

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機の

一部更新について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系排風機の高経年化対策として熔融炉換気系の排風機及び貯槽換気系の排風機を更新する。
- 本更新においては、既設排風機と同等の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を行う。
- 更新にあたっては、材料検査、作動試験、据付・外観検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年4月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機は、竣工から約 28 年間使用しており、これまでの点検整備における経年劣化の状況を踏まえ、今後、段階的に更新を進めていく計画である。

本件で工事を計画する排風機は、熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)であり、更新用の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を実施する。

2. 設備概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系のフローを図-1に示す。槽類換気系排風機は、廃止措置期間中、閉じ込めの機能が要求される設備である。

本工事を計画する排風機は、熔融炉からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び濃縮器等からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)である。

本工事を計画する排風機の配置を図-2に示す。排風機は、ガラス固化技術開発棟 地下 2 階(B2F) 廃気処理室(A011)内に熔融炉換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)、貯槽換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)設置しているものである。

3. 設計条件

(1) 性能

更新する排風機は、既設排風機の同等の性能(容量:約 6 m³/min/基)を有するものとする。

(2) 耐震性

更新する排風機の耐震重要度分類は S クラスである。廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても閉じ込めに係る安全機能の維持が可能となるよう耐震性を確保する。耐震性計算書を別添資料に示す(令和 2 年 8 月 7 日申請(令和 2 年 9 月 25 日認可)した「別紙 6-1-2-5-3-63_排風機(G41K50,K51)の耐震性についての計算書」及び「別紙 6-1-2-5-3-64_排風機(G41K60,K61)の耐震性についての計算書」と同様の手法、手順による)。

(3) 材料構造、火災及び溢水防止

更新する排風機に接続する配管(既設)は、既設と同様にフランジ継手で接続する。電源ケーブルは、難燃性ケーブル(既設)を接続する。火気使用時は、可燃物の除去、不燃シートの設置等、火災を防止する措置を講じる。

4. 工事の方法

排風機(G41K50,K51,K60,K61)の外形図を図-3 に示す。本工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中に行う。また、TVF から高放射性廃液貯蔵場(HAW)に高放射性廃液を移送した後の、高放射性廃液を保有していない状態下で行う。工事は、熔融炉換気系及び貯槽換気系の各系統の排風機 1 基の運転を維持した状態下で、予備側となる排風機を対象に 1 基ずつ交換する。また、運転中の排風機及び既設に影響を与えないよう、隔離措置、養生を施して行う。

本工事では、材料検査、作動試験、据付・外観検査を行う。

5. 安全機能への影響

本工事は、槽類換気系の閉じ込めに係る性能を変更するものでなく、設備の系統、構成を変更するものでもないことから、槽類換気系の安全機能(閉じ込め、換気)への影響はない。工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中であり、かつ TVF 内に高放射性廃液を保有しない状態で行うことから、重大事故対処に影響を与えるものではない。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-2 に示す。

表-2 槽類換気系排風機の一部更新に係る工事工程表

	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	備考
槽類換気系排風機 の一部更新		製作				
				工事*		

* : 排風機 1 基あたりの工事期間は 1 週間程度であるが、工事の時期はガラス固化処理運転の時期や運転停止中に行う保全作業等との調整を踏まえて 1 基ずつ分けて実施する。

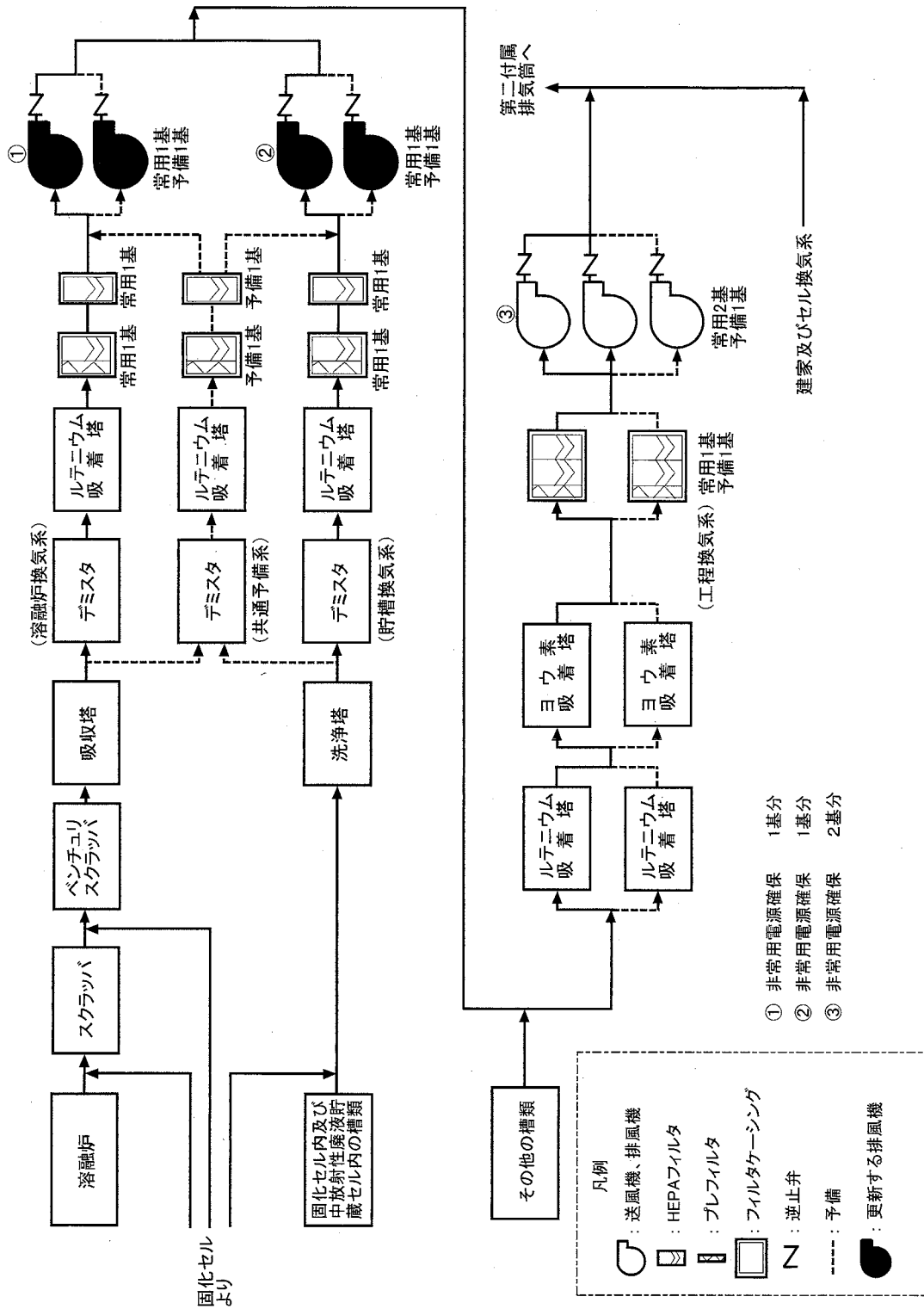


図-1 ガラス固化技術開発施設(TVF) 槽類換気系のフロー

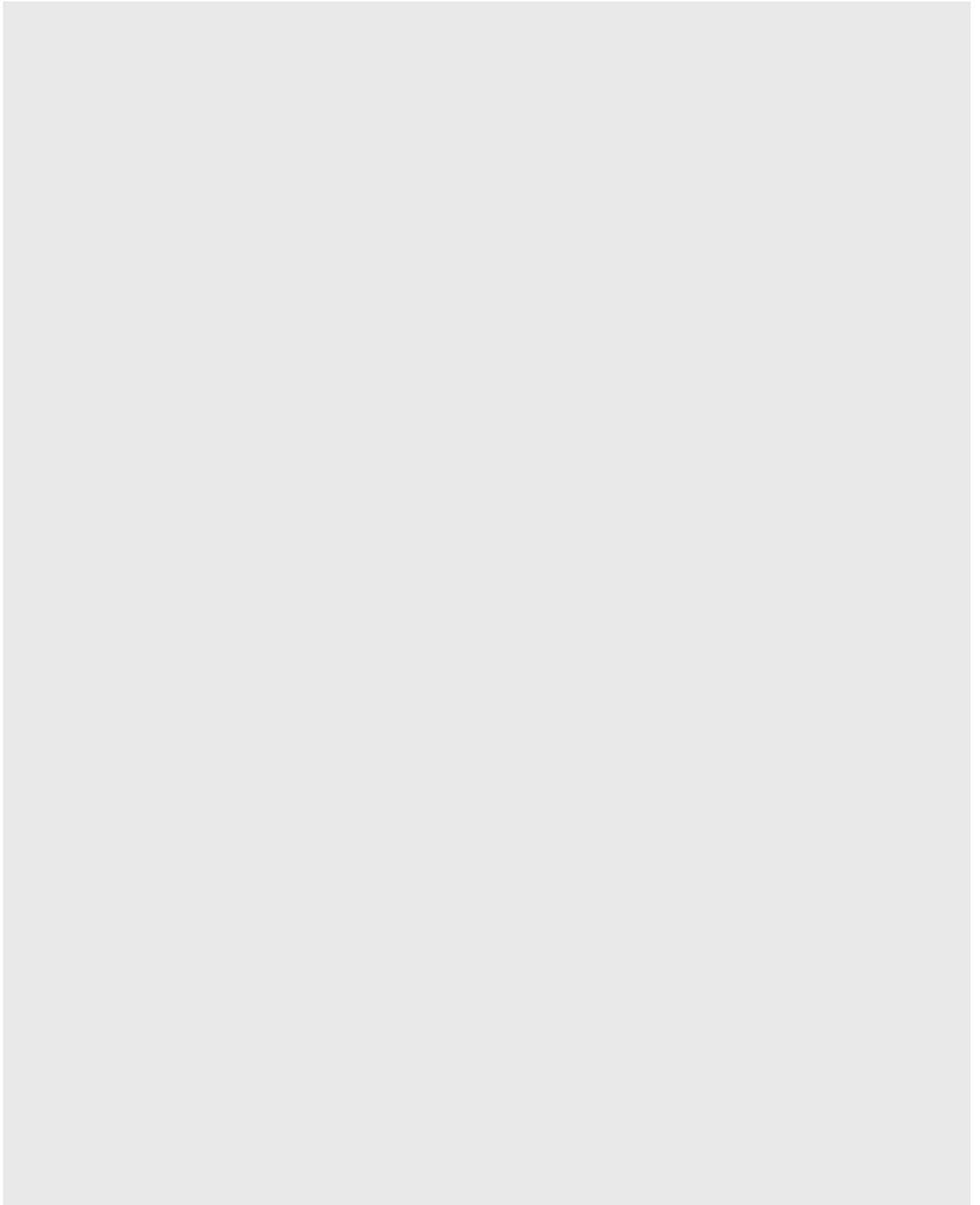


図-2 排風機の配置

基数	2	
設置場所	廃気処理室 A011	
設計条件		
流体名	廃気	
容量 (m ³ /min)	約 6	
放射性物質 濃度 (Bq/cm ³)	種類	FP
		< 3.7 × 10 ⁻²
本体主材料	SCS13	
据付ボルト	M16 × 7 (SS400)	

符号	名称	※寸法	主材料	接続	
				G41K50	G41K51
P1	廃気入口	150A	SCS13	Ve-21-150-Y-1	Ve-22-150-Y-1
P2	廃気出口	125A	SCS13	Ve-48-150-Y-1	Ve-49-150-Y-1
P3	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-55-50-Y-1	Ve-58-50-Y-1
P4	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-56-50-Y-1	Ve-59-50-Y-1

※ 接続配管との取合を示すものである。

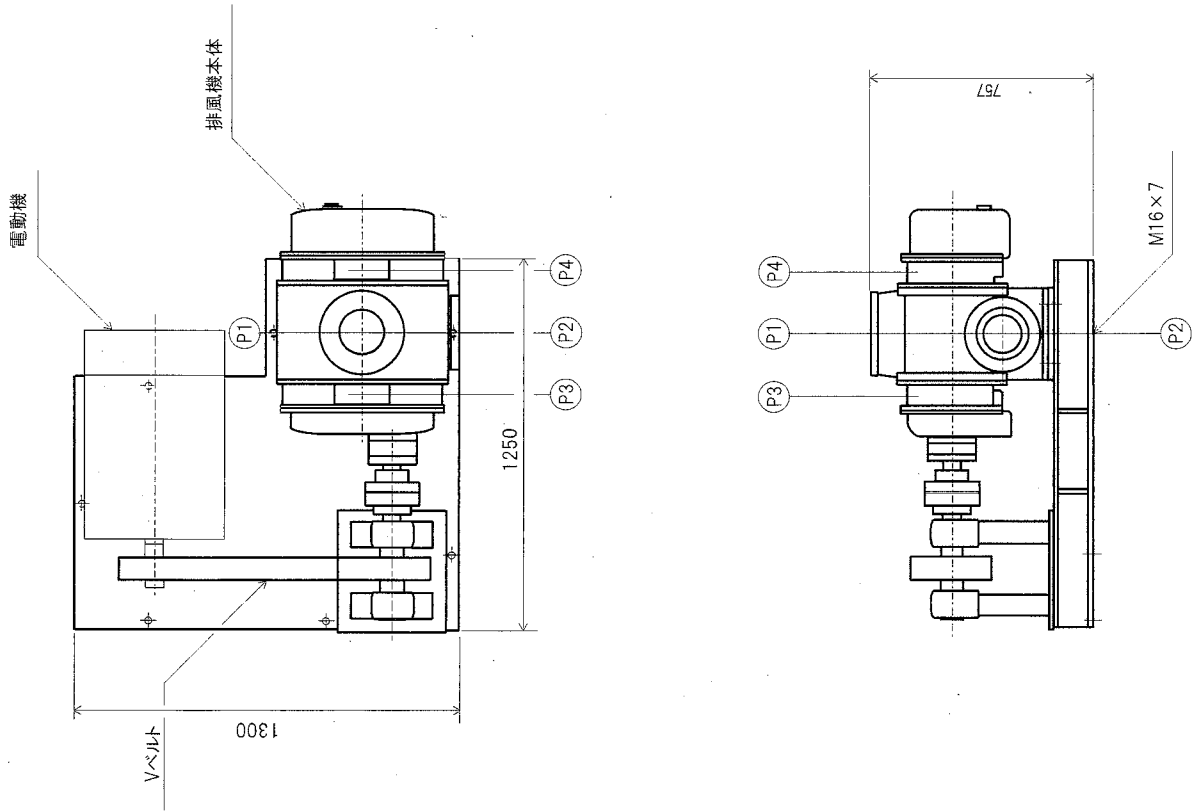


図 - 3 排風機(G41K50,K51)外形図

基数	2
設置場所	廃気処理室 A011
設計条件	
流体名	廃気
容量 (m ³ /min)	約 6
放射性物質 種類 濃度 (Bq/cm ³)	FP
	< 3.7 × 10 ⁻²
本体主材料	SCS13
据付ボルト	M16 × 7 (SS400)

符号	名称	※寸法	主材料	接続	
				主材料	接続
P1	廃気入口	100A	SCS13	G41K60	G41K61
P2	廃気出口	80A	SCS13	Ve-37-100-Y-1	Ve-38-150-Y-1
P3	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-50-150-Y-1	Ve-51-150-Y-1
P4	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-61-50-Y-1	Ve-64-50-Y-1
				Ve-62-50-Y-1	Ve-65-50-Y-1

※ 接続配管との取合を示すものである。

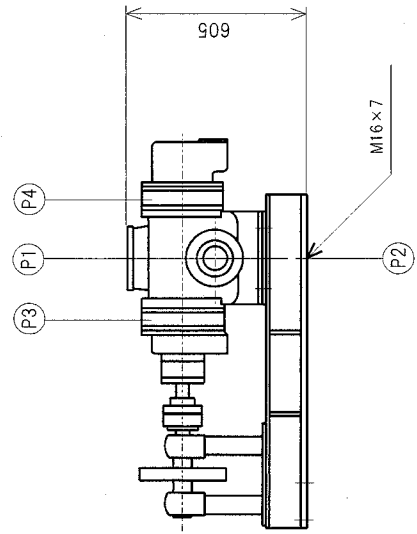
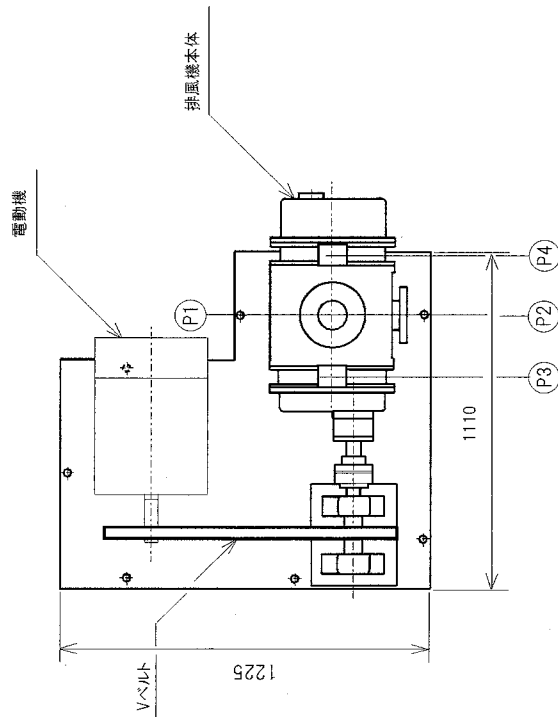


図 - 4 排風機(G41K60,K61)外形図

ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系
排風機の耐震性についての計算書

1. 概要

槽類換気系排風機の一部更新において工事を行う排風機(G41K50, K51, K60, K61)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを確認する。

2. 一般事項

2.1 評価方針

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

また、当該設備の地震時及び地震後の動的機能の評価は、廃止措置計画用地震動により当該設備に作用する加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)
- (5) ルーツブロワの地震時の動的機能維持評価に関する研究 HLR-051(日本原燃株式会社, 株式会社日立製作所)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm ²
A_s	最小有効せん断断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_P	ブロー振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_P	ブロー回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
T_H	水平方向固有周期	秒
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根(SRSS)法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D_sにおける許容応力を用いた。供用状態 D_sでの温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。排風機(G41K50, K51, K60, K61)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B2F、水平方向:0.86、鉛直方向:0.77)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度(床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力(F_b):

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力(σ_b):

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力(Q_b):

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力(τ_b):

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の解析モデルを図 4-1 に示す。

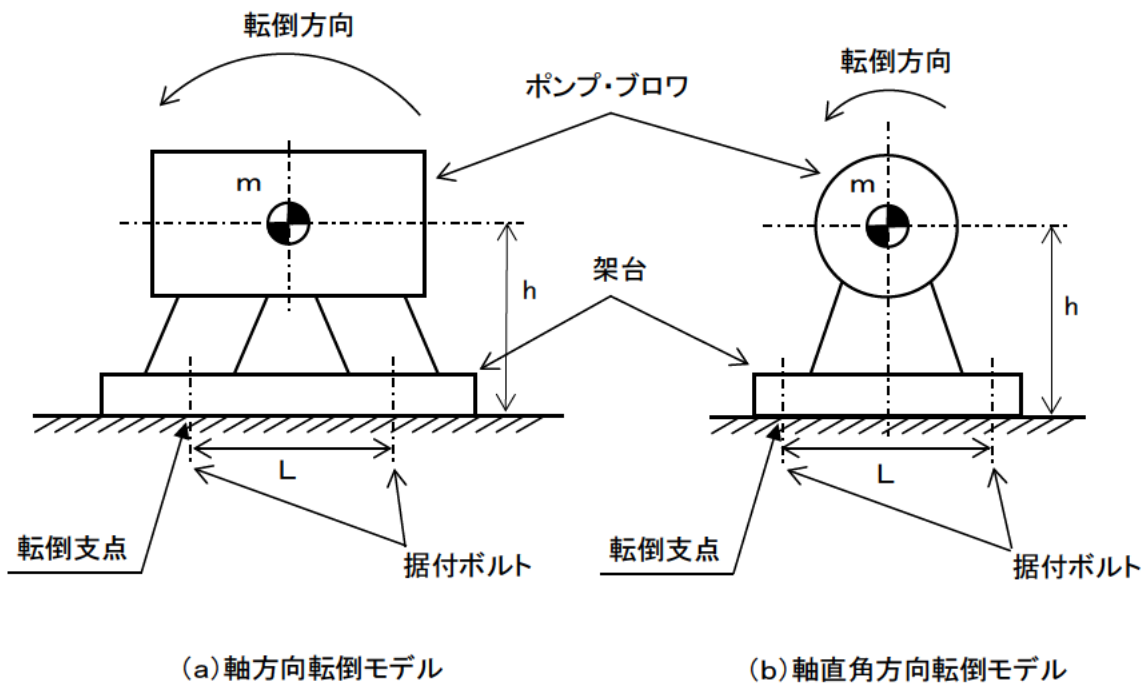


図 4.1 解析モデル

4.5.2 諸元

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
排風機 (G41K50,K51)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	975 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 °C
	据付ボルトの本数	n	7
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	2
	据付面から重心までの距離	h	447 (mm)
	ブロワ振動による震度	C_p	0.10
	ブロワ回転により働くモーメント	M_p	0 (N・mm)
	総質量	m	1540 (kg)
排風機 (G41K60,K61)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	875 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 °C
	据付ボルトの本数	n	7
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	n_f	2
	据付面から重心までの距離	h	415 (mm)
	ブロワ振動による震度	C_p	0.12
	ブロワ回転により働くモーメント	M_p	0 (N・mm)
	総質量	m	910 (kg)

4.6 固有周期

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
排風機 (G41K50, K51)	0.05 (秒)以下
排風機 (G41K60, K61)	0.05 (秒)以下

5. 動的機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の地震時及び地震後の動的機能維持評価について、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のファンの評価方法を準拠し、廃止措置計画用設計地震動により当該設備に作用する加速度と機能確認済み加速度を比較することにより評価を行った。

排風機(G41K50, K51, K60, K61)は形式がルーツ式であることから、機能確認済加速度は「ルーツブロウの地震時の動的機能維持評価に関する研究 HLR-051(日本原燃株式会社, 株式会社日立製作所)」のものを用いた。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

評価対象設備	形式	方向	機能確認済加速度 (× 9.8 m/s ²)
排風機 (G41K50, K51)	ルーツブロウ	水平	1.2
		鉛直	1.2
排風機 (G41K60, K61)	ルーツブロウ	水平	1.2
		鉛直	1.2

6. 評価結果

構造強度評価結果を表 6-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発棟の排風機(G41K50, K51, K60, K61)の発生応力は、いずれも許容応力以下であることを確認した。

また、動的機能維持評価結果を表 6-2 に示す。廃止措置計画用設計地震動により排風機(G41K50, K51, K60, K61)に作用する加速度は機能確認済加速度以下であることを確認した。

表 6-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
排風機 (G41K50, K51)	据付ボルト	引張	11	280	0.04
		せん断	14	161	0.09
排風機 (G41K60, K61)	据付ボルト	引張	7	280	0.03
		せん断	8	161	0.05

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

表 6-2 動的機能維持評価結果

評価対象設備	方向	廃止措置計画用設計地震動により 設備に作用する加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
排風機 (G41K50, K51)	水平	0.72	1.2
	鉛直	0.64	1.2
排風機 (G41K60, K61)	水平	0.72	1.2
	鉛直	0.64	1.2