

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密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-17-0035_改5
提出年月日	2021年11月5日

VI-2-別添 1-8 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

目次

1. 概要	1
2. 影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
3. 評価結果	4
3.1 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	4
3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の 検討結果	4
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	4
3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	4
3.5 まとめ	5

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「VI-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、火災防護設備について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能、動的機能を有することを確認するため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 影響評価

2.1 基本方針

火災防護設備に関する、水平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、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」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

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」の「4. 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方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、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の組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備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、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

火災防護設備のうち、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能が維持できることを確認する設備を評価対象とする。（図2-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重畳する観点、若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。（図2-1②）

(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が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、機種ごとの分類に対して地震力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。（図2-1③）

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。（図2-1④）

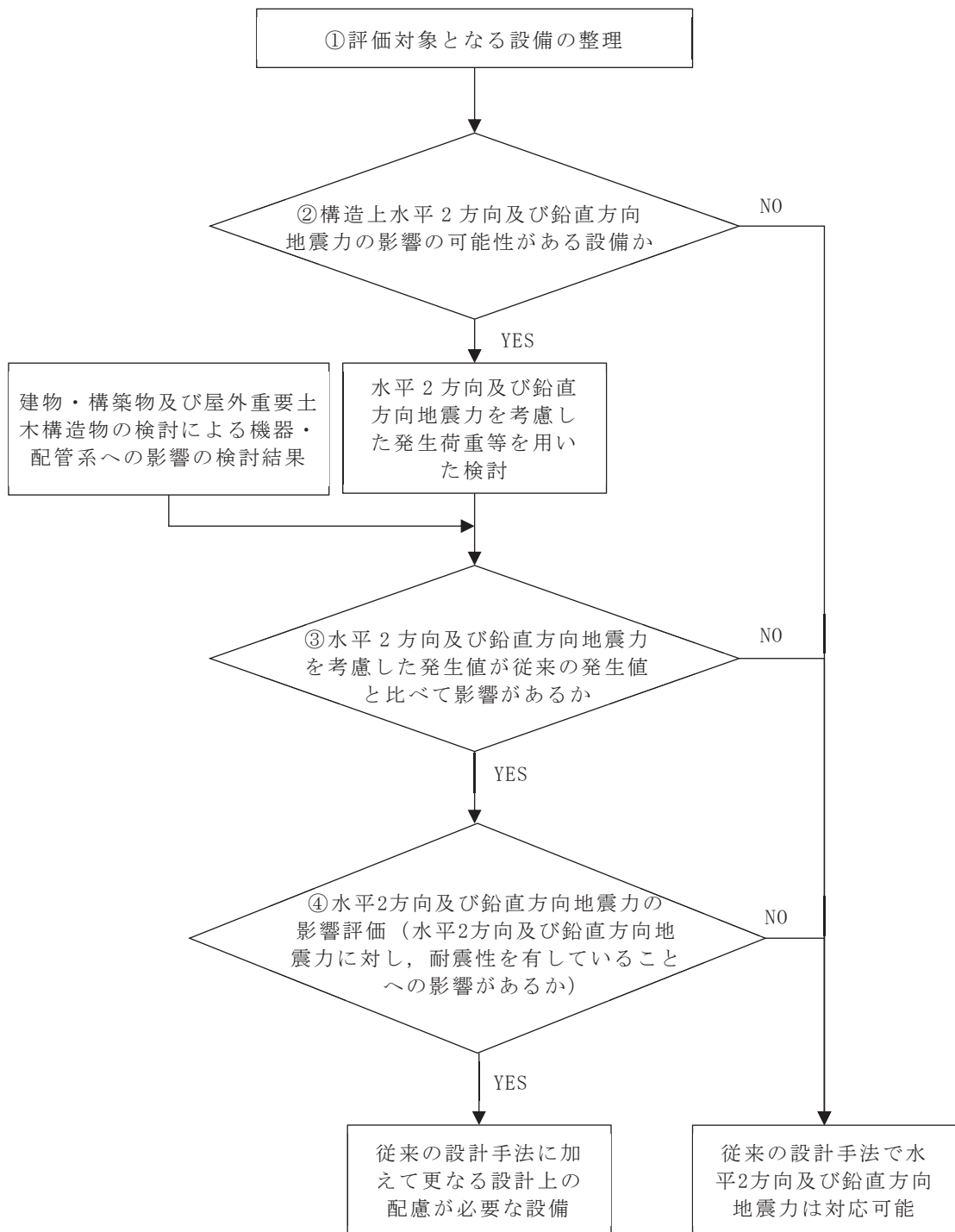


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

3. 評価結果

3.1 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

水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を表3-1に示す。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」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、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がある設備の抽出結果を表3-2に示す。

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、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として抽出した。

(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がある設備を抽出した。

(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)及び(2)にて影響の可能性がある設備について、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、従来の計算による発生値と比較し、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。

3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討において、火災防護設備への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

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

表3-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、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」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「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」の影響評価条件にて算

出した発生値に対して，設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表3-3及び表3-4に示す。

3.5 まとめ

火災防護設備について，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも火災防護設備が有する耐震性への影響がないことを確認したため，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手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備

設備名称	評価対象部位
火災感知器	基礎ボルト 取付ボルト 溶接部
火災受信機盤	基礎ボルト
ガスボンベ設備	ボンベラック 基礎ボルト
選択弁	弁ラック 溶接部
制御盤	基礎ボルト 取付ボルト
消火配管	消火配管

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/4)

(1) 構造強度評価

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			検討結果
		3.1(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2) 水平方向とその直交方向が関連する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	3.1(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 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり －：該当なし	
火災感知器	熱感知器 煙感知器 防水型熱感知器 防爆型煙感知器① 防爆型熱感知器 防爆型煙感知器② 防湿型煙感知器	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	○	影響評価結果は表3-3参照
	炎感知器	○ (取付ボルト) 一次応力 (引張) *	×	○	影響評価結果は表3-3参照
	屋外仕様炎感知器	○ (溶接部) 一次応力 (せん断) *	×	○	影響評価結果は表3-3参照
	熱感知カメラ	○ (取付ボルト) 一次応力 (引張) *	×	○	影響評価結果は表3-3参照
	火災受信機盤	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	－	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。

注記*：VI-2-別添 1-2～7 の各耐震計算書のうち, 評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/4)

(1) 構造強度評価 (続き)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			検討結果
		3.1(1)重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2)ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3)増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	
ガスボンベ設備	ハロンガス消火設備	△ (ボンベラック) 一次応力 (組合せ) *	×	－	ボンベラックは、従来評価にて水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。
	ケーブルトレイ消火設備	△ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	－	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。
	選択弁	△ (溶接部) 一次応力 (せん断) *	×	－	弁ラックは矩形配置であり、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。
	制御盤	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張) *	×	○	影響評価結果は表3-3参照

注記*：VI-2-別添1-2～7の各耐震計算書のうち、評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/4)

(1) 構造強度評価 (続き)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			検討結果
		3.1(1)重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2)ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3)増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	
消火配管	ハロン消火配管	△ (配管本体) 一次+二次応力*	○	－	ハロン消火配管は、従来評価にて水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮済である。配管系は3次元モデルを用いた解析により、従来評価よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードにより影響は考慮済である。
	ケーブルトレイ消火配管	○ (配管本体) *	○	○	影響評価結果は表3-3参照

注記*：VI-2-別添 1-2～7 の各耐震計算書のうち、評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (4/4)

(2) 機能維持評価

設備名称	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.1(1)重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2)ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3)増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	検討結果
火災感知器	○	×	○	影響評価結果は表3-4参照
火災受信機盤	△	×	－	盤内に取り付けられている電気品は、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。
容器弁	○	×	○	影響評価結果は表3-4参照
選択弁	○	×	○	影響評価結果は表3-4参照
制御盤	△	×	－	盤内に取り付けられている電気品は、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。

(1) 構造強度評価

表3-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による構造強度評価結果 (1/2)

(単位：MPa)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				
		応力評価部位	1方向入力 発生応力* ¹	2方向想定 発生応力* ²	許容応力	判定
火 災 感 知 器	煙感知器 熱感知器 防水型熱感知器 防爆型煙感知器①	基礎ボルト	29	41	154	○
	防爆型熱感知器 防爆型煙感知器②	基礎ボルト	8	12	154	○
	防湿型煙感知器	基礎ボルト	25	36	154	○
	炎感知器	取付ボルト	20	29	193	○
	屋外仕様炎感知器	溶接部	12	17	161	○
	熱感知カメラ	取付ボルト	22	32	131	○
	制御盤	基礎ボルト	10	15	168	○

発生応力はすべて許容応力以下である。

注記*1：基準地震動 S_s による地震力において発生する応力を記載している。

*2：「1方向入力発生応力」に対して $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

(1) 構造強度評価 (続き)

表3-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による構造強度評価結果 (2/2)

(×9.8 m/s²)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						
		加速度 評価部位	設置位置	水平方向加速度			影響確認済 加速度	判定
				1方向入力 発生加速度		2方向想定 発生加速度		
				NS 方向	EW 方向			
消 火 配 管	ケーブルトレイ 消火配管	配管本体	原子炉建屋*1 (O.P. 33.2m)	2.65	2.40	3.75*2		○
			制御建屋*1 (O.P. 22.950m)	2.78	2.54	3.94*2		
			海水ポンプ室*1 (O.P. 13.542m)	1.44	5.95	6.13*3		

発生加速度はすべて影響確認済加速度以下である。

注記*1: 機器の設置位置のうち最も設計震度が大きい階の基準地震動 S_s により定まる応答加速度を用いる。

*2: 「1方向入力発生加速度」のうち大きいものに対して、√2を乗じたものを記載している。

*3: 「1方向入力発生加速度」に対して、NS方向とEW方向の2乗和平方根の値を記載している。

(2) 機能維持評価

表3-4 水平2方向及び鉛直方向地震力による機能維持評価結果 (1/2)

(×9.8 m/s²)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
		加速度 評価部位	設置位置	水平方向加速度			
				1方向入力 発生加速度*1	2方向想定 発生加速度*2	機能確認済 加速度	判定
火 災 感 知 器	煙感知器 熱感知器 防水型熱感知器 防爆型煙感知器①	火災感知器本体	原子炉建屋 (O.P. 50.50m) *3	6.07	8.59	10.00	○
	防爆型熱感知器 防爆型煙感知器②	火災感知器本体	原子炉建屋 (O.P. 50.50m) *3	6.07	8.59	10.00	○
	防湿型煙感知器	火災感知器本体	原子炉建屋 (O.P. 50.50m) *3	6.07	8.59	11.00	○
	炎感知器	火災感知器本体	原子炉建屋 (O.P. 50.50m) *3	6.07	8.59	9.00	○
	屋外仕様炎感知器	火災感知器本体	緊急用電気品建屋 (O.P. 68.90m) *4	2.77	3.92	7.74	○
	熱感知カメラ	火災感知器本体	緊急用電気品建屋 (O.P. 68.90m) *4	2.77	3.92	10.21	○

2方向想定発生加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

注記*1：基準地震動S_sによる地震力において発生する加速度を記載している。

*2：「1方向入力加速度」に対して、√2を乗じた値を記載している。

*3：最も設計震度が大きい階の基準地震動S_sにより定まる応答加速度を用いる。

*4：機器の設置位置のうち最も設計震度が大きい階の基準地震動S_sにより定まる応答加速度を用いる。

(2) 機能維持評価 (続き)

表3-4 水平2方向及び鉛直方向地震力による機能維持評価結果 (2/2)

(×9.8 m/s²)

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
		加速度 評価部位	設置位置	水平方向加速度			判定
				1方向入力 発生加速度*1	2方向想定 発生加速度*2	機能確認済 加速度	
容 器 弁	ガスボンベ設備容器弁	容器弁本体	原子炉建屋 (O.P. 22.50m) *3	1.77	2.51	10.00	○
	ケーブルトレイ消火設備容器弁	容器弁本体	原子炉建屋 (O.P. 23.60m) *3	2.21	3.13	5.19	○
選択弁		選択弁本体	緊急用電気品建屋 (O.P. 56.40m) *3	0.84	1.19	5.00	○

2方向想定発生加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

注記*1：基準地震動S_sによる地震力において発生する加速度を記載している。

*2：「1方向入力加速度」に対して、√2を乗じた値を記載している。

*3：機器の設置位置のうち最も設計震度が大きい階の基準地震動S_sにより定まる応答加速度を用いる。