

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-603 改1
提出年月日	平成30年8月1日

V-2-5-3-3-1 管の耐震性についての計算書

赤枠部は改訂箇所を示す。

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	15
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	15
3.2 設計条件	16
3.3 材料及び許容応力	23
3.4 設計用地震力	24
4. 解析結果及び評価	25
4.1 固有周期及び設計震度	25
4.2 評価結果	31
4.2.1 管の応力評価結果	31
4.2.2 支持構造物評価結果	32
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	33
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	34

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。

評価結果記載方法は以下に示す通りである。

(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20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。

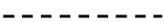
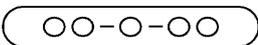
(3) 弁

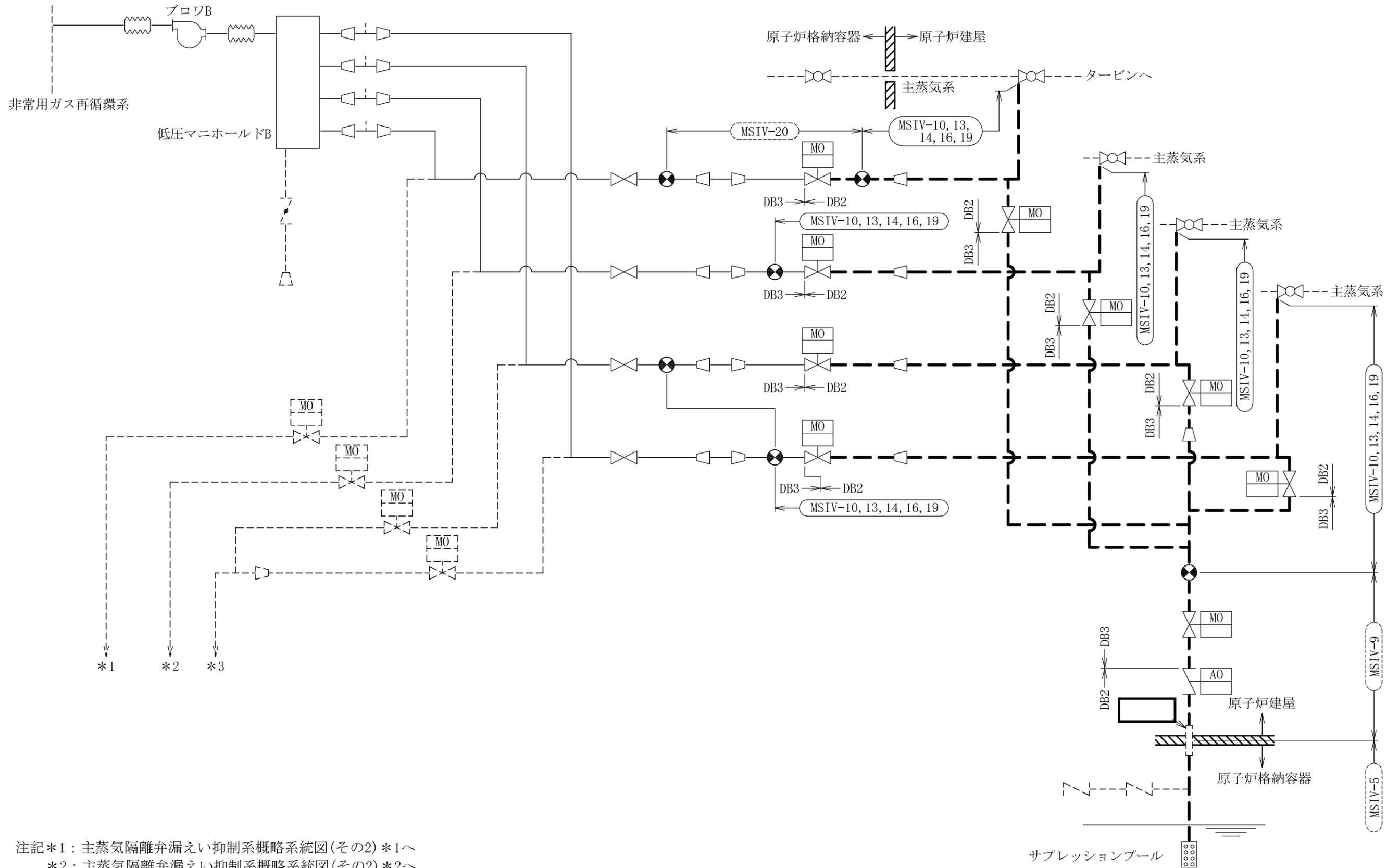
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

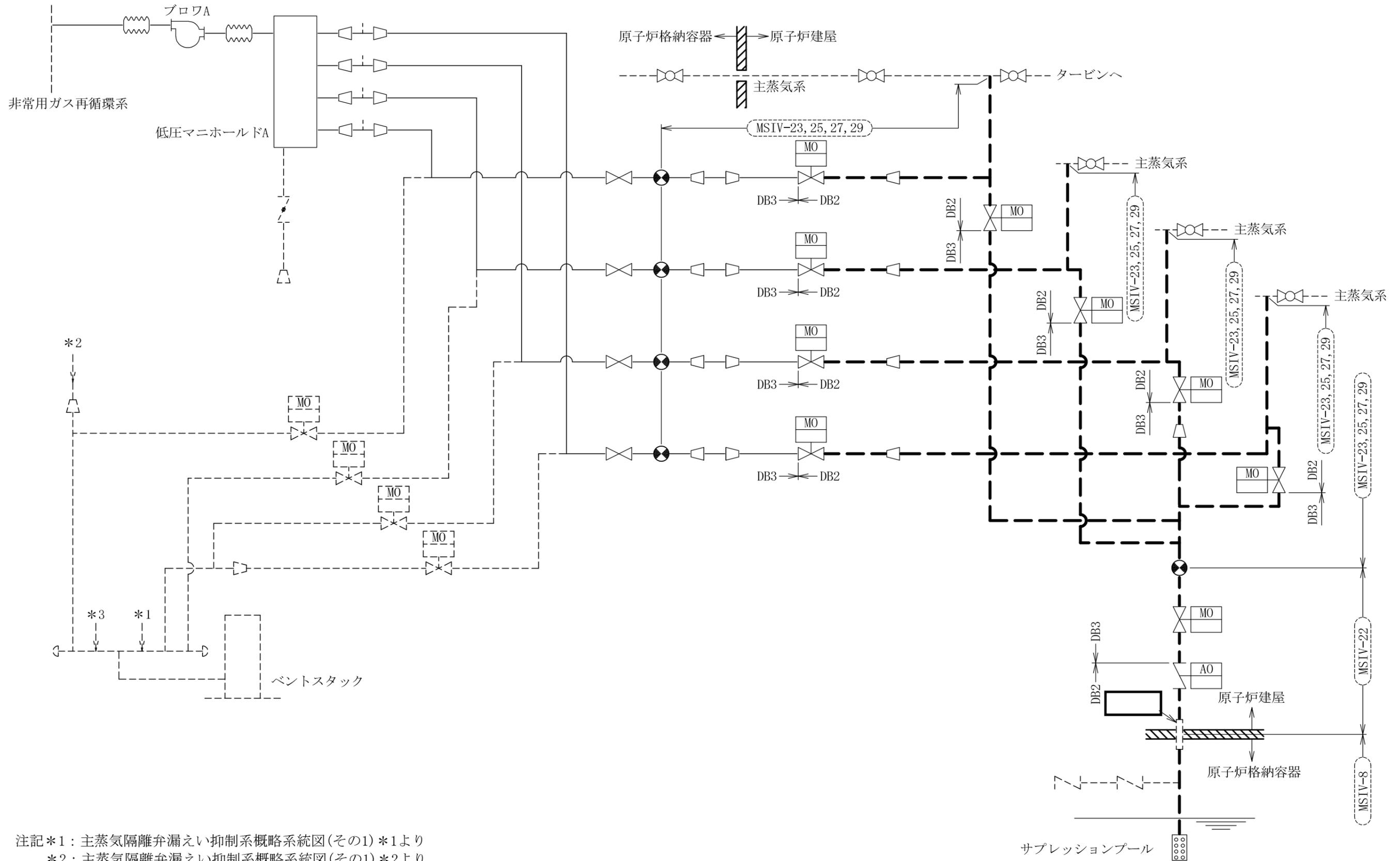
概略系統図記号凡例

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



注記*1：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2) *1へ
 *2：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2) *2へ
 *3：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2) *3へ

主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その1)

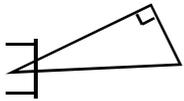
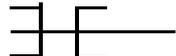
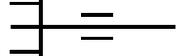
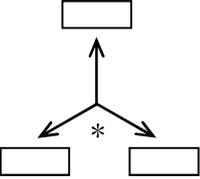


注記*1：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その1) *1より
 *2：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その1) *2より
 *3：主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その1) *3より

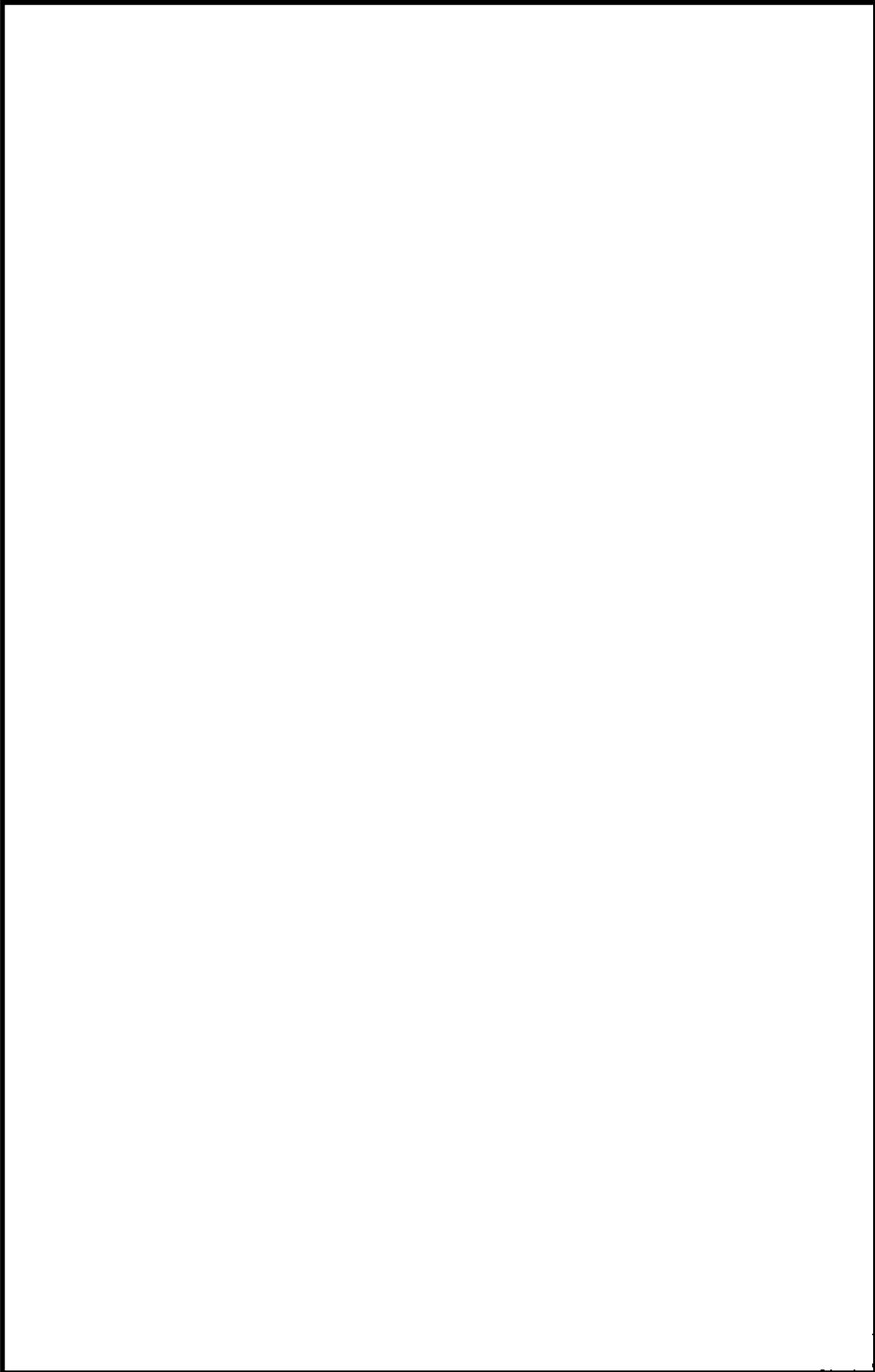
主蒸気隔離弁漏えい抑制系概略系統図(その2)

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、他系統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, 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。



鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (1/9)

鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (3/9)



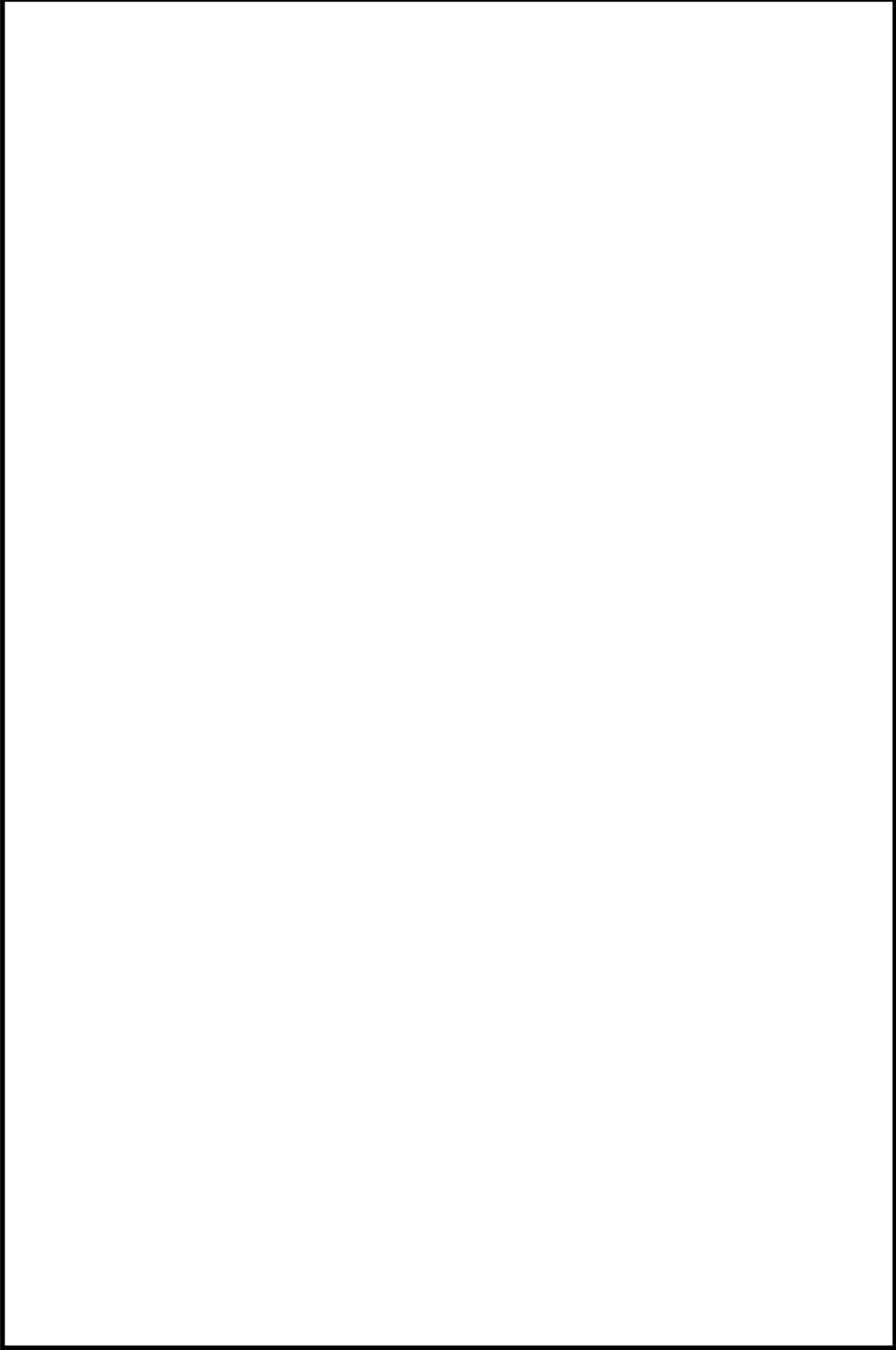
鳥瞰図

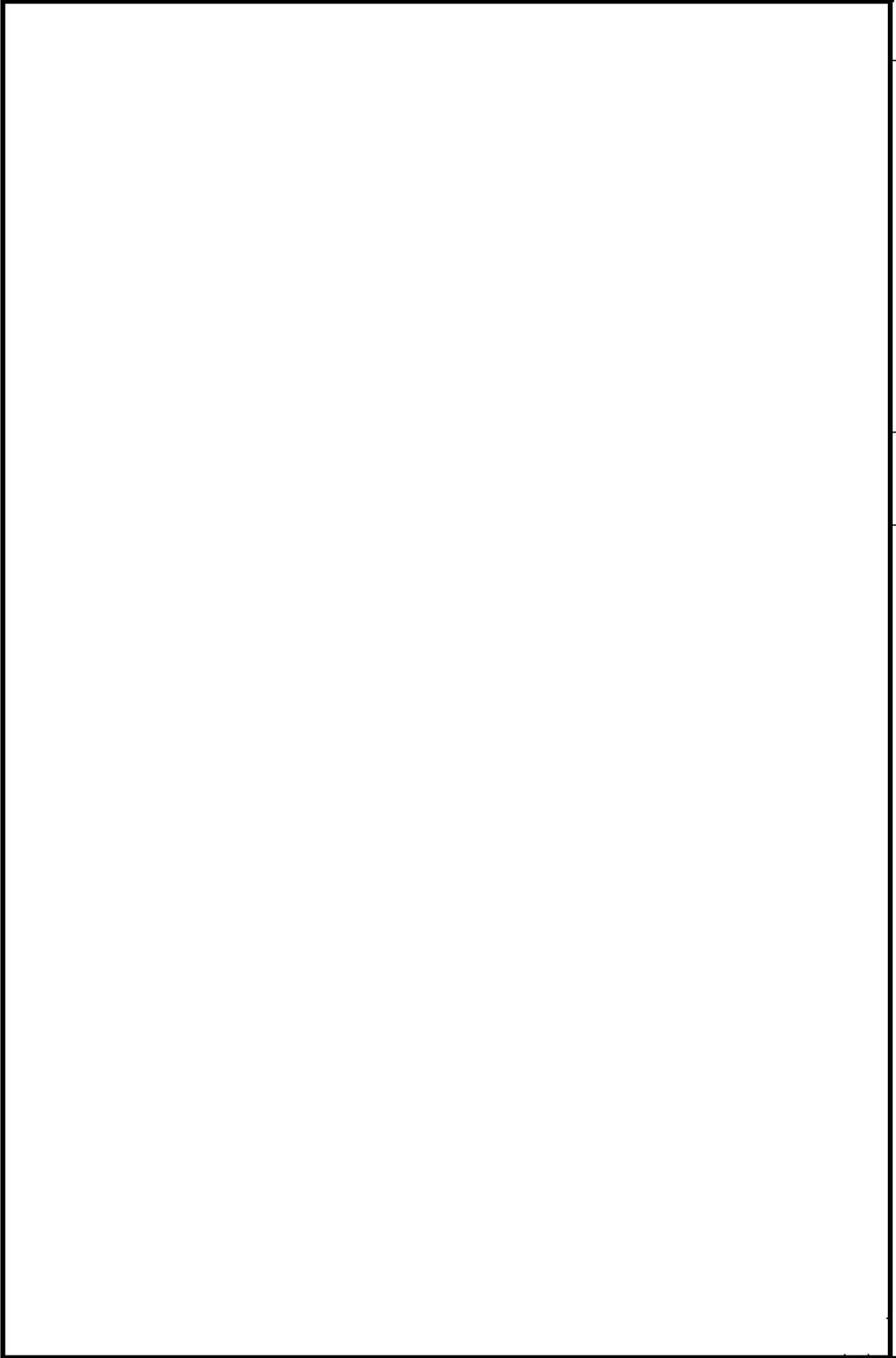
MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (4/9)



鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (5/9)





鳥瞰図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (8/9)





鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19 (DB) (9/9)

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	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気隔離弁漏えい抑制系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	I _L + S _d	III _A S
							II _L + S _d	
							I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
							V _L (L) + S _d *6,7	V _A S
							V _L (LL) + S _s *6	

- 注記*1： DBは設計基準対象施設，S_A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_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。
- *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 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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	1N~2W, 163W~164N 261W~262N, 361W~362N	8.62	302	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	S	[Redacted]
2	2W~16W, 14~53W 107W~112W, 110~163W 204W~209W, 207~261W 304W~308W, 306~361W	8.62	302				S	
3	17W~24W, 113W~117W 210W~224A, 309W~320W	8.62	302				S	
4	25W~26, 29~36S 118W~119A, 321W~322A	8.62	302				S	

設計条件

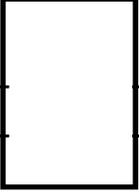
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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)
5	27~28, 54W~69 71Z~106W, 74Z~203W 77Z~303W	8.62	302				S	
6	36S~34A	8.62	302				S	
7	70~86S	8.62	302				S	
8	86S~95A	8.62	302				S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

質量	対応する評価点
	1N～16W, 14～53W, 107W～112W, 110～164N, 204W～209W 207～262N, 304W～308W, 306～362N
	17W～24W, 70～95A, 113W～117W, 210W～224A, 309W～320W
	25W～26, 27～28, 29～34A, 54W～69, 71Z～106W 118W～119A, 74Z～203W, 77Z～303W, 321W～322A

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
24W~2401	[Blank Diagram]	[Blank Diagram]	[Blank Diagram]	2401~2402	[Blank Diagram]	[Blank Diagram]	[Blank Diagram]
2402~2403				2403~2404			
2401~25W				53W~5301			
5301~5302				5302~5303			
5303~5304				5301~54W			
106W~1061				1061~1062			
1062~1063				1063~1064			
1061~107W				117W~1171			
1171~1172				1172~1173			
1173~1174				1171~118W			
203W~2031				2031~2032			
2032~2033				2033~2034			
2031~204W				303W~3031			
3031~3032				3032~3033			
3033~3034				3031~304W			
320W~3201				3201~3202			
3202~3203				3203~3204			
3201~321W							

NT2 補① V-2-5-3-3-1 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	24W, 25W, 117W, 118W, 320W, 321W		2401, 1171, 3201
	2402, 1172, 3202		2404, 1174, 3204
	53W, 54W, 106W, 107W, 203W, 204W		303W, 304W
	5301, 1061, 2031, 3031		5302, 1062, 2032, 3032
	5304, 1064, 2034, 3034		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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
1N						
4001						
1701						
21						
2401						
2403						
2403						
2403						
2701						
2701						
34A						
52						
52						
5304						
5304						
60						
7101						
72						
73						
75						
75						
7701						
7701						
80						
83						
83						
95A						
101						
101						
1051						
1051						

NT2 補① V-2-5-3-3-1 R2

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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
1061						
1063						
1063						
1071						
1071						
1171						
1173						
1173						
119A						
1601						
164N						
2031						
2034						
2034						
213						
216						
224A						
2581						
262N						
3031						
3034						
3034						
310						
311						
316						
316						
3203						
3203						
322A						
3581						
362N						

NT2 補① V-2-5-3-3-1 R2

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
STPT49	302	—	209	423	—
STPT42	302	—	182	404	—

3.4 設計用地震力

本設計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 (%)
MSIV-10, 13, 14, 16, 19	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 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

耐震設計用の重要度分類 適用する地震動等		S					
		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							
36次							
37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 MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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				
36次				

NT2 補① V-2-5-3-3-1 R2

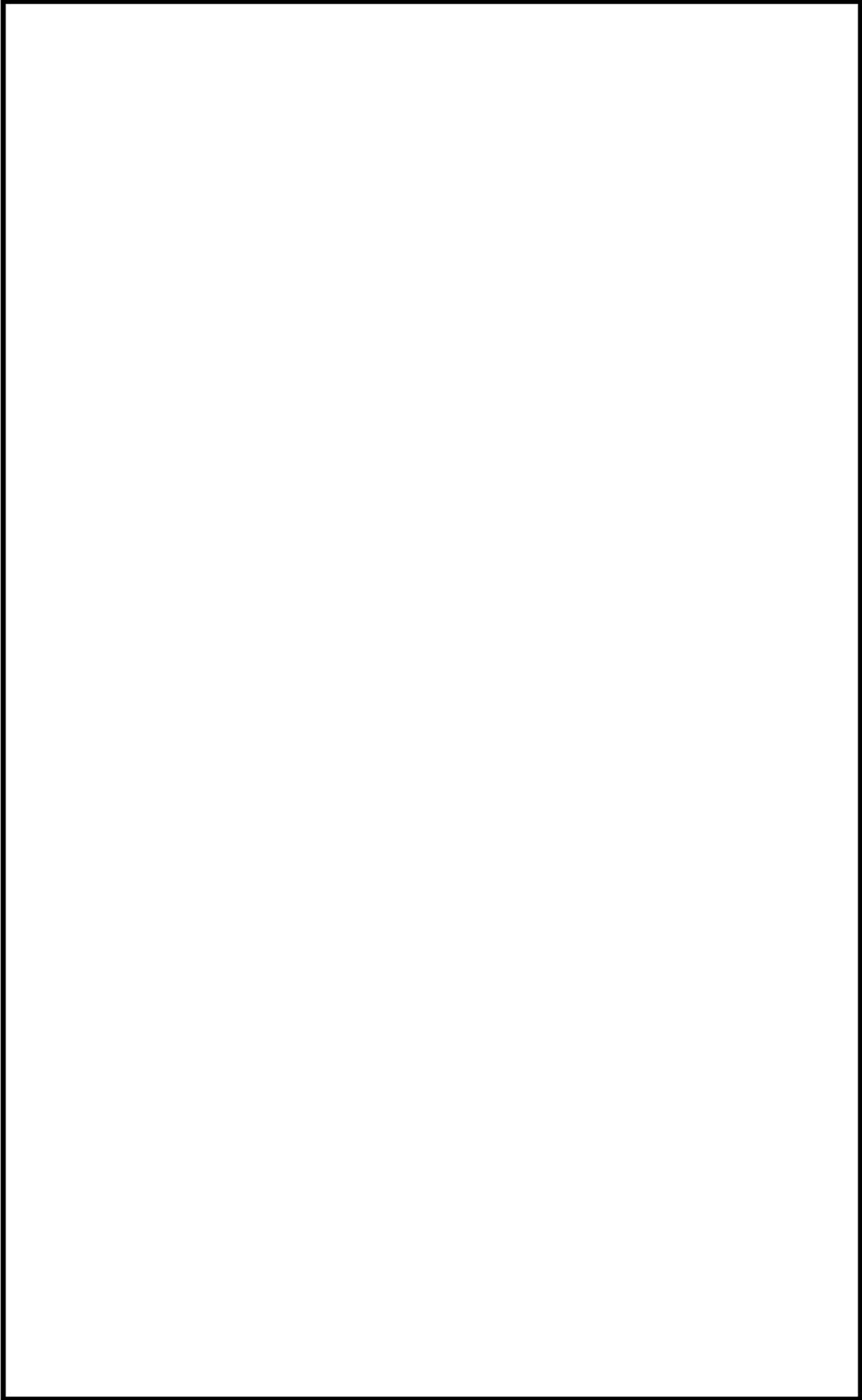
代表的振動モード図

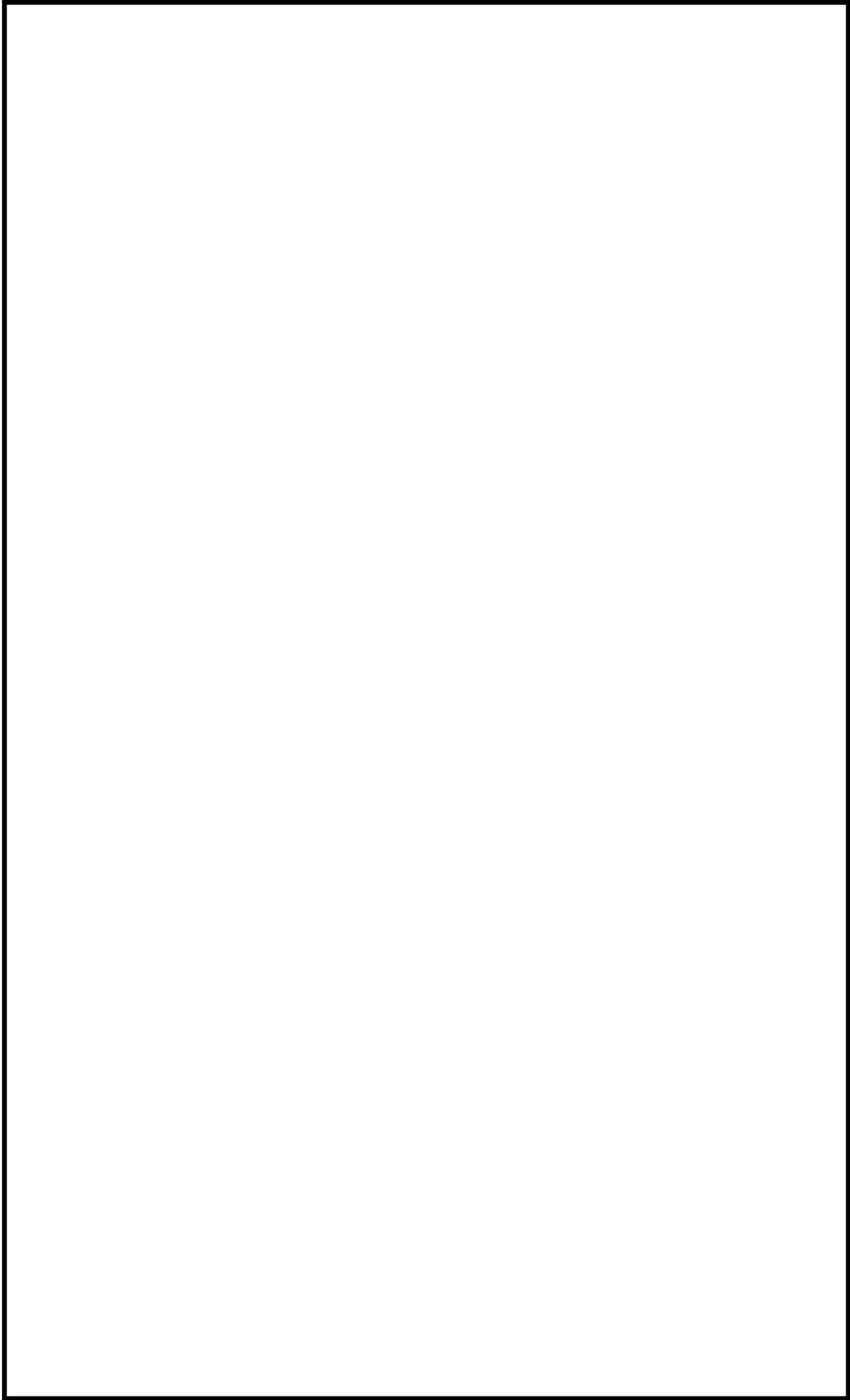
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19





鳥瞰図

MSIV-10, 13, 14, 16, 19

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。

クラス 2 以下の管

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 Sprm (Sd) Sprm (Ss)	許容応力 Sy* 0.9Su	計算応力	許容応力	
MSIV-10, 13, 14, 16, 19 MSIV-10, 13, 14, 16, 19 MSIV-10, 13, 14, 16, 19	III _A S	320W	Spr m (S d)	113	182	—	—	—
	IV _A S	320W	Spr m (S s)	146	363	—	—	—
	IV _A S	19	Sn (S s)	—	—	301	364	U S s

注記*： オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2Shのうち大きい方とする。

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)
SNO-MSIV-R062	オイルスナツバ	SN-3	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照	302	4.9	45.0
RH-MSIV-R034	リジットハンガ	ロッド			1.4	5.0

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				
AN-MSIV-33	アンカ	ラグ	SM41A	302	7.6	4.2	1.7	1.7	1.7	0.6	2.3	組合せ	39	51
RE-MSIV-117	レストレイント	パイプバンド	SM400B STK400	302	0	11.9	0	-	-	-	-	圧縮	27	94

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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（クラス2範囲）

No	配管モデル	供用状態C(Ⅲ _A S)						供用状態D(Ⅳ _A S)									
		一次応力			一次応力			一次応力			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	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	MSIV-10	320W	113	182	182	1.61	○	320W	146	363	2.48	○	19	301	364	1.20	○
2	MSIV-1	2	101	231	231	2.28	—	2	132	366	2.77	—	2	134	462	3.44	—
3	MSIV-2	3	90	231	231	2.56	—	3	97	366	3.77	—	3	38	462	12.15	—
4	MSIV-3	2	55	231	231	4.20	—	14	65	366	5.63	—	38	60	462	7.70	—
5	MSIV-4	2	54	231	231	4.27	—	2	57	366	6.42	—	39	94	462	4.91	—
6	MSIV-5	2	93	182	182	1.95	—	2	135	363	2.68	—	2	234	364	1.55	—
7	MSIV-8	24	79	182	182	2.30	—	24	112	363	3.24	—	11	218	364	1.66	—
8	MSIV-9	1401	49	182	182	3.71	—	1401	66	363	5.50	—	13	116	364	3.13	—
9	MSIV-11	53	49	182	182	3.71	—	53	72	363	5.04	—	53	111	364	3.27	—
10	MSIV-14	164	106	182	182	1.71	—	770	142	363	2.55	—	770	265	364	1.37	—
11	MSIV-12	8091	29	182	182	6.27	—	8091	42	363	8.64	—	813	69	388	5.62	—
12	MSIV-15	7250	26	182	182	7.00	—	7252	36	363	10.08	—	7252	66	388	5.87	—
13	MSIV-17	5000	27	182	182	6.74	—	5000	40	363	9.07	—	6700	70	364	5.20	—
14	MSIV-20	350	95	182	182	1.91	—	350	134	363	2.70	—	350	192	364	1.89	—
15	MSIV-21	3626	25	182	182	7.28	—	3626	33	363	11.00	—	3626	39	364	9.33	—
16	MSIV-22	214	87	182	182	2.09	—	214	116	363	3.12	—	208	148	364	2.45	—
17	MSIV-23	78	89	182	182	2.04	—	78	114	363	3.18	—	644	158	364	2.30	—
18	MSIV-24	160	47	194	194	4.12	—	160	68	363	5.33	—	160	96	388	4.04	—
19	MSIV-33	3677	38	194	194	5.10	—	3677	53	363	6.84	—	3677	66	388	5.87	—
20	MSIV-34	3077	48	194	194	4.04	—	3077	65	363	5.58	—	3077	83	388	4.67	—

注記*：Ⅲ_ASの一次+二次応力の許容値はⅣ_ASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

Ⅳ_ASの計算応力は、Ⅴ_ASとⅣ_ASの大きい方を記載している。