

## 添付計算書

排気チェンバ及び排風機の耐震計算書

## 目次

1. 一般事項	1
1. 1 計算方針	1
1. 2 計算条件	1
2. 排気チェンバ・固定ボルトの強度計算	5
2. 1 固定ボルトの強度	5
2. 2 固定ボルトの荷重計算	5
3. 排気チェンバ・アンカーボルトの強度計算	6
3. 1 アンカーボルトの強度	6
3. 2 アンカーボルトの荷重計算	7
4. 排風機・アンカーボルトの強度計算	8
4. 1 アンカーボルトの強度	8
4. 2 アンカーボルトの荷重計算	9
5. 計算結果	9

## 1. 一般事項

本計算書では、排気チェンバの固定ボルト及びアンカーボルト、並びに排風機のアンカーボルトの耐震強度についての計算結果を示す。

### 1. 1 計算方針

- (1) 排気チェンバは4つのユニットとダクトから構成され、ユニットそれぞれが固定ボルトにより架台に固定され、架台はアンカーボルトによってコンクリート床に固定される。一方、排風機はアンカーボルトによってコンクリート床に直接固定される。耐震強度計算は、これらの構造に基づき静的震度法により固定ボルト及びアンカーボルトの強度について確認する。
- (2) 排気チェンバは1つの架台に2台のユニットがそれぞれ6本の固定ボルトで固定され、2つの架台はそれぞれ6本のアンカーボルトによって床コンクリートに固定される。固定ボルトの強度計算における重心高さは排気チェンバとダクトを合わせた安全側とし、排気チェンバ下端から排気チェンバ上部に取り付けるダクト上端までの高さの1/2とする。また、排気チェンバ架台のアンカーボルトの強度計算における重心高さは、上記の重心高さに架台の高さを加えた値とする。
- (3) 排気チェンバの架台の重心高さは使用部材の配置から算定した値を用いる。
- (4) 排風機の重心高さは排風機の高さの1/2とする。
- (5) アンカーボルトの強度計算は、「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針」(財団法人 日本建築防災協会)及び「建築設備耐震設計・施工指針 2005年版」(日本建築センター)に従い、あと施工アンカーとして行う。
- (6) 地震力は排気チェンバ及び排風機に対して、水平及び鉛直方向に作用するものとし、鉛直方向地震力は水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。
- (7) 水平方向地震力の作用方向はボルトの配置から不利な方向のみを対象として強度計算を行う。ただし、排気チェンバの2つの架台のアンカーボルトの強度については水平2方向とも検討する。

### 1. 2 計算条件

#### (1) 設計震度

設計震度は以下の通りとする。

水平震度	1.0 ※1
鉛直震度	0.5

#### (2) ボルト仕様

##### ・固定ボルト

材質	SS400 相当
ボルト径	M16

##### ・アンカーボルト

アンカーボルトの種類	接着系アンカーボルト
材質	SS400 相当
ボルト径	M16
埋め込み深さ	130 mm

(3) 固定ボルトの許容値 (短期許容応力)

許容引張応力  $176 \text{ N/mm}^2$  ※1

許容せん断応力  $101 \text{ N/mm}^2$  ※1

※1 建築設備耐震設計・施工指針 2005 年版による値

(4) 計算モデル及び荷重

(4) - 1 計算モデル

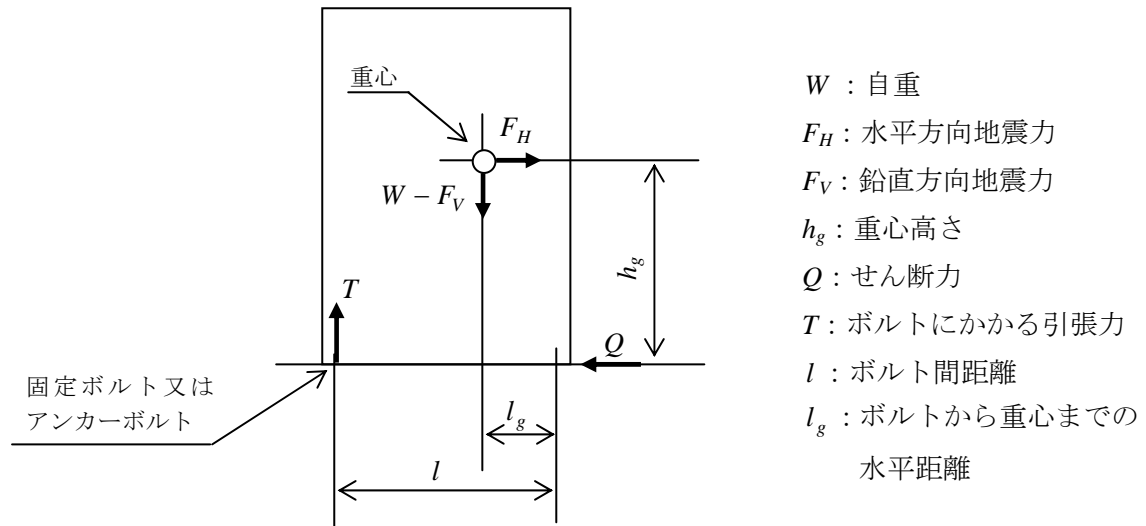


図1 計算モデル及び記号の説明

(4) - 2 固定ボルト及びアンカーボルトの強度計算において考慮した荷重の想定

- 1) 排気チェンバ (1 ユニット) の固定ボルトの強度計算では、荷重として排気チェンバとダクトの一部の重量を考慮
- 2) 架台のアンカーボルトの強度計算では、荷重として排気チェンバ 2 ユニットとダクトの一部 (上記の 2 倍) 及び架台の重量を考慮
- 3) 排風機のアンカーボルトの強度計算では、荷重として排風機 (モーターも含む) 及びダクトの重量を考慮

以上の考え方にに基づき、表 1 (図 2、図 3 参照) に示す荷重を設定した。

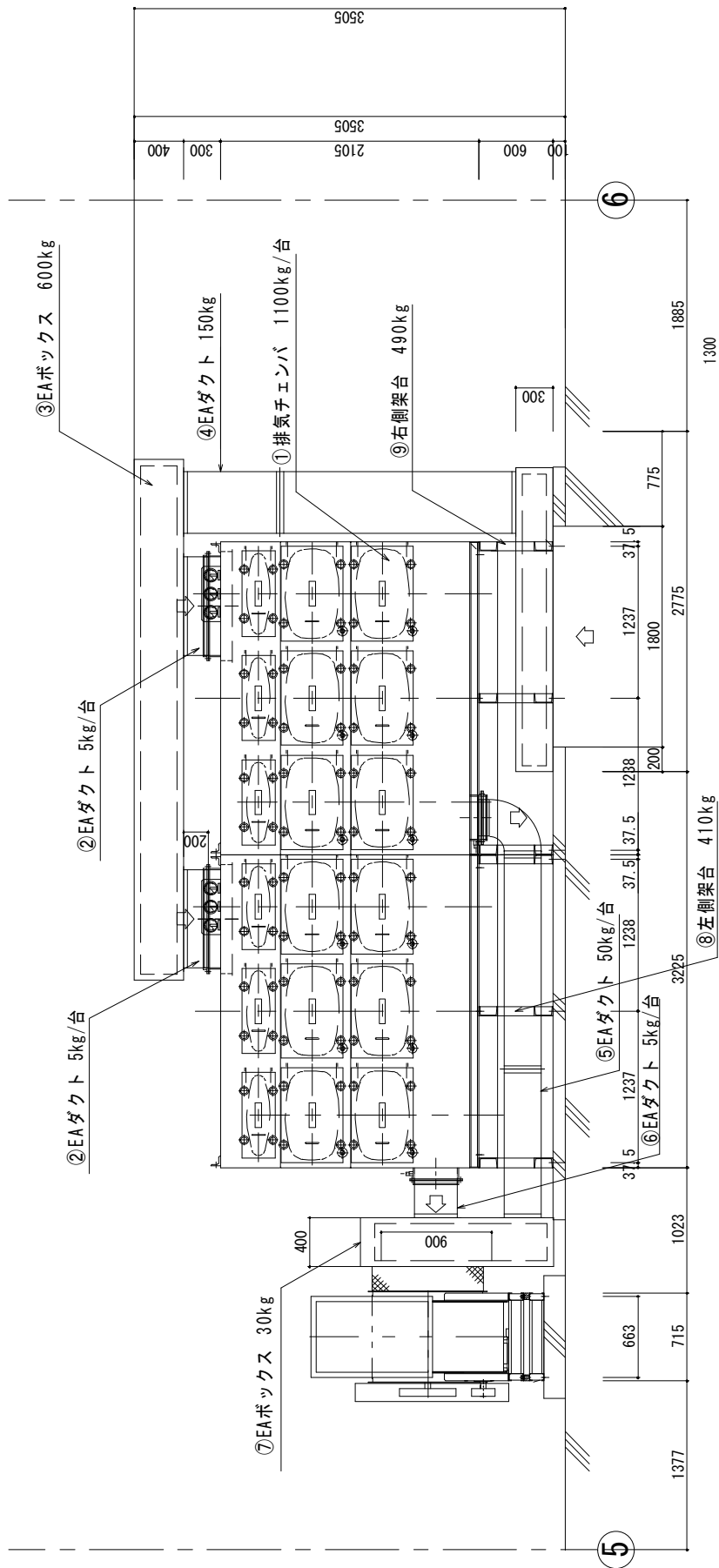


図2 排気チェンバの各部の重量

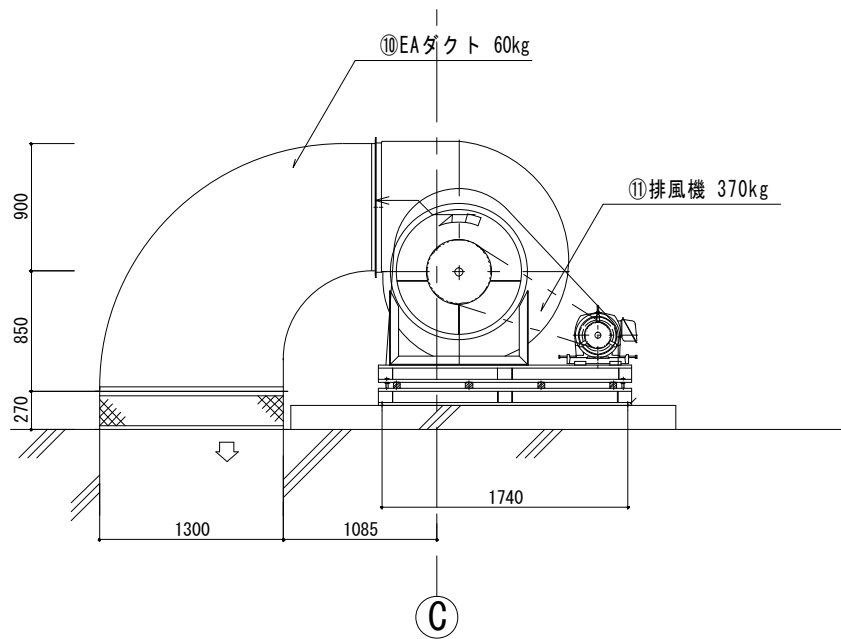


図3 排風機の各部の重量

表1 各部の重量と耐震評価のための重量の分担表

耐震強度確認対象	部位	重量	耐震強度確認用自重
排気チェンバ・固定 ボルト(左側)	排気チェンバ：①	10.78kN (1100kg)	
	ダクト：②,③の一部.⑥.⑦の 1/2	1.23kN (125kg)	
排気チェンバ・固定 ボルト(右側)	排気チェンバ：①	10.78kN (1100kg)	14.1kN
	ダクト：②,③の一部.④の 1/2,⑤	3.24kN (330kg)	
排気チェンバ・アン カーボルト(左側)	ダクト・排気チェンバ (2台分)	24.01kN (2450kg)	24.2kN
	架台：⑧	4.02kN (410kg)	4.1kN
排気チェンバ・アン カーボルト(右側)	ダクト・排気チェンバ (2台分)	28.03kN (2860kg)	28.2kN
	架台：⑨	4.81kN (490kg)	4.9kN
排風機・アンカーボ ルト	排風機：⑩	3.63kN (370kg)	4.3kN
	ダクト：⑪	0.59kN (60kg)	

※表中の番号は図2、図3の図中の番号を表している。また、耐震強度確認対象欄の(左側)、(右側)は図2の排風機側を左側、反対側を右側を意味する。

## 2. 排気チェンバ・固定ボルトの強度計算

ここでは自重の重い排気チェンバ右側のユニットについて、1 台のユニットが独立に架台に設置されると仮定して固定ボルトの強度計算を行う。

### 2. 1 固定ボルトの強度

#### a) 引張強度

$$T_b = f_t \times A = 27.63 \text{ kN}$$

$T_b$  : 引張強度

$A$  : 有効断面積 (M16)      157 mm<sup>2</sup>

$f_t$  : 許容引張応力      176 N/mm<sup>2</sup>

#### b) せん断強度

$$Q_b = \tau \times A = 15.85 \text{ kN}$$

$Q_b$  : せん断強度

$\tau$  : 許容せん断応力      101 N/mm<sup>2</sup>

### 2. 2 固定ボルトの荷重計算

#### a) せん断力

固定ボルト 1 本あたりのせん断力  $Q$

$$Q = F_H / n_s = 2.35 \text{ kN}$$

$F_H$  : 水平方向地震力 ( $F_H = C_H W$ )

$W$  : 機器の自重

14.1 kN

$n_s$  : せん断力を受けるボルトの本数

6 本

よって、

$$Q < Q_b$$

OK

安全率 :  $Q_a / Q = 6.74$

#### b) 引張力

固定ボルト 1 本あたりの引張力  $T$

$$T = \{F_H \cdot h_g - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 8.90 \text{ kN}$$

$F_V$  : 鉛直方向地震力 ( $F_V = C_V W$ )

$C_H$  : 水平震度 1.0

$C_V$  : 水平震度 0.5

$h_g$  : 重心高さ

1410 mm

$l$  : ボルト間距離

658 mm

$l_g$  : ボルト中心から重心までの水平距離 ( $l_g = 0.5l$ )

325 mm

$n_t$  : 引張を受けるボルトの本数

3 本

引張とせん断を同時に受けるボルトの許容引張応力  $f_{ts}$  は

$$f_{ts} = 1.4f_t - 1.6\tau \quad \text{ただし } f_{ts} \leq f_t$$

$$f_t : \text{引張のみを受けるボルトの許容引張応力} \quad f_t = 176 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau : \text{ボルトに作用するせん断応力} \quad \tau = Q/A = 14.97 \text{ N/mm}^2$$

$$1.4f_t - 1.6\tau = 222.45 \text{ kN}$$

よって  $f_{ts} = f_t = 176 \text{ N/mm}^2$  となり、引張とせん断を同時に受ける固定ボルト 1 本あたりの引張強度  $T_{b2}$  は  $T_{b2} = T_b = 27.63 \text{ kN}$  となり、

$$T < T_{b2}$$

OK

安全率 :  $T_b / T = 3.10$

### 3. 排気チェンバ・アンカーボルトの強度計算

アンカーボルトの強度計算は、「2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針」（財団法人 日本建築防災協会）に従い、あと施工アンカーとして行う。アンカーボルトの荷重計算では、2 種類の架台についてそれぞれ 2 方向に水平地震力が作用した 4 つのケースについて行う。

#### 3. 1 アンカーボルトの強度

##### a) 引張強度

アンカー 1 本当当たりの引張強度  $T_a$  は次の値のうち最も小さい値とする。

- ・ 鋼材の降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当当たりの引張強度  $T_{a1}$
- ・ 定着した既存のコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本当当たりの引張強度  $T_{a2}$
- ・ 接着系アンカーボルトの付着性能により決まる場合のアンカーボルト 1 本当当たりの引張強度  $T_{a3}$

$T_{a1}$ 、 $T_{a2}$ 、 $T_{a3}$  はそれぞれ次の式で求まる。

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0 = 38.46 \text{ kN}$$

$$\sigma_y : \text{鉄筋の規格降伏点強度} \quad 245 \text{ N/mm}^2$$

$$a_0 : \text{アンカーボルトの有効断面積} \quad 157 \text{ mm}^2$$

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c = 45.37 \text{ kN}$$

$$\sigma_B : \text{コンクリートの許容圧縮応力度} \quad 18 \text{ N/mm}^2$$

$A_c$  : 既存コンクリート躯体へのコーン状破壊面のアンカーボルト  
1 本当当たりの有効水平投影面積

$$A_c = l_e \cdot (l_e + d_a) \cdot \pi = 4.65 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$d_a : \text{アンカーボルト軸部の直径} \quad 16 \text{ mm}$$

$$l_e : \text{アンカーボルトの有効埋め込み深さ} \quad 114 \text{ mm}$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e = 52.97 \text{ kN}$$

$\tau_a$  : 接着系アンカーボルトの引抜き力に対する付着強度

$$\tau_a = 10\sqrt{\sigma_B / 21} = 9.25 \text{ N/mm}^2$$



よって、アンカーボルト 1 本当たりの引張強度は次の値となる。

$$T_a = 38.46 \text{ kN}$$

b) せん断強度

アンカーボルト 1 本当たりのせん断強度  $Q_a$  は次の値のうち小さいほうの値とする。

- ・鋼材のせん断強度： $Q_{a1}$
- ・既存部のコンクリートのせん断強度： $Q_{a2}$

$Q_{a1}$ 、 $Q_{a2}$  はそれぞれ次の式で求まる。

$$Q_{a1} = 0.7 \cdot \sigma_y \cdot a_0 = 0.7 \times 245 \times 157 = 26.92 \text{ kN}$$

$$Q_{a2} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \cdot a_0 = 37.39 \text{ kN}$$

$$E_c : \text{コンクリートのヤング係数} \qquad 1.97 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

よって、アンカーボルト 1 本当たりのせん断強度は次の値となる。

$$Q_a = 26.92 \text{ kN}$$

3. 2 アンカーボルトの荷重計算

a) 引張力

アンカーボルト 1 本あたりの引張力  $T_1$  (左側長辺方向：ケース 1)

$$T_1 = \{F_{H1} \cdot h_{g1} + F_{H2} \cdot h_{g2} - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 6.99 \text{ kN}$$

$F_{H1}$  : 排気チェンバ設計用水平地震力 ( $F_{H1} = C_H W_1$ )

$F_{H2}$  : 架台設計用水平地震力 ( $F_{H2} = C_H W_2$ )

$F_V$  : 設計用鉛直地震力 ( $F_V = C_V (W_1 + W_2)$ )

$C_H$  : 水平震度 1.0

$C_V$  : 水平震度 0.5

$h_{g1}$  : 排気チェンバの重心高さ 2010mm

$h_{g2}$  : 架台の重心高さ 330mm

$l$  : ボルト間距離 2375mm

$l_g$  : ボルト中心から重心までの距離 ( $l_g = 0.5l$ ) 1187.5mm

$W_1$  : 排気チェンバの自重 24.2 kN

$W_2$  : 架台の自重 4.1 kN

$n_t$  : 引張を受けるボルトの本数 2 本

アンカーボルト 1 本あたりの引張力  $T_2$  (左側短辺方向：ケース 2)

$$T_2 = \{F_{H1} \cdot h_{g1} + F_{H2} \cdot h_{g2} - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 7.31 \text{ kN}$$

$h_{g1}$  : 排気チェンバの重心高さ 2010mm

$h_{g2}$  : 架台の重心高さ 330mm

$l$  : ボルト間距離 1725mm

$l_g$  : ボルト中心から重心までの距離 ( $l_g = 0.5l$ ) 862.5mm

$W_1$ : 排気チェンバの自重	24.2 kN
$W_2$ : 架台の自重	4.1 kN
$n_t$ : 引張を受けるボルトの本数	3 本

アンカーボルト 1 本あたりの引張力  $T_3$  (右側短辺方向 : ケース 3)

$$T_3 = \{F_{H1} \cdot h_{g1} + F_{H2} \cdot h_{g2} - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 8.14 \text{ kN}$$

$h_{g1}$ : 排気チェンバの重心高さ	2010mm
$h_{G2}$ : 架台の重心高さ	330mm
$l$ : ボルト間距離	2375mm
$l_g$ : ボルト中心から重心までの距離 ( $l_g = 0.5l$ )	1187.5mm
$W_1$ : 排気チェンバの自重	28.2 kN
$W_2$ : 架台の自重	4.9 kN
$n_t$ : 引張を受けるボルトの本数	2 本

アンカーボルト 1 本あたりの引張力  $T_4$  (右側長辺方向 : ケース 4)

$$T_4 = \{F_{H1} \cdot h_{g1} + F_{H2} \cdot h_{g2} - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 5.49 \text{ kN}$$

$h_{g1}$ : 排気チェンバの重心高さ	2010mm
$h_{G2}$ : 架台の重心高さ	330mm
$l$ : ボルト間距離	2475mm
$l_g$ : ボルト中心から重心までの距離 ( $l_g = 0.5l$ )	1032.5mm
$W_1$ : 排気チェンバの自重	28.2 kN
$W_2$ : 架台の自重	4.9 kN
$n_t$ : 引張を受けるボルトの本数	3 本

よって、

$$\max\{T_1, T_2, T_3, T_4\} < T_a \quad \text{OK}$$

$$\text{安全率} : T_a / T_3 = 4.72$$

b) せん断力

アンカーボルト 1 本あたりのせん断力  $Q$  (最も水平地震力の大きいケース)

$$Q = F_H / n_s = 5.52 \text{ kN}$$

$n_s$ : せん断力を受けるボルトの本数	6 本
------------------------	-----

よって、

$$Q < Q_a \quad \text{OK}$$

$$\text{安全率} : Q_a / Q = 4.87$$

#### 4. 排風機・アンカーボルトの強度計算

##### 4. 1 アンカーボルトの強度

引張強度  $T_a = 38.46 \text{ kN}$  (3章と同じ)  
 せん断強度  $Q_a = 26.92 \text{ kN}$  (3章と同じ)

#### 4. 2 アンカーボルトの荷重計算 (短辺方向)

##### a) 引張力

アンカーボルト 1 本あたりの引張力  $T$

$$T = \{F_H \cdot h_g - (W - F_V) \cdot l_G\} / (l \cdot n_t) = 2.71 \text{ kN}$$

$F_H$  : 設計用水平地震力 ( $F_H = C_H W$ )

$F_V$  : 設計用鉛直地震力 ( $F_V = C_V W$ )

$C_H$  : 水平震度 1.0

$C_V$  : 水平震度 0.5

$h_g$  : 重心高さ

1000mm

$l$  : ボルト間距離

663mm

$l_g$  : ボルト中心から重心までの距離 ( $l_g = 0.5l$ )

331.5mm

$W$  : 機器の自重

4.3 kN

$n_t$  : 引張を受けるボルトの本数

2 本

よって、

$$T < T_a$$

OK

安全率 :  $T_a / T = 14.19$

##### b) せん断力

アンカーボルト 1 本あたりのせん断力  $Q$

$$Q = F_H / n_s = 1.08 \text{ kN}$$

$n_s$  : せん断力を受けるボルトの本数

4 本

よって、

$$Q < Q_a$$

OK

安全率 :  $Q_a / Q = 24.92$

#### 5. 計算結果

表 2 計算結果

	条件	応力	計算結果(kN)	許容値(kN)	安全率	
排気チェンバ・ 固定ボルト	水平震度 1.0 鉛直震度 0.5	引張	8.90	27.63	3.10	
		せん断	2.35	15.85	6.74	
引張		8.14	38.46	4.72		
せん断		5.52	26.92	4.87		
排気チェンバ・ アンカーボルト	水平震度 1.0 鉛直震度 0.5	引張	2.71	38.46	14.19	
		せん断	1.08	26.92	24.92	
排風機・アンカ ーボルト		水平震度 1.0 鉛直震度 0.5	引張	8.90	27.63	3.10
			せん断	2.35	15.85	6.74
引張	8.14		38.46	4.72		
せん断	5.52		26.92	4.87		

表2に示すように固定ボルト及びアンカーボルトに生じる応力は、全て許容値以下であり、固定ボルト及びアンカーボルトは十分な耐震強度を有している。