

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-981 改0
提出年月日	平成30年8月3日

V-2-5-5-5-2 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	9
3. 計算条件	11
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	11
3.2 設計条件	12
3.3 材料及び許容応力	16
3.4 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	18
4.1 固有周期及び設計震度	18
4.2 評価結果	23
4.2.1 管の応力評価結果	23
4.2.2 支持構造物評価結果	24
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	26
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	27

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-2-1-13-6 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29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。

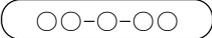
(3) 弁

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。

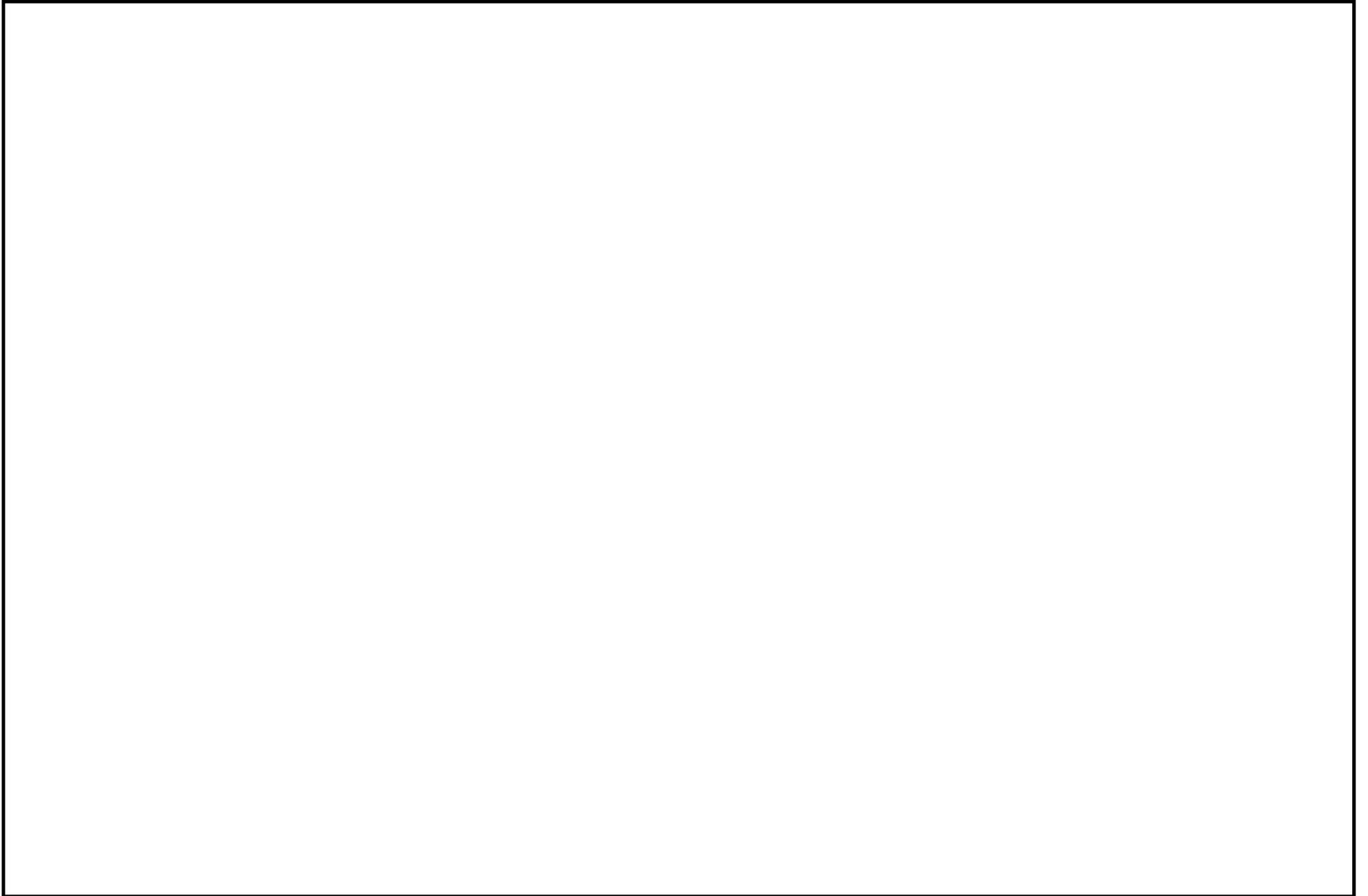
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

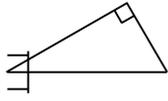
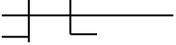
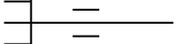
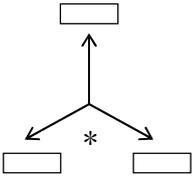
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載す る範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果のみ記載する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2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

NT2 補② V-2-5-5-5-2 R1

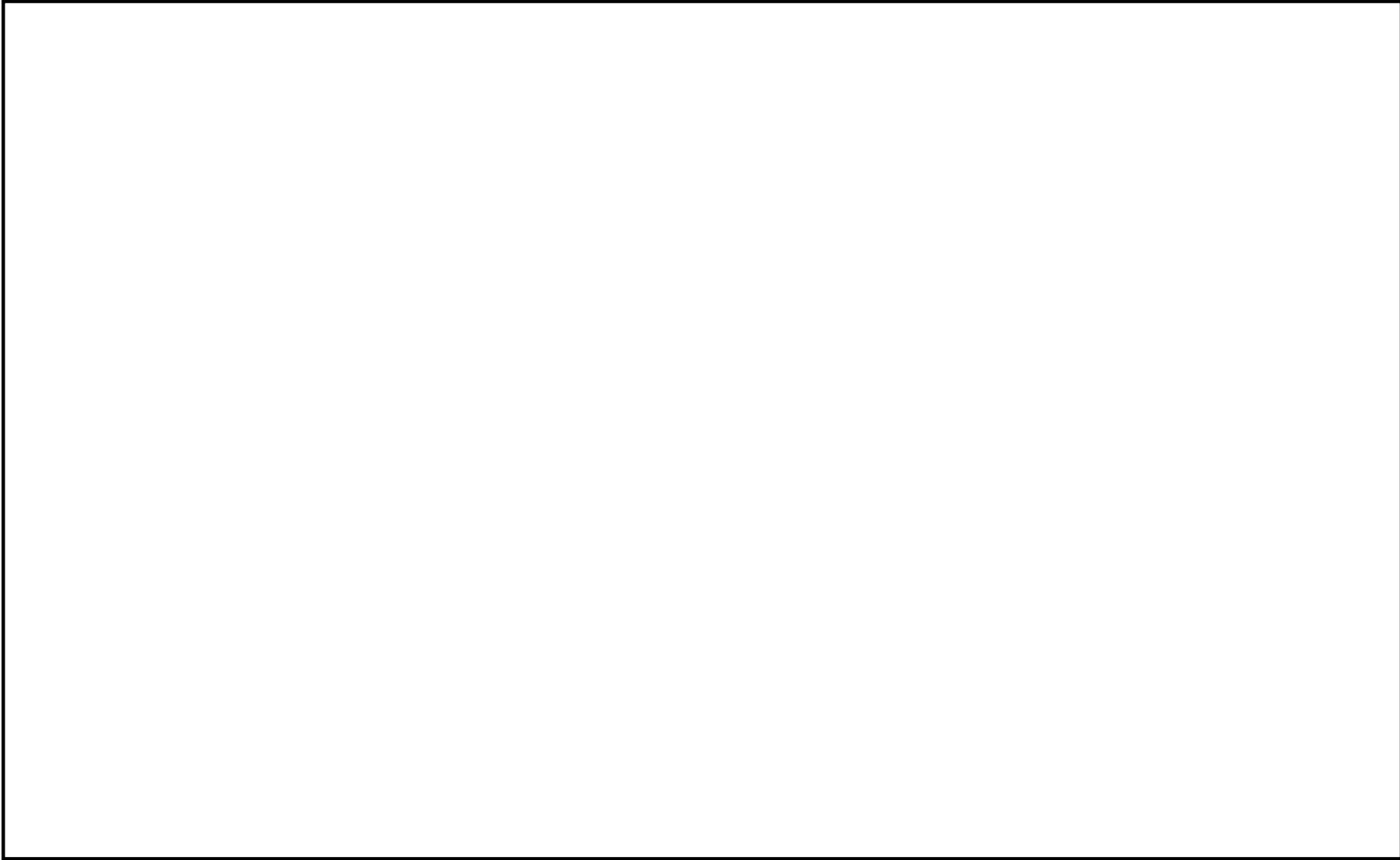


2.2 鳥瞰図

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, □ 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。



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	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	V _L + S _s	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備	低圧代替注水系	S A	常設/緩和	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/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。

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 ALPI-013YD

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, A04～A13	3.14	66	216.3	8.2	STPT410	—	

伸縮継手部の質量

鳥 瞰 図 ALPI-013YD

質量	対応する評価点
	A01～A02, A03～A04
	A02～A03

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ALPI-013YD

質量	対応する評価点
	A01, A04

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ALPI-013YD

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
A00						
A05						
A10						
A12						
A13						

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
STPT410	66	—	231	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 (%)
ALPI-013YD	原子炉建屋		
	常設低圧代替注水系 配管カルバート		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 ALPI-013YD

耐震設計上の重要度分類		—		
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
		2.39	2.39	4.28
		2.21	2.21	4.28
		—	—	—
動的震度		0.96	0.96	0.92

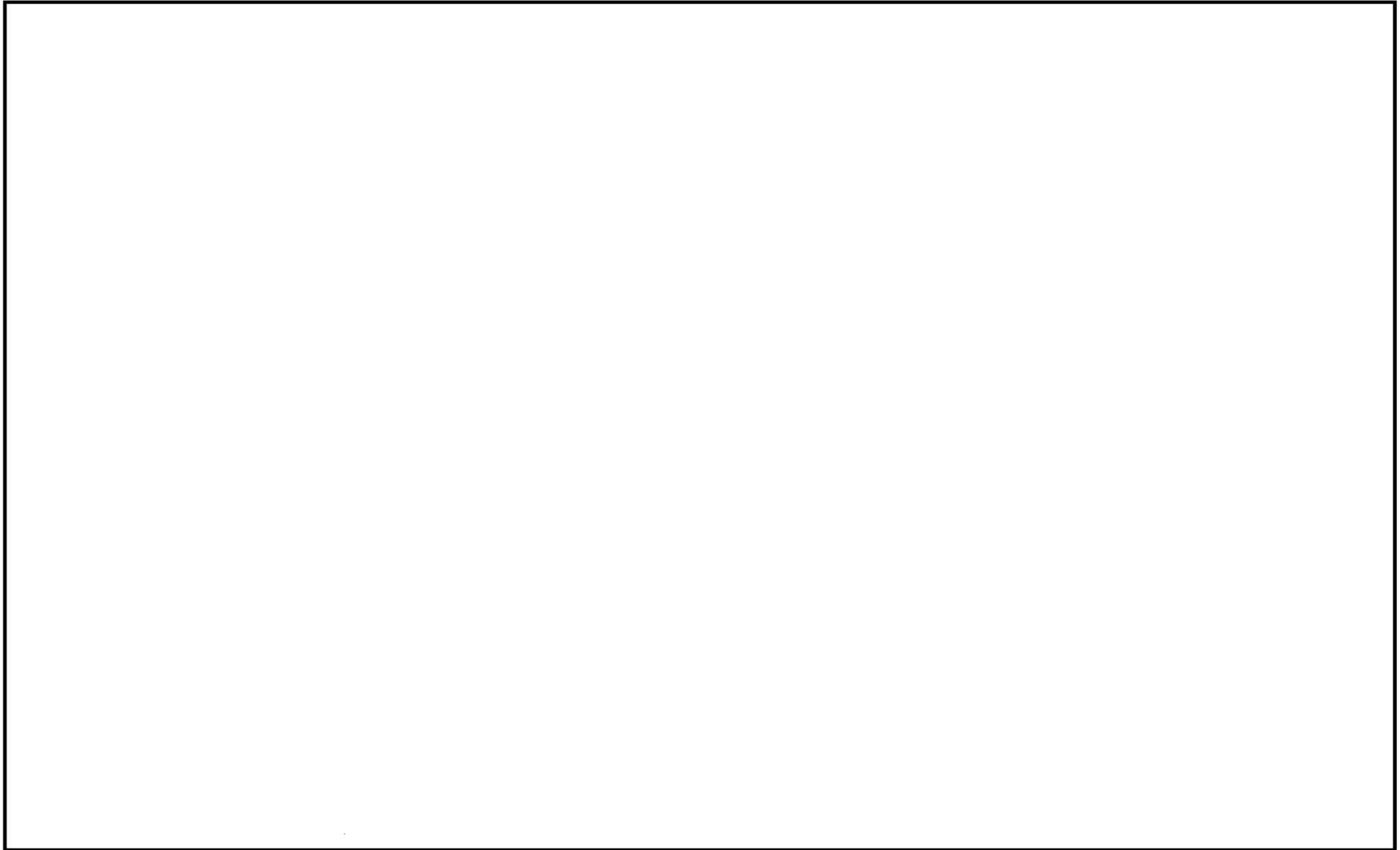
各モードに対応する刺激係数

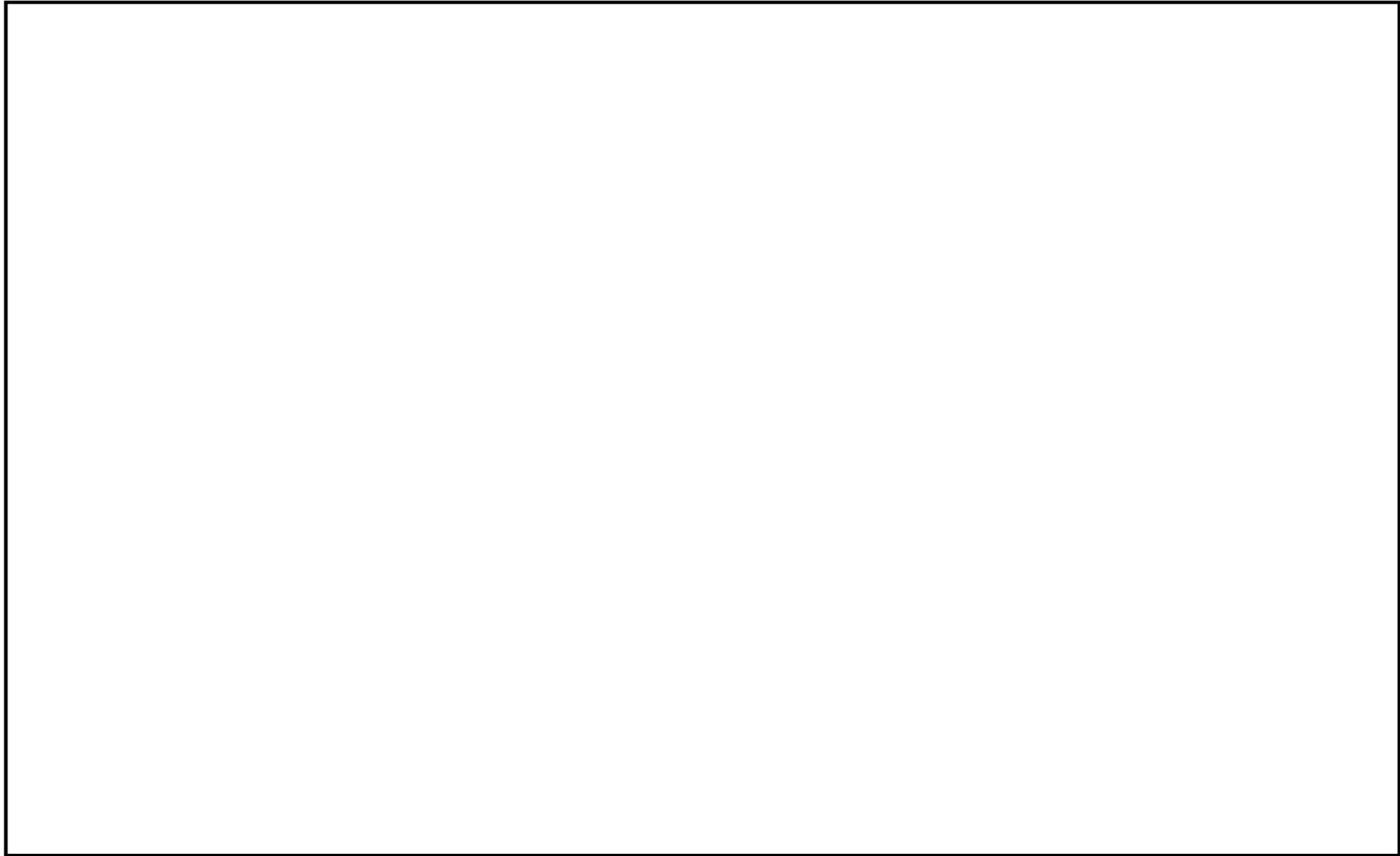
鳥 瞰 図 ALPI-013YD

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。





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 0.9S _u	計算応力 S _n (S s)	許容応力 2S _y	疲労累積係数 U S s
ALPI-013YD	V _A S	A05	S _{prm} (S s)		366	—	—	—
ALPI-013YD	V _A S	A05	S _n (S s)	—	—		462	—

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)
ALPI-009SNM	メカニカルスナッパ	SMS-3	「V-2-1-11 機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		8	45
ALPI-017SNM	メカニカルスナッパ	SMS-6			6	90
ALPI-023SNM	メカニカルスナッパ	SMS-10			6	150
ALPI-020SNM	メカニカルスナッパ	SMS-16			3	240
ALPI-312SNM	メカニカルスナッパ	SMS-25			3	375
ALPI-165ROR	ロッドレストレイント	RSA-1			6	18
ALPI-011ROR	ロッドレストレイント	RSA-3			9	54
ALPI-121ROR-1	ロッドレストレイント	RSA-6			16	108

注 反力が最大となる支持点の支持構造物評価結果（荷重評価）は、本系統であって評価結果の記載を省略する範囲も示す。

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（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			
ALPI-083RES	レストレイント	架構	STKR400	100	34	0	19	—	—	—	組合せ	45	234
ALPI-102ANC	アンカ	架構	STKR400	100	5	8	40	5	3	2	組合せ	36	234

注 反力が最大となる支持点の支持構造物評価結果（応力評価）は、本系統であって評価結果の記載を省略する範囲も示す。

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、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範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		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	疲労累積係数	代表
1	ALPI-010YD	A07F	36	366	10.16	—	A07F	60	462	7.70	—	—	—	—
2	ALPI-005YD	A00	23	366	15.91	—	A00	32	462	14.43	—	—	—	—
3	ALPI-006YD	A24	72	366	5.08	—	C21	72	462	6.41	—	—	—	—
4	ALPI-011YD	A06	107	366	3.42	—	A06	126	462	3.66	—	—	—	—
5	ALPI-013YD	A05	142	366	2.57	○	A05	194	462	2.38	○	—	—	—
6	ALPI-001DG	A66F	116	366	3.15	—	A66F	172	462	2.68	—	—	—	—
7	ALPI-002R4F	C50	92	366	3.97	—	C50	146	462	3.16	—	—	—	—
8	RHR-34, 37, 38, 39, 50	544	62	363	5.85	—	579	66	462	7.00	—	—	—	—
9	ALPI-007YD	A16	58	366	6.31	—	A16	58	462	7.96	—	—	—	—
10	ALPI-014YD	A12	38	366	9.63	—	A12	32	462	14.43	—	—	—	—
11	ALPI-015YD	A00	24	366	15.25	—	A00	18	462	25.66	—	—	—	—
12	ALPI-003R3F	A109F	97	366	3.77	—	A108N	134	462	3.44	—	—	—	—
13	LPCS-2, 3	120	34	363	10.67	—	131A	28	462	16.50	—	—	—	—
14	C-04-1360-001	A09	45	431	9.57	—	A04AN	45	376	8.35	—	—	—	—
15	C-04-1360-002	A12	17	431	25.35	—	A12	11	376	34.18	—	—	—	—
16	C-04-1360-003	A07	14	431	30.78	—	A07	4	376	94.00	—	—	—	—
17	C-04-1360-004	A15	15	431	28.73	—	A10	6	376	62.66	—	—	—	—

NT2 補② V-2-5-5-2 R1E

No	配管モデル	許容応力状態 V _A S												
		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	疲労累積 係数	代表
18	C-04-1360-005	A05	16	431	26.93	—	A08	6	376	62.66	—	—	—	—
19	C-04-1360-006	A13	15	431	28.73	—	A13	3	376	125.33	—	—	—	—
20	C-04-1360-007	A03	17	431	25.35	—	A03	11	376	34.18	—	—	—	—
21	C-04-1360-008	A00	20	431	21.55	—	A00	19	376	19.78	—	—	—	—
22	C-04-1360-009	A00	21	431	20.52	—	A00	22	376	17.09	—	—	—	—
23	C-04-1360-010	A01	40	431	10.77	—	A08F	45	376	8.35	—	—	—	—
24	C-04-1360-011	A12N	33	431	13.06	—	A12N	43	376	8.74	—	—	—	—
25	C-04-1360-013	A05	37	431	11.64	—	A05	51	376	7.37	—	—	—	—
26	C-04-1360-014	A05	17	431	25.35	—	A05	11	376	34.18	—	—	—	—
27	C-04-1360-015	A00	17	431	25.35	—	A00	6	376	62.66	—	—	—	—
28	C-04-1360-016	A02F	29	431	14.86	—	A02F	36	376	10.44	—	—	—	—
29	C-04-1360-017	A01N	16	431	26.93	—	A01N	7	376	53.71	—	—	—	—