

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-補-E-19-0600-40-53_改0
提出年月日	2021年10月21日

補足-600-40-53 【サプレッションチェンバ接続配管に適用する床応答スペクトルに関する補足説明資料】

## 1. 概要

配管の耐震評価に適用する床応答スペクトルは、JEAG4601-1987では、「機器・配管系の重心位置に近い或いは耐震支持点の最も多い床面のもの等最も適切な床のものを採用することを基本」とすることと記載されている。

また、女川2号機では添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」において以下の通り方針を設定している。

「設計用床応答曲線は、配管系が設置されている位置を包絡する設計用床応答曲線を適用する。また、異なる建物・構築物を渡る配管系については、配管系が設置されている位置を包絡する設計用床応答曲線を適用する。ただし、設計用床応答曲線の運用において合理性が示される場合には、その方法を採用できるものとする。」

また、原子炉圧力容器に接続する配管等については、既工認から重心位置を個別に算定した上で重心位置の設計用床応答スペクトルを適用し、大型機器の接続位置に大型機器の変位を考慮した評価を行っている。

上記を踏まえ、女川2号機におけるサブプレッションチェンバに接続する配管（以下、SC接続配管という。）に対する設計用床応答スペクトルは、配管の重心が原子炉建屋側にあること、原子炉建屋の多くサポートが設置されていることを踏まえ、原子炉建屋の配管設置位置を包絡した設計用床応答スペクトルを適用し、サブプレッションチェンバの接続位置にサブプレッションチェンバの変位を考慮した評価を行っている。

一方、サブプレッションチェンバの地震応答から作成した設計用床応答スペクトルは、サブプレッションチェンバの固有周期帯で大きな地震応答加速度になっていることを確認したことを踏まえ、サブプレッションチェンバの地震応答によるSC接続配管への影響を確認し、上記のSC接続配管に対する耐震評価に適用する床応答スペクトルの適切性を確認する。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）
- ・ VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書（残留熱除去系）
- ・ VI-2-5-4-1-5 ストレーナ部ティーの耐震計算書（残留熱除去系）
- ・ VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系）
- ・ VI-2-5-5-1-4 ストレーナ部ティーの耐震計算書（高圧炉心スプレイ系）
- ・ VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書（低圧炉心スプレイ系）
- ・ VI-2-5-5-2-4 ストレーナ部ティーの耐震計算書（低圧炉心スプレイ系）
- ・ VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）
- ・ VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書（可燃性ガス濃度制御系）
- ・ VI-2-9-4-4-4-1 管の耐震性についての計算書（可搬型窒素ガス供給系）
- ・ VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉格納容器調気系）

## 2. 確認方針及び条件

SC接続配管に対する耐震評価に適用する床応答スペクトルの適切性を確認するため、サブプレッションチェンバの地震応答を考慮した時刻歴応答解析の結果と原子炉建屋の床応答スペクトルのスペクトルモーダル解析の結果との比較を行い、サブプレッションチェンバの地震応答加速度による影響を確認する。

### (1) 確認対象配管

確認対象配管は、サブプレッションチェンバの地震応答加速度の影響（地震慣性力）の観点から、一次応力評価で裕度が最小となるものとし、表1に示す原子炉建屋の設計用床応答曲線を用いているSC接続配管の裕度整理結果からRHR-010を対象とした。今回工認の耐震計算書におけるRHR-010の耐震評価の入力条件を表2に、解析モデルを図1に示す。

表1 SC接続配管の一覧表

配管モデル	1次応力に対する裕度 (許容応力/算出応力)		検討対象
	設計基準対象施設	重大事故等対処設備	
RHR-006	2.18	2.24	—
RHR-010	1.76	1.72	○
RHR-011	2.38	2.43	—
RHR-015	1.98	2.02	—
RHR-016	2.30	2.55	—
HPCS-002	1.93	1.97	—
HPCS-003	3.37	2.31	—
LPCS-002	2.43	2.22	—
LPCS-003	3.79	3.83	—
RCIC-001	4.11	3.10	—
RCIC-005	5.58	5.67	—
FCS-002	4.84	—*	—
FCS-004	6.98	—*	—
AC-014	—*	2.50	—
AC-001	3.13	4.65	—

注記\*：設計基準対象施設又は重大事故等対処設備ではないことを表す。

表2 入力条件

配管モデル	減衰定数	入力条件
RHR-010		

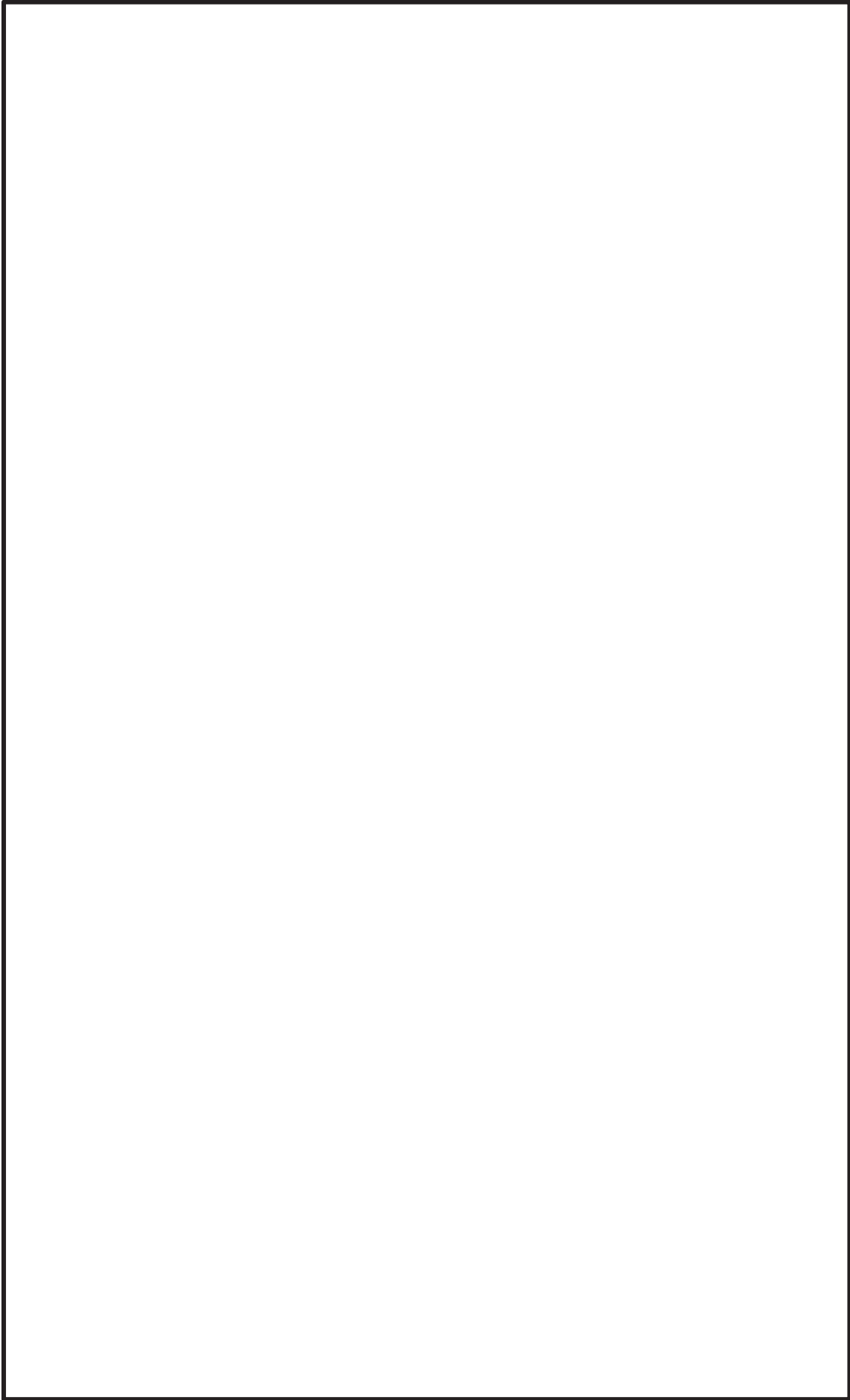


図1 解析モデル図

## (2) 地震応答解析方法

確認に用いた地震応答解析は、サプレッションチェンバの地震応答を精緻に考慮するため、サプレッションチェンバ及び原子炉建屋の時刻歴応答加速度を用いた多入力時刻歴応答解析と今回工認の耐震計算書で用いる原子炉建屋の床応答スペクトルを用いたスペクトルモーダル解析を行う。なお、時刻歴応答解析との応答結果との比較の観点から、応答加速度を周期方向に拡幅を行っていない床応答スペクトルを評価に適用した。

## (3) 入力地震動

### ① 多入力時刻歴応答解析

多入力時刻歴応答解析に用いる入力地震動は、配管の固有周期で応答加速度が大きく全周期帯において安定した応答を生じさせる基準地震動  $S_s - D2$  とし、配管とサプレッションチェンバとの接続位置及びサプレッションチェンバで支持するサポートの位置（図 1 の赤枠範囲）にサプレッションチェンバの時刻歴加速度、原子炉建屋で支持するサポートの位置（図 1 の赤枠範囲外）に応じた時刻歴加速度を入力する。

サプレッションチェンバの時刻歴加速度の例を図 2 に、原子炉建屋の時刻歴加速度を図 3 に示す。

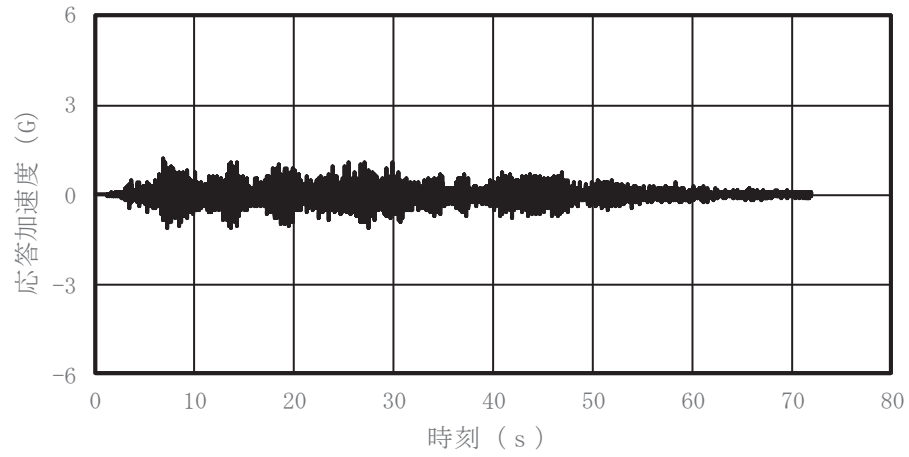


図2 時刻歴加速度 (1/3)

(基準地震動S s-D 2, サプレッションチェンバ, NS方向)

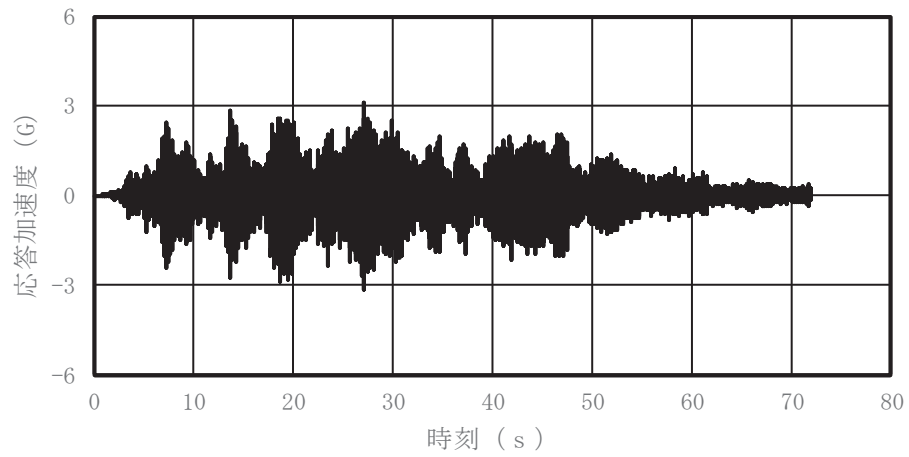


図2 時刻歴加速度 (2/3)

(基準地震動S s-D 2, サプレッションチェンバ, EW方向)

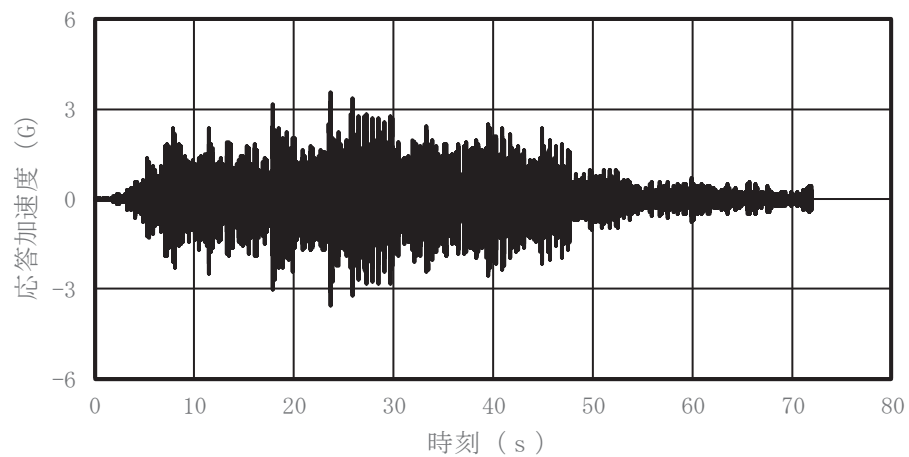


図2 時刻歴加速度 (3/3)

(基準地震動S s-D 2, サプレッションチェンバ, UD方向)

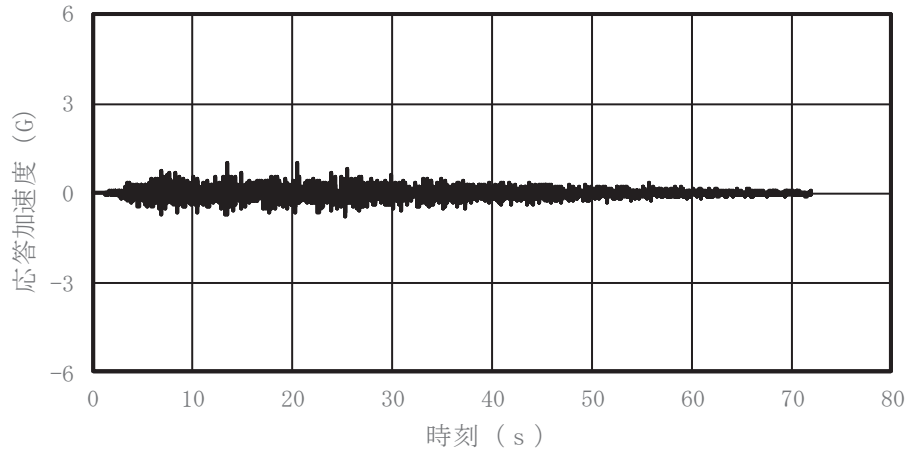


図3 時刻歴加速度 (1/3)

(基準地震動 S s - D 2, 原子炉建屋 : 0.P.  m, NS 方向)

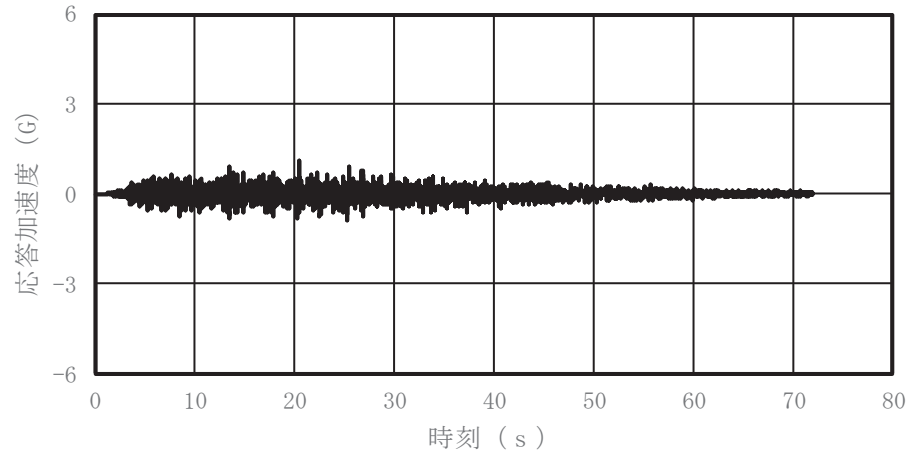


図3 時刻歴加速度 (2/3)

(基準地震動 S s - D 2, 原子炉建屋 : 0.P.  m, EW 方向)

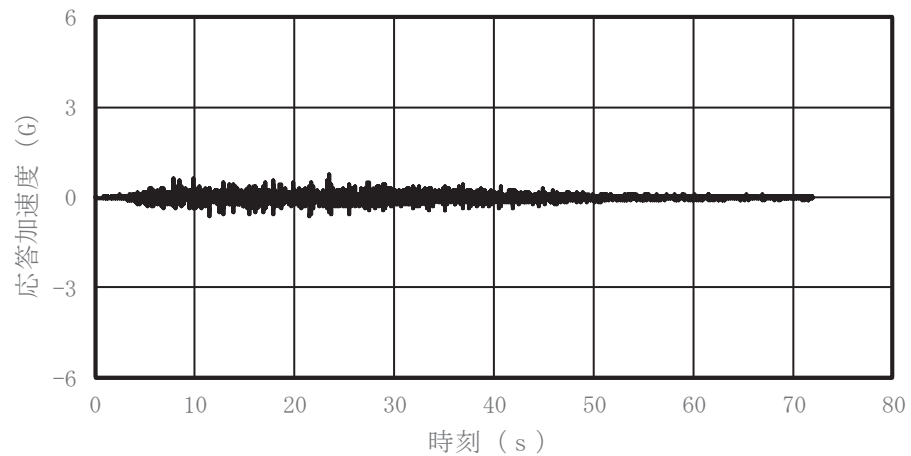


図3 時刻歴加速度 (3/3)

(基準地震動 S s - D 2, 原子炉建屋 : 0.P.  m, UD 方向)

② スペクトルモード解析

スペクトルモード解析に用いる入力地震動は、多入力時刻歴応答解析と同様に S s - D 2 とし、配管設置位置の標高を包絡した床応答スペクトルを入力する。

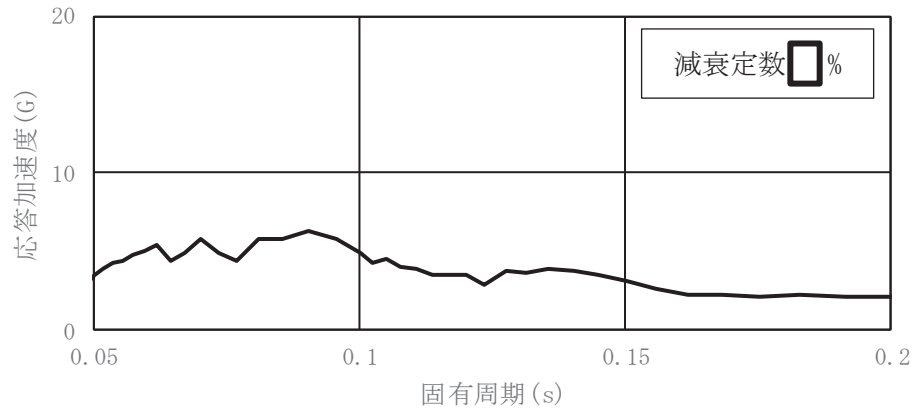


図4 床応答スペクトル (1/2)

(基準地震動 S s - D 2, 原子炉建屋 : 0.P. [ ] , N S / E W 包絡)

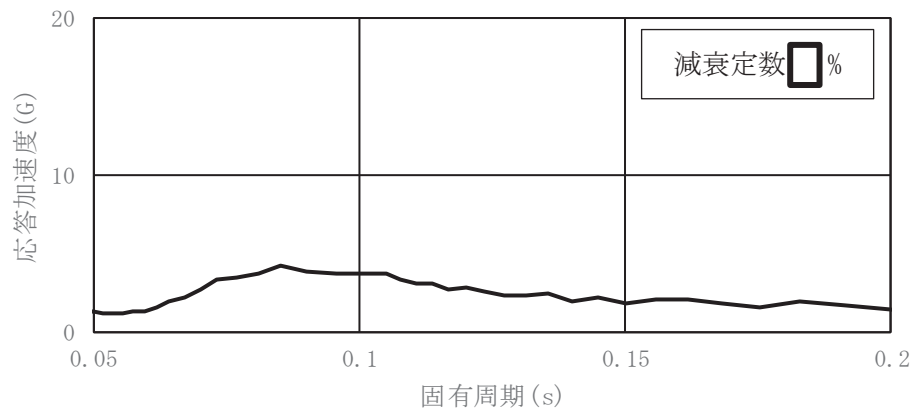


図4 床応答スペクトル (2/2)

(基準地震動 S s - D 2, 原子炉建屋 : 0.P. [ ] , U D 方向)



(4) 評価条件の比較

今回工認の耐震計算書の条件及び適切性確認に対する評価条件を表3示す。

表3 評価条件の比較

項目	今回工認	適切性確認	
		①多入力時刻歴応答解析	②スペクトルモーダル解析
解析モデル	構造に基づき設定	同左	同左
地震応答解析方法	スペクトルモーダル解析	多入力時刻歴応答解析	スペクトルモーダル解析
入力地震動	設計用床応答曲線 (周期方向に10%拡幅)  原子炉建屋 (O.P. <input type="text"/> )	時刻歴応答加速度  ・サプレッションチェンバ ・原子炉建屋 (O.P. <input type="text"/> )	床応答スペクトル (周期方向に拡幅を行わない)  原子炉建屋 (O.P. <input type="text"/> )
減衰定数	設計用減衰定数 <input type="text"/> %	同左	同左

#### 4. 確認結果

SC接続配管に対するサプレッションチェンバの地震応答を考慮した確認結果を表4に示す。確認結果から、サプレッションチェンバの地震応答を考慮した①多入力時刻歴応答解析による確認結果は、②スペクトルモーダル解析（応答加速度を周期方向に拡幅を行っていない）を用いた評価結果よりも小さく、サプレッションチェンバの地震応答の影響が小さい。なお、③今回工認の耐震評価結果は、①多入力時刻歴応答解析及び②スペクトルモーダル解析の結果を包絡している。

以上のことから、SC接続配管に対する耐震評価に原子炉建屋の配管設置位置における設計用床応答スペクトルを包絡した床応答スペクトルを適用することの適切性を確認した。

表4 確認結果

解析 モデル	①多入力時刻歴応答解析			②スペクトルモーダル解析			③今回工認		
	算出値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度*2	算出値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度*2	算出値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度*2
RHR- 010*2	171 (27)	363	2.12	185 (27)	363	1.96	210 (27)	363	1.72

注記\*1：許容値/算出値を表す。

\*2：括弧内は応力評価点を表す。

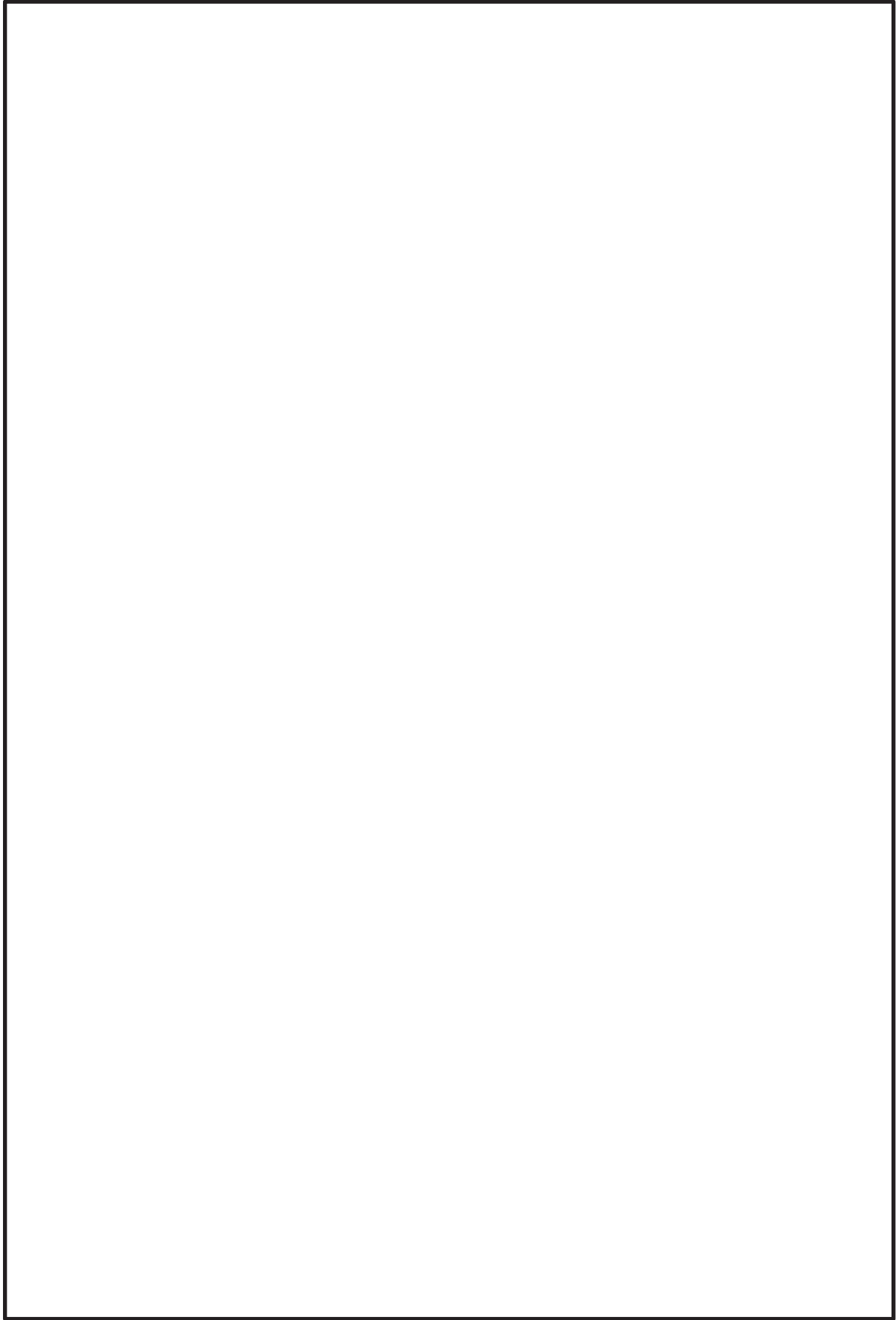
RHR-010の固有値解析結果

配管モデル（RHR-010）に対する固有値解析結果を参表1に、振動モード図（1次～4次モード）を参図1,2に示す。

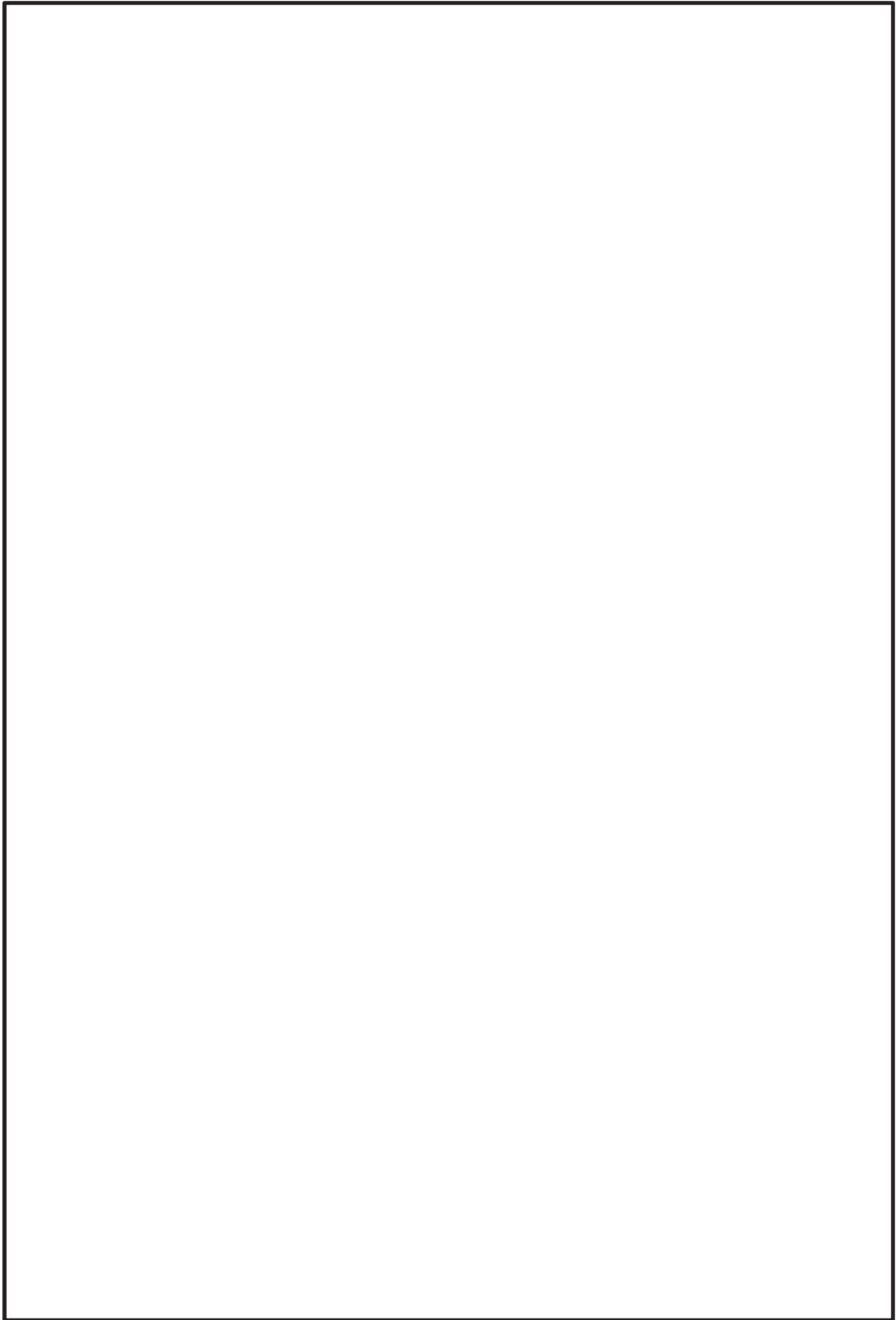
参表1 固有値解析結果

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				
6次				
7次				
8次				
14次				

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



参図1 振動モード図（上段：1次モード，下段：2次モード）



参図 2 振動モード図 (上段 : 3 次モード, 下段 : 4 次モード)