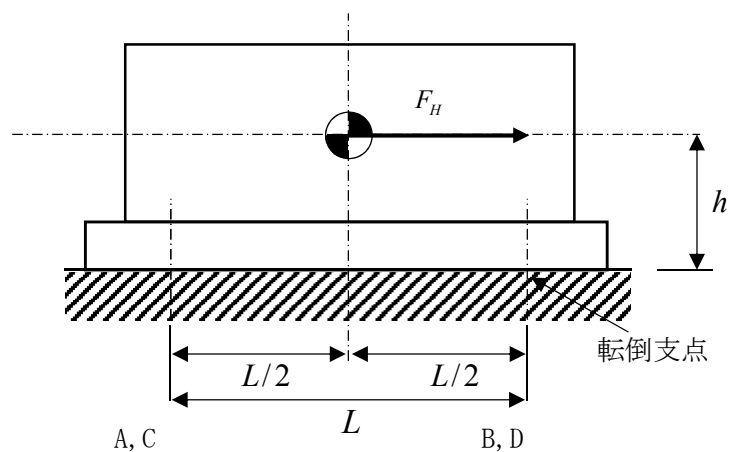


図 7-2 水平 1 方向の地震力による力 (Z 矢視図)

図 7-2 より、水平方向地震動による引張力は

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

である。

ボルトに掛かる引張応力 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、

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

である。水平 1 方向地震力を考慮する場合、ボルト A, C で全引張力を負担することから、

$n_f = 2$ であるため、ボルトに掛かる引張応力 σ_b は

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{mgC_H h}{2A_b L}$$

となる。

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

図7-3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 ($0.4C_x = C_y$)と仮定する。

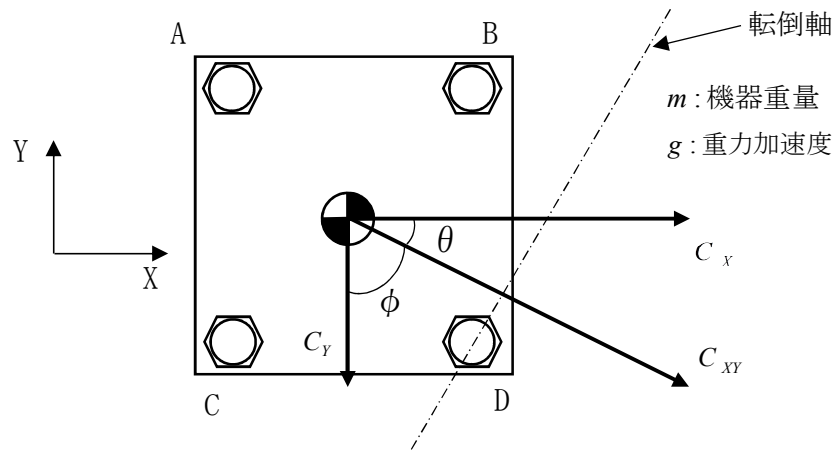


図7-3 水平2方向の地震力による応答 (概要)

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

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

と表せる。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、図7-5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、

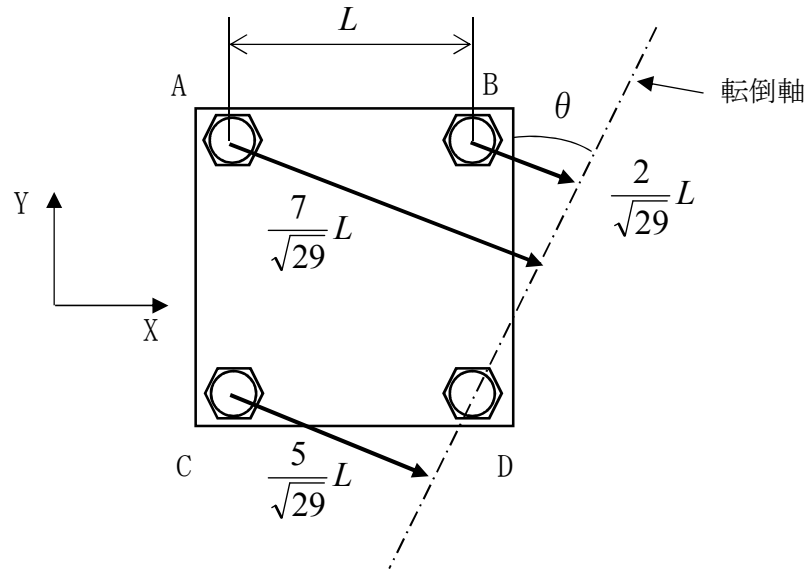


図 7-5 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

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。

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, 水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので,

$$mgC_{xy}h = \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A$$

であり, 引張力 F_A は以下の通りとなる。

$$F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L} (mgC_{xy}h)$$

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

$$\sigma_b' = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_bL} (mgC_{xy}h)$$

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

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{1}{2A_bL} (mgC_Hh)$$

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

$$\begin{aligned}\sigma_b' &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL} (mgC_{xy}h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} (mgC_Hh) \\ &= \frac{40.6}{39} \sigma_b \\ &\cong 1.04\sigma_b\end{aligned}$$

となる。したがって、水平 2 方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。

7.3 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が、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

となる。

水平 1 方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平 2 方向の地震力を考慮した場合

のせん断力 Q_b' はそれぞれ

$$Q_b = mgC_x$$

$$Q_b' = mg \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x \cong 1.08mgC_x$$

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、その影響は軽微である。

8 水平 2 方向同時加振の影響評価について（電気盤）

8.1 はじめに

本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平 2 方向入力の影響をまとめたものである。

8.2 水平 2 方向加振の影響について

電気盤に取り付けられている器具については、1 次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平 2 方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものとする。さらに器具の誤動作モードは、水平 1 方向を起因としたモードであるため、水平 2 方向加振による影響は軽微であるとする。

次頁より、メタクラ取付器具を代表とし、器具の構造から検討した結果をまとめる。

なお、メタクラ以外の器具については、今後の詳細検討において構造・型式等の観点から網羅的に整理し、影響が軽微であることを確認することとする。

8.2.1 補助リレー

(1) 構造，作動機構の概要

図 8-1 に補助リレーの構造及び作動機構を示す。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，可動接点は左右方向にのみ動くことのできる構造になっている。



図 8-1 補助リレー構造図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 8-1 から，器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより，接点が誤接触，または誤開放（左右方向）

ただし，補助リレーは取付部をボルト固定していること，また，器具の可動部は左右方向にのみ振動することから，誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と補助リレーの既往試験での確認済加速度及び試験結果を表 8-1 に示す。

表 8-1 補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
発生加速度 (G)	0.70	0.83	0.83
確認済加速度 (G)			

8.2.2 ノーヒューズブレーカ (MCCB)

(1) 構造, 作動機構の概要

図 8-2 に MCCB の構造及び作動機構を示す。配線用遮断器には熱動電磁式と完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の動作原理と内部構造を示す。

熱動電磁式は、過電流が流れるとバイメタルが彎曲し、トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ、キャッチがバネにより回転し、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、以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。

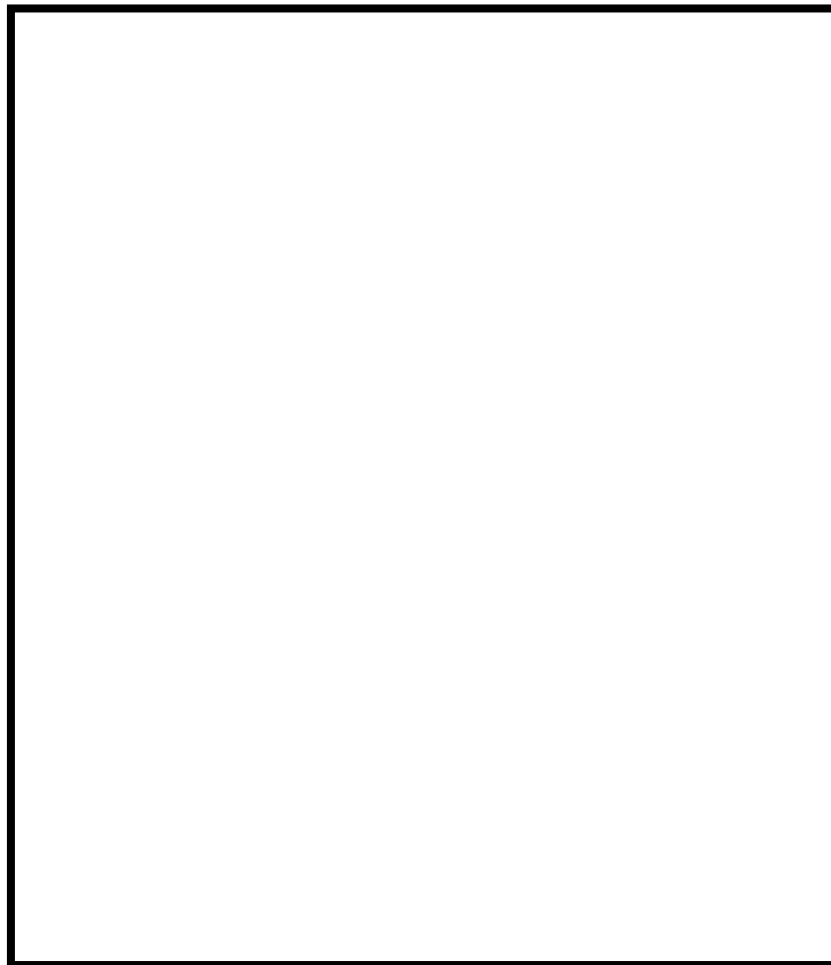


図 8-2 MCCB 構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図 8-2 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・ハンドルが逆方向へ動作する（上下方向）
- ・接点が乖離する（前後方向、左右方向）
- ・ラッチが外れてトリップする（前後方向、上下方向）

上記より、MCCBの誤動作として2方向の振動の影響が考えられる。ただし、ハンドルは1方向にしか振動できないこと、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、左右方向はずれによる）から、これらについては誤動作に至る事象は多次元的な影響はないものと考えられる。

ラッチ外れについては2軸（前後方向、上下方向）の影響は無視できないと考えられるが、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方向の影響はないものと考えられる。

なお、既往試験においては、ハンドルの移動に起因する誤動作事象は発生していない。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度とMCCBの既往試験での確認済加速度及び試験結果を表 8-2 に示す。

表 8-2 MCCBの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
発生加速度 (G)	0.70	0.83	0.83
確認済加速度 (G)			

8.2.3 過電流リレー（保護リレー）

（1）構造，作動機構の概要

図 8-3 に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーは，電流コイル 1 個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形リレーであり，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り付けられている。

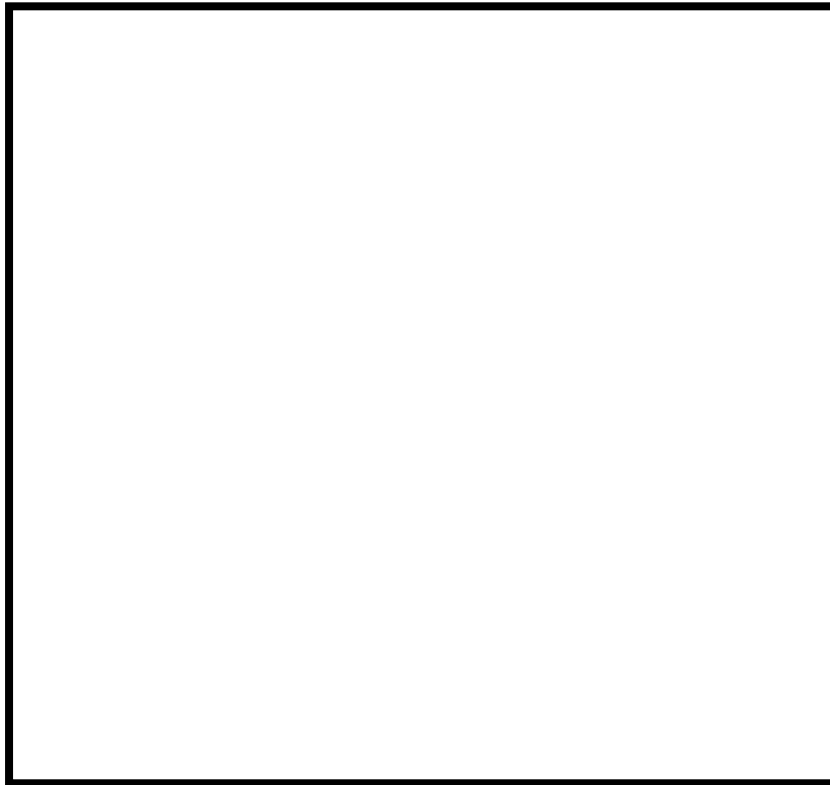


図 8-3 過電流リレー構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図 8-3 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・誘導円板が接触し、固渋する（上下方向）
- ・可動接点が振動し、接点の誤接触が生じる（前後、左右方向）

誘導円板の固渋については上下方向のため、水平2方向の影響はない。

接点の誤接触については、昭和 56 年の日本機械学会講演論文集「誘導円板型リレーの地震時誤動作に関する研究」において、誘導円板が水平2方向入力により、回転し接点接触により、誤動作が生じることが報告されている。しかし、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誘導円板の回転挙動が発生したが、地震波加振試験では誘導円板の回転挙動が発生しないことを確認している。したがって、地震波による水平2方向の影響はないものと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と過電流リレーの既往試験での確認済加速度及び試験結果を表 8-3 に示す。

表 8-3 過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	前後	左右	上下
発生加速度(G)	0.70	0.83	0.83
確認済加速度(G)			

荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明

1. はじめに

本資料は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組み合わせに関する検討において、荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出について、部材の特性より影響を考慮しないとした部位について、抽出根拠が明確になるよう、代表的な建屋について、対象部位の図面を示すものである。

対象部位の図面を示す建屋として、原子炉建屋（6号炉）及びタービン建屋（6号炉）を代表として示す。

2. 荷重の組み合わせによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明

2-1. 原子炉建屋（6号炉）

原子炉建屋（6号炉）の断面図及び平面図を図 2-1-1 及び図 2-1-2 に示す。なお、平面図については基準階として 1 階（T.M.S.L. 12.3）並びに上部構造のクレーン取付階伏図（T.M.S.L. 38.2）を代表として示す。

a. 柱

独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、図 2-1-2 に示すとおり、原子炉建屋の隅柱は耐震壁付きの隅柱であり直交する水平 2 方向の荷重による影響は小さい。

b. 梁

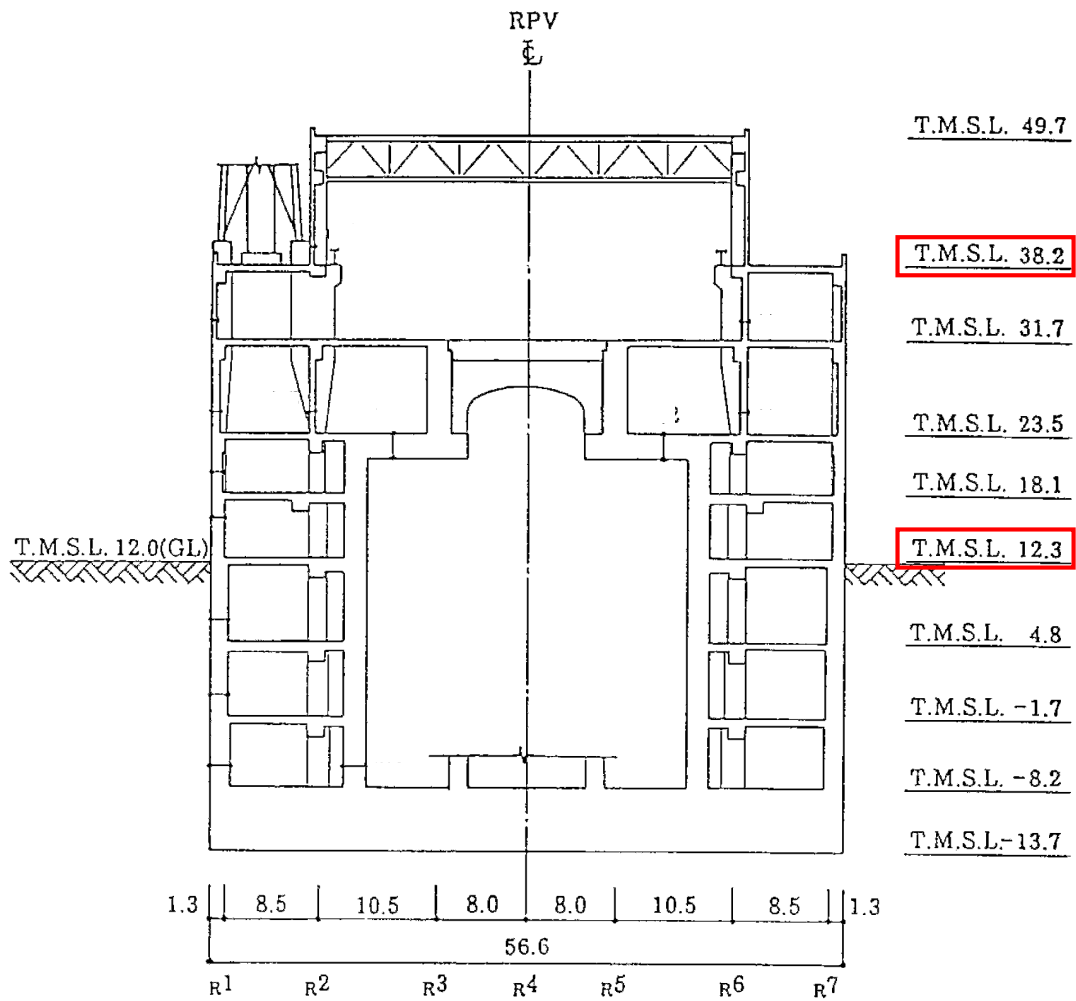
梁については、1 方向のみ荷重を負担することが基本であり、また図 2-1-2 に示す通り原子炉建屋の梁は床および壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。

c. 壁

壁については、1 方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、図 2-1-2 に示す通り原子炉建屋の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平 2 方向の荷重による影響は小さい。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、図 2-1-2 に示す通り四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。



赤枠内の平面図を示す

図 2-1-1 原子炉建屋 (6号炉) 断面図 (単位: m)

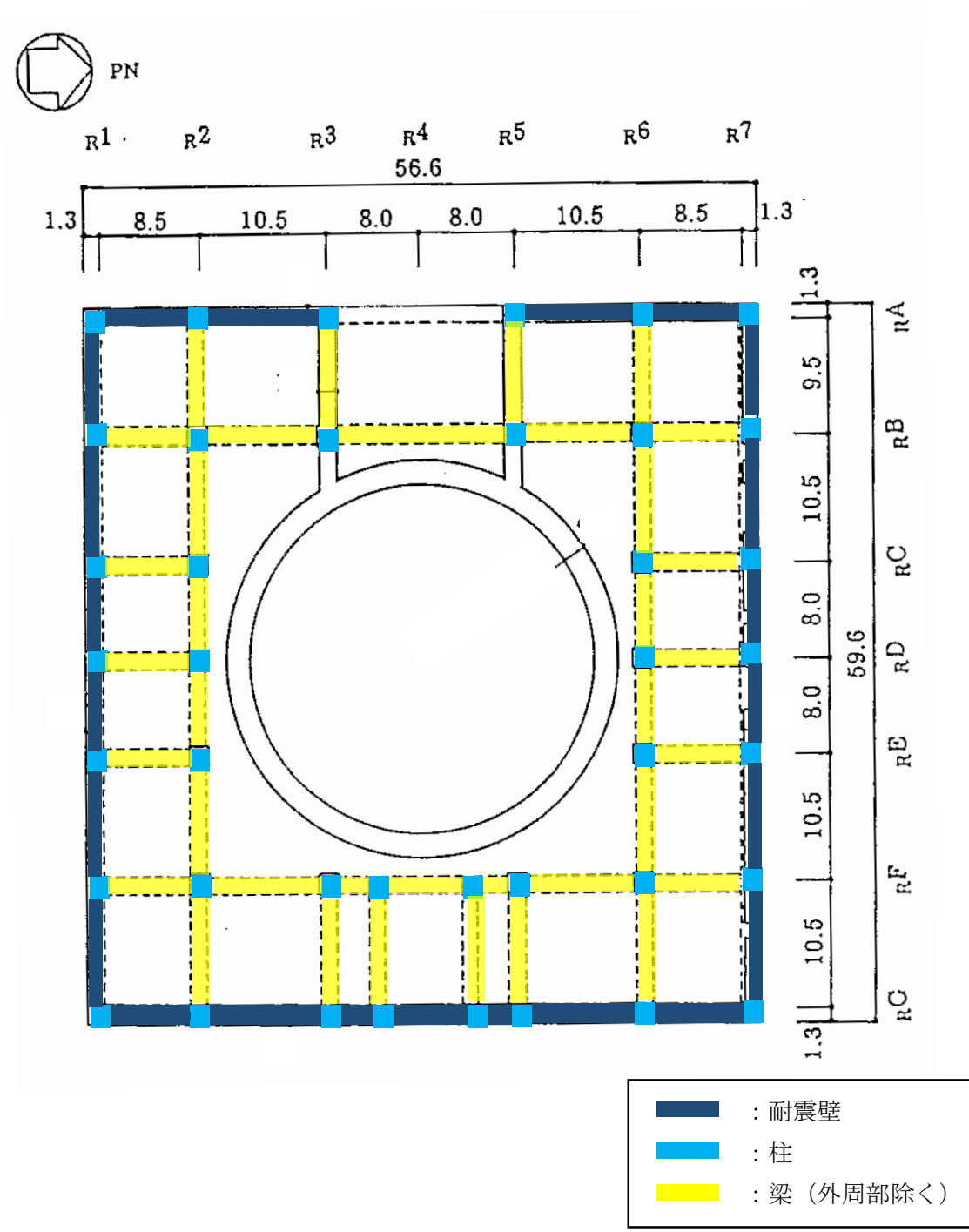


図 2-1-2 原子炉建屋 1 階伏図 (T.M.S.L.12.3) (単位 : m)

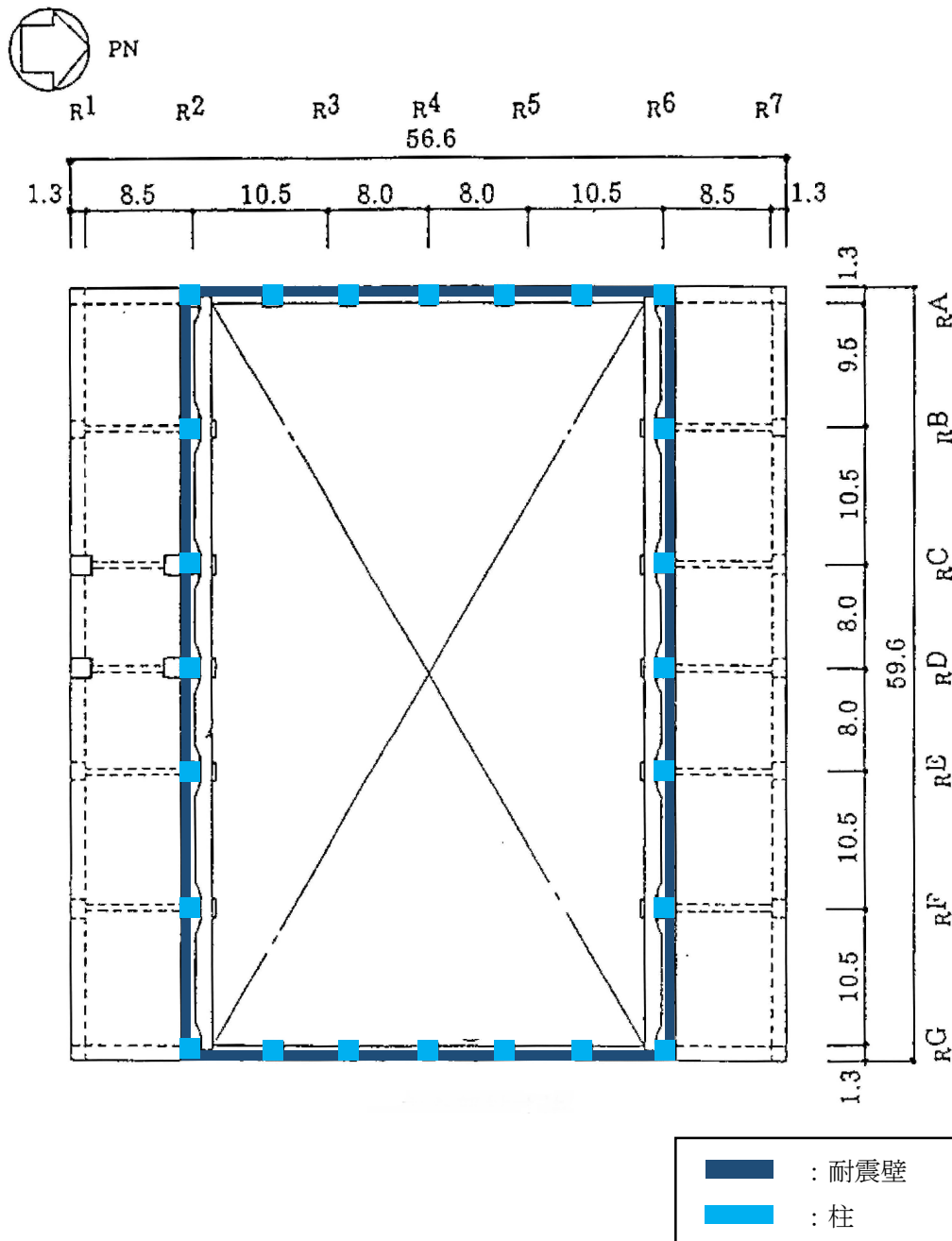


図 2-1-2 原子炉建屋 クレーン取付階伏図 (T.M.S.L.38.2) (単位 : m)

2-2. タービン建屋（6号炉）

タービン建屋（6号炉）の断面図及び平面図を図 2-2-1 及び図 2-2-2 に示す。なお、平面図については基準階として 1 階（T.M.S.L. 12.3）並びに上部構造の 3 階（T.M.S.L. 30.9）を代表として示す。

a. 柱

独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、図 2-2-2 に示すとおり、タービン建屋（6号炉）の隅柱は耐震壁又は鉄骨ブレース付きの隅柱であり直交する水平 2 方向の荷重による影響は小さい。

b. 梁

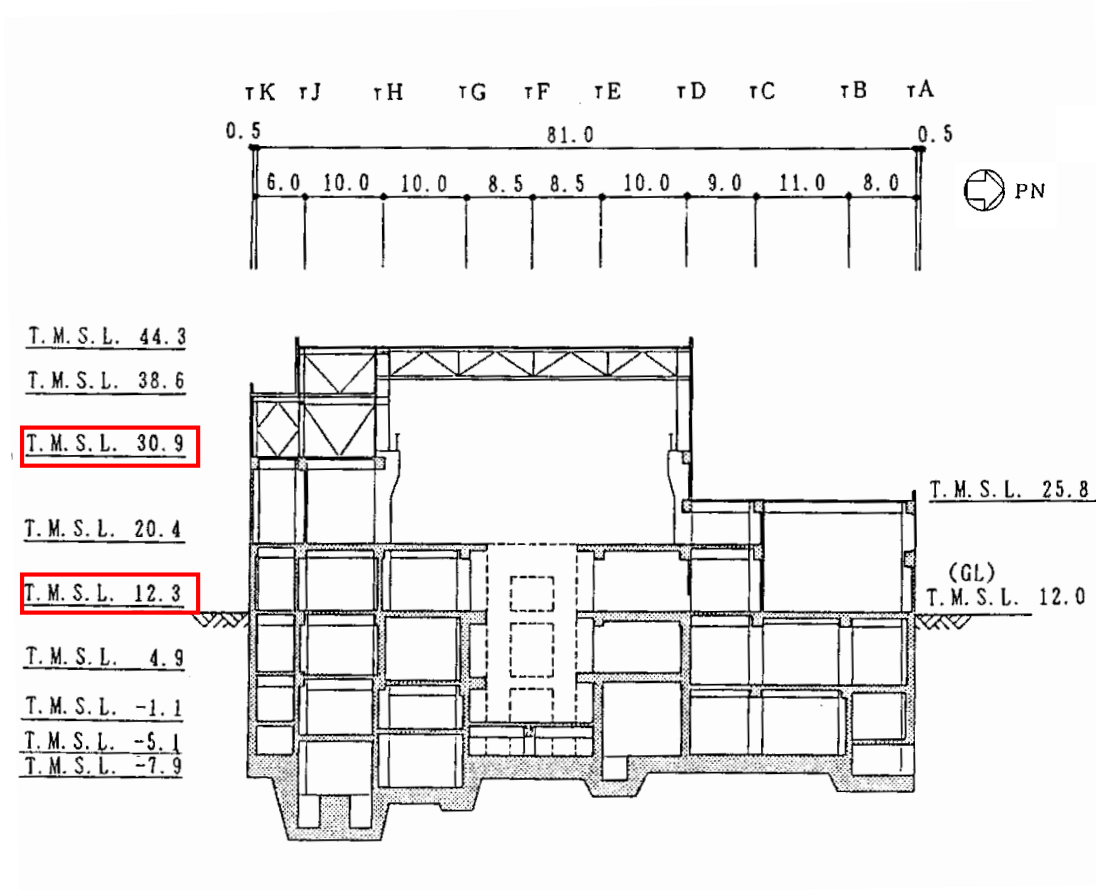
梁については、1 方向のみ荷重を負担することが基本であり、また図 2-2-2 に示す通りタービン建屋（6号炉）の梁は床および壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。

c. 壁

壁については、1 方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、図 2-2-2 に示す通りタービン建屋（6号炉）の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平 2 方向の荷重による影響は小さい。ただし、上部架構については、妻側片面にブレースが配置されていない構造となっている。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、図 2-2-2 に示す通り四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。



赤枠内の平面図を示す

図 2-2-1 タービン建屋 (6号炉) 断面図 (単位 : m)

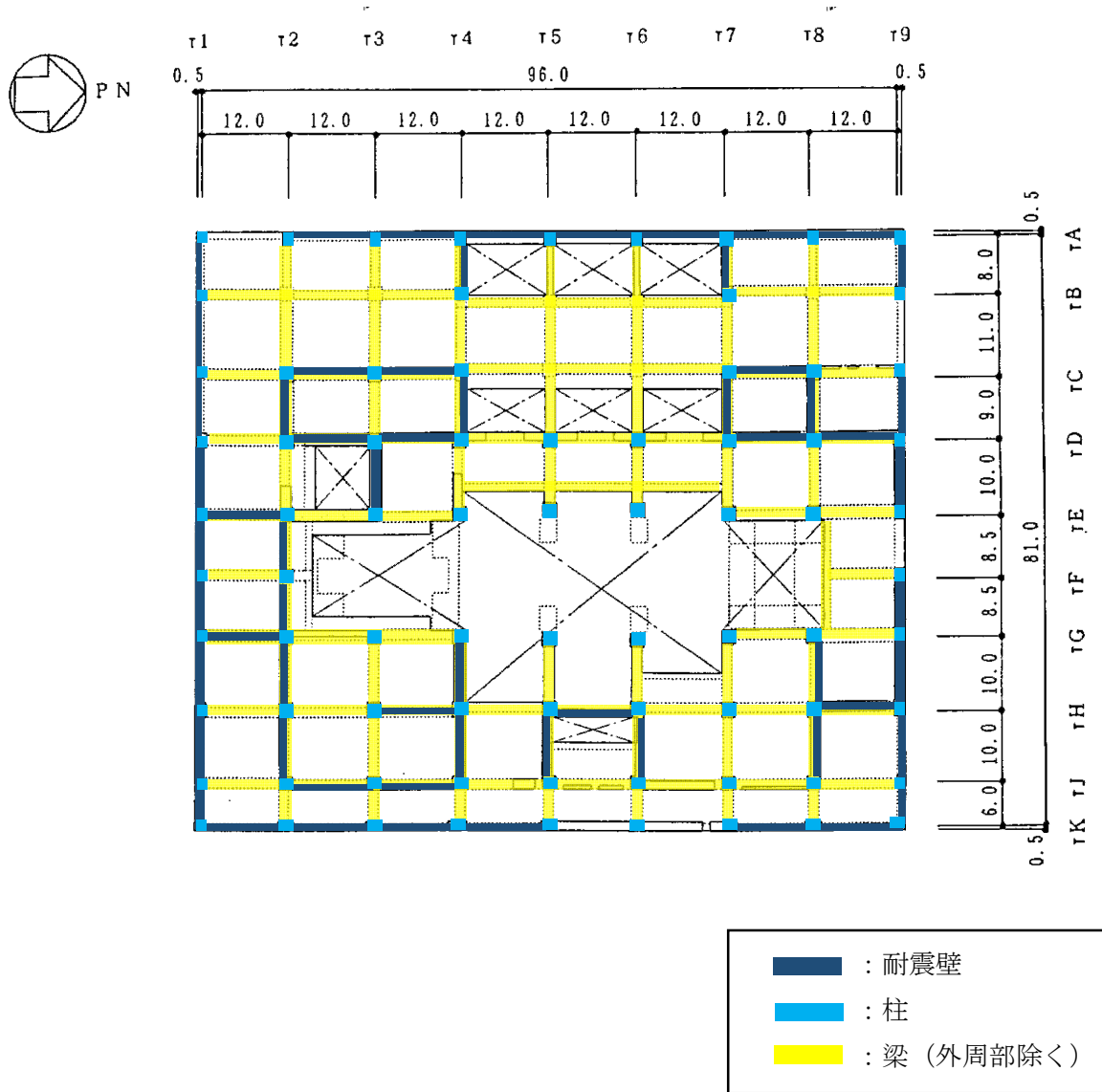


図 2-2-2 タービン建屋 (6号炉) 1階伏図 (T.M.S.L. 12.3) (単位 : m)

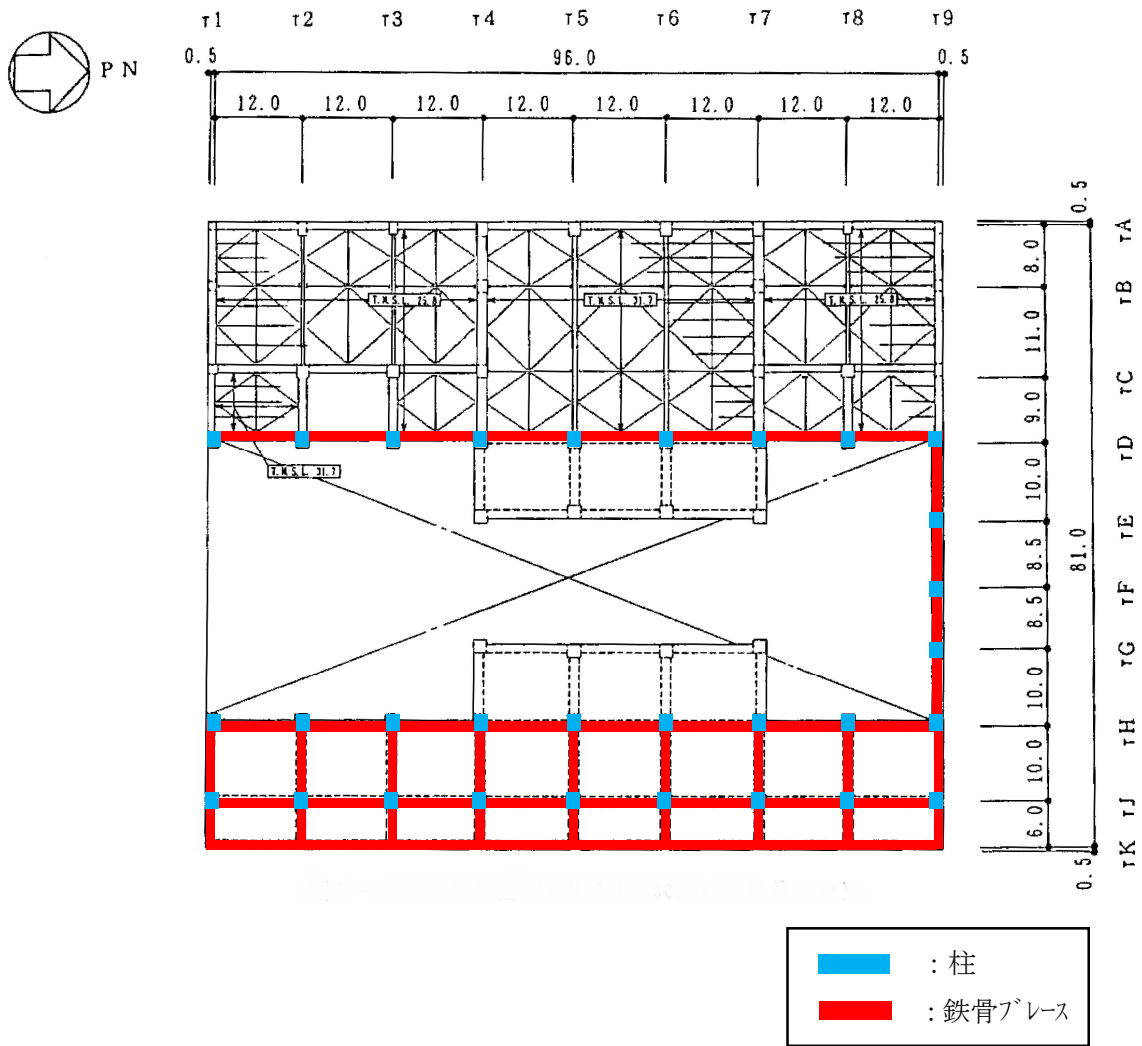


図 2-2-2 タービン建屋 (6号炉) 3階伏図 (T.M.S.L. 30.9) (単位 : m)

水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組合わせに対する梁の力学的特性

1. はじめに

本資料は、水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組合わせに対する評価対象部位として梁（一般部・鉄骨トラス）を抽出しない理由について、梁の力学的特性を補足説明するものである。

2. 梁の力学的特性

(1) 梁（一般部）

鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブで拘束されているため、梁には大きな応力は生じない。

(2) 鉄骨トラス

鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブやつなぎばりで拘束されているため、鉄骨トラスには大きな応力は生じない。

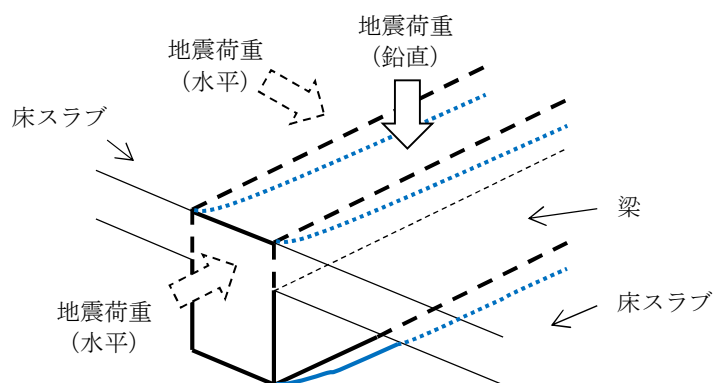


図1 地震荷重に対する梁の力学的特性

3. まとめ

梁は直交方向の地震力に対しては有効となる直交部材が存在することから、「荷重の組合せによる応答特性が想定される部位」として抽出しない。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせの影響評価に用いる 模擬地震波の作成方針

1. はじめに

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 Ss-1 及び Ss-3 並びに「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 Ss-8 については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平 2 方向のうち 1 方向について模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料は、模擬地震波の作成方針を示すものである。

2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 Ss-1 及び Ss-3 並びに「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 Ss-8 の水平方向の模擬地震波の作成方針を下記に示す。

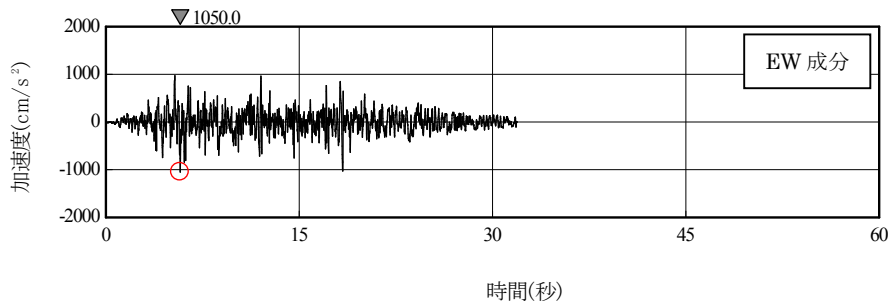
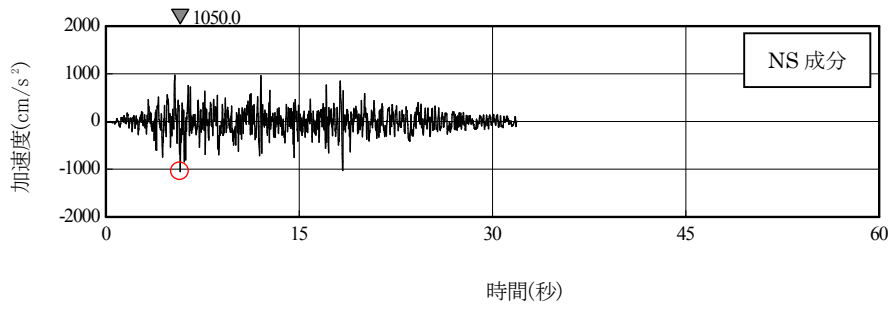
(1) 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動に対する模擬地震波

基準地震動 Ss-1 及び Ss-3 の模擬地震波について、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、基準地震動を作成した方法と同一の方法で、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。

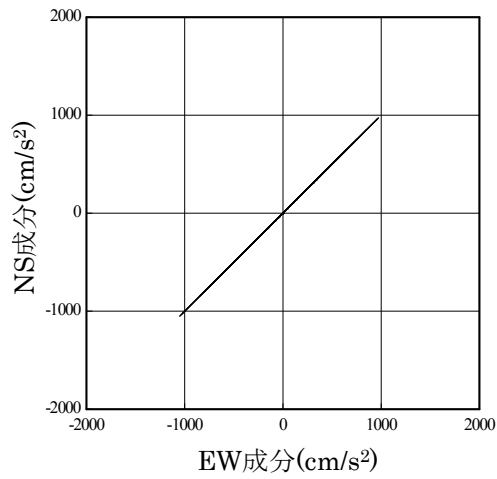
なお、念のために大湊側鉛直アレイ観測点 (T.M.S.L.-180m) の観測記録より、当該サイトにおいて、水平 2 方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動 Ss-1 を同時に水平 2 方向に入力した場合のオービット (図 1) と、観測記録の水平 2 方向のオービット (図 2,3) との比較を行った。図 1 より、全く同じ地震動を同時に水平 2 方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい 45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方、図 2,3 より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動に対する模擬地震波

基準地震動 Ss-8 は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004 年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動 Ss-8 における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤相当位置の地震動に基づき敷地地盤の物性等を踏まえて作成されている。模擬地震波については、基準地震動 Ss-8 の作成方法と同一の方法で、基準地震動 Ss-8 で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。

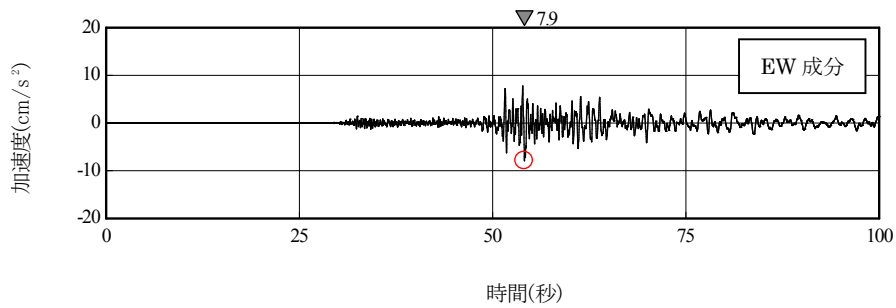
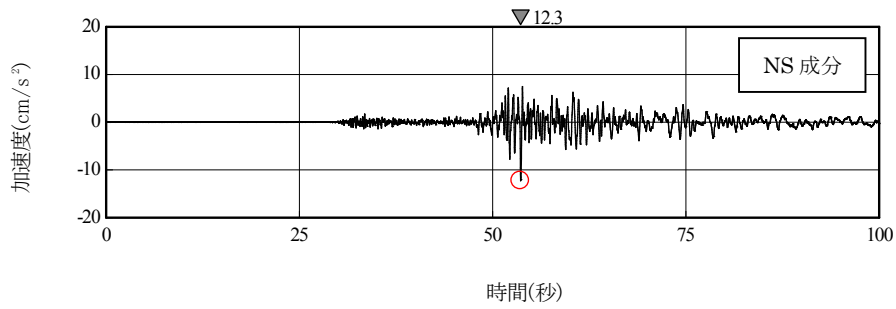


(a) 加速度時刻歴波形

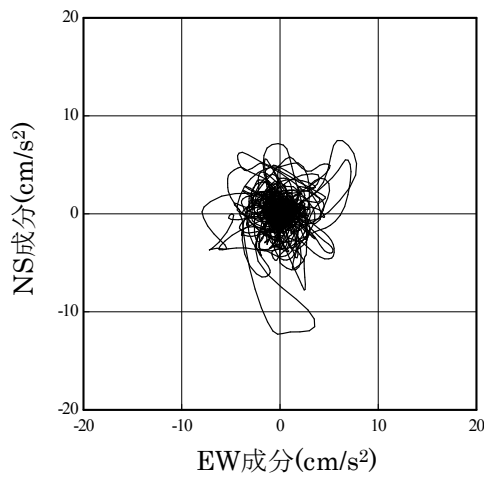


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 1 基準地震動 Ss-1H

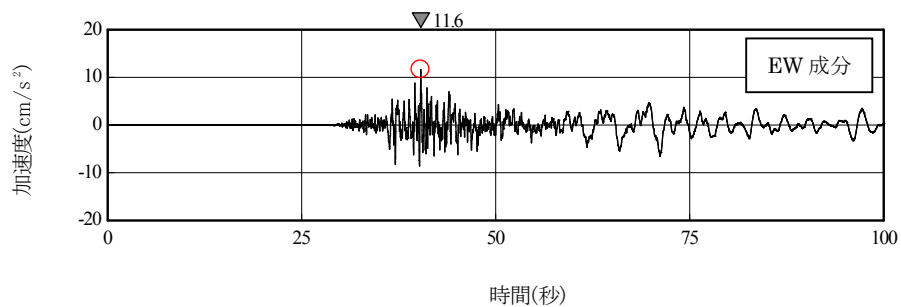
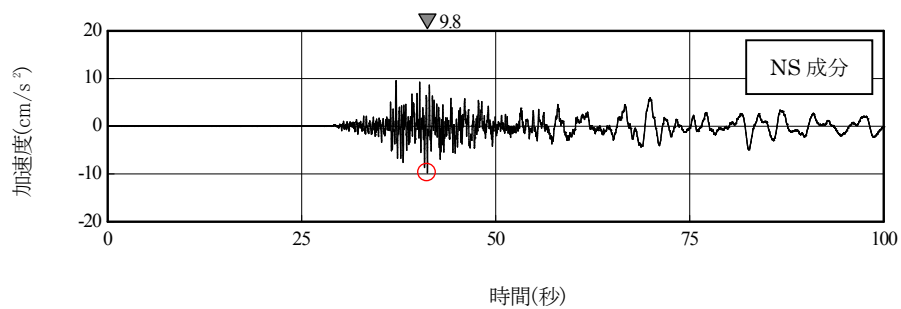


(a) 加速度時刻歴波形

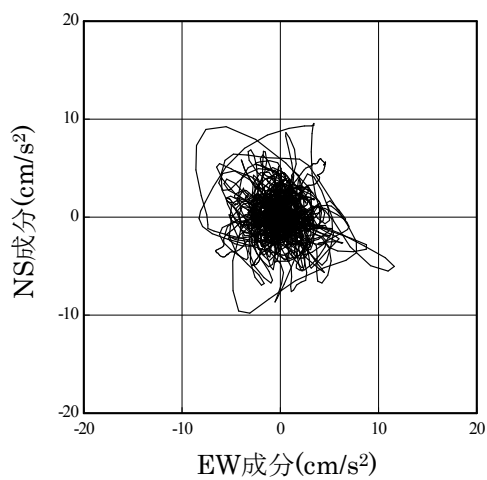


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2 2007 年能登半島地震観測記録 (大湊側鉛直アレイ観測点 T.M.S.L.-180m)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 3 2011 年長野県北部地震観測記録 (大湊側鉛直アレイ観測点 T.M.S.L.-180m)