

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-041-10 改3
提出年月日	2020年8月13日

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

K7 ① V-2-10-1-2-2-1 R0

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

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 次

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.	機能維持評価	63
6.1	機能維持評価方法	63
7.	評価結果	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。

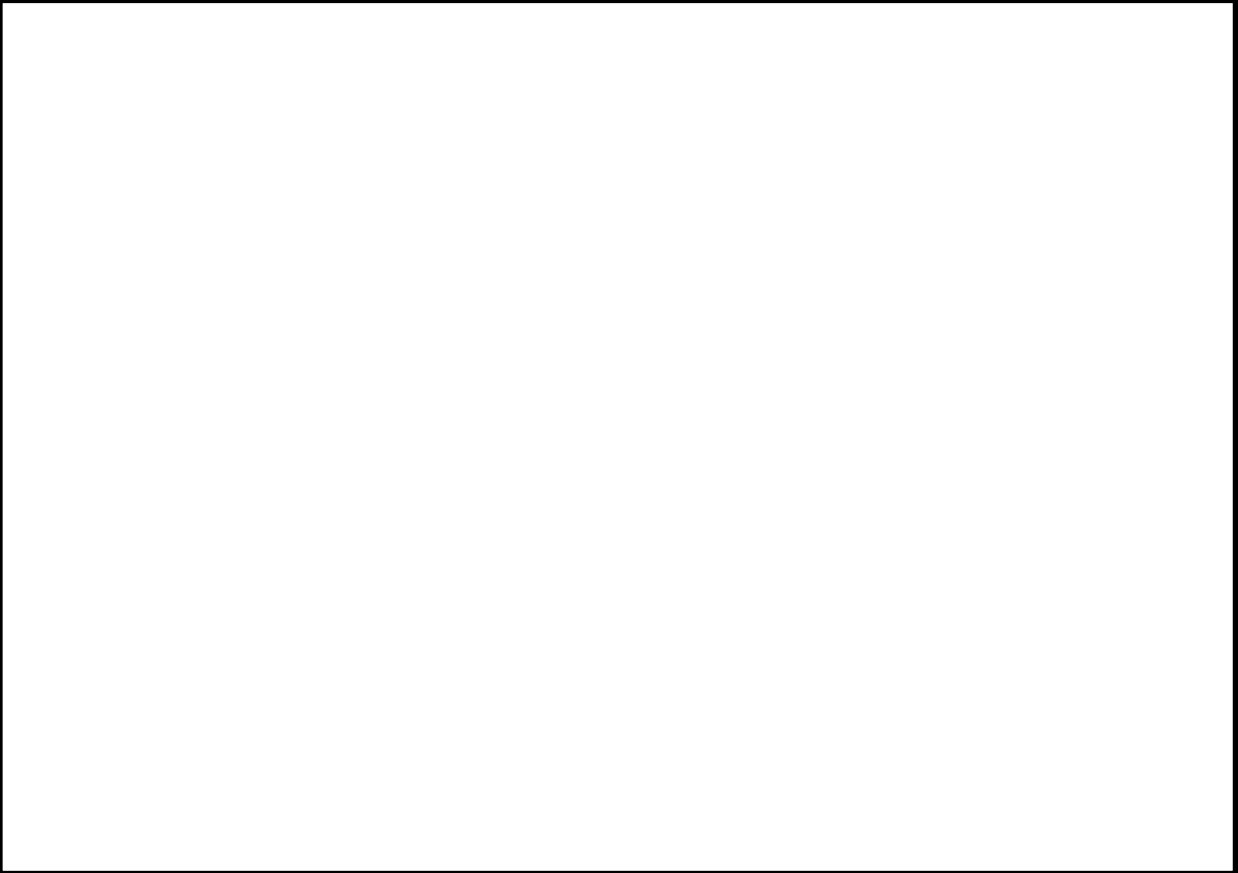
第一ガスタービン発電機は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び機能維持評価を示す。

## 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

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第一ガスタービン発電機(車両)は発電機車，制御車で構成される。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 車両は転倒防止装置で固定し，保管する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フレーム (トラック)</li> </ul>	<p>【第一ガスタービン発電機 (車両)】</p> 
		発電機車

(単位：mm)

表 2-2 構造計画

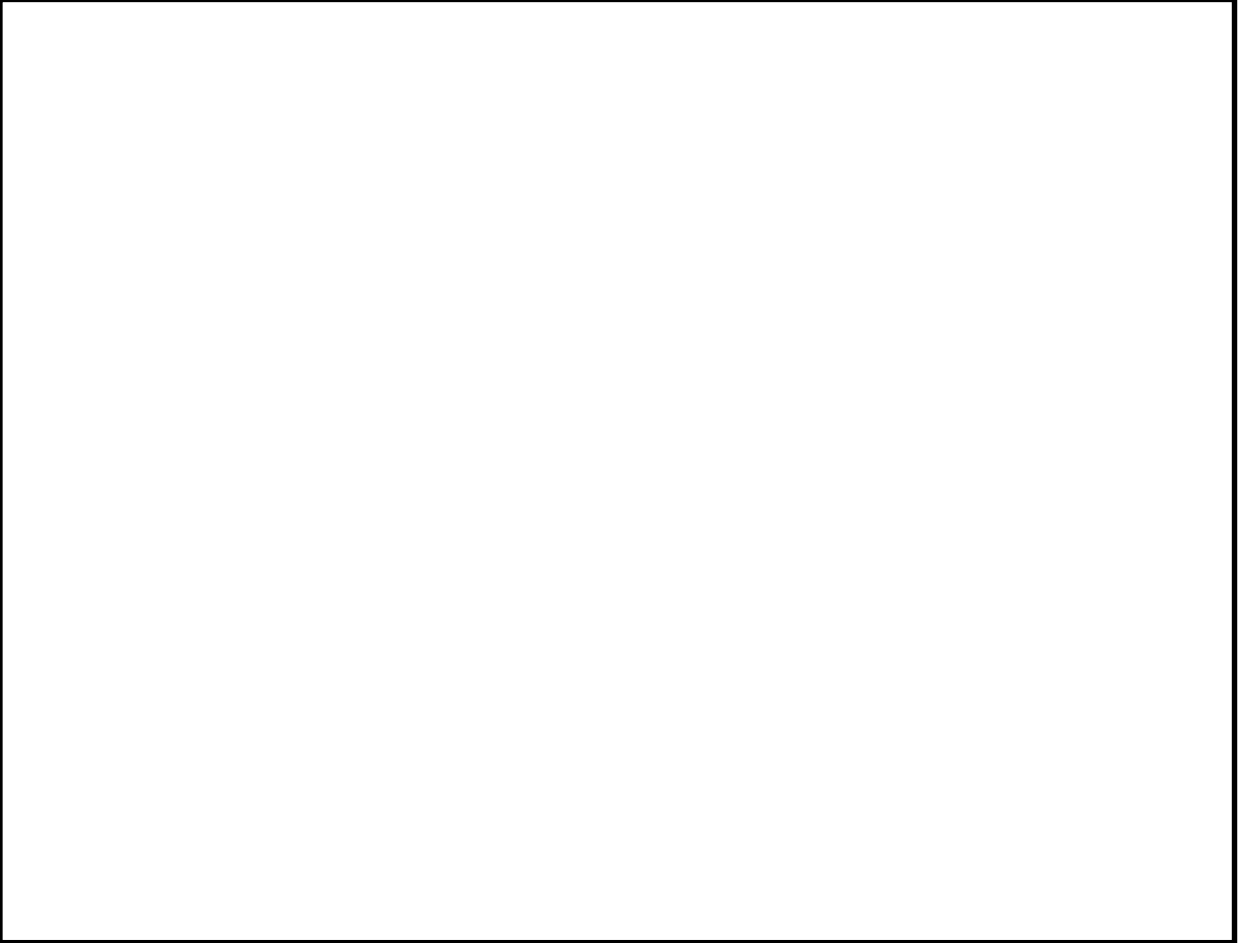
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>・ 第一ガスタービン発電機（転倒防止装置）は、リンク機構、ダンパー装置、タイヤ止め架台で構成される。</p>	<p>・ 転倒防止装置（鋼材を組み合わせたリンク機構、ダンパー装置、鋼材を組み合わせたタイヤ止め架台）</p>	<p>【第一ガスタービン発電機（転倒防止装置）】</p> 

表 2-3 構造計画

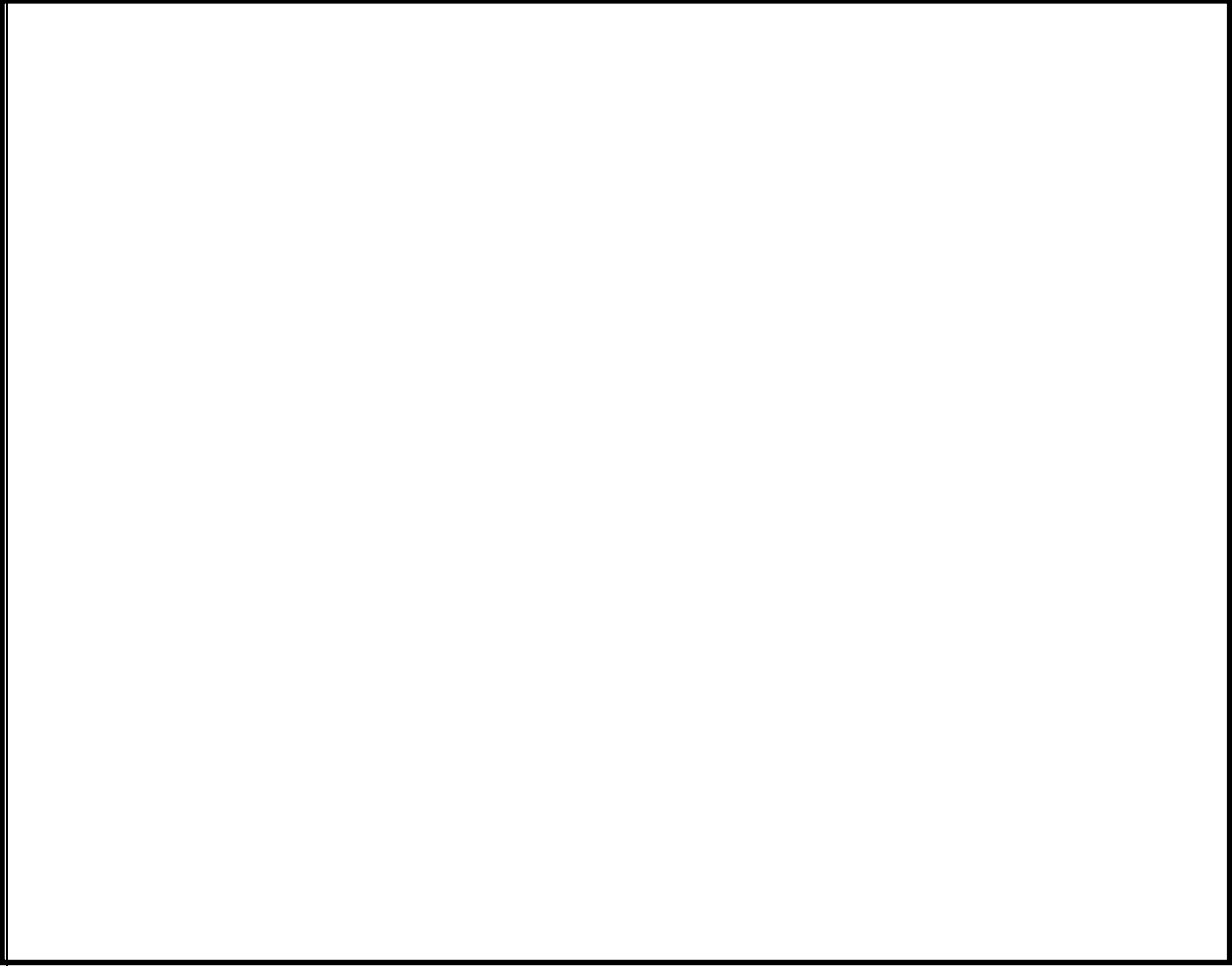
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
第一ガスタービン発電機用ガスタービンは共通架台に取付ボルトにより固定される。	単純開放サイクル 1軸式 ガスタービン機関	<p>【第一ガスタービン発電機用ガスタービン】</p> 



表 2-4 構造計画

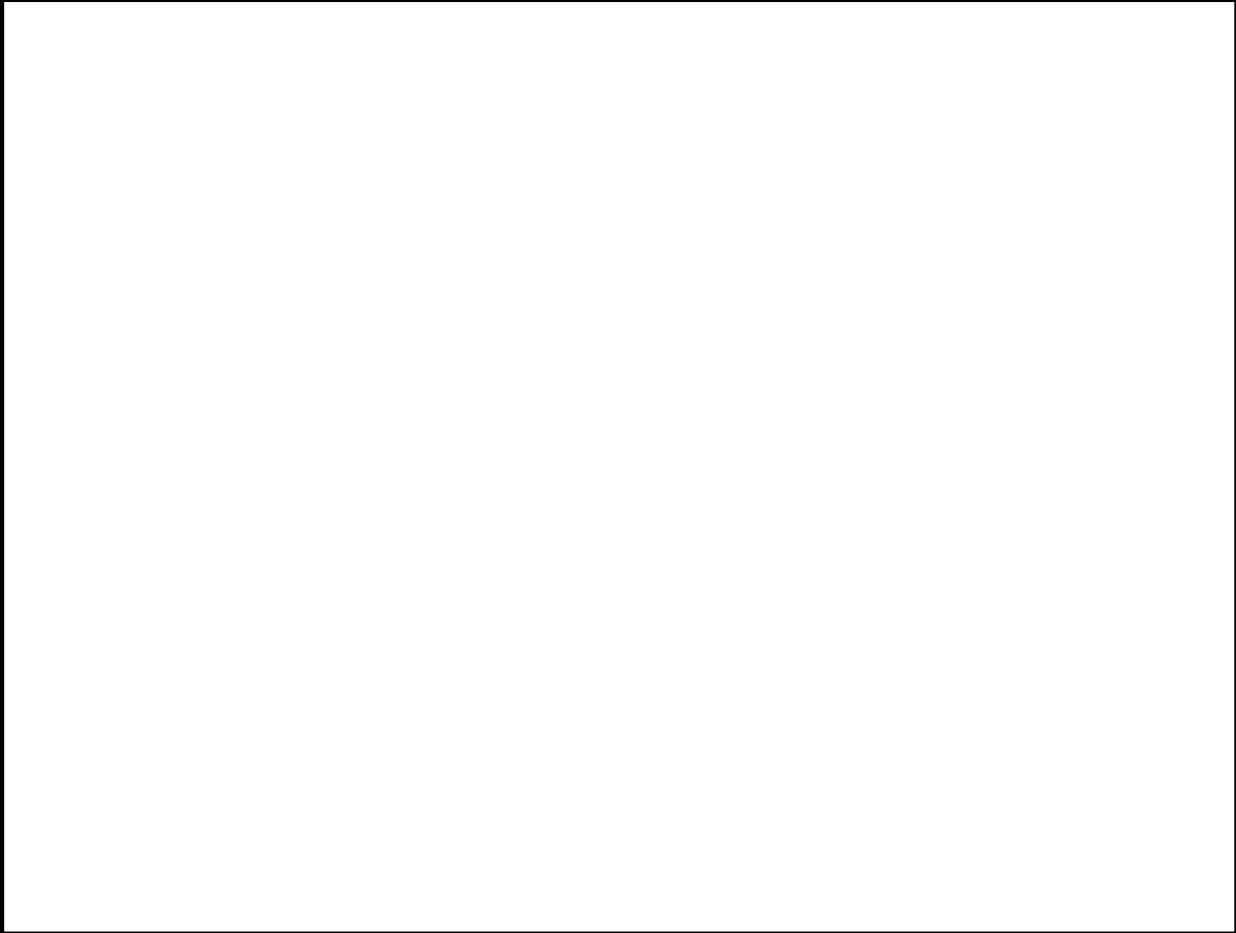

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
第一ガスタービン発電機(共通架台)は車体に取り付ボルトにより固定される。	架台 (鋼材を組み合わせた架台)	<p>【第一ガスタービン発電機(共通架台)】</p> 
		(単位 : mm)

表 2-5 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>第一ガスタービン発電機(リンク機構)は、リンク機構取付部ボルト上部により車体に固定され、リンク機構取付ボルト下部により基礎に固定される。</p>	<p>・リンク機構 (リンク部材(水平部材, 右上部材, 右下部材, 左上部材, 左下部材), 取付部上部, リンク連結部, 取付部下部により構成される。)</p>	<p><b>【第一ガスタービン発電機(リンク機構)】</b></p> 

## 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）及び第一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。

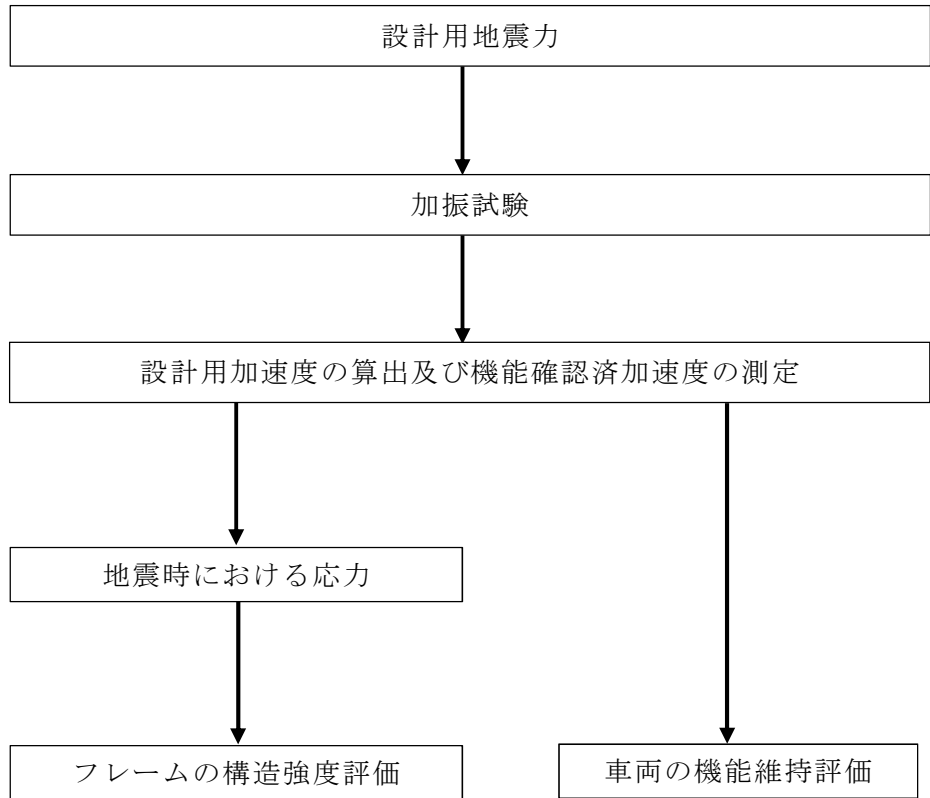


図 2-1 第一ガスタービン発電機(車両)の耐震評価フロー

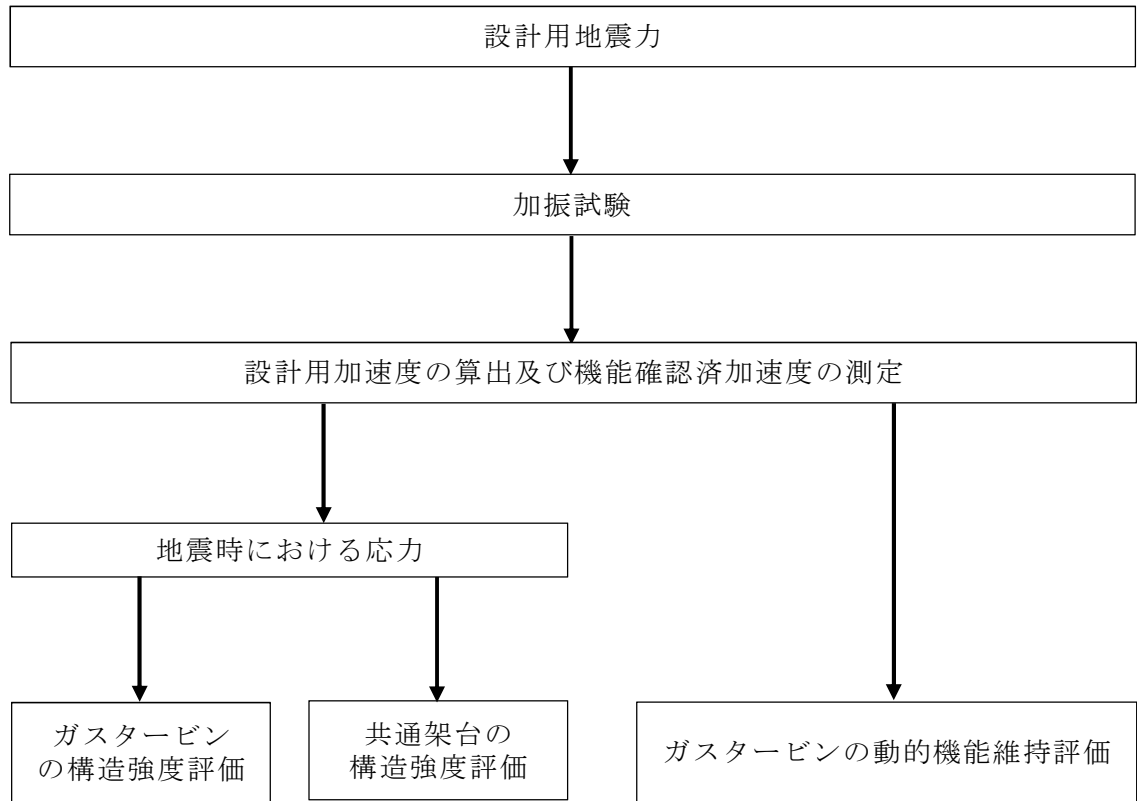


図 2-2 第一ガスタービン発電機用ガスタービン及び第一ガスタービン発電機(共通架台)の耐震評価フロー

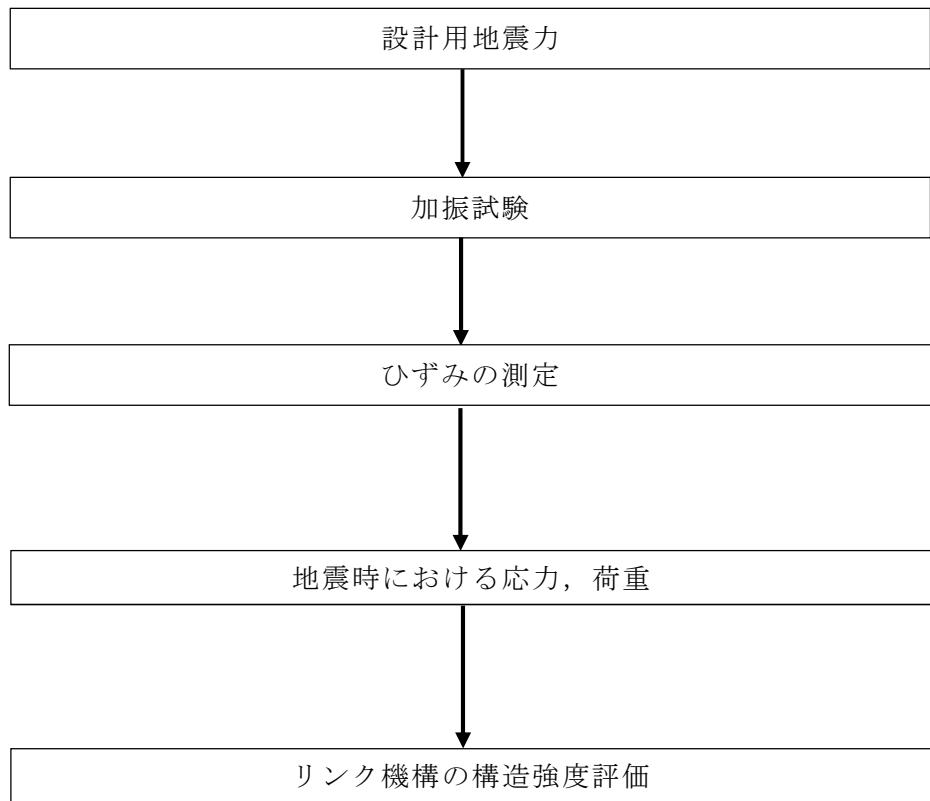


図 2-3 第一ガスタービン発電機(リンク機構)の耐震評価フロー

### 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 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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
$A_{FbH}(x)$	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	$mm^2$
$A_{FbV}(x)$	ける車両フレーム断面積	
$a_H$	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 $= \frac{h}{L_{F2}} a_H$	$m/s^2$
$h$	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	$MPa$
$F_{FH}(x)$	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	$N$
$F_{FV}(x)$	せん断荷重	
$F_{FV'}(x)$		
$f_{sb}$	せん断荷重のみを受けるボルト以外の許容せん断応力	$MPa$
$f_{to}$	曲げを受けるボルト以外の許容曲げ応力	$MPa$
$f_{ts}$	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 ( $=9.80665$ )	$m/s^2$
$L_{F1}$	支持位置A, B間でコンテナが搭載されていない距離	$mm$
$L_{F2}$	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	$kg$
$M_{FH}(x)$	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	$N \cdot mm$
$M_{FV}(x)$	曲げモーメント	
$M_{FV'}(x)$		
$S_u$	車両製造メーカー材料データ値(引張強さ)	$MPa$
$S_y$	車両製造メーカー材料データ値(降伏点)	$MPa$
$x$	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	$mm^3$
$Z_{FV}(x)$	ける車両フレームの断面係数	
$\sigma_{FH}$		$MPa$
$\sigma_{FV}$	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	
$\sigma_{FV'}$		

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{FbH}(x)$ $\sigma_{FbV}(x)$ $\sigma_{FbV'}(x)$	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
$\tau_{FbH}(x)$ $\tau_{FbV}(x)$ $\tau_{FbV'}(x)$	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 車両フレームのせん断応力	MPa
$\sigma_F$	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
$A_{bt i}$	取付ボルト軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$a_H$	水平方向設計用加速度	m/s <sup>2</sup>
$a_P$	回転体振動による加速度	m/s <sup>2</sup>
$a_V$	鉛直方向設計用加速度	m/s <sup>2</sup>
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力（1本あたり）* <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	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* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_{Gi}$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$L_{1i}$	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離(短辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{2i}$		
$L_{3i}$		
$L_{1Xi}$	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離(長辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{GXi}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(長辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{Gi}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(短辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$m_{GTi}$	ガスタービン質量* <sup>2</sup>	kg
$M_p$	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* <sup>1</sup>	—
$n_{1i}$	短辺方向( $L_{1i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{1Xi}$	長辺方向( $L_{1Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{2i}$	短辺方向( $L_{2i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{3i}$	短辺方向( $L_{3i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率(=3.14159)	—
$p$	回転体の許容振幅	$\mu$ m
$P$	発電機出力	kW
$R$	ガスタービン定格回転数	min <sup>-1</sup>

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{bti}$	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記\*1:  $A_{bti}$ ,  $d_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_{1i}$ ,  $L_{2i}$ ,  $L_{3i}$ ,  
 $L_{1Xi}$ ,  $L_{GXi}$ ,  $L_{Gi}$ ,  $n_i$ ,  $n_{1i}$ ,  $n_{1Xi}$ ,  $n_{2i}$ ,  $n_{3i}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  
 $S_{yi}$ ,  $\sigma_{bti}$ ,  $\tau_{bi}$ 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:  $h_{Gi}$  及び  $m_{GTi}$  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
$A_{Kbt i}$	取付ボルト軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$a_{KH}$	水平方向設計用加速度	m/s <sup>2</sup>
$a_{KP}$	回転体振動による加速度	m/s <sup>2</sup>
$a_{KV}$	鉛直方向設計用加速度	m/s <sup>2</sup>
$d_{Ki}$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{Kbi}$	ボルトに作用する引張力(1本当たり)* <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	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* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度(=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_{KGi}$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$L_{K1i}$	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 (短辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{K2i}$		
$L_{K3i}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(短辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{KGi}$		
$L_{K1Xi} \sim$	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 (長辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$L_{K5Xi}$		
$L_{K GXi}$	支点となる取付ボルトから重心までの距離(長辺方向)* <sup>1</sup>	mm
$m_{Ki}$	質量* <sup>2</sup>	kg
$n_{Ki}$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K1i}$	短辺方向( $L_{K1i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K1Xi}$	長辺方向( $L_{K1Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K2i}$	短辺方向( $L_{K2i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K2Xi}$	長辺方向( $L_{K2Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K3i}$	短辺方向( $L_{K3i}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K3Xi}$	長辺方向( $L_{K3Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K4Xi}$	長辺方向( $L_{K4Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$n_{K5Xi}$	長辺方向( $L_{K5Xi}$ の長さ面)に設けた取付ボルトの片側本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{Kbi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率(=3.14159)	—

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{Kbti}$	取付ボルト引張応力*1	MPa
$\tau_{Kbi}$	取付ボルトせん断応力*1	MPa

注記\*1:  $A_{Kbti}$ ,  $d_{Ki}$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{Kbi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_{K1i}$ ,  
 $L_{K2i}$ ,  $L_{K3i}$ ,  $L_{KGi}$ ,  $L_{K1Xi} \sim L_{K5Xi}$ ,  $L_{KGXi}$ ,  $n_{Ki}$ ,  $n_{K1i}$ ,  
 $n_{K1Xi}$ ,  $n_{K2i}$ ,  $n_{K2Xi}$ ,  $n_{K3i}$ ,  $n_{K3Xi}$ ,  $n_{K4Xi}$ ,  $n_{K5Xi}$ ,  
 $Q_{Kbi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $\sigma_{Kbti}$ ,  $\tau_{Kbi}$ 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:  $h_{KGi}$  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	単位
a	水平部材の外寸	mm
a <sub>1</sub>	水平部材の内寸	mm
A	リンク部材またはボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>LB</sub>	取付部上部，下部の許容荷重	kN
A <sub>LS</sub>	リンク連結部の許容荷重	kN
b <sub>1</sub>	右上部材及び左上部材断面の長辺	mm
b <sub>2</sub>	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 <sub>A</sub>	リンク部材に発生する軸力	kN
F <sub>L</sub>	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 <sub>C</sub>	リンク部材の許容圧縮応力	MPa
f <sub>to</sub>	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付ボルト下部の許容引張応力	MPa
f <sub>sb</sub>	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許容せん断応力	MPa
f <sub>ts</sub>	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引張力とせん断力を同時に受ける際の許容引張応力	MPa
h <sub>1</sub>	右上部材及び左上部材断面の短辺	mm
h <sub>2</sub>	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
I	リンク部材の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
L <sub>1</sub>	水平部材の座屈長さ	mm
L <sub>2</sub>	右上部材及び左上部材の座屈長さ	mm
L <sub>3</sub>	右下部材及び左下部材の座屈長さ	mm
L <sub>4</sub>	取付部上部，下部の支持間距離	mm
M	取付部上部，下部に発生する曲げモーメント	N・mm
n	取付ボルトの本数	—
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	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	mm <sup>3</sup>
ε <sub>+</sub>	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
$\varepsilon -$	リンク部材に発生するひずみの最小値の絶対値	—
$\theta$	リンク部材中心と鉛直とのなす角度	°
$\lambda$	リンク部材の有効細長比	—
$\Lambda$	限界細長比率	—
$\nu$	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
$\pi$	円周率 (=3.14159)	—
$\sigma$	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
$\tau$	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。

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	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
加速度	m/s <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>

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は、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氣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/s<sup>2</sup>)

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/s<sup>2</sup>)

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/s<sup>2</sup>)

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/s<sup>2</sup>)

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/s<sup>2</sup>)

項目	加速度
水平	
鉛直	

表 4-6 機能確認済加速度

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

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：—)

項目			ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	
発電機車	リンク機構 4	水平部材	引張	
			圧縮	
制御車	リンク機構 2	水平部材	引張	
			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樣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ー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。

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）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
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	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容 限界を用い る。)

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。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)				

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。

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）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
		フレーム	<input type="text"/>	周囲環境温度	40



### 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  $S_s$ 」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。

表 5-4 設計用加速度(重大事故等対処設備)

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 <sup>2</sup> )			
	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*	—	—				

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。

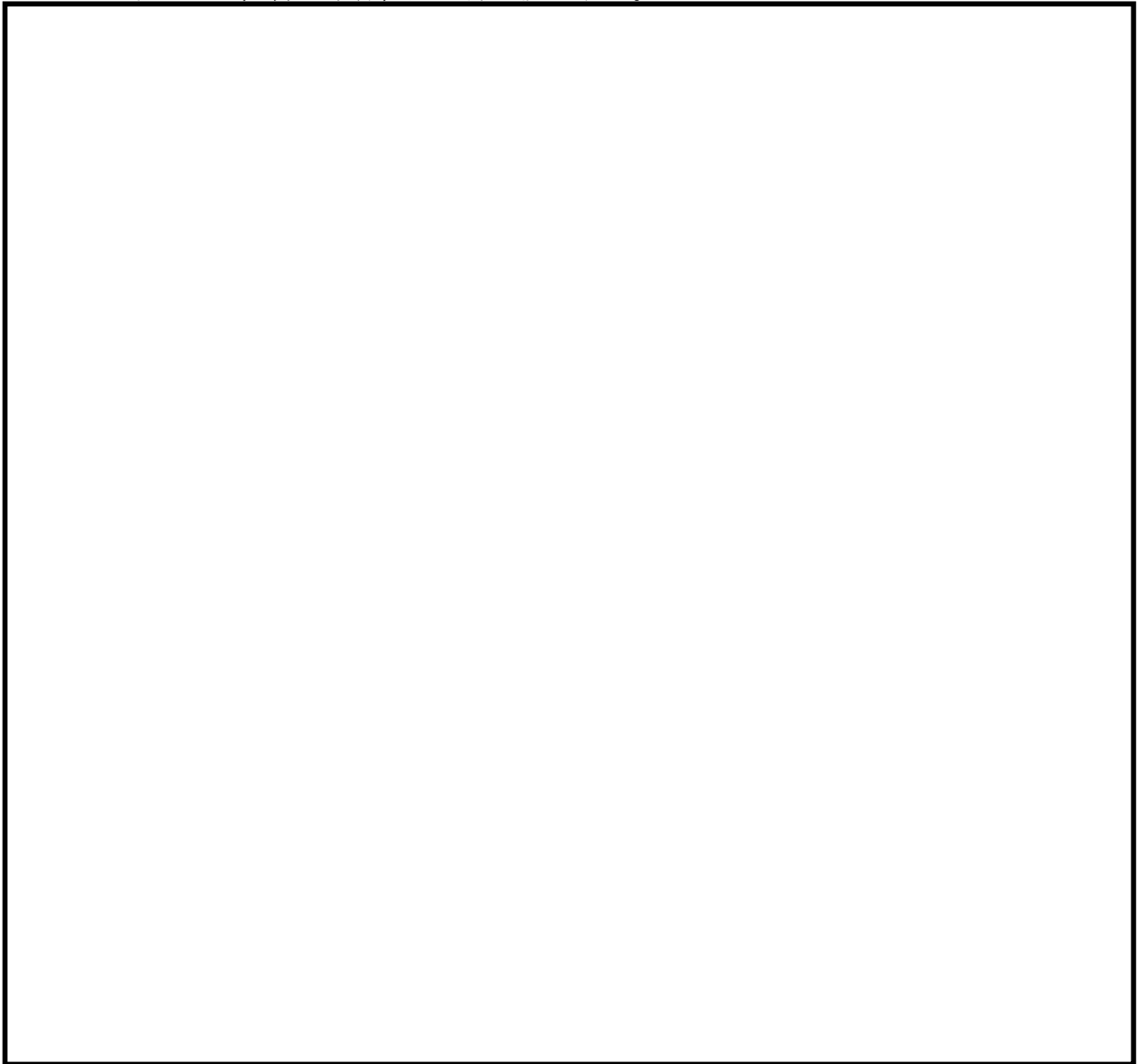


図 5-1 発電機車フレームの計算モデル図

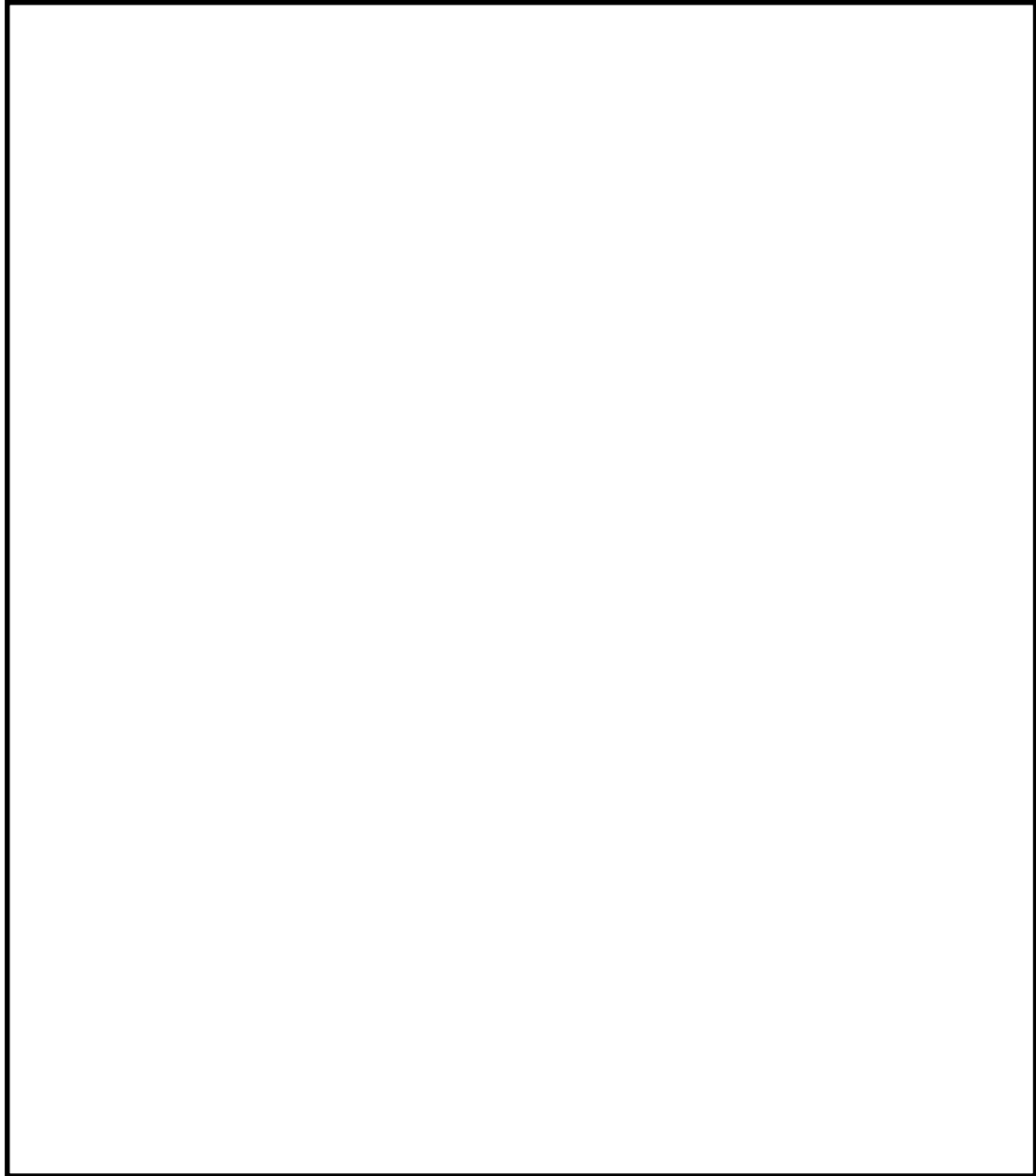


図 5-2 制御車フレームの計算モデル図

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。

$$M_{FH}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.1)$$

$$M_{FV}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.2)$$

$$M_{FV'}(x) = a_{V'} \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.3)$$

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。

$$\sigma_{FbH}(x) = \frac{M_{FH}(x)}{Z_{FH}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.4)$$

$$\sigma_{FbV}(x) = \frac{M_{FV}(x)}{Z_{FV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.5)$$

$$\sigma_{FbV'}(x) = \frac{M_{FV'}(x)}{Z_{FV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.6)$$

(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。

$$F_{FH}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.7)$$

$$F_{FV}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.8)$$

$$F_{FV'}(x) = a_{V'} \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.9)$$

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。

$$\tau_{FbH}(x) = \frac{F_{FH}(x)}{A_{FbH}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.10)$$

$$\tau_{FbV}(x) = \frac{F_{FV}(x)}{A_{FbV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.11)$$

$$\tau_{FbV'}(x) = \frac{F_{FV'}(x)}{A_{FbV'}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.12)$$

(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。

$$\sigma_{FH} = \sqrt{\sigma_{FbH}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbH}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.13)$$

$$\sigma_{FV} = \sqrt{\sigma_{FbV}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbV}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.14)$$

$$\sigma_{FV'} = \sqrt{\sigma_{FbV'}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbV'}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.15)$$

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。

$$M_{FH}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.16)$$

$$M_{FV}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.17)$$

$$M_{FV'}(x) = a_{V'} \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx \quad \dots\dots (5.1.4.18)$$

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。

$$\sigma_{FbH}(x) = \frac{M_{FH}(x)}{Z_{FH}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.19)$$

$$\sigma_{FbV}(x) = \frac{M_{FV}(x)}{Z_{FV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.20)$$

$$\sigma_{FbV'}(x) = \frac{M_{FV'}(x)}{Z_{FV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.21)$$

(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。

$$F_{FH}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.22)$$

$$F_{FV}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.23)$$

$$F_{FV'}(x) = a_{V'} \cdot \int_0^x w(x) dx \quad \dots\dots (5.1.4.24)$$

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。

$$\tau_{FbH}(x) = \frac{F_{FH}(x)}{A_{FbH}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.25)$$

$$\tau_{FbV}(x) = \frac{F_{FV}(x)}{A_{FbV}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.26)$$

$$\tau_{FbV'}(x) = \frac{F_{FV'}(x)}{A_{FbV'}(x)} \quad \dots\dots (5.1.4.27)$$



(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。

$$\sigma_{FH} = \sqrt{\sigma_{FbH}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbH}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.28)$$

$$\sigma_{FV} = \sqrt{\sigma_{FbV}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbV}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.29)$$

$$\sigma_{FV'} = \sqrt{\sigma_{FbV'}(x)^2 + 3 \cdot \tau_{FbV'}(x)^2} \quad \dots\dots (5.1.4.30)$$

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。

5.1.6 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 $\sigma_F$ は、次式より求めた許容組合せ応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{ts}$ は下表による。

$$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{FH} + \sigma_{FV'})^2 + \sigma_{FV}^2} \leq f_{ts} \quad \dots\dots (5.1.6.1)$$

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 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
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J S M E S N C 1-2005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。

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）

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
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 電機用ガスタービン	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
		第一ガスタービン発 電機(共通架台)			$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容 限界を用い る。)

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。

表 5-6 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> *  1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

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 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (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
第一ガスタービン発電機 (共通架台) 取付ボルト		周囲環境温度	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  $S_s$ 」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。

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)

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 <sup>2</sup> )	
	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
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。

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)

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 <sup>2</sup> )	
	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
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。

#### 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。

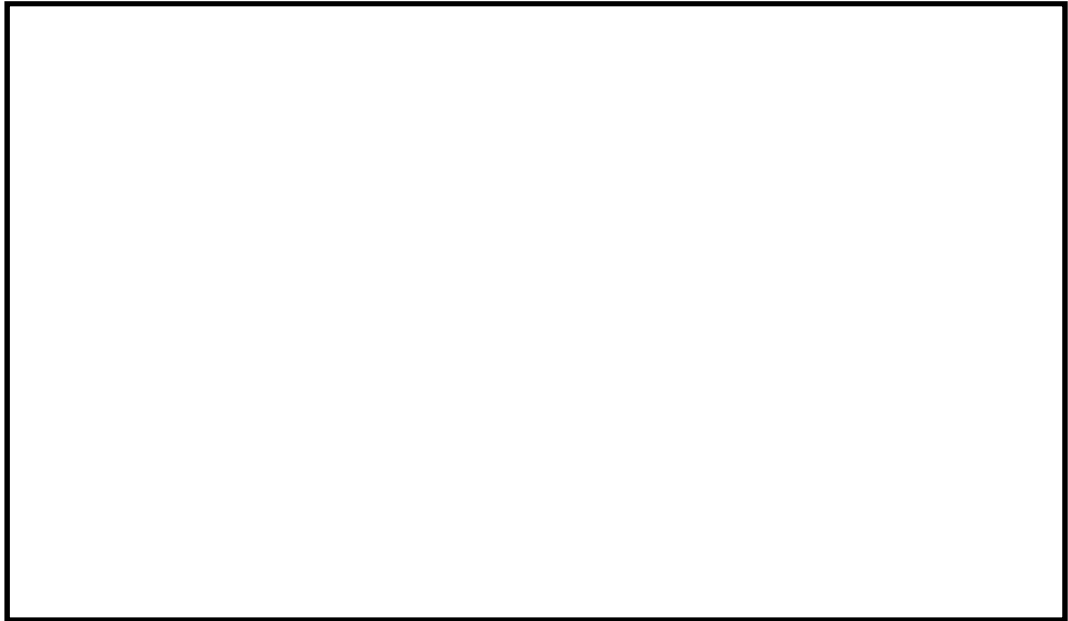


図 5-3 第一ガスタービン発電機用ガスタービン取付ボルトの計算モデル図  
(短辺方向転倒)

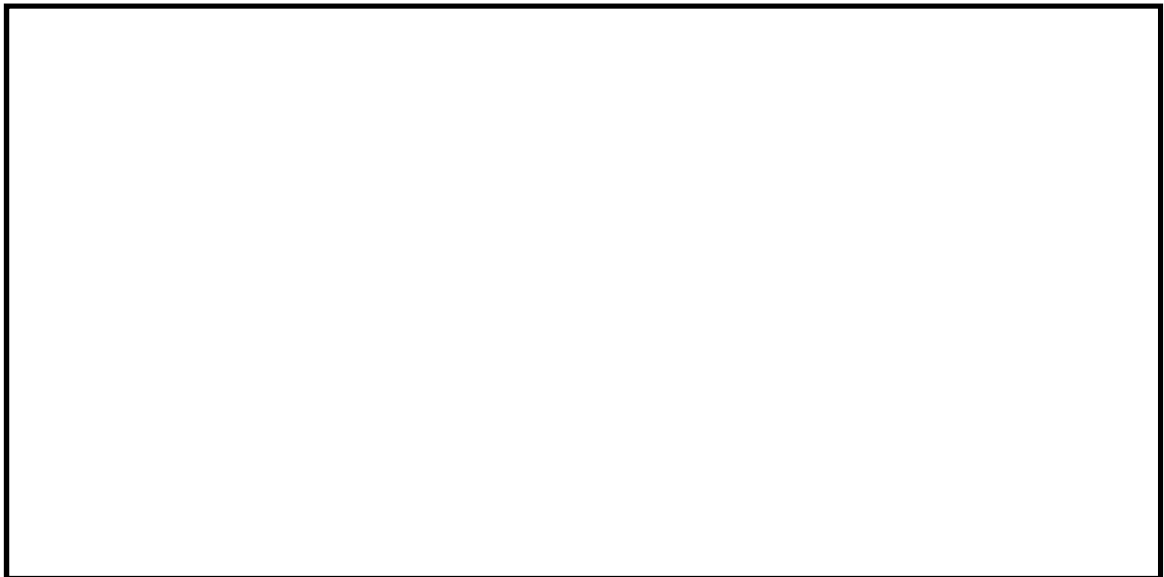


図 5-4 第一ガスタービン発電機用ガスタービン取付ボルトの計算モデル図  
(長辺方向転倒)

(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

$$F_{b2} = \frac{\{m_{GT2} \cdot (a_H + a_p) \cdot h_{G2} + M_P - m_{GT2} \cdot (g - a_V - a_p) \cdot L_{G2}\} \cdot L_{12}}{L_{12}^2 \cdot n_{12} + L_{22}^2 \cdot n_{22} + L_{32}^2 \cdot n_{32}} \quad \dots\dots (5.2.4.1)$$

長辺方向の引張力計算式

$$F_{b2} = \frac{m_{GT2} \cdot (a_H + a_p) \cdot h_{G2} - m_{GT2} \cdot (g - a_V - a_p) \cdot L_{GX2}}{n_{1X2} \cdot L_{1X2}} \quad \dots\dots (5.2.4.2)$$

短辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{bt2} = \frac{F_{b2}}{A_{bt2}} \quad \dots\dots (5.2.4.3)$$

長辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{bt2} = \frac{F_{b2}}{A_{bt2}} \quad \dots\dots (5.2.4.4)$$

$\sigma_{bt2}$  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  $A_{bt2}$  は次式により求める。

$$A_{bt2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots (5.2.4.5)$$



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

$$M_p = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot 10^6 \quad \dots\dots (5.2.4.6)$$

回転体振動による加速度の計算式

$$a_p = \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2} \quad \dots\dots (5.2.4.7)$$

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

$$Q_{b2} = m_{GT2} \cdot (a_H + a_p) \quad \dots\dots (5.2.4.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{bt2}} \quad \dots\dots (5.2.4.9)$$

(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)

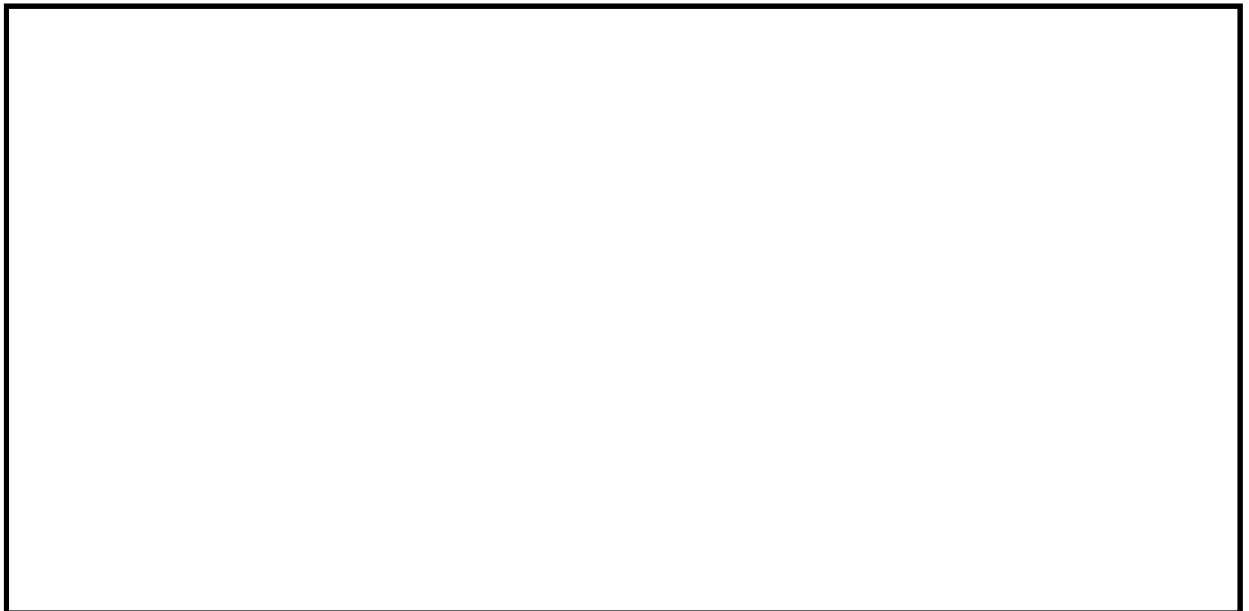


図 5-6 共通架台の取付ボルトの計算モデル図(長辺方向転倒)  
(短辺方向転倒及び長辺方向転倒( $g - a_{KV} - a_{KP} < 0$ )の場合)

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

$$F_{Kb2} = \frac{\left\{ m_{K2} \cdot (a_{KH} + a_{KP}) \cdot h_{KG2} - m_{K2} \cdot (g - a_{KV} - a_{KP}) \cdot L_{KG2} \right\} \cdot L_{K12}}{L_{K12}^2 \cdot n_{K12} + L_{K22}^2 \cdot n_{K22} + L_{K32}^2 \cdot n_{K32}} \dots\dots (5.2.4.10)$$

長辺方向の引張力計算式

$$F_{Kb2} = \frac{\left\{ m_{K2} \cdot (a_{KH} + a_{KP}) \cdot h_{KG2} - m_{K2} \cdot (g - a_{KV} - a_{KP}) \cdot L_{KGX2} \right\} \cdot L_{K1X2}}{\left( \sum_{j=1}^5 L_{KjX2}^2 \cdot n_{KjX2} \right)} \dots\dots (5.2.4.11)$$

短辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{Kbt2} = \frac{F_{Kb2}}{A_{Kbt2}} \dots\dots (5.2.4.12)$$

長辺方向の引張応力計算式

$$\sigma_{Kbt2} = \frac{F_{Kb2}}{A_{Kbt2}} \dots\dots (5.2.4.13)$$

$\sigma_{Kbt2}$ 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 $A_{Kbt2}$ は次式により求める。

$$A_{Kbt2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{K2}^2 \dots\dots (5.2.4.14)$$

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

$$a_{KP} = a_P \quad \dots\dots (5.2.4.15)$$

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. セン断応力

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

$$Q_{Kb2} = m_{K2} \cdot (a_{KH} + a_{KP}) \quad \dots\dots (5.2.4.16)$$

せん断応力

$$\tau_{Kb2} = \frac{Q_{Kb2}}{n_{K2} \cdot A_{Kbt2}} \quad \dots\dots (5.2.4.17)$$

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 $f_{t si}$ 以下であること。ただし、 $f_{t oi}$ は下表による。

$$f_{t si} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{t oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t oi}] \quad \dots\dots (5.2.4.18)$$

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 $f_{s bi}$ 以下であること。ただし $f_{s bi}$ 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 $f_{t oi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{s bi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

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 $\sigma_{Kbt_i}$ 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。

$$f_{t_{s_i}} = \text{Min} \left[ 1.4 \cdot f_{t_{o_i}} - 1.6 \cdot \tau_{Kbi}, f_{t_{o_i}} \right] \quad \dots\dots (5.2.4.19)$$

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 $f_{s_{b_i}}$ 以下であること。ただし $f_{s_{b_i}}$ 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 $f_{t_{o_i}}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{s_{b_i}}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

### 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 $\theta$ により変化するが、評価に用いるリンク機構の角度 $\theta$ 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 J S M E S N C 1 -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。

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）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
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	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容 限界を用い る。)

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。



表 5-11 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張	せん断	圧縮	曲げ
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)				

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。

表 5-12 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

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 5-13 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 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (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		

### 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 $\sigma_+$

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。

$$\sigma_+ = \varepsilon_+ \cdot E \quad \dots\dots (5.3.1)$$

#### b. 圧縮応力 $\sigma_-$

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。

$$\sigma_- = \varepsilon_- \cdot E \quad \dots\dots (5.3.2)$$

- (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)

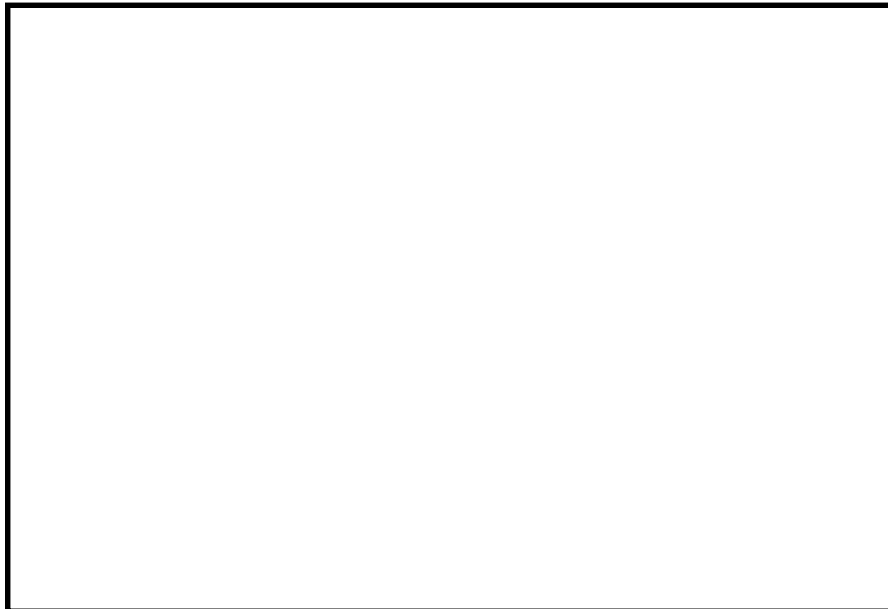


図 5-9 各取付部及びリンク連結部の計算モデル図(2/2)

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。

$$F_A = \boxed{\phantom{000000}} \cdots \cdots (5.3.3)$$

$$= \boxed{\phantom{000000000000}}$$

ここで、水平部材の断面積  $A$  は

$$A = \boxed{\phantom{000000}}$$

ロ. 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  $\boxed{\phantom{000000000000}}$

$$F_A = \boxed{\phantom{000000}} \cdots \cdots (5.3.4)$$

$$= \boxed{\phantom{000000000000}}$$

ここで、右上部材，右下部材，左上部材，左下部材の断面積  $A$  は

$$A = \boxed{\phantom{000000}}$$

b. 取付部上部，下部及びリンク連結部に発生する荷重  $F_L$

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。

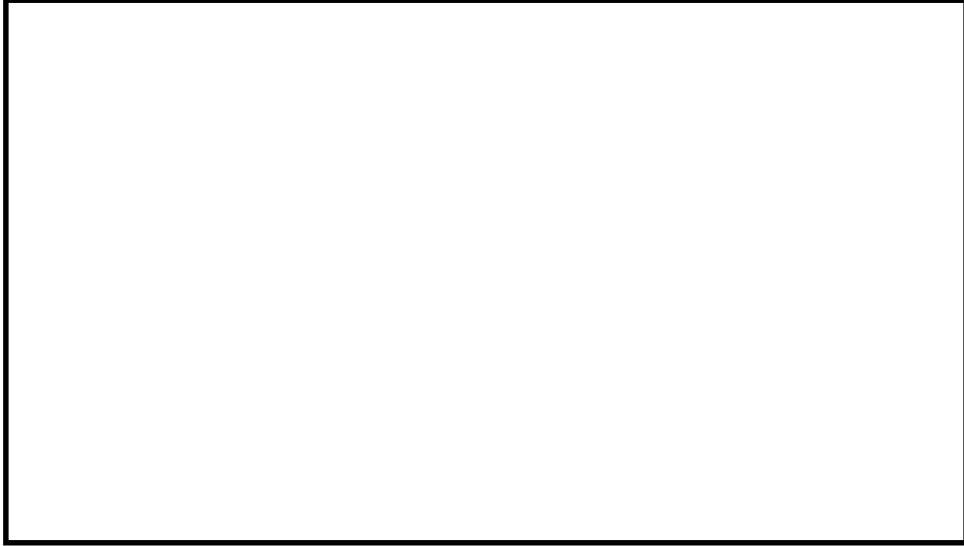


図 5-10 取付ボルトの計算モデル図

- a. 引張応力  $\sigma$

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。

$$\sigma = \frac{F_L \cdot \cos \theta}{n \cdot A} \quad \dots\dots (5.3.5)$$

- b. せん断応力  $\tau$

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。

$$\tau = \frac{F_L \cdot \sin \theta}{n \cdot A} \quad \dots\dots (5.3.6)$$

### 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

(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れる。

$$f_t = \frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$$

ここで、

$$F^* = \min(1.2 \cdot S_y, 0.7 \cdot S_u) \cdots \cdots (5.3.7)$$

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、

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad (k=1, 2, 3) \quad (\text{なお, } i = \sqrt{\frac{I}{A}})$$

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，

$$I = \frac{b_k \cdot h_k^3}{12} (k=1, 2)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}}$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$$

$$F^* = \min(1.2 \cdot S_y, 0.7 \cdot S_u) \dots\dots (5.3.8)$$

- (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。

$$M = \frac{A_{LB} \cdot L_4}{8} \dots\dots (5.3.9)$$

また，曲げモーメント M は， 次式のようにになる。

$$M = \text{} \dots\dots (5.3.10)$$

ここで， 断面係数 Z は，

$$Z = \text{} \dots\dots (5.3.11)$$

式(5.3.9)～(5.3.11)許容荷重  $A_{LB}$  は以下の式で求められる。

$$A_{LB} = \text{} \dots\dots (5.3.12)$$

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  $A_{LS}$  はせん断応力により次式のようにになる。

$$A_{LS} = A \cdot \frac{S_y}{\sqrt{3}} \dots\dots (5.3.13)$$

ここで， 断面積 A は，

$$A = \text{} \dots\dots (5.3.14)$$

式(4.11)，(4.12)より許容荷重  $A_{LS}$  は以下の式で求められる。

$$A_{LS} = \text{} \dots\dots (5.3.15)$$

(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  $\sigma$  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  $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}] \cdots \cdots (5.3.16)$$

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 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 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。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度	
第一ガスタービン発電機 (車両)	水平		
	鉛直		
第一ガスタービン発電機 用ガスタービン	水平		
	鉛直		

## 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)

機器名称	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub> (m/s <sup>2</sup> )				周囲環境 温度 (°C)
			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)	水平方向 設計用加速度 (制御車)	鉛直方向 設計用加速度 (発電機車)	鉛直方向 設計用加速度 (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	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub> (m/s <sup>2</sup> )		回転体振動に よる加速度 (m/s <sup>2</sup> )	回転体回転により 働くモーメント (N・mm)	周囲環境 温度 (°C)
			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			
第一ガスタービン発電機 用ガスタービン	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。

1.1.3 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 及び床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub> (m/s <sup>2</sup> )		回転体振動による 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	周囲環境 温度 (°C)
			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		
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	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	加振試験で得られたひずみ		周囲環境 温度 (°C)
			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*			40

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	$m_{F1}$ (kg)	$m_{F2}$ (kg)	$h$ (mm)	$L_F$ (mm)	$L_{F1}$ (mm)	$L_{F2}$ (mm)	$A_{FbH}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{FbV}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{FH}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{FV}$ (mm <sup>3</sup> )	$S_y$ (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	$m_{GTi}$ (kg)	$h_{Gi}$ (mm)	$d_i$ (mm)	$A_{bti}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$R$ (min <sup>-1</sup> )	$P$ (kW)	$p$ ( $\mu$ m)	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$M_P$ (N $\cdot$ mm)	
取付ボルト ( $i=2$ )							3600					

部材	$L_{1i}$ (mm)	$L_{2i}$ (mm)	$L_{3i}$ (mm)	$L_{1Xi}$ (mm)	$L_{GXi}$ (mm)	$L_{Gi}$ (mm)	$n_{1i}$	$n_{2i}$	$n_{3i}$	$n_{1Xi}$
取付ボルト ( $i=2$ )										

部材	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
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	$m_{Ki}$ (kg)	$h_{KGi}$ (mm)	$d_{Ki}$ (mm)	$A_{Kbti}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_{Ki}$	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)
取付ボルト ( $i=2$ )							

部材	$L_{K1i}$ (mm)	$L_{K2i}$ (mm)	$L_{K3i}$ (mm)	$L_{K1Xi}$ (mm)	$L_{K2Xi}$ (mm)	$L_{K3Xi}$ (mm)	$L_{K4Xi}$ (mm)	$L_{K5Xi}$ (mm)	$L_{KGi}$ (mm)	$L_{KGXi}$ (mm)
取付ボルト ( $i=2$ )										

部材	$n_{K1i}$	$n_{K2i}$	$n_{K3i}$	$n_{K1Xi}$	$n_{K2Xi}$	$n_{K3Xi}$	$n_{K4Xi}$	$n_{K5Xi}$	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
										弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )										—	短辺方向

1.2.4 第一ガスタービン発電機（リンク機構）

部材	a (mm)	$a_1$ (mm)	$b_1$ (mm)	$b_2$ (mm)	d (mm)	$\theta$ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
						引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
発電機車	リンク機構 1									

部材	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	$L_1$ (mm)	$L_2$ (mm)	$L_3$ (mm)	$L_4$ (mm)		n (-)	$F^*$ (MPa)
						取付部	リンク連結部		
発電機車	リンク機構 1								



部材		a (mm)	a <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	θ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
発電機車	リンク機構 2										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		n (-)	F* (MPa)
							取付部	リンク連結部		
発電機車	リンク機構 2									

部材		a (mm)	a <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	θ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
発電機車	リンク機構 3										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		n (-)	F* (MPa)
							取付部	リンク連結部		
発電機車	リンク機構 3									

部材		a (mm)	a <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	$\theta$ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
発電機車	リンク機構 4										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		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 <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	$\theta$ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
制御車	リンク機構 1										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		n (-)	F* (MPa)
							取付部	リンク連結部		
制御車	リンク機構 1									

部材		a (mm)	a <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	θ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
制御車	リンク機構 2										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		n (-)	F* (MPa)
							取付部	リンク連結部		
制御車	リンク機構 2									

部材		a (mm)	a <sub>1</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	d (mm)	θ (°)		D (mm)		E (MPa) (40°C)
							引張最大	せん断最大	取付部	リンク連結部	
制御車	リンク機構 3										

部材		h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)		n (-)	F* (MPa)
							取付部	リンク連結部		
制御車	リンク機構 3									

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)

対象機器	$M_F$ (N・mm)		$F_F$ (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
発電機車	—	$2.231 \times 10^8$	—	$3.082 \times 10^3$
制御車	—	$9.531 \times 10^7$	—	$9.240 \times 10^4$

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)

部材	$F_{bi}$		$Q_{bi}$	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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)

(単位：N)

部材	$F_{Kbi}$		$Q_{Kbi}$	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—	$5.997 \times 10^4$	—	$7.499 \times 10^5$

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		リンク部材に発生する荷重 F <sub>A</sub>	取付部及に発生する荷重 F <sub>L</sub>	リンク連結部に発生する荷重 F <sub>L</sub>
発電機車	取付部上部			
制御車	取付部上部			

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)

(単位：MPa)

対象機器	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
発電機車		組合せ	—	—	$\sigma_{F_{bh}}=372$	
制御車		組合せ	—	—	$\sigma_{F_{bh}}=99$	

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

(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
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{bt2}=200$	
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=29$	

すべて許容応力以下である。

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

(2) 第一ガスタービン発電機(共通架台)

(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
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{Kbt2}=390$	
		せん断	—	—	$\tau_{Kb2}=203$	

すべて許容応力以下である。

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

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

(単位：MPa)

部材			材料	応力	算出応力	許容応力
発電機車	リンク機構 4	水平部材	□	引張り	41	□
				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

(単位：kN)

部材			材料	発生荷重	許容荷重
発電機車	リンク機構 2	取付部上部	□	81.22	□
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

(単位 MPa)

部材			材料	応力	算出応力	許容応力
発電機車	リンク機構 1	下部取付ボルト	□	引張り	35	□
				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\* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{kbi}, f_{toi}]$

1.4.4 機能の評価結果

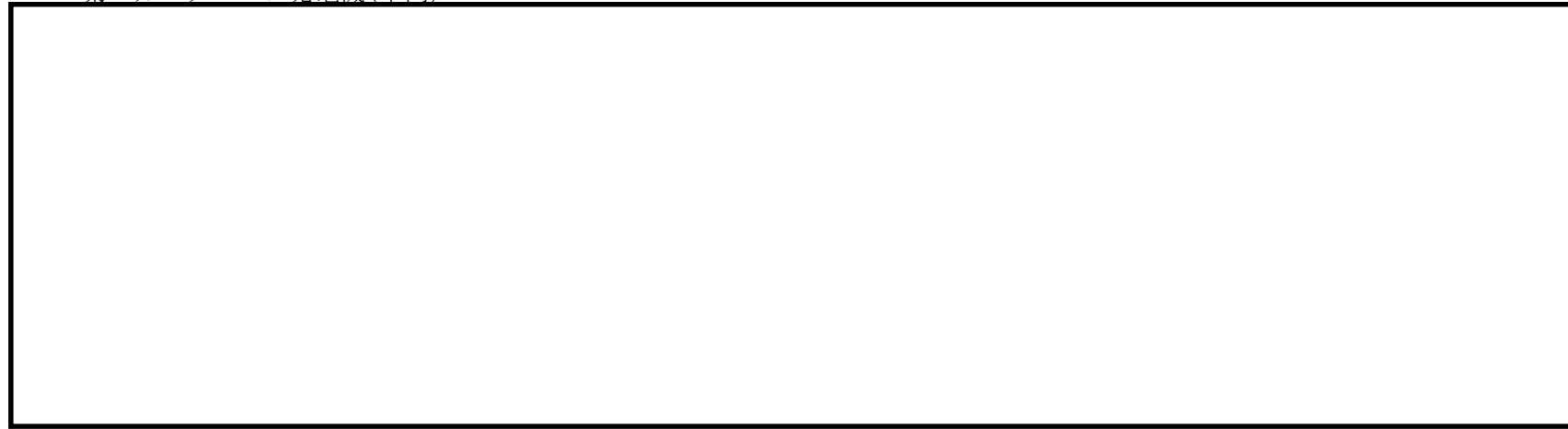
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
第一ガスタービン発電機 (車両)	水平	0.69	□
	鉛直	0.71	
第一ガスタービン 用ガスタービン	水平	0.69	
	鉛直	0.71	

注記\* : 基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 ( $1.0 \cdot ZPA$ ) はすべて機能確認済加速度以下である。

第一ガスタービン発電機(車両)



発電機車(長辺方向)

制御車(長辺方向)

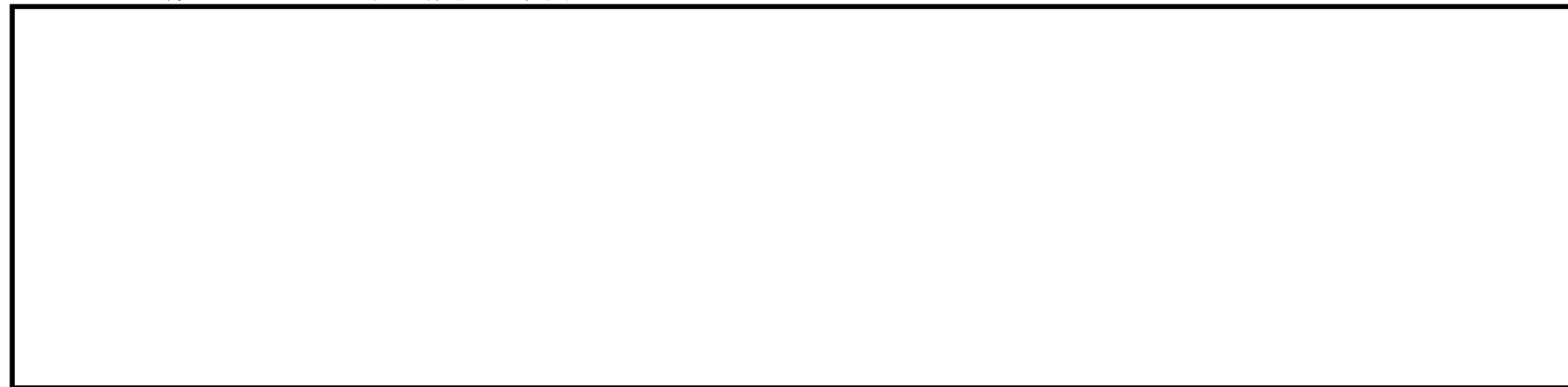
第一ガスタービン発電機用ガスタービン



(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)

75