

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-963 改0
提出年月日	平成30年7月30日

## V-2-9-7-1-1 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	8
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	8
3.2 設計条件	9
3.3 材料及び許容応力	14
3.4 設計用地震力	15
4. 解析結果及び評価	16
4.1 固有周期及び設計震度	16
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」，「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，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又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は以下に示すとおりとする。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全15モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。





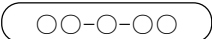
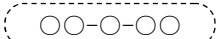

### (3) 弁

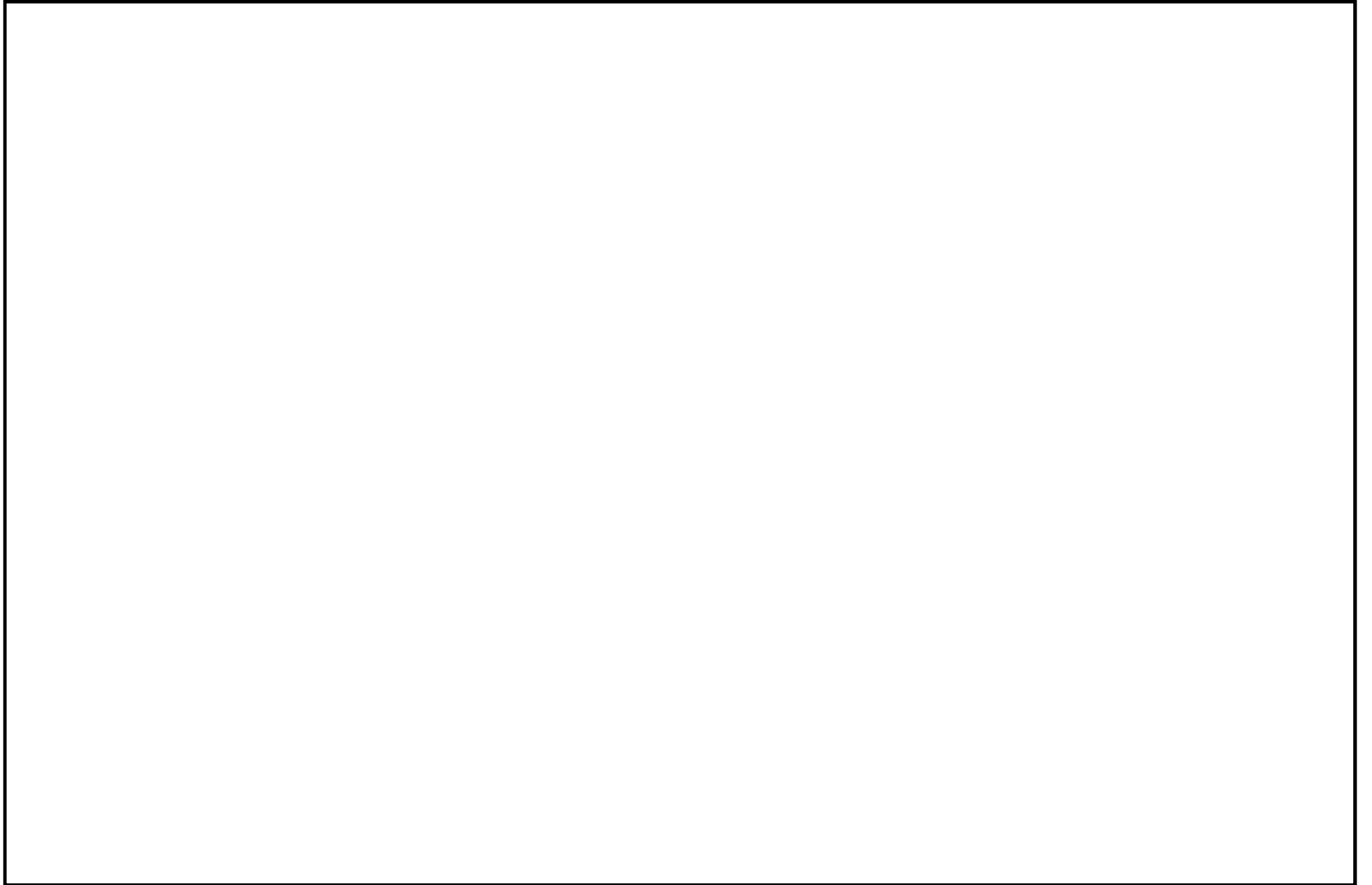
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

#### 概略系統図記号凡例



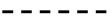


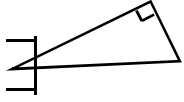
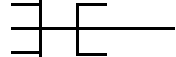

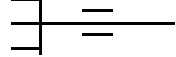
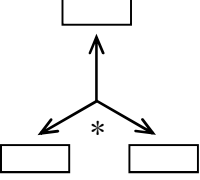
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載す る範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果のみ記載する範囲)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



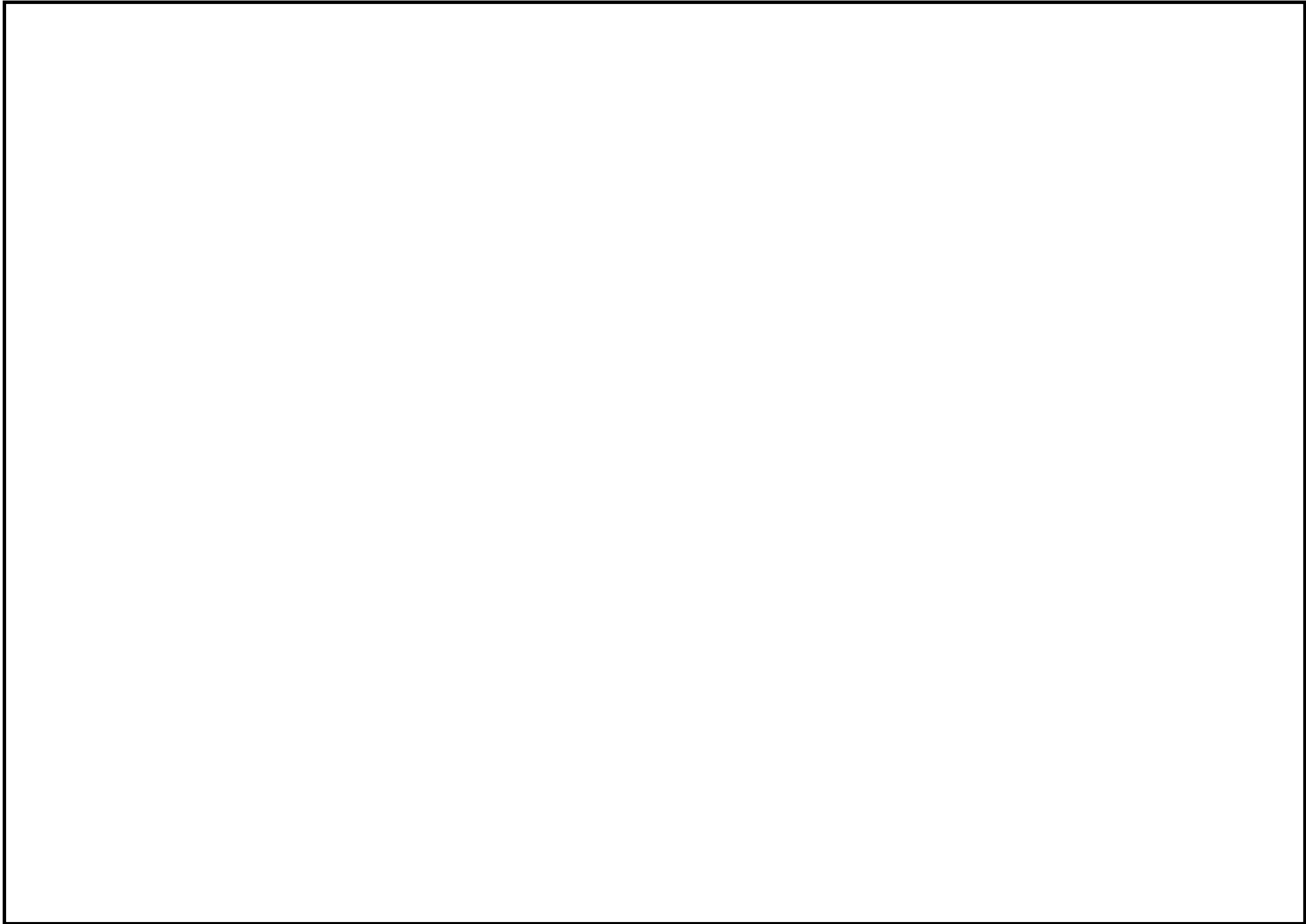


2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他システムの管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。





7



3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	格納容器圧力逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$ <sup>*6,7</sup>	$V_A S$
							$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6</sup>	
		窒素ガス代替注入系	S A	常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力逃がし装置	S A	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記\*1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2: 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3: 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5: 許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し, 許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

\*6: プロセス条件に加え, 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として, 重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7: 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ に包絡されるため, 評価を省略する。

## 3.2 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-32

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	29～33W, 29～67	0.69	200	60.5	5.5	STPT410	—	191000
2	38W～40W	0.69	200	60.5	5.5	STPT42	—	191000
3	67～68	0.69	200	60.5	5.5	SFVC2B	—	191000
4	68～76W, 77W～86A	0.69	200	60.5	3.9	SUS316LTP	—	183000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-32

質量	対応する評価点
	29～33W, 38W～40W

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-32

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
33W~34				34~35			
35~36							
34~38W				76W~77W			

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-32

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	34		35
	37		76W~77W

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-32

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
36						
45N						
7301						
** 7301 **						
7701						
86A						

## 3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STPT42	200	—	207	404	—
STPT410	200	—	207	404	—
SFVC2B	200	—	213	438	—
SUS316LTP	200	—	120	407	—



### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
RCIC-32	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCIC-32

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
		3.35	3.35	3.55
		2.23	2.23	3.08
		1.20	1.20	1.74
		1.20	1.20	1.63
		0.97	0.97	2.02
		0.96	0.96	2.02
		—	—	—
動的震度		1.10	1.10	0.96

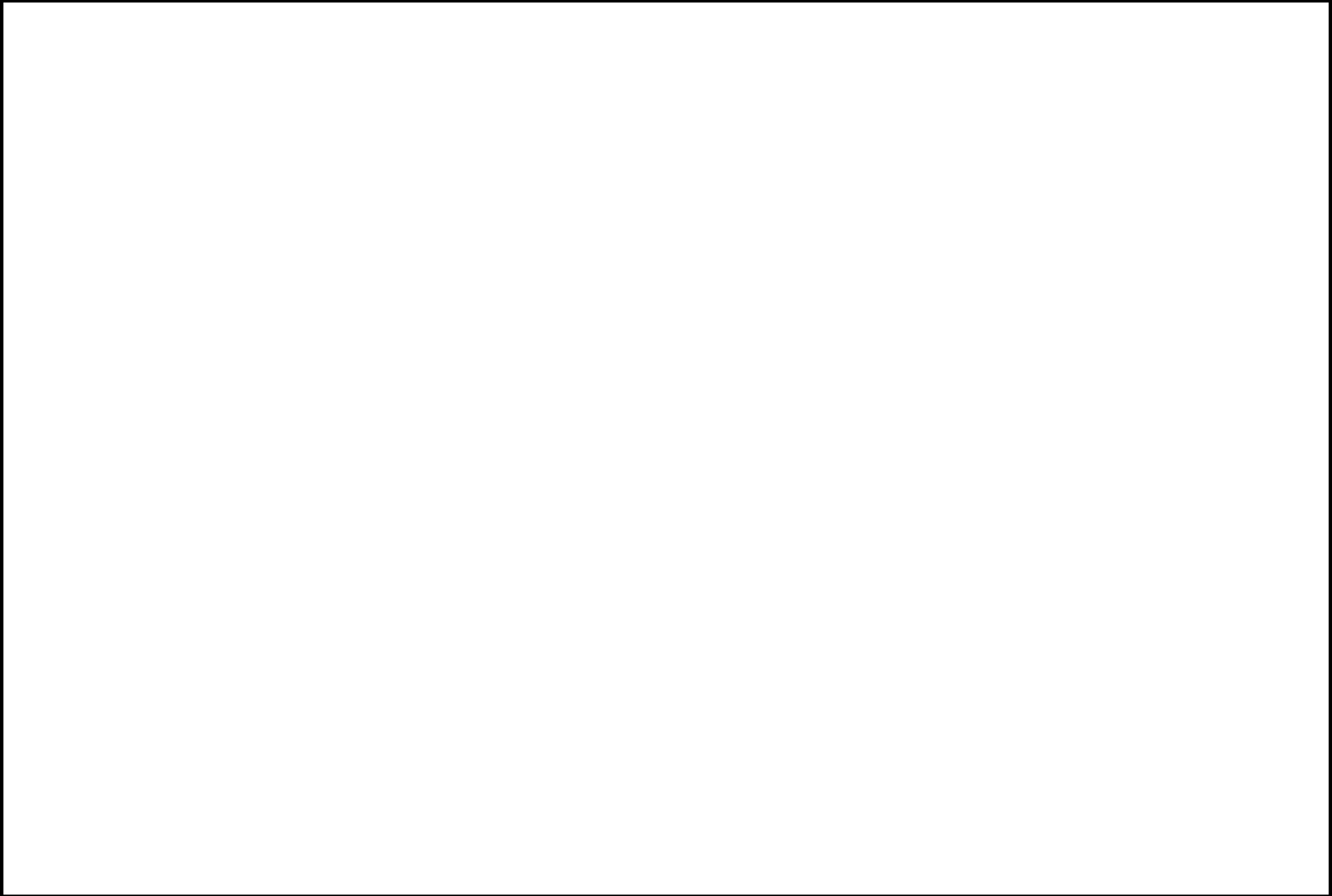
各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCIC-32

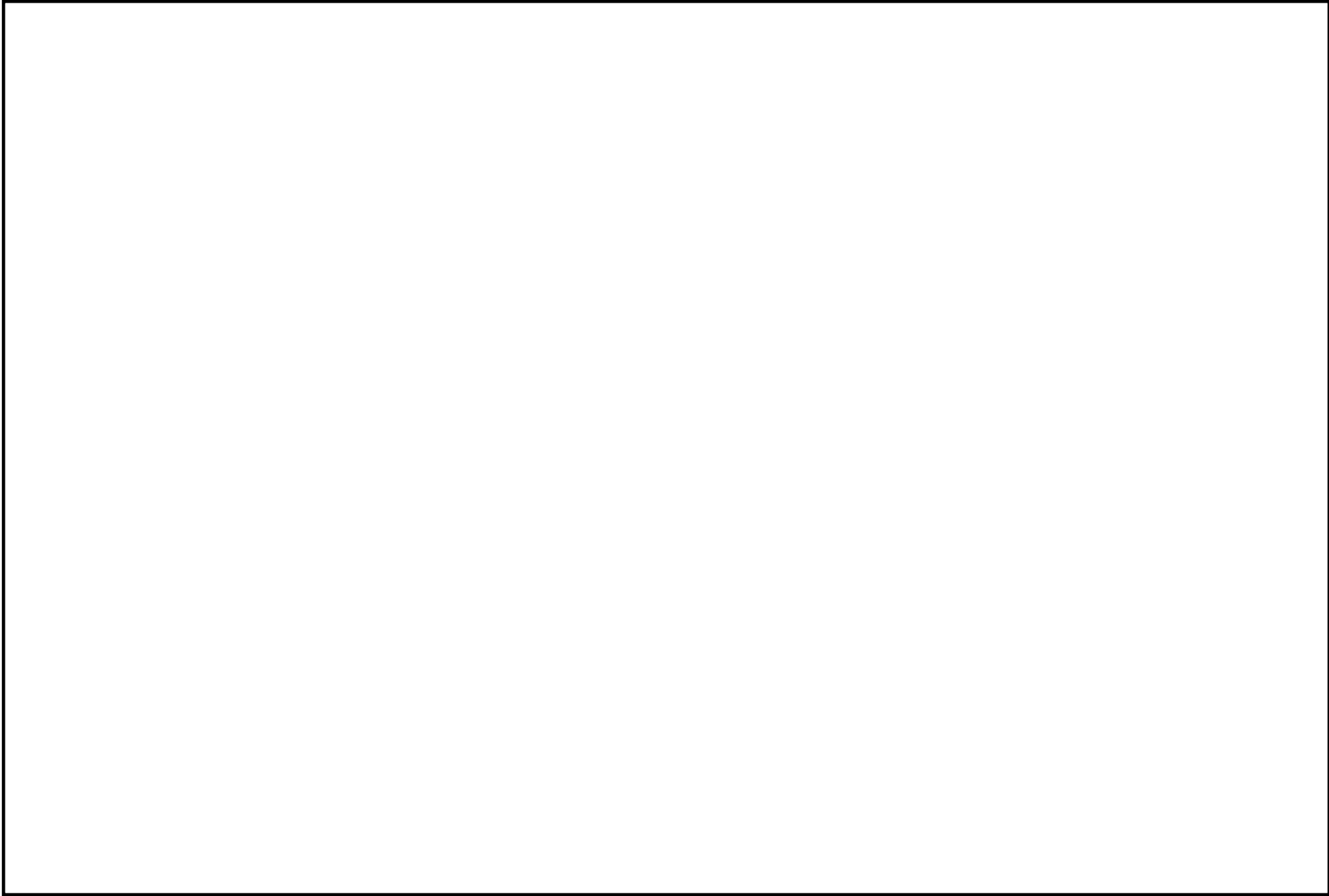
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向

## 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、次ページ以降に示す。



20



4.2 評価結果

4.2.1 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

鳥瞰図	許容応力 状態 (供用状態)	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n (S_s)$	許容応力 $2 S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
RCIC-32	V <sub>A</sub> S	33W	$S_{prm} (S_s)$		363	—	—	—
RCIC-32	V <sub>A</sub> S	33W	$S_n (S_s)$	—	—		414	—



4.2.2 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)
PV-053SNM	メカニカルスナッパ	SMS-16	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		123.0	240.0
SN0-PV-Y009	オイルスナッパ	SN-16			106.0	240.0
RO-PV-Y008	ロッドレストレイント	RTS-10			128.0	180.0
PV-059HAS	スプリングハンガ	VSA-2			23.0	30.5

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 <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
PV-022RES	レストレイント	—	—	40	—	156.0	40.0	—	—	—	—	—	—
PV-067ANC	アンカ	ラグ	SGV480	200	63.3	27.9	152.0	39.7	92.5	16.0	組合せ	63	271

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

4.2.4 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、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 $V_{AS}$										
		一次応力（膜+曲げ）					一次+二次応力及び疲労評価					
		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	AC-SGTS	385	78	335	4.29	—	385	128	386	3.01	—	—
2	RCIC-2	2W	35	363	10.37	—	2W	92	414	4.50	—	—
3	RCIC-32	33W	197	363	1.84	○	33W	386	414	1.07	—	○
4	PV-01	34	39	366	9.38	—	21	63	240	3.80	—	—
5	PV-02	15	92	396	4.30	—	15	156	298	1.91	—	—
6	PV-03	156W	109	366	3.35	—	215N	203	240	1.18	—	—
7	PV-04	5	160	366	2.28	—	5	206	240	1.16	—	—
8	PV-05	103	140	366	2.61	—	103	186	240	1.29	—	—
9	PV-002R5F	B23N	78	363	4.65	—	A25	120	386	3.21	—	—
10	PV-003YD	A05	21	363	17.28	—	A05	20	414	20.70	—	—
11	PV-007YD	A10	27	363	13.44	—	A10	26	414	15.92	—	—
12	PV-008YD	A18F	96	363	3.78	—	A13	166	414	2.49	—	—
13	PV-009YD	A15N	92	363	3.94	—	A15N	152	414	2.72	—	—
14	PV-202YD	A44	117	366	3.12	—	A42	136	240	1.76	—	—
15	PV-203R1F	C05	94	366	3.89	—	C05	164	240	1.46	—	—