

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0439_改0
提出年月日	2021年8月3日

VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備
管の耐震性についての計算書

2021年8月
東北電力株式会社

VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備
管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

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	7
3.	計算条件	18
3.1	計算方法	18
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	19
3.3	設計条件	20
3.4	材料及び許容応力評価条件	29
3.5	設計用地震力	30
4.	解析結果及び評価	32
4.1	固有周期及び設計震度	32
4.2	評価結果	44
4.2.1	管の応力評価結果	44
4.2.2	支持構造物評価結果	46
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	47
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	48

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、非常用ディーゼル発電設備の管、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及び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の記載する。また、全21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(以下「裕度」という。)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。各応力区分におけ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、種類及び型式単位に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。

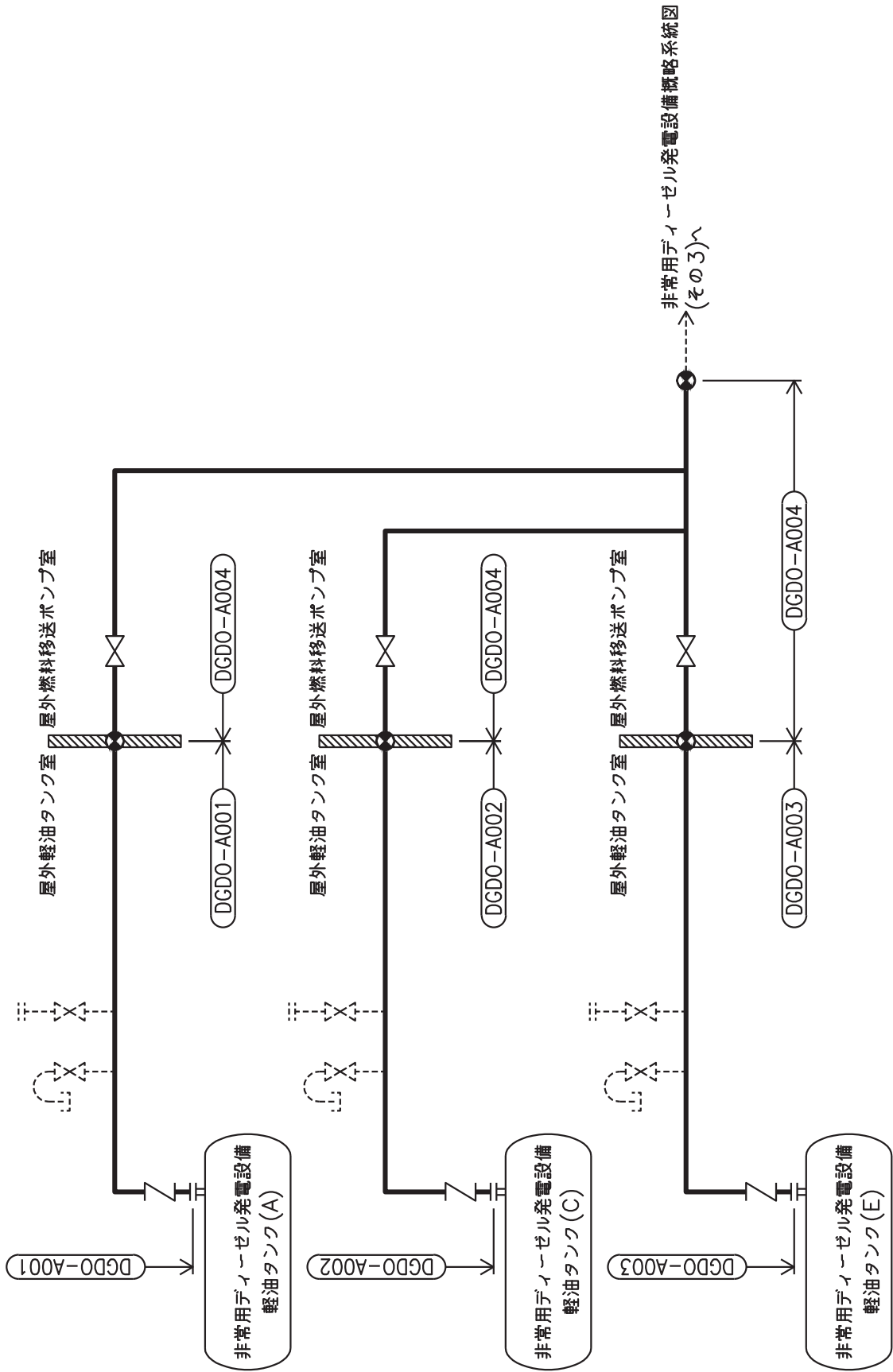
(3) 弁

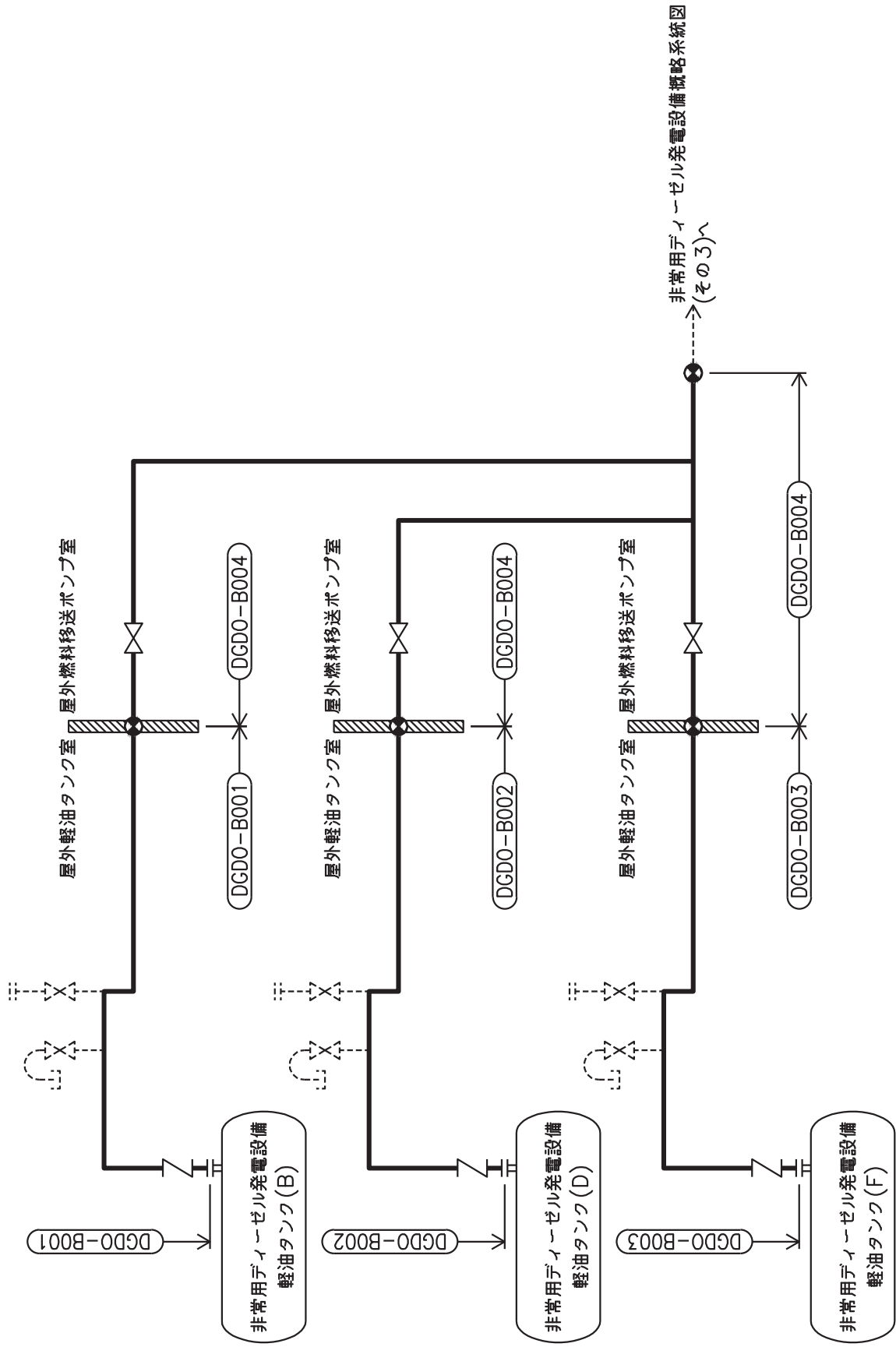
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図
 2.1 概略系統図

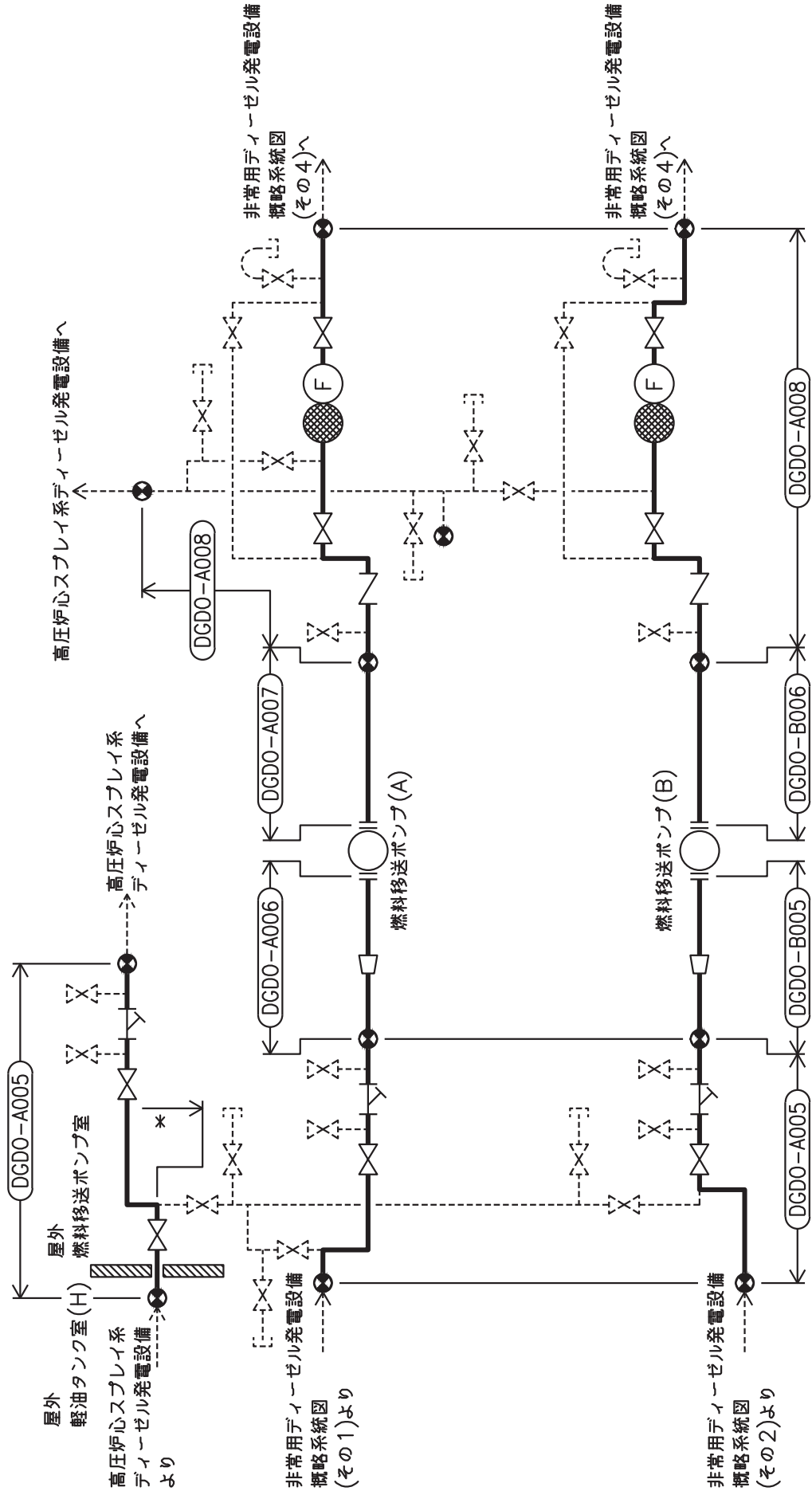
概略系統図記号凡例

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
 (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
	アンカ



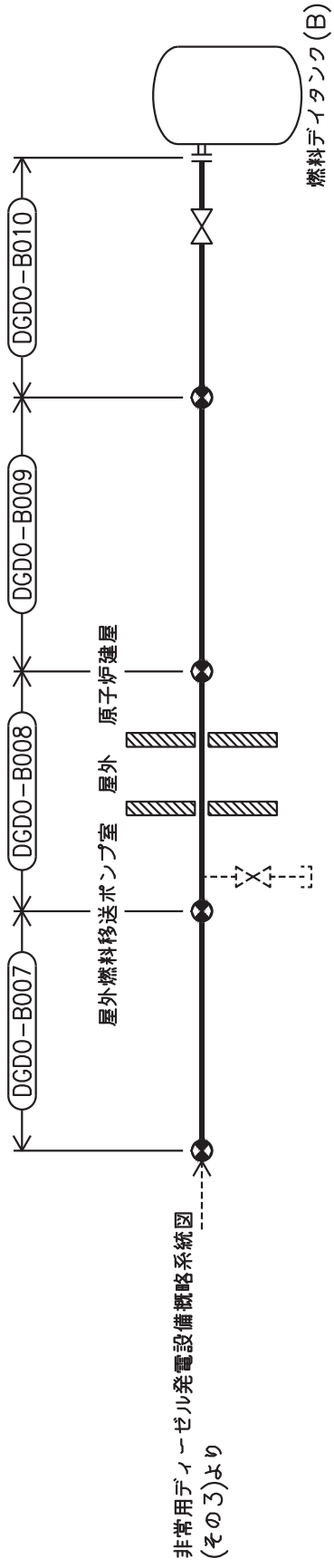
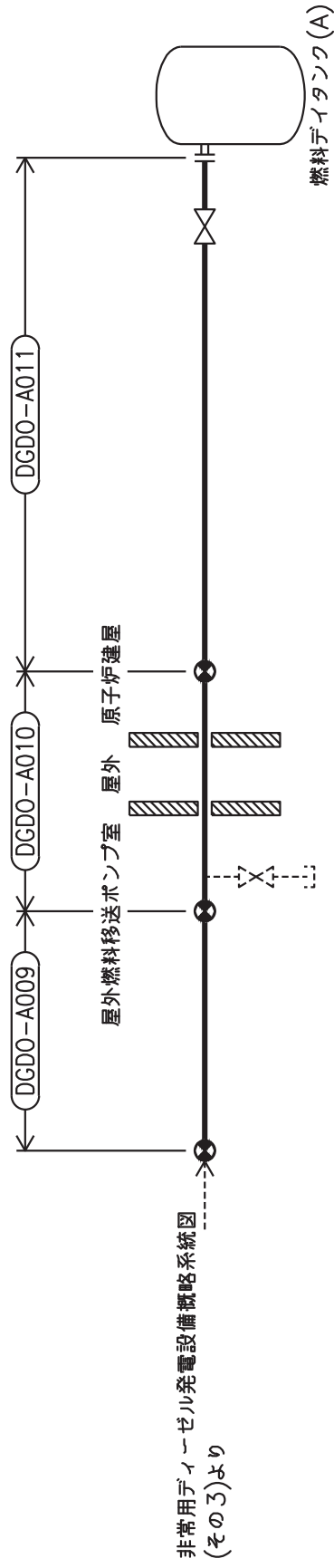


非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その2)




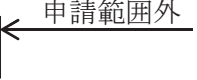



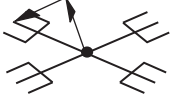
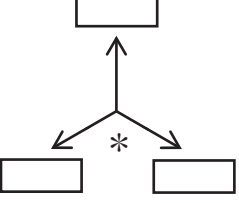
注記*：高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備 解析モデル上本系統に含める

非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その3)



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>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。)</p>



鳥瞰図 DGD0-B008<1/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<2/6>

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<3/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<4/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<5/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<6/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<1/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<2/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<3/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<4/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「SOLVER」及び「NX NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	非常用ディーゼル発電設備	DB	—	—*2	S	$I_L + S_d$ $II_L + S_d$ $I_L + S_s$ $II_L + S_s$	III_{AS} IV_{AS}

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：クラス2, 3管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*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。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.98	66	60.5	5.5	STPT370	S	200360

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
	131	132	133										

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 DGDO-B008

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		28		55		82		109	
2		29		56		83		110	
3		30		57		84		111	
4		31		58		85		112	
5		32		59		86		113	
6		33		60		87		114	
7		34		61		88		115	
8		35		62		89		116	
9		36		63		90		117	
10		37		64		91		118	
11		38		65		92		119	
12		39		66		93		120	
13		40		67		94		121	
14		41		68		95		122	
15		42		69		96		123	
16		43		70		97		124	
17		44		71		98		125	
18		45		72		99		126	
19		46		73		100		127	
20		47		74		101		128	
21		48		75		102		129	
22		49		76		103		130	
23		50		77		104		131	
24		51		78		105		132	
25		52		79		106		133	
26		53		80		107			
27		54		81		108			

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B008

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
6						
10						
12						
17						
22						
24						
28						
31						
35						
40						
44						
49						
53						
58						
60						
64						
66						
71						
75						
78						
80						
82						
84						
89						
93						
98						
102						
107						
111						

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B008

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
113						
115						
117						
119						
124						
129						
133						

設計条件

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

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 9

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.98	66	60.5	5.5	STPT370	S	200360

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 DGDO-B009

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82									

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 DGDO-B009

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		18		35		52		69	
2		19		36		53		70	
3		20		37		54		71	
4		21		38		55		72	
5		22		39		56		73	
6		23		40		57		74	
7		24		41		58		75	
8		25		42		59		76	
9		26		43		60		77	
10		27		44		61		78	
11		28		45		62		79	
12		29		46		63		80	
13		30		47		64		81	
14		31		48		65		82	
15		32		49		66			
16		33		50		67			
17		34		51		68			

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B009

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
6						
10						
14						
18						
21						
25						
31						
35						
38						
42						
47						
52						
57						
59						
62						
66						
69						
71						
74						
76						
82						

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R 0

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STPT370	66	—	199	360	93

3.5 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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-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(O. P. (m))	減衰定数(%)
DGDO-B008	軽油タンク室 連絡ダクト		
	原子炉建屋		

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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-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(O. P. (m))	減衰定数(%)
DGDO-B009	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 DGDO-B008

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*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		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							
28 次							
29 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 DGDO-B008

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				
28次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。



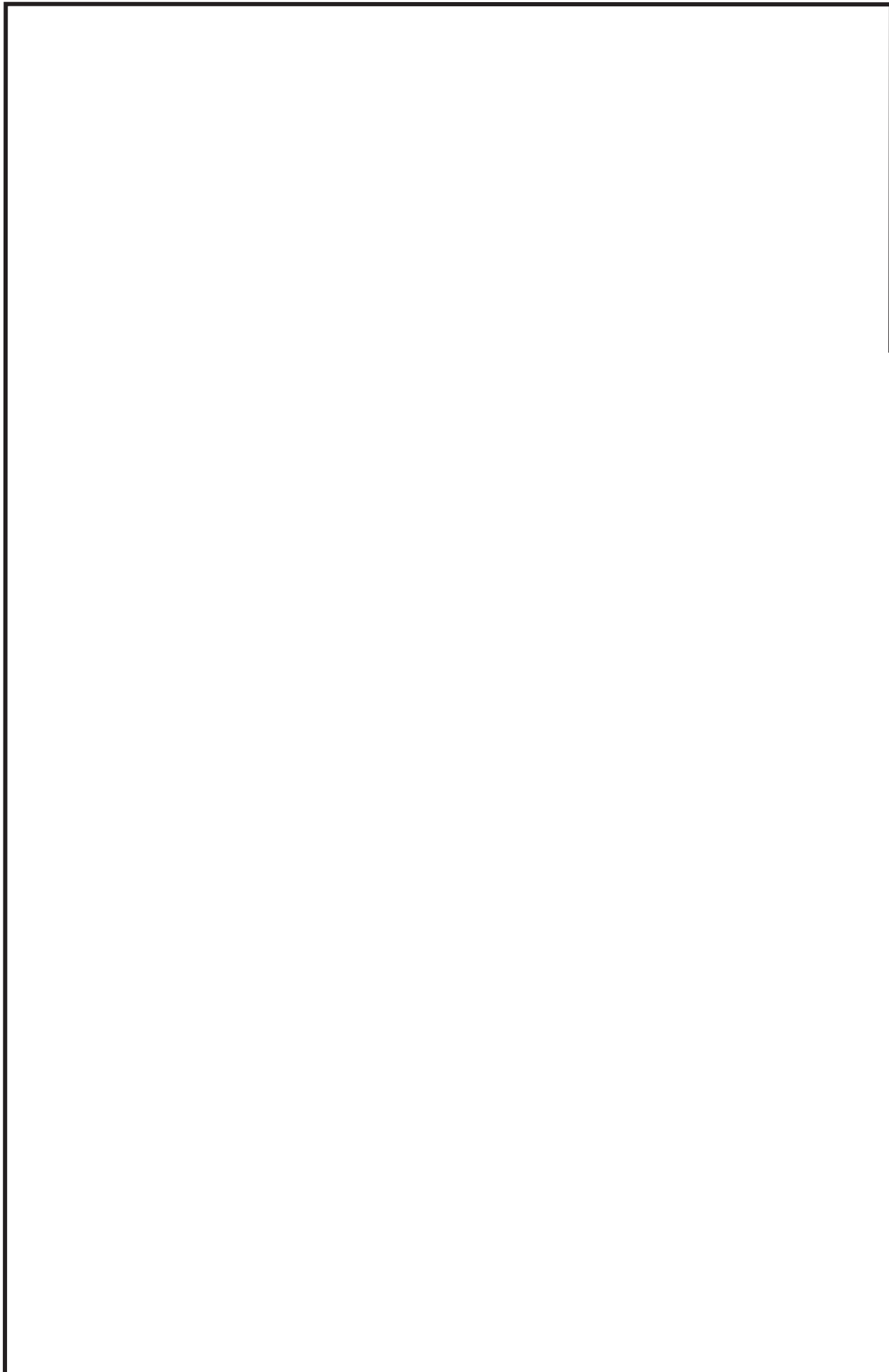
鳥瞰図 DGD0-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGDD-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

解析結果及び評価
固有周期及び設計震度

鳥瞰図 DGDO-B009

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*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		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							
16 次							
17 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 DGDO-B009

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				
16次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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

DGDD-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGDD-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

○ 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R 1



鳥瞰図 DGD0-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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	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 d U S s
				計算応力 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0.9 S u	計算応力 S n (S d) S n (S s)	許容応力 2 S y 2 S y	
D G D O - B 0 0 8	III _A S	15	S p r m (S d)	59	199	—	—	—
	III _A S	61	S n (S d)	—	—	228	398	—
	IV _A S	19	S p r m (S s)	94	324	—	—	—
	IV _A S	77	S n (S s)	—	—	439 *	398	0.3147

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

注記 *1：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 S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

評価結果

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	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 d U S s
				計算応力 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0.9 S u	計算応力 S n (S d) S n (S s)	許容応力 2 S y 2 S y	
D G D O - B 0 0 9	III _A S	47	S p r m (S d)	81	199	—	—	—
	III _A S	47	S n (S d)	—	—	129	398	—
	IV _A S	47	S p r m (S s)	125	324	—	—	—
	IV _A S	47	S n (S s)	—	—	217	398	—

注記 *1：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 S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

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)
—	—	—	—	—	—	—

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			
2T2C-014-01	レストレイント	ラグ	SM400B	50	3	2	11	—	—	—	組合せ	101	121
TH-006-01	アソカ	ラグ	SM400B	50	15	1	3	1	2	1	組合せ	100	133

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用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	型式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		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、応力分類ごとに裕度が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以下の管)

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	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	DGDO-A001	29	44	231	5.25	—	29	76	366	4.81	—	29	149	462	3.10	—	29	149	462	3.10	—	—	—	—
2	DGDO-A002	12	29	231	7.96	—	12	38	366	9.63	—	12	45	462	10.26	—	12	45	462	10.26	—	—	—	—
3	DGDO-A003	12	29	231	7.96	—	12	38	366	9.63	—	12	45	462	10.26	—	12	45	462	10.26	—	—	—	—
4	DGDO-A004	12	19	231	12.15	—	12	23	366	15.91	—	12	33	398	12.06	—	36	33	398	12.06	—	—	—	—
5	DGDO-A005	65	30	199	6.63	—	65	46	324	7.04	—	190	386	462	1.19	—	190	386	462	1.19	—	—	—	—
6	DGDO-A006	6	6	199	33.16	—	6	6	324	54.00	—	6	2	398	199.00	—	6	2	398	199.00	—	—	—	—
7	DGDO-A007	1	5	199	39.80	—	1	5	324	64.80	—	1	2	398	199.00	—	1	2	398	199.00	—	—	—	—
8	DGDO-A008	83	49	199	4.06	—	83	85	324	3.81	—	83	163	398	2.44	—	83	163	398	2.44	—	—	—	—

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、地震荷重が大いⅣ_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

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以下の管)

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+二次応力*									
		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	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	疲労評価	
9	DGD0-A009	21	28	199	7.10	—	21	37	324	8.75	—	7	160	398	2.48	—	—	—	—	—	—	—	—
10	DGD0-A010	34	66	199	3.01	—	34	115	324	2.81	—	76	285	398	1.39	—	—	—	—	—	—	—	—
11	DGD0-A011	13	24	199	8.29	—	13	35	324	9.25	—	12	88	398	4.52	—	—	—	—	—	—	—	—
12	DGD0-B001	9	23	231	10.04	—	1	32	366	11.43	—	1	44	462	10.50	—	—	—	—	—	—	—	—
13	DGD0-B002	1	24	231	9.62	—	1	33	366	11.09	—	1	47	462	9.82	—	—	—	—	—	—	—	—
14	DGD0-B003	9	24	231	9.62	—	31	33	366	11.09	—	31	58	462	7.96	—	—	—	—	—	—	—	—
15	DGD0-B004	40	17	199	11.70	—	40	21	324	15.42	—	40	37	398	10.75	—	—	—	—	—	—	—	—
16	DGD0-B005	6	6	199	33.16	—	6	6	324	54.00	—	6	2	398	199.0	—	—	—	—	—	—	—	—
17	DGD0-B006	1	5	199	39.80	—	1	5	324	64.80	—	1	2	398	199.0	—	—	—	—	—	—	—	—

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。

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以下の管)

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+二次応力*					
		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
18	DGD0-B007	1	39	199	5.10	—	1	56	324	5.78	—	9	138	398	2.88	—	—	—	—
19	DGD0-B008	15	59	199	3.37	—	19	94	324	3.44	—	77	439	398	0.90	○	61	0.4004	○
20	DGD0-B009	47	81	199	2.45	○	47	125	324	2.59	○	47	217	398	1.83	—	—	—	—
21	DGD0-B010	18	32	199	6.21	—	18	43	324	7.53	—	18	79	398	5.03	—	—	—	—

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。

重大事故等対処設備

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	7
3. 計算条件	18
3.1 計算方法	18
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	19
3.3 設計条件	20
3.4 材料及び許容応力評価条件	29
3.5 設計用地震力	30
4. 解析結果及び評価	32
4.1 固有周期及び設計震度	32
4.2 評価結果	44
4.2.1 管の応力評価結果	44
4.2.2 支持構造物評価結果	46
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	47
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	48

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、非常用ディーゼル発電設備の管、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及び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の記載する。また、全21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(以下「裕度」という。)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。各応力区分におけ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、種類及び型式単位に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

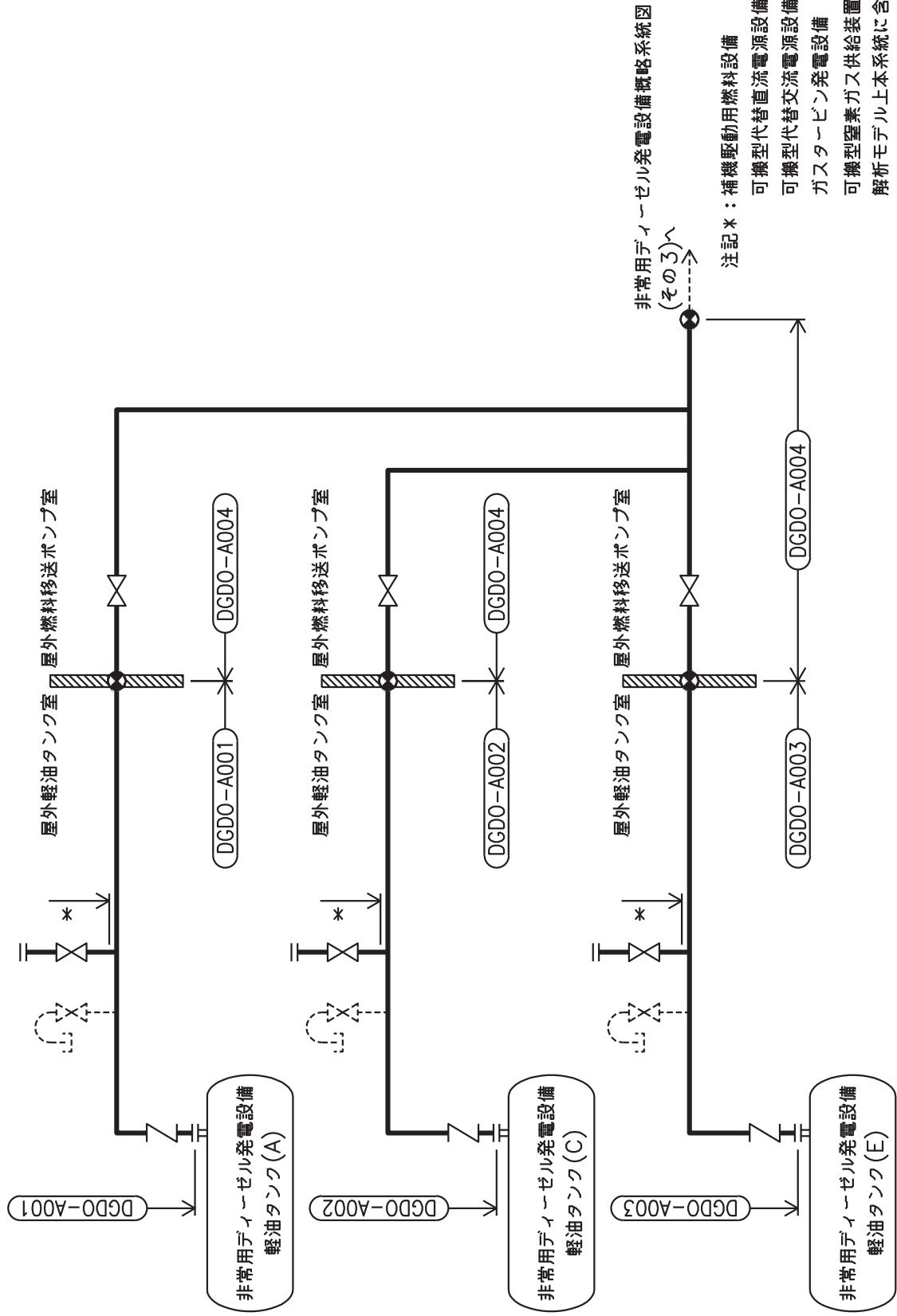
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

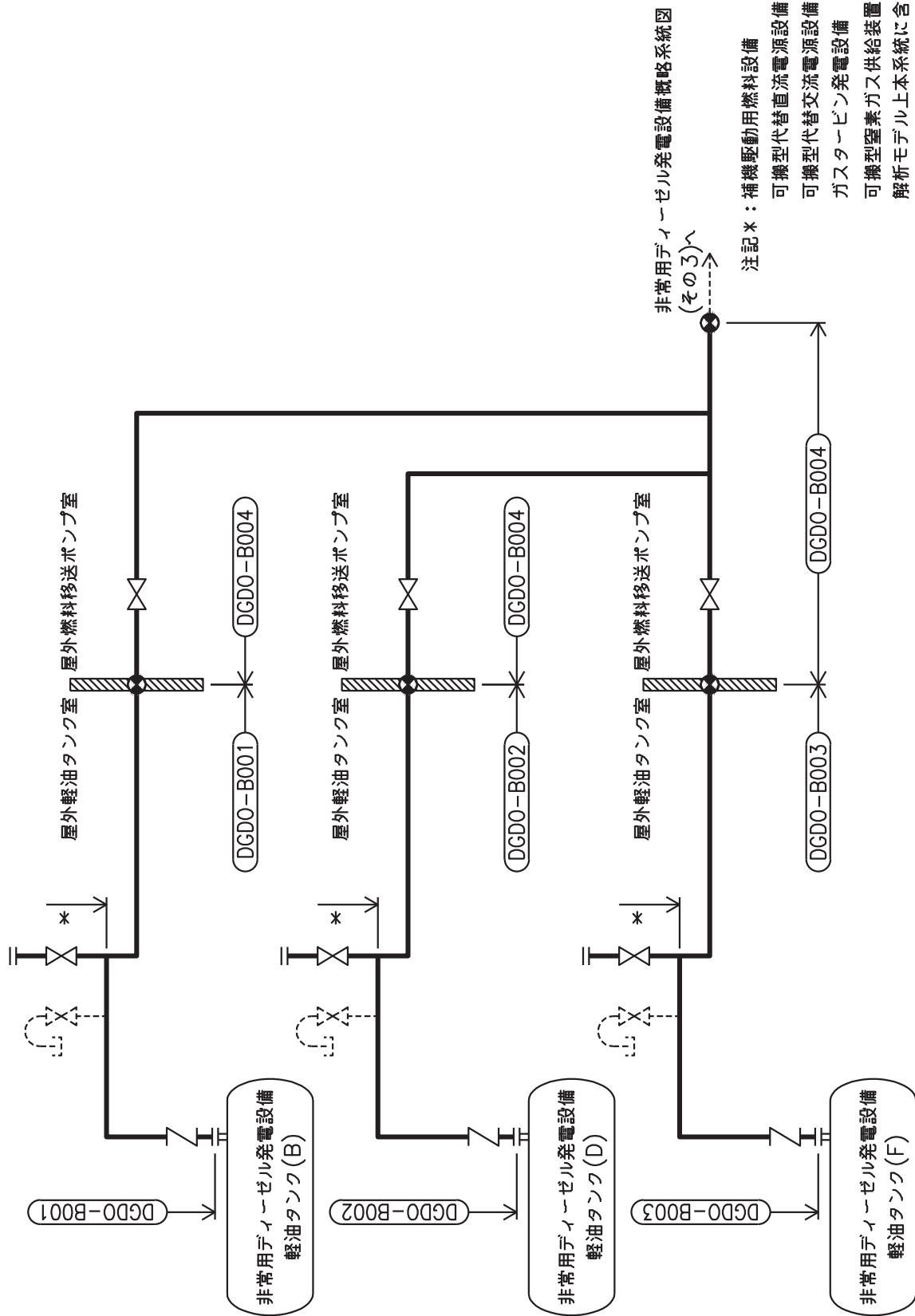
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

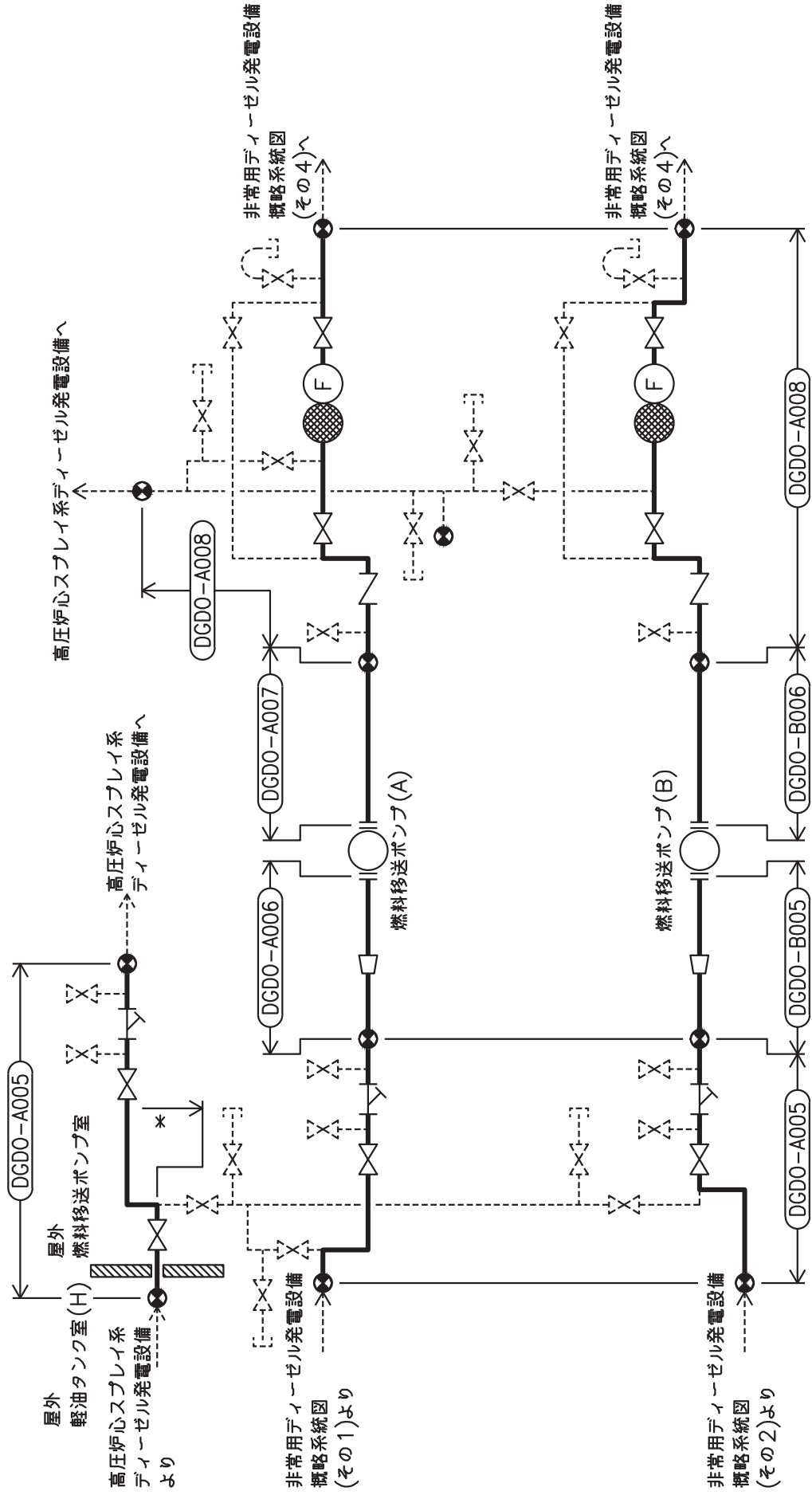
概略系統図記号凡例

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
 (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
	アンカ



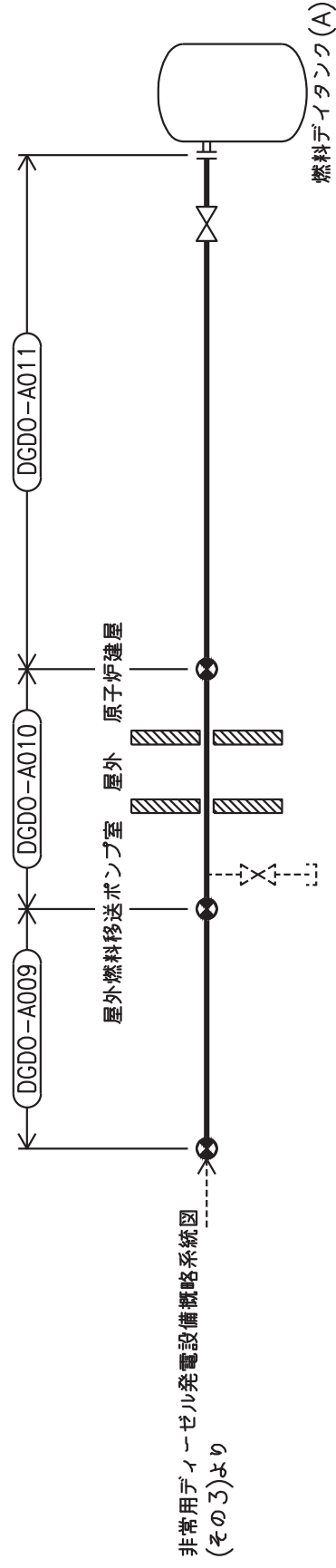


非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その2)

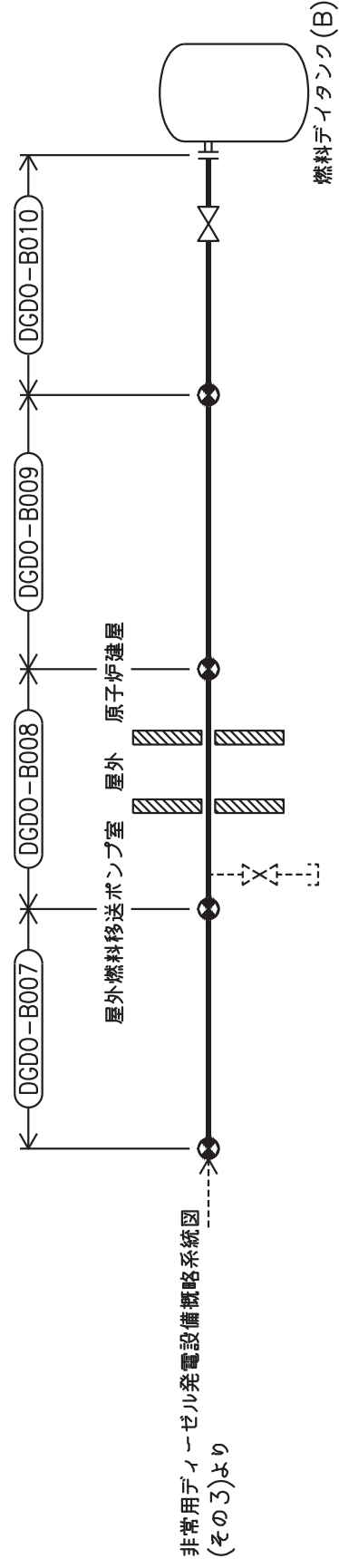


注記*：高圧炉心スプレイス系デイジーゼル発電設備
 解析モデル上本系統に含める

非常用デイジーゼル発電設備概略系統図(その3)




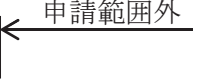



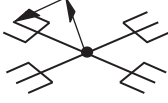
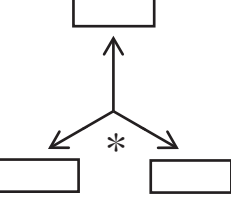
非常用ディーゼル発電設備概略系統図
(その3)より



非常用ディーゼル発電設備概略系統図
(その3)より

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>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として本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。)</p>
	<p>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。)</p>



鳥瞰図 DGD0-B008<1/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<2/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<3/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<4/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<5/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008<6/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<1/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<2/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<3/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<4/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「SOLVER」及び「NX NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態
 本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

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	耐震重要度分類	荷重の組合せ*4,*5	許容応力状態*6
非常用電源設備	非常用発電装置	非常用ディーゼル発電設備	SA	常設耐震/防止 常設/緩和 常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	—*3	—	V _L + S _s	V _{AS}

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，「常設/防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)，「常設/緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張)を示す。

*3：重大事故等クラス2管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*4：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*5：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。

*6：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。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.98	66	60.5	5.5	STPT370	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
	131	132	133										

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 DGDO-B008

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		28		55		82		109	
2		29		56		83		110	
3		30		57		84		111	
4		31		58		85		112	
5		32		59		86		113	
6		33		60		87		114	
7		34		61		88		115	
8		35		62		89		116	
9		36		63		90		117	
10		37		64		91		118	
11		38		65		92		119	
12		39		66		93		120	
13		40		67		94		121	
14		41		68		95		122	
15		42		69		96		123	
16		43		70		97		124	
17		44		71		98		125	
18		45		72		99		126	
19		46		73		100		127	
20		47		74		101		128	
21		48		75		102		129	
22		49		76		103		130	
23		50		77		104		131	
24		51		78		105		132	
25		52		79		106		133	
26		53		80		107			
27		54		81		108			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B008

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
6						
10						
12						
17						
22						
24						
28						
31						
35						
40						
44						
49						
53						
58						
60						
64						
66						
71						
75						
78						
80						
82						
84						
89						
93						
98						
102						
107						
111						

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B008

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
113						
115						
117						
119						
124						
129						
133						

設計条件

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

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 9

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.98	66	60.5	5.5	STPT370	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 9

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82									

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 DGDO-B009

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		18		35		52		69	
2		19		36		53		70	
3		20		37		54		71	
4		21		38		55		72	
5		22		39		56		73	
6		23		40		57		74	
7		24		41		58		75	
8		25		42		59		76	
9		26		43		60		77	
10		27		44		61		78	
11		28		45		62		79	
12		29		46		63		80	
13		30		47		64		81	
14		31		48		65		82	
15		32		49		66			
16		33		50		67			
17		34		51		68			

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 DGDO-B009

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
6						
10						
14						
18						
21						
25						
31						
35						
38						
42						
47						
52						
57						
59						
62						
66						
69						
71						
74						
76						
82						

O 2 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (重) R 0

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STPT370	66	—	199	360	93

3.5 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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-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(O. P. (m))	減衰定数(%)
DGDO-B008	軽油タンク室 連絡ダクト		
	原子炉建屋		

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曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-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、添付書類「VI-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(O. P. (m))	減衰定数(%)
DGDO-B009	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 DGDO-B008

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	Y 方向	Z 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								
28 次								
29 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定められた震度を示す。

*4：3.6C₁及び1.2C_vより定められた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 DGDO-B008

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				
28次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。



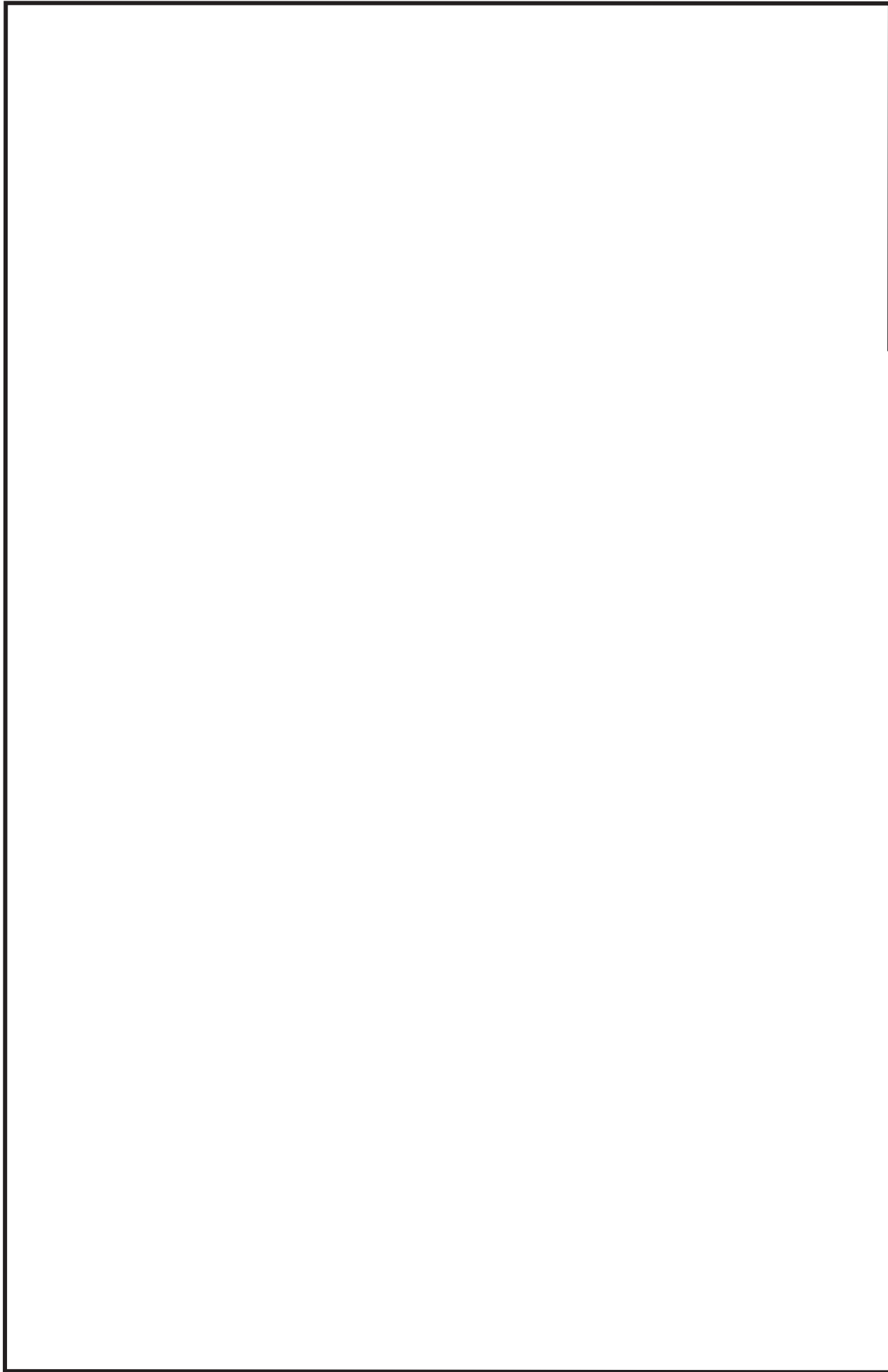
鳥瞰図 DGD0-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

解析結果及び評価
固有周期及び設計震度

鳥瞰図 DGDO-B009

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	X 方向	Z 方向
1 次		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
16 次								
17 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定められた震度を示す。

*4：3.6C₁及び1.2C_vより定められた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 DGDO-B009

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				
16次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

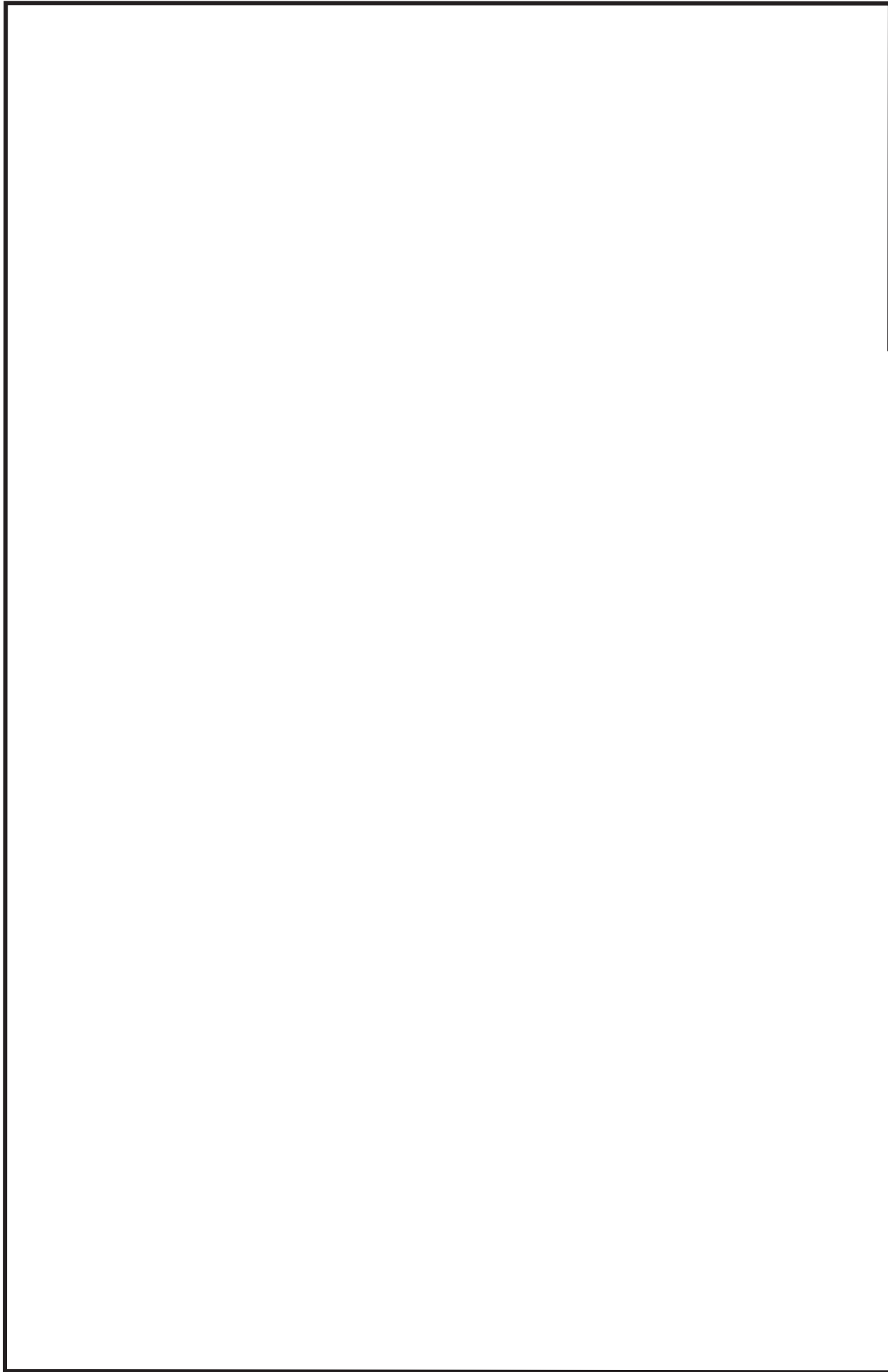
代表的振動モード図

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 DGDD-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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2以下の管

鳥瞰図	許容応力 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 S p r m (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	
D G D O - B 0 0 8	V _A S V _A S	19 77	S p r m (S s) S n (S s)	94 —	324 —	— 439 *	— 398	— 0.3147

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

評価結果

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2以下の管

鳥瞰図	許容応力 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 S p r m (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	
D G D O - B 0 0 9	V _A S V _A S	47 47	S p r m (S s) S n (S s)	125 —	324 —	— 217	— 398	— —

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)
—	—	—	—	—	—	—

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			
2T2C-014-01	レストレイント	ラグ	SM400B	50	3	2	11	—	—	—	組合せ	101	121
TH-006-01	アソカ	ラグ	SM400B	50	15	1	3	1	2	1	組合せ	100	133

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用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	型式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		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、応力分類ごとに裕度が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2以下の管）

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	DGDO-A001	29	76	366	4.81	—	29	149	462	3.10	—	—	—	—	
2	DGDO-A002	46	66	366	5.54	—	46	129	462	3.58	—	—	—	—	
3	DGDO-A003	40	51	366	7.17	—	40	90	462	5.13	—	—	—	—	
4	DGDO-A004	12	23	366	15.91	—	36	33	398	12.06	—	—	—	—	
5	DGDO-A005	65	46	324	7.04	—	190	386	462	1.19	—	—	—	—	
6	DGDO-A006	6	6	324	54.00	—	6	2	398	199.00	—	—	—	—	
7	DGDO-A007	1	5	324	64.80	—	1	2	398	199.00	—	—	—	—	
8	DGDO-A008	83	85	324	3.81	—	83	163	398	2.44	—	—	—	—	

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2以下の管)

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	
9	DGD0-A009	21	37	324	8.75	—	7	160	398	2.48	—	—	—	—	
10	DGD0-A010	34	115	324	2.81	—	76	285	398	1.39	—	—	—	—	
11	DGD0-A011	13	35	324	9.25	—	12	88	398	4.52	—	—	—	—	
12	DGD0-B001	36	54	366	6.77	—	36	96	462	4.81	—	—	—	—	
13	DGD0-B002	39	51	366	7.17	—	39	90	462	5.13	—	—	—	—	
14	DGD0-B003	49	65	366	5.63	—	49	127	462	3.63	—	—	—	—	
15	DGD0-B004	40	21	324	15.42	—	40	37	398	10.75	—	—	—	—	
16	DGD0-B005	6	6	324	54.00	—	6	2	398	199.0	—	—	—	—	
17	DGD0-B006	1	5	324	64.80	—	1	2	398	199.0	—	—	—	—	

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2以下の管)

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	DGD0-B007	1	56	324	5.78	—	9	138	398	2.88	—	—	—	—
19	DGD0-B008	19	94	324	3.44	—	77	439	398	0.90	○	61	0.4004	○
20	DGD0-B009	47	125	324	2.59	○	47	217	398	1.83	—	—	—	—
21	DGD0-B010	18	43	324	7.53	—	18	79	398	5.03	—	—	—	—