本資料のうち，枠囲みの内容は，
営業秘密または防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所　工事計画審査資料	
資料番号	工認-414 改0
提出年月日	平成30年5月23日

Ⅴ-2-8-3-1-1　中央制御室換気系空気調和機ファン，中央制御室換気系フィルタ系ファンの耐震性についての計算書

NT2 補② Ⅴ-2-8-3-1-1 R0

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 ･･･ 4
3.1　構造強度評価方法 ･･･ 4
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ･･･ 4
4.　機能維持評価 ･･･ 8
4.1　動的機能維持評価方法 ･･･ 8
5.　評価結果 ･･･ 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ･････････････････････････････････ 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ･････････････････････････････ 9

1.　概要

本計算書は,「Ｖ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファン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。

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，分類に応じた構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2.　一般事項

2.1　構造計画

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの構造計画を表2－1に示す。

NT2 補② Ｖ-2-8-3-1-1 R0

表 2－1　構造計画(1/2)

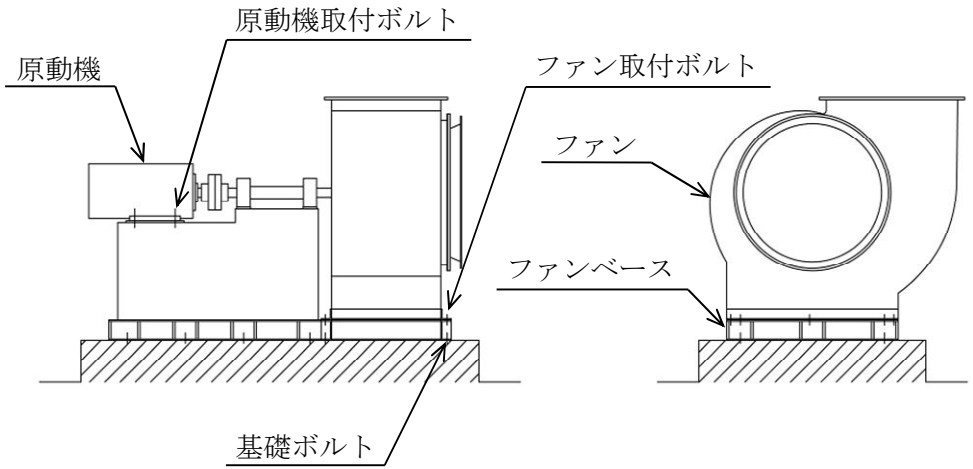
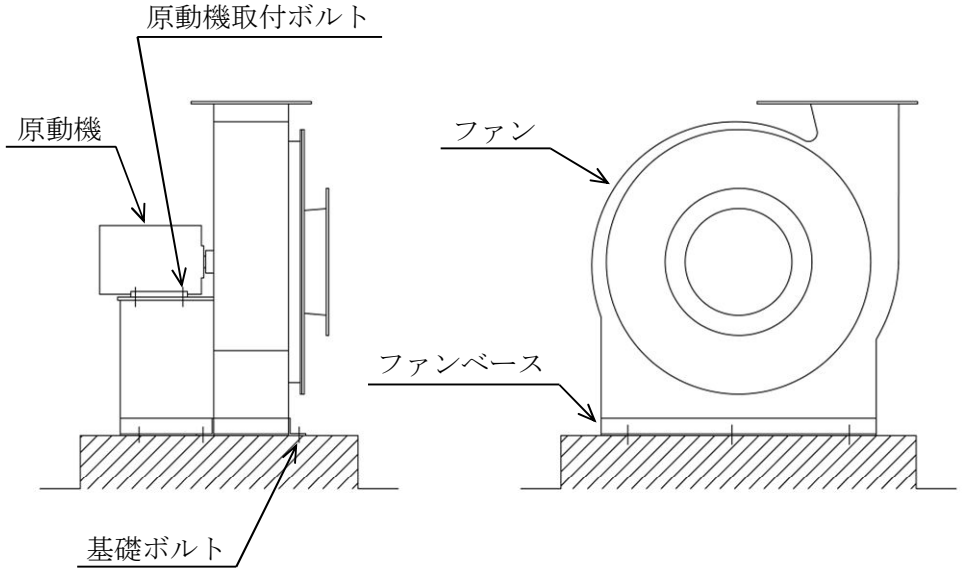
主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
(1)中央制御室換気系空気調和機ファン	ファン及び原動機ははベースに取付ボルトにより固定され，ベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心直結型	

表 2－1　構造計画(2/2)

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
(2)中央制御室換気系フィルタ系ファン	原動機はベースに取付ボルトにより固定され，ファン及びベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心直動型	

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの構造は横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，「V-2-1-14-4　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評価する。

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

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファン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

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの許容応力を表3－3に示す。

3.2.3　使用材料の許容応力

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファン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。

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
放射線管理施設	換気設備	中央制御室換気系空気調和機ファン	S	－	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
		中央制御室換気系フィルタ系ファン			$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

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
放射線管理施設	換気設備	中央制御室換気系空気調和機ファン	常設耐震／防止 常設／緩和	－	$D+P_D+M_D+S_s$ *2	$Ⅳ_AS$
		中央制御室換気系フィルタ系ファン			$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$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：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$」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）

<table>
<tr><td rowspan="3">許容応力状態</td><td colspan="2">許容限界*
(ボルト等)</td></tr>
<tr><td colspan="2">一次応力</td></tr>
<tr><td>引張り</td><td>せん断</td></tr>
<tr><td>$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$</td><td>$1.5 \cdot f_t$</td><td>$1.5 \cdot f_s$</td></tr>
<tr><td>$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$</td><td rowspan="2">$1.5 \cdot f_t$*</td><td rowspan="2">$1.5 \cdot f_s$*</td></tr>
<tr><td>$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$
（$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$として$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$の許容限界を用いる。）</td></tr>
</table>

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）

機器名称	評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
中央制御室換気系空気調和機ファン	基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度				
	ファン取付ボルト	SS400	周囲環境温度				
	原動機取付ボルト	SS400	周囲環境温度				
中央制御室換気系フィルタ系ファン	基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度				
	原動機取付ボルト	SS400	周囲環境温度				

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）

機器名称	評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
中央制御室換気系空気調和機ファン	基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度				
	ファン取付ボルト	SS400	周囲環境温度				
	原動機取付ボルト	SS400	周囲環境温度				
中央制御室換気系フィルタ系ファン	基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度				
	原動機取付ボルト	SS400	周囲環境温度				

4.　機能維持評価

4.1　動的機能維持評価方法

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの地震時及び地震後の動的機能維持評価について，以下に示す。

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため,「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4－1 に示す。

表 4－1　機能確認済加速度　　（単位：×9.8 m/s^2）

機器名称	評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
中央制御室換気系空気調和機ファン	ファン	遠心直結型ファン	水平	2.3
			鉛直	1.0
	原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7
			鉛直	1.0
中央制御室換気系フィルタ系ファン	ファン	遠心直動型ファン	水平	2.6
			鉛直	1.0
	原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7
			鉛直	1.0

5.　評価結果

5.1　設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファン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。

なお，弾性設計用地震動S_d及び静的震度は基準地震動S_sを下回っており，基準地震動S_sによる発生値が，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価を省略した。

(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

中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファン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。

【中央制御室換気系空気調和機ファンの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ファン振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室換気系空気調和機ファン	S	原子炉建屋 EL. 29.00*1	—*2	—*2	—	—	C_H=1.55*3	C_V=1.17*3	C_P=0.09	—	[redacted]

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：基準地震動S_sの震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm)	n_i	n_{fi}	
							弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				314.2 (M20)	13	—	4
ファン取付ボルト (i=2)					201.1 (M16)	7	—	1
原動機取付ボルト (i=3)					201.1 (M16)	4	—	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				—	軸直角	—	—
ファン取付ボルト (i=2)					—	軸直角	—	2.865×10^5
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角	—	2.865×10^5

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
H_P=[redacted]	N=[redacted]

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	1.147×10^4	－	4.001×10^4
ファン取付ボルト (i＝2)	－	1.028×10^4	－	1.376×10^4
原動機取付ボルト (i＝3)	－	2.597×10^3	－	6.081×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動 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
基礎ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b1}=37$	[redacted]	$\sigma_{b1}=37$	[redacted]
		せん断	$\tau_{b1}=10$		$\tau_{b1}=10$	
ファン取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=52$		$\sigma_{b2}=52$	
		せん断	$\tau_{b2}=10$		$\tau_{b2}=10$	
原動機取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b3}=13$		$\sigma_{b3}=13$	
		せん断	$\tau_{b3}=8$		$\tau_{b3}=8$	

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.29	2.3
	鉛直方向	0.98	1.0
原動機	水平方向	1.29	4.7
	鉛直方向	0.98	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【中央制御室換気系空気調和機ファンの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処施設

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ファン振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室換気系空気調和機ファン	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 EL. 29.00*1	－*2	－*2	－	－	C_H=1.55*3	C_V=1.17*3	C_P=0.09	－	[redacted]

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：基準地震動S_sの震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm)	n_i	n_{fi}	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				314.2 (M20)	13	－	4
ファン取付ボルト (i=2)					201.1 (M16)	7	－	1
原動機取付ボルト (i=3)					201.1 (M16)	4	－	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				－	軸直角	－	－
ファン取付ボルト (i=2)					－	軸直角	－	2.865×10^5
原動機取付ボルト (i=3)					－	軸直角	－	2.865×10^5

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
H_P=[redacted]	N=[redacted]

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	1.147×10^4	－	4.001×10^4
ファン取付ボルト (i＝2)	－	1.028×10^4	－	1.376×10^4
原動機取付ボルト (i＝3)	－	2.597×10^3	－	6.081×10^3

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

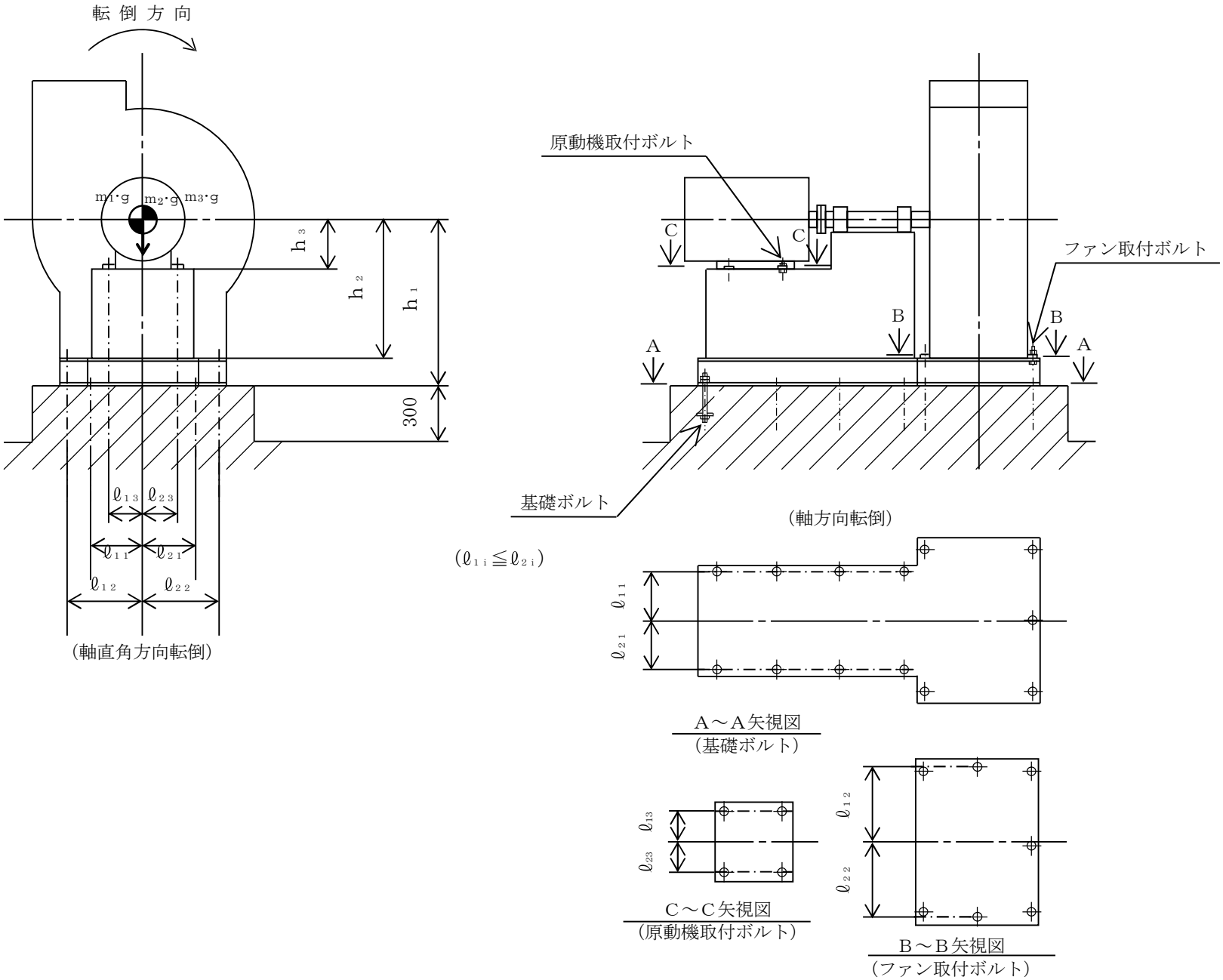
部　　材	材　料	応　力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b1}=37$	[redacted]
		せん断	$\tau_{b1}=10$	
ファン取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=52$	
		せん断	$\tau_{b2}=10$	
原動機取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b3}=13$	
		せん断	$\tau_{b3}=8$	

すべて許容応力以下である。　　注記＊： $\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.29	2.3
	鉛直方向	0.98	1.0
原動機	水平方向	1.29	4.7
	鉛直方向	0.98	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。


転 倒 方 向
m1·g
m2·g
m3·g
h3
h2
h1
300
ℓ13
ℓ23
ℓ11
ℓ21
ℓ12
ℓ22
(軸直角方向転倒)
原動機取付ボルト
ファン取付ボルト
基礎ボルト
C
B
A
(軸方向転倒)
(ℓ1i≦ℓ2i)
A～A矢視図
(基礎ボルト)
C～C矢視図
(原動機取付ボルト)
B～B矢視図
(ファン取付ボルト)

【中央制御室換気系フィルタ系ファンの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ファン振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室換気系フィルタ系ファン	S	原子炉建屋 EL. 29.00*1	—*2	—*2	—	—	C_H=1.55*3	C_V=1.17*3	C_P=0.09	—	[redacted]

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：基準地震動S_sの震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm)	n_i	n_{fi}	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				201.1 (M16)	7	—	1
原動機取付ボルト (i=3)					78.54 (M10)	4	—	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				—	軸直角	—	—
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸	—	—

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
H_P=[redacted]	N=[redacted]

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	1.287×10^4	－	8.801×10^3
原動機取付ボルト (i＝3)	－	1.121×10^3	－	2.480×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動 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
基礎ボルト	SUS304	引張り	σ_{b1}＝64	[redacted]	σ_{b1}＝64	[redacted]
		せん断	τ_{b1}＝ 7		τ_{b1}＝ 7	
原動機取付ボルト	SS400	引張り	σ_{b3}＝15		σ_{b3}＝15	
		せん断	τ_{b3}＝ 8		τ_{b3}＝ 8	

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.29	2.6
	鉛直方向	0.98	1.0
原動機	水平方向	1.29	4.7
	鉛直方向	0.98	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

【中央制御室換気系フィルタ系ファンの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処施設

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ファン振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室換気系フィルタ系ファン	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 EL. 29.00*1	－*2	－*2	－	－	C_H=1.55*3	C_V=1.17*3	C_P=0.09	－	[redacted]

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：基準地震動S_sの震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm)	n_i	n_{fi}	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				201.1 (M16)	7	－	1
原動機取付ボルト (i=3)					78.54 (M10)	4	－	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				－	軸直角	－	－
原動機取付ボルト (i=3)					－	軸	－	－

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
H_P=[redacted]	N=[redacted]

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	1.287×10^4	－	8.801×10^3
原動機取付ボルト (i＝3)	－	1.121×10^3	－	2.480×10^3

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

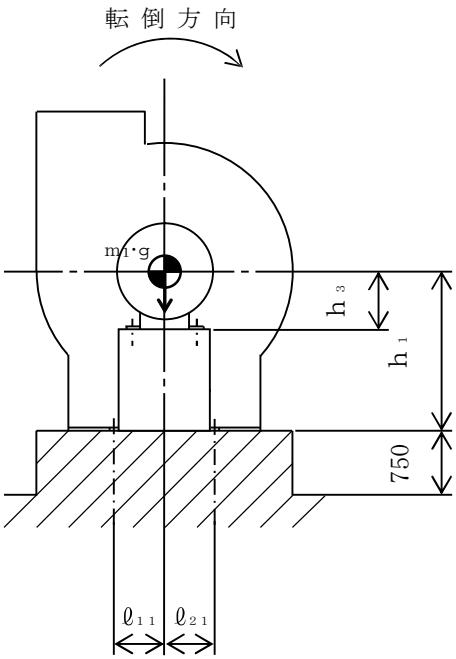
部　　材	材　料	応　力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張り	σ_{b1}＝64	[redacted]
		せん断	τ_{b1}＝ 7	
原動機取付ボルト	SS400	引張り	σ_{b3}＝15	
		せん断	τ_{b3}＝ 8	

すべて許容応力以下である。　　注記＊： Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ b i， f_{toi}]

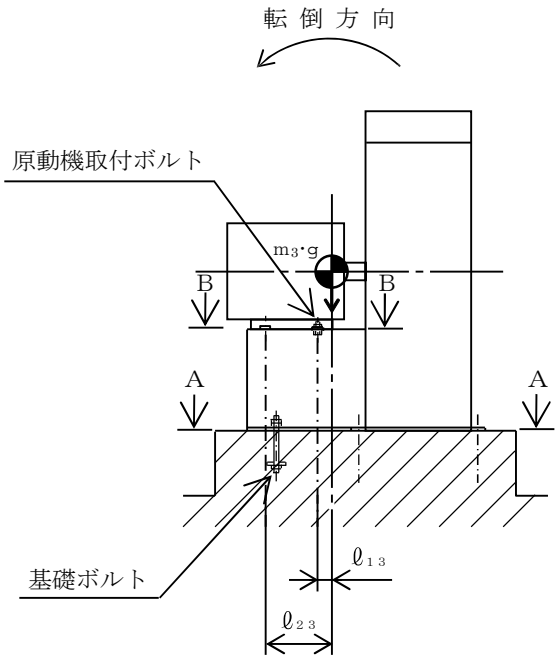
2.4.2 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.29	2.6
	鉛直方向	0.98	1.0
原動機	水平方向	1.29	4.7
	鉛直方向	0.98	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

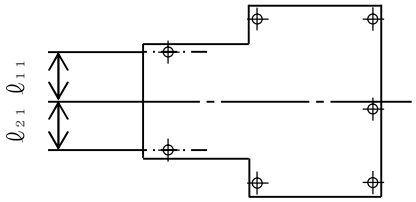


(軸直角方向転倒)

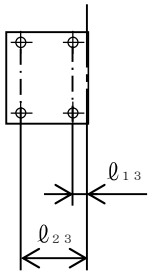


(軸方向転倒)

($\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$)



A～A矢視図
(基礎ボルト)



B～B矢視図
(原動機取付ボルト)