

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点や防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0124_改11
提出年月日	2021年12月6日

VI-2-12-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する 影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 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地震動	1
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価結果	1
3.1 建物・構築物	1
3.1.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出	1
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部位の抽出結果	16
3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針	18
3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	19
3.1.5 原子炉建屋 3 次元 FEM モデルによる面外応答の耐震壁への影響検討結果	42
3.2 機器・配管系	46
3.2.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備の抽出	46
3.2.2 建物・構築物, 屋外重要土木構造物, 津波防護施設, 浸水防止設備及び 津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	48
3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備の抽出結果	48
3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	48
3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	49
3.2.6 原子炉建屋 3 次元 FEM モデルによる面外応答の機器・配管系への 影響検討結果	50
3.2.7 まとめ	50
3.3 屋外重要土木構造物	73
3.3.1 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	73
3.3.2 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結果	98
3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	109
3.3.4 機器・配管系への影響	124
3.3.5 まとめ	125
3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	126
3.4.1 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	126
3.4.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	152
3.4.4 機器・配管系への影響	169
3.4.5 まとめ	169

: 本日の説明範囲

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち「4.1 地震力の算定法(2) 動的地震力」及び、添付書類「VI-2-1-8 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」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力により、施設が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 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は、基準地震動 S_s を用いる。基準地震動 S_s は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」による。

ここで、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に用いる基準地震動 S_s は、複数の基準地震動 S_s における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、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組合せに対する影響評価結果

3.1 建物・構築物

3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、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3-1-1に示す。

(2) 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3-1-2及び3-1-3に示す。

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突の有無の判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱、はり）を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

(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3-1-1に示す耐震評価上の構成部位のうち、表3-1-2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3-1-4に示す。

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」する部位として、排気筒、第1号機排気筒の柱（隅部）、原子炉建屋、制御建屋、第3号機海水熱交換器建屋、緊急用電気品建屋、緊急時対策建屋の基礎（矩形）を抽出した。

なお、排気筒の基礎は、マスコンクリート基礎であり、剛体とみなすことから該当しない。

また、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」する部位としては、使用済燃料プールの壁（一般部）並びに原子炉建屋、制御建屋、タービン建屋、補助ボイラー建屋、第1号機制御建屋、第3号機海水熱交換器建屋、緊急用電気品建屋、緊急時対策建屋の壁（地下部）を抽出した。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

表3-1-1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3-1-5に示す。

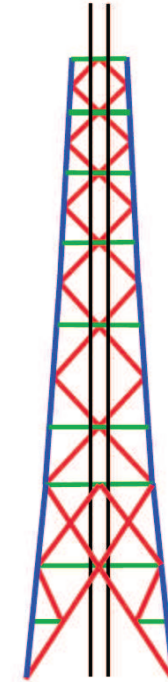
応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位として、原子炉建屋（燃料取替床レベル）の壁（一般部）を抽出した。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する可能性がある部位として、抽出する部位はなかった。

表 3-1-1(1) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位 (1/3)

耐震性評価部位		原子炉建屋			制御建屋	排気筒
		使用済燃料プール		上部鉄骨		
		RC造	RC造			
柱	一般部	○	-	○	○	○
	隅部	○	-	○	○	○
	地下部	○	-	-	○	-
はり	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 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし



- : 柱 (一般部) → 筒身
- : 柱 (隅部) → 主柱材
- : はり (一般部) → 水平材
- : 壁 (鉄骨ブレース) → 斜材として整理する。

参考：排気筒構成部位概要図

表3-1-1(2) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位 (2/3)

耐震性評価部位		第3号機海水熱交換器建屋	緊急用電気品建屋	緊急時対策建屋
		RC造	S造, RC造	S造, RC造, SRC造
柱	一般部	○	○	○
	隅部	○	○	-
	地下部	○	○	○
はり	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 ○：対象の構造部材あり，-：対象の構造部材なし

表 3-1-1(3) 各建物・構築物における耐震評価上の構成部位 (3/3)

耐震性評価部位		タービン建屋		補助ボイラー建屋	第 1 号機 制御建屋	第 1 号機 排気筒
		上部鉄骨				
		RC 造	S 造, SRC 造	S 造, RC 造, SRC 造	S 造, RC 造	S 造, RC 造
柱	一般部	○	○	○	○	○
	隅部	○	○	○	○	○
	地下部	○	-	○	○	-
はり	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 ○：対象の構造部材あり， -：対象の構造部材なし

表 3-1-2 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)

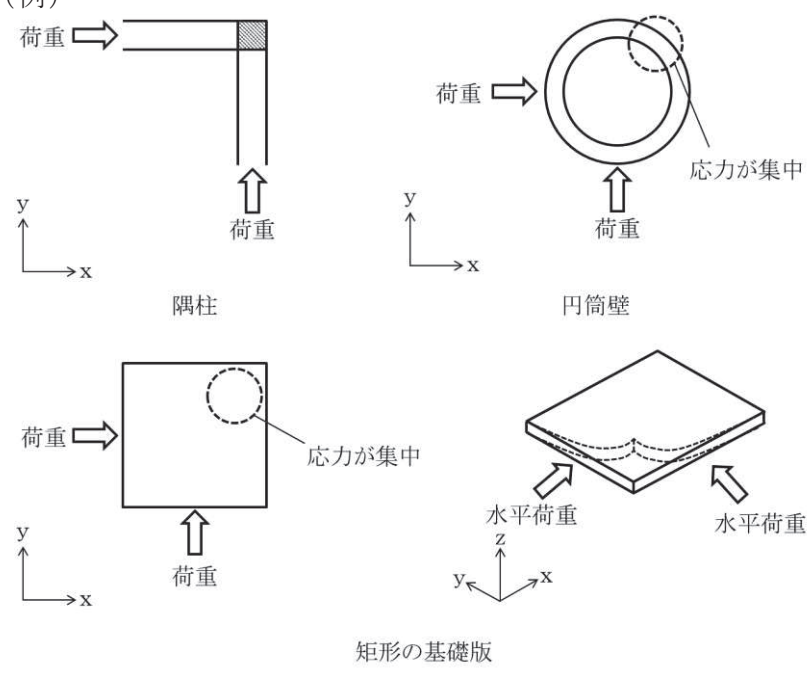
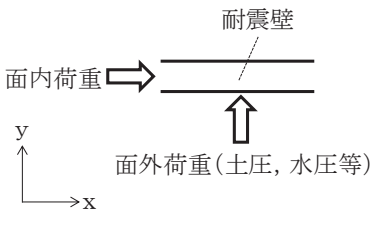
荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平 2 方向の荷重 が、応力とし て集中</p>	<p>応力が集中する隅柱等 (例)</p>  <p>隅柱</p> <p>円筒壁</p> <p>矩形の基礎版</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用</p>	<p>土圧を負担する地下耐震壁 水圧を負担するプール壁等</p> <p>(例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外荷重(土圧, 水圧等)</p>

表 3-1-3 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)

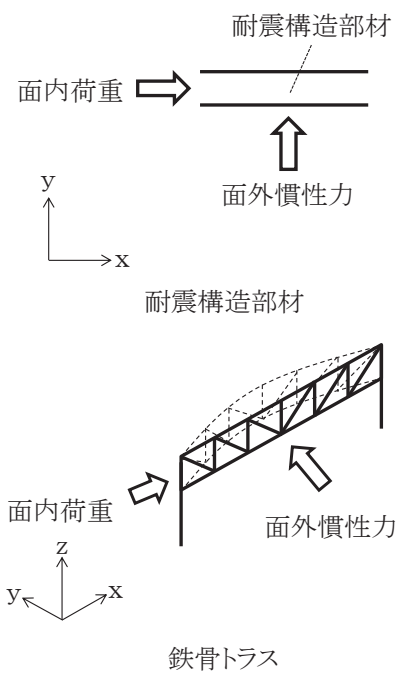
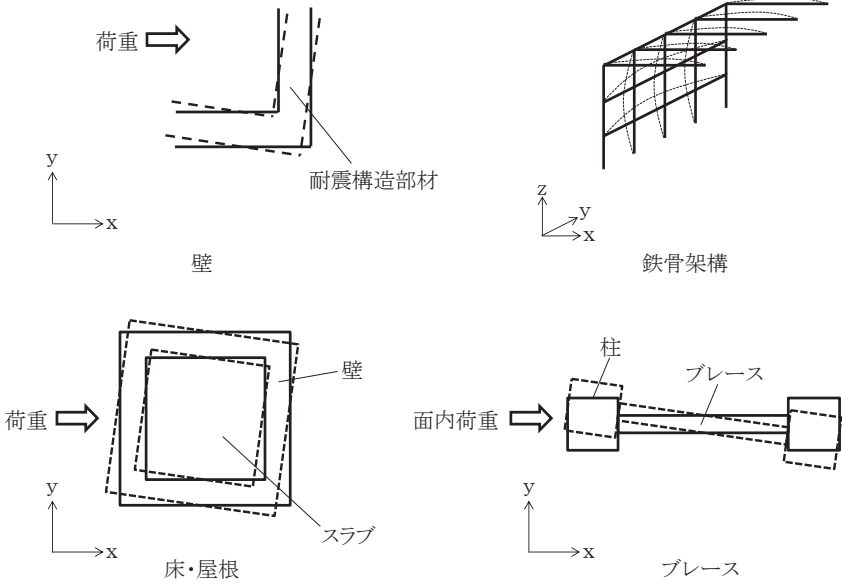
3 次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位 (例)</p> 
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物等含む，ねじれ挙動が想定される建物・構築物 (例)</p> 

表 3-1-4(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (1/3)
(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)

耐震性評価部位		原子炉建屋			制御建屋	排気筒
		RC 造	使用済燃料プール	上部鉄骨		
			RC 造	RC 造	S 造, SRC 造	S 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	要①-1
	地下部	該当なし	-	-	該当なし	-
はり	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	該当なし	-
壁	一般部	該当なし	要①-2	-	該当なし	-
	地下部	要①-2	-	-	要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	-
基礎	矩形	要①-1	-	-	要①-1	該当なし
	杭基礎	-	-	-	-	-

- 凡例
- ・ 要：評価必要
 - ・ 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」

表 3-1-4(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (2/3)
(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)

耐震性評価部位		第 3 号機海水熱交換器建屋	緊急用電気品建屋	緊急時対策建屋
		RC 造	S 造, RC 造	S 造, RC 造, SRC 造
柱	一般部	該当なし	該当なし	該当なし
	隅部	該当なし	要①-1	-
	地下部	該当なし	該当なし	該当なし
はり	一般部	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
	鉄骨トラス	-	-	-
壁	一般部	該当なし	該当なし	該当なし
	地下部	要①-2	要①-2	要①-2
	鉄骨ブレース	-	-	-
床・屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし
基礎	矩形	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	-	-	-

- 凡例
- ・要：評価必要
 - ・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」

表 3-1-4(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (3/3)
(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)

耐震性評価部位		タービン建屋		補助ボイラー建屋	第 1 号機制御建屋	第 1 号機排気筒
		RC 造	上部鉄骨 S 造, SRC 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
	隅部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	要①-1
	地下部	該当なし	-	該当なし	該当なし	-
はり	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	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	要①-2	-	要①-2	要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	-
基礎	矩形	不要*	-	不要*	不要*	不要*
	杭基礎	-	-	-	-	-

- 凡例
- ・ 要：評価必要
 - ・ 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」

注記*：上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋及び第 1 号機排気筒は、衝突の有無の判断が基本となることから、上部躯体を対象に評価しており、評価対象建屋は耐震壁、第 1 号機排気筒は筒身及び鉄塔を主たる評価対象部位としている。そのため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、耐震評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。

表 3-1-5(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (1/3)
(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			制御建屋	排気筒
		RC 造	使用済燃料プール	上部鉄骨		
			RC 造	S 造, SRC 造	S 造, RC 造	S 造, RC 造
柱	一般部	不要	-	不要	不要	不要
	隅部	不要	-	不要	不要	要①-1
	地下部	不要	-	-	不要	-
はり	一般部	不要	-	不要	不要	不要
	地下部	不要	-	-	不要	-
	鉄骨トラス	-	-	不要	不要	-
壁	一般部	要②-1	要①-2	-	不要	-
	地下部	要①-2	-	-	要①-2	-
	鉄骨ブレース	-	-	不要	-	不要
床・屋根	一般部	不要	不要	-	不要	-
基礎	矩形	要①-1	-	-	要①-1	不要
	杭基礎	-	-	-	-	-

- 凡例
- ・ 要：荷重組合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」

表 3-1-5(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (2/3)
(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		第 3 号機海水熱交換器建屋	緊急用電気品建屋	緊急時対策建屋
		RC 造	S 造, RC 造	S 造, RC 造, SRC 造
柱	一般部	不要	不要	不要
	隅部	不要	要①-1	-
	地下部	不要	不要	不要
はり	一般部	不要	不要	不要
	地下部	不要	不要	不要
	鉄骨トラス	-	-	-
壁	一般部	不要	不要	不要
	地下部	要①-2	要①-2	要①-2
	鉄骨ブレース	-	-	-
床・屋根	一般部	不要	不要	不要
基礎	矩形	要①-1	要①-1	要①-1
	杭基礎	-	-	-

- 凡例
- ・要：荷重組合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」

表 3-1-5(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (3/3)
(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		タービン建屋		補助ボイラー建屋	第 1 号機 制御建屋	第 1 号機 排気筒
			上部鉄骨			
		RC 造	S 造, SRC 造	RC 造, S 造, SRC 造	S 造, RC 造	S 造, RC 造
柱	一般部	不要	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	不要	-
はり	一般部	不要	不要	不要	不要	不要
	地下部	不要	-	不要	不要	-
	鉄骨トラス	-	不要	-	-	-
壁	一般部	不要	-	不要	不要	-
	地下部	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	-
基礎	矩形	不要*	-	不要*	不要*	不要*
	杭基礎	-	-	-	-	-

凡例 ・ 要：荷重組合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」

注記*：上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋及び第 1 号機排気筒は、衝突の有無の判断が基本となることから、上部躯体を対象に評価しており、評価対象建屋は耐震壁、第 1 号機排気筒は筒身及び鉄塔を主たる評価対象部位としている。そのため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、耐震評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。

(5) 3次元FEMモデルによる精査方法

上記(4)で抽出した3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した部位について、3次元FEMモデルにより精査を行う。精査方法を表3-1-6に示す。

②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位については、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対して3次元FEMモデルによる精査を行う。

また、原子炉建屋の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元FEMモデルによる精査を行う。精査は、地震応答解析により水平2方向及び鉛直方向入力時の影響を評価することで行う。

(6) 3次元FEMモデルによる精査結果

3次元FEMモデルによる精査の結果、建物・構築物の有している耐震性への影響が小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価が必要な部位は抽出されなかった。精査した結果を表3-1-6に示す。

表3-1-6 3次元FEMモデルを用いた精査

耐震評価部位		対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3次元モデルを用いた 精査方法	3次元モデルを用いた精査結果
壁	一般部	原子炉建屋 (燃料取替床レベル)	②-1 (面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響 が大きい)	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。	水平2方向及び鉛直方向地震力 による左記の対象の耐震性へ の影響が想定されないため抽出 しない。
耐震評価 部位全般		原子炉建屋	局所的な影響	同上	原子炉建屋の燃料取替床レベ ルの壁では、面外方向に 応答する傾向が確認される ものの、水平2方向及び鉛 直方向地震力による左記の 対象の耐震性への影響が 想定されないため抽出し ない。

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部位の抽出結果

- (1) 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による影響が想定されるとして抽出した部位を表3-1-7に示す。

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」する部位のうち、排気筒の支柱材及び建屋規模が大きく、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、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。

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」する部位として施設の重要性、建屋規模及び構造特性を考慮し、上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する原子炉建屋（使用済燃料プール）の壁（一般部）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行う。

- (2) 機器・配管系への影響が考えられる部位の抽出結果

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、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の観点から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

排気筒の支柱材については、機器・配管系を支持していないことから影響はない。

原子炉建屋の基礎については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力集中する部位であり、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ないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

原子炉建屋（使用済燃料プール）の壁（一般部）については、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であり、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ないため、機器・配管系への影響の可能性はない。

なお、上記のとおり、建物・構築物の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響の観点から機器・配管系への影響は抽出されなかったが、3次元FEMモデルを用いた精査を踏まえて面外**応答**の影響の観点から機器・配管系への影響の可能性のある部位として3次元的な応答特性が想定される原子炉建屋（燃料取替床レベル）を抽出した。**原子炉建屋（燃料取替床レベル）の壁及び床に設置される機器・配管系の面外応答影響の検討結果を「3.2.6 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の機器・配管系への影響検討結果」に示す。**

表3-1-7 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の抽出結果

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</u> ・ 緊急用電気品建屋 ・ 第1号機排気筒 	排気筒の支柱材を代表として評価する。
	基礎	基礎版	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>原子炉建屋</u> ・ 制御建屋 ・ 第3号機海水熱交換器建屋 ・ 緊急用電気品建屋 ・ 緊急時対策建屋 	建屋規模が大きく、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。
①-2	壁	水圧作業部 ・ 地下部	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>使用済燃料プール</u> ・ 原子炉建屋 ・ 制御建屋 ・ タービン建屋 ・ 補助ボイラー建屋 ・ 第1号機制御建屋 ・ 第3号機海水熱交換器建屋 ・ 緊急用電気品建屋 ・ 緊急時対策建屋 	上部に床等の拘束がなく、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料プールの壁を評価する。

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」

注：下線部は代表として評価する建物・構築物。

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価方針

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した。評価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た。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、又は、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、組合せ係数法 (1.0:0.4:0.4) に基づいた評価により実施した。

注記* : Regulatory Guide 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

(1) 排気筒の支柱材の評価

排気筒の鉄塔のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である支柱材を対象に評価を行う。

評価に当たっては、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向を同時に入力（以下「3方向同時入力」という。）する時刻歴応答解析を行い、排気筒が有する耐震性に影響しないことを確認する。支柱材（鉄塔脚部含む）の耐震性への影響については、基準地震動 S_s を3方向同時入力した地震応答解析の結果による各断面算定結果（検定値）が、1.0を超えないことにより確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、添付書類「VI-2-7-2-1 排気筒の耐震性についての計算書」（以下「排気筒の耐震計算書」という。）に示すものと同一である。排気筒の概要図を図3-1-1に、解析モデルを図3-1-2に示す。

排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は、水平鉛直同時入力において、支柱材に対して最も厳しい評価結果となった $S_s - N 1$ を用いて評価を行う。

また、 $S_s - N 1$ は観測波に基づく地震動のため方向に偏りがあり、基準地震動 S_s と直交する地震動が基準地震動 S_s に比べ小さい。 $S_s - N 1$ が水平2方向評価の地震波に選定されたことから、2番目に照査値が厳しい $S_s - F 1$ についても水平2方向評価を行う。

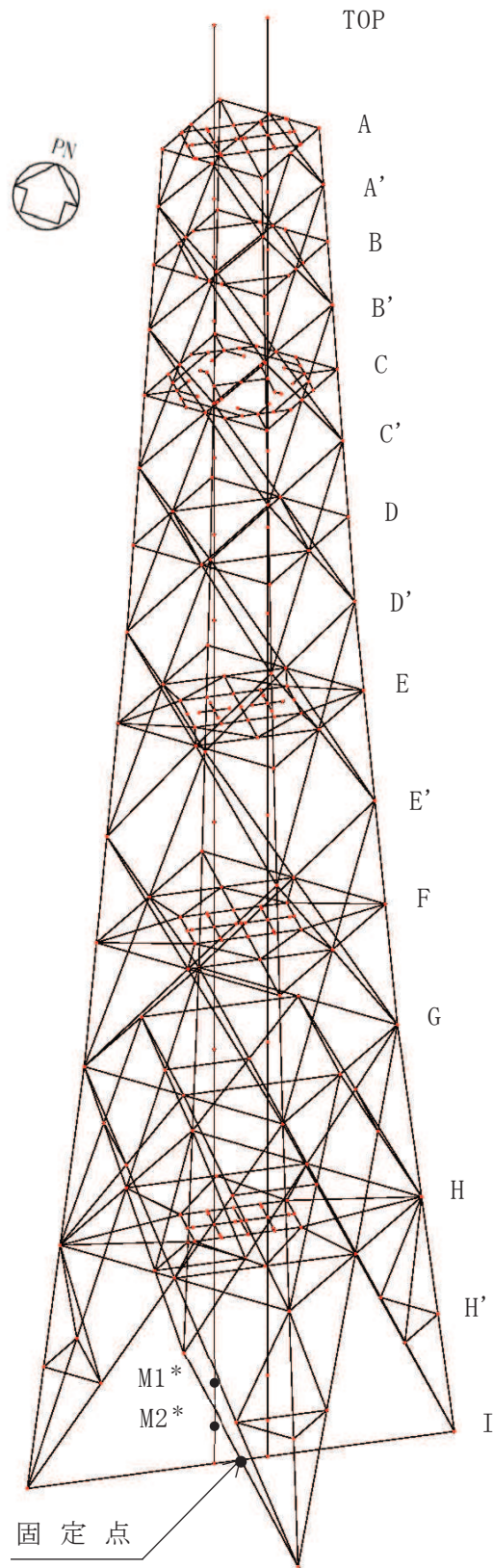
地震動の入力方法は、排気筒の耐震計算書に基づくものとする。

鋼材の許容応力度及び使用材料の物性値は、排気筒の耐震計算書に示す内容と同一である。

3方向同時入力時及び2方向同時入力時における支柱材の評価結果を表3-1-8に、鉄塔脚部の評価結果を表3-1-9に示す。

評価の結果、2方向同時入力時の検定値と比較し、3方向同時入力時の検定値は減少傾向であることを確認した。排気筒の2方向同時入力の評価においては、J E A C 4 6 0 1 -2015に基づき、排気筒に対して斜め方向から加振を行っており、3方向同時入力と同等の評価がなされていることを示す結果となった。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、排気筒の支柱材が有する耐震性への影響がないことを確認した。



注記* : M1 は筒身の内径 3.0m, M2 は筒身の内径 3.7m の位置を示す。

図 3-1-2 排気筒の地震応答解析モデル

表3-1-8 主柱材の評価結果

高さ O.P. (m)	区間	使用部材(mm)	2方向同時 入力	3方向同時 入力	
				S _s -N1	S _s -F1
161.8-155.5	A-A'	φ 457.2×7.9	<u>0.31</u>	0.29	0.24
155.5-149.1	A'-B	φ 457.2×7.9	<u>0.71</u>	0.70	0.51
149.1-142.0	B-B'	φ 457.2×7.9	<u>0.81</u>	0.80	0.60
142.0-134.8	B'-C	φ 609.6×9.5	<u>0.87</u>	<u>0.87</u>	0.61
134.8-126.8	C-C'	φ 609.6×9.5	<u>0.83</u>	0.81	0.61
126.8-118.3	C'-D	φ 711.2×12.7	<u>0.87</u>	0.85	0.59
118.3-108.8	D-D'	φ 711.2×12.7	<u>0.85</u>	0.84	0.56
108.8- 98.8	D'-E	φ 812.8×16.0	<u>0.88</u>	0.85	0.63
98.8- 86.4	E-E'	φ 812.8×16.0	<u>0.90</u>	0.88	0.66
86.4- 74.8	E'-F	φ 1000×18.0	<u>0.86</u>	0.84	0.70
74.8- 61.2	F-G	φ 1000×18.0	<u>0.89</u>	0.87	0.72
61.2- 41.8	G-H	φ 1100×18.0	0.65	0.60	<u>0.66</u>
41.8- 28.6	H-H'	φ 1100×20.0	<u>0.75</u>	0.70	0.74
28.6- 15.3	H'-I	φ 1100×20.0	0.74	<u>0.76</u>	0.75

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

表3-1-9 鉄塔脚部の評価結果

評価部位	応力分類	2方向同時 入力	3方向同時 入力	
			S _s -N1	S _s -F1
アンカーボルト	引張	0.57	<u>0.58</u>	<u>0.58</u>
	せん断	<u>0.28</u>	<u>0.28</u>	0.26
	組合せ	0.57	<u>0.58</u>	<u>0.58</u>
コンクリート（コーン状破壊）	引張	0.75	<u>0.76</u>	<u>0.76</u>
コンクリート（圧縮）	圧縮	<u>0.45</u>	<u>0.45</u>	<u>0.45</u>
ベースプレート	面外曲げ	0.63	<u>0.64</u>	<u>0.64</u>
フランジプレート	面外曲げ	<u>0.52</u>	<u>0.52</u>	<u>0.52</u>
リブプレート	圧縮	0.38	<u>0.39</u>	<u>0.39</u>
	せん断	0.73	<u>0.74</u>	<u>0.74</u>

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

(2) 使用済燃料プールの壁の評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、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使用済燃料プールの壁について、評価を行う。

評価に当たっては、S s 地震時に対して、3次元FEMモデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、添付書類「VI-2-4-2-1 使用済燃料プール（キャスクピットを含む）（第1，2号機共用）の耐震性についての計算書」（以下「SFPの耐震計算書」という。）に示すものと同一である。

使用済燃料プールを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図3-1-4及び図3-1-5に、使用済燃料プール周りの概略平面図及び概略断面図を図3-1-6及び図3-1-7に示す。

荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、SFPの耐震計算書の「3.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデル概要図を図3-1-8に示す。解析モデルの詳細は、SFPの耐震計算書の「3.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S s 地震時の応力は、SFPの耐震計算書の「3.5.1 応力解析方法」に示す、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	:	固定荷重
P	:	積載荷重
S s S _N *	:	S→N方向 S s 地震荷重（S s 地震時動水圧荷重を含む）
S s S _W *	:	W→E方向 S s 地震荷重（S s 地震時動水圧荷重を含む）
S s S _{UD} *	:	鉛直方向 S s 地震荷重

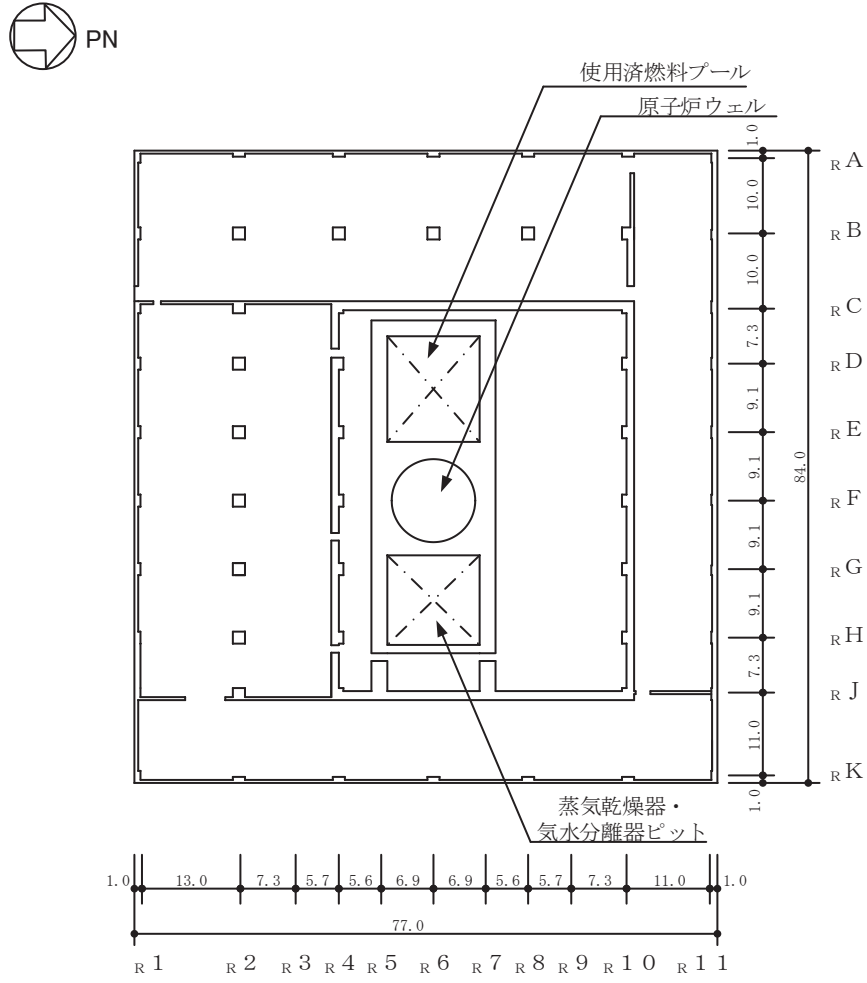
注記*：計算上の座標軸を基準として、EW方向はW→E方向の加力、NS方向はS→N方向の加力、鉛直方向は下向きの加力を記載している。

使用済燃料プールの壁の評価は、SFPの耐震計算書の「3.5.2 断面の評価方法」に示す方法と同一である。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

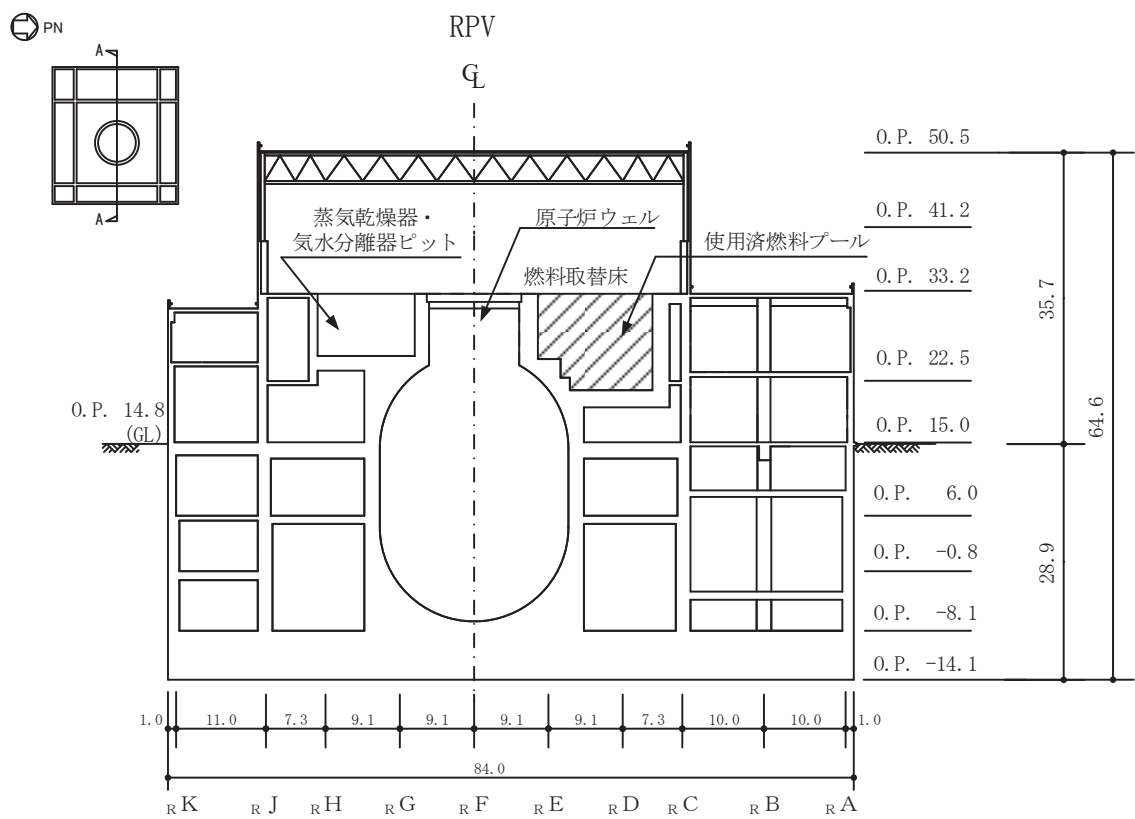
選定した要素の位置を図3-1-9及び図3-1-10に、評価結果を表3-1-10及び表3-1-11に示す。

S s 地震時における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないため、耐震性への影響がないことを確認した。



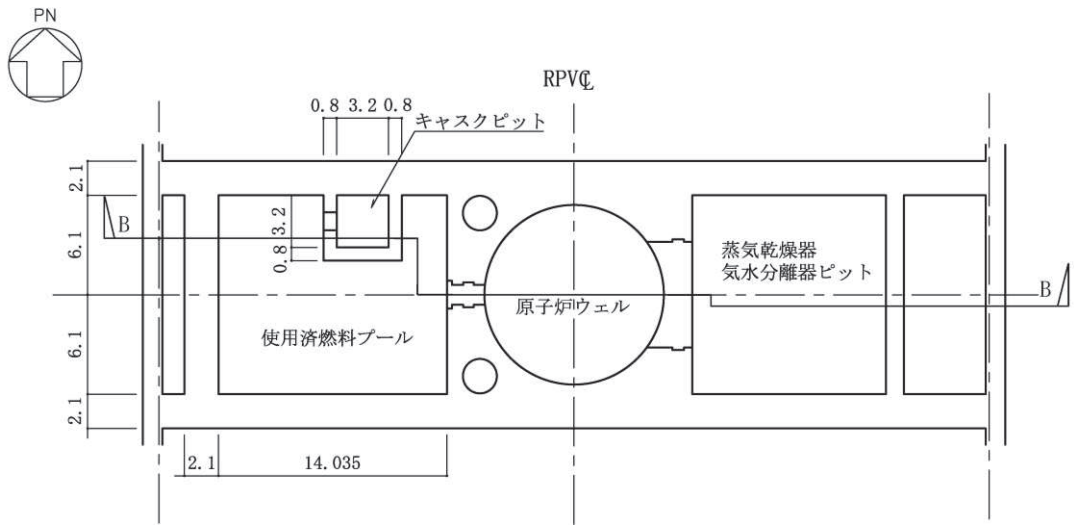
(単位：m)

図 3-1-4 使用済燃料プールを含む原子炉建屋の概略平面図 (O. P. 33. 2m)



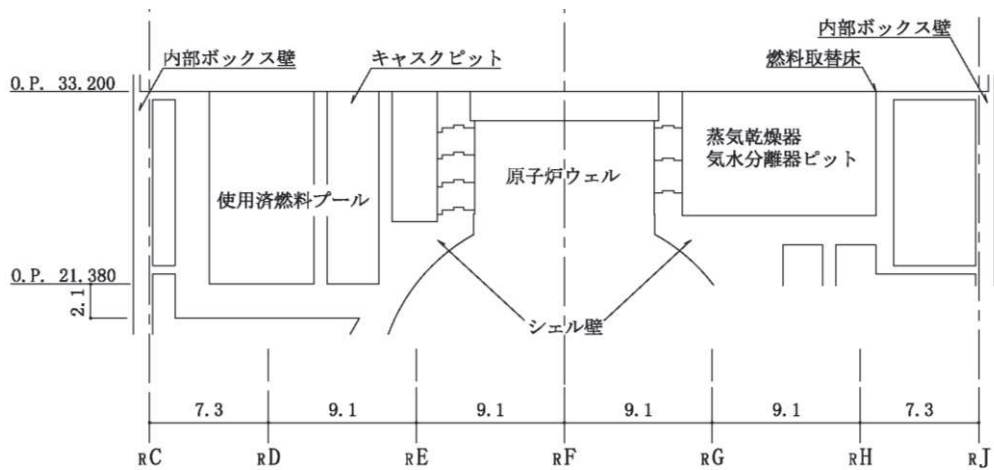
(単位：m)

図 3-1-5 使用済燃料プールを含む原子炉建屋の概略断面図 (A-A 断面)



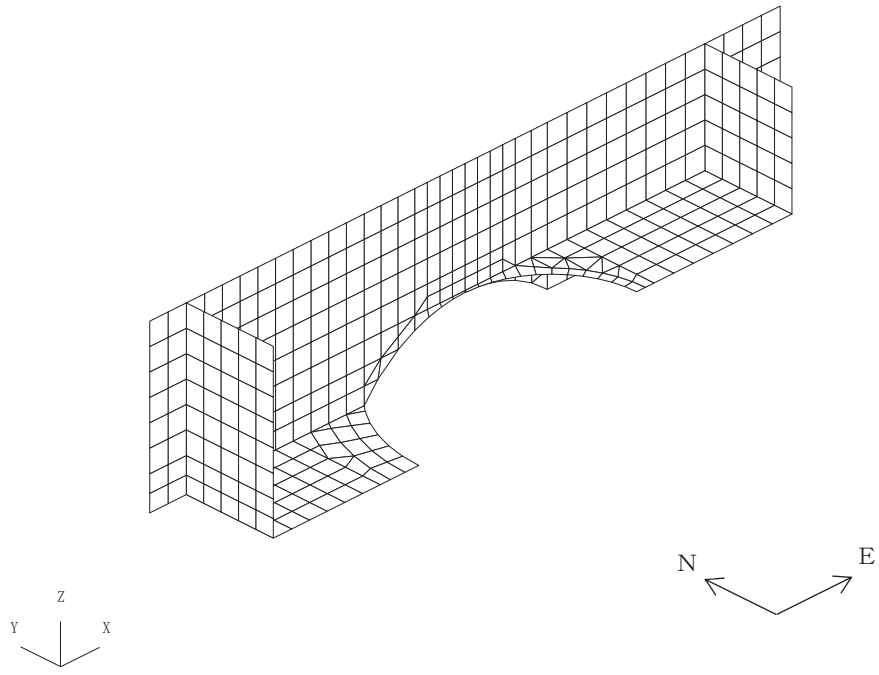
(単位：m)

図 3-1-6 使用済燃料プール周りの概略平面図



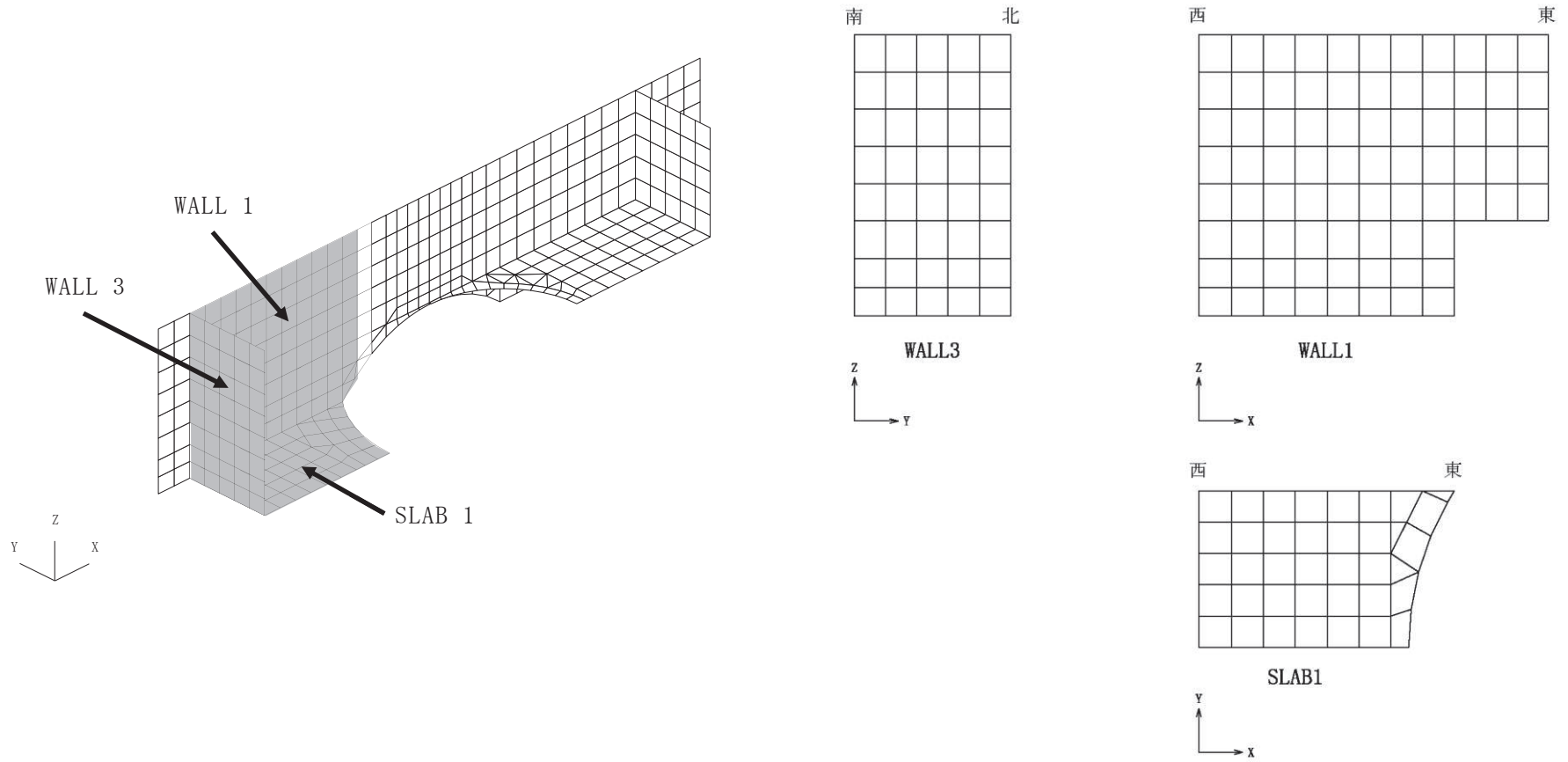
(単位：m)

図 3-1-7 使用済燃料プール周りの概略断面図 (B-B 断面)



(a) 全体鳥瞰図

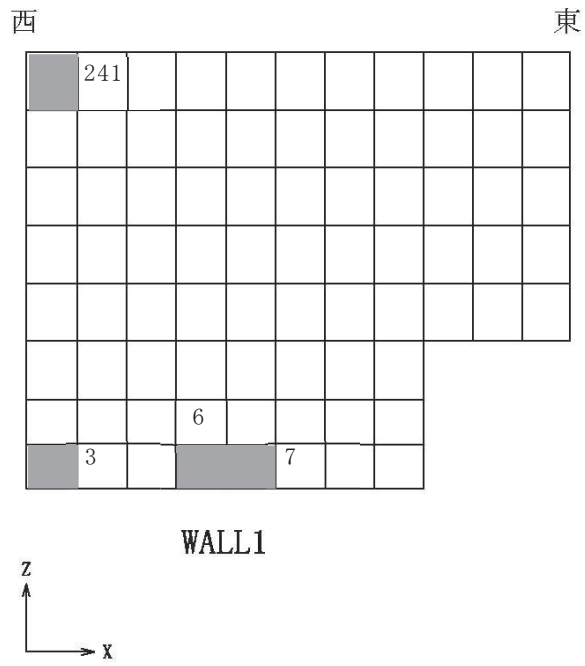
図 3-1-8(1) 解析モデル概要図(1/2)



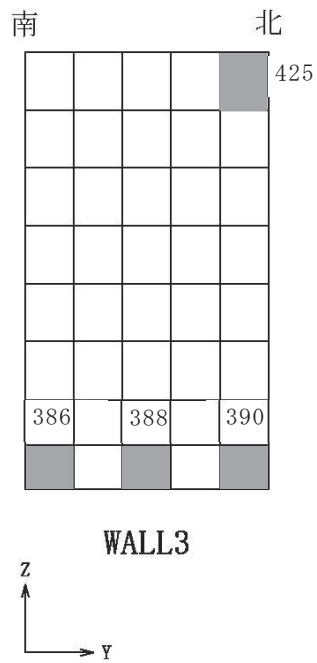
注：X，Y，Zは全体座標系を示す。

(b) プール部要素分割図

図 3-1-8(2) 解析モデル概要図(2/2)



(a) 北側壁



(b) 西側壁

注：数字は要素番号を示す。

図 3-1-10 選定した要素の位置 S s 地震時（水平 1 方向）

表 3-1-10 使用済燃料プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 2 方向)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 +	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	7	3-17	0.288	3.00
	曲げモーメント +	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	6	3-17	1.42	5.00
	面内せん断力						
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	245	3-5	2.62	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	3	3-17	2.34	5.82
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	7	3-17	0.661	1.51
西側壁	軸力 +	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	386	3-19	0.509	3.00
	曲げモーメント +	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	389	3-17	1.38	5.00
	面内せん断力						
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	390	3-18	2.40	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	390	3-17	1.24	4.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	386	3-19	0.815	1.44

表 3-1-11 使用済燃料プールの壁の評価結果 S s 地震時 (水平 1 方向)

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 +	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	7	2-9	0.269	3.00
	曲げモーメント +	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	6	2-9	1.28	5.00
	面内せん断力						
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	3	2-10	2.40	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	3	2-11	2.21	5.99
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	水平	241	2-1	0.892	2.08
西側壁	軸力 +	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	386	2-11	0.502	3.00
	曲げモーメント +	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	425	2-1	1.30	5.00
	面内せん断力						
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	390	2-12	2.40	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	388	2-10	1.14	4.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	386	2-11	0.808	1.44

(3) 原子炉建屋基礎版の評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である原子炉建屋基礎版について、評価を行う。

評価に当たっては、S s 地震時に対して、3次元FEMモデルの応力解析結果を用いた断面の評価について、許容値を超えないことを確認する。

解析モデルの詳細及び許容値については、添付書類「VI-2-9-3-4 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書」（以下「基礎版の耐震計算書」という。）に示すものと同一である。原子炉建屋基礎版の概略平面図及び概略断面図を図3-1-11及び図3-1-12に示す。

荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容限界は、基礎版の耐震計算書の「4.3 許容限界」に示す内容と同一である。

解析モデル図を図3-1-13に示す。解析モデルの詳細は、基礎版の耐震計算書の「4.4 解析モデル及び諸元」に示す内容と同一である。

S s 地震時の応力は、基礎版の耐震計算書の「4.5.1 応力解析方法」に示す、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	:	固定荷重
P	:	積載荷重
S s S _N *	:	S→N方向 S s 地震荷重 (S s 地震時土圧荷重を含む)
S s E _W *	:	E→W方向 S s 地震荷重 (S s 地震時土圧荷重を含む)
S s U _D *	:	鉛直方向 S s 地震荷重

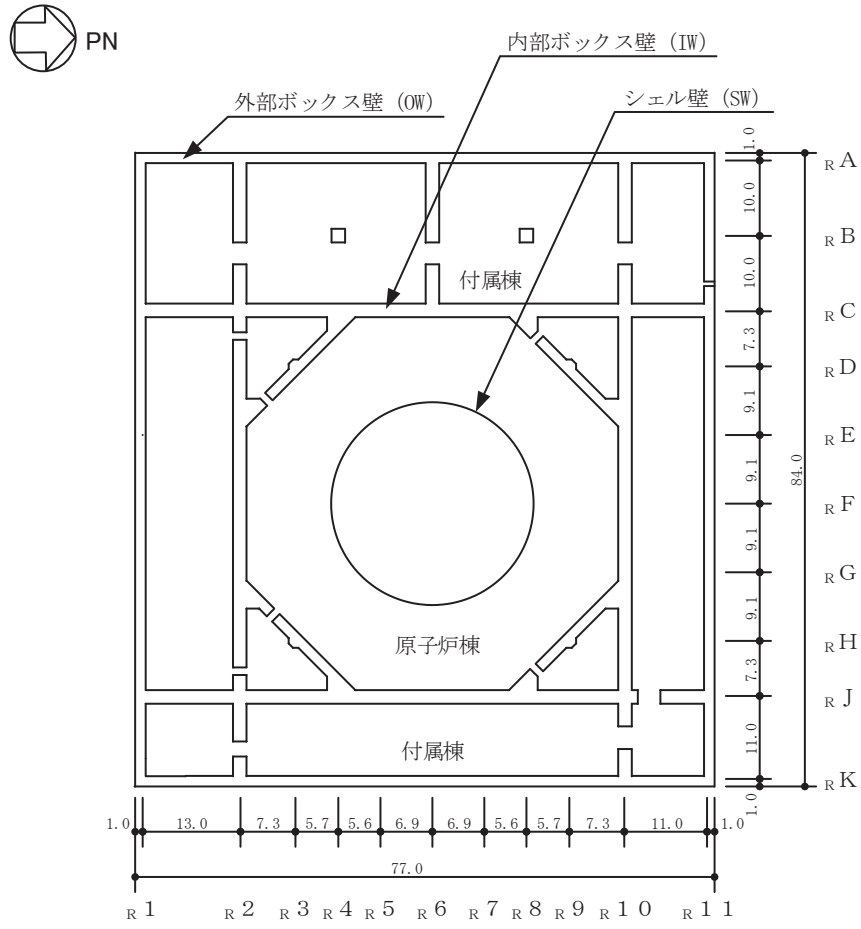
注記*：計算上の座標軸を基準として、NS方向はS→N方向の加力、EW方向はE→W方向の加力、鉛直方向は下向きの加力を記載している。

断面の評価結果を以下に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

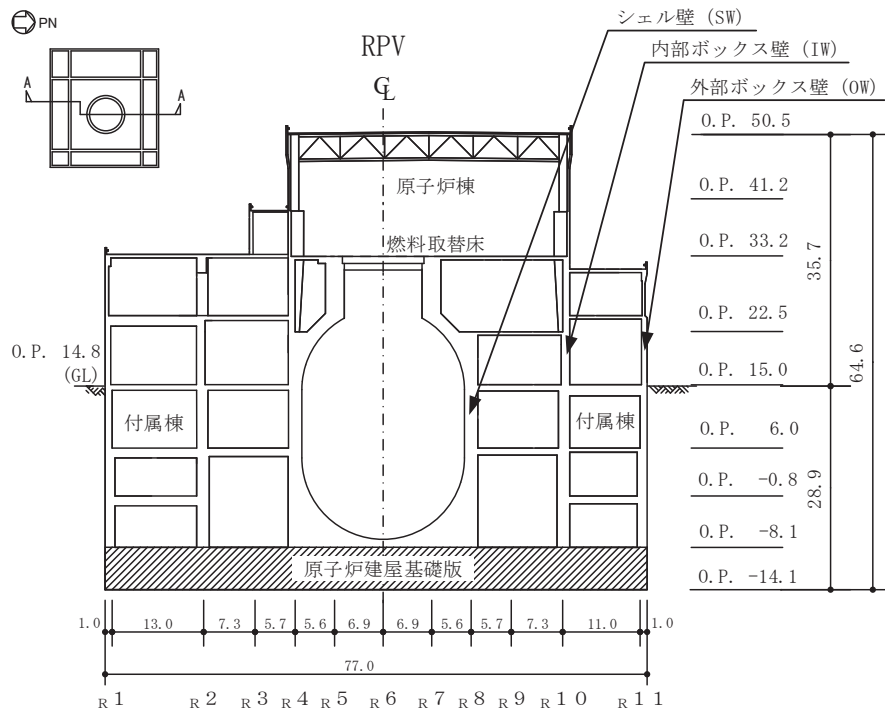
選定した要素の位置を図3-1-14に、評価結果を表3-1-12に示す。

S s 地震時における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると、水平2方向の地震力の影響により発生値は増加傾向にあり、一部最大となる要素が変わるものもあるが、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないため、耐震性への影響がないことを確認した。



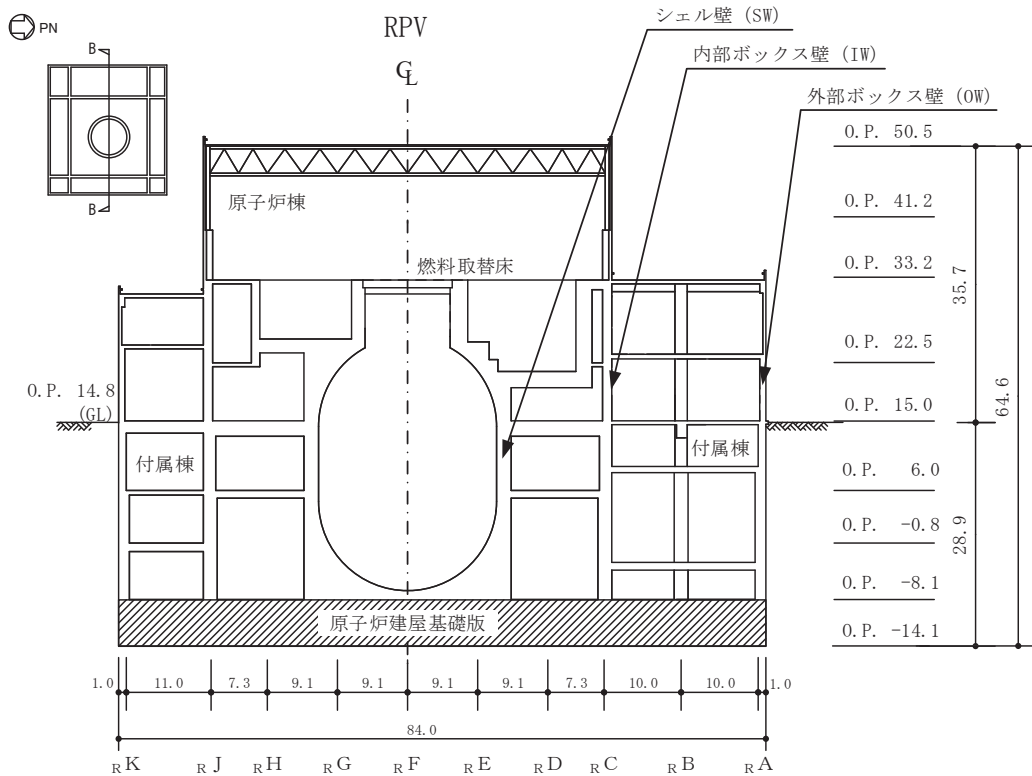
(単位 : m)

図 3-1-11 原子炉建屋基礎版の概略平面図 (0. P. -8. 1m)



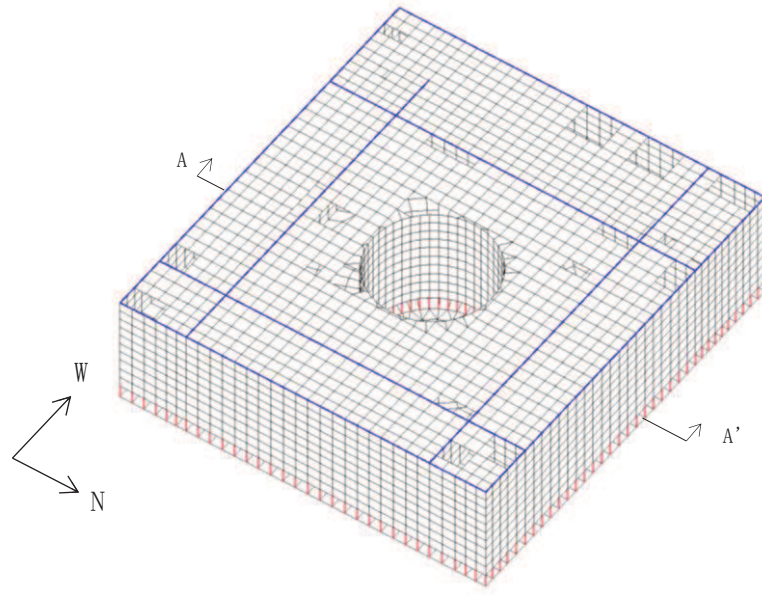
(単位 : m)

図 3-1-12(1) 原子炉建屋基礎版の概略断面図 (A-A 断面 NS 方向)

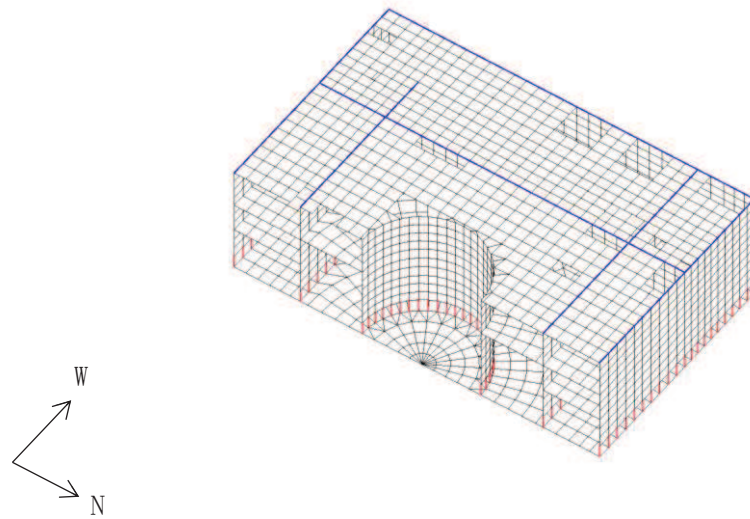


(単位 : m)

図 3-1-12(2) 原子炉建屋基礎版の概略断面図 (B-B 断面 EW 方向)

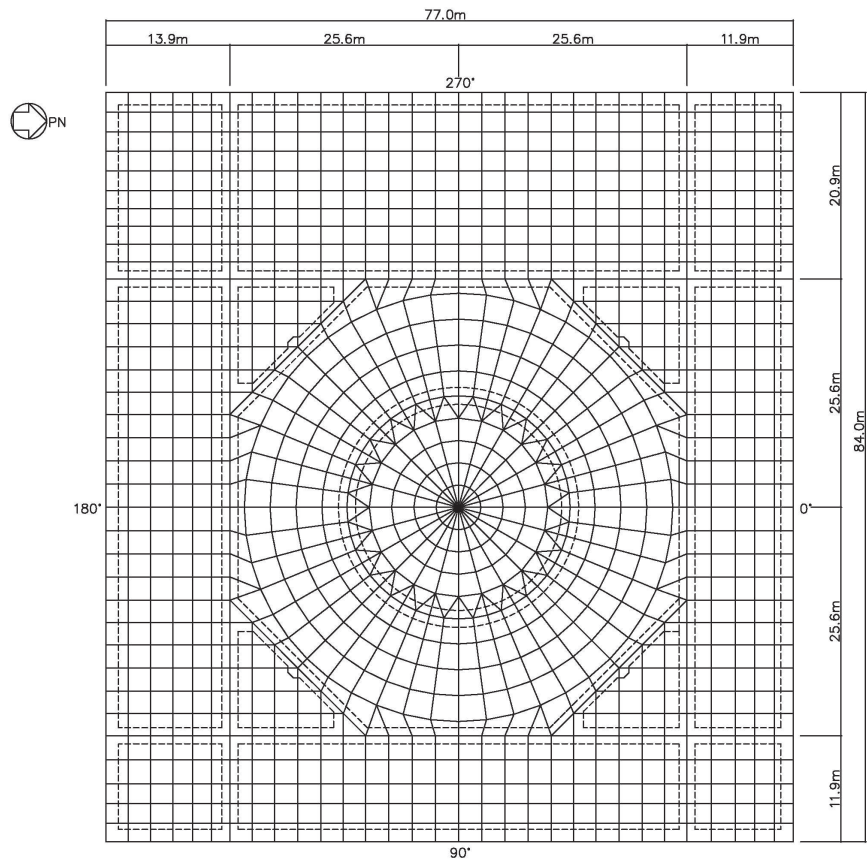


(a) 全体鳥瞰図



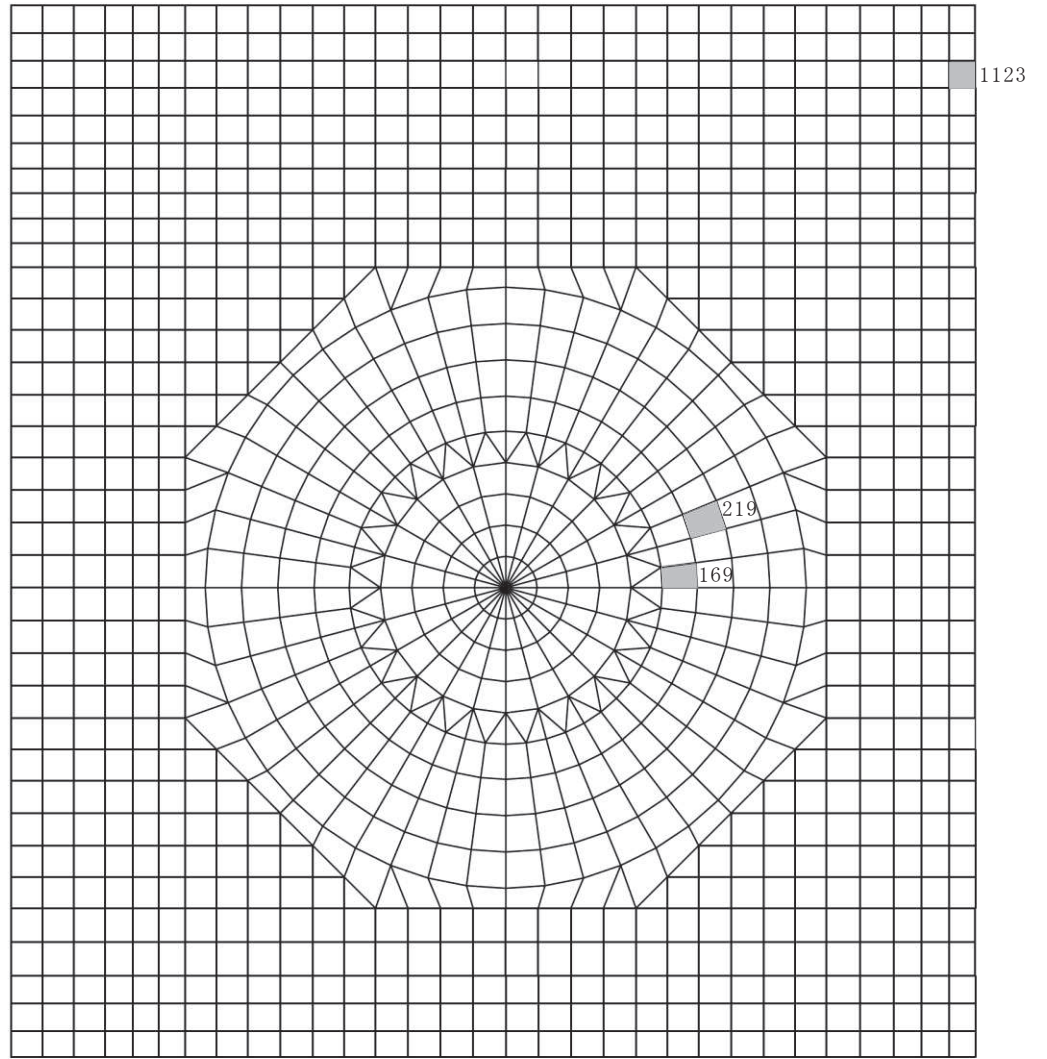
(b) 全体鳥瞰断面図 (A-A' 断面)

図 3-1-13(1) 解析モデル (1/2)



(c) 基礎版要素分割図

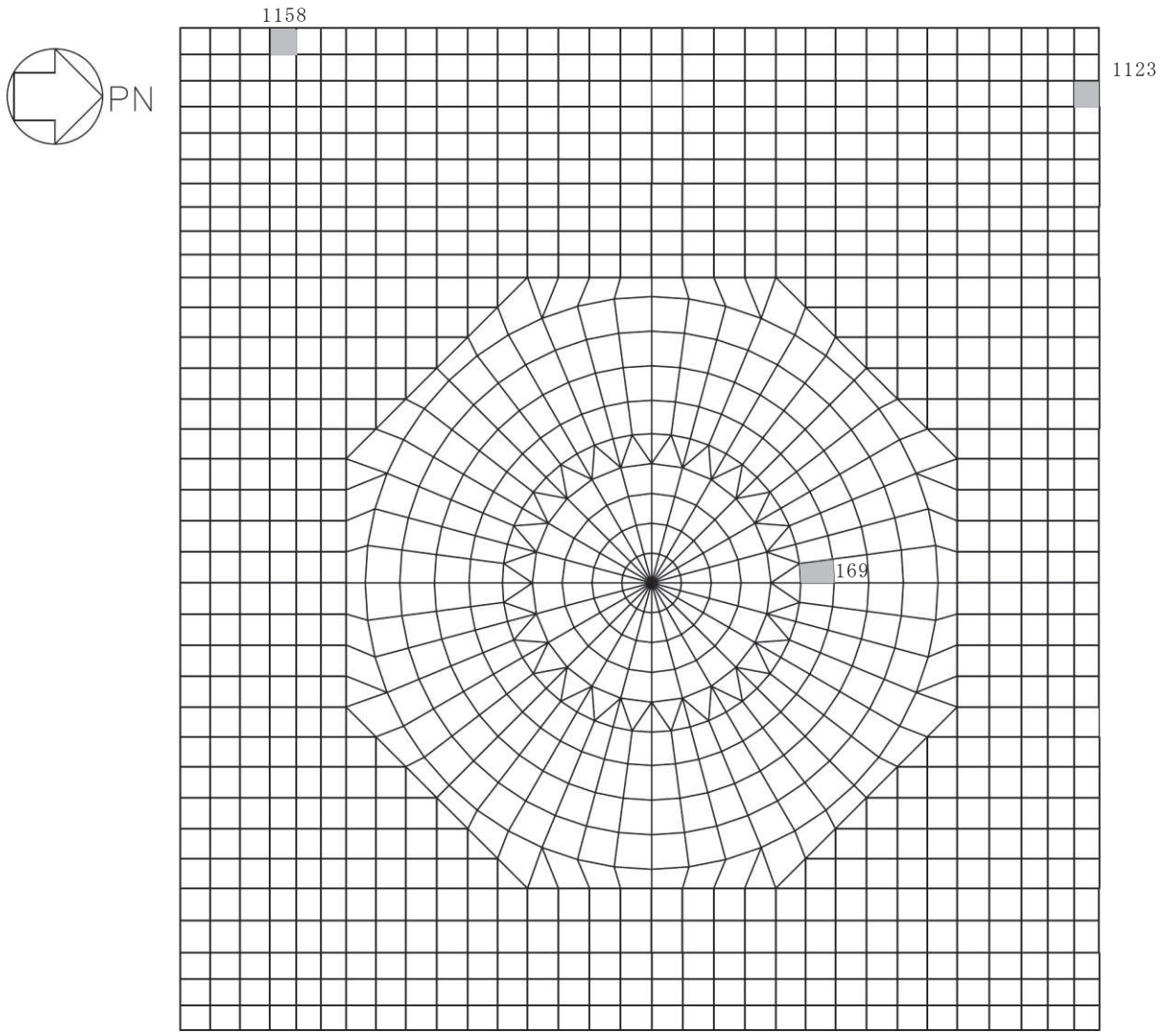
図 3-1-13(2) 解析モデル (2/2)



注：数字は要素番号を示す。

(a) 水平 2 方向

図 3-1-14(1) 選定した要素の位置 S s 地震時 (1/2)



注：数字は要素番号を示す。

(b) 水平 1 方向

図 3-1-14(2) 選定した要素の位置 S s 地震時 (2/2)

表 3-1-12 原子炉建屋基礎版の評価結果 S s 地震時

(a) 水平 2 方向

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	1123	3-11	1.16	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	169	3-9	0.835	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	219	3-9	2.12*	2.13

注記*：応力の再分配等を考慮して、応力平均化を行った結果。

(b) 水平 1 方向

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	1123	1-6	0.766	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	169	1-2	0.488	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1158	1-4	2.36	2.42

3.1.5 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の耐震壁への影響検討結果

3次元FEMモデルの面外応答による影響検討対象として、原子炉建屋燃料取替床レベルの壁を抽出し、面外応答による影響検討を行った結果、原子炉建屋の燃料取替床レベルの南北面の壁には面外方向に大きな加速度が生じていることから、当該壁に対して、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の断面の評価を行う。

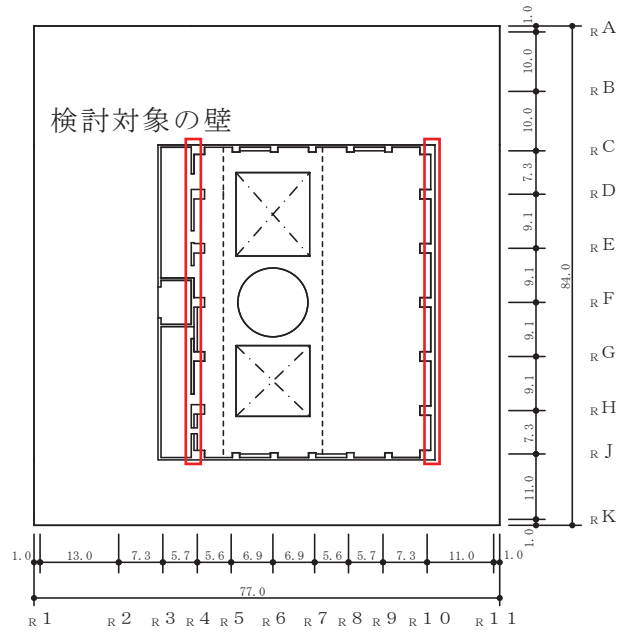
原子炉建屋燃料取替床レベルの壁については「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書（以下「二次格納施設の耐震性についての計算書」という。）」において、二次格納施設バウンダリの機能設計上の性能目標である構造強度を有することの確認として、S_d地震時に生じる応力に対し「日本建築学会 2005年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づく短期許容応力度を超えないことを確認している。そこで、原子炉建屋燃料取替床レベルの壁に対する面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の断面評価に当たっては、S_d地震時の応答に材料物性の不確かさを考慮した地震力を用いる。

解析モデルを図3-1-15に示す。解析モデルは、モデルの上端に水平方向せん断力を与えるため下端を固定端とし、その他の三辺は面内水平方向のみ自由とすることで、面外慣性力と面内せん断力を考慮した。

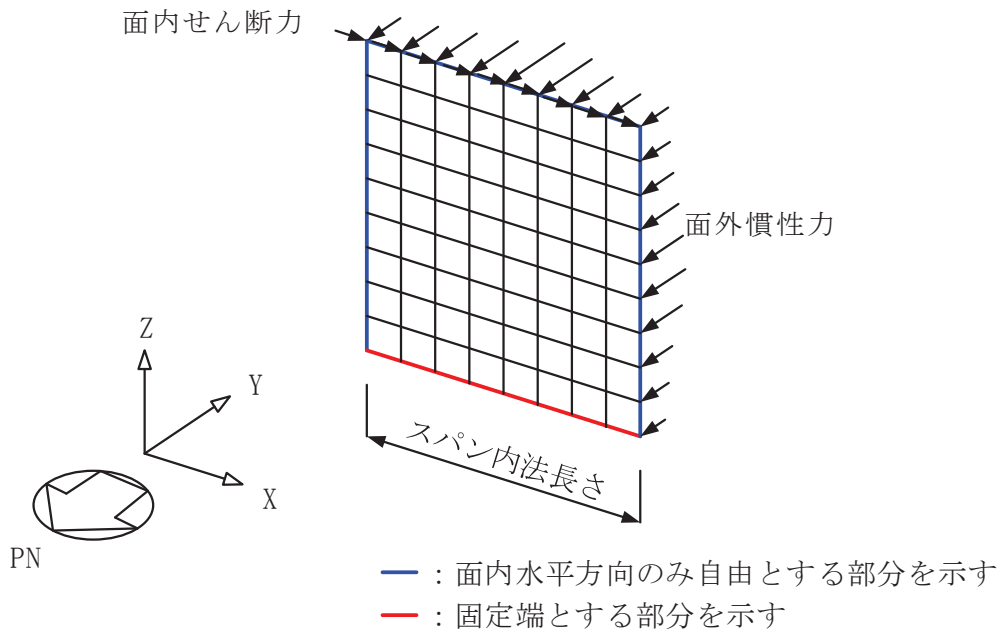
評価結果を記載する部位は、面外慣性力及び面内せん断力によって生じる鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる部位とする。

評価結果を表3-1-13に示す。S_d地震時において、許容限界を超えないことを確認したことから、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合においても、原子炉建屋の壁に対する二次格納施設バウンダリとして要求される機能への影響はないと判断できる。

なお、S_s地震時の耐震壁の評価については、「二次格納施設の耐震性についての計算書」において、面内に生じるせん断ひずみが許容限界である 2.0×10^{-3} を超えないことを確認しているが、表3-1-14に示すとおり、S_s地震時の面外慣性力に対する原子炉建屋燃料取替床レベルの壁の断面評価の結果、鉄筋に生じる応力度が弾性範囲内であることを確認していることから、面内に生じるせん断ひずみの評価に対する影響は小さいと考えられる。



(a) 原子炉建屋燃料取替床 概略平面図 (0. P. 33. 2m)



(b) 原子炉建屋燃料取替床レベル 耐震壁の解析モデル

図 3-1-15 原子炉建屋 3次元 FEM モデルによる面外応答の影響検討の解析モデル

表 3-1-13 耐震壁の評価結果

(S d 地震時, 面外慣性力及び面内せん断力の組み合わせ)

検討ケース		S d 地震時		
検討位置		北面壁 (R10 通り)		南面壁 (R4 通り)
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		250 × 1000	400 × 1000	250 × 1000
有効せい d (mm)		170	315.5	170
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D22@200 (1935mm ² /m)	D25@200 (2535mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D19@200 (1435mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)	D19@200 (1435mm ² /m)
面内せん断力及び 曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	X 方向
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	112	54.7	82.2
	許容限界 (N/mm ²)	379.5	379.5	379.5
	検定値	0.30	0.15	0.22
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	76.6	146	111
	許容限界 (kN/m)	180	334	180
	検定値	0.43	0.44	0.62
判定		可	可	可

表 3-1-14 耐震壁の評価結果
(S s 地震時, 面外慣性力)

検討ケース		S s 地震時		
検討位置		北面壁 (R10 通り)		南面壁 (R4 通り)
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		250 × 1000	400 × 1000	250 × 1000
有効せい d (mm)		170	315.5	170
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D22@200 (1935mm ² /m)	D25@200 (2535mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D19@200 (1435mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)	D19@200 (1435mm ² /m)
曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	84.4	62.3	81.4
	許容限界 (N/mm ²)	379.5	379.5	379.5
	検定値	0.23	0.17	0.22
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	128	194	170
	許容限界 (kN/m)	180	334	180
	検定値	0.72	0.59	0.95
判定		可	可	可

3.2 機器・配管系

3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備の抽出

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を表3-2-1に示す。機種ごと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方向の地震力が重畳する観点

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畳した場合、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。以下の場合には、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、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

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。その他の設備についても、同様の理由から水平1方向の地震力しか負担しないものを分類した。

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。

c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震力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及び原子炉格納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、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方向の地震力を組み合わせても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分類した。

- d. 従来評価において、保守性（水平2方向の考慮を含む）を考慮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。その他の設備についても、同様の理由から従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものを分類した。

- (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
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なかった。

- (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1) (2) において影響の可能性のある設備について、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設計手法による発生値を比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種ごと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を対象とする。水平2方向の地震力の組合せは米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮したSquare-Root-of-the-Sum-of-the-Squares法（以下「SRSS法」という。）により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。算出の方法を以下に示す。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみ組み合わせ後、地震以外による応力と

組み合わせで算出する。

- ・設備によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものは、水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

3.2.2 建物・構築物，屋外重要土木構造物，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.1項，3.3項及び3.4項における建物・構築物，屋外重要土木構造物，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の影響評価において機器・配管系への影響を検討した結果，耐震性への影響が懸念される設備は抽出されなかった。

なお，3次元FEMモデルの面外応答による影響検討対象として，原子炉建屋（燃料取替床レベル）の壁及び床に設置される機器・配管系の設備を抽出した。3次元FEMモデルの面外応答による影響検討については、「3.2.6 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の機器・配管系への影響検討結果」に示す。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価設備の抽出結果

3.2.1項で検討した，水平2方向の地震力が重畳する観点，水平方向とその直行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1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力増分の観点で，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した結果を表3-2-2に示す。

3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

3.2.1項の観点から抽出される設備について，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方法により算出する。

発生値の算出における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは，米国 Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として最大応答の非同時性を考慮したSRSS法を適用する。

(1) 従来評価データを用いた算出

従来の水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて，以下の条件により水平2方向及び鉛直方向地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出

している設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

- ・水平1方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた上で従来の発生値を各方向で算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平方向を包絡した地震力と鉛直方向地震力を組み合わせたうえで従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。

また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。

- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合、地震による応力成分と地震以外の応力成分を分けて算出する。

3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

3.2.1項の観点から3.2.3項で抽出した以下の設備に対して、3.2.4項の影響評価条件で算出した発生値に対して設備が有する耐震性への影響を確認した。評価した内容を設備ごとに以下に示し、その影響評価結果については重大事故時等の状態も考慮した結果を表3-2-3に示す。

a. 使用済燃料貯蔵ラック

工認耐震計算書では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記地震荷重をSRSS法により組み合わせることで算定し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

b. 制御棒・破損燃料貯蔵ラック

工認耐震計算書では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記地震荷重をSRSS法により組み合わせることで算定し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

c. 静的触媒式水素再結合装置（その1）、（その2）

工認耐震計算書では、水平各方向の最大応答加速度を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記発生値をSRSS法により組み合わせることで算定し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

d. CRD自動交換機

工認耐震計算書では、地震応答解析により算定される水平各方向の地震荷重を用いた発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記地震荷重をSRSS法により組み合わせることで算

定し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

e. 制御棒挿入性

工認耐震計算書では、地震応答解析により算定される水平1方向の燃料集合体の相対変位を用いて評価を実施している。水平2方向地震力による評価は、組合せ係数法（1.0：0.4）を用いて燃料集合体相対変位を算出し、許容値を満足するため、耐震性への影響がないことを確認した。

3.2.6 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の機器・配管系への影響検討結果

「3.2.2 建物・構築物，屋外重要土木構造物，津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出」の観点で原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の影響が大きい燃料取替床レベルの壁及び床に設置される機器・配管系について面外応答影響を検討した。面外応答の影響検討フローを図3-2-1に示す。

簡易評価の結果，一部の設備（5設備）を除き，設備の裕度が評価用応答比以上であることを確認した。また，簡易評価において設備の裕度が評価用応答比を下回った5設備に対して詳細評価を行った結果，いずれも発生値が許容値以下であることを確認した。詳細評価による発生値が当該設備の耐震計算書における発生値を上回る設備（2設備）の詳細評価条件を表3-2-4，詳細評価結果を表3-2-5に示す。

影響検討の結果から，面外応答による影響を考慮しても機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

3.2.7 まとめ

機器・配管系において，水平2方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備について，従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し，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影響を評価した。その結果，工認耐震計算書の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される設備については，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し，設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は，水平2方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため，工認耐震計算書の発生値をそのまま用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており，以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・工認耐震計算書の発生値（水平1方向及び鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分の組合せ）に対して，係数（ $\sqrt{2}$ ）を乗じて水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出しているため，係数を

乗じる必要のない鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分についても係数を乗じている。

- ・ 工認耐震計算書において水平各方向を包絡した床応答曲線を各方向に入力している設備は各方向の大きい方の地震力が水平2方向に働くことを想定した発生値として算出している。

以上のことから、水平2方向及び鉛直方向地震力については、機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

また、原子炉建屋3次元FEMモデルの面外応答による影響を考慮しても機器・配管系が有する耐震性に影響がないことを確認した。

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (1/15)

設備		部位
燃料集合体		燃料被覆管
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部胴
		中間胴
		下部胴
		上部格子板支持面
		炉心支持板支持面
		上部サポート支持面
	シュラウドサポート	レグ
		シリンダ
		プレート
		下部胴
		プレートのトグル支持面
	炉心シュラウド支持ロッド	上部サポート
		上部タイロッド
		下部タイロッド
		トグルクレビス
		トグルピン
	上部格子板	グリッドプレート
	炉心支持板	補強ビーム
		支持板
	燃料支持金具	中央燃料支持金具
周辺燃料支持金具		
制御棒案内管	長手中央部	
	下部溶接部	
原子炉圧力容器	胴板	胴板
		上部ウェッジ支持面
		下部スタビライザ支持面
	下部鏡板	下部鏡板
	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	ハウジング
		スタブチューブ
		下部鏡板リガメント
ノズル	各部位	

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (2/15)

設備		部位
原子炉圧力容器	ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット
		蒸気乾燥器支持ブラケット
		給水スパーチャブラケット
		炉心スプレイブラケット
原子炉支持構造物	原子炉圧力容器支持スカート	スカート
	原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト
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
		ブラケット
	原子炉格納容器スタビライザ	パイプ
		ガセットプレート
		内側メイルシヤラグ
	制御棒駆動機構ハウジング支持金具	レストレイントビーム
		ブラケット
スプライスプレート		
原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器	ユニットサポート
		耐震用ブロック溶接部
	気水分離器及びスタンドパイプ	スタンドパイプ
	シュラウドヘッド	シュラウドヘッド
	ジェットポンプ	ライザ
		ディフューザ
		ライザプレース
	スパーチャ	各部位
原子炉内配管		
中性子束計測案内管	中性子束計測案内管下部	
使用済燃料貯蔵ラック	角管	
	補強板	
	燃料支持板	
	ベース	
	基礎ボルト	

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (3/15)

設備	部位
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック部材
	支持ビーム部材
	ラック基礎ボルト
	支持ビーム基礎ボルト
使用済燃料プール水位／温度（ガイドパ ルス式）	検出器
	基礎ボルト
使用済燃料プール水位／温度（ヒートサ ーモ式）	基礎ボルト
	検出器架台
	保護管
	ワーキングテーブルラグ
燃料プール冷却浄化系熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
燃料プール冷却浄化系ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
使用済燃料プール監視カメラ	基礎ボルト
	取付ボルト
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキ ュムレータ	ラグ
	ボルト
	H形鋼
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキ ュムレータ	ラグ
	ボルト
	H形鋼
残留熱除去系熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
残留熱除去系ポンプ	バレルケーシング
	コラムパイプ
	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機台取付ボルト
	原動機取付ボルト

表3-2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備 (4/15)

設備	部位
ECCS ストレーナ	アウタージャケット
	フランジプレート
	多孔プレート (ディスクシート)
	多孔プレート (ポケットシート)
	多孔プレート (フロントシート)
	フランジ
	ボルト
ストレーナ部ティー	ティー
高圧炉心スプレイ系ポンプ	バレルケーシング
	コラムパイプ
	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機台取付ボルト
	原動機取付ボルト
低圧炉心スプレイ系ポンプ	バレルケーシング
	コラムパイプ
	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機台取付ボルト
	原動機取付ボルト
高圧代替注水系タービンポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
直流駆動低圧注水系ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
原子炉隔離時冷却系ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	基礎ボルト
	タービン取付ボルト
復水移送ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (5/15)

設備	部位
復水貯蔵タンク	胴板
	基礎ボルト
原子炉補機冷却水系熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
原子炉補機冷却水ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
原子炉補機冷却海水ポンプ	コラムパイプ
	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
	中間支持台基礎ボルト
原子炉補機冷却水サージタンク	胴板
	基礎ボルト
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	胴板
	脚
	基礎ボルト
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	胴板
	脚
	基礎ボルト
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	コラムパイプ
	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
	中間支持台基礎ボルト
高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	胴板
	基礎ボルト
制御棒駆動機構	フランジ

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (6/15)

設備	部位
水圧制御ユニット	フレーム
	取付ボルト
ほう酸水注入系ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	減速機取付ボルト
	原動機取付ボルト
ほう酸水注入系貯蔵タンク	胴板
	基礎ボルト
起動領域モニタ	ドライチューブ
出力領域モニタ	カバーチューブ
	校正用導管
伝送器 (矩形床置)	基礎ボルト
	取付ボルト
	溶接部
伝送器 (矩形壁掛)	基礎ボルト
	取付ボルト
	溶接部
盤 (矩形床置)	基礎ボルト
	取付ボルト
盤 (矩形壁掛)	取付ボルト
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	基礎ボルト
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	基礎ボルト
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	基礎ボルト
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	基礎ボルト
安全パラメータ表示システム (SPDS) 無線通信用アンテナ	基礎ボルト
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	基礎ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (7/15)

設備	部位
ダクト本体, サポート	ダクト本体 (矩形)
	ダクト本体 (円形)
	サポート
中央制御室送風機	基礎ボルト
	原動機取付ボルト
中央制御室排風機	基礎ボルト
	原動機取付ボルト
中央制御室再循環送風機	基礎ボルト
	原動機取付ボルト
中央制御室再循環フィルタ装置	基礎ボルト
緊急時対策所非常用送風機	基礎ボルト
	原動機取付ボルト
緊急時対策所非常用フィルタ装置	基礎ボルト
	取付ボルト
差圧計 (中央制御室待避所用)	基礎ボルト
差圧計 (緊急時対策所用)	基礎ボルト
ドライウエル	上鏡球形部
	上鏡球形部と上鏡ナックル部の接合部
	円筒部と上フランジの接合部
	下フランジと円筒部の接合部
	円筒部とナックル部の接合部
	ナックル部と上部球形部の接合部
	ドライウエルスプレイ管取付部
	上部球形部と円筒部の接合部
	円筒部中心部
	円筒部と下鏡の接合部
	サンドクッション部
ドライウエルベント開口部	ベントノズル円すい部
	ドライウエルベント開口部
サプレッションチェンバ	胴中央部外側
	胴中央部底部
	胴中央部内側

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (8/15)

設備	部位
サプレッションチェンバ	胴中央部頂部
	胴エビ継手部外側
	胴エビ継手部底部
	胴エビ継手部内側
	胴エビ継手部頂部
	内側ボックスサポート取付部
	外側ボックスサポート取付部
原子炉格納容器シヤラグ	内側フィメールシヤラグ本体 (溶接部)
	内側フィメールシヤラグ取付部 (溶接部)
	外側メールシヤラグ取付部 (溶接部)
	外側メールシヤラグ本体
	外側フィメールシヤラグ本体 (溶接部)
	外側フィメールシヤラグ本体
	外側フィメールシヤラグベースプレート
	外側フィメールシヤラグ基礎ボルト
	外側フィメールシヤラグ本体 (溶接部)
	コンクリート
	シヤラグ取付部
ボックスサポート	ボックスプレート
	ボックスプレート取付部
	ボックスプレート (上側) 取付部
	フランジプレートとシヤラグ接触部
	シヤラグ取付部
	基礎ボルト
	フランジプレート
	フランジプレート (外側)
	ベースプレート
	シヤコネクタ取付部
	コンクリート (ベースプレート下面)
	コンクリート (シヤコネクタ (外側) 側面)
	コンクリート (シヤプレート上面)
パッド取付部	

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (9/15)

設備		部位
原子炉格納容器	機器搬出入用ハッチ	機器搬出入用ハッチ取付部
	逃がし安全弁搬出入口	逃がし安全弁搬出入口取付部
	制御棒駆動機構搬出入口	制御棒駆動機構搬出入口取付部
	サプレッションチェンバ出入口	サプレッションチェンバ出入口円筒胴
		サプレッションチェンバ出入口取付部
	所員用エアロック	所員用エアロック取付部
	原子炉格納容器配管貫通部	貫通部管台取付部
		貫通部管台
	原子炉格納容器電気配線貫通部	フランジとスリーブの継手
		フランジとアダプタの継手
アダプタとヘッダの継手		
貫通部管台取付部		
ダウンカマ	ダウンカマ (一般部)	
	ダウンカマ (一般部以外)	
ベント管	ベント管 (一般部)	
	ベント管 (一般部以外)	
	真空破壊装置スリーブ	
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	
ベントヘッダ	ベントヘッダ (一般部)	
	ベントヘッダ (一般部以外)	
	ベントヘッダサポート (下側)	
	ピン (下側)	
	エンドプレート (下側)	
	ベントヘッダサポート (上側)	
	ピン (上側)	
エンドプレート (上側)		
サプレッションチェンバスプレイ管	スプレイ管	
	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	
代替循環冷却ポンプ	基礎ボルト	
	ポンプ取付ボルト	
	原動機取付ボルト	

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (10/15)

設備	部位
非常用ガス処理系空気乾燥装置	基礎ボルト
	スライドボルト
	固定ボルト
非常用ガス処理系排風機	基礎ボルト
	排風機取付ボルト
	原動機取付ボルト
非常用ガス処理系フィルタ装置	基礎ボルト
	スライドボルト
	固定ボルト
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	内梁
	門ピン
	丁番ブラケット
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー	ブレース
	ベース取付溶接部
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	基礎ボルト
静的触媒式水素再結合装置 (その 1)	静的触媒式水素再結合装置本体
	架台
	取付ボルト
	基礎ボルト
静的触媒式水素再結合装置 (その 2)	静的触媒式水素再結合装置本体
	架台
	取付ボルト
	基礎ボルト
フィルタ装置	胴板
	ラグ
	基礎ボルト
非常用ディーゼル発電設備 機関	基礎ボルト
非常用ディーゼル発電設備 発電機	基礎ボルト
	固定子取付ボルト
	軸受台取付ボルト
非常用ディーゼル発電設備 空気だめ	胴板
	スカート
	基礎ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (11/15)

設備	部位
非常用ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	胴板
	スカート
	基礎ボルト
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
非常用ディーゼル発電設備 制御盤	取付ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 機関	基礎ボルト
	機関取付ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 発電機	基礎ボルト
	固定子取付ボルト
	機関側軸受台取付ボルト
	反機関側軸受台取付ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 空気だめ	胴板
	スカート
	基礎ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	胴板
	スカート
	基礎ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト
軽油タンク	胴板
	脚
	基礎ボルト
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 制御盤	取付ボルト
ガスタービン発電設備 機関・発電機	取付ボルト
	発電機車フレーム
	制御車フレーム
ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト
	ポンプ取付ボルト
	原動機取付ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (12/15)

設備	部位
ガスタービン発電設備 軽油タンク	胴板
	脚
	基礎ボルト
ガスタービン発電設備 燃料小出槽	胴板
	取付ボルト
	架台取付ボルト
ガスタービン発電設備 制御盤	取付ボルト
緊急時対策所軽油タンク	胴板
	スカート
	基礎ボルト
無停電交流電源用静止形 無停電電源装置	取付ボルト
蓄電池	基礎ボルト
	取付ボルト
配管本体, サポート	配管, サポート
逆流防止設備	扉体
	固定部
	漂流物防護工
浸水防止蓋	浸水防止蓋
	固定ボルト
浸水防止壁	浸水防止壁
	基礎ボルト
逆止弁付ファンネル	弁本体
	弁体
貫通部止水処置	モルタル
堰	止水板
	梁材
	柱材
	アンカーボルト
津波監視カメラ (原子炉建屋屋上)	基礎ボルト
津波監視カメラ (防潮堤)	基礎ボルト
津波監視設備制御盤	基礎ボルト

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (13/15)

設備	部位
取水ピット水位計 (バブラー管)	基礎ボルト
	取付ボルト
取水ピット水位計 (アキュムレータ)	胴板
	スカート
	基礎ボルト
取水ピット水位計 (検出器)	基礎ボルト
	取付ボルト
取水ピット水位計 (ボンベラック)	フレーム
	溶接部
	取付ボルト
原子炉本体の基礎	内筒
	外筒
	縦リブ
	アンカボルト
	スカートフランジ
	CRD 開口まわり
海水ポンプ室門型クレーン	ガーダ
	剛脚
	揺脚
	下部連結材 (剛脚側)
	下部連結材 (揺脚側)
	脱線防止装置
	トロリストoppa
	クレーン本体
	トロリ
吊具	
竜巻防護ネット	大梁
	フレーム
	ゴム支承
	取付ボルト
	基礎ボルト
	可動支承
	フレームの移動量

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (14/15)

設備	部位
ほう酸水注入系テストタンク	胴板
	脚
	基礎ボルト
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガーダ
	脱線防止ラグ
	トロリストoppa
	トロリ
	吊具
燃料交換機	構造物フレーム
	ブリッジ転倒防止装置
	走行レール
	トロリ転倒防止装置
	横行レール
	吊具
原子炉しゃへい壁	一般胴部
	開口集中部
原子炉ウェルカバー	本体
	支持部
耐火隔壁	フレーム部材
	基礎ボルト
制御棒貯蔵ラック	上部枠
	コラム
	補強板
	ブレース
	ベース
	基礎ボルト
燃料チャンネル着脱機	フレーム
	可動台
	カーブ上面固定ボルト
	チェーン

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備 (15/15)

設備	部位	
CRD 自動交換機	構造物フレーム	
	旋回用レール	
	固定用サポート (上部) 固定ピン	
	固定用サポート (上部) 取付ボルト	
	固定用サポート (下部) 固定ピン	
	固定用サポート (下部) 取付ボルト	
	地下水位低下設備揚水ポンプ	基礎ボルト
地下水位低下設備水位計	溶接部	
地下水位低下設備制御盤	フレーム	
	器具取付板 盤取付板 据付架台	
	盤取付ボルト	
	基礎ボルト	
	地下水位低下設備電源盤	フレーム
地下水位低下設備電源盤	器具取付板 筐体 据付架台	
	盤取付ボルト	
	基礎ボルト	
	遠隔手動弁操作設備	基礎ボルト
	遠隔手動弁操作設備	取付ボルト
遠隔手動弁操作設備遮蔽	架台	
	基礎ボルト	
	取付ボルト	

表3-2-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/2)

(凡例) ○ : 影響の可能性あり
△ : 影響軽微

(1) 構造強度評価

設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1項(1)水平2方向の地震力が重畳する観点及び(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	3.2.1項(3)水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
ノズル	○	△	工認耐震計算書における設計荷重が、水平2方向の地震力を考慮した荷重を包絡する。
使用済燃料貯蔵ラック	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。
静的触媒式水素再結合装置(その1)	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。
静的触媒式水素再結合装置(その2)	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。
CRD自動交換機	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。

表3-2-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/2)

(凡例) ○ : 影響の可能性あり

△ : 影響軽微

(2) 機能維持評価

設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	3.2.1項(1)水平2方向の地震力が重畳する観点及び(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	3.2.1項(3)水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点	検討結果
制御棒挿入性	○	○	影響評価結果は表3-2-3参照。

表3-2-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果（基準地震動 S s）

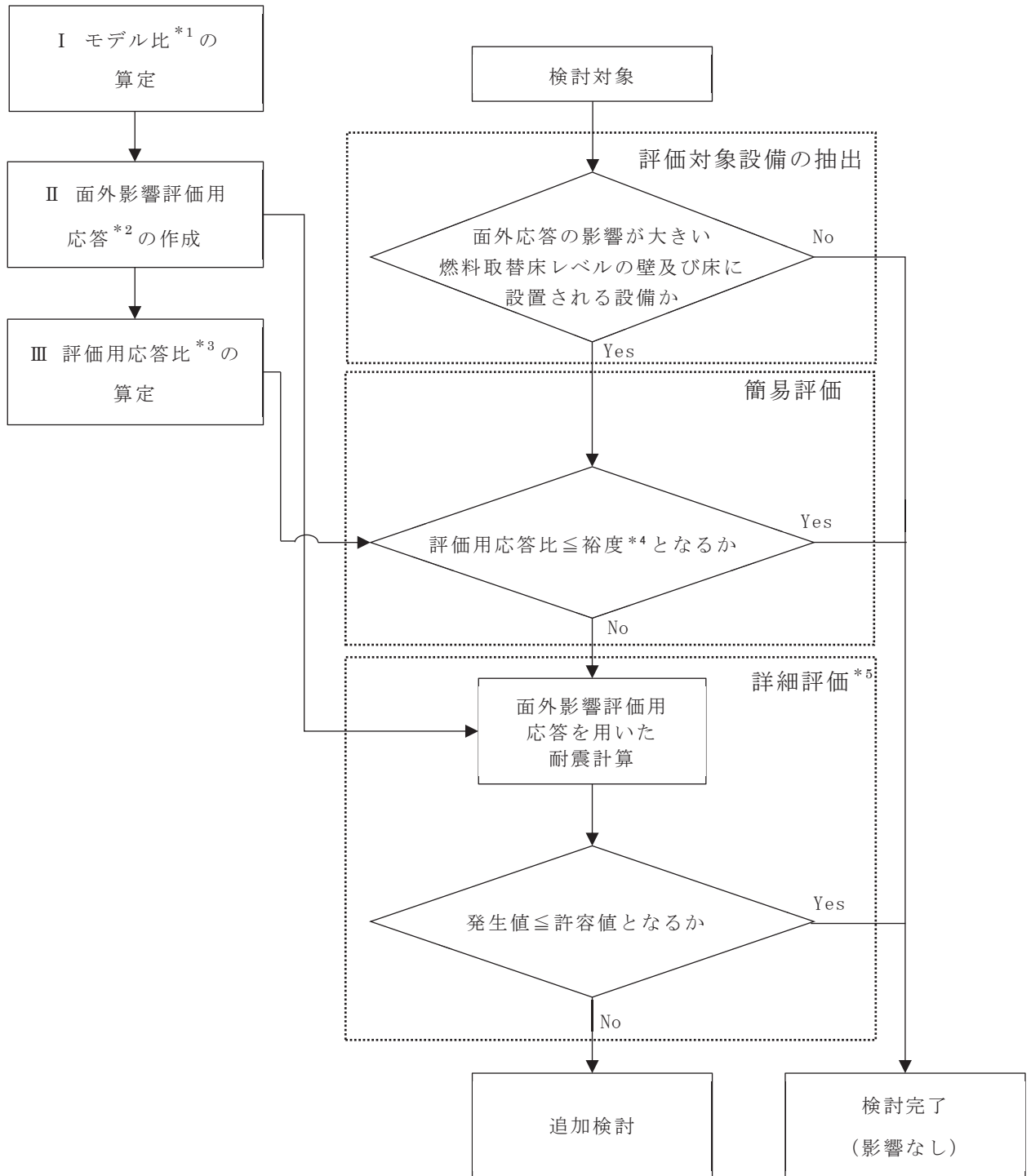
(1) 構造強度評価

評価対象設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						備考
	評価部位	応力分類	1方向入力 発生値	2方向想定 発生値	許容値	判定	
使用済燃料貯蔵ラック	角管	組合せ応力	188	189	205	○	単位：MPa
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック部材	組合せ応力	82	86	108	○	単位：MPa
静的触媒式水素再結合装置	静的触媒式水素 再結合装置本体	組合せ応力	141	150		○	単位：MPa
CRD自動交換機	固定用サポート（上部） 取付ボルト	引張応力	346	358	444	○	単位：MPa

(2) 機能維持評価

評価対象設備	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				備考
	1方向入力 相対変位	2方向想定 相対変位	確認済相対変位	判定	
制御棒挿入性	54.2	57.9	60	○	単位：mm

69



注記 *1: モデル比 = $S_d - D 2$ に対する 3次元 FEM モデルの応答 / $S_d - D 2$ に対する質点系モデルの応答
 *2: 面外影響評価用応答 = 質点系モデル基本ケース *6 の S_s ($S_s 7 波$ *7) に対する応答 × モデル比
 *3: 評価用応答比 = 面外影響評価用応答 / 基準地震動 S_s ($S_s 7 波$) の設計用床応答曲線
 *4: 裕度 = 許容値 / 発生値
 *5: 当該設備の耐震計算書で適用している評価手法と同等の手法による評価 (解析モデルの精緻化含む)
 *6: 添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す基本ケース
 *7: $S_s 7 波$ は、基準地震動 $S_s - D 1, D 2, D 3, F 1, F 2, F 3$ 及び $S_s - N 1$

図3-2-1 原子炉建屋3次元FEMモデルの面外応答に係る機器・配管系への影響検討フロー

表3-2-4 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の機器・配管系への影響を検討した詳細評価条件（基準地震動 S s）

影響検討対象設備	面外方向	面外方向 固有周期 ^{*1} (s)	設計用最大応答加速度 (×9.80665 m/s ²)	影響評価用最大応答加速度 (×9.80665 m/s ²)
原子炉建屋ブローアウト パネル閉止装置	水平 (NS)	—	2.62 ^{*2}	
静的触媒式水素 再結合装置 (その2)	水平 (NS)	—	3.73 ^{*3}	7.94

注記*1：面外方向に対して剛な設備は「—」として記載する。

*2：添付書類「VI-2-9-4-4-1-5 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について」に記載の値。

*3：添付書類「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」に記載の値。

表3-2-5 原子炉建屋3次元FEMモデルによる面外応答の機器・配管系への影響を検討した詳細評価結果（基準地震動 S s）

影響検討対象設備	評価部位	応力分類等	面外応答を考慮した発生値	許容値	判定	備考
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置*1	扉駆動用電動機	機能維持評価			○	単位：G
	門駆動用電動機					
静的触媒式水素再結合装置（その2）*2	静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ応力			○	単位：MPa

注記*1：原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の要求機能が作動性及び気密性保持であるため、装置の駆動に必要な扉駆動用電動機及び門駆動用電動機の機能維持評価を実施した。

*2：実機の構造を踏まえ、添付書類「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」に記載の解析モデルを精緻化して応力評価を実施した。

*3：動的機能維持評価は各方向に対する評価であり、応答増幅する面外（水平）方向の発生値。

*4：水平2方向及び鉛直方向を考慮した発生値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。