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-608　改 1
提出年月日	平成30年8月1日

Ⅴ-2-5-2-1-1　管の耐震性についての計算書

（原子炉冷却材再循環系）

赤枠部は改訂箇所を示す。

目　　次

1.　概要 ・・・

1.　概要

本計算書は，「V-2-1-14-6　管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11　機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき，管，支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(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２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。

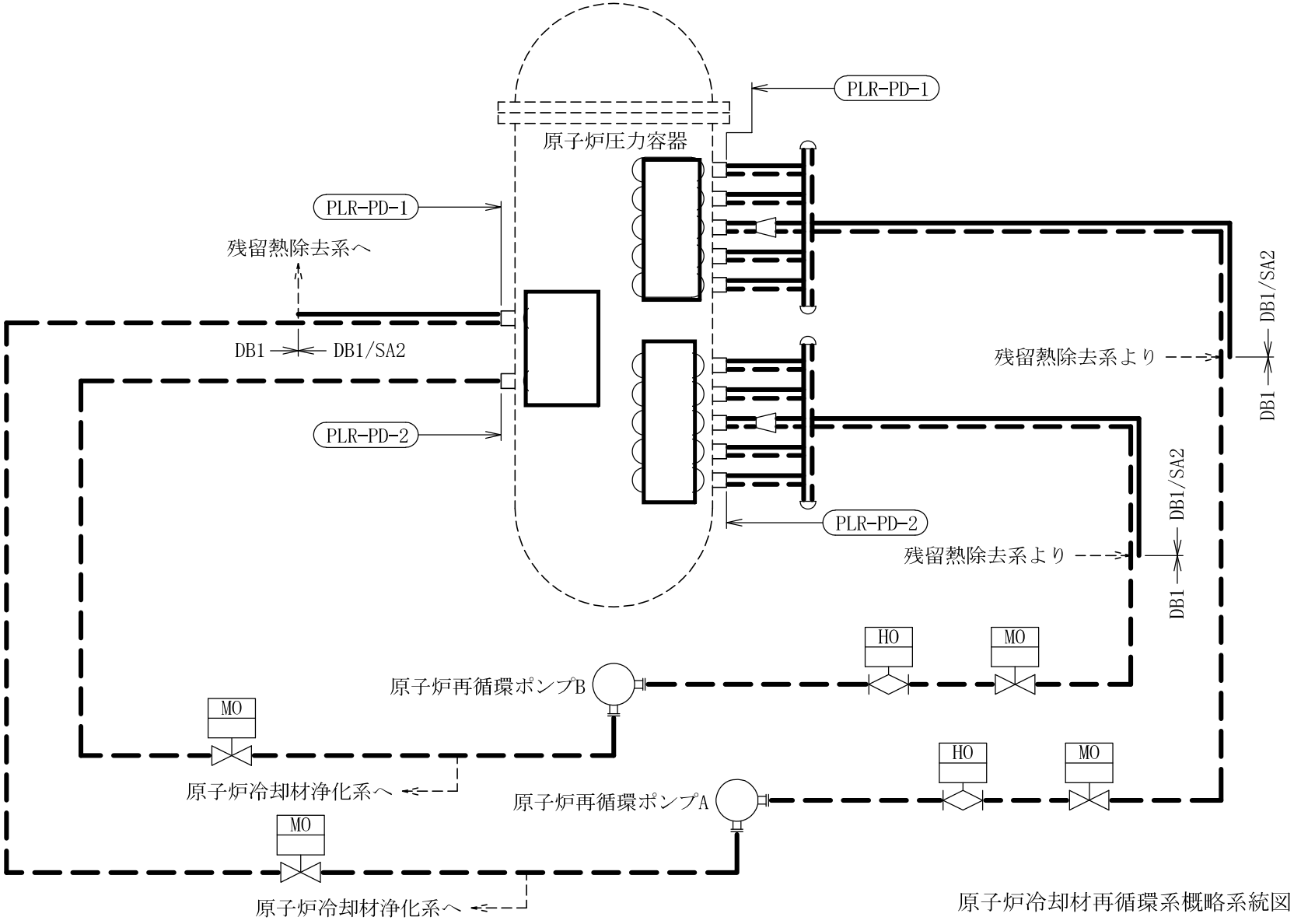
NT2　補③　V-2-5-1-1　R4

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

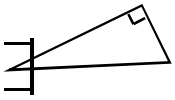
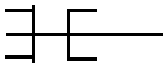
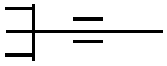
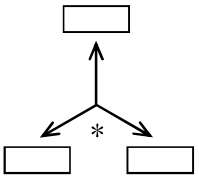
記　　号	内　　容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，設計条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
［管クラス］	
DB1	クラス１管
DB2	クラス２管
DB3	クラス３管
DB4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



原子炉冷却材再循環系概略系統図

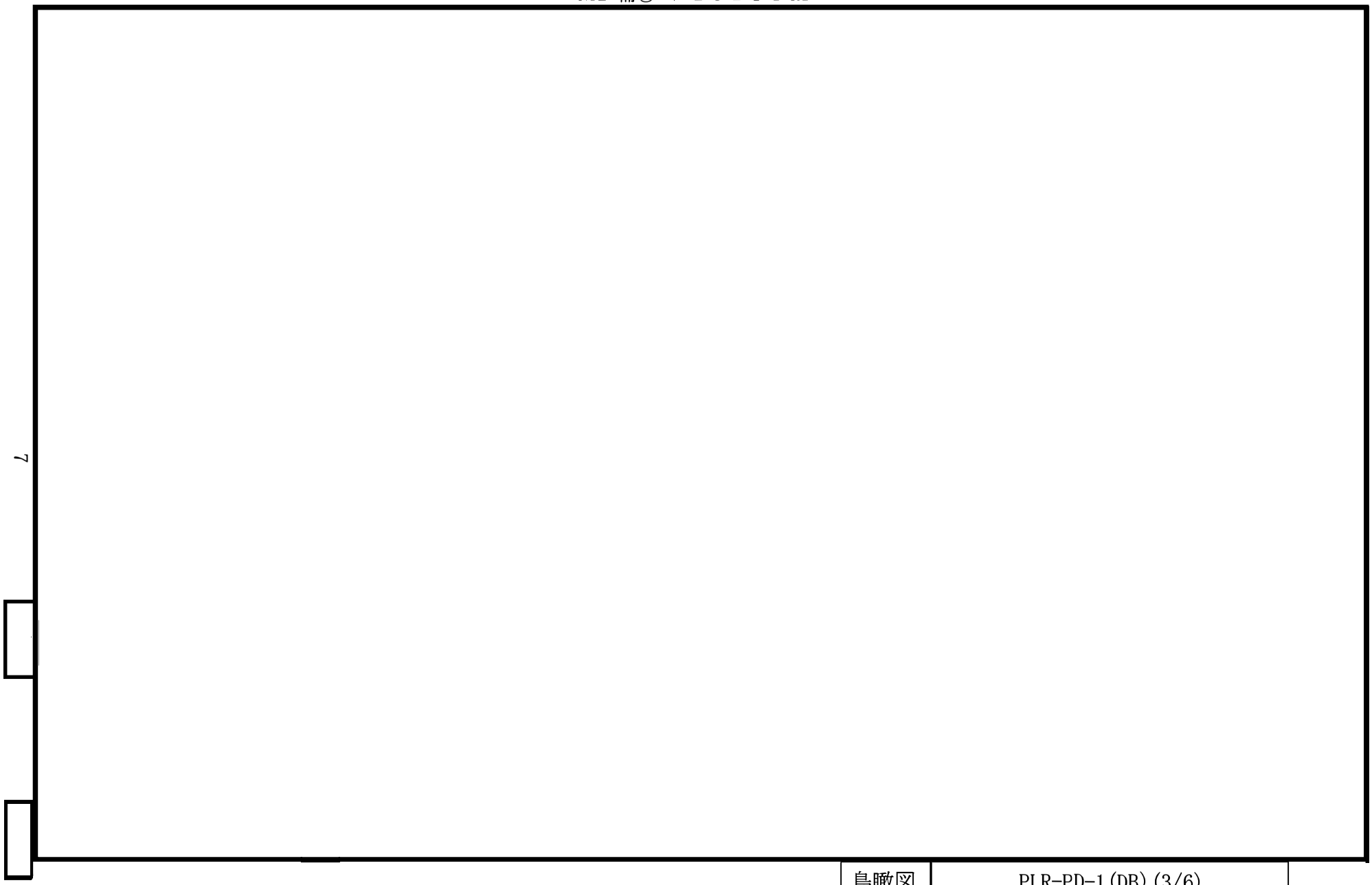
2.2　鳥瞰図

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。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	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	PLR-PD-1(DB)(1/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(DB)(2/6)



鳥瞰図	PLR-PD-1(DB)(3/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(DB)(4/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(DB)(5/6)

鳥瞰図	-PD-1(DB)(6/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(1/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(2/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(3/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(4/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(5/6)

鳥瞰図	PLR-PD-1(SA)(6/6)

鳥瞰図	PLR-PD-2(DB)(1/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(DB)(2/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(DB)(3/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(DB)(4/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(SA)(1/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(SA)(2/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(SA)(3/4)

鳥瞰図	PLR-PD-2(SA)(4/4)

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
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材再循環設備	原子炉冷却材再循環系	ＤＢ	―	クラス１管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
							$IV_L(L)+S_d$	
	残留熱除去設備	残留熱除去系	ＤＢ	―	クラス１管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
							$IV_L(L)+S_d$	
			ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	―	―	―

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。

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　PLR-PD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	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～10	8.62	302	609.6	31.0	[redacted]	S	[redacted]
2	14～16	8.62	302	630.0	40.0	[redacted]	S	[redacted]
3	35～37,41～46	11.38	302	630.0	40.0	[redacted]	S	[redacted]
4	50～55	10.70	302	609.6	39.0	[redacted]	S	[redacted]
5	55～57	10.70	302	673.0	71.4	[redacted]	S	[redacted]
6	58～62N,75～114N 80～124N,94～134N 100～144N	10.70	302	323.9	21.4	[redacted]	S	[redacted]
7	56～81,56～101	10.70	302	420.0	33.8	[redacted]	S	[redacted]

配管の付加質量

鳥　瞰　図　PLR-PD-1

質量	対応する評価点
[redacted]	1N～601, 701～10, 50～55
	601～701
	14～16, 35～37, 41～46
	55～57, 56～70, 56～90
	58～62N, 110～114N, 120～124N, 130～134N, 140～144N
	70～74, 76～79, 90～93, 95～99
	74～76, 93～95, 75～110, 94～130
	79～81, 99～101, 80～120, 100～140

弁部の寸法

鳥　瞰　図　PLR-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10～11				11～12			
12～13				11～14			
37～38				38～39			
39～40				38～41			
46～47				47～48			
48～49				47～50			

弁部の質量

鳥　瞰　図　PLR-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	10～11, 11～14	[redacted]	10, 14
	11		12
	13		37～38, 38～41
	38		39
	40		46～47, 47～50
	46, 50		47
	48		49

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　PLR-PD-1

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
N01						
5						
** 8 **						
** 8 **						
** 14 **						
** 1401 **						
** 18 **						
** 19 **						
** 20 **						
** 20 **						
23						
24						
25						
26						
** 30 **						
** 31 **						
** 32 **						
43						
43						
44						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　PLR-PD-1

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
512						
512						
** 53 **						
** 53 **						
NA1						
72						
** 77 **						
** 7701 **						
92						
** 97 **						
** 98 **						
NB1						
NC1						
ND1						
NE1						

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　PLR-PD-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	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～10	8.62	302	609.6	31.0		S	
2	14～16	8.62	302	630.0	40.0		S	
3	35～37,41～46	11.38	302	630.0	40.0		S	
4	50～55	10.70	302	609.6	39.0		S	
5	55～57	10.70	302	673.0	71.4		S	
6	58～62N,75～114N 80～124N,94～134N 100～144N	10.70	302	323.9	21.4		S	
7	56～81,56～101	10.70	302	420.0	33.8		S	

配管の付加質量

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

質量	対応する評価点
[redacted]	1N～10, 14～16, 35～37, 41～46, 50～55
	55～57, 56～70, 56～90
	58～62N, 110～114N, 120～124N, 130～134N, 140～144N
	70～74, 76～79, 90～93, 95～99
	74～76, 93～95, 75～110, 94～130
	79～81, 99～101, 80～120, 100～140

弁部の寸法

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10～11				11～12			
12～13				11～14			
37～38				38～39			
39～40				38～41			
46～47				47～48			
48～49				47～50			

弁部の質量

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	10～11, 11～14	[redacted]	10, 14
	11		12
	13		37～38, 38～41
	38		39
	40		46～47, 47～50
	46, 50		47
	48		49

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

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
N01						
5						
** 8 **						
** 8 **						
** 14 **						
1401						
** 18 **						
** 19 **						
** 20 **						
** 20 **						
23						
24						
25						
26						
** 30 **						
** 31 **						
** 32 **						
43						
43						
44						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

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
5101						
5101						
** 53 **						
** 53 **						
NA1						
72						
** 77 **						
** 7701 **						
92						
** 96 **						
** 98 **						
NB1						
NC1						
ND1						
NE1						

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 (℃)	許容応力（MPa）			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
[redacted]	302	114	126	—	—
[redacted]	302	114	126	—	—

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 (%)
PLR-PD-1	ペデスタル	[redacted]	
PLR-PD-2	ペデスタル		

NT2　補③　V-2-5-2-1-1　R1

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 PLR-PD-1

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
21 次							
22 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　PLR-PD-1

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				
21 次				

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	ＰＬＲ－ＰＤ－１

鳥瞰図	ＰＬＲ－ＰＤ－１

鳥瞰図	ＰＬＲ－ＰＤ－１

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥　瞰　図　PLR-PD-2

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
15 次							
16 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　PLR-PD-2

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				
15 次				

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	ＰＬＲ－ＰＤ－２

鳥瞰図	ＰＬＲ－ＰＤ－２

鳥瞰図	ＰＬＲ－ＰＤ－２

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１管及び重大事故等クラス２管であってクラス１管

鳥瞰図	許容応力状態（供用状態）	最大応力評価点	配管要素名称	最大応力区分	一次応力評価（MPa） 一次応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 min(2.25Sm,1.8Sy) min(3Sm,2Sy)	ねじり応力 St(Sd) St(Ss)	許容応力 0.55Sm 0.73Sm	一次＋二次応力評価（MPa） 一次＋二次応力 Sn(Ss)	許容応力 3Sm	疲労評価 疲労累積係数 U+USs
PLR-PD-1	III_AS	7	TEE	Sprm(Sd)	125	226	—	—	—	—	—
PLR-PD-1	III_AS	16	ELBOW	St(Sd)	—	—	52	62	—	—	—
PLR-PD-1	IV_AS	7	TEE	Sprm(Ss)	182	252	—	—	—	—	—
PLR-PD-1	IV_AS	16	ELBOW	St(Ss)	—	—	＊ 95	83	—	—	—
PLR-PD-2	IV_AS	58	REDUCER	Sn(Ss)	—	—	—	—	718	342	0.1827
PLR-PD-2	IV_AS	58	REDUCER	U+USs	—	—	—	—	—	—	0.1827

＊印はねじりによる応力が許容応力状態III_ASのとき0.55Sm，又は許容応力状態IV_ASのとき0.73Smを超える評価点を示し，次紙に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$のとき0.55Sm，又は許容応力状態$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$のとき0.73Ｓｍを超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 Ｓｔ(Ｓｄ) Ｓｔ(Ｓｓ)	許容応力 0.55Ｓｍ 0.73Ｓｍ	曲げとねじり応力 Ｓｔ＋Ｓｂ(Ｓｄ) Ｓｔ＋Ｓｂ(Ｓｓ)	許容応力 1.8Ｓｍ 2.4Ｓｍ
PLR-PD-1	16	―	―	―	―
PLR-PD-1	16	95	83	138	273

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（℃）	評価結果	
					計算荷重（kN）	許容荷重（kN）
SNO-PLR-SA4	オイルスナッバ	SN-100	「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」参照		1430.0	1500.0
RO-PLR-RA2	ロッドレストレイント	RTS-60			852.0	1080.0
SH-PLR-HB1	スプリングハンガ	VS-L2			58.4	72.9
CH-PLR-HA3	コンスタントハンガ	CSV-60			180.0	207.9

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（℃）	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			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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＊（×9.8 m/s^2）		機能確認済加速度（×9.8 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少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１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（膜+曲げ）					一次応力（膜+曲げ）					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	PLR-PD-1	7	125	226	1.80	○	7	182	252	1.38	○	58	671	342	0.50	－	58	0.1462	－
2	PLR-PD-2	35	122	226	1.85	－	35	175	252	1.44	－	58	718	342	0.47	○	58	0.1827	○

※ⅢＡＳの一次＋二次応力の許容値はⅣＡＳと同様であることから，地震荷重が大きいⅣＡＳの一次＋二次応力裕度最少を代表とする。ⅣＡＳの計算応力は，ＶＡＳとⅣＡＳの大きい方を記載している。