

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-022-08改01
提出年月日	2023年4月20日

VI-2-別添7-2-7 管の耐震性についての計算書
(低圧原子炉代替注水系) (掘削前)

2023年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件との比較	1
3. 概略系統図及び鳥瞰図	3
4. 計算条件	3
5. 解析結果及び評価	4
5.1 固有周期及び設計震度	4
5.2 評価結果	10
5.2.1 管の応力評価結果	10
5.2.2 支持構造物評価結果	11
5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	12
5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	13

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、低圧原子炉代替注水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件との比較

低圧原子炉代替注水系の管、支持構造物及び弁については、VI-2-5-5-5-2「管の耐震性についての計算書（低圧原子炉代替注水系）」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。耐震条件の比較は、安全対策工事に伴う掘削の影響を受ける建物・構築物等である低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽について実施する。比較結果のうち、耐震条件の比較結果を表 2-1 に、設計用床応答スペクトルの比較を図 2-1 に示す。なお、設計用床応答スペクトルは代表で減衰 2.0%のものを示す。

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震条件比較結果

耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)	備考
構造強度評価	動的震度 (NS)	1.00	0.97	○	
	動的震度 (EW)	1.14	1.00	○	
	動的震度 (鉛直)	1.70	0.82	○	
	設計用床応答 スペクトル (NS)	図 2-1 (1/3) 参照		×*2	
	設計用床応答 スペクトル (EW)	図 2-1 (2/3) 参照		○*2	
	設計用床応答 スペクトル (鉛直)	図 2-1 (3/3) 参照		×*2	

注記*1 : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る震度又は設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）を上回る設計用床応答スペクトル

*2 : 図 2-1 に示す耐震計算書（添付書類）の耐震条件（実線）と掘削前の耐震条件（点線）を比較し、全周期帯において実線が点線を上回っている場合は「○」、一部でも点線が実線を上回っていたら「×」を記載する。

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動 S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（NS方向）
- - - 掘削前の耐震条件（NS方向）

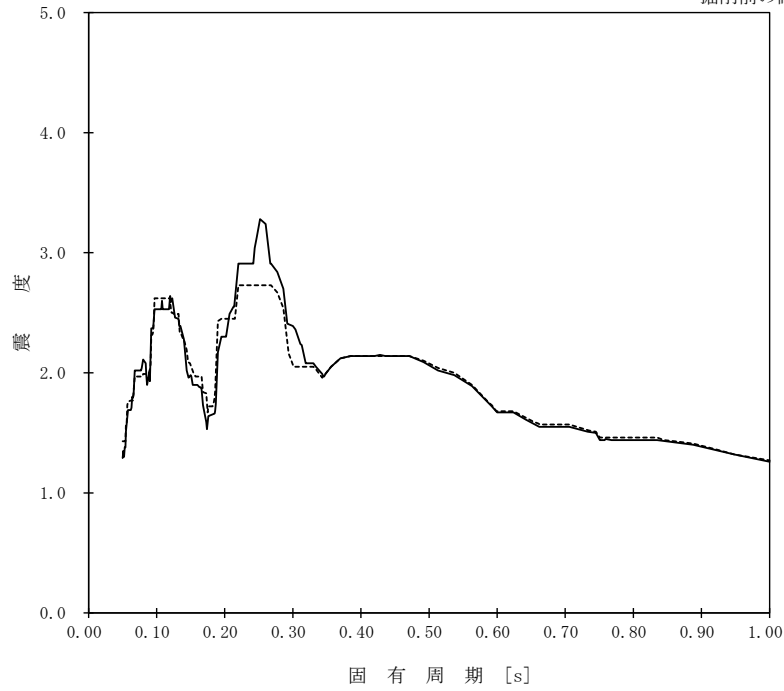


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（1/3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動 S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（EW方向）
- - - 掘削前の耐震条件（EW方向）

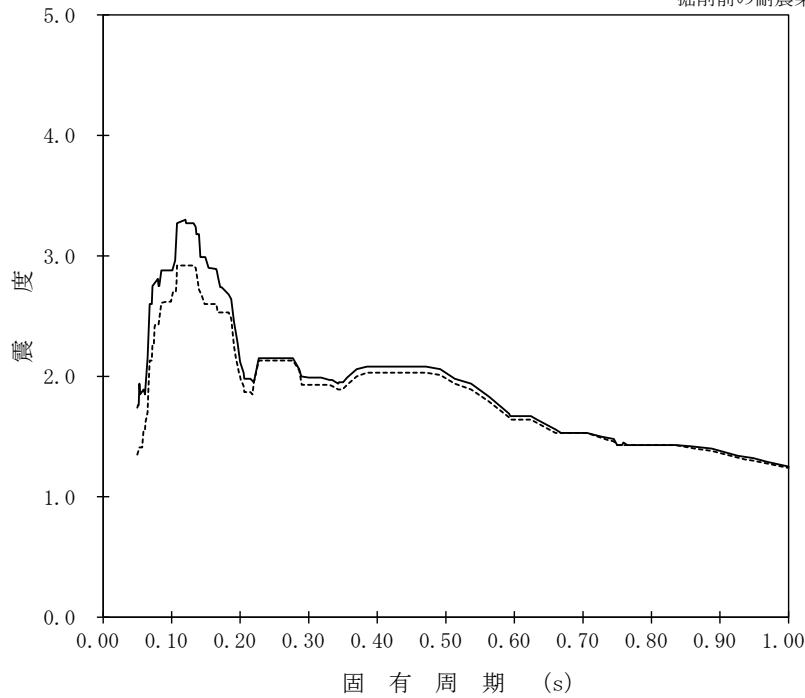


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（2/3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（鉛直方向）
----- 掘削前の耐震条件（鉛直方向）

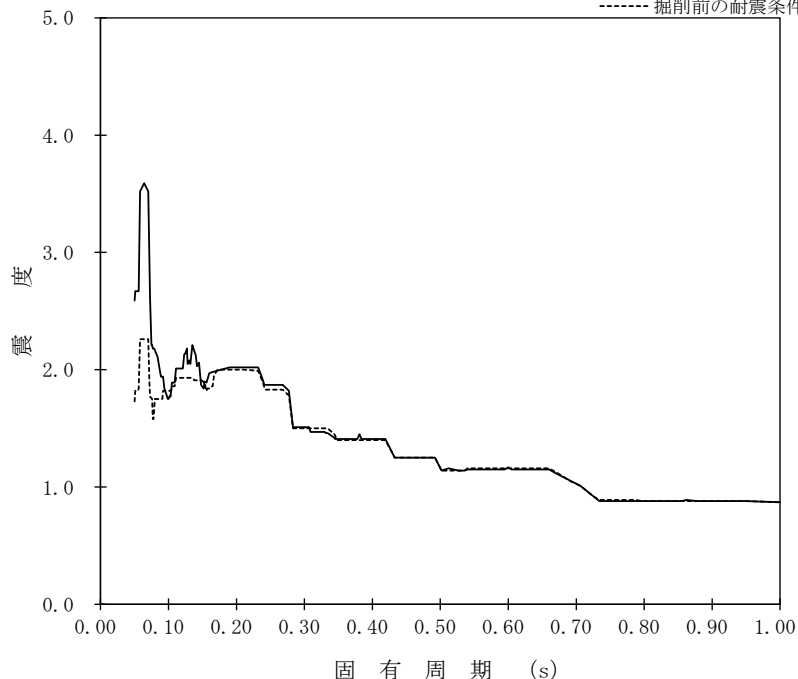


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（3/3）

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）の耐震条件が掘削前の耐震条件を一部下回ることを確認したため掘削前の耐震条件に対し、耐震性を有することを確認する。評価においては、掘削前の耐震条件を上回る震度及び床応答スペクトルを適用する。なお、「5.2.4 代表モデルの結果及び全モデルの評価結果」に示すとおり、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の条件を適用する配管モデルである FLSR-F-1, 1A, 2, 2A, 3 は代表モデルに選定されていない。

3. 概略系統図及び鳥瞰図

概略系統図及び鳥瞰図については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。

4. 計算条件

計算条件については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。

5. 解析結果及び評価

5.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FLSR-R-1

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FLSR-R-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

7

代表的振動モード図 (3次)

8

代表的振動モード図 (2次)

6

5.2 評価結果

5.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FLSR-R-1	243	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FLSR-R-1	243	311	376	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FLSR-R-1	243	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FLSR-R-1	243	311	376	—

5.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナッパ	—		—	—	—	
RE-FLSR-70Z	ロッドレストレイント	RSA-3		19	54	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-FLSR-73	レストレイント	パイプバンド	STK400	100	44	14	0	—	—	—	圧縮	44	129
AN-FLSR-57	アンカ	ラグ	SUS304	66	23	9	17	10	8	4	組合せ	35	142

5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
10	FLSR-F-3	48	86	431	5.01	—	48	100	376	3.76	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
10	FLSR-F-3	48	86	431	5.01	—	48	100	376	3.76	—	—