

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0426_改1
提出年月日	2021年10月8日

### VI-2-9-4-4-1-3 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書

2021年10月  
東北電力株式会社

## 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 記号の説明	3
3.2 固有周期の計算方法	3
3.3 固有周期の計算条件	4
3.4 固有周期の計算結果	4
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
4.2.2 許容応力	5
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	5
4.3 計算条件	5
5. 機能維持評価	9
5.1 動的機能維持評価方法	9
5.2 ファンの動的機能維持評価	9
5.2.1 評価対象部位	9
5.2.2 評価基準値	10
5.2.3 記号の説明	10
5.2.4 評価方法	11
5.3 原動機の動的機能維持評価	16
5.3.1 評価対象部位	16
5.3.2 評価基準値	16
5.3.3 記号の説明	17
5.3.4 評価方法	19
6. 評価結果	24
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-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、非常用ガス処理系排風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。

非常用ガス処理系排風機は、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緩和設備に分類される。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、非常用ガス処理系排風機は、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用ガス処理系排風機の構造計画を表 2-1 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	
<p>排風機及び原動機は架台に取付ボルトにより固定され、架台は基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>遠心式 (遠心直結型ファン)</p>	<p>(単位 : mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_e$	有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$E$	縦弾性係数	MPa
$G$	せん断弾性係数	MPa
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$K_H$	水平方向ばね定数	N/m
$K_V$	鉛直方向ばね定数	N/m
$m$	運転時質量	kg
$T_H$	水平方向固有周期	s
$T_V$	鉛直方向固有周期	s

#### 3.2 固有周期の計算方法

非常用ガス処理系排風機の固有周期の計算方法を以下に示す。

##### (1) 計算モデル

- 非常用ガス処理系排風機の質量は重心に集中するものとする。
- 非常用ガス処理系排風機は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- 非常用ガス処理系排風機をはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

非常用ガス処理系排風機は、図 3-1 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

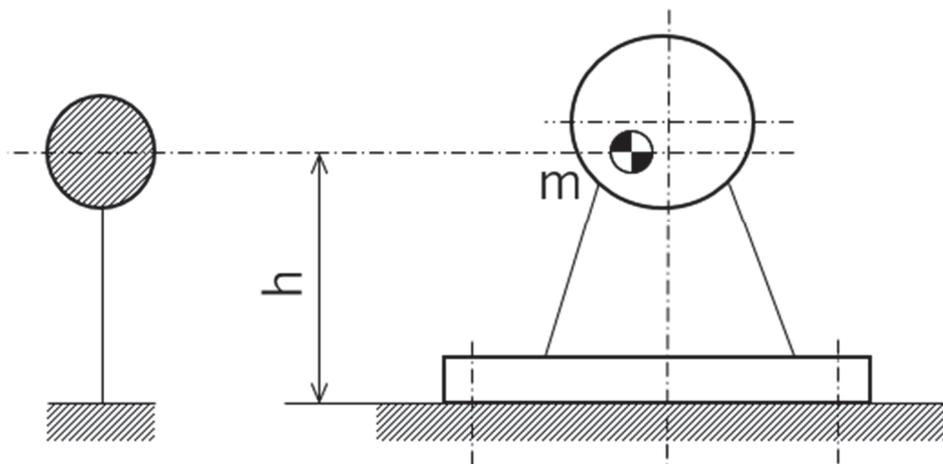


図 3-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数 $K_H$ は次式で求める。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{G \cdot A_e}} \dots\dots\dots (3.2.1)$$

したがって、固有周期 $T_H$ は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_H}} \dots\dots\dots (3.2.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 $K_V$ は次式で求める。

$$K_V = \frac{1000}{E \cdot A_e} \quad * \dots\dots\dots (3.2.3)$$

注記\*：断面積には、固有周期が大きく算出される有効せん断断面積 $A_e$ を用いる。

したがって、固有周期 $T_V$ は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_V}} \dots\dots\dots (3.2.4)$$

3.3 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【非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

3.4 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-1 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 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向			
鉛直方向			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

非常用ガス処理系排風機の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 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。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

##### 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

非常用ガス処理系排風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 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

非常用ガス処理系排風機の許容応力は、添付書類「VI-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

非常用ガス処理系排風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 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【非常用ガス処理系排風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。

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
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	非常用ガス処理系 排風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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。

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	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
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	非常用ガス処理系 排風機	常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	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\*<sup>1</sup>：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*<sup>2</sup>：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。

\*<sup>3</sup>：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 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）

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
III <sub>AS</sub>	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
IV <sub>AS</sub>	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>AS</sub> (V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> 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 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	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	65	225	386	—
排風機取付 ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	最高使用温度	140	200	373	—
原動機取付 ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	65	225	386	—

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）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—
排風機取付 ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	最高使用温度	140	200	373	—
原動機取付 ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 動的機能維持評価方法

非常用ガス処理系排風機及び原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の遠心直結型ファン及び横形転がり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に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。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度 (1.0ZPA) を設定する。

### 5.2 ファンの動的機能維持評価

#### 5.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載の遠心直結型ファンの動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 軸
- b. 軸受
- c. インペラとファンケーシング間のクリアランス
- d. 電動機との軸継手
- e. ファンケーシング
- f. メカニカルシール
- g. 軸系架台
- h. ファンケーシング固定ボルト
- i. 電動機固定ボルト
- j. 基礎ボルト

このうち「h. ファンケーシング固定ボルト」、「i. 電動機固定ボルト」及び「j. 基礎ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」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ことを確認している。なお、非常用ガス処理系排風機においては、ファンケーシング固定ボルトに相当する部材として排風機取付ボルト、電動機固定ボルトに相当する部材として原動機取付ボルトが該当する。

「e. ファンケーシング」は、共通架台上にファンケーシング取付ボルトを用いて固定されており、地震時にファンケーシング取付ボルトに最も荷重が作用することから、ファンケーシングの評価は対象外とする。

「g. 軸系架台」は、軸受の耐力を超えるように設計されており、軸受の評価を代表とし、軸受固定ボルトの評価は対象外とする。「f. メカニカルシール」は、構造上存在しないことから、評価項目からは除外する。「d. 電動機との軸継手」は、高い剛性を有しており、軸継手部では有意な変位は生じない設計としていることから評価対象外とする。

以上より、本計算書においては、軸、軸受及びインペラとファンケーシング間のクリアランスを評価対象部位とする。

## 5.2.2 評価基準値

軸の許容応力は、クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。また、軸受についてはメーカー規定の許容値を、インペラとファンケーシング間のクリアランスについては、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

## 5.2.3 記号の説明

非常用ガス処理系排風機の動的機能維持評価に使用する記号を表 5-1 に示す。

表 5-1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$m/s^2$
$d$	軸有効径	mm
$K_{\theta r}$	ケーシング回転剛性(軸直方向)	$kg \cdot mm/rad$
$K_{\theta t}$	ケーシング回転剛性(軸方向)	$kg \cdot mm/rad$
$L$	軸受スパン長さ	mm
$l_4$	荷重位置	mm
$l_5$	インペラ代表長さ	mm
$l_6$	ケーシング代表長さ	mm
$M_{max}$	モーメント	$N \cdot mm$
$m_4$	インペラ質量	kg
$P$	合成荷重	N
$P_H$	水平荷重	N
$P_V$	鉛直荷重	N
$R$	軸受荷重	N
$Z_2$	軸断面係数	$mm^3$
$\delta_1$	インペラ変位量	mm
$\delta_2$	ケーシング変位量	mm
$\delta_{sx}$	軸系並進変位(X軸方向)	mm
$\delta_{sy}$	軸系並進変位(Y軸方向)	mm
$\theta_{cx}$	ケーシング回転変位(X軸廻り)	rad
$\theta_{cz}$	ケーシング回転変位(Z軸廻り)	rad
$\theta_{sx}$	軸系回転変位(X軸廻り)	rad
$\theta_{sy}$	軸系回転変位(Y軸廻り)	rad
$\theta_r$	ケーシング回転変位(軸直方向)	rad
$\theta_t$	ケーシング回転変位(軸方向)	rad
$\sigma_1$	発生応力(曲げ)	MPa

## 5.2.4 評価方法

### (1) 軸

材料力学等の公式により，主軸の発生応力(曲げ)を算出し，許容応力以下であることを確認する。

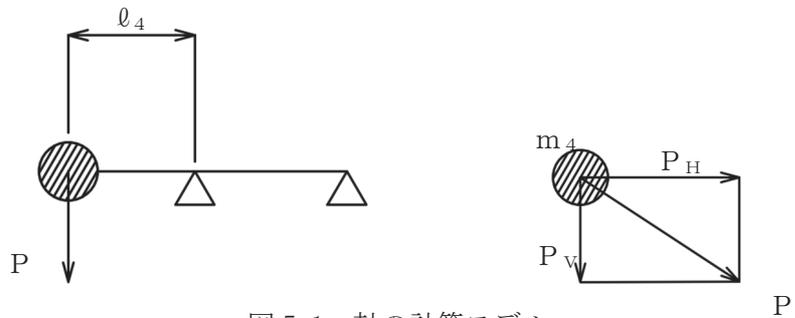


図 5-1 軸の計算モデル

主軸の発生応力は次式で求める。

発生応力(曲げ)  $\sigma_1 = M_{\max} / Z_2$  ..... (5.2.4.1)

モーメント  $M_{\max} = P \cdot l_4$  ..... (5.2.4.2)

断面係数  $Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$  ..... (5.2.4.3)

合成荷重  $P = \sqrt{P_H^2 + P_V^2}$  ..... (5.2.4.4)

水平荷重  $P_H = m_4 \cdot g \cdot C_H$  ..... (5.2.4.5)

鉛直荷重  $P_V = m_4 \cdot g \cdot (1 + C_V)$  ..... (5.2.4.6)

(2) 軸受

材料力学等の公式により，軸受の発生荷重を算出し，メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

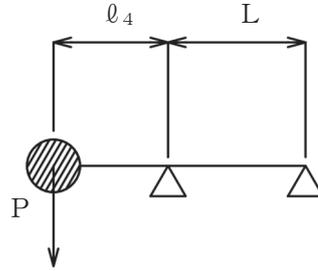


図 5-2 軸受の計算モデル

軸受の発生荷重は次式で求める。

発生荷重(負荷側)  $R = \frac{l_4 + L}{L} \cdot P \dots\dots\dots (5.2.4.7)$

発生荷重(反負荷側)  $R = \frac{l_4}{L} \cdot P \dots\dots\dots (5.2.4.8)$

## (3) インペラとファンケーシング間のクリアランス

材料力学等の公式により，主軸の変形量を算出し，インペラとケーシングの接触有無を確認する。

なお，地震による震度及び自重により生じるインペラ軸の変形量は，3次元有限要素法による解析により確認する。

非常用ガス処理系排風機の解析モデル（2次元はりモデル）を図5-3に，解析モデルの概要を以下に示す。機器の諸元を表5-2に示す。

- a. 解析モデルは，各部材をはり要素でモデル化する。各要素の荷重は要素荷重として各々の要素で考慮し，インペラおよびインペラ軸は集中荷重として考慮する。
- b. 図5-3中の  ははり要素， はばね要素を示す。
- c. 拘束条件として，基礎ボルトを完全拘束する。
- d. 解析コードは「SAP-IV」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- e. 解析に用いる寸法は公称値を使用する。

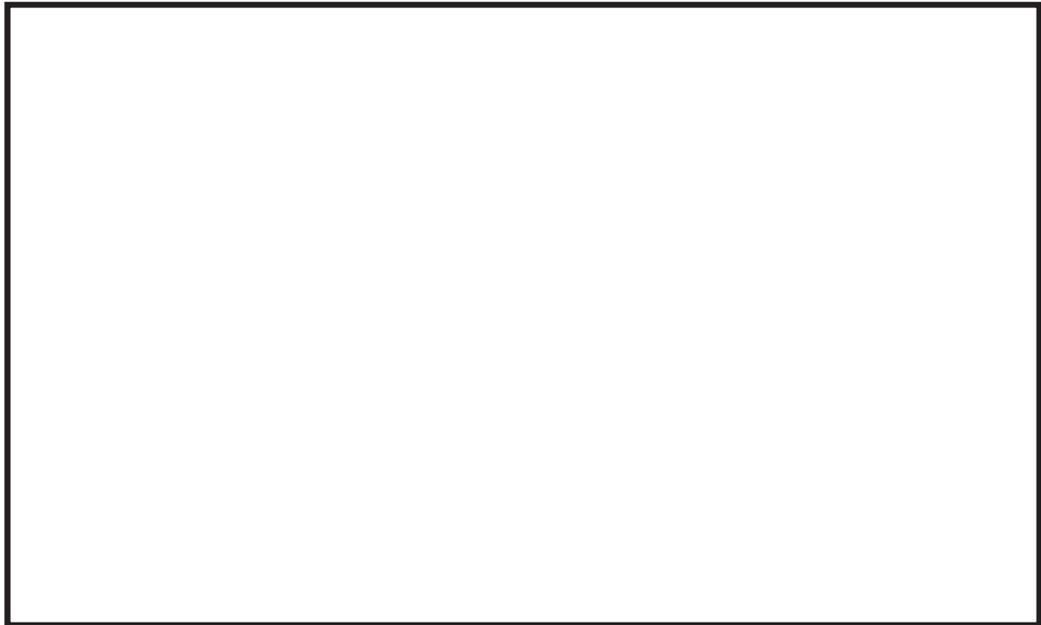


図5-3 排風機解析モデル

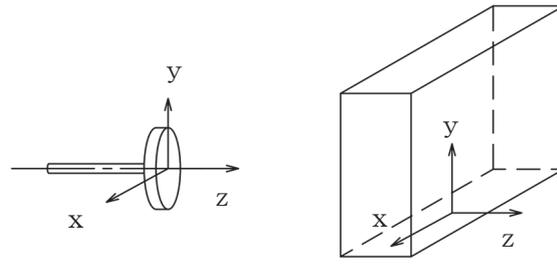


図 5-4 排風機構造図

表 5-2 機器諸元

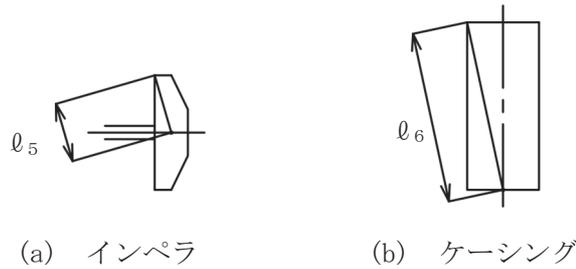
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; vertical-align: middle;"></div> (原動機軸) (インペラ軸) SS400 (架台)
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	設計基準対象施設 : 65 重大事故等対処設備 : 66
縦弾性係数	E	MPa	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px; height: 20px; vertical-align: middle;"></div> (原動機軸, インペラ軸, 架台)
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px; height: 20px; vertical-align: middle;"></div>
節点数	—	個	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px; height: 20px; vertical-align: middle;"></div>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(a) インペラ (b) ケーシング

図 5-5 インペラ及びケーシング変位量の計算モデル



(a) インペラ (b) ケーシング

図 5-6 インペラ及びケーシング代表寸法

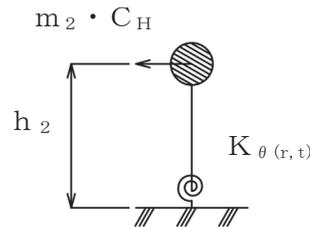


図 5-7 ケーシング回転変位の計算モデル

インペラ及びケーシングの変位量は次式で求める。

インペラ変位量

$$\delta_1 = \sqrt{\delta_{sx}^2 + \delta_{sy}^2} + \sqrt{(\ell_5 \cdot \theta_{sx})^2 + (\ell_5 \cdot \theta_{sy})^2} \quad \dots\dots (5.2.4.9)$$

ケーシング変位量  $\delta_2 = \sqrt{(\ell_6 \cdot \theta_{cx})^2 + (\ell_6 \cdot \theta_{cz})^2} \quad \dots\dots (5.2.4.10)$

ケーシング回転変位(軸直方向)  $\theta_r = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2}{K_{\theta r}} \quad \dots\dots (5.2.4.11)$

ケーシング回転変位(軸方向)  $\theta_t = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2}{K_{\theta t}} \quad \dots\dots (5.2.4.12)$

### 5.3 原動機の動的機能維持評価

#### 5.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の原動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子間のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」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ことを確認している。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子間のクリアランス、モータフレーム及び軸継手を評価対象部位とする。なお、軸継手においては、ファンの動的機能維持評価に含まれている。

#### 5.3.2 評価基準値

モータフレーム及び端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。軸（回転子）の許容応力は、クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。

また、軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

### 5.3.3 記号の説明

非常用ガス処理系排風機用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表5-3に示す。

表5-3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_p$	ピンの断面積	$\text{mm}^2$
$A_{tb}$	端子箱取付ボルトの断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	脚部の断面積	$\text{mm}^2$
$C_P$	ファン振動による震度	—
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$D_f$	フレームの内径	mm
$d_s$	軸の直径	mm
$E$	軸の縦弾性係数	MPa
$F$	ピンにはたらく合成荷重	N
$F_{tb, a}$	端子箱取付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する引張力	N
$F_{tb, b}$	端子箱取付面に対し前後方向の水平方向地震により作用する引張力	N
$F_{tb}$	ボルトに作用する引張力	N
$F_1$	電動機の回転によりピンにはたらく荷重	N
$F_2$	水平方向（長手方向）地震力によりピンにはたらく荷重	N
$F_a$	アキシアル荷重	N
$F_{R1}$	地震力により軸に作用する荷重	N
$g$	重力加速度（=9.80665）	$\text{m/s}^2$
$h_c$	電動機取付面から電動機重心までの高さ	mm
$h_f$	電動機取付面から脚取付部までの高さ	mm
$h_t$	端子箱取付面から端子箱重心までの高さ	mm
$I$	軸の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$L_{1, y}$	端子箱重心と取付ボルトの水平方向距離（y方向）	mm
$L_{2, y}$	端子箱重心と取付ボルトの水平方向距離（y方向）	mm
$L_{1, z}$	端子箱重心と取付ボルトの鉛直方向距離（z方向）	mm
$L_{2, z}$	端子箱重心と取付ボルトの鉛直方向距離（z方向）	mm
$\ell$	電動機脚部中心間距離	mm
$\ell_c$	脚中心から電動機重心までの水平方向距離	mm
$\ell_{b, L}$	反軸継手側・軸継手側（反負荷側・負荷側）軸受間距離	mm
$\ell_{r, C}$	軸（回転子）の重心位置	mm
$M_{\theta 1}$	水平方向地震力（横方向）により脚部底面に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{max}$	軸に生じる最大曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_P$	軸の回転によるモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$m$	脚部重量を除いた電動機重量	kg
$m_r$	軸・回転子の重量	kg
$m_s$	固定子重量	kg
$m_{s1}$	脚部の重量	kg

記号	記号の説明	単位
$m_t$	端子箱重量	kg
$N$	電動機定格回転速度	$\text{min}^{-1}$
$n_p$	ピンの本数	—
$n_t$	端子箱取付ボルトの本数	—
$n_{t1, y}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (y 方向)	—
$n_{t1, z}$	引張力がはたらく端子箱取付ボルト本数 (z 方向)	—
$P$	電動機定格出力	kW
$P_1$	静等価ラジアル荷重	N
$P_2$	静等価ラジアル荷重	N
$P_{or, 1}$	反軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重	N
$P_{or, 2}$	軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重	N
$P_\ell$	水平方向地震力 (横方向) により脚取付部に作用する鉛直方向荷重	N
$Q_{tb, a}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
$Q_{tb, b}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
$Q_{tb}$	ボルトに作用するせん断力	N
$R_1$	脚部が受ける荷重	N
$R_L$	軸継手側軸受が受ける荷重	N
$R_O$	反軸継手側軸受が受ける荷重	N
$T_M$	電動機最大トルク	$\text{N}\cdot\text{m}$
$T_S$	電動機最大トルク	%
$X_O$	軸受ラジアル荷重に対する係数	—
$Y_O$	軸受アキシアル荷重に対する係数	—
$y_{max}$	軸の最大たわみ	mm
$Z_S$	軸の断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{sy}$	脚部の長手方向軸に対する断面係数	$\text{mm}^3$
$\sigma_b$	軸にはたらく最大曲げ応力	MPa
$\sigma_{tb}$	ボルト 1 本あたりにはたらく引張応力	MPa
$\sigma_s$	軸にはたらく組合せ応力	MPa
$\sigma_S$	鉛直方向と水平方向 (横方向) 地震力が作用する組合せ応力	MPa
$\sigma_{S1}$	電動機重量による応力	MPa
$\sigma_{S2}$	水平方向地震力 (横方向) による曲げ応力および圧縮応力	MPa
$\sigma_{S4}$	鉛直方向地震力による応力	MPa
$\tau_{tb}$	ボルト 1 本あたりにはたらくせん断応力	MPa
$\tau_p$	ピンにはたらくせん断応力	MPa
$\tau_t$	軸に生じるねじり応力	MPa
$\tau_{S2}$	水平方向地震力 (横方向) によるせん断応力	MPa
$\theta$	端子箱取付角度	°

5.3.4 評価方法

(1) 固定子

a. 電動機の回転による荷重

電動機の最大トルクは

$$T_M = \frac{P \cdot 1000000}{2\pi \cdot N/60} \cdot \frac{T_S}{100} \dots \dots \dots (5.3.4.1)$$

電動機の回転によりピンにはたらく荷重は

$$F_1 = \frac{T_M}{1/2 \cdot D_f} \dots \dots \dots (5.3.4.2)$$

b. 水平方向（長手方向）地震力によりピンにはたらく荷重

$$F_2 = m_s \cdot g \cdot (C_H + C_P) \dots \dots \dots (5.3.4.3)$$

c. ピンにはたらくせん断応力

a. , b. の合成荷重は

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \dots \dots \dots (5.3.4.4)$$

ピンにはたらくせん断応力は

$$\tau_p = \frac{F}{n_p \cdot A_p} \dots \dots \dots (5.3.4.5)$$

(2) 軸（回転子）

a. 各部にはたらく荷重

地震力により軸に作用する荷重は

$$F_{R1} = \sqrt{(C_H + C_P)^2 + (1 + C_V + C_P)^2} \cdot m_r \cdot g \dots \dots (5.3.4.6)$$

軸継手側軸受が受ける荷重および反軸継手側軸受が受ける荷重は

$$R_L = F_{R1} \cdot \frac{\ell_{r,C}}{\ell_{b,L}} \dots \dots \dots (5.3.4.7)$$

$$R_O = F_{R1} \cdot \left(1 - \frac{\ell_{r,C}}{\ell_{b,L}}\right) \dots \dots \dots (5.3.4.8)$$

b. 曲げ応力

軸に生じる最大曲げモーメントは

$$M_{max} = \frac{F_{R1} \cdot \ell_{r,C} \cdot (\ell_{b,L} - \ell_{r,C})}{\ell_{b,L}} \dots \dots \dots (5.3.4.9)$$

軸にはたらく最大曲げ応力は

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{Z_s} \dots \dots \dots (5.3.4.10)$$

c. ねじり応力

軸の回転によるモーメントは

$$M_P = \frac{60}{2\pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \dots \dots \dots (5.3.4.11)$$

軸に生じるねじり応力は

$$\tau_t = \frac{16 \cdot M_P}{\pi \cdot d_s^3} \dots \dots \dots (5.3.4.12)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \dots \dots \dots (5.3.4.13)$$

(3) 端子箱

a. 端子箱取付ボルトに生じる引張力

$$F_{tb, a} = \frac{m_t \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot \cos \theta \cdot h_t \cdot g - m_t \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot \sin \theta \cdot L_{1, z} \cdot g}{n_{t1, z} \cdot (L_{1, z} + L_{2, z})} + \frac{m_t \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t \cdot g}{n_{t1, y} \cdot (L_{1, y} + L_{2, y})} \dots \dots \dots (5.3.4.14)$$

$$F_{tb, b} = \frac{m_t \cdot \{(1 + C_V + C_P) \cdot \cos \theta + (C_H + C_P) \cdot \sin \theta\} \cdot h_t \cdot g + m_t \cdot \{(C_H + C_P) \cdot \cos \theta - (1 + C_V + C_P) \cdot \sin \theta\} \cdot L_{1, z} \cdot g}{n_{t1, z} \cdot (L_{1, z} + L_{2, z})} \dots \dots \dots (5.3.4.15)$$

$$F_{tb} = \text{Max} [F_{tb, a}, F_{tb, b}] \dots \dots \dots (5.3.4.16)$$

b. 端子箱取付ボルト 1 本あたりにはたらく引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_{tb}}{A_{tb}} \dots \dots \dots (5.3.4.17)$$

c. 端子箱取付ボルトに生じるせん断力

$$Q_{tb, a} = m_t \cdot \{(1 + C_V + C_P) \cdot \cos \theta + (C_H + C_P) \cdot \sin \theta\} \cdot g \dots \dots \dots (5.3.4.18)$$

$$Q_{tb, b} = m_t \cdot \{(1 + C_V + C_P) \cdot \cos \theta + (C_H + C_P)\} \cdot g \dots \dots \dots (5.3.4.19)$$

$$Q_{tb} = \sqrt{Q_{tb, a}^2 + Q_{tb, b}^2} \dots \dots \dots (5.3.4.20)$$

d. 端子箱取付ボルト1本あたりにはたらくせん断応力

$$\tau_{tb} = \frac{Q_{tb}}{n_t \cdot A_{tb}} \dots \dots \dots (5.3.4.21)$$

(4) 軸受

a. 反軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重は

$$P_1 = X_O \cdot R_O + Y_O \cdot F_a \dots \dots \dots (5.3.4.22)$$

$$P_2 = R_O \dots \dots \dots (5.3.4.23)$$

$$P_{or,1} = \text{Max} [P_1, P_2] \dots \dots \dots (5.3.4.24)$$

b. 軸継手側のラジアル玉軸受の静等価ラジアル荷重は

$$P_1 = X_O \cdot R_L + Y_O \cdot F_a \dots \dots \dots (5.3.4.25)$$

$$P_2 = R_L \dots \dots \dots (5.3.4.26)$$

$$P_{or,2} = \text{Max} [P_1, P_2] \dots \dots \dots (5.3.4.27)$$

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

a. 軸の断面二次モーメント

$$I = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} \dots \dots \dots (5.3.4.28)$$

b. 軸の最大たわみ

$$y_{max} = \frac{F_{R1} \cdot (\ell_{b,L} - \ell_{r,C}) \cdot \left\{ \ell_{b,L}^2 - (\ell_{b,L} - \ell_{r,C})^2 \right\}^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \ell_{b,L}} \dots \dots \dots (5.3.4.29)$$

(6) モータフレーム

a. 電動機重量による応力

脚部が受ける荷重は

$$R_1 = m \cdot g \cdot \frac{\ell - \ell_c}{\ell} \dots \dots \dots (5.3.4.30)$$

電動機重量による応力は

$$\sigma_{s1} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \dots \dots \dots (5.3.4.31)$$

b. 鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s4} = \frac{R_1 + m_{s1} \cdot g}{A_s} \cdot (C_V + C_P) \dots \dots \dots (5.3.4.32)$$

c. 水平方向地震力（横方向）による応力

水平方向地震力（横方向）により脚部底面に作用する曲げモーメントは

$$M_{\ell 1} = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot h_f \dots \dots \dots (5.3.4.33)$$

水平方向地震力（横方向）により脚取付部に作用する鉛直方向荷重は

$$P_{\ell} = (C_H + C_P) \cdot m \cdot g \cdot \frac{h_c}{\ell} \dots \dots \dots (5.3.4.34)$$

曲げ応力および圧縮応力は

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{\ell 1}}{Z_{sy}} + \frac{P_{\ell}}{A_s} \dots \dots \dots (5.3.4.35)$$

せん断応力は

$$\tau_{s2} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m \cdot g}{A_s} \dots \dots \dots (5.3.4.36)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3 \cdot \tau_{s2}^2} \dots \dots \dots (5.3.4.37)$$

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系排風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。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ガス処理系排風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。

【非常用ガス処理系排風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 構造強度評価

1.1.1 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)	固有周期(s)		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>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			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			
非常用ガス処理系 排風機	S	原子炉建屋 O.P. 22.50*1 (O.P. 23.255)			C <sub>H</sub> = 1.17	C <sub>V</sub> = 0.92	C <sub>H</sub> = 2.16	C <sub>V</sub> = 1.58		140	65

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

1.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	φ <sub>1i</sub> *1 (mm)	φ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト (i=1)							8	4
排風機取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2

部材	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>P</sub> (N・mm)
					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>	
基礎ボルト (i=1)	225*2 (16mm<径≤40mm)	386*2	225	270	軸直角	軸	—
排風機取付ボルト (i=2)	200*3 (16mm<径≤40mm)	373*3	200	240	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	225*2 (16mm<径≤40mm)	386*2	225	270	軸直角	軸直角	7.003×10 <sup>4</sup>

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

注記\*1 : 各ボルトの機器要目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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )
[Redacted]			

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</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>	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>
基礎ボルト (i=1)	[Redacted]			
排風機取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				

1.1.4 結論

1.1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	[Redacted]
鉛直方向	[Redacted]

1.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	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>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	σ <sub>b1</sub> = 28	f <sub>ts1</sub> = 169*	σ <sub>b1</sub> = 53	f <sub>ts1</sub> = 202*
		せん断	τ <sub>b1</sub> = 12	f <sub>sb1</sub> = 130	τ <sub>b1</sub> = 20	f <sub>sb1</sub> = 156
排風機取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	σ <sub>b2</sub> = 45	f <sub>ts2</sub> = 150*	σ <sub>b2</sub> = 80	f <sub>ts2</sub> = 180*
		せん断	τ <sub>b2</sub> = 6	f <sub>sb2</sub> = 115	τ <sub>b2</sub> = 11	f <sub>sb2</sub> = 139
原動機取付ボルト (i=3)	SS400	引張り	σ <sub>b3</sub> = 9	f <sub>ts3</sub> = 169*	σ <sub>b3</sub> = 17	f <sub>ts3</sub> = 202*
		せん断	τ <sub>b3</sub> = 6	f <sub>sb3</sub> = 130	τ <sub>b3</sub> = 10	f <sub>sb3</sub> = 156

すべて許容応力以下である。

注記\* : f<sub>tsi</sub> = Min [1.4 · f<sub>toi</sub> - 1.6 · τ<sub>bi</sub>, f<sub>toi</sub>]

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 (m <sup>3</sup> /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S <sub>s</sub>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
非常用ガス処理系 排風機	遠心直結型 ファン	2500	原子炉建屋 0. P. 22. 50*1 (0. P. 23. 255)			C <sub>H</sub> = 2. 16	C <sub>V</sub> = 1. 58		140	65

注記\*1：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	定格容量 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S <sub>s</sub>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
非常用ガス処理系 排風機用原動機	横形ころがり 軸受電動機	22	原子炉建屋 0. P. 22. 50*1 (0. P. 23. 255)	—*2	—*2	C <sub>H</sub> = 2. 16	C <sub>V</sub> = 1. 58		140	65

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。

1.2.2 機器要目

(1) 遠心直結型ファンの軸系

部材	m <sub>4</sub> (kg)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	d (mm)	L (mm)
軸				
軸受				

(2) インペラとファンケーシング間のクリアランス

部材	m <sub>2</sub> (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	K <sub>θr</sub> (kg・mm/rad)	K <sub>θt</sub> (kg・mm/rad)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	δ <sub>sx</sub> (mm)	δ <sub>sy</sub> (mm)	θ <sub>sx</sub> (rad)	θ <sub>syx</sub> (rad)	θ <sub>cx</sub> (rad)	θ <sub>cz</sub> (rad)
インペラとファンケーシング 間のクリアランス												

(3) 固定子

部材	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>f</sub> (mm)	m <sub>s</sub> (kg)	N (min <sup>-1</sup> )	n <sub>p</sub>	P (kW)	T <sub>s</sub> (%)
固定子				3000		22	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 軸 (回転子)

部材	$d_s$ (mm)	$\ell_{b, L}$ (mm)	$\ell_{r, c}$ (mm)	$m_r$ (kg)	N ( $\text{min}^{-1}$ )	P (kW)	$Z_s$ ( $\text{mm}^3$ )
軸 (回転子)					3000	22	

(5) 端子箱

部材	$A_{tb}$ ( $\text{mm}^2$ )	$h_t$ (mm)	$L_{1, y}$ (mm)	$L_{2, y}$ (mm)	$L_{1, z}$ (mm)	$L_{2, z}$ (mm)	$m_t$ (kg)	$n_t$	$n_{t, y}$	$n_{t, z}$	$\theta$ ( $^\circ$ )
端子箱											

(6) 軸受

部材	$F_a$ (N)	$X_o$	$Y_o$
軸受			

(7) 固定子と回転子間のクリアランス

部材	$d_s$ (mm)	E (MPa)	$\ell_{b, L}$ (mm)	$\ell_{r, c}$ (mm)
固定子と回転子間の クリアランス				

(8) モータフレーム

部材	$A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	$h_c$ (mm)	$h_f$ (mm)	$\ell$ (mm)	$\ell_c$ (mm)	m (kg)	$m_{s1}$ (kg)	$Z_{sy}$ ( $\text{mm}^3$ )
モータフレーム								

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.81	2.3
	鉛直方向	1.32	1.0
原動機	水平方向	1.81	4.7
	鉛直方向	1.32	1.0

注記\* : 基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度とする。

ファンは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3.2 遠心直結型ファン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、排風機取付ボルト、原動機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。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 軸の評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸	76	483

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: N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸受	15760	60000

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.3 インペラとファンケーシング間のクリアランスの評価 (単位: mm)

評価部位	変位量	許容変位量
インペラ～ケーシング間		

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3 原動機の動的機能維持評価

1.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

1.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.3.2.1 固定子の評価 (単位: MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	11	129

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価 (単位: MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸 (回転子)	16	457

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	4	202
	せん断	2	155

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側	1033	
反軸継手側	1031	

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.05	1.00

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	25	40

すべて許容応力以下である。

【非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算結果】

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

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			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			
非常用ガス処理系 排風機	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 22.50*1 (O.P. 23.255)			—	—	C <sub>H</sub> = 2.16	C <sub>V</sub> = 1.58		140	66

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

2.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	φ <sub>1i</sub> *1 (mm)	φ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト (i=1)							8	4
排風機取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2

部材	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>P</sub> (N・mm)
					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>	
基礎ボルト (i=1)	225*2 (16mm<径≤40mm)	385*2	—	270	—	軸	—
排風機取付ボルト (i=2)	200*3 (16mm<径≤40mm)	373*3	—	240	—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	225*2 (16mm<径≤40mm)	385*2	—	270	—	軸直角	7.003×10 <sup>4</sup>

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

注記\*1 : 各ボルトの機器要目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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )
[ ]			

2.1.3 計算数値

2.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</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>	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>
基礎ボルト (i=1)	—	[ ]	—	[ ]
排風機取付ボルト (i=2)	—	[ ]	—	[ ]
原動機取付ボルト (i=3)	—	[ ]	—	[ ]

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	[ ]
鉛直方向	[ ]

2.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	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>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b1</sub> = 53	f <sub>ts1</sub> = 202*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> = 20	f <sub>sb1</sub> = 155
排風機取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> = 80	f <sub>ts2</sub> = 180*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> = 11	f <sub>sb2</sub> = 139
原動機取付ボルト (i=3)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b3</sub> = 17	f <sub>ts3</sub> = 202*
		せん断	—	—	τ <sub>b3</sub> = 10	f <sub>sb3</sub> = 155

すべて許容応力以下である。

注記\* : f<sub>tsi</sub> = Min [1.4 · f<sub>toi</sub> - 1.6 · τ<sub>bi</sub>, f<sub>toi</sub>]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m <sup>3</sup> /h)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
非常用ガス処理系 排風機	遠心直結型 ファン	2500	原子炉建屋 0. P. 22. 50*1 (0. P. 23. 255)			C <sub>H</sub> = 2. 16	C <sub>V</sub> = 1. 58		140	66

注記\*1：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	定格容量 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>		排風機振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
非常用ガス処理系 排風機用原動機	横形ころがり 軸受電動機	22	原子炉建屋 0. P. 22. 50*1 (0. P. 23. 255)	—*2	—*2	C <sub>H</sub> = 2. 16	C <sub>V</sub> = 1. 58		140	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。

2.2.2 機器要目

(1) 遠心直結型ファンの軸系

部材	m <sub>4</sub> (kg)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	d (mm)	L (mm)
軸				
軸受				

(2) インペラとファンケーシング間のクリアランス

部材	m <sub>2</sub> (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	K <sub>θr</sub> (kg・mm/rad)	K <sub>θt</sub> (kg・mm/rad)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	δ <sub>sx</sub> (mm)	δ <sub>sy</sub> (mm)	θ <sub>sx</sub> (rad)	θ <sub>syx</sub> (rad)	θ <sub>cx</sub> (rad)	θ <sub>cz</sub> (rad)
インペラとファンケーシング 間のクリアランス												

(3) 固定子

部材	A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>f</sub> (mm)	m <sub>s</sub> (kg)	N (min <sup>-1</sup> )	n <sub>p</sub>	P (kW)	T <sub>s</sub> (%)
固定子				3000		22	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 軸 (回転子)

部材	$d_s$ (mm)	$\ell_{b, L}$ (mm)	$\ell_{r, C}$ (mm)	$m_r$ (kg)	$N$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$P$ (kW)	$Z_s$ ( $\text{mm}^3$ )
軸 (回転子)					3000	22	

(5) 端子箱

部材	$A_{tb}$ ( $\text{mm}^2$ )	$h_t$ (mm)	$L_{1, y}$ (mm)	$L_{2, y}$ (mm)	$L_{1, z}$ (mm)	$L_{2, z}$ (mm)	$m_t$ (kg)	$n_t$	$n_{t, y}$	$n_{t, z}$	$\theta$ ( $^\circ$ )
端子箱											

(6) 軸受

部材	$F_a$ (N)	$X_o$	$Y_o$
軸受			

(7) 固定子と回転子間のクリアランス

部材	$d_s$ (mm)	$E$ (MPa)	$\ell_{b, L}$ (mm)	$\ell_{r, C}$ (mm)
固定子と回転子間の クリアランス				

(8) モータフレーム

部材	$A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	$h_c$ (mm)	$h_f$ (mm)	$\ell$ (mm)	$\ell_c$ (mm)	$m$ (kg)	$m_{s1}$ (kg)	$Z_{sy}$ ( $\text{mm}^3$ )
モータフレーム								

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.81	2.3
	鉛直方向	1.32	1.0
原動機	水平方向	1.81	4.7
	鉛直方向	1.32	1.0

注記\* : 基準地震動  $S_s$  により定まる応答加速度とする。

ファンは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2.3.2 遠心直結型ファン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、排風機取付ボルト、原動機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。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 軸の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸	76	482

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸受	15760	60000

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.3 インペラとファンケーシング間のクリアランスの評価 (単位：mm)

評価部位	変位量	許容変位量
インペラ～ケーシング間		

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3 原動機の動的機能維持評価

2.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機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。

2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.3.2.1 固定子の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	11	129

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸 (回転子)	16	456

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	4	201
	せん断	2	155

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
軸継手側	1033	
反軸継手側	1031	

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.3.2.5 固定子と回転子間のクリアランスの評価 (単位：mm)

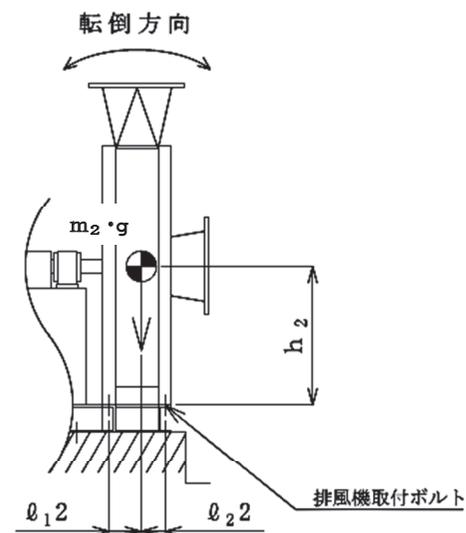
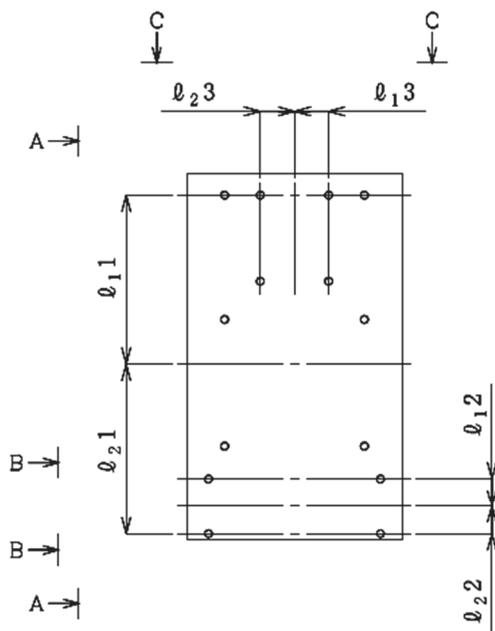
評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.05	1.00

すべて許容変位量以下である。

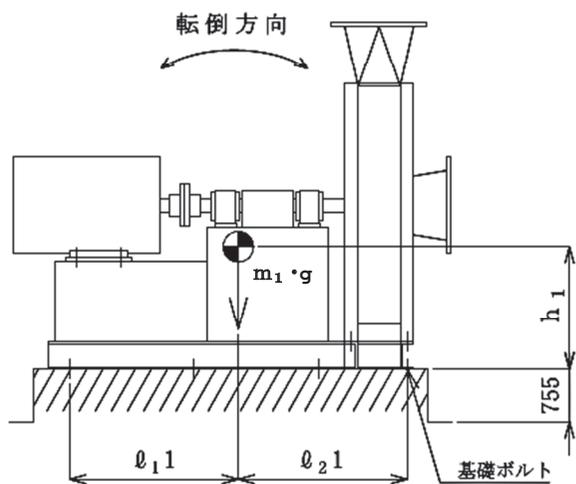
2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	25	40

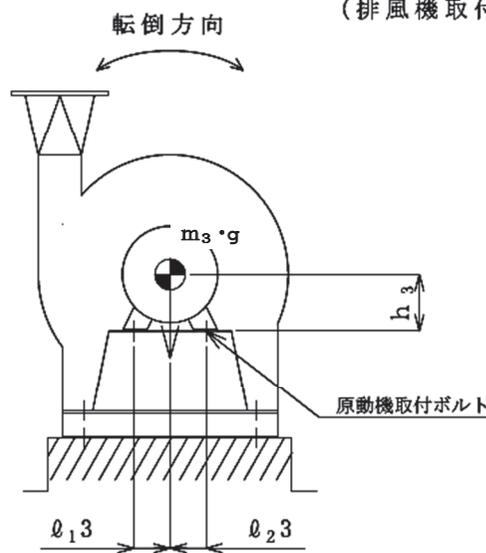
すべて許容応力以下である。



B ~ B 矢視図  
(排風機取付ボルト)



A ~ A 矢視図  
(基礎ボルト)



C ~ C 矢視図  
(原動機取付ボルト)