

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又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-1018 改0
提出年月日	平成30年8月10日

V-2-5-7-1-3 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	9
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	9
3.2 設計条件	10
3.3 材料及び許容応力	20
3.4 設計用地震力	21
4. 解析結果及び評価	22
4.1 固有周期及び設計震度	22
4.2 評価結果	28
4.2.1 管の応力評価結果	28
4.2.2 支持構造物評価結果	29
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	30
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	31

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8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。

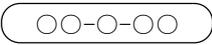
(3) 弁

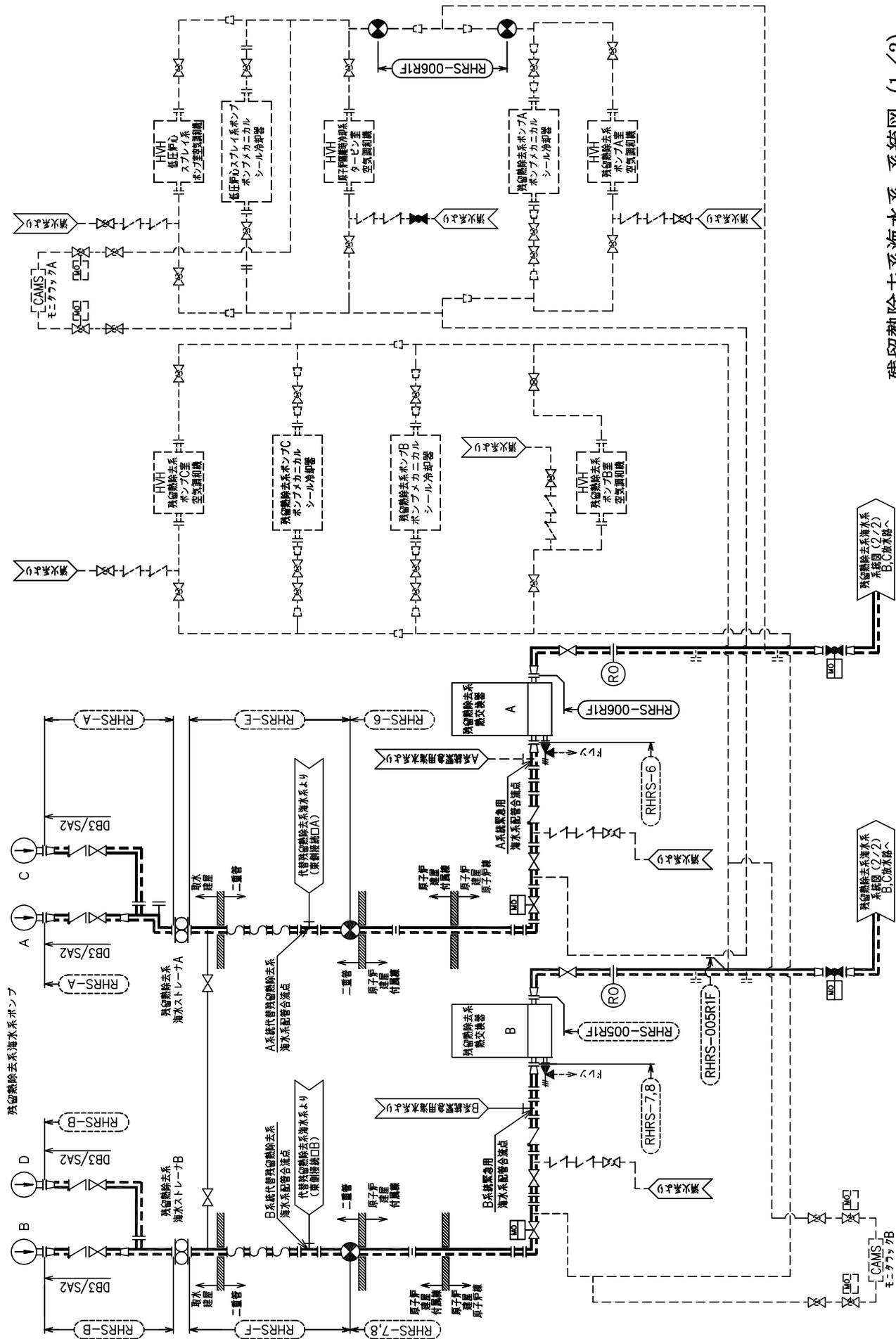
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として, 評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

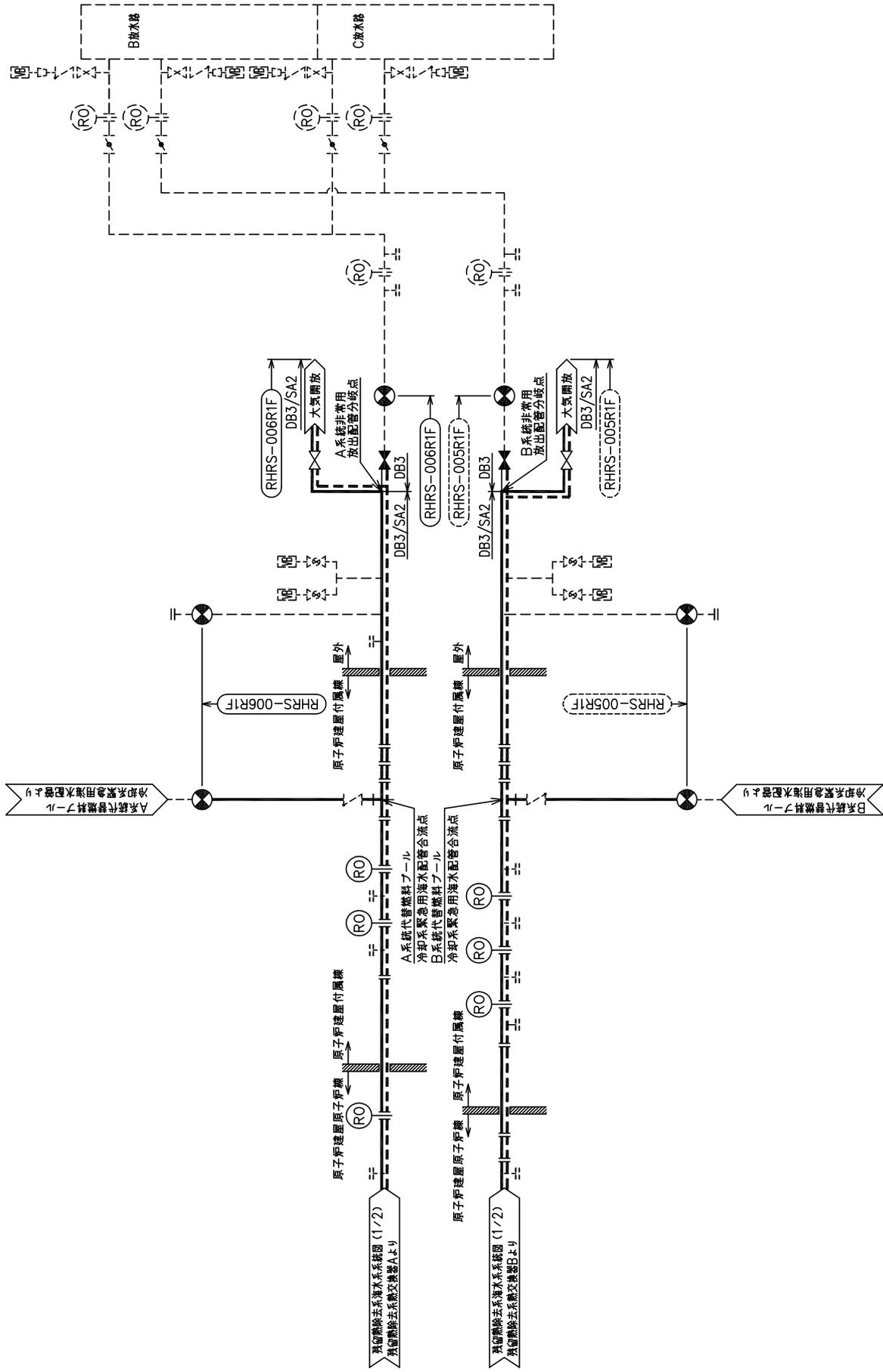
2.1 概略系統図

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



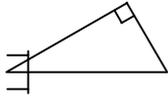
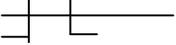
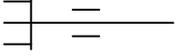
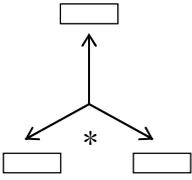
残留熱除去系海水系 系統図 (1/2)



残留熱除去系海水系 系統図 (2/2)

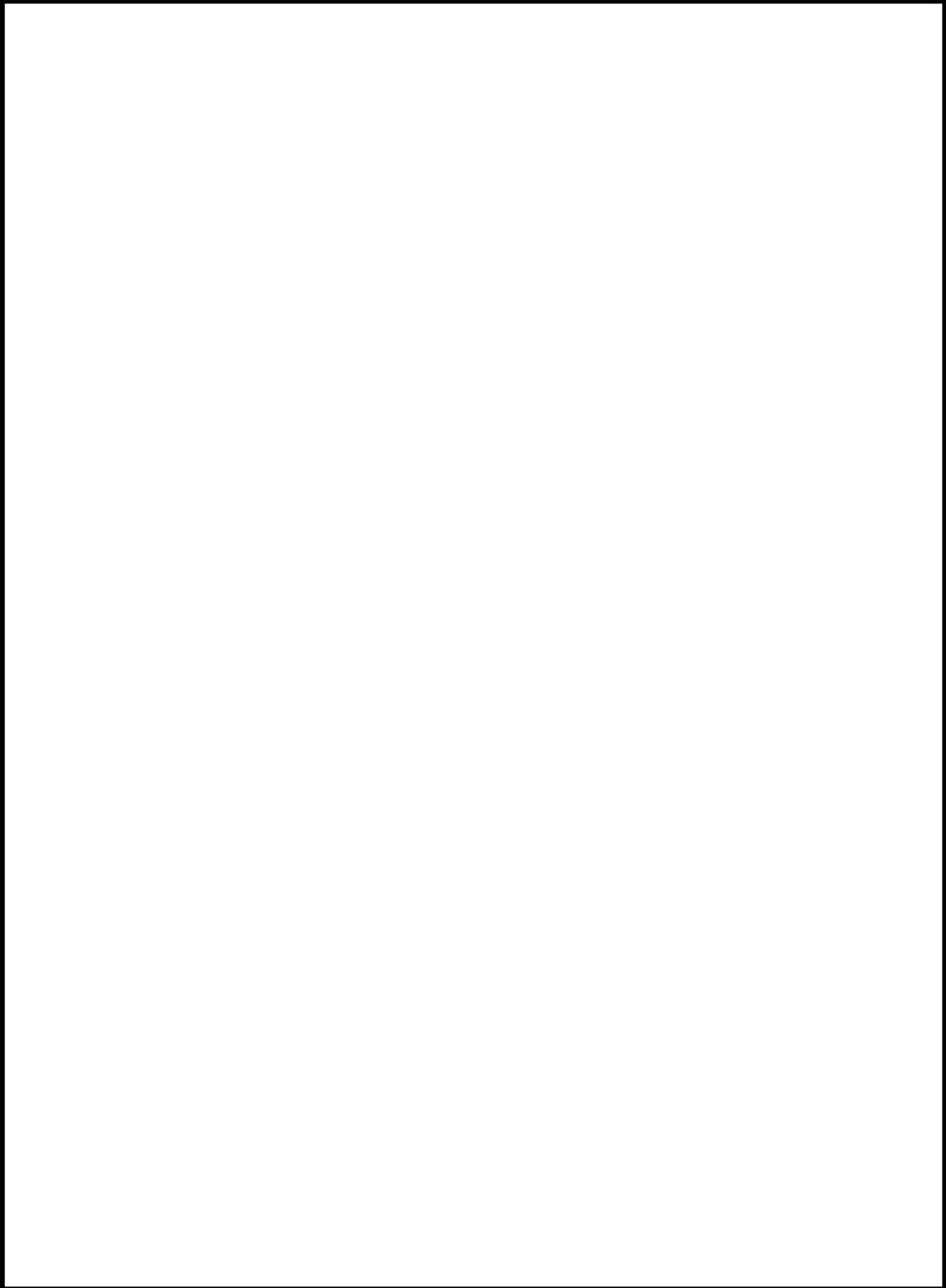
2.2 鳥瞰図

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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	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, □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。

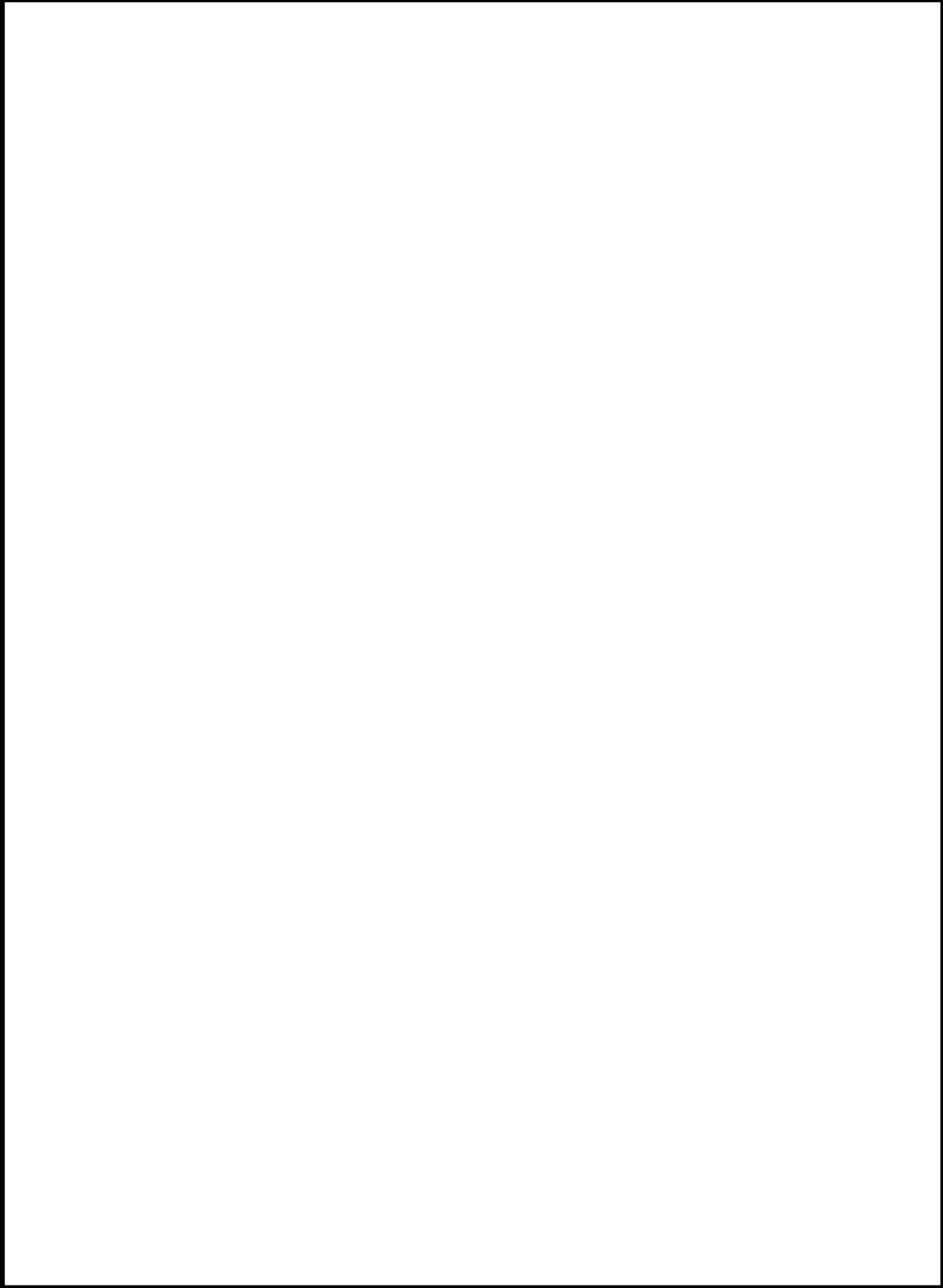
NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1



NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1



NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1



鳥瞰図 RHRS-006R1F (3 / 3)

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*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	残留熱除去系海水系	DB	—	クラス3管	S	I _L + S _d	III _A S
							II _L + S _d	
							IV _L (L) + S _d	
			SA	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
							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_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し, 許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

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 RHRS-006R1F

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	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	A00～A01	3.45	84	457.2	12.7	SF440A	S	
2	A01	3.45	84	457.2	12.7	SM50B	S	
3	A02～A04F, A11N～A11F, A14～A18, A21N～A21F, A24～A27, A30N～A30F, A33～A36, A39N～A41, A43～A46, A55～A56F, A59～A100, A108～A64, A66～A70	3.45	84	508.0	12.7	SM50B	S	
4	A04F～A06, A09～A11N, A11F～A14, A18～A21N, A21F～A24, A27～A30N, A30F～A33, A36～A39N, A41～A43, A53～A55, A58～A59, A100～A108, A64～A66, A70～A71	3.45	84	508.0	12.7	SF440A	S	
5	A47	3.45	84	355.6	12.7	SM50B	S	
6	A52	3.45	84	355.6	12.7	SB410	S	
7	A47～A48, A51～A52	3.45	84	355.6	12.7	SF440A	S	

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

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	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
8	A53	3.45	84	508.0	12.7	SB410	S	[Redacted]
9	A56F~A58	3.45	84	508.0	12.7	SF45A	S	
10	A73N~A73F, A76~A80, A82~A85, A87~A89, A91~A95, A98N~A99F, A102~A105, B01~B03, B06N~B06F, B13~B15, B18N~B18F, B21~B27, B30N~B30F, B33~B35, B37~B40, B43N~B43F, B46~B51, B54N~B55F, B58~B61F, B64~B68, B70~B72, B74~B77, B71~C01, C04N~C04F, C07~C10	3.45	84	508.0	20.6	STPT410	S	

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

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	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)									
11	A71~A73N, A73F~A76, A80~A82, A85~A87, A89~A91, A95~A98N, A99F~A102, A105~B01, B03~B06N, B06F~B08, B12~B13, B15~B18N, B18F~B21, B27~B30N, B30F~B33, B35~B37, B40~B43N, B43F~B46, B51~B54N, B55F~B58, B61F~B64, B68~B70, B72~B74, B77~B78, C01~C04N, C04F~C07, C10~C11	3.45	84	508.0	20.6	SF440A	S	[Redacted]									
									12	B09~B85, B87~B10N, B10F~B88	3.45	84	508.0	12.7	SGV410	S	
									13	B10N~B10F	3.45	84	508.0	12.7	STPT410	S	
									14	B08~B09, B85~B87, B88~B12	3.45	84	508.0	12.7	SF440A	S	
15	B82~B83, D01~D07, D09~D16, D19N~D19F, D22~D29, D31~D33, D36N~D38, D40~D43, D46N~D47, D50N~D50F, D53~D58, D61N~D61F, D64~D66, C68~D71	3.45	84	508.0	15.1	SB410	S										

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

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	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
16	B81～B82, C14～D01, D07～D09, D16～D19N, D19F～D22, D29～D31, D33～D36N, D38～D40, D43～D46N, D47～D50N, D50F～D53, D58～D61N, D61F～D64, D66～D68	3.45	84	508.0	15.1	SF440A	S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

質量	対応する評価点
	A00～A01, A47～A52
	A01～A47, A52～B24

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

質量	対応する評価点
	A00
	A06, A09
	A13, A19, A23, A28, A32, A37, A42
	A48, A51
	A54
	A58
	A71
	A75, A81, A86, A90, A96, A101, A106, B04, B16, B20, B28, B32, B36, B41, B45, B52, B57 B63, B69, B73, C02, C06
	A107, A65
	B08, B12
	B86
	B78, B81, C11, C14
	D08, D17, D21, D30, D34, D39, D44, D48, D52, D59, D63, D67

NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1

オリフィス部の質量

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

質量	対応する評価点
□	A65, A106
□	A81
□	A13

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
A06～A09				A08～A501			
A48～A51				A50～A503			
A503～A504				B78～B81			
B80～A505				A505～A506			
C11～C14				C13～A507			
A507～A508							

弁部の質量

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	A501		A48, A51
	A50		A503
	A504		B78, B81, C11, C14
	B80, C13		A505, A507
	A506, A508		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

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
A09						
A15						
A17						
A28						
A34						
A109						
A45						
A60						
A67						
A83						
A94						
B02						
B89						
B22						
B38						
B47						
B59						
B66						
B76						
B83						
C09						
D05						
D11						
D15						
D24						
D28						
D41						
D57						
D69						

NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1

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
SM50B	84	—	300	451	—
STPT410	84	—	224	406	—
SF440A	84	—	212	401	—
SB410	84	—	205	394	—
SGV410	84	—	205	374	—
STPT42	84	—	224	406	—
SF45A	84	—	212	401	—

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備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお、設備評価用床応答曲線は「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 (%)
RHRS-006R1F	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 RHRS-006R1F

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	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							
58次							
59次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

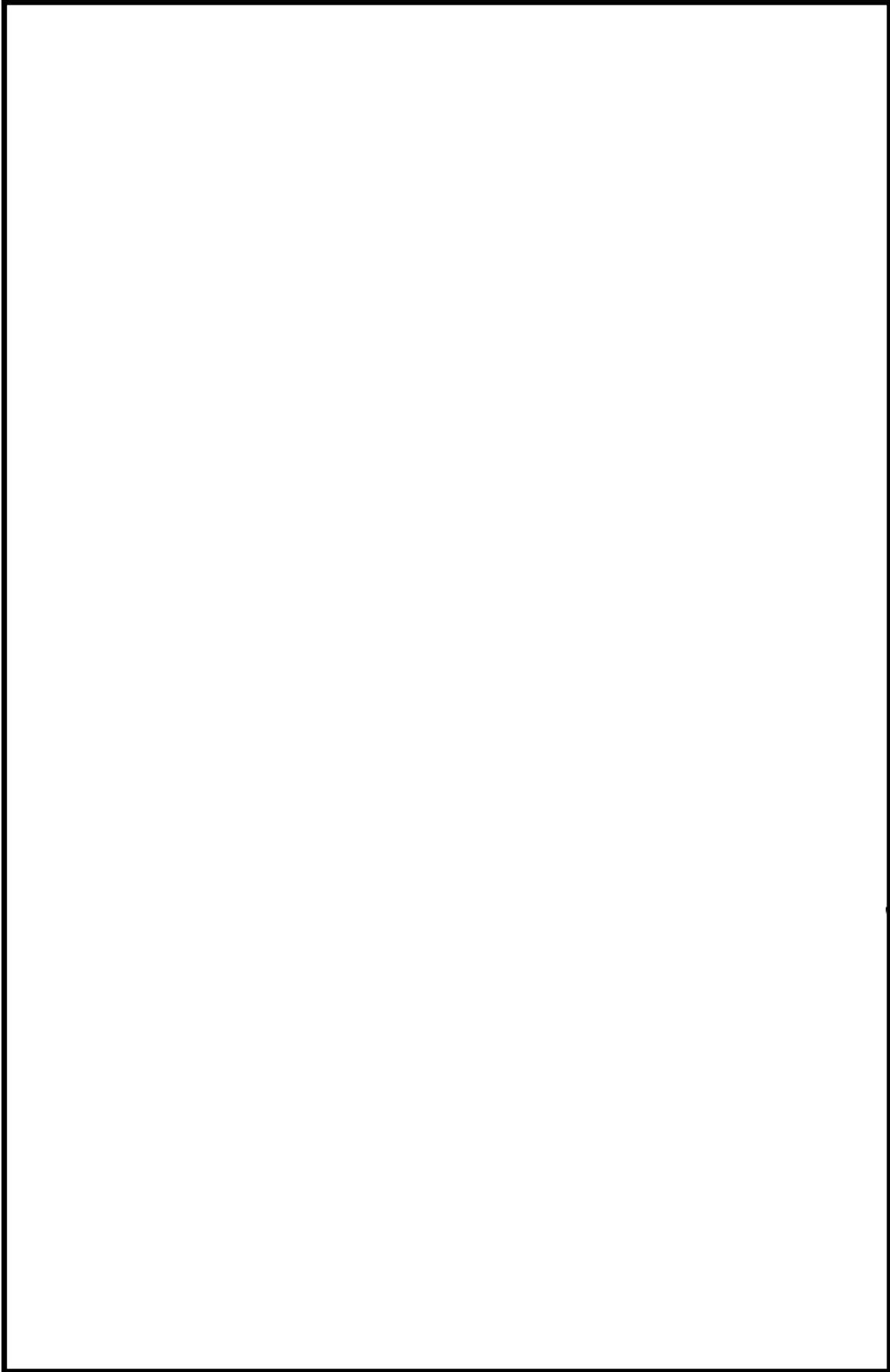
鳥 瞰 図 RHRS-006R1F

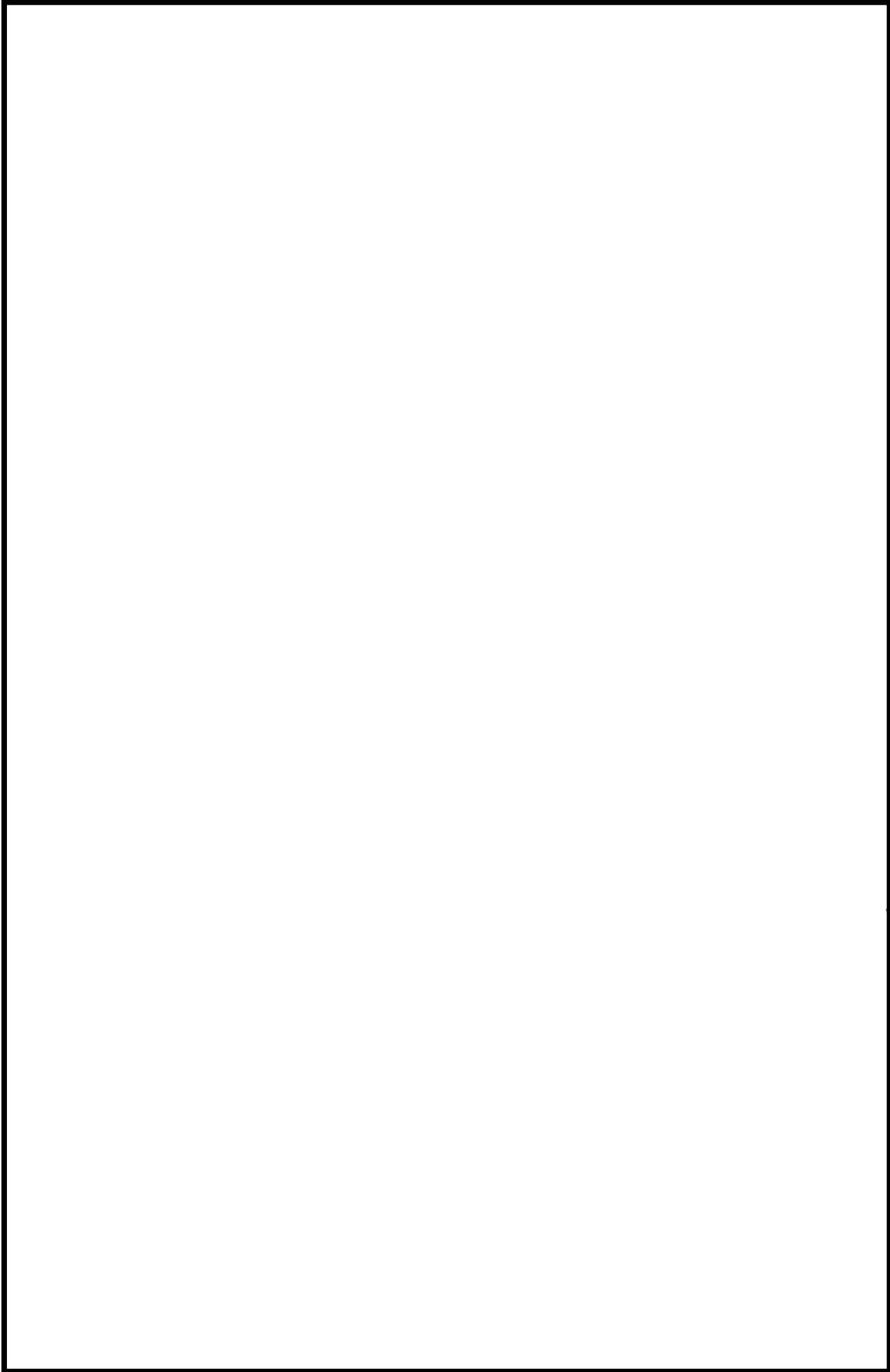
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
58次				

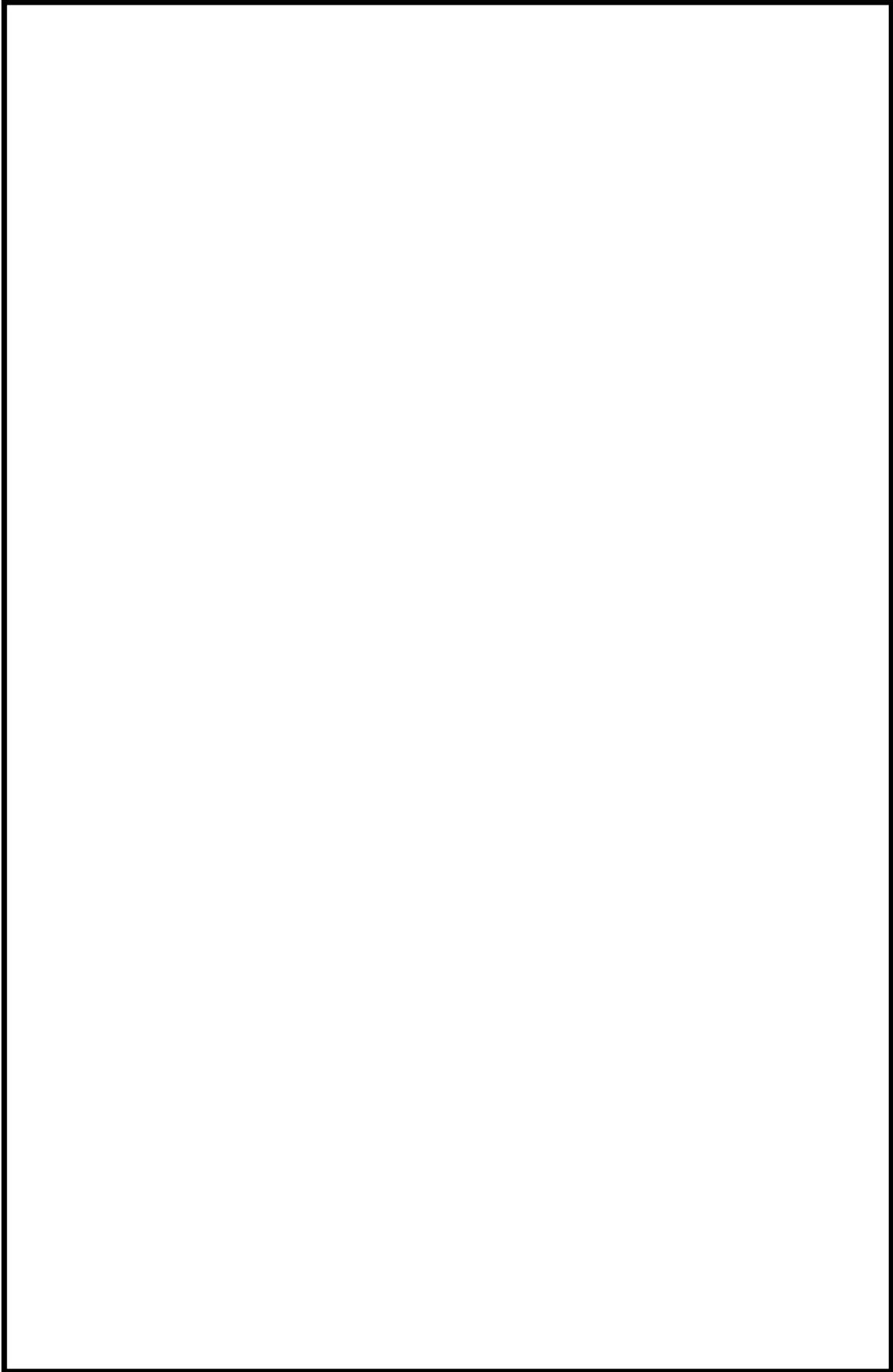
NT2 補③ V-2-5-7-1-3 R1

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。







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管であってクラス3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 疲労累積係数 U S s
				計算応力 Sprm (S d) Sprm (S s)	許容応力 S y 0.9 S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 S y	
RHRS-006R1F	III _A S	B10N	Spr m (S d)	143	205	—	—	—
	IV _A S	B10N	Spr m (S s)	233	336	—	—	—
	IV _A S	B10N	S n (S s)	—	—	390	410	—

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)
RHRS-408SNM	メカニカルスナッパ	SMS-10	「V-2-1-11 機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		131	150
SN0-RHRS-Y018	オイルスナッパ	SN-60			406	900
SH-RHRS-R015	スプリングハンガー	VS-1			38.7	41.3
RHRS-405ROR	ロッドレストレイント	RS-6			63.3	108

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-RHRS-HI076	レストレイント	ラグ	SM400B	49	843	63.9	21.8	—	—	—	—	組合せ	76	148
RHRS-144ANC	アンカ	ラグ	SM400B	84	338	70.7	143	146	228	219	—	せん断	145	152

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
3-12-F068A	グローブ弁	—	3.887	4.464	6.0	6.0	—	—
3-12-F068B	グローブ弁	—	4.432	3.163	6.0	6.0	—	—

* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz とし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、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。

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管であってクラス3管範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 III _A S												許容応力状態 IV _A S					
		一次応力				一次応力				一次応力				一次+二次応力		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	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHRS-6	53	63	225	3.57	—	53	74	369	4.98	—	28	67	650	9.70	—	—	—	
2	RHRS-7, 8	133	117	225	1.92	—	133	167	369	2.20	—	133	256	450	1.75	—	—	—	
3	RHRS-A	115	69	325	4.71	—	115	84	441	5.25	—	115	62	650	10.48	—	—	—	
4	RHRS-B	113	84	245	2.91	—	113	121	369	3.04	—	113	155	490	3.16	—	—	—	
5	RHRS-E	2303	100	225	2.25	—	2303	128	369	2.88	—	2303	169	450	2.66	—	—	—	
6	RHRS-F	142F	107	225	2.10	—	143	139	369	2.65	—	143	190	450	2.36	—	—	—	
7	RHRS-005R1F	B90	139	224	1.61	—	B90	217	365	1.68	—	B90	400	448	1.12	—	—	—	
8	RHRS-006R1F	B10N	143	205	1.43	○	B10N	233	336	1.44	○	B10N	390	410	1.05	○	—	—	