

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-009-30 改 01
提出年月日	2023年1月12日

VI-2-9-4-5-1-2 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-9-4-5-1-2 R0

2023年1月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	5
3.1 構造強度評価方法	5
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
3.3 計算条件	5
4. 機能維持評価	10
4.1 基本方針	10
4.2 ファンの動的機能維持評価	11
4.3 原動機の動的機能維持評価	19
5. 評価結果	28
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	28
5.2 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、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を有し、動的機能を維持でき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、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横形ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき剛構造として評価を行う。また、非常用ガス処理系排風機は、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、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）（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「J E A G 4 6 0 1」という。）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。

## 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から表2-3に示す。

表2-1 構造計画

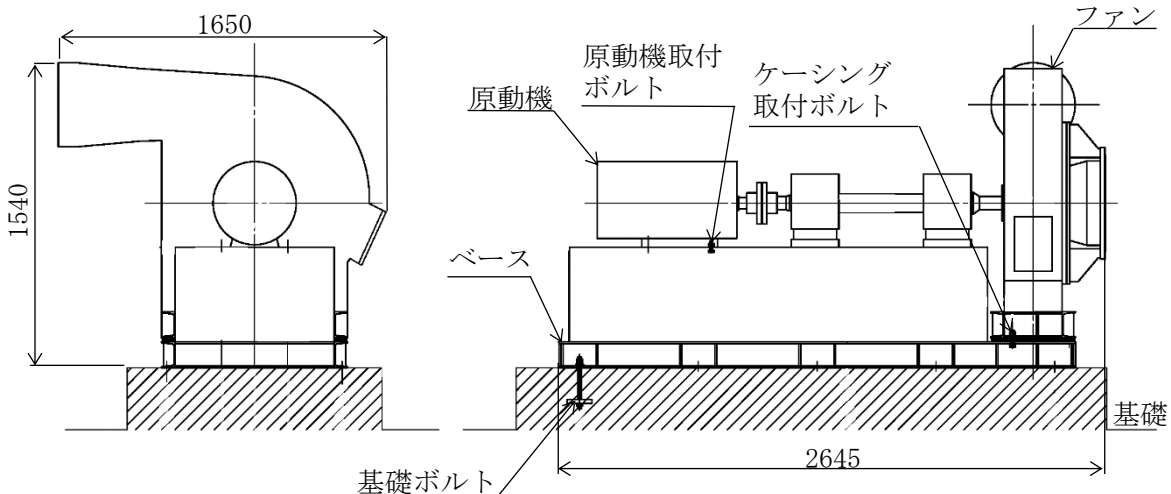
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ファン等はベースにケーシング取付ボルト及び原動機取付ボルトで固定され、ベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>遠心式 (遠心直結型ファン)</p>	 <p>(背面図)</p> <p>(全体図)</p> <p>(単位: mm)</p>

表2-2 構造計画

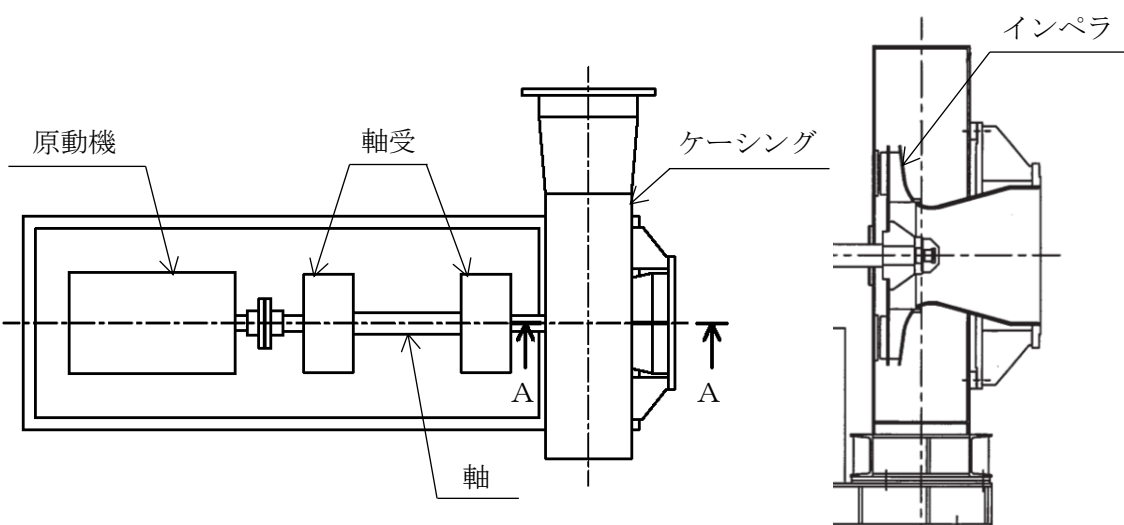
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ファンのケーシング内のインペラは軸に支持され、軸は軸受に支持される。</p>	<p>遠心式 (遠心直結型ファン)</p>	 <p>(平面図)</p> <p>(A-A断面図)</p> <p>(ファン構造図)</p>

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	
<p>原動機の軸（回転子）は軸受に支持され、軸受及び固定子はモータフレームに支持される。端子箱は端子箱取付ボルトでモータフレームに固定する。</p>	<p>誘導電動機（横形ころがり軸受電動機）</p>	<p>(原動機構造図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 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、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形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。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

#### 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

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

非常用ガス処理系排風機の許容応力は、VI-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

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【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
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		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
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	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$				VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)	

注記\*1：「常設／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）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
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\*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3-4 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	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
ケーシング取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記\*：SS400相当

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）

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	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
ケーシング取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記\*：SS400相当

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 基本方針

非常用ガス処理系排風機及び原動機は、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ころがり軸受電動機であり、表4-1に示すとお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。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

詳細評価に用いる応答加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

表 4-1 機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

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

評価部位	形式	方向	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	遠心直結型 ファン	水平	2.26	2.3
		鉛直	2.51	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	2.26	4.7
		鉛直	2.51	1.0

## 4.2 ファンの動的機能維持評価

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、ファンの動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

### 4.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載の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。

「e. ファンケーシング」は、共通架台上にケーシング取付ボルトを用いて固定されており、地震時にケーシング取付ボルトに最も荷重が生じることから、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、評価項目から除外する。「d. 電動機との軸継手」は、地震荷重については軸受で負担するため、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、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。

#### 4.2.2 評価基準値

軸の許容応力は、その他の支持構造物の許容応力状態ⅢASに準拠し設定する。また、軸受についてはメーカ規定の許容値を、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。

評価基準値のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-2に、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。

表4-2 評価基準値（設計基準対象施設）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
軸			MPa	
軸受	負荷側	—	N	
	反負荷側	—	N	
インペラとファンケーシング間のクリアランス		—	mm	

表4-3 評価基準値（重大事故等対処設備）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
軸			MPa	
軸受	負荷側	—	N	
	反負荷側	—	N	
インペラとファンケーシング間のクリアランス		—	mm	

#### 4.2.3 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4-4に示す。

表 4-4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{Sf}$	軸の断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ファン振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$D_{Sf}$	軸の直径	mm
$E_{Sf}$	軸の縦弾性係数	MPa
$F_{Sf}$	軸に生じるラジアル荷重	N
$F_{BA}$	負荷側軸受に生じる静等価荷重	N
$F_{BB}$	反負荷側軸受に生じる静等価荷重	N
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	インペラ中心からインペラでケーシングに最も近い位置までの距離	mm
$h_2$	ケーシング重心からケーシングでインペラに最も近い位置までの距離	mm
$h_3$	ケーシング取付面からのケーシング重心までの高さ	mm
$I_{Sf}$	軸の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$k_{\theta r}$	軸直角方向回転バネ剛性	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{rad}$
$k_{\theta t}$	軸方向回転バネ剛性	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{rad}$
$\ell_{Sf}$	インペラ重心から負荷側軸受までの距離	mm
$M_P$	ファンの回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$Q_{Sf}$	軸に生じるスラスト荷重	N
$Q_1$	インペラ回転によるスラスト荷重	N
$W_{11}$	インペラの質量	kg
$W_{12}$	軸の質量	kg
$W_{13}$	軸継手の片側の質量	kg
$W_{14}$	ケーシングの質量	kg
$X_{0A}$	負荷側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{0B}$	反負荷側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$Y_{0A}$	負荷側軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{0B}$	反負荷側軸受の静アキシアル荷重係数	—

記号	記号の説明	単位
$Z_{Pf}$	軸の極断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{Sf}$	軸の断面係数	$\text{mm}^3$
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bf}$	軸に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\sigma_{Sf}$	軸に生じる組合せ応力	MPa
$\tau_{Sf}$	軸に生じるねじり応力	MPa
$\beta_1$	軸のたわみ角	rad
$\beta_2$	ケーシングの軸方向の傾き角	rad
$\beta_3$	ケーシングの軸直角方向の傾き角	rad
$\delta$	インペラとケーシングの合計変位量	mm
$\delta_1$	軸のたわみ量	mm
$\delta_2$	軸のたわみによるインペラの変位量	mm
$\delta_3$	ケーシングの傾きによる軸方向の変位量	mm
$\delta_4$	ケーシングの傾きによる軸直角方向の変位量	mm



#### 4.2.4 評価方法

##### (1) 軸

図 4-1 に示す計算モデルにて、軸に生じる荷重とモーメントから軸に生じる応力を算出し、軸に生じる組合せ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

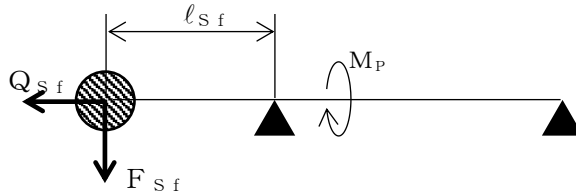


図 4-1 軸の計算モデル

軸に生じる組合せ応力  $\sigma_{sf}$  は次式で求める。

$$\sigma_{sf} = \sqrt{\sigma_{bf}^2 + 3 \cdot \tau_{sf}^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.1)$$

ここで、軸に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_{bf}$  は

$$\sigma_{bf} = \frac{F_{sf} \cdot l_{sf}}{Z_{sf}} + \frac{Q_{sf}}{A_{sf}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.2)$$

軸に生じるねじり応力  $\tau_{sf}$  は

$$\tau_{sf} = \frac{M_P}{Z_{Pf}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.3)$$

軸の断面係数  $Z_{sf}$  は

$$Z_{sf} = \frac{\pi \cdot D_{sf}^3}{32} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.4)$$

軸の極断面係数  $Z_{Pf}$  は

$$Z_{Pf} = \frac{\pi \cdot D_{sf}^3}{16} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.5)$$

軸に生じる荷重は、

ラジアル荷重

$$F_{sf} = (\sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + C_P) \cdot (W_{11} + W_{12} + W_{13}) \cdot g \quad \dots (4.2.4.6)$$

スラスト荷重

$$Q_{sf} = (C_H + C_P) \cdot (W_{11} + W_{12} + W_{13}) \cdot g + Q_1 \quad \dots\dots\dots (4.2.4.7)$$

(2) 軸受

図 4-2 に示す計算モデルにて、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、軸受に生じる静等価荷重を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

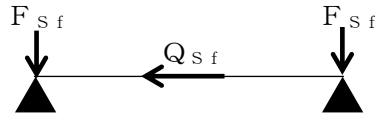


図 4-2 軸受の計算モデル

軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

負荷側軸受に生じる静等価荷重  $F_{BA}$

$$F_{BA} = \max (X_{0A} \cdot F_{Sf} + Y_{0A} \cdot Q_{Sf}, F_{Sf}) \quad \dots \quad (4.2.4.8)$$

反負荷側軸受に生じる静等価荷重  $F_{BB}$

$$F_{BB} = \max (X_{0B} \cdot F_{Sf} + Y_{0B} \cdot Q_{Sf}, F_{Sf}) \quad \dots \quad (4.2.4.9)$$

(3) インペラとファンケーシング間のクリアランス

図 4-3 に示す計算モデルにて、軸及びケーシングに地震力が作用することにより生じる変位量を求め、変位可能寸法以下であることを確認する。

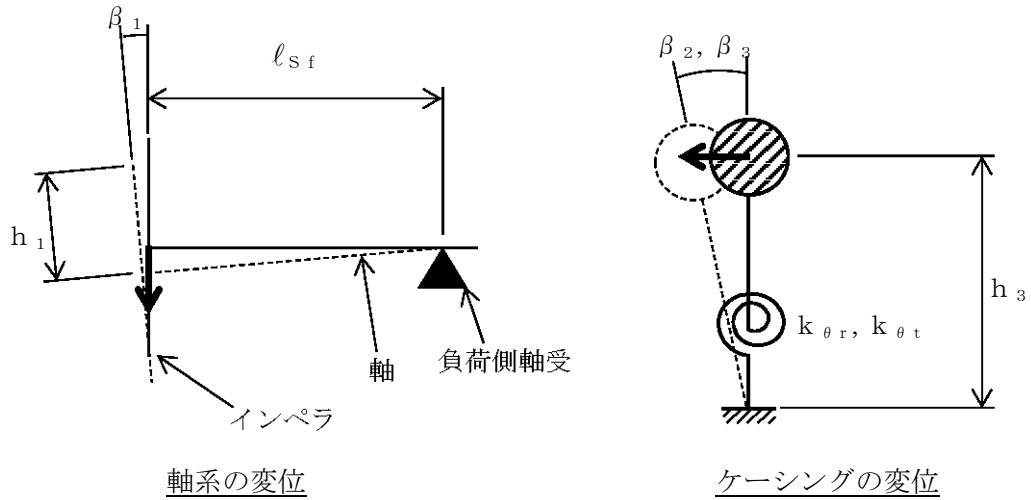


図 4-3 インペラとファンケーシング間のクリアランスの計算モデル

インペラとケーシングの合計変位量  $\delta$  は次式で求める。

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \sqrt{\delta_3^2 + \delta_4^2} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.10)$$

ここで、軸のたわみ量  $\delta_1$  は

$$\delta_1 = \frac{(W_{11} + W_{12} + W_{13}) \cdot g \cdot (\sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + C_P) \cdot l_{sf}^3}{3 \cdot E_{sf} \cdot I_{sf}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.11)$$

軸の断面二次モーメント  $I_{sf}$  は

$$I_{sf} = \frac{\pi \cdot D_{sf}^4}{64} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.12)$$

軸のたわみによるインペラの変位量  $\delta_2$  は

$$\delta_2 = h_1 \cdot \beta_1 \quad \dots\dots\dots (4.2.4.13)$$

軸のたわみ角  $\beta_1$  は

$$\beta_1 = \frac{l_{sf}^2}{2 \cdot E_{sf} \cdot I_{sf}} \cdot (W_{11} + W_{12} + W_{13}) \cdot g \cdot (\sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.2.4.14)$$

ケーシングの傾きによる変位量は

軸方向の変位量  $\delta_3$

$$\delta_3 = h_2 \cdot \beta_2 \quad \dots\dots\dots (4.2.4.15)$$

軸直角方向の変位量  $\delta_4$

$$\delta_4 = h_2 \cdot \beta_3 \quad \dots\dots\dots (4.2.4.16)$$

ケーシングの傾き角は

軸方向の傾き角  $\beta_2$

$$\beta_2 = \frac{W_{14} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_3}{k_{\theta t}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.17)$$

軸直角方向の傾き角  $\beta_3$

$$\beta_3 = \frac{W_{14} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_3}{k_{\theta r}} \quad \dots\dots\dots (4.2.4.18)$$

#### 4.3 原動機の動的機能維持評価

非常用ガス処理系排風機は、地震後機能維持が要求される設備であるが、原動機の動的機能維持評価は保守的に動作時の評価を実施する。

##### 4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載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. 冷却ファン，クーラユニット

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。

「h. 冷却ファン，クーラユニット」については、冷却ファンは遠心直動式ファンであり、インペラ・ケーシング間の接触が回転機能の喪失に関わるが、原動機においては、同じ軸上に取り付けられている固定子と回転子のクリアランスの方が許容可能変位の観点から厳しいことから、当該クリアランスで回転機能維持の評価を代表するため、冷却ファンの評価を省略する。

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及びモータフレームを評価対象部位とする。

#### 4.3.2 評価基準値

固定子及び軸（回転子）の許容応力は、その他の支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに準拠し設定し、端子箱及びモータフレームの許容応力は、その他の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。また、軸受についてはメーカ規定の許容値を、固定子と回転子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。

評価基準値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。

表4-5 評価基準値（設計基準対象施設）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
固定子		SS41*	MPa	
軸（回転子）			MPa	
端子箱	引張	SS41*	MPa	
	せん断	SS41*	MPa	
軸受	軸継手側	—	N	
	反軸継手側	—	N	
固定子と回転子間のクリアランス		—	mm	
モータフレーム		SS41*	MPa	

注記\*：SS400相当

表4-6 評価基準値（重大事故等対処設備）

評価対象部位		材料	単位	評価基準値
固定子		SS41*	MPa	
軸（回転子）			MPa	
端子箱	引張	SS41*	MPa	
	せん断	SS41*	MPa	
軸受	軸継手側	—	N	
	反軸継手側	—	N	
固定子と回転子間のクリアランス		—	mm	
モータフレーム		SS41*	MPa	

注記\*：SS400相当

### 4.3.3 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4-7に示す。

表 4-7 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bt}$	端子箱取付ボルトの断面積	$\text{mm}^2$
$A_F$	モータフレーム（脚部）の断面積	$\text{mm}^2$
$A_S$	軸（回転子）の断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ファン振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$D_S$	軸（回転子）の直径	mm
$E$	軸（回転子）の縦弾性係数	MPa
$F_{B1}$	軸継手側軸受に生じる静等価荷重	N
$F_{B2}$	反軸継手側軸受に生じる静等価荷重	N
$F_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じる引張力（1本当たり）	N
$F_H$	水平方向（軸直角方向）地震力によりキーに生じるせん断力	N
$F_K$	キーに生じるせん断力	N
$F_M$	原動機の回転によりキーに生じるせん断力	N
$F_R$	軸（回転子）に生じるラジアル荷重	N
$g$	重力加速度（=9.80665）	$\text{m/s}^2$
$h_F$	原動機取付面から原動機重心までの高さ	mm
$h_t$	端子箱取付面から端子箱重心までの高さ	mm
$I$	軸（回転子）の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$l_b$	モータフレームの脚部の長さ	mm
$l_{b,L}$	軸受間の距離	mm
$l_{h1}$	モータフレームの脚部間の距離（内側）	mm
$l_{h2}$	モータフレームの脚部間の距離（外側）	mm
$l_K$	キーと固定子の接触長さ	mm
$l_{r,C}$	軸受間の距離の1/2	mm
$l_{t1}$	端子箱重心と端子箱取付ボルト間の水平方向距離	mm
$l_{t2}$	端子箱重心と端子箱取付ボルト間の水平方向距離	mm
$M_P$	原動機の回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$

記号	記号の説明	単位
$n_{bt}$	端子箱取付ボルトの本数	—
$n_{ft}$	評価上引張力を受けるとして期待する端子箱取付ボルトの本数	—
$Q_B$	軸（回転子）に生じるスラスト荷重	N
$Q_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断力	N
$r$	固定子の半径	mm
$t_K$	キーの厚さ	mm
$W_{21}$	固定子の質量	kg
$W_{22}$	軸（回転子）の質量	kg
$W_{23}$	軸継手の片側の質量	kg
$W_{24}$	端子箱の質量	kg
$W_{25}$	原動機の質量	kg
$X_{01}$	軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$X_{02}$	反軸継手側軸受の静ラジアル荷重係数	—
$y$	軸（回転子）の変位量	mm
$Y_{01}$	軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Y_{02}$	反軸継手側軸受の静アキシアル荷重係数	—
$Z_F$	モータフレーム（脚部）の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_P$	軸（回転子）の極断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_S$	軸（回転子）の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	軸（回転子）に生じる引張応力及び曲げ応力	MPa
$\sigma_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_F$	モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_{F1}$	モータフレーム（脚部）に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{F2}$	モータフレーム（脚部）に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{F3}$	原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力	MPa
$\sigma_S$	軸（回転子）に生じる組合せ応力	MPa
$\tau_{bt}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_K$	キーに生じるせん断応力	MPa
$\tau_F$	モータフレーム（脚部）に生じるせん断応力	MPa
$\tau_t$	軸（回転子）に生じるねじり応力	MPa



#### 4.3.4 評価方法

##### (1) 固定子

図 4-4 に示す計算モデルにて、キーに生じるせん断力を算出し、キーに生じるせん断応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

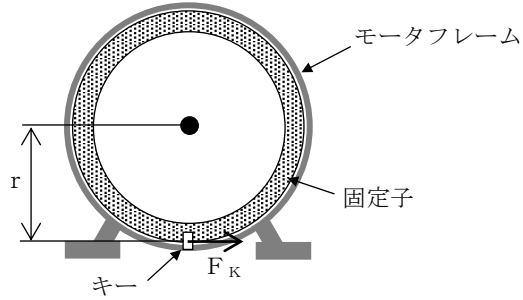


図 4-4 固定子の計算モデル

キーに生じるせん断応力  $\tau_K$  は次式で求める。

$$\tau_K = F_K / (t_K \cdot l_K) \quad \dots \quad (4.3.4.1)$$

ここで、キーに生じるせん断力  $F_K$  は

$$F_K = F_H + F_M \quad \dots \quad (4.3.4.2)$$

水平方向（軸直角方向）地震力によりキーに生じるせん断力  $F_H$  は

$$F_H = W_{21} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots \quad (4.3.4.3)$$

原動機の回転によりキーに生じるせん断力  $F_M$  は

$$F_M = M_P / r \quad \dots \quad (4.3.4.4)$$

(2) 軸（回転子）

図 4-5 に示す計算モデルにて、軸に生じる荷重とモーメントから軸に生じる応力を算出し、軸に生じる組合せ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。

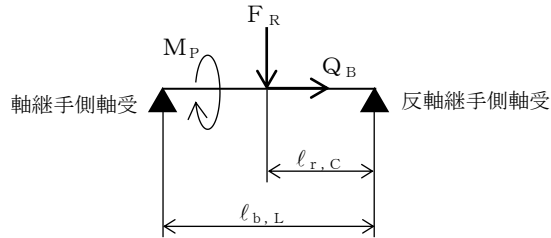


図 4-5 軸（回転子）の計算モデル

軸（回転子）に生じる組合せ応力  $\sigma_s$  は次式で求める。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.5)$$

ここで、軸（回転子）に生じる引張応力及び曲げ応力  $\sigma_b$  は

$$\sigma_b = \frac{(\ell_{b,L} - \ell_{r,C}) \cdot \ell_{r,C}}{Z_s \cdot \ell_{b,L}} \cdot F_R + \frac{Q_B}{A_s} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.6)$$

軸（回転子）に生じるねじり応力  $\tau_t$  は

$$\tau_t = \frac{M_P}{Z_P} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.7)$$

軸（回転子）の断面係数  $Z_s$  は

$$Z_s = \frac{\pi \cdot D_s^3}{32} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.8)$$

軸（回転子）の極断面係数  $Z_P$  は

$$Z_P = \frac{\pi \cdot D_s^3}{16} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.9)$$

軸（回転子）に生じる荷重は

ラジアル荷重  $F_R$

$$F_R = (W_{22} + W_{23}) \cdot g \cdot (\sqrt{C_H^2 + (C_V + 1)^2} + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.10)$$

スラスト荷重  $Q_B$

$$Q_B = (W_{22} + W_{23}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.11)$$

(3) 端子箱

図 4-6 に示す計算モデルにて，端子箱取付ボルトに生じる荷重を算出し，端子箱取付ボルトに生じる応力を求め，許容応力以下であることを確認する。

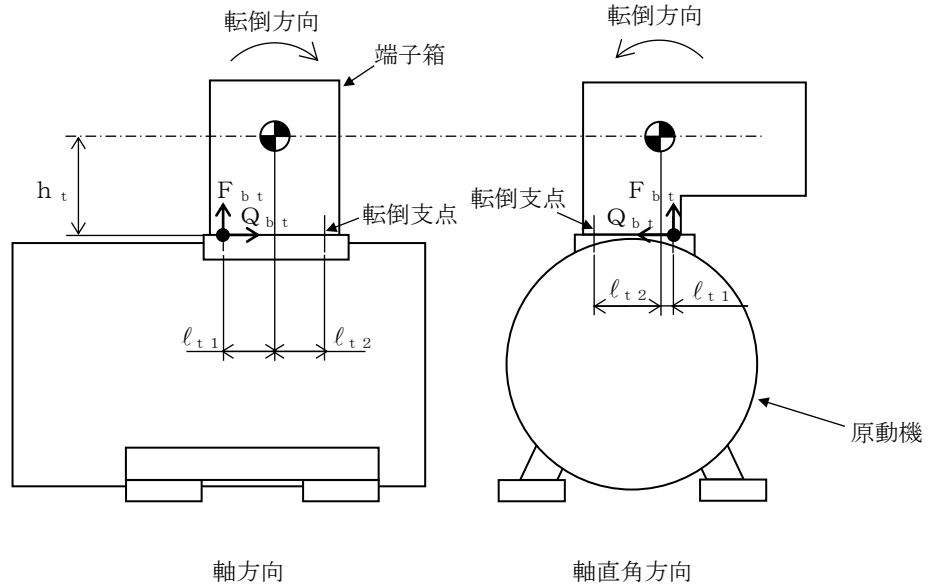


図 4-6 端子箱の計算モデル

端子箱取付ボルトに生じる引張応力  $\sigma_{bt}$  は次式で求める。

$$\sigma_{bt} = F_{bt} / A_{bt} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.12)$$

ここで，端子箱取付ボルト 1 本当りに生じる引張力  $F_{bt}$  は

軸方向

$$F_{bt} = \frac{W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t + W_{24} \cdot g \cdot (C_V + C_P - 1) \cdot l_{t2}}{n_{ft} \cdot (l_{t1} + l_{t2})} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.13)$$

軸直角方向

$$F_{bt} = \frac{W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_t - W_{24} \cdot g \cdot (1 - C_V - C_P) \cdot l_{t2}}{n_{ft} \cdot (l_{t1} + l_{t2})} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.14)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断応力  $\tau_{bt}$  は次式で求める。

$$\tau_{bt} = Q_{bt} / (n_{bt} \cdot A_{bt}) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.15)$$

ここで，端子箱取付ボルトに生じるせん断力  $Q_{bt}$  は

$$Q_{bt} = W_{24} \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.16)$$

(4) 軸受

図 4-7 に示す計算モデルにて、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、軸受に生じる静等価荷重を求め、メーカー規定の許容値以下であることを確認する。

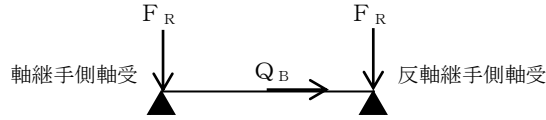


図 4-7 軸受の計算モデル

軸受に生じる静等価荷重は次式で求める。

軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{B1}$

$$F_{B1} = \max (X_{01} \cdot F_R + Y_{01} \cdot Q_B, F_R) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.17)$$

反軸継手側軸受に生じる静等価荷重  $F_{B2}$

$$F_{B2} = \max (X_{02} \cdot F_R + Y_{02} \cdot Q_B, F_R) \quad \dots\dots\dots (4.3.4.18)$$

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

図 4-8 に示す計算モデルにて、軸（回転子）に生じる変位量を求め、変位可能寸法以下であることを確認する。

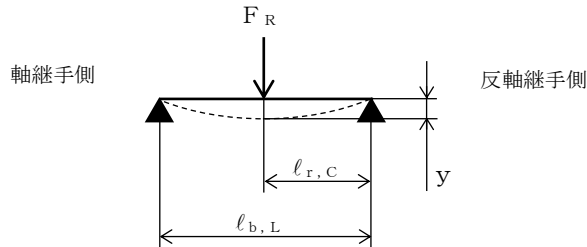


図 4-8 固定子と回転子間のクリアランスの計算モデル

軸（回転子）の変位量  $y$  は次式で求める。

$$y = \frac{F_R \cdot l_{r,C} \cdot (l_{b,L}^2 - l_{r,C}^2)^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot l_{b,L}} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.19)$$

ここで、軸（回転子）の断面二次モーメント  $I$  は

$$I = \frac{\pi \cdot D_s^4}{64} \quad \dots\dots\dots (4.3.4.20)$$

(6) モータフレーム

図4-9に示す計算モデルにて、モータフレーム（脚部）に生じる応力を算出し、モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力を求め、許容応力以下であることを確認する。なお、モータフレーム（脚部）の評価は、構造上厳しくなる軸直角方向について評価を実施する。

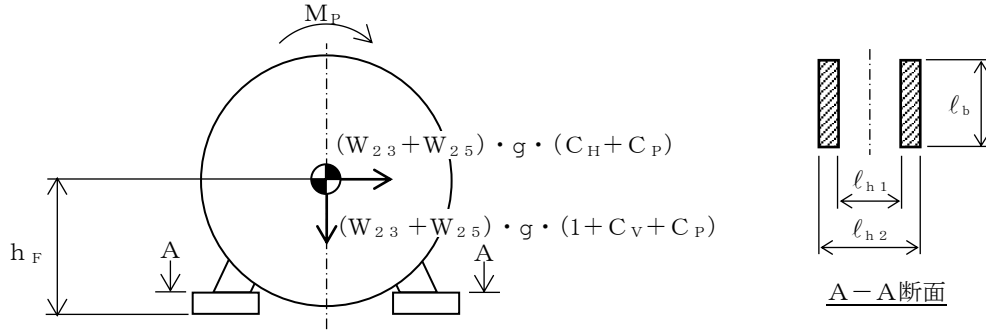


図 4-9 モータフレームの計算モデル

モータフレーム（脚部）に生じる組合せ応力  $\sigma_F$  は次式で求める。

$$\sigma_F = \sqrt{(\sigma_{F1} + \sigma_{F2} + \sigma_{F3})^2 + 3 \cdot \tau_F^2} \quad \dots \quad (4.3.4.21)$$

ここで、水平方向（軸直角方向）地震力によりモータフレーム（脚部）に生じる

曲げ応力  $\sigma_{F1}$  は

$$\sigma_{F1} = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_F / Z_F \quad \dots \quad (4.3.4.22)$$

鉛直方向地震力によりモータフレーム（脚部）に生じる圧縮応力  $\sigma_{F2}$  は

$$\sigma_{F2} = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (1 + C_V + C_P) / A_F \quad \dots \quad (4.3.4.23)$$

原動機回転により作用するモーメントによる圧縮応力  $\sigma_{F3}$  は

$$\sigma_{F3} = M_P / Z_F \quad \dots \quad (4.3.4.24)$$

水平方向（軸直角方向）地震力によりモータフレーム（脚部）に生じるせん断

応力  $\tau_F$  は

$$\tau_F = (W_{23} + W_{25}) \cdot g \cdot (C_H + C_P) / A_F \quad \dots \quad (4.3.4.25)$$

フレームの断面係数  $Z_F$  は

$$Z_F = \frac{1}{6} \cdot \frac{\ell_b \cdot (\ell_{h2}^3 - \ell_{h1}^3)}{\ell_{h2}} \quad \dots \quad (4.3.4.26)$$

## 5. 評価結果

### 5.1 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を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (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

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を有し，動的機能を維持できることを確認した。

#### (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	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =1.56*3	C <sub>V</sub> =1.31*3	C <sub>H</sub> =3.73*4	C <sub>V</sub> =2.32*4		—	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。

\*3: 設計用震度Ⅱ (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*4: 設計用震度Ⅰ (基準地震動 S<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>f i</sub> *1
基礎ボルト (i=1)							10	5
								2
ケーシング取付ボルト (i=2)							4	1
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sup>*</sup> <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)	206*2 (40mm<径≤100mm)	385*2 (40mm<径≤100mm)	206	247	軸	軸	—
ケーシング取付ボルト (i=2)	206*2 (40mm<径≤100mm)	385*2 (40mm<径≤100mm)	206	247	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	206*2 (40mm<径≤100mm)	385*2 (40mm<径≤100mm)	206	247	軸直角	軸	

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

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>b i</sub>		Q <sub>b i</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)				
ケーシング取付ボルト (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

(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)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=48$	$f_{ts1}=154^*$	$\sigma_{b1}=112$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	$\tau_{b1}=18$	$f_{sb1}=118$	$\tau_{b1}=40$	$f_{sb1}=142$
ケーシング取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=58$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=128$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	$\sigma_{b3}=9$	$f_{ts3}=154^*$	$\sigma_{b3}=21$	$f_{ts3}=185^*$
		せん断	$\tau_{b3}=6$	$f_{sb3}=118$	$\tau_{b3}=12$	$f_{sb3}=142$

すべて許容応力以下である。

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



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>		ファン振動 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	4400	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =2.26*3	C <sub>V</sub> =2.51*3		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。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

機器名称	形式	出力 (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	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =2.26*3	C <sub>V</sub> =2.51*3			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。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 ファン

(1) 軸

評価部位	A <sub>Sf</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>Sf</sub> (mm)	ℓ <sub>Sf</sub> (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	Q <sub>1</sub> (N)	W <sub>11</sub> (kg)	W <sub>12</sub> (kg)	W <sub>13</sub> (kg)
軸								

(2) 軸受

評価部位	X <sub>0A</sub>	X <sub>0B</sub>	Y <sub>0A</sub>	Y <sub>0B</sub>
軸受				

(3) インペラとファンケーシング間のクリアランス

評価部位	E <sub>Sf</sub> (MPa)	D <sub>Sf</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	h <sub>3</sub> (mm)	k <sub>θr</sub> (N・mm/rad)	k <sub>θt</sub> (N・mm/rad)	ℓ <sub>Sf</sub> (mm)	W <sub>11</sub> (kg)	W <sub>12</sub> (kg)
インペラとファンケーシング間 のクリアランス										

評価部位	W <sub>13</sub> (kg)	W <sub>14</sub> (kg)
インペラとファンケーシング間のクリアランス		

1.2.2.2 原動機

(1) 固定子

評価部位	$\ell_K$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	r (mm)	t <sub>K</sub> (mm)	W <sub>21</sub> (kg)
固定子					

(2) 軸 (回転子)

評価部位	A <sub>S</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>S</sub> (mm)	$\ell_{b,L}$ (mm)	$\ell_{r,C}$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	W <sub>22</sub> (kg)	W <sub>23</sub> (kg)
軸 (回転子)							

(3) 端子箱

評価部位	A <sub>b,t</sub> (mm <sup>2</sup> )	h <sub>t</sub> (mm)	$\ell_{t1}^*$ (mm)	$\ell_{t2}^*$ (mm)	n <sub>b,t</sub>	n <sub>f,t</sub>	W <sub>24</sub> (kg)
端子箱							

注記\* : 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。

(4) 軸受

評価部位	X <sub>01</sub>	X <sub>02</sub>	Y <sub>01</sub>	Y <sub>02</sub>
軸受				

(5) 固定子と回転子間のクリアランス

評価部位	D <sub>S</sub> (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				

(6) モータフレーム

評価部位	A <sub>F</sub> (mm <sup>2</sup> )	h <sub>F</sub> (mm)	$\ell_b$ (mm)	$\ell_{h1}$ (mm)	$\ell_{h2}$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	W <sub>23</sub> (kg)	W <sub>25</sub> (kg)
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

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		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	2.26	2.3
	鉛直方向	2.51	1.0
原動機	水平方向	2.26	4.7
	鉛直方向	2.51	1.0

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 $S_s$ ）を上回る設計震度により定まる加速度

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、1.2.3.2 ファンの動的機能維持評価で評価する。

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、1.2.3.3 原動機の動的機能維持評価で評価する。

## 1.2.3.2 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、ケーシング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	算出応力	許容応力
軸	67	

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	算出荷重	許容荷重
負荷側軸受	$5.082 \times 10^3$	
反負荷側軸受	$5.082 \times 10^3$	

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
インペラとファンケーシング間のクリアランス	1.32	

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	算出応力	許容応力
固定子	2	

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	算出応力	許容応力
軸（回転子）	18	

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	算出応力	許容応力
	端子箱		
	せん断	1	

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	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	$2.851 \times 10^3$	
反軸継手側軸受	$2.851 \times 10^3$	

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	変位量	許容変位量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	

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	算出応力	許容応力
モータフレーム	6	

すべて許容応力以下である。

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>		ファン振動 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	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	—	—	C <sub>H</sub> =3.73*3	C <sub>V</sub> =2.32*3		—	100

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。

\*3：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

2.1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>f i</sub> *1
基礎ボルト (i = 1)							10	5
								2
ケーシング取付ボルト (i = 2)							4	1
								2
原動機取付ボルト (i = 3)							4	2
								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)	194*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	232	—	軸	—
ケーシング取付ボルト (i = 2)	194*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	232	—	軸	—
原動機取付ボルト (i = 3)	194*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	373*2 (40mm < 径 ≤ 100mm)	—	232	—	軸	—

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

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>b i</sub>		Q <sub>b i</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)	—		—	
ケーシング取付ボルト (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)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=112$	$f_{ts1}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=40$	$f_{sb1}=134$
ケーシング取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=128$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=134$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b3}=21$	$f_{ts3}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=12$	$f_{sb3}=134$

すべて許容応力以下である。

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

2.2 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 s		ファン振動 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	4400	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =2.26*3	C <sub>V</sub> =2.51*3		66	100

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。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S s		ファン振動 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	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =2.26*3	C <sub>V</sub> =2.51*3			100

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。

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.2.2 機器要目

2.2.2.1 ファン

(1) 軸

評価部位	A <sub>Sf</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>Sf</sub> (mm)	ℓ <sub>Sf</sub> (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	Q <sub>1</sub> (N)	W <sub>11</sub> (kg)	W <sub>12</sub> (kg)	W <sub>13</sub> (kg)
軸								

(2) 軸受

評価部位	X <sub>0A</sub>	X <sub>0B</sub>	Y <sub>0A</sub>	Y <sub>0B</sub>
軸受				

(3) インペラとファンケーシング間のクリアランス

評価部位	E <sub>Sf</sub> (MPa)	D <sub>Sf</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	h <sub>3</sub> (mm)	k <sub>θr</sub> (N・mm/rad)	k <sub>θt</sub> (N・mm/rad)	ℓ <sub>Sf</sub> (mm)	W <sub>11</sub> (kg)	W <sub>12</sub> (kg)
インペラとファンケーシング間 のクリアランス										

評価部位	W <sub>13</sub> (kg)	W <sub>14</sub> (kg)
インペラとファンケーシング間のクリアランス		

## 1.2.2.2 原動機

## (1) 固定子

評価部位	$\ell_K$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	r (mm)	t <sub>K</sub> (mm)	W <sub>21</sub> (kg)
固定子					

## (2) 軸 (回転子)

評価部位	A <sub>S</sub> (mm <sup>2</sup> )	D <sub>S</sub> (mm)	$\ell_{b,L}$ (mm)	$\ell_{r,C}$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	W <sub>22</sub> (kg)	W <sub>23</sub> (kg)
軸 (回転子)							

## (3) 端子箱

評価部位	A <sub>b,t</sub> (mm <sup>2</sup> )	h <sub>t</sub> (mm)	$\ell_{t1}^*$ (mm)	$\ell_{t2}^*$ (mm)	n <sub>b,t</sub>	n <sub>f,t</sub>	W <sub>24</sub> (kg)
端子箱							

注記\*：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。

## (4) 軸受

評価部位	X <sub>01</sub>	X <sub>02</sub>	Y <sub>01</sub>	Y <sub>02</sub>
軸受				

## (5) 固定子と回転子間のクリアランス

評価部位	D <sub>S</sub> (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				

## (6) モータフレーム

評価部位	A <sub>F</sub> (mm <sup>2</sup> )	h <sub>F</sub> (mm)	$\ell_b$ (mm)	$\ell_{h1}$ (mm)	$\ell_{h2}$ (mm)	M <sub>P</sub> (N・mm)	W <sub>23</sub> (kg)	W <sub>25</sub> (kg)
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 (単位:  $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		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	2.26	2.3
	鉛直方向	2.51	1.0
原動機	水平方向	2.26	4.7
	鉛直方向	2.51	1.0

注記\*: 設計用震度Ⅱ(基準地震動 $S_s$ )を上回る設計震度により定まる加速度

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、2.2.3.2 ファンの動的機能維持評価で評価する。

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、2.2.3.3 原動機の動的機能維持評価で評価する。

## 2.2.3.2 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、ケーシング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	算出応力	許容応力
軸	67	

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	算出荷重	許容荷重
負荷側軸受	$5.082 \times 10^3$	
反負荷側軸受	$5.082 \times 10^3$	

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
インペラとファンケーシング間のクリアランス	1.32	

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	算出応力	許容応力
固定子	2	

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	算出応力	許容応力
軸（回転子）	18	

すべて許容応力以下である。

## 2.2.3.3.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	算出応力	許容応力
	端子箱		
	せん断	1	

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	算出荷重	許容荷重
軸継手側軸受	$2.851 \times 10^3$	
反軸継手側軸受	$2.851 \times 10^3$	

## 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	変位置量	許容変位置量
固定子と回転子間のクリアランス	0.06	

すべて許容変位置量以下である。

## 2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価

(単位：MPa)

評価部位	算出応力	許容応力
モータフレーム	6	

すべて許容応力以下である。

