V-2-9-4-7-1-2 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

1	• ;	概	要		•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2	• ;	概Ⅰ	略系	統國	図及	び,	急日	敢日	X			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
	2.1	7	概略	「系約	充図			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
	2.2	,	鳥瞰	(図		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7
3	•	計	算条	件		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
	3.1		計算	ī方》	去		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
	3.2	7	荷重	の約	组合	せ】	及飞	び言	汗	容	応	力	状	態			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11
	3.3	ļ	設計	·条	牛		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
	3.4	7	材彩	·及て	び許	容,	년 2	力			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	20
	3.5		設計	·用±	也震	力			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21
4	• Ĵ	解	析紀	[果]	受び	評亻	襾			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22
	4.1		固有	同	朝及	び言	没言	計別	震.	度			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22
	4.2		評価	i結り	果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	31
	4.2	. 1	徣	『の』	芯力	評亻	面約	結り	褁			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	31
	4.2	. 2	ţ	持棒	冓造	物言	評有	面彩	洁.	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	32
	4.2	. 3	弁	の動	動的	機前	能	淮扌	寺	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	33
	4.2.	. 4	什	表:	モデ	120	Dì	巽兌	É	結	果	及	び	全	モ	デ	ル	の	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	34

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、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評価結果を解析 モデル単位に記載する。また,全13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

記号	内容
(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管
(細線)	工事計画書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
(00-0-00)	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



格納容器圧力逃がし装置概略系統図(その1)



格納容器圧力逃がし装置概略系統図(その2)



格納容器圧力逃がし装置概略系統図(その3)



格納容器圧力逃がし装置概略系統図(その4)

2.2 鳥瞰図

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1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

K7 ① V-2-9-4-7-1-2(重) R1



鳥瞰図 FCVS-Y-5

K7 ① V-2-9-4-7-1-2 (重) R1



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、 「NuPIAS」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、 別紙「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*3	許容応力 状態*4
原子炉 格納施設	圧力逃がし装置	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_{L}+S_{S}$ s	V _A S
原子炉 格納施設	放射性物質濃度制御 設備及び可燃性ガス 濃度制御設備並びに 格納容器再循環設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V _A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設耐震/防止	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は荷重を示す。

*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し,許容応力状態IVAS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 FCVS-Y-5

签承旦	おたナス河価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++ 光1	耐震	縦弾性係数
官留万	対応する評価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	树科	重要度分類	(MPa)
1	$1 \sim 2, 7 \sim 8, 9 \sim 10, 12 \sim 13$	0. 25	200	508.0	12. 7	STPT410 相当 (ASTM A106B)	_	201667
2	8~9	0. 25	200	508. 0	12. 7	STPT410	_	201667

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 FCVS-Y-10

竺王旦	社内ナフ河伊占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++ wl	耐震	縦弾性係数
官省万	刈応りる評価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	树科	重要度分類	(MPa)
1	1~5, 8~9	1.00	150	60.5	3.9	SUS316LTP	_	193667

配管の付加質量

質量	l. E.	対応する評価点
		$1 \sim 3, 6 \sim 13$
		3, 6

配管の付加質量

質量	対応する評価点
	5,8

フランジ部の質量

質量	対応する評価点
	3, 6
	11

フランジ部の質量

質量	対応する評価点
	5,8

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図	FCVS-Y-5
-----	----------

士士上平日	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
又付点留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
1						
13						

支持点及び貫通部ばね定数

古地占亚口	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
又打尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
1		1	I			
4						
9						

3.4 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。

++ ★[最高使用温度		許容応プ	ל (MPa)	
171 177	(°C)	S m	S y	S u	S h
STPT410	200		207	404	
SUS316LTP	150		130	424	

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	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
ECVS_V_5	原子炉建屋		
FCVS-Y-5	フィルタベント遮蔽壁	_	
FCVS-Y-10	フィルタベント遮蔽壁		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCVS-Y-5

適用する地震動等		S s			
T 18	田右周期 (。)	応答水3	応答鉛直震度*1		
	回有问为(S)	X方向	Z方向	Y方向	
1次			1		
2次					
3次					
動的震度*2					

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度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 FCVS-Y-5

H Z	固有周期	刺激係数*			
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	
1次					
2 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、2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。 代表的振動モード図(1次)



鳥瞰図

FCVS-Y-5

代表的振動モード図(2次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCVS-Y-10

適用する地震動等		S s			
エード	モード 固有周期(s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X方向	Z方向	Y方向	
1次			<u>.</u>		
動的震度*2					

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

27

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FCVS-Y-10

エード	固有周期		刺激係数*	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1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、1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。 代表的振動モード図(1次)

30

鳥瞰図	FCVS-Y-10
-----	-----------

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

			一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価(MPa)		疲労評価	
鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm(Ss)	0.95 u	S n (S s)	2 Ѕу	USs
FCVS-Y-5	V a S	13	Sprm(Ss)	161	363		_	_
FCVS-Y-5	V a S	13	Sn(Ss)			245	414	
FCVS-Y-10	V A S	9	Sprm(Ss)	145	381		_	
FCVS-Y-10	V a S	9	Sn(Ss)			237	260	

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 番号			材質 材質 (℃) 荷重		評価結果	
	種類	型式		許容		
				(°C)	荷重	荷重
					(kN)	(kN)
K7FV-SNB17A	オイルスナッバ	20L0DP100-060B	V-2-1-12	「配管及び	35	90
			支持構造物	の耐震計		
K7FV-SNB17B	オイルスナッバ	20L0DP100-060B	算につい	て」参照	35	90

支持構造物評価結果(荷重評価)

支持構造物評価結果(応力評価)

	種類	型式	材質	温度 (℃)	支持点荷重					評価結果			
支持構造物 番号					反力 (kN)		モーメント (kN・m)		応力	計算	許容		
										応力	応力		
					F _x	Fγ	F _z	M _x	M _Y	M _z	分類 	(MPa)	(MPa)
K7FV-A08	アンカ	架構	STKR400	50	85	47	207	58	152	20	組合せ	65	159
K7FV-R19	レストレイント	架構	STKR400	50	32	49	92	-	-	-	組合せ	42	159

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	形式	要求機能	機能維持評 (×9.3	価用加速度 3m/s ²)	機能確認済加速度 (×9.8m/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,設計条件及び 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)

							許容応ス	力状態 V	a S					
				一次応力				一次一		疲労評価				
No.	配管モデル	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	FCVS-Y-1	1	50	363	7.26	_	1	85	414	4.87	_	_		_
2	FCVS-Y-2	1	59	363	6.15	_	7	69	240	3.47	_	_	_	_
3	FCVS-Y-3	3	60	363	6.05	_	15	175	414	2.36	_		_	_
4	FCVS-Y-4	3	70	363	5.18	_	28	205	240	1.17			_	_
5	FCVS-Y-5	13	161	363	2.25	0	13	245	414	1.68		_	_	_
6	FCVS-Y-6	24	57	363	6.36	_	32	96	436	4.54	_		_	_
7	FCVS-Y-7	1	92	366	3.97	_	1	161	240	1.49		_	_	_
8	FCVS-Y-8	23	112	366	3.26	_	23	195	240	1.23	_			_

(続き)

							許容応ス	力状態 V	' a S					
			_	一次応力				一次一		疲労評価				
No.	配管モデル	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	FCVS-Y-9	52	100	381	3.81	_	52	168	260	1.54				_
10	FCVS-Y-10	9	145	381	2.62	_	9	237	260	1.09	0			
11	FCVS-Y-11	33	60	381	6.35	_	33	58	260	4.48				
12	FCVS-R-1	66	77	361	4.68	_	66	148	288	1.94				
13	FCVS-R-2	75	102	366	3. 58	_	73	170	240	1.41				

V-2-9-4-7-1-3 フィルタ装置の耐震性についての計算書

次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 格納容器圧力逃がし装置のフィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているこ とを説明するものである。

フィルタ装置は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大 事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、フィルタ装置は、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容 器であるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐 震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

フィルタ装置の構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造計画

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【フィ ルタ装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果 を表 3-1に示す。

表3-1 固	有周期	(単位:s)
水平		
鉛直		

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

フィルタ装置の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持 たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき 行う。組合せ応力の計算においては、安全側に絶対値和で組合せるものとする。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

フィルタ装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 及び表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いる ものを表 4-4 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の 設計条件及び機器要目に示す。

施	i設区分	機器名称	*1 設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D+P_D+M_D+S$ s *3	IV _A S
原子炉格納 施設	圧力逃がし装置	フィルタ装置	常設/緩和	*2 重大事故等 クラス2容器	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
	放射性物質濃				$D + P_{D} + M_{D} + S_{S} *^{3}$	IV _A S
原子炉格納 施設	度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	フィルタ装置	常設/緩和	*2 重大事故等 クラス2容器	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
					$D+P_D+M_D+S$ s *3	IV _A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	フィルタ装置	常設耐震/防止	*2 重大事故等 クラス2容器	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

*3:「D+PsAD+MsAD+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

		<u></u> 計	容限界*1,*2	
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV A S	$0.6 \cdot Su$	左欄の1.5倍の値	基準地震動Ssのみによる疲 1.0以下であること。	*3 労解析を行い,疲労累積係数が
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)			ただし,地震動のみによる一次 以下であれば,疲労解析は不要	τ+二次応力の変動値が2・S y ξ。

表 4-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。 *3:2・Syを超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。Smは 2/3・Syと読み替える。)の簡易弾塑 性解析を用いる。

6

表 4-3 1	許容応力	(重大事故等ク	ラス	2 支持構造物)
---------	------	---------	----	----------

	許容限界* ^{1,*2,*3} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*2,*3} (ボルト等) 一次応力			
許容応力状態	一次応力				
	組合せ	引張	せん断		
IV _A S	1 5.6*	1 5.4 *	1 5.6 *		
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる)	1. 5•1 _t .	1. 0•1 _t ."	1.5·1 _s *		

注記*1:座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*3:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価	i部材	材料	温度条件 (℃)	ŧ	S (MPa)	Sy (MPa)	S u	S y (R T)
			(C)		(mia)	(mi a)	(MI a)	(MI a)
胴	板	SUS316L	最高使用温度	200	—	120	407	_
スカ	- F	SUS316L	最高使用温度	200	—	120	407	175
基礎ボルト		SNB21-1 (径≦100mm)	最高使用温度	200		929	1005	

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は 許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】

重大事故等対処設備
 1.1 設計条件

(径≦100mm)

(径≦100mm)

	1.1 以日オ	木丁																				
	機	幾器名称		1 1 1 1	设備分類	据	付場所	所及び床面高 (m)	さ	固有	了周期	(s)		弾性記	役計用: 又は静	地震動 S d 的震度	d	基準地震	§動Ss 釟直古向	最高使用 圧力	最高使用 温度	周囲環境 温度
								(111)		水平方	向	鉛直方向	1]	小平) 設計算	万问 震度	西 回 万 同 の 同 一 の 同 一 の 同 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の 一 の の の の の の の の の の の の の	りが	水平力向 設計震度	型 直 刀 问 設 計 震 度	(MPa)	(°C)	(°C)
	フィ	ィルタ装	置	常設 常	耐震/防止 設/緩和	フ	フィルタベント 速敵壁 T. M. S. L. 12. 700 (T. M. S. L. 12. 000*)		壁]		-		С	$c_{\rm H} = 3.79$	$C_{V} = 1.70$	0.62	200	_
						注記*	::基	準床レベルを	示す。												_	
	1.2 機器要	要目																	t 、	Di	胴板	-
	m ₀	me	Ι	D i	t	D	s	t s	E	2	E	s	G	÷	G	s						
	(kg)	(kg)) (1	mm)	(mm)	(mr	n)	(mm)	(MP	a)	(MPa	a)	(MP	Pa)	(MF	Pa)			↑		0.a	-
			40	000	32.0	400	00	30.0	1830	00 [*]	18300	00*	7040	00 [*]	704	00*				j.		_
																			D j			スカート
ℓ $\ell_{\rm s}$		Ι	D 1	D $_2$	D	D 3 D 4		D	5	D e	6	D	7	H	I	S				s ,		
(mm) (mm)) (1	(mm) (mm)		(mr	n)	(mm)	ım) (mm		(mm	l)	(mr	n)	(m	n)	5		\uparrow				
	2263	1337	5	00	180	15	50	150	19	0	190	0	19	0	23	82	15		A '//	<u>Dbi</u>		А
		1						1												$ \stackrel{1}{\leftarrow} D_{c} \\ D_{bo} $		基礎ボルト_
		D _c	D	bo	D _b i	d	l	A _b	Y	<i>.</i>]	Ms(N	• mm)						7	
	n	(mm)) (1	mm)	(mm) (mm		n)	(mm ²) (mr		(mm) 弾性設計用地震又は静的震		襲動 夏度	S d 基準地震動S s			/						
	36 4260		45	4560 3600		48 (M4	$\begin{array}{c} 48 \\ (M48) \end{array} 1.810 \times 10^3 \end{array}$		155	1552 —		1.311×10^{10}			((_ <u>) </u>					
1			- (15					<pre>/</pre>				_ ()										
	S y (胴枕 (MPa))	S u (胴) (MPa)	板 <i>)</i>)	S(胴板 (MPa))	S _y	(スカート) (MPa)	S _u (スカー (MPa)	F)	F(スカ (MF	7— Pa)	F)	F* (スカート) (MPa))					
	120 *		407	k	_			120 [*]		407 [*]		_	-			162				<u>A~A矢視</u>	<u>.</u>	
1	S		S		F			F *	1													
	、 (基礎ボル	~ト)	、 (基礎ボ)	レト)	(基礎ボル	ト)	(基	礎ボルト)														
	(MPa) *		(MPa)) *	(MPa)			(MPa)														
929* 100		1005				700																



(MPa)	(MPa)	
_	703	注記*:最高使

可用温度で算出

1.3. 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設計用	目地震動 S d 又に	は静的震度		基準地震動 S s	
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧に	よる応力	_		_	$\sigma_{\phi 1} = 40$	$\sigma_{x1} = 20$	
運転時質量による	引張応力	_		_		$\sigma_{x2}=2$	
鉛直方向地震による	5引張応力	_		_	$\sigma_{\phi 2} = 3$	$\sigma_{x5}=3$	
空質量による圧	縮応力	—	_		_	σ _{x3} = 1	_
鉛直方向地震による	5 圧縮応力	_		_		$\sigma_{x6} = 2$	
水平方向地震に。	よる応力	_				σ _{x4} = 21	$\tau = 18$
亡士の和	引張側				$\sigma_{\phi} = 42$	σ_{xt} = 44	
ルロノリマノイロ	圧縮側				$\sigma_{\phi} = -42$	$\sigma_{xc}=4$	
如今开车中	引張					$\sigma_{ot} = 61$	
和日ビルリ	圧縮					$\sigma_{oc} = 10$	

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値 (単位:MPa)									
		弾性設計用	用地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動S s				
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力		
鉛直方向地震による引張応力			_		$\sigma_{\phi 2} = 3$	$\sigma_{x5}=3$			
鉛直方向地震による圧縮応力				—	$ \sigma_{x6} = 2$		—		
水平方向地震による応力				—	σ _{x4} = 21		$\tau = 18$		
広ちの和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi} = 3$	$\sigma_{2xt}=23$	—		
ルロノナロノオロ	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi} = -3$	$\sigma_{2xC}=22$	—		
組合せ応力	引張		—		$\sigma_{2t} = 67$				
(変動値)	圧縮		$\sigma_{2c} = 63$						

1.3.2 スカートに生じる応力

		弾性設計用地震動 S d	l 又は静的震度	基準地震動 S s			
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力		
運転時質量による応力		—		$\sigma_{s1}=3$			
鉛直方向地震に。	にる応力	—		$\sigma_{s3} = 5$			
水平方向地震	曲げ	—		σ_{s2} = 46	σ_{s} - 00		
による応力	せん断			τ _s = 22			

(単位:MPa) 133 基礎ボルトに生じろ応力

1.3.3 基礎ボ	ルトに生じる応力	(単位:MPa)
	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力		σ _b = 159
せん断応力	_	$\tau_{\rm b}$ = 56

1.4. 結論

1.4.1 固	有周期	(単位:	s)
方向	固有	有周期	
水平方向	T _H :		
鉛直方向	T _v		

1.4.2 応知	力					(単位:MPa)		
±77++	++*	++	弾性設計用地震動	Sd 又は静的震度	基準地震動 S s			
司小小	竹杆	心力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
Re te	CUC916I	一次一般膜	—		σ _o = 61	S _a = 244		
用时权	303310L	一次+二次	—		σ ₂ = 67	S _a = 240		
		組合せ	組合せー		σ _s = 66	f _t = 162		
スカート	SUS316L	圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta \cdot \left(\sigma_{\mathrm{s}\ 1} + \sigma_{\mathrm{s}\ 3}\right)}{f_{\mathrm{c}}}$	$+\frac{\eta \cdot \sigma_{_{\rm S}2}}{f_{\rm b}} \leq 1$	$\left \frac{\eta \cdot \left(\sigma_{\mathrm{s}\ 1} + \sigma_{\mathrm{s}\ 3}\right)}{f_{\mathrm{c}}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{\mathrm{s}\ 2}}{f_{\mathrm{b}}} \le 1\right $			
		(座屈の評価)	-	_	0.33 (無次元)			
甘びサビルト	CMD91 1	引張	—		$\sigma_b = 159$	f ts= 527 *		
産碇小/レト	SND21-1	せん断	—		$\tau_{\rm b}$ = 56	f sb= 406		
すべて許容応力以下である。 注記*:f _{ts} =Min[1.4・f _{to} -1.6・τ _b ,f _{to}								

12

V-2-9-4-7-1-4 よう素フィルタの耐震性についての計算書

次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格·基準等 ······	3
2.4 記号の説明 ······	4
2.5 計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	14
3. 評価部位	14
4. 固有周期 ·····	15
4.1 固有周期の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.2 固有周期の計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
4.3 固有周期の計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
5. 構造強度評価	28
5.1 構造強度評価方法	28
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
5.2.2 許容応力	28
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
5.3 設計用地震力	33
5.4 計算方法 ······	33
5.4.1 胴の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
5.4.2 ラグの計算方法 ・・・・・・	50
5.4.3 取付ボルトの計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	52
5.5 計算条件	54
5.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
5.6.1 胴の応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
5.6.2 ラグの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
5.6.3 取付ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
6. 評価結果	55
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55
7. 参考文献	55

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針 に基づき、格納容器圧力逃がし装置のよう素フィルタが設計用地震力に対して十分な構 造強度を有していることを説明するものである。

よう素フィルタは,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及 び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評 価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

よう素フィルタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



2.2 評価方針

ラグ支持たて置円筒形容器であるよう素フィルタの応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すよう素フィルタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

よう素フィルタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 よう素フィルタの耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補 -1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下 「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
А	胴の断面積	mm^2
A_{b}	ボルトの軸断面積	mm^2
A_{be}	ボルトの有効断面積	mm^2
A_{e}	胴の有効せん断断面積	mm^2
A_{s1}	鉛直方向荷重に対するラグのせん断断面積	mm^2
A_{s2}	周方向荷重に対するラグのせん断断面積	mm^2
а	ラグの半径方向端面から胴の板厚中心までの距離	mm
b	ラグの半径方向端面からボルト中心までの距離	mm
C 1	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の 1/2(胴の周方向)	mm
C_2	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の 1/2(胴の軸方向)	mm
$C_{c, j}$	周方向モーメントによる応力の補正係数(参考文献(1),(2)より得	—
	られる値)(j=1:周方向応力, j=2:軸方向応力)	
$C_{\rm H}$	水平方向設計震度	—
$C_{\ell,j}$	鉛直方向モーメントによる応力の補正係数(参考文献(1),(2)より	—
	得られる値)(j =1:周方向応力, j =2:軸方向応力)	
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度	_
С	架台端面からボルト中心までの距離	mm
D _i	胴の内径	mm
d	ボルト中心間の距離	mm
d _o	ボルトの呼び径	mm
Е	胴の縦弾性係数	MPa
Еь	ボルトの縦弾性係数	MPa
е	ラグ底板幅の 1/2	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F ₀	振動モデル系における水平力	Ν
F_1	振動モデル系の上部重心における水平力	Ν
F_2	振動モデル系の下部重心における水平力	Ν
F 0 1	運転時質量によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F_{01D}	鉛直下向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F_{01U}	鉛直上向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F_{01V}	鉛直方向地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F 0 2	運転時質量により架台端面に作用する鉛直方向反力	Ν

記号	記号の説明	単 位
$F_{02\rm U}$	鉛直上向き地震力によりラグの半径方向端面に作用する鉛直方向	Ν
	反力	
F 11	水平力 F ₁ , F ₂ により第1ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F $_{12}$	水平力 F ₁ , F ₂ により第1ラグの半径方向端面に作用する鉛直方	Ν
	向反力	
F_{21}	水平力 F ₁ , F ₂ により第3ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F_{22}	水平力 F ₁ , F ₂ により第3 ラグの半径方向端面に作用する鉛直方	Ν
	向反力	
F_{31} , F_{32}	水平力 F1, F2により第2, 第4 ラグのボルトに作用する鉛直方向	Ν
	反力(図4-5に示す鉛直方向反力)	
Fv	単位鉛直力	Ν
${f}_{ m s \ b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
${f}_{ m t}$	ラグの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ 0}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ s}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
H_1	ラグのアタッチメント中心より上部重心までの距離	mm
H_2	ラグのアタッチメント中心より下部重心までの距離	mm
Ι	胴の断面二次モーメント	mm^4
K _c	胴のラグつけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ば	—
	ね定数(参考文献(1)より得られる値)	
Kℓ	胴のラグつけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部	—
	ばね定数(参考文献(1)より得られる値)	
k 1	胴の中心軸の傾きに対するばね定数	N•mm/rad
k 2	胴の中心軸の水平移動に対するばね定数	N/mm
k 3	上部胴の曲げ及びせん断に対する変形ばね定数	N/mm
k 4	下部胴の曲げ及びせん断に対する変形ばね定数	N/mm
k 5	胴の鉛直方向変位に対するばね定数	N/mm
k 6	鉛直荷重による上部胴の伸び変形に対するばね定数	N/mm
k 7	鉛直荷重による下部胴の伸び変形に対するばね定数	N/mm
kc, kı	参考文献(1),(2)におけるアタッチメントパラメータの周方向及び	
	軸方向の補正係数	
L	胴の長さ	mm

記号	記号の説明	単 位
L _b	ボルトの有効長さ	mm
M_{x}	胴に生じる軸方向の曲げモーメント(参考文献(1),(2)の図表より)	N•mm
${ m M}_{\phi}$	胴に生じる周方向の曲げモーメント(参考文献(1),(2)の図表より)	N•mm
M_0	鉛直方向荷重による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
M_1 , M_2	水平力 F ₁ , F ₂ による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
M_3	水平力F1, F2による胴のラグつけ根部のねじり方向モーメント	N•mm
$M_{\rm C}$	水平力 F ₁ , F ₂ による胴のラグつけ根部の周方向モーメント	N•mm
$\mathbf{M}_{\! \varrho}$	運転時質量による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell \mathrm{D}}$	鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell \mathrm{U}}$	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell \rm V}$	鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
m_0	容器の運転時質量	kg
m_1	ラグのアタッチメント中心より上部の運転時質量	kg
m_2	ラグのアタッチメント中心より下部の運転時質量	kg
Nx	胴に生じる軸方向の膜力(参考文献(1),(2)の図表より)	N/mm
${ m N}_{\phi}$	胴に生じる周方向の膜力(参考文献(1),(2)の図表より)	N/mm
n	ラグ1個当りのボルトの本数	_
P _r	最高使用圧力	MPa
Q	水平力 F1, F2による胴のラグつけ根部の周方向荷重	Ν
R	運転時質量によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
R_0	鉛直方向荷重によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
R_1	水平力 F1, F2によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
$R_{\rm D}$	鉛直下向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
$R_{\rm U}$	鉛直上向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
$R_{\rm V}$	鉛直方向地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
r _m	胴の平均半径	mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S a	胴の許容応力	MPa
Su	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
Sy(RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃にお	MPa
	ける値	
Τ _H	水平方向振動系の固有周期	S
$T_{\rm H1}$	水平方向振動系の固有周期(1次)	S

言	己号	記号の説明	単	位
	$T_{\rm H2}$	水平方向振動系の固有周期(2次)	S	
	$T_{\rm V}$	鉛直方向振動系の固有周期(1次)	S	
	t	胴の板厚	mm	
	Z sl	胴の軸方向軸に対するラグの断面係数	mm ³	
	$Z_{\rm sp}$	ラグのねじり断面係数	mm ³	
	Z_{st}	胴の周方向軸に対するラグの断面係数	mm ³	
	α	参考文献(1),(2)におけるシェルパラメータ	—	
β,	β_1 , β_2 ,	参考文献(1), (2)におけるアタッチメントパラメータ	_	
	βε, βс			
	γ	参考文献(1), (2)におけるシェルパラメータ	_	
	$\Delta_{\rm ~x~1}$	水平力 F1, F2による胴の中心軸の水平方向変位量	mm	
	$\Delta_{\rm ~x~2}$	水平力 F ₁ による上部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変	mm	
		位量		
	$\Delta_{\rm ~x~3}$	水平力 F ₂ による下部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変	mm	
		位量		
	δ_{11}	上部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm	
	$\delta_{\rm \ 11V}$	上部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部重心の鉛直方向変位量	mm	
	δ_{12}	下部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm	
	$\delta_{\rm 12V}$	下部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部重心の鉛直方向変位量	mm	
	δ_{21}	上部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm	
	$\delta_{\rm 21V}$	上部重心へ単位鉛直力をかけた場合の下部重心の鉛直方向変位量	mm	
	δ_{22}	下部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm	
	$\delta_{\rm 22V}$	下部重心へ単位鉛直力をかけた場合の下部重心の鉛直方向変位量	mm	
	8	拘束係数(ラグの回転を拘束する場合:1,しない場合:0)	_	
	θ	水平力F1, F2による胴の中心軸の傾き角	rad	[
	heta o	運転時質量による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad	[
	heta ou	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad	[
	$ heta_{1}$	水平力 F ₁ , F ₂ による胴の第1 ラグつけ根部の局部傾き角	rad	Į
	$ heta$ $_2$	水平力 F ₁ , F ₂ による胴の第3 ラグつけ根部の局部傾き角	rad	Į
	θз	水平力 F ₁ , F ₂ による胴の第2, 第4 ラグの周方向ねじれ角	rad	Į
	heta s 0	運転時質量によるラグの架台に対する傾き角	rad	Į
	$\theta_{\rm s0U}$	鉛直上向き地震力によるラグの架台に対する傾き角	rad	Į
	$\theta_{\rm s1}$	水平力 F ₁ , F ₂ による第1ラグの架台に対する傾き角	rad	Į
	heta s 2	水平力 F1, F2による第3ラグの架台に対する傾き角	rad	l

記	号	記号の説明	単	位
π		円周率	_	_
σο		胴の一次一般膜応力の最大値	MF	a
σ _{οφ})	胴の周方向一次一般膜応力	MF	a
σ _{0x}	I.	胴の軸方向一次一般膜応力	MF	a
σ ₁		胴の一次応力の最大値	MF	a
σ ₁₁ , σ	σ ₁₂	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MF	a
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力		
σ ₁₃ , (σ ₁₄	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 及び	MF	a
		第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力		
σ ₁₅ , σ	σ16	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 3 ラグ	MF	a
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力		
σ ₁₇ , σ	σ_{18}	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 及び	MF	a
		第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力		
σ ₁₉ , σ	9 110	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 及び	MF	a
		第3 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力		
σ2		胴の一次+二次応力の変動値の最大値	MF	a
σ ₂₁ , σ	σ ₂₂	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MF	a
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力+二		
		次応力の変動値		
σ ₂₃ , (σ24	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 及び	MF	a
		第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力+二次応力の変動値		
σ ₂₅ , σ	σ26	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 3 ラグ	MF	a
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力+二		
		次応力の変動値		
σ ₂₇ , σ	σ28	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 及び	MF	a
		第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力+二次応力の変動値		
σ29, σ	0210	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 及び	MF	a
		第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次		
		応力+二次応力の変動値		

記	号		記	号	の	説		明					単	位
σ ₁	s	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力が作	F用し	たま	湯合	の第	1	ラ	グの組	MF	^o a
		合せ応力												
σ ₂	s	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力が作	F用し	た	湯合	の第	2	ラ	グ及び	MF	Pa
		第4ラグの組合せ	応力											
σ ₃	S	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力が作	F用し	た	湯合	の第	3	ラ	グの組	MF	Pa
		合せ応力												
σ4	S	X方向地震力及び	鉛直方	向地震	力が作	F用し	た	湯合	の第	1	ラ	グ及び	MF	Pa
		第4ラグの組合せ	応力											
σ5	s	X方向地震力及び	鉛直方	向地震	力が作	F用し	た	易合	の第	2	ラ	グ及び	MF	Pa
		第3ラグの組合せ	応力											
σь		ボルトに生じる引	張応力	の最大	値								MF	Pa
σ b	1	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力によ	こり第	51	ラク	ゲのス	ドル	ト	に生じ	MF	Pa
		る引張応力												
σь	2	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力によ	こり第	52ラ	ラグ)	及び算	第4	ラ	グのボ	MF	Pa
		ルトに生じる引張	応力											
σ b	3	Z方向地震力及び	鉛直方	向地震	力によ	こり第	§ 3	ラク	グのス	ドル	ト	に生じ	MF	Pa
		る引張応力												
σb	4	X方向地震力及び	鉛直方	向地震	力によ	こり第	<u>;</u> 15	ラグ	及び算	第4	ラ	グのボ	MF	Pa
		ルトに生じる引張	応力											
σ b	5	X方向地震力及び	鉛直方	向地震	力によ	こり第	<u>第</u> 2ラ	ラグ,	及び算	第3	ラ	グのボ	MF	Pa
		ルトに生じる引張	応力											
σs		ラグの組合せ応力	の最大	値									MF	Pa
σs	1	運転時質量による	ラグの	曲げ応	力								MF	Pa
σs	2	Z方向地震力によ	る第 1	ラグの	曲げ応	动							MF	Pa
σs	3	Z方向地震力によ	る第 2	ラグ及	び第4	ラグ	。 のE	曲げ	応力				MF	Pa
σs	4	Z方向地震力によ	る第 3	ラグの	曲げ応	动							MF	Pa
σs	5	X方向地震力によ	る第 1	ラグ及	び第4	ラグ)のE	曲げ	応力				MF	Pa
σs	6	X方向地震力によ	る第 2	ラグ及	び第3	ミラグ	。 のE	曲げ	応力				MF	Pa
σs	7	鉛直方向地震力に	よるラ	グの曲	げ応力	J							MF	Pa
σ _{φ1} ,	σ_{x1}	内圧又は静水頭に	よる胴	の周方	向応力	」及び	「軸フ	方向	応力				MF	Pa
σφ	2	静水頭に作用する	鉛直方	向地震	力によ	、る胴	の周	周方	向応	力			MF	Pa
σ	2	運転時質量による	胴の軸	方向応	力								MF	Pa
σ _{φ3} ,	σ_{x3}	運転時質量により	生じる	鉛直方	「向モ・	ーメン	ト	にし	にる肌	司の	周	方向及	MF	Pa
		び軸方向応力												

記号	記号の説明	単 位
σ_{x4}	水平方向地震力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方	MPa
	向応力	
σ _{φ5} , σ _x	Z方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 1 ラ	MPa
	グつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	
$\sigma_{2\phi 5}, \sigma_{2}$	5 Z方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 1 ラ	MPa
	グつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	
σ _{φ6} , σ _x	Z方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 3 ラ	MPa
	グつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	
σ _{2φ6} , σ ₂	6 Z方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 3 ラ	MPa
	グつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	
σ _φ 7, σ _x	Z方向地震力が作用した場合の周方向モーメントによる第 2 ラグ	MPa
	及び第4 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	
$\sigma_{2\phi7}, \sigma_{2x}$	7 Z方向地震力が作用した場合の周方向モーメントによる第 2 ラグ	MPa
	及び第4 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	
σ _{φ8} , σ _x	X方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 1 ラ	MPa
	グ及び第4 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	
$\sigma_{2\phi 8}, \sigma_{2z}$	8 X方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 1 ラ	MPa
	グ及び第4 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	
σ _φ 9, σ _x	X方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 2 ラ	MPa
	グ及び第3 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	
$\sigma_{2\phi9}, \sigma_{2z}$	9 X方向地震力が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第 2 ラ	MPa
	グ及び第3 ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	
σφ10, σχ	o X方向地震力が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ	MPa
	根部の周方向及び軸方向一次応力	
σ _{2φ10} ,	X方向地震力が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ	MPa
σ_{2x10}	根部の周方向及び軸方向二次応力	
σ_{x11}	鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{\phi 1 2}, \sigma_x$	2 鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方	MPa
	向及び軸方向の一次応力	
σ 2φ12,	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方	MPa
σ_{2x12}	向及び軸方向の二次応力	
σ _{φ12D} ,	鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
$\sigma_{x12\mathrm{D}}$	方向及び軸方向の一次応力	

記号	ŕ	記号の説明	単 位
σ _{2φ12D} ,		鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ _{2x1}	2D	方向及び軸方向の二次応力	
σ _{φ12U} ,		鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ _{x12}	U	方向及び軸方向の一次応力	
σ _{2φ12U} ,		鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ2x1	2U	方向及び軸方向の二次応力	
σ _{xx1} , σ	x x 2	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MPa
		及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次応力の和	
$\sigma_{2xx1},$		X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MPa
σ _{2xx}	2	及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次+二次応力	
σ _{xx3} , σ	x x 4	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 ラグ	MPa
		及び第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次応力の和	
σ _{2xx3} ,		X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 ラグ	MPa
σ _{2xx}	4	及び第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次+二次応力	
σ _{xz1} , σ	x z 2	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MPa
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の和	
σ _{2xz1} ,		Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 1 ラグ	MPa
σ _{2xz}	2	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次+二次応	
		カ	
σ _{xz3} , σ	x z 4	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 ラグ	MPa
		及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次応力の和	
σ _{2xz} 3,		Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 2 ラグ	MPa
σ _{2xz}	4	及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向	
		一次+二次応力	
σ _{xz5} , σ	x z 6	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 3 ラグ	MPa
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の和	
σ _{2xz} 5,		Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第 3 ラグ	MPa
σ _{2xz}	6	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次+二次応	
		カ	

記	号	記号の説明		単 位
σ _{φx1} ,	$\sigma_{\phi x 2}$	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	1 ラグ	MPa
		及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における	5周方向	
		一次応力の和		
$\sigma_{2\phix1}$,	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	1 ラグ	MPa
σ	2 ø x 2	及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における	5周方向	
		一次+二次応力		
σ _{φx3} ,	$\sigma_{\phi x 4}$	X 方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	2 ラグ	MPa
		及び第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における	5周方向	
		一次応力の和		
$\sigma_{2\phi x 3}$,	X 方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	2 ラグ	MPa
σ	2 ø x 4	及び第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における	5周方向	
		一次+二次応力		
σ _{φz1} ,	σ _{φz2}	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	1 ラグ	MPa
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次応	広力の和	
$\sigma_{2\phiz1}$,	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	1 ラグ	MPa
σ	2 ø z 2	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次-	⊢二次応	
		カ		
σ _{φz3} ,	σ φ z 4	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	2 ラグ	MPa
		及び第4 ラグつけ根部の第1 評価点及び第2 評価点における	5周方向	
		一次応力の和		
σ _{2φz3}	,	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	2 ラグ	MPa
σ	2φz4	及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における	5周方向	
		一次+二次応力		
σ _{φz5} ,	$\sigma_{\phi z 6}$	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	3 ラグ	MPa
		つけ根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次応	に力の和	
σ _{2φz5}	,	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第	3 ラグ	MPa
σ 2	2φz6	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における周方向一次-	⊢二次応	
		力		
τε	3	Z方向地震力により胴のラグつけ根部に生じるねじりモ-	-メント	MPa
		によるせん断応力		
τε	5	X方向地震力により胴のラグつけ根部に生じるねじりモー	-メント	MPa
		によるせん断応力		
au h	b	ボルトに生じるせん断応力の最大値		MPa

記号	記号の説明	単 位
τь2	Z方向地震力及び鉛直方向地震力によりボルトに生じるせん断応	MPa
	力	
au b 4	X方向地震力及び鉛直方向地震力により第1ラグ及び第4ラグのボ	MPa
	ルトに生じるせん断応力	
τь5	X方向地震力及び鉛直方向地震力により第2ラグ及び第3ラグのボ	MPa
	ルトに生じるせん断応力	
au c 1	Z方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$ au$ $_{ m c}$ $_4$	X 方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
au Q 1	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell 2}$	Z方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
au 0.5	X 方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$ au_{\ell6}$	鉛直方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応	MPa
	力	
$\tau_{\ell 6D}$	鉛直下向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断	MPa
	応力	
τ _{ℓ6U}	鉛直上向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断	MPa
	応力	
τ _{s1}	運転時質量によるラグのせん断応力	MPa
τ s 2	Z 方向地震力による第1 ラグのせん断応力	MPa
τ _{s3}	Z 方向地震力による第2 ラグ及び第4 ラグのせん断応力	MPa
au s 4	Z 方向地震力による第3 ラグのせん断応力	MPa
τ _{s5}	X方向地震力による第1ラグ及び第4ラグのせん断応力	MPa
τ s 6	X 方向地震力による第2 ラグ及び第3 ラグのせん断応力	MPa
τ _{s7}	鉛直方向地震力によるラグのせん断応力	MPa
$\omega_{\rm H}$	水平方向振動系の角速度	rad/s
ωv	鉛直方向振動系の角速度	rad/s

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁	
固有周期		S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
震度			小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	
最高使用圧力		MPa			小数点以下第2位	
温度		°C	—		整数位	
比重			小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
質量		kg			整数位	
長	下記以外の長さ	mm	_	—	整数位*1	
さ	胴板の厚さ	mm			小数点以下第1位	
面積*2		mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3	
モーメント		N•mm	有効数字5桁目	四捨五入 有効数字4桁*3		
力		Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3	
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
許容応力*4		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は,小数点以下第1位表示とする。 *2:ボルトの有効断面積は,JIS B 1082 表1に記載の値とする。

*3:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*4:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力 及び降伏点は,比例法により補間した値の小数点以下第1位を切捨て,整数位ま での値とする。

3. 評価部位

よう素フィルタの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震 評価上厳しくなる胴板、ラグ、取付ボルトについて実施する。よう素フィルタの耐震評 価部位については、表 2-1の概略構造図に示す。

- 4. 固有周期
- 4.1 固有周期の計算方法

よう素フィルタの固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
 - a. 容器及び内容物の質量はラグのアタッチメントの中心を基準にして、上部側、 下部側に分け、それぞれの全質量が、それぞれの重心に集中するものとする。
 - b. 容器の胴は4個のラグで支持され、ラグ1個に対し、取付ボルト2本で架台に 取り付ける。
 - c. ラグと架台との取付部で取付ボルトの伸びを考慮する。
 - d. 架台は剛構造とする。
 - e. ラグは胴の半径方向にスライド可能とし、半径方向の荷重は受け持たないもの とする。
 - f. ラグはボルト間の中心を軸に回転し得るものとする。
 - g. 胴をはりと考え、水平方向の変形モードは胴の曲げ及びせん断変形を、鉛直方 向は胴の伸び変形を考慮する。
 - h. 胴板とラグの取付部において胴板の局部変形を考慮する。
 - i. 本計算書は, 鉛直方向反力 F₁₁, F₁₂, F₂₁, F₂₂がすべて正の値の場合の み適用する。
 - j. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。

計算モデルを図 4-1 及び図 4-2 に示す。本容器は、2.1 項及び 5.1 項の条件により中間部でばね支持をされた 2 質点系振動モデルとして考える。



図 4-1 水平方向変形モード及びモデル図



図 4-2 鉛直方向固有周期計算モデル

(2) 水平方向固有周期

2 質点系振動の固有周期は次式で求める。

水平方向振動系における角速度ω_Hは2質点系の自由振動の式より求める。

$$10^{-6} \cdot m_{1} \cdot m_{2} \cdot (\delta_{11} \cdot \delta_{22} - \delta_{12} \cdot \delta_{21}) \cdot \omega_{H}^{4} - 10^{-3} \cdot (\delta_{11} \cdot m_{1} + \delta_{22} \cdot m_{2}) \cdot \omega_{H}^{2} + 1 = 0 \cdots \cdots (4.1.2)$$

ここで、δ₁₁及びδ₂₁は容器上部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部 及び下部重心の水平変位量であり、δ₁₂及びδ₂₂は容器下部重心の位置へ単位水 平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平変位量である。これらは、次式で表 すことができる。

$$\delta_{11} = \frac{H_1^2}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \cdots (4.1.3)$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \frac{1}{k_2} - \frac{H_1 \cdot H_2}{k_1} \cdots (4.1.4)$$

$$\delta_{22} = \frac{H_2^2}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_4} \cdots (4.1.5)$$

ばね定数k1, k2, k3及びk4は次により求める。

a. ばね定数k₁

胴の中心軸の傾きに対するばね定数k1は次式で表される。

ここで, θはラグ, ボルト及び胴について, それぞれの荷重, モーメント及び 変位量の釣合条件の方程式を作ることにより, 次のようにして求める。

(a) 胴への荷重,モーメント及び胴の変位量について 水平力の釣合より

 $F_0 = F_1 + F_2 = 2 \cdot Q \cdots (4.1.7)$

転倒モーメントの釣合より

ここで, r_mは次による。

 $r_{m} = (D_{i} + t) / 2 \cdots (4.1.9)$

シェルパラメータ α , γ 及びアタッチメントパラメータ β によって,参考文献(1),(2)の表よりK₄及びk₄が求まり,転倒モーメントによる第1ラグ及び第3ラグの胴つけ根部の局部傾き角は,次のようにして求めることができる。

$\alpha = L / r_{m} \cdots \cdots$
$\gamma = r_m / t \cdots (4.1.11)$
$\beta_{1} = C_{1} / r_{m} \cdots \cdots$
$\beta_2 = C_2 / r_m \cdots (4.1.13)$
$\beta_{\ell} = \mathbf{k}_{\ell} \cdot \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \cdots \cdots$
$\theta_{1} = \frac{M_{1} \cdot K_{\ell}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E} \cdots $
ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は、 $M_1 \varepsilon - M_1$ 、 $M_2 \varepsilon - M_2$ に置き換える。

(b) 第1ラグについて図4-3のように傾いたとき
 モーメントの釣合より

 $F_{12} \cdot a - F_{11} \cdot (a - b) + M_1 = 0 \cdots (4.1.17)$

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は $a \cdot b - c$)に置き換える。 鉛直力の釣合より

$$F_{12} - F_{11} + R_1 = 0 \cdots (4.1.18)$$

(c) 第3ラグについて図4-4のように傾いたときモーメントの釣合より

 $F_{21} \cdot (a - b) - F_{22} \cdot (a - b - c) + M_2 = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.1.19)$

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は(a - b - c)をaに置き換える。 鉛直力の釣合より

$$F_{22} - F_{21} - R_1 = 0 \cdots (4.1.20)$$



(d) 第2及び第4ラグについて図4-5のように傾いたとき モーメントの釣合より

$$-F_{31} \cdot \frac{d}{2} + F_{32} \cdot \frac{d}{2} - (F_{31} + F_{32}) \cdot e + M_3 = 0 \cdots \cdots \cdots (4.1.21)$$

ただし、F₁・H₁<F₂・H₂の場合は左辺第3項の「- (F₃₁+F₃₂)」を 「+ (F₃₁+F₃₂)」に置き換える。 ボルトの伸びと力の関係より

ただし、F₁・H₁<F₂・H₂の場合は左辺分母の「 $e + \frac{d}{2}$ 」を「 $e - \frac{d}{2}$ 」に、 右辺分母「 $e - \frac{d}{2}$ 」を「 $e + \frac{d}{2}$ 」に置き換える。



図 4-5 第 2 及び第 4 ラグに作用するモーメントと力

ラグの架台に対する傾き角はボルトの伸びと力の平衡条件より求められる。 第1ラグについて

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は b を c に置き換える。 第 3 ラグについて

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は c を b に置き換える。 第 2 及び第 4 ラグについて

$$\theta = \frac{\mathbf{F}_{3\,1} \cdot \mathbf{L}_{b}}{\mathbf{A}_{b\,e} \cdot \mathbf{E}_{b} \cdot \left(\mathbf{e} + \frac{\mathbf{d}}{2}\right)} \cdots (4.1.25)$$

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は F_{31} を F_{32} に置き換える。

胴中心軸の傾き角 θ , ラグつけ根部の局部傾き角 θ_1 及び θ_2 並びにラグの架 台に対する傾き角 θ_{s1} 及び θ_{s2} の間には次の関係が成立する。

 $\theta_{s1} - \theta_{1} + \theta = 0 \cdots (4.1.26)$ $\theta_{s2} - \theta_{2} + \theta = 0 \cdots (4.1.27)$ $a \cdot \theta_{s1} - 2 \cdot r_{m} \cdot \theta + (a - b - c) \cdot \theta_{s2} = 0 \cdots (4.1.28)$

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は $a \cdot b - c$), $(a - b - c) \cdot c$ a に置き換える。

胴中心軸の傾き角θは以上の式を連立させて解くことにより求められる。



図 4-6 転倒モーメントによる胴及びラグの傾き角

b. ばね定数 k₂

胴の水平移動に対するばね定数k2は次式で示される。

 $k_{2} = F_{0} / \Delta_{x 1} \cdots (4.1.29)$

ここで, F₀は(4.1.7)式で求められる値を用い, Δ_{x1}は次式による。

θ 3は(4.1.7)式で求められるQの値を用いることにより以下により求める。 第2 ラグ及び第4 ラグの曲げモーメントの釣合より

 $M_{c} = Q \cdot (a - b) \cdot (1 - \epsilon) \cdots (4.1.31)$

シェルパラメータ α , γ 及びアタッチメントパラメータ β によって、参考文献 (1),(2)の表よりK₀及びk₀が求まり、水平力による第2ラグ及び第4ラグの胴 つけ根部の局部傾き角は、次のようにして求めることができる。

ここで, β。は次式による。



図 4-7 水平力による胴の中心軸の変位量

c. ばね定数k₃

水平力による上部胴の曲げ及びせん断による変形ばね定数k₃は,次式で表される。

ここで、 Δ_{x2} は次式による。

胴の断面二次モーメント及び有効せん断断面積は,それぞれ次のように表され る。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \cdots (4.1.36)$$

d. ばね定数k₄

水平力による下部胴の曲げ及びせん断による変形ばね定数k₄は,次式で表される。

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向の2質点系振動の固有周期は,次式で求める。

鉛直方向振動系における角速度ωνは2質点系の自由振動の式より求める。

 $10^{-6} \cdot \mathbf{m}_{1} \cdot \mathbf{m}_{2} \cdot (\delta_{11V} \cdot \delta_{22V} - \delta_{12V} \cdot \delta_{21V}) \cdot \omega_{V}^{4}$ -10⁻³ \cdot (\delta_{11V} \cdot \mathbf{m}_{1} + \delta_{22V} \cdot \mathbf{m}_{2}) \cdot \omega_{V}^{2} + 1 = 0 \cdot \cdot \cdot (4.1.41)

ここで、δ₁₁v及びδ₂₁vは容器上部重心の位置へ単位鉛直力をかけた場合の上 部及び下部重心の鉛直変位量であり、δ₁₂v及びδ₂₂vは容器下部重心の位置へ単 位鉛直力をかけた場合の上部及び下部重心の鉛直変位量である。これらは、次式 で表すことができる。

$$\delta_{21V} = \delta_{12V} = \frac{1}{k_5} \cdots (4.1.43)$$

ばね定数k5, k6及びk7は次により求める。

a. ばね定数k₅
 鉛直方向変位に対するばね定数k₅は,鉛直方向の力の釣合より

 $4 \cdot R_0 - F_V = 0 \cdots (4.1.45)$

ラグについて、図4-8のように傾いたとき、モーメントと力の平衡条件より

 $(a - b - c) \cdot F_{02} - (a - b) \cdot F_{01} - M_0 = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.1.46)$ $F_{02} - F_{01} - R_0 = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.1.47)$

ラグつけ根部の局部傾き角 θ_0 及びラグの架台に対する傾き角 θ_{s0} は, 4.1(2)a. (a)及び(d)項の θ_2 及び θ_{s2} と同様の方法で求められる。

ここで, ラグつけ根部の局部傾き角 θ o とラグの架台に対する傾き角 θ so は等 しいから

以上の式を連立させて解くことにより θ_{s0} が得られ、これより鉛直方向変位量 (a - b - c)・ θ_{s0} が求まる。したがって、鉛直方向変位に対するばね定数 k_5 は次式で求められる。



図 4-9 鉛直下向き荷重によりラグに作用するモーメントと力

b. ばね定数k₆

鉛直荷重による上部胴の伸び変形に対するばね定数k₆は, 次式により与えられる。

c. ばね定数k₇

鉛直荷重による下部胴の伸び変形に対するばね定数k₇は,次式により与えられる。

1	- H ₂	 $(1 \ 1 \ 53)$
k ₇	$\overline{\mathbf{A} \cdot \mathbf{E}}$	(4.1.00)

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を【よう素フィルタの耐震性についての計算結果】の 設計条件及び機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果,固有周期は 0.05 秒以下であり, 剛であることを確認した。

		(124 • 5)
水平1次		
水平2次		
鉛直1次		

表 4-1 固有周期 (単位:s)

K7 ① V-2-9-4-7-1-4 R1

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項 a. ~ j. のほか, 次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 組合せ応力の計算においては、安全側に絶対値和で組合せるものとする。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
- 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

よう素フィルタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

よう素フィルタの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 及び表 5-3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

よう素フィルタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価 に用いるものを表 5-4 に示す。

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s * ^3$	IV A S
百乙后故如		トる妻		重卡重投 ^{梁2}		V A S
床」// 柏州	圧力逃がし装置	エノボ	常設/緩和	重八重成寺		(VASとして
加巴可又		21702		ソノヘム谷奋	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	IVASの許容限界を
						用いる。)
	放射性物質濃				$D + P_D + M_D + S_s * 3$	IV A S
	度制御設備及		常設/緩和	電大事故等 ² クラス2容器 D+P		V A S
原子炉格納	び可燃性ガス	よう素				$(V \land S \not\models \downarrow , \tau$
施設	濃度制御設備	フィルタ			$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	WW▲Sの許容限界
	並びに格納容					を用いろ。)
	器再循環設備					
					$D + P_D + M_D + S_s * ^3$	IV A S
百乙后公却		トる主		舌十 古 壮 翊 9		V A S
原子炉 伶 却 系統施設	残留熱除去設備	より糸	常設耐震/防止	里八争叹守"		(VASとして
		ノイルタ		クフス2谷畚	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	WWASの許容限界
						を用いる。)

表5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

*****3:「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

29

		許容	·限界 *1, *2	
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力	一次+二次応力	 一次+二次+ ピーク応力
IVAS VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)	0.6•Su	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S s のみに 労累積係数が 1.0 以下 ただし,地震動のみによ が 2・S y 以下であれば	*3 よる疲労解析を行い,疲 であること。 る一次+二次応力の変動値 夜労解析は不要。

表 5-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。 *3:2・Syを超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。Smは 2/3・Syと読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

30

	許容限界 *1, *2	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)				
	(ボルト等以外)					
計谷応力状態	一次応力	一次応力				
	組合せ	引張	せん断			
IV _A S	1 5.4 *	1 5.4 *	1 5.6 *			
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる)	1. 0 [.] 1 ^t	1. 3 · 1 t	1. 5 [.] 1 _s			

表5-3 許容応力(重大事故等クラス2支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)	ŧ	S (MPa)	S у (MPa)	S u (MPa)	S y (R T) (MPa)
胴板	SUS316L	最高使用温度 200		_	120	407	
ラグ	SUS304	最高使用温度	200	_	144	402	205
取付ボルト	SNB7 (63<径≦100mm)	最高使用温度	200	_	569	708	

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5-5に示す。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に 基づき設定する。

据付場所	田右田	3 世 (~)	弹性設計用	地震動 S d	基準地震動 S s		
及び	迫有戶]舟(S)	又は静	的震度			
床面高さ	水亚士白	秋古士白	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	
(m)	水平方向	站但刀凹	設計震度	設計震度	設計震度	設計震度	
フィルタベント							
遮蔽壁					C = 4 = 0	C = 1.76	
T.M.S.L.12.0					$C_{\rm H} - 4.58$	$C_{\rm V} = 1.76$	
(T.M.S.L.26.3*)							

表 5-5 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

- 5.4 計算方法
- 5.4.1 胴の計算方法
 - (1) 内圧による応力

(2) 運転時質量による応力

(3) 鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力

(4) 運転時質量による胴のラグつけ根部の応力運転時質量m₀による鉛直方向の力の平衡条件より

 $4 \cdot R - m_0 \cdot q = 0 \cdots (5.4.1.6)$

また, ラグについて図 5-1 のように傾いたとき, モーメントと力の平衡条件より

 $F_{02} \cdot (a - b - c) - F_{01} \cdot (a - b) - M_{\ell} = 0 \cdots (5.4.1.7)$ $F_{02} - F_{01} - R = 0 \cdots (5.4.1.8)$



図 5-1 鉛直荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

運転時質量によるラグつけ根部の局部傾き角 θ_0 は、4.1(2)a.(a)項の θ_1 又は θ_2 と同様に、次式で求める。

運転時質量によるラグの架台に対する傾き角 θ_{s0} は, 4.1(2)a. (d)項の θ_{s1} 又 は θ_{s2} と同様に, 次式で求める。

ここで、ラグつけ根部の局部傾き角 θ_{o} とラグの架台に対する傾き角 θ_{so} は等しいから

以上の式を連立させて解くことによりR, M₀, F₀₁は次式で求められる。

$$M_{\ell} = \frac{\mathbf{R} \cdot (\mathbf{a} - \mathbf{b} - \mathbf{c})}{1 + \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\mathbf{b} \ \mathbf{e}} \cdot \mathbf{E}_{\mathbf{b}} \cdot \mathbf{K}_{\ell} \cdot \mathbf{c}^{2}}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{L}_{\mathbf{b}}} \cdots (5.4.1.13)$$

運転時質量による鉛直方向曲げモーメント M_{ℓ} により生じる胴の周方向応力及び 軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、*を付記した変数は、 シェルパラメータ α 、 γ 及びアタッチメントパラメータ β によって、参考文献 (1)、(2)の表より求まる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.15)$$

$$\sigma_{x 3} = \left[\frac{N_{x}}{M_{\ell} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots (5.4.1.16)$$

ここで、アタッチメントパラメータ
$$\beta_{\ell}$$
は次式で表される。
 $\beta_{\ell} = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$ ······ (5.4.1.17)

反力Rによるせん断応力は次式で表される。

(5) 鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力

鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力は、下記 a. 項及び b. 項より得 られる $\sigma_{\phi 1 2 D}$, $\sigma_{\phi 1 2 U}$, $\sigma_{x 1 2 D}$, $\sigma_{x 1 2 U}$, $\sigma_{2 \phi 1 2 D}$, $\sigma_{2 \phi 1 2 U}$, $\sigma_{2 x 1 2 D}$, $\sigma_{2 x 1 2 U}$, $\tau_{\ell 6 D}$, $\tau_{\ell 6 U}$ を用いて下記の様に求める。

一次応力

$\sigma_{\phi 1 2} = \max[\sigma_{\phi 1 2 D} ,$	$\mid \sigma_{\phi \ 1 \ 2 \ U} \mid $] • • • • • • • • • • • • • • • • • •	(5. 4. 1. 19)
$\sigma_{x,1,2} = \max[\sigma_{x,1,2,D}],$	$\left[\sigma_{x 1 2 U} \right] \cdots $	(5.4.1.20)

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 1 2} = \max[|\sigma_{2 \phi 1 2 D}|, |\sigma_{2 \phi 1 2 U}|] \cdots (5.4.1.21)$$

$$\sigma_{2 x 1 2} = \max[|\sigma_{2 x 1 2 D}|, |\sigma_{2 x 1 2 U}|] \cdots (5.4.1.22)$$

反力によるせん断応力

```
\tau_{\ell 6} = \max[\tau_{\ell 6 D}, \tau_{\ell 6 U}] \cdots (5.4.1.23)
```

a. 鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の応力

鉛直下向き地震力により生じる応力は 5.4.1(4)項で与えられた連立方程式において, $m_0 \cdot g \delta m_0 \cdot g \cdot C_v$ に置き換えて解くことにより求められる。

$$M_{\ell D} = \frac{R_{D} \cdot (a - b - c)}{1 + \frac{n \cdot A_{b e} \cdot E_{b} \cdot K_{\ell} \cdot c^{2}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E \cdot L_{b}}} \cdots (5.4.1.25)$$

鉛直下向き地震力による鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell D}$ により生じる胴の周方向 応力及び軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、*を付記した 変数は、シェルパラメータ α 、 γ 及びアタッチメントパラメータ β によって、参 考文献(1),(2)の表より求まる。 一次応力

$$\sigma_{\phi \ 1 \ 2 \ D} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell D} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell D}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell \ 1} \cdots \cdots (5. \ 4. \ 1. \ 27)$$

$$\sigma_{x \ 1 \ 2 \ D} = \left[\frac{N_{X}}{M_{\ell D} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell D}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots (5. \ 4. \ 1. \ 28)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 1 2 D} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{\ell D} \swarrow (\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell D}}{\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \mathbf{t}^2 \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.29)$$

$$\sigma_{2 \times 1 2 D} = \left[\frac{M_{x}}{M_{\ell D} \swarrow (\mathbf{r}_{m} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell D}}{\mathbf{r}_{m} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.30)$$

ここで,アタッチメントパラメータβιは次式で表される。

反力R_Dによるせん断応力は次式で表される。

b. 鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の応力
 鉛直上向き地震力による鉛直方向の力の平衡条件より

 $4 \cdot R_{U} - (C_{V} - 1) \cdot m_{0} \cdot q = 0 \cdots (5.4.1.33)$

また, ラグについて図 5-2 のように傾いたとき, モーメントと力の平衡条件より

 $F_{0 2 U} \cdot a - F_{0 1 U} \cdot (a - b) + M_{\ell U} = 0 \cdots (5.4.1.34)$ $F_{0 2 U} - F_{0 1 U} + R_{U} = 0 \cdots (5.4.1.35)$



図 5-2 鉛直上向き地震力により胴及びラグに作用するモーメントと力

ラグつけ根部の局部傾き角θ₀υは, 4.1(2)a. (a)項のθ₁又はθ₂と同様に, 次 式で求める。

ラグの架台に対する傾き角 θ_{s0U} は、4.1(2)a.(d)項の θ_{s1} 又は θ_{s2} と同様に、 次式で求める。

ここで, ラグつけ根部の局部傾き角θ₀υとラグの架台に対する傾き角θ_s₀υは 等しいから

 $\theta_{0} = \theta_{s} = 0$ (5.4.1.38)

以上の式を連立させて解くことによりRu, M₀u, Fo1uは次式で求められる。

$$R_{U} = \frac{(C_{V} - 1) \cdot m_{0} \cdot g}{4} \cdots (5.4.1.39)$$

$$M_{\ell U} = \frac{R_{U} \cdot a}{1 + \frac{n \cdot A_{b e} \cdot E_{b} \cdot K_{\ell} \cdot b^{2}}{r_{m}^{-3} \cdot \beta_{\ell}^{-2} \cdot E \cdot L_{b}}} \cdots (5.4.1.40)$$

$$F_{0 1 U} = \frac{R_{U} \cdot a - M_{\ell U}}{b} \cdots (5.4.1.41)$$

鉛直上向き地震力による鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell U}$ により生じる胴の周方向 応力及び軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、*を付記した 変数は、シェルパラメータ α 、 γ 及びアタッチメントパラメータ β によって、参 考文献(1)、(2)の表より求まる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 1 2 U} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell U} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell U}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 42)$$

$$\sigma_{x 1 2 U} = \left[\frac{N_{x}}{M_{\ell U} / (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell U}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots (5.4.1.43)$$

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 1 2 U} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{\ell U} \diagup (\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell U}}{\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.44)$$

ここで,アタッチメントパラメータβ₀は次式で表される。

$$\beta_{\ell} = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \cdots (5.4.1.46)$$

反力Ruによるせん断応力は次式で表される。

(6) 水平方向地震力による胴の曲げ応力

ただし, $m_1 \cdot g \cdot H_1 < m_2 \cdot g \cdot H_2$ の場合は $m_1 \cdot g \cdot H_1 \delta m_2 \cdot g \cdot H_2$ に置き換える。

(7) 水平方向地震力(Z方向)(図4-1参照)による胴のラグつけ根部の応力
 4.1(2)項の固有周期計算における水平力F1をCH・m1・g, F2をCH・m2・g
 に置き換えて得られるM1, M2, R1及びM3の値を使用する。

鉛直方向曲げモーメント M_1 及び M_2 により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は 5.4.1(4)項の $\sigma_{\phi 3}$ 及び $\sigma_{x 3}$ と同様にして

一次応力

$$\sigma_{\phi 5} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{1} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{1}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.49)$$

$$\sigma_{x 5} = \left[\frac{N_x}{M_1 \swarrow (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{|M_1|}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_\ell}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.50)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 5} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\phi}}{\mathbf{M}_{1} \diagup (\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{\mathbf{6} \cdot |\mathbf{M}_{1}|}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.51)$$

$$\sigma_{\phi 6} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{2} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{2}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.53)$$

$$\sigma_{x 6} = \left[\frac{N_x}{M_2 / (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{|M_2|}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdot \dots \cdot \dots \cdot (5.4.1.54)$$

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 6} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{2} / (\mathbf{r_{m}} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot |M_{2}|}{\mathbf{r_{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot (5.4.1.55)$$

$$\sigma_{2 \times 6} = \left[\frac{M_{x}}{M_{2} \swarrow (\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot |M_{2}|}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.56)$$

ここで,アタッチメントパラメータβαは次式で表される。

$$\beta_{e} = \sqrt[3]{\beta_{1} \cdot \beta_{2}^{2}} \cdots (5.4.1.57)$$

周方向曲げモーメントMcにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は 一次応力

$$\sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{C} / (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{C}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{C}}\right] \cdot C_{C1} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.58)$$

$$\sigma_{x 7} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{|M_c|}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_c}\right] \cdot C_{C2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.59)$$

二次応力

(4.1.7)式より求まる周方向せん断力Qによるせん断応力は

鉛直方向せん断力R1によるせん断応力は

ねじりモーメントM3により生じる胴の局部せん断応力は

$$\tau_{3} = \frac{|\mathbf{M}_{3}|}{2 \cdot \pi \cdot \mathbf{C}_{1}^{2} \cdot \mathbf{t}} \cdots (5.4.1.65)$$

ただし、 $C_1 > C_2$ の場合は $C_1 \& C_2$ に置き換える。(図 5-3 参照)



図 5-3 胴の評価点

(8) 水平方向地震力(X方向)(図4-1参照)による胴のラグつけ根部の応力 鉛直方向曲げモーメントM₁により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

$$\sigma_{\phi 8} = \sigma_{\phi 5} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{x 8} = \sigma_{x 5} / \sqrt{2}$$
$$\sigma_{2 \phi 8} = \sigma_{2 \phi 5} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{2 x 8} = \sigma_{2 x 5} / \sqrt{2}$$

鉛直方向曲げモーメントM₂により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

$$\sigma_{~\phi~9} = \sigma_{~\phi~6} \diagup \sqrt{2} \text{ , } \sigma_{~x~9} = \sigma_{~x~6} \diagup \sqrt{2}$$

 $\sigma_{2 \phi 9} = \sigma_{2 \phi 6} / \sqrt{2} , \quad \sigma_{2 x 9} = \sigma_{2 x 6} / \sqrt{2}$

周方向曲げモーメントMcにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

$$\sigma_{\phi 1 0} = \sigma_{\phi 7} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{x 1 0} = \sigma_{x 7} / \sqrt{2}$$
$$\sigma_{2 \phi 1 0} = \sigma_{2 \phi 7} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{2 x 1 0} = \sigma_{2 x 7} / \sqrt{2}$$

周方向せん断力Qによる胴のせん断応力は

 $\tau_{c4} = \tau_{c1} / \sqrt{2}$

鉛直方向せん断力R1による胴のせん断応力は

 $\tau_{\ell 5} = \tau_{\ell 2} / \sqrt{2}$

ねじりモーメントM3による胴のせん断応力は

$$\tau_6 = \tau_3 \swarrow \sqrt{2}$$

(9) 組合せ応力

 (1)~(8)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は以下により組合
 わされる。

a. 一次一般膜応力

 $\sigma_{0} = \max (\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}) \cdots (5.4.1.66)$ $\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \cdots (5.4.1.67)$

【絶対値和】

b. 一次応力

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応 力

イ. 第1ラグのつけ根部

第1評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 71)$$

$$\sigma_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 72)$$

第2評価点については

【絶対値和】

ロ. 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{13} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi z 3} + \sigma_{x z 3} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi z 3} - \sigma_{x z 3}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c 1} + \tau_{3}\right)^2} \right\} \cdots (5.4.1.76)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 77)$$

$$\sigma_{x z 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 78)$$

第2評価点については

ハ. 第3ラグのつけ根部

第1評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 5} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 83)$$

$$\sigma_{x z 5} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 84)$$

第2評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{1 6} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi z 6} + \sigma_{x z 6} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi z 6} - \sigma_{x z 6}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 1} + \tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}} \right\}$$

$$\cdots$$

$$\sigma_{\phi z 6} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \cdots$$

$$(5.4.1.86)$$

$$\sigma_{x z 6} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 1 1} \cdots$$

$$(5.4.1.87)$$

- (b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応 力
- イ. 第1及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{17} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi x 1} + \sigma_{x x 1} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi x 1} - \sigma_{x x 1}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c 4} + \tau_6\right)^2} \right\} \cdots (5.4.1.88)$$

$$\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 89)$$

$$\sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 90)$$

第2評価点については

【絶対値和】

ロ. 第2及び第3ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{1} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi x 3} + \sigma_{x x 3} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi x 3} - \sigma_{x x 3}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c 4} + \tau_6\right)^2} \right\} \cdots (5.4.1.94)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi x 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 95)$$

$$\sigma_{x x 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 96)$$

第2評価点については

c. 一次+二次応力の変動値

- (a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震力のみに よる一次+二次応力の変動値
- イ. 第1ラグのつけ根部第1評価点については

$$\sigma_{21} = \sigma_{2\phi z 1} + \sigma_{2xz 1} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 1} - \sigma_{2xz 1}\right)^{2}} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.101)$$

【絶対値和】

第2評価点については

$$\sigma_{22} = \sigma_{2\phi z 2} + \sigma_{2x z 2} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 2} - \sigma_{2x z 2}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}} \quad (5. 4. 1. 104)$$

【絶対値和】

$\sigma_{2 \phi z 2} = \sigma_{\phi 2} \cdots $	(5.4.1.105)
$\sigma_{2 x z 2} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 1 1} \cdots$	(5.4.1.106)

ロ. 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{23} = \sigma_{2\phi z 3} + \sigma_{2x z 3} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 3} - \sigma_{2x z 3}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{c1} + \tau_{3}\right)^{2}} \cdot (5.4.1.107)$$

$\sigma_{2 \phi z 3} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1}$	$1 2 + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots $	(5. 4. 1. 108)
$\sigma_{2 x z 3} = \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x}$	$\sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2} \cdots $	(5.4.1.109)

第2評価点については

$$\sigma_{24} = \sigma_{2\phi z 4} + \sigma_{2x z 4} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 4} - \sigma_{2x z 4}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{3} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(5.4.1.110)

【絶対値和】

ハ. 第3ラグのつけ根部

第1評価点については

【絶対値和】

第2評価点については

$$\sigma_{26} = \sigma_{2\phi_{26}} + \sigma_{2x_{26}} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi_{26}} - \sigma_{2x_{26}}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 6}\right)^2} \quad (5. 4. 1. 116)$$

- (b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震力のみに よる一次+二次応力の変動値
- イ. 第1及び第4ラグのつけ根部第1評価点については

$$\sigma_{2,7} = \sigma_{2,\phi,x,1} + \sigma_{2,x,x,1} + \sqrt{\left(\sigma_{2,\phi,x,1} - \sigma_{2,x,x,1}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c,4} + \tau_6\right)^2} \quad (5.4.1.119)$$

σ	2 ¢ x	$_{1} =$	σ	φ8	+ (σ2	φ8	+ 0	σφά	2 +	σ	φ 1	$_{2} +$	σ	2φ	1 2	•••	•••		(5.4.	1.1	20)
σ	2 x x	$_{1} =$	σ	x 4	+ (σx	8 +	σ	2 x 8	3 +	σ	x 1	$_{1} +$	σ	x 1	2 -	+ σ	2 :	x 1 2			
		• • •	••	• • •	• • •	•••	•••		•••	••	•••	•••	•••	••		••	•••	•••	• • •	(5.4.	1.1	21)

第2評価点については

$$\sigma_{28} = \sigma_{2\phi x 2} + \sigma_{2x x 2} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi x 2} - \sigma_{2x x 2}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 5} + \tau_{6} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(5.4.1.122)

【絶対値和】

ロ. 第2及び第3ラグのつけ根部 第1評価点については

$$\sigma_{29} = \sigma_{2\phi x 3} + \sigma_{2x x 3} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi x 3} - \sigma_{2x x 3}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c4} + \tau_6\right)^2} \quad (5. 4. 1. 125)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{2 \phi x 3} = \sigma_{\phi 9} + \sigma_{2 \phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots \cdots \cdots (5. 4. 1. 126)$$

$$\sigma_{2 x x 3} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 9} + \sigma_{2 x 9} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2} \cdots \cdots (5. 4. 1. 127)$$

第2評価点については

$$\sigma_{2\ 1\ 0} = \sigma_{2\ \phi\ x\ 4} + \sigma_{2\ x\ x\ 4} + \sqrt{\left(\sigma_{2\ \phi\ x\ 4} - \sigma_{2\ x\ x\ 4}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{\ell\ 5} + \tau_6 + \tau_{\ell\ 6}\right)^2}$$
.....(5. 4. 1. 128)

$\sigma_{2\phi x 4} = 0$	$\sigma_{\phi 1 0} + \sigma_{2 \phi 1 0} + \sigma_{\phi 2} \cdots $	(5. 4. 1. 129)
$\sigma_{2 x x 4} = \sigma$	$\sigma_{x 4} + \sigma_{x 1 0} + \sigma_{2 x 1 0} + \sigma_{x 1 1} \cdots $	(5.4.1.130)

- 5.4.2 ラグの計算方法
 - (1) 運転時質量による応力

(2) 鉛直方向地震力による応力

ここで, M_{ℓV}, R_Vは 5.4.1(5)項で得られたM_{ℓD}, M_{ℓU}, R_D, R_Uを用いて次式 で求められる。

$$M_{\ell V} = \max (|M_{\ell D}|, |M_{\ell U}|) \cdots (5.4.2.5)$$

R_V = max (|R_D|, |R_U|) \cdots (5.4.2.6)

(3) 水平方向地震力(Z方向)による応力第1ラグについて

$$\sigma_{s 2} = \frac{|\mathbf{M}_{1}|}{Z_{s t}} \cdots (5.4.2.7)$$

$$\tau_{s 2} = \frac{|\mathbf{R}_{1}|}{\mathbf{A}_{s 1}} \cdots (5.4.2.8)$$

第2及び第4ラグについて

$$\sigma_{s 3} = \frac{|M_{C}|}{Z_{s \ell}} \cdots (5.4.2.9)$$

$$\tau_{s 3} = \frac{|M_{3}|}{Z_{s p}} + \frac{|Q|}{A_{s 2}} \cdots (5.4.2.10)$$

(4) 水平方向地震力(X方向)による応力第1及び第4ラグについて

第2及び第3ラグについて

a. 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合 【絶対値和】

第1ラグについて

$$\sigma_{1 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 2} + \sigma_{s 7})^{2} + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 2} + \tau_{s 7})^{2}} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.2.18)$$

第2及び第4ラグについて

$$\sigma_{2 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 3} + \sigma_{s 7})^{2} + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 3} + \tau_{s 7})^{2}} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.2.19)$$

第3 ラグについて

$$\sigma_{3 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 4} + \sigma_{s 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 4} + \tau_{s 7})^2} \cdots \cdots \cdots (5.4.2.20)$$

b. 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合 【絶対値和】

第1及び第4ラグについて

$$\sigma_{4 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 5} + \sigma_{s 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 5} + \tau_{s 7})^2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.2.21)$$

第2及び第3ラグについて

$$\sigma_{5 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 6} + \sigma_{s 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 6} + \tau_{s 7})^2} \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.2.22)$$

5.4.3 取付ボルトの計算方法

ボルトの最大引張応力及び最大せん断応力は次式で表される。

$$\sigma_{b} = \max (\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}) \cdots (5.4.3.1)$$

$$\tau_{b} = \max (\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}) \cdots (5.4.3.2)$$

(1) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1ラグについて

第2及び第4ラグについて

ここで, F_{01V}は 5.4.1(5)項で得られた F_{01D}, F_{01U}を用いて次式で求める。 F_{01V}=max (F_{01D}, F_{01U}) ··········(5.4.3.7) (2) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1及び第4ラグについて

$$\sigma_{b4} = \frac{|F_{11}|}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} + \frac{\max(|F_{31}|, |F_{32}|)}{\sqrt{2} \cdot A_{b}} + \frac{F_{01} + F_{01V}}{n \cdot A_{b}} \cdots (5.4.3.8)$$

$$\tau_{b4} = \frac{|Q| \cdot (1 - \epsilon)}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} \cdots (5.4.3.9)$$

第2及び第3ラグについて

$$\sigma_{b 5} = \frac{|F_{21}|}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} + \frac{\max (|F_{31}|, |F_{32}|)}{\sqrt{2} \cdot A_{b}} + \frac{F_{01} + F_{01V}}{n \cdot A_{b}} \cdots (5.4.3.10)$$

$$\tau_{b 5} = \frac{|Q| \cdot (1 - \epsilon)}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} \cdots (5.4.3.11)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【よう素フィルタの耐震性についての計 算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 5.6 応力の評価
- 5.6.1 胴の応力評価

5.4.1(9)項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Sa以下 であること。ただし、Saは 5.2.2項 表 5-2による。

5.6.2 ラグの応力評価

5.4.2(5)項で求めた組合せ応力が許容引張応力 f_t 以下であること。ただし、 f_t は下表による。

	基準地震動Ssによる荷重との
	組合せの場合
許容引張応力	F* 1 -
$f_{ m t}$	$\frac{1}{1.5}$ • 1.5

5.6.3 取付ボルトの応力評価

5.4.3 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{t_s} 以下であること。ただし、 f_{t_0} は次表による。

 $f_{ts} = \min (1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t0}) \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.5.3.1)$

せん断応力 τ_{b} はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下である こと。ただし、 f_{t0} 、 f_{sb} は次表による。

	基準地震動 S s による荷
	重との組合せの場合
許容引張応力	F*.15
$f_{ m t}$ o	
許容せん断応力	F*
$f_{ m s}$ b	$\frac{1}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$ 1.3
- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

よう素フィルタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有してい ることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 7. 参考文献
- Bijlaard, P.P.: Stresses from Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels, The Welding Journal, 34(12), Research Supplement, 1955.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107/August 1965.

【よう素フィルタの耐震性についての計算結果】 1. 重大事故等対処設備

1.1 页百采件

松 巴 友 升	乳准八粘	据付場所及び床面高さ	固有周期	期 (s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	§動S s	最高使用	最高使用	周囲環境
陵 奋 石 怀		(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度)圧力 (MPa)	価度 (℃)	価度 (℃)
よう素フィルタ	常設耐震/防止 常設/緩和	フィルタベント遮蔽壁 T. M. S. L. 12. 0 (T. M. S. L. 26. 3 ^{*1})					$C_{H} = 4.58$	$C_{V} = 1.76$	0.25	200	_

注記 *:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

n

(--)

а

(mm)

b

(mm)

с

(mm)

m ₀	m 1	m 2	D _i	t	E	Е _ь	G	H 1	H 2	C 1	C 2	e	K c	Kℓ
(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(—)	(—)
	I		3000	18.0 (17.2) *1	*2 183000	*2 192000	*2 70400	650	790	350	350	300	7433	1701

A $_{\rm b}$

 (mm^2)

А_{be}

 (mm^2)

٤ (—)	A _{s 1} (mm ²)	A _{s 2} (mm ²)	Z s p (mm ³)	$Z_{s\ell}$ (mm ³)	Z_{st} (mm ³)	kℓ (—)	k c (—)	C _{&1} (—)	C ₂₂ (—)	C c 1 (—)	C c 2 (—)
0	3.120×10^4	3. 120×10^4	2.080 \times 10 ⁵	5.818×10^{6}	2. 471×10^{6}	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Lь

(mm)

d 。

(mm)



-	•	2	/ 1 4	inan		11-2	
*2	:	最	高使	用温	度	で算出	

2	217	100	60	300	38	42 (M42)	1.385×10^{3}	1.120×10^{3}
						NH - 7		
Sy (胴板) (MPa)	Su (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S y (ラグ) (MPa)	Su (ラグ) (MPa)	F* (ラグ) (MPa)	S y (ボルト) (MPa)	Su (ボルト) (MPa)	F* (ボルト) (MPa)
*2 120	*2 407		*2 144	*2 402	194	569 *2 (63<径≦100mm)	708 *2 (63<径≦100mm)	495
						注記。	*1:()内は	最小厚さ

d

(mm)

56

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力(弹	単性設計用地震動 S d 又	は静的震度)				(単位:MPa)
<u>ج</u> بے		内圧による応力	運転時質量による応力	水平方向地震による応力	鉛直方向地震による応力	組合せ一次
ر شر ا	内圧による応力	(鉛直方向地震時)	自重による応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向荷重による応力	一般膜応力
周方向	—	—	—	—	—	
軸方向	—	—	—	—	—	—
せん断	_	_	_	—	—	

(2) 一次一般膜応力(基準地震動Ss)

(単位:MPa)

ct to	中国に見てたま	内圧による応力	運転時質量による応力	水平方向地震による応力	鉛直方向地震による応力	組合せ一次
)心 /J	内圧による応力	(鉛直方向地震時)	自重による応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向荷重による応力	一般膜応力
周方向	$\sigma_{\phi 1} = 21$	—	—	—	—	
軸方向	$\sigma_{x 1} = 11$	_	$\sigma_{x^2} = 1$	$\sigma_{x4} = 3$	$\sigma_{x_{11}} = 2$	$\sigma_{0} = 21$
せん断	_	_	—	_	_	

(3)	一次応	うち (弾性設計	·用地震動 S	d 又は静的震度)									(単位:MPa)
地	地						運転時質量	による応力		水平方向地震による応力	1	鉛直方向地	震による応力	
震 の 種 類	震の方向	Ţ	評価点	応力	内圧による応力	内圧による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
			第	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		heter	評	軸方向	—	_	_	—	_	—	_	_	—	—
		·弗 1 二	点	せん断	_	_	-	_		_			_	
		ブガ	第	周方向	—	—	_	—	—	—	_	_	—	
		199	評価	軸方向	—	_		—	—	_	—	_	—	—
弾			点	せん断	—	_	-	-		—				
1注 設 計	7	笛	第	周方向	—	—		_	—	_	—		—	
用	方向	労 2 五	評	軸方向	—	—		_	—	_	—		—	_
震動	及び	び第	点	せん断	—	—	-	_		—			—	
Sd V	鉛	4	第	周方向	—	—		_	—	_	—		—	
くは	方向	ブ	評価	軸方向	—	—		_	—	—	—		—	_
的雪	[11]	199	点	せん断	—	—	-	_		_			_	
度			第	周方向	—	—		_	—	_	—		—	
		笛	評価	軸方向	—	—		_	—	_	—		—	—
		3 5	点	せん断	—	—	-	_		_			_	
		ノグ	第	周方向	_	_	_	_	_	_	_	_	—	
		(PU)	評価	軸方向	_	_	_	_	_	_	_	_	—	_
			点	せん断		-	-	_		_			_	

														(単位:MPa)
地雷	地會						運転時質量	による応力		水平方向地震による応力		鉛直方向地	震による応力	
展 の 種類	殿の方向	評	価点	応力	内圧による応力	内圧による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
		heter	第	周方向	—	—	—	—	—	—	_	—	—	
		1	評	軸方向	—	—	_	_	—	_	_	—	—	—
弾		び	仙点	せん断	—	—	-	-		_		-	_	
1注 設	v	弗 4 ラ	第	周方向	—	—	_	_	—	_	_	—	—	
用	方向	ブ	評価	軸方向	—	—	_	_	—	_	_	—	—	_
震	及び	נאטי	点	せん断	—	—	-	_		—		-	_	
Sd	鉛直	笛	第	周方向	—	—	_	_	—	_	_	—	—	
くは	声向	2	評価	軸方向	—	_	_	_	_	_	_	_	—	_
前	[H]	び	仙点	せん断	—	—	-	_		—		-	—	
度		- 第 3 ラ	第	周方向	_	_	_	_	_	—	_	_	—	
		ブ側	評価	軸方向	_	_	_	_	_	_	_	_	_	—
		"則	"Ш 点	せん断	_	_	-	_		_		-	_	

(4) 一次応力(基準地震動Ss)

(単位:MPa)

地	地	Γ					運転時質量	による応力	7	水平方向地震による応力]	鉛直方向地	震による応力	
震 の 種 類	震の方向	Ť	平価点	応力	内圧による応力	内圧による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
			第 1	周方向	σ _{φ1} = 21	—	—	σ _φ 3 = 1	—	σ φ 5 = 1	—	—	$\sigma_{\phi 12} = 1$	
		later	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	$\sigma_{x^2} = 1$	$\sigma_{x^{3}} = 1$	σ _{x4} = 3	$\sigma_{x 5} = 1$	—	σ _{x 11} = 2	$\sigma_{x^{12}} = 1$	σ 11= 23
		- 第 1 う	仙点	せん断	—	—	-			—		-	_	
		ブ	第。	周方向	σ _{φ1} = 21	—	—	—	—	_	—	—	—	
		199	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	—	$\sigma_{x 4} = 3$	_	—	σ _{x 11} = 2	—	σ 12= 24
			仙点	せん断	—	—	τι=	2		τι2= 2		τι6=	3	
	7	ats.	第	周方向	σ _{φ1} = 21	—	—	σ _{φ3} = 1	—		—	—	$\sigma_{\phi_{12}} = 1$	
基	方向	弗 2 亚	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	σ _{x 2} = 1	$\sigma_{x^{3}} = 1$	—		—	σ _{x 11} = 2	$\sigma_{x_{12}} = 1$	σ ₁₃ = 31
準地	及び	び第	仙点	せん断	—	—	-	_	τ 3=	1 τ _{c1} =	12	-	_	
震動	鉛直	労 4 ラ	第。	周方向	σ _{φ1} = 21	—	_	—	—		σ φ 7 = 10	—	_	
Ss	声向	ブ	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	—	—		$\sigma_{x 7} = 28$	σ _{x 11} = 2	—	σ ₁₄ = 42
	[11]	199	点	せん断	—	—	τι=	2		τ 3= 1		τι6=	3	
			第	周方向	σ _{φ1} = 21	—	—	σ _{φ3} = 1	_	$\sigma_{\phi 6} = 1$	_	—	$\sigma_{\phi^{12}} = 1$	
		绺	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	σ _{x 2} = 1	σ _{x 3} = 1	$\sigma_{x_4} = 3$	σ _{x6} = 1	_	σ _{x 11} = 2	σ _{x 12} = 1	σ ₁₅ = 23
		第 3 う	点	せん断	—	—	-	_		_		-	_	
		ノグ側	第 ?	周方向	σ _{φ1} = 21	—	—	—	_	—	—	_	—	
		Del	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	σ _{x²} = 1	—	σ _{x4} = 3	—	—	σ _x 11= 2	—	σ 16= 24
			点	せん断	-	-	τ 1 =	2		τι2= 2		τι6=	3	

														(単位:MPa)
地雷	地雷						運転時質量	による応力	;	水平方向地震による応力	נ	鉛直方向地	震による応力	
展 の 種 類	晨の方向	評	価点	応力	内圧による応力	内圧による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
		http:	第	周方向	σ φ 1 = 21	—	—	σ φ з= 1	—	$\sigma_{\phi s} = 1$	—	—	σ φ 12= 1	
		1	評	軸方向	σ _{x1} = 11	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	$\sigma_{x^{3}} = 1$	σ _{x4} = 3	$\sigma_{x 8} = 1$	—	σ _{x 11} = 2	$\sigma_{x^{12}} = 1$	σ 17= 29
		び	仙点	せん断	—	—	-	_	τ с 4=	- 9 τ ₆ =	1	-	_	
	v	4	第	周方向	$\sigma_{\phi^{-1}} = 21$	—	—	—	_	—	$\sigma_{\phi 10} = 7$	—	_	
基	方向	ブ	評価	軸方向	$\sigma_{x_1} = 11$	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	—	$\sigma_{x_4} = 3$	—	σ _{x 10} = 20	σ _{x 11} = 2	—	σ ₁₈ = 37
準地	及び	199	点	せん断	—	—	τι=	2	τι5=	1 τ 6 =	1	τι 6 =	3	
震動	鉛	http:	第	周方向	$\sigma_{\phi^{-1}} = 21$	—	—	$\sigma_{\phi^{3}} = 1$	—	$\sigma_{\phi 9} = 1$	—	—	$\sigma_{\phi^{12}} = 1$	
Ss	声	2	評価	軸方向	σ _{x1} = 11	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	$\sigma_{x^{3}} = 1$	$\sigma_{x 4} = 3$	$\sigma_{x^{9}} = 1$	_	σ _{x 11} = 2	$\sigma_{x^{12}} = 1$	σ ₁₉ = 29
	[4]	び	点	せん断	_	—	-	_	τ с 4=	9 τ ₆ =	1	-	_	
		弗 3 ラ	第	周方向	$\sigma_{\phi_1} = 21$	—	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10} = 7$	—	—	
		グ	評位	軸方向	$\sigma_{x_1} = 11$	—	$\sigma_{x^{2}} = 1$	—	$\sigma_{x_4} = 3$	—	σ _{x 10} = 20	σ _{x 11} = 2	—	σ 110= 37
		1則	点	せん断	_	_	τι=	2	τι 5=	1 τ 6=	1	τι6=	3	

(5) 地震動のみによる一次+二次応力(弾性設計用地震動Sd又は静的震度)

										(甲位:MFa)											
地震	地震	評価点			鉛证	重方向地震による応力		水平方向地震による	态力	組合せ一次											
の 種 類	の 方 向			心刀	自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	+ 次応刀 (変動値)											
			第	周方向	-	_	—	_	_												
			1 評	軸方向	_	_	_	_	_	—											
		第 1	価点	せん断		_		_													
		ラグ	第	周方向	_	_	_	_	_												
弾		側 第2及び第4つ	2 評	軸方向	_	_	_	_	_	—											
			価点	せん断		_		_													
			第	周方向	_	—	-	—	—												
	Z 方		1 評	軸方向	_	_	-	—	_	—											
	同及		価点	せん断		_		_													
	い鉛		第	周方向	_	—	-	—	—												
	直方	フグ	2 評	軸方向	_	—	-	—	—	—											
	[1]	側	価点	せん断		_		_													
性設			第	周方向	_	—	—	_	_												
計用		late.	1 評	軸方向	_	—	—	_	_	—											
地震		 弗 3 ラ グ 側	恤点	せん断		_		_													
動 Sd			第	周方向	_	—	—	—	—												
又は			1則	側	評	評研	評	2 評	評位	2 評 伝	2 評	2 評	2 評	2 評	軸方向	_	—	-	—	—	—
静 的			仙点	せん断		_		_													
震度			第	周方向	—	_	—	—	_												
		弗 1 刃	評	軸方向	—	-	—	-	_	—											
		及び	価点	せん断		_		_													
	v	弗 4 二	第	周方向	—	-	—	_	_												
	方	フグ	2 評	軸方向	—	-	—	-	-	—											
	反	惻	価点	せん断		_		_													
	鉛	Ide	第	周方向	—	-	—	-	-												
	自方向	弟 2 五	評	軸方向	_	_	—	-	_	—											
	[F]	び飯	恒点	せん断		_		-													
		·弗 3 三	第	周方向	_	_	—	—	—												
		フグ	2 評	軸方向	-	—	—	—	—	—											
		側	価点	せん断		—		_													

(単位 : MPa)

(6) 地震動のみによる一次+二次応力(基準地震動Ss)

(単位:MPa)

										(+ <u>1</u>			
地震	地震		評		鉛ī	直方向地震による応力		水平方向地震による	応力	組合せ一次			
の 種 類	方点向	恤 応力 点	応力	自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	+ (次心力 (変動値)				
			第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 1$ $\sigma_{2\phi 12} = 1$	-	$\sigma_{\phi 5} = 1$ $\sigma_{2\phi 5} = 1$	_				
			1 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	$\sigma_{x 12} = 1$ $\sigma_{2x 12} = 1$	$\sigma_{x 4} = 3$	$\sigma_{x 5} = 1$ $\sigma_{2x5} = 1$	_	σ ₂₁ = 12			
		第 1	価点	せん断		_		_					
		ラグ	第	周方向	_	_	_	_	_				
		側	2 評	軸方向	σ _{x11} = 2	_	$\sigma_{x 4} = 3$	_	_	σ 22= 12			
			価点	せん断		τ ₁₆ = 3		$\tau_{12} = 2$					
			第	周方向	-	$\sigma_{\phi 12} = 1$ $\sigma_{2\phi 12} = 1$	-	—	—				
	Z 方	第2及び第4ラグ側	1 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	$\sigma_{x 12} = 1$ $\sigma_{2 x 12} = 1$	-	_	_	$\sigma_{23} = 29$			
	向 及 び 鉛		価点	せん断		_	$\tau_{-3} =$	1 τ _{c1} =	12				
			弗 4 ラ	弟 4 5	第	周方向	-	—	-	—	$\sigma_{\phi 7} = 10 \qquad \sigma_{2\phi 7} = 97$		
	直 方 一		2 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	—	—	_	$\sigma_{x 7} = 28 \qquad \sigma_{2 x 7} = 44$	σ ₂₄ = 213			
	[円]	1則	価点	せん断		τ ₁₆ = 3		$\tau_{6} = -1$					
			第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 1$ $\sigma_{2\phi 12} = 1$	_	$\sigma_{\phi 6} = 1$ $\sigma_{2\phi 6} = 1$	_				
基		hte	評	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	$\sigma_{x 12} = 1$ $\sigma_{2 x 12} = 1$	$\sigma_{x 4} = 3$	$\sigma_{x 6} = 1$ $\sigma_{2 x 6} = 1$	—	$\sigma_{25} = = 13$			
準地		弗 3 二	価点	せん断		_		_					
震動		ソプ側	第	周方向	_	_	—	-	_				
Ss			1則	1則	Del	評価	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$		$\sigma_{x 4} = 3$	I	—	σ ₂₆ = 12
			山点	せん断		τι 6 = 3		$\tau_{12} = 2$					
		笛	第	笛	645	第	周方向	-	$\sigma_{\phi 12} = 1 \sigma_{2\phi 12} = 1$	-	$\sigma_{\phi 8} = 1$ $\sigma_{2\phi 8} = 1$	—	
		970 1 74	評	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	$\sigma_{x 12} = 1 \sigma_{2 x 12} = 1$	$\sigma_{x 4} = 3$	$\sigma_{x8} = 1$ $\sigma_{2x8} = 1$	—	σ ₂₇ = 25			
		び笛	点	せん断			τ _{c4} =	9 τ ₆ =	1				
	x	4	第 2	周方向	_	-	_	-	$\sigma_{\phi 10} = 7$ $\sigma_{2\phi 10} = 69$				
	方向	グ側	評価	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	—	$\sigma_{x 4} = 3$	—	$\sigma_{x 10} = 20 \qquad \sigma_{2x 10} = 31$	σ ₂₈ = 152			
	及	PG	点	せん断		τι6= 3	τιs=	1 τ ₆ =	1				
	鉛	笙	第 1	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 1$ $\sigma_{2\phi 12} = 1$	_	$\sigma_{\phi 9} = 1$ $\sigma_{2\phi 9} = 1$	-				
	方向	2 及	評価	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	$\sigma_{x12} = 1 \qquad \sigma_{2x12} = 1$	$\sigma_{x 4} = 3$	$\sigma_{x9} = 1 \sigma_{2x9} = 1$	_	$\sigma_{29} = 26$			
	1:3	へ び 第	点	せん断		_	τ _{с4} =	9 τ ₆ =	1				
		3	第 2	周方向	_	—	-	—	$\sigma_{\phi 10} = 7$ $\sigma_{2\phi 10} = 69$				
		ラグ	評価	軸方向	$\sigma_{x11} = 2$	—	$\sigma_{x 4} = 3$	—	$\sigma_{x 10} = 20$ $\sigma_{2x 10} = 31$	σ ₂₁₀ = 152			
		DA1	点	せん断		τι 6 = 3	τι =	1 τ 6=	1				

1.3.2 ラグに生じる応力

(単位:MPa)

地震力の接短	地震力の方向		運転時質量による応力		水平方向地震による応力		鉛直方向地震による応力		组合比内力
地長力の催頬			曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	組合セ応力
		第1ラグ側	—		—	—	_	—	—
弾性設計用	Z 方向及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	_		—	—		—	—
地震動 S d 又は		第3ラグ側	_		—	_	_	_	—
静的震度	X方向及び	第1及び第4ラグ側	_	—	—	—	—	—	—
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	_		—	—	_	—	—

									(単位:MPa)
地帯もの紙巻	地震力の方向		運転時質量による応力		水平方向地震による応力		鉛直方向地震による応力		细人比内力
地長力の性類			曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	
	Z 方向及び 鉛直方向 X 方向及び	第1ラグ側	σ _{s1} = 1	$\tau_{s1} = 1$	$\sigma_{s^2} = 1$	τ s 2 = 2	σ _{s7} = 1	τ s 7 = 2	$\sigma_{1 S} = 7$
井 洲山 赤利		第2及び第4ラグ側	σ _{s1} = 1	τ _{s1} = 1	$\sigma_{s3} = 6$	τ _{s 3} = 40	σ _{s7} = 1	τ s 7 = 2	σ _{2s} = 74
基準地震動 S s		第3ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	$\tau_{s_1} = 1$	$\sigma_{s4} = 1$	τ _{s4} = 2	σ _{s7} = 1	τ _{s7} = 2	$\sigma_{3 s} = 8$
		第1及び第4ラグ側	σ _{s1} = 1	$\tau_{s1} = 1$	$\sigma_{s5} = 5$	τ _{s5} = 29	σ _{s7} = 1	τ s 7 = 2	σ _{4 s} = 55
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	σ _{s1} = 1	$\tau_{s1} = 1$	$\sigma_{s 6} = 5$	$\tau_{s 6} = 29$	σ _{s7} = 1	τ s 7 = 2	$\sigma_{5 s} = 55$

64

1.3.3 取付ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

地震ナ	りの種類	地震力の方向		引張応力	せん断応力
			第1ラグ側	—	—
弾性	単性設計用 也震動 S d 又は 静的震度	2 万回及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	—	—
地震			第3ラグ側	—	—
静白		X方向及び	第1及び第4ラグ側	_	_
		鉛直方向	第2及び第3ラグ側	—	—

				(単位:MPa)
地震力の種類	地震力の方向		引張応力	せん断応力
		第1ラグ側	σ _{b1} = 32	—
	2万向及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	σ _{b2} = 33	τ _{b2} = 107
基準地震動 S s		第3ラグ側	σьз= 48	—
	X方向及び	第1及び第4ラグ側	$\sigma_{b_4} = 36$	τ _{b4} = 76
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	σ _{b 5} = 48	τь 5 = 76

(単位:MPa)

1.4 結論

1.4.1 固有周期

		(単	〔位: s)
k	卓越	田右日	王 书 日
$\tau = r$	方向	回有力	可労
1次	水平	$T_{H1} =$	
2次	水平	$T_{H2} =$	
1次	鉛直	$T_{v} =$	

1.4.2 応力

(単位:MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
		一次一般膜	—	_	$\sigma_{0} = 21$	$S_{a} = 244$	
胴板	SUS316L	一次	—	—	$\sigma_{1} = 42$	$S_{a} = 366$	
		一次+二次	—	_	$\sigma_2 = 213$	$S_{a} = 240$	
ラグ	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{s} = 74$	f t = 194	
取付ボルト	CND7	引張	_	_	$\sigma_{\rm b} = 48$	f t s = 349 *	
	SIND (せん断	—	—	τ _b = 107	$f_{\rm s\ b} = 286$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f t s = Min[1.4 \cdot f t o - 1.6 \cdot \tau b, f t o]$

V-2-9-4-8 原子炉格納容器付属構造物の耐震性についての計算書

V-2-9-4-8-1 下部ドライウェルアクセストンネルの 耐震性についての計算書

1. 概要 ·····		1
2. 一般事項 ······		1
2.1 構造計画 ·····		1
2.2 評価方針		3
2.3 適用規格·基準等 ·····		3
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		4
3. 評価部位		5
4. 地震応答解析及び構造強度評価		7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法		7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力度		7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態		7
4.2.2 許容応力度		7
4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件 ・・・・・・・・		7
4.2.4 設計荷重		11
4.3 解析モデル及び諸元		14
4.4 固有周期 ·····		16
4.5 設計用地震力		21
4.6 計算方法 ······		28
4.6.1 応力評価点		28
4.6.2 応力度計算方法		30
4.7 計算条件		30
4.8 応力度の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		30
5. 評価結果		31
5.1 設計基準対象施設としての評価結果		31
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・	ę	38
6. 参照図書		43

1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に準じて、下部ドライウェルアクセスト ンネルが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

下部ドライウェルアクセストンネルは設計基準対象施設においてはSクラス相当施設に,重 大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備相当に 分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対 する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による下部ドライウェルアクセス トンネルの評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書 類(参照図書(1))による(以下「既工認」という。)。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェルアクセストンネルの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 \sim

2.2 評価方針

下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件 に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ 並びに「2.3 適用規格・基準等」にて設定される許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて 設定する箇所に作用する設計用地震力による応力度等が許容限界内に収まることを、「4. 地 震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 下部ドライウェルアクセストンネルの耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準(日本建築学会 2005改定)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C i	地震層せん断力係数	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	
D i	直径 (i=1, 2)	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
fь	許容曲げ応力度	N/mm^2
f c	許容圧縮応力度	N/mm^2
f p	許容支圧応力度	N/mm^2
f s	許容せん断応力度	N/mm^2
f t	許容引張応力度	N/mm^2
F	許容応力度の基準値	N/mm^2
ℓ i	長さ (i=1, 2, 3)	mm
m i	質量 (i=0, 1)	kg
М	機械的荷重	
ML	地震と組み合わせる機械的荷重	
MSAL	機械的荷重(SA後長期機械的荷重)	—
MSALL	機械的荷重 (SA後長々期機械的荷重)	
Р	压力	—
РL	地震と組み合わせる圧力	
PSAL	压力 (SA後長期圧力)	kPa
PSALL	压力 (SA後長々期圧力)	kPa
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	—
S d *	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的震度	
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	
S u	設計引張強さ	N/mm^2
Sу	設計降伏点	N/mm^2
t i	厚さ (i=1, 2, 3)	mm
Т	温度	°C
ν	ポアソン比	—

3. 評価部位

下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法を図 3-1 に,使用材料及び使用部位 を表 3-1 に示す。



図 3-1 下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
下部ドライウェル アクセストンネル		

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - (1) 下部ドライウェルアクセストンネルの地震荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器 コンクリート部を介して原子炉建屋に伝達される。下部ドライウェルアクセストンネルの 耐震評価として、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及びV-2-2-4「原子炉本体の 基礎の地震応答計算書」において計算された荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手 法に従い構造強度評価を行う。また、重大事故等対処設備としての評価においては、没水 時における下部ドライウェルアクセストンネル内部の水重量及び浮力を考慮する。
 - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
 - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力度
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェルアクセストンネルの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち,設計基 準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを 表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力度

下部ドライウェルアクセストンネルの許容応力度は,「2.3 適用規格・基準等」に基づき表 4-3 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルの使用材料の許容応力度評価条件を表 4-4 に示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*2		許容応力状態
					$D + P + M + S d^{**3}$	(10) (11) (14)	ⅢAS <短期>*4
原子炉 格納施設	圧刀低減 設備その他 の安全設備	下部ドライウェル アクセストンネル	*1	建物・ 構築物	$D + P_L + M_L + S d^{**3}$	(16)	ⅢAS <短期>*4
					D+P+M+Ss*3	(12) (13) (15)	ⅣAS <短期>*4

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記*1:Sクラス相当として評価する。

*2:()内はV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。 *3:V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3に従い,温度荷重を組み合わせる。

*4:鋼構造設計規準によるため、< >内の許容応力状態を適用する。

 ∞

施設区分		機器名称	設備分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*2		許容応力状態
原子炉 格納施設	圧力低減 設備その他 の安全設備	減 下部ドライウェル		建物・ 構築物	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d^{*3}$	(V(L)-1)	V₄S <短期>*4
		アクセストンネル	~~ ~ 1		構築物	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s^{*3}$	(V(LL)-1)

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備相当として評価する。

*2:()内はV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4の荷重の組合せのNo.を示す。

*3: V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4に従い、重大事故等時の温度荷重は組み合わせない。

*4:鋼構造設計規準によるため、< >内の許容応力状態を適用する。

9

許容応力状態	引張/ 組合せ	せん断	圧縮	曲げ	支圧			
短期	1.5 • f t	1.5•fs	1.5 • f c	1.5 • f b	1.5 • f p			

表 4-3 許容応力度

表4-4 使用材料の許容応力度評価条件

F Sу S u評価部材 材料 (N/mm^2) (N/mm^2) (N/mm^2) 下部ドライウェル アクセストンネル 注記*:

(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

- 4.2.4 設計荷重
 - (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設として地震荷重によるもの以外の設計荷重については,既工認(参照図書(1))からの変更はなく,次のとおりである。

また,設計荷重による相対変位を表 4-5 に示す。

a. 圧力

外圧 (差圧) 14 kPa

b. 死荷重

下部ドライウェルアクセストンネル胴	Ν
内部機器・配管	Ν

c. 活荷重

活荷重

d. 浮力

通常運転時	Ν
上昇水流作用時	Ν

Ν

e. 熱荷重

通常運転時	46 °C
異常時(2)*	52 °C
注記*:地震荷重と組合せる異常時温度を示す。	

f. 逃がし安全弁作動時荷重

最大正圧	kPa
最大負圧	kPa

g. 水位

水位 T.M.S.L. (サプレッションチェンバ) -1100 mm

- (2) 重大事故等対処設備としての設計荷重
 - a. 重大事故等対処設備としての評価圧力 重大事故等対処設備としての評価圧力は、以下のとおりとする。

内圧PSAL	620kPa(SA後長期:D/W 620kPa, S/C 620kPa)
内圧PSALL	150kPa(SA後長々期:D/W 150kPa, S/C 150kPa)
差圧PSAL	173kPa(SA後長期:D/W 620kPa, S/C 447kPa)
差圧PSALL	100kPa(SA後長々期:D/W 150kPa, S/C 50kPa)
注:D/W はドライウェル,	S/C はサプレッションチェンバを示す。

b. 水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として,下部ドライウェルアクセストン ネル内部の水重量を考慮する。

下部ドライウェルアクセストンネル内部水重量



c. 浮力

重大事故等対処設備の評価においては,没水時における下部ドライウェルアクセス トンネルの浮力を考慮する。

下部ドライウェルアクセストンネルに加わる浮力

d. 水力学的動荷重

重大事故等対処設備としてのチャギング荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため、参照図書(1)に示すとおりである。

e. 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位

重大事故等対処設備の評価における,下部ドライウェルアクセストンネルの原子炉 本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位を表 4-6 に示す。

f. 水位

重大事故等対処設備の評価における水位は、以下のとおりとする。

水位	(下部ドライウェル)	T. M. S. L.	7400 mm
水位	(サプレッションチェンバ)	T. M. S. L.	8950 mm

表 4-5 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位(設計基準対象施設)

(単位:mm)

共 壬	水平方向	軸方向	鉛直方向
10 里	Х	Y	Z
最高使用圧力 (外圧)			
鉛直方向Sd*地震			
水平方向Sd*地震			
鉛直方向 S s 地震			
水平方向 S s 地震			
熱荷重(通常運転時)			
熱荷重(異常時(2))			
上昇水流による荷重			
逃がし安全弁作動時荷重			

注:変位は図 4-1 に示す方向を正方向とする。

表 4-6 原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位(重大事故等対処設備)

			(単位:mm)
	水平方向	軸方向	鉛直方向
何里	Х	Y	Z
内圧(SA後長期:D/W 620kPa, S/C 620kPa)			
内圧(SA後長々期:D/W 150kPa, S/C 150kPa)			
差圧(SA後長期:D/W 620kPa, S/C 447kPa)			
差圧(SA後長々期:D/W 150kPa, S/C 50kPa)			
鉛直方向Sd地震(SA後長期)			
水平方向Sd地震(SA後長期)			
鉛直方向Ss地震(SA後長々期)			
水平方向Ss地震(SA後長々期)			
チャギング荷重 (SA後長期)			

注1:変位は図4-1に示す方向を正方向とする。

注2:D/Wはドライウェル,S/Cはサプレッションチェンバを示す。



図 4-1 相対変位の方向

- 4.3 解析モデル及び諸元
 - (1) 設計基準対象施設としての解析モデル

設計基準対象施設としての評価は、下部ドライウェルアクセストンネルの質量及び外部 の水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析(静解析やスペクトルモーダル 解析)を実施する。既工認からの変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。 解析モデルの概要を以下に示す。

- a. 下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルは、3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。下部ドライウェルアクセストンネルは円筒形状であるため、
 既工認と同様に、解析は1/2モデルを用いて行う。解析モデルを図4-2に、機器の諸 元について表4-7に示す。
- b.
- c. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び応力度を求める。下 部ドライウェルアクセストンネル内部及び外部の水の影響は「MSC NASTRA N」の機能の1つである付加質量法(Virtual Mass Method)を用いて考慮する。なお、 評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プ ログラム(解析コード)の概要」に示す。
- (2) 重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価は、没水による下部ドライウェルアクセストンネル内 部及び外部の水の影響を考慮して固有値解析及び応力解析(静解析やスペクトルモーダル 解析等)を行う。重大事故対処設備としての解析モデルは、設計基準対象施設と同じとす る。諸元を表 4-7 に示す。

図 4-2 解析モデル

表 4-7 機器諸元

			入力値				
項目	記号	単位	設計基準対象	重大事故等			
			施設	対処設備			
材質		—					
機器質量	m 0	kg					
水質量 (内部水)	m 1	kg	0	116×10^{3}			
温度条件	Т	°C	57	200			
縦弾性係数	Е	N/mm^2					
ポアソン比	ν	_	0	. 3			
要素数							
節点数							

4.4 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設における固有周期は表 4-8 に,振動モード図を 3 次まで代表して図 4-3 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており,柔構造であることを確認した。

境界条件	モード	固有周期	刺激係数*		
		(s)	X方向	Y方向	Z方向
逆対称 境界	1次	0.069	0.552		
	2 次	0.056	-1.033		
	3次	0.048			
	1次	0.070		0.003	-0.007
対称	2 次	0.053		-0.090	0.891
境界	3次	0.052		-4.019	0.001
	4次	0.047			

表 4-8(1) 固有周期(設計基準対象施設:通常運転時)

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。

境界条件	モード	固有周期	刺激係数*			
		(s)	X方向	Y方向	Z方向	
	1次	0.077	0.457			
逆対称	2次	0.064	0.813			
境界	3次	0.057	-0.594			
	4次	0.049				
	1次	0.078		0.004	0.039	
	2次	0.063		-4.898	0.024	
対称	3次	0.062		-0.076	-0.556	
境界	4次	0.056		0.024	0.996	
	5次	0.050		0.001	0.268	
	6次	0.037				

表 4-8(2) 固有周期(設計基準対象施設:燃料交換時)

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。 (2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備における固有周期は表 4-9 に,振動モード図を 3 次まで代表して図 4-4 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており,柔構造であることを確認した。

境界条件	モード	固有周期	刺激係数*		
		(s)	X方向	Y方向	Z方向
逆対称 境界	1次	0.098	-0.067		_
	2次	0.089	0.039		
	3次	0.085	-0.007		_
	4次	0.062	-0.079		
	5次	0.060	-0.054		_
	6次	0.044	_		_
対称 境界	1次	0.098	_	0.000	-0.055
	2次	0.089	_	0.000	-0.027
	3次	0.085	_	0.000	0.000
	4次	0.062	_	-0.001	-0.058
	5次	0.060	_	0.107	-0.083
	6次	0.055	_	4.343	0.004
	7次	0.044			

表 4-9 固有周期(重大事故等対処設備)

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。



図 4-3(1) 振動モード図(設計基準対象施設:通常運転時)



逆対称境界

逆対称境界

対称境界

対称境界

3次モード

図 4-3 (2) 振動モード図(設計基準対象施設:燃料交換時)



逆対称境界

対称境界

3次モード

図 4-4 振動モード図 (重大事故等対処設備)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。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。

据付場所及び		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器				
設置高さ (m)		T. M. S. L0. 18				
減衰定数(%)		水平: 1.0*1 鉛直:1.0*1				
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s		
モード	固有周期	応答水平震度*2	応答鉛直 震度* ²	応答水平震度*2	応答鉛直 震度* ²	
	(s)					
1 次	0.069					
2 次	0.056					
3次*3	0.048					
動的地震力*4						
静的地震力*5						

表 4-10(1) 設計用地震力(設計基準対象施設:通常運転時(逆対称境界))

注記*1:アクセストンネルは溶接構造物に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の 溶接構造物の減衰定数を用いる。

*2: 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。

*3:2次までは固有周期が 0.050s より長いモード,3次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*5:静的震度(3.0Ci及び1.0Cv)を示す。
据付場所	「及び	原子炉本体基礎及び原子炉格納容器						
設置高さ (m)		T. M. S. L0. 18						
減衰定数(%)		水平: 1.0*1 鉛直:1.0*1						
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s				
モード	固有周期	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* ²	応答水平震度*2 原		応答鉛直 震度* ²	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
1 次	0.070							
2 次	0.053							
3 次	0.052							
4 次* ³	0.047							
動的地震力*4								
静的地震	፪力 ^{∗5}							

表 4-10(2) 設計用地震力(設計基準対象施設:通常運転時(対称境界))

*2: 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。

*3:3次までは固有周期が 0.050s より長いモード,4次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

				•••	112 18 1 1	=		
据付場所	「及び	原子炉本体基礎及び原子炉格納容器						
設置高さ (m)		T. M. S. L0. 18						
減衰定数(%)		水平: 1.0*1 鉛直:1.0*1						
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s				
モード	固有周期	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* ²	查 応答水平震度*2 ,		応答鉛直 震度* ²	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
1次	0.077							
2 次	0.064							
3 次	0.057							
4 次* ³	0.049							
動的地震力*4								
静的地震	ī							

表 4-10 (3) 設計用地震力(設計基準対象施設:燃料交換時(逆対称境界))

*2: 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。

*3:3次までは固有周期が 0.050s より長いモード,4次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

*4: Sd 又はSs 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

据付場所	夜び		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器						
設置高さ	(m)	T. M. S. L0. 18							
減衰定数(%)		水平: 1.0*1 鉛直:1.0*1							
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s					
モード	固有周期	応答水平	平震度*2	応答鉛直 震度* ²	応答水平	平震度*2	応答鉛直 震度* ²		
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向		
1次	0.078								
2 次	0.063								
3 次	0.062								
4次	0.056								
5次	0.050								
6次* ³	0.037								
動的地震力*4									
静的地震	之力* ⁵						_		

表 4-10(4) 設計用地震力(設計基準対象施設:燃料交換時(対称境界))

*2: 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。

*3:5次までは固有周期が0.050sより長いモード,6次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

表 4-11 (1)	設計用地震力	(重大事故等対処設備	(逆対称境界))

据付場所及び		原子炉本体基礎及び原子炉格納容器						
設置高さ(m)		T. M. S. L0. 18						
減衰定数(%)			水	平: 1.0*1	鉛直:1.0	*1		
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s				
モード	固有周期	応答水3	平震度*2	応答鉛直 震度* ²	応答水平震度*2		応答鉛直 震度* ²	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
1次	0.098							
2 次	0.089							
3次	0.085							
4次	0.062							
5 次	0.060							
6次*3	0.044							
動的地震力*4								
静的地震	力*5							

*2: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。

*3:5次までは固有周期が0.050sより長いモード,6次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4: Sd 又はSs 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

	F i = - (-	·/ I> FI / I				22/1//		
据付場所	及び	原子炉本体基礎及び原子炉格納容器						
設置高さ	(m)	T. M. S. L0. 18						
減衰定数(%)		水平: 1.0*1 鉛直:1.0*1						
地震力		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基	基準地震動 S s			
モード	固有周期	応答水平	平震度*2	応答鉛直 震度* ²	応答水平震度*2 応答 震		応答鉛直 震度* ²	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
1次	0.098							
2 次	0.089							
3 次	0.085							
4 次	0.062							
5 次	0.060							
6 次	0.055							
7 次*3	0.044							
動的地震力*4								
静的地震	力*5							

表 4-11 (2) 設計用地震力 (重大事故等対処設備(対称境界))

*2: 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。

*3:6次までは固有周期が0.050sより長いモード,7次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価点は、下部ドライウェルアクセストン ネルを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力度が大きくなる部位を 選定する。選定した応力評価点を表 4-12 及び図 4-5 に示す。

応力評価点番号	応力評価点
	原子炉本体基礎側端部
P 1	(P1-A~P1-C)
D O	原子炉本体基礎側フレキシブルジョイント部
P 2	(P2-A~P2-C)
ЪŶ	下部ドライウェルアクセストンネル円筒胴
РЗ	(P3-A~P3-C)
D 4	原子炉格納容器側フレキシブルジョイント部
Ρ4	(P4-A~P4-C)
	原子炉格納容器側端部
РЭ	(P5-A~P5-C)

表 4-12 応力評価点



図 4-5 下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価点

4.6.2 応力度計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルの応力度計算方法について以下に示す。

(1) 設計基準対象施設としての応力度計算

設計基準対象施設における応力度計算方法は,既工認から変更はなく,参照図書(1)に 示すとおりである。

地震以外の応力度は既工認の値を用い,地震による応力度は「4.3 解析モデル及び諸 元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルにより算出した値を用い評 価する。

(2) 重大事故等対処設備としての応力度計算

下部ドライウェルアクセストンネルに作用する圧力,死荷重,地震荷重及び水力学的 動荷重による応力度は,「4.3 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセス トンネルの解析モデルにより算出する。

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力度」及び「4.5 設計用地震力」 に示す。

4.8 応力度の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力度が許容応力度以下であること。

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示 す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有している ことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」 における表 5-3の荷重の組合せのNo.を記載する。

				短	期		芸重の
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度	判定	何里の 知会時
				N/mm^2	N/mm^2		和日日
	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	105		0	(14)
-	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	100		0	(14)
	P1-C	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	61		0	(14)
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	167		0	(14)
下部ドライウ ェルアクセス	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	88		0	(14)
トンネル	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	104		0	(14)
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	41		0	(14)
	Р3-В	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	25		0	(14)
	РЗ-С	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	27		0	(14)

表 5-1(1) 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+P+M+Sd*) (その1)

	評価部位			短		世手の	
評価対象設備			応力分類	算出応力度	許容応力度	判定	何重の
		-		N/mm^2	N/mm^2		祖合セ
下部ドライウェルアクセス	P4-A	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	104		0	(14)
	P4-B	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	147		0	(14)
	P4-C	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	109		0	(14)
トンネル	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	66		0	(10), (14)
	Р5-В	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	68		0	(10), (14)
	Р5-С	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	100		0	(14)

表 5-1(1) 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+P+M+Sd*) (その2)

				短	期	
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度	判定
				N/mm^2	N/mm^2	
	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	113		0
	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	111		0
	P1-C	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	67		0
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	82		0
下部ドライウ ェルアクセス	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	76		0
トンネル	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	54		0
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	18		0
	Р3-В	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	20		0
	РЗ-С	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	12		0

表 5-1(2) 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PL+ML+Sd*)(その1)

				短		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度	判定
	平価対象設備 P4-A F P4-B ア P4-B F P4-C F ア P4-C F フ P4-C F フ P4-C F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-A F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-A F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-B F フ P4-C F フ P5-A F P5-A			N/mm^2	N/mm^2	
	Ρ 1 -Δ	原子炉格納容器側	組合社広力産	86		\bigcirc
	1 1 11	フレキシブルジョイント部	和日ビルフリタ			\bigcirc
	P4-B	原子炉格納容器側	組合社広力産	78		\bigcirc
		フレキシブルジョイント部	和日ビルフリタ	10		\bigcirc
下部ドライウ	Р4-С	原子炉格納容器側	組合社広力産	56		\bigcirc
ェルアクセス		フレキシブルジョイント部	和日ビルフリタ	50		\bigcirc
トンネル	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	79		0
	Р5-В	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	80		0
	Р5-С	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	108		0

表 5-1(2) 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PL+ML+Sd*) (その2)

				短	期		芸重の
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度	判定	何里の 知会止
				N/mm^2	N/mm^2		相合也
	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	115		0	(15)
	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	108		0	(15)
	P1-C	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	63		0	(15)
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	199		0	(15)
下部ドライウ ェルアクセス	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	133		0	(15)
トンネル	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	138		0	(15)
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	48		0	(15)
	РЗ-В	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	33		0	(15)
	РЗ-С	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	32		0	(15)

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+P+M+Ss) (その1)

	評価部位			短		芸重の	
評価対象設備			応力分類	算出応力度	許容応力度	判定	何里の
				N/mm^2	N/mm^2		和百世
	P4-A	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	146		0	(15)
	P4-B	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	177		0	(15)
下部ドライウ ェルアクセス	P4-C	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	144		0	(15)
トンネル	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	68		0	(15)
	Р5-В	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	69		0	(15)
	Р5-С	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	110		0	(15)

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+P+M+Ss) (その2)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果 を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を 有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果
構造強度評価の結果を表 5-3 に示す。

				短		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	」度 許容応力度	
				N/mm^2	N/mm^2	
	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	53		0
	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	44		0
	P1-C	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	22		0
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	193		0
下部ドライウ ェルアクセス	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	144		0
トンネル	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	140		0
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	35		0
	Р3-В	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	34		0
	РЗ-С	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	36		0

表 5-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+PSAL+MSAL+Sd) (その1)

				短			
評価対象設備	評価部位		応力分類	算出応力度	算出応力度 許容応力度		判定
				N/mm^2	N/mm^2		
	P4-A	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	130			0
	P4-B	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	190			0
下部ドライウ ェルアクセス	P4-C	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	145			0
トンネル	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	26			0
	Р5-В	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	19			0
	Р5-С	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	40			0

表 5-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+PSAL+MSAL+Sd) (その2)

				短		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度	判定
				N/mm^2	N/mm^2	
	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	48		0
	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	42		0
	P1-C	2 原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	22		0
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	182		0
下部ドライウ ェルアクセス	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	177		0
トンネル	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	146		0
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	14		0
	Р3-В	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	13		0
	РЗ-С	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	16		0

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+P SALL+M SALL+Ss) (その1)

				短			
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容応力度		判定
				N/mm^2	N/mm	2	
	P4-A	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	173			0
	P4-B	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	183			0
下部ドライウ ェルアクセス	P4-C	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	149			0
トンネル	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	22			0
	Р5-В	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	20			0
	Р5-С	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	42			0

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+P SALL+M SALL+Ss) (その2)

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-4-1「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」

V-2-9-5 その他の原子炉格納施設の耐震性についての計算書

V-2-9-5-1 コリウムシールドの耐震性についての計算書

1. 概要	· 1
2. 一般事項 ······	· 1
2.1 構造計画	· 1
2.2 評価方針	• 4
2.3 適用規格·基準等 ······	· 4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 5
3. 評価部位	. 6
4. 固有周期 ·····	. 8
5. 構造強度評価	. 8
5.1 構造強度評価方法	, 8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	, 8
5.2.1 荷重の組合せ及び荷重の種類	, 8
5.2.2 許容応力	. 8
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	, 8
5.2.4 設計荷重	11
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.4.1 応力評価点	13
5.4.2 補強フレームの応力計算(応力評価点 P1) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
5.4.3 縦材の応力計算(応力評価点P2) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
5.4.4 水平材の応力計算(応力評価点P3)	19
5.4.5 ガセットプレートの応力計算(応力評価点P4) ・・・・・・・・・・・・・・	21
5.4.6 ベースプレート及びアンカーボルトの応力計算(応力評価点P5及び	
P 6)	22
5.4.7 水平プレート及び鋼棒の応力計算(応力評価点P7及びP8)	24
5.4.8 ボルトの応力計算(応力評価点P9)	26
5.5 計算条件	27
5.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
6. 評価結果	28
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	28

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、コリウムシールドが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

コリウムシールドは,重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。 以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画
 - コリウムシールドの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (1/2)



 \sim



2.2 評価方針

地震荷重に対するコリウムシールドの構造強度評価を行う。なお,強度評価部位はシール ド材を下部ドライウェルコンクリート床上に固定するためのサポートとする。

また、設計荷重は、シールド材に作用する水平地震荷重及び鉛直地震荷重とする。

コリウムシールドの構造強度評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重 及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すコリウムシールドの 部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許 容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。 確認結果を「6. 評価結果」に示す。

コリウムシールドの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 コリウムシールドの耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準(日本建築学会 2005年改定)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Арі	断面積 (i=1, 2, 3, …)	mm^2
AtP7	断面積	mm^2
ΑτΡ7	断面積	mm^2
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
fь	許容曲げ応力度	MPa
f s	許容せん断応力度	MPa
f t	許容引張応力度,許容組合せ応力度	MPa
F	基準応力	MPa
Fрі	せん断力, 引張力 (i=1, 2, 3, …)	Ν
F t P 6	引張力	Ν
F τ Р 6	せん断力	Ν
L 6	アンカーボルト間の距離	mm
Lві	長さ(支持スパン)(i=1, 2, 3)	mm
Lнз	長さ(負担スパン)	mm
Мрі	曲げモーメント (i=1, 2, 3, …)	N•mm
Msad	機械的荷重 (SA時)	—
N 6	アンカーボルトの本数	—
PSAD	圧力 (SA時)	—
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	—
S u	設計引張強さ	MPa
Sу	設計降伏点	MPa
w i	分布荷重 (i=1, 2, 3)	N/mm
W	荷重	Ν
Ζрі	断面係数 (i=1, 2, 3, …)	mm^3
ρs	密度	kg/m^3
σbΡi	曲げ応力度 (i=1, 2, 3, …)	MPa
σрі	組合せ応力度 (i=1, 2, 3)	MPa
στΡί	引張応力度 (i =6, 7)	MPa
τрi	せん断応力度 (i=1, 2, 3, …)	MPa

3. 評価部位

コリウムシールドの形状及び主要寸法を図 3-1 に,使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。 □



図 3-1 コリウムシールドの形状及び主要寸法

K7 (1) V-2-9-5-1 R1

使用部位	使用材料	備考		
補強フレーム				
縦材				
水平材				
ガセットプレート				
ベースプレート				
アンカーボルト				
水平プレート				
鋼棒				
ボルト				

表 3-1 使用材料表

4. 固有周期

コリウムシールドは補強フレーム,縦材,水平材,ガセットプレート,ベースプレート,ア ンカーボルト,水平プレート,鋼棒,ボルトにより固定されており,全体的に一つの剛体とみ なせるため,固有周期は十分に小さく,固有周期の計算は省略する。

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法
 - (1) コリウムシールドの耐震評価は、「5.2.4 設計荷重」に示す条件に基づき、耐震評価上 厳しくなる補強フレーム、縦材、水平材、ガセットプレート、ベースプレート、アンカー ボルト、水平プレート、鋼棒、ボルトについて実施する。
 - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
 - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 5.2.1 荷重の組合せ及び荷重の種類 コリウムシールドの荷重の組合せ及び荷重の種類を表 5-1 に示す。
 - 5.2.2 許容応力

コリウムシールドの許容応力度を表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

コリウムシールドの使用材料の許容応力評価条件を表 5-3 に示す。

表5-1 荷重の組合せ及び荷重の種類(重大事故等対処設備)

施設	区分	機器名称	設備分類*	機器等 の区分	荷重の組合せ	荷重の種類
原子炉格納 施設		コリウム シールド	常設/緩和		$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	短期荷重

注記*:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

表5-2 許容応力度

応力分類			ボルト等	¥以外*2		ボルト	、等*2
荷重の種類	基準応力	引張り	曲げ	せん断	組合せ	引張り	せん断
短期荷重	F *1	1.5 • f t	1.5 • f b	1.5 • f s	1.5 • f t	1.5 • f t	1.5 • f s

注記*1:基準応力Fは以下の計算式で求める。

 $F = M i n (S_y, 0.7 \cdot S_u)$

*2: ft, fb, fsはそれぞれ以下の計算式で求める。

f t = F
$$/ 1.5$$

f b = F $/ 1.5$ X $/ t F / 1.3$
f s = F $/ (1.5 \cdot \sqrt{3})$

K7 ① V-2-9-5-1 R1

評価部材	材料	S _y (MPa)	S u (MPa)
補強フレーム,縦材,水平材,			
ガセットプレート, ベース			
プレート,水平プレート]		
鋼棒			
アンカーボルト			
ボルト			
注記*:			

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

5.2.4 設計荷重

(1) 地震荷重

図 3-1 に示すとおり、部材が負担する荷重範囲は、構造の周期性及び支持スパンの長 さをそれぞれ考慮し、幅 mm とする。その範囲のシールド材に作用する荷重Wを以下 に示す。本荷重に対して地震加速度が作用することにより発生する荷重が地震荷重とな る。



(2) 水荷重

コリウムシールドは水による荷重を負担する構造でないため,水荷重による応力は評 価対象としない。 5.3 設計用地震力

コリウムシールドに加わる地震荷重は、V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」 において計算された計算結果を用いる。コリウムシールドの設計用地震力を表 5-4 に示す。

据付場所 及び	固有 (:	周期 s)	基準地震	€動Ss				
設置高さ	水平	鉛直	水平方向	鉛直方向				
(m)	方向	方向	設計震度	設計震度				
原子炉本体 基礎 T.M.S.L -6.60*1	*2	*2	Сн=1.02	Cv=1.00				

表 5-4 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく、計算を省略する。
5.4 計算方法

5.4.1 応力評価点

コリウムシールドの応力評価点は、コリウムシールドを構成する部材の形状及び荷重 伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を 表 5-5 及び図 5-1 に示す。

<u></u>	
応力評価点番号	応力評価点
P 1	補強フレーム
P 2	縦材
Р3	水平材
P 4	ガセットプレート
Р 5	ベースプレート
P 6	アンカーボルト
P 7	水平プレート
P 8	鋼棒
P 9	ボルト

表 5-5 応力評価点





図 5-1 コリウムシールドの応力評価点

- 5.4.2 補強フレームの応力計算(応力評価点P1)
 - (1) 計算モデル

計算モデルは図 5-2 に示す片持ちはりとして計算する。



c. 補強フレームに作用するせん断力
 F P1=w1・L B1

- (2) 応力計算
 - a. 補強フレームの曲げ応力度 σ b P 1 = MP 1 Z P 1 : 補強フレームの断面係数 = mm³
 b. 補強フレームのせん断応力度 τ P 1 = FP 1 A P 1 : 補強フレームのせん断断面積 = mm²

- 5.4.3 縦材の応力計算(応力評価点 P2)
 - (1) 計算モデル

評価幅(mm)のシールド材の地震荷重が,縦材に等分布荷重として作用するものとして計算する。縦材は,評価幅に対して2箇所で地震荷重を受けるため,荷重を1/2したもので評価する。

計算モデルは図 5-3 に示す両端支持はりとして計算する。



図 5-3 縦材の計算モデル

a. 縦材に作用する等分布荷重

 $w_2 = w_1$

b. 縦材に作用する曲げモーメント $M_{P2} = \frac{W_2 \cdot L_{B2}^2}{8}$ ここで, $L_{B2}: 支持スパン=$ mm

c. 縦材に作用するせん断力 F_{P2}=<u>w2・L_{B2}</u> 2

- (2) 応力計算
 - - $\tau_{P2} = \frac{F_{P2}}{A_{P2}}$ ここで, $A_{P2}: 縦材のせん断断面積= ____mm^2$
 - c. 縦材の組合せ応力度 σ_{P2}=√σ_{bP2}²+3・τ_{P2}²

- 5.4.4 水平材の応力計算(応力評価点P3)
 - (1) 計算モデル

評価幅(mm)のシールド材の地震荷重が、水平材に等分布荷重として作用するものとして計算する。水平材は、評価幅に対して 3 箇所で地震荷重を受けるため、荷重を 1/3 したもので評価する。

計算モデルは図 5-4 に示す両端支持はりとして計算する。



図 5-4 水平材の計算モデル

a. 水平材に作用する等分布荷重 w₃ = <u>√2·W·C_H</u> <u>3·L_{H3}</u>

b. 水平材に作用する曲げモーメント MP3=<u>W3・LB3²</u> ここで, LB3:支持スパン=**__**mm

c. 水平材に作用するせん断力

$$F_{P3} = \frac{w_3 \cdot L_{B3}}{2}$$

- (2) 応力計算
 - a. 水平材の曲げ応力度

 σ b P 3 = MP 3 Z P 3
 ここで, Z P 3 : 水平材の断面係数=
 mm³

 b. 水平材のせん断応力度

 τ P 3 = F P 3 A P 3
 - AP3 ここで, AP3:水平材のせん断断面積= _____mm²
 - c. 水平材の組合せ応力度 σ_{P3}=√σ_{bP3}²+3・τ_{P3}²

- 5.4.5 ガセットプレートの応力計算(応力評価点P4)
 - (1) 計算モデル

水平材に加わるせん断力がボルトを介してガセットプレートへ作用するものとして計 算する。

計算は図 5-5 に示すガセットプレートに対して行う。



図 5-5 ガセットプレートの計算モデル

a. ガセットプレートに作用するせん断力

 $F_{P4} = F_{P3}$

(2) 応力計算

a. ガセットプレートのせん断応力度

$$\tau_{P4} = \frac{F_{P4}}{A_{P4}}$$

ここで,

AP4: せん断力に対するガセットプレートのせん断断面積= mm²

- 5.4.6 ベースプレート及びアンカーボルトの応力計算(応力評価点P5及びP6)
 - (1) 計算モデル

補強フレームの基部に生じるモーメントが,ベースプレートに対して作用するものと して計算する。荷重は,補強フレームに作用するシールド材の地震荷重である。コリウ ムシールドの高さに対して,コリウムシールドの長手方向は十分に長いため短手方向の み転倒を考慮する。また,アンカーボルトには補強フレームの基部に生じるモーメント による引張力とせん断力が作用するものとして計算する。

計算モデルは図 5-6 に示す両端支持はりとして計算する。



図 5-6 ベースプレート及びアンカーボルトの計算モデル

b. アンカーボルトに作用する引張力

$$F_{tP6} = \frac{M_{P5}}{L_{6} \cdot (N_{6}/2)}$$

ここで,
 $L_{6}: アンカーボルト間距離 = ___mm$
 $N_{6}: アンカーボルト本数 = _本$

c. アンカーボルトに作用するせん断力 F_{τP6}= $\frac{2 \cdot F_{P1}}{N_6}$ (2) 応力計算

b. アンカーボルトの引張応力度

$$\sigma_{tP6} = \frac{F_{tP6}}{A_{P6}}$$

ここで,
 $A_{P6}: ボルト有効断面積 =$ mm²

c. アンカーボルトのせん断応力度 $\tau_{P_6} = \frac{F_{\tau P_6}}{A_{P_6}}$

- 5.4.7 水平プレート及び鋼棒の応力計算(応力評価点P7及びP8)
 - (1) 計算モデル

鋼棒は、シールド材に開けられた穴に挿入されることにより、シールド材が補強フレ ームから離れるのを防止するための部材である。

評価幅(mm)のシールド材の地震荷重が、鋼棒を介して水平プレートに引張力と して作用するものとして計算する。水平プレートは、評価幅に対して 3 箇所で地震荷重 を受けるため、荷重を 1/3 したもので評価する。また、鋼棒はシールド材及び水平プレ ートに固定されていないため、水平プレートを介してせん断力のみが作用するものとし て計算する。

計算は図 5-7 に示す水平プレート及び鋼棒に対して行う。



図 5-7 水平プレート及び鋼棒の計算モデル

a. 水平プレートに作用する引張力 F_{P7} = $\frac{\sqrt{2} \cdot W \cdot C_{H}}{3}$

なお、水平二方向の影響を考慮するため、震度に対して√2を乗じている。

- b. 鋼棒に作用するせん断力
 - $F_{P 8} = F_{P 7}$

- (2) 応力計算

. 水平 アレートのもん断応力度

$$\tau_{P7} = \frac{F_{P7}}{A_{\tau P7}}$$

ここで,
 $A_{\tau P7}$: せん断力に対する水平プレートのせん断断面積= mm²

$$\tau_{Ps} = \frac{F_{Ps}}{A_{Ps}}$$

ここで,
 $A_{Ps}: 鋼棒の断面積= ____mm^2$

- 5.4.8 ボルトの応力計算(応力評価点P9)
 - (1) 荷重計算

コリウムシールドの補強フレーム等の各部材はボルトにより互いに接合される構造で あるため、各部材からボルトに対してせん断力が作用するものとして計算する。

a. ボルトに作用するせん断力

 $F_{P9} = Max(F_{P2}, F_{P3}, F_{P4}, F_{P7})$

- (2) 応力計算
 - a. ボルトのせん断応力度

$$\tau_{P9} = \frac{F_{P9}}{A_{P9}}$$

ここで,
 $A_{P9}: ボルトの有効断面積= ____mm^2$

5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を,「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」 に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

コリウムシールドの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は 許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認 した。

(1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を表 6-1 に示す。

		表 6-1 短期荷重に対	する応力評価結果(D・	+ P sad+Msad	+ S s)		
				短期	荷重		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力	許容応力	判定	
				MPa	MPa		
			曲げ応力度	40		0	
	P1	補強フレーム	せん断応力度	21		0	
			組合せ応力度	54		0	
			曲げ応力度	52		0	
	P2	縦材	せん断応力度	13		0	
			組合せ応力度	57		0	
			曲げ応力度	87		0	
	P3	水平材	せん断応力度	10		0	
			組合せ応力度	89		0	
コリウムシールド	P4	ガセットプレート	せん断応力度	6		0	

曲げ応力度

引張応力度

せん断応力度

引張応力度

せん断応力度

組合せ応力度

せん断応力度

せん断応力度

118

133

42

119

33

132

15

84

備考

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

 \bigcirc

Ρ5

P6

P7

Ρ8

Ρ9

ベースプレート

アンカーボルト

水平プレート

鋼棒

ボルト

V-2-9-5-2 管の耐震性についての計算書 (格納容器圧力逃がし装置) 重大事故等対処設備

目	欠
---	---

1.	概	要	••	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統	統図及	び	鳥師	敦区	<		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2	. 1	概略	系統	<u>У</u>		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2	. 2	鳥瞰	(図	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5
3.	計	算条伯	牛	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	15
3	. 1	計算	方法		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	15
3	. 2	荷重	の組	合せ	と及	び	許	容	応	力	状	態			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
3	. 3	設計	·条件		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	17
3	. 4	材料	·及び	許容	『応	力			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	33
3	. 5	設計	用地	震力	J		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	34
4.	解	析結果	果及び	評	価		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	35
4	. 1	固有	周期	及て	ド設	計	震	度		•		• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	35
4	. 2	評価	i結果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	47
	4.2	2.1	管の	志力	」評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	47
	4.2	2.2	支持	構造	皆物	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	48
	4.2	2.3	弁の	動的	う 機	能	維	持	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	49
	4.2	2.4	代表	モラ	ゴル	の	選	定	結	果	及	び	全	モ	デ	ル	の	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	50

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、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評価結果を解析 モデル単位に記載する。また,全4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

記号	内容
(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管
(細線)	工事計画書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
00-0-00	鳥瞰図番号
\bullet	アンカ

概略系統図記号凡例





2.2 鳥瞰図

記号	内容
(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
(細線)	工事計画書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。)
3	スナッバ
\exists -///-	ハンガ
3-=	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。)
*	汪1: 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。

鳥瞰図記号凡例



鳥瞰図 FCVS-R-3(1/5)

1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
					_
			昌 瞰 义	FCVS-R-3(2/5)	1
				$1010 \times 0(4/0)$	1

鳥瞰図	FCVS-R-3(3/5)	



鳥瞰図 FCVS-R-3(4/5)

1			
			_ ٦
	自瞰図	FCVS-R-3(5/5)	

L		
	鳥瞰図	FCVS-R-5(1/4)

K7 ① V-2-9-5-2 (重) R1

	鳥瞰図 FCVS-R-5(2/4)

K7 ① V-2-9-5-2(重) R1

			7
	自顾闵	ECVS-R-5(3/4)	
	THE PARTY AND A PA	1010 1 0 (0/ 4)	



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、 「NuPIAS」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、別紙「計算機コードの概要及び検証方法」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*3	許容応力 状態*4
原子炉 格納施設	圧力逃し装置	格納容器圧力 逃がし装置	S A	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	放射性物質濃度制御設備及 び可燃性ガス濃度制御設備 並びに格納容器再循環設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V a S
原子炉 冷却系統 施設	残留熱除去設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設耐震/ 防止	重大事故等 クラス2管	_	V _L +S _S	V a S
原子炉 格納施設	放射性物質濃度制御設備及 び可燃性ガス濃度制御設備 並びに格納容器再循環設備	耐圧強化 ベント系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	V L + S _S	V a S
原子炉 冷却系統 施設	残留熱除去設備	耐圧強化 ベント系	S A	常設耐震/ 防止	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は荷重を示す。

*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し、許容応力状態IVASとして評価を実施する。

16
3.3 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、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図	FCVS-R-3

竺亚旦	対応オズ証価点	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++ *	耐震	縦弾性係数
官留万	対応する評価息	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/3 1/4 	重要度分類	(MPa)
1	$1 \sim 8, 10 \sim 16, 18 \sim 24$	15.00	40	27.2	5.5	SUS304TP		193667
2	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0.87	100	27.2	2.9	SUS304TP		193667
3	$36 \sim 42$	大気圧	100	48.6	3.7	SUS304TP		193667
4	$57\sim 64$	大気圧	100	27.2	2.9	SUS304TP		193667

竺亚旦	対応オズ証価点	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++ x1	耐震	縦弾性係数
官留万	対応する評価息	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)		重要度分類	(MPa)
1	$1 \sim 6, 8 \sim 13$	15.00	40	27.2	5.5	SUS304TP		193667
2	$15\sim 29, 20\sim 225,$ $27\sim 109, 31\sim 42,$ $35\sim 215, 221\sim 223,$ $108\sim 129, 133\sim 134$	0. 87	100	27.2	2.9	SUS304TP		193667
3	$44 \sim 51$	大気圧	100	27.2	2.9	SUS304TP		193667
4	228~232	大気圧	100	34.0	3.4	SUS304TP		193667

配管の付加質量

質量	対応する評価点
	162, 273, 517, 524

配管の付加質量

質量	対応する評価点
	129, 133, 215, 221

フランジ部の質量

質量			対応する評価点
			34, 162, 273, 517, 524
			36

フランジ部の質量

質量			対応する評価点
			228
			129, 133, 215, 221, 225

弁部の寸法

評価点	5	忄径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm))	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
8~ 9			1			9∼ 10		1	
$16\sim 17$				Ī		$17 \sim 564$			
564~513		-		Ī		17~ 18			
24~ 25		-		Ī		$25 \sim 487$			T
487~286		-		Ī	2	$286 \sim 287$			T
287~288		-		Ī		$25\sim 26$			Τ
$34 \sim 35$		-		Ī		$35 \sim 486$			Τ
$35 \sim 36$		-		Ī		43~ 44			
44~ 45		r		Ĩ		$55\sim 56$			
$56 \sim 57$		-		Î	2	$274 \sim 275$		ļ	
275~276				Ī					

鳥瞰図 FCVS-R-3

評価点	夕	卜径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	5	朴径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	
$6\sim$ 7			1		$7\sim$ 8			I		
$13\sim 14$		_			14~428					
428~236		_			$14 \sim 15$					
$29\sim~30$		_			$30\sim 31$					
$42 \sim 43$		_			$43\sim$ 44					
109~110		-			110~111					
$225 \sim 226$					226~227					
226~228		_						<u>.</u>		

鳥瞰図 FCVS-R-5

弁部の質量

質量	対応する評価点	質量		対応する評価点		
	9			24, 26		
	25			35		
	44, 56			275		
	286			288		
	564					

鳥瞰図 FCVS-R-3

弁部の質量

鳥瞰図	FCVS-R-5

質量		対応する評価点	質量		対応する評価点		
		7, 226, 227			30, 43		
		110			428		

支持点及び貫通部ばね定数

士士上平日	各軸力	万向ばね定数 ((N/mm)	各軸廻り回	転ばね定数	(N•mm/rad)
又行尽备方	Х	Y	Z	X	Y	Z
3		1				
7						
12						
15						
19						
23						
27						
29						
31						
37						
40						
47						
50						
54						
62						
65						
67						
70						
74						
78						
82						
86						
90						
93						
95						
98						
102						
106						
111						

鳥瞰図	FCVS-R-3
应 取 [2]	FUS K 5

++++++==	各軸大	万向ばね定数	(N/mm)	各軸廻り回	転ばね定数	(N•mm/rad)
文杅尽奋亏	Х	Y	Z	X	Y	Z
113						·
117						
121						
125						
130						
132						
139	-					
143	-					
145	-					
147						
150						
154						
158						
165						
167						
169						
172						
176						
180	_					
184						
188	-					
191						
193						
197	-					
200						
204						
210						
212						
216	· · _ ·	· · - ·	1			

士体上至已	各軸方	向ばね定数	(N/mm)	各軸廻り回	転ばね定数	(N•mm/rad)	
又行尽备方	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
220							
224						I	
229						T	
231						Ī	
239						T	
241						Ī	
243	_					Ī	
245						Ī	
248						Ī	
252	_					Ī	
256	_					Ť	
258						Ī	
262						Ī	
268	_					Ī	
270						Ī	
287	_					Ť	
513	T					Ť	
539	T					Ī	
557			1	1	1		

鳥瞰図 FCVS-R-3

十世上五日	各軸方	向ばね定数	(N/mm)	各軸回り[回転ばね定数(N•mm/rad)
又行尽备方	Х	Y	Z	X	Y	Z
3		1				
5						
12						
16						
21						
24						
26						
28						
34	I					
37						
39	I					
41	Ī					
50	I					
54	Ĩ					Γ
64	I					
67	I					
70	I					
75	Ī					
77	Ĩ					Γ
81	Ī					Γ
84	Ī					
88	I					
91						
94	I					Ī
96						Ī
98	1					

鳥瞰図 FCVS-R-5

士士上平日	各軸方	向ばね定数	(N/mm)	各軸回り	回転ばね定数()	N•mm/rad)
又村県留方	X	Y	Z	Х	Y	Z
101						
107						
118						
121						
124						
126						
128						
137						
147						Ι
150						Ī
154						Ī
158						Ī
160	Ī					Ī
162	Ī					Ī
168						Ī
173						Ī
176						
180						Ī
183						Ī
184						Ī
187						Ī
191						Ī
194	ĺ					Ì
197	1					Ī
201	1					Ī
204		1	ł			

鳥瞰図 FCVS-R-5

古住占来旦	各軸方	向ばね定数	(N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
又打尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
207						
211						
214						
230						
236						
396						
397	Ī					
398	Ĩ					
411	I					
424						

鳥瞰図 FCVS-R-5

3.4 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		許容応え	ታ (MPa)	
	(°C)	S m	S y	S u	S h
SUS304TP	40		205	520	
SUS304TP	100		171	441	

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	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
FCVS-R-3	原子炉建屋		
FCVS-R-5	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	FCVS-R-3
--	-----	----------

適用す	る地震動等		S s	
K	固有周期	応答水平	^Z 震度*1	応答鉛直震度*1
r	(s)	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				
41 次				
42 次				
動自	勺震度 ^{*2}		1	
E記 *1: 名	トモードの固有	周期に対し、設計	用床応答曲線よ	り得られる震度を示

*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度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 FCVS-R-3

	固有周期		刺激係数*		
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	
1次		I I			
2 次					
3次					
4次					
5次					
6次					
7次					
8次					
41 次		·			
注記*:柬	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	マスの積から
算	「出した値を示 [、]	す。			

36

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。

代表的振動モード図(1次)			
		鳥瞰図	FCVS-R-3





解析結果及び評価 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCVS-R-5

適用す	る地震動等		S s		
T	固有周期	応答水平	応答鉛直震度*1		
モート	(s)	X方向	Z方向	Y方向	
1次			1		
2 次					
3 次					
4 次					
5 次					
6次					
7 次					
8次					
27 次					
28 次					
動的	D震度*2		<u> </u>		

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:Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度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 FCVS-R-5

K	臣	目有周期	刺激係数*									
r	5	(s)	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					-							
27 次			·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·								
注記*:束	刺激仔	系数は、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						

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。

代表的振動モード図(2次)	

代表的振動モード図(3次)		
	T	
	鳥瞰図	FCVS-R-5

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

	許容応力 状態			一次応力評	価 (MPa)	一次+二次応;	疲労評価	
鳥瞰図		最大応力 評価点	最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm(Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2Ѕу	USs
FCVS-R-3	V _A S	26	Sprm(S s)	152	396			_
FCVS-R-5	V _A S	18	S n (S s)			244 342		_

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)
------------	-------

					評価	結果
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算	許容
					荷重	荷重
					(kN)	(kN)
	_		V-2-1-12	「配管及び		
_		_	支持構造物	の耐震計	_	_
			算について			

支持構造物評価結果(応力評価)

	種類	型式	材質	温度 (℃)	支持点荷重						評価結果		
支持構造物					反力 (kN)		モーメント (kN・m)			応力	計算	許容	
畨号											応力	応力	
					F _x	Fγ	Γz	M _x	My	M z	分類	(MPa)	(MPa)
IAOP-01A	アンカ	架構	SS400	100	1	1	1	1	1	1	組合せ	32	150
ACOP-01-10R	レストレイント	架構	SS400	50	2	0	2	—	-	_	組合せ	36	159

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	形式	要求機能	機能維持評 (×9.8	価用加速度 3m/s2)	機能確認 (×9.8	済加速度 3m/s2)	構造強度評価結果 (MPa)		
			水平	垂直	水平	垂直	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,設計条件及び 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)

			許容応力状態 VAS											
			_	次応力	欠応力			一次+二次応力				疲労評価		
No.	配管モデル	≣亚	計算	許容			雪亚	計算	許容			雪亚	疲労	
	価	応力	応力	裕度	代 表	代	応力	応力	裕度	代 表	価	累積	代表	
		风 (MPa)		(MPa)			「見」	(MPa)	(MPa)				係数	
1	FCVS-R-3	26	152	396	2.60	0	26	168	342	2.03	_			—
2	FCVS-R-4	48	99	396	4.00		194	137	342	2.49				—
3	FCVS-R-5	18	136	396	2.91	_	18	244	342	1.40	0		_	_
4	FCVS-R-6	14	128	396	3.09		97	218	342	1.56				_

V-2-9-5-3 遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書

目	次
---	---

1 概要	1
2 一般事項	1
2. 水平文 9.1 構造計画	1
2.1 附近时四	8
2.2 町山刀町 9.2 海田相枚,其淮笠	0
2.3 顺用风俗·盔中守 9.4 匀县办销明	9 10
2.4 記方の説明 2.5 計算結束と粉値のまめ古	10
2.3 計算相及と数値の丸の力 ······	12
	13
4. 地震応答解析及び構造強度評価 ····································	15
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	15
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.2.2 許容応力	15
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.3 解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
4.4 固有周期	20
4.5 設計用地震力	21
4.6 計算方法	22
4.6.1 等速ジョイント ・・・・・	22
4.6.2 取付ボルト ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
4.6.3 基礎ボルト	28
4.7 計算条件	33
4.8 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
4.8.1 等速ジョイントの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
4.8.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
5 機能維持評価	34
5.1 動的機能維持評価方法 ······	34
	21 21
0.1.1 1及肥堆町心(月/川还反 6<	ง4 วศ
	30
0.1 里八爭 戦 寺 羽 処 設 脯 と し い 伊 評 恤 結 ポ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	35
1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計 方針に基づき、遠隔手動弁操作設備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。

遠隔手動弁操作設備は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常 設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機 能維持評価を示す。

なお、遠隔手動弁操作設備は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されていない設備であ るため、加振試験で得られた機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較により、動的機 能維持の確認を行う。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

遠隔手動弁操作設備の構造計画を表 2-1 から表 2-6 に示す。遠隔手動弁操作設備は,隔離 弁を原子炉建屋二次格納施設外から人力により開閉操作するための設備であり,隔離弁から操 作位置までの経路の違いにより構成の異なる6種類の遠隔手動弁操作設備が設置されている。

表 2-1 構造計画



 \sim

表 2-2 構造計画



ω

表 2-3 構造計画



4

表 2-4 構造計画



СЛ

表 2-5 構造計画



0

表 2-6 構造計画



 $\overline{}$

2.2 評価方針

遠隔手動弁操作設備の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び 荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す遠隔手動弁操作設備の部位 を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計地震力による応力等が許容限界内に収まることを、 「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、遠 隔手動弁操作設備の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機能 維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維 持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。 遠隔手動弁操作設備の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 遠隔手動弁操作設備の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会, 2005/2007)(以下「設
 - 計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位			
Abi	ボルトの軸断面積*1	mm^2			
А	等速ジョイントの断面積				
Сн	水平方向設計震度	—			
Сv	鉛直方向設計震度	—			
D1	等速ジョイントの外径	mm			
D 2	等速ジョイントの(中空部)の内径	mm			
d i	ボルトの呼び径*1	mm			
Е	縦弾性係数	MPa			
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa			
F 1	解析結果から得られる等速ジョイント接続部に生じる引張力	Ν			
Fbi	ボルトに作用する引張力*1	Ν			
F bli	ボルトに作用する引張力*1(長辺方向転倒の場合)	Ν			
F b2i	ボルトに作用する引張力*1(短辺方向転倒の場合)	Ν			
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa			
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa			
ftsi	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa			
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2			
h	支持構造物の据付面から重心までの距離	mm			
ℓ_1	支持構造物・取付構造物の重心とボルト間の距離*2	mm			
ℓ 2	支持構造物・取付構造物の重心とボルト間の距離*2	mm			
ℓз	最外側ボルト間の距離*2	mm			
ℓ 4	最外側ボルト間の距離*2	mm			
m 0	等速ジョイントの質量	kg			
m 1	支持構造物の質量	kg			
М	解析結果から得られる等速ジョイントに作用する最大のモーメント	N•mm			
M_1	解析結果から得られる等速ジョイント接続部に生じるモーメント	N•mm			
Ν	支持構造物に接続される等速ジョイントの本数				
n i	せん断力を受けるボルトの本数*1				
n fi	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—			
Q	解析結果から得られる等速ジョイントに作用する最大のせん断荷重	Ν			
Q 1	解析結果から得られる等速ジョイント接続部に生じるせん断荷重	Ν			
$Q \ \mathrm{b} \ \mathrm{i}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν			
S u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa			
S у	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa			
S _y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa			
Z	等速ジョイントの断面係数	mm^3			

記号	記号の説明	単位
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σр	等速ジョイントに生じる引張応力	MPa
au p	等速ジョイントに生じるせん断応力	MPa
σ bp	等速ジョイントに生じる曲げ応力	MPa
σbi	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τbi	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1:Abi, di, Fbi, Fbi, Fbi, Qbi, f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , ni, nfi, σ bi, τ biの添字iの意味は、以下のとおりとする。

i =1:基礎ボルト

i =2:取付ボルト

 $*2:\ell_1 \leq \ell_2, \ \ell_3 \leq \ell_4$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は、表2-7に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
縦弾性係数*1	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
震度		小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C			整数位
質量	kg			整数位*3
長さ	mm			整数位*3
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*4	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-7 表示する数値の丸め方

注記*1:設計・建設規格 付録材料表に記載された温度の中間における縦弾性係数は, 比例法により補間した値の有効数字4桁目を四捨五入し,有効数字3桁まで の値とする。

*2:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*4:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点 は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位までの値とする。 3. 評価部位

遠隔手動弁操作設備の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に 基づき、耐震評価上厳しくなる最長の等速ジョイント、その両端の機器、支持構造物を固定する 取付ボルト及び基礎ボルトについて実施する。

遠隔手動弁操作設備の耐震評価部位については、図 3-1 から図 3-3 に示す。







図 3-2 評価部位(遠隔手動弁操作設備(その5)(支持構造物A(取付ボルト,基礎ボルト)))



図 3-3 評価部位(遠隔手動弁操作設備(その5)(支持構造物B(取付ボルト,基礎ボルト)))

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - (1) 遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち,等速ジョイントは十分剛なヘリカルパワードライ ブ及びベアリングユニットに接続されるものとする。
 - (2) 遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち、ヘリカルパワードライブ及びベアリングユニット は十分剛な支持構造物に取付ボルトにより固定されるものとする。
 - (3) 遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち、支持構造物は十分剛な壁及び床に基礎ボルトにより固定されるものとする。
 - (4) 地震力は、遠隔手動弁操作設備に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、作 用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
 - (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
 遠隔手動弁操作設備の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価
 に用いるものを表 4-1 に示す。
 - 4.2.2 許容応力

遠隔手動弁操作設備の許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

遠隔手動弁操作設備の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に 用いるものを表 4-3 に示す。

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉格納 施設	圧力逃がし装置	遠隔手動弁操作設備	常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
	抬针机物质漂牢制御				$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV A S
が 原子炉格納 施設	成新性物負濃度制御 設備及び可燃性ガス 濃度制御設備並びに 格納容器再循環設備	度前御 性ガス 並びに 環設備	常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
					$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	遠隔手動弁操作設備	常設耐震/防止	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+PsAD+MsAD+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

16

	許容限界 (ボルト	1*1, *2 以外)	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)			
許容応力状態	一次応	际力	一次応力			
	曲げ	せん断	引張り	せん断		
IVAS VAS (VASとしてIVASの	1.5 • fb [*]	1.5 • f s*	1.5 • f t [*]	1.5 • f s [*]		
許容限界を用いる。)						

表4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は

評価を省略する。

	***	温度条件		S y	S u	S y (R T)	
6半11111年1042	的科	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	
	STPG370	周囲環境温度	100	173	345		
寺述ンヨイント	SCM440	周囲環境温度	100	729	891		
時仕ぞっし	SS400	国国博特祖英	100	010	070		
取行ホノレト	(16mm<径≦40mm)	间囲圾見温度	100	212	373		
甘7株-22 1	SS400	国国博运组库	100	010	070		
全碇小ルト	(16mm<径≦40mm)	向囲泵現温度	100	212	373		

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

4.3 解析モデル及び諸元

遠隔手動弁操作設備の解析モデルを図4-1に,解析モデルの概要を以下に示す。また,機器の諸元を本計算書の【遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち、アンカとなるヘリカルパワードライブ、ベアリン グユニット及び支持構造物は、原子炉建屋と共振しないよう十分な剛性をもたせた設計で あるため、剛体とする。
- (2) 解析モデルでは、等速ジョイントをはり要素でモデル化し、要素の自重は要素荷重として 考慮する。
- (3) はり要素の断面形状については、等速ジョイントを軸(中空部)、軸(中実部)、外輪、カップリングの4つに分類して、各断面を考慮して設定する。
- (4) 拘束条件として、アンカとなるモデル端部を完全拘束とし、等速ジョイントのうちボール ジョイント部をピン結合とする。
- (5) 等速ジョイント,取付ボルト及び基礎ボルトの応力は,解析結果で得られた荷重(反力, モーメント)を用いて理論式により算出する。
- (6) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値、遠隔手動弁操作設備の構成要素のうち等速ジョイントに生じる荷重(反力、モーメント)を求める。 なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機 プログラム(解析コード)の概要」に示す。



4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-4 に, 振動モード図を図 4-2, 図 4-3 に示す。 固有周期は 0.05 秒を超えており, 柔であることを確認した。

			水平方向	鉛直方向		
モード	卓越万问	固有周期(s)	NS 方向	EW 方向	刺激係数*	
1次	水平	0.094				
2 次	鉛直	0.094				
3次	水平	0.025	_			

表 4-4 固有周期

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。

図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 0.094s)

図 4-3 振動モード(2 次モード 鉛直方向 0.094s)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 床面高	F及び さ(m)	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5 (T.M.S.L. 31.7 ^{*1})				. 5 . 7 ^{*1})	
固有周	期(s)		水平	$\vec{L}: 0.094^{*2}$	鉛直:0.094		
減衰定数	数(%)			水平:1.0	鉛直:1.0)	
地震	力	弾性調	設計用地震重 又は静的震度	₫Sd €	基	E準地震動 S	S
エード	固有周期	応答水	平震度 応答鉛直		応答水平	平震度*3	応答鉛直
	(s)	NS 方向	EW 方向	震度	NS 方向	EW 方向	震度*3
1次	0.094	_					
2 次	0.094	_		_			
3次	0.025	—	_	—			
動的地震力*4 — — — —							
静的地震	震力						

表 4-5 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:1次固有周期について記載

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

*4:Ssに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 等速ジョイント

等速ジョイントの応力は,解析結果で得られた最大のせん断荷重及びモーメントから理 論式により,せん断応力及び曲げ応力を算出する。

解析で得られたせん断応力,曲げ応力それぞれの最大応力発生箇所における等速ジョイントのせん断荷重及びモーメントを表 4-6 に示す。

表 4-6 最大応力発生箇所における等速ジョイントに作用する荷重及びモーメント

	荷重(N)	モーメント(N・mm)
对家懱岙	Q	М
遠隔手動弁操作設備	420.7	4. 364×10^5

a. せん断応力

b. 曲げ応力

等速ジョイントの曲げ応力は,	次式により求める。	
$\sigma_{\rm bp} = \frac{M}{Z} \cdots$		(4.6.1.2)

- 4.6.2 取付ボルト
 - (1) 支持構造物 A の場合

取付ボルトの応力は、等速ジョイント接続部に生じる引張力、せん断力、モーメントと地震 による震度によって支持構造物Aに生じる引張力、せん断力を考慮して計算する。 計算モデルを図4-4、図4-5に示す。





図 4-5 計算モデル (短辺方向転倒の場合)

a. 引張応力

取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図4-4及び図4-5に示すモデル により、イ点及びロ点を支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の取付ボルトで受け るものとして計算する。なお、重心は保守的な位置に設定する。

また,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントが,引張力として取付ボルトに作用するものとする。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントは,支持構造物Aに接続される等速ジョイントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。 解析で得られた等速ジョイント接続部の荷重及びモーメントを表4-7に示す。

	••= •••	- 1	
	荷重	モーメント(N・mm)	
対象機器	F 1	Q_1	M1
遠隔手動弁操作設備	461.4	126.4	9. 545×10^4

表 4-7 等速ジョイント接続部に生じる荷重及びモーメント

引張力

$$F_{bi} = \frac{C_{H} \cdot \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{h} + (1 + C_{V}) \cdot \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \ell_{1}}{\mathbf{n}_{fi} \cdot (\ell_{2} - \ell_{1})} + \mathbf{N} \cdot \left[\frac{F_{1}}{\mathbf{n}_{fi}} + \frac{\mathbf{M}_{1}}{\mathbf{n}_{fi} \cdot (\ell_{2} - \ell_{1})}\right] \cdots (4. \ 6. \ 2. \ 1)$$
引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{\mathbf{A}_{bi}} \cdots (4. \ 6. \ 2. \ 2)$$

b. せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は,取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。また, 等速ジョイント接続部から加わる荷重が,せん断力として取付ボルトに作用するものとす る。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重は,支持構造物Aに接続される等速ジョ イントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。

せん断応力 $\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{A_{bi}}$ (4.6.2.4) (2) 支持構造物 B の場合

取付ボルトの応力は、等速ジョイント接続部に生じる引張力、せん断力、モーメントと地震 による震度によって支持構造物 B に生じる引張力、せん断力を考慮して計算する。 計算モデルを図 4-6 に示す。



反力発生箇所(解析結果のF、Q)



a. 引張応力

取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図4-6に示すモデルのように転倒 支点を考え,これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。なお,重心は保守的 な位置に設定する。

また,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントが,引張力として取付ボルトに作用するものとする。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントは,支持構造物Bに接続される等速ジョイントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。

引張力

$$F_{bi} = \frac{C_{H} \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_{V}) \cdot m \cdot g \cdot \ell_{1}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} + N \cdot \left[\frac{F_{1}}{n_{fi}} + \frac{M_{1}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})}\right] \cdots \cdots (4.6.2.5)$$

b. せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は,取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。また, 等速ジョイント接続部から加わる荷重が,せん断力として取付ボルトに作用するものとす る。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重は,支持構造物Bに接続される等速ジョ イントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。

せん断力
$$Q_{bi} = \frac{C_{H} \cdot m \cdot g + N \cdot Q_{l}}{n_{i}} \cdots (4.6.2.7)$$

- 4.6.3 基礎ボルト
 - (1) 支持構造物 A の場合

基礎ボルトの応力は、等速ジョイント接続部に生じる引張力、せん断力、モーメントと地震 による震度によって支持構造物Aに生じる引張力、せん断力を考慮して計算する。

計算モデルを図 4-7,図 4-8 に示す。



図 4-7 計算モデル(正面方向転倒の場合)



図 4-8 計算モデル (側面方向転倒の場合)

a. 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は,最も厳しい条件として図4-7及び図4-8で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして 計算する。なお,重心は保守的な位置に設定する。

また,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントが,引張力として基礎ボルトに作用するものとする。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントは,支持構造物Aに接続される等速ジョイントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。 解析で得られた等速ジョイント接続部の荷重及びモーメントを表4-8に示す。

	荷重	モーメント(N・mm)			
对象機畚	F 1	Q_1	M_1		
遠隔手動弁操作設備	126.4	461.4	9. 545×10^4		

表 4-8 等速ジョイント接続部に生じる荷重及びモーメント

$$F_{b1i} = \frac{C_{H} \cdot m \cdot g \cdot h}{n_{fi} \cdot \ell_{4}} + \frac{(1+C_{V}) \cdot m \cdot g \cdot h}{n_{fi} \cdot \ell_{3}} + N \cdot \left[\frac{F_{1}}{n_{fi}} + \frac{M_{1}}{n_{fi} \cdot \ell_{4}}\right] \cdots (4.6.3.1)$$

$$F_{b2i} = \frac{C_{H} \cdot m \cdot g \cdot \ell_{2} + (1+C_{V}) \cdot m \cdot g \cdot h}{n_{fi} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} + N \cdot \left[\frac{F_{1}}{n_{fi}} + \frac{M_{1}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})}\right] \cdots (4.6.3.2)$$

$$F_{bi} = Max(F_{b1i}, F_{b2i}) \cdots (4.6.3.3)$$



b. せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。また, 等速ジョイント接続部から加わる荷重が,せん断力として基礎ボルトに作用するものとす る。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重は,支持構造物Aに接続される等速ジョ イントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。

せん断力
$$Q_{bi} = \frac{\sqrt{(C_{H} \cdot m \cdot g)^{2} + \{(1 + C_{V}) \cdot m \cdot g\}^{2} + N \cdot Q_{l}}}{n_{i}} \dots (4. 6. 3. 5)$$

 (2) 支持構造物 B の場合

基礎ボルトの応力は,等速ジョイント接続部に生じる引張力,せん断力,モーメントと地震 による震度によって支持構造物Bに生じる引張力,せん断力を考慮して計算する。

計算モデルを図 4-9 及び図 4-10 に示す。



図 4-9 計算モデル(正面方向転倒の場合)



図 4-10 計算モデル (側面方向転倒の場合)

a. 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は,最も厳しい条件として図4-9及び図4-10で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。なお,重心は保守的な位置に設定する。

また,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントが,引張力として基礎ボルトに作用するものとする。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重及びモーメントは,支持構造物Bに接続される等速ジョイントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。なお,支持構造物Bの取付面は傾いているため,取付角度を考慮した引張力を算出する。

引張応力
$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}}$$
(4.6.3.10)

b. せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。また, 等速ジョイント接続部から加わる荷重が,せん断力として基礎ボルトに作用するものとす る。なお,等速ジョイント接続部から加わる荷重は,支持構造物Bに接続される等速ジョ イントの本数(N)を考慮し,N倍するものとする。

せん断力
$$Q_{bi} = \frac{\sqrt{(C_{H} \cdot m \cdot g)^{2} + \{(1 + C_{V}) \cdot m \cdot g\}^{2} + N \cdot Q_{I}}}{n_{i}} \dots (4.6.3.11)$$

4.7 計算条件

応力計算に用いる計算条件を,本計算書の【遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算結 果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 4.8 応力の評価
 - 4.8.1 等速ジョイントの応力評価

4.6.1項で求めた等速ジョイントの各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	基準地震動Ssによる 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 $f_{ m s}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f _b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価

4.6.2項で求めた取付ボルトの引張応力 σ b及び4.6.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ bは、次式より求めた許容引張応力fts以下であること。ただし、ftoは下表による。

 $f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o}] \cdots (4.8.2.1)$

せん断応力 τ biは、せん断力のみを受ける取付ボルト及び基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動Ssによる 荷重との組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> t o	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{2}$ •1.5
許容せん断応力 ƒ s b	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5. 機能維持評価
- 5.1 動的機能維持評価方法

遠隔手動弁操作設備の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震時の応答加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

なお,機能維持評価用加速度は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき,基準 地震動Ssによる応答加速度を設定する。

遠隔手動弁操作設備が、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されていない設備であることから、個別の加振試験によって得られる機能維持を確認した加速度を機能確認済加速度とする。

5.1.1 機能確認済加速度

遠隔手動弁操作設備の機能確認済加速度として、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に 基づき、当該機器が設置される床における加速度以上での連続正弦波による加振試験、ま たは、当該機器が設置される床における設計用床応答曲線を包絡する模擬地震波による加 振試験において、動的機能の健全性を確認した加速度を用いる。 機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

我了了了饭把谁能扔加还皮(~3.6m/37							
評価部位	方向	機能確認済加速度					
遠隔手動弁操作設備	水平						
(マイタギヤボックス)	鉛直						
遠隔手動弁操作設備	水平						
(ヘリカルパワードライブ)	鉛直						
遠隔手動弁操作設備	水平						
(等速ジョイント(伸縮機構無し))	鉛直						
遠隔手動弁操作設備	水平						
(等速ジョイント(伸縮機構有り))	鉛直						

表 5-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

遠隔手動弁操作設備の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発 生値は許容限界を下回り,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 とを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称		据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s		
	設備分類		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	周囲環境温度 (℃)
遠隔手動弁操作設備	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5 (T.M.S.L. 31.7*1)	0.094	0.094	_	_	C _H =1.38 又は*2 C _H =1.38 ^{*3}	Cv=1.15又は*2 Cv=1.15* ³	100

注記*1:基準床レベルを示す

*2:等速ジョイントの評価で使用する,設計用床応答曲線(基準地震動Ss)より得られる震度を示す。

*3: 取付ボルト及び基礎ボルトの評価で使用する,基準地震動Ssに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
1.2	機器要目
-----	------

部材	m o (kg)	D 1 (mm)	D 2 (mm)	E (MPa)	∨ (—)	$A (mm^2)$	Z (mm ³)	S y [*] (MPa)	S u (MPa)	F (MPa)
等速ジョイント (軸 (中空部))		48.6	38.4		0.3	697.0	6.877 $\times 10^{3}$	173	345	207
等速ジョイント (軸 (中実部))		21	_		0.3	346.4	9.092 $\times 10^{2}$	729	891	623
等速ジョイント (外輪)		70	62		0.3	829.4	1.295×10^{2}	729	891	623
等速ジョイント (カップリング)		25			0.3	490. 9	1.534×10^{2}	729	891	623

		h	$\ell_1 * 1$	l 2 *1	l 2 *1	l 1 * 1	d	A 1 ·				c	c	 *	転倒	方向
部材	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	n i	n fi ^{*2}	Ν	(MPa)	(MPa)	F (MPa)	弾性設計用地震動	基準地震動
	(118)	(min)	(min)	(11111)	(1111)	(min)	(11117)	(11111)					(in a)	(mi a)	Sd 又は静的震度	S s
ヘリカルパワー										2						
ドライブ							12	119 1	4		0	212	272	254		有四十百
取付ボルト							(M12)	115.1	4	2	4	(16mm<径≦40mm)	313	204	_	湿边方间
(i = 1)										2						
ベアリングユニット							10					010				
取付ボルト							10 (M10)	78.54	2	1	1	212 (16mm<孫<10mm)	373	254	—	長辺方向
(i = 1)							(M10)									
支持構造物 A							10			4		010				
基礎ボルト							12 (M12)	113.1	16	-	2	212 (16mm<孫<40mm)	373	254	—	正面方向
(i = 2)							(M12)			4						
支持構造物 B						Ĩ	10			4		010				
基礎ボルト							12	113.1	16		8	212 (16mm/汉<40mm)	373	254	—	側面方向
(i = 2)							(M12)			4		(100001~1至至40000)				

注記*1:取付ボルトにおけるℓ1,ℓ2は、上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。 基礎ボルトにおけるℓ1,ℓ2は、側面方向転倒に対する評価時の要目を示し、ℓ3,ℓ4は正面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: ヘリカルパワードライブ取付ボルトにおけるnfiは、上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。 基礎ボルトにおけるnfiは、上段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

取付ボルト及び基礎ボルトに作用する力

	Ft	o i	Qbi			
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s		
ヘリカルパワードライブ 取付ボルト (i = 1)	_	2.013×10^{3}	_	316. 9		
ベアリングユニット 取付ボルト (i = 1)	_	1.386×10^{3}	_	71.32		
支持構造物 A 基礎ボルト (i = 2)	_	1.457×10^{3}	_	253. 4		
支持構造物 B 基礎ボルト (i = 2)	_	2.518×10^{3}	_	470.3		

1.4 結論

1.4.1 応力

(単位:MPa)

	++*	内中	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動S s		
司小公	1/1 1/1	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
体油ジュイント	CTDC 970	せん断	—	—	τ P=1	$f_{\rm s} = 119$	
寺座ショイント	5116370	曲げ	—	_	σьР=64	$f_{\rm b} = 207$	
ヘリカルパワードライブ	SS400	引張り	—	_	σ _{b1} =18	$f_{t s} = 190*$	
(i = 1)	00100	せん断	—	—	τь1=3	$f_{\rm s\ b} = 146$	
ベアリングユニット	00400	引張り	_	_	σ _{b1} =18	f t s = 190*	
(i = 1)	55400	せん断	—	_	τь1=1	$f_{\rm s\ b} = 146$	
支持構造物 A		引張り	—	_	σ b 2=13	$f_{t s} = 152^*$	
基礎ボルト (i = 2)	SS400	せん断	_	_	τь2=3	$f_{s b} = 117$	
支持構造物 B	66400	引張り			σ b 2=23	$f_{t s} = 152^*$	
基礎ボルト (i = 2)	55400	せん断	_	_	τь2=5	$f_{\rm s\ b} = 117$	

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
遠隔手動弁操作設備	水平方向	1.15	
(マイタギヤボックス)	鉛直方向	0.96	
遠隔手動弁操作設備	水平方向	1.15	
(ヘリカルパワードライブ)	鉛直方向	0.96	
遠隔手動弁操作設備	水平方向	2.15	
(等速ジョイント (伸縮機構無し))	鉛直方向	5.40	
遠隔手動弁操作設備	水平方向	1.15	
(等速ジョイント(伸縮機構有り))	鉛直方向	0.96	

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

40 機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目 (1) 節点データ

休上亚日		節点座標(mm)	节点座標(mm)			
即点番号	Х	У	Z			
1	0.0	0.0	0.0			
2	40.6	0.0	0.0			
3	81.3	0.0	0.0			
4	121.9	0.0	0.0			
5	162. 5	0.0	0.0			
6	168.0	0.0	0.0			
7	173. 5	0.0	0.0			
8	179.0	0.0	0.0			
9	184. 5	0.0	0.0			
10	189.0	0.0	0.0			
11	193. 5	0.0	0.0			
12	198.0	0.0	0.0			
13	202. 5	0.0	0.0			
113	202. 5	0.0	0.0			
14	231.8	0.0	0.0			
15	261.0	0.0	0.0			
16	290. 3	0.0	0.0			
17	319.5	0.0	0.0			
18	397.8	0.0	0.0			
19	476. 1	0.0	0.0			
20	554.3	0.0	0.0			
21	632.6	0.0	0.0			
22	710.9	0.0	0.0			
23	789. 2	0.0	0.0			
24	867.4	0.0	0.0			
25	945. 7	0.0	0.0			
26	1024. 0	0.0	0.0			
27	1102. 3	0.0	0.0			
28	1180. 5	0.0	0.0			
29	1258. 8	0.0	0.0			
30	1337. 1	0.0	0.0			
31	1415. 4	0.0	0.0			
32	1493. 6	0.0	0.0			
33	1571.9	0.0	0.0			
34	1650. 2	0.0	0.0			
35	1728. 5	0.0	0.0			
36	1806. 7	0.0	0.0			
37	1885. 0	0.0	0.0			
38	1963. 3	0.0	0.0			
39	2041.6	0.0	0.0			

休上亚日		節点座標(mm)	
即 点 番 亏 🚽	Х	У	Z
40	2119.8	0.0	0.0
41	2198.1	0.0	0.0
42	2276.4	0.0	0.0
43	2354.7	0.0	0.0
44	2432.9	0.0	0.0
45	2511.2	0.0	0.0
46	2589.5	0.0	0.0
47	2667.8	0.0	0.0
48	2746.0	0.0	0.0
49	2824.3	0.0	0.0
50	2902.6	0.0	0.0
51	2980.9	0.0	0.0
52	3059.1	0.0	0.0
53	3137.4	0.0	0.0
54	3215.7	0.0	0.0
55	3294.0	0.0	0.0
56	3372.2	0.0	0.0
57	3450.5	0.0	0.0
58	3479.8	0.0	0.0
59	3509.0	0.0	0.0
60	3538.3	0.0	0.0
61	3567.5	0.0	0.0
161	3567.5	0.0	0.0
62	3572.0	0.0	0.0
63	3576.5	0.0	0.0
64	3581.0	0.0	0.0
65	3585.5	0.0	0.0
66	3591.0	0.0	0.0
67	3596.5	0.0	0.0
68	3602.0	0.0	0.0
69	3607.5	0.0	0.0
70	3648.1	0.0	0.0
71	3688.8	0.0	0.0
72	3729.4	0.0	0.0
73	3770.0	0.0	0.0

1	4) 安带 9 阿 田 庄 10	`					
	断面特性番号	要素両端	帯の節点	材料	断面積	断面二次 モーメント	断面二次 極モーメント
	(要素番号)	畨	号	番号	(mm^2)	(mm^4)	(mm ⁴)
	1	1	3	4	490.9	$1.92 imes10^4$	3.83 $\times 10^4$
	2	3	5	4	490.9	$1.92 imes10^4$	3.83 $\times 10^4$
	3	5	7	3	829.4	4.53 $ imes$ 10 ⁵	9.07 $ imes$ 10 ⁵
	4	7	9	3	829.4	4.53×10 ⁵	9.07 $ imes$ 10 ⁵
	5	9	11	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $ imes$ 10 ⁵
	6	11	13	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $ imes$ 10 ⁵
	7	113	15	2	346.4	9.55×10 ³	1.91 \times 10 ⁴
	8	15	17	2	346.4	9.55×10 ³	1.91×10^{4}
	9	17	19	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34×10 ⁵
	10	19	21	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	11	21	23	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	12	23	25	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34×10 ⁵
	13	25	27	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34 $\times 10^{5}$
	14	27	29	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34 $\times 10^{5}$
	15	29	31	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	16	31	33	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34×10 ⁵
	17	33	35	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	18	35	37	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34×10 ⁵
	19	37	39	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	20	39	41	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	21	41	43	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	22	43	45	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	23	45	47	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	24	47	49	1	697.0	$1.67 imes10^5$	3.34×10 ⁵
	25	49	51	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34×10 ⁵
	26	51	53	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34×10 ⁵
	27	53	55	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	28	55	57	1	697.0	1.67×10^{5}	3.34 $\times 10^{5}$
	29	57	59	2	346.4	9.55×10 ³	1.91 \times 10 ⁴
	30	59	161	2	346.4	9.55×10 ³	1.91×10^{4}
	31	61	63	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $\times 10^{5}$
	32	63	65	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $\times 10^{5}$
	33	65	67	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $\times 10^{5}$
	34	67	69	3	829.4	4.53 $\times 10^{5}$	9.07 $\times 10^{5}$
	35	69	71	4	490.9	1.92×10^{4}	$3.83 imes10^4$
	36	71	73	4	490.9	1.92×10^{4}	3.83×10^{4}

(2) 要素の断面性状

(3) 節点の質量

節点番号	質 量 (kg)
5	4.9
69	4.9

(4) 材料物性值

材料番号	温度 (℃)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (一)	材質
1	100	198000	7.85 $\times 10^{-6}$	0.3	STPG370
2	100	199000	7.85 $\times 10^{-6}$	0.3	SCM440
3	100	199000	7.85 $\times 10^{-6}$	0.3	SCM440
4	100	199000	7.85 $\times 10^{-6}$	0.3	SCM440



V-2-9-5-4 遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震性についての計算書

1.	概	要 1
2.		·般事項 1
2	. 1	構造計画 1
2	. 2	評価方針 4
2	. 3	適用規格・基準等 5
2	. 4	記号の説明
2	. 5	計算精度と数値の丸め方 8
3.	評	² 価部位
4.	地	2震応答解析及び構造強度評価 10
4	. 1	地震応答解析及び構造強度評価方法10
4	. 2	荷重の組合せ及び許容応力 10
	4.	2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 10
	4.	2.2 許容応力 10
	4.	2.3 使用材料の許容応力評価条件 10
4	. 3	解析モデル及び諸元 14
4	. 4	固有周期 18
4	. 5	設計用地震力 19
4	. 6	計算方法
	4.	6.1 架台 20
	4.	6.2 基礎ボルト(その1,2,4) 22
	4.	6.3 基礎ボルト(その3)及び取付ボルト(その1,2,4) 25
4	. 7	計算条件 26
4	. 8	応力の評価
	4.	8.1 架台の応力評価 26
	4.	8.2 基礎ボルト及び取付ボルトの応力評価 27
5.	評	6価結果
5	. 1	重大事故等対処設備としての評価結果28

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 遠隔手動弁操作設備遮蔽が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するも のである。

遠隔手動弁操作設備遮蔽は,重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類され る。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

遠隔手動弁操作設備遮蔽の構造計画を表 2-1 から表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画



表 2-2 構造計画



2.2 評価方針

遠隔手動弁操作設備遮蔽の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重 及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す遠隔手動弁操作設備遮 蔽の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」 及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に 収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施す る。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補 -1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気 協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下 「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
А	架台の断面積	mm^2
A _b	基礎ボルト又は取付ボルトの軸断面積	mm^2
A _y	架台鋼材の y 軸方向有効せん断断面積	mm^2
A z	架台鋼材の z 軸方向有効せん断断面積	mm^2
C _H	水平方向設計震度	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
d _o	基礎ボルト又は取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_{b}	基礎ボルト又は取付ボルトに作用する引張力	Ν
F _x	架台の軸力 (x方向)	Ν
Fy	架台のせん断力 (y方向)	Ν
F_z	架台のせん断力 (z方向)	Ν
f_{b}	架台の許容曲げ応力	MPa
f_{c}	架台の許容圧縮応力	MPa
f_{s}	架台の許容せん断応力	MPa
$f_{ m s\ b}$	せん断力のみを受ける基礎ボルト及び取付ボルトの許容せん断	MPa
	応力	
f t	架台の許容引張応力	MPa
f t o	引張力のみを受ける基礎ボルト及び取付ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ s}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルト及び取付ボルトの	MPa
	許容引張応力	
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
Iр	架台鋼材の極断面二次モーメント	mm^4
Iу	架台鋼材の y 軸方向断面二次モーメント	mm^4
I x	架台鋼材の x 軸方向断面二次モーメント	mm^4
i	座標軸についての断面二次半径	mm
$\ell_{\rm k}$	座屈長さ	mm
M_{x}	架台に作用するモーメント(x軸周り)	N•m
M y	架台に作用するモーメント (y軸周り)	N•m
M z	架台に作用するモーメント (z軸周り)	N•m
m	遠隔手動弁操作設備遮蔽解析モデルの各節点の付加質量の	kg
	合計(系の質量)	
n	基礎ボルト又は取付ボルトの本数	-
P_{1max}	Myによる基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大引張力	Ν

記号	記号の説明							
P_{2max}	Mzによる基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大引張力							
\mathbf{Q}_{\max}	Mxによる基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大せん断力							
\mathbf{Q} b	基礎ボルト又は取付ボルトに作用するせん断力							
r j	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの長さ							
r_{max}	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの長さが最大となる値	mm						
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa						
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa						
S y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa						
S _y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃に	MPa						
	おける値							
W	各モデルにおける遮蔽板の質量	kg						
Х, Ү, Ζ	絶対(節点)座標軸	—						
х, у, z	局所(要素)座標軸	—						
Уј	各基礎ボルトからアンカープレート中心までのy方向長さ	mm						
y ma x	各基礎ボルトからアンカープレート中心までのy方向長さが最大と	mm						
	なる値							
Z p	架台のねじり断面係数							
Ζу	架台の y 軸周り断面係数							
Z _z	架台のz 軸周り断面係数							
Z j	各基礎ボルトからアンカープレート中心までのz方向長さ	mm						
Z_{max}	各基礎ボルトからアンカープレート中心までのz方向長さが最大と	mm						
	なる値							
Λ	架台の限界細長比	—						
λ	架台の有効細長比							
ν	ポアソン比							
ν'	座屈に対する安全率							
π	円周率							
$\sigma_{\rm b}$	架台に生じる曲げ応力	MPa						
σc	架台に生じる圧縮応力	MPa						
$\sigma_{\rm f}$	架台に生じる組合せ応力	MPa						
σ_{fa}	架台に生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和							
$\sigma_{ m t}$	架台に生じる引張応力							
$\sigma_{ m tb}$	基礎ボルト又は取付ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa						
τ	架台に生じるせん断応力	MPa						
au b	基礎ボルト又は取付ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa						

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-3に示すとおりとする。

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁	
固有	有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
震	度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	
温月	度	°C			整数位	
質₫	<u></u>	kg		_	整数位*1	
長	下記以外の長さ	mm	—		整数位*1	
さ	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位*3	四捨五入	小数点以下第1位*2	
面和	書	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*4	
モー	ーメント	N•mm	有効数字5桁目*5 四捨五入		有効数字4桁*4,5	
力		Ν	有効数字5桁目*5	四捨五入	有効数字4桁*4,5	
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
許須	容応力*6	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	

表 2-3 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3:設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5: べき数表示でない場合は、小数点以下第1位表示とする。

*6:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏 点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値と する。

3. 評価部位

遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる架台、取付ボルト及び基礎ボルトについて実施する。遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震評価部位については、表 2-1 から表 2-2 の概略構造図に示す。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - (1) 遠隔手動弁操作設備遮蔽の架台は、十分剛な壁及び床に基礎ボルトにより固定される ものとする。
 - (2) 遠隔手動弁操作設備遮蔽の質量は、架台及び遮蔽板の質量を考慮する。
 - (3) 地震力は、遠隔手動弁操作設備遮蔽に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用 するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
 - (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

遠隔手動弁操作設備遮蔽の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処 設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

遠隔手動弁操作設備遮蔽の許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき 表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

遠隔手動弁操作設備遮蔽の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備 の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉格納 施設	圧力逃がし 装置	遠隔手動弁操作設備 遮蔽	常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界を 用いる。)
	放射性物質濃度制御設備及				$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉格納 施設	及前御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	遠隔手動弁操作設備 遮蔽	常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界を 用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3: $[D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_{S}]$ の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

武公亡力壮能	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)		
矸谷心刀扒磨	一次応力	一次応知		
	組合せ	引張り	せん断	
IV A S			1.5•f _s *	
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 · f_t *	1.5 • f _t *		

表 4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条 (℃)	(牛	S (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
to (.	STKR400	周囲環境温度	50	_	234	394	_
架台 	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	_	241	394	_
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	50	_	231	394	_
取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	50		231	394	_

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

4.3 解析モデル及び諸元

遠隔手動弁操作設備遮蔽(その1,2,4)の解析モデルを図4-1から図4-3に,解析モデルの概要を以下に示す。また,機器の諸元を本計算書の【遠隔手動弁操作設備遮蔽の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。なお,遠隔手動弁操作設備遮蔽(その3)については,遮蔽板を直接壁に固定していることから,構造上剛であるため解析モデルを用いない。

- (1) 遠隔手動弁操作設備遮蔽の架台をはり要素でモデル化する。
- (2) 解析モデル各要素の質量は、遮蔽板の質量を、取り付けられている鋼材の要素長で分配した分布質量として付加する。
- (3) 架台は壁と床に基礎ボルトで固定され、当該箇所の拘束条件は完全固定とする。
- (4) 解析コードは「NAPF」を使用し,固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求 める。なお,評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計 算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。







4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-4 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛であることを確認 した。

遠隔手動弁操作設備遮蔽(その3)については、構造上剛であるため省略する。

	~ 12		固有周期		水平方向刺激係数		
形状	モード	早越方问	(s)	X方向	Z方向	刺激係数	
7 0 1	1次	水平	0.032	_	_	_	
その1	2次	鉛直	0.050以下	_	_	_	
7 0 0	1次	水平	0.036	—	—	—	
その2	2次	鉛直	0.050以下	—	—	—	
7 0 1	1次	水平	0.017				
その4	2次	鉛直	0.050以下	_			

表 4--4 固有值解析結果

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 設定する。

据付場所 及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動 S s	
床面高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. 21.455 (T.M.S.L. 23.500 ^{*1})	0.036^{*2}	0.050以下* ²	_	_	Сн=1.21	Cv = 1.12

表 4-5 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:遠隔手動弁操作設備遮蔽(その1,2,4)のうち最も大きい遠隔手動弁操作設備遮蔽 (その1)を代表で記載する。

4.6 計算方法

4.6.1 架台

解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x , せん断力 F_y , F_z , ねじりモーメン M_x 及び曲げモーメン M_y , M_z より各応力を次のように求める。架台部の概要を図 4-4 に示す。また,表4-6 に要素端での反力及びモーメントを示す。

(1) 引張応力又は圧縮応力

(2) せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left\{ \left(\frac{F_{y}}{A_{y}}\right)^{2} + \left(\frac{F_{z}}{A_{z}}\right)^{2} \right\}} + \frac{M_{x}}{Z_{p}} \qquad (4. 6. 1. 3)$$

(3) 曲げ応力

$$\sigma_{\rm b} = \frac{\left|\mathbf{M}_{\rm y}\right|}{Z_{\rm y}} + \frac{\left|\mathbf{M}_{\rm z}\right|}{Z_{\rm z}} \qquad (4.6.1.4)$$

形状	対象機器	要素	節点	節点 反力 (N)		モーメント (N・m)			
7247		番号	番号	F x	Fу	F z	Мx	Му	M z
		3	5	$\begin{array}{c} 1.\ 002 \\ \times 10^{\mathrm{s}} \end{array}$	649.3	$\begin{array}{c} 1.514 \\ \times 10^3 \end{array}$	0.0	110.6	47.2
その1	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	9	6	$\begin{array}{c} 1.\ 084 \\ \times 10^{\scriptscriptstyle 3} \end{array}$	499.4	753.9	1.0	61.5	42.2
		10	6	$\begin{array}{c} 1.\ 084 \\ \times 10^{\scriptscriptstyle 3} \end{array}$	499.4	753.9	1.0	61.5	42.2
	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	3	5	$\begin{array}{c} 1.\ 279 \\ \times 10^{\scriptscriptstyle 3} \end{array}$	828.8	1.844×10^3	0.0	134.8	60.3
その2		9	6	1.351×10^{3}	637.8	919.2	1.2	74. 7	53.9
		10	6	$\begin{array}{c} 1.\ 351 \\ \times 10^{\mathrm{s}} \end{array}$	637.8	919.2	1.2	74. 7	53.9
	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	10	11	2.161×10^{3}	$\begin{array}{c} 1.\ 385 \\ \times 10^{\mathrm{s}} \end{array}$	3.305×10^3	29.9	488.7	98.2
その4		20	18	5.623 $\times 10^3$	9. 885 $\times 10^{3}$	2.079×10^{3}	254.1	140. 9	1.034 $\times 10^3$
		29	24	2. 466 $\times 10^4$	1.066×10^{3}	$4.349 \\ \times 10^{3}$	214.5	8.1	101.7

表4-6 解析で得られる要素端での反力,モーメント(架台)



図 4-4 架台部の概要

4.6.2 基礎ボルト(その1,2,4)

基礎ボルト(その1,2,4)に生じる応力は,解析による計算で得られる各要素端での軸力 Fx,せん断力Fy,Fz,ねじりモーメントMx及び曲げモーメントMy,Mzから手計 算により,地震による引張応力とせん断応力について計算する。遠隔手動弁操作設備遮蔽 の基礎ボルト部の概要を図4-5に示す。また,表4-7に要素端での反力及びモーメント を示す。

(1) 引張応力

基礎ボルト(その1,2,4)に対する引張応力は,図4-5に示す架台の軸力FxとモーメントMy,Mzを考え,これを全てのボルトで受けるものとして計算する。

アンカープレートの中心に解析による計算で得られる軸力及びモーメントがかかるものとし,最も中心から遠い基礎ボルト(その1,2,4)が最大の引張力を受ける前提として, 最大引張力から引張応力を計算する。

a. 引張力

b.



- なお、A_bは以下の式で求める。 A_b=d₀². $\frac{\pi}{4}$ ······ (4.6.2.3)

22

(2) せん断応力

基礎ボルト(その1,2,4)に対するせん断応力は,図4-5に示す架台の軸力Fy,Fz とモーメントMxを考え,これを全てのボルトで受けるものとして計算する。

アンカープレートの中心に解析による計算で得られる軸力及びモーメントがかかるものとし、最も中心から遠い基礎ボルト(その 1,2,4)が最大のせん断力を受ける前提として、最大せん断力からせん断応力を計算する。

a. せん断力

$$Q_{b} = \frac{\sqrt{(F_{y}^{2} + F_{z}^{2})}}{n} + Q_{max} \qquad (4. 6. 2. 4)$$

ここで,

$$Q_{max} = M_x \cdot r_{max} / \sum_{j=1}^{n} r_j^2$$

b. せん断応力

形状	対象機器	反力 (N)			モーメント (N・m)				
		F x	Fу	Fz	Мx	Му	M z		
その1	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	2. 005 $\times 10^{3}$	3.028×10^{3}	1. 299 ×10³	0. 0	95.0	222.0		
その2	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	2. 558 $\times 10^{3}$	$3.688 \\ \times 10^{3}$	$\begin{array}{c} 1.\ 658 \\ \times 10^{\mathrm{s}} \end{array}$	0. 0	120.6	269.6		
その4	遠隔手動弁操作 設備遮蔽	2.475×10^{4}	4.395×10^{3}	$1.109 \\ \times 10^{3}$	214.5	99.5	799.4		

表4-7 解析で得られる要素端での反力,モーメント(基礎ボルト)





図4-5 基礎ボルト部の概要

4.6.3 基礎ボルト(その3)及び取付ボルト(その1,2,4)

解析モデルに含まない設備、部品に関しては手計算で応力計算する。

基礎ボルト(その3)又は取付ボルト(その1,2,4)に生じる応力は,遮蔽板にかかる加 速度と遮蔽板質量の積によって求めた荷重を,固定する全ての基礎ボルト(その3)又 は取付ボルト(その1,2,4)で受けるものとして計算する。

なお,各設備において最大荷重の基礎ボルト(その3)又は取付ボルト(その1,2,4)の み評価を実施する。

(1) 引張応力

a. 引張力

基礎ボルト(その3)又は取付ボルト(その1,2,4)に対する引張力は水平方向の加速度によって生じる。

b. 引張応力

引張応力は(4.6.2.2)式による。

(2) せん断応力

a. せん断力

基礎ボルト(その3)又は取付ボルト(その1,2,4)に対するせん断力は鉛直方 向加速度と水平方向加速度の合力によって生じる。

$$Q_{b} = \frac{W \cdot g \cdot \sqrt{(C_{v} + 1)^{2} + C_{H}^{2}}}{n} \cdots (4.6.3.2)$$

b. せん断応力

せん断応力は(4.6.2.5)式による。
4.7 計算条件

応力解析に用いる自重(遠隔手動弁操作設備遮蔽)及び荷重(地震荷重)は、本計算書の【遠 隔手動弁操作設備遮蔽の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 4.8 応力の評価
 - 4.8.1 架台の応力評価

4.6.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし,許容組合せ 応力は *f* t 以下であること。

		基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引 <i>f</i>	張応力 t	$\frac{F^{*}}{1.5}$ • 1.5
許容圧縮応力	$(\lambda \leq \Lambda)$	$\left\{1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'} 1.5$
<i>f</i> c	$(\lambda > \Lambda)$	$0.277 \cdot F^* \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2 \cdot 1.5$
許容せん <i>f</i>	ン断応力 s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲 f	げ応力 b	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5} \cdot 1.5$



$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$	(4.8.1.1)
$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} * $	(4.8.1.2)
$\nu' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$	(4.8.1.3)

4.8.2 基礎ボルト及び取付ボルトの応力評価

4.6.2 項及び 4.6.3 項で求めた基礎ボルト及び取付ボルトの引張応力 σ_{t} は, 次式より 求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし, f_{ts} は下表による。

せん断応力 τ_bはせん断力のみを受ける基礎ボルト及び取付ボルトの許容せん断 応力 f_{sb}以下であること。ただし, f_{sb}は下表による。

	基準地震動Ssによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f _t 。	$\frac{F}{2}^{*}$ 1.5
許容せん断応力 fsb	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

遠隔手動弁操作設備遮蔽の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを 確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【遠隔手動弁操作設備遮蔽(その1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s		最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	(°C)	(°C)
					設計震度	設計震度	設計震度	設計震度		
遠隔手動弁操作設備遮蔽 (その1)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.21.455 (T.M.S.L.23.500*)	0.032	0.050以下	_		Сн=1.21	Cv=1.12		50

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m	d o(基礎ボルト)	A b (基礎ボルト)	n (基礎ボルト)	У 1, 2, 3, 4	Z 1, 2, 3, 4	r _{1, 2, 3, 4}	d o(取付ボルト)	A b (取付ボルト)	n (取付ボルト)	W	遮蔽板取付
(kg)	(mm)	(mm ²)	(本)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(本)	(kg)	向き
	16 (M16)	201. 1	4	100	65	119. 3	16 (M16)	201. 1	4		鉛直

29

部材	材料	Sу (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	SS400	241 (厚さ≦16mm)	394	241	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276
取付ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276



注記*: jは基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ k (mm)	i (mm)	λ
SS400	201000	0.3	1033. 2	2.6	397.6

		要素番号	
	1~6	7~18	19~30
材料	SS400	SS400	SS400
$A (mm^2)$	480. 2	585.0	1.620×10^{4}
A $_{y}$ (mm ²)	223. 1	390. 0	1.080×10^{4}
A $_z$ (mm ²)	223. 1	390. 0	1.080×10^{4}
Z y (mm ³)	3. 080×10^3	6. 338×10^3	8.100 $\times 10^{5}$
Z_{z} (mm ³)	3.080×10^3	877.5	1.458×10^{5}
$Z_{p} (mm^3)$	791. 7	1.755×10^{3}	2.916×10^{5}
I $_{\rm y}$ (mm ⁴)	1.110×10^{5}	2.060 $\times 10^{5}$	3.937×10^{6}
I z (mm^4)	1.110×10^{5}	3.949×10^{3}	1.215×10^{8}
I $_{\rm p}$ (mm ⁴)	3.958×10^{3}	1.580×10^{4}	1.575×10^{7}
断面形状			$\begin{array}{c} y \\ \downarrow \\$
寸法(mm)	$50 \times 50 \times 5$ $(a \times b \times c)$	65×9 (a × b)	300×54 (a × b)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位:N)

部材	要素	節点 番号	F x		F	у	F z	
	番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
	3	5	—	1.002×10^{3}	_	649.3	_	1.514×10^{3}
架台	9	6	—	1.084×10^{3}		499. 4	_	753. 9
	10	6	—	1.084×10^{3}	_	499. 4	_	753.9

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位 : N・m)

1.3.2	来合のモー	× / r						(単位:ハ・m)
部材	要素番号	節点 番号	M x		М	у	M z	
			弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
架台	3	5	—	0.0	_	110. 6		47.2
	9	6	—	1.0	_	61.5	_	42.2
	10	6		1.0		61.5		42.2

注:添字x,y,zは要素に与えられた座標軸で,x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位:N)

部材	亜表	節点 番号	F x		F	у	F z	
	安系 番号		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	3	5		2.005×10^{3}		3.028×10^{3}		1.299×10^{3}

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位:N·m)

部材	亜表	節点 番号	Mx		М	У	M z	
	安系番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	3	5	_	0.0	_	95.0	_	222.0

注: 添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

32

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	田業	節点 番号	F	b	Q b		
	委系 番号		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト	3	5	_	1.422×10^{3}	_	823. 7	

1.3.6 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

1.5.0 1	収白ホルト	ロ肝用するノ	J		(単位、N)			
部材	亜素	岱占	F	b	Q b			
	安系 番号	番号	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s		
取付ボルト	—		_	453. 9	_	915.6		

1.4 結論

1.4.1 固有周期		(単位:s)
モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.032

1.4.2 応力								(単位:MPa)
* 77 + +	++)()	₩	要素	節点	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震	፪動S s
司小小	州科	ሥር ጋጋ	番号	番号	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	SS400	引張り	3	5			σ t = 2	f t = 276
		圧縮	9	6	_		σ c = 2^{*1}	f c = 8
架台		せん断	3	5	_		$\tau = 8$	$f_{\rm s} = 159$
		曲げ	10	6			σ b = 58	f b = 276
		組合せ	9	6	_		σ f = 60	f t = 276
甘水光儿	66400	引張り	3	5			σ t b = 7	f t s = 165*2
基礎ホルト	55400	せん断	3	5	_		τь = 4	f s b = 127
雨台ギュー	55400	引張り	_	_			σ t b = 3	f t s = 207*2
取付ボルト	SS400	せん断	_	_			τь = 5	$f {}_{\rm s} {}_{\rm b} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*1:絶対値を記載

 $*2: f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$

【遠隔手動弁操作設備遮蔽(その2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	凯供八拓	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度	周囲環境温度
	〕 加力規		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	(°C)
遠隔手動弁操作設備遮蔽 (その2)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.21.075 (T.M.S.L.23.500*)	0.036	0.050以下	_		Сн=1.21	Cv=1.12		50

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m	d o(基礎ボルト)	A b (基礎ボルト)	n (基礎ボルト)	У 1, 2, 3, 4	Z 1, 2, 3, 4	r _{1, 2, 3, 4}	d o (取付ボルト)	A b (取付ボルト)	n (取付ボルト)	W	遮蔽板取付
(kg)	(mm)	(mm ²)	(本)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(本)	(kg)	向き
	16 (M16)	201. 1	4	125	65	140. 9	16 (M16)	201. 1	4		鉛直

34

部材	材料	Sу (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	SS400	241 (厚さ≦16mm)	394	241	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276
取付ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276



注記*: jは基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ k (mm)	i (mm)	λ
SS400	201000	0. 3	1033.2	2.6	397.6

		要素番号	
	1~6	7~18	19~30
材料	SS400	SS400	SS400
$A (mm^2)$	480. 2	585.0	1.620×10^{4}
A $_{y}$ (mm ²)	223. 1	390. 0	1.080×10^{4}
A $_z$ (mm ²)	223. 1	390. 0	1.080×10^{4}
Z y (mm ³)	3.080×10^3	6. 338×10^3	8.100 \times 10 ⁵
Z_{z} (mm ³)	3.080×10^3	877.5	1.458×10^{5}
Z_{p} (mm ³)	791.7	1.755×10^{3}	2.916×10^{5}
I y (mm ⁴)	1.125×10^{5}	2.060 $\times 10^{5}$	3.937×10^{6}
I $_{z}$ (mm ⁴)	1.125×10^{5}	3.949×10^{3}	1.215×10^{8}
I $_{\rm p}$ (mm ⁴)	3.958×10^{3}	1.580×10^{4}	1.575×10^{7}
断面形状			y a b b z
寸法(mm)	$50 \times 50 \times 5$ $(a \times b \times c)$	65×9 (a×b)	300×54 (a × b)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位:N)

lan L L	要素	笛占	F x		F y		F z	
部材	番号	番号	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
	3	5	_	1.279×10^{3}	_	828.8	_	1.844×10^{3}
架台	9	6	_	1.351×10^{3}	_	637.8	—	919.2
	10	6		1.351×10^{3}		637. 8		919. 2

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位 : N・m)

1.3.2	来合のモー	~ ~ 「						(単位:ハ・m)	
部材	亜表	節点 番号	Mx		М	у	M z		
	番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
	3	5	—	0.0	_	134.8		60.3	
架台	9	6	—	1.2	_	74.7	_	53.9	
	10	6		1.2		74. 7		53.9	

注:添字x,y,zは要素に与えられた座標軸で,x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位:N)

部材	亜表	節点 番号	F x		Fу		F z	
	安糸 番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	3	5		2.558×10^{3}		3. 688×10^3		1.658×10^{3}

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位:N·m)

	西表	笛占	М	x	Му		M z	
部材	部材	安系 即点 - 番号 番号	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	3	5	_	0.0	_	120.6	_	269.6

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

37

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位:

1.3.5	1.3.5 基礎ボルトに作用する力 (単位)										
	亜表	節点 番号	Fь		Q b						
部材	委示番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s					
基礎ボルト	3	5	—	1.642×10^{3}		1.011×10^{3}					

1.3.6 取付ボルトに作用する力

(単位・N)

1.5.0 1	収白ホルト	ロ肝用するノ		(単位・1)			
部材	亜素	第 節点番号	F b		Q b		
	安系番号		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
取付ボルト	—		_	585.6		1.181×10^{3}	

1.4 結論

1.4.1 固有周期	(単位:s)	
モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.036

1.4.2 応力								(単位:MPa						
***	++)()	100 - 100	要素	節点	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震	ξ動Ss						
司小小	州科	心刀	番号	番号	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力						
		引張り	3	5	_		σ _t = 3	f t = 276						
		圧縮	9	6	_		σ c = 3 ^{*1}	$f_{\rm c} = 8$						
架台	SS400	せん断	3	5	_		$\tau = 9$	$f_{\rm s} = 159$						
		曲げ	10	6			σь = 74	f b = 276						
		組合せ	9	6			σ f = 76	$f_{\rm t} = 276$						
甘水光儿	66400	引張り	3	5			σ t b = 9	f t s = 165*2						
奉碇小/レト	55400	55400	55400	55400	55400	33400	55400	せん断	3	5			τь = 5	f s b = 127
南日式の日	66400	引張り	_	_			σ t b = 3	f t s = 207*2						
取付ボルト	SS400	せん断	_	_			τь = 6	f s b = 159						

すべて許容応力以下である。

注記*1:絶対値を記載

 $*2: f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$

【遠隔手動弁操作設備遮蔽(その3)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ	固有周	期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	€動Ss	最高使用温度	周囲環境温度
		(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	(°C)	(°C)
					設計震度	設計農度	設計震度	設計震度		
遠隔手動弁操作設備遮蔽 (その3)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.20.610 (T.M.S.L.23.500*)	0.050以下	0.050以下		_	Сн=1.21	Cv=1.12		50

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

39

d o(基礎ボルト)	A b (基礎ボルト)	n (基礎ボルト)	W	遮蔽板取付
(mm)	(mm ²)	(本)	(kg)	向き
16 (M16)	201. 1	4		鉛直

部材	材料	Sy (MPa)	S u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	亜表	佑占	F	b	Q	b
	番号	番号	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				505.5		1.020×10^{3}

1.4 結論

1.4.1	固有周期	(単位:s)

モード	卓越方向	固有周期
1次		0.050以下

1.4.2 応力

(単位:MPa)

***	材料	応力	要素	節点	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s	
前内			番号	番号	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
甘花された	55400	引張り	_	_			σ t b = 3	f t s = 165*1
産碇小ルト	55400	せん断		_	_	—	τь = 5	f s b = 127

すべて許容応力以下である。

注記*1:ft s=Min[1.4・ft o-1.6・ て b, ft o]

【遠隔手動弁操作設備遮蔽(その4)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

松田 石 志	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度	周囲環境温度
機奋石杯			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	(°C)
遠隔手動弁操作設備遮蔽 (その4)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.6.975 (T.M.S.L.12.300*)	0.017	0.050以下			С _н =1.07	$C_{v}=1.05$		50

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m	d o(基礎ボルト)	A b (基礎ボルト)	n (基礎ボルト)	У 1, 2, 3, 4	Z 1, 2, 3, 4	r _{1, 2, 3, 4}	d o(取付ボルト)	A b (取付ボルト)	n (取付ボルト)	W	遮蔽板取付
(kg)	(mm)	(mm ²)	(本)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(本)	(kg)	向き
	16 (M16)	201. 1	4	95	95	134. 4	16 (M16)	201. 1	4		鉛直

41

部材	材料	Sу (MPa)	Su (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234 (厚さ≦16mm)	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276
取付ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276



注記*:jは基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	$\ell_{\rm k}$ (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0. 3	1703.1	36. 5	46.7

		要素	番号	
	$1 \sim 6$ $16 \sim 21$ 23, 26 $29 \sim 35$ 38	$7 \sim 15$ 22 24 ~ 25 27 ~ 28	36~37	39~80
材料	STKR400	STKR400	SS400	SS400
$A (mm^2)$	3. 067×10^3	1.217×10^{3}	1.269×10^{3}	4.080×10^{4}
A y (mm ²)	1.534×10^{3}	608. 4	586.3	2.720×10^4
A z (mm ²)	1.534×10^{3}	608. 4	586.3	2.720×10^4
Z y (mm ³)	8.160×10^4	2.630×10^4	1.210×10^{3}	2.720 $\times 10^{6}$
Z_{z} (mm ³)	8.160×10^4	2.630×10^4	1.210×10^{3}	6.936×10^{5}
$Z_p (mm^3)$	1.491×10^{5}	4. 473×10^4	3.807×10^{3}	1.387×10^{6}
I y (mm ⁴)	4.080×10^{6}	9.860 $ imes$ 10 ⁵	6.440×10^{5}	3.537×10^{7}
I z (mm^4)	4.080×10^{6}	9.860 $\times 10^{5}$	6.440×10^5	5. 440×10^8
I p (mm ⁴)	6.782×10^{6}	1.577×10^{6}	3.426×10^4	1.415×10^{8}
断面形状				b
寸法(mm)	$100 \times 100 \times 9$ $(a \times b \times c)$	$75 \times 75 \times 4.5$ (a×b×c)	$75 \times 75 \times 9$ (a×b×c)	400×102 (a×b)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位:N)

log L L	要素	節点 番号	F x		F y		F z	
部材	番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
	10	11	_	2. 161×10^3	_	1.385×10^{3}	_	3.305×10^{3}
架台	20	18	_	5.623 $\times 10^{3}$	_	9.885 $\times 10^{3}$	—	2.079×10^{3}
	29	24		2. 466×10^4		1.066×10^{3}		4.349×10^{3}

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位 : N・m)

1.3.2	余日のモー)	~ ~ r						(単位:N·m)	
	要素 番号	節点 番号	M x		М	Му		M z	
部材			弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
	10	11		29.9		488. 7		98.2	
架台	20	18		254.1		140. 9	_	1.034×10^{3}	
	29	24		214. 5		8.1		101. 7	

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位:N)

部材	亜表	節点 番号	F x		Fу		F z	
	安糸 番号		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	29	27	_	2. 475×10^4		4. 395×10^{3}		1.109×10^{3}

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位:N·m)

部材	西表	節点 番号	Мх		Му		M z	
	安系 番号		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s
基礎ボルト	29	27		214.5		99. 5		799.4

注:添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にとる。

44

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位:N) Fь Qь 要素 節点 部材 弹性設計用地震動 S d 弾性設計用地震動 S d 番号 番号 基準地震動 S s 基準地震動 S s 又は静的震度 又は静的震度 基礎ボルト 29 1.532×10^{3} 27____ 8.553 $\times 10^{3}$ ____

1.3.6 取付ボルトに作用する力

(単位・N)

1.0.0			J			(+12)	
部材	亜表	笛占	F	b	Q b		
	委希番号	番号	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
取付ボルト	—	_	_	603. 4	_	1.304×10^{3}	

1.4 結論

1.4.1 固有周期		(単位:s)
モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.017

1.4	. 2	応力
1.1	• 4	アロンノ

(単位:MPa)

±n++		、 皮素 要素	要素	節点	弾性設計用地震動	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s	
司小村	竹科	ሥር ጋጋ	番号	番号	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
		引張り	29	24		_	σ t = 8	$f_{\rm t} = 276$	
		圧縮	29	24	_	—	$\sigma_{c} = 8^{*1}$	f c = 236	
架台	架台 STKR400	せん断	20	18	—	—	$\tau = 9$	$f_{\rm s} = 159$	
	曲げ	10	11	_	—	σь = 23	f b = 276		
	組合せ	10	11	_	—	σ f = 27	f t = 276		
甘花せりし	66400	引張り	29	27	_	—	σ t b = 43	f t s = 165*2	
	せん断	29	27	_	—	τ b = 8	f s b = 127		
	66400	引張り		_	—	—	σ t b = 3	f t s = 207*2	
山又小」 ハノレト	55400	せん断		_	_		τь = 7	$f_{\rm s b} = 159$	

すべて許容応力以下である。

注記*1:絶対値を記載

 $*2: f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$

V-2-9-5-5 燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置の 耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画 ······	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
 4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.1.1 扉の構造強度評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.1.2 支持部材の構造強度評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.1.3 駆動部の構造強度評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2.2 許容応力	9
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	15
4.5 設計用地震力	16
4.6 計算方法 ······	17
4.6.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
4.6.2 荷重の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
4.7 計算条件	24
4.8 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.8.1 扉及び支持部材の応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.8.2 取付ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.9 荷重の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.9.1 チェーンの荷重評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
5. 機能維持評価	25
5.1 機能維持評価用加速度	25
5.2 機能確認済加速度	25
6. 評価結果	26
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	26
7. 引用文献	27

1. 概要

本計算書は、V-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」にて設定している構 造強度及び機能維持の設計方針に基づき、燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置(以下「オペ フロBOP閉止装置」という。)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。

オペフロBOP閉止装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。 以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

オペフロBOP閉止装置の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	燃哈傳道凶
オペフロ BOP 閉止装置	オペフロ BOP 閉止装置	
は、原子炉建屋外壁面に	は,扉,扉枠(扉を移	
設置しており, 扉枠は,	動させるためのレール	
据付ボルトにより原子炉	を含む),ローラ,扉	
建屋の壁に固定される。	を駆動する電動機(チ	
扉は吊具を介して扉枠に	ェーンを含む)及び閂	
支持される。	から構成される。	

2.2 評価方針

オペフロBOP閉止装置の応力評価は、V-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計 方針」に基づき、「2.1 構造計画」にて示すオペフロBOP閉止装置の部位を踏まえ、「3. 評 価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で 算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地 震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、オペフロ BOP閉止装置の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機 能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示 す。オペフロBOP閉止装置の構造強度評価フローを図2-1に、機能維持評価フローを図2-2に 示す。



図2-1 オペフロBOP閉止装置の構造強度評価フロー



図2-2 オペフロBOP閉止装置の機能維持評価フロー

 \mathbb{R}^{1}

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
AG	ガイドレールの断面積	mm^2
A_{L}	チェーンの許容荷重	Ν
А	外梁の断面積	mm^2
Е	扉の縦弾性係数	MPa
C_{H1}	オペフロBOP閉止装置の面外方向設計震度	
C_{H2}	オペフロBOP閉止装置の面内方向設計震度	
C _V	オペフロBOP閉止装置の鉛直方向設計震度	
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F *	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
${ m F}_{ m G}$	ガイドレールに作用する引張力	Ν
F_{C}	チェーンに作用する力	Ν
F _x	外梁に作用する力(x方向)	Ν
F _y	外梁に作用する力 (y方向)	Ν
F _z	外梁に作用する力(z方向)	Ν
f s	許容せん断応力	MPa
fs b	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f t	許容引張応力	MPa
L _G	ガイドレールの長さ	mm
m	扉の質量	kg
M_{G}	ガイドレールに作用するモーメント	N·mm
Mx	外梁に作用するモーメント (x軸周り)	N·mm
My	外梁に作用するモーメント (y軸周り)	N·mm
M_{z}	外梁に作用するモーメント (z軸周り)	N·mm
Р	圧力条件	Pa
\mathbf{Q}_{G}	ガイドレールに作用するせん断力	Ν
S u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
Sy (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
Т	温度条件	°C
ZG	ガイドレールの断面係数	mm ³
Z _x	外梁のねじり断面係数	mm ³
Z _v	外梁のy軸周り断面係数	mm ³
	外梁の z 軸周り断面係数	mm ³
v	ポアソン比	—
σ _{cG}	ガイドレールに生じる組合せ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σtG	ガイドレールに生じる引張応力	MPa
σс	外梁に生じる組合せ応力	MPa
σt	外梁に生じる引張応力	MPa
σ χ	外梁に生じる引張応力(x方向)	MPa
σу	外梁に生じる引張応力 (y方向)	MPa
σ	外梁に生じる引張応力 (z方向)	MPa
au G	ガイドレールに生じるせん断応力	MPa
τ	外梁に生じるせん断応力	MPa
$ au_{\mathrm{x}}$	外梁に生じるせん断応力 (x方向)	MPa
τ _y	外梁に生じるせん断応力 (y方向)	MPa
$ au_z$	外梁に生じるせん断応力 (z方向)	MPa

注:記号右端添字に $_{G}$ が付くものは、ガイドレール評価用を代表で示したものであり、テーパブロ ック評価用については $_{G} \rightarrow_{UT}$ 、閂ピン評価用については $_{G} \rightarrow_{P}$ 、ハンガーレール評価用につい ては $_{G} \rightarrow_{H}$ に置き換えるものとする。 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	_	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	_		整数位
質量	kg	_	_	整数位
長さ	mm		—	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面係数	mm^3	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点 は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切捨て、整数位までの値とする。 3. 評価部位

オペフロBOP閉止装置の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件 に基づき、扉開状態及び扉閉状態それぞれの場合において、扉のうち耐震評価上厳しくなる外 梁、面外方向支持部材のうちガイドレール及びテーパブロック、面内方向支持部材のうち閂ピ ン、鉛直方向支持部材のうちハンガーレール、及び駆動部のうちチェーンについて実施する。 評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

「3. 評価部位」にて設定した各評価部材の構造強度評価方法を以下に示す。なお,耐震計 算に用いる寸法は,公称値を使用する。

- 4.1.1 扉の構造強度評価方法
 - (1) 扉は吊具,閂及びローラ等により支持される構造であるため,その構造に応じた方向の 変位を拘束するものとする。
 - (2) 地震力は扉に対して面外方向,面内方向及び鉛直方向の3方向から作用するものとし, 強度評価において組み合わせるものとする。
 - (3) 扉閉状態において圧力は,扉に対して面外方向に等分布に作用するものとし,評価において4辺を面外方向に拘束するものとする。また,強度評価において地震力と組み合わせるものとする。
- 4.1.2 支持部材の構造強度評価方法
 - (1) ガイドレール
 - a. 扉からの地震荷重は、面外方向に作用するものとする。
 - b. ガイドレールの構造強度評価は、集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。
 - (2) テーパブロック
 - a. 扉からの地震荷重及び圧力は、面外方向に作用するものとする。
 - b. テーパブロックの構造強度評価は、取付ボルトのせん断応力を評価する。
 - (3) 閂ピン
 - a. 扉からの地震荷重は、面内方向に作用するものとする。
 - b. 閂ピンの構造強度評価は、集中荷重が中央に作用する両端支持梁モデルを適用する。
 - (4) ハンガーレール
 - a. 扉からの地震荷重は、鉛直方向に作用するものとする。
 - b. ハンガーレールの構造強度評価は,集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用 する。

8

4.1.3 駆動部の構造強度評価方法

チェーンに作用する荷重は、閂により制限される変位の最大値であるの変位(チェーンの伸び)を想定して設定した値とする。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

オペフロ BOP 閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

オペフロ BOP 閉止装置の許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき, 表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 (扉開状態)及び表 4-4(扉閉状態)に示す。また,許容荷重評価条件のうち重大事故 等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D+P_D+M_D+S$ s	Ⅲ _A S * ³
百子恒枚纳描码	放射性物質濃度	オペフロ BOP	党 設 / 絳和	*2	$D+P_D+M_D+S$ s	IV _A S
が、1 % YE M 10 E R	制御設備	閉止装置	田 段之 7夜1日			V _A S
					$D + P_{\text{SAD}} + M_{\text{SAD}} + S s$	【V _A Sとして, IV _A Sの許容限界
						を用いる。)

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2 :その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3: 閂ピンについては、基準地震動Ssにより定まる地震力が作用した後においても、扉固定の機能を維持する設計とすることから 許容応力状態をⅢASとする。

10

		許容限界* ^{1,*2} (ボルト等以外)	許容限界* ^{1,*2} (ボルト等)	
許容応力状態		一次応力	一次応力	
	引張り	せん断	組合せ	せん断
III _A S * ³	1.5 • f _t	1.5 • f _s	1.5 • f _t	_
IV _A S	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f *	_
V _A S (V _A Sとして, IV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f t*	$1.5 \cdot f_s^*$

表4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : 当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3: 閂ピンについては、基準地震動Ssにより定まる地震力が作用した後においても、扉固定の機能を維持する設計とすることから 許容応力状態をⅢASとする。

評価部材	材料	温度条件 (°C)		Sy (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
外梁		周囲環境温度	50			
ガイドレール		周囲環境温度	50			
閂ピン		周囲環境温度	50			
ハンガーレール		周囲環境温度	50			

表4-3 扉開状態における使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

表 4-4 扉閉状態における使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S y (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
外梁		周囲環境温度	100			
テーパブロック 取付ボルト		周囲環境温度	100			
閂ピン		周囲環境温度	100			
ハンガーレール		周囲環境温度	100			

表4-5 使用材料の許容荷重評価条件(重大事故等対処設備)

₹₩74 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	ナナ 火]	温度条件		許容荷重
百十71四百月473	1/3 1~7	(°C)		(N)
チェーン		周囲環境温度	50	

注記*:設計・建設規格 SSB-3200 に基づき,荷重試験により求めた支持構造物の許容荷重

4.3 解析モデル及び諸元

オペフロ BOP 閉止装置の解析モデルを図 4-1 に,解析モデルの概要を以下に示す。また, 機器の諸元を本計算書の【オペフロ BOP 閉止装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に 示す。

- (1) オペフロ BOP 閉止装置の耐震計算に用いる解析モデルは、はり要素及びシェル要素を用いた有限要素モデルとする。はり要素及びシェル要素は板厚中心位置でモデル化する。
- (2) 質量は、扉を構成する部材の質量を考慮する。
- (3) 拘束条件は、吊具、閂及びローラ部の並進方向拘束とする。
- (4) 計算機コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重 及びモーメントを求める。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要 については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

図 4-1 解析モデル
4.4 固有周期

扉開状態における固有値解析結果を表 4-6 に,扉閉状態における固有値解析結果を表 4-7 に,振動モード図を図 4-2 に示す。扉開状態及び扉閉状態において,面内方向及び鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

T . 18	占地十占	固有周期	水平方向	刺激係数	鉛直方向
1-1	早越力问	(s)	面外方向	面内方向	刺激係数
1次	面外	0.072	-1.144	0.000	0.000
2 次	面外	0.047		—	

表4-6 扉開状態の固有値解析結果

表4-7 扉閉状態の固有値解析結果

		固有周期	水平方向	刺激係数	鉛直方向
モート	早越力回	(s)	面外方向	面内方向	刺激係数
1次	面外	0.072	1.161	0.000	0.000
2 次	面外	0.046		—	—

注: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クスの積から算出した値を 示す。

図 4-2 振動モード図

4.5 設計用地震力

扉開状態における耐震評価に用いる設計用地震力を表 4−8 に,扉閉状態における耐震評価 に用いる設計用地震力を表 4−9 に示す。「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準 地震動Ss」による地震力は,V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。 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。

据付場所 床面高る	F及び さ(m)		原	子炉建屋	ſ.M.S.L.		
固有周其	朝(s)	面外	$\sim : 0.072^{*1}$	面内:0.	05以下	鉛直:0.05	以下
減衰定数	女(%)						
地震	力	弾性調	弾性設計用地震動 S d 基準地震動 S s				S
エード	固有周期	応答水	平震度	応答鉛直	応答水革	平震度*2	応答鉛直
	(s)	面外方向	面内方向	震度	面外方向	面内方向	震度*2
1次	0.072	—	—	_			—
2次	0.047	—	—	_	—	—	—
動的地震	 麦力* ³						

表 4-8 扉開状態の設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*1:1次固有周期について記載

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

*3:Ss又はSdに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

表 4-9	扉閉状態の設計用地震力	(重大事故等対処設備)

据付場所 床面高。	F及び さ(m)		原	子炉建屋	ſ.M.S.L.		
固有周其	朝(s)	面外	$\sim : 0.072^{*1}$	面内:0.	05以下	鉛直:0.05	以下
減衰定数	女(%)						
地震	力	弾性調	弾性設計用地震動 S d 基準地震動 S s				S
エード	固有周期	応答水	平震度	応答鉛直	応答水平	平震度*2	応答鉛直
	(s)	面外方向	面内方向	震度	面外方向	面内方向	震度*2
1次	0.072						
2次	0.046				_		_
動的地震	 袁力* ³			_			

注記*1:1次固有周期について記載

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

*3:Ss又はSdに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

4.6 計算方法

- 4.6.1 応力の計算方法
 - (1) 扉の計算方法
 - a. 外梁

外梁に加わる荷重は,解析による計算で得られる値を使用し,応力を図 4-3 を用い て計算する。負担力は,並進力 F_x , F_y , F_z , モーメント力 M_x , M_y , M_z とする。 ただし,添字x, y, zは要素に与えられた座標軸で, x軸は常に要素の長手方向にと る。応力は,「7.引用文献」より,下記の計算式にて求める。

(a) 応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

$$\sigma_{x} = \frac{F_{x}}{A}, \ \sigma_{y} = \frac{M_{y}}{Z_{y}}, \ \sigma_{z} = \frac{M_{z}}{Z_{z}}$$
 (4. 6. 1. 1)

(b) 引張応力引張応力は次式となる。

$$\sigma_{t} = \sigma_{x} + \sigma_{y} + \sigma_{z} \qquad (4. 6. 1. 3)$$

(c) せん断応力
せん断応力は次式となる。

$$\tau = \sqrt{(\tau_x + \tau_y)^2 + \tau_z^2} \\
\sqrt{\tau_y^2 + (\tau_x + \tau_z)^2}$$
大きい方 ……… (4. 6. 1. 4)

(d) 組合せ応力 組合せ応力は次式となる。 $\sigma_{c} = \sqrt{\sigma_{t}^{2} + 3 \cdot \tau^{2}}$ (4. 6. 1. 5) 外梁の最大応力発生部位を図4-1の a 及び b 示す。



図4-3 扉外梁の部材断面

- (2) 支持部材の計算方法
 - a. ガイドレール

ガイドレールに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し,ガイドレ ールに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-4に示すとおり,集中荷重が先端に作 用する片持ち梁モデルとする。

図4-4 ガイドレール計算モデル

$$\sigma_{\rm tG} = \frac{M_{\rm G}}{Z_{\rm G}}$$
 (4. 6. 1. 7)

(b) せん断応力

ガイドレールに作用するせん断力は次式により求める。 $Q_G = F_G$ (4. 6. 1. 8) ガイドレールに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{\rm G} = \frac{Q_{\rm G}}{A_{\rm G}}$$
 (4. 6. 1. 9)

(c) 組合せ応力

ガイドレールに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{\rm cG} = \sqrt{\sigma_{\rm tG}^2 + 3 \cdot \tau_{\rm G}^2} \quad \dots \qquad (4. \ 6. \ 1. \ 10)$$

b. テーパブロック取付ボルト

テーパブロック取付ボルトに作用する荷重によるせん断力を算出し、ボルトに生じる 応力を計算する。計算モデルは図4-5に示すとおりとする。

図4-5 テーパブロック取付ボルト計算モデル

$$\tau_{\rm UT} = \frac{\alpha_{\rm UT}}{A_{\rm UT}}$$
 (4. 6. 1. 12)

c. 閂ピン

閂ピンに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し,閂ピンに生じる 応力を計算する。計算モデルは図4-6に示すとおり,集中荷重が中央に作用する両端支 持梁モデルとする。

図4-6 閂ピン計算モデル

(a) 引張応力 閂ピンに作用する曲げモーメントは次式により求める。 $M_{p} = \frac{F_{p} \cdot L_{p}}{4}$ (4. 6. 1. 13) 閂ピンに生じる引張応力は次式により求める。 $\sigma_{t P} = \frac{M_{P}}{Z_{p}}$ (4. 6. 1. 14)

(b) せん断応力 閂ピンに作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{\rm P} = \frac{\Gamma_{\rm P}}{2}$$
 (4. 6. 1. 15)

閂ピンに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{\rm P} = \frac{Q_{\rm P}}{A_{\rm P}}$$
 (4. 6. 1. 16)

(c) 組合せ応力

問ピンに生じる組合せ応力は次式により求める。 $\sigma_{c,P} = \sqrt{\sigma_{t,P}^{2} + 3 \cdot \tau_{P}^{2}}$ (4. 6. 1. 17) d. ハンガーレール

ハンガーレールに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し,ハンガ ーレールに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-7に示すとおり,集中荷重が先端 に作用する片持ち梁モデルとする。

図4-7 ハンガーレール計算モデル

(a) 引張応力
 ハンガーレールに作用する曲げモーメントは次式により求める。
 M_H=F_H・L_H
 ハンガーレールに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{\rm tH} = \frac{M_{\rm H}}{Z_{\rm H}}$$
 (4. 6. 1. 19)

(b) せん断応力

ハンガーレールに作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{H} = F_{H}$$
 (4. 6. 1. 20)
ハンガーレールに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{\rm H} = \frac{{\rm Q}_{\rm H}}{{\rm A}_{\rm H}}$$
 (4. 6. 1. 21)

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{cH} = \sqrt{\sigma_{tH}^2 + 3 \cdot \tau_{H}^2}$$
 (4. 6. 1. 22)

- 4.6.2 荷重の計算方法
 - (1) 駆動部の計算方法
 - a. チェーン

駆動部はチェーン張力を用いて荷重を計算する。図4-8に示すとおり、チェーンの引 張り試験により得られた荷重-変位曲線に基づき、設計・建設規格 SSB-3200の規定に 従って許容荷重を算定するとともに、チェーンの変位 に相当する荷重を強度評価 用の荷重に設定する。



図 4-8 チェーンの引張り試験により得られた荷重-変位曲線

4.7 計算条件

応力計算に用いる自重(扉)及び荷重(地震荷重及び圧力)は、本計算書の【オペフロ BOP 閉止装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 4.8 応力の評価
 - 4.8.1 扉及び支持部材の応力評価

4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ssによる 荷重との組合せの場合*
許容引張応力 <i>f</i> t	$\frac{F}{1.5}$ • 1.5	$\frac{F^{*}}{1.5}$ 1.5
許容せん断応力 ƒ s	$\frac{\mathrm{F}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f _t	$\frac{F}{1.5}$ • 1.5	$\frac{F^{*}}{1.5}$ 1.5

注記* : 閂ピンについては,基準地震動Ssにより定まる地震力が作用した後に おいても,扉固定の機能を維持する設計とすることから許容応力状態を ⅢASとする。

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1項で求めた取付ボルトのせん断応力が、せん断力のみを受ける許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

ただし, fsbは下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容せん断応力 fsb	$\frac{F^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.9 荷重の評価

4.9.1 チェーンの荷重評価

4.6.2項にて設定したチェーンに作用する荷重が許容荷重以下であること。 ただし,許容荷重は設計・建設規格 SSB-3200の規定による。

5. 機能維持評価

オペフロ BOP 閉止装置の動的機能維持評価について、以下に示す。

5.1 機能維持評価用加速度

オペフロBOP閉止装置は原子炉建屋に直接取り付けられることから,機能維持評価用加速度 は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す原子炉建屋の地震応答解析で評価した, オペフロBOP閉止装置取付部の頂部位置に生じる加速度とする。機能維持評価用加速度を表5-1に示す。

	表5-1 機能約	維持評価用加速度	$(\times 9.8 \text{m/s}^2)$
評価部位	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持 評価用加速度
		面外	
オペフロ BOP 閉止装置	原子炉建屋 T.M.S.L.	面内	
M. AE		鉛直	

注記*:基準床レベルを示す。

5.2 機能確認済加速度

オペフロBOP閉止装置について,実機の据付状態を模擬し,加振台上に架台を設置し,架台 にオペフロBOP閉止装置を取り付けた上で,設置される床における設備評価用床応答曲線を包 絡する模擬地震波により加振試験を行う。オペフロBOP閉止装置の機能確認済加速度には,水 平2方向と鉛直方向の3方向同時加振試験において,オペフロBOP閉止装置の作動性及び気密性 を保持できることを確認した最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表5-2に示す。

₹	長5−2 機能確認	済加速度 (×9.8m/s ²)
評価部位	方向	機能確認済加速度
	面外	
オペフロ BOP 閉止装置	面内	
	鉛直	

- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果
 オペフロBOP閉止装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。
 発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して構造強度及び動的機能を有していることを確認した。
 - (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
 - (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7. 引用文献

引用文献を以下に示す。

・機械工学便覧(改訂第6版)(日本機械学会編 1987年4月)((社)日本機械学会)

【オペフロ BOP 閉止装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

1.1.1 扉開状態の設計条件

		据付場所及び床面高さ		固有周期(s)	弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動Ss 鉛直方向 面外方向 設計震度 面内方向 設計震度 面外方向 設計震度 面内方向 設計震度 面外方向 設計震度 面内方向 設計震度 0.05以下 ー ー ー ー		周囲環境温度					
機器名称	設備分類	(m)	面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向 設計震度	面内方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	面外方向 設計震度	面内方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
オペフロ BOP 閉止装置	常設/緩和	原子炉建 <u>屋</u> T. M. S. L.	0.072	0.05以下	0.05以下	_	_					50

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.1.2 扉閉状態の設計条件

	機器名称 設備分類	拗 哭 夕 敌:	⇒11/# /\ 米定	据付場所及び床面高さ		固有周期(s)		弾性設計用	用地震動Sd又に	は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度
	機奋名称	設備分類	(m)	面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向 設計震度	面内方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	面外方向 設計震度	面内方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	
	オペフロ BOP 閉止装置	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.	0.072	0.05以下	0.05以下	_	_	_				100	

注記*1:基準床レベルを示す。

*2 : 基準地震動Ss に基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.2 機器要目

1.2.1 外梁

(1) 扉開状態

m	А	Z _x	Z _y	Z z
(kg)	(mm^2)	(mm^3)	(mm^3)	(mm ³)

材料	Sy (MPa)	Su (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	E (MPa)	ν
				—			

(2) 扉閉状態

m	А	Z x	Z y	Z _z
(kg)	(mm^2)	(mm^3)	(mm^3)	(mm^3)
	Ĺ			

	Р
((Pa)

材料	S y	S u	S _y (RT)	F	F*	E	ν
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	,
				—			

1.2.2 ガイドレール (扉開状態のみ)

(1) 扉開状態

L _G	A_{G}	Z _G	
(mm)	(mm^2)	(mm^3)	

*† *1	Sу	S u	S _y (RT)	F	F*
123 127	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)

1.2.3 テーパブロック取付ボルト(扉閉状態のみ)



Р	
(Pa)	

材料	Sy	Su	S _y (RT)	F	F*
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)

1.2.4 閂ピン <u>(1)</u> 扉開状態

L _P	A _P	Z _P	
(mm)	(mm^2)	(mm^3)	

材料	Sy	Su	S _y (RT)	F	F*
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
					_

(2) 扉閉状態

L _P	A _P	Z _P	
(mm)	(mm^2)	(mm^3)	

材料	Sy	Su	S _y (RT)	F	F*
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
					_

1.2.5 ハンガーレール

(1) 扉開状態

L _H	A_{H}	Z _H
(mm)	(mm ²)	(mm ³)

材料	S y	S u	S _y (RT)	F	F*
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
				_	

(2) 扉閉状態

L _H	A_{H}	Z _H
(mm)	(mm^2)	(mm^3)

材料	Sy	Su	S _y (RT)	F	F*
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)

1.2.6 チェーン



1.3 計算数値

1.3.1 外梁の荷重

(1) 扉開状態

(単位:N)

F	F x		F _y		z
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
_		_		_	

注:添字x,y,zは要素に与えられた座標軸で,x軸は常に要素の長手方向にとる。

(2) 扉閉状態

					(単位:N)
F	F _x F _y F _z		F _y		z
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
		_		_	

注:添字x,y,zは要素に与えられた座標軸で,x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 外梁のモーメント

(1) 扉開状態

(単位:N・mm)

Ν	M _x		My		ſz
弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s
_		_		_	

注: 添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

(2) 扉閉状態

(単位:N・mm) $M_{\rm x}$ M_{y} M_{z} 弾性設計用地震動 弾性設計用地震動 弾性設計用地震動 基準地震動 S s 基準地震動 S s 基準地震動 S s S d 又は静的震度 S d 又は静的震度 Sd 又は静的震度 ____ ____ ____

注:添字x,y,zは要素に与えられた座標軸で,x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 ガイドレールの荷重(扉開状態のみ)

(1) 扉開状態

		1	(単位:N)	
F	G	Q_G		
弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
_		_		

1.3.4 ガイドレールのモーメント(扉開状態のみ)

⁽¹⁾ 扉開状態



1.3.5 テーパブロック取付ボルトの荷重(扉閉状態のみ)

			(単位:N)	
F	UT	Q _{UT}		
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
_		—		

1.3.6 閂ピンの荷重

(1) 扉開状態

			(単位:N)	
F	P	Q p		
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
_		_		

(2) 扉閉状態

			(単位:N)	
F	P	Q p		
弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
_		_		

36

1.3.7 閂ピンのモーメント

(1) 扉開状態



(2) 扉閉状態

	(単位:N·mm)
Ν	Ip
弾性設計用地震動	甘滋地震我。
S d 又は静的震度	基準地震動 S S
_	

1.3.8 ハンガーレールの荷重

(1) 扉開状態

			(単位:N)	
F	Ъ	Q _H		
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
_		_		

(2) 扉閉状態

(単位:N)

F	Н	Q _H		
弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	
_		_		

1.3.9 ハンガーレールのモーメント

(1) 扉開状態



(2) 扉閉状態

39







1.4 結論

1.4.1 固有周期

(1) 扉開状態

		(単位:s)
モード	卓越方向	固有周期
1次	面外	0.072
2 次	面外	0.047

(2) 扉閉状態

(単位	:	$_{\rm S})$
	_	

モード	卓越方向	固有周期
1次	面外	0.072
2 次	面外	0.046

1.4.2 応力

(1) 扉開状態

(単位:MPa)

* 77++	++*1	亡士	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s	
司34公	竹科	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
		引張り	—	—	$\sigma_{t} = 55$	
外梁		せん断	—	_	$\tau = 1$	
		組合せ	—	_	$\sigma_{c} = 55$	
		引張り	_		$\sigma_{tG}=27$	
ガイドレール		せん断	—	_	$\tau_{G}=2$	
		組合せ	_		$\sigma_{cG}=27$	
		引張り	_		$\sigma_{tP} = 79$	
閂ピン		せん断	—	—	$\tau_{P}=8$	
		組合せ			$\sigma_{cP}=80$	
ハンガーレール		引張り	_		$\sigma_{tH}=70$	
		せん断	_		τ H=4	
		組合せ		_	σ _{cH} =71	

すべて許容応力以下である。

(2) 扉閉状態

(単位:MPa)

部材	++\\\\\	с , +	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s	
	竹科	応フリ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
		引張り	—	—	$\sigma_t = 54$	
外梁		せん断	—	—	$\tau = 1$	
		組合せ			$\sigma_{\rm c} = 54$	
テーパブロック 取付ボルト		せん断	_	_	τ UT=20	
		引張り		_	$\sigma_{tP} = 79$	
閂ピン		せん断	_	_	$\tau_{P}=8$	
		組合せ	_	_	$\sigma_{cP} = 80$	
ハンガーレール		引張り			$\sigma_{tH}=70$	
		せん断			τ_H=4	
		組合せ	_	_	σ _{cH} =71	

すべて許容応力以下である。

1.4.3 荷重

(単位:N)

部材	材料	荷重	チェーンに作用する力	チェーンの許容荷重
チェーン		引張荷重		

すべて許容荷重以下である。

4.4 動的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
オペフロ BOP 閉止装置	面外方向		
	面内方向		
	鉛直方向		

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性に関する説明書

V-2-10-1 非常用電源設備の耐震性に関する説明書

V-2-10-1-1 非常用電源設備の耐震計算結果

目	次

1.	概要	1
2.	耐震評価条件整理	1
3.	技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ・・・・・・・・・・	13
3.	1 耐震計算の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13

 概要 本説明書は、非常用電源設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

非常用電源設備に対して,設計基準対象施設の耐震重要度分類,重大事故等対処設備の設備分 類を整理した。既設の設計基準対象施設については,耐震評価における手法及び条件について, 既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また,重大事故等対処設備のうち,設計基準 対象施設であるものについては,重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件 との差異の有無を整理した。結果を表1に示す。

非常用電源設備の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表1 耐震評価条件整理一覧表 (1/10)

				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
評価対象設備				耐震重要度 分類	 新規制基準 施行前に認 可された実 続との美界 	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 主思	耐震計算の 記載箇所
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電設備	ディーゼル機関* ²	S	無	V-2-10-1-2-1-1	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	V-2-10-1-2-1-1
			空気だめ* ³	S	無	V-2-10-1-2-1-2	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	V-2-10-1-2-1-2
			空気圧縮機	S	有	V-2-10-1-2-1-3	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	兼	V-2-10-1-2-1-3
			燃料ディタンク	S	無	V-2-10-1-2-1-4	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	V-2-10-1-2-1-4

表1 耐震評価条件整理一覧表 (2/10)

				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
					新規制基準			設計基準対	
評価対象設備			面対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の		象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所		評価条件の	記載箇所
					績との差異			差異	
	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電設備	燃料移送ポンプ	S	*4	V-2-10-1-2-1-5	常設/防止	無	V-2-10-1-2-1-5
その他発電田							(DB 拡張)		
							常設/緩和		
							(DB 拡張)		
			軽油タンク(7 号機設 備)	S	*4	V-2-10-1-2-1-6	常設/防止	無	V-2-10-1-2-1-6
							(DB 拡張)		
							常設/緩和		
							(DB 拡張)		
			主配管	S	有	V-2-10-1-2-1-7	常設/防止	有	V-2-10-1-2-1-7
原							(DB 拡張)		
子炉の附属施設							常設/緩和		
							(DB 拡張)		
			発電機	S	無	V-2-10-1-2-1-1	常設/防止	無	V-2-10-1-2-1-1
							(DB 拡張)		
							常設/緩和		
							(DB 拡張)		
			非常用ディーゼル発電 設備制御盤*5	S	*4	V-2-10-1-2-1-8	常設/防止	無	
							(DB 拡張)		V-2-10-1-2-1-8
							常設/緩和		
							(DB 拡張)		
表1 耐震評価条件整理一覧表 (3/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
		評佰	面対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の	設備公 粨*1	象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所		評価条件の	記載箇所
					績との差異			差異	
			第一ガスタービン発電		 *4	_	常設耐震/防止		V-9-10-1-9-9-1
			機用ガスタービン				常設/緩和		V 2 10 1 2 2 1
			第一ガスタービン発電		 *4	_	常設耐震/防止		V-2-10-1-2-2-2
			機用燃料移送ポンプ				常設/緩和		V Z 10 1 Z Z Z
			第一ガスタービン発電		 *4	_	常設耐震/防止		V-2-10-1-2-2-3
その			機用燃料タンク				常設/緩和		V 2 10 1 2 2 3
他		任	第一ガスタービン発電		 *4	_	常設耐震/防止		W _9_10_1_9_9_4
元 電 田	非常	香	機用燃料小出し槽				常設/緩和		V 2 10 1 2 2 4
用 原	用雪	父流	軽油タンク(7 号機設		 *4	_	常設耐震/防止		V-2-10-1-2-1-6
子炉	源	電源	備)				常設/緩和		V 2 10 1 2 1 0
の R 4	設備	設備	軽油タンク(6 号機設		 *4	_	常設耐震/防止		V-2-10-1-2-2-5
属		ΝĦ	備)				常設/緩和		V 2 10 1 2 2 3
施設			十里孫		 *4		常設耐震/防止		V-2-10-1-2-2-6
							常設/緩和		v -2-10-1-2-2-0
			第一ガスタービン発電		*4		常設耐震/防止		V 9 10 1 9 9 7
			機*6			—	常設/緩和		v =2=10=1=2=2=7
			第一ガスタービン発電		*4		常設耐震/防止		V 9 10 1 9 9 9
			機用制御盤*7			—	常設/緩和		v -2-10-1-2-2-8

表1 耐震評価条件整理一覧表(4/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
評価対象設備			西対象設備	耐震重要度 分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
		緊急時対	軽油タンク(7 号機設 備)	_	*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-2-1-6
その小		対策所代替	軽油タンク(6 号機設 備)	_	 *4	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	V-2-10-1-2-2-5
他発電用面	非常用意	電源設備	主配管	_	*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-2-2-6
子炉の附属	電源設備	監視測	軽油タンク(7 号機設 備)		 *4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-2-1-6
施設		定設備用電	軽油タンク(6 号機設 備)	_	 *4	—	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-2-2-5
		源設備	主配管		*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-2-2-6

ы

表1 耐震評価条件整理一覧表 (5/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
	評価対象設備		耐震重要度	施行前に認	耐震計算の	 設備公約*1	象施設との	耐震計算の	
			分類	可された実	記載箇所		評価条件の	記載箇所	
					績との差異			差異	
			バイタル交流電源装置	S	無	V-2-10-1-1	_		_
			AM 田古法 195V 去雪兕		*4		常設耐震/防止		$V_{-2-10-1-2-1}$
			AM 用但他 1257 元电奋				常設/緩和		V -2-10-1-3-1
			直法 195V	S	銏	V - 2 - 10 - 1 - 3 - 2	常設耐震/防止	钿	V-2-10-1-3-2
そ	非	その	也流 125V 音电他 7A	5		V 2 10 1 3 2	常設/緩和		V Z 10 1 3 Z
の 他			直流 195V 茲雪洲 7A-9	S	 *4	V-2-10-1-3-2	常設耐震/防止	钿	V-2-10-1-3-2
発雪			區/加 125V 盲电/匹 1A 2	5		V 2 10 1 3 2	常設/緩和		V Z 10 1 3 Z
用	常用	他	直流 195V 茲雪沖 7B	S	钿	$V_{-2-10-1-3-2}$	常設耐震/防止	钿	V-9-10-1-3-9
原 子	電源	の電		5	<u>~~</u>	V 2 10 1 5 2	常設/緩和	<u>700</u>	V 2 10 1 5 2
炉の	が設め	源装					常設/防止		
附属	傭	置	直流 195V	S	钿	V-2-10-1-3-2	(DB 拡張)	倕	V-2-10-1-3-2
庵				5	<u>~~</u>	V 2 10 1 5 2	常設/緩和	<u></u>	V 2 10 1 5 2
設							(DB 拡張)		
							常設/防止		
			直法 195V 芸雪洲 7D	S	柵	V - 2 - 10 - 1 - 3 - 2	(DB 拡張)	钿	V-2-10-1-3-2
			匹(//L 123) 宙电(凹 /D	0		V -2-10-1-3-2	常設/緩和	燕	v 2 10 1 3 ⁻ 2
							(DB 拡張)		

6

表1 耐震評価条件整理一覧表 (6/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
		評伯	面対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の	設備公粨*1	象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所	 窗所		記載箇所
					績との差異			差異	
その		その他の電源装置	AM 用直流 125V 蓄電池		 *4		常設耐震/防止 常設/緩和		V-2-10-1-3-3
の他発電	非		緊急用断路器		*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-4-1
用原子	市用電源		緊急用電源切替箱断路 器	_	— *4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-4-2
炉の附属	設備	その	緊急用電源切替箱接続 装置		*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-4-3
施設		他	AM 用動力変圧器	_	*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	—	V-2-10-1-4-4
			AM 用 MCC		*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-4-5
			AM 用切替盤		*4	_	常設耐震/防止 常設/緩和	_	V-2-10-1-4-6

表1 耐震評価条件整理一覧表 (7/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
		評伯	西対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の		象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所	政调力預	評価条件の	記載箇所
			-		績との差異			差異	
			AM 田堝作船		*4	_	常設耐震/防止		$V_{-2-10-1-4-7}$
			AM / 1 / 来 1 F / 盗				常設/緩和		v -2-10-1-4-7
			メタルクラッド開閉装	S	*4	$V_{-2-10-1-4-8}$	常設耐震/防止	右	$V_{-2-10-1-4-8}$
			置 7C	3		V -2-10-1-4-8	常設/緩和	伯	v -2-10-1-4-8
-			メタルクラッド開閉装	S	*4	V-2-10-1-4-8	常設耐震/防止	右	$V_{-2-10-1-4-8}$
その			置 7D	0		V 2 10 1 4 0	常設/緩和	Ή	V 2 10 1 4 0
他							常設/防止		
電田	非常		メタルクラッド開閉装	S	 *4	V-2-10-1-4-8	(DB 拡張)	徣	$V_{-2-10-1-4-8}$
用原	用雪	その	置 7E	5		V 2 10 1 4 0	常設/緩和		V 2 10 1 4 0
子炉	電源	他	の 他				(DB 拡張)		
の時	設備						常設/防止		
属			パワーセンタ	S	 *4	V-2-10-1-4-9	(DB 拡張)	右	V-2-10-1-4-9
施設				5		V 2 10 1 1 3	常設/緩和	Η	V 2 10 1 1 5
							(DB 拡張)		
							常設/防止		
			モータコントロールセ	S	 *4	$V_{-2-10-1-4-10}$	(DB 拡張)	右	$V_{-2-10-1-4-10}$
			ンタ	5		⁴ V-2-10-1-4-10	常設/緩和	伯	V-2-10-1-4-10
							(DB 拡張)		

表1 耐震評価条件整理一覧表 (8/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
		評価	面対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の		象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所	汉加万 短	評価条件の	記載箇所
					績との差異			差異	
							常設/防止		
			新力亦工聖		 *4		(DB 拡張)		$V_{-2-10-1-4-11}$
			動力変圧奋			—	常設/緩和		v -2-10-1-4-11
そ							(DB 拡張)		
の 曲			5 号機原子炉建屋内緊		* 4		常設耐震/防止		$\mathbf{V}_{-9-10-1-4-19}$
心 発 便	非		急時対策所用電源盤				常設/緩和		v -2-10-1-4-12
电用	常田	7	5 号機原子炉建屋内緊				台		
原子	電	\mathcal{O}_{44}	急時対策所用交流 110	—	<u>*4</u>	—	市政	—	V-2-10-1-4-13
炉の	源 設	忚	V分電盤				币収/ 版仰		
附	備		古法 1951 古電兕 74		*4		常設耐震/防止		V 9 10 1 4 14
禹 施			电视 123V 光电奋 (A				常設/緩和		v -2-10-1-4-14
設			古法 195V 去電兕 74-9		* 4		常設耐震/防止		$V_{-2-10-1-4-14}$
			电视 123V 光电奋 (A-2				常設/緩和		v -2-10-1-4-14
			古法 195V 去雪兕 7D		*4		常設耐震/防止		V-2-10-1-4-14
			叵/m 123₩ 兀电奋 /B			—	常設/緩和		v -2-10-1-4-14

表1 耐震評価条件整理一覧表 (9/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
評価対象設備			西対象設備	耐震重要度	施行前に認	耐震計算の	扒借八 粨*1	象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所	政佣刀短	評価条件の	記載箇所
					績との差異			差異	
							常設/防止		
			古法 195V 去雪兕 7C		 *4		(DB 拡張)		$V_{-2-10-1-4-14}$
			电视 1237 光电奋 70				常設/緩和		v -2-10-1-4-14
							(DB 拡張)		
その							常設/防止		
他			直流 195V		 *4	_	(DB 拡張)		$V_{-2-10-1-4-14}$
元 電 田	非常		叵//L 1231 /L 电奋 1D				常設/緩和		V 2 10 1 4 14
用 原	用重	その					(DB 拡張)		
子炉	電源	他	直法 195V 主母線般 7A		 *4	_	常設耐震/防止		V-2-10-1-4-15
の時	設備		叵/m 1237 王母脉盈 /A				常設/緩和		V 2 10 1 4 13
属			直法 195V 亡丹緽般 7B		 *4	_	常設耐震/防止		$V_{-2-10-1-4-15}$
施 設			叵/Ⅲ 1237 王母/冰盘 7D				常設/緩和		V 2 10 1 4 15
							常設/防止		
			直流 195V 主母線般 70		 *4	_	(DB 拡張)		$V_{-2-10-1-4-15}$
			回///L120/ 土丹/水盘 //				常設/緩和		v -2-10-1-4-15
							(DB 拡張)		

表1 耐震評価条件整理一覧表(10/10)

					設計基準対象	施設	重	大事故等対処	設備
					新規制基準			設計基準対	
	評価対象設備			耐震重要度	施行前に認	耐震計算の		象施設との	耐震計算の
				分類	可された実	記載箇所	成7月7万天 <u>月</u>	評価条件の	記載箇所
					績との差異			差異	
							常設/防止		
そ			古达 195V 子母编船 7D		*4		(DB 拡張)		V 9 10 1 4 15
の 曲	非常田	2	但(fill 123) 土母禄盛 (D			—	常設/緩和		v -2-10-1-4-15
心 発 便							(DB 拡張)		
竜用			125V 同時投入防止用		* 4		常設耐震/防止		V-9-10-1-4-16
原 子	電	\mathcal{O}	切替盤			_	常設/緩和		v -2-10-1-4-10
炉の	源設	忚	古法 195V HDAC MCC		 *4		常設耐震/防止		$V_{-2-10-1-4-17}$
附	備		巨(加 1257 HFAC MCC			_	常設/緩和		v -2-10-1-4-17
禹 施			安全系補助継電器盤*8						
設			(計測制御系統施設に	—	<u>*</u> *4	—	常設耐震/防止	—	V-2-6-7-3
			記載)						

注記*1 :「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。

*2:調速装置,非常調速装置及び機関付清水ポンプはディーゼル機関付きであるため,ディーゼル機関の評価に包絡される。

*3:空気だめの安全弁は空気だめ付きであるため、空気だめの評価に包絡される。

*4 :本工事計画で新規に申請する設備であることから、差異比較の対象外。

*5 : 励磁装置及び保護継電装置は非常用ディーゼル発電設備制御盤付きであるため、非常用ディーゼル発電設備制御盤の評価に包絡される。

*6:第一ガスタービン発電機用励磁装置は第一ガスタービン発電機付きであるため、第一ガスタービン発電機の評価に包絡される。

*7:第一ガスタービン発電機用調速装置,第一ガスタービン発電機用非常調速装置及び第一ガスタービン発電機用保護継電装置は第一ガスタ

ービン発電機用制御盤付きであるため,第一ガスタービン発電機用制御盤の評価に包絡される。 *8 : AM 用切替装置(SRV)は安全系補助継電器盤付きであるため,安全系補助継電器盤の評価に包絡される。 3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1 耐震計算の概要

本章は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方 針に基づき、非常用電源設備のうち、技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設 備であるバイタル交流電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有し ていることを説明するものである。バイタル交流電源装置の計算結果を次ページ以降に示す。 (1) バイタル交流電源装置の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 ·····	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の確認 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電気的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····································	9

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計 方針に基づき、バイタル交流電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を 有していることを説明するものである。

バイタル交流電源装置は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下,設 計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、バイタル交流電源装置は、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方 針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

バイタル交流電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の	計画の概要							
基礎・支持構造	主体構造			慨略備這凶				
バイタル交流電源装置	直立形	【バイタル交流電流	【バイタル交流電源装置】					
は、基礎に埋め込まれた	(鋼材及び鋼板を組み							
チャンネルベースに取付	合わせた自立閉鎖型の							
ボルトで設置する。	盤)							
		<u>舟</u>						
		取						
				$\frac{1}{1}$		77777.		
		基位	<u>څ</u>	<i>チャンネルベース</i>				
			(長辺	方向)	(短辺方向)			
			バイタル	バイタル	バイタル	バイタル		
			交流電源装置 7A	交流電源装置 7B	交流電源装置 7C	交流電源装置 7D		
		たて 1300 1300 1300 1300						
		横 5000 5000 5000 5000						
		高さ	2300	2300	2300	2300		
						(単位:mm)		

 \sim

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

バイタル交流電源装置のうちバイタル交流電源装置 7A の固有周期は以下のとおりである。 水平方向の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を 固有振動数測定装置(圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器)により記録解析する。

試験の結果,剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は,構造が同等であり,同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験(自由振動試験)の結果確認された固有周期を使用する。

バイタル交流電源装置 7B, 7C, 7D の固有周期は,構造が同等であり,同様な振動特性を持つ盤 に対する振動試験(自由振動試験)の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果 を表 3-1 に示す。

名称	方向	固有周期
バイタル	水平	
交流電源装置 7A	鉛直	0.05以下
バイタル	水平	0.05以下
交流電源装置 7B	鉛直	0.05以下
バイタル	水平	0.05以下
交流電源装置 7C	鉛直	0.05以下
バイタル	水平	0.05以下
交流電源装置 7D	鉛直	0.05以下

表 3-1 固有周期

(単位:s)

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

バイタル交流電源装置の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤 の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

バイタル交流電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価 に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

バイタル交流電源装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

バイタル交流電源装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に 用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【バイタル交流電源装置 7A の耐震性についての計算結果】、【バイタル交流電源装置 7B の耐震性についての計算結果】、【バイタル交流電源装置 7C の耐震性についての計算結果】、【バイタル交流電源装置 7D の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

施設	区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電	非常用電源	2.1.2.2.大法意运生 四	0	*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III ∧ S
用原子炉の 附属施設	設備	バイタル父流電源装直	S	*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

	表	4 - 2	許容応力	(その他の支持構造物	J)
--	---	-------	------	------------	----

	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)				
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s			
IV A S	1.5 • f t*	1.5 • f s *			

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

6

我了 5 风雨和空时看心刀时画本目(取时坐午对涿旭

=亚/≖→7++	十十 死1	温度条(牛	Sу	S u	S y (R T)
評1曲部24	1/1 1/7	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	

注記*:SS400相当

- 5. 機能維持評価
- 5.1 電気的機能維持評価方法

バイタル交流電源装置の電気的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

バイタル交流電源装置に設置される器具の機能確認済加速度は、V-2-1-9「機能維持の基本 方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認し た評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

次 0 1 小X市市田町1月 /川		(7.5.011/57
評価部位	方向	機能確認済加速度
	水平	
ハイタル父流電源装置 7A	鉛直	
	水平	
ハイタル父流電源装置7B	鉛直	
	水平	
ハイタル父流電源装置7C	方向 機能確認済加速 水平 小平 鉛直 小平 置7B 鉛直 銀直 小平 置7C 鉛直 水平 四 置7D 鉛直	
	水平	
バイタル父流電源装置 7D	鉛直	

表 5-1 機能確認溶加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

バイタル交流電源装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有しているこ とを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【バイタル交流電源装置 7A の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

	耐震重要度分類	耐震重要度分類 据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		国田谭培沮庄
機器名称			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	////////////////////////////////////
					版印度及	版印度及	版印度及	版訂及及	
バイタル 交流電源装置 7A	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 6.5*		0.05以下	С н=0.82	Cv = 0.68	Сн=1.86	Cv = 1.33	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sıu i (MPa)
取付ボルト (i=2)		750	16 (M16)	201.1	60	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

10

					*	転倒方向		
部材	ℓı i * (mm)	ℓ₂ i * (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	575	575	18					
(i =2)	1629	3301	4	215	258	短辺方向	長辺方向	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

(単位:N)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

				· · · · —		
	F۱	b i	Qьi			
部材	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s		
取付ボルト (i=2)						

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

部材	++*(亡士	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動S s			
	143 14-7	ルロフJ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	σ _{b2} =9	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!161$ *	σ _{b2} =53	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!193$ *		
		せん断	τ b2=6	$f_{s \ b \ 2} = 124$	τь2=13	$f_{\rm s\ b\ 2}\!=\!148$		

すべて許容応力以下である。

注記*:ftsi =Min[1.4・ftoi-1.6・てbi, ftoi]

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
バイタル 交流電源装置 7A	水平方向	1.55	
	鉛直方向	1.11	

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。









【バイタル交流電源装置 7B の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

		堀台掲売及び広声言さ	固有周	哥期(s)	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震	§動Ss	国田福保祖由
機器名称	耐震重要度分類	重要度分類	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	////////////////////////////////////
					版印度反	版印度反	版时承及	政时况及	
バイタル 交流電源装置 7B	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 6.5*	0.05以下	0.05以下	Сн=0.82	Cv = 0.68	Сн=1.86	Cv=1.33	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	$A \ { m b} \ i$ (mm ²)	n i	S _{yi} (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		750	16 (M16)	201.1	60	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

13

					*	転倒方向	
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ₂ i * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	575	575	18				
(i=2)	1629	3301	4	215	258	短辺方向	長辺方向

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに	- 作用する力		(単位:N)		
	F۱	o i	Qьi		
部材	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト (i=2)					

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

立7 ++	++*(亡士	弾性設計用地震動	動Sd又は静的震度	基準地震動S s		
다가기	1/1 1/7	ルロフJ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト (i=2)	0041	引張り	σ _{b2} =9	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!161$ *	σ _{b2} =53	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!193$ *	
	\$\$41	せん断	τ b2=6	<i>f</i> s b 2=124	τ _{b2} =13	$f_{\rm s\ b\ 2}\!=\!148$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

1.4.2 電気的機能の評価結果

機能維持評価用加速度* 機能確認済加速度 水平方向 1.55バイタル 交流電源装置 7B 鉛直方向 1.11

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。









【バイタル交流電源装置 7C の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称 耐震重		据付場所及び床面高さ・ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s		国田福岡祖年
	耐震重要度分類		水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	□□珠現溫及 (℃)
					設計農度	設計農度	設計震度	設計農度	
バイタル 交流電源装置 70	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 6.5*	0.05以下	0.05以下	Сн=0.82	Cv = 0.68	Сн=1.86	Cv = 1.33	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

						1	
部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm ²)	n i	Syi (MPa)	Sıı _i (MPa)
取付ボルト (i=2)		750	16 (M16)	201.1	60	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

16

					*	転倒方向	
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{1 i} * ℓ _{2 i} * n f i * F i (mm) (mm)		F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	575	575	18				
(i=2)	1629	3301	4	215	258	短辺方向	長辺方向

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

1.3.1 ボルトに	こ作用する力		(単位:N)		
	F۱	o i	Qьi		
部材	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト (i=2)					

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動 S s		
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト	0041	引張り	σ _{b2} =9	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!161$ *	σ _{b2} =53	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!193$ *	
(i=2)	5541	せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{s \ b \ 2} = 124$	τ b 2 = 13	$f_{\rm s\ b\ 2}\!=\!148$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
バイタル	水平方向	1.55	
交流電源装置 7C	鉛直方向	1.11	

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

17









【バイタル交流電源装置 7D の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称 耐震重要		据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s		国田彊培沮由
	耐震重要度分類		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	问囲環現価度 (℃)
					KHAQ	KH XX	KH XX	KHAQ	
バイタル 交流電源装置 7D	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 6.5*	0.05以下	0.05以下	Сн=0.82	Cv = 0.68	Сн=1.86	Cv = 1.33	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	$A \triangleright_i$ (mm ²)	n i	Syi (MPa)	Sıu i (MPa)
取付ボルト (i=2)		750	16 (M16)	201.1	60	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

19

					*	転倒方向	
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ₂ i * (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	575	575	18				
(i=2)	1629	3301	4	215	258	短辺方向	長辺方向

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1	ボル	トに作	乍用了	する力
-------	----	-----	-----	-----

1.3.1 ボルトに	こ作用する力		(単位:N		
	Ft	o i	Qьi		
部材	弾性設計用 地震動Sd又は 静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト (i=2)					

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

±7++	++*	C +	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s	
百户小门	1/1 1/7	ルロフJ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	CC / 1	引張り	σ _{b2} =9	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!161$ *	σ _{b2} =53	$f_{\rm t\ s\ 2}\!=\!193$ *
(i=2)	3341	せん断	$\tau_{b2}=6$	f s b 2=124	τ _{b2} =13	$f_{\rm s\ b\ 2} = 148$

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
バイタル 交流電源装置 7D	水平方向	1.55	
	鉛直方向	1.11	

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。









V-2-10-1-2 非常用発電装置の耐震性についての計算書

V-2-10-1-2-1 非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-2-1-1 非常用ディーゼル発電機の耐震性についての 計算書
目 次

1. ディー	-ゼル機関 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.1 概要	æ	1
1.2 一舟	安事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.2.2	評価方針	3
1.2.3	適用規格・基準等 ······	4
1.2.4	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
1.2.5	計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
1.3 評価	田部位 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
1.4 固有	有周期	9
1.4.1	固有周期の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
1.4.2	固有周期の計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
1.4.3	固有周期の計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
1.5 構造	^告 強度評価 ······	11
1.5.1	構造強度評価方法	11
1.5.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・	11
1.5.3	設計用地震力	15
1.5.4	計算方法 ······	16
1.5.5	計算条件	24
1.5.6	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
1.6 機育	と維持評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
1.6.1	動的機能維持評価方法 ·····	26
1.7 評佰	西結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
1.7.1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
1.7.2	重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
2. 発電機	幾	36
2.1 概要	ਝ	36
2.2 一舟	受事項	36
2.2.1	構造計画	36
2.2.2	評価方針	38
2.2.3	適用規格・基準等	39
2.2.4	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
2.2.5	計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	42
2.3 評伺	西部位 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	43
2.4 固有	育周期	44
2.4.1	固有周期の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	44

2.4.2	固有周期の計算条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	44
2.4.3	固有周期の計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	45
2.5 構造	造強度評価 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	46
2.5.1	構造強度評価方法	46
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	46
2.5.3	設計用地震力	50
2.5.4	計算方法	51
2.5.5	計算条件	61
2.5.6	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	62
2.6 機能	と維持評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	63
2.6.1	動的機能維持評価方法	63
2.7 評价	西結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
2.7.1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
2.7.2	重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64

- 1. ディーゼル機関
- 1.1 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関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。

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に, 重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和 設備(設計基準拡張)に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として の構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

- 1.2 一般事項
- 1.2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の構造計画を表1-2-1に示す。

表 1-2-1 構造計画



1.2.2 評価方針

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方 針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」に て示す非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設 定する箇所において、「1.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力によ る応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認する ことで実施する。また、非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の機能維持評価は、V -2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時 の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す 方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震評価フローを図1-2-1に示す。



図 1-2-1 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協 会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
А	最小断面積	mm^2
Abi	ボルトの軸断面積*1	mm^2
A s	最小有効せん断断面積	mm^2
СЕН	ディーゼル機関往復運動による水平方向震度	—
$C \in v$	ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度	_
Сн	水平方向設計震度	_
Сv	鉛直方向設計震度	_
d i	ボルトの呼び径*1	mm
Е	縦弾性係数	MPa
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
Fi [*]	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
Fьі	ボルトに作用する引張力(1 本当たり) *1	Ν
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
Ι	断面二次モーメント	mm^4
ℓ 1 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
<i>l</i> 2 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
M_{E1} , M_{E2}	ディーゼル機関回転により作用するモーメント	N•mm
m i	運転時質量*2	kg
Ν	回転数(ディーゼル機関の定格回転数)	rpm
n i	ボルトの本数*1	—
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
Р	ディーゼル機関出力	kW
Q b i	ボルトに作用するせん断力*1	Ν
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa
S у і	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa
S _{yi} (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の	MPa
	40℃における値*1	
Т	固有周期	S
π	円周率	—
σьi	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
au b i	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1:Abi, di, Fi, Fi, Fbi, fsbi, ftoi, ftsi, l1i, l2i, ni, nf i, Qbi, Sui, Syi, Syi(RT), σbi及びτbiの添字iの意味は,以下のと おりとする。

i =1:基礎ボルト

i=2:ディーゼル機関取付ボルト

*2:h i 及びm i の添字 i の意味は,以下のとおりとする。

i =1:据付面

i =2: ディーゼル機関取付面

*****3 : ℓ₁ i ≦ ℓ₂ i

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表1-2-2に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	_	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C		—	整数位
質量	kg		—	整数位
長さ	mm		—	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 1-2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は, 比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位までの値とする。

1.3 評価部位

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示 す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及びディーゼル機関取付ボルトについて実 施する。非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震評価部位については、表 1-2-1の 概略構造図に示す。

1.4 固有周期

1.4.1 固有周期の計算方法

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
 - a. ディーゼル機関の質量は重心に集中するものとする。
 - b. ディーゼル機関は据付台床上にあり,据付台床は基礎ボルトで基礎に固定され ており,固定端とする。また,ディーゼル機関は,据付台床上に取付ボルトで固定 されるものとする。
 - c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
 - ディーゼル機関は、図1-4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



図 1-4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_{H} = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \left(\frac{h_{1}^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_{1}}{A \cdot G}\right) \cdot (1.4.1.1)$$

(3) 鉛直方向固有周期鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_{V} = 2 \cdot \pi \sqrt[4]{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \frac{h_{1}}{A \cdot E} \cdot (1.4.1.2)$$

1.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電設備ディーゼ ル機関の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。 1.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表1-4-1に示す。計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり, 剛であることを確認した。

表 1-4-1	固有周期	(単位:s)
1X I I I		

水平		
鉛直		

- 1.5 構造強度評価
 - 1.5.1 構造強度評価方法
 - 1.4.1項a.~c.のほか,次の条件で計算する。
 - (1) 地震力はディーゼル機関に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
 - (2) 転倒方向は図 1-5-1~図 1-5-8 における軸直角方向及び軸方向について検討し, 計算書には計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
 - 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち 設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-5-1 に,重大事故等対処設備の評価に 用いるものを表 1-5-2 に示す。
 - 1.5.2.2 許容応力

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5-3 のとおりとする。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の使用材料の許容応力評価条件のうち設 計基準対象施設の評価に用いるものを表1-5-4に,重大事故等対処設備の評価に用 いるものを表1-5-5に示す。

表 1-5-1 荷重の維	合せ及び許容応力状態。	(設計基準対象施設)
--------------	-------------	------------

施設	区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源	非常用発電	非常用ディーゼル発電設備	C	*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
設備	装置	ディーゼル機関	5	*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

注記*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
			常設/防止		$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
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 ディーゼル機関	(DB拡張) 常設/緩和	*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_{S}$	VAS (VASとしてIV ASの許容限界を
			(DB拡張)			用いる。)

表1-5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設/防止(DB拡張)」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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

12

	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f s	
IV A S			
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 • f s *	

表1-5-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

	++ *1	温度条件		Sу	S u	Sy (RT)
計1111111111111111111111111111111111111	竹科	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	S45C (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50	339	556	
ディーゼル機関 取付ボルト	S45C (径≦40mm)	最高使用温度	85*	458	632	

表1-5-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

注記*:機関冷却水最高運転温度

	表 1-5-5	使用材料の許容応力評価条件	(重大事故等対処設備)
--	---------	---------------	-------------

評価部材	材料	材料 温度条件		S y	S u	Sy (RT)
		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	S45C (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50	339	556	
ディーゼル機関 取付ボルト	S45C (径≦40mm)	最高使用温度	85*	458	632	

注記*:機関冷却水最高運転温度

1.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 1-5-6 及び表 1-5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び	固有周	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋 T.M.S.L.13.33 (T.M.S.L.12.3*)			Сн=0.67	$C_{V} = 0.52$	Сн=1.08	Cv=1.05	

表1-5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記*:基準床レベルを示す。

衣1-3-7 页訂用地展力(里入事故等为处故慵)									
据付場所 及び	固有周]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動S s				
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉建屋 T.M.S.L.13.33 (T.M.S.L.12.3*)			_	_	Сн=1.08	C v = 1.05			

表 1-5-7 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度,ディーゼル機関の往復運動による震度及 びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断 力について計算する。

転倒方向



図1-5-1 計算モデル(軸直角方向転倒:弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合)



図 1-5-2 計算モデル(軸方向転倒:弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合)



図 1-5-3 計算モデル(軸直角方向転倒:基準地震動Ssの場合)



 $(\ell_{11} \leq \ell_{21})$

図 1-5-4 計算モデル(軸方向転倒:基準地震動Ssの場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図1-5-1~図1-5-4で基礎 ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計 算する。

なお,計算モデル図 1-5-2 及び図 1-5-4 の場合は,ディーゼル機関回転による モーメント*は,作用しない。

引張力

弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合

$$F_{b1} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot h_{1} + M_{E1} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot \ell_{11}}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \cdot \cdots \cdot (1.5.4.1.1.1)$$

基準地震動S s の場合

$$F_{b1} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot h_{1} + M_{E1} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot \ell_{21}}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \cdot \cdots \cdot (1.5.4.1.1.2)$$

ここで、CEH及びCEVはディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。また、ディーゼル機関回転によるモーメント ME1は次式により求める。

注記*: M_{E1} =
$$\left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^{6} \cdot P$$

(1 kW=10⁶N·mm/s)

引張応力

ただし, Fb1が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので, 引張応力の計算は 行わない。 (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{b1}= (C_H+C_{EH})・m₁・g ・・・・・・・・・・(1.5.4.1.1.5)

せん断応力

1.5.4.1.2 ディーゼル機関取付ボルトの計算方法

ディーゼル機関取付ボルトの応力は地震による震度,ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる 引張力とせん断力について計算する。



図 1-5-5 計算モデル(軸直角方向転倒:弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合)



図1-5-6 計算モデル(軸方向転倒:弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合)



図 1-5-7 計算モデル(軸直角方向転倒:基準地震動Ssの場合)



図1-5-8 計算モデル(軸方向転倒:基準地震動Ssの場合)

(1) 引張応力

ディーゼル機関取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図1-5-5~図 1-5-8 でディーゼル機関取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列のディ ーゼル機関取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお,計算モデル図 1-5-6 及び図 1-5-8 の場合は,ディーゼル機関回転による モーメント*は作用しない。

引張力

弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合

$$F_{b 2} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot h_{2} + M_{E 2} - (1 - C_{E V} - C_{V}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot \ell_{1 2}}{n_{f 2} \cdot (\ell_{1 2} + \ell_{2 2})}$$

$$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1.5.4.1.2.1)$$

基準地震動 S s の場合

$$F_{b 2} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot h_{2} + M_{E 2} - (1 - C_{E V} - C_{V}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot \ell_{2 2}}{n_{f 2} \cdot (\ell_{1 2} + \ell_{2 2})}$$

ここで、CEH及びCEVはディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転数を考慮して定める値である。また、ディーゼル機関回転によるモーメント ME2は次式により求める。

注記*: ME2=ME1=
$$\left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^{6} \cdot P$$

(1 kW=10⁶N·mm/s)

引張応力

 $\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}}$ (1.5.4.1.2.3) ここで、ディーゼル機関取付ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。 A_{b2} = $\frac{\pi}{4}$ ・d₂² · · · · · · · · · · · · · · · (1.5.4.1.2.4)

ただし, Fb2が負のときディーゼル機関取付ボルトには引張力が生じないので,引 張応力の計算は行わない。 (2) せん断応力

ディーゼル機関取付ボルトに対するせん断力はディーゼル機関取付ボルト全本数で 受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{b2}= (C_H+C_{EH}) ・m₂・g ・・・・・・・・・(1.5.4.1.2.5)

せん断応力

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【非常用ディーゼル発電設 備ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.5.2 ディーゼル機関取付ボルトの応力計算条件

ディーゼル機関取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【非常用デ ィーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器 要目に示す。 1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4 項で求めたボルトの引張応力 σ biは次式より求めた許容引張応力ftsi以下であること。ただし、ftoiは下表による。

$$f_{t s i} = Min[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}] \cdots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ b i はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f s b i 以下であること。ただし、f s b i は下表による。

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度による	基準地震動Ss による荷重との
	荷重との組合せの場合	組合せの場合
許 容 引 張 応 力 f t o i	$\frac{\mathrm{F~i}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\mathbf{F} \mathbf{i}}{2}^{*} \cdot 1.5$
許 容 せ ん 断 応 力 <i>f</i> s b i	$\frac{\mathrm{F \ i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F~i}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

1.6 機能維持評価

1.6.1 動的機能維持評価方法

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の地震後の動的機能維持評価について以下に 示す。

なお,機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき, 基準地震動Ssにより定まる応答加速度を設定する。

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関は地震時動的機能維持が確認された機種と 類似の構造及び振動特性であるため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確 認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-6-1 に示す。

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
+666 日日		水平	1. 1	
機関	高速形 ディーゼル機関	鉛直	1.0	
		水平	1.8	
ガバナ		鉛直	1.0	

表 1-6-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$

- 1.7 評価結果
 - 1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の設計基準対象施設としての耐震評価結果を 以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,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確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 1.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震 評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,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確認した。

- (1) 構造強度評価結果
 構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周	引期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地	震動 S s	ディーゼル機関	ディーゼル機関	最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向震度	住復運動による 鉛直方向震度	(°C)	(°C)
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル機関	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 13. 33 (T. M. S. L. 12. 3 ^{*1})			Сн=0.67	$C_{\rm V} = 0.52$	Сн=1.08	Cv=1.05	Сен=0.06	$C_{EV} = 0.07$	85 ^{*2}	50

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:機関冷却水最高運転温度

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	ℓ _{1 i} *1 (mm)	ℓ _{2 i} *1 (mm)	n i	n f i ^{*1}
基礎ボルト		1660	35	800	800	20	10
(i = 1)		1000	(M42)	1927	2213	20	2
ディーゼル機関取付ボルト		560	24	687	687	40	20
(i=2)		900	(M24)	2027	2313	40	2

			_	_	*	転倒	方向		
部材	A b i (mm ²)	Sуі (MPa)	S u i (MPa)	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	M ∈ 1 (N•mm)	M∈2 (N•mm)
基礎ボルト (i=1)	962.1	339 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	556 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	339	389	軸直角	軸	5.056 $\times 10^{7}$	5.056×10^{7}
ディーゼル機関取付ボルト (i=2)	452.4	458 ^{*3} (径≦40mm)	632* ³ (径≦40mm)	442	442	軸直角	軸	5.056 $\times 10^{7}$	5.056×10^{7}

P (kW)	N (rpm)	E(MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	$A s (mm^2)$	A (mm ²)
5295	1000	172000	66000	5. 606×10^{10}	3.685×10^4	2.148×10^5

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

*3:最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

1.3.1 ボルトに作用する力	1			(単位:N)	
部材	Fь	i	Q b i		
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					
ディーゼル機関取付ボルト (i =2)					

1.4 結論

1.4.1 ボルトの広力

(単位・MPa)

1. 1. 1 11/10	×>//Li	(平広・加る					
☆ 77++	++*1	応力	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動S s		
司小小	121 124		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	S 450	引張り	σь₁= 39	fts1=254*	σь1=167	f t s 1=292*	
(i =1)	5450	せん断	τь1= 24	fsb1=195	τь1= 37	f s b 1 = 225	
ディーゼル機関	0.450	引張り	σ b 2 = 8	fts2=331*	σ b 2= 82	f t s 2=331*	
(i=2)	S45C	せん断	τ b 2= 15	fsb2=255	τ b 2= 22	f s b 2=255	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

	1.4.2	動的機能の評価結果	
--	-------	-----------	--

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
+4% 日日	水平方向	0.90	1.1
機関	鉛直方向	0.87	1.0
ガバナ	水平方向	0.90	1.8
	鉛直方向	0.87	1.0

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

松田な私	据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動 S s		ディーゼル機関	ディーゼル機関	最高使用温度	周囲環境温度	
機器名称 設備分類	床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	任復連動による 水平方向震度	住復連動による 鉛直方向震度	(°C)	(°C)	
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル機関	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L.13.33 (T.M.S.L.12.3 ^{*1})					Сн=1.08	C v=1.05	Сен=0.06	Сеv=0.07	85* ²	50

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:機関冷却水最高運転温度

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	ℓ 1 i *1 (mm)	ℓ _{2 i} *1 (mm)	n i	nfi ^{*1}
基礎ボルト		1660	35	800	800	20	10
(i = 1)		1000	(M42)	1927	2213	20	2
ディーゼル機関取付ボルト		FGO	24	687	687	40	20
(i=2)		000	(M24)	2027	2313	40	2

						転倒方向			
部材	A b i (mm ²)	Syi (MPa)	S u i (MPa)	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	$M \ge 1$ (N·mm)	M ∈ 2 (N•mm)
基礎ボルト (i=1)	962.1	339 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	556 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	_	389	—	軸	—	—
ディーゼル機関取付ボルト (i=2)	452.4	458 ^{*3} (径≦40mm)	632* ³ (径≦40mm)	_	442	_	軸		_

P(kW)	N (rpm)	E(MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A s (mm^2)	A (mm ²)
5295	1000	172000	66000	5. 606×10^{10}	3.685×10^4	2.148×10^{5}

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

*3:最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位	:	N)	
-----	---	----	--

÷17.4-4-	Fь	i	Q b i		
ראים	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)	—		_		
ディーゼル機関取付ボルト (i =2)	_				

2.4.1 ボルト	<u>2.4.1 ボルトの応力</u> (単位:MPa								
☆ロナナ ナナ ッド1	ドカ	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動 S s					
にない日	前树 树树	応ノJ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力			
基礎ボルト (i=1) S45C	引張り	_	_	σь1=167	f t s 1=292*				
	5450	5450 せん断	_	_	τь1= 37	fsb1=225			
ディーゼル機関 取付ボルト S45C (i=2)	引張り	—	—	σ b 2= 82	f t s 2=331*				
	5450	せん断	—	—	τ b2= 22	$f_{s b 2} = 255$			

すべて許容応力以下である。

注記*:ftsi =Min[1.4・ftoi-1.6・てbi, ftoi]

2.4.2 動的機能の評価結果

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
+116月目	水平方向	0.90	1.1
機関	鉛直方向	0.87	1.0
-18 - S. I-	水平方向	0.90	1.8
ガバナ	鉛直方向	0.87	1.0

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



【弾性設計用地震動 S d 又は静的震度の場合】


【基準地震動S s の場合】

2. 発電機

2.1 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、発電機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。

発電機は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常 設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)に分類され る。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持 評価を示す。

- 2.2 一般事項
 - 2.2.1 構造計画

発電機の構造計画を表 2-2-1 に示す。

表 2-2-1 構造計画



37

2.2.2 評価方針

発電機の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ 並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す発電機の部位を踏まえ「2.3 評価部 位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震 力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認す ることで実施する。また、発電機の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設 定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下 であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を 「2.7 評価結果」に示す。

発電機の耐震評価フローを図 2-2-1 に示す。



図 2-2-1 発電機の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・ 建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
А	最小断面積	mm^2
A b i	ボルトの軸断面積*1	mm^2
As	最小有効せん断断面積	mm^2
CG	発電機振動による震度	—
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径*1	mm
E	縦弾性係数	MPa
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F i *	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
F ь і	ボルトに作用する引張力(1本当たり)*1	Ν
fsbi	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
Ι	断面二次モーメント	mm^4
<i>l</i> 1 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*5	mm
ℓ2 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*5	mm
MG	発電機回転により作用するモーメント	N•mm
m i	運転時質量*3	kg
m i (h)	水平方向に働く質量*4	kg
m i (v)	鉛直方向に働く質量*4	kg
Ν	回転速度(発電機の定格回転速度)	rpm
n i	ボルトの本数*1	—
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
Р	ディーゼル機関出力	kW
${f Q}$ b i	ボルトに作用するせん断力*1	Ν
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa
S y i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa
Т	固有周期	s
π	円周率	—
σ b i	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
au b i	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1: Abi, di, Fi, Fi*, Fbi, fsbi, ftoi, ftsi, l1i, l2i, ni, nfi, Qbi, Sui, Syi, σbi及びτbiの添字iの意味は,以下のとおりとする。

- i =1: 基礎ボルト
- i=2:固定子取付ボルト
- i=3:機関側軸受台下部ベース取付ボルト
- i=4:機関側軸受台取付ボルト
- i =5:軸受台取付ボルト
- *2: h i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。
 - i =1:据付面
 - i =2:固定子取付面
 - i=3:機関側軸受台下部ベース取付面
 - i=4:機関側軸受台取付面
 - i =5:軸受台取付面
- *3:miの添字iの意味は、以下のとおりとする。
 - i =1:据付面
 - i =2:固定子取付面
 - i =5: 軸受台取付面
- *4:mi(h),mi(v)の添字iの意味は、以下のとおりとする。
 - i=3:機関側軸受台下部ベース取付面
 - i =4:機関側軸受台取付面

*****5 : ℓ_{1 i} ≦ ℓ_{2 i}

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2-2に示すとおりである。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	_	_	整数位
質量	kg	_	_	整数位
長さ	mm	_	_	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-2-2 表示する数値の丸め方

注記 *1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点 は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

2.3 評価部位

発電機の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しく なる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。発電機の耐震評価部位については、表 2-2 -1の概略構造図に示す。

- 2.4 固有周期
 - 2.4.1 固有周期の計算方法

発電機の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
 - a. 発電機の質量は重心に集中するものとする。
 - b. 発電機は据付台床上にあり,据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されるものとす る。また,機関側軸受台,軸受台及び固定子は,据付台床上に取付ボルトで固定され るものとする。
 - c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

発電機は、図2-4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



図 2-4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_{H} = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \left(\frac{h_{1}^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_{1}}{A \cdot G}\right) \cdot \cdot \cdot (2.4.1.1)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_{v} = 2 \cdot \pi \sqrt[n]{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \frac{h_{1}}{A \cdot E} \cdot \cdot (2.4.1.2)$$

2.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【発電機 7A の耐震性についての計算結 果】、【発電機 7B の耐震性についての計算結果】、【発電機 7C の耐震性についての計算結果】 の機器要目に示す。 2.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 2-4-1 に示す。計算の結果,固有周期は 0.05 秒以下であり,剛 であることを確認した。

1 固有周期
1 固有周期

(単位:s)

発電機 7A	水平		
	鉛直		
発電機 7B	水平		
	鉛直		
発電機 7C	水平		
	鉛直		

- 2.5 構造強度評価
 - 2.5.1 構造強度評価方法
 - 2.4.1項a.~c.のほか,次の条件で計算する。
 - (1) 地震力は発電機に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
 - (2) 転倒方向は図 2-5-1~図 2-5-10 における軸直角方向及び軸方向について検討し, 計算書には計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
 - 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
 発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5-2に示す。
 - 2.5.2.2 許容応力

発電機の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5-3 のとおりとする。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるもの を表 2-5-4 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5-5 に示す。

表 2-5-1	荷重の組合せ及び許容応力状態	(設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電	非常用電源	75 47 144	S	*	$D + P_D + M_D + S d *$	III ∧ S
用原于炉の 附属施設	^{1 原子炉の} 設備 附属施設	光电愤	5		$D + P_D + M_D + S_s$	IV a S

注記*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
			常設/防止		$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
その他発電	非常用電源	非常用電源 発電機 設備	(DB 拡張)	<u> </u>		V A S
用原子炉の	Pの 設備		発電機 常設/緩和			(V _A Sとして,
附禹施設	(DB 拡張)	(DB 拡張)		D + I SAD + WISAD + 5 S	IVASの許容限	
						界を用いる。)

表 2-5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3:「D+PsAD+MsAD+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

47

	許容限界*1,*2 (ボルト等)				
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s			
IV A S					
VAS (VASとして, NASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 · f s *			

表 2-5-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略

する。

	++ 101	温度条件		S y	S u	S y (R T)
計 1111 訂) 1/1 	11 11 11	(°C)	(°C)		(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	S45C (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50	339	556	_
固定子取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	_
機関側軸受台下部 ベース取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	_
機関側軸受台取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	_
軸受台取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	_

表 2-5-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

49

表 2-5-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

	<u>ት ት</u> ተራበ	温度条件		Sу	S u	S y (R T)
百千 1川 百0 170 	1/1 1/1	(°C)	(°C)		(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	S45C (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50	339	556	_
固定子取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	
機関側軸受台下部 ベース取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	_
機関側軸受台取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	
軸受台取付ボルト	S20C (径≦100mm)	周囲環境温度	50	241	391	

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-5-6 及び表 2-5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
床面高さ (m)	水平方向 鉛直方向		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L.13.605 (T.M.S.L.12.3*)			Сн=0.72	$C_{V}=0.67$	Сн=1.42	Cv=1.33

表 2-5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記*:基準床レベルを示す。

衣2-3-7 成訂用地展力(重八爭旼等対处改幅)							
据付場所 及び	固有周期(s) 水平方向 鉛直方向		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s		
床面高さ (m)			水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋 T.M.S.L.13.605 (T.M.S.L.12.3*)			_		Сн=1.42	Cv=1.33	

表 2-5-7 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度,発電機振動による震度及び発電機回転によ り作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-5-1 計算モデル(軸直角方向転倒)



図 2-5-2 計算モデル(軸方向転倒)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 2-5-1 及び図 2-5-2 で 基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとし て計算する。

なお,計算モデル図2-5-2の場合は,発電機回転によるモーメントは,作用しない。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(C_{H}+C_{G}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot h_{1} + M_{G} - (1 - C_{V}-C_{G}) \cdot m_{1} \cdot g \cdot \ell_{11}}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})}$$
....(2.5.4.1.1.1)
ここで、発電機回転によるモーメントMGは次式により求める。

$$M_{G} = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^{6} \cdot P$$

$$(1 \text{ kW}=10^{6} \text{N} \cdot \text{mm/s})$$

引張応力 $\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \cdots (2.5.4.1.1.2)$ ここで、基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。 $A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{1}^{2} \cdots (2.5.4.1.1.3)$ ただし、F_{b1}が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は 行わない。

(2) せん断応力 基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{b1}= (C_H+C_G)・m₁・g ・ ・・・・・・・・・(2.5.4.1.1.4)

2.5.4.1.2 固定子取付ボルトの計算方法

固定子取付ボルトの応力は地震による震度,発電機振動による震度及び発電機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-5-3 計算モデル(軸直角方向転倒)



(1) 引張応力

固定子取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図 2-5-3 及び図 2-5-4 で固定子取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の固定子取付ボル トで受けるものとして計算する。

なお,計算モデル図 2-5-4の場合は,発電機回転によるモーメントは作用しない。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(C_{H}+C_{G}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot h_{2} + M_{G} - (1 - C_{V} - C_{G}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot \ell_{12}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})}$$

$$\dots \dots \dots \dots (2.5.4.1.2.1)$$
ここで, 発電機回転によるモーメントMGは次式により求める。

$$M_{G} = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^{6} \cdot P$$

$$(1 \text{ kW}=10^{6}\text{N} \cdot \text{mm/s})$$
引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots \dots \dots \dots \dots \dots (2.5.4.1.2.2)$$
ここで, 固定子取付ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2}^{2} \dots \dots \dots \dots (2.5.4.1.2.3)$$

ただし, Fb2が負のとき固定子取付ボルトには引張力が生じないので, 引張応力の 計算は行わない。

(2) せん断応力

固定子取付ボルトに対するせん断力は固定子取付ボルト全本数で受けるものとして 計算する。

せん断力 Qb2=(CH+CG)・m2・g ・・・・・・・・・・・・・・・(2.5.4.1.2.4)

2.5.4.1.3 機関側軸受台下部ベース取付ボルトの計算方法

機関側軸受台下部ベース取付ボルトの応力は地震による震度,発電機振動による 震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-5-5 計算モデル(軸直角方向転倒)



図 2-5-6 計算モデル(軸方向転倒)

(1) 引張応力

機関側軸受台下部ベース取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図 2 -5-5 及び図 2-5-6 で機関側軸受台下部ベース取付ボルトを支点とする転倒を考 え,これを片側の列の機関側軸受台下部ベース取付ボルトで受けるものとして計算す る。

引張力 $F_{b3} = \frac{(C_{H}+C_{G}) \cdot m_{3}(h) \cdot g \cdot h_{3} - (1 - C_{V} - C_{G}) \cdot m_{3}(v) \cdot g \cdot \ell_{13}}{n_{f3} \cdot (\ell_{13} + \ell_{23})}$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2.5.4.1.3.1)$ ただし, 軸直角方向転倒では, (2.5.4.1.3.1)式中のm₃(h)はm₃(v)として計算する。 引張応力 $\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \cdot (2.5.4.1.3.2)$ ここで, 機関側軸受台下部ベース取付ボルトの軸断面積A_{b3}は次式により求める。 $A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{3}^{2} \cdot (2.5.4.1.3.3)$ ただし, F_{b3}が負のとき機関側軸受台下部ベース取付ボルトには引張力が生じない

たたし、Fb3か負のとき機関側軸受台下部ペース取付ホルトには引張力が生じない ので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

機関側軸受台下部ベース取付ボルトに対するせん断力は機関側軸受台下部ベース取 付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q b 3 = (C H + C G)・m 3 (h)・g ・・・・・・・・・・・・・・・(2.5.4.1.3.4)

せん断応力

2.5.4.1.4 機関側軸受台取付ボルトの計算方法

機関側軸受台取付ボルトの応力は地震による震度及び発電機振動による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-5-7 計算モデル(軸直角方向転倒)



図 2-5-8 計算モデル(軸方向転倒)

(1) 引張応力

機関側軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図2-5-7及び 図2-5-8で機関側軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の機 関側軸受台取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

ただし,軸直角方向転倒では,(2.5.4.1.4.1)式中のm4(h)はm4(v)として計算する。 引張応力

ただし, F b 4 が負のとき機関側軸受台取付ボルトには引張力が生じないので, 引張 応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

機関側軸受台取付ボルトに対するせん断力は機関側軸受台取付ボルト全本数で受け るものとして計算する。

せん断力

 $Q_{b4} = (C_H + C_G) \cdot m_{4(h)} \cdot g \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (2.5.4.1.4.4)$

せん断応力

$$\tau_{b4} = \frac{Q_{b4}}{n_4 \cdot A_{b4}} \quad \cdots \quad (2.5.4.1.4.5)$$

2.5.4.1.5 軸受台取付ボルトの計算方法

軸受台取付ボルトの応力は地震による震度及び発電機振動による震度によって生 じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-5-9 計算モデル(軸直角方向転倒)



図 2-5-10 計算モデル (軸方向転倒)

(1) 引張応力

軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図2-5-9及び図2-5-10で軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の軸受台取付ボルトで 受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b\,5} = \frac{(C_{H} + C_{G}) \cdot m_{5} \cdot g \cdot h_{5} - (1 - C_{V} - C_{G}) \cdot m_{5} \cdot g \cdot \ell_{1\,5}}{n_{f\,5} \cdot (\ell_{1\,5} + \ell_{2\,5})}$$

 $\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (2.5.4.1.5.1)$

引張応力

 $\sigma_{b5} = \frac{F_{b5}}{A_{b5}}$(2.5.4.1.5.2) ここで、軸受台取付ボルトの軸断面積Ab5は次式により求める。 Ab5= $\frac{\pi}{4}$ ・d5²(2.5.4.1.5.3)

ただし, F_b₅が負のとき軸受台取付ボルトには引張力が生じないので, 引張応力の計 算は行わない。

(2) せん断応力

軸受台取付ボルトに対するせん断力は軸受台取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{b5}= (C_H+C_G)・m₅・g ・・・・・・・・・・・・・・(2.5.4.1.5.4)

せん断応力

 $\tau_{b\,5} = \frac{Q_{b\,5}}{n\,5 \cdot A_{b\,5}} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (2.5.4.1.5.5)$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発電機 7A の耐震性についての計算結果】、【発電機 7B の耐震性についての計算結果】、【発電機 7C の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.5.2 発電機固定子取付ボルトの応力計算条件

発電機固定子取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発電機 7Aの耐 震性についての計算結果】、【発電機 7Bの耐震性についての計算結果】、【発電機 7Cの耐 震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 2.5.5.3 機関側軸受台下部ベース取付ボルトの応力計算条件 機関側軸受台下部ベース取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発 電機 7A の耐震性についての計算結果】、【発電機 7B の耐震性についての計算結果】、【発 電機 7C の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。
- 2.5.5.4 機関側軸受台取付ボルトの応力計算条件 機関側軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発電機 7A の耐 震性についての計算結果】、【発電機 7B の耐震性についての計算結果】、【発電機 7C の耐 震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。
- 2.5.5.5 軸受台取付ボルトの応力計算条件

軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発電機 7A の耐震性についての計算結果】、【発電機 7B の耐震性についての計算結果】、【発電機 7C の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4項で求めたボルトの引張応力 σ biは次式より求めた許容引張応力ftsi以下であること。ただし、ftoiは下表による。

$$f_{t s i} = Min[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}] \cdots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	弾性設計用地震動Sd	基準地震動Ss
	又は静的震度による	による荷重との
	荷重との組合せの場合	組合せの場合
許 容 引 張 応 力 f t o i	$\frac{\mathrm{F~i}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\stackrel{*}{\mathrm{F}}_{\mathrm{i}}}{2} \cdot 1.5$
許 容 せ ん 断 応 力 <i>f</i> s b i	$\frac{\mathrm{F \ i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\overset{*}{\mathrm{F i}}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 動的機能維持評価方法

発電機の地震後の動的機能維持評価について以下に示す。

なお,機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき,基準 地震動Ssにより定まる応答加速度を設定する。

発電機は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、地震時動的機能維持が確認された電動機に準じた評価となるため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の電動機の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-6-1 に示す。

評価部位	平価部位 形式		機能確認済加速度
発 電 機	権民中にの基因	水平	2.6
	他形り、いり 軸交	鉛直	1.0

表 2-6-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

- 2.7 評価結果
 - 2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

発電機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満 足しており,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確認 した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降に示す。
- 2.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており、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 ことを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降に示す。

【発電機 7Aの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動 S s		発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
		床面向さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)
発電機 7A	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3 ^{*1})			Сн=0.72	Cv = 0.67	Сн=1.42	C v =1.33	C = 0.07	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

						ℓ1 i ((mm) *1	ℓ2 i (n	m) *1		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i (mm)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	1250		1250		14	6	
(i = 1)				1043	(M56)	17	700	1860		14	2	
固定子取付ボルト				90E	48	1250		1250		G	3	
(i = 2)				805	(M48)	500		500		0	2	
機関側軸受台下部ベース				90E	48	8	800		800		2	
取付ボルト(i=3)				805	(M48)	2	250		250		2	
機関側軸受台				625	48	6	00	600		4	2	
取付ボルト(i=4)				035	635 (M48)		00	200		4	2	
軸受台取付ボルト				205	42	6	00	60	0	4	2	
(i=5)				805	(M42)	10	60	16	0	4	2	

						転倒	方向	M _G (1	N•mm)	
部材	A b i (mm ²)	S y i (MPa)	S u i (MPa)	F i (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト	2 463 \times 10 ³	339^{*2}	556^{*2}	339	389	申申	訷	_	_	
(i = 1)	2. 100 / 10	(40mm<径≦100mm)	(40mm<径≦100mm)	005	005	ŦŦ	ΨH			
固定子取付ボルト	1.810×10^{3}	241^{*2}	391^{*2}	241	274	単山	曲			
(i = 2)	1.010 \ 10	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	274	中田	甲田			
機関側軸受台下部ベース	1.910×10^{3}	241*2	391*2	9.41	974	市中	市中			
取付ボルト(i=3)	1.810×10^{-5}	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	274	甲坩	甲田	_	_	
機関側軸受台	1.010×103	241*2	391*2	0.41	074	**	*+			
取付ボルト(i=4)	$1.810 \times 10^{\circ}$	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	274	甲田	甲田			
軸受台取付ボルト	1 20E × 103	241*2	391*2	9.41	974	融古舟	盐古岛			
(i=5)	1.380×10^{-5}	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	274	1110月	1110月	_		

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As(mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618×10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

1.3 計算数值

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

	I	Fbi	Qbi			
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	性設計用地震動 d又は静的震度 基準地震動Ss		基準地震動 S s		
基礎ボルト						
(i = 1)						
固定子取付ボルト						
(i = 2)						
機関側軸受台下部ベース						
取付ボルト(i=3)						
機関側軸受台						
取付ボルト(i=4)						
軸受台取付ボルト						
(i=5)						

66

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(畄伝	MD_{α}
(里4)/	MPAI

1.1.1							
	++101	内土	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s		
台小 村	1/1 不十	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	SAEC	引張り	σ b1= 10	$f_{ts1} = 254^*$	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$	
(i=1)	5450	せん断	τы= 11	$f_{\rm sb1} = 195$	τ b1= 20	$f_{\rm sb1} = 225$	
固定子取付ボルト	5200	引張り	σ b2= 27	$f_{ts2} = 180^*$	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$	
(i=2)	5200	せん断	τ b2= 14	$f_{\rm sb2} = 139$	τ b2= 26	$f_{\rm sb2} = 158$	
機関側軸受台下部ベース	5200	引張り	σ b3= 54	$f_{ts3} = 180^*$	σ b3= 113	$f_{ts3} = 205^*$	
取付ボルト(i=3)	3200	せん断	τ b3= 18	$f_{\rm sb3} = 139$	τы3= 34	$f_{ m sb3} = 158$	
機関側軸受台	5200	引張り	σ b4= 49	$f_{ts4} = 180^*$	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$	
取付ボルト(i=4)	3200	せん断	τ b4= 17	$f_{\rm sb4} = 139$	τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$	
軸受台取付ボルト	S20C	引張り	σ b5= 12	$f_{ts5} = 180^*$	σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$	
(i=5)	S20C	せん断	τ b5= 12	$f_{\rm sb5} = 139$	τ b5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 動的機能の評価結果

.4.2 動的機能	の評価結果		(単位:×9.8m/s ²)			
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度			
発電機 7A	水平方向	0.91	2.6			
	鉛直方向	0.87	1.0			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s		発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)
発電機 7A	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3 ^{*1})			_	_	Сн=1.42	C v=1.33	C = 0.07	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

							mm) *1	ℓ2 i (n	$m)^{*1}$		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i (mm)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	—	1250	—	1250	1.4	—	6
(i =1)				1043	(M56)	—	1700	—	1860	14	_	2
固定子取付ボルト				90E	48	—	1250	—	1250	G	_	3
(i=2)				(M48)	—	500	—	500	0	—	2	
機関側軸受台下部ベース				90E	48	—	800	—	800	4	_	2
取付ボルト(i=3)				800	(M48)	—	250	—	250	4	—	2
機関側軸受台				625	48	—	600	—	600	4	_	2
取付ボルト(i=4)				030	(M48)	—	200	—	200	4	—	2
軸受台取付ボルト				90E	42	_	600	—	600	4	_	2
(i=5)		1		000	(M42)	—	160	—	160	4	—	2

	Аьі (mm²)	Sуi (MPa)	Sui (MPa)		Fi*(MPa)	転倒方向		$\mathbf{M}_{\mathrm{G}}\left(\mathbf{N}\boldsymbol{\cdot}\mathbf{mm} ight)$	
部材				F i (MPa)		弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	2. 463×10^3	339*2	556*2	_	389	_	軸	_	_
(i =1)		(40mm<径≦100mm)	.40mm<径≦100mm) (40mm<径≦100mm)				[
固定子取付ボルト	1.810×10^{3}	241^{*2}	391^{*2}		974	_	甫山		
(i = 2)	1.010×10	(径 ≤ 100 mm) (径 ≤ 100 mm) 279		214		÷μ		l	
機関側軸受台下部ベース	1.810×10^{3}	241*2	391*2		274	_	軸	_	—
取付ボルト(i=3)	1.010×10	(径≦100mm)	(径≦100mm)						
機関側軸受台	1.910×10^{3}	241*2	241*2 391*2		974		単十		
取付ボルト(i=4)	1.810×10^{-5}	(径≦100mm)	(径≦100mm)	_	214	_	甲田		_
軸受台取付ボルト	1.995×10^{3}	241*2	391*2	_	974		融古み		
(i=5)	1.380×10^{-5}	1.385×10° (径≦100mm) (径≦100			274		1110月		

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

K7 ① V-2-10-1-2-1-1 R1

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As (mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618×10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位)								
	I		Qbi					
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s			
基礎ボルト (i=1)	_				_			
固定子取付ボルト (i=2)	—							
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	—							
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	_				_			
軸受台取付ボルト (i=5)					_			

69

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

		応力	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動 S s		
∃13 4 2	们科		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	C 4EC	引張り	—	—	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$	
(i =1)	5450	せん断	—	—	τ b1= 20	$f_{\rm sb1} = 225$	
固定子取付ボルト (i=2)	S20C	引張り	_	_	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$	
		せん断	_		τ b2= 26	$f_{ m sb2} = 158$	
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	S20C	引張り	_	_	σ b3= 113	$f_{ts3} = 205^*$	
		せん断	_	_	τ b3= 34	$f_{ m sb3} = 158$	
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	5200	引張り	_	_	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$	
	3200	せん断	—	—	τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$	
軸受台取付ボルト (i=5)	S20C	引張り	_	_	σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$	
		せん断	_	_	τ ь5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果 (単位:×9.8							
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度				
	水平方向	0.91	2.6				
充 电懱 (A	鉛直方向	0.87	1.0				

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。














軸方向転倒



÷



軸方向転倒



機関側軸受台取付ボルト



/

 ℓ 14

 ℓ_{24}

軸方向転倒









軸方向転倒

【発電機 7Bの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称 耐震	耐震重要度	据付場所及び	固有周]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	ξ動Ss	発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
	分類	床面局さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)
発電機 7B	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3 ^{*1})			Сн=0.72	Cv = 0.67	Сн=1.42	Cv = 1.33	C = 0.07	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

						ℓ1 i (mm) *1	ℓ2 i (n	m) *1		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i (mm)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	1250		1250		14	6	
(i = 1)				1043	(M56)	1700		1860		14	2	
固定子取付ボルト				805	48	12	1250		1250		3	
(i = 2)				805	(M48)	1250 500		500		0	2	
機関側軸受台下部ベース				90E	48	80	00	800		4	2	
取付ボルト(i=3)				805	(M48)	25	50	250		4	2	
機関側軸受台				625	48	600		60	0	4	2	
取付ボルト(i=4)				035	(M48)	200		200		4	2	
軸受台取付ボルト				90E	42	600		600		4	2	
(i=5)		1		005	(M42)	10	30	16	0	4	2	

						転倒	创方向	M _G ($\mathbf{M}_{\mathrm{G}}\left(\mathbf{N}\boldsymbol{\cdot}\mathbf{mm} ight)$	
部材	A b i (mm ²)	Syi (MPa)	Sui (MPa)	F i (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト	2 463 \times 10 ³	339*2	556* ²	339	389	申申	曲		_	
(i = 1)	2.403×10	(40mm<径≦100mm)	(40mm<径≦100mm)	000	000	÷μ	ΨΨ			
固定子取付ボルト	1.810×10^{3}	241^{*2}	391*2	941	274	曲	甫山			
(i=2)	1.010×10	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	214	半田	甲田			
機関側軸受台下部ベース	1.910×10^{3}	241*2	391*2	941	974	単十	単十			
取付ボルト(i=3)	1.010 \ 10	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	214	半田	半田			
機関側軸受台	1.910×10^{3}	241*2	391^{*2}	941	974	市中	市中			
取付ボルト(i=4)	1.810×10^{-5}	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	214	甲田	甲田			
軸受台取付ボルト	1 20E × 103	241*2	391^{*2}	9.4.1	974	あまた	神古舟			
(i=5)	1. $380 \times 10^{\circ}$	(径≦100mm)	(径≦100mm)	241	274	1110円	======================================			

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As(mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618×10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

1.3 計算数值

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

	I	ī bi	Q	bi
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				
(i =1)				
固定子取付ボルト				
(i = 2)				
機関側軸受台下部ベース				
取付ボルト(i=3)				
機関側軸受台				
取付ボルト(i=4)				
軸受台取付ボルト				
(i=5)				

77

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

						(====================================	
±7++	++*1	<u>к</u> +	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震動S s		
司以42	ሳሳ ተት	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	SAEC	引張り	σ b1= 10	$f_{ts1} = 254^*$	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$	
(i =1)	3450	せん断	τ b1= 11	$f_{\rm sb1} = 195$	τ b1= 20	$f_{\rm sb1} = 225$	
固定子取付ボルト	5200	引張り	σ b2= 27	$f_{ts2} = 180^*$	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$	
(i=2)	5200	せん断	τ b2= 14	$f_{ m sb2}$ =139	τ b2= 26	$f_{\rm sb2} = 158$	
機関側軸受台下部ベース	5200	引張り	σ b3= 54	$f_{ts3} = 180^*$	σ b3= 113	$f_{ts3} = 205^*$	
取付ボルト(i=3)	3200	せん断	τ b3= 18	$f_{sb3} = 139$	τ b3= 34	$f_{\rm sb3} = 158$	
機関側軸受台	5200	引張り	σ b4= 49	$f_{ts4} = 180^*$	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$	
取付ボルト(i=4)	3200	せん断	τ b4= 17	$f_{\rm sb4} = 139$	τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$	
軸受台取付ボルト	5200	引張り	σ b5= 12	$f_{ts5} = 180^*$	σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$	
(i =5)	S20C	せん断	τ b5= 12	$f_{\rm sb5} = 139$	τ b5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果

.4.2 動的機能	の評価結果		(単位:×9.8m/s ²)
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
水平方向 0.91 2.6 発電機7B 鉛直方向 0.87 1.0	水平方向	0.91	2.6
	1.0		

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	乳 供 八 粨	据付場所及び	固有周	引期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動S s		発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
機辞名朴	設 慵 分 頬	分類 据付場所及び 床面高さ (m) 固有周期(s) 弾 /防止 拡張) /緩和 拡張) 原子炉建屋 T. M. S. L. 13. 605 (T. M. S. L. 12. 3*1) 水平方向 鉛直方向 水 設	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)		
発電機 7B	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3*1)			_	_	Сн=1.42	Cv=1.33	$C_{G} = 0.07$	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

						ℓ1 i ((mm) *1	ℓ2 i (n	m) *1		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i 弾性設計 (mm) 弾性設計 地震動S 又は静的別 万6 — (M56) — 48 — (M48) —		基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	—	1250	—	1250	14	—	6
(i = 1)		-		1043	(M56)	—	1700	—	1860	14	—	2
固定子取付ボルト				90E	48	_	1250	_	1250	G	—	3
(i = 2)				805	(M48)	_	500	_	500	0	—	2
機関側軸受台下部ベース				90E	48	_	800	_	800	4	—	2
取付ボルト(i=3)				805	(M48)	—	250	—	250	4	—	2
機関側軸受台				625	48	—	600	—	600	4	—	2
取付ボルト(i=4)				635	(M48)	—	200	—	200	4	—	2
軸受台取付ボルト				905	42	—	600	—	600	4	—	2
(i=5)		i		805	(M42)	—	160	—	160	4	—	2

						転倒	方向	M _G (1	N•mm)
部材	A b i (mm ²)	S y i (MPa)	S u i (MPa)	F i (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	2. 463×10^3	339 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	556 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	_	389		軸		_
固定子取付ボルト (i=2)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	—	274	_	軸	—	_
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	_	274	_	軸	_	_
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	—	274		軸	_	_
軸受台取付ボルト (i=5)	1.385×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	_	274	_	軸直角	_	

- 注記 *1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

K7 ① V-2-10-1-2-1-1 R1

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As (mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618×10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位										
	I	bi			Q	bi				
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	動 度 基準地震動 S s		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s					
基礎ボルト (i=1)	_				—					
固定子取付ボルト (i=2)	—				_					
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	—				_					
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	_				—					
軸受台取付ボルト (i=5)					_					

08

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

÷17++	***	<u>6</u> +	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震	震動S s
台小 村	们科	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	C 4EC	引張り	—	—	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$
(i =1)	5450	せん断	—	—	τ b1= 20	$f_{\rm sb1} = 225$
固定子取付ボルト	5200	引張り	—	—	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$
(i=2)	3200	せん断			τ b2= 26	$f_{ m sb2} = 158$
機関側軸受台下部ベース	5200	引張り		_	σ b3= 113	$f_{ts3} = 205^*$
取付ボルト(i=3)	3200	せん断	_	_	τ b3= 34	$f_{\rm sb3} = 158$
機関側軸受台	5200	引張り	_	_	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$
取付ボルト(i=4)	3200	せん断			τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$
軸受台取付ボルト	S20C	引張り	_	_	σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$
(i=5)	5200	せん断	_		τ b5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 動的機能	能の評価結果		(単位:×9.8m/s²)
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向	0.91	2.6
充電機 /B	鉛直方向	0.87	1.0

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。







軸直角方向転倒





A~A矢視図

軸方向転倒



¢



軸方向転倒



機関側軸受台取付ボルト





. .







転倒方向 m 5 · g · \underline{v} · $\underline{$

軸方向転倒

【発電機 7Cの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度	据付場所及び	固有周]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	€動Ss	発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
	分類	床面尚さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)
発電機 7C	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3 ^{*1})			Сн=0.72	Cv = 0.67	Сн=1.42	C v =1.33	C = 0.07	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

						ℓ1 i ((mm) *1	ℓ2 i (n	m) *1		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i (mm)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	12	:50	125	50	14	6	
(i =1)				1045	(M56)	17	00	1860		14	2	
固定子取付ボルト				90E	48	12	1250		50	G	3	
(i=2)				805	(M48)	5	00	500		0	2	
機関側軸受台下部ベース				805	48	8	00	800		4	2	
取付ボルト(i=3)				805	(M48)	2	50	250		4	2	
機関側軸受台				625	48	6	600		0	4	2	
取付ボルト(i=4)				055	(M48)	200		200		4	2	
軸受台取付ボルト				90E	42	600		600		4	2	
(i=5)		i		005	(M42)	10	60	16	0	4	2	

						転倒之	方向	$\mathbf{M}_{\mathrm{G}}\left(\mathbf{N}\boldsymbol{\cdot}\mathbf{mm} ight)$	
部材	A b i (mm ²)	S y i (MPa)	S u i (MPa)	F i (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	2. 463×10^3	339^{*2}	556^{*2}	339	389	軸	軸	—	_
		(40000111)	(400001<注至1000000)						
固定子取付ボルト (i=2)	1.810×10^{3}	241*2 (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	241	274	軸	軸	—	—
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	241	274	軸	軸	—	_
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	241	274	軸	軸	_	
軸受台取付ボルト (i=5)	1.385×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	241	274	軸直角	軸直角	_	

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As(mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618×10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

]	Fbi	Q	bi
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				
(i =1)				
固定子取付ボルト				
(i = 2)				
機関側軸受台下部ベース				
取付ボルト(i=3)				
機関側軸受台				
取付ボルト(i=4)				
軸受台取付ボルト				
(i=5)				

88

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

()光(告	MD)
(里4)/	MPal

1.1.1								
~ 77++	++ \k1	内土	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震動 S s			
台小 村	1/1 不计	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
基礎ボルト	SAEC	引張り	σ b1= 10	$f_{ts1} = 254^*$	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$		
(i=1)	3450	せん断	τы= 11	$f_{\rm sb1} = 195$	τ b1= 20	$f_{\rm sb1} = 225$		
固定子取付ボルト	5200	引張り	σ b2= 27	$f_{ts2} = 180^*$	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$		
(i=2)	3200	せん断	τ b2= 14	$f_{sb2}=139$	τ b2= 26	$f_{\rm sb2} = 158$		
機関側軸受台下部ベース	5200	引張り	σ b3= 54	$f_{ts3} = 180^*$	σ b3= 113	$f_{ts3} = 205^*$		
取付ボルト(i=3)	3200	せん断	τы3= 18	$f_{sb3} = 139$	τы3= 34	$f_{ m sb3} = 158$		
機関側軸受台	5200	引張り	σ b4= 49	$f_{ts4} = 180^*$	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$		
取付ボルト(i=4)	3200	せん断	τ b4= 17	$f_{\rm sb4} = 139$	τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$		
軸受台取付ボルト	5200	引張り	σ b5= 12	$f_{ts5} = 180^*$	σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$		
(i=5)	5200	せん断	τ b5= 12	$f_{\rm sb5} = 139$	τ b5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$		

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 動的機能の評価結果

.4.2 動的機能の評価結果 (単位:×9.8m/s ²)											
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度								
※ 書巻 50	水平方向	0.91	2.6								
光竜機 化	鉛直方向	0.87	1.0								

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	乳 供 八 拓	据付場所及び	固有周]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	€動Ss	発電機振動に	最高使用温度	周囲環境温度
	設備分類	・ _現 床面尚さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	よる震度	(°C)	(°C)
発電機 7C	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 13.605 (T.M.S.L. 12.3*1)			_	_	Сн=1.42	C v=1.33	$C_{G} = 0.07$	_	50

注記*1:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

						ℓ1 i (mm) *1	ℓ2 i (n	$m)^{*1}$		n f	i *1
部材	m i (kg)	m i (h) (kg)	m i (v) (kg)	h i (mm)	d i (mm)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	n i	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト				1042	56	—	1250	—	1250	14	—	6
(i = 1)				1045	(M56)	—	1700	—	1860	14	—	2
固定子取付ボルト				90E	48	—	1250	—	1250	G		3
(i=2)				805	(M48)	—	500	—	500	0	—	2
機関側軸受台下部ベース				90E	48	—	800	—	800	4		2
取付ボルト(i=3)				805	(M48)	—	250	—	250	4	—	2
機関側軸受台				625	48	—	600	—	600	4		2
取付ボルト(i=4)				055	(M48)	—	200	—	200	4		2
軸受台取付ボルト				90E	42	_	600		600	4		2
(i=5)				000	(M42)	—	160	_	160	4	_	2

		Sуi (MPa)	Sui (MPa)			転倒方向		$\mathbf{M}_{\mathrm{G}}\left(\mathbf{N}\boldsymbol{\cdot}\mathbf{mm} ight)$	
部材	A b i (mm ²)			F i (MPa)	Fi*(MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	2. 463×10^3	339 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	556*2 (40mm<径≦100mm)		389	_	崋	_	_
固定子取付ボルト (i=2)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	_	274		軸		—
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	—	274	_	軸	—	—
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	1.810×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	_	274	_	軸	_	—
軸受台取付ボルト (i=5)	1.385×10^{3}	241 ^{*2} (径≦100mm)	391 ^{*2} (径≦100mm)	_	274	_	軸直角	—	—

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

P(kW)	N (rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	As(mm ²)	A (mm ²)
5295	1000	200000	76900	1.120×10^{12}	2.618 \times 10 ⁵	7.448 $\times 10^{5}$

2.3 計算数值

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	Ebi	Qbi		
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)	—		_		
固定子取付ボルト (i=2)	—		_		
機関側軸受台下部ベース 取付ボルト(i=3)	—		_		
機関側軸受台 取付ボルト(i=4)	_		_		
軸受台取付ボルト (i=5)	—		_		

2.4 結論

91

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

部材	++*	応力	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動S s	
	1/1 1/4		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	S 4E C	引張り		—	σ b1= 59	$f_{ts1} = 292^*$
(i =1)	5450	せん断	—	—	τы= 20	$f_{\rm sb1} = 225$
固定子取付ボルト (i=2)	S20C	引張り	—	—	σ b2= 73	$f_{ts2} = 205^*$
		せん断	—	_	τы2= 26	$f_{ m sb2} = 158$
機関側軸受台下部ベース	S20C	引張り	_	—	σыз= 113	$f_{ts3} = 205^*$
取付ボルト(i=3)		せん断	—	—	τы3= 34	$f_{ m sb3} = 158$
機関側軸受台	5200	引張り	—	_	σ b4= 104	$f_{ts4} = 205^*$
取付ボルト(i=4)	520C	せん断	—	—	τ b4= 31	$f_{\rm sb4} = 158$
軸受台取付ボルト	\$200	引張り			σ b5= 36	$f_{ts5} = 205^*$
(i=5)	S20C	せん断			τ b5= 23	$f_{\rm sb5} = 158$

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

(単位:×9.8m/s²)

4.2 動的機能の評価結果

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
	水平方向	0.91	2.6
発電機 70	鉛直方向	0.87	1.0

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





軸直角方向転倒





A~A矢視図

軸方向転倒

固定子取付ボルト



軸方向転倒





<u>C~C</u>矢視図

軸直角方向転倒



機関側軸受台取付ボルト





軸直角方向転倒



軸受台取付ボルト





<u>E~E</u>矢視図

軸直角方向転倒



軸方向転倒

V-2-10-1-2-1-2 空気だめの耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の計算・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	10
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	10
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	10

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 非常用ディーゼル発電設備の空気だめが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していること を説明するものである。

空気だめは,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常 設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)に分類される。 以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、空気だめは、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器で あるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性 についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

空気だめの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は,本計算書の【空気 だめの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果 を表 3-1に示す。

表 3-1 固有	有周期	(単位:s)
水平		
鉛直		

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

空気だめの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて 置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 空気だめの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるもの を表 4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

空気だめの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

空気だめの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを 表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【空気だめの耐震性についての計算結果】の設計 条件及び機器要目に示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源	非常用発電	ホケン	C	カニマの安明*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
設備	装置	空気だめ	5	クラス3谷谷	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記*:クラス3容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設	区分	機器名称	*1 設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
			常設/防止		$D+P_D+M_D+S$ s *3	IV A S
非常用電源 非 設備	非常用発電 装置	空気だめ	(DB拡張) 常設/緩和	*2 重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_{S}$	VAS (VASとして
			(DB拡張)		D + 1 SAD + MISAD + 3 S	ⅣASの許容限 界を用いる。)

注記*1:「常設/防止(DB拡張)」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。

*2:重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

ы

	許容限界*1,*2					
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力		
III _A S	Syと0.6・Suの小さい方 ただし,オーステナイト系ス テンレス鋼及び高ニッケル合 金については上記値と1.2・ Sとの大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動Sd又は基準地震動Ssのみによる疲労解 析を行い,疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし,地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・Sy 以下であれば,疲労解析は不要。			
IV _A S		ᆂᄪᇗᆂᅸᇰᇰᅷ				
V _A S (V _A SとしてW _A Sの 許容限界を用いる。)	0.6 · 5 u	上欄の 1.5 H的 個	基準地震動Ssのみによる疲 1.0以下であること。 ただし,地震動のみによる一次 以下であれば,疲労解析は不要	労解析を行い,疲労累積係数が x+二次応力の変動値が 2・S y ξ。		

表 4-3 許容応力(クラス2,3容器及び重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

6

	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*2,*3} (ボルト等)		
許容応力状態	一次応力	一次応力		
	引張り	引張り	せん断	
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f t	1.5 • f s	
IV A S				
VAS (VASとしてIVASの許容限界 を用いる。)	1.5 • f t*	1.5 • ft*	1.5 • f s*	

表 4-4 許容応力(クラス2,3支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。
⇒亚/研 →□ ★★	***	温度条	温度条件		Sу	S u	S y (R T)
	173 157	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90		241	438	
スカート	SGV480	周囲環境温度	50		259	471	
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	50		231	394	_

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90	_	241	438	_
スカート	SGV480	周囲環境温度	50	_	259	471	_
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	50		231	394	

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

空気だめの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足 しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

空気だめの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容 限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【空気だめの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

松胆友升	耐雪重更度分類	据付場所及び床面高さ	固有周]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	€動Ss	最高使用圧力	最高使用温度	周囲環境温度
1读名译-12 7小	機器名称		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(MPa)	(°C)	(°C)
空気だめ	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 12.3 [*]			Сн=0.71	C v=0.67	Сн=1.40	Cv=1.33	3.24	90	50

D

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m o	m e	D i	t	D s	ts	E	E s	G	G s
(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		1200	22.0	1245	22.0	199000^{*1}	201000 ^{*2}	76500^{*1}	77300^{*2}

l (mm)	ℓs (mm)	D 1 (mm)	D 2 (mm)	D 3 (mm)	S	n	D c (mm)	Dьо (mm)
1132	520	102.3	102.3	102.3	15	6	1420	1500

Dьi	d	Аb	Y	M s (N⋅mm)	
(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm)	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動 S s
1050	24 (M24)	452.4	307	3.336×10^{7}	6.577×10^{7}

S y(胴板)	Su(胴板)	S (胴板)	Sy(スカート)	Su(スカート)	F (スカート)	F [*] (スカート)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
241^{*1}	438 ^{*1}	_	259^{*2}	471^{*2}	259	

Sy(基礎ボルト)	Su(基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F [*] (基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
	394 ^{*2} (16mm<径≦40mm)	231	276

注記*1:最高使用温度で算出 *2:周囲環境温度で算出



A~A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設	計用地震動 S d 又は静	的震度	基準地震動 S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭又は内	圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 91$	$\sigma_{x_1} = 46$	—	$\sigma_{\phi 1} = 91$	$\sigma_{x_1} = 46$	—	
運転時質量に	よる引張応力	_	$\sigma_{x_2=1}$	—	—	$\sigma_{x^2}=1$	_	
鉛直方向地震	こよる引張応力	_	$\sigma_{x 5} = 0$	_	—	$\sigma_{x 5} = 1$	_	
空質量によ	る圧縮応力	—	$\sigma_{x3}=1$	—	—	$\sigma_{x_3}=1$	—	
鉛直方向地震に	こよる圧縮応力	_	$\sigma_{x 6} = 1$	_	—	$\sigma_{x 6} = 1$	_	
水平方向地象	震による応力	_	$\sigma_{x4}=1$	$\tau = 1$	—	$\sigma_{x4}=2$	$\tau = 1$	
亡力の和	引張側	$\sigma_{\phi} = 91$	$\sigma_{x t} = 47$	—	$\sigma_{\phi} = 91$	σ x t = 48	_	
ルロンチャンオロ	圧縮側	$\sigma_{\phi} = -91$	σ x c = -44	—	$\sigma_{\phi} = -91$	σ x c =-43	—	
組合比応力 引張り			σ ot=91			σ o t =91		
	圧縮		_					

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設	計用地震動 S d 又は静	的震度	基準地震動S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震	こよる引張応力	—	$\sigma_{x 5} = 0$	—	_	$\sigma_{x 5} = 1$	—	
鉛直方向地震に	こよる圧縮応力	_	$\sigma_{x 6} = 1$	_	_	$\sigma_{x 6} = 1$	—	
水平方向地震	ミによる応力	_	$\sigma_{x4}=1$	$\tau = 1$	—	$\sigma_{x4}=2$	$\tau = 1$	
亡力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} = 0$	$\sigma_{2 x t} = 1$	_	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2 x t} = 2$	_	
ルロノナロノオロ	圧縮側	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2 x c} = 1$	—	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2 x c} = 2$	—	
組合せ応力	引張り		$\sigma_{2 t} = 3$			$\sigma_{2 t} = 5$		
(変動値)	圧縮		$\sigma_{2 c} = 3$		σ _{2c} =5			

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位:MPa)

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

	_	弾性設計用地震動 S	d 又は静的震度	基準地震動 S s	
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量に	よる応力	$\sigma_{s1}=1$		$\sigma_{s-1}=1$	
鉛直方向地震による応力		σ _{s3} =1	a - 2	$\sigma_{s3}=1$	$\sigma = 1$
水平方向地震	曲げ	σ s 2=2	0 s - 5	$\sigma_{s2}=3$	$0_{s} = 4$
による応力	せん断	$\tau_{s} = 1$		$\tau_{s} = 1$	

		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
	引張応力	σ b=21	σ b=54
	せん断応力	τ b=8	τ b = 15

12

1.4 結論

1.4.1 固有周期	(単位:s)
方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 応力						(単位:MPa)
	材料	応力	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地	震動Ss
ניייום			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
旧坛	SGV480	一次一般膜	σ 0=91	S a=241	σ 0=91	S a =262
AFT12X		一次+二次	$\sigma_2 = 3$	S a=482	$\sigma_2 = 5$	S a =482
		組合せ	$\sigma_{s}=3$	f t = 259	$\sigma_{s}=4$	f t = 311
スカート	SGV480	SGV480 圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c}$	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$		$-+\frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$
			0.01 (魚	無次元)	0.02 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ b=21	$f_{t s} = 173^*$	σ b=54	f t s = 207*
		せん断	τ b = 8	$f_{s b} = 133$	τ b =15	$f_{\rm s \ b} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4・fto-1.6・てb, fto]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

松胆友称	設備公箱	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s		最高使用圧力	最高使用温度	周囲環境温度
1读名译-石 4小	汉 加力积		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(MPa)	(°C)	(°C)
空気だめ	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張)	原子炉建屋 * T.M.S.L. 12.3			_	_	Сн=1.40	Cv=1.33	3.24	90	50

D

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m o	m e	D i	t	D s	ts	E	E s	G	G s
(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		1200	22.0	1245	22.0	199000*1	201000*2	76500 ^{*1}	77300^{*2}

ℓ (mm)	ℓs (mm)	D 1 (mm)	D 2 (mm)	D 3 (mm)	S	n	D c (mm)	Dьо (mm)
1132	520	102.3	102.3	102.3	15	6	1420	1500

D b i	d	Аb	Y	M s (N·mm)			
(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm)	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s		
1050	24 (M24)	452.4	307	_	6. 577×10^7		

S y(胴板)	S u(胴板)	S (胴板)	Sy(スカート)	Su(スカート)	F (スカート)	F [*] (スカート)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
241 ^{*1}	438 ^{*1}	_	259^{*2}	471 ^{*2}	_	311

Sy(基礎ボルト)	Su(基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F [*] (基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
231 ^{*2} (16mm<径≦40mm)	394 ^{*2} (16mm<径≦40mm)	_	276

注記*1:最高使用温度で算出 *2:周囲環境温度で算出



A~A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設計用地震動Sd又は静的震度			基準地震動S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内	圧による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 91$	$\sigma_{x_1} = 46$	—
運転時質量に	よる引張応力	—	—	—	_	$\sigma_{x 2} = 1$	
鉛直方向地震	こよる引張応力	_	—	_	_	$\sigma_{x 5} = 1$	
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x3} = 1$	—
鉛直方向地震)	こよる圧縮応力	—	—	—	_	$\sigma_{x 6} = 1$	
水平方向地震	震による応力	—	—	—	—	$\sigma_{x4} = 2$	$\tau = 1$
広力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{\phi} = 91$	$\sigma_{x t} = 48$	
ルロノチロノオロ	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{\phi} = -91$	σ x c = -43	
细入计广力	引張り		—			σ ot = 91	
和日ビルフ	圧縮		_				

(2) 地震動のみによる 一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設	計用地震動 S d 又は静	的震度	基準地震動 S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震	こよる引張応力	_	_	—	—	$\sigma_{x 5} = 1$	_	
鉛直方向地震による圧縮応力		_	_	—	_	$\sigma_{x 6} = 1$	_	
水平方向地震	震による応力	_	_	—	—	$\sigma_{x4}=2$	$\tau = 1$	
広土の和	引張側	_	_	—	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2 x t} = 2$	_	
ルロノナロノ本ロ	圧縮側	_	_	—	$\sigma_{2\phi}=0$	$\sigma_{2 x c} = 2$	_	
組合せ応力	引張り		_			$\sigma_{2 t} = 5$		
(変動値) 圧縮			—		σ _{2 c} =5			

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位 : MPa)

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

		弹性設計用地震動 S	d 又は静的震度	基準地震動 S s		
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力	
運転時質量による応力		—		$\sigma_{s_1} = 1$		
鉛直方向地震による応力		—		$\sigma_{s3}=1$	$\sigma = 1$	
水平方向地震	曲げ	—		$\sigma_{s2}=3$	$0_{s} = 4$	
による応力	せん断	_		$\tau_{s} = 1$		

		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s
	引張応力	—	σ b=54
	せん断応力	—	τ b=15

15

2.4 結論

2.4.1 固有周期	(単位:s)
方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 応力						(単位:MPa)	
部材	材料	応力	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震動S s		
1111	14,614		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
HE HE	0011400	一次一般膜			σ 0=91	$S_{a} = 262$	
加四和又	567480	一次+二次	_	—	$\sigma_2 = 5$	$S_{a} = 482$	
	SGV480		組合せ	_	—	$\sigma_{s}=4$	$f_{\rm t} = 311$
スカート		圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$		
	(座屈の評価)		_		0.02 (無次元)	
+++ ++++ + 1 > > > 1		引張り	_		σ _b =54	$f_{\rm t s} = 207^*$	
巫姫ハルト	55400	せん断	_	_	τ b=15	f s b = 159	

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4・fto-1.6・てb, fto]

V-2-10-1-2-1-3 空気圧縮機の耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.5 計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期 ·····	9
4.1 固有周期の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2 固有周期の計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.3 固有周期の計算結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.4.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.5 計算条件	28
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	28
5.5.2 空気圧縮機取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
5.5.3 原動機取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
5.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
5.6.1 ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
6. 評価結果	30
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	30
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	30

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 非常用ディーゼル発電設備の空気圧縮機が設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているこ とを説明するものである。

空気圧縮機は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては 常設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)に分類され る。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

空気圧縮機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 \sim

2.2 評価方針

空気圧縮機の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組 合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す空気圧縮機の部位を踏まえ「3. 評 価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地 震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認す ることで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

空気圧縮機の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 空気圧縮機の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・ 建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
А	共通ベースの最小断面積	mm^2
Ab i	ボルトの軸断面積*1	mm^2
A s	最小有効せん断断面積	mm^2
СЕН	空気圧縮機往復運動による水平方向震度	—
$C \in v$	空気圧縮機往復運動による鉛直方向震度	—
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径*1	mm
E	縦弾性係数	MPa
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
Fi [*]	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
Fьі	ボルトに作用する引張力(1本当たり)*1	Ν
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
ftsi	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
Ι	断面二次モーメント	mm^4
ℓ_{1} i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
ℓ_2 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
M_{E1}	空気圧縮機回転により作用するモーメント	N•mm
M_{E2}	原動機回転により作用するモーメント	N•mm
m i	運転時質量*2	kg
N p	回転数 (空気圧縮機の定格回転数)	rpm
Nm	回転数 (原動機の同期回転速度)	rpm
n i	ボルトの本数*1	
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	
Р	原動機出力	kW
Q b i	ボルトに作用するせん断力*1	Ν
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値 ^{*1}	MPa
S у і	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値 ^{*1}	MPa
Syi (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の	MPa
	40℃における値*1	
Т	固有周期	S
π	円周率	—

記号	記号の説明	単位
σbi	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τbi	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1: Abi, di, Fi, Fi, Fbi, fsbi, ftoi, ftsi, l1i, l2i, ni, nfi, Qbi, Sui, Syi, Syi(RT), σbi及びτbiの添字iの意味は,以下のとおり とする。

- i =1:基礎ボルト
- i=2:空気圧縮機取付ボルト
- i =3:原動機取付ボルト
- *2: h i 及びm i の添字 i の意味は,以下のとおりとする。
 - i =1: 据付面
 - i =2:空気圧縮機取付面
 - i =3:原動機取付面

*****3 : ℓ₁ i ≦ ℓ₂ i

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C			整数位
質量	kg			整数位
長さ	mm			整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は, 比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位までの値とする。

3. 評価部位

空気圧縮機の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しく なる基礎ボルト、空気圧縮機取付ボルト及び原動機取付ボルトについて実施する。空気圧縮機の 耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

- 4. 固有周期
- 4.1 固有周期の計算方法

空気圧縮機の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
 - a. 空気圧縮機の質量は重心に集中するものとする。
 - b. 空気圧縮機は共通ベース上にあり,共通ベースは基礎ボルトで基礎に固定されており, 固定端とする。また,空気圧縮機は,共通ベース上に取付ボルトで固定されるものとす る。

c. 耐震計算に用いる寸法は,公称値を使用する。

空気圧縮機は、図4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



図 4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_{H} = 2 \cdot \pi \sqrt[4]{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \left(\frac{h_{1}^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_{1}}{A \cdot G}\right) \cdot \cdot \cdot (4.1.1)$$

(3) 鉛直方向固有周期鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_{V} = 2 \cdot \pi \sqrt[n]{\frac{m_{1}}{1000}} \cdot \frac{h_{1}}{A \cdot E} \cdot \cdot \cdot (4.1.2)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【空気圧縮機の耐震性についての計算結果】 の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果,固有周期は 0.05 秒以下であり,剛であることを確認した。

表 4-1	固有周期	(当	é位:s)
水平			
鉛直			

K7 (]) V-2-10-1-2-1-3 R1

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法
 - 4.1(1)項a.~c.のほか,次の条件で計算する。
 - (1) 地震力は空気圧縮機に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
 - (2) 転倒方向は図 5-1~図 5-12 における軸直角方向及び軸方向について検討し,計算書には 計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 空気圧縮機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるも のを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。
 - 5.2.2 許容応力

空気圧縮機の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりと する。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

空気圧縮機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるもの を表 5-4 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源	非常用発電				$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
設備	装置	空风上稲機	5	S —*	$\mathrm{D}+\mathrm{P}_{\mathrm{D}}+\mathrm{M}_{\mathrm{D}}+\mathrm{S}$ s	IV A S

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態	
			常設/防止		$D+P_D+M_D+S$ s *3	IV A S	
非常用電源	非常用発電		(DB拡張)			$V \land S$	
設備	装置	空気圧縮機	常設/緩和	*2	$D \perp P_{a,b} \perp M_{a,b} \perp S_{a}$	(VASとして	
		(DB拡張)		D F SAD MISAD 5 S	IVASの許容限		
						界を用いる。)	

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設/防止(DB拡張)」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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

12

	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)			
許容応力状態	一次応力			
	引張り	せん断		
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f s		
IV A S				
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 • f s *		

表 5-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

∋亚/冊 →□ ★★	****	温度条件		Sу	S u	Sy (RT)
	1/2 1/4	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	SS400	国田谭培祖庄	FO	241	394	
	(径≦16mm)	问囲垛垷価皮	50			
空気圧縮機	SNB7	国田谭培祖庄	FO	715	020	
取付ボルト	(径≦63mm)	问 田	50	715	030	
原動機	SNB7	国田谭培祖庄	FO	715	020	
取付ボルト	(径≦63mm)	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	50	(15	038	

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

逐 /研究##	****	温度条件		Sу	S u	Sy (RT)
ניזיאם וויון דם	1/1 1/1	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
甘びなぜれた	SS400	国田彊培泪庄	50	941	204	
本碇小/V下	(径≦16mm)	问 田	50	241	394	
空気圧縮機	SNB7	国田彊培泪庄	50	715	000	
取付ボルト	(径≦63mm)	问 田	50	715	000	
原動機	SNB7	国田谭培祖庄	FO	715	020	
取付ボルト	(径≦63mm)	问	50	713	030	

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s	
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			Сн=0.78	C v=0.71	Сн=1.51	C v=1.38

表 5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記*:基準床レベルを示す。

衣。1 段时用地展为《重八争联号州是段隅》										
据付場所 及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s					
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*					Сн=1.51	C v=1.38				

表 5-7 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

- 5.4 計算方法
 - 5.4.1 応力の計算方法
 - 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度,空気圧縮機の往復運動による震度及び空気圧 縮機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算す る。



図 5-1 計算モデル(軸直角方向転倒:弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合)



図 5-2 計算モデル(軸方向転倒:弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合)





図 5-4 計算モデル(軸方向転倒:基準地震動Ssの場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図 5-1~図 5-4 で基礎ボルト を支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。 なお、空気圧縮機回転によるモーメントは、空気圧縮機と原動機が共通ベース上にあ り互いに打ち消しあうため、評価に考慮しない。

引張力

基準地震動Ssの場合

ここで、CEH及びCEVは空気圧縮機の往復運動による起振力及び空気圧縮機の回転 数を考慮して定める値である。

ただし, F b 1 が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので, 引張応力の計算は 行わない。 (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{b1}= (C_H+C_{EH})・m₁・g ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ (5.4.1.1.5)

せん断応力

5.4.1.2 空気圧縮機取付ボルトの計算方法

空気圧縮機取付ボルトの応力は地震による震度,空気圧縮機の往復運動による震度 及び空気圧縮機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力につ いて計算する。



図 5-5 計算モデル(軸直角方向転倒:弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合)



図 5-6 計算モデル(軸方向転倒:弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合)



図 5-7 計算モデル(軸直角方向転倒:基準地震動Ssの場合)



図 5-8 計算モデル(軸方向転倒:基準地震動Ssの場合)

(1) 引張応力

空気圧縮機取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図 5-5~図 5-8 で 空気圧縮機取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の空気圧縮機取付ボ ルトで受けるものとして計算する。

なお,計算モデル図 5-6 と図 5-8 の場合は,空気圧縮機回転によるモーメント*は 作用しない。

引張力

弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合

$$F_{b2} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot h_{2} + M_{E1} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot \ell_{12}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})}$$

基準地震動S s の場合

$$F_{b2} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot h_{2} + M_{E_{1}} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{2} \cdot g \cdot \ell_{22}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})}$$

 $\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (5.4.1.2.2)$

ここで、CEH及びCEVは空気圧縮機の往復運動による起振力及び空気圧縮機の回転 数を考慮して定める値である。また、空気圧縮機回転によるモーメントME1は次式に より求める。

注記*:
$$M_{E_1} = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N_p}\right) \cdot 10^6 \cdot P$$

(1 kW=10⁶N·mm/s)

引張応力

ただし, F b 2が負のとき空気圧縮機取付ボルトには引張力が生じないので, 引張応 力の計算は行わない。 (2) せん断応力

空気圧縮機取付ボルトに対するせん断力は空気圧縮機取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

 $Q_{b2} = (C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{2} \cdot q \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (5.4, 1.2, 5)$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \qquad \cdots \qquad (5.4.1.2.6)$$

5.4.1.3 原動機取付ボルトの計算方法

原動機取付ボルトの応力は地震による震度,空気圧縮機の往復運動による震度及び 原動機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算 する。



図 5-9 計算モデル(軸直角方向転倒:弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合)



図 5-10 計算モデル(軸方向転倒:弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合)



図 5-11 計算モデル(軸直角方向転倒:基準地震動Ssの場合)



図 5-12 計算モデル(軸方向転倒:基準地震動Ssの場合)
(1) 引張応力

原動機取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として,図 5-9~図 5-12 で原 動機取付ボルトを支点とする転倒を考え,これを片側の列の原動機取付ボルトで受け るものとして計算する。

なお,計算モデル図 5-10 と図 5-12 の場合は,原動機回転によるモーメント*は作 用しない。

引張力

弾性設計用地震動Sd 又は静的震度の場合

$$F_{b3} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{3} \cdot g \cdot h_{3} + M_{E2} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{3} \cdot g \cdot \ell_{13}}{n_{f3} \cdot (\ell_{13} + \ell_{23})} \cdot \cdots \cdot (5.4.1.3.1)$$

基準地震動S s の場合

$$F_{b3} = \frac{(C_{H} + C_{EH}) \cdot m_{3} \cdot g \cdot h_{3} + M_{E2} - (1 - C_{EV} - C_{V}) \cdot m_{3} \cdot g \cdot \ell_{23}}{n_{f3} \cdot (\ell_{13} + \ell_{23})} \cdot \cdots \cdot (5.4.1.3.2)$$

ここで、CEH及びCEVは空気圧縮機の往復運動による起振力及び原動機の回転数を 考慮して定める値である。また、原動機回転によるモーメントME2は次式により求める。

注記*: ME2 =
$$\left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot \mathrm{Nm}}\right) \cdot 10^{6} \cdot \mathrm{P}$$

(1kW=10⁶N·mm/s)

引張応力

ここで、原動機取付ボルトの軸断面積Аьзは次式により求める。

ただし, Fb3が負のとき原動機取付ボルトには引張力が生じないので, 引張応力の 計算は行わない。 (2) せん断応力

原動機取付ボルトに対するせん断力は原動機取付ボルト全本数で受けるものとして 計算する。

せん断力 Q_{b3}= (C_H+C_{EH})・m₃・g ・・・・・・・・・(5.4.1.3.5)

せん断応力

- 5.5 計算条件
 - 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【空気圧縮機の耐震性について の計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 空気圧縮機取付ボルトの応力計算条件

空気圧縮機取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【空気圧縮機の耐震 性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.3 原動機取付ボルトの応力計算条件

原動機取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【空気圧縮機の耐震性に ついての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。 5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4 項で求めたボルトの引張応力 σ b i は次式より求めた許容引張応力 f t s i 以下であること。ただし、f t o i は下表による。

$$f_{t s i} = Min[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}] \cdots \cdots \cdots \cdots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ b i はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f s b i 以下であること。ただし、f s b i は下表による。

	弾性設計用地震動Sd	基準地震動Ss
	荷重との組合せの場合	組合せの場合
許 容 引 張 応 力 <i>f</i> t o i	$\frac{\mathrm{F~i}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F~i}^{*}}{2} \cdot 1.5$
許 容 せ ん 断 応 力 <i>f</i> s b i	$\frac{\mathrm{F \ i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F~i}^{*}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

空気圧縮機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満 足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

空気圧縮機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果
 構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【空気圧縮機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

据付打 时震重要度 店		据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動 S s		空気圧縮機	空気圧縮機	最高使用温度	周囲環境温度
機奋名称	分類	床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	在復運動による 水平方向震度	任復連動による 鉛直方向震度	(°C)) (℃)
空気圧縮機	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			С _н =0.78	$C_{v}=0.71$	Сн=1.51	$C_{v} = 1.38$	Сен=0.06	$C_{EV} = 0.01$	_	50

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	$\ell_{1 i} *^{1}$ (mm)	ℓ _{2 i} *1 (mm)	n i	nfi ^{*1}
基礎ボルト		470		360	360	0	4
(i = 1)		470		675	675	0	2
空気圧縮機取付ボルト		245		140	140	4	2
(i=2)		245		220	220	4	2
原動機取付ボルト		190		139.5	139.5	4	2
(i=3)		180		139.5	139.5	4	2

		_	_	_		転倒	方向	
部材	A b i (mm ²)	Syi (MPa)	Sui (MPa)	F i (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	Me (N∙mm)
基礎ボルト (i=1)		241 ^{*2} (径≦16mm)	394 ^{*2} (径≦16mm)	241	276	軸直角	軸	_
空気圧縮機取付ボルト (i=2)		715 ^{*2} (径≦63mm)	838 ^{*2} (径≦63mm)	586	586	軸直角	軸直角	1.910×10^{5}
原動機取付ボルト (i=3)		715 ^{*2} (径≦63mm)	838 ^{*2} (径≦63mm)	586	586	軸直角	軸直角	9.549 $\times 10^{4}$

P(kW)	Np(rpm)	Nm(rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm^4)	$A s (mm^2)$	A (mm ²)
15	750	1500	201000^{*2}	77300*2	2. 172×10^9	7.392×10^{3}	2. 540×10^4

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用	月する力			(単位:N)		
$\frac{1}{2}$	F	b i	Q b i			
出いた	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s		
基礎ボルト (i=1)						
空気圧縮機取付ボルト (i=2)						
原動機取付ボルト (i=3)						

1.4 結論

32

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

<u> </u> → 7 + +	++*1	亡事	弾性設計用地震動	Sd 又は静的震度	基準地震動S s			
百万人之	11 14	ルロノリ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
基礎ボルト	66400	引張り	σ _{b1} = 4	fts1=180*	σ bı= 13	fts1=207*		
(i=1)	55400	せん断	τь1= 4	f s b 1=139	τь1= 7	f s b 1=159		
空気圧縮機	CND7	引張り	σ _{b2} = 7	fts2=440*	σь₂= 15	f t s 2=440*		
(i =2)	SIND (せん断	τь2= 4	f s b 2=338	τь2= 7	f s b 2=338		
原動機	CND7	引張り	σ _{b3} = 6	fts3=440*	σьз= 15	fts3=440*		
(i=3)	2NR1	せん断	τьз= 5	f s b 3=338	τьз= 9	f s b 3=338		

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

_{继兕友升} 設備		備 据付場所及び		固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s		空気圧縮機	最高使用温度	周囲環境温度
機奋名称	分類	床面尚さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	社復運動による 水平方向震度	住復運動による 鉛直方向震度	€ (°C)	(°C)
空気圧縮機	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*				_	Сн=1.51	C v=1.38	Сен=0.06	C = v = 0.01	_	50

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材		m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	$\ell_{1 i} *^{1}$ (mm)	ℓ 2 i *1 (mm)	n i	n f i *1
基礎ボルト	ſ		470		360	360	0	4
(i = 1)			470		675	675	0	2
空気圧縮機取付ボルト			945		140	140	4	2
(i=2)			245		220	220	4	2
原動機取付ボルト			190		139.5	139.5	4	2
(i=3)			180		139.5	139.5	4	2

						転倒	方向	
部材	A b i (mm ²)	Syi (MPa)	Sıui (MPa)	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	M ∈ (N•mm)
基礎ボルト (i=1)		241 ^{*2} (径≦16mm)	394 ^{*2} (径≦16mm)	—	276	—	軸	—
空気圧縮機取付ボルト (i=2)		715 ^{*2} (径≦63mm)	838 ^{*2} (径≦63mm)	—	586	—	軸直角	1.910×10^{5}
原動機取付ボルト (i=3)		715 ^{*2} (径≦63mm)	838 ^{*2} (径≦63mm)	—	586	—	軸直角	9.549 $\times 10^4$

P(kW)	Np(rpm)	Nm(rpm)	E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	$A s (mm^2)$	$A (mm^2)$
15	750	1500	201000*2	77300*2	2.172×10^{9}	7.392×10^{3}	2. 540×10^4

注記*1:取付ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位・N)

	F	b i	Q	b i
出い村	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動S s
基礎ボルト (i=1)	_		_	
空気圧縮機取付ボルト (i=2)	_		_	
原動機取付ボルト (i=3)	_		_	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa) 弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動 S s 材料 部材 応力 許容応力 許容応力 算出応力 算出応力 引張り ft s 1 = 207* ____ ____ σь1= 13 基礎ボルト SS400 (i = 1)せん断 ____ — $\tau_{b1} = 7$ $f_{s b 1} = 159$ 空気圧縮機 引張り σь₂= 15 ft s 2=440* ____ _ 取付ボルト SNB7 (i = 2)せん断 ____ ____ $\tau_{b_2} = 7$ $f_{s b 2} = 338$ 原動機 引張り $f_{t s 3} = 440^*$ ____ ____ σьз= 15 取付ボルト SNB7 (i = 3)せん断 ____ τьз= 9 ____ $f_{s b 3} = 338$

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$



基準地震動Ssの場合

V-2-10-1-2-1-4 燃料ディタンクの耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の計算・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	10
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	10

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 燃料ディタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。 燃料ディタンクは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備におい ては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)に分類 される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお,燃料ディタンクは,V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形 容器であるため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の 耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料ディタンクの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は,本計算書の【燃料 ディタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果 を表 3-1に示す。

表 3-1 固	有周期	(単位	::s)
水平			
鉛直			

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

燃料ディタンクの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 燃料ディタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用い るものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。
 - 4.2.2 許容応力

燃料ディタンクの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

- 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件
 燃料ディタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いる
 ものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。
- 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【燃料ディタンクの耐震性についての計算結果】 の設計条件及び機器要目に示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態					
非常用電源	非常用発電	御船二、カンカ	S	*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S					
設備	装置	旅行フィタンク	5		$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S					

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記*:クラス2,3容器及びクラス2,3支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設	区分	機器名称 設備		機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
			常設/防止		$D+P_D+M_D+S$ s *3	IV A S
非常用電源 設備	非常用発電 装置	燃料ディタンク	(DB拡張)常設/緩和(DB拡張)	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

ы

		許	容限界*1,*2				
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	次+二次+ ピーク応力			
III _A S	Syと0.6・Suの小さい方 ただし,オーステナイト系ス テンレス鋼及び高ニッケル合 金については上記値と1.2・ Sとの大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動Sd又は基準地震動Ssのみによる疲労角 析を行い,疲労累積係数が1.0以下であること。				
IV _A S			ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2 以下であれば、疲労解析は不要。				
V _A S (V _A SとしてW _A Sの 許容限界を用いる。)	0.6・Su V _A S SとしてIV _A Sの 早界を用いる。)		基準地震動Ssのみによる疲労解析を行い,疲労累積係数が 1.0以下であること。 ただし,地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・Sy 以下であれば,疲労解析は不要。				

表 4-3 許容応力(クラス2,3容器及び重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

6

	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*2, *3} (ボルト等)		
許容応力状態	一次応力	一次応力		
	引張り	引張り	せん断	
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f t	1.5 • f s	
IV A S				
VAS (VASとしてIVASの許容限界 を用いる。)	1.5 • f t [*]	1.5 • f t [*]	1.5 • f s [*]	

表 4-4 許容応力(クラス2,3支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
胴板	SS400 (厚さ≦16mm)	最高使用温度	50		241	394	
スカート	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50		241	394	
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50		211	394	

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
胴板	SS400 (厚さ≦16mm)	最高使用温度	50		241	394	
スカート	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	_	241	394	_
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	50		211	394	

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料ディタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界 を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料ディタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値 は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認し た。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料ディタンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

松巴々升	耐震重要度分類	要度分類 据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s		最高使用圧力	最高使用温度	周囲環境温度	卜重
機奋名称			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(MPa)	(°C)	(°C)	九里
燃料ディタンク	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5 [*]			Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	Cv=1.38	静水頭	50	50	0.86

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m o	m e	D i	t	D s	ts	E	E s	G	G s
(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		2800	9.0	2800	9.0	201000*1	201000 ^{*2}	77300^{*1}	77300^{*2}

(mm)	ℓs (mm)	D 1 (mm)	D 2 (mm)	D з (mm)	D 4 (mm)	H (mm)	S	n	D c (mm)	Dbo (mm)
1210	929	102.3	102.3	102.3	102.3	2550	15	16	2950	3078

Dьi	d	A b	Y	M s (N•mm)	
(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm)	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動S s
2738	42 (M42)	1385	409	3.158×10^{8}	6.113×10^8

S y(胴板)	S u(胴板)	S (胴板)	Sy(スカート)	Su(スカート)	F (スカート)	F*(スカート)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
241 ^{*1} (厚さ≦16mm)	394 ^{*1} (厚さ≦16mm)	_	241 ^{*2} (厚さ≦16mm)	394 ^{*2} (厚さ≦16mm)	241	276

Sy(基礎ボルト)	Su(基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F*(基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
211^{*2} (40mm<径≦100mm)	394 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	211	253

注記*1:最高使用温度で算出 *2:周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。







1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設	計用地震動 S d 又は静	的震度		基準地震動 S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭又は内	圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 4$	$\sigma_{x_1}=0$	—	$\sigma_{\phi 1} = 4$	$\sigma_{x_1}=0$	—	
運転時質量に	よる引張応力	_	$\sigma_{x^2=2}$	—	—	$\sigma_{x_2=2}$	—	
鉛直方向地震	こよる引張応力	$\sigma_{\phi 2} = 3$	$\sigma_{x 5} = 2$	—	$\sigma_{\phi 2} = 5$	$\sigma_{x 5} = 3$	—	
空質量によ	、る圧縮応力	_	$\sigma_{x3}=1$	σ x 3=1 - σ x 3=1		—		
鉛直方向地震に	こよる圧縮応力	_	$\sigma_{x 6} = 1$	—	—	$\sigma_{x 6} = 1$	—	
水平方向地象	震による応力	_	$\sigma_{x4}=4$	$\tau = 4$		$\sigma_{x4}=7$	$\tau = 8$	
亡力の和	引張側	$\sigma_{\phi} = 6$	$\sigma_{x t} = 7$	—	$\sigma_{\phi} = 8$	σ x t =12	—	
ルロンチャンオロ	圧縮側	$\sigma_{\phi} = -6$	$\sigma_{\rm x c} = 4$	—	$\sigma_{\phi} = -8$	$\sigma_{\rm x c} = 7$	—	
如今中六十	引張り		σ ot=10		$\sigma_{0 t} = 17$ $\sigma_{0 c} = 10$			
	圧縮		σ ос=5					

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設	計用地震動 S d 又は静	的震度		基準地震動 S s	
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2} = 3$	$\sigma_{x 5}=2$	—	$\sigma_{\phi_2}=5$	$\sigma_{x 5} = 3$	_
鉛直方向地震は	こよる圧縮応力	_	$\sigma_{x 6} = 1$	_	_	$\sigma_{x 6} = 1$	_
水平方向地震による応力		_	$\sigma_{x4}=4$	$\tau = 4$	—	$\sigma_{x4}=7$	$\tau = 8$
広力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} = 3$	$\sigma_{2 x t} = 5$	_	$\sigma_{2\phi} = 5$	σ _{2 x t} =9	_
ルロノナロノオロ	圧縮側	$\sigma_{2\phi} = -3$	σ _{2 x c} =4	—	$\sigma_{2\phi} = -5$	$\sigma_{2 x c} = 7$	—
組合せ応力 引張り			$\sigma_{2 t} = 15$			$\sigma_{2 t} = 29$	
(変動値)	圧縮		$\sigma_{2 c} = 11$			σ _{2 c} =21	

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位:MPa)

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

		弹性設計用地震動 S	d 又は静的震度	基準地震動 S s			
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力		
運転時質量に	よる応力	$\sigma_{s1}=3$		$\sigma_{s1} = 3$	a -22		
鉛直方向地震に	よる応力	σ _{s3} =2	$\sigma = 12$	σ _{s3} = 4			
水平方向地震	曲げ	$\sigma_{s2}=7$	0 s - 15	σ s 2=12	$0_{s} = 23$		
による応力	せん断	τ s =4		$\tau_{s} = 8$			

弾性設計用地震動Sd

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	σ b=13	σь=34
せん断応力	τ b=7	τ b=13

12

1.4 結論

1.4.1 固有周期	(単位:s)
方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 応力						(単位:MPa)		
部材	材料	広力	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動 S s			
ניזינום	141 11	<i>исту</i> у	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
間括	66400	一次一般膜	σ o = 10	$S_{a} = 236$	σ o = 17	S a =236		
· //학//오	55400	一次+二次	$\sigma_{2} = 15$	$S_{a} = 482$	$\sigma_{2} = 29$	S a =482		
		組合せ	$\sigma_{s} = 13$	f t = 241	$\sigma_{s}=23$	f t = 276		
スカート	SS400	圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c}$	$+ \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$		
		(座屈の評価)	0.06(集	無次元)	0.11 (無次元)			
甘び林ボルト	66400	引張り	σь=13	$f t s = 158^*$	σь=34	f t s = 190*		
基礎ボルト	SS400	せん断	τ b=7	$f_{\rm s\ b} = 122$	τ ь=13	$f_{\rm s\ b} = 146$		

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4・fto-1.6・てb, fto]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

七轮 口口 友 毛分-	設備公粧	福 据付場所及び床面高さ 固有周期(s) 弾性設計用地震動Sd 又は静的震度 基準地震動Ss		€動Ss	最高使用圧力	最高使用温度	周囲環境温度	下手				
陵岙石小	以加力规	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(MPa)	(°C)	: 问团垛场(皿及 (℃)	比里
燃料ディタンク	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張)	原子炉建屋 * T.M.S.L. 23.5			_	_	Сн=1.51	C v=1.38	静水頭	50	50	0.86

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m o	те	D i	t	D s	ts	E	E s	G	G s
(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		2800	9.0	2800	9.0	201000*1	201000 ^{*2}	77300^{*1}	77300^{*2}

ℓ (mm)	ℓs (mm)	D 1 (mm)	D 2 (mm)	D 3 (mm)	D 4 (mm)	H (mm)	S	n	D c (mm)	D b o (mm)
1210	929	102.3	102.3	102.3	102.3	2550	15	16	2950	3078

Dьi d		d A b		M s (N·mm)		
(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm)	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s	
2738	42 (M42)	1385	409	_	6. 113×10^8	

S y(胴板)	Su(胴板)	S (胴板)	Sy(スカート)	Su(スカート)	F (スカート)	F*(スカート)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
241 ^{*1} (厚さ≦16mm)	394 ^{*1} (厚さ≦16mm)	_	241 ^{*2} (厚さ≦16mm)	394 ^{*2} (厚さ≦16mm)	_	276

Sy(基礎ボルト)	Su(基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F*(基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
211 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	394 ^{*2} (40mm<径≦100mm)	_	

注記*1:最高使用温度で算出 *2:周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。





A~A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設	弾性設計用地震動Sd又は静的震度			基準地震動 S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭又は内	圧による応力	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 4$	$\sigma_{x_1} = 0$	—	
運転時質量に	よる引張応力	—	—	—	_	$\sigma_{x^2} = 2$		
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 5$	$\sigma_{x 5} = 3$	_	
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x3} = 1$	_	
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	_	$\sigma_{x 6} = 1$		
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x4} = 7$	$\tau = 8$	
広力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{\phi} = 8$	$\sigma_{x t} = 12$		
応ノ」のノ木山	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{\phi} = -8$	$\sigma_{\rm x c} = 7$	—	
细入中六十	引張り					σ ot = 17		
和日ビルフ	圧縮		—		$\sigma_{0 c} = 10$			

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用地震動Sd又は静的震度			基準地震動S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による引張応力		_	—	_	$\sigma_{\phi 2} = 5$	$\sigma_{x 5} = 3$	—	
鉛直方向地震による圧縮応力			—			$\sigma_{x 6} = 1$	—	
水平方向地震による応力		—	—	_	—	$\sigma_{x4} = 7$	$\tau = 8$	
亡士の和	引張側		—		$\sigma_{2\phi} = 5$	$\sigma_{2 x t} = 9$	—	
ルいフリマフイロ	圧縮側		—	_	$\sigma_{2\phi} = -5$	$\sigma_{2 x c} = 7$	—	
組合せ応力	引張り					$\sigma_{2 t} = 29$		
(変動値)	圧縮		—		σ _{2 c} = 21			

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位:MPa)

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

		弹性設計用地震動 S	d 又は静的震度	基準地震動	JS s
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力		—		$\sigma_{s1} = 3$	
鉛直方向地震による応力		—		σ _{s3} = 4	a -92
水平方向地震	曲げ	—		σ s 2=12	$0_{s} = 23$
による応力	せん断	—		$\tau_{\rm s} = 8$	

	弾性設計用地震動 S d	
	マけ静的震度	

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力		σ b=34
せん断応力	_	τ ь=13

15

2.4 結論

2.4.1 固有周期	(単位:s)
方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 応力						(単位:MPa)
立て木才	おお米丁	広力	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s	
ניזיום	1-1 [-1	עי <u>ט</u> יי	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
HE TE	00400	一次一般膜	_	_	σ o=17	S $_{a} = 236$
加四有汉	55400	一次+二次	_	L設計用地震動Sd又は静的震度基準地震動出応力許容応力算出応力 $\sigma \circ = 17$ $\sigma \circ = 17$ $\sigma \circ = 29$ $\sigma s = 23$ $\sigma_{s1} + \sigma_{s3}$ + $\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})$ f_c + f_c -0.11 (無次) $\sigma b = 34$ $\tau b = 13$	S a = 482	
	SS400	組合せ	_	_	$\sigma_{s}=23$	f t = 276
スカート		SS400 圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c}$	$+ \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c}$	$- + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$
		(座屈の評価)	_		0.11 (無次元)
甘西北北山人	66400	引張り	_	_	σь=34	$f t s = 190^*$
査(啶小)レト	55400	せん断	_	_	τ b=13	$f_{\rm s \ b} = 146$

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4・fto-1.6・てb, fto]

V-2-10-1-2-1-5 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書

目	欠
---	---

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 基本方針	7
4.2 ポンプの動的機能維持評価 ·····	8
4.2.1 評価対象部位	8
4.2.2 評価基準値	8
4.2.3 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2.4 評価方法	11
4.3 原動機の動的機能維持評価	14
5. 評価結果	15
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	15
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、非常用ディーゼル発電設備の燃料移送ポンプ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。

燃料移送ポンプは,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計 基準拡張)に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構 造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、燃料移送ポンプは、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプである ため、構造強度評価はV-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性 についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。また、燃料移送ポンプは、V -2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプである ため、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991追補版)(日本電気協 会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月)(以下「JEAG4601」という。)に て定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

燃料移送ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



- 3. 構造強度評価
- 3.1 構造強度評価方法

燃料移送ポンプの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横 軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき 行う。

- 3.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
 燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2
 に示す。
 - 3.2.2 許容応力

燃料移送ポンプの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-3のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件 燃料移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価 に用いるものを表 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に 示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【燃料移送ポンプの耐震性についての計 算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源	非常用発電	bbをおしまな、ナイ・ナッシュープ	C	*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III ∧ S
設備	装置	窓科移送小シフ	5		$D+P_D+M_D+S_s$	IV A S

注記*:その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設区分		区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
	非常用電源 設備			常設/防止	*2	$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
		非常用発電 装置	燃料移送ポンプ	(DB拡張)		$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S
				常設/緩和			(VASとしてⅣ
				(DB拡張)			ASの許容限界を
							用いる。)

注記*1:「常設/防止(DB拡張)」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。

*2:その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

4

	許容限界*1, *2				
	(ボルト等)				
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s			
IV A S	*	1.5 • f s*			
V A S	1.5 • f t				
(VASとしてIVASの許容限界を用いる。)					

表 3-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

⇒т/∓±±±	材料	温度条件		Sу	S u	Sy (RT)	
F平1Ⅲ 百以11		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	
其碑ボルト	SS400	周囲環境温度	66	234	385		
本碇ハルト	(径≦16mm)						
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	66	699	803	_	
	(径≦63mm)						
百動機取付ボルト	SNB7	周囲環境温度	66	699	803		
	(径≦63mm)						

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

	-		
L	ر	2	

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

	++ *1	温度条件		Sу	S u	Sy (RT)
F半11111百1242	1/1 作半	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
其碑ボルト	SS400	周囲環境温度	66	234	385	_
	(径≦16mm)					
ポンプ取付ボルト	SNB7	最高使用温度	66	699	803	_
	(径≦63mm)					
百動機取付ボルト	SNB7	周囲環境温度	66	699	803	
	(径≦63mm)					
- 4. 機能維持評価
- 4.1 基本方針

燃料移送ポンプは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されていない横置きの スクリュー式ポンプであるため、JEAG4601にて定められた評価部位の健全性 を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる応答加速度は、V-2-1-7「設計用応答曲線の作成方針」に基づき、 基準地震動Ssにより定まる設計用最大応答加速度(1.0ZPA)を設定する。

- (1) 燃料移送ポンプは地震後においてもその機能が維持されるよう,動的機能維持の 評価を行う。なお、本ポンプは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されてい ない横置きのスクリュー式ポンプであるため、機能維持評価は、JEAG4601 にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。ま た、原動機については横形ころがり軸受機であるため、V-2-1-9「機能維持の基本 方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
- (2) 本ポンプは横置きの機器であることから, JEAG4601に従い構造的に一つ の剛体として取り扱う。

- 4.2 ポンプの動的機能維持評価
 - 4.2.1 評価対象部位

燃料移送ポンプは、容量等がJEAG4601に記載されている横形遠心式ポ ンプを上回ることはなく、回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって、 基本的な構成要素はJEAG4601に記載されている横形ポンプと同等である ことから、JEAG4601に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い、 以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト
- b. 取付ボルト
- c. 軸
- d. 軸受
- e. 摺動部(主ねじ部)
- f. メカニカルシール
- g. 軸継手

このうち「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従って評価を行い、「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。また、「g. 軸継手」は、軸受でスラスト荷重を受け持つことで軸継手にスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より,本計算書においては,軸,軸受,摺動部(主ねじ部)及びメカニカ ルシールを評価対象部位とする。

4.2.2 評価基準値

軸の許容応力は、軸の変形等による回転機能への影響を考慮し、軸の変形を弾 性範囲内に留めるよう、「その他のポンプ」の許容応力状態ⅢASに準拠し設定す る。摺動部(主ねじ部)については、主ねじとスリーブの接触による、回転機能、 移送機能への影響を考慮して主ねじとスリーブのクリアランスを評価基準とする。 軸受は、回転機能確保の観点より許容面圧を、メカニカルシールは、流体保持機 能確保の観点よりシール回転環の変位可能寸法を、評価基準値とする。 評価基準値を表 4-1 に示す。

評価部位 評価項目 単位 評価基準値(許容値) 軸 許容応力 MPa 軸受 許容面圧 MPa スリーブ間隙間 摺動部(主ねじ部) mm メカニカルシール 変位可能量 mm

表 4-1 評価基準値(許容値)

4.2.3 記号の説明

燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

記号	記号の説明	単位
а	軸端から支点Aまでの距離(=ℓ2)	mm
Ar 1	ラジアル荷重を受ける軸受Aの投影面積	mm^2
Ar 2	ラジアル荷重を受ける軸受Bの投影面積	mm^2
A s	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
b	軸端から支点Bまでの距離	mm
Сн	水平方向震度	—
C v	鉛直方向震度	—
d	曲げモーメントが最大となる箇所の軸径	mm
Е	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
I 1	軸最小径での断面二次モーメント	mm^4
I 2	シール面軸径での断面二次モーメント	mm^4
l	軸長さ	mm
ℓ 1	支点間距離	mm
ℓ 2	軸端から支点Aまでの距離(=a)	mm
М	最大曲げモーメント (MA, MBの大なる方)	N•mm
m 0	軸系総質量	kg
m 1	軸受Aに加わる軸質量	kg
m 2	軸受Bに加わる軸質量	kg
MA	支点Aの曲げモーメント	N•mm
Мв	支点Bの曲げモーメント	N•mm
M P	ポンプ回転により作用するモーメント	N•mm
Ν	回転数(原動機の同期回転速度)	rpm
Р	原動機出力	kW
P r 1	ラジアル荷重による軸受Aの面圧	MPa
P r 2	ラジアル荷重による軸受Bの面圧	MPa
Ρs	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
Т	軸に作用するねじりモーメント	N•mm
W	地震力を考慮した軸等分布荷重	Ν
W 1	地震力を考慮した軸端部荷重	Ν
W 2	軸受にかかる通常運転時荷重	Ν

表 4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
W r 1	軸受Aにかかる地震時のラジアル荷重	Ν
Wr 2	軸受Bにかかる地震時のラジアル荷重	Ν
Ws	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	Ν
х	軸端からメカニカルシールシール面までの距離	mm
δ 1	摺動部(主ねじ部)における軸のたわみ量	mm
δ 2	シール面における軸のたわみ量	mm
π	円周率	
au max	軸に生じる最大せん断応力	MPa

- 4.2.4 評価方法
 - (1) 軸

軸の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと 曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が、その許容応力値を下回ることを確認する。



図 4-1 軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 r max は次式で求める。

$$\tau_{\text{max}} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d^3}\right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (4.2.4.1)$$

ここで, ねじりモーメントTは

支点Aの曲げモーメントMAは

支点Bの曲げモーメントMBは

ここで、地震力を考慮した等分布荷重wは

$$w = \frac{m \circ \cdot g \cdot \sqrt{C_{H^2} + (1 + C_{V})^2}}{\ell} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.2.4.6)$$

(2) 軸受

軸受の評価は、地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による荷重が軸受の許容荷重(許容面圧)以下であることを確認する。

a. 軸受Aのラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受Aの面圧は次式で求める。

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WR1は

b. 軸受Bのラジアル荷重
 ラジアル荷重による軸受Bの面圧は次式で求める。
 WR2

$$P_{R 2} = \frac{A_{R 2}}{A_{R 2}} \qquad \cdots \qquad (4.2.4.9)$$

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重W_{R2}は
W_{R2}=m₂・g・
$$\sqrt{C_{H^2} + (1 + C_V)^2}$$
(4.2.4.10)

c. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

ここで、軸受にかかる地震時のスラスト荷重Wsは

$$W_{S} = m_{0} \cdot g \cdot C_{H} + W_{2} \quad \cdot (4.2.4.12)$$

(3) 摺動部(主ねじ部)

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動 部(主ねじ部)における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとス リーブ間隙間内であることを確認する。



摺動部(主ねじ部)における軸のたわみ量δ」は次式で求める。

$$\delta_{1} = \frac{5 \cdot w \cdot \ell_{1}^{4}}{384 \cdot E \cdot I_{1}} - \frac{(M_{A} + M_{B}) \cdot \ell_{1}^{2}}{16 \cdot E \cdot I_{1}} \cdot \cdot \cdot (4.2.4.13)$$

(4) メカニカルシール

軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のメカニカルシールシー ル面における軸の軸直角方向たわみ量を算出し、発生するたわみ量がメカニカル シール回転環の変位可能量を下回ることを確認する。



図 4-3 メカニカルシールの評価モデル

シール面における軸のたわみ量δ2は次式で求める。

ここで、地震力を考慮した軸端部荷重W₁は W₁ = m₀・g・ $\sqrt{C_{H^2} + (1 + C_V)^2}$ ・・・・・・(4.2.4.15) 4.3 原動機の動的機能維持評価

燃料移送ポンプ用原動機の動的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方 法に基づき行う。

燃料移送ポンプ用原動機は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及 び振動特性であるため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度 を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

	我 H J 1及 hE #E m 1月	加速皮	(7(5,011/3))
評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
百击地	横形ころがり	水平	4.7
尿 勁 殘	軸受電動機	鉛直	1.0

表 4-3 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果
 - 燃料移送ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は 許容限界を満足しており,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す ることを確認した。
 - (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
 - (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 燃料移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示 す。発生使は恋恋限界な満足してたり、読み思想の対しても八な構造強度及び動

す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動 的機能を有することを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料移送ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	招付相デエジピエキキ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		よくしても	見方は田沢南	用再增体但由
		据付場所及の床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	ホンフ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	向囲埬項温度 (℃)
燃料移送ポンプ	S	屋外 T. M. S. L. 12. 0 ^{*1}	*2	*2	Сн=0.89	Cv = 0.65	С _н =1.69	Cv=1.33		66	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく,計算は省略する。

1.1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ _{1 i} *¹ (mm)	ℓ 2 i *1 (mm)	d i (mm)	A b i (mm ²)	n i	n f i *1
基礎ボルト								2
(i = 1)								2
ポンプ取付ボルト								2
(i = 2)								2
原動機取付ボルト								2
(i=3)								2

	S i	S i	D .		転倒方	向	М
部材	部材 (MPa) (MPa) (MPa)		Fi (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	$M_{\rm p}$ (N·mm)
基礎ボルト (i=1)	234 ^{*2} (径≦16mm)	385 ^{*2} (径≦16mm)	234	270	軸直角	軸直角	_
ポンプ取付ボルト (i=2)	699* ³ (径≦63mm)	803* ³ (径≦63mm)	562	562	軸	軸	
原動機取付ボルト (i=3)	699 ^{*2} (径≦63mm)	803 ^{*2} (径≦63mm)	562	562	軸直角	軸直角	

Η P	N	P
(μm)	(rpm)	(kW)

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

*3:最高使用温度で算出

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 ボルトに作用する力

(畄母	N)	
(単1)/	111/	

	1,,				
	F۱	b i	Q b i		
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					
ポンプ取付ボルト (i=2)					
原動機取付ボルト (i=3)					

1.1.4 結論

1.1.4.1	ボルトの応力	
		Γ

(単位:MPa)

÷17 ++	部材 材料		弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震	 震動Ss
司小公			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	55400	引張り	σ _{b1} = 3	$f_{t s 1} = 175^*$		
(i =1)	55400	せん断	τь1= 2	f _{sb1} =135		
ポンプ取付ボルト	CMD7	引張り	σ _{b2} = 2	f t s 2=421*		
(i=2)	2101	せん断	τ b 2 = 1	$f_{s\ b\ 2} = 324$		
原動機取付ボルト	SNR7	引張り	σьз= 2	f t s 3=421*		
(i=3)	JUDI	せん断	τьз= 2	f _{sb3} =324		

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

		定格容量	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度
機器名称	形式	(m ³ /h)	MAAL 据的场所及OK面面C m ³ /h) (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	₩同♥///溫浸 (℃)	(°C)
燃料移送ポンプ	スクリュー式	4	屋外 T. M. S. L. 12. 0 ^{*1}	*2	*2	Сн=1.41	$C_{v} = 1.11$		66	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく,計算は省略する。

		出力	据付場所及び床面高さ	固有周	哥期(s)	基準地震	통動Ss	ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度
機器名称	形式	(kW)	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	(°C)	(°C)
燃料移送ポンプ用 原動機	横形ころがり 軸受機	2.2	屋外 T.M.S.L.12.0 ^{*1}	*2	*2	С н=0.85	$C_{V} = 0.85$		176	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

18

1.2.2 機器要目

m 0	m 1	m 2	ℓ	ℓ_1 (mm)	ℓ ₂	a	b	d	x
(kg)	(kg)	(kg)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)

A R 1	A R 2	A s	E	I 1	I 2	N	W 2
(mm²)	(mm ²)	(mm²)	(MPa)	(mm ⁴)	(mm ⁴)	(rpm)	(N)
			199000				

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
1° \	水平方向	1.41	—
ホンソ	鉛直方向	1.11	—
百利松	水平方向	0.85	4.7
原動機	鉛直方向	0.85	1.0

ポンプは、本文4.2.1項に基づき、以下の項目について評価する。 原動機は、機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 注記*:基準地震動Ssにより定める応答加速度とする。

1.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

19

1.2.3.2.2.1 軸(の応力評価		(単位:MPa)
評価部位	材料	発生応力	許容応力
軸			

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸到	受の評価			(単位	ź:MPa)
評価部位	荷重	発生面圧		許容面圧	
	ラジアル(原動機側)				
軸受	ラジアル(負荷側)				
	スラスト				

すべて許容面圧以下である。

1.2.3.2.2.3 摺	動部(主ねじ)の評価	(単位:mm)
評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙間以下である。

1.2.3.2.2.4 メン	カニカルシールの評価	(単位:mm)
評価部位	たわみ量	変位可能量
メカニカルシール		

すべて変位可能量以下である。





【弾性設計用地震動Sd又は静的震度の場合】



【基準地震動Ssの場合】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

		担任担託及び内害者を	固有周	ਗ期(s)	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震	€動Ss		目室住田洞座	用面理读出中
機器名称	設備分類		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	ボンブ振動 最 による震度	ポンプ振動 による震度 (°C)	向囲塓現温度 (℃)
燃料移送ポンプ	常設/防止 常設/緩和	屋外 T. M. S. L. 12. 0 ^{*1}	*2	*2	_		С _Н =1.69	Cv = 1.33		66	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく,計算は省略する。

2.1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ _{1 i} *¹ (mm)	ℓ 2 i *1 (mm)	d i (mm)	A b i (mm ²)	n i	n f i *1
基礎ボルト		1	1	I	1		4	2
(i = 1)							4	2
ポンプ取付ボルト							4	2
(i = 2)							4	2
原動機取付ボルト							4	2
(i =3)			1				4	2

	S i	S i	Б		転倒方	М	
部材	(MPa)	(MPa)	Fi (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	$M_{\rm p}$ (N·mm)
基礎ボルト (i=1)	234 ^{*2} (径≦16mm)	385 ^{*2} (径≦16mm)	_	270		軸直角	_
ポンプ取付ボルト (i=2)	699* ³ (径≦63mm)	803* ³ (径≦63mm)	_	562		軸	_
原動機取付ボルト (i=3)	699 ^{*2} (径≦63mm)	803 ^{*2} (径≦63mm)	_	562	_	軸直角	

Η P	N	P
(μm)	(rpm)	(kW)
		2.2

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

*3:最高使用温度で算出

2.1.3 計算数値

2.1.3.1 ボルトに作用する力

(畄位	•	N)	

	1,, 2,			
	F۱	o i	Q	b i
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	_		_	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	

2.1.4 結論 2.1.4.1 ボルトのM	芯力					(単位:MPa)
÷r++	++\%1	<u>₹</u> +	弾性設計用地震動	bSd又は静的震度	基準地震	ξ動Ss
司》村	材科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	55400	引張り	_	—		
(i =1)	(i=1) SS400	せん断	_	—		
ポンプ取付ボルト	CMD7	引張り	_	—		
(i =2)	2IND (せん断	—	_		
原動機取付ボルト	CMD7	引張り		_		
(i = 3)	JUDI	せん断	_	_		

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

		定格容量	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度
機器名称	形式	(m ³ /h)	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	(°C)	(°C)
燃料移送ポンプ	スクリュー式	4	屋外 T. M. S. L. 12. 0*1	*2	*2	Сн=1.41	$C_{v}=1.11$		66	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく,計算は省略する。

	出力		据付場所及び床面高さ	固有周	問期(s)	基準地震	€動Ss	ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度
機器名称	形式	(kW)	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	(°C)	(°C)
燃料移送ポンプ用 原動機	横形ころがり 軸受機	2.2	屋外 T.M.S.L.12.0 ^{*1}	*2	*2	С _Н =0.85	$C_{V} = 0.85$		176	66

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分に小さく,計算は省略する。

24

2.2.2 機器要目

m 0	m 1	m 2	(mm)	ℓ ₁	ℓ ₂	a	b	d	x
(kg)	(kg)	(kg)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)

A R 1	A r 2	A s	E	I 1	I 2	N	W 2
(mm²)	(mm ²)	(mm²)	(MPa)	(mm ⁴)	(mm ⁴)	(rpm)	(N)
			199000				

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
-1° \°	水平方向	1.41	
ボンブ	鉛直方向	1.11	_
百私地	水平方向	0.85	4.7
原動機	鉛直方向	0.85	1.0

ポンプは、本文4.2.1項に基づき、以下の項目について評価する。 原動機は、機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 注記*:基準地震動Ssにより定める応答加速度とする。

2.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

25

2.2.3.2.2.1 軸の	の応力評価		(単位:MPa)
評価部位	材料	発生応力	許容応力
軸			

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 軸到	受の評価			(単位	Ĺ:MPa)
評価部位	荷重	発生面圧		許容面圧	
	ラジアル(原動機側)				
軸受	ラジアル(負荷側)				
	スラスト				

すべて許容面圧以下である。

2.2.3.2.2.3 摺動部(主ねじ)の評価 (単位:mm)

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙間以下である。

2.2.3.2.2.4 メフ	(単位:mm	
評価部位	たわみ量	変位可能量
メカニカルシール		

すべて変位可能量以下である。





【基準地震動Ssの場合】

V-2-10-1-2-1-6 軽油タンクの耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	10
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	10
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	10

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 軽油タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

軽油タンクは,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては 常設耐震重要重大事故防止設備,常設重大事故緩和設備,常設重大事故防止設備(設計基準拡 張)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)に分類される。以下,設計基準対象施設及び重 大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお,軽油タンクは,V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器である ため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての 計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

軽油タンクの構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造計画

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は,本計算書の【軽油 タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

	表 3-1 固有周期	(単位:s)
	水平	
軽油ダンク A	鉛直	
	水平	
軽 油 ダ ン グ B	鉛直	

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

軽油タンクの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒 形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 軽油タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

軽油タンクの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

軽油タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるもの を表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【軽油タンクの耐震性についての計算結果】の設 計条件及び機器要目に示す

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設	区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源	非常用電源			*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
設備	装置	軽油タンク	5		$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

注記*:クラス2,3容器及びクラス2,3支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

						1
施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
非常用電源設備	非常用電源装置	軽油タンク	 常設∕防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張) 	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
	代替交流電源設備	軽油タンク			$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV A S
非常用電源設備			常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_{S}$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

СЛ

						$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
	非常用電源設備	緊急時対策所代替 電源設備	軽油タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
						$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
5 6	非常用電源設備	監視測定設備用 電源設備	軽油タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
	補機駆動用					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
	燃料設備 (非常用電源設備及 び補助ボイラーに係 るものを除く。)	燃料設備	軽油タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_{S}$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_{S}$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1, *2									
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力						
III _A S	Syと0.6・Suの小さい方 ただし,オーステナイト系ス テンレス鋼及び高ニッケル合 金については上記値と1.2・S との大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動Sd又は基準 析を行い,疲労累積係数が1.0	準地震動Ssのみによる疲労解) 以下であること。						
IV _A S			ただし, 地震動のみによる一次 以下であれば, 疲労解析は不要	x+二次応力の変動値が 2・S y 要。						
V _A S (V _A SとしてW _A Sの許 容限界を用いる。)	0.6 • S u	左傾の 1.5 倍の値	基準地震動Ssのみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S 以下であれば、疲労解析は不要。							

表 4-3 許容応力(クラス2,3容器及び重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

7

	許容限 (ボル	界* ^{1,*2} '卜等)
許容応力状態	一次	応力
	引張り	せん断
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f s
IV A S		
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t [*]	1.5 • f s [*]

表 4-4 許容応力(クラス2,3支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

<u>我生 5 医用树梢空间在心力时间不住(取自坐车对豕爬</u>)	表 4-5	使用材料の許容応力評価条件	(設計基準対象施設)
-------------------------------------	-------	---------------	------------

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	S y (R T) (MPa)
胴板		最高使用温度	66				
基礎ボルト		周囲環境温度	50				

- 衣 4-0 使用材料切针浴应刀针侧条件(电人争敀专刈处取1	表 4-6	使用材料の許容応力評価条件	(重大事故等対処設備)
---------------------------------	-------	---------------	------------	---

評価部材	材料	温度条((°C)	温度条件 (°C)		Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
胴板		最高使用温度	66	_			_
基礎ボルト		周囲環境温度	50	_			_

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

軽油タンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満 足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

軽油タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果
 構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【軽油タンクの耐震性についての計算結果】

 $\sigma_{\phi} = 15 \sigma_{xt} = 9$

 $\sigma_{\phi} = -15 \sigma_{xc} = 12$

引張側

圧縮側

引張り

圧 縮

_

= 11

 $\sigma_{x4} = 10 \tau$

 $\sigma_{0t} = 22$

 σ oc = 15

σφ

= 20

 $\sigma_{\phi} = -20 \quad \sigma_{xc} = 21$

1. 設計基準対象施設

水平方向地震による応力

応力の和

組合せ応力

1.1 設計条件																				
据付担证及75度而真大 固有					固有周	期(s)	弾性設計用	地震動 S	d 又は	静的震度	基準地震	震動Ss	具古体田正力	具古体田泪座	国田碑校祖由					
機器名利	东 而	耐震重要度分类	頁 "西门场"	列及び床面筒さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方 設計震	向 度	鉛直方向 設計震度		鉛直方向 オ設計震度 言		鉛直方向 水 設計震度 設		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	取商使用庄刀 (MPa)	取商使用溫度 (℃)	同囲環境価度 (℃)	比重
軽油タング	ク A	S	Т.М.	屋外 S.L. 12.5*			$C_{\rm H} = 0.$	$C_{\rm V} = 0.65$		Сн=1.69	C v=1.33	静水頭	66	50	0.86					
			注記*:	基準床レベルを	を示す。															
1.2 機器要目	∃					r				1										
m o (kg)	m e (kg)	D i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓg (mm)	H (mm)		S	n										
		9800		*1	*1	4419	7495		9											
						М	s (N•mm)			1										
D c (mm)	Dьо (mm)	Dьi (mm)	d (mm)	A_{b} (mm ²)	弾性設計 Sd又は	用地震動 静的震度	基準	地震動 S	s											
10050	10250	9250			2.497	$\times 10^{7}$	4.742×10^{7}													
Sy(胴板) (MPa)	Sy(胴板) Su(胴板) S(胴板) Sy(基礎ボルト) Su(基礎ボルト) F(基礎ボルト) (MPa) (MPa) (MPa) (MPa) (MPa)						F* (1	基礎ボルト) (MPa)												
*1		*1		_									Ī							
注記*1:最高值 *2:周囲邸	吏用温度で 環境温度で	算出 算出										-								
1.3 計算数f 1.3.1 胴 (1) 一	値 に生じる応 次一般喧点	动							()	á伝・MPa)										
	八 八八八天八		弾性設計 月	目地震動Sd又)	は静的震度		基進	地震動S	s s	<u>→ ⊥</u> . miα/										
	周方向応力 軸方向応力 せん断応力 周方向応力 せん断応力							+		•										
静水頭による	による応力 $\sigma_{\phi 1} = 9$ - $\sigma_{\phi 1} = 9$				1	- i - K-	-	U												
鉛直方向地震	による引張	ξ応力 σ _φ	$_2 = 6$	—		σφ2	= 12	_		_	1	<u></u>		D i	\rightarrow					
空質量による	圧縮応力			$\sigma_{x2} = 2$		-	- σ:	x 2 =	2		1				le g H					
鉛直方向地震	による軸方	7向応力	_	$\sigma_{x_3} = 1$		-	- σ	_{x 3} =	2	_			(C						

 $\sigma_{x4} = 18$

 $\sigma_{x t} = 18$

 $\sigma_{0 t} = 39$

 σ oc = 29

τ

= 20

Dьi

Dс

Dьо

11

(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動S s				
/		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力		
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{\phi 2} = 6$	$\sigma_{x^3} = 1$		$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$	_		
水平方向地震による応力		_	$\sigma_{x 4} = 10$	τ =11		$\sigma_{x 4} = 18$	τ = 20		
広力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} = 6$	$\sigma_{2xt} = 10$		$\sigma_{2\phi} = 12$	$\sigma_{2xt} = 20$			
ルレンJ Vノ Yロ	圧縮側	$\sigma_{2\phi} = -6$	$\sigma_{2 x c} = 10$		$\sigma_{2\phi} = -12$	$\sigma_{2 x c} = 20$			
組合せ応力 (変動値)	引張り		$\sigma_{2 t} = 37$			$\sigma_{\rm 2\ t}~=~70$			
	圧 縮		$\sigma_{2c} = 31$			$\sigma_{2c} = 57$			

(単位:MPa)

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	σ b = 28	σ b = 99
せん断応力	τ b= 34	τ b = 64

1.4 結論

1.4.1 固有周	期 (単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	T v=

1.4.2 応知	力					(単位:MPa)	
部材 材料	++*1	内土	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s		
	171 147	ルロノリ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
		一次一般膜	σ 0= 22	S a =	$\sigma_0 = 39$	S a =	
胴板		一次+二次	$\sigma_{2} = 37$	S a =	$\sigma_{2} = 70$	S a =	
		圧縮と曲げの	$\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})$	$\eta \cdot \sigma_{x4} \leq 1$	$\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})$	$\eta \cdot \sigma_{x4} \leq 1$	
		組合せ	f c	$f_{\rm b} \ge 1$	f c 7	$- \frac{f_{\rm b}}{f_{\rm b}} \ge 1$	
		(座屈の評価)		0.07 (無次元)	0.11 (無次元)		
基礎ボルト		引張り	σ b = 28	f t s =	σ b = 99	fts=	
		せん断	τ b = 34	$f_{s b} =$	τ b = 64	$f_{s b} =$	

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4 · fto-1.6 · τ b, fto]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		担任相デマッドナキン	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s		見支住田広力	見古住田泪座	田田福府泊井	
機器名称	設備分類		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	東高便用庄刀 (MPa)	取同使用価度 (℃)	////////////////////////////////////	比重
軽油タンク A	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張) 常設耐震/防止 常設/緩和	屋外 T.M.S.L. 12.5*			_	_	Сн=1.69	Cv=1.33	静水頭	66	50	0.86
注記*:基準床レベルを示す。												

2.2 機器要目

	~ F								
m o (kg)	m e (kg)	D i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓg (mm)	H (mm)	S	n
		9800		*1	*1	4419	7495	9	

		Diri	d	Аь	М	s (N•mm)				
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²) 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S	基準地震動 S s			
10050	10250	9250			_	4.742×10^{-10}	7			
S(胴	柜)	S (胴板)	S	(胴板)	S (其碑ボルト)	S(其磁ボルト)	F	(甘び林-ギョルト)	E v	(其礎ボルト)
(MPa))	(MPa)	5	(MPa)	(MPa)	(MPa)	Г	(歴紀バルド) (MPa)	F *	(MPa)

注記*1:最高使用温度で算出

*2:周囲環境温度で算出

*1

2.3 計算数値

*1

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力 (単位:)										
		弾性設計用	月地震動Sd又に	は静的震度	基準地震動S s					
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力			
静水頭による応力					$\sigma_{\phi 1} = 9$		_			
鉛直方向地震による引張応力					$\sigma_{\phi 2} = 12$					
空質量による圧縮応力		—	—	_	$- \sigma_{x^2} = 2$		_			
鉛直方向地震による	岫方向応力	_	_		—	$\sigma_{x^3} = 2$	_			
水平方向地震による	芯力					$\sigma_{x4} = 18$	τ = 20			
亡力の和	引張側				$\sigma_{\phi} = 20$	$\sigma_{x t} = 18$	_			
ルロノナのノオロ	圧縮側				$\sigma_{\phi} = -20$	σ x c = 21	_			
組合せ応力	引張り		_			σ ot = 39				
	圧 縮		_			$\sigma_{0c} = 29$				


(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動 S s			
/		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による	芯力	_	_	_	$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$		
水平方向地震による	芯力	_	_	_	_	$\sigma_{x4} = 18 \tau =$		
広ちの知	引張側				$\sigma_{2\phi} = 12$	$\sigma_{2xt} = 20$	_	
	圧縮側	- - - $\sigma_{x4} = 18$ τ IÆ@ - - $\sigma_{2\phi} = 12$ $\sigma_{2xt} = 20$ $\sigma_{2xc} = 20$ Email - - - $\sigma_{2\phi} = -12$ $\sigma_{2xc} = 20$	[
組合せ応力	引張り		_			$\sigma_{\rm 2\ t}~=~70$		
(変動値)	圧 縮		_			$\sigma_{2c} = 57$		

(単位:MPa)

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—	σ b = 99
せん断応力	_	τ b = 64

14

2.4 結論 2.4.1 固有周	期(単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	T v=

Tv =

2 4	2	亡力

(単位・MDa)

2.4.2 心	/]					(単位:MPa)	
***	++*	с с – Ь	弹性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動S s		
部内	机科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
		一次一般膜	—	—	$\sigma_{0} = 39$	S _a =	
	一次+二次	—	—	$\sigma_{2} = 70$	S a =		
胴板	SM400B	圧縮と曲げの			$\eta \cdot (\sigma_{x^2} + \sigma_{x^3})$	η • σ x 4	
		組合せ	_		f c	$f_{\rm b} \ge 1$	
		(座屈の評価)	-	_		0.11 (無次元)	
甘7株よどう 〕	0450	引張り	_	_	σ b = 99	f t s =	
基礎小ルト	545C	せん断	—	—	τ b = 64	fsb=	

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4 · fto-1.6 · τ b, fto]

【軽油タンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

		招は相応及びたて言と	固有周期(s)		弹性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震	基準地震動 S s		見方住田沢南	日田雪陸沢南	
機器名称	耐震重要度分類	店付場所及び床面高さ (m)	水平方向	i周期(s) 弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動Ss 最高使用压力 最高使用温度 向 松直方向 水平方向 鉛直方向 松正方向 鉛直方向 設計震度 公 ○ 公 ○	向囲環現温度 (℃)	比重						
軽油タンク B	S	屋外 T.M.S.L. 12.5*			Сн=0.89	$C_{v} = 0.65$	С _Н =1.69	Cv = 1.33	静水頭	66	50	0.86

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器	要目								
m o (kg)	m e (kg)	Di (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓg (mm)	H (mm)	S	n
		9800		*1	*1	4248	7495	9	

Da	D	Dui	d	A h	M s (N·mm)		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
10050	10250	9800			2. 347×10^7	4. 456×10^7	

S y (胴板)	S u (胴板)	S (胴板)	Sy(基礎ボルト)	Su(基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F*(基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
*1	*1	_				

注記*1:最高使用温度で算出

*2:周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1)	一次一般膜応力
-----	---------

(1) 一次一般	(1) 一次一般膜応力						(単位:MPa)	
		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1} = 9$	_	_	$\sigma_{\phi 1} = 9$	—		
鉛直方向地震による	引張応力	$\sigma_{\phi 2} = 6$	_	_	$\sigma_{\phi 2} = 12$	—		
空質量による圧縮応ス	力	_	$\sigma_{x^2} = 2$	_	—	$\sigma_{x^2} = 2$		
鉛直方向地震による	軸方向応力	_	$\sigma_{x^3} = 1$	_	—	$\sigma_{x^3} = 2$		
水平方向地震による	芯力	_	$\sigma_{x4} = 9$	τ = 10	—	$\sigma_{x4} = 17$	$\tau = 19$	
広力の和	引張側	$\sigma_{\phi} = 15$	$\sigma_{x t} = 9$	_	$\sigma_{\phi} = 20$	$\sigma_{x t} = 17$		
ルロンチャンオロ	圧縮側	$\sigma_{\phi} = -15$	$\sigma_{xc} = 11$	_	$\sigma_{\phi} = -20$	$\sigma_{xc} = 20$		
组合让它力	引張り		σ ot = 22			$\sigma_{0 t} = 38$		
	圧 縮		$\sigma_{0c} = 15$			$\sigma_{0c} = 27$		



(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

	/			24020			(]] (
		弾性設計用	目地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動 S s			
/		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による応力 σ φ 2 =		$\sigma_{\phi 2} = 6$	$\sigma_{x_3} = 1$		$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$	_	
水平方向地震による	芯力	—	$\sigma_{x4} = 9$	$\tau = 10$	_	$- \sigma_{x4} = 17 \tau$		
庁力の和	引張側	$\sigma_{2\phi} = 6$	$\sigma_{2 x t} = 10$		$\sigma_{2\phi} = 12$	$\sigma_{2xt} = 18$		
	圧縮側	$\sigma_{2\phi} = -6$	$\sigma_{2 x c} = 10$		$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			
組合せ応力	引張り		$\sigma_{2t} = 36$			$\sigma_{2t} = 68$		
(変動値)	圧 縮		$\sigma_{2c} = 29$			$\sigma_{2c} = 55$		

(単位:MPa)

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	σ b = 29	σ b = 97
せん断応力	τ b = 33	τ b = 62

1.4 結論

1.4.1 固有周	期 (単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	T v=

1

1.4.2 応;	力						(単位:MPa)
立77++	+	十 本[内中	弾性設計用地震動	Sd 又は静的震度	基準地震	€動Ss
的内	个	<u> </u>	ルビノノ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			一次一般膜	σ 0= 22	S a =	$\sigma_0 = 38$	S a =
			一次+二次	$\sigma_2 = 36$	S a =	$\sigma_2 = 68$	S a =
胴板			圧縮と曲げの	$\eta \cdot (\sigma_{x^2} + \sigma_{x^3})$	$\eta \cdot \sigma_{x4} \leq 1$	$\eta \cdot (\sigma_{x^2} + \sigma_{x^3})$	$\eta \cdot \sigma_{x4} \leq 1$
			組合せ	f c	$+ \frac{f_{\rm b}}{f_{\rm b}} \ge 1$	f c	$f_{\rm b} \ge 1$
			(座屈の評価)		0.06 (無次元)		0.10 (無次元)
甘花水子儿			引張り	σ b = 29	f t s =	σ b = 97	f t s =
本(症い)レト			せん断	τ b = 33	f s b =	τ b = 62	$f_{s b} =$

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4 · fto-1.6 · τ b, fto]

重大事故等対処設備 2.1 設計条件

引張り

圧 縮

組合せ応力

—

17

2.1 政訂采件														
機器名称	設備分	·類 据付场	- 所及び床面高さ (m)	固有周期 水平方向 釺	f(s) 弾性 沿直方向	生設計用地震動; 水平方向 設計震度	<u>S d 又は</u> 鉛直 設計	〔静的震度 〔方向 →震度	基準地類 水平方向 設計震度	雲動 S s 鉛直方向 設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
軽油タンク B	常設/ (DB加 常設/ (DB加 常設耐震 常設耐震/	防止 法張) 緩和 法張) T.M /防止 緩和	屋外 I.S.L. 12.5*					_	С _н =1.69	C v=1.33	静水頭	66	50	0.86
2.2 機器要目		注記*	: 基準床レベルを	を示す。										
mo me (kg) (kg)	D i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓg (mm)	H (mm)	s	n						
	9800		*1	*1	4248	7495	9]					
D c D b o (mm)	D b i (mm)	d (mm)	A b (mm ²)	弾性設計用 Sd又は静	M s (N]地震動 种的震度	·mm) 基準地震動:	S s							
10050 10250	9800		2124	_		4.456×10)7							
S y(胴板) (MPa)	Su(胴 (MPa)	板))	S (胴板) (MPa)	S y (基礎ボ (MPa)	デルト) S 1	ı(基礎ボルト) (MPa)	F	(基礎ボル (MPa)	・ト) F* (基礎ボルト) (MPa)				
*1	*	1	_					_]			
注記*1:最高使用約 *2:周囲環境約	温度で算出 温度で算出								·		_		_	
2.3 計算数値 2.3.1 胴に生じる (1) 一次一般肌	る応力 奠応力						肖)	单位:MPa)						
		弾性設計	用地震動Sd又	は静的震度		基準地震動	Ss		_					
ちょうにしょう		周万向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応	<u>カ 軸方向応</u>	刀 せ	ん断応力	-			-		
新直方向地震による。	目張広力				$\frac{\sigma_{\phi_1}}{\sigma_{\phi_2}} =$	12 —			-		*-	0		\uparrow
空質量による圧縮応に	力				- σ φ 2 	σ _{x2} =	2		-		k	Di	>	
鉛直方向地震による	軸方向応力		—	—	1 –	σ _{x3} =	2	_	1					H
水平方向地震による	芯力	—	—	—	—	σ _{x4} =	17 τ	= 19	1			\bigcirc		
広力の和	引張側	_	—	—	σ _φ =	20 σ _{xt} =	17	_		f	┢│			
	圧縮側	—	—	—	σ _φ =-	$\sigma_{\rm xc} =$	20		4			- T		
							00				mr::), * . * . * . * . * . * . * . * . *	A. S. S. M. Margaret M. M. Margaret A.	* . * . * . * . * . * . * . * . * . * .	

 σ ot = 38

 σ oc = 27

Dьi

Dс

Dьо

(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動 S s								
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力						
鉛直方向地震による	芯力	—	_	—	$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$	_						
水平方向地震による	芯力	—	_	—	—	$\sigma_{x 4} = 17$	$\tau = 19$						
亡力の知	引張側	—	_	—	$\sigma_{2\phi} = 12$	$\sigma_{2xt} = 18$	—						
ルロンプ マン イロ	圧縮側	—	_	—	$\sigma_{2\phi} = -12$	$\sigma_{2 x c} = 18$	—						
組合せ応力	引張り		_			$\sigma_{2t} = 68$							
(変動値)	圧 縮		_			$\sigma_{2c} = 55$							

(単位:MPa)

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—	σ b = 97
せん断応力	_	τ b = 62

18

2.4 結論 2.4.1 固有周	期 (単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	Τv=

2.4.2 応	力					(単位:MPa)
***	++ 101	<u>с</u> – –	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震	€動Ss
前村	1/1 不十	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
		一次一般膜	_	_	$\sigma_{0} = 38$	S _a =
		一次+二次	_	—	$\sigma_{2} = 68$	S a =
胴板		圧縮と曲げの			$\eta \cdot (\sigma_{x^2} + \sigma_{x^3})$	η • σ x 4 < 1
		組合せ			f c	$f_{\rm b} \ge 1$
		(座屈の評価)	-	_		0.10 (無次元)
甘7株-ビッ)		引張り	_	—	σ b = 97	fts=
本碇小/Vト		せん断	_		τ b = 62	$f_{s b} =$

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4 · fto-1.6 · τ b, fto]

V-2-10-1-2-1-7 管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

1.		1	既	要	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.		1	既₽	略系統	売図	及び	[鳥	瞰	义			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
	2.	1		概略	系統	ī۷			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
	2.	2		鳥瞰	(図		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
3.		Ē	計算	算条(牛	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
	3.	1		計算	方法	i,		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
	3.	2		荷重	[の組	1合1	せ及	とひ	討	F容	彩坑	57	54	犬覓	設			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	17
	3.	3		設計	·条作	Ē		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18
	3.	4		材料	·及て	ド許な	容応	討	J			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
	3.	5		設計	·用坩	震	力			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	29
4.		ſ	解	折結!	果及	び評	価			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	30
	4.	1		固有	周其	限で	び割	計	·詹	瞑度	Ē			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	30
	4.	2		評価	i結果	ŕ		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	42
		4.	2.	1	管の)応フ	力評	F佃	訸	宇	f			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	42
		4.	2.	2	支持	f構ì	告牧	の討	^ź 征	眎	眀	Ę			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	43
		4.	2.	3	弁の)動的	的模	と能	絲	ÉŻ	馿	平伯	田糸	吉戶	畏			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	44
		4.	2.	4	代表	きモラ	デル	10,)遅	鱾	E糸	吉月	艮及	とて	び合	È٦	モラ	デノ	10	D膏	平伯	五 糸	吉月	艮			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	45

目

次

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-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、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評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全18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

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
00-0-00	鳥瞰図番号
۲	アンカ

概略系統図記号凡例



非常用ディーゼル発電設備燃料油系概略系統図(その1)





非常用ディーゼル発電設備燃料油系概略系統図(その3)

2.2 鳥瞰図

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 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
$\mathbf{\Theta}$	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。)
<u>∃</u>	スナッバ
∃₩₩~	ハンガ
<u>∃ =</u>	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1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



鳥瞰図 DGF0-R-2(1/5)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



 ∞

鳥瞰図 DGF0-R-2(2/5)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



鳥瞰図 DGF0-R-2(3/5)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



DGFO-Y-1(1/4)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



鳥瞰図 DGF0-Y-1(2/4)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



鳥瞰図 DGF0-Y-1(3/4)

K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1



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, 「HISAP」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,別紙 「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
その他発電用 原子炉の付属	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 IV L (L) + S d	III A S
施設		光电靛慵					$I_{L} + S_{S}$ $II_{L} + S_{S}$	IV 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: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, (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。

3.3 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	DGFO-R-2
7115 IND 1	2 ··· · ·· -

答来只	対応する評価占	最高使用圧力最高使用温度		外径	厚さ	***I.	耐震	縦弾性係数
官留万	刈応する評価品	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	113 17-1	重要度分類	(MPa)
1	1A~127, 127~318A	0. 98	66	60.5	5.5	STPT410	S	201667

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	DGF0-Y-1	1
-----	----------	---

	鳥瞰図 DGFO-Y-1							
竺亚旦	社内中で河江市	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++*	耐震	縦弾性係数
百省方	対応する評価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 1/1	重要度分類	(MPa)
	1001~1, 76~76N							
	1 192~1921		66	76.3	7.0	STPT410	S	202200
	1~29, 32~33							
	$34{\sim}35$ N, $52{\sim}76$			76. 3	5. 2	STPT410	S	202200
	52~89, 92~93	0. 10						
2	94~95N, 160~162		00					
	165~166, 167~168N							
	160~192							

鳥瞰図 DGF0-Y-1

丘	質量		対応する評価点	
		1, 76, 192		
		35N, 95N, 168N		

弁部の寸法

皀睮灳	DGE0-V-1
「「「「「「」」」。	

評価点	外	~径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	Þ	ト径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
1N~1001					$33 \sim 34$				
7601~76N					93~94				
$166 \sim 167$					1921~192N				

弁部の質量

鳥瞰図 DGF0-Y-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	1N~1001, 7601~76N		1921~192N
	33~34, 93~94		166~167

X Y Z X Y Z 1A 9	士士上王王	各軸	方向ばね定数(N/mm)	各軸回り回	回転ばね定数(N	ŀmm/rad)
1A 9 13 18 ** 18 ** 26 ** 26 ** 33 ** 33 ** 39 43 47 51 56 58 6201 67 7301 770 90 93 96 102 110	又付尽留方	Х	Y	Z	X	Y	Z
9 13 18 18 18 18 26 26 26 27 39 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 93 96 102	1A		-				
13 18 18 18 18 26 26 26 27 39 43 43 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 93 96 102	9						
18 ** 18 *** 26 ** 26 *** 33 ** 26 *** 33 ** 33 ** 39 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 96 102	13						
** 13 ** 26 ** 26 ** 33 ** 26 ** 33 ** 33 ** 39 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 96 102	18						
26 ** 26 ** 33 33 ** 33 ** 39 43 43 51 56 58 6201 67 7301 7301 7331 90 93 93 96 102	** 18 **						
26 ** 26 *** 33 ** 33 *** 39 ** 33 *** 39 43 43 47 51 56 58 6201 67 730 730 730 90 93 93 102							
** 26 ** 33 ** 33 ** 39 39 43 43 51 55 6201 67 7301 7301 7302 90 93 90 102	26						
33 ** 33 *** 39 43 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 777 90 93 96 102	** 26 **	_					
33 ** 33 *** 39 - 39 - 43 - 43 - 47 - 51 - 56 - 58 - 6201 - 67 - 7301 - 7301 - 90 - 93 - 96 - 1102 -		ļ					Letter and the second sec
** 33 *** 39	33	ļ					
39 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 96 102 110	** 33 **						_
39 43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 96 102 110							_
43 47 51 56 58 6201 67 71 7301 777 90 93 96 102 110	39						_
47 51 56 58 6201 67 71 7301 77 90 93 96 102 110	43	-					-
51 56 58 6201 67 67 71 7301 77 90 93 96 102 110	47						-
56 58 6201 67 67 71 7301 777 90 93 96 102 110	51						-
58 6201 67 67 71 7301 77 90 93 96 102 110	56						_
6201 67 71 7301 77 90 93 96 102 110	58						-
67 71 7301 77 90 93 96 102 110	6201						-
71 7301 77 90 93 96 102 110	67						
7301 77 90 93 96 102 110	71						_
77 90 93 96 102 110	7301						_
90 93 96 102 110	77						
93 96 102 110	90						-
96 102 110	93						-
102 110	96						
110	102	ļ					
	110						
119	119						
123	123						
1251	1251					•	

鳥瞰図 DGFO-R-2

古住占来旦	各軸	方向ばね定数((N/mm)	各軸回り回	回転ばね定数(N	√mm/rad)
又付尽备方	Х	Y	Z	X	Y	Z
150						
156						
1611						
164						
174						
181						
1861						
191						
** 191 **						
196						Γ
** 196 **						F
201						ſ
207						Γ
211	1					Γ
212						Γ
215						Γ
2231						Γ
226						Γ
2311						Γ
** 2311 **						
239						
** 239 **	-					ŀ
246						Ĩ
** 246 **						-
** 250 **						

鳥瞰図 DGF0-R-2

古诗占来旦	各軸	方向ばね定数(N/mm)	各軸回り回	回転ばね定数(N	ŀmm∕rad)
又付尽留亏	X	Y	Z	Х	Y	Z
** 250 **						
256						
** 256 **						
258	Ц					
** 258 **						
	Ц					
** 2681 **						
	Ц					
** 2681 **						
	<u>I</u>					
273	<u>I</u>					L
277						
281						
285						
293						
298	Ц					
309						
** 309 **						
	Ц					L
318A						

鳥瞰図 DGF0-R-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)		
	Х	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 1N **						
** 1N **						
6						
10						
13						
1601						
21						
35N						
5401						
59						
6301						
67						
71						
76N						
** 76N **						
** 76N **						
82						
95N						
168N						
171						
174						
179						
185						
187						

鳥瞰図 DGF0-Y-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)			
	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
192N							
** 192N **							
** 192N **							
	•						

鳥瞰図 DGF0-Y-1

3.4 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)				
	(°C)	Sm	Sу	S u	S h	
STPT410	66	_	231	407		
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	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)				
DGF0-R-2	原子炉建屋						
DGF0-Y-1	軽油タンク基礎						

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 DGFO-R-2

適用す	る地震動等		Sd及び静的震	度	S s						
K	固有周期	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				
	(s)	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											
9次											
10 次											
	勺震度 ^{*2}										
静的	勺震度 ^{*3}			i		-					

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3:3.6C1及び1.2Cv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 DGF0-R-2

K	固有周期		刺激係数*	
	(s)	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				
9 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。 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。

代表的振動モード図(1次)



代表的振動モード図(2次)



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(設) R1

代表的振動モード図(3次)

35

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 DGF0-Y-1

適用す	る地震動等		S d 及び静的震	度	S s					
¹	固有周期	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			
	(s)	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										
9次							\Box			
動的	勺震度 ^{*2}									
静白	勺震度 ^{*3}									

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3:3.6C I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 DGF0-Y-1

		固有周期		刺激係数*	
		(s)	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					
注記*:刺	敫係	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。

代表的振動モード図(1次)



代表的振動モード図(2次)



代表的振動モード図(3次)



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。

カニョーのド	リエッケ
クフム2と	メトの官

				一次応力記	平価(MPa)	一次+二次応	、力評価(MPa)	疲労評価
自職図	許容応力	最大応力	最大応力	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	出现。 状態	評価点	区分	Sprm (Sd)	Sy*			
				Sprm (Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2 Ѕу	USs
DGF0-Y-1	III A S	95N	Sprm (Sd)	58	231	_	_	_
DGF0-R-2	IV A S	216	Sprm (Ss)	101	366	_	_	_
DGF0-R-2	IV A S	216	Sn (Ss)	—	—	192	462	—

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					評価	結果
	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
RO-DGFO-Y057 RO-DGFO-Y078	ロッドレストレイント	RSA-06	V-2-1-12「 持構造物の耐 ついて」参照	配管及び支 耐震計算に 照	1	10

43

# 支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号						支持点荷重				İ	評価結果		
	種類	型式	材質	温度 (℃)		反力(kN)		モーメント(kN・m)			応力	計算	許容
					F _x	F _Y	F _z	M _X	$M_{\rm Y}$	Mz	分類	(MPa)	ルロフリ (MPa)
AN-DGF0-Y501	アンカ	ラグ	SGV410	66	1	2	2	1	1	1	曲げ	13	121
RE-DGFO-R186	レストレイント	Uボルト	SS400	66	4	1	0	_	_	_	組合せ	94	268

# 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	形式	要求機能	機能維持評 (×9.3	価用加速度 8m/s ² )	機能確認 (×9.	済加速度 8m/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	
			—			_	_	_	

44

#### 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,設計条件及び評価結果 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)

			許容応	力状態	III A S		許容応力状態 IVAS												
			_	一次応力				_	一次応力				一次	+二次応	力*		3	疲労評価	
No.	配管モデル	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	DGFO-R-1	60	19	231	12.15	_	60	26	366	14.07	_	68	42	462	11.00	-			—
2	DGFO-R-2	216	55	231	4.20		216	101	366	3.62	0	216	192	462	2.40	0		—	—
3	DGFO-R-3	321	22	231	10.50	_	321	32	366	11.43	—	321	54	462	8.55	_	_	—	—
4	DGFO-R-4	716	16	231	14.43		716	23	366	15.91	—	716	38	462	12.15	_		—	—
5	DGFO-R-5	81	33	231	7.00	_	81	60	366	6.10	—	81	111	462	4.16	—	—	—	—
6	DGFO-R-6	250	43	231	5.37		250	78	366	4.69	—	250	148	462	3.12	_		—	—
7	DGFO-R-7	2	22	231	10.50	_	2	31	366	11.80	—	52	50	462	9.24	_	—	—	—
8	DGFO-Y-1	95N	58	231	3. 98	0	95N	92	366	3, 97	—	95N	143	462	3. 23	—	—	—	—
9	DGF0-Y-2	509	40	231	5.77	—	509	70	366	5.22	—	509	130	462	3. 55		_	—	—
10	DGFO-Y-3	28	18	231	12.83		28	26	366	14.07		13	34	376	11.05			—	—
11	DGFO-Y-4	28	15	231	15.40	—	28	20	366	18.30	—	8	27	376	13.92			—	—
12	DGF0-Y-5	76A	26	231	8.88	_	76A	35	366	10.45		76A	37	462	12.48			—	—
13	DGF0-Y-6	28	15	231	15.40	—	28	20	366	18.30	—	13	34	376	11.05	—	—	—	—
14	DGFO-Y-7	28	15	231	15.40	—	28	20	366	18.30		8	27	376	13.92	_			—
15	DGFO-Y-8	27	16	231	14.43	—	27	23	366	15.91	—	27	42	462	11.00	_	—		_
16	DGF0-Y-9	28	18	231	12.83		28	26	366	14.07	—	13	34	376	11.05			_	—

注記*: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+二次応力裕度最小を代表とする。

			許容応	力状態	IIIAS		許容応力状態 IVAS												
			-	一次応力			一次応力					一次+二次応力*					疲労評価		
No.	配管モデル	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
17	DGFO-Y-10	28	15	231	15.40	—	28	20	366	18.30	—	8	27	376	13.92	_	_		_
18	DGF0-Y-11	42A	20	231	11. 55		42A	25	366	14.64		39	29	462	15.93				_

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)

注記*: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+二次応力裕度最小を代表とする。

46

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 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	6
3. 計	算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	12
3.1	計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	12
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	13
3.3	設計条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	14
3.4	材料及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	18
3.5	設計用地震力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	19
4. 解	析結果及び評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	20
4.1	固有周期及び設計震度・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	20
4.2	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	26
4.2	1 管の応力評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	26
4.2	2 支持構造物評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	27
4.2	3 弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••	28
4.2	4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ・・・・・・・・・・	• •	29

#### 1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-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、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評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全18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

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
——————————————————————————————————————	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
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



非常用ディーゼル発電設備燃料油系概略系統図(その1)





非常用ディーゼル発電設備燃料油系概略系統図(その3)

# 2.2 鳥瞰図

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 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
${\color{black} \bullet}$	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
$\frac{1}{1} = \frac{1}{1}$	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1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

# K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1



K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1



## 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、「HISAP」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、別紙「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}	許容応力 状態 ^{*5}
その他発電用 原子炉の付属 施設	非常用発電装置	非常用ディーゼル 発電設備	S A	常設/防止 (DB拡張) 常設/緩和 (DB拡張)	*3	_	VL+Ss	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/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VASは許容応力状態WASの許容限界を使用し、許容応力状態WAS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 DGFO-R-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	<del>*1</del> *1	耐震	縦弾性係数
		(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 1/1	重要度分類	(MPa)
1	1A~127, 127~318A	0. 98	66	60.5	5.5	STPT410	_	201667

# 支持点及び貫通部ばね定数

古住占来已	各軸	方向ばね定数	(N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)			
又付尽留方	X	Y	Z	X	Y	Z	
1A							
9							
13						_	
18						_	
** 18 **						-	
26						-	
** 26 **						F	
	H					F	
33	Ħ					F	
** 33 **							
39						-	
43						Γ	
47							
51							
56						_	
58							
6201							
67							
71							
7301							
77							
90	ll i						
93	ļ						
96							
102	ļ						
110	ļ						
119	ļ						
123	ļ						
1251			•	·			

# 支持点及び貫通部ばね定数

古住占来旦	各軸	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)			
又付尽留万	Х	Y	Z	X	Y	Z	
150		-	• •				
156							
1611							
164							
174							
181							
1861							
191							
** 191 **							
196							
** 196 **							
201							
207							
211	_						
212							
215	_						
2231	_						
226							
2311							
** 2311 **							
239	]						
** 239 **							
246							
** 246 **							
** 250 **							
		·		<u> </u>			
# 支持点及び貫通部ばね定数

古住占来已	各軸	方向ばね定数()	N/mm)	各軸回り回	]転ばね定数()	l∙mm∕rad)
又付尽备亏	X	Y	Z	X	Y	Z
** 250 **				•		
256						
** 256 **						
258						
** 258 **						
** 2681 **						
** 2681 **						
273						
277						
281						
285						
293						
298						
309						
** 309 **						
318A						
		•				

# 3.4 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。

***	最高使用温度	許容応力(MPa)							
173 197	(°C)	Sm	S y	S u	S h				
STPT410	66	_	231	407					

### 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	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
DGF0-R-2	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 DGFO-R-2

適用す	る地)	震動等			S s			
チード	固	有周期		応答水	応答鉛直震度*1			
		(s)		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								
9 次								
10 次								1
動的	的震度	¥2						

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度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 DGFO-R-2

	固有周期		刺激係数*	
	(s)	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				
9 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。

代表的振動モード図(1次)



# K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1

代表的振動モード図(2次)

24

# K7 ① V-2-10-1-2-1-7(重) R1

代表的振動モード図(3次)

25

# 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

				一次応力	評価(MPa)	一次+二次応	、力評価(MPa)	疲労評価
鳥瞰図			最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
			Sprm (Ss)	cm (Ss) 0.9Su		2 Ѕу	USs	
DGF0-R-2	V A S	216	Sprm (Ss)	101	366	_	_	_
DGF0-R-2	V A S	216	Sn (Ss)	_	—	192	462	

26

# 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)

					評価結果		
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)	
RO-DGFO-Y057 RO-DGFO-Y078	ロッドレストレイント	RSA-06	V-2-1-12「 持構造物の耐 ついて」参照	配管及び支 耐震計算に ^役	1	10	

27

# 支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号					支持点荷重		点荷重			Ī	評価結果		
	種類	型式	材質	温度 (℃)	ļ	反力(kN) モーメント(kN・m)					応力	計算	許容
					F _X	F _Y	F _z	M _x	My	Mz	分類	がり (MPa)	がフィ (MPa)
AN-DGF0-Y501	アンカ	ラグ	SGV410	66	1	2	2	1	1	1	曲げ	13	121
RE-DGFO-R186	レストレイント	Uボルト	SS400	100	4	1	0	_	—	_	組合せ	94	261

# 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	形式	要求機能	機能維持評 (×9.3	価用加速度 8m/s ² )	機能確認 (×9.3	済加速度 8m/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	
	_		—	_	_	_	_	_	

28

### 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,設計条件及び評価結果 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)

						Ī	許容応	力状態	VAS					
			-	一次応力	1			一次	:十二次/	芯力			疲労評価	
No.	配管モデル	計一	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	DGFO-R-1	60	26	366	14.07	_	68	42	462	11.00	_	_		_
2	DGFO-R-2	216	101	366	3.62	0	216	192	462	2.40	0			
3	DGFO-R-3	321	32	366	11.43		321	54	462	8.55				—
4	DGFO-R-4	716	23	366	15. 91		716	38	462	12.15	_			
5	DGFO-R-5	81	60	366	6.10		81	111	462	4.16	_			_
6	DGFO-R-6	250	78	366	4.69		250	148	462	3.12			_	
7	DGFO-R-7	2	31	366	11.80	_	52	50	462	9.24	_	_		
8	DGFO-Y-1	95N	92	366	3.97	_	95N	143	462	3.23	_			
9	DGFO-Y-2	509	70	366	5.22		509	130	462	3.55				
10	DGFO-Y-3	28	26	366	14.07	_	13	34	376	11.05		_	_	
11	DGFO-Y-4	28	20	366	18.30	_	8	27	376	13.92			_	
12	DGFO-Y-5	76A	35	366	10.45	_	76A	37	462	12.48		_	_	
13	DGFO-Y-6	28	20	366	18.30	_	13	34	376	11.05	_			
14	DGFO-Y-7	28	20	366	18.30	_	8	27	376	13.92			_	
15	DGFO-Y-8	27	23	366	15.91		27	42	462	11.00				
16	DGFO-Y-9	28	26	366	14.07		13	34	376	11.05				

		許容応力状態 VAS												
		一次応力						一次	:十二次/	芯力		;	疲労評価	
No.	配管モデル	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
17	DGFO-Y-10	28	20	366	18.30		8	27	376	13.92	—	_		—
18	DGFO-Y-11	42A	25	366	14.64	_	39	29	462	15.93				—

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)

V-2-10-1-2-1-8 非常用ディーゼル発電設備制御盤 の耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電気的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1         設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計 方針に基づき、非常用ディーゼル発電設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電 気的機能を有していることを説明するものである。

非常用ディーゼル発電設備制御盤は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故 等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)及び常設重大事故緩和設備(設計 基準拡張)に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評 価及び電気的機能維持評価を示す。

なお,非常用ディーゼル発電設備制御盤は,V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤 であるため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基 本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		<b>抑</b> 取						
基礎・支持構造 主体構造			燃哈傅道道	<u>X</u>				
非常用ディーゼル発電設 直立形 備制御盤は,基礎に埋め (鋼材及び鋼板を組み 込まれたチャンネルベー 合わせた自立閉鎖型の スに取付ボルトで設置す 盤) る。	【非常用ディーゼル 盤 取付ボルト 基礎		:]		側面 たて ←			
		(長辺方向)			(短辺方向			
	非常用アイーセ (1)*1	ル光電機 (A 制御盤 (2) *2	非常用アイーセノ (1)*1	レ光電機 /B 制御盤 (9)* ²	非常用アイーセル (1)*1	/ 発電機 / U 制 御 盤 (2) *2		
	たて 1600	1900	1600	1900	1600	1900		
	横 5300	5800	5300	5800	5300	5800		
	高さ 2300	2300	2300	2300	2300	2300		
	注記*1:補助継電器盤, *2:整流器用変圧器	自動電圧調整器盤, 另盤,可飽和変流器盤	整流器盤, リアク 盤, 中性点接地装置	'トル盤より構成す 骨盤より構成する。	3.	(単位・mm)		

### 3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

非常用ディーゼル発電設備制御盤のうち非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1),非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(2)の固有周期は以下のとおりである。

水平方向の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振 動を固有振動数測定装置(圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器)により記録解析す る。試験の結果、剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は、構造が同等であり、同 様な振動特性を持つ盤に対する振動試験(自由振動試験)の結果確認された固有周期を使用 する。

非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1),7C 制御盤(1),7B 制御盤(2),7C 制御盤(2)の固有 周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験(自由振動試験)の 結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

名称	方向	固有周期
非常用ディーゼル発電機 7A	水平	
制御盤(1)	鉛直	0.05以下
非常用ディーゼル発電機 7B	水平	0.05以下
制御盤(1)	鉛直	0.05以下
非常用ディーゼル発電機 7C	水平	0.05以下
制御盤(1)	鉛直	0.05以下
非常用ディーゼル発電機 7A	水平	
制御盤(2)	鉛直	0.05以下
非常用ディーゼル発電機 7B	水平	0.05以下
制御盤(2)	鉛直	0.05以下
非常用ディーゼル発電機 7C	水平	0.05以下
制御盤(2)	鉛直	0.05以下

表 3-1 固有周期

(単位:s)

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

非常用ディーゼル発電設備制御盤の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
     非常用ディーゼル発電設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象
     施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2
  - 4.2.2 許容応力

に示す。

非常用ディーゼル発電設備制御盤の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電設備制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施 設の評価に用いるものを表 4-4 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に 示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1)の耐震性 についての計算結果】、【非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1)の耐震性についての計算結果】、 【非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(1)の耐震性についての計算結果】、【非常用ディーゼル発 電機 7A 制御盤(2)の耐震性についての計算結果】、【非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(2)の耐 震性についての計算結果】、【非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(2)の耐震性についての計算結 果】の設計条件及び機器要目に示す。

	₹4-1	荷重の組合せ及び許容応力状態	(設計基準対象施設)
--	------	----------------	------------

施設	施設区分機器名称		耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電	非常用	非常用ディーゼル発電設備		¥	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
用原子炉の 附属施設	電源設備	制御盤	S	*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

注記*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

			の組合せ及び計合心力状態	恐 (里八爭以守人		
施設区分機器名称		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV A S
その他発電	非常用	非常用ディーゼル発電設備	常設/防止(DB 拡張)	*2		V A S
用原子炉の電源設備制御盤	常設/緩和(DB 拡張)		$D \perp P \circ A D \perp M \circ A D \perp S \circ$	(VASとして		
附属施設					D + 1 SAD + MISAD + S S	ⅣASの許容限
						界を用いる。)

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

ы

	許容限界* ^{1,*2} (ボルト等)					
許容応力状態	一次応力					
	引張り	せん断				
III ∧ S	1.5 • f t	1.5 • f s				
IV A S						
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t*	1.5 • f s *				

表 4-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	評価部材 材料		牛	S y	S u	Sy(RT)
		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

<b>亚</b> 研	本ナギドレ	温度条何	<b>+</b>	Sу	S u	S y (R T)
11 [11] [14]	141 141	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	

#### 5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

非常用ディーゼル発電設備制御盤の電気的機能維持評価について,以下に示す。 電気的機能維持評価は,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性に ついての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1),7B 制御盤(1),7C 制御盤(1)に設置される器 具の機能確認済加速度は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具 及び当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確 認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(2),7B 制御盤(2),7C 制御盤(2)は J E A G 4 6 0 1-1987 において「装置」に分類され,機能維持評価は構造健全性を確認すること とされている。したがって,非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(2),7B 制御盤(2),7C 制御盤(2)の機能維持評価は,支持構造物が健全であることの確認により行う。

	的加速皮	()	× 5. 0m/ 5 /
評価部位	方向	機能確認済力	加速度
1129日ゴン ビュ 26号48-74年12回訳(1)	水平		
非吊用ディーセル光電機 /A 前御盛(1)	鉛直		
-11-25日ビ、 ビッジ合称 75 円空間(1)	水平		
非吊用ディーセル発電機 7B 制御盤(1)	鉛直		
	水平		
非常用アイーセル発電機 70 制御盤(1)	鉛直		

表 5-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下 に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及 び電気的機能を有していることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価 結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な 構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

	型電毛亜広心短	据付場所及び床面高さ	固有周	ਗ期(s)	弾性設計用地震動	Sd 又は静的震度	基準地震	ξ動Ss	周囲環境温度
機器名称	耐震重要度分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)		0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	C v=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201.1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

					Y	転倒	方向
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	680	760	18	995	200	病河士白	目辺大白
(i=2)	2560	2640	4	235	280	超边力问	<b></b> <del>世</del> 万 回

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

(肖伝・N)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

1.0.1 33.77		(平匹・11)			
	F	b i	Q b i		
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	
取付ボルト (i=2)					

### 1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位	:	MPa)

***	++*1	内土	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動S s		
百四			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト	取付ボルト 00,400		σ b 2=10	ft s 2=176*	σ b 2=48	<i>f</i> t s 2=210*	
(i=2)	33400	せん断	τь2=5	f s b 2 = 135	τь2=9	f s b 2=161	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評価用加速度*	機能確認済力	巾速度
非常用ディーゼル発電機 7A	水平方向	1.27		
制御盤(1)	鉛直方向	1.15		

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(1)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)		0.05以下	_		Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Syi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201.1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

						転倒方向	
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi [*] (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	680	760	18		220		長辺方向
(i=2)	2560	2640	4		280		

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

(肖伝・N)

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

2.5.1 40001			(平匹・八		
	F	b i	Q b i		
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	
取付ボルト (i=2)	_		_		

### 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

<del></del>	++*	内土	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動 S s		
前树 树科 心/		心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト 06400		引張り	—	—	σ b 2=48	<i>f</i> t s 2=210*	
(i=2)	55400	せん断	_	_	τ ь 2=9	<i>f</i> s b 2=161	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

2.4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評価用加速度*	機能	確認済	加速度
非常用ディーゼル発電機 7A	水平方向	1.27			
制 御 盤(1)	鉛直方向	1.15			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



### 【非常用ディーゼル発電機 7B制御盤(1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

	副電金面座八粒	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
機器名称	<b></b>	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201.1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

					*	転倒方向		
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ₂i* (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	680	760	18	995	990	病证士由	目辺大山	
(i =2)	2560	2640	4	235	280	超边方回	<b></b>	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

(肖伝・N)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

1.3.1 40/01	NETER 9 Q71		(単位・N			
	F	b i	Q b i			
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s		
取付ボルト (i=2)						

### 1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位	:	MPa)

<del>*</del> 77++	++*	<b>☆</b> +	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地)	震動Ss
百四个	11 14	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	55400	引張り	σ b 2=10	<i>f</i> t s 2=176*	σ b 2=48	<i>f</i> t s 2=210*
(i=2)	33400	せん断	τ ь 2=5	$f_{s b 2} = 135$	τ ь 2=9	<i>f</i> s b 2=161

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

	機能維持評価用加速度*	機能	確認済力	「速度	
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1)	水平方向	1. 27			
	鉛直方向	1.15			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		据付場所及び床面高さ	固有周	引期(s)	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震	€動Ss	周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	Ē動Ss             鉛直方向	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	_	_	Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

174 AA 2 4 1 1							
部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sıui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201.1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

						転倒方向		
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi [*] (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	680	760	18		220		电过去型	
(i=2)	2560	2640	4		280		<b></b>	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルト	、に作用する力			(単位:N)	
	F	b i	Q b i		
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	
取付ボルト (i=2)	_		_		

#### 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

立77 十十	++*	内土	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動 S s		
口小小	1/1 1/1	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト	55400	引張り	—	—	σ b 2=48	ft s 2=210*	
(i=2)	33400	せん断	_	_	τь2=9	<i>f</i> s b 2=161	
2				212 <b>T</b>			

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

2.4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

	機能維持評価用加速度*	機能研	確認済力	11速度	
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(1)	水平方向	1.27			
	鉛直方向	1.15			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。


# 【非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	副雪金西在八拓	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
	顺展里安度万短	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(1)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sui (MPa)			
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201.1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)			

		ℓ₂i* (mm)	nfi*		F i (MPa)	転倒方向	
部材	ℓ _{1 i} * (mm)			F i (MPa)		弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	680	760	18	995	990	病河士白	目辺七白
	2560	2640	4	235	280	超边力问	<b></b>

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)									
	F	b i	Q b i						
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s					
取付ボルト (i=2)									

#### 1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位	:	MPa)

部材 材料	++*1	応力	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地震動S s		
	1/1 1/1		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト	55400	引張り	σ b 2=10	f t s 2=176*	σ b 2=48	<i>f</i> t s 2=210*	
(i=2)	33400	せん断	τ ь 2=5	<i>f</i> s b 2 = 135	τ ь 2=9	$f_{s b 2} = 161$	
				>> <b>→</b>			

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

	機能維持評価用加速度* 機能確認済加速度				
非常用ディーゼル発電機 7C	水平方向	1.27			
制御盤(1)	鉛直方向	1.15			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称		据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
	設備分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(1)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	_	_	Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Syi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1190	16 (M16)	201. 1	62	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

部材		ℓ _{2i} * (mm)	nfi*	Fi (MPa)	Fi [*] (MPa)	転倒方向		
	ℓ _{1 i} * (mm)					弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト (i=2)	680	760	18		000		目辺十五	
	2560	2640	4		280	_	<b>女</b> 迎力问	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

2.3 計算数値

2.3.1 ボルト	2.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)									
	F	b i	Q b i							
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s						
取付ボルト (i=2)	_		_							

#### 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

部材	++*1	内土	弾性設計用地震動	動Sd又は静的震度	基準地震動S s		
	1/1 1/1	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
取付ボルト	取付ボルト 00,400	引張り	_	_	σ b 2=48	f t s 2=210*	
(i=2)	33400	せん断	_	_	τь2=9	<i>f</i> s b 2=161	
2				>>> <b>→</b>			

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

2.4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評価用加速度*	機能	確認済力	叩速度
非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(1)	水平方向	1.27			
	鉛直方向	1.15			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



# 【非常用ディーゼル発電機 7A制御盤(2)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

	刘雪毛亜英八哲	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
機器名称	耐晨里安度分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(2)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)		0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	C v=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	пi	Sуi (MPa)	Sui (MPa)	
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)	

					×	転倒	転倒方向	
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	850	890	6	995	200	短辺方向		
(i=2)	2840	2860	5	235	280			

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

1.3 計算数値

1.3.1 ボルト	1.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)								
	F	b i	Q b i						
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s					
取付ボルト (i=2)									

## 1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)	(単位	:	MPa)
-----------	-----	---	------

部材 材料	++*1	¢+	弾性設計用地震重	めSd又は静的震度	基準地震動S s		
	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
取付ボルト	55400	引張り	σ b 2=44	<i>f</i> t s 2=176*	σь2=139	$f_{t s 2} = 210^*$	
(i=2)	33400	せん断	τ ь 2=16	f s b 2=135	τь2=31	<i>f</i> s b 2=161	
3							

すべて許容応力以下である。



### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7A 制御盤(2)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)		0.05以下		_	Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Syi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201. 1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

				*		転倒方向		
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	850	890	6		220		后河土白	
(i=2)	2840	2860	5	- 280			超过方问	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

2.3 計算数値

2.3.1 ボルト	2.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)								
	F	b i	Q b i						
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s					
取付ボルト (i=2)	_		_						

## 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

×17++			応力	弾性設計用地震重	めSd又は静的震度	基準地震動S s		
内心	하시 시사	算出応力		許容応力	算出応力	許容応力		
取付ボル	取付ボルト 00,400	55400	引張り	_	_	σ b 2=139	f t s 2=210*	
(i=2)		55400	せん断	_	_	τь2=31	<i>f</i> s b 2=161	

すべて許容応力以下である。



• •

<u>A~A矢視図</u>

0

# 【非常用ディーゼル発電機 7B制御盤(2)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
		(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(2)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	C v=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

					*	転倒方向		
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	850	890	6	0.05	220	信江	+	
(i=2)	2840	2860	5	235	280	思辺方问		

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

1.3 計算数値

1.3.1 ボルト	1.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)											
	F	b i	Q b i									
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s								
取付ボルト (i=2)												

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(+)····································
-----------------------------------------

部材	+++水[	材料   応力   弾性設計     第出点   第出点	弾性設計用地震重	めSd又は静的震度	基準地震動S s			
口小小	1/3 1/4		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
取付ボルト	55400	引張り	σ b 2=44	<i>f</i> t s 2=176*	σь2=139	$f_{t s 2} = 210^*$		
(i=2)	33400	せん断	τ b 2=16	f s b 2=135	τь2=31	<i>f</i> s b 2=161		
2								

すべて許容応力以下である。



A~A矢視図

### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
		(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7B 制御盤(2)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	_		Сн=1.51	Cv=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Syi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201. 1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

				*	転倒方向			
部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ₂i* (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	850	890	6		990		后田士白	
(i=2)	2840	2860	5		280		湿辺方回	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

2.3 計算数値

2.3.1 ボルト	2.3.1 ボルトに作用する力 (単位:N)										
	F	b i	Q b i								
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s							
取付ボルト (i=2)	_		_								

## 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

	部材	++*(	応力	弾性設計用地震重	めSd又は静的震度	基準地震動 S s		
		1/1 1/1		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ĺ	取付ボルト 55400		引張り	_		σ b 2=139	f t s 2=210*	
	(i=2)	55400	せん断	_	_	τ b 2=31	<i>f</i> s b 2=161	

すべて許容応力以下である。





# 【非常用ディーゼル発電機 7C制御盤(2)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
		(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(2)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	C v=1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	Sуi (MPa)	Sııi (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

				*		* 転倒方向		
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト	850	890	6	995	220	石辺古向		
(i=2)	2840	2860	5	235	280	起边	2万円	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位									
	F	b i	Q b i						
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s					
取付ボルト (i=2)									

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

	部材	++本[	亡士	弾性設計用地震重	めSd又は静的震度	基準地)	震動S s
		材料	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	取付ボルト	55400	引張り	σ b 2=44	<i>f</i> t s 2=176*	σ b 2=139	<i>f</i> t s 2=210*
	(i=2)	55400	せん断	τь2=16	f s b 2=135	τь2=31	<i>f</i> s b 2 = 161

すべて許容応力以下である。





### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動S s		周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用ディーゼル発電機 7C 制御盤(2)	常設/防止(DB 拡張) 常設/緩和(DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 19.7 (T.M.S.L. 23.5*)	0.05以下	0.05以下	—	—	С _н =1.51	C v = 1.38	40

注記*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	A b i (mm²)	n i	Syi (MPa)	Sui (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201. 1	34	235 (16mm<径≦40mm)	400 (16mm<径≦40mm)

						転倒	方向
部材	ℓ 1 i * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	nfi*	F i (MPa)	Fi [*] (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	850	890	6		990		后江七百
(i=2)	2840	2860	5	_	280		超边方问

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位									
	F	b i	Q b i						
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S s					
取付ボルト (i=2)	_		_						

## 2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

	(単位	:	MPa)
--	-----	---	------

部材	++*(	亡士	弾性設計用地震動	めSd又は静的震度	基準地	震動S s
	材科	応フテ	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	55400	引張り	_		σ b 2=139	f t s 2=210*
(i=2)	33400	せん断			τ _{b2} =31	f s b 2=161

すべて許容応力以下である。





V-2-10-1-2-2 代替交流電源設備の耐震性についての計算書

V-2-10-1-2-2-1 第一ガスタービン発電機の 耐震性についての計算書 目

1. 概要	1
2. 一般事項 ······	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	7
2.2.1 第一ガスタービン発電機(車両) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
2.2.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び	
第一ガスタービン発電機(共通架台) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
2.2.3 第一ガスタービン発電機(リンク機構) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
2.3 適用規格・基準等 ······	12
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
2.4.1 第一ガスタービン発電機(車両)の記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・	13
2.4.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービンの記号の説明 ・・・・・・・・・	15
2.4.3 第一ガスタービン発電機(共通架台)の記号の説明 ・・・・・・・・・・・	17
2.4.4 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の記号の説明 ・・・・・・・・・・	19
2.5 計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
3. 評価部位	22
4. 加振試験	23
4.1 基本方針	23
4.2 試験構成	23
4.3 入力地震動	23
4.4 許容限界	23
4.5 加振試験結果	23
5. 構造強度評価	26
5.1 第一ガスタービン発電機(車両) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
5.1.1 構造強度評価方法	26
5.1.2 荷重の組合せ及び許容応力	26
5.1.3 設計用加速度	29
5.1.4 計算方法	31
5.1.5 計算条件	37
5.1.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
5.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び	
第一ガスタービン発電機(共通架台) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	38

	5.2.1	構造強度評価方法	38
	5.2.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	38
	5.2.3	設計用加速度	41
	5.2.4	計算方法	43
	5.2.5	計算条件	49
	5.2.6	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	49
5.	3 第一	-ガスタービン発電機(リンク機構) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	51
	5.3.1	構造強度評価方法	51
	5.3.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	51
	5.3.3	計算方法	56
	5.3.4	計算条件	60
	5.3.5	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	60
6.	機能維		63
6.	1 機能	総維持評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	63
7.	評価結	告果 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	64
7.	1 重大	、事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
	7.1.1	構造強度評価結果	64
	7.1.2	機能維持評価結果	64

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持 の設計方針に基づき、第一ガスタービン発電機用ガスタービンが設計用地震力に対して十 分な構造強度及び機能を有していることを説明するものである。

また,第一ガスタービン発電機のうち間接支持構造物である車両,共通架台及びリンク 機構が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることを説明するものである。

第一ガスタービン発電機は,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止 設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強 度評価及び機能維持評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機用ガスタービン,車両,共通架台,転倒防止装置及びリンク 機構の構造計画を表 2-1,表 2-2,表 2-3,表 2-4 及び表 2-5 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の	D概要	概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
・第一ガスタービン	・フレーム	【第一ガスタービン発電機(車両)】	
発電機(車両)は発電	(トラック)		
機車,制御車で構成			
される。			
・車載設備の自重を			
支持するフレームを			
車両上に設置する。			
・車両は転倒防止装			
置で固定し,保管す			
る。			
		発電機車	制御車
			(単位:mm)

 $\sim$ 

表 2-2 構造計画

計画0	り概要		
基礎・支持構造	主体構造	一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	
・第一ガスタービン	·転倒防止装置	【第一ガスタービン発電機 (転倒防止装置)】	
発電機(転倒防止装	(鋼材を組み合わせ		
置)は、リンク機構、	たリンク機構、ダン		
ダンパー装置、タイ	パー装置,鋼材を組		
ヤ止め架台で構成さ	み合わせたタイヤ止		
れる。	め架台)		

表 2-3 構造計画

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	一
第一ガスタービン発	単純開放サイクル	【第一ガスタービン発電機用ガスタービン】
電機用ガスタービン	1 軸式	
は共通架台に取付ボ	ガスタービン機関	
ルトにより固定され		
る。		

表 2-4 構造計画

計画の	の概要	
基礎・支持構造	主体構造	一, 一
第一ガスタービン発	架台	【第一ガスタービン発電機(共通架台)】
電機(共通架台)は車	(鋼材を組み合わせ	
体に取付ボルトによ	た架台)	
り固定される。		
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

表 2-5 構造計画

計画0	D概要	ткки 推`⊁ ⊠	
基礎・支持構造	主体構造	一	
第一ガスタービン発	・リンク機構	【第一ガスタービン発電機(リンク機構)】	
電機(リンク機構)	(リンク部材(水平部		
は, リンク機構取付	材,右上部材,右下部		
部ボルト上部により	材, 左上部材, 左下部		
車体に固定され、リ	材),取付部上部,リ		
ンク機構取付ボルト	ンク連結部,取付部		
下部により基礎に固	下部により構成され		
定される。	る。)		

6

2.2 評価方針

2.2.1 第一ガスタービン発電機(車両)

間接支持構造物である第一ガスタービン発電機(車両)の応力評価は、V-2-1-9 「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づ き、「2.1 構造計画」にて示す車両のフレームの部位を踏まえ、「3. 評価部位」に て設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 加振試験」 で得られた設計用加速度を用い、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する ことで実施する。

また,間接支持構造物である第一ガスタービン発電機(車両)の機能維持評価は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した支持機能維持の方針に基づき,間接 支持構造物として十分な支持機能を有していることを,「6. 機能維持評価」にて 示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

第一ガスタービン発電機(車両)の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

2.2.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台)

第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架 台)の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の 組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す第一ガスタービン発電 機(ガスタービン)及び第一ガスタービン発電機(共通架台)の部位を踏まえ「3. 評 価部位」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 加 振試験」で得られた設計用加速度を用い、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて 確認することで実施する。

また,第一ガスタービン発電機用ガスタービンの機能維持評価は,V-2-1-9「機 能維持の基本方針」にて設定した機能維持の方針に基づき,地震時の応答加速度が 機能確認済加速度以下であることを,「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認 することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架 台)の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

2.2.3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)

間接支持構造物である第一ガスタービン発電機(転倒防止装置)として,第一ガ スタービン発電機(リンク機構),第一ガスタービン発電機(ダンパー装置)及び第 ーガスタービン発電機(タイヤ止め架台)は加振試験により設計用地震力に対して 十分な支持機能を有していること確認している。第一ガスタービン発電機(リンク 機構)については,車両が転倒する要因であるローリング(走行軸回りの回転)の
抑制を行うことから耐震評価上の重要な支持構造物であるため,間接支持構造物と して評価を行う。第一ガスタービン発電機(リンク機構)の応力評価は,V-2-1-9「機 能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき, 「2.1 構造計画」にて示す第一ガスタービン発電機(リンク機構)の部位を踏まえ 「3. 評価部位」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを, 「4. 加振試験」で得られたひずみを用い,「5. 構造強度評価」にて示す方法に て確認することで実施する。

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震評価フローを図 2-3 に示す。



図 2-1 第一ガスタービン発電機(車両)の耐震評価フロー



図 2-2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台) の耐震評価フロー



図 2-3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下 「設計・建設規格」という。)

# 2.4 記号の説明

2.4.1 第一ガスタービン発電機(車両)の記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{F b H}(x)$	それぞれ水平,鉛直方向に対する支持位置 Aから距離 x におけ	2
$A_{F \ b \ V}$ ( $x$ )	る車両フレーム断面積	mm²
a _H	水平方向設計用加速度	$m/s^2$
a _v	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$
a v'	水平方向地震による鉛直方向加速度= ^h _{L_{F2}} a _H	$m/s^2$
h	車両フレームからコンテナ重心までの距離	mm
F *	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
$F_{FH}(x)$	これ ざわっ しょう たたて 古佐佐 墨 / から 明 辨 れた たけて	
$F_{FV}(x)$	てれてれるH, av, av'による又付世国AMの叱触 A にわける ユノ 転去舌	Ν
$\mathrm{F}_{\mathrm{F}\mathrm{V}^{\mathrm{*}}}$ ( $\mathbf{x}$ )	こん 例 何 里	
$f_{ m s\ b}$	せん断荷重のみを受けるボルト以外の許容せん断応力	MPa
f t o	曲げを受けるボルト以外の許容曲げ応力	MPa
f t s	曲げとせん断荷重を同時に受けるボルト以外の許容組合せ応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
L F 1	支持位置A, B間でコンテナが搭載されていない距離	mm
L _{F 2}	支持位置A, B間距離	mm
L _F	支持位置Aから車両フレーム後端部までの距離	mm
m _{F1}	コンテナより車両フレームに作用する質量	kg
m _{F2}	共通架台より車両フレームに作用する質量	kg
${ m M}_{{ m F}{ m H}}({ m x})$	それぞれのこのことによる支持位置へから距離メビおける	
$M_{FV}(x)$		N•mm
$M_{\rm FV}{}^{,}$ ( $x$ )		
S _u	車両製造メーカ材料データ値(引張強さ)	MPa
S _y	車両製造メーカ材料データ値(降伏点)	MPa
Х	支持位置Aからの距離	mm
Z _{FH} (x)	それぞれ水平,鉛直方向に対する支持位置 A から距離 x におけ	
$Z_{FV}(\mathbf{x})$	る車両フレームの断面係数	mm ³
σгΗ		
σгν	それぞれ a _H , a _V , a _V , による車両フレームの組合せ応力	MPa
σ _{FV} ,		

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{FbH}(\mathbf{x})$ $\sigma_{FbV}(\mathbf{x})$ $\sigma_{FbV}(\mathbf{x})$	それぞれ a _H , a _v , a _v , による支持位置 A から距離 x における 車両フレームの曲げ応力	MPa
τ _{FbH} ( <b>x</b> ) τ _{FbV} ( <b>x</b> ) τ _{FbV} '( <b>x</b> )	それぞれ a _H , a _v , a _v , による支持位置Aから距離 x における 車両フレームのせん断応力	MPa
σ _F	組合せ応力	MPa

2.4.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービンの記号の説明

記 号	記号の説明	単位		
A _{bti}	取付ボルト軸断面積*1			
ан	水平方向設計用加速度			
a _P	回転体振動による加速度			
a _v	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$		
d i	ボルトの呼び径*1	mm		
F i *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa		
F _{bi}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)*1	Ν		
$f_{ m \ s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa		
f t o i	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa		
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa		
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$		
h _{G i}	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm		
L _{1 i}	支点とたろ取付ボルトから評価対象とたろ取付ボルトまでの距			
L _{2 i}		mm		
L _{3 i}				
Livi	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距	mm		
	離(長辺方向)*1			
L _{GX} i	支点となる取付ボルトから重心までの距離(長辺方向)*1			
L _{G i}	支点となる取付ボルトから重心までの距離(短辺方向)*1			
$m_{\mathrm{G}\mathrm{T}\mathrm{i}}$	ガスタービン質量*2			
${ m M}$ p	回転体回転により働くモーメント	N•mm		
n _i	ボルトの本数*1	—		
n _{1 i}	短辺方向(L _{1i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—		
n _{1 X i}	長辺方向(L _{1Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—		
n _{2 i}	短辺方向(L _{2i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1			
пзі	短辺方向(L _{3i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—		
${f Q}_{\rm \ b\ i}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν		
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa		
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa		
π	円周率(=3.14159)	—		
р	回転体の許容振幅			
Р	発電機出力			
R	ガスタービン定格回転数	$\min^{-1}$		

記号	記号の説明	
σьti	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
Тbi	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記*1:A_{bti}, d_i, F_i*, F_{bi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, L_{1i}, L_{2i}, L_{3i}, L_{1Xi}, L_{GXi}, L_{Gi}, n_i, n_{1i}, n_{1Xi}, n_{2i}, n_{3i}, Q_{bi}, S_{ui}, S_{yi}, σ_{bti}, τ_{bi}の添字iの意味は,以下のとおりとする。 i=1:基礎ボルト, i=2:取付ボルト

*2:hgi及びmgTiの添字iの意味は,以下のとおりとする。

i =1: 据付面, i =2: 取付面

2.4.3 第一ガスタービン発電機(共通架台)の記号の説明

記 号	記号の説明	単位	
A _{Kbti}	取付ボルト軸断面積*1		
а кн	水平方向設計用加速度		
a _{KP}	回転体振動による加速度		
a _{KV}	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$	
d _{K i}	ボルトの呼び径*1	mm	
F i *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa	
F _{Kbi}	ボルトに作用する引張力(1 本当たり)*1	Ν	
$f_{ m \ s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa	
f t o i	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa	
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa	
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$	
$h_{\rm KG\ i}$	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm	
L _{K1 i}	支点となる取付ボルトから評価対象となるボルトまでの距離		
L _{K 2 i}	(短辺方向)* ¹	mm	
L кзі			
$L_{\rm KG\ i}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(短辺方向)*1	mm	
L $_{\rm K~1~X~i}$ $\sim$	支点となる取付ボルトから評価対象となるボルトまでの距離	mm	
L _{K 5 X i}	(長辺方向)*1		
$L_{\rm KGXi}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(長辺方向)*1		
m _{K i}	質量**		
n _{K i}	ボルトの本数*1		
n _{K1 i}	短辺方向(L _{K1i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
$n_{\rm \ K\ 1\ X\ i}$	長辺方向(L _{K1Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
n _{K2 i}	短辺方向(L _{K2i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
$n_{\mathrm{K}2\mathrm{X}i}$	長辺方向(L _{K2Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
n кзі	短辺方向(L _{K3i} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
пкзхі	長辺方向(L _{K3Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
n к 4 х і	長辺方向(L _{K4Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
n _{K 5 X i}	長辺方向(L _{K5Xi} の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数*1	—	
$Q_{ m K\ b\ i}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν	
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa	
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa	
π	円周率(=3.14159)		

記号	記号の説明	単位
σ _{Kbti}	取付ボルト引張応力*1	MPa
ζкьі	取付ボルトせん断応力*1	MPa

注記*1: A_{Kbti}, d_{Ki}, F_i*, F_{Kbi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, L_{K1i}, L_{K2i}, L_{K3i}, L_{KGi}, L_{K1Xi}~L_{K5Xi}, L_{KGXi}, n_{Ki}, n_{Ki}, n_{K1Xi}, n_{K2i}, n_{K2Xi}, n_{K3i}, n_{K3Xi}, n_{K4Xi}, n_{K5Xi}, Q_{Kbi}, S_{ui}, S_{yi}, σ_{Kbti}, τ_{Kbi}の添字iの意味は,以下のとお りとする。

i=1:基礎ボルト, i=2:取付ボルト

*2:h_{KGi}及びm_{Ki}の添字iの意味は、以下のとおりとする。

i =1: 据付面, i =2: 取付面

2.4.4 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の記号の説明

記 号	記号の説明		
а	水平部材の外寸		
a 1	水平部材の内寸		
А	リンク部材またはボルトの断面積		
$A_{LB}$	取付部上部,下部の許容荷重	kN	
A _{LS}	リンク連結部の許容荷重	kN	
b ₁	右上部材及び左上部材断面の長辺	mm	
b ₂	右下部材及び左下部材断面の長辺	mm	
D	取付部及びリンク連結部の直径	mm	
E	リンク部材の縦弾性係数	MPa	
F _A	リンク部材に発生する軸力	kN	
F _L	取付部及びリンク連結部に発生する荷重	kN	
F *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa	
${f}_{ m c}$	リンク部材の許容圧縮応力	MPa	
f	リンク部材及びリンク機構取付ボルト上部またはリンク機構取	MDo	
<b>J</b> t o	付ボルト下部の許容引張応力	Mra	
f	リンク機構取付ボルト上部またはリンク機構取付ボルト下部の	MDo	
J _{sb} 許容せん断応力		MI a	
f	リンク機構取付ボルト上部またはリンク機構取付ボルト下部の		
<b>J</b> ts	引張力とせん断力を同時に受ける際の許容引張応力		
$h_1$	右上部材及び左上部材断面の短辺		
$h_2$	右下部材及び左下部材断面の短辺	mm	
i	リンク部材の座屈軸についての断面二次半径	mm	
Ι	リンク部材の断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$	
$L_1$	水平部材の座屈長さ	mm	
$L_2$	右上部材及び左上部材の座屈長さ		
$L_3$	右下部材及び左下部材の座屈長さ		
$L_4$	取付部上部,下部の支持間距離		
М	取付部上部,下部に発生する曲げモーメント		
n	取付ボルトの本数		
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa	
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa	
Z	取付部上部,下部の断面係数		
٤ +	リンク部材に発生するひずみの最大値		

記号	記号の説明	単位
<u> </u>	リンク部材に発生するひずみの最小値の絶対値	
heta	リンク部材中心と鉛直とのなす角度	0
λ	リンク部材の有効細長比	
$\Lambda$	限界細長比率	
ν	次の計算式により計算した値 $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$	mm
π	円周率 (=3.14159)	—
σ	取付ボルト引張応力	MPa
$\sigma$ +	リンク部材に発生する引張応力	MPa
$\sigma$ –	リンク部材に発生する圧縮応力	MPa
τ	取付ボルトせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	°C	_	—	整数位
質量	kg	_	_	整数位
長さ	mm		_	整数位*1
面積	$\mathrm{mm}^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
加速度	$m/s^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とす

- る。
- *2:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。
- *3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び 降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位まで の値とする。

#### 3. 評価部位

第一ガスタービン発電機(車両)の耐震評価は、「5.1.1 構造強度評価方法」に示す条件 に基づき、自重を支持している車両のフレームを評価対象部位とする。第一ガスタービン 発電機(車両)の耐震評価部位については、表 2-1の概略構造図に示す。

第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台)の耐 震評価は、「5.2.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付 ボルトについて実施する。第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン 発電機(共通架台)の耐震評価箇所について、表 2-3 及び表 2-4 の概略構造図に示す。

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震評価は「5.3.1 構造強度評価方法」に示 す条件に基づき、リンク機構のリンク部材、リンク取付部及び取付ボルトを評価対象部位 とする。第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震評価部位については、表 2-5 の 概略構造図に示す。

- 4. 加振試験
- 4.1 基本方針

各耐震評価箇所の設計用加速度及び機能確認済加速度は, Eディフェンスにおける加 振試験(平成 30 年 3 月)の結果より求める。なお,加振試験時に各耐震評価箇所におい て応答加速度が大きくなる各機器の頂部位置で各々測定された最大応答加速度を1.2倍 したものを構造強度評価で用いる設計用加速度とする。また,加振台の最大加速度を機 能確認済加速度とする。

第一ガスタービン発電機(リンク機構)のひずみは, Eディフェンスにおける加振試験(平成 30 年 3 月)の結果より求める。

4.2 試験構成

表 2-1 に示す車両について,車両全体を転倒防止装置に固定した状態で加振台に設置する。

4.3 入力地震動

入力地震動は、7号機タービン建屋南側の屋外における地盤条件を考慮し、7号機ター ビン建屋南側の屋外における基準地震動を包絡するスペクトル特性を有するランダム 波とする。

なお,水平2方向及び鉛直方向の3方向同時加振とする。

4.4 許容限界

機能確認済加速度を求める際,車両全体として安定性を有し,転倒しないこと,また, 車両に搭載している発電装置の動的及び電気的機能が維持できることを許容限界とし て設定する。

4.5 加振試験結果

加振試験結果により得られたガスタービン,発電機,制御盤,ガバナ盤及び燃料小出し 槽の頂部の最大応答加速度を1.2倍した設計用加速度を表 4-1から表 4-5に,また機 能確認済加速度を表 4-6に示す。

加振試験結果により得られた第一ガスタービン発電機(リンク機構)のひずみを表4 -7に示す。なお、各部材のひずみのうち、最も評価が厳しくなる部材の値を示す。

表 4-1 第一ガスタービン発電機用ガスタービンの設計用加速度

(単位:m/s²)

項目	加速度
水平	
鉛直	

表 4-2 第一ガスタービン発電機用発電機の設計用加速度

(単位:m/s²)

項目	加速度
水平(短辺方向)	
水平(長辺方向)	
鉛直	

表 4-3 制御盤の設計用加速度

(単位:m/s²)

項目	加速度
水平	
鉛直	

表 4-4 ガバナ盤の設計用加速度

(単位:m/s²)

項目	加速度			
水平				
鉛直				

表 4-5 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の設計用加速度

(単位:m/s²)

項目	加速度			
水平				
鉛直				

表 4-6 機能確認済加速度

(単位:×9.8m/s²)

項目	機能確認済加速度			
水平				
鉛直				

表 4-7 第一ガスタービン発電機(リンク機構)のひずみ

(単位:一)

	項目					3)
☆ 電 微 車 □ □ い カ 燃 建 4		水亚拉杜	引張			
光竜機単リ	リンク   徳 悟 4	水平即材	圧縮			
出御古			引張			
前仰里	リ イ ク (矮 悟 Z	小平部材	圧縮			

- 5. 構造強度評価
- 5.1 第一ガスタービン発電機(車両)
  - 5.1.1 構造強度評価方法
    - (1) 第一ガスタービン発電機(車両)のフレームの応力評価には、2点支持はりモデル による公式等を用いた手法を適用する。
    - (2) フレームは、加振試験で得られた第一ガスタービン発電機用発電機及び制御盤の 頂部での応答加速度を1.2倍した設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評 価を行う。
    - (3) はりのモデル化にあたっては、計算モデルの煩雑化を回避するため、分布荷重、 フレームの特性が一様となるよう計算モデルを調整する。また、発電機車は保守的 となるよう2点支持とする。その際、発電機車、制御車の荷重は、支持間距離の内、 車両コンテナの範囲に作用する等分布荷重を採用し付加する。また、第一ガスター ビン発電機(車両)のフレームの剛性は、支持範囲で保守的になるようにモデル化す る。
    - (4) 許容応力について車両製造メーカ材料データを用いて計算する。
    - (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
  - 5.1.2 荷重の組合せ及び許容応力
    - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

第一ガスタービン発電機(車両)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事 故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

(2) 許容応力

第一ガスタービン発電機(車両)の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」 に基づき表 5-2 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機(車両)の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故 等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

施診	这分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_{D} + M_{D} + S s^{*3}$	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	第一ガスタービン 発電機(車両)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1,*2,*3					
許容応力状態		(ボル	下以外)			
	一次応力					
	引張り	せん断	圧縮	曲げ		
IV _A S						
V _A S	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f . *		
$(V_A S \ge L \subset W_A S \mathcal{O})$	t	S	С	D		
許容限界を用いる。)						

表 5-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*3:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S y (MPa)	S u (MPa)
フレーム		周囲環境温度 40			

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

# 5.1.3 設計用加速度

構造強度評価に用いる入力加速度には,発電機車においては「4. 加振試験」で 得られた第一ガスタービン発電機用発電機の設計用加速度を,制御車においては「4. 加振試験」で得られた制御盤の設計用加速度を用いる。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」 に基づき設定する。

設計用加速度を表 5-4 に示す。

据付場所	弾性 地震 又は	:設計用 :動 S d 静的震度	基準地震動S s (m/s ² )			
及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (発電機車)	鉛直方向 設計用加速度 (発電機車)	水平方向 設計用加速度 (制御車)	鉛直方向 設計用加速度 (制御車)
7 号機タービン 建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*	_	_				

表 5-4 設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

- 5.1.4 計算方法
  - (1) フレームの応力の計算方法

車両の前方後輪軸(支持位置 A)と後2軸中心(支持位置 B)を固定支持とした,各々の設備の分布荷重が作用するはりモデルとして,曲げモーメントとせん断荷重を算出する。

図 5-1 に計算モデルを示す。計算モデルは、「5.1.1 構造強度評価方法」に示 すとおり、荷重条件、支持部を設定する。

図 5-1 発電機車フレームの計算モデル図



図 5-2 制御車フレームの計算モデル図

a.発電機車

(a) 曲げ応力

支持位置Aから距離 x における各加速度による車両フレームに発生する曲 げモーメントは,以下に基づき算出する。

$$M_{FH}(x) = a_{H} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots (5.1.4.1)$$
$$M_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots (5.1.4.2)$$
$$M_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots (5.1.4.3)$$

車両フレームに発生する曲げ応力は,各加速度に対し次式に基づき算出する。

$$\sigma_{\rm FbH}({\bf x}) = \frac{M_{\rm FH}({\bf x})}{Z_{\rm FH}({\bf x})} \cdots (5.1.4.4)$$

$$\sigma_{\rm F \ b \ V}({\bf x}) = \frac{{\rm M}_{\rm F \ V}({\bf x})}{{\rm Z}_{\rm F \ V}({\bf x})} \qquad \cdots (5.1.4.5)$$

$$\sigma_{\rm F \ b \ V}, \ (\mathbf{x}) = \frac{M_{\rm F \ V}, \ (\mathbf{x})}{Z_{\rm F \ V}(\mathbf{x})} \qquad \cdots \cdots (5.1.4.6)$$

(b) せん断応力

支持位置Aから距離xにおける各加速度による車両フレームに発生するせん断荷重は,次式に基づき算出する。

$$F_{FH}(x) = a_{H} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \cdots \cdots (5. \ 1. \ 4. \ 7)$$

$$F_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \cdots \cdots (5. \ 1. \ 4. \ 8)$$

$$F_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \cdots \cdots (5. \ 1. \ 4. \ 9)$$

車両フレームに発生するせん断応力は,各加速度に対し次式に基づき算出す る。

$$\tau_{\rm FbH}(\mathbf{x}) = \frac{F_{\rm FH}(\mathbf{x})}{A_{\rm FbH}(\mathbf{x})} \qquad \cdots \cdots (5.1.4.10)$$

$$\tau_{\rm FbV}(x) = \frac{F_{\rm FV}(x)}{A_{\rm FbV}(x)} \cdots (5.1.4.11)$$

$$\tau_{\rm F \ b \ V}, \ (\mathbf{x}) = \frac{\rm F_{\rm F \ V}, \ (\mathbf{x})}{\rm A_{\rm F \ b \ V}(\mathbf{x})} \qquad \cdots (5.1.4.12)$$

(c) 組合せ応力

曲げ応力とせん断応力の最大値から,各加速度に対し組合せ(ミーゼス)応力 を次式に基づき算出する。

$$\sigma_{\rm FH} = \sqrt{\sigma_{\rm FbH} (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbH} (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.13)$$
  
$$\sigma_{\rm FV} = \sqrt{\sigma_{\rm FbV} (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbV} (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.14)$$
  
$$\sigma_{\rm FV}, = \sqrt{\sigma_{\rm FbV}, (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbV}, (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.15)$$

# b.制御車

(a) 曲げ応力

支持位置Aから距離xにおける各加速度による車両フレームに発生する曲 げモーメントは,以下に基づき算出する。

$$M_{FH}(x) = a_{H} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots \quad (5.\ 1.\ 4.\ 16)$$
$$M_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots \quad (5.\ 1.\ 4.\ 17)$$
$$M_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) \cdot x \, dx \qquad \dots \dots \quad (5.\ 1.\ 4.\ 18)$$

車両フレームに発生する曲げ応力は,各加速度に対し次式に基づき算出する。

$$\sigma_{\rm FbH}(x) = \frac{M_{\rm FH}(x)}{Z_{\rm FH}(x)}$$
 .... (5.1.4.19)

$$\sigma_{\rm F \ b \ V}({\rm x}) = \frac{{\rm M}_{\rm F \ V}({\rm x})}{Z_{\rm F \ V}({\rm x})}$$
 .... (5.1.4.20)

$$\sigma_{\rm F \ b \ V}, \ (\mathbf{x}) = \frac{M_{\rm F \ V}, \ (\mathbf{x})}{Z_{\rm F \ V}(\mathbf{x})}$$
 .... (5.1.4.21)

(b) せん断応力

支持位置Aから距離 x における各加速度による車両フレームに発生するせん断荷重は,次式に基づき算出する。

$$F_{FH}(x) = a_{H} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \dots (5.1.4.22)$$

$$F_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \dots (5.1.4.23)$$

$$F_{FV}(x) = a_{V} \cdot \int_{0}^{x} w(x) dx \qquad \dots (5.1.4.24)$$

車両フレームに発生するせん断応力は,各加速度に対し次式に基づき算出す る。

$$\tau_{\rm FbH}(\mathbf{x}) = \frac{F_{\rm FH}(\mathbf{x})}{A_{\rm FbH}(\mathbf{x})} \qquad \dots \dots (5.1.4.25)$$

$$\tau_{\rm FbV}({\bf x}) = \frac{{\rm F}_{\rm FV}({\bf x})}{{\rm A}_{\rm FbV}({\bf x})} \qquad \cdots (5.1.4.26)$$

$$\tau_{\rm F \ b \ V}, \ (\mathbf{x}) = \frac{\rm F_{\rm F \ V}, \ (\mathbf{x})}{\rm A_{\rm F \ b \ V}(\mathbf{x})}$$
 .... (5.1.4.27)

(c) 組合せ応力

曲げ応力とせん断応力の最大値から,各加速度に対し組合せ(ミーゼス)応力 を次式に基づき算出する。

$$\sigma_{\rm FH} = \sqrt{\sigma_{\rm FbH} (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbH} (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.28)$$
  
$$\sigma_{\rm FV} = \sqrt{\sigma_{\rm FbV} (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbV} (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.29)$$
  
$$\sigma_{\rm FV}, = \sqrt{\sigma_{\rm FbV}, (\mathbf{x})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm FbV}, (\mathbf{x})^2} \cdots (5.1.4.30)$$

# 5.1.5 計算条件

(1) フレームの応力計算条件
 第一ガスタービン発電機(車両)の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第
 ーガスタービン発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

# 5.1.6 応力の評価

(1) フレームの応力評価

5.1.4 項で求めたフレームの組合せ応力 $\sigma_{\rm F}$ は、次式より求めた許容組合せ応力 $f_{\rm ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{\rm ts}$ は下表による。

$$\sigma_{\rm F} = \sqrt{\left(\sigma_{\rm FH} + \sigma_{\rm FV}, \right)^2 + \sigma_{\rm FV}^2} \leq f_{\rm ts} \cdots (5.1.6.1)$$

せん断応力  $\tau_{Fb}$ は、せん断荷重のみを受けるボルト以外の許容せん断応力  $f_{sb}$ 以下であること。ただし  $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 Ssによる 荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 f _t 。	$\frac{\overline{F}^{*}}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b}	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f _{ts}	$\frac{F^{*}}{1.5} \cdot 1.5$

- 5.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台)
  - 5.2.1 構造強度評価方法
    - (1) 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台) の応力評価には、1質点系モデルによる公式等を用いた手法を適用する。
    - (2) 第一ガスタービン発電機用ガスタービンは、加振試験で得られた第一ガスタービン発電機用ガスタービンの頂部での応答加速度を 1.2 倍した設計用加速度を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。
    - (3) 第一ガスタービン(共通架台)は、加振試験で得られた第一ガスタービン発電機用 発電機の頂部での応答加速度を 1.2 倍した設計用加速度を用いて発生応力を算出 し、応力評価を行う。
    - (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。 ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数点以下第1位を切り捨てた値を 用いるものとする。
    - (5) 転倒方向は,計算モデルにおける水平方向及び鉛直方向について検討し,計算書 には結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
    - (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
  - 5.2.2 荷重の組合せ及び許容応力
    - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態
       第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。
    - (2) 許容応力

第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架 台)の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-6 のとおりとす る。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架 台)の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるもの を表 5-7 に示す。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
		第一ガスタービン発			$D + P_{D} + M_{D} + S s^{*3}$	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	電機用ガスタービン 第一ガスタービン発 電機(共通架台)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表 5-5 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1,*2				
許容応力状態	(ボルト等)				
	一次応力				
	引張り	せん断			
IV A S					
V _A S	1.5 • f +*	1.5 • f s*			
$(V_A S \succeq \cup \subset W_A S \mathcal{O})$					
許容限界を用いる。)					

表 5-6 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-7 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S y (MPa)	S u (MPa)
第一ガスタービン発電機 用ガスタービン 取付ボルト		周囲環境温度	40		
<ul><li>第一ガスタービン発電機</li><li>(共通架台)</li><li>取付ボルト</li></ul>		周囲環境温度	40		

40

# 5.2.3 設計用加速度

構造強度評価に用いる入力加速度には,第一ガスタービン発電機用ガスタービン の取付ボルトにおいては「4. 加振試験」で得られた第一ガスタービン発電機用ガ スタービンの設計用加速度を,第一ガスタービン発電機(共通架台)の取付ボルトに おいては「4. 加振試験」で得られた第一ガスタービン発電機用発電機の設計加速 度を用いる。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」 に基づき設定する。

設計用加速度を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

	弹性設計用地震動 S d			基準地震動 S s			
据付場所	又は静的震度			$(m/s^2)$			
及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	設	水平方向 計用加速度	鉛直方向 設計用加速	度	
7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*	_	_					

表 5-8 第一ガスタービン発電機用ガスタービンの設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

	弾性設計用地震動Sd			基準地震動S s			
据付場所	又は静的震度			$(m/s^2)$			
及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	設調	水平方向 計用加速度	鉛直方向 設計用加速度	いけん	
7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*		_					

表 5-9 第一ガスタービン発電機(共通架台)の設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

- 5.2.4 計算方法
  - (1) 第一ガスタービン発電機用ガスタービン取付ボルトの応力の計算方法
     第一ガスタービン発電機用ガスタービンの取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては、1質点系モデルによる公式等を用いた手法にて評価を行う。



図 5-4 第一ガスタービン発電機用ガスタービン取付ボルトの計算モデル図 (長辺方向転倒)

(短辺方向転倒及び長辺方向転倒(g-a_V-a_P)<0の場合)
a. 引張応力

図 5-3 及び図 5-4 に示すモーメントのつり合いより以下の各計算式が得られる。

短辺方向の引張力計算式

$$F_{b 2} = \frac{\left\{m_{G T 2} \cdot \left(a_{H} + a_{p}\right) \cdot h_{G 2} + M_{p} - m_{G T 2} \cdot \left(g - a_{V} - a_{p}\right) \cdot L_{G 2}\right\} \cdot L_{1 2}}{L_{1 2}^{2} \cdot n_{1 2} + L_{2 2}^{2} \cdot n_{2 2} + L_{3 2}^{2} \cdot n_{3 2}}$$

$$\dots \dots (5. 2. 4. 1)$$

長辺方向の引張力計算式

$$\mathbf{F}_{b 2} = \frac{\mathbf{m}_{G T 2} \cdot (\mathbf{a}_{H} + \mathbf{a}_{p}) \cdot \mathbf{h}_{G 2}}{\mathbf{n}_{1 X 2} \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{a}_{V} - \mathbf{a}_{p}) \cdot \mathbf{L}_{G X 2}}$$

 $\cdots (5.2.4.2)$ 

短辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{b \ t \ 2} = \frac{F_{b \ 2}}{A_{b \ t \ 2}} \qquad (5. 2. 4. 3)$$

長辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{b \ t \ 2} = \frac{F_{b \ 2}}{A_{b \ t \ 2}} \qquad (5. 2. 4. 4)$$

σ b t 2 は、上式で得られる大きい方の値とする。

ここで、ボルトの軸断面積Abt2は次式により求める。

$$A_{b t 2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2}^{2}$$
 .... (5.2.4.5)

ここで、回転体回転によるモーメントM_Pは、ガスタービンの出力及び定格回 転数を考慮して定める値である。回転体振動による加速度 a_pは、回転体の許容 振幅及び発電機の定格回転数を考慮して定める値である。

回転体回転によるモーメントの計算式

$$M_{\rm P} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot 10^6 \qquad \dots (5. 2. 4. 6)$$

回転体振動による加速度の計算式

a 
$$_{\rm P} = \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{\rm R}{60}\right)^2 \cdot \frac{\rm p \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \cdots \cdot (5.2.4.7)$$

b. せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_{GT2} \cdot (a_{H} + a_{P}) \quad \dots \quad (5.2.4.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{bt2}} \cdots (5.2.4.9)$$

(2) 第一ガスタービン発電機(共通架台)取付ボルトの応力の計算方法 第一ガスタービン発電機(共通架台)の取付ボルトの応力評価を行う。応力評価に あたっては、1質点系モデルによる公式等を用いた手法にて評価を行う。



図 5-5 共通架台の取付ボルトの計算モデル図(短辺方向転倒)

図 5-6 共通架台の取付ボルトの計算モデル図(長辺方向転倒) (短辺方向転倒及び長辺方向転倒(g-a_{KV}-a_{KP})<0の場合) a. 引張応力

図 5-5 及び図 5-6 に示すモーメントのつり合いより以下の各計算式が得られる。

短辺方向の引張力計算式

$$\begin{cases} m_{K2} \cdot (a_{KH} + a_{KP}) \cdot h_{KG2} \\ - m_{K2} \cdot (g - a_{KV} - a_{KP}) \cdot L_{KG2} \} \cdot L_{K12} \\ - L_{K12}^{2} \cdot n_{K12} + L_{K22}^{2} \cdot n_{K22} + L_{K32}^{2} \cdot n_{K32} \\ - \dots (5.2.4.10) \end{cases}$$

長辺方向の引張力計算式

$$F_{K b 2} = \frac{-m_{K 2} \cdot (g - a_{K V} - a_{K P}) \cdot h_{K G 2}}{(\sum_{j=1}^{5} L_{K j X 2}^{2} \cdot n_{K j X 2}) \cdot L_{K 1 X 2}}$$
..... (5. 2. 4. 11)

短辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{\rm Kbt2} = \frac{F_{\rm Kb2}}{A_{\rm Kbt2}} \qquad \cdots \qquad (5.2.4.12)$$

長辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{\rm Kb\ t\ 2} = \frac{F_{\rm Kb\ 2}}{A_{\rm Kb\ t\ 2}} \qquad (5.\ 2.\ 4.\ 13)$$

σ_{Kbt2}は,上式で得られる大きい方の値とする。

ここで,ボルトの軸断面積AKbt2は次式により求める。

$$A_{K b t 2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{K 2}^{2}$$
 .... (5.2.4.14)

また, ガスタービン回転体振動による加速度 a _{KP}は, 5.2.4(1)項で求めた回転 体振動による加速度 a _Pを使用する。

ガスタービン回転体振動による加速度の計算式

$$a_{KP} = a_{P}$$
 .... (5. 2. 4. 15)

なお,回転体回転により働くモーメントは発電機とガスタービンが共通の架台 上にあり,各取付部に働くモーメントは互いに打ち消しあうため,考慮しない。

b. せん断応力 取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。 せん断力

$$Q_{Kb2} = m_{K2} \cdot (a_{KH} + a_{KP}) \quad \dots \quad (5.2.4.16)$$

せん断応力

- 5.2.5 計算条件
  - (1) 取付ボルトの応力計算条件
    - a. 第一ガスタービン発電機用ガスタービン取付ボルトの応力計算条件
       第一ガスタービン発電機用ガスタービンの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び
       機器要目に示す。
    - b. 第一ガスタービン発電機(共通架台)取付ボルトの応力計算条件
       第一ガスタービン発電機(共通架台)の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器
       要目に示す。
- 5.2.6 応力の評価
  - (1) ボルトの応力評価
    - a. 第一ガスタービン発電機用ガスタービン 5.2.4項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bti}$ は、次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = Min \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right]$$
 (5.2.4.18)

せん断応力  $\tau_{bi}$ は, せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし  $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動 Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 f _{toi}	$\frac{\mathrm{F_{i}}^{*}}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{1.5\cdot\sqrt{3}} \cdot 1.5$

b. 第一ガスタービン発電機(共通架台)

5.2.4 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{Kbti}$ は、次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = \operatorname{Min} \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm \kappa \ b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right] \qquad (5.2.4.19)$$

せん断応力 $\tau_{Kbi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sbi}$ 以下であること。ただし $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> _{t o i}	$\frac{F_{i}}{2}^{*} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5.3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)
  - 5.3.1 構造強度評価方法
    - (1) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の評価は,加振試験で得られた ひずみを用いて発生応力を算出し,応力評価を行う。
    - (2) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部の評価は、
       (1)で得られた応力から、荷重を算出し荷重評価を行う。
    - (3) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付ボルトの評価は、(2)で得られた 荷重を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。 また、発生応力はリンク機構の角度θにより変化するが、評価に用いるリンク機構 の角度θは、可動範囲において引張応力が最大になる角度及びせん断応力が最大と なる角度にて評価を行う。
    - (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。 ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数点以下第1位を切り捨てた値を 用いるものとする。
    - (5) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の評価結果は,計算書には結果の厳しい 部位(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
    - (6) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を使用する。
  - 5.3.2 荷重の組合せ及び許容応力
    - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち 重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-10 に示す。
    - (2) 許容応力

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本 方針」に基づき表 5-11 及び表 5-12 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の使用材料の許容応力評価条件のうち重 大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-13 に示す。

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
		<u> </u>		$D + P_{D} + M_{D} + S_{S} *^{3}$		IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	第一ガスタービン発 電機(リンク機構)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表 5-10 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1, *2, *3								
苏安宁中心能		(ボル	下以外)						
計谷応刀状態 	一次応力								
	引張	せん断	圧縮	曲げ					
IV _A S									
V _A S	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f *	1.5 • f , *					
$(V_A S \ge L \subset W_A S \mathcal{O})$	t t	S	С	b					
許容限界を用いる。)									

表 5-11 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*3:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

許容応力状態	許容限界*1,*2						
	(ボル	下等)					
	一次						
	引張り	せん断					
IV _A S							
V _A S	1.5 · f *	1.5 • f *					
$(V_A S \ge L \subset IV_A S \mathcal{O})$							
許容限界を用いる。)							

表 5-12 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)			S y (MPa)	S _u (MPa)	
右上部材,右下部材, 左上部材,左下部材		周囲環境温度	40				
水平部材		周囲環境温度	40				
取付部上部,取付部下部, リンク連結部		周囲環境温度	40				
リンク機構取付ボルト上部, リンク機構取付ボルト下部		周囲環境温度	40				

表 5-13 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 5.3.3 計算方法
  - (1) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の応力の計算方法 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の応力評価を行う。評価にあた ってはひずみにより発生する応力について計算する。なお,第一ガスタービン発電 機(リンク機構)は動作原理から車両のローリングにより受ける力が引張及び圧縮 荷重になるため,これらの荷重が第一ガスタービン発電機(リンク機構)に発生す る荷重の中で支配的となる。よって,引張応力及び圧縮応力について評価を行うこ とから,評価に用いるひずみも発生する荷重に合わせたものとする。



図 5-7 ローリング発生時の荷重の方向の図

 a. 引張応力 σ₊
 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の部材に発生する引張応力は、以下に 基づき算出する。

 $\sigma_{+} = \varepsilon_{+} \cdot E \quad \cdots \quad (5.3.1)$ 

b. 圧縮応力 σ-

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の部材に発生する圧縮応力は,以下に 基づき算出する。

 $\sigma_{-} = \varepsilon_{-} \cdot E \quad \cdots \quad (5.3.2)$ 

(2) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部の計算方法 第一ガスタービン発電機(リンク機構)に発生する軸力を計算し、各取付部及び リンク連結部に発生する荷重を定める。



図 5-8 各取付部及びリンク連結部の計算モデル図(1/2)



図 5-9 各取付部及びリンク連結部の計算モデル図(2/2)

- a. リンク部材に発生する軸力 F_A
  - イ. 水平部材

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の水平部材に発生する軸力は,以下 に基づき算出する。



口. 右上部材, 右下部材, 左上部材, 左下部材

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の右上部材,右下部材,左上部材,左 下部材に発生する軸力は,以下に基づき算出する。右上部材,右下部材,左上部 材,左下部材は



A=

b. 取付部上部,下部及びリンク連結部に発生する荷重 FL

取付部上部に発生する荷重は,右上部材の軸力と左上部材の軸力のうち最大値 とする。

取付部下部に発生する荷重は,右下部材の軸力と左下部材の軸力のうち最大値 とする。

リンク連結部に発生する荷重は、リンク連結部に作用する軸力の最大値とする。

(3) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルトの計算方法 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルトの応力は,発生する荷重に よって生じる引張力とせん断力について計算する。



#### 図 5-10 取付ボルトの計算モデル図

a. 引張応力 σ

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付部上部及び下部に発生する引張 応力は,以下に基づき算出する。

$$\sigma = \frac{F_{L} \cdot \cos \theta}{n \cdot A} \quad \dots \quad (5.3.5)$$

b. せん断応力 τ

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付部上部及び下部に発生するせん 断応力は,以下に基づき算出する。

$$\sigma = \frac{F_{L} \cdot \sin \theta}{n \cdot A} \quad \cdots \cdots (5.3.6)$$

- 5.3.4 計算条件
  - (1) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の応力計算条件
     第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の応力計算に用いる計算条件は、
     本計算書の【第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震性についての計算結果】
     の設計条件及び機器要目に示す。
  - (2) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部の計算条件 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部の計算に用 いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震性に ついての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。
  - (3) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルトの応力計算条件 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルトの応力計算に用いる計算条 件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震性についての計 算結果】の設計条件及び機器要目に示す。
- 5.3.5 応力の評価

れる。

(1) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材の応力評価
 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の許容引張応力 f_t。は以下の式で求めら

$$f_{t o} = \frac{F^{*}}{1.5} \cdot 1.5$$

$$\Xi \subseteq \mathfrak{C},$$

$$F^{*} = \min(1.2 \cdot S_{y}, 0.7 \cdot S_{u}) \cdots (5.3.7)$$

第一ガスタービン発電機(リンク機構)の許容圧縮応力 f_cは以下の式で求められる。

$$f_{c} = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^{2} \right\} \cdot \frac{F}{\nu}^{*} \cdot 1.5$$
  
ここで,  
$$\lambda = \frac{L_{k}}{i} (k = 1, 2, 3) (なお, i = \sqrt{\frac{I}{\Lambda}})$$
  
水平部材の場合,  
$$I = \frac{a^{4} - a_{1}^{4}}{12}$$

右上部材,右下部材,左上部材,左下部材の場合,

$$I = \frac{b_{k} \cdot h_{k}^{3}}{12} (k = 1, 2)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^{2} \cdot E}{0.6 \cdot F^{*}}}$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^{2}$$

$$F^{*} = \min(1.2 \cdot S_{y}, 0.7 \cdot S_{u}) \cdots (5.3.8)$$

(2) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部の荷重評価 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付部上部及び取付部下部の許容荷重 は以下の式で求められる。



第一ガスタービン発電機(リンク機構)のリンク連結部の許容荷重は以下の式で 求められる。なお、リンク連結部は全体が各部材で支持されているため曲げモー メントは発生せず、許容荷重 ALS はせん断応力により次式のようになる。

0

$$A_{LS}=A \cdot \frac{S_y}{\sqrt{3}} \cdots (5.3.13)$$
  
ここで、 断面積 A は、  
A=  $\cdots (5.3.14)$   
式 (4.11), (4.12)より許容荷重  $A_{LS}$ は以下の式で求められる  
 $A_{LS}=$   $\cdots (5.3.15)$ 

(3) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルトの応力評価
 5.3.3項で求めたボルトの引張応力σは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただしf_t。は下表による。

 $f_{t s} = Min \left[ 1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau , f_{t o} \right] \cdots (5.3.16)$ 

せん断応力  $\tau$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下である こと。ただし  $f_{sb}$  は下表による。

	基準地震動 S _s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f _t 。	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f _{sb}	$\frac{\mathbf{F}^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 6. 機能維持評価
- 6.1 機能維持評価方法

第一ガスタービン発電機(車両)の機能維持評価及び第一ガスタービン発電機用ガス タービンの動的機能維持評価について以下に示す。

なお,機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設 定する。

第一ガスタービン発電機(車両)及び第一ガスタービン発電機用ガスタービンの確認 は、加振台の最大加速度である機能確認済加速度と第一ガスタービン発電機基礎の最大 加速度である設計用最大応答加速度 I を機能維持評価用加速度として比較することで 実施する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

評価部位	方向	機能	確認済加這	速度
第一ガスタービン発電機	水平			
(車両)	鉛直			
第一ガスタービン発電機	水平			
用ガスタービン	鉛直			

表 6-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 7. 評価結果
- 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以 下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及 び機能を有している事を確認した。

7.1.1 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.1.2 機能維持評価結果機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算結果】

- 1. 重大事故等対処設備
- 1.1 設計条件
- 1.1.1 第一ガスタービン発電機(車両)

				弹性設計用地震動 S d		基準地震動S s			
		据付場所	又は静	的震度		(m/	$(s^{2})$		周囲環境
機器名称	設備分類	及び床面高さ	···································	公古十百	水平方向	水平方向	鉛直方向	鉛直方向	温度
		(m)	水平万回	<u> </u>	設計用加速度	設計用加速度	設計用加速度	設計用加速度	(°C)
			設計晨度	設計晨度	(発電機車)	(制御車)	(発電機車)	(制御車)	
第一ガスタービン発電機 (車両)	常設耐震/防止 常設/緩和	7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*	_	_					40

注記*:基準床レベルを示す。

1.1.2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン

機器名称 設		据付場所 及び床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動S s (m/s ² )		回転体振動に	回転体回転により	周囲環境
	<b></b> 〕加 <i>分</i> 4		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度	鉛直方向 設計用加速度	よる加速度 (m/s ² )	1動くモーメント 温 (N・mm) (%	(℃)
第一ガスタービン発電機	常設耐震/防止	7号機タービン建屋南側の屋外							40
用ガスタービン	常設/緩和	T. M. S. L. 12. 2*							40

注記*:基準床レベルを示す。

1.1.3 第一ガスタービン発電機(共通架台)

機器名称 設備分類	据付場所	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地) (m	雲動S s ∕s²)	回転体振動による	周囲環境	
	政师刀狽	及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度	鉛直方向 設計用加速度	- 加速度 (m/s ² )	(℃)
第一ガスタービン発電機 (共通架台)	常設耐震/防止 常設/緩和	7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*	_					40

注記*:基準床レベルを示す。

1.1.4 第一ガスタービン発電機(リンク機構)

機器名称	<b></b>	据付場所	加振試験で得	られたひずみ	
	<b></b>	及び1本面向さ (m)	発電機車	制御車	
第一ガスタービン発電機 (リンク機構)	常設耐震/防止 常設/緩和	7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L.12.2*			

注記*:基準床レベルを示す。



## 1.2 機器要目

1.2.1 第一ガスタービン発電機(車両)

対象機器	m _{F 1} (kg)	m _{F2} (kg)	h (mm)	L _F (mm)	L _{F 1} (mm)	L _{F 2} (mm)	${ m A}_{ m F\ b\ H}$ (mm ² )	$A_{F b V}$ (mm ² )	Z FH (mm ³ )	Z F V (mm ³ )	S y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
発電機車													
制御車													

1.2.2 第一ガスタービン発電機(ガスタービン)

部材	т _{сті} (kg)	h _{G i} (mm)	d _i (mm)	${ m A}_{ m b\ t\ i}$ (mm ² )	n _i	R (min ⁻¹ )	P (kW)	р (µm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	M _P (N ⋅ mm)
取付ボルト (i=2)							3600				

部材	L 1 i (mm)	L _{2 i} (mm)	L _{3 i} (mm)	L _{1 X i} (mm)	L _{GXi} (mm)	L _{G i} (mm)	n _{1 i}	n _{2 i}	n _{3 i}	n _{1 X i}
取付ボルト (i=2)										

	F ; *	転倒	方向
部材	(MPa)	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)		_	長辺方向

1.2.3 第一ガスタービン発電機(共通架台)

部材	m _{K i} (kg)	h _{KG i} (mm)	d _{Ki} (mm)	$A_{\mathrm{Kbti}}$ (mm ² )	n _{K i}	S _{y i} (MPa)	S _{ui} (MPa)
取付ボルト (i=2)							

部材	L _{K 1 i}	L _{K 2 i}	L _{K 3 i}	L _{K 1 X i}	L _{K 2 X i}	L _{K3Xi}	L _{K 4 X i}	L _{K 5 X i}	L _{KG i}	L _{KGXi}
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
取付ボルト (i=2)										

									E *	転倒	」方向
部材	$n_{\mathrm{K1i}}$	n _{K2 i}	n _{K3 i}	$n_{\mathrm{K1Xi}}$	$n_{\rm K2Xi}$	n _{K 3 X i}	$n_{\rm K4Xi}$	n _{K 5 X i}	Γ _i	弹性設計用地震動 S d	甘油地雪曲の
									(MFa)	又は静的震度	▲ 平 地 辰 朝 5 S
取付ボルト											病江土由
(i=2)										_	超辺万间

1.2.4 第一ガスタービン発電機(リンク機構)

舟 ルハクニー	ここ光电磁(リン	ノ1成1円										
		0	0	h	h	d		θ		D	E	
立	部材		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°	)	(1	nm)	(MPa)	
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	(40°C)	_
発電機車	リンク機構 1											

	3材	h1 (mm)	h2 (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	( 取付部	L ₄ mm) リンク連結部	n (-)	F* (MPa)
発電機車	リンク機構 1									

<b>立</b>	部材	a	a ₁	b ₁	b ₂	d (mm)	(°	θ )	[ (m	) m)	E (MPa)	
			(11111)			(11111)	引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	(40°C)	_
発電機車	リンク機構 2											

部材	h1 (mm)	) (mm	) L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	取付部	L ₄ (mm) リンク連結部	n (-)	F* (MPa)
発電機車 リンク機構 2									

	部材 発電機車 リンク機構 3	а	a ₁	b ₁	b ₂	d		θ		D	Е	
	形材	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(*) 引張最大	[^] ) せん断最大	(n 取付部	m) リンク連結部	(MPa) (40℃)	
発電機車	リンク機構 3											

14	材	h1 (mm)	h ₂ (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	] (n 取付部	4 m) リンク連結部	n (-)	F* (MPa)	
発電機車	リンク機構 3										

部材		a (mm)	a ₁ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	d (mm)	(°	θ )	(n	D 1m)	E (MPa)	
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	(40°C)	
発電機車	リンク機構 4											

部材	hı (mm)	h ₂ (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	 (n	L ₄ nm)	n (-)	F* (MPa)	
						取付部	リンク連結部			
発電機車 リンク機構 4										

部材		a (mm)	a ₁ (mm)	b1 (mm)	b ₂ (mm)	d (mm)	6 (°	)		D (mm)	E (MPa)
		()	()	()	()	(/	引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	(40°C)
制御車	リンク機構 1										

部材		h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	] (n	-4 nm)	n (-)	F* (MPa)
		()	()	()	()	,	取付部	リンク連結部		(
制御車	リンク機構1									

许	3材	a (mm)	a ₁ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	d (mm)	(°	θ)	[ (m	) m)	E (MPa)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	(40°C)
制御車	リンク機構 2										

部材		h1 (mm)	h ₂ (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	L (m	-4 m)	n (-)
		()	()	()	()	()	取付部	リンク連結部	
制御車	リンク機構 2								

部材	a (mm)	a ₁ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	d (mm)	(°		ا س ۲	) m)	Е (MPa) (40°С)
制御車 リンク機構 3						归張菆入	せん研取入	JU11 ⊞}	リンク連結部	

許	3材	h1 (mm)	h2 (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	」 (n 取付部	-4 m) リンク連結部	n (-)	F* (MPa)	
制御車	リンク機構 3										

F *

(MPa)

## 1.3 計算数値

- 1.3.1 車両に作用する力
  - (1) 第一ガスタービン発電機(車両)

	M _F (1	N•mm)	F _F (N)			
対象機器	弾性設計用地震動	甘海地電動の。	弾性設計用地震動	甘淮地電動の。		
	Sd又は静的震度	苯毕地展到5 S	Sd又は静的震度	苯毕地展到 5 S		
発電機車	_	2. $231 \times 10^{8}$	_	3. $082 \times 10^3$		
制御車	-	9. $531 \times 10^7$	Ι	9. $240 \times 10^4$		

- 1.3.2 ボルトに作用する力
- (1) 第一ガスタービン発電機用ガスタービン

(単位:N)

	F	b i	Q	b i	
部材	弾性設計用地震動	甘海草の	弾性設計用地震動	甘海神雪野の	
	Sd 又は静的震度	基理地展期 5 S	Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
取付ボルト (i=2)	_	4. $008 \times 10^4$	_	$4.594 \times 10^{4}$	

### (2) 第一ガスタービン発電機(共通架台)

	F	K b i	${f Q}_{{ m K}{ m b}}{ m i}$			
部材	弾性設計用地震動	甘潍地電動の。	弾性設計用地震動	甘滩地雪動で。		
	Sd 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	Sd又は静的震度	苯毕地辰期355		
取付ボルト		E 007×104		7 400 × 105		
(i = 2)		5. 997 $\times 10^{-10}$		$7.499 \times 10^{\circ}$		

### 1.3.3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の部材,各取付部及びリンク連結部に作用する力

(単位:kN)

	部材		リンク音	『材に発生する荷重	取付部及に発生する荷重	リンク連結部に発生する荷重		
			F _A		FL	FL	_	
	発電機車	取付部上部						
	制御車	取付部上部						

72

(単位:N)

## 1.4 結論

- 1.4.1 車両の応力
  - (1) 第一ガスタービン発電機(車両)

対象機器    材料		<b>**</b> *川		亡士	弾性設計用地震動	Sd 又は静的震度	基準地震	€動S s	
	1/1 1/1	个十	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力		許容応力	
発電機車				組合せ	_		σ _{FbH} =372		
制御車				組合せ	_	—	σ _{FbH} =99		

すべて許容応力以下である。

- 1.4.2 ボルトの応力
- (1) 第一ガスタービン発電機用ガスタービン

部材    材料	++*\	++	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地類	震動S s	
	171 147	ルロノナ	算出応力	許容応力	算出応力		許容応力
取付ボルト		引張り			σ _{bt2} =200		
(i=2)		せん断	_		τ _{b2} =29		

すべて許容応力以下である。

(2) 第一ガスタービン発電機(共通架台)

弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動 S s 材料 部材 応力 算出応力 許容応力 算出応力 許容応力 引張り — ____ 取付ボルト  $\sigma_{\rm K\,b\,t\,2} = 390$ (i = 2)せん断 ____ ____  $\tau_{\rm K\,b\,2} = 203$ 

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi}$ =Min[1.4 ·  $f_{toi}$ -1.6 ·  $\tau_{Kbi}$ ,  $f_{toi}$ ]

73

(単位:MPa)







٦	

- 1.4.3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の応力及び荷重
- (1) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各部材

部材			材料	応力	算出応力	許容応力
発電機車	11、ノカ 地球 排入	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		引張り	41	
	リンク    後伸 4	小平部构		圧縮	40	
制御車	リンク機構 2	水平部材		引張り	40	
				圧縮	29	

すべて許容応力以下である。

(2) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の各取付部及びリンク連結部

部材			材料		発生荷重	許容荷重	1
発電機車	リンク機構 2	取付部上部			81.22		1
制御車	リンク機構1	取付部上部			69.85		

すべて許容応力以下である。

(3) 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の取付ボルト

部材			材料		応力	算出応力	許容応力		
発電機車	リンク 地球 ま 1	下部取付ボルト			引張り	35			
	リンク    () (時 1				せん断	105			
制御車	リンク機構 2	下部取付ボルト			引張り	40			
					せん断	103			

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{Kbi}, f_{toi}]$ 

(単位:kN)

1.4.4 機能の評価結果

機能の評価結果 (×9.8m/s ² )							
	機能維持評価用加速度*	機能	能確認済加速度				
第一ガスタービン発電機	水平	0.69					
(車両)	鉛直	0.71					
第一ガスタービン発電機	水平	0.69					
用ガスタービン	鉛直	0.71					

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

(単位:MPa)

(単位 MPa)

制御車(長辺方向)

第一ガスタービン発電機(車両)

発電機車(長辺方向)

第一ガスタービン発電機用ガスタービン

75

(短辺方向)

(長辺方向)

第一ガスタービン発電機(共通架台)

(短辺方向)

(長辺方向)

# V-2-10-1-2-2-2 第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの耐震性に ついての計算書

1. 概要 ·····	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 基本方針	7
4.2 ポンプの動的機能維持評価 ·····	8
4.2.1 評価対象部位	8
4.2.2 評価基準値	8
4.2.3 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2.4 評価方法	11
4.3 原動機の動的機能維持評価	14
5. 評価結果	14
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計 方針に基づき、第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ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。

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプは,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重 大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構 造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプは、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の 横軸ポンプであるため、構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポン プの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。また、第一ガスタービン発 電機用燃料移送ポンプは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリ ュー式ポンプであるため、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991追補版)(日 本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月)(以下「JEAG4601」という。)に て定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画


- 3. 構造強度評価
- 3.1 構造強度評価方法

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの構造強度評価は, V-2-1-14「計算書作 成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 3.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態の うち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。
    - 3.2.2 許容応力

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のう ち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【第一ガスタービン発電機用燃料移送ポ ンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
非常用電源 設備	非常用発電 装置	第一ガスタービン発電機用 燃料移送ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	<u> </u>	$D + P s_{AD} + M s_{AD} + S s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,及び「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+PsAD+MsAD+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

4

	許容限界*1,*2				
	(ボル	卜等)			
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
IV A S					
V A S	1.5 • f t*	1.5 • f s [*]			
(VASとしてIVASの許容限界を用いる。)					

表 3-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

∋亚 /≖ ☆/ ++	材料	温度条件		S y	S u	S y (R T)
計 (加 引 小)		(°C)	(°C)		(MPa)	(MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	50			_
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			_
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 4. 機能維持評価
- 4.1 基本方針

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に 記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、JEAG4601にて定 められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる応答加速度は, V-2-1-7「設計用応答曲線の作成方針」に基づき, 基準地震動Ssにより定まる設計用最大応答加速度(1.0ZPA)を設定する。

- (1) 第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプは地震後においてもその機能が維持 されるよう,動的機能維持の評価を行う。なお、本ポンプは、V-2-1-9「機能維持 の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため、機能維 持評価は、JEAG4601にて定められた評価部位の健全性を確認することで動 的機能維持の確認を行う。また、原動機については横形ころがり軸受機であるため、 V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。
- (2) 本ポンプは横置きの機器であることから、JEAG4601に従い構造的に一つ の剛体として取り扱う。

- 4.2 ポンプの動的機能維持評価
  - 4.2.1 評価対象部位

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプは,容量等がJEAG4601に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく,回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって,基本的な構成要素はJEAG4601に記載されている横形ポンプと同等であることから,JEAG4601に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い,以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト
- b. 取付ボルト
- c. 軸
- d. 軸受
- e. 摺動部(主ねじ部)
- f. メカニカルシール
- g. 軸継手

このうち「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従って評価を行い、「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。また、「g. 軸継手」は、軸受でスラスト荷重を受け持つことで軸継手にスラスト荷重が発生しない構造であるため、評価対象外とする。

以上より、本計算書においては、軸、軸受、摺動部(主ねじ部)及びメカニカ ルシールを評価対象部位とする。

#### 4.2.2 評価基準値

軸の許容応力は,軸の変形等による回転機能への影響を考慮し,軸の変形を弾 性範囲内に留めるよう,「その他のポンプ」の許容応力状態ⅢASに準拠し設定す る。摺動部(主ねじ部)については,主ねじとスリーブの接触による,回転機能, 移送機能への影響を考慮して主ねじとスリーブのクリアランスを評価基準とする。 軸受は,回転機能確保の観点より許容面圧を,メカニカルシールは,流体保持機 能確保の観点よりシール回転環の変位可能寸法を,評価基準値とする。

評価基準値を表 4-1 に示す。

評価部位	評価項目	単位	評価基準値(許容値)
軸	許容応力	MPa	
軸受	許容面圧	MPa	
摺動部(主ねじ部)	スリーブ間隙間	mm	
メカニカルシール	変位可能量	mm	

表 4-1 評価基準値(許容値)

4.2.3 記号の説明

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号 を表 4-2 に示す。

表 4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
а	軸端から支点Aまでの距離 (=02)	mm
Ar1	ラジアル荷重を受ける軸受Aの投影面積	$\mathrm{mm}^2$
Ar2	ラジアル荷重を受ける軸受Bの投影面積	$\mathrm{mm}^2$
As	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	$\mathrm{mm}^2$
b	軸端から支点Bまでの距離	mm
Сн	水平方向震度	—
Cv	鉛直方向震度	—
d	曲げモーメントが最大となる箇所の軸径	mm
Е	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
I 1	軸最小径での断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
I 2	シール面軸径での断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Q	軸長さ	mm
Q 1	支点間距離	mm
Q 2	軸端から支点Aまでの距離 (= a)	mm
М	最大曲げモーメント (MA, MBの大なる方)	N•mm
m 0	軸系総質量	kg
MA	支点Aの曲げモーメント	N•mm
Мв	支点Bの曲げモーメント	N•mm
Mp	ポンプ回転により作用するモーメント	N•mm
Ν	回転数(原動機の同期回転速度)	rpm
Р	原動機出力	kW
Pr1	ラジアル荷重による軸受Aの面圧	MPa
Pr2	ラジアル荷重による軸受Bの面圧	MPa
Ρs	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
Т	軸に作用するねじりモーメント	N•mm
W	地震力を考慮した軸等分布荷重	Ν
W 1	地震力を考慮した軸端部荷重	Ν
$W_2$	軸受にかかる通常運転時荷重	Ν
WR1	軸受Aにかかる地震時のラジアル荷重	Ν
WR2	軸受Bにかかる地震時のラジアル荷重	Ν
Ws	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	Ν
х	軸端からメカニカルシールシール面までの距離	mm
δ 1	摺動部(主ねじ部)における軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ2	シール面における軸のたわみ量	mm
π	円周率	—
au max	軸に生じる最大せん断応力	MPa

- 4.2.4 評価方法
  - (1) 軸

軸の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のねじりと 曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が、その許容応力値を下回ることを確認する。



図 4-1 軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力τmaxは次式で求める。

$$\tau_{\max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d^3}\right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \dots \quad (4.2.4.1)$$

ここで、ねじりモーメントTは T=MP ・・・・・・(4.2.4.2)

ここで、ポンプ回転により作用するモーメントMPは $MP = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^{6} \cdot P \cdots (4.2.4.3)$  $(1kW = 10^{6} N \cdot mm/s)$ 

支点Bの曲げモーメントMBは  $1^{2}$ 

$$M_{\rm B} = \frac{w \cdot b^2}{2} \qquad (4.2.4.5)$$

ここで、地震力を考慮した等分布荷重*w*は  $w = \frac{m0 \cdot g \cdot \sqrt{CH^2 + (1 + CV)^2}}{\varrho}$  .....(4.2.4.6) (2) 軸受

軸受の評価は、地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし、地震による荷重が軸受の許容荷重(許容面圧)以下であることを確認する。

a. 軸受Aのラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受Aの面圧は次式で求める。

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WR1は

W_{R1}=mo · g · 
$$\sqrt{C_{H}^{2} + (1 + C_{V})^{2}}$$
 .....(4.2.4.8)

b. 軸受Bのラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受Bの面圧は次式で求める。  $P_{R2} = \frac{W_{R2}}{A_{R2}}$  .....(4.2.4.9)

ここで、軸受にかかる地震時のラジアル荷重WR2は

W_{R2}=mo · g · 
$$\sqrt{C_{H}^{2} + (1 + C_{V})^{2}}$$
 ..... (4.2.4.10)

c. スラスト荷重 スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$Ps = \frac{Ws}{As} \qquad (4.2.4.11)$$

(3) 摺動部(主ねじ部)

摺動部の評価は、軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合の摺動 部(主ねじ部)における軸のたわみ量を算出し、発生するたわみ量が主ねじとス リーブ間隙間内であることを確認する。



摺動部(主ねじ部)における軸のたわみ量  $\delta_1$ は次式で求める。  $\delta_1 = \frac{5 \cdot w \cdot \ell_1^4}{384 \cdot E \cdot I_1} - \frac{(MA + MB) \cdot \ell_1^2}{16 \cdot E \cdot I_1} \quad \dots \dots \dots \dots \dots (4.2.4.13)$ 

(4) メカニカルシール

軸を単純はりとしてモデル化し、地震力が加わる場合のメカニカルシールシー ル面における軸の軸直角方向たわみ量を算出し、発生するたわみ量がメカニカル シール回転環の変位可能量を下回ることを確認する。



図 4-3 メカニカルシールの評価モデル

シール面における軸のたわみ量δ2は次式で求める。

$$\delta_{2} = \frac{W_{1} \cdot \ell_{2}^{3}}{6 \cdot E \cdot I_{2}} \cdot \left\{ \frac{x^{3}}{\ell_{2}^{3}} - \frac{3 \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})}{\ell_{2}^{2}} \cdot x + \frac{3 \cdot \ell_{1}}{\ell_{2}} + 2 \right\}$$

こで、地震力を考慮した軸端部荷重W1は  
W1=m0・g・
$$\sqrt{C_{H}^{2} + (1 + C_{V})^{2}}$$
 ······(4.2.4.15)

4.3 原動機の動的機能維持評価

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ用原動機の動的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の 基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ用原動機は、地震時動的機能維持が確認 された機種と類似の構造及び振動特性であるため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」 に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

			(,,
評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり	水平	4.7
	軸受電動機	鉛直	1.0

表 4-3 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合 の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,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することを確認した。

- (1) 構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### 【第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

				据付提证及び庄面高大 固有周期(s)		弾性設計用地震動	基準地震	€動Ss	· 나이 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	具有体田泪座 国田彊培派	日田酒陸汨庄
機器名称	設備分類	据刊場所及び床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	ホンノ振動 による震度	取高使用温度 (℃)	向囲瑔垷温度 (℃)
第 - ガスタービン発電 機用燃料移送ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	屋外 T. M. S. L. 12. 2 ^{*1}	*2	*2	_	—	С н=0.86	Cv = 0.95		66	50

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分小さく,計算は省略する。

1.1.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	Q 1 i *1 (mm)	Q 2 i *1 (mm)	d i (mm)	$A_{b i}$ (mm ² )	n i	n f i *1
基礎ボルト							4	2
(i = 1)							4	2
ポンプ取付ボルト							4	2
(i=2)							4	2
原動機取付ボルト							4	2
(i=3)							4	2

部材	S y i	S i	Π.		F 🗼		転倒方	向	
	(MPa)	(MPa)	Fi (MPa)	(MPa)		-	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	${ m M}_{ m p}$ (N $\cdot$ mm)
基礎ボルト (i=1)							_	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)			Ι				_	軸	_
原動機取付ボルト (i=3)			-				_	軸	_

Η P (μm)	N (rpm)	P (kW)
		1.5

注記*1:ボルトにおける上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2:周囲環境温度で算出

*3:最高使用温度で算出

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 ボルトに作用する力

		>	
(単位)	٠	N)	

	F۱	b i	Q b i		
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					
ポンプ取付ボルト (i=2)					
原動機取付ボルト (i=3)					

1.1.4 結論

(単位:MPa)

±7++	++北1	内土	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震	§動Ss
司1747	当初 材料		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	_	_		
( i =1)		せん断	_	_		
ポンプ取付ボルト		引張り	_	_		
(i=2)		せん断	_	_		
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	_	_		
		せん断	_	_		

すべて許容応力以下である。

注記 $*: f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

#### 1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称    形式		定格容量	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度
	形式	定倍存重 (m ³ /h)	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	x间及用值及 (℃)	(°C)
第一ガスタービン発電機用 燃料移送ポンプ	スクリュー式	3	屋外 T. M. S. L. 12. 2 ^{*1}	*2	*2	Сн=0.72	Cv = 0.80		66	50

注記*1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は十分小さく,計算は省略する。

機器名称	形式 出力 : (kW)	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		基準地震動 S s		ポンプ振動	最高使用温度	周囲環境温度	
		(kW)	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	による震度	(°C)	(°C)
<ul><li>第 一 ガス タ ー ビン 発 電</li><li>機用燃料移送ポンプ用</li><li>原動機</li></ul>	横形ころがり 軸受電動機	1.5	屋外 T. M. S. L. 12. 2*1	*2	*2	Сн=0.72	Cv = 0.80		66	50

注記*1:基準床レベルを示す。

17

*2:固有周期は十分小さく,計算は省略する。

1.2.2 機器要目

m 0	l	Q 1	Q 2	a	b	d	x
(kg)	(mm)						

A R 1	A r 2	A s	E	I 1	I 2	N	W 2
(mm ² )	(mm²)	(mm²)	(MPa)	(mm ⁴ )	(mm ⁴ )	(min ⁻¹ )	(N)

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.72	
	鉛直方向	0.80	_
	水平方向	0.72	4.7
原動機	鉛直方向	0.80	1.0

ポンプは、本文4.2.1項に基づき、以下の項目について評価する。 原動機は、機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 注記*:基準地震動Ssにより定める応答加速度とする。

1.2.3.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

18

 1.2.3.2.2.1 軸の応力評価
 (単位:MPa)

 評価部位
 材料
 発生応力
 許容応力

 軸
 1
 1
 1

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸受の評価 (単位:M						立:MPa)	
評価部位	荷重	発生面圧			許容面圧		
	ラジアル(原動機側)						
軸受	ラジアル(負荷側)						
	スラスト						

すべて許容面圧以下である。

(単位:mm)

#### 1.2.3.2.2.3 摺動部(主ねじ)の評価

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部(主ねじ)		

すべてスリーブ間隙間以下である。

1.2.3.2.2.4 メン	(単位:mm)	
評価部位	たわみ量	変位可能量
メカニカルシール		

すべて変位可能量以下である。





【基準地震動Ssの場合】

# V-2-10-1-2-2-3 第一ガスタービン発電機用燃料タンクの 耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 ·····	1
2. 一般事項 ······	1
2.1 構造計画 ······	1
3. 固有周期 ·····	3
3.1 固有周期の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価 ······	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.2 許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 第一ガスタービン発電機用燃料タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していること を説明するものである。

第一ガスタービン発電機用燃料タンクは常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和 設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお,第一ガスタービン発電機用燃料タンクは,V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横置 一胴円筒形容器であるため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-4 横置一胴円筒形容器の 耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



#### 3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一 ガスタービン発電機用燃料タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果 を表 3-1に示す。

表 3-1 固有	有周期 (単位:s)			
水平	0.028			
鉛直	0.007			

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添 付資料-4 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算 方法に基づき行う。ただし、第一ガスタービン発電機用燃料タンク周辺にある砂の影響は考慮 しない。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故 等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

#### 4.2.2 許容応力

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」 に基づき表 4-2 及び表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等 対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機用燃料タンクの耐震性 についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

施設	区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
非常用電源 設備	非常用発電 装置	常用発電第一ガスタービン発電機用常設耐震/防止 、 、 、 常設/緩和*2	*2		VAS (VASとして	
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	WASの許容限界
						を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,及び「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

		Ē	許容限界* ^{1,*2}	
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	ー次+二次+ ピーク応力
IV _A S VAS (VASとしてIVASの許容限 界を用いる。)	0.6•Su	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動S s のみによる疲 1.0以下であること。 ただし,地震動のみによる一 y以下であれば,疲労解析は ⁷	労解析を行い,疲労累積係数が 吹+二次応力の変動値が 2・S 下要。

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 許	·浴応力	(重大事故等ク	フス	2支持構造物)
---------	------	---------	----	---------

	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等以外)	許容限 (ボル	界*1, *2 /卜等)		
許容応力状態	一次応力	一次応力			
	引張り	引張り	せん断		
IV _A S VAS (VASとしてIVASの許容限 界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 • f t *	1.5 • f s *		

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条	温度条件		S y	S u	Sy(RT)	
		(C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
胴板	SM400B	最高使用温度	66	_	225	385	_	
	(16mm<厚さ≦40mm)							
H±n	SM400B	周田彊倍沮庇	50		221	304		
• احترا	(16mm<厚さ≦40mm)	<b>问四垛党</b> @反	50		201	554		
基礎ボルト	SNB7	国田壃培泪庄	FO		715	000		
	(径≦63mm)		50		(15	038		

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

#### 5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機用燃料タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果 を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有 していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【第一ガスタービン発電機用燃料タンクの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

## 1.1 設計条件

機器名称 設備分類 (	据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s		最高使用圧力	最高使用温度	周囲環境温度	比重	
	(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(MPa)	(°C)	(°C)		
第一ガスタービン 発電機用燃料タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	GTGLOT 内部 T.M.S.L.6.9*	0.028	0.007	_		Сн=0.68	Cv = 0.77	静水頭	66	50	

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m 1	m 2	тз	m 4	m 5	m 6	m 7
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
		_		_		

10

ℓ 1	ℓ 2	ℓ з	ℓ 4	ℓ 5	ℓ ₆	ℓ ₇	M₁	M₂	R 1	R 2
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(N⋅mm)	(N•mm)	(N)	(N)
				_						

m o	m s 1	m s 2	Di	t	t e	ℓo	h 1	h 2	θw	ℓ _w
(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(rad)	(mm)
			3200	20						

C 1	C 2	I s x	I sy	Zsx	Z s y	θo	θ
(mm)	(mm)	(mm ⁴ )	(mm ⁴ )	(mm ³ )	(mm ³ )	(rad)	(rad)





# K7 ① V-2-10-1-2-2-3 R1

A s	E s	G s	A s 1	A s 2	A s 3	A s 4 $(mm^2)$
(mm ² )	(MPa)	(MPa)	(mm ² )	(mm ² )	(mm²)	

K 1 1 *3	K 1 2 * 3	K 2 1 *3	K 2 2 *3	$K\ell_1$	Kł2	K c 1	K c 2	$C\ell_1$	C & 2	C c 1	C c 2

S	n	n 1	n 2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	$\begin{array}{c} A b \\ (mm^2) \end{array}$	d 1 (mm)	d 2 (mm)	dз (mm)

Sy(胴板)	S u(胴板)	S (胴板)	S y (脚)	S u (脚)	F (脚)	F *(脚)	Sy (基礎ボルト)	Su (基礎ボルト)	F (基礎ボルト)	F*(基礎ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
225 ^{*4}	385 ^{*4}	_	231*2	$394^{*2}$	_	276	715*2	838*2	_	586
(16mm<厚さ≦40mm)			(16mm<厚さ≦40mm)				(径≦63mm)			

注記*1:本計算においては当板を有効とした。

*2:周囲環境温度で算出

*3:表中で上段は一次応力、下段は二次応力の係数とする。

*4:最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

地震の種類		弾性設計用地震動	S d 又は静的震度		基準地震動S s				
地震の方向	長手	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応	
内圧による応力			_	_	$\sigma_{\phi_1} = 3$	σ _{x1} = 1	$\sigma_{\phi_1} = 3$	σ _{x1} =	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	_		_		$\sigma_{\phi 2} = 2$	_	$\sigma_{\phi 2} = 2$	_	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	_	_		_		$\sigma_{x_2} = 5$		σ _{x2} =	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	_	_	_	_	_	$\sigma_{x 6} = 4$		σ _{x6} =	
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	_	_				σ _{x413} = 3			
組合せ応力	-	• 	_		σ οί	= 12	<b>б</b> ос	= 10	

12

(2) 一次応力									(単位:MPa)
the second secon	地震の種類	į	弹性設計用地震動	S d 又は静的震度			基準地震	§動S s	
地震の方向長		長手	方向     横		方向	長手	方向	横方向	
応	「力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	J	—	_	—	—	$\sigma_{\phi_1} = 3$	$\sigma_{x_1} = 1$	$\sigma_{\phi_1} = 3$	$\sigma_{x_1} = 1$
内圧による応力 (鉛直方向地震時	〕 手)		_	_	_	$\sigma_{\phi 2} = 2$	_	$\sigma_{\phi 2} = 2$	_
運転時質量による長手 モーメントにより生じ	方向曲げ こる応力	—	_	_	—	_	$\sigma_{x 2} = 5$	_	$\sigma_{x_2} = 5$
鉛直方向地震による長手 モーメントにより生じ	≤方向曲げ ンる応力	_	_	_	—	_	$\sigma_{x 6} = 4$	_	$\sigma_{x 6} = 4$
運転時質量による脚 により生じる応知	N反力 力	_	_	_	—	σ _{φ3} = 5	σ _{x3} = 11	$\sigma_{\phi 3} = 5$	σ _{x3} = 11
鉛直方向地震による により生じる応知	脚反力 力	_	_	_	—	$\sigma_{\phi 71} = 4$	$\sigma_{x71} = 9$	$\sigma_{\phi 71} = 4$	$\sigma_{x71} = 9$
水平方向地震 による応力	引張り			_	_	$\sigma_{\phi 411} = 7$ $\sigma_{\phi 412} = 3$ $\sigma_{\phi 41} = 10$	$\sigma_{x 4 1 1} = 3$ $\sigma_{x 4 1 2} = 7$ $\sigma_{x 4 1} = 12$	$\sigma_{\phi51}=9$	σ _{x 51} = 23
せん断					_	τ ε=	= 13	$\tau$ c = 3	
組合せ応力					_	σ 1ℓ	= 47	<b>σ</b> 1 c	= 52

(単位:

MPa)
艺力
1
5
4

凥	动	
=	1	
-		
=	5	
=	4	
=	11	
=	9	
_	23	
_		

(3) 地震動のみ	による一次応	力と二次応力の和	の変動値						(単位:MPa)	
	地震の種類		弹性設計用地震動	Sd又は静的震度	:	基準地震動S s				
	地震の方向	長手	方向	横方向		長手方向		横方向		
	応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による」 (鉛直方向地類	、 芯力 震時)			_		$\sigma_{\phi 2} = 2$	_	$\sigma_{\phi_2} = 2$	_	
鉛直方向地震による 曲げモーメントにより	る長手方向 り生じる応力					_	$\sigma_{x 6} = 4$		$\sigma_{x 6} = 4$	
鉛直方向地震によ	る脚反力	_	_			$\sigma_{\phi 7 1} = 4$	$\sigma_{x71} = 9$	$\sigma_{\phi 71} = 4$	$\sigma_{x 7 1} = 9$	
により生じる	応力	—	—	—		$\sigma_{\phi 72} = 33$	σ _{x 7 2} = 19	$\sigma_{\phi 72} = 33$	σ _{x 7 2} = 19	
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41} = 10$	$\sigma_{x 4 1} = 12$	$\sigma_{\phi 51} = 9$	$\sigma_{x 5 1} = 23$	
水可十百些雪		—	—			$\sigma_{\phi 421} = 6$	$\sigma_{x 4 2 1} = 10$			
ホギガ回地展による広力	分振り			_	_	$\sigma_{\phi 422} = 26$	$\sigma_{x 4 2 2} = 15$	$\sigma_{\phi 52} = 70$	σ _{x 5 2} = 29	
による応力		_	_			$\sigma_{\phi 42} = 31$	σ _{x42} = 25			
	せん断		_			τι	= 13	τ с=	= 3	
組合せ応え	力 					$\sigma_{2}\ell = 173$		$\sigma_{2c} = 231$		

13

### 1.3.2 脚に生じる応力

(単位:MPa)

					(+ ±. • m a)	
	地震の種類	弹性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動S s		
	地震の方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
運転時質量による応力	圧縮	—		$\sigma_{s_1}=2$	$\sigma_{s_1} = 2$	
鉛直方向地震による応力	圧縮			σ _{s4} = 2	$\sigma_{s4} = 2$	
水亚古白地電に下る広力	曲げ			σ _{s2} = 16	$\sigma_{s_3} = 4$	
小十刀円地展による応力	せん断			$\tau$ s $_2 = 7$	$\tau_{s3} = 5$	
組合せ応力	J			$\sigma_{s}\ell = 23$	$\sigma_{\rm sc} = 11$	

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

	地震の種類	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動S s		
	地震の方向	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
鉛直方向地震及び水	alae n					
平方向地震による応力	列張り		_	$\sigma$ b ₁ = 61	$\sigma$ b 2 = 16	
水平方向地震による	) by ber					
応力	セん町	_	_	$\tau$ b 1 = 36	$\tau$ b 2 = 18	

## 1.4 結論

1.4.1 固	有周期 (単位:s)
方向	固有周期
長手方向	$T_{1} = 0.028$
横方向	$T_2 = 0.022$
鉛直方向	$T_{3} = 0.007$

1.4.2 応力

(単位:MPa)

	材料	応力	弹性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動S s						
部材			算出応力	算出応力	算出応力	許容応力					
		一次一般膜			$\sigma_0 = 12$	$S_{a} = 231$					
胴板	SM400B	一次		_	$\sigma_{1} = 52$	$S_{a} = 346$					
		一次+二次	_	_	$\sigma_{2} = 231$	$S_{a} = 450$					
脚	SM400B	組合せ	_	_	$\sigma$ s = 23	$f_{\rm t} = 276$					
甘7世-12 A 1	SNB7	引張り	_	_	$\sigma$ b = 61	$f_{\rm t \ s} = \ 439^*$					
基礎ホルト		せん断	_	_	τ b= 36	$f_{\rm t\ b} = 338$					

すべて許容応力以下である。

注記*:fts=Min[1.4・fto-1.6・てb, fto]

V-2-10-1-2-2-4 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の 耐震性についての計算書 目

次
---

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格·基準等 ······	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.4.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の記号の説明 ・・・・・・・・・・	5
2.4.2 架台の記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
2.5 計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3. 評価部位	10
4. 構造強度評価	11
4.1 構造強度評価方法	11
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
4.2.2 許容応力	11
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
4.3 設計用加速度	16
4.4 計算方法	18
4.4.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	18
4.5 計算条件	28
4.5.1 胴の応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.5.2 取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.5.3 架台取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
4.6.1 胴の応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
4.6.2 ボルトの応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
5. 評価結果	34
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	34
5.1.1 構造強度評価結果	34
1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針 に基づき、第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽が設計用地震力に対して十分な構造 強度を有していることを説明するものである。

また,間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは, V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」で説明している。

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽は,重大事故等対処設備においては常設耐震 重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処 設備としての構造強度評価を示す。

なお,第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽は,V-2-1-14「計算書作成の方法」に 記載の平底たて置円筒形容器であるため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付書類-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」を参考として評価を 実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計画	の概要		
基礎·支持構造	主体構造	·	
燃料小出し槽	上面に屋根板	【第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽】	
は取付ボルト	及び下面に底		
により架台に	板を有する縦		
固定する。ま	型平底円筒式		
た,架台は架台	容器		
取付ボルトに			
より車体に固			
定する。			
		(単位:mm)	

#### 2.2 評価方針

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本 方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」 にて示す第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の部位を踏まえ「3. 評価部位」に て設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、V-2-10-1-2-2-1「第 ーガスタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた設 計用加速度を用い、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。 確認結果を「5. 評価結果」に示す。

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震評価フローを図2-1に示す。



図2-1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補
   -1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気 協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

2.4.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の記号の説明

記号	記号の説明	単位
A _b i	取付ボルトの軸断面積*	$\mathrm{mm}^2$
a _H	水平方向設計用加速度	$m/s^2$
a _v	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$
C _c	取付ボルト計算における係数	—
$C_{\rm t}$	取付ボルト計算における係数	—
D _b I	底板の内径	mm
$D_{b\ o}$	底板の外径	mm
D _c	取付ボルトのピッチ円直径	mm
DI	胴の内径	mm
d i	ボルトの呼び径*	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
е	取付ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F . *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*	MPa
F _c	取付面に作用する圧縮力	Ν
$F_{\rm t}$	取付ボルトに作用する引張力	Ν
$f_{ m b}$	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
$f$ $_{ m c}$	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力*	MPa
$f_{ m t~o~i}$	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力*	MPa
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
Н	水頭	mm
k	取付ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$\ell_1$ , $\ell_2$	取付ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
l g	取付面から容器重心までの距離	mm
$M_{s}$	取付面に作用する転倒モーメント	N•mm
m ₀	燃料小出し槽の質量	kg
m _e	燃料小出し槽の空質量	kg
n i	取付ボルトの本数*	—
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S _a	胴の許容応力	MPa

記号	記号の説明						
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*	MPa					
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*	MPa					
S _y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃	MPa					
	における値						
s	取付ボルトと取付面の縦弾性係数比						
t	胴板の厚さ						
t 1	取付ボルト面積相当板幅						
t 2	圧縮側取付面相当幅	mm					
Z	取付ボルト計算における係数	—					
α	取付ボルト計算における中立軸を定める角度	rad					
η	座屈応力に対する安全率	—					
π	円周率(=3.14159)	—					
$\rho$ ,	液体の密度(=比重×10 ⁻⁶ )	$kg/mm^3$					
σ ₀	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa					
σос	胴の組合せ圧縮応力						
σ _{ot}	胴の組合せ引張応力						
σ ₂	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値						
σ ₂ φ	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa					
σ2с	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値(圧縮側)	MPa					
<b>σ</b> 2 t	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値(引張側)	MPa					
σ _{2хс}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(圧縮側)	MPa					
σ _{2 x t}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(引張側)	MPa					
σ _{bi}	取付ボルトに生じる引張応力*						
σ _{сі}	取付部に生じる圧縮応力*						
$\sigma_{x1}$ , $\sigma_{\Phi1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa					
σ _{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa					
σ _х з	胴の鉛直方向地震による軸方向応力						
σ χ 4	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力						
σ _{хс}	胴の軸方向応力の和(圧縮側)						
σ _{x t}	胴の軸方向応力の和(引張側)						
σφ	胴の周方向応力の和						
σ φ 2	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力						
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa					
Тbi	取付ボルトに生じるせん断応力*						

記号	記号の説明	単位
$\Phi_{1}\left(  _{X}\right)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\Phi_{2}\left( \left. \mathbf{x} \right.  ight)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注記*: $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ *,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $n_i$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $\sigma_{bi}$ ,

 $\sigma_{ci}$ 及び  $\tau_{bi}$ の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

i=1:基礎ボルト, i=2:取付ボルト

2.4.2 架台の記号の記り
----------------

記号	記号の説明					
Aĸь i	ボルトの軸断面積*1					
a _{KH}	水平方向設計用加速度					
a _{KV}	鉛直方向設計用加速度					
d _{K i}	ボルトの呼び径*1	mm				
F , *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa				
F _{Kbi}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)*1	Ν				
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa				
$f_{ m t\ o\ i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa				
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1					
g	重力加速度(=9.80665)					
h _{K i}	据付面又は取付面から重心までの距離*2					
ℓ _{K1 i}	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3					
ℓ _{K2i}	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3					
m _{K i}	質量*2					
n _{K i}	ボルトの本数*1					
n _{Kfi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1					
$Q_{\mathrm{K}\mathrm{b}\mathrm{i}}$	ボルトに作用するせん断力*1					
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa				
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1					
π	円周率(=3.14159)					
σ _{Kbi}	ボルトに生じる引張応力*1					
τкьі	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa				

注記*1: $A_{Kbi}$ ,  $d_{Ki}$ ,  $F_i$ *,  $F_{Kbi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $\ell_{K1i}$ ,

 $l_{K2i}$ ,  $n_{Ki}$ ,  $n_{Kfi}$ ,  $Q_{Kbi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $\sigma_{Kbi}$ 及び $\tau_{Kbi}$ の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

i=1:基礎ボルト, i=2:取付ボルト

*2: h_{Ki}及びm_{Ki}の添字iの意味は、以下のとおりとする。

i =1: 据付面, i =2: 取付面

 $\ast 3:\ell_{K\,1\ i} \!\leq \! \ell_{K\,2\ i}$ 

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	°C	_	—	整数位
質量	kg	_		整数位
長さ	mm	_		整数位*1
面積	$\mathrm{mm}^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
加速度	$m/s^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は,小数点以下第1位表示とする。 *2:絶対値が1000以上のときは,べき数表示とする。

*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及 び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位 までの値とする。

#### 3. 評価部位

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震評価は,「4.1 構造強度評価方法」に 示す条件に基づき,耐震評価上厳しくなる胴板並びに支持構造物である取付ボルト及び 架台取付ボルトについて実施する。

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震評価箇所については,表2-1の概略構 造図に示す。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法
  - (1) 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の応力計算モデルは1質点系とする。
  - (2) 加振試験により測定された第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の頂部におけ る応答加速度の1.2倍を用いて発生応力を算出し応力評価を行う。
  - (3) 胴をはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
  - (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の荷重の組合せ及び許容応力状態のう ち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の 基本方針」に基づき表4-2及び表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の使用材料の許容応力評価条件のうち 重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-4に示す。

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_{D} + M_{D} + S s^{*3}$	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	第一ガスタービン発 電機用燃料小出し槽	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3: 「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1,*2					
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+	一次一一次六十	一次+二次+		
		一次曲げ応力	一次十二次応力	ピーク応力		
IV _A S	0.6•Su	左欄の1 5座の値	基準地震動Ssのみによる疲労解析を行い,疲労累積係数が1.0以下であること。			
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		左欄の1.5倍の値	の変動値が2・Sy以下 は不要。	であれば、疲労解析		

表4-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

	許容限界*1,*2			
苏宏广力也能	(ボルト等)			
計谷応刀状態	一次応力			
	引張り	せん断		
IV _A S				
V _A S	1.5 • f +*	1.5 • f .*		
(V _A SとしてIV _A Sの				
許容限界を用いる。)				

表4-3 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
胴		周囲環境温度	40				
取付ボルト		周囲環境温度	40				
架台取付ボルト		周囲環境温度	40				

表4-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

4.3 設計用加速度

構造強度評価に用いる入力加速度には、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた第一ガスタービン発電機 用燃料小出し槽の設計用加速度を用いる。

設計用加速度を表4-5に示す。

据付場所 及び床面高さ (m)	弾性設計用地震動Sd		基準地震動 S s	
	又は静的震度		$(m/s^2)$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
	設計震度	設計震度	設計用加速度	設計用加速度
7号機タービン建屋南側の屋外				
T.M.S.L.12.2 *				

表4-5 設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

- 4.4 計算方法
  - 4.4.1 応力の計算方法
    - (1) 燃料小出し槽の胴及び取付ボルトの計算方法 燃料小出し槽の胴及び取付ボルトの概要図を図4-1に,取付部の荷重説明図を 図4-2に示す。



図4-1 燃料小出し槽の胴及び取付ボルト 概要図



図4-2 取付部の荷重説明図

- a. 燃料小出し槽の胴の計算方法
  - (a) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\Phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_{I}}{2 \cdot t} \quad \dots \quad (4. 4. 1. 1)$$

$$\sigma_{\Phi 2} = \frac{\rho' \cdot H \cdot D_{I} \cdot a_{V}}{2 \cdot t} \quad \dots \quad (4. 4. 1. 2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots \quad (4. 4. 1. 3)$$

(b) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力 胴が底板と接合する点には,胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震 による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_I + t) \cdot t} \quad \dots \quad (4.4.1.4)$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_{e} \cdot a_{V}}{\pi \cdot (D_{I} + t) \cdot t} \quad \cdots \quad (4.4.1.5)$$

(c) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴は底板接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次 のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g}{\pi \cdot (D_I + t)^2 \cdot t} \quad \dots \quad (4.4.1.6)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot \mathbf{m}_{0} \cdot \mathbf{a}_{H}}{\pi \cdot (\mathbf{D}_{I} + \mathbf{t}) \cdot \mathbf{t}} \quad \cdots \quad (4.4.1.7)$$

(d) 組合せ応力

(a)~(c)項によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

- イ. 一次一般膜応力
- (イ) 組合せ引張応力

 $\sigma_{\Phi} = \sigma_{\Phi 1} + \sigma_{\Phi 2} \qquad \cdots \qquad (4. 4. 1. 8)$ 

$$\sigma_{0 t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\Phi} + \sigma_{x t} + \sqrt{\left(\sigma_{\Phi} - \sigma_{x t}\right)^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\} \cdots (4.4.1.9)$$

ここで,絶対値和とSRSS法より,保守的に絶対値和を使用する。 【絶対値和】

$$σ_{x t} = σ_{x 1} - σ_{x 2} + σ_{x 3} + σ_{x 4}$$
(4.4.1.10)
  
[SRSS法]

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 3}^{2} + \sigma_{x 4}^{2}} \quad \cdots \quad (4.4.1.11)$$

(ロ) 組合せ圧縮応力

 $\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi_1} - \sigma_{\phi_2} \cdots (4.4.1.12)$  $\sigma_{x}$ 。が正の値(圧縮側)のときは、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{0 c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{x c} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi} - \sigma_{x c}\right)^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\} \quad \dots \quad (4.4.1.13)$$

ここで,絶対値和とSRSS法より,保守的に絶対値和を使用する。 【絶対値和】

 $σ_{xc} = - \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \quad \dots \quad (4.4.1.14)$ [SRSS法]

$$\sigma_{x c} = -\sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 3}^{2} + \sigma_{x 4}^{2}} \quad \cdots \quad (4.4.1.15)$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は  
$$\sigma_0 = Max \{ 組合せ引張応力 (\sigma_{0t}), 組合せ圧縮応力 (\sigma_{0c}) \}$$
  
..... (4.4.1.16)

- ロ. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値
  - (イ) 組合せ引張応力

$$\sigma_{2t} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xt} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xt})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \quad \dots \quad (4.4.1.17)$$
  
ここで  

$$\sigma_{2\phi} = \sigma_{\phi 2} \quad \dots \quad (4.4.1.18)$$
  

$$\sigma_{2xt} \text{ id}, 絶対値和とSRSS法より, 保守的に絶対値和を使用する。
【絶対値和】
$$\sigma_{2xt} = \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \quad \dots \quad (4.4.1.19)$$
  
【SRSS法】  

$$\sigma_{2xt} = \sqrt{\sigma_{x3}^{2} + \sigma_{x4}^{2}} \quad \dots \quad (4.4.1.20)$$$$

(ロ) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2\Phi} + \sigma_{2xc} + \sqrt{\left(\sigma_{2\Phi} - \sigma_{2xc}\right)^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \dots \quad (4.4.1.21)$$

$$\Xi \equiv \mathfrak{C}$$

$$\sigma_{2\Phi} = -\sigma_{\Phi 2} \qquad \cdots \qquad (4.4.1.22)$$

σ_{2x}。は,絶対値和とSRSS法より,保守的に絶対値和を使用する。 【絶対値和】

 $\sigma_{2 x c} = \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4}$  ..... (4.4.1.23) [SRSS法]

$$\sigma_{2 \text{ x c}} = \sqrt{\sigma_{x 3}^{2} + \sigma_{x 4}^{2}} \quad \cdots \quad (4.4.1.24)$$

したがって, 胴の地震力のみによる一次応力と二次応力の和の変動値 の最大値は, 次式による。

$$\sigma_{2} = Max \left\{ 組合せ引張応力 \left( \sigma_{2t} \right), 組合せ圧縮応力 \left( \sigma_{2c} \right) \right\}$$
.....(4.4.1.25)

- b. 取付ボルトの計算方法
  - (a) 引張応力

転倒モーメントが作用した場合に生じる取付ボルトの引張荷重と取付部の 圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求め る。(図4-2参照)

 イ. σ_{b2}, σ_{c2}を仮定して取付ボルトの応力計算における中立軸の荷重係 数kを求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_{b 2}}{s \cdot \sigma_{c 2}}} \quad \dots \quad (4. 4. 1. 26)$$

ロ. 取付ボルトの応力計算における中立軸を定める角度  $\alpha$ を求める。  $\alpha = \cos^{-1}(1 - 2 \cdot k)$  ····· (4.4.1.27)

ハ. 各定数 e, z, C_t, 及び C_cを求める。  

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\}$$
..... (4.4.1.28)

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right)$$

 $\cdots (4.4.1.29)$ 

$$C_{t} = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha} \quad \dots \quad (4.4.1.30)$$

$$C_{c} = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \quad \cdots \quad (4. 4. 1. 31)$$

ニ. 各定数を用いて、F_t及びF_cを求める。
 【絶対値和】

$$F_{t} = \frac{M_{s} - (g - a_{V}) \cdot m_{0} \cdot z \cdot D_{c}}{e \cdot D_{c}} \quad \dots \quad (4.4.1.32)$$

$$F_{c} = F_{t} + (g - a_{V}) \cdot m_{0} \quad \cdots \quad (4.4.1.33)$$

【SRSS法】

$$F_{t} = \frac{\sqrt{M_{s}^{2} + (a_{v} \cdot m_{0} \cdot z \cdot D_{c})^{2}}}{e \cdot D_{c}} - \frac{z}{e} \cdot m_{0} \cdot g$$

$$\cdots (4. 4. 1. 34)$$

$$F_{c} = \frac{\sqrt{M_{s}^{2} + (a_{V} \cdot m_{0} \cdot (z - e) \cdot D_{c})^{2}}}{e \cdot D_{c}} + (1 - \frac{z}{e}) \cdot m_{0} \cdot g$$

$$\cdots \cdots (4.4.1.35)$$

$$\sub{C},$$
  
 $M_{s} = a_{H} \cdot m_{0} \cdot \ell_{g} \quad \cdots \quad (4.4.1.36)$ 

取付ボルトに引張力が作用しないのは、 $\alpha$ が $\pi$ に等しくなったときであ り、式(4.4.1.28)及び式(4.4.1.29)において $\alpha$ を $\pi$ に近づけた場合の値 e =0.75, z = 0.25を式(4.4.1.32)又は、式(4.4.1.34)に代入して得られる F_tの値によって引張力の有無を判定する。

 $F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

F_t>0ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

ホ. σ_{b2}及びσ_{c2}を求める。

$$\sigma_{b2} = \frac{2 \cdot F_{t}}{t_{1} \cdot D_{c} \cdot C_{t}} \quad \cdots \quad (4.4.1.37)$$

$$\sigma_{c2} = \frac{2 \cdot F_{c}}{\left(t_{2} + s \cdot t_{1}\right) \cdot D_{c} \cdot C_{c}} \quad \cdots \quad (4.4.1.38)$$

t 
$$_{1} = \frac{n_{2} \cdot A_{b2}}{\pi \cdot D_{c}} \quad \dots \quad (4.4.1.39)$$

$$t_{2} = \frac{1}{2} \cdot (D_{b o} - D_{b I}) - t_{1} \cdots (4.4.1.40)$$

$$A_{b 2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2}^{2} \cdots (4.4.1.41)$$

 $\sigma_{b2}$ 及び $\sigma_{c2}$ はイ項にて仮定した値と十分に近似していることを確認 する。この場合 $\sigma_{b2}$ 及び $\sigma_{c2}$ を取付ボルトと取付面に生じる応力とする。

(b) せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{m_0 \cdot a_H}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots \quad (4.4.1.42)$$

(2) 架台取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は,設計用加速度により作用するモーメントによって生じる 引張力とせん断力について計算する。

図4-3 計算モデル図(短辺方向転倒)

図4-4 計算モデル図(長辺方向転倒) (短辺方向転倒及び長辺方向転倒(g-a_{KV}) <0の場合) a. 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図4-3及び図4-4でそれぞれのボルトを支点 とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

短辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{Kb2} = \frac{m_{K2} \cdot a_{KH} \cdot h_{K2} - m_{K2} \cdot (g - a_{KV}) \cdot \ell_{K22}}{n_{Kf2} \cdot (\ell_{K12} + \ell_{K22})} \quad \dots \quad (4.4.1.43)$$

長辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{Kb2} = \frac{m_{K2} \cdot a_{KH} \cdot h_{K2} - m_{K2} \cdot (g - a_{KV}) \cdot \ell_{K22}}{n_{Kf2} \cdot (\ell_{K12} + \ell_{K22})} \quad \dots \quad (4.4.1.44)$$

短辺方向転倒の引張応力計算式

$$\sigma_{Kb2} = \frac{F_{Kb2}}{A_{Kb2}} \cdots (4.4.1.45)$$

長辺方向転倒の引張応力計算式

$$\sigma_{\rm K \ b \ 2} = \frac{F_{\rm K \ b \ 2}}{A_{\rm K \ b \ 2}} \quad \cdots \quad (4. \ 4. \ 1. \ 46)$$

σ_{Kb2}は,上式で得られる大きい方の値とする。

ここで、ボルトの軸断面積Акь2は次式により求める。

$$A_{K b 2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{K 2}^{2} \cdots (4.4.1.47)$$

b. せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 Q_{Kb2}=m_{K2}・a_{KH} ・・・・・ (4.4.1.48)

せん断応力

$$\tau_{\rm K \ b \ 2} = \frac{{\rm Q}_{\rm K \ b \ 2}}{{\rm n}_{\rm K \ 2} \cdot {\rm A}_{\rm K \ b \ 2}} \quad \cdots \quad (4. \ 4. \ 1. \ 49)$$

4.5 計算条件

4.5.1 胴の応力計算条件

胴の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第一ガスタービン発 電機用燃料小出し槽の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示 す。

4.5.3 架台取付ボルトの応力計算条件

架台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目 に示す。

#### 4.6 応力の評価

- 4.6.1 胴の応力評価
  - (1) 4.4.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Sa以下であること。ただし、Saは下表による。

	許容応力Sa						
亡士の任哲	弾性設計用地震動Sd又は静的	基準地震動 S s による荷					
心力如果規	震度による荷重との組合せの場	重との組合せの場合					
	合						
	設計降伏点 S y と設計引張強さ	設計引張強さSuの0.6					
	S u の0.6倍のいずれか小さい方	倍					
	の値。ただし,オーステナイト系						
一次一般膜応力	ステンレス鋼及び高ニッケル合						
	金にあっては許容引張応力Sの						
	1.2倍の方が大きい場合は,この						
	大きい方の値とする。						
一次応力と	地震動のみによる一次応力と二次	応力の和の変動値が設計					
二次応力の和	降伏点Syの2倍以下であれば,ヲ	皮労解析は不要とする。					

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

(2) 圧縮膜応力(圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ)は次式を満足すること。 (座屈の評価)

$$\frac{\eta \cdot \left(\sigma_{x 2} + \sigma_{x 3}\right)}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x 4}}{f_{b}} \leq 1 \quad \cdots \quad (4.6.1.1)$$

ここで
$$f_{c}$$
は次による。  

$$\frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \geq \delta$$

$$f_{c} = F \quad \cdots \quad (4.6.1.2)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \succeq \rightleftharpoons$$

$$f_{c} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \Phi_{I} \left( \frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\dots \qquad (4. \ 6. \ 1. \ 3)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \mathcal{O} \geq \mathfrak{E}$$

$$f_{c} = \Phi_{1} \left( \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right) \quad \cdots \quad (4. \ 6. \ 1. \ 4)$$

ただし $\Phi_1$ (x)は次の関数を使用する。

$$\Phi_{1}(\mathbf{x}) = 0.6 \cdot \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{x}} \cdot \left[ 1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \mathbf{e} \ \mathbf{x} \ \mathbf{p} \left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\mathbf{x}} \right) \right\} \right] \cdots (4.6.1.5)$$

また, fbは次による。

$$\frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \succeq \overset{}{\approx} f_{b} = F \quad \cdots \quad (4. \ 6. \ 1. \ 6)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \succeq \bigstar$$

$$f_{b} = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \Phi_{2} \left( \frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\dots (4.6.1.7)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \mathcal{O} \geq \overset{*}{\geq}$$

$$f_{b} = \Phi_{2} \left( \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right) \quad \dots \quad (4.6.1.8)$$

ただし $\Phi_2$ (x)は次の関数を使用する。

$$\Phi_{2}(\mathbf{x}) = 0.6 \cdot \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{x}} \cdot \left[ 1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \mathbf{e} \ \mathbf{x} \ \mathbf{p} \left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\mathbf{x}} \right) \right\} \right] \quad \dots \quad (4.6.1.9)$$

ηは安全率で次による。

$$\frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \geq \mathfrak{F}$$
$$\eta = 1 \quad \cdots \quad (4. \, 6. \, 1. \, 10)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \succeq \overset{}{\underset{}{\underset{}}{\underset{}}{\underset{}}{} = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left(\frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F}\right) \quad \dots \quad (4.6.1.11)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_{I} + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \qquad \qquad \mathcal{O} \ \xi \ \xi \\ \eta = 1.5 \qquad \cdots \qquad (4. \ 6. \ 1. \ 12)$$

- 4.6.2 ボルトの応力の評価
  - (1) 取付ボルト

4.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{t \text{ s i}} = \operatorname{Min} \left[ 1.4 \cdot f_{t \text{ o i}} - 1.6 \cdot \tau_{b \text{ i}}, f_{t \text{ o i}} \right] \qquad (4.6.2.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 f _{toi}	$\frac{\mathrm{F_{i}}^{*}}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

(2) 架台取付ボルト

4.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{Kbi}$ は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = Min \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm K \ b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right]$$
 (4.6.2.2)

せん断応力 $\tau_{Kbi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> _{t o i}	$\frac{\mathrm{F_{i}}}{2}^{*} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐 震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して 十分な構造強度を有している事を確認した。

5.1.1 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

#### 1.1.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽(胴及び取付ボルト)

			弾性設計用地震動 S d		基準地震動S s				
		据付場所	又は静	的震度	(m/	/s ² )	最高使用	最高使用	周
機器名称	設備分類	及び床面高さ	水亚士向	<b>秋古士</b> 向	水平方向	<b>扒古士</b> 向	圧力	温度	ž.
		(m)	水平万间 設計震度	_{五巨万円} 設計震度	設計用加速度	設計用加速度	(MPa)	(°C)	(
					(長辺方向)				
第一ガスタービン発雪機田	党 設 耐 雲 / 防 止	7号機タービン建屋							
	市政間辰/ 約正	南側の屋外	—	—			静水頭	40	
	市政/ 极阳	T.M.S.L.12.2 *							

注記*:基準床レベルを示す。

1.1.2 架台取付ボルト

機器名称 設備分数		据付場所	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s (m/s ² )		周囲環境
	設備分類	及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (長辺方向)	鉛直方向 設計用加速度	温度 (℃)
架台取付ボルト	常設耐震/防止 常設/緩和	7号機タービン建屋 南側の屋外 T.M.S.L.12.2 *	_	_			40

注記*:基準床レベルを示す。

囲環境 温度 (℃) 40

1.2 機器要目

# 1.2.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽(胴及び取付ボルト)

部材	m ₀ (kg)	m _e (kg)	D _I (mm)	t (mm)	E (MPa)	S	n i
取付ボルト (i=2)							

	D	D	D	1	٨	${ m M}_{ m s}$ (N $\cdot$ mm)		
部材	$D_{\rm C}$			(mm)	$A_{b i}$	弾性設計用地震動	甘滩地電動で。	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(11111)	Sd又は静的震度	苯毕地辰到55	
取付ボルト							$6.292 \times 10^{6}$	
(i = 2)						_	$0.525 \times 10^{-5}$	

±77++	S _y (胴)	S _u (胴)	S (胴)	S _{y i} (取付ボルト)	S _{ui} (取付ボルト)	F (胴)	F i* (取付ボルト)
旦り4月	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
取付ボルト							
(i = 2)							

注記*1:最高使用温度で算出

*2:周囲環境温度で算出


1.2.2 架台取付ボルト

部材	m _{Ki} (kg)	h _{K i} (mm)	d _{K i} (mm)	$A_{K b i}$ (mm ² )	n _{K i}	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)
取付ボルト (i=2)							

	0 *	0 *		F *	転倒	方向	
部材	$\ell_{\rm K1i}$	$\mathcal{U}_{K2i}$	n _{Kfi} *	F _i (MPa)	弾性設計用地震動	ま 淮 地 雪 動 ら 。	
	(1111)			(MI a)	Sd又は静的震度	本中地辰朝555 	
取付ボルト						何四十百	
(i = 2)					_	湿边力问	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

## 1.3 計算数値

- 1.3.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽(胴及び取付ボルト)
- (1) 胴に生じる応力
  - a. 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		弾性設計用	地震動Sd又)	は静的震度	基準地震動 S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力	ל				$\sigma_{\Phi 1} = 1$		
鉛直方向地震による引	張応力	—	_	—	$\sigma_{\Phi 2} = 2$	—	_
空質量による圧縮応力		—	_	—	_	$\sigma_{x 2} = 1$	_
鉛直方向地震による軸方向応力		_	_	_	_	$\sigma_{x 3} = 1$	_
水平方向地震による圧	縮応力	—	_	—	_	$\sigma_{x4} = 3$	$\tau = 4$
ドカの知	引張側				$\sigma \Phi = 3$	$\sigma_{x t} = 3$	
ルロノナロノオロ	圧縮側				$\sigma_{\Phi} = -3$	$\sigma_{\rm xc} = 3$	
如人让虎士	引張り		_			$\sigma_{0 t} = 6$	
	圧縮		_		$\sigma_{0 c} = 5$		

b. 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用地震動Sd又は静的震度			基準地震動S s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\Phi 2} = 2$	$\sigma_{x 3} = 1$	—
水平方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x4} = 3$	$\tau = 4$
the los to	引張側				$\sigma_{2\Phi} = 2$	$\sigma_{2 x t} = 3$	—
ルロノナのノイロ	圧縮側				$\sigma_{2\Phi} = -2$	$\sigma_{2 x c} = 3$	—
組合せ応力 引張り		_			$\sigma_{2 t} = 12$		
(変動値)    圧縮						$\sigma_{2c} = 9$	

(2) 取付ボルトに生じる応力

(単位:MPa)

	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動S s
引張応力	ľ	$\sigma_{b2} = 16$
せん断応力	_	$\tau_{b2} = 12$

1.3.2 架台取付ボルト

(単位:N)

	F F	ζb i	Q _{Kbi}		
部材	弹性設計用地震動 S d 又	甘淮地雪乱。	弹性設計用地震動 S d 又	甘淮北雪乱。	
	は静的震度		は静的震度	<b>本</b> 平地展到5 S	
取付ボルト (i=2)	_	9.864 $\times 10^{3}$	_	$2.142 \times 10^4$	

# 1.4 結論

- 1.4.1 第一ガスタービン発電機用燃料小出し槽(胴及び取付ボルト)
  - (1) 応力

弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動 S s 材料 応力 部材 許容応力 算出応力 算出応力 許容応力 一次一般膜 ____ ____  $\sigma_0 = 6$ 一次+二次 ____ ____  $\sigma_{2} = 12$  $\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_{b}} \leq 1$ 胴 圧縮と曲げの組合せ ____ (座屈の評価) 0.0159641(無次元) ____ 取付ボルト 引張り  $\sigma_{b2} = 16$ ____ ____ せん断 (i = 2)____  $\tau_{\rm b\,2} = 12$ ____

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi}$ =Min[1.4 ·  $f_{toi}$ -1.6 ·  $\tau_{bi}$ ,  $f_{toi}$ ]

### 1.4.2 架台取付ボルト

(1) 応力

(単位:MPa)

立(7 たナ たナ- たナ- たナー たナー や)		亡士	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震	§動S s
	171 177	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り			$\sigma_{\rm Kb2} = 50$	
(i=2)		せん断			$\tau_{\rm Kb2} = 9$	

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{Kbi}, f_{toi}]$ 

39

(単位:MPa)

V-2-10-1-2-2-5 軽油タンク(6号機設備)の耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画 ·····	1
3. 固有周期 ······	3
3.1 固有周期の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、 軽油タンク(6号機設備)が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明する ものである。

軽油タンクは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事 故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお,軽油タンクは,V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器である ため,V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての 計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

軽油タンクの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



#### 3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【軽油 タンク(6号機設備)の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

	表 3-1 固有周期		(単位:s)
軽油タンク A	水平		
(6 号機設備)	鉛直		
軽油タンク B	水平		
(6 号機設備)	鉛直		

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

軽油タンクの構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底たて置円筒 形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 軽油タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いる ものを表 4-1 に示す。

#### 4.2.2 許容応力

軽油タンクの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 及び表 4-3 のとおりとする。

- 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件
   軽油タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。
- 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【軽油タンク(6 号機設備)の耐震性についての 計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

施設	:区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
非常用電源設備	代替交流電源設備	軽油タンク (6 号機設備)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
非常用電源設備	緊急時対策所 代替電源設備	軽油タンク (6 号機設備)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
非常用電源設備	監視測定設備用 電源設備	軽油タンク (6 号機設備)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

補機駆動用					$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV A S
燃料設備 (非常用電源設備及 び補助ボイラーに係 るものを除く。)	燃料設備	軽油タンク (6 号機設備)	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1:「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。

*2:重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

6

	許容限界*1,*2								
許容応力状態		一次膜応力+		一次+二次+					
	一次一板膜心力	一次曲げ応力	一伙十二伙心力	ピーク応力					
IV _A S			基準地震動Ssのみによる疲労解析を行い,疲労累積係数が 1.0以下であること。 ただし,地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・Sy 以下であれば,疲労解析は不要。						
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許 容限界を用いる。)	0.6 • S u	左欄の 1.5 倍の値							

表 4-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

注記*1:座屈による評価は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等)					
許容応力状態	一次応力					
	引張り	せん断				
IV A S						
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t [*]	1.5 • f s*				

表 4-3 許容応力(重大事故等クラス2支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

河 (田 本)(本)	***	温度条(	牛	S	Sу	S u	S y (R T)
に小り日 川川 十日	19 19	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
胴板		最高使用温度	66				_
基礎ボルト		周囲環境温度	50				_

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

軽油タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【軽油タンク(6号機設備)の耐震性についての計算結果】

# 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

		+0/10-		固有周	]期(s)	弾性設	計用地震動:	S d 又l	は静的震度	基準地震	震動Ss	日本中田市「	日本中田田本		
機器名称	設備分類	据付場周	T及い床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水 設	平方向 計震度	鉛i 設i	直方向 計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	東高使用圧力 (MPa)	取局使用温度 (℃)	向囲埬現温度 (℃)	比重
軽油タンク A (6 号機設備)	常設耐震/防. 常設/緩和	Е Т. М. S	屋外 5.L. 12.5*							С _н =1.69	C v=1.33	静水頭	66	50	0.86
	1	注記*:	基準床レベルを	を示す。											
1.2 機器要目															
m o m e (kg) (kg)	D i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓg (mm)	(	H (mm)	S	n						
	9800		*1	*	4248	7	495	9		]					
D c D b o	D b i (mm)	d (mm)	$A_{b}$ (mm ² )	弾性設計	M ·用地震動	s (N•mm)	甘滩地雪香	S	-						
	(11111)			S d 又は	静的震度	-	<b>卒</b> 毕地辰勤、	55	_						
10050 10250	9800			-	_		4.456×10	)7							
Sy(胴板) (MPa)	Su(胴板) (MPa)	S	(胴板) (MPa)	Sy(基礎 (MP:	ěボルト) a)	S u (2	基礎ボルト) (MPa)	F	(基礎ボル (MPa)	、ト) F*(	基礎ボルト) (MPa)	]			
*1	*1		_												
注記*1:最高使用温度 *2:周囲環境温度	で算出 で算出									ľ					
1.3 計算数値 1.3.1 胴に生じる	6応力														
(1) 一次一般胆	<b></b> 「 「 「 」 」			上数4400000			甘油中雪利	(	単位 : MPa)	)				1	-
	周	理性設計用 方向広力	地震動 S d 又  軸方向広力	よ前的晨度 せん断応	カ 周方	向応力	基準地震動 軸方向応	SS カキ	トん断広力						
静水頭による応力	,,				σ φ 1	= 9				_	t K		•		
鉛直方向地震による引	張応力		_		σφ2	= 12					←		D i	$\longrightarrow$	
空質量による圧縮応力	Ţ	_	_		-	_	σ _{x2} =	2		_				le le H	
鉛直方向地震による軸	曲方向応力				-		σ _{x3} =	2				(			
水平方向地震による応	动	_	_		-		$\sigma_{x4} = 1$	17 τ	= 19	-	ℯሐ└──		9		
広力の和	引張側	—			σφ	= 20	$\sigma_{x t} =$	17	_						
アレンチャンオロ	圧縮側			—	σφ	=-20	$\sigma_{xc} = 2$	20		:	TK-	<u>.::::::::::</u> D	) _{b i} :::::::::::::::::::::::::::::::::::		
和今社広力	引張り						σ _{0t} =	38			K	Ē	) ь о		
↑11日 ビルンノJ	圧 縮		_				$\sigma_{0c} = 2$	27			1				

10

(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動 S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力 軸方向応力		せん断応力	
鉛直方向地震による	芯力	_			$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$	_	
水平方向地震による	芯力	—	_	—	_	$\sigma_{x 4} = 17$	$\tau = 19$	
広力の和	引張側			—	$\sigma_{2\phi} = 12  \sigma_{2xt} = 18$		_	
ルロノナのノイロ	圧縮側	—	_	—	$\sigma_{2\phi} = -12$	_		
組合せ応力	引張り		—			$\sigma_{2t} = 68$		
(変動値)	圧 縮		_			$\sigma_{2c} = 55$		

(単位:MPa)

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力	—	$\sigma$ b = 97
せん断応力		$\tau$ b = 62

1.4 結論 11

1.4.1 固有周	期 (単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	Tv=

1	Δ	9	Ē	÷	-
1.	4.	- 2	- 1/1	2	1

(単位・MDa)

1.4.2 応)	刀					(単位:MPa)			
<del>***</del>	++)()	<b>₽</b> +	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s				
נאינום	竹科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力			
		一次一般膜			$\sigma_{0} = 38$	S a =			
胴板	一次+二次			$\sigma_{2} = 68$	S a =				
		圧縮と曲げの			$\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3}) + \eta \cdot \sigma_{x4}$				
		組合せ	_	_	$\frac{f_{\rm c}}{f_{\rm b}} + \frac{f_{\rm b}}{f_{\rm b}} \ge 1$				
		(座屈の評価)	-	_	0.10 (無次元)				
甘水平山		引張り	_	_	$\sigma$ b = 97	f t s = *			
基礎ハルト		せん断			$\tau$ b = 62	f s b =			
オペア教家内ナ	い下でなる			シテ===→・f+	$a = \text{Win} \begin{bmatrix} 1 & 4 & f \\ f &$	$16 \cdot - b  f \neq 0$			

すべて許容応力以下である。

注記*: $fts = Min[1.4 \cdot fto - 1.6 \cdot \tau b, fto]$ 

### 【軽油タンク(6号機設備)の耐震性についての計算結果】

# 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

				固有周	]期(s)	弾性設計用	用地震動的	5 d 又は	静的震度	基準地	震動Ss				
機器名称	設備分類	据付場	所及び床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平 た 設 計 原	方向 雲度	鉛直 設計	方向 震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
軽油タンク B (6 号機設備)	常設耐震/防 常設/緩和	止 T. M.	屋外 S.L. 12.5*					_	_	Сн=1.69	C v=1.33	静水頭	66	50	0.86
		注記*:	基準床レベルな	を示す。			1								
1.2 機器要目	1								1						
mo me (kg) (kg)	D i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ g (mm)	H (mm)	)	S	n						
	9800		*1	*	¹ 4418	749	ō	9		]					
D c D b o (mm)	D b i (mm)	d (mm)	A b (mm ² )	弾性設言 S d 又に	M ↑用地震動 ↓静的震度	s (N•mm) 基 ³	售地震動 S	8 s							
10050 10250	9250			-		4	l. 738×10	7							
Sy(胴板) (MPa)	S u (胴板) (MPa)		S (胴板) (MPa)	Sy(基础 (MP	巻ボルト) a)	Su(基础 (MP	巻ボルト) a)	F	(基礎ボル (MPa)	~ト) F*(	基礎ボルト) (MPa)				
*1	*1		_						_						
注記*1:最高使用温 *2:周囲環境温	晶度で算出 晶度で算出											_			
1.3 計算数値 1.3.1 胴に生じる (1) 一次一般朋	5応力 模応力							(単	i位:MPa)	)					
		弾性設計用	月地震動Sd又は	は静的震度		基	準地震動 \$	Ss	•						
	周	方向応力	軸方向応力	せん断応	カ 周方	向応力 『	軸方向応ス	り せ/	ん断応力	_					$\frown$
静水頭による応力			—		σ φ 1	= 9						t			
鉛直方向地震による引	目張応力	_	—		σ φ 2	= 12					-	$\rightarrow$			$\uparrow$
空質量による圧縮応力	5		—		-	- σ	$x_{2} =$	2	_			<	Di	>	
鉛直方向地震による軸	岫方向応力		—		-	- σ	_{x 3} =	2	_						le l
水平方向地震による応	约	_	—		-	- σ	$x_{4} = 1$	18 τ	= 20				$\bigcirc$		
応力の和	引張側		—	—	σφ	$= 20 \sigma$	x t = ]	18	_			<u></u>			
20.2.2.2.2.1.E	圧縮側	_	—	—	σφ	$=-20 \sigma$	x c = 2	21	_			<b>.</b>			
組合せ応力	引張り 圧 縮					σ σ	0 t = 3	39 29					D c		
	/ /110					0	0.0 2					<	D b o		×

#### (2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		弾性設計用	月地震動 S d 又に	は静的震度	基準地震動 S s			
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力	
鉛直方向地震による	芯力	_			$\sigma_{\phi 2} = 12$	$\sigma_{x^3} = 2$	_	
水平方向地震による	芯力	—	_	—	_	$\sigma_{x4} = 18$	$\tau$ = 20	
広力の和	引張側			—	$\sigma_{2\phi} = 12$	$\sigma_{2xt} = 20$	—	
ルロノナロノオロ	圧縮側	—	_	—	$\sigma_{2\phi} = -12$	—		
組合せ応力	引張り		—			$\sigma_{2t} = 70$		
(変動値)	圧 縮		_			$\sigma_{\rm 2c}$ = 57		

1	3 9	) İ	越ボル	Ь	17	生:	12	Z	亡力	
1.	0.2	本	北市ハリレ	1	1-1	÷	12	$\sim$	M N / I	

1.3.2 基礎ボル	(単位:MPa)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
引張応力		$\sigma$ b = 99
せん断応力		$\tau$ b = 64

1.4 結論 13

1.4.1 固有周	期 (単位:s)
方向	固有周期
水平方向	Тн=
鉛直方向	Tv =

1 /	1 2	亡力
- I. "	t. 4	ルロノノ

(畄(占, MD-)

1.4.2 応)	刀					(単位:MPa)					
<del>~</del> 77++	L Lalal	<u>⊢</u> +	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s						
部材	材料	心力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力					
		一次一般膜			$\sigma_{0} = 39$	S a =					
		一次+二次			$\sigma_{2} = 70$	S a =					
胴板		圧縮と曲げの	_		$\eta \cdot (\sigma_{x^2} + \sigma_{x^3})$	$\eta \cdot \sigma_{x4} \leq 1$					
		組合せ		_	f c	$f_{\rm b} \ge 1$					
		(座屈の評価)	-	_		0.11 (無次元)					
甘水平山		引張り			σь= 99	f t s = *					
本礎小ルト		せん断			$\tau$ b = 64	f s b =					
ナッイ対応亡士	$+ \sqrt{2}$										

すべて許容応力以下である。

注記*: $f t s = Min[1.4 \cdot f t o - 1.6 \cdot \tau b, f t o]$ 

V-2-10-1-2-2-6 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目

次
---

1.	概要	•••	•••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概略系	系統図	及び	鳥	敢図	<	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.1	概略	各系統	义	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.2	鳥睴	故図	•••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
3.	計算条	冬件	•••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
3.1	計算	草方法	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
3.2	荷重	重の組	合せ	. 及(	び割	F容	応	力	状	態		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11
3.3	設計	+条件	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
3.4	材料	及び	許容	応	力	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	19
3.5	設計	十用地;	震力	1		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	20
4.	解析統	皆果及	び評	価	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21
4.1	固有	「周期」	及び	設書	計震	통度	:	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	21
4.2	評価	T結果	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
4.	2.1	管の	応力	評価	西約	宇果	:	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
4.	. 2. 2	支持	構造	物	平伯	<b></b> 話結	果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	29
4.	. 2. 3	弁の	動的	1機前	能維	辪	評	価	結	果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	30
4.	. 2. 4	代表	モデ	ジルの	D遅	宦	結	果	及	び	全	モ	デ	ル	の	評	価	結	果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	31

1. 概 要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、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評価結果を解析 モデル単位に記載する。また,全22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

 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

 (細線)
 工事計画記載範囲の管

 (細線)
 工事計画記載範囲の管

 (00-0-00)
 鳥瞰図番号

 アンカ
 アンカ

概略系統図記号凡例



第一ガスタービン発電機 燃料主配管概略系統図(その1)



第一ガスタービン発電機 燃料主配管概略系統図(その2)



第一ガスタービン発電機 燃料主配管概略系統図(その3)

#### 2.2 鳥瞰図

記号		
(太;	線)	工事計画記載範囲の
(細)	線)	工事計画記載範囲の 載範囲の管
————— (破;	線)	工事計画記載範囲外 系統の管であって解
•		質 点
$\mathbf{\Theta}$		アンカ
		レストレイント (本図は斜め拘束の を示す。スナッバ
∃-⊡		スナッバ
∃·WV		ハンガ
<u>]</u>		リジットハンガ

*

鳥瞰図記号凡例



		·

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、 「ISAP」、「SOLVER」、「MSC NASTRAN」及び「MSAP」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、別紙「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	許容応力 状態 ^{*5}
その他発電用原 子炉の附属施設	非常用発電装置	代替交流電源設備	SΑ	常設耐震/防止 常設/防止	*3		$V_L + S_S$	V _A S
その他発電用原 子炉の附属施設	非常用発電装置	緊急時対策所 代替電源設備	S A	常設耐震/防止 常設/防止	*3	_	$V_L + S_S$	V _A S
その他発電用原 子炉の附属施設	非常用発電装置	監視測定設備用 電源設備	S A	常設耐震/防止 常設/防止	*3		$V_L + S_S$	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/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VASは許容応力状態WASの許容限界を使用し、許容応力状態WAS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 GTGF0-008

答釆早	対応する評価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	林大来上	耐震重要度	縦弾性係数
日田ク	刈心する井圃宗	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	17, 17	分類	(MPa)
1	1~51	0.95	66	60.5	5.5	STS410		200360

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 GTGF0-010

答釆旦	対応する評価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	林大来に	耐震重要度	縦弾性係数
日田ク	刈心する中国点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	17, 17	分類	(MPa)
1	1~4, 6~8, 10, 11, 901, 902	0.95	66	42.7	3.6	SUS304TP	_	191720

# フランジ部の質量

質量	対応する評価点
	1
鳥 瞰 図 GTG	F0-010
-----------	--------
-----------	--------

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
5			
9			

鳥瞰図 GTGF0-010

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	4, 6, 8, 10		5, 9

## 支持点及び貫通部ばね定数

古住占来旦	各軸ス	ち向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
又何尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
1						
7						
9						
12						
21						
25						
30						
40						
51						

鳥瞰図 GTGF0-008

古住占来旦	各軸ス	ち向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
又付尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
11							
901							
902							

鳥瞰図 GTGF0-010

# 3.4 材料及び許容応力

****	最高使用温度		許容応え	カ (MPa)	
193 197	(°C)	Sm	S y	S u	S h
STS410	66		231	407	—
SUS304TP	66	_	188	479	126

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。

#### 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	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
CTCF0-008	第一ガスタービン発電機用 燃料タンク基礎		
0100-000	第一ガスタービン発電機基礎		
GTGF0-010	第一ガスタービン発電機基礎		

## 4. 解析結果及び評価

## 4.1 固有周期及び設計震度

#### 鳥瞰図 GTGF0-008

適用する地震動等				S s			
エード		固有周期		応答水革	平震度*1	応答鉛直震度*1	
		(s)		X方向	Z方向	Y方向	
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7次							
動的	動的震度*2						

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

鳥瞰図 GTGF0-010

適用する地震動等			S s		
エード	固有周期 (s)		応答水平	平震度*1	応答鉛直震度*1
			X方向	Z方向	Y方向
1 次					
動的震度*2					

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: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度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 GTGF0-008

チード	固有周期			刺激係数*	
		(s)	X方向	Y方向	Z方向
1 次					
2 次					
3 次					
4 次					
5 次					
6 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。

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。



25

代表的振動モード図(2次)		

26



鳥瞰図	GTGFO-
	01010

#### 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

				一次応力評	平価 (MPa)	一次+二次応;	疲労評価	
自瞰図	許 容 応 力	最大応力	最大応力	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
而是	状 態	評 価 点	区 分	Sprm(Sd)	Sy*			
				Sprm(Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2 Ѕу	USs
GTG0-010	V _A S	6	Sprm(Ss)	116	431	_	_	_
GTG0-008	V _A S	11	Sn(Ss)	—	—	389	462	—

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)

					評価結果		
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)	
		_	_	_	_		

29

支持構造物評価結果(応力評価)

							支持,		評価結果				
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	E	支力(kN	1)	モージ	モーメント (kN・m)		応力	計算	許容
					F _X	F _Y	F _z	$M_{\rm X}$	$M_{\rm Y}$	Mz	分類	)ルフリ (MPa)	MPa)
SPG-001-06	アンカ	ラグ	SM400B	66	3	2	3	1	1	1	組合せ	54	129
SPG-022-02	レストレイント	ラグ	SM400B	66	3	1	1	_	_	_	組合せ	59	133
F0-001-900R	レストレイント	Uボルト	SS400	40	1	_	3	_	_	_	組合せ	97	245
SPFA (B) -009	レストレイント	Uバンド	SS400	50	1	1	1	_	_	_	組合せ	2	206

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	形式	要求機能	機能維持評 (×9.8	価用加速度 3 m/s ² )	機能確認 (×9.8	済加速度 3 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,設計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)

							許容师	的力状態	IV A S					
			-	一次応力	1			一次	x+二次/	芯力		疲労評価		
No.	配管モデル	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	GTGF0-001	14	20	366	18.30	_	17	30	462	15.40		_	_	
2	GTGF0-002	502	14	366	26.14		801	13	462	35. 53			_	
3	GTGF0-003	804	12	366	30.50		804	9	462	51.33		_	_	
4	GTGF0-004	45	61	366	6.00		50	84	462	5.50		_	_	
5	GTGF0-005	6	6	366	61.00		6	2	462	231.00			—	
6	GTGF0-006	1	8	366	45.75		1	6	462	77.00		_	—	_
7	GTGF0-007	92	58	366	6.31		92	96	462	4.81		_	—	_
8	GTGF0-008	51	39	366	9.38		11	389	462	1.18	0	_	—	_
9	GTGF0-009	9	27	366	13.55		1	32	462	14.43		_	—	_
10	GTGF0-010	6	116	431	3.71	0	6	216	376	1.74			_	
11	GTGF0-011	38	95	431	4.53		38	158	376	2.37				
12	GTGF0-012	16	45	366	8.13	_	16	54	462	8.55			_	

							許容応	的状態	IV A S						
			-	一次応力				一次	:十二次/	芯力			疲労評価		
No.	配管モデル	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	
13	GTGF0-013	502	14	366	26.14	_	801	13	462	35.53					
14	GTGF0-014	804	12	366	30.50		804	9	462	51.33					
15	GTGF0-015	6	6	366	61.00		6	2	462	231.00					
16	GTGF0-016	1	9	366	40.66		1	6	462	77.00	_		_	_	
17	GTGF0-017	27	64	366	5.71		24	379	462	1.21					
18	GTGF0-018	17	41	366	8.92		1	46	462	10.04			_		
19	GTGF0-019	1	10	366	36.60	_	1	14	462	33.00	_				
20	GTGF0-020	1	28	366	13.07		1	42	462	11.00	_	_	_	_	
21	GTGF0-021	1	28	366	13.07		1	42	462	11.00					
22	GTGF0-022	1	10	366	36.60		1	14	462	33.00		_		_	

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)

V-2-10-1-2-2-7 第一ガスタービン発電機用発電機の 耐震性についての計算書 目

次

1. 概要 ·····	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針 ·····	3
2.3 適用規格·基準等 ······	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.3 設計用加速度	11
4.4 計算方法	13
4.4.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4.5 計算条件	16
4.5.1 取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
4.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
4.6.1 ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5. 機能維持評価	17
5.1 動的機能維持評価方法	17
6. 評価結果	18
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18
6.1.1 構造強度評価結果	18
6.1.2 機能維持評価結果	18

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、第一ガスタービン発電機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。

また,間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有している ことは, V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」で説明 している。

第一ガスタービン発電機は,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止 設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強 度評価及び動的機能維持評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機の構造計画を表 2-1 に示す。

計画の概要 基礎・支持構 概略構造図 主体構造 造 発電機は, 共通 三相交流 【第一ガスタービン発電機】 架台に取付ボ 同期発電機 ルトにより固 定する。

表 2-1 構造計画

#### 2.2 評価方針

第一ガスタービン発電機の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す第一ガスタービン発電機の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた設計用加速度を用い、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また,第一ガスタービン発電機の機能維持評価は,V-2-1-9「機能維持の基本方針」 にて設定した動的機能維持の方針に基づき,地震時の応答加速度が動的機能確認済加速 度以下であることを,「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。 確認結果を「6. 評価結果」に示す。

第一ガスタービン発電機の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 第一ガスタービン発電機の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協 会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位								
A _{bi}	ボルトの軸断面積*1									
а н	水平方向設計用加速度	$m/s^2$								
a _P	回転体振動による加速度	$m/s^2$								
a _v	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$								
d i	ボルトの呼び径*1	mm								
F <b></b> *	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1									
Fьi	ボルトに作用する引張力(1 本当たり) *1	Ν								
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1									
$f_{ m t~o~i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1									
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1									
g	重力加速度(=9.80665)									
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2									
ℓ _{1 i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3									
ℓ₂ i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3									
m i	質量*2	kg								
n _i	ボルトの本数*1									
n _{f i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1									
$Q_{\ b\ i}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν								
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa								
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa								
π	円周率(=3.14159)									
$M_{\rm p}$	回転体回転によるモーメント	N•mm								
р	回転体の許容振幅	$\mu$ m								
Р	原動機出力									
R	発電機定格回転数									
σьi	ボルトに生じる引張応力*1									
τьi	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa								

注記*1: A_{bi}, d_i, F_i*, F_{bi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, l_{1i}, l_{2i}, n_i, n_{fi}, Q_{bi}, S_{ui}, S_{yi}, σ_{bi}及び τ_{bi}の添字iの意味は,以下のとおりとする。

i=1:基礎ボルト, i=2:取付ボルト

*2: h_i及びm_iの添字 i の意味は,以下のとおりとする。

i =1: 据付面, i =2: 取付面

 $* 3: \quad \ell_{1 \ i} \leq \ell_{2 \ i}$ 

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	°C	_	—	整数位
質量	kg			整数位
長さ	mm		_	整数位*1
面積	面積 mm ²		四捨五入	有効数字4桁*2
力	л N		四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	章山応力 MPa 八		切上げ	整数位
許容応力 ^{*3} MPa 小		小数点以下第1位	切捨て	整数位
加速度	$m/s^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は,小数点以下第1位表示とする。

- *2: 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。
- *3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び 降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位まで の値とする。

3. 評価部位

第一ガスタービン発電機の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、 耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。第一ガスタービン発電機の耐震評価 箇所については、表 2-1の概略構造図に示す。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法
  - (1) 第一ガスタービン発電機は、1 質点系モデルとし、発電機の重心位置に地震荷重、 発電機の運転による加速度及び発電機の運転により働くモーメントが作用する。
  - (2) 第一ガスタービン発電機はJEAG4601に従い一つの剛体として取り扱うこ ととする。
  - (3) 加振試験により測定された第一ガスタービン発電機頂部における最大応答加速度 の1.2倍を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。
  - (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
  - (5) 転倒方向は、計算モデルにおける水平方向及び鉛直方向について検討し、計算書 には結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 第一ガスタービン発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対 処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。
  - 4.2.2 許容応力

第一ガスタービン発電機の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処 設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

施設	这分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_{D} + M_{D} + S_{S} *^{3}$	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	第一ガスタービン 発電機	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限	界*1,*2					
苏宏内古业能	(ボル	~ ト等)					
计谷心刀状態	一次応力						
	引張り	せん断					
IV _A S							
V _A S	1.5 • f +*	1.5 • f *					
(VASとしてIVASの	· ·						
許容限界を用いる。)							

表 4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料			温度系 (℃	S y (MPa)	S u (MPa)		
取付ボルト				周囲環境温度	40			

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

#### 4.3 設計用加速度

構造強度評価に用いる入力加速度には、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4.加振試験」で得られた第一ガスタービン発電機の 設計用加速度を用いる。

設計用加速度を表 4-4 に示す。

	弾性設計用地震動 S d		基準地震動 S s		
据付場所	人は静的震度		(m/s²)		
及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (短辺方向)	水平方向 設計用加速度 (長辺方向)	鉛直方向 設計用加速度
7 号機タービン建屋南側の 屋外 T.M.S.L.12.2 *	_	_			

表 4-4 設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

12

#### 4.4 計算方法

- 4.4.1 応力の計算方法
  - 4.4.1.1 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は,設計用加速度により作用するモーメントによって生 じる引張力とせん断力について計算する。

図 4-1 計算モデル図(短辺方向転倒)

図 4-2 計算モデル図(長辺方向転倒)

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は,図4-1及び図4-2でそれぞれのボルトを 支点とする転倒を考え,これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

短辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{b2} = \frac{m_{2} \cdot (a_{H} + a_{P}) \cdot h_{2} + M_{P} - m_{2} \cdot (g - a_{V} - a_{P}) \cdot \ell_{22}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.1)$$

長辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{b2} = \frac{m_{2} \cdot (a_{H} + a_{P}) \cdot h_{2} - m_{2} \cdot (g - a_{V} - a_{P}) \cdot \ell_{22}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \cdot \cdot (4.4.1.1.2)$$

短辺方向転倒の引張応力計算式

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.3)$$

長辺方向転倒の引張応力計算式

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.4)$$

σ b 2 は、上式で得られる大きい方の値とする。

ここで、ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。 A_{b2} =  $\frac{\pi}{4}$  · d₂² · · · (4.4.1.1.5) ここで、回転体回転によるモーメントM_pは、発電機の出力及び定格回転数 を考慮して定める値である。回転体振動による加速度 a_pは、回転体の許容振 幅及び発電機の定格回転数を考慮して定める値である。

回転体回転によるモーメントの計算式

$$M_{P} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot 10^{6} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.6)$$

回転体振動による加速度の計算式

a 
$$_{\rm P} = \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{\rm R}{60}\right)^2 \cdot \frac{\rm p \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.7)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は,ボルト全本数で受けるものとして計算す る。

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \cdot \cdot \cdot (4.4.1.1.9)$$

4.5 計算条件

4.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【第一ガスタービン発電 機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 4.6 応力の評価
  - 4.6.1 ボルトの応力評価

4.4.1 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = Min \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right] \qquad \cdot \cdot \cdot (4.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sbi}$ 以下であること。ただし $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる		
	荷重との組合せの場合		
許容引張応力 f _{toi}	$\frac{\mathrm{F_{i}}^{*}}{2} \cdot 1.5$		
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{1.5\cdot\sqrt{3}} \cdot 1.5$		
#### 5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

第一ガスタービン発電機の動的機能維持評価について以下に示す。

なお,機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設 定する。

第一ガスタービン発電機の確認は、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐 震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた加振台の最大加速度である機能 確認済加速度と第一ガスタービン発電機基礎の最大加速度である設計用最大応答加速 度 I を機能維持評価用加速度として比較することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

X °			(110	· • · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
評価部位	方向	機能	確認済加速	速度
第一ガフタービン及電機	水平			
第 ルベク しン 光 电機	鉛直			

表 5-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,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事を確認した。

6.1.1 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.1.2 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算結果】

# 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

			弾性設計用	地震動Sd		基準地震動S s		回転体振動	による加速度	
		据付場所	又は静	的震度		$(m/s^2)$		(m,	$/s^{2}$ )	国田彊培泪庄
機器名称 設備分類	及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (短辺方向)	水平方向 設計用加速度 (長辺方向)	鉛直方向 設計用加速度	水平方向 加速度	鉛直方向 加速度	- □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	
なぶったい	<b>学和书堂 / 叶</b> 山	7 号機タービン建屋								1
第一カスタービン ン発電機	常設「歳ノ防止」	南側の屋外 T.M.S.L.12.2 *		_						40

注記*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	${ m A}_{ m b~i}$ (mm ² )	n i	R (min ⁻¹ )	P (kW)	р (µm)	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)
取付ボルト (i=2)						1500	3600			

	0*1	0. o *1		F . *	転倒	方向*2	回転によるモーメント
部材	(mm)	(mm)	n _{f i} *1	(MPa)	弾性設計用地震動	基準地震動	ΜP
	(,	(,			S d 又は静的震度	S s	$(N \cdot mm)$
取付ボルト					—	短辺方向	
(i=2)						長辺方向	—

注記*1: 各ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 上段は引張り力に対する転倒方向を示し、下段はせん断力に対する転倒方向を示す。

# 1.3 計算数値

ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	b i	Q	b i
部材	弾性設計用地震動	甘海寺寺の。	弾性設計用地震動	甘滩地電動で。
	Sd又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S
取付ボルト (i=2)	_	$1.321 \times 10^5$	_	$3.233 \times 10^5$

# 1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

· 女// 十十	材料			亡士	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震	震動:	S s
口小小		171 177		ሥር ጋጋ	算出応力	許容応力	算出応力		許容応力
取付ボルト			]	引張り		_	$\sigma_{b2} = 96$		
(i=2)				せん断	_	—	$\tau$ b 2 = 59		

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 動的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評価用加速度*	機飼	能確認済加速	速度
第二ガフタニビン発電機	水平	0.69			
第 ルベクニレン光电機	鉛直	0.71			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

20



注記 $*: f_{tsi}=Min[1.4 \cdot f_{toi}-1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

V-2-10-1-2-2-8 第一ガスタービン発電機用制御盤の 耐震性についての計算書 目

仈

1. 概要	1
2. 一般事項 ······	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等 ······	5
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
2.4.1 制御盤の記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
2.4.2 ガバナ盤の記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
2.5 計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
3. 評価部位	9
4. 構造強度評価	10
4.1 構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
4.2.2 許容応力	10
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
4.3 設計用加速度	13
4.4 計算方法	15
4.4.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.5 計算条件	21
4.5.1 取付ボルトの応力計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
4.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
4.6.1 ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5. 機能維持評価	23
5.1 電気的機能維持評価方法	23
6. 評価結果	24
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	24
6.1.1 構造強度評価結果	24
6.1.2 機能維持評価結果	24

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、第一ガスタービン発電機用制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

また,間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有している ことは, V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」で説明 している。

第一ガスタービン発電機用制御盤は,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大 事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備として の構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

第一ガスタービン発電機用制御盤は、制御盤とガバナ盤から構成され、その構造計画 を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

計画0	の概要	
基礎・支持構造	主体構造	燃哈博逗凶
制御盤は取付ボ	直立形	【制御盤】
ルトにより車体	(鋼材及び鋼板	
に固定する。	を組み合わせた	
	自立閉鎖形の盤)	
		│

表 2-1 制御盤の構造計画

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	
ガバナ盤は取付	直立形	【ガバナ盤】
ボルトにより車	(鋼材及び鋼板	
体に固定する。	を組み合わせた	
	自立閉鎖形の盤)	
		(単位:mm)

表 2-2 ガバナ盤の構造計画

#### 2.2 評価方針

第一ガスタービン発電機用制御盤の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に て設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す 第一ガスタービン発電機用制御盤及びガバナ盤の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設 定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを、V-2-10-1-2-2-1「第一ガ スタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた設計用加 速度を用い、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また,第一ガスタービン発電機用制御盤の機能維持評価は,V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき,地震時の応答加速度が電気的機 能確認済加速度以下であることを,「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認するこ とで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。



第一ガスタービン発電機用制御盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

図 2-1 第一ガスタービン発電機用制御盤の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協 会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

2.4.1 制	御盤の記	号の説明
---------	------	------

記号	記号の説明	単位		
A _{bi}	ボルトの軸断面積*1	$\mathrm{mm}^2$		
a _H	水平方向設計用加速度	$m/s^2$		
a _v	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$		
d i	ボルトの呼び径*1	mm		
Fi [*]	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa		
F _{bi}	ボルトに作用する引張力(1 本当たり) *1	Ν		
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa		
$f_{ m t~o~i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa		
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa		
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$		
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm		
Q _{1 i}	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm		
ℓ₂ i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3			
m i	質量*2	kg		
n _i	ボルトの本数*1			
n _{f i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1			
$\mathbf{Q}_{\ b\ i}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν		
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa		
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa		
π	円周率(=3.14159)	—		
σ _{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa		
τьі	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa		
注言	注記*1: $A_{bi}$ , $d_i$ , $F_i^*$ , $F_{bi}$ , $f_{sbi}$ , $f_{toi}$ , $f_{tsi}$ , $\ell_{1i}$ , $\ell_{2i}$ ,			
	$n_i$ , $n_{fi}$ , $Q_{bi}$ , $S_{ui}$ , $S_{yi}$ , $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の			
	添字 i の意味は,以下のとおりとする。			

i =1: 基礎ボルト, i =2: 取付ボルト

*2: h_i及びm_iの添字 i の意味は,以下のとおりとする。

i =1:据付面, i =2:取付面

 $*3: \ell_{1i} \leq \ell_{2i}$ 

2.4.2 ガバナ盤の記号の説明

記号	記号の説明	単位	
A _{Gbi}	ボルトの軸断面積*1		
адн	水平方向設計用加速度	$m/s^2$	
a _{GV}	鉛直方向設計用加速度	$m/s^2$	
d $_{\rm G~i}$	ボルトの呼び径*1	mm	
F .*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa	
F _{Gbi}	ボルトに作用する引張力(1 本当たり)*1	Ν	
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa	
$f_{ m t~o~i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa	
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa	
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$	
h _{G i}	据付面又は取付面から重心までの距離*2		
ℓ _{G1 i}	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3		
ℓ _{G2i}	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3		
m _{Gi}	質量*2		
n _{G i}	ボルトの本数*1		
n _{Gfi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1		
$Q_{\mbox{G b i}}$	ボルトに作用するせん断力*1	Ν	
S _{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*1	MPa	
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*1	MPa	
π	円周率(=3.14159)		
бдьі	ボルトに生じる引張応力*1	MPa	
τ _{Gbi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa	

注記*1:  $A_{Gbi}$ ,  $d_{Gi}$ ,  $F_i$ *,  $F_{Gbi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $\ell_{G1i}$ ,

lG2i, nGi, nGfi, QGbi, Sui, Syi, GGbi及びτGbi
の添字iの意味は、以下のとおりとする。
i=1:基礎ボルト、i=2:取付ボルト
*2: hGi及びmGiの添字iの意味は、以下のとおりとする。
i=1:据付面、i=2:取付面

 $*3: \ell_{G1i} \leq \ell_{G2i}$ 

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-3に示すとおりである。

表 2-3 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	°C	_	—	整数位
質量	kg	_	—	整数位
長さ	mm	_	—	整数位*1
面積	$\mathrm{mm}^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
加速度	$m/s^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2

注記*1: 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は,小数点以下第1位表示と する。

- *2: 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。
- *3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び 降伏点は,比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位ま での値とする。

3. 評価部位

第一ガスタービン発電機用制御盤の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件 に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。第一ガスタービン発電機 用制御盤の耐震評価箇所については、表 2-1 及び表 2-2 の概略構造図に示す。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法
  - (1) 第一ガスタービン発電機用制御盤の応力評価は1質点系モデルとする。
  - (2) 加振試験により測定された制御盤及びガバナ盤の頂部における最大応答加速度の1.2倍を用いて発生応力を算出し、応力評価を行う。
  - (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
  - (4) 転倒方向は、計算モデルにおける水平方向及び鉛直方向について検討し、計算書に は結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
     第一ガスタービン発電機用制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大
     事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。
  - 4.2.2 許容応力

第一ガスタービン発電機用制御盤の許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」 に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第一ガスタービン発電機用制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事 故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

施設	施設区分 機器名称 影		設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
		第一ガスタービン			$D + P_D + M_D + S s^{*3}$	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	<ul> <li>発電機用制御盤</li> <li>(制御盤)</li> <li>(ガバナ盤)</li> </ul>	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容 限界を用い る。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記*1:「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。

*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3: 「D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1,*2			
許容応力状態	(ボル	(ボルト等)		
	引張り	せん断		
IV _A S				
V _A S	1.5 • f .*	1.5 • f s*		
(VASとしてWASの				
許容限界を用いる。)				

表 4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記*1: 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略す

る。

評価部材	材料		温度条件 (℃)		S y (MPa)	S u (MPa)		
取付ボルト				周囲環境温度	40			

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

#### 4.3 設計用加速度

構造強度評価に用いる入力加速度には、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書」の「4.加振試験」で得られた制御盤及びガバナ盤の設計 用加速度を用いる。

設計用加速度を表 4-4 及び表 4-5 に示す。

据付担诉	弾性設計用	地震動 S d	基準地震動 S s		
近り物別	又は静	的震度	$(m/s^2)$		
及び床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	
	設計震度	設計震度	設計用加速度	設計用加速度	
7 号機タービン建屋南側の屋外					
T. M. S. L. 12. 2 *					

表 4-4 制御盤の設計用加速度(重大事故等対処設備)

注記*:基準床レベルを示す。

14

表 4-5 ガバナ盤の設計用加速度(重大事故等対処設備
-----------------------------

提供担诉	弹性設計用	地震動 S d	基準地震動 S s		
「近い場別」	又は静	的震度	$(m/s^2)$		
及 い 床 面 尚 さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	
	設計震度	設計震度	設計用加速度	設計用加速度	
7 号機タービン建屋南側の屋外					
T. M. S. L. 12. 2 *					

注記*:基準床レベルを示す。

#### 4.4 計算方法

- 4.4.1 応力の計算方法
  - (1) 制御盤
    - a. 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は,設計用加速度により作用するモーメントによって生じ る引張力とせん断力について計算する。

図 4-1 計算モデル図(短辺方向転倒)

図 4-2 計算モデル図(長辺方向転倒)

(短辺方向転倒及び長辺方向転倒(g-av)<0の場合)

(a) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は,図4-1及び図4-2でそれぞれのボルトを支 点とする転倒を考え,これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

短辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{b 2} = \frac{m_{2} \cdot a_{H} \cdot h_{2} - m_{2} \cdot (g - a_{V}) \cdot \ell_{22}}{n_{f 2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \cdot \cdot (4.4.1.1)$$

長辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{b 2} = \frac{m_{2} \cdot a_{H} \cdot h_{2} - m_{2} \cdot (g - a_{V}) \cdot \ell_{2 2}}{n_{f 2} \cdot (\ell_{1 2} + \ell_{2 2})} \cdot \cdot (4.4.1.2)$$

短辺方向転倒の引張応力計算式

長辺方向転倒の引張応力計算式

σ b 2 は、上式で得られる大きい方の値とする。

ここで、ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。  
A_{b2} = 
$$\frac{\pi}{4}$$
 · d₂² · · · · · · · · · · · · · · · · · (4.4.1.5)

(b) せん断応力 取付ボルトに対するせん断力は,ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot (4.4.1.7)$$

- (2) ガバナ盤
  - a. 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は,設計用加速度により作用するモーメントによって生じ る引張力とせん断力について計算する。

図 4-3 計算モデル図(短辺方向転倒)

図 4-4 計算モデル図(長辺方向転倒)

(短辺方向転倒及び長辺方向転倒(g-a_{GV})<0の場合)

(a) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は,図4-3及び図4-4でそれぞれのボルトを支 点とする転倒を考え,これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

短辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{G b 2} = \frac{m_{G 2} \cdot a_{G H} \cdot h_{G 2} - m_{G 2} \cdot (g - a_{G V}) \cdot \ell_{G 2 2}}{n_{G f 2} \cdot (\ell_{G 1 2} + \ell_{G 2 2})} \cdot \cdot (4.4.1.8)$$

長辺方向転倒の引張力計算式

$$F_{G b 2} = \frac{m_{G 2} \cdot a_{G H} \cdot h_{G 2} - m_{G 2} \cdot (g - a_{G V}) \cdot \ell_{G 2 2}}{n_{G f 2} \cdot (\ell_{G 1 2} + \ell_{G 2 2})} \cdot \cdot (4.4.1.9)$$

短辺方向転倒の引張応力計算式

長辺方向転倒の引張応力計算式

σ G b 2 は、上式で得られる大きい方の値とする。

(b) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

 $Q_{G b 2} = m_{G 2} \cdot a_{G H} \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (4.4.1.13)$ 

せん断応力

$$\tau_{G b 2} = \frac{Q_{G b 2}}{n_{G 2} \cdot A_{G b 2}} \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (4.4.1.14)$$

#### 4.5 計算条件

4.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【制御盤の耐震性につい ての計算結果】,【ガバナ盤の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目 に示す。

4.6 応力の評価

- 4.6.1 ボルトの応力評価
  - (1) 制御盤

4.4.1 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = \operatorname{Min} \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right] \qquad \cdot \cdot \cdot (4.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$ は, せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし  $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 f _{toi}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{s b i}	$\frac{\mathrm{F}  \mathrm{i}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

(2) ガバナ盤

4.4.1 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{Gbi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{\rm t \ s \ i} = \min \left[ 1.4 \cdot f_{\rm t \ o \ i} - 1.6 \cdot \tau_{\rm G \ b \ i}, f_{\rm t \ o \ i} \right] \qquad \cdot \cdot \cdot (4.6.1.2)$$

せん断応力 $\tau_{Gbi}$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sbi}$ 以下であること。ただし $f_{sbi}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる
	荷重との組合せの場合
許容引張応力 ƒ _{toi}	$\frac{\mathbf{F}_{i}}{2}^{*} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ _{sbi}	$\frac{\mathrm{F}  \mathrm{i}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

#### 5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

第一ガスタービン発電機用制御盤の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお,機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設 定する。

第一ガスタービン発電機用制御盤の確認は、V-2-10-1-2-2-1「第一ガスタービン発 電機の耐震性についての計算書」の「4. 加振試験」で得られた加振台の最大加速度で ある機能確認済加速度と第一ガスタービン発電機基礎の最大加速度である設計用最大 応答加速度 I を機能維持評価用加速度として比較することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

評価部位	方向	機能確認済加速度
判御船	水平	
刊 仰 盗	鉛直	
ガバナ船	水平	
	鉛直	

表 5-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 6. 評価結果
- 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第一ガスタービン発電機用制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価 結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構 造強度及び電気的機能を有している事を確認した。

6.1.1 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.1.2 機能維持評価結果電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【第一ガスタービン発電機(制御盤)の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

# 1.1 設計条件

1.1.1 制御盤

		据付場所	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地氛 (m/	통動Ss ∕s²)
機器名称	設備分類	及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (長辺方向)	鉛直方向 設計用加速度
制御盤	常設耐震/防止 常設/緩和	7 号機タービン建屋南側の屋外 T.M.S.L. 12.2 *	_			

注記*:基準床レベルを示す。

25

1.1.2 ガバナ盤

			弾性設計用	地震動 S d	基準地震動 S s	
		据付場所	又は静的震度		$(m/s^2)$	
機器名称	設備分類	及び床面高さ (m)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計用加速度 (長辺方向)	鉛直方向 設計用加速度
ガバナ盤	常設耐震/防止	7号機タービン建屋南側の屋外				
	<b>常設/緩和</b>	T. M. S. L. 12. 2 *				

注記*:基準床レベルを示す。

	「周囲環境温度 (℃)
	40
度	- 周囲環境温度 (℃)
	40

## 1.2 機器要目

1.2.1 制御盤

部材	m _i (kg)	h i (mm)	d i (mm)	$A_{b i}$ (mm ² )	n _i	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	
取付ボルト (i=2)								

★ <b>7</b> 7++	l 1 i *	l 2 i *		F ; *	転倒	方向
部材	(mm)	(mm)	n _{fi} *	(MPa)	弾性設計用地震動	基準地震動
	(mm) (mm)			S d 又は静的震度	S s	
取付ボルト						巨江士占
(i=2)					_	<b></b>

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.2.2 ガバナ盤

部材	m _{G i} (kg)	h _{G i} (mm)	d _{Gi} (mm)	$A_{G b i}$ (mm ² )	n _{G i}	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	
取付ボルト (i=2)								

	lo1i*	lc2i*		F ; *		転倒	方向
部材	(mm)	(mm)	n _{Gfi} *	(MPa)	Ī	弾性設計用地震動	基準地震動
	(mm) (mm)			Sd 又は静的震度	S s		
取付ボルト							有四十百
(i=2)					_	<u> </u>	

注記*:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

## 1.3 計算数値

ボルトに作用する力

1.3.1 制御盤

# (単位:N)

(単位:N)

	F	b i	Q _{bi}		
部材	弾性設計用地震動	甘海寺寺の。	弾性設計用地震動	甘滩地電動の。	
	Sd又は静的震度	苯毕地展到 5 S	Sd又は静的震度	苯毕地展到 5 S	
取付ボルト (i=2)		$1.711 \times 10^4$		$7.863 \times 10^4$	

### 1.3.2 ガバナ盤

	F G	b i	Q _{Gbi}		
部材	弾性設計用地震動	甘海寺舎まり。	弾性設計用地震動	甘海地電動の。	
	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	Sd又は静的震度	奉毕地展到5 S	
取付ボルト		$0.805 \times 10^{3}$		$E_{00}E \times 10^3$	
(i=2)		9.805×10		5.095×10	

# 27

## 1.4 結論

## 1.4.1 ボルトの応力

(1) 制御盤

/								
	立てます	立てなオ オオキシレ		弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震	€動Ss	
	נאיטם	12 12	ルレノノ	算出応力	許容応力	算出応力		許容応力
	取付ボルト		引張り	_	_	σ _{b2} =152		
	(i=2)		せん断	_	_	au b 2 = 58		

すべて許容応力以下である。

(2) ガバナ盤

弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動Ss 材料 部材 応力 算出応力 許容応力 算出応力 許容応力 引張り ____ 取付ボルト —  $\sigma_{G b 2} = 196$ (i=2)せん断 ____  $\tau_{\rm G \, b \, 2} = 26$ ____

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{tsi}$ =Min[1.4 ·  $f_{toi}$ -1.6 ·  $\tau_{Gbi}$ ,  $f_{toi}$ ]





(単位:MPa)



# 4.2 電気的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評価用加速度*	機能研	<b>潅認済</b> 加	速度
生山谷山融	水平	0.69			
前仰盜	鉛直	0.71			
. 1.5 . S. ]., mu	水平	0.69			
	鉛直	0.71			

注記*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

制御盤



# K7 ① V-2-10-1-2-2-8 R1E

ガバナ盤

