

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第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-024-4-2 改5
提出年月日	2020年7月22日

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する検討について
(機器・配管系) (津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備)

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

 今回説明範囲

1. 検討の目的	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検討結果	
3.1 建物・構築物	
3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	
3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	
3.2 機器・配管系	1
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手法の考え方	1
3.2.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	2
3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	3
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	5
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	8
3.2.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	8
3.2.7 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	9
3.2.8 まとめ	10
3.3 屋外重要土木構造物	
3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	
3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	
3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	
3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備	22

別紙1 評価部位の抽出に関する説明資料

別紙2 3次元FEMモデルを用いた精査

別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析

別紙4 機器・配管系に関する説明資料

別紙 4 機器・配管系に関する説明資料

目 次

 今回説明範囲

別紙 4.1	機器・配管系の耐震評価における水平 2 方向入力の影響有無整理結果……別紙 4.1-1
別紙 4.2	水平 2 方向の地震による代表設備の増分影響結果……………別紙 4.2-1
別紙 4.3	水平 2 方向の地震による発生値と許容値の比較……………別紙 4.3-1
別紙 4.4	個別設備に関する補足説明……………別紙 4.4-1
別紙 4.5	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性について……別紙 4.5-1
別紙 4.6	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法の検討について……………別紙 4.6-1
別紙 4.7	原子炉建屋 3 次元 FEM モデルの応答解析結果に係る機器・配管系への 影響について……………別紙 4.7-1
別紙 4.8	原子炉建屋 3 次元 FEM モデルの面外加速度に係る機器・配管系への 影響について……………別紙 4.8-1

原子炉建屋 3次元 FEM モデルの面外加速度に係る機器・配管系への影響について

1. はじめに

「別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査」の「2.5 地震応答解析結果」より、壁の中央部で面外にはらむような最大応答加速度分布となっていることから、面外加速度の機器・配管系への影響検討を実施する。

2. 影響検討対象

原子炉建屋に設置され、最大応答加速度、床応答曲線及び時刻歴応答加速度を用いて評価する以下の機器・配管系を影響検討の対象とする。なお、複数スパン及び層にまたがって直交方向に壁及び床の無い連続した壁に対して、面外加速度の影響は大きいことから、オペフロに設置される設備を代表とする。また、オペフロの床についてもオペフロの壁と同様であることから、機器・配管系に対する面外加速度の影響を併せて検討する。影響検討対象の機器・配管系について表 1 に示す。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類の S クラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類が S クラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

表 1 影響検討対象設備 (1/2)

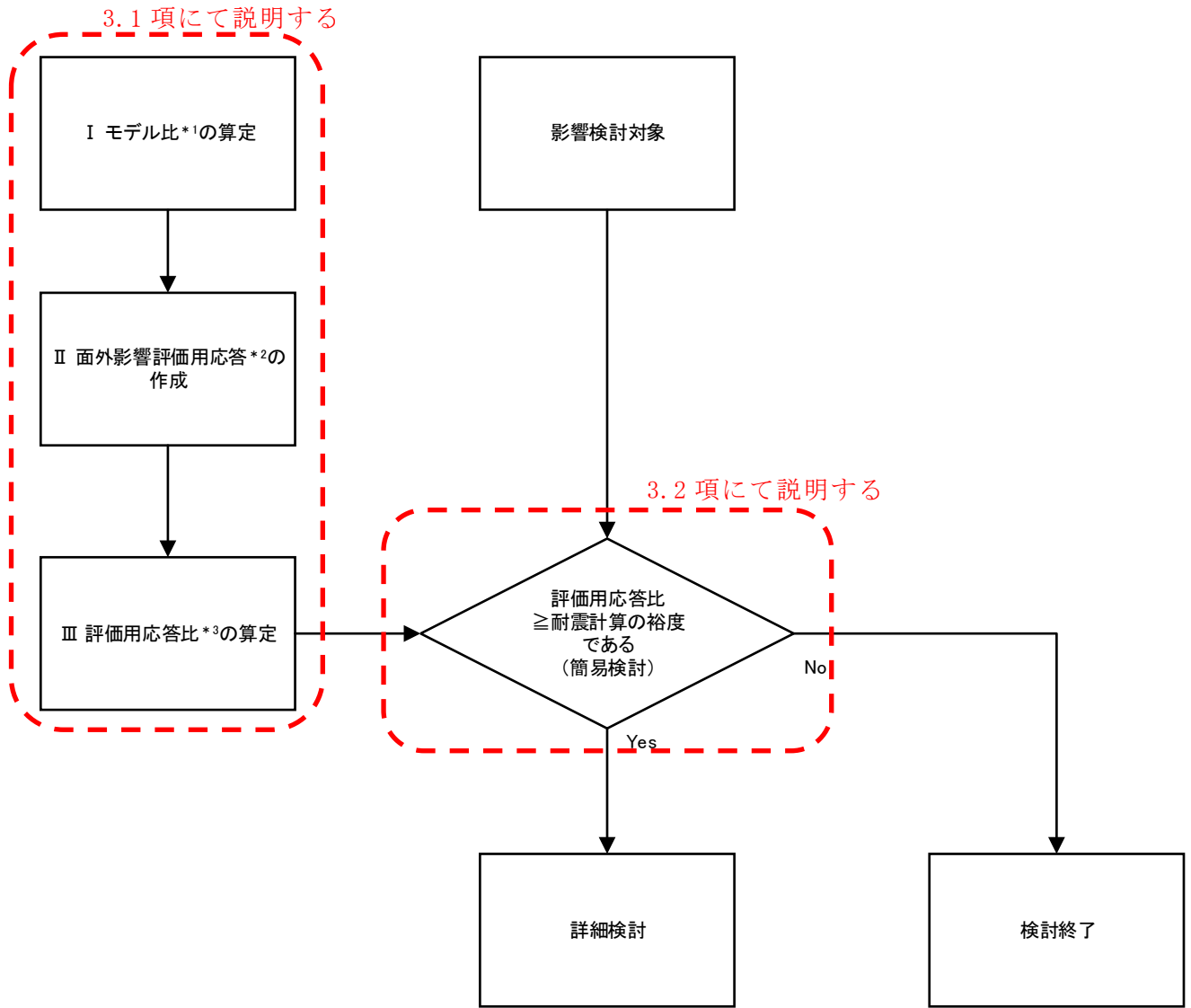
No	設備名称
1	制御棒・破損燃料貯蔵ラック
2	使用済燃料貯蔵ラック
3	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA) (G41-TE-103-3)
4	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA) (G41-TE-102-1~8)
5	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)
6	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ
7	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポート
8	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置 (エアクーラ)
9	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-1)
10	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-2)
11	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-3)
12	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-4)
13	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-2)
14	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-3)
15	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-4)
16	燃料プール代替注水系配管サポート (SFPOP-67R)
17	原子炉建屋水素濃度 (P91-H2E-001A)
18	原子炉建屋水素濃度 (P91-H2E-001B)
19	原子炉建屋水素濃度 (P91-H2E-001C)
20	高压窒素ガス供給系配管 (HPIN-R-6)
21	高压窒素ガス供給系配管 (HPIN-R-9)
22	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A)

表 1 影響検討対象設備 (2/2)

No	設備名称
23	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B)
24	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A)
25	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B)
26	燃料取替エリア排気放射線モニタ
27	フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099A)
28	フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099B)
29	耐圧強化ベント系放射線モニタ
30	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ)
31	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ)
32	非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-1)
33	非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3)
34	静的触媒式水素再結合器
35	格納容器圧力逃がし装置配管 (FCVS-Y-6)
36	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置
37	止水堰
38	原子炉建屋クレーン
39	燃料取替機

3. 影響検討方法

影響検討フローを図1に示す。



- 注記 * 1: モデル比 = S_d に対する3次元FEMモデルの応答 / S_d 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の S_s 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 / 耐震計算で使用している S_s に対する応答

図1 影響検討フロー

3.1 面外加速度の影響を評価するための応答の作成

3次元 FEM モデルでは、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析を行っていることから、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する応答を補正し、面外加速度による影響を評価できる応答を作成する。

応答の作成については、「別紙 4.7 原子炉建屋 3次元 FEM モデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響について」の「3.1 3次元 FEM モデルによる影響を評価するための応答の作成」と同様の方法とし、「3.1 3次元 FEM モデルによる影響を評価するための応答の作成」における「3次元影響評価用応答」を「面外影響評価用応答」と読み替える。

ここで、弾性設計用地震動 S_d に対する 3次元 FEM モデルの応答は、機器・配管系の設置箇所に対応する節点の応答を用いる。図 2～11 に影響検討に用いた節点を示す。

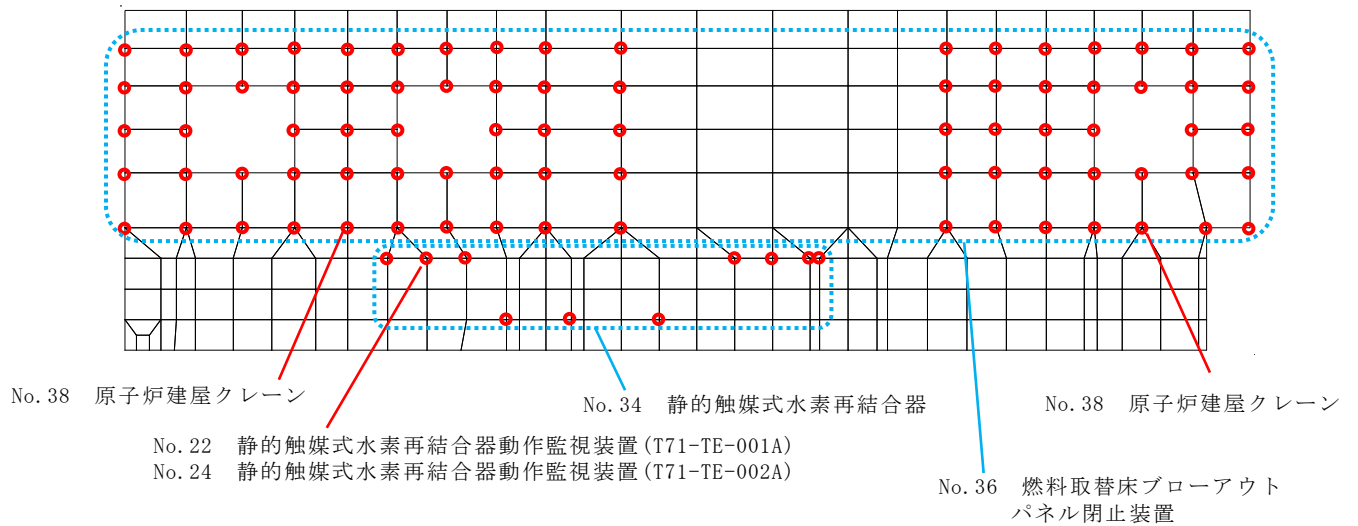


図2 オペフロ北面壁 (R6)

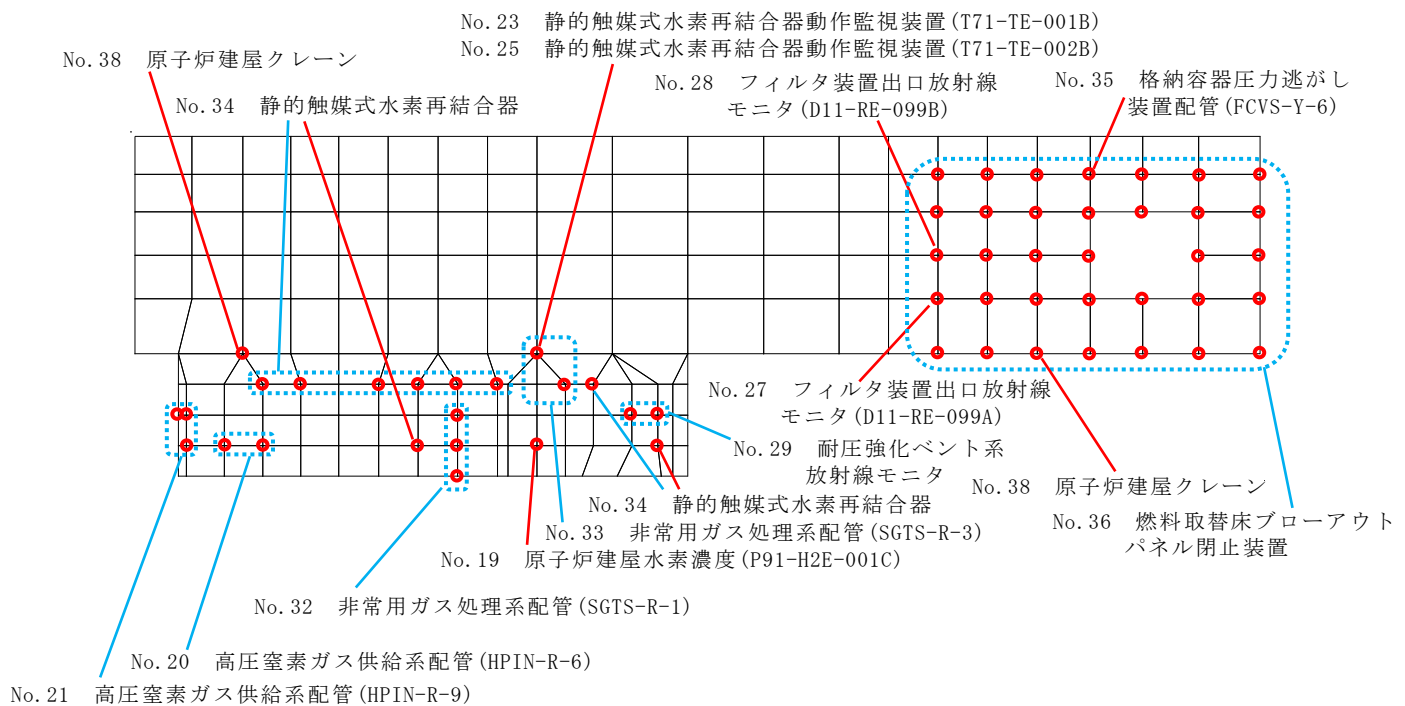


図3 オペフロ南面壁 (R2)

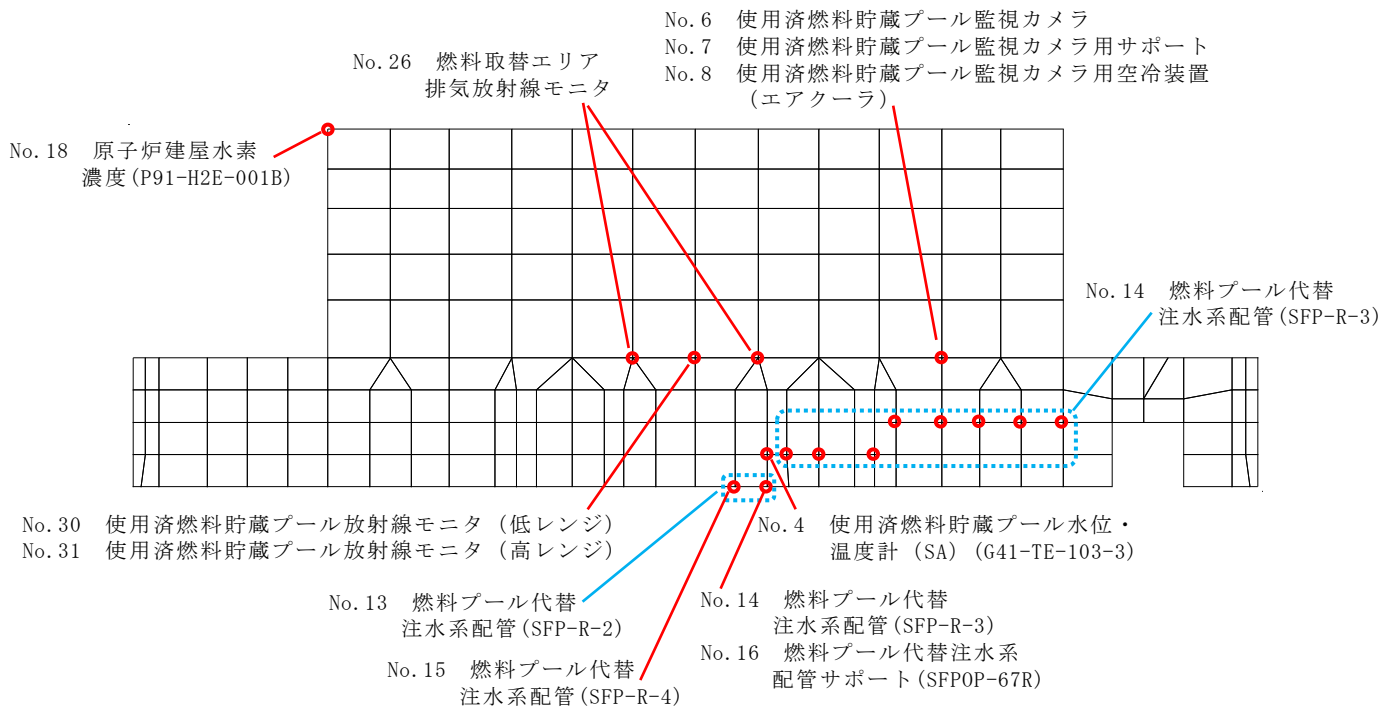


図4 オペフロ東面壁 (RG)

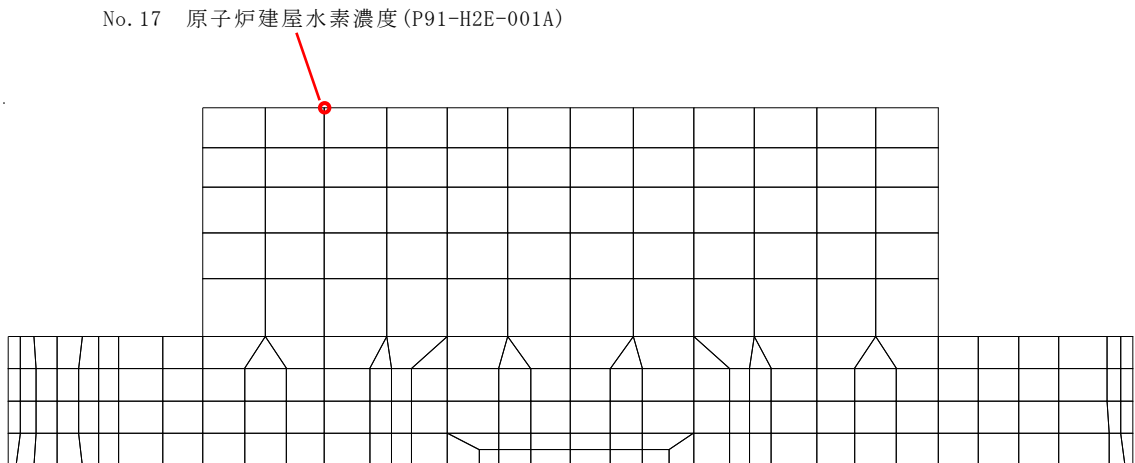


図5 オペフロ西面壁 (RA)

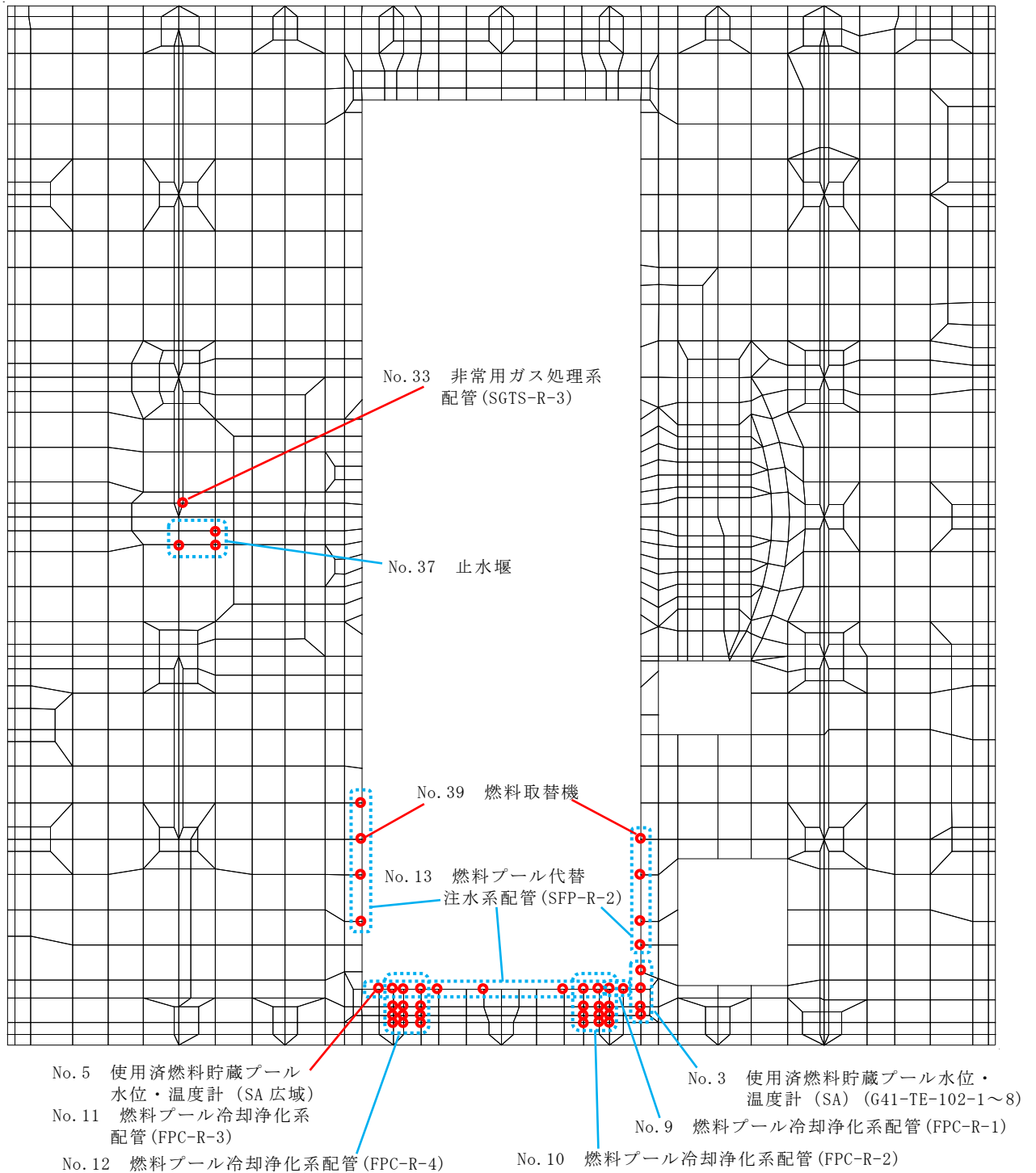
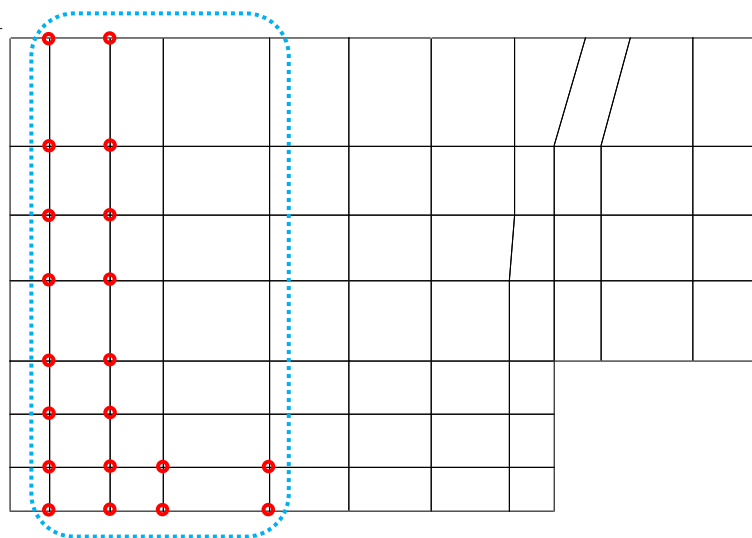
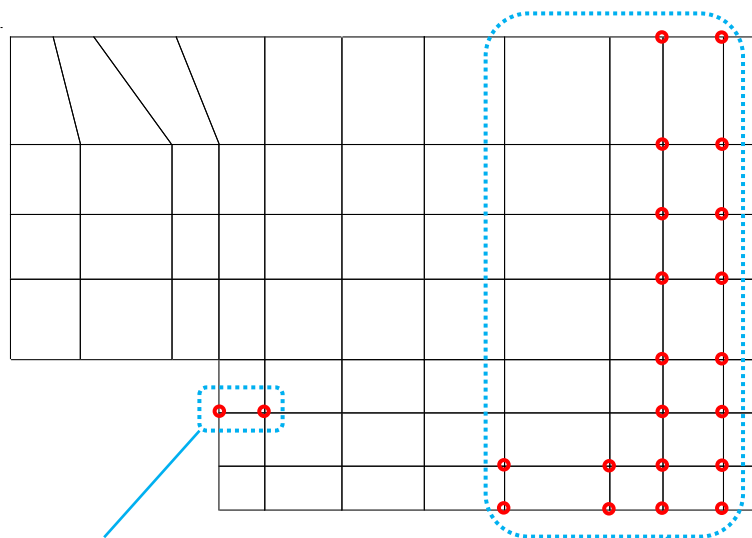


図 6 オペフロ床スラブ



No. 9 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-1)

図 7 SFP 北面壁 (R5)



No. 1 制御棒・破損燃料貯蔵ラック

No. 11 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-3)

図 8 SFP 南面壁 (R3)

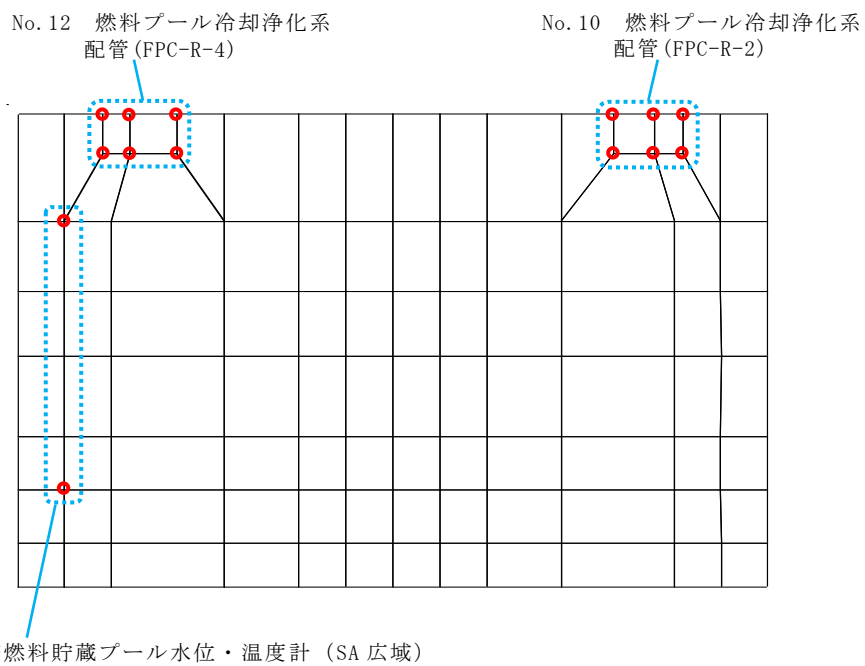


図 9 SFP 東面壁 (RG)

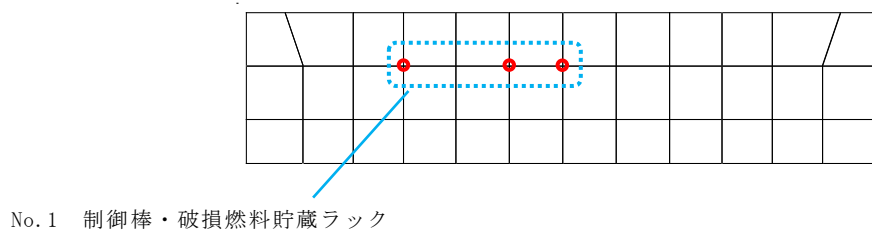
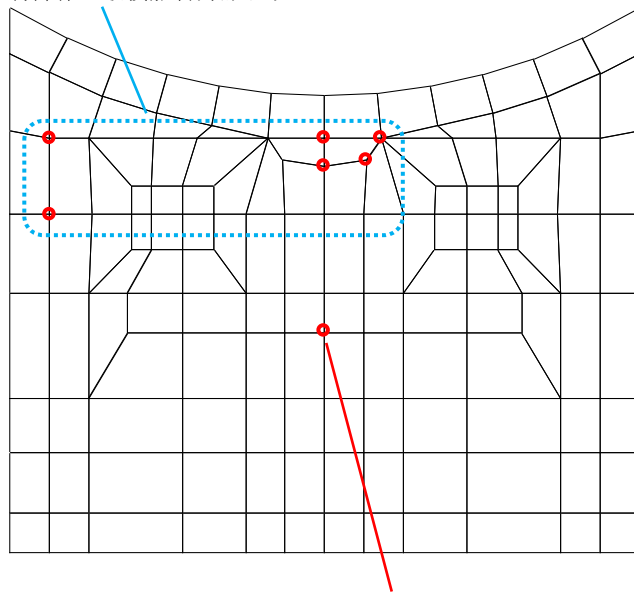


図 10 SFP 円筒壁 (RF)

No.1 制御棒・破損燃料貯蔵ラック



No.2 使用済燃料貯蔵ラック

図 11 SFP19.7m 床スラブ

3.2 面外加速度による影響の評価

評価用応答比が耐震計算の裕度を上回る機器・配管系を抽出する。なお、柔な設備については、評価用応答比は 0.05s を超える全ての固有周期を考慮する。具体的な考慮方法を図 12 に示す。

抽出された機器・配管系に対して詳細検討を実施する。

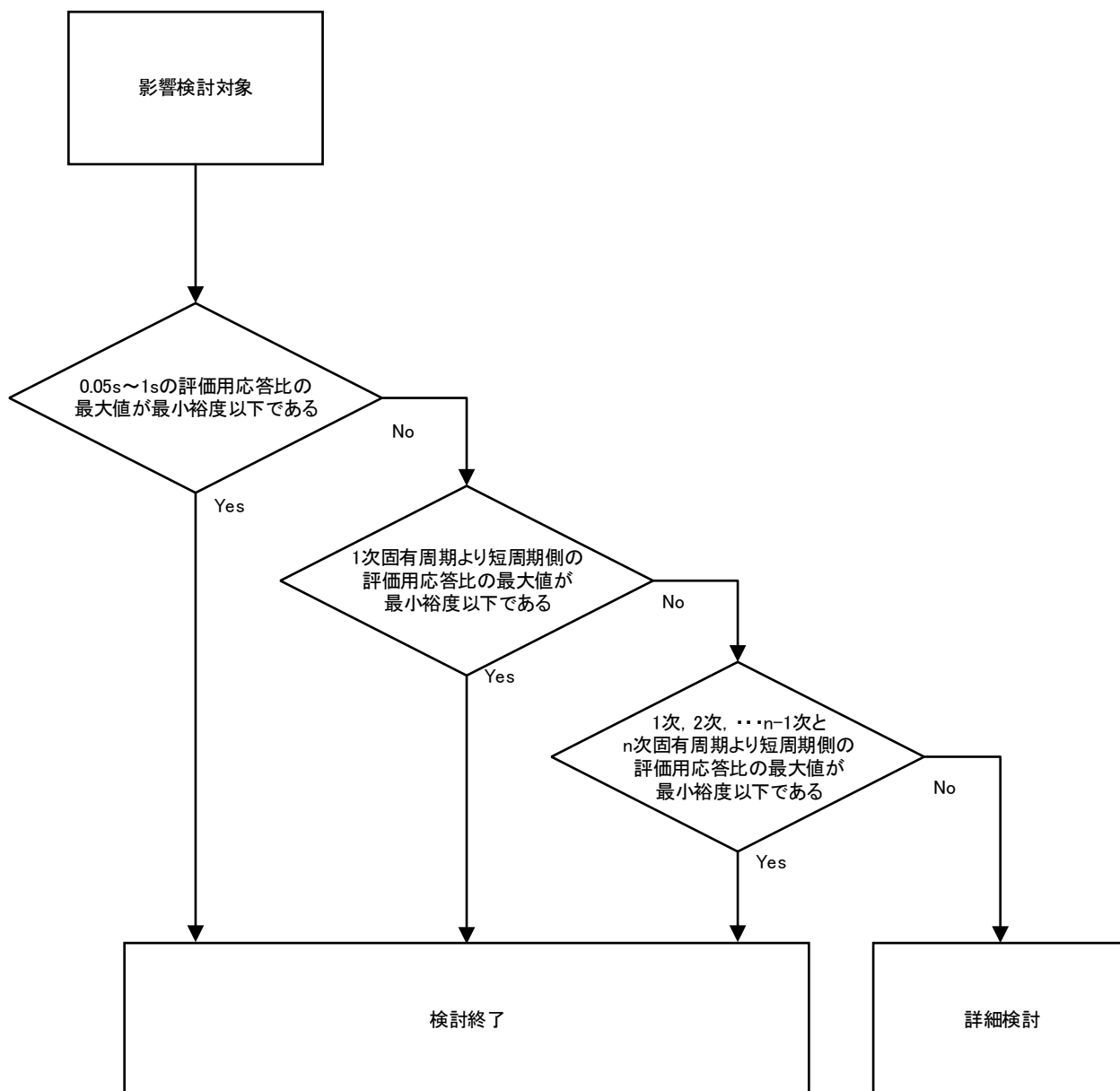


図 12 機器・配管系の固有周期における評価用応答比の考慮方法

4. 評価結果

4.1 簡易検討結果

簡易検討の結果，詳細検討が必要となった機器・配管系について表 2 に示す。

表 2 簡易検討結果

No	設備名称	減衰* ¹ (%)	固有* ^{1,2} 周期 (s)	評価 項目	評価用 応答比	耐震* ³ 裕度
1	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)	1.0		構造 強度	1.37	1.01
2	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-3)	2.0	0.189	構造 強度	2.81	1.88
3	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ)	—	—	機能 維持	1.83	1.77
4	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ)	—	—	機能 維持	1.83	1.77
5	非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3)	2.0	0.160	構造 強度	1.73	1.19
6	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置	—	—	機能 維持	2.18	

注記*1：剛な設備は「—」として記載

*2：1次固有周期を代表して記載

*3：耐震裕度は各設備の全ての評価結果のうち，最小値を記載


4.2 詳細検討結果

詳細検討が必要となった機器・配管系について、面外方向は面外影響評価用応答を用いて、面内方向は、影響検討であることから Ss-1~8 の基本ケースを包絡した耐震条件を用いて、耐震計算を実施した。評価に用いた地震力を表 3 に、評価結果を表 4 に示す。また、評価に用いた面外評価用応答を図 13~16 及び表 5 に示す。なお、耐震条件以外の圧力、温度等の条件は、耐震計算書と同一の条件である。

表 3 詳細検討に用いた地震力

方向	地震動	解析ケース	拡幅	倍率
面外方向	Ss-1~8	基本ケース	なし	モデル比
面内方向	Ss-1~8	基本ケース	なし	1.0

表 4 詳細検討結果

No	設備名称	評価部位等	応力分類等	計算応力等	許容応力等
1	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)	検出器架台	組合せ	140MPa	205MPa
2	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-3)	—	一次＋二次応力	276MPa	410MPa
3	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ)	—	機能維持評価	3.08G	 *1
4	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ)	—	機能維持評価	3.08G	 *1
5	非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3)	—	一次＋二次応力	286MPa	422MPa
6	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置*2	電動機	機能維持評価		4.7G

注記*1：耐震計算書の機能確認済加速度を確認した際の加振試験と同等な加振試験結果による機能確認済加速度

*2：別紙 4.8.1 にて詳細を示す

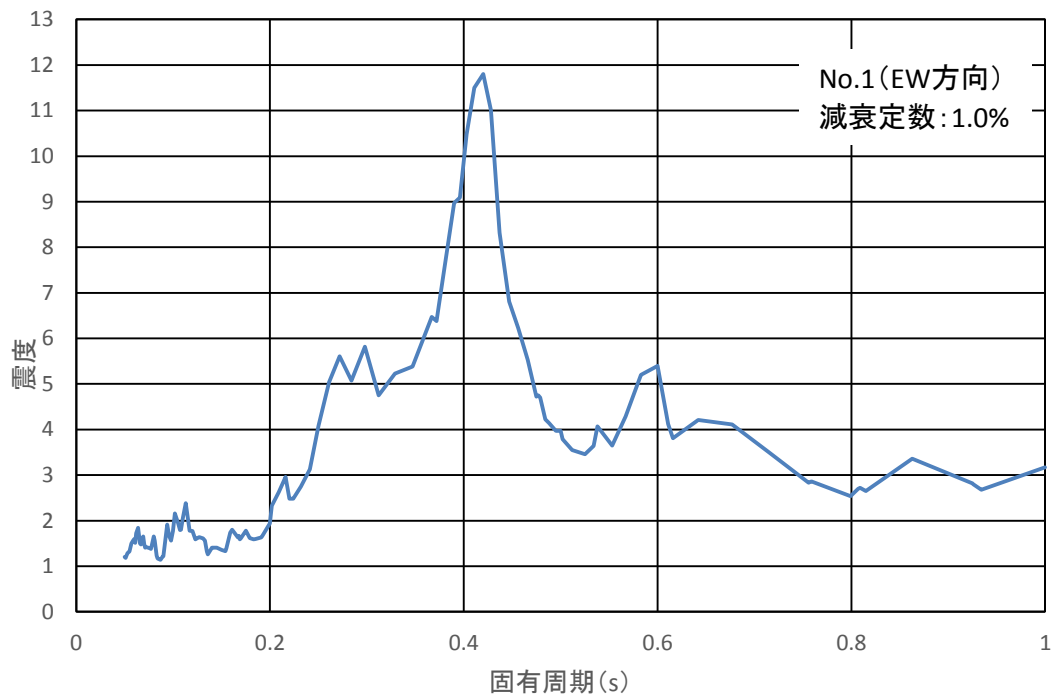


図 13 No. 1 面外影響評価用床応答曲線

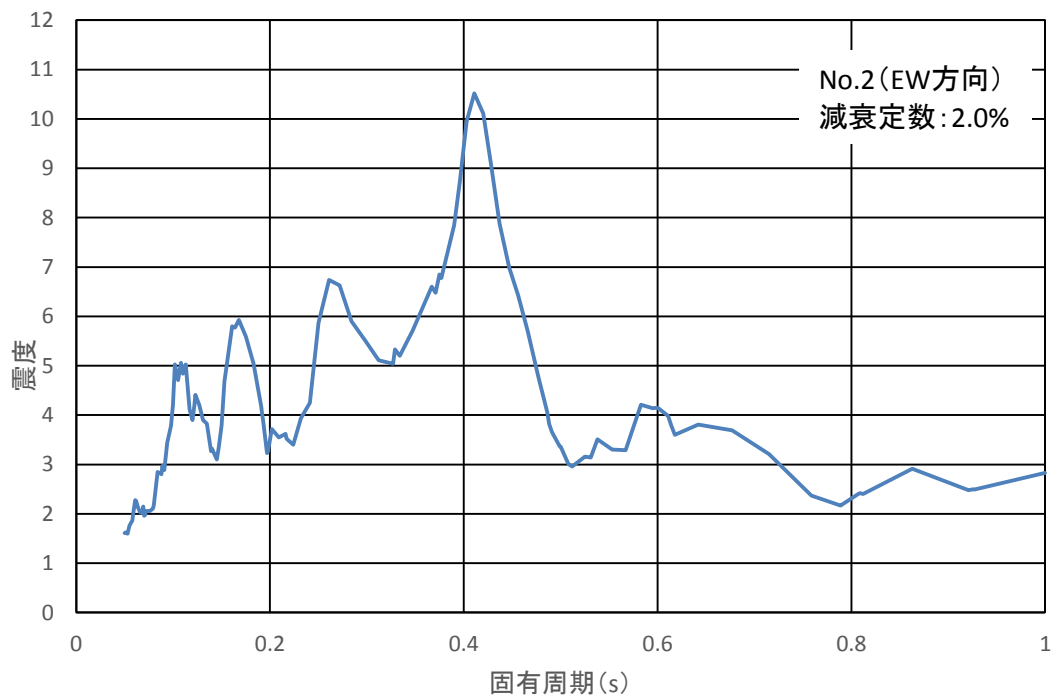


図 14 No. 2 面外影響評価用床応答曲線

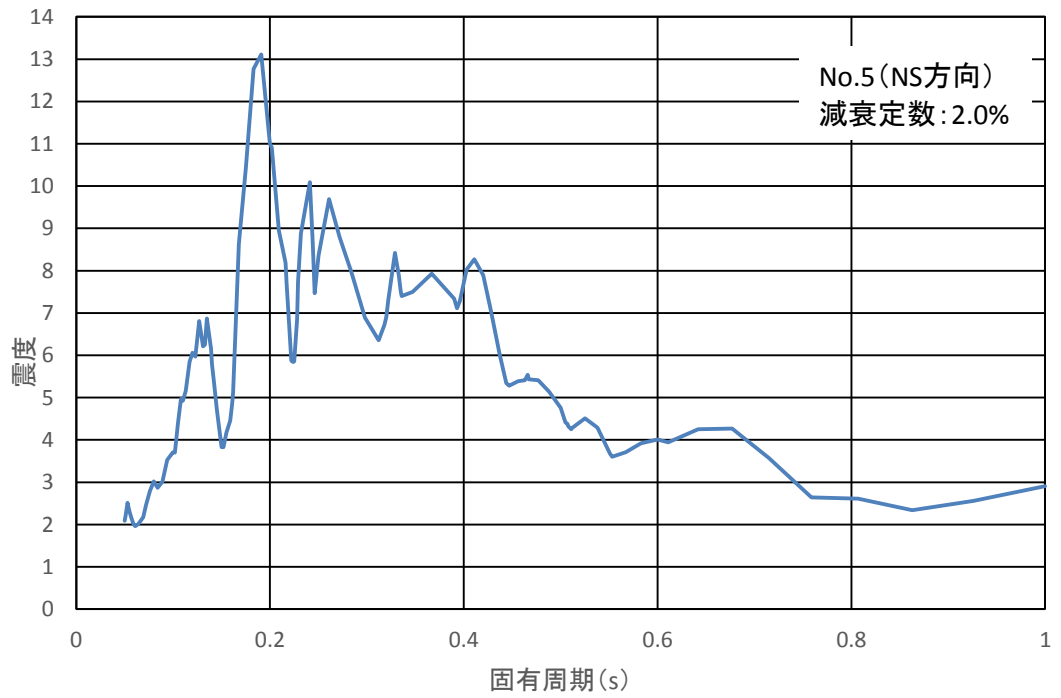


図 15 No. 5 面外影響評価用床応答曲線 (NS 方向)

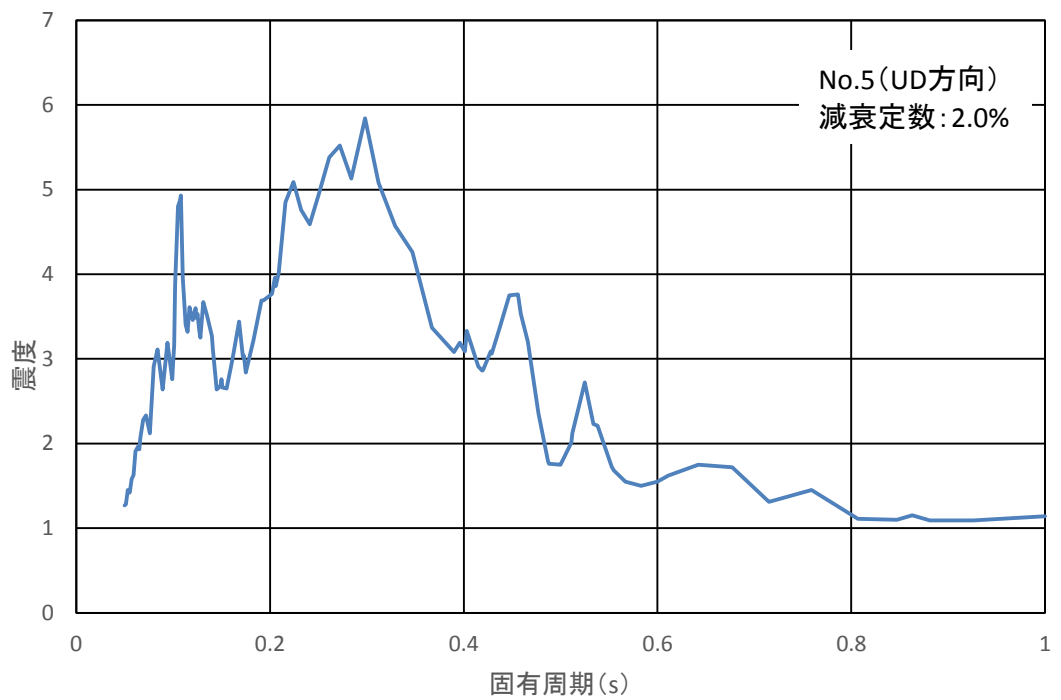


図 16 No. 5 面外影響評価用床応答曲線 (UD 方向)

表 5 面外影響評価用最大応答加速度

No	設備名称	面外方向	最大応答加速度 (G)
1	使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)	UD 方向	1.59
2	燃料プール代替注水系配管 (SFP-R-3)	EW 方向	1.85
3	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ)	EW 方向	3.08
4	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ)	EW 方向	3.08
5	非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3)	NS 方向	2.34
		UD 方向	1.34
6	燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置*1	NS 方向	□

注記*1：別紙 4.8.1 にて詳細を示す。

5. まとめ

「別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査」の「2.5 地震応答解析結果」より，壁の中央部で面外にはらむような最大応答加速度分布となっていることから，面外加速度の機器・配管系への影響検討を実施し，その結果，面外加速度による影響を考慮しても，機器・配管系の耐震性に影響がないことを確認した。

燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置の機能維持評価について

1. はじめに

燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP 閉止装置」という。）の機能維持評価について、簡易検討による耐震性が確認できなかったことから、詳細検討を実施した。詳細検討で用いた面外評価用最大応答加速度と機能確認済加速度について示す。

2. 動的機能維持評価対象設備

BOP 閉止装置における動的機能維持評価対象は電動機であり，その設置位置を図 1 に示す。

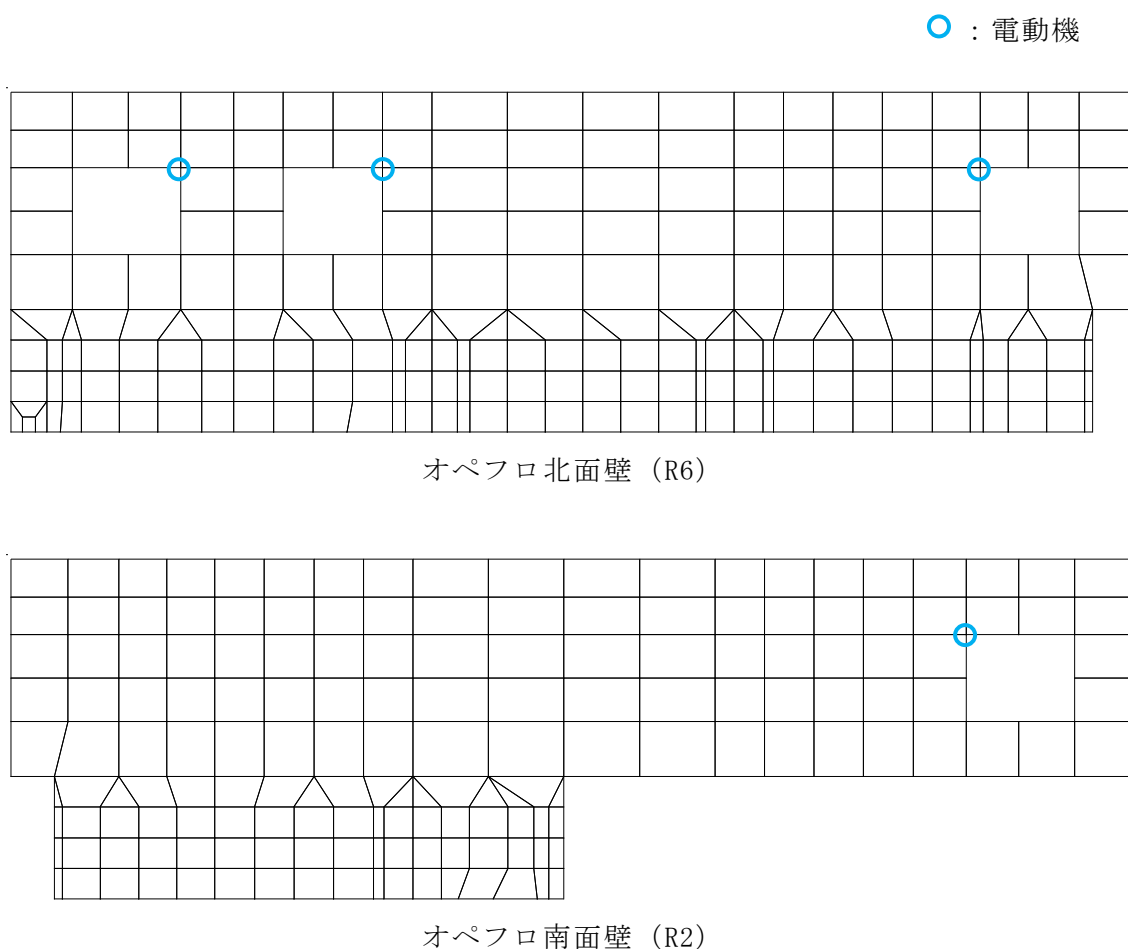


図 1 BOP 閉止装置における動的機能維持評価対象の設置位置

3. 面外評価用最大応答加速度による機能維持評価

3.1 BOP 閉止装置の機能確認済加速度による評価

評価結果を表 1 に示す。電動機の面外評価用最大応答加速度は機能確認済加速度を超えており、耐震性が確認できなかった。

表 1 加振試験による機能確認済加速度を用いた評価結果

対象	面外評価用 最大応答加速度 (G)	機能確認済加速度* ¹ (G)
電動機	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記*1：V-2-9-5-5「燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書」から引用

3.2 電動機の機能確認済加速度による評価

BOP 閉止装置の電動機は、出力 の横形ころがり軸受機であり、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下「J E A G 4 6 0 1-1991」という。)の機能確認済加速度が適用できる。J E A G 4 6 0 1-1991 の機能確認済加速度を用いた電動機の評価結果を表 2 に示す。電動機の面外評価用最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり、耐震性が確認できた。

表 2 J E A G 4 6 0 1-1991 の機能確認済加速度を用いた評価結果

対象	面外評価用 最大応答加速度 (G)	機能確認済加速度* ¹ (G)
電動機	<input type="text"/>	4.7

注記*1：V-2-1-9「機能維持の基本方針」から引用

4. まとめ

面外加速度による影響を考慮しても、BOP 閉止装置の機能維持評価において、耐震性に影響がないことを確認した。