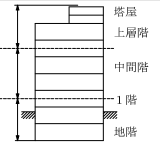
天井面取付け時のアンカーボルトの検討

機器名：天吊りｼﾛｯｺﾌｧﾝ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		特定の施設
						重要機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		中間階
						防振支持有
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		1.5

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

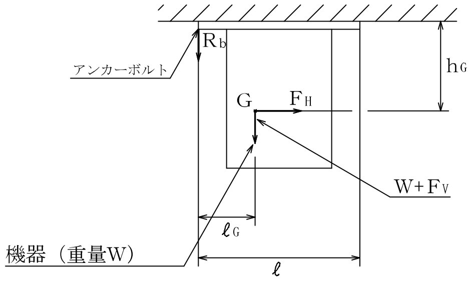
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.5 　　1.50

アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力



機器の寸法	横幅		1,650	mm
	高さ		1,450	mm
	奥行		950	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	480	mm
	高さ方向	h_G	800	mm
	奥行方向	D_G	300	mm
ボルトスパン	長辺方向	ℓ_1	1,050	mm
	短辺方向	ℓ_2	900	mm

G：機器の重心位置			
機器の質量	300kgと入力すると2.94kNとはいります。	300	kg
W：機器の重量	但しkNからkgに変換はできません。	2.94	kN
n_t：機器落下を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数	長辺方向(n_{t1})	2	本
(検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)	短辺方向(n_{t2})	2	本
n：アンカーボルトの総本数		4	本
h_G：据付面より機器重心までの高さ		800	mm
ℓ：検討する方向からみたボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	1,050	mm
	短辺方向(ℓ_2)	900	mm
ℓ_G：検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	480	mm
(ただし $\ell_{1G} \leq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})	300	mm
R_b：アンカーボルト1本当りの引抜力			

F_H：**設計用水平地震力** $F_H = K_H \cdot W$ ＝ 1.50 × 2.94 　　4.41 kN / 450 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力** $F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{4.41}{2}$ 　　2.21 kN / 225 kgf

アンカーボルトの引抜力

長辺方向R_{b1}＝ $\frac{F_H \cdot h_G + (W+F_V) \cdot (\ell_1 - \ell_{1G})}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

＝ $\frac{4.41 \times 800 + (2.94 + 2) \times (1,050 - 480)}{1,050 \times 2}$ 　　3.08 kN／本 　314 kgf／本

短辺方向R_{b2}＝ $\frac{F_H \cdot h_G + (W+F_V) \cdot (\ell_2 - \ell_{2G})}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

＝ $\frac{4.41 \times 800.00 + (2.94 + 2.21) \times (900 - 300)}{900 \times 2}$ 　　3.68 kN／本 　375 kgf／本

アンカーボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力

F_H：設計用水平地震力

n：アンカーボルトの総本数

$Q = \frac{F_H}{n}$

＝ $\frac{4.41}{4}$ 　　1.11 kN／本 　113 kgf／本

アンカーボルトの選定

天井スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M12		
許容引抜荷重	4.41 (450)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	11.77 (1200)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	60		[mm]

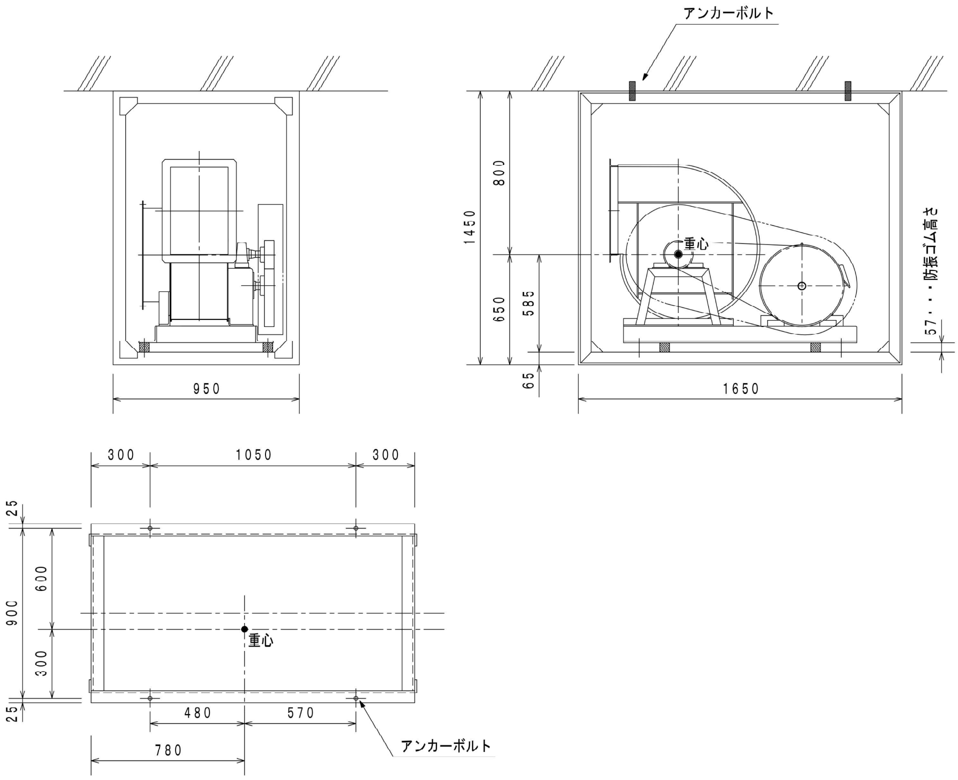
計算例 16：天吊りシロッコファンのアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=1.5(特定の施設、重要機器、中間階に設置、防振支持有で選択)

(2) 都道府県選択：東京都

(3) あと施工金属拡張アンカー(おねじメカニカルアンカー)

(4) シロッコファンと専用架台の合計重量：300kg



入力例の説明

(1) 架台とファンが一体ものとなって天井スラブコンクリートにアンカーボルトで固定するという考え方で計算しています。

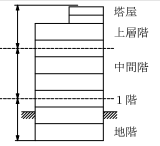
(2) 参考図のように重心がセンターでなくズレている場合、入力例を参考にして下さい。重心はアンカーボルトからの距離を入力します。

(3) 架台は製造者側責任工事とし、本計算ソフトではできません。
あくまでアンカーボルトの算定です。

矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		一般の施設
						重要機器
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6		地階及び1階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		1.0

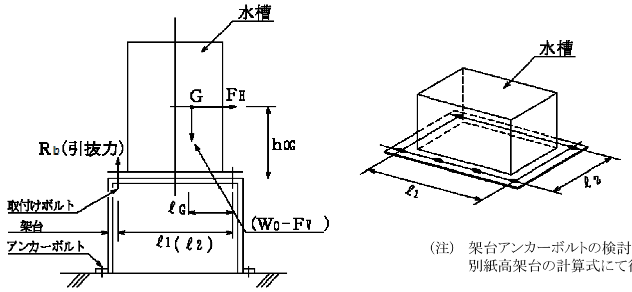
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1	
地域選択 ⇒	全域			

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.0 　 1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

矩形水槽の場合



(注) 架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法			
横幅		900	mm
奥行		900	mm
高さ		900	mm
満水位置の高さ		700	mm
ボルトスパン 長辺方向	ℓ_1	1,100	mm
ボルトスパン 短辺方向	ℓ_2	1,100	mm

項目	計算	値	単位
水槽本体の質量	水槽本体の重量で何も入っていない場合です。 →	500	kg
W_1：水槽本体の重量		4.90	kN
水槽の実質量	$W = W_1 +$ 水槽の満水容量(m ＝ 500 ＋ 0.57	1,070	kg
W：水槽の実重量	0.9×0.9×0.7H	10.49	kN

項目	計算	長辺方向		短辺方向	
α_T：水槽の有効重量比	自動計算します。	0.72		0.72	
水槽の有効質量 $W_0 = \alpha_T \cdot W$	＝ 長辺 0.72 短辺 0.72 × 1,070	770	kg	770	kg
W_0：水槽の有効重量		7.55	kN	7.55	kN
n_t：機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の取付けボルト総本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本		
(検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側			2	本
n：取付けボルトの総本数				4	本
β_T：作用高さと水槽の等価高さの比	自動計算します。	0.57		0.57	
h_{OG}：据付面より水平力作用点までの高さ					
$h_{OG} = \beta_T \cdot h$	＝ 長辺 0.57 短辺 0.57 × 700	399	mm	399	mm
ℓ：検討する方向からみた取付けボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	1,100	mm		
	短辺方向(ℓ_2)			1,100	mm
ℓ_G：検討する方向からみた取付けボルト中心から水槽重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	550	mm		
(ただし $\ell_{1G} \leqq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leqq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})			550	mm

F_H：**設計用水平地震力** 　 $F_H = K_H \cdot W_O$ ＝ 1.00 × 7.55 長辺方向 　 7.55 (770) kN(kgf)
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　 7.55 短辺方向 　 7.55 (770) kN(kgf)

F_V：**設計用鉛直地震力** 　 $F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ ＝ $\frac{10.49}{2}$ 　 5.25 kN 　 535 kgf

ボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1} = \dfrac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{7.55 \times 399 - (10.49 - 5.25) \times 550}{1{,}100 \times 2}$ 　 0.06 kN／本 　 6 kgf／本

短辺方向 $R_{b2} = \dfrac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{7.55 \times 399 - (10.49 - 5.25) \times 550}{1{,}100 \times 2}$ 　 0.06 kN／本 　 6 kgf／本

ボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力
F_H：設計用水平地震力
n：取付けボルトの総本数

$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{7.55}{4}$ 　 1.89 kN／本 　 193 kgf／本

ボルトの選定

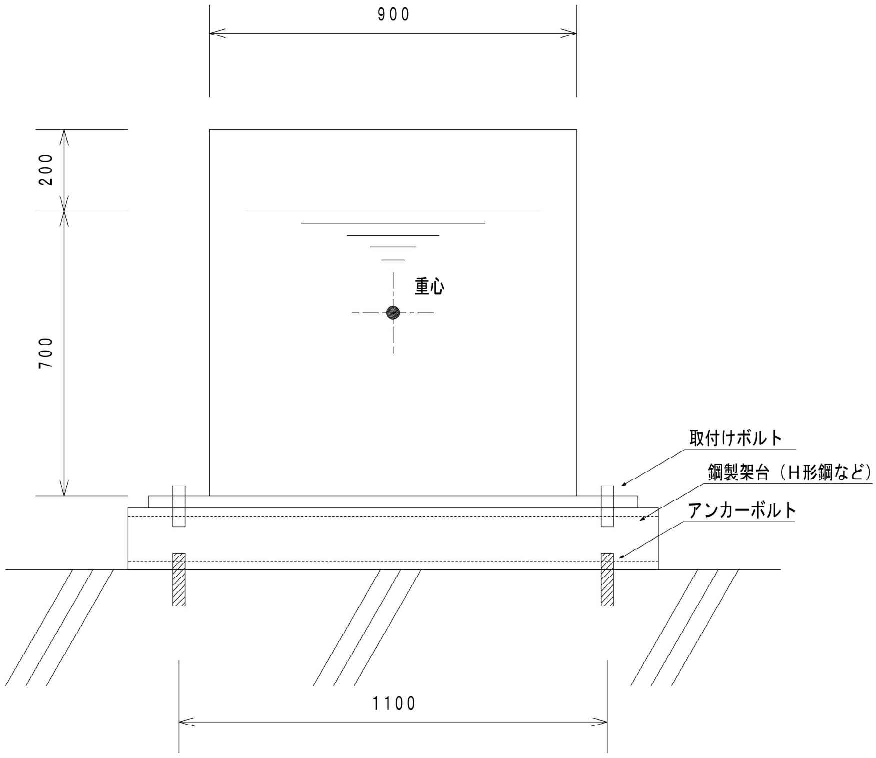
アンカーボルトの場合			
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	メカニカル	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	2.94 (300)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		[mm]

取付けボルトの場合		
取付ボルトの材質	SS400	
取付ボルトの呼び径	M8	
ボルトに加わる短期引張応力度	0.16 (16)	kN／cm^2
ボルトに加わる短期せん断応力度	4.98 (508)	kN／cm^2
評価	OK	

入力例

(1) この計算シートはタンクと鋼製架台(H 形鋼など)を取付ける取付けボルトの
計算結果が右下に算定されます。

(2) 鋼製架台を基礎に止めるアンカーボルトの算定結果が左下に表示されます。



ワンポイントアドバイス

(1) 入力例は取付けボルトとアンカーボルトの位置・寸法を同じとしていますが
異なる場合は各々で計算書を作成します。(円形水槽の計算例を参考にして下さい。)

(2) 一般的には取付けボルトはタンクと一体としメーカー側の責任施工です。設計・施工者は
アンカーボルトの算定が重要です。

※ 鋼製架台の大きさは公共建築設備工事標準図(機械設備工事編)に記載されています。

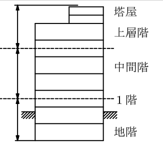
※ $\alpha_T+\beta_T$の値はガイドブック P108～P109 の計算式が自動計算されています。

矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 重要機器 地階及び1階
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0



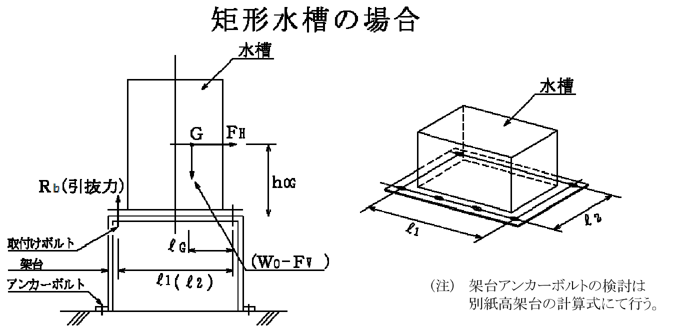
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ Z・K_S ＝ 1.0 × 1.0 … 1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

矩形水槽の場合



(注) 架台アンカーボルトの検討は
別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法			
横 幅		4,000	mm
奥 行		2,000	mm
高 さ		2,000	mm
満水位置の高さ		1,700	mm
ボルトスパン 長辺方向	ℓ_1	4,000	mm
ボルトスパン 短辺方向	ℓ_2	2,000	mm

項目	計算			値	単位
水槽本体の質量	水槽本体の重量で何も入っていない場合です。→			250	kg
W_1: 水槽本体の重量				2.45	kN
水槽の実質量	$W=W_1$＋水槽の満水容量(m ＝	250	＋ 13.60	13,850	kg
W: 水槽の実重量	4.0×2.0×1.7H			135.83	kN

項目	計算	長辺方向		短辺方向	
α_T: 水槽の有効重量比 自動計算します。		0.47		0.74	
水槽の有効質量 $W_0=\alpha_T$・W	＝ 長辺 0.47 短辺 0.74 × 13,850	6,510	kg	10,250	kg
W_0: 水槽の有効重量		63.84	kN	100.52	kN
n_t: 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の取付けボルト総本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本		
(検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側			3	本
n: 取付けボルトの総本数				6	本
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比 自動計算します。		0.93		0.54	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ					
$h_{OG}=\beta_T$・h	＝ 長辺 0.93 短辺 0.54 × 1,700	1,581	mm	918	mm
ℓ: 検討する方向からみた取付けボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	4,000	mm		
	短辺方向(ℓ_2)			2,000	mm
ℓ_G: 検討する方向からみた取付けボルト中心から水槽重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	2,000	mm		
(ただし $\ell_{1G}\leqq\ell_1/2$ 、 $\ell_{2G}\leqq\ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})			1,000	mm
F_H: **設計用水平地震力**	$F_H=K_H$・W_O ＝ 1.00 × 63.84 長辺方向 / 100.52 短辺方向			63.84(6510) 100.52(10250)	kN(kgf) kN(kgf)
F_V: **設計用鉛直地震力**	$F_V=\frac{1}{2}K_H$・W ＝ $\frac{135.83}{2}$			67.92 6,926	kN kgf

ボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1}=\dfrac{F_H\cdot h_{OG}-(W-F_V)\cdot\ell_{1G}}{\ell_1\cdot n_{t1}}$

$=\dfrac{63.84\times1{,}581-(135.83-67.92)\times2{,}000}{4{,}000\times2}$ = −4.37 kN／本、−446 kgf／本

短辺方向 $R_{b2}=\dfrac{F_H\cdot h_{OG}-(W-F_V)\cdot\ell_{2G}}{\ell_2\cdot n_{t2}}$

$=\dfrac{100.52\times918-(135.83-67.92)\times1{,}000}{2{,}000\times3}$ = 4.07 kN／本、415 kgf／本

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力
F_H: 設計用水平地震力
n: 取付けボルトの総本数

$Q=\dfrac{F_H}{n}=\dfrac{100.52}{6}$ = 16.76 kN／本、1,709 kgf／本

ボルトの選定

アンカーボルトの場合

スラブ厚選択	150		
アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M16		
許容引抜荷重	11.77 (1200)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	19.61 (2000)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	110		[mm]

取付けボルトの場合

取付ボルトの材質		
取付ボルトの呼び径		
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度		kN／cm²
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度		kN／cm²
評価		

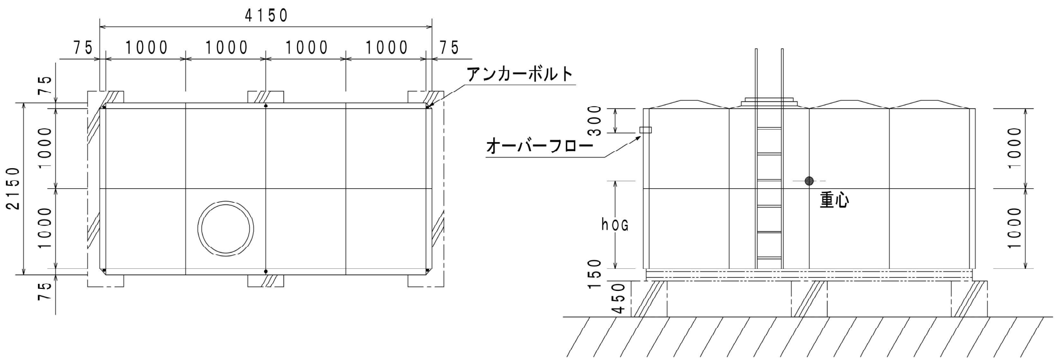
計算例 17-(1)：受水槽のアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(一般の施設、重要機器、1 階設置で選択)

(2) タンク本体の重量：250kg(鋼製架台を含む)

(3) あと施工樹脂アンカーボルト

※ 水槽と鋼製架台はメーカーより一体で搬入されるため、ここでは架台と基礎のアンカーボルトを算定します。



入力例の説明

(1) アンカーボルトの種類を選択してからスラブ厚を順次大きくして下さい。
スラブ厚 120 では NG と表示されます。

(2) スラブ厚で堅固な基礎は選択しないで下さい。いろいろ選択しても
NG が出る場合に利用します。この説明は次頁で行います。

矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0	塔屋 / 上層階	一般の施設
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	重要機器
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 / 地階	地階及び1階 / 1.0

●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

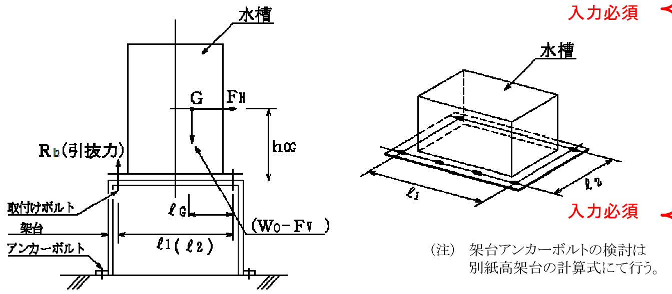
●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.0 ＝ 1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

矩形水槽の場合



入力必須

水槽の寸法			
横 幅		4,000	mm
奥 行		3,000	mm
高 さ		3,000	mm
満水位置の高さ		2,700	mm

入力必須

ボルトスパン			
長辺方向	ℓ_1	4,000	mm
短辺方向	ℓ_2	3,000	mm

(注) 架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽本体の質量	水槽本体の重量で何も入っていない場合です。	300	kg
W_1: 水槽本体の重量		2.94	kN
水槽の実質量	$W=W_1$＋水槽の満水容量(m ＝ 300 ＋ 32.40	32,700	kg
W: 水槽の実重量	4.0×3.0×2.7H	320.69	kN

		長辺方向		短辺方向	
α_T: 水槽の有効重量比	自動計算します。	0.67		0.76	
水槽の有効質量 $W_0=\alpha_T \cdot W$	＝ 長辺 0.67 短辺 0.76 × 32,700	21,910	kg	24,850	kg
W_0: 水槽の有効重量		214.87	kN	243.70	kN
n_t: 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の取付けボルト総本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	3	本		
(検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側			3	本
n: 取付けボルトの総本数				8	本
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比	自動計算します。	0.62		0.53	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ $h_{OG}=\beta_T \cdot h$	＝ 長辺 0.62 短辺 0.53 × 2,700	1,674	mm	1,431	mm
ℓ: 検討する方向からみた取付けボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	4,000	mm		
	短辺方向(ℓ_2)			3,000	mm
ℓ_G: 検討する方向からみた取付けボルト中心から水槽重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	2,000	mm		
(ただし $\ell_{1G} \leqq \ell_1/2$ 、$\ell_{2G} \leqq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})			1,500	mm

F_H: **設計用水平地震力** $F_H = K_H \cdot W_O$ ＝ 1.00 × 214.87 長辺方向 ＝ 214.87(21910) kN(kgf)；243.70 短辺方向 ＝ 243.7(24850) kN(kgf)

F_V: **設計用鉛直地震力** $F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ ＝ $\frac{320.69}{2}$ ＝ 160.35 kN ／ 16,351 kgf

ボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1} = \frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

＝ $\frac{214.87 \times 1{,}674 - (320.69 - 160.35) \times 2{,}000}{4{,}000 \times 3}$ ＝ 3.26 kN／本 ／ 332 kgf／本

短辺方向 $R_{b2} = \frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

＝ $\frac{243.70 \times 1{,}431 - (320.69 - 160.35) \times 1{,}500}{3{,}000 \times 3}$ ＝ 12.03 kN／本 ／ 1,227 kgf／本

12.0kNを超えると左下にNGと表示されます。

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力

F_H: 設計用水平地震力

n: 取付けボルトの総本数

$Q = \frac{F_H}{n}$ ＝ $\frac{243.70}{8}$ ＝ 30.47 kN／本 ／ 3,107 kgf／本

大きいです！

ボルトの選定

アンカーボルトの場合　次頁参照

スラブ厚選択	200		
アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	NG		
許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ			[mm]

取付けボルトの場合

取付ボルトの材質		
取付ボルトの呼び径		
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度		kN／cm^2
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度		kN／cm^2
評価		

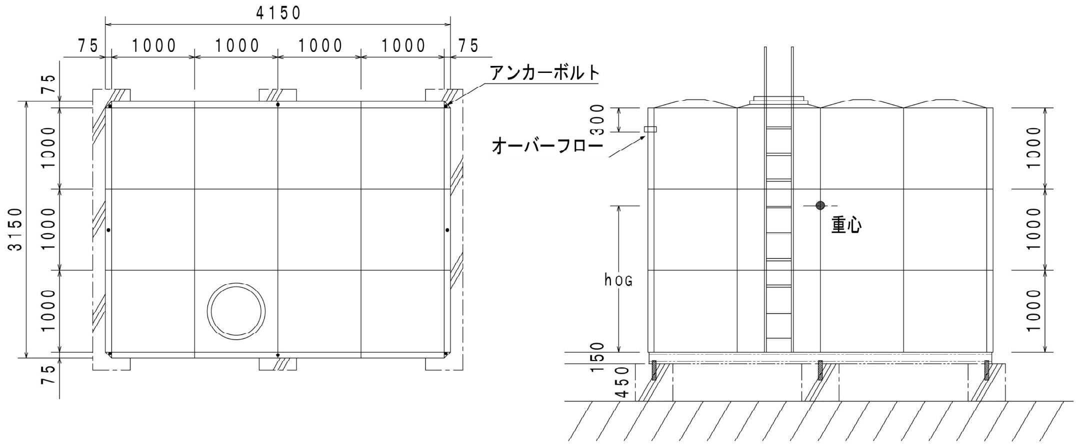
計算例 17-(2)：受水槽のアンカーボルト算定

計算 NG の場合

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(一般の施設、重要機器、1 階設置で選択)

(2) タンク本体の重量：300kg(鋼製架台を含む)

(3) あと施工樹脂アンカーボルト



入力例の説明

(1) ボルトの引抜力は別添付表より最大 12.0kN 迄です。12.03 と算定されたので NG と表示されました。

ワンポイントアドバイス

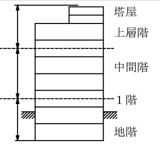
(1) 短辺方向の引抜力を小さくするため真中の基礎に 2 本のアンカーボルトとすれば短辺方向の引抜力が 3 本から 4 本になるため M20 で引抜力は OK となりますがせん断力が大きく、どちらにしてもあと施工アンカーでは満足できません。もっとボルト数を増やすとかの検討が必要となりますが、ボルト数を増やしたくない場合は次頁を参考にして下さい。

矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		一　般　の　施　設
						重　要　機　器
中　間　階	1.5	1.0	1.0	0.6		地　階　及　び　１　階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		1.0

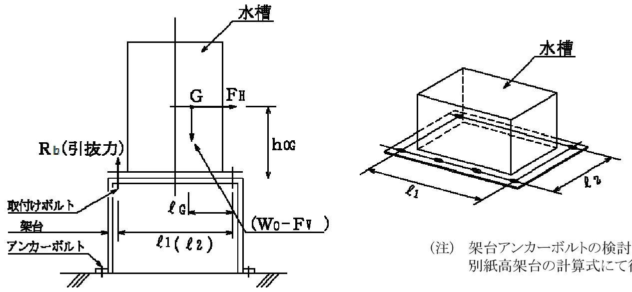


●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1	
地域選択 ⇒	全域			
設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝	1.0	×	1.0	1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

矩形水槽の場合



(注)　架台アンカーボルトの検討は
別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法			
横　幅		4,000	mm
奥　行		3,000	mm
高　さ		3,000	mm
満水位置の高さ		2,700	mm
ボルトスパン 長辺方向	ℓ_1	4,000	mm
ボルトスパン 短辺方向	ℓ_2	3,000	mm

項目							値	単位
水槽本体の質量							300	kg
W_1: 水槽本体の重量							2.94	kN
水槽の実質量	$W=W_1$＋水槽の満水容量(m ＝	300	＋	32.40			32,700	kg
W: 水槽の実重量							320.69	kN

項目							長辺方向		短辺方向	
α_T: 水槽の有効重量比　自動計算します。							0.67		0.76	
水槽の有効質量　$W_O=\alpha_T \cdot W$ ＝	長辺	0.67	短辺	0.76	×	32,700	21,910	kg	24,850	kg
W_O: 水槽の有効重量							214.87	kN	243.70	kN
n_t: 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の取付けボルト総本数						長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	3	本		
(検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)						短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側			3	本
n: 取付けボルトの総本数									8	本
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比　自動計算します。							0.62		0.53	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ										
$h_{OG}=\beta_T \cdot h$ ＝	長辺	0.62	短辺	0.53	×	2,700	1,674	mm	1,431	mm
ℓ: 検討する方向からみた取付けボルトスパン						長辺方向(ℓ_1)	4,000	mm		
						短辺方向(ℓ_2)			3,000	mm
ℓ_G: 検討する方向からみた取付けボルト中心から水槽重心までの水平距離						長辺方向(ℓ_{1G})	2,000	mm		
(ただし　$\ell_{1G} \leqq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leqq \ell_2/2$)						短辺方向(ℓ_{2G})			1,500	mm

項目					値	単位
F_H: **設計用水平地震力**	$F_H = K_H \cdot W_O$ ＝ 1.00 ×	214.87	長辺方向		214.87(21910)	kN(kgf)
		243.70	短辺方向		243.7(24850)	kN(kgf)
F_V: **設計用鉛直地震力**	$F_V=\frac{1}{2}K_H \cdot W$ ＝	320.69 / 2			160.35	kN
					16,351	kgf

ボルトの引抜力

長辺方向$R_{b1}=\dfrac{F_H \cdot h_{OG}-(W-F_V)\cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$=\dfrac{214.87 \times 1{,}674 -(320.69 - 160.35)\times 2{,}000}{4{,}000 \times 3}$ = 3.26 kN／本、332 kgf／本

短辺方向$R_{b2}=\dfrac{F_H \cdot h_{OG}-(W-F_V)\cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$=\dfrac{243.70 \times 1{,}431 -(320.69 - 160.35)\times 1{,}500}{3{,}000 \times 3}$ = 12.03 kN／本、1,227 kgf／本

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力
F_H: 設計用水平地震力
n: 取付けボルトの総本数

$Q=\dfrac{F_H}{n}=\dfrac{243.70}{8}$ = 30.47 kN／本、3,107 kgf／本

ボルトの選定

アンカーボルトの場合

スラブ厚選択	堅固な基礎		
アンカーボルト種類選択	J型ﾎﾞﾙﾄ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ		M20	
許容引抜荷重		55.00	[kN (kgf)]
許容せん断荷重		32.00	[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ		300	[mm]

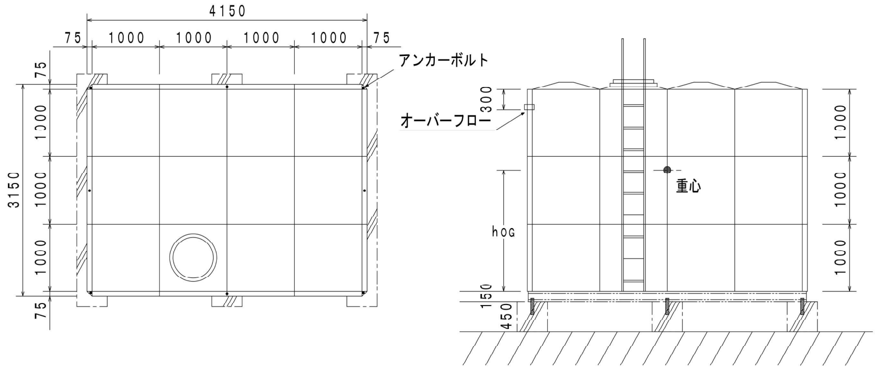
手入力。

取付けボルトの場合

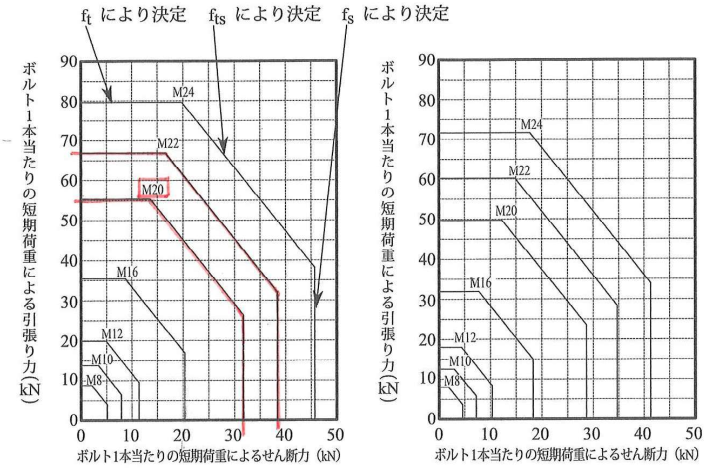
取付ボルトの材質		
取付ボルトの呼び径		
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度		kN/cm^2
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度		kN/cm^2
評価		

計算例 17-(2)：受水槽のアンカーボルト算定

付表による選定



第４章　アンカーボルトの許容耐力と選定



解図 4.2−3　ボルト（SS400）の許容耐力

解図 4.2−4　ステンレスボルト（A2−50）の許容耐力

ワンポイントアドバイス

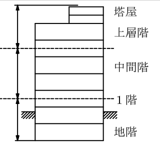
(1) 解図 4.2-3 より M20 を選択して引抜荷重、せん断力荷重を手入力します。
この場合スラブ厚は堅固な基礎とします。

(2) 基礎の大きさ、J 型ボルトの埋込長さ等については構造専門家に確認を行って下さい。

矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名： 燃料ﾀﾝｸ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

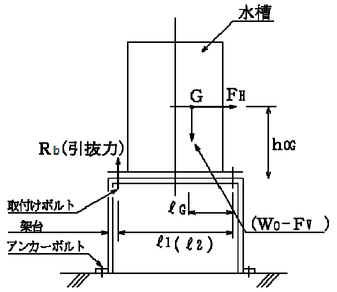
機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		特定の施設
						重要機器
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6		地階及び1階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		1.5

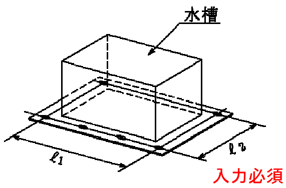
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1	
地域選択 ⇒	全域			
設計用水平震度(K_H) = $Z \cdot K_S$ =	1.0	×	1.5	1.50

ボルトに加わる引抜力とせん断力

矩形水槽の場合





入力必須

(注) 架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法		値	単位
横 幅		1,880	mm
奥 行		1,080	mm
高 さ		1,200	mm
満水位置の高さ		1,050	mm
ボルトスパン 長辺方向	ℓ_1	1,880	mm
ボルトスパン 短辺方向	ℓ_2	1,080	mm

項目	計算	長辺方向		短辺方向	
水槽本体の質量				240	kg
W_1: 水槽本体の重量				2.35	kN
水槽の実質量	$W=W_1$＋水槽の満水容量(m = 240 ＋ 2.14			2,380	kg
W: 水槽の実重量	1.88×1.08×1.05H			23.34	kN
α_T: 水槽の有効重量比		0.59		0.78	
水槽の有効質量 $W_0=\alpha_T \cdot W$	= 長辺 0.59 短辺 0.78 × 2,380	1,400	kg	1,860	kg
W_0: 水槽の有効重量		13.73	kN	18.24	kN
n_t: 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側の取付けボルト総本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本		
(検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側			2	本
n: 取付けボルトの総本数				4	本
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比		0.72		0.51	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ					
$h_{OG}=\beta_T \cdot h$	= 長辺 0.72 短辺 0.51 × 1,050	756	mm	536	mm
ℓ: 検討する方向からみた取付けボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	1,880	mm		
	短辺方向(ℓ_2)			1,080	mm
ℓ_G: 検討する方向からみた取付けボルト中心から水槽重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	940	mm		
(ただし $\ell_{1G} \leq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})			540	mm
F_H: **設計用水平地震力**	$F_H=K_H \cdot W_O$ = 1.50 × 13.73 長辺方向 / 18.24 短辺方向			20.6(2101) / 27.36(2790)	kN(kgf)
F_V: **設計用鉛直地震力**	$F_V=\frac{1}{2}K_H \cdot W$ = $\frac{35.01}{2}$			17.51 / 1,785	kN / kgf

ボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1}=\dfrac{F_H \cdot h_{0G}-(W-F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{20.60 \times 756 - (23.34 - 17.51) \times 940}{1,880 \times 2}$ = 2.69 kN／本, 274 kgf／本

短辺方向 $R_{b2}=\dfrac{F_H \cdot h_{0G}-(W-F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{27.36 \times 536 - (23.34 - 17.51) \times 540}{1,080 \times 2}$ = 5.34 kN／本, 545 kgf／本

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力
F_H: 設計用水平地震力
n: 取付けボルトの総本数

$Q=\dfrac{F_H}{n} = \dfrac{27.36}{4}$ = 6.84 kN／本, 697 kgf／本

ボルトの選定

アンカーボルトの場合			
スラブ厚選択			
アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ			
許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ			[mm]

取付けボルトの場合		
取付ボルトの材質	SS400	
取付ボルトの呼び径	M12	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	6.29 (641)	kN／cm^2
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	8.05 (821)	kN／cm^2
評価	OK	

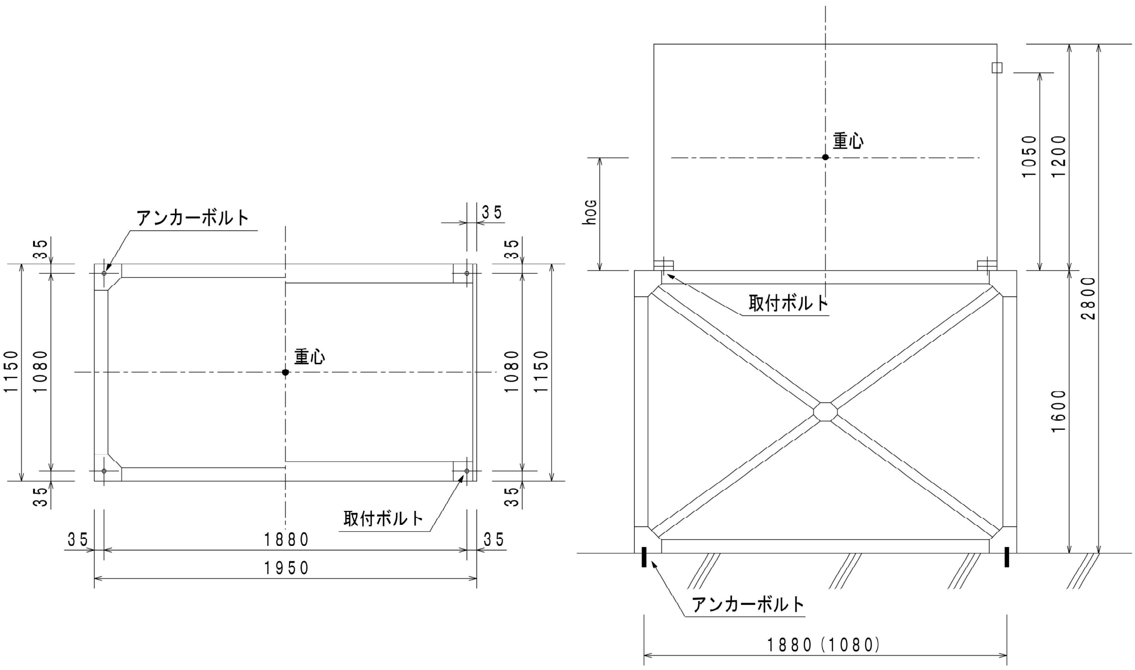
計算例 18：燃料タンクの取付けボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=1.5(特定の施設、重要機器、1 階に設置で選択)

(2) タンクの重量：240kg

(3) あと施工金属拡張アンカー(おねじメカニカルアンカー)

※ タンク本体の重量 240kg を入力します。燃料分は自動計算されます。



ワンポイントアドバイス

(1) 図のように高架台でなく直接基礎に設置する場合は左下のアンカーボルトも選択しますが高架台の場合は次頁の計算シート(高架台の検討)で計算しますので入力しないで下さい。

(2) 取付けボルトの説明をします。

ボルトの引抜力は計算上 5.34kN、せん断力は 6.84kN と算定されましたので M12 となりますが、M12 の応力度は 6.29、8.05 と表示されています。

これは、M12 の有効断面積が 0.85cm2 ですので 5.34÷0.85=6.29、6.84÷0.85=8.05 の力が 1 本のボルトに加わるということです。

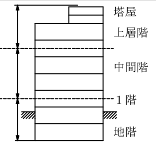
ボルトの許容応力度表より引張り 17.65kN、せん断 13.23kN ですので OK となります。

高架台の検討

機器種類：水槽類　　機器名：燃料ﾀﾝｸ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
	耐震安全性の分類					
上層階、屋上及び塔屋	2.0 [2.0] (2.0)	1.5 [1.5] (2.0)	1.5 [1.5] (2.0)	1.0 [1.0] (1.5)	塔屋 / 上層階	一般の施設
中間階	1.5 [1.5] (1.5)	1.0 [1.0] (1.5)	1.0 [1.0] (1.5)	0.6 [0.6] (1.0)	中間階	重要機器
地階及び1階	1.0 [1.5] (1.0)	0.6 [1.0] (1.0)	0.6 [1.0] (1.0)	0.4 [0.6] (0.6)	1階 / 地階	地階及び1階
						1.0



(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。　[　]内の値は、水槽類の場合に適用する。

●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

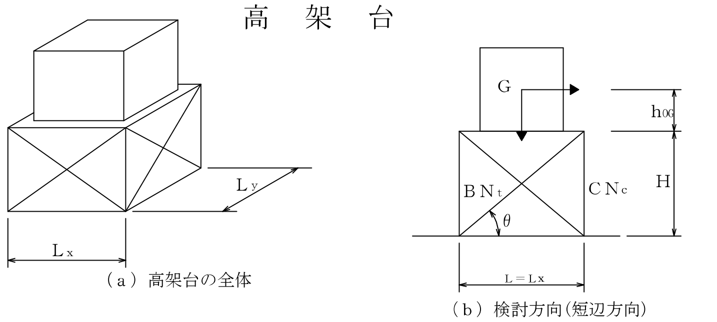
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.0 　　1.00

設計用鉛直震度(K_V) ＝ $\frac{K_H}{2}$ ＝ $\frac{1.00}{2}$ 　　0.500

高架台の形式

高　架　台



架台の寸法	横 幅	L_X	1,950	mm
	高 さ	H	1,600	mm
	奥 行	L_Y	1,150	mm
機器の寸法	横 幅		1,880	mm
	高 さ		1,200	mm
	奥 行		1,080	mm
ボルトスパン	検討方向	ℓ_1	1,880	mm
	正方形平面の場合			mm

項目	値	単位
機器の質量（高架台上の機器の総合計）	2,500	kg
W：機器の重量（高架台上の機器の総合計）	24.52	kN
W_O：機器の有効重量（水槽の場合に入力：水槽計算の「水槽の有効重量」の値）　前頁水槽計算値を入力	18.24	kN
L：架台の長さ　　正方形平面の場合架台の長さ×√2　不利となる奥行方向が入ります → L_X	1,150	mm
n_t：柱1本あたりのアンカーボルト本数（転倒モーメントの加わる数）	1	本
n：柱1本あたりのアンカーボルト総本数　前頁の計算値を入力	1	本
h_{OG}：架台面より機器重心までの高さ（水槽の場合は水槽計算の「据付面より水平力作用点までの高さ」の値を入力）	536	mm
H：架台高さ	1,600	mm
θ：ブレース角度　検討方向 θ_X	43.0	°
α_1：検討方向の構面数（正方形平面の場合は 1）　揺れを2面で受けます → 検討方向 α_{1X}	2	本
α_2：全柱数	4	本
α_3：検討方向の引張ブレース数　検討方向 α_{3X}	2	本

注）鉄骨架台重量が設備機器重量の20%を超える場合は、設備機器重量に架台重量を加える

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W_O(W)$ ＝ 1.00 × 18.24 　　18.24 kN　1,860 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ ＝ $\frac{24.52}{2}$ 　　12.26 kN　1,250 kgf

高架台の検討

・機器底面の転倒モーメント

$M = F_H \cdot h_{OG}$ ＝ 18.24 × 536 　　9,777 kN・mm

・架台底面の転倒モーメント

$M_B = M + F_H \cdot H$ ＝ 9,777 ＋ 18.24 × 1,600 　　38,961 kN・mm

・柱の圧縮力＜短辺方向のみ計算＞

$$CN_{CX} = \frac{M_B}{\alpha_{1X} \cdot L_X} + \frac{W}{\alpha_2}(1 + K_V)$$

$$= \frac{38,961}{2 \times 1,150} + \frac{24.52}{4} \times (1 + 0.500)$$

26.14 kN／本　2,665 kgf／本

・ブレースの引張力＜短辺方向のみ計算＞

$$BN_{tX} = \frac{F_H}{\alpha_{3X} \cdot \cos\theta_X} = \frac{18.24}{2 \times 0.73}$$

12.50 kN／本　1,275 kgf／本

アンカーボルト

・アンカーボルト引抜力＜検討方向のみ計算＞

$$N'_{TX} = \left(\frac{M_B}{\alpha_{1X} \cdot L_X} - \frac{W}{\alpha_2}(1 - K_V)\right) \times \frac{1}{n_t}$$

$$= \left(\frac{38,961}{2 \times 1,880} - \frac{24.52}{4} \times (1 - 0.500)\right) \times \frac{1}{1}$$

7.30 kN／本　744 kgf／本

・アンカーボルトせん断力

$$Q'_b = \left(\frac{F_H}{\alpha_2}\right) \times \frac{1}{n} = \left(\frac{18.24}{4}\right) \times \frac{1}{1}$$

4.56 kN／本　465 kgf／本

アンカーボルトの選定

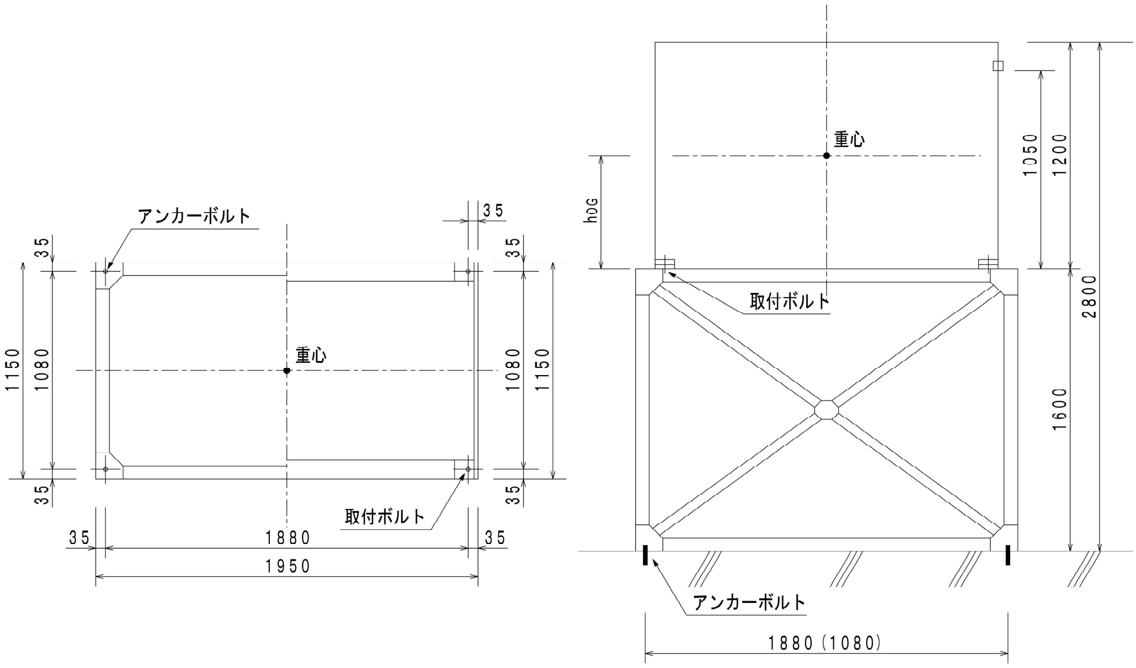
項目	値	採用サイズ選択	単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M10		
許容引抜荷重	7.45 (760)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	7.85 (800)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	80		[mm]

計算例 19：燃料タンクのアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(一般の施設、重要機器、1 階に設置で選択)

(2) タンクの重量：2500kg(前頁燃料タンクの重量 2380kg に架台 120kg 分を加算)

(3) あと施工式樹脂アンカーボルト



ワンポイントアドバイス

(1) アンカーボルトは引抜力 7.3kN、せん断力 4.56kN 以上必要と算定されましたので M10 のボルトがいづれも大きいため OK となります。

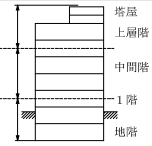
(2) 高架台の検討はあくまでも計算結果を示すもので、部材の選定は専門メーカー等に発注することとなります。一般的にはメーカー側で計算して納入されますので設計・施工者はアンカーボルトの選定が重要となります。

円形水槽（タンク）の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度（K_S）
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		一般の施設 / 一般機器 / 上層階
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6		
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		1.0



●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

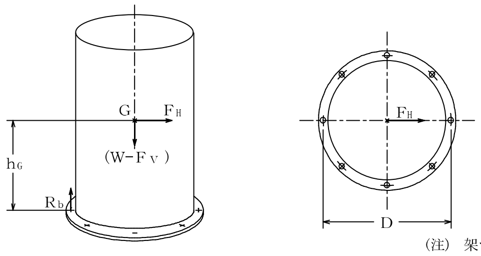
●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数（Z）	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度（K_H） ＝ Z・K_S ＝ 1.0 × 1.0 　1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

円形断面の場合



（注）架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法			
直 径	1,900	mm
高 さ	2,300	mm
満水位置の高さ	2,000	mm

項目	計算	値	単位
水槽本体の質量	水槽本体の重量です。水が入っていない時の重量です。	2,000	kg
W_1：水槽本体の重量		19.61	kN
水槽の実質量	W＝W_1＋水槽の満水容量(m ＝ 2,000 ＋ 5.68 （0.95×0.95×3.14×2.0H）	7,680	kg
W：水槽の実重量		75.32	kN
α_T：水槽の有効重量比	自動計算します。	0.79	
水槽の有効質量	$W_0 = \alpha_T \cdot W$ ＝ 0.79 × 7,680	6,070	kg
W_0：水槽の有効重量		59.53	kN
β_T：作用高さと水槽の等価高さの比	自動計算します。	0.50	
h_{0G}：据付面より水平力作用点までの高さ	$h_{0G} = \beta_T \cdot H$ ＝ 0.50 × 2,000	1,000	mm
n：取付けボルトの総本数	取付けボルトは8本です。	8	本
ℓ：取付けボルトスパン		1,980	mm

F_H：**設計用水平地震力** 　$F_H = K_H \cdot W_O$ ＝ 1.00 × 59.53 　59.53 kN / 6,070 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力** 　$F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ ＝ $\frac{75.32}{2}$ 　37.66 kN / 3,840 kgf

ボルトの引抜力

R_b： 取付けボルト１本当りの引抜力

$$R_b = \frac{4}{n \cdot \ell} F_H \cdot h_{0G} - \frac{W - F_V}{n}$$

$$= \frac{4}{8 \times 1{,}980} \times 59.53 \times 1{,}000 - \frac{75.32 - 37.66}{8}$$

10.33 kN／本
1,053 kgf／本

ボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力

F_H：設計用水平地震力

n：取付けボルトの総本数

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{59.53}{8}$$

7.45 kN／本
760 kgf／本

ボルトの選定

アンカーボルトの場合

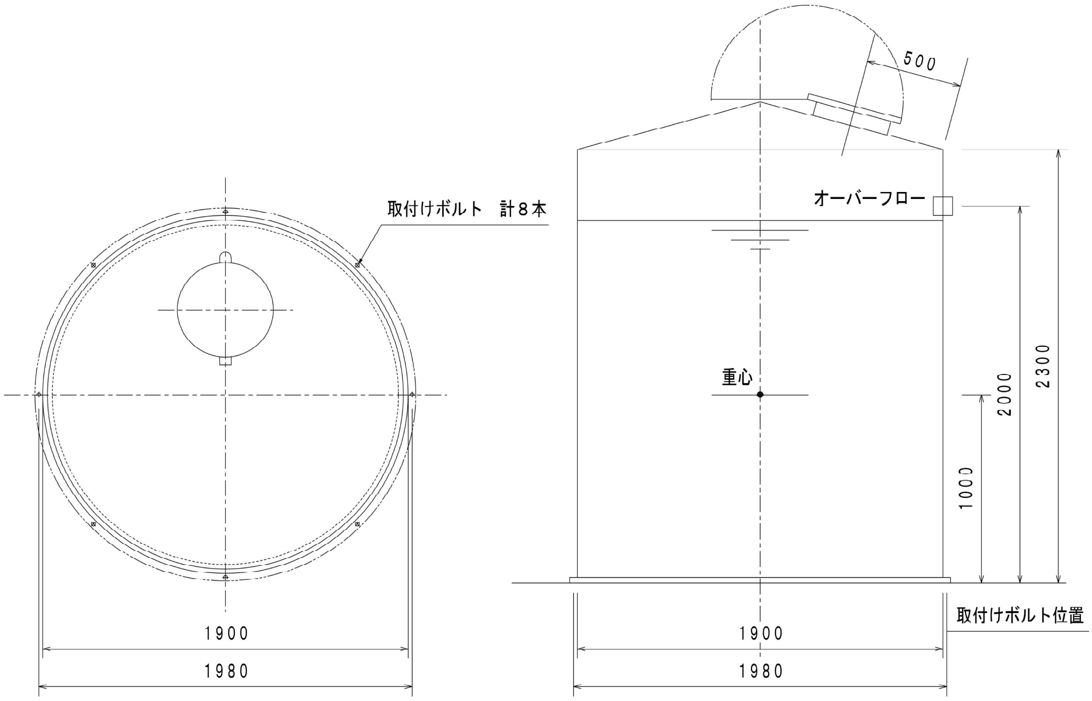
項目			
スラブ厚選択			
アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ			
許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ			[mm]

取付けボルトの場合

項目	値	単位
取付ボルトの材質	SS400	
取付ボルトの呼び径	M12	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	12.16 (1240)	kN／cm^2
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	8.77 (894)	kN／cm^2
評価	OK	

入力例：円形水槽の場合

・ガイドブック P38 の入力例は円形断面機器を基礎に取付ける場合のアンカーボルトの算定でしたがこのシートは円形水槽つまり水が入った場合を計算します。ガイドブック P108～P109 に添付しております水槽の有効重量比 α_T と等価高さ β_T を計算します。



入力例の説明

(1) 重心位置を入れる必要はありません。

ワンポイントアドバイス

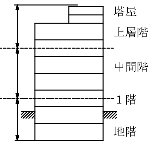
(1) 取付けボルトを算定していますのでアンカーボルトの場合は入力しないで下さい。

(2) 一般的にはメーカー側工事ですので設計・施工者は計算しませんが
一応式に基づき計算を行ったものです。

円形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		一般の施設
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6		一般機器
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		上層階
						1.0

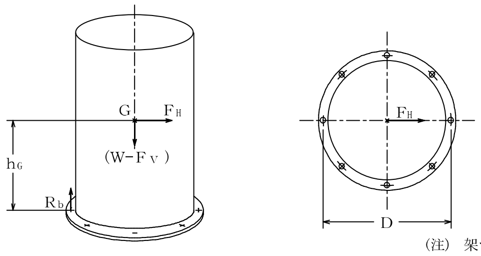
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.0 → 1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

円形断面の場合



(注) 架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法		
直径	1,900	mm
高さ	2,300	mm
満水位置の高さ	2,000	mm

水槽本体の質量	2,000kgと入力すると19.61と表示されます。	2,000	kg
W_1: 水槽本体の重量		19.61	kN
水槽の実質量	W＝W_1＋水槽の満水容量(m ＝ 2,000 ＋ 5.68	7,680	kg
W: 水槽の実重量	0.95×0.95×3.14×2.0H	75.32	kN
α_T: 水槽の有効重量比		0.79	
水槽の有効質量	$W_0 = \alpha_T \cdot W$ ＝ 0.79 × 7,680	6,070	kg
W_0: 水槽の有効重量		59.53	kN
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比		0.50	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ	$h_{OG} = \beta_T \cdot H$ ＝ 0.50 × 2,000	1,000	mm
n: 取付けボルトの総本数	基礎アンカーですので4本となります。	4	本
ℓ: 取付けボルトスパン		1,280	mm

F_H: **設計用水平地震力** $F_H = K_H \cdot W_O$ ＝ 1.00 × 59.53 → 59.53 kN, 6,070 kgf

F_V: **設計用鉛直地震力** $F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ ＝ $\frac{75.32}{2}$ → 37.66 kN, 3,840 kgf

ボルトの引抜力

R_b: 取付けボルト1本当りの引抜力

$$R_b = \frac{4}{n \cdot \ell} F_H \cdot h_{OG} - \frac{W - F_V}{n}$$

$$= \frac{4}{4 \times 1{,}280} \times 59.53 \times 1{,}000 - \frac{75.32 - 37.66}{4}$$

→ 37.10 kN／本, 3,783 kgf／本

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力

F_H: 設計用水平地震力

n: 取付けボルトの総本数

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{59.53}{4}$$

→ 14.89 kN／本, 1,518 kgf／本

ボルトの選定

アンカーボルトの場合

項目	値		
スラブ厚選択	200		
アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	#VALUE!		
許容引抜荷重	#VALUE!		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	#VALUE!		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	#VALUE!		[mm]

取付けボルトの場合

項目	値	単位
取付ボルトの材質		
取付ボルトの呼び径		
ボルトに加わる短期引張応力度		kN／cm^2
ボルトに加わる短期せん断応力度		kN／cm^2
評価		

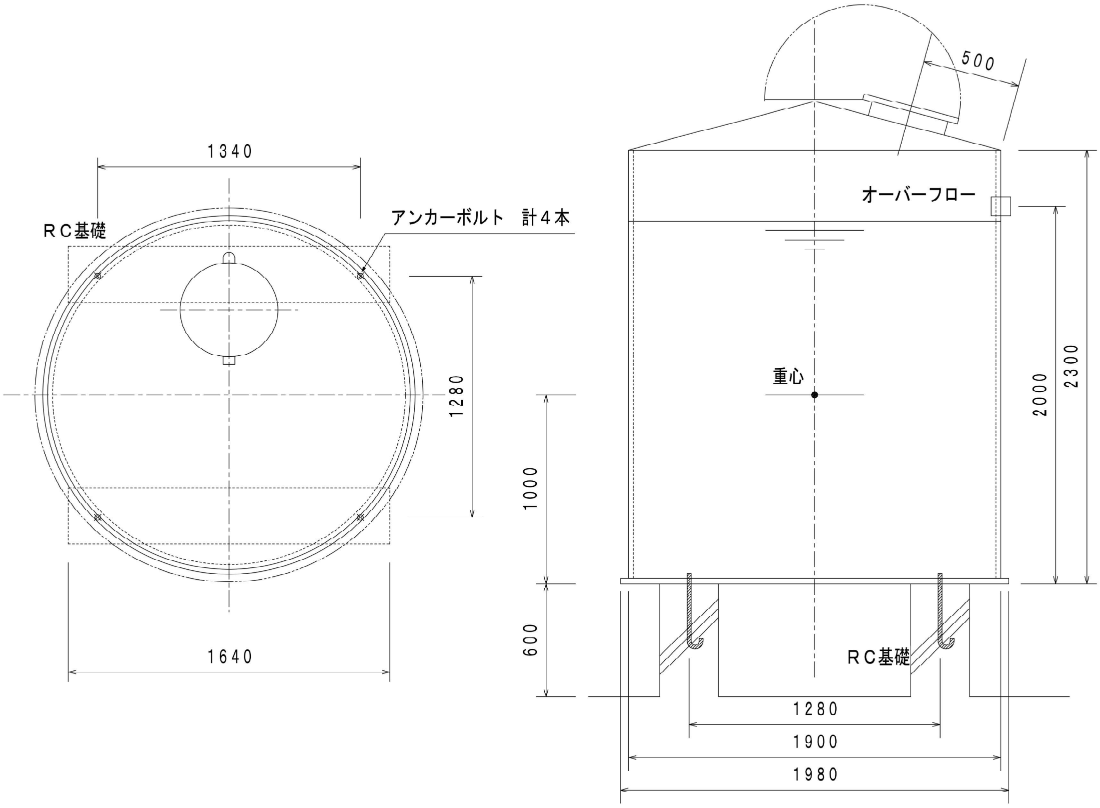
計算例 20：円形水槽のアンカーボルト算定

計算 NG の場合

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(一般の施設、一般機器、屋上で選択)

(2) 水槽本体の重量：2,000kg

(3) 埋込 J 型ボルト



入力例の説明

(1) 前頁と同じ手順ですが、この頁の計算では 2 本の基礎にアンカーボルト 4 本で固定するためのアンカーボルト選定のシートです。

(2) J 型ボルトを選んでスラブ厚を入替えても全て#VALUE!の表示がでます。
これは J 型ボルトの短期許容引抜荷重が 12.0kN 迄(付表参照)が最大でそれ以上の引抜力には耐えられないからです。

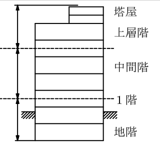
ワンポイントアドバイス

(1) 一般的には床スラブに入れるアンカーボルトは床コンクリート厚さが 200mm 迄で引抜荷重は J ボルト、金属拡張、樹脂においても全て 12.0kN 迄です。このような場合は次頁の検討を行います。

円形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0		一般の施設 一般機器 上層階
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6		
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6		1.0

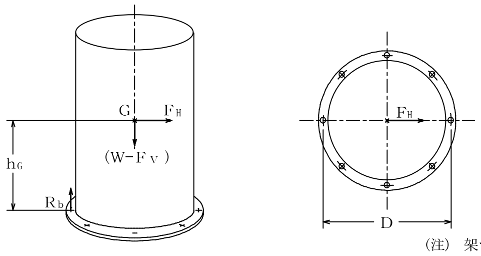
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) $= Z\cdot K_S = 1.0 \times 1.0$ → 1.00

ボルトに加わる引抜力とせん断力

円形断面の場合



(注) 架台アンカーボルトの検討は別紙高架台の計算式にて行う。

水槽の寸法		
直径	1,900	mm
高さ	2,300	mm
満水位置の高さ	2,000	mm

項目	計算式・備考	値	単位
水槽本体の質量	水槽本体の重量です。水が入っていない時の重量です。	2,000	kg
W_1: 水槽本体の重量		19.61	kN
水槽の実質量	$W=W_1$+水槽の満水容量(m = 2,000 + 5.68 (0.95×0.95×3.14×2.0H)	7,680	kg
W: 水槽の実重量		75.32	kN
α_T: 水槽の有効重量比	自動計算します。	0.79	
水槽の有効質量	$W_0=\alpha_T\cdot W$ = 0.79 × 7,680	6,070	kg
W_0: 水槽の有効重量		59.53	kN
β_T: 作用高さと水槽の等価高さの比	自動計算します。	0.50	
h_{OG}: 据付面より水平力作用点までの高さ	$h_{OG}=\beta_T\cdot h$ = 0.50 × 2,000	1,000	mm
n: 取付けボルトの総本数		4	本
ℓ: 取付けボルトスパン		1,280	mm

F_H: **設計用水平地震力** $F_H=K_H\cdot W_O$ = 1.00 × 59.53 → 59.53 kN, 6,070 kgf

F_V: **設計用鉛直地震力** $F_V=\frac{1}{2}K_H\cdot W = \frac{75.32}{2}$ → 37.66 kN, 3,840 kgf

ボルトの引抜力

R_b: 取付けボルト1本当りの引抜力

$$R_b=\frac{4}{n\cdot \ell}F_H\cdot h_{OG}-\frac{W-F_V}{n}$$

$$=\frac{4}{4\times 1{,}280}\times 59.53\times 1{,}000-\frac{75.32-37.66}{4}$$

→ 37.10 kN／本, 3,783 kgf／本

ボルトのせん断力

Q: ボルトに作用するせん断力

F_H: 設計用水平地震力

n: 取付けボルトの総本数

$$Q=\frac{F_H}{n}=\frac{59.53}{4}$$

→ 14.89 kN／本, 1,518 kgf／本

ボルトの選定

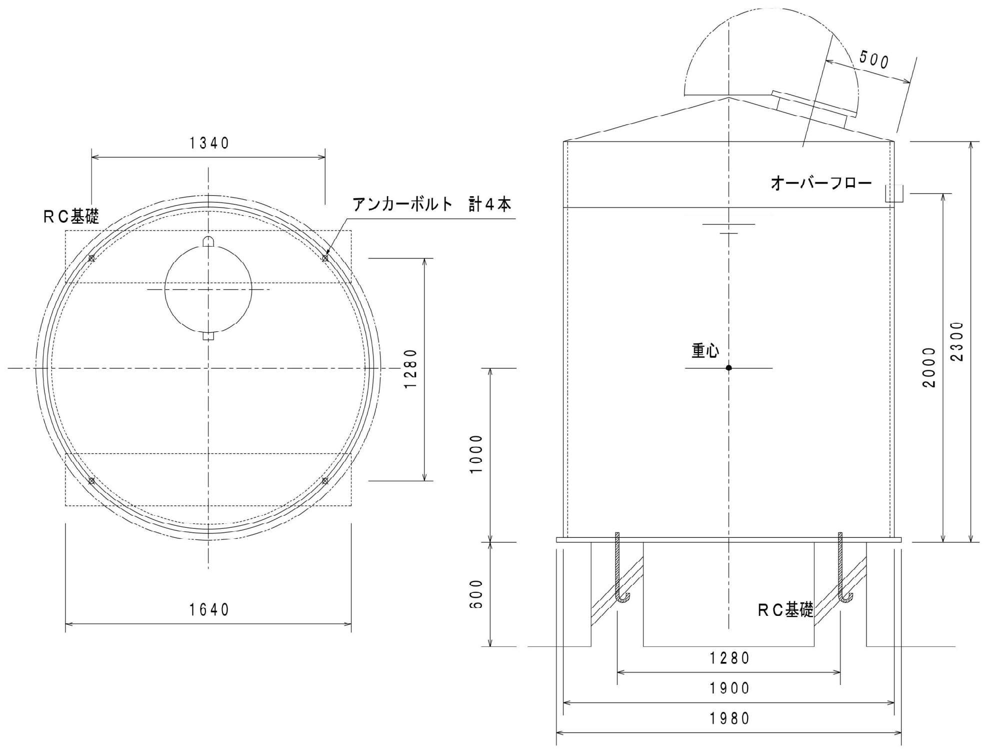
手入力。

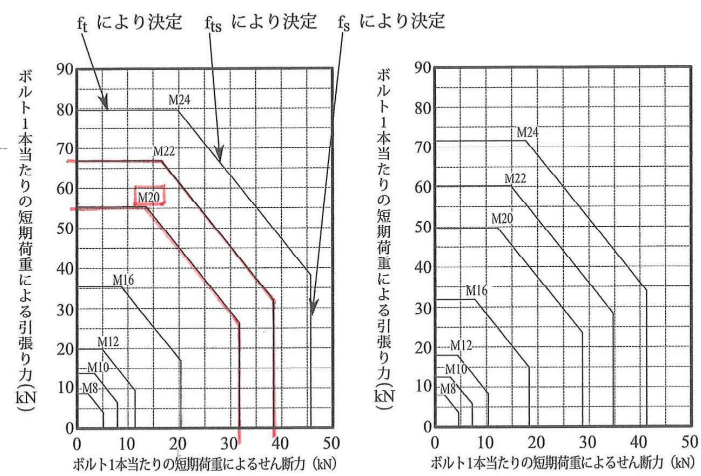
アンカーボルトの場合			
スラブ厚選択	堅固な基礎		
アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ		M20	
許容引抜荷重		55.00	[kN (kgf)]
許容せん断荷重		32.00	[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ		300	[mm]

取付けボルトの場合		
取付ボルトの材質		
取付ボルトの呼び径		
ボルトに加わる短期引張応力度		kN／cm²
ボルトに加わる短期せん断応力度		kN／cm²
評価		

計算例 20：円形水槽のアンカーボルト算定

付表による選定





解図 4.2－3　ボルト（SS400）の許容耐力

解図 4.2－4　ステンレスボルト（A2－50）の許容耐力

ワンポイントアドバイス

(1) 解図 4.2-3 より M20 ボルトは引抜力 55.0kN、せん断力は 32.0kN の許容耐力がありますので採用サイズ M20 を選択して引抜荷重、せん断荷重を手入力します。この場合スラブ厚は堅固な基礎としておいて下さい。

(2) 基礎の大きさ、J 型ボルトの埋込長さ等については構造専門家に確認を行って下さい。

頂部支持材検討方法(a)　壁つなぎ材

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特定の施設 / 重要機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階 1階	中間階 / 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	地階	1.5

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

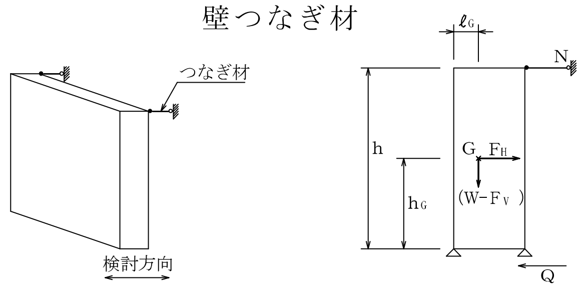
貼付図は指針P22の指針図3.3-1
壁つなぎ材を参考にしています。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H)　＝　$Z \cdot K_S$　＝　1.0　×　1.5　　1.50

頂部支持の形式

壁つなぎ材



(注)検討方向と直角方向については、別途に検討するものとする。

機器の寸法	横幅	ℓ	1,800	mm
	高さ	h	2,150	mm
	奥行	D	400	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	900	mm
	高さ方向	h_G	1,000	mm
	奥行方向	D_G	250	mm
つなぎ材	高さ	h_0	2,100	mm

頂部支持材の検討式

G：機器の重心位置			
機器の質量	600kgと入力すると5.88kNとはいります。	600	kg
W：機器の重量	但しkNからkgに変換はできません。	5.88	kN
ℓ_G：機器重心までの水平距離		250	mm
h：機器の高さ		2,150	mm
h_G：重心高さ		1,000	mm
m：つなぎ材の本数		2	本
n：アンカーボルトの総本数(床アンカーボルトの総本数)		6	本
n_0：つなぎ材1本当りのアンカーボルト本数		2	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$　＝　1.50　×　5.88　　8.82 kN / 899 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$　＝　$\frac{8.82}{2}$　　4.41 kN / 450 kgf

・つなぎ材に働く軸方向力(N)

$$N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h} \quad \cdots ① \quad = \frac{8.82 \times 1,000}{2 \times 2,100}$$

2.10 kN／本
214 kgf／本

・つなぎ材は、①式のNを圧縮力として

$N \leqq {}_cF_A$　　${}_cF_A$：部材の短期許容圧縮応力

となるように部材を選定する。

・つなぎ材のアンカーボルトの引抜力は、各材に作用するNを引抜力と考えて、各材のアンカーボルトがn_0本であれば、

$$R_b = \frac{N}{n_0} \text{ として、ボルト径を選定する。} = \frac{2.10}{2}$$

1.05 kN／本
107 kgf／本

・下部のアンカーボルトに作用するせん断力Q

$$Q = \frac{F_H \cdot (h - h_G)}{n \cdot h} = \frac{8.82 \times (2,100 - 1,000)}{6 \times 2,100}$$

0.77 kN／本
79 kgf／本

アンカーボルトの選定

・つなぎ材アンカーボルト

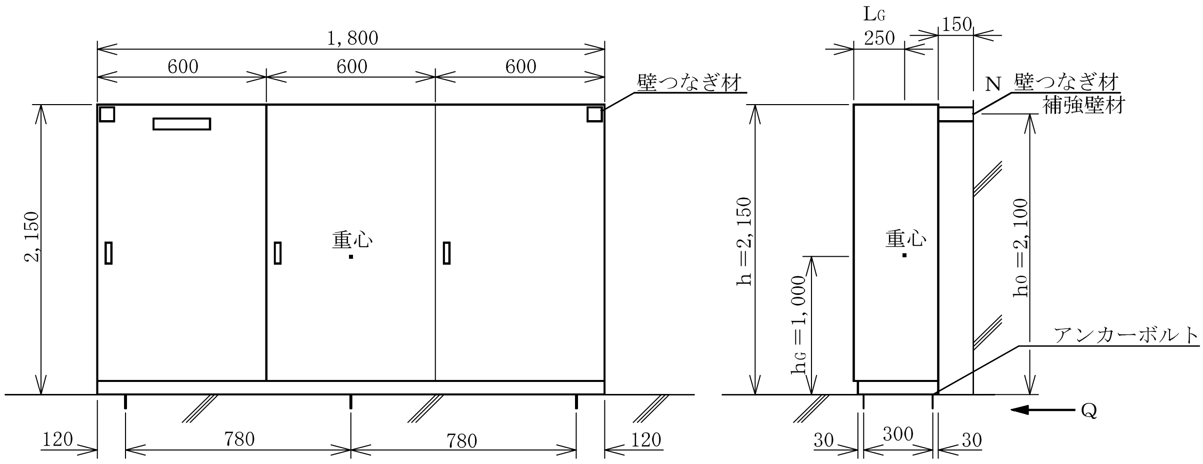
項目		採用サイズ選択
コンクリート壁厚選択	120	
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	
アンカーボルトサイズ	M8	M8
許容引抜荷重	1.96 (200)	1.96 (200)
許容せん断荷重		
ボルトの埋込長さ	40	40

・床アンカーボルト

項目		採用サイズ選択	単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ		
アンカーボルトサイズ	M8	M8	
許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)	4.9 (500)	[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40	40	[mm]

入力例の説明

・図-1 制御盤のような幅広で奥行の浅い箱体は短辺方向にかかる引抜力が
ボルトの許容引抜力を上回り、アンカーボルトの強度不足となったり
すごく太いボルトになります。このような場合床アンカーボルトの強度不足を
補うために頂部つなぎ材を入れます。重量は 600kg と仮定します



図－１　制御盤

1．つなぎ材のアンカーボルト引抜力Ｒb は 1 本当り 107kg と算定されましたので
金属拡張形アンカーボルトを使用した場合は M8、埋込長さ 40 ㎜、壁のコンクリート
厚さは 120 ㎜となります。

2．制御盤下部のアンカーボルトはせん断力のみで引抜きの計算は不要ですので 79kg と
算定されました。同じく M8、埋込長さ 40 ㎜、床のコンクリート厚さは 120 ㎜で
十分余裕があります。

3．参考迄につなぎ材がなかった場合は最初のシート（矩形）で検討することになります
短辺方向にかかる引抜力Ｒb は 1,219kg／本となります。
あと施工金属拡張形アンカーボルト M24 を使用したとしても M24 の引抜力は
最大 1,200kg 迄のため不可です。つなぎ材を入れなければ転倒することになります。

4．つなぎ材にせん断荷重、床アンカーボルトに引抜荷重はかかりませんので白枠です。

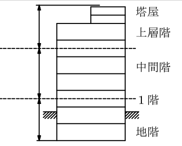
ワンポイントアドバイス

(1) 頂部につなぎ材を設けずに、堅固な壁面に直接アンカーボルトで頂部支持する
場合もこの計算シートを使います。この場合つなぎ材のアンカーボルトの引抜力を頂部
アンカーボルトに働く引抜力と読み替えてよろしいです。

頂部支持材検討方法(a)　壁つなぎ材

機器名：壁つなぎ材付き制御盤

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		特定の施設 / 重要機器 / 上層階 / 防振支持無
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		2.0

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

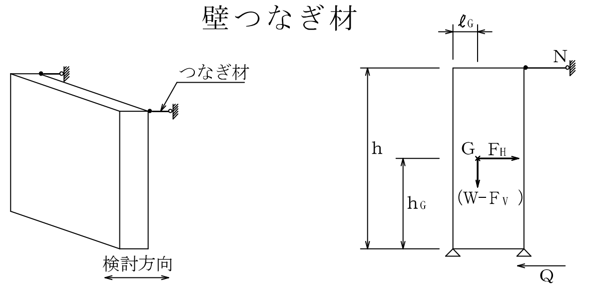
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択	⇒	北海道	地域係数 (Z)	0.8
地域選択	⇒	旭川市		

設計用水平震度(K_H)　＝　$Z \cdot K_S$　＝　0.8　×　2.0　→　1.60

頂部支持の形式



(注)検討方向と直角方向については、別途に検討するものとする。

機器の寸法	横幅	ℓ	2,100	mm
	高さ	h	2,150	mm
	奥行	D	400	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	1,050	mm
	高さ方向	h_G	1,000	mm
	奥行方向	D_G	250	mm
つなぎ材	高さ	h_0	2,100	mm

頂部支持材の検討式

G：機器の重心位置			
機器の質量	1,500kgと入力すると14.71kNとはいります。	1,500	kg
W：機器の重量	但しkNからkgに変換はできません。	14.71	kN
ℓ_G：機器重心までの水平距離		250	mm
h：機器の高さ		2,150	mm
h_G：重心高さ		1,000	mm
m：つなぎ材の本数		2	本
n：アンカーボルトの総本数(床アンカーボルトの総本数)		6	本
n_0：つなぎ材1本当りのアンカーボルト本数		2	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$　＝　1.60　×　14.71　→　23.54 kN　2,400 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$　＝　$\frac{23.54}{2}$　→　11.77 kN　1,200 kgf

・つなぎ材に働く軸方向力(N)

$$N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h} \quad \cdots ① \quad = \frac{23.54 \times 1{,}000}{2 \times 2{,}100}$$

→　5.61 kN／本　572 kgf／本

・つなぎ材は、①式のNを圧縮力として

$N \leqq {}_cF_A$　　${}_cF_A$：部材の短期許容圧縮応力

となるように部材を選定する。

・つなぎ材のアンカーボルトの引抜力は、各材に作用するNを引抜力と考えて、各材のアンカーボルトがn_0本であれば、

$$R_b = \frac{N}{n_0} \text{として、ボルト径を選定する。} = \frac{5.61}{2}$$

→　2.81 kN／本　287 kgf／本

・下部のアンカーボルトに作用するせん断力Q

$$Q = \frac{F_H \cdot (h - h_G)}{n \cdot h} = \frac{23.54 \times (2{,}100 - 1{,}000)}{6 \times 2{,}100}$$

→　2.06 kN／本　210 kgf／本

アンカーボルトの選定

・つなぎ材アンカーボルト			・床アンカーボルト			
コンクリート壁厚選択	120		スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M10	M12	アンカーボルトサイズ	M10	M12	
許容引抜荷重	4.9 (500)	5.98 (610)	許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			許容せん断荷重	7.85 (800)	11.77 (1200)	[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	80	90	ボルトの埋込長さ	80	90	[mm]

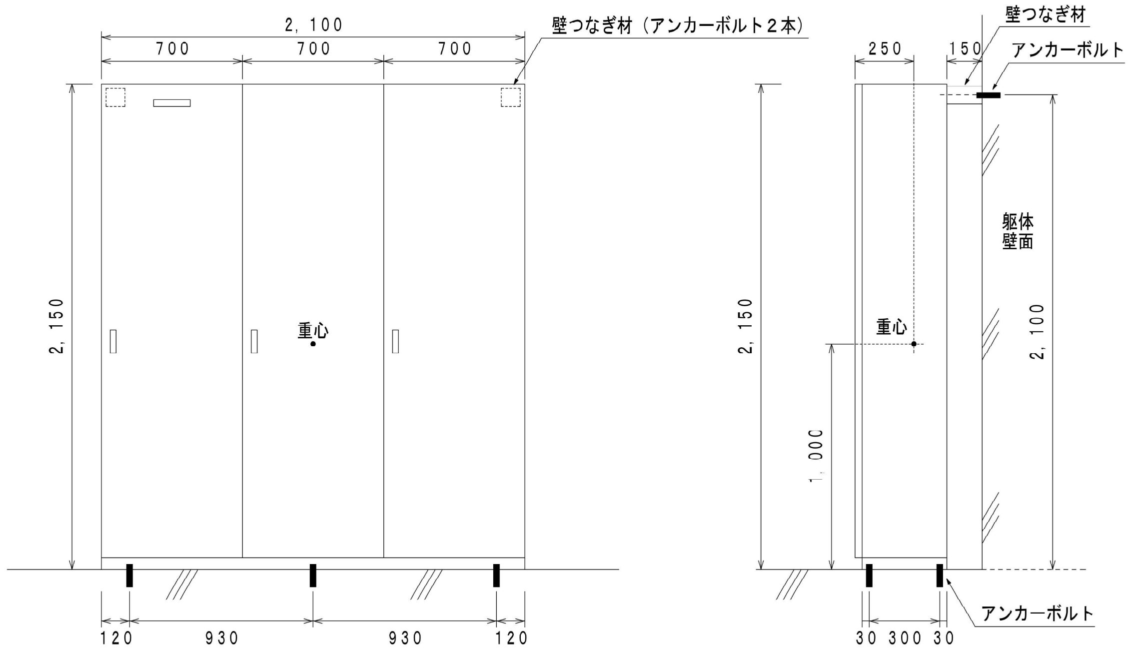
計算例 21：壁つなぎ材付き制御盤のアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=2.0(特定の施設、重要機器、最上階、防振支持無で選択)

(2) 都道府県選択：北海道旭川市

(3) あと施工式樹脂アンカーボルト

(4) 制御盤重量は 1500kg



入力例の説明

5．設計用標準震度が 2.0 であっても旭川市と選択すると地域係数(指針 P273~P274 による)
0.8 を乗じて設計用水平震度は 1.6 となります。

(2) 寸法、重心、つなぎ材高さを入力し機器重量を 1500 と入力すると 14.71kN と入ります。

(3) 樹脂アンカーM10 と算定されます。これでよければ採用サイズ選択は空欄にしておいて下さい。
入力例は参考迄にワンランク大きい M12 を選択してみた例です。

頂部支持材検討方法(a)　壁つなぎ材

機器名：オープン式配電盤

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	一般の施設 / 重要機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階 1階	地階及び1階 / 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	地階	0.6

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

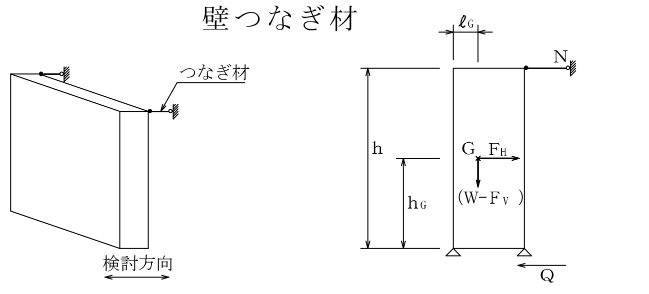
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 0.6　　0.60

頂部支持の形式



(注)検討方向と直角方向については、別途に検討するものとする。

機器の寸法	横幅	ℓ	2,400	mm
	高さ	h	2,350	mm
	奥行	D	180	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	1,200	mm
	高さ方向	h_G	1,200	mm
	奥行方向	D_G	75	mm
つなぎ材	高さ	h_0	2,275	mm

頂部支持材の検討式

項目	値	単位
G：機器の重心位置		
機器の質量		kg
W：機器の重量　先にkNを入力した場合kgには変換しません。	3.50	kN
ℓ_G：機器重心までの水平距離	75	mm
h：機器の高さ	2,350	mm
h_G：重心高さ	1,200	mm
m：つなぎ材の本数	2	本
n：アンカーボルトの総本数(床アンカーボルトの総本数)	2	本
n_0：つなぎ材1本当りのアンカーボルト本数	1	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$ ＝ 0.60 × 3.50　　2.10 kN　214 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{2.10}{2}$　　1.05 kN　107 kgf

・つなぎ材に働く軸方向力(N)

$$N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h_0} \quad \cdots ① \quad = \frac{2.10 \times 1,200}{2 \times 2,275}$$

0.56 kN／本　57 kgf／本

・つなぎ材は、①式のNを圧縮力として

$N \leqq {}_cF_A$　　${}_cF_A$：部材の短期許容圧縮応力

となるように部材を選定する。

・つなぎ材のアンカーボルトの引抜力は、各材に作用するNを引抜力と考えて、各材のアンカーボルトがn_0本であれば、

$$R_b = \frac{N}{n_0} \text{ として、ボルト径を選定する。} = \frac{0.56}{1}$$

0.56 kN／本　57 kgf／本

・下部のアンカーボルトに作用するせん断力Q

$$Q = \frac{F_H \cdot (h - h_G)}{n \cdot h} = \frac{2.10 \times (2,275 - 1,200)}{2 \times 2,275}$$

0.50 kN／本　51 kgf／本

アンカーボルトの選定

・つなぎ材アンカーボルト			・床アンカーボルト			
コンクリート壁厚選択	120		スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	1.96 (200)		許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		ボルトの埋込長さ	40		[mm]

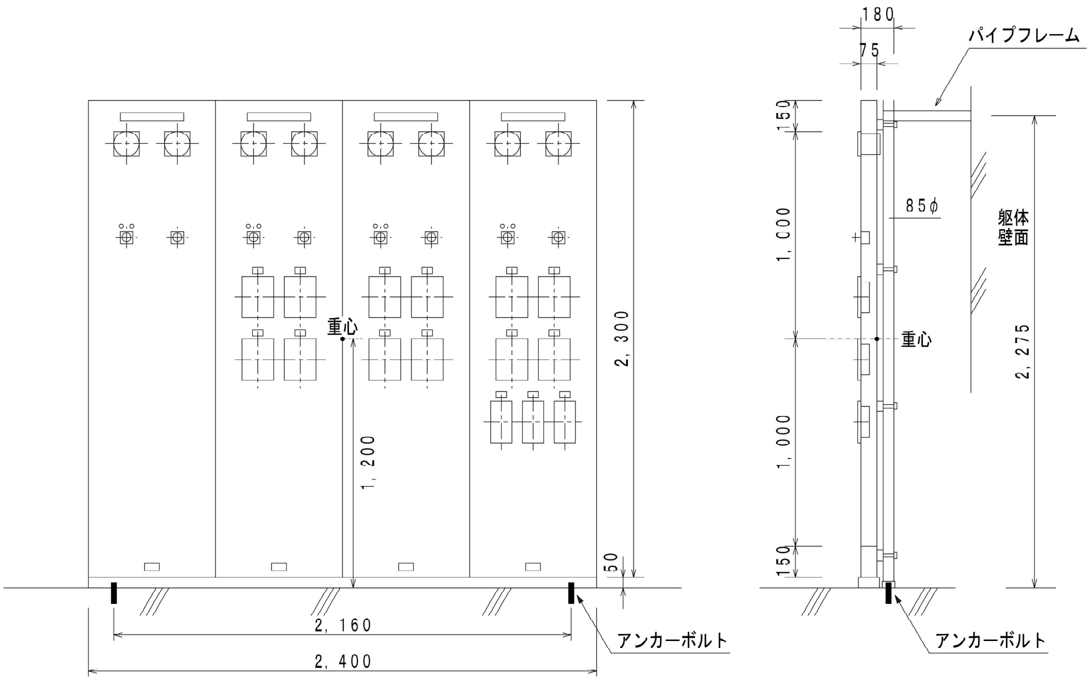
計算例 22：オープン式配電盤のアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度 K_H=0.6(一般の施設、重要機器、1 階に設置、防振支持無で選択)

6．都道府県選択：東京都

7．あと施工金属拡張アンカー(おねじメカニカルアンカー)

8．配電盤の重量は 3.5kN(約 357kg)



入力例の説明

(1) 前頁の壁つなぎ材付き制御盤と同じ計算ソフトを使用します。

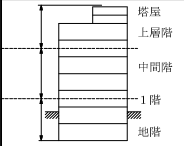
(2) 配電盤と配電盤を支持するフレームパイプが一体化されているとして奥行きは 180 としています。

頂部支持材検討方法(a)　壁つなぎ材

機器名：電気温水器

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 / 上層階	一般の施設 / 一般機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階 / 1階	中間階 / 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	地階	0.6



(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

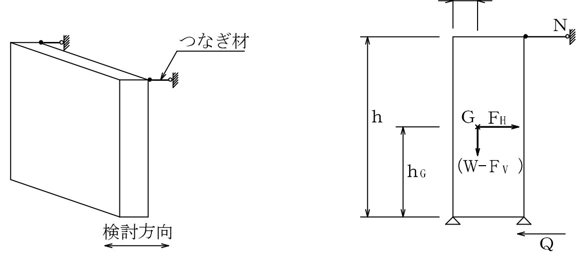
●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 0.6　　0.60

頂部支持の形式

壁つなぎ材



(注)検討方向と直角方向については、別途に検討するものとする。

機器の寸法	横幅	ℓ	600	mm
	高さ	h	1,800	mm
	奥行	D	690	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	230	mm
	高さ方向	h_G	800	mm
	奥行方向	D_G	263	mm
つなぎ材	高さ	h_0	1,850	mm

頂部支持材の検討式

G：機器の重心位置		
機器の質量	400	kg
W：機器の重量	3.92	kN
ℓ_G：機器重心までの水平距離	263	mm
h：機器の高さ	1,800	mm
h_G：重心高さ	800	mm
m：つなぎ材の本数	1	本
n：アンカーボルトの総本数(床アンカーボルトの総本数)	3	本
n_0：つなぎ材1本当りのアンカーボルト本数	4	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$ ＝ 0.60 × 3.92　　2.36 kN　241 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{2.36}{2}$　　1.18 kN　120 kgf

・つなぎ材に働く軸方向力(N)

$$N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h} \quad \cdots① \quad = \frac{2.36 \times 800}{1 \times 1,850}$$

1.03 kN／本　105 kgf／本

・つなぎ材は、①式のNを圧縮力として

$N \leqq {}_cF_A$　　${}_cF_A$：部材の短期許容圧縮応力

となるように部材を選定する。

・つなぎ材のアンカーボルトの引抜力は、各材に作用するNを引抜力と考えて、各材のアンカーボルトがn_0本であれば、

$$R_b = \frac{N}{n_0} \text{として、ボルト径を選定する。} = \frac{1.03}{4}$$

0.26 kN／本　27 kgf／本

・下部のアンカーボルトに作用するせん断力Q

$$Q = \frac{F_H \cdot (h - h_G)}{n \cdot h} = \frac{2.36 \times (1,850 - 800)}{3 \times 1,850}$$

0.45 kN／本　46 kgf／本

アンカーボルトの選定

・つなぎ材アンカーボルト			・床アンカーボルト			
コンクリート壁厚選択	120		スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	1.96 (200)		許容引抜荷重			[kN (kgf)]
許容せん断荷重			許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		ボルトの埋込長さ	40		[mm]

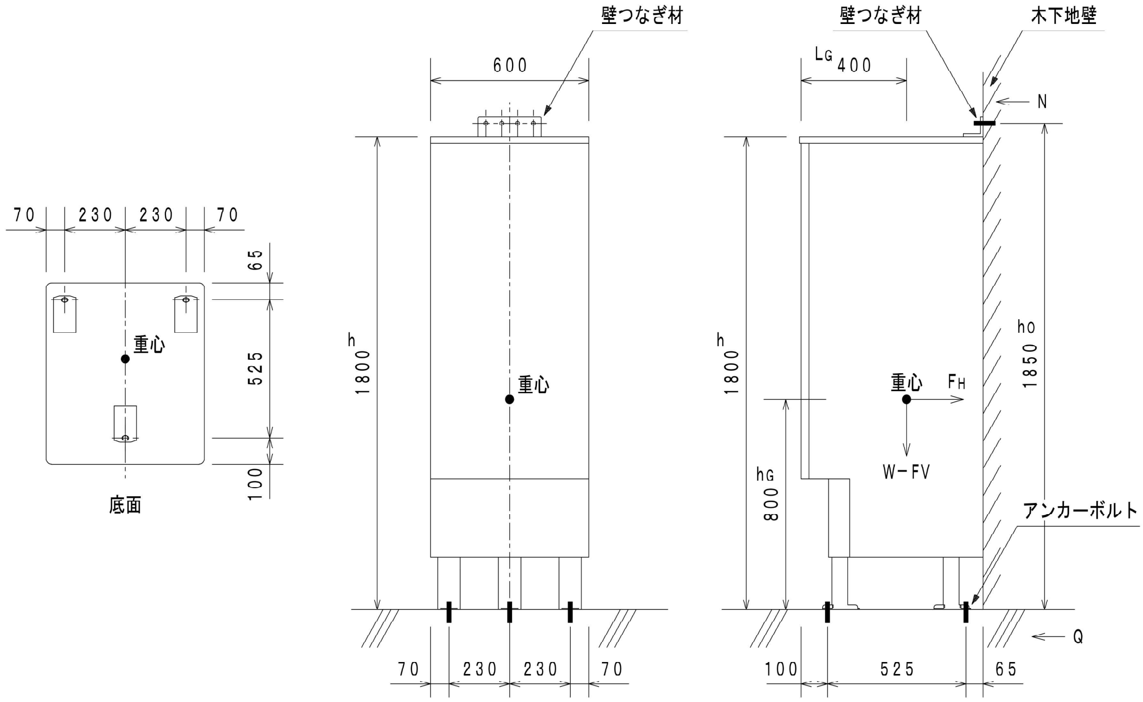
計算例 23：壁つなぎ材付き電気温水器のアンカーボルト算定

(1) 設計用水平震度は K_H=0.6(一般の施設、一般機器、中間階に設置、防振支持無で選択)

(2) 都道府県選択：東京都

(3) あと施工金属拡張アンカー(おねじメカニカルアンカー)

(4) 電気温水器の満水時重量：400kg



入力例の説明

(1) 壁つなぎ材付き制御盤のアンカーボルトと同じ入力手順です。

ワンポイントアドバイス

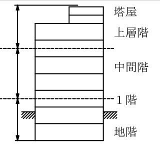
(1) つなぎ材 1 本当りの引抜力は 0.26kN と小さな値です。このような場合木ネジでも代用できます。木材の種類にもよりますが直径 2.7mm、長さ 16mm の木ネジでも 0.39kN の引抜強度があります。引抜強度はネットでも調べることができます。必ずしもメカニカルアンカーでなくても代用は可能です。

背面支持材検討方法

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		特定の施設
						重要機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		上層階
						防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		2.0



(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

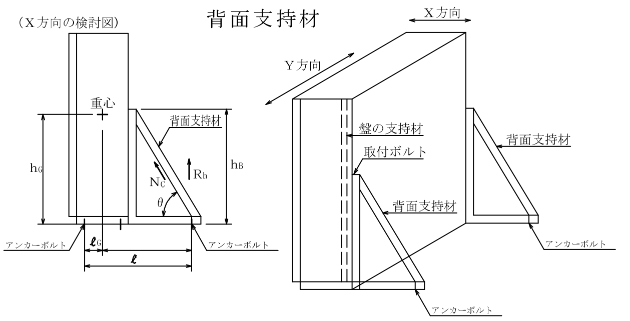
●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

貼付図は施工マニュアルP193の背面支持の盤類を参考にしています。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 2.0 　　2.00

背面支持材の形式



機器の寸法	横幅	ℓ	1,800	mm
	高さ	h	2,150	mm
	奥行	D	400	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	900	mm
	高さ方向	h_G	1,100	mm
	奥行方向	D_G	200	mm
ボルトスパン	機器と背面支持材	ℓ_1	600	mm
	機器正面	ℓ_2	1,700	mm

背面支持材の検討式

G：機器の重心位置			
機器の質量			kg
W：機器の重量		3.00	kN
h_G：重心高さ		1,100	mm
ℓ_1：機器と背面支持材とのボルトスパン(X方向)		600	mm
ℓ_2：機器正面からみたボルトスパン(Y方向)		1,700	mm
ℓ_G：検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの水平距離	機器側面方向(ℓ_{1G})	100	mm
	機器正面方向(ℓ_{2G})	650	mm
n_t：検討する方向からみた機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数	機器側面方向(n_{t1})	2	本
	機器正面方向(n_{t2})	3	本
n：アンカーボルトの総本数		6	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$ ＝ 2.00 × 3.00　　6.00 kN　612 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{6.00}{2}$　　3.00 kN　306 kgf

1) 図のX方向についての検討

背面支持材下部アンカーボルトの引抜力及びせん断力

引抜力　$R_b = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{6.00 \times 1{,}100 - (3.00 - 3.00) \times 100}{600 \times 2}$　　**5.50** kN／本　561 kgf／本

せん断力　$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{6.00}{6}$　　**1.00** kN／本　102 kgf／本

斜材に働く力(算定された値は支持用鋼材の許容圧縮応力度である。)

$N_C = \dfrac{R_b}{\sin\theta} = \dfrac{5.50}{\sin 72°} = \dfrac{5.50}{0.951}$　　**5.79** kN／本　590 kgf／本

・なお図中のh_Bは、重心より高い位置とし、ボルト等で堅固に固定すること。
・背面支持材と箱体支持材を緊結する取付けボルトのせん断力は下部アンカーボルトのRbと同じになる。

せん断力　$Q' = \dfrac{R_b}{m} = \dfrac{5.50}{2}$　　**2.75** kN／本　280 kgf／本

Q'：取付けボルト1本に作用するせん断力
m：片側の取付けボルト本数

2) 図のY方向についての検討は、背面支持材のない箱単体として計算する。

引抜力　$R_b = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{6 \times 1{,}100 - (3 - 3) \times 650}{1{,}700 \times 3}$　　1.30 kN／本　133 kgf／本

せん断力　$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{6}{6}$　　1.00 kN／本　102 kgf／本

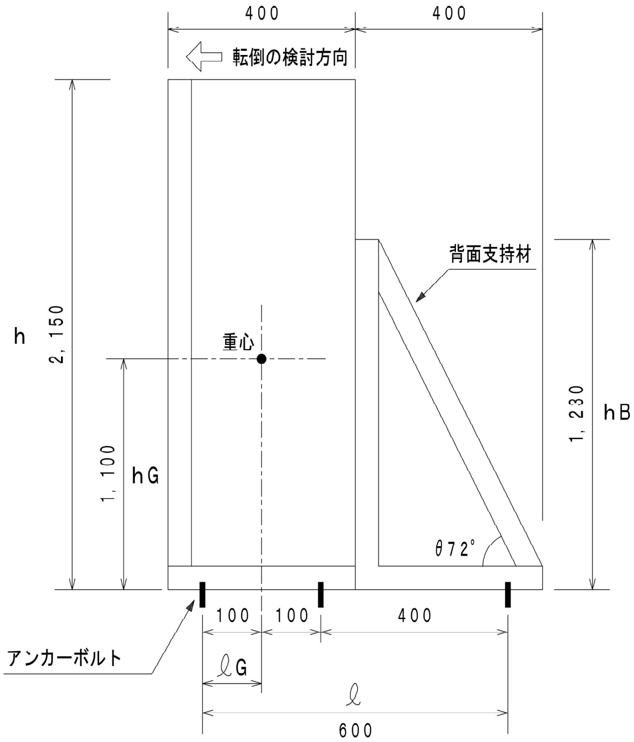
アンカーボルトの選定

スラブ厚選択	120	[mm]	
アンカーボルト種類選択	樹脂	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M10		
許容引抜荷重	7.45 (760)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	7.85 (800)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	80		[mm]

入力例

・屋上などで機器下部のアンカーボルトだけでは不足し、かつ最寄りに堅固な壁面がない場合は背面支持を用いて対応します。

・断面は図-1、横幅は 1,800(Y 方向)、重量 3kN(約 306kg)で算定します。



図－１　背面支持形制御盤

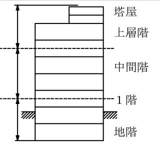
・算定結果は短辺方向(X 方向)大きくなります。引抜力 590kg／本
せん断力 280kg／本と算定されましたので接着系アンカーボルトを使用した場合
M10、埋込長さ 80mm、コンクリート厚さ 120mm となります。

・背面支持材と盤は一体化されているため全体としては一つの箱形とみなします。

ストッパの検討(a)　移動防止形ストッパ

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
	特定の施設		一般の施設			
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器		
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		一般の施設
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		一般機器 / 中間階
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		防振支持無 / 0.6

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

貼付図は指針P25の指針図3.4-1 移動防止形ｽﾄｯﾊﾟを参考にしています。

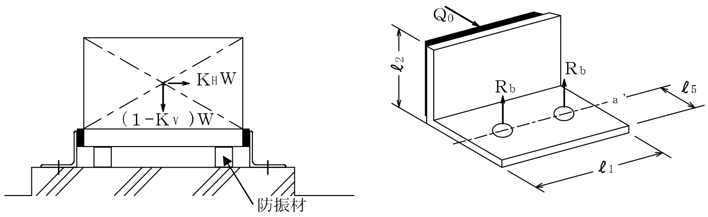
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度 (K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 0.6　　0.60

ストッパの形式

移動防止形ストッパ

特に入力する必要はありません。



(注)ℓ2は力の作用点までの高さとし、機器ベースのより低い位置に線上の突出し部を設けた場合にはその高さをℓ2とすることができる。

機器の寸法	横幅	ℓ		cm
	高さ	h		cm
	奥行	D		cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G		cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

項目	値	単位
f_b：鋼材の短期許容曲げ応力度	23.54	kN／cm²
m：ストッパのアンカーボルト本数	2	本
d_0：ボルト孔径　(参考：M10は1.2、M12は1.4、M16は1.8、M20は2.2、M24は2.6)	1.2	cm
N_S：機器の一辺のストッパ個数	2	個
機器の質量(架台質量を含む)　1,000kgと入力すれば9.81kNと入ります。逆はできません。	1,000	kg
W：機器の重量(架台重量を含む)	9.81	kN
ℓ_1：ストッパの幅	10.0	cm
ℓ_2：ストッパの高さ	4.0	cm
ℓ_5：ストッパのボルト中心からストッパ端までの水平距離	4.0	cm

・ボルトの引抜力

$$R_b = \frac{\ell_2 K_H W}{\ell_5 \cdot m \cdot N_S} = \frac{4 \times 0.60 \times 9.81}{4 \times 2 \times 2}$$

1.48 kN／本
151 kgf／本

・ボルトのせん断力

$$Q = \frac{K_H W}{m \cdot N_S} = \frac{0.60 \times 9.81}{2 \times 2}$$

1.48 kN／本
151 kgf／本

・ストッパの板厚tは

$$t \geqq \sqrt{6 K_H W \ell_2 / \{f_b(\ell_1 - m d_0) N_S\}}$$

$$t \geqq \sqrt{6 \times 0.60 \times 10 \times 4.0 / \{23.54 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2\}}$$

0.63 cm

注)ストッパの板厚が厚く溶接加工となる場合は、溶接継目の短期許容曲げ応力度を建築基準法施行令第92条(溶接)等より求めてf_bの値とする。

アンカーボルトの選定

項目	値	採用サイズ選択	単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ		
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	2.94 (300)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		[mm]

自動で入力されたアンカーボルトでよければ特に入力する必要はありません。

ストッパの板厚　9.0 mm

入力例の説明

・ストッパには、移動防止形と移動及び転倒防止形があります。この計算シートは
移動防止形専用です。機器寸法、重心は入力しなくても計算には関係しません。

・ストッパそのものに防振支持をするものではありませんので設計用標準震度ドロップダウンリスト(右上)の 4 行目は防振支持無を選択します。

・ボルト径、ストッパの幅・高さ等(cm)です。(mm)ではありませんので注意して下さい。

・入力例では引抜力、せん断力共 1.48kN／本と算定されましたので、これ以上のアンカーボルトを選択することになります。あと施工金属拡張形を使用するとすれば M8、埋込長さ 40mm、コンクリート厚さ 120mm となります。

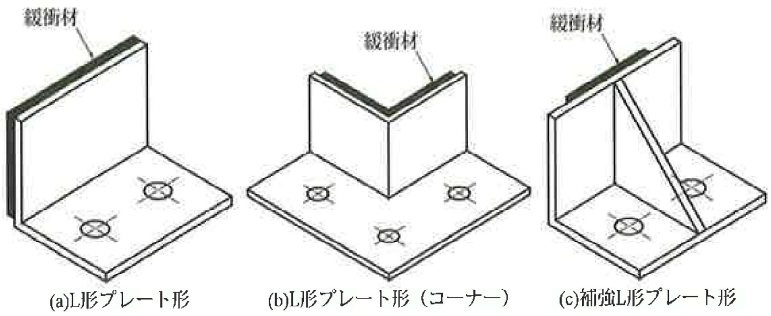
・ストッパの板厚は 0.63cm と算定されましたのでそれ以上の厚みとします。ここでは規格品の 9mm を選定していますが 6.3mm 以上であれば問題ありません。

・鋼材の短期許容曲げ応力度 23.54kN／cm^2 (2,400kg／cm^2)は固定値です。

・下図に指針 P36 のスットパの形式を参考として示します。

1) **移動防止形ストッパ**

形鋼・鋼板などで製作し、主に水平方向の移動を防止するのに用いる。



解図 3.4－1　移動防止形ストッパの例

※　注記

・　ストッパ算定のシートのみ単位は cm です。mm ではありませんので注意して入力して下さい。

ストッパの検討(b)　移動・転倒防止形ストッパ

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	一般の施設 / 一般機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中間階 / 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	0.6

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

貼付図は指針P26の指針図3.4-2
移動・転倒防止形ｽﾄｯﾊﾟを参考にしています。

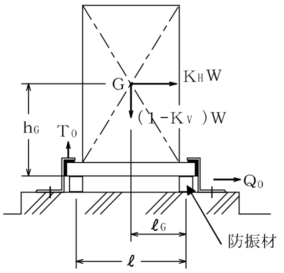
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1	
地域選択 ⇒	全域			

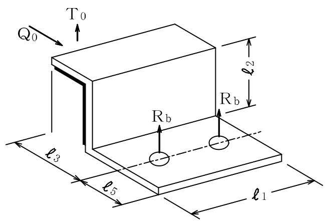
設計用水平震度(K_H) ＝ Z・K_S ＝ 1.0 × 0.6 → 0.60

設計用鉛直震度(K_V) ＝ $\frac{K_H}{2}$ ＝ $\frac{0.60}{2}$ → 0.300

ストッパの形式

移動・転倒防止形ストッパ





機器の寸法	横幅	ℓ	60	cm
	高さ	h	110	cm
	奥行	D	60	cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G	50	cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

項目	値	単位
f_b：鋼材の短期許容曲げ応力度	23.54	kN／cm²
m：ストッパのアンカーボルト本数	2	本
d_0：ボルト孔径　(参考：M10は1.2、M12は1.4、M16は1.8、M20は2.2、M24は2.6)	1.2	cm
N_S：機器の一辺のストッパ個数	2	個
機器の質量(架台質量を含む)　1,000kgと入力すれば9.81kNと入ります。逆はできません。	1,000	kg
W：機器の重量(架台重量を含む)	9.81	kN
ℓ：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)からストッパ先端までの距離	60.0	cm
ℓ_G：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)から機器重心までの距離　(ただし　ℓ_G ＜ ℓ／2)	30.0	cm
ℓ_1：ストッパの幅	10.0	cm
ℓ_2：ストッパの高さ	4.0	cm
ℓ_3：ストッパのボルト中心からストッパ端(機器側)までの水平距離	12.0	cm
ℓ_5：ストッパのボルト中心からストッパ端までの水平距離	5.0	cm

・ストッパの板厚tは下式のうち大きい値とする。

T_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W\ell_3}{f_b \ell(\ell_1 - m d_0)N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 \times \{0.60 \times 50 - 30 \times (1 - 0.300)\} \times 9.81 \times 12}{23.54 \times 60.0 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2}}$　→ 0.55 cm

Q_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 K_H W \ell_2}{f_b(\ell_1 - m d_0)N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 \times 0.6 \times 9.81 \times 4}{23.54 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2}}$　→ 0.63 cm

・アンカーボルトの引抜力

$R_b = \dfrac{\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W}{\ell \cdot m \cdot N_S} \cdot \dfrac{\ell_3 + \ell_5}{\ell_5}$

$= \dfrac{\{0.60 \times 50 - 30 \times (1 - 0.300)\} \times 9.81}{60.0 \times 2 \times 2} \times \dfrac{12 + 5}{5}$　→ 1.26 kN／本　128 kgf／本

・アンカーボルトのせん断力

$Q = \dfrac{K_H W}{m \cdot N_S}$

$= \dfrac{0.60 \times 9.81}{2 \times 2}$　→ 1.48 kN／本　151 kgf／本

注)ストッパの板厚が厚く溶接加工となる場合は、溶接継目の短期許容曲げ応力度を建築基準法施行令第92条(溶接)等より求めてf_bの値とする。

アンカーボルトの選定

項目	値	採用サイズ選択	単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ		
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	2.94 (300)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		[mm]

自動で入力されたアンカーボルトでよければ特に入力する必要はありません。

ストッパの板厚　9.0 mm

入力例の説明

・ストッパには、移動防止形と移動及び転倒防止形があります。この計算シートは
移動及び転倒防止形専用です。

・移動防止形ストッパ検討の場合は機器の寸法を入れる必要はありませんが
移動及び転倒防止の場合は機器の寸法を入力して下さい。

・ストッパそのものに防振支持をするものではありませんので設計用標準震度ドロップダウンリスト(右上)の 4 行目は防振支持無を選択します。

・ボルト径、ストッパの幅・高さ等(cm)です。(mm)ではありませんので注意して下さい。

・入力例では引抜力 1.26kN／本、せん断力は 1.48kN／本と算定されましたので、これ以上のアンカーボルトを選択することになります。あと施工金属拡張形を使用するとすれば M8、埋込長さ 40mm、コンクリート厚さ 120mm となります。

・ストッパの板厚は 0.63cm と算定されましたのでそれ以上の厚みとし 9mm を選定しました。

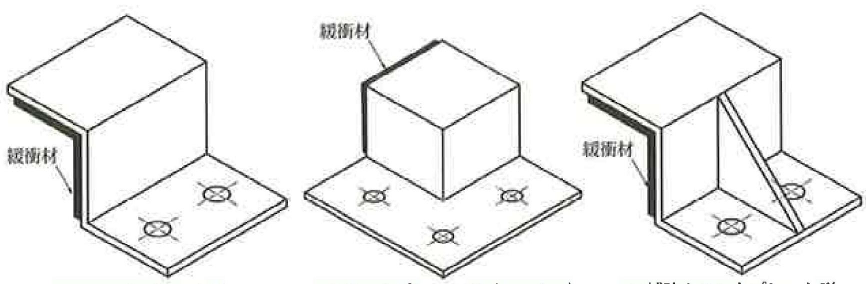
・鋼材の短期許容曲げ応力度 23.54kN／cm^2 (2,400kg／cm^2)は固定値です。

※参考として機器重量を 1,000kg としていますが、5,000kg に入替えれば M12、板厚 16mm と自動で変わります。

・下図に指針 P36 のスットパの形式を参考として示します。

2） 移動・転倒防止形ストッパ

形鋼・鋼板などで製作し、水平方向の移動および転倒を防止するのに用いる。



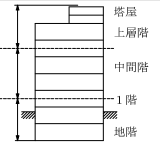
(a)クランクプレート形　(b)クランクプレート形（コーナー）　(c)補強クランクプレート形

解図 3.4－2　移動・転倒防止形ストッパの例

ストッパの検討(c)　移動・転倒防止形ストッパ

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		一般の施設 / 一般機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		中間階 / 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		0.6

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

貼付図は指針P27の指針図3.4-3
通しﾎﾞﾙﾄ形ｽﾄｯﾊﾟを参考にしています。

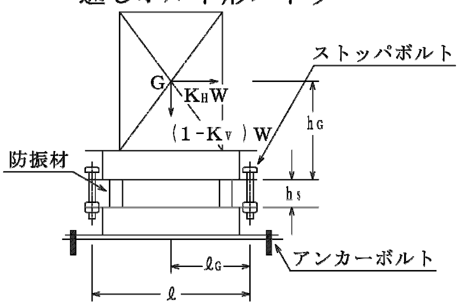
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度 (K_H) $= Z \cdot K_S = 1.0 \times 0.6$ 　　0.60

設計用鉛直震度 (K_V) $= \dfrac{K_H}{2} = \dfrac{0.60}{2}$ 　　0.300

ストッパの形式

通しボルト形ストッパ



機器の寸法	横幅	ℓ		cm
	高さ	h		cm
	奥行	D		cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G	65	cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

δ_{tb}	引張りと曲げを同時にうける部分の応力度		
T	引張力		
A_e	有効断面積　(公称径M10は0.54cm²、M12は0.85cm²、M16は1.51cm²、M20は2.36cm²、M24は3.40cm²) ボルトの場合は、軸断面積×0.75	2.36	cm²
M	曲げモーメント		
d	ボルトの軸径　(公称径M10は1.0、M12は1.2、M16は1.6、M20は2.0、M24は2.4)	2.0	cm
Z_1	断面係数　$0.06d^3$　(M10は0.06、M12は0.10、M16は0.25、M20は0.48、M24は0.83)	0.48	cm³
G_1	機器本体の重心		
G_2	機器本体と上部架台との合成重心		
	機器の質量(架台質量を含む)	400	kg
W	機器の重量(架台重量を含む)	3.92	kN
h_s	ストッパボルトの支持点から上部架台までの距離	4.0	cm
ℓ	検討する方向からみたストッパボルトスパン	70.0	cm
ℓ_G	検討する方向からみたストッパボルト中心から機器重心までの距離 (ただし $\ell_G < \ell/2$)	35.0	cm
n_t	ストッパボルトの片側本数	2	本
n	ストッパボルトの総本数	4	本
f_t	鋼材の短期許容引張応力度	下記計算による	
f_s	鋼材の短期許容せん断応力度	下記計算による	

下のドロップダウンリストよりボルトの材質、呼び径を選択すると自動で入りますので、直接入力は不可です。

$$f_t \geqq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W\{K_H \cdot h_G - (1-K_V)\cdot \ell_G\}}{\ell \cdot n_t \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_S}{n \cdot Z_1}$$

$$= \frac{3.92 \times \{0.60 \times 65 - (1 - 0.300) \times 35\}}{70 \times 2 \times 2.36} + \frac{0.60 \times 3.92 \times 4}{4 \times 0.48}$$

5.08 kN／本
518 kgf／本

$$f_S \geqq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e} = \frac{0.60 \times 3.92}{4 \times 2.36}$$

0.25 kN／本
25 kgf／本

ボルトの許容応力度表

単位：kN／cm²(kgf／cm²)

ボルト(径)		短期許容応力度 引張(f_t)		せん断(f_s)	
SS400	40mm≧	17.65	(1,800)	13.23	(1,350)
	40mm＜	16.18	(1,650)	12.06	(1,230)
SUS		15.44	(1,575)	11.73	(1,197)

上表の値は、日本建築学会「鋼構造設計規準」を参考。

ストッパボルト

ストッパボルトの材質	SS400	選択です
ストッパボルトの呼び径	M20	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	2.16	kN／cm²
	220	kgf／cm²
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	0.11	kN／cm²
	11	kgf／cm²
評価	OK	

入力例の説明

・通しボルト形と呼ばれている工法で、防振材を介した下部架台と上部浮き架台の間をボルト・ナットにより隙間を設けて結合するもので新設機器の場合は、この方式とすることが望ましいとされています。

・通しボルトの径が妥当かどうかを検討するもので基礎と下部架台のアンカーボルトの計算式ではありません。

・機器の寸法は計算に関係していませんので特に入力する必要はありません。高さ方向の重心と機器重量の入力は必須です。

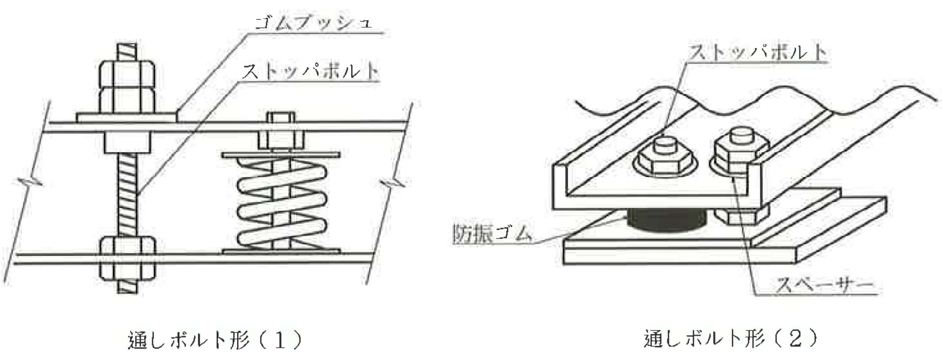
・まず下のドロップダウンリストよりボルト径を M10 でよいか検討してみます。
有効断面積に 0.54、ボルトの軸径に 1.0、断面係数に 0.06 と自動入力され引張応力度が 39.96kN と算定され、評価に赤文字でＮＧと表示されます。次に
M12 でよいか検討します。有効断面積に 0.85、断面係数は 0.11 と大きくなりますが引張応力度は 21.86kN で、これもＮＧです。

・M16 も同様に NG ですので M20 で検討します。有効断面積は 2.36、断面係数は 0.48 と入力されて引張応力度は 5.08kN と算定され、ボルトの許容応力度 17.65kN(1,800kg)以下となるため OK と表示されます。
慣れるまでは、このように順番にワンサイズづつアップして OK が表示されるまでやってみましょう。許容応力度表は cm^2 当りの数値ですので選定したボルトの有効断面積を乗じた値で決定されます。

・今回の入力例は M20 ボルトが必要ですと算定されました。機器重量を 400kg と仮定しての結果ですが機器重量が軽ければ当然ボルト径も小さくなります。

・下部架台と基礎のアンカーボルト算定は計算書式トップの床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討(矩形)で行って下さい。その場合、設計用標準震度ドロップダウンリスト(右上)4 行目で防振支持有を選択して下さい。

・下図に指針 P37 の通しボルト形ストッパの例を示します。



解図 3.4－3　通しボルト形ストッパの例

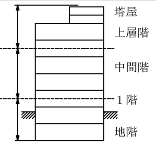
床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討（矩形）

機器名：エアコン室外機の取付けボルト

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

適用階の区分



設計用標準震度 (K_S)：特定の施設／一般機器／上層階／防振支持有 → 2.0

（　）内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

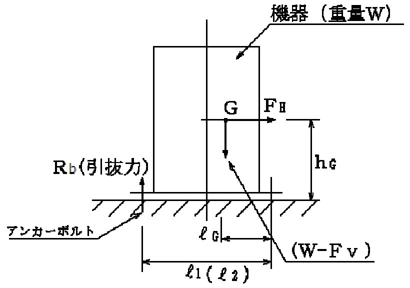
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

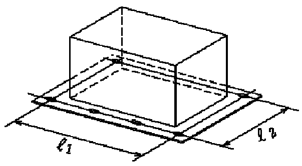
●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)：1
地域選択 ⇒	全域	

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 2.0 → 2.00

アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力





機器の寸法	横幅		1,240	mm
	高さ		1,530	mm
	奥行		760	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	535	mm
	高さ方向	h_G	610	mm
	奥行方向	D_G	350	mm
ボルトスパン	長辺方向	ℓ_1	1,070	mm
	短辺方向	ℓ_2	700	mm

G：機器の重心位置			
機器の質量		300	kg
W：機器の重量		2.94	kN
n_t：機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルトの本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本
（検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数）	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側	2	本
n：アンカーボルトの総本数		4	本
h_G：据付面より機器重心までの高さ		610	mm
ℓ：検討する方向からみたボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	1,070	mm
	短辺方向(ℓ_2)	700	mm
ℓ_G：検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	535	mm
（ただし　$\ell_{1G} \leqq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leqq \ell_2/2$）	短辺方向(ℓ_{2G})	350	mm
R_b：アンカーボルト1本当りの引抜力			

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$ ＝ 2.00 × 2.94 → 5.88 kN／600 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{5.88}{2}$ → 2.94 kN／300 kgf

アンカーボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{5.88 \times 610 - (2.94 - 2.94) \times 535}{1{,}070 \times 2}$ → 1.68 kN／本、171 kgf／本

短辺方向 $R_{b2} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{5.88 \times 610 - (2.94 - 2.94) \times 350}{700 \times 2}$ → 2.57 kN／本、262 kgf／本

アンカーボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力
F_H：設計用水平地震力
n：アンカーボルトの総本数

$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{5.88}{4}$ → 1.47 kN／本、150 kgf／本

アンカーボルトの選定

スラブ厚選択		[mm]
アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択
アンカーボルトサイズ		
許容引抜荷重		[kN (kgf)]
許容せん断荷重		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ		[mm]

・取付けボルトはM8×4本(SUS)とする。

手入力しています。

計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

取付けボルトの算定

(1) 設計用水平震度は KH=2.0(特定の施設、一般機器、屋上設置)

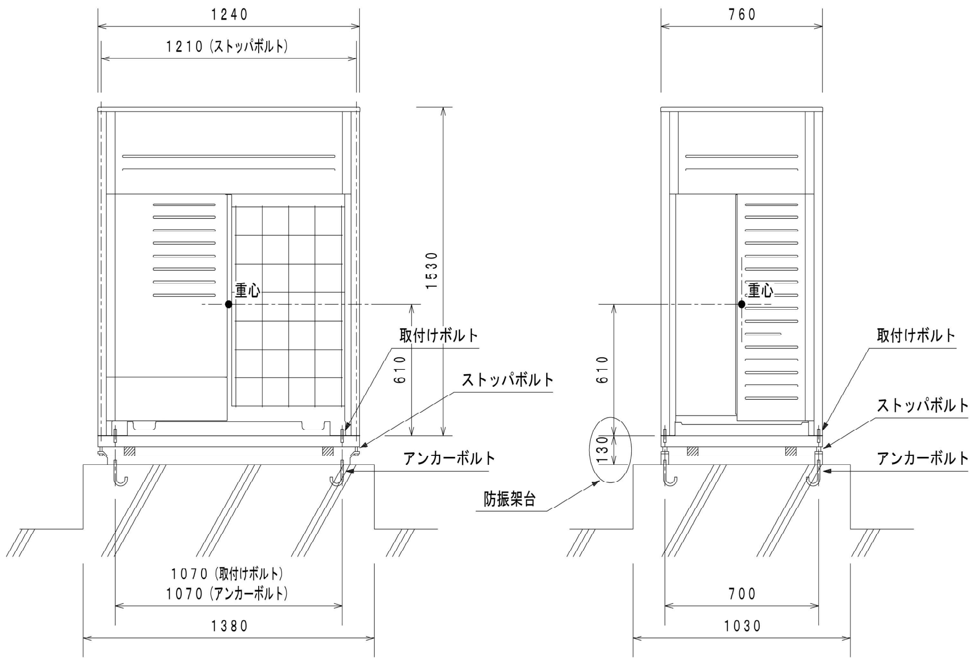
(2) 機器の重量：300kg、防振架台の重量：150kg

(3) 機器の重心は長辺・短辺共に中心と仮定

(4) アンカーボルトは J 型ボルト。取付けボルトの材質はステンレスボルトとする。

※ このような例題の場合は取付けボルト、ストッパボルト、アンカーボルトの 3 種類を計算します。

左の計算式は取付けボルトの例です。床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討（矩形）の計算シートを用います。



入力例の説明

(1) 計算例 6：パッケージエアコンのアンカーボルト算定と同様に機器の寸法、重心、ボルトスパン、重量を順次入力します。重心は取付けボルトからの寸法を入力します。ここでは防振架台の重量は関係しません。

(2) 算定された引抜力、せん断力の値以上のボルトを別添アンカーボルトの選定グラフより選定することになります。計算例では引抜力 2.57kN（大きい方）、せん断力 1.47kN と算定されましたので M8×4 本となります。

(3) 室外機と防振架台との取付けボルトですので防振架台がコンクリート基礎と読み替えてこの計算シートを使用します。この場合最下段のアンカーボルトの選定は入力しないで下さい。

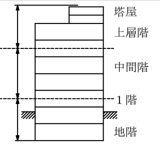
ワンポイントアドバイス

(1) 取付けボルトの算定は本来機器メーカー側です。必要なのはアンカーボルトの算定ですがここでは指針図 3.2-1 により計算した例です。

ストッパの検討(c)　移動・転倒防止形ストッパ

機器名：防振架台の通しｽﾄｯﾊﾟ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		特定の施設 / 一般機器 / 上層階 / 防振支持有
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		2.0

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

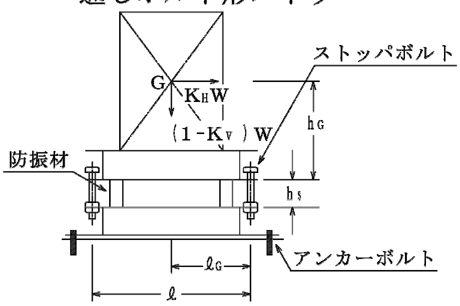
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 2.0 → 2.00

設計用鉛直震度(K_V) ＝ $\dfrac{K_H}{2}$ ＝ $\dfrac{2.00}{2}$ → 1.000

ストッパの形式

通しボルト形ストッパ



機器の寸法			
横幅	ℓ		cm
高さ	h		cm
奥行	D		cm

機器の重心			
横幅方向	W_G		cm
高さ方向	h_G	61	cm
奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

δ_{tb}	引張りと曲げを同時にうける部分の応力度		
T	引張力		
A_e	有効断面積　(公称径M10は0.54cm², M12は0.85cm², M16は1.51cm², M20は2.36cm², M24は3.40cm²)　ボルトの場合は、軸断面積×0.75	3.40	cm²
M	曲げモーメント		
d	ボルトの軸径　(公称径M10は1.0、M12は1.2、M16は1.6、M20は2.0、M24は2.4)	2.4	cm
Z_1	断面係数　$0.06d^3$　(M10は0.06、M12は0.10、M16は0.25、M20は0.48、M24は0.83)	0.83	cm³
G_1	機器本体の重心		
G_2	機器本体と上部架台との合成重心		
	機器の質量(架台質量を含む)	300	kg
W	機器の重量(架台重量を含む)	2.94	kN
h_s	ストッパボルトの支持点から上部架台までの距離	4.0	cm
ℓ	検討する方向からみたストッパボルトスパン	76.0	cm
ℓ_G	検討する方向からみたストッパボルト中心から機器重心までの距離　(ただし　$\ell_G < \ell/2$)	38.0	cm
n_t	ストッパボルトの片側本数	2	本
n	ストッパボルトの総本数	2	本
f_t	鋼材の短期許容引張応力度	下記計算による	
f_s	鋼材の短期許容せん断応力度	下記計算による	

下のドロップダウンリストよりボルトの材質、呼び径を選択すると自動で入りますので、直接入力は不可です。

$$f_t \geqq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W\{K_H \cdot h_G - (1-K_V)\cdot \ell_G\}}{\ell \cdot n_t \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_S}{n \cdot Z_1}$$

$$= \frac{2.94 \times \{2.00 \times 61 - (1 - 1.000) \times 38\}}{76 \times 2 \times 3.40} + \frac{2.00 \times 2.94 \times 4}{2 \times 0.83}$$

= 14.87 kN／本　1,516 kgf／本

$$f_S \geqq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e} = \frac{2.00 \times 2.94}{2 \times 3.40}$$

= 0.87 kN／本　89 kgf／本

ボルトの許容応力度表

単位:kN／cm²(kgf／cm²)

ボルト(径)		短期許容応力度 引張(f_t)		せん断(f_s)	
SS400	40mm≧	17.65	(1,800)	13.23	(1,350)
SS400	40mm＜	16.18	(1,650)	12.06	(1,230)
SUS		15.44	(1,575)	11.73	(1,197)

上表の値は、日本建築学会「鋼構造設計規準」を参考。

ストッパボルト

ストッパボルトの材質	SS400	選択です
ストッパボルトの呼び径	M24	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	4.38	kN／cm²
	447	kgf／cm²
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	0.26	kN／cm²
	27	kgf／cm²
評価	OK	

計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

ストッパボルトの算定

(1) 設計用水平震度は K_H=2.0(特定の施設、一般機器、屋上設置)

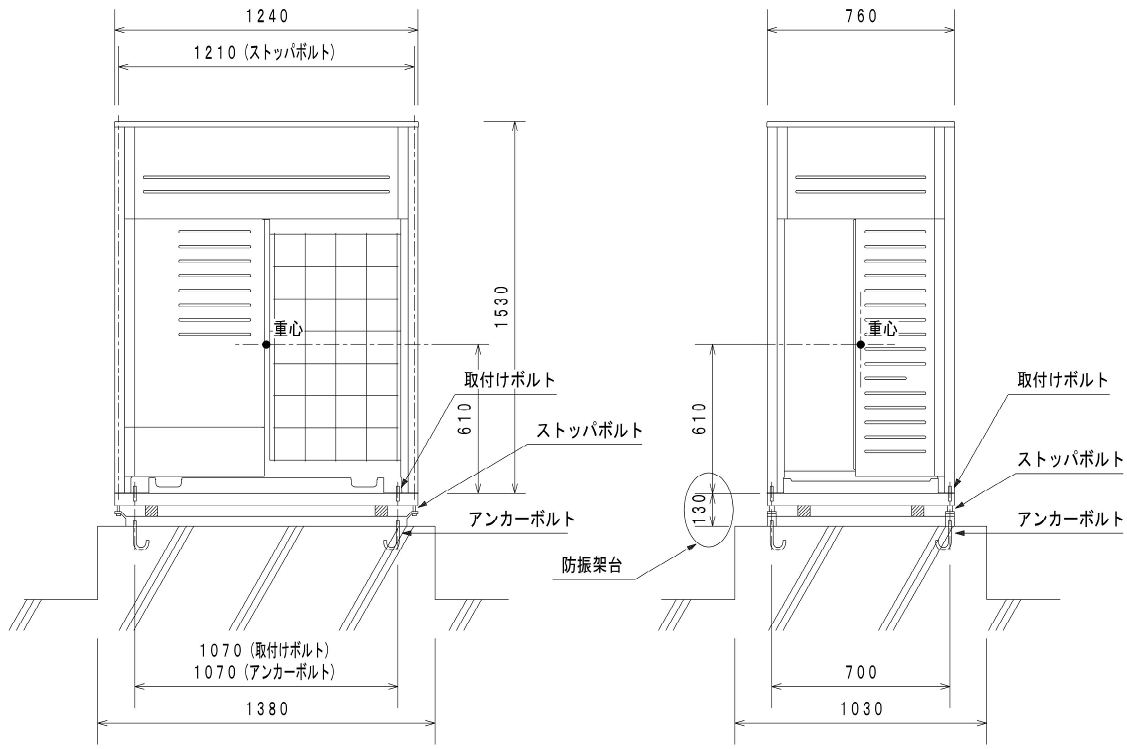
(2) 機器の重量：300kg、防振架台の重量：150kg

(3) 機器の重心は長辺・短辺共に中心と仮定

(4) アンカーボルトは J 型ボルト。取付けボルトの材質はステンレスボルトとする。

※ 前頁に続いてストッパボルトの算定をします。

左の計算式はストッパの検討（c）の計算シートで行います。



入力例の説明

(1) 防振架台全体の高さは 130mm ですが hs は 40mm で入力しています。

(2) 機器の重心は高さのみ入力でけっこうです。

ワンポイントアドバイス

(1) 防振架台はメーカー製作品一体型です。機器メーカーで算定されたものが納入されますので本来設計・施工者が計算する必要はありません。ここでは指針図 3.4-3 に基づき計算した例です。

床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討(矩形)

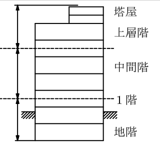
機器名：エアコン室外機のアンカーボルト

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

耐震安全性の分類

適用階の区分



設計用標準震度 (K_S)	
特定の施設	
一般機器	
上層階	
防振支持有	
2.0	

( )内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

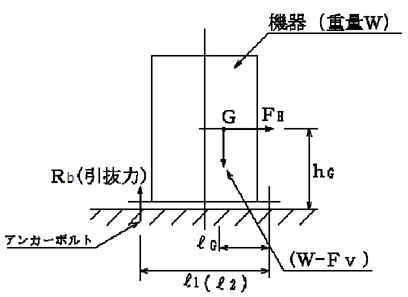
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

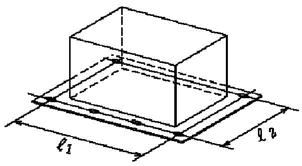
●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 2.0 → 2.00

アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力





機器の寸法	横幅		1,240	mm
	高さ		1,530	mm
	奥行		760	mm
機器の重心	横幅方向	W_G	535	mm
	高さ方向	h_G	740	mm
	奥行方向	D_G	350	mm
ボルトスパン	長辺方向	ℓ_1	1,070	mm
	短辺方向	ℓ_2	700	mm

G：機器の重心位置			
機器の質量		450	kg
W：機器の重量		4.41	kN
n_t：機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルトの本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本
(検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側	2	本
n：アンカーボルトの総本数		4	本
h_G：据付面より機器重心までの高さ		740	mm
ℓ：検討する方向からみたボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	1,070	mm
	短辺方向(ℓ_2)	700	mm
ℓ_G：検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	535	mm
(ただし $\ell_{1G} \leq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})	350	mm
R_b：アンカーボルト1本当りの引抜力			

F_H：**設計用水平地震力** $F_H = K_H \cdot W$ ＝ 2.00 × 4.41 → 8.82 kN / 899 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力** $F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{8.82}{2}$ → 4.41 kN / 450 kgf

アンカーボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{8.82 \times 740 - (4.41 - 4.41) \times 535}{1{,}070 \times 2}$ → 3.05 kN／本、311 kgf／本

短辺方向 $R_{b2} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{8.82 \times 740 - (4.41 - 4.41) \times 350}{700 \times 2}$ → 4.67 kN／本、476 kgf／本

アンカーボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力
F_H：設計用水平地震力
n：アンカーボルトの総本数

$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{8.82}{4}$ → 2.21 kN／本、225 kgf／本

アンカーボルトの選定

スラブ厚選択	120		[mm]
アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	8.83 (900)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	100-d		[mm]

計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

アンカーボルトの算定

(1) 設計用水平震度は K_H=2.0(特定の施設、一般機器、屋上設置)

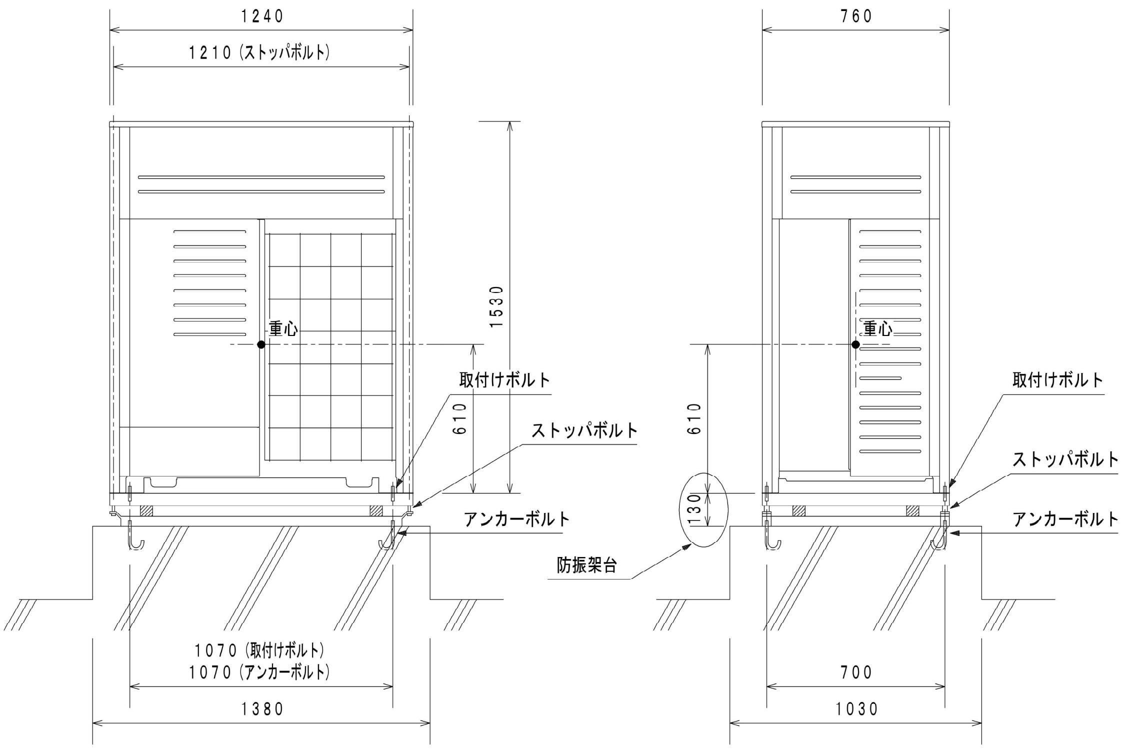
(2) 機器の重量：300kg、防振架台の重量：150kg

(3) 機器の重心は長辺・短辺共に中心と仮定

(4) アンカーボルトは J 型ボルト。取付けボルトの材質はステンレスボルトとする。

※ 前頁に続いてアンカーボルトの算定をします。

左の計算式は床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討（矩形）の計算シートを用います。



入力例の説明

(1) 機器の高さ、重量は防振架台を含んだものとします。

ワンポイントアドバイス

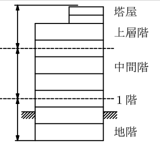
(1) 室外機を防振架台を設けて基礎に止める場合は防振架台を含んだ高さ、重量を入力することになります。

ストッパの検討(b)　移動・転倒防止形ストッパ

機器名：　器　ｽﾄｯﾊﾟ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	の　施　設 / 機　器
中　間　階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	階　階 / 防　振　支　持
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	1.0



(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

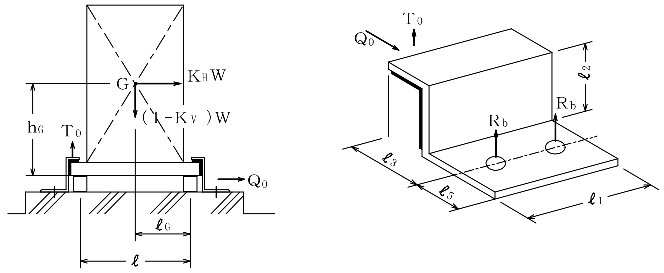
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) $= Z \cdot K_S = 1.0 \times 1.0$ ……… 1.00

設計用鉛直震度(K_V) $= \dfrac{K_H}{2} = \dfrac{1.00}{2}$ ……… 0.500

ストッパの形式

移動・転倒防止形ストッパ



機器の寸法	横　幅	ℓ	90	cm
	高　さ	h	95	cm
	奥　行	D	0	cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G	51	cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

項目	値	単位
f_b：鋼材の短期許容曲げ応力度	23.54	kN／cm^2
m：ストッパのアンカーボルト本数	1	本
d_0：ボルト孔径　(参考：M10は1.2、M12は1.4、M16は1.8、M20は2.2、M24は2.6)	1.2	cm
N_S：機器の一辺のストッパ個数	2	個
機器の質量(架台質量を含む)　1,000kgと入力すると9.81kNとはいります。→	1,000	kg
W：機器の重量(架台重量を含む)　しkNからkgに　はできません。	9.81	kN
ℓ：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)からストッパ先端までの距離	60.0	cm
ℓ_G：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)から機器重心までの距離　(ただし　$\ell_G < \ell/2$)	30.0	cm
ℓ_1：ストッパの幅	8.0	cm
ℓ_2：ストッパの高さ	3.9	cm
ℓ_3：ストッパのボルト中心からストッパ端(機器側)までの水平距離	11.3	cm
ℓ_5：ストッパのボルト中心からストッパ端までの水平距離	3.2	cm

・ストッパの板厚tは下式のうち大きい値とする。

T_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W\ell_3}{f_b \ell(\ell_1 - m d_0) N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 \times \{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500)\} \times 9.81 \times 11.3}{23.54 \times 60.0 \times (8.0 - 1 \times 1.2) \times 2}}$ ……… 1.12 cm

Q_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 K_H W \ell_2}{f_b(\ell_1 - m d_0) N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6 \times 1 \times 9.81 \times 3.9}{23.54 \times (8.0 - 1 \times 1.2) \times 2}}$ ……… 0.85 cm

・アンカーボルトの引抜力

$R_b = \dfrac{\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W}{\ell \cdot m \cdot N_S} \cdot \dfrac{\ell_3 + \ell_5}{\ell_5}$　　12kNを　ています。→

$= \dfrac{\{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500)\} \times 9.81}{60.0 \times 1 \times 2} \times \dfrac{11.3 + 3.2}{3.2}$ ……… 13.34 kN／本　1,360 kgf／本

・アンカーボルトのせん断力

$Q = \dfrac{K_H W}{m \cdot N_S}$

$= \dfrac{1.00 \times 9.81}{1 \times 2}$ ……… 4.91 kN／本　501 kgf／本

注)ストッパの板厚が厚く溶接加工となる場合は、溶接継目の短期許容曲げ応力度を建築基準法施行令第92条(溶接)等より求めてf_bの値とする。

アンカーボルトの選定

スラブ厚選択	120			
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択		ストッパーの板厚 12.0 mm
アンカーボルトサイズ				カ以　のボルトで　全てN　となります。
許容引抜荷重			[kN (kgf)]	ボルトの許容引抜力は最大1200kg(11.　6kN)
許容せん断荷重			[kN (kgf)]	が　です。
ボルトの埋込長さ			[mm]	

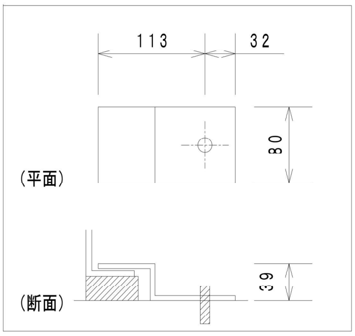
計算例 25(1)：変圧器の移動転倒防止型ストッパの計算(NG の例)

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(特定の施設、重要機器、地階に設置、防振支持有で選択)

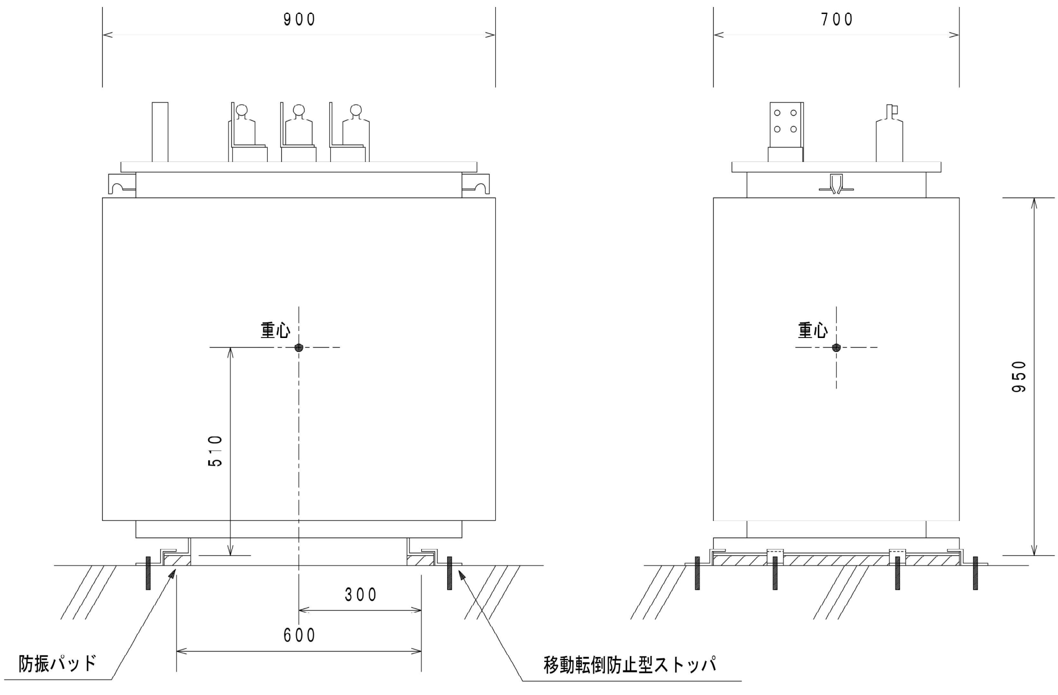
(2) 変圧器の重量：1000kg

(3) ストッパは一辺に 2 個、合計 8 個とする。

(4) 一つのストッパに使用するアンカーボルトの数は 1 本とする。



ストッパの拡大図



ワンポイントアドバイス

(1) アンカーボルトで NG が表示された場合は計画のストッパでは不可ということです。次頁で一つのストッパに使用するアンカーボルトを 2 本にして幅を 80 から 100 に広げて算定してみます。

ストッパの検討(b)　移動・転倒防止形ストッパ	機器名：	変圧器用ｽﾄｯﾊﾟ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

適用階の区分：塔屋／上層階／中間階／1階／地階

設計用標準震度 (K_S)	
特定の施設	
重要機器	
地階及び1階	
防振支持有	
	1.0

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- 2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- 7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- 10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- 13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- 地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

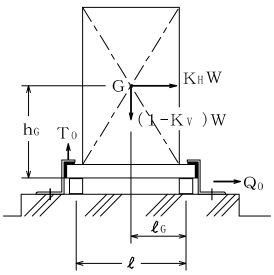
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

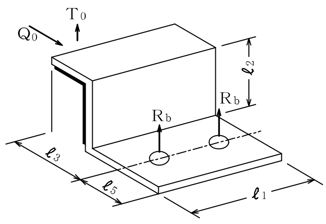
設計用水平震度(K_H) $= Z \cdot K_S = 1.0 \times 1.0$ → 1.00

設計用鉛直震度(K_V) $= \dfrac{K_H}{2} = \dfrac{1.00}{2}$ → 0.500

ストッパの形式

移動・転倒防止形ストッパ





機器の寸法	横幅	ℓ	90	cm
	高さ	h	95	cm
	奥行	D	70	cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G	51	cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

項目	値	単位
f_b：鋼材の短期許容曲げ応力度	23.54	kN／cm²
m：ストッパのアンカーボルト本数	2	本
d_0：ボルト孔径　(参考：M10は1.2、M12は1.4、M16は1.8、M20は2.2、M24は2.6)	1.8	cm
N_S：機器の一辺のストッパ個数	2	個
機器の質量(架台質量を含む)	1,000	kg
W：機器の重量(架台重量を含む)	9.81	kN
ℓ：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)からストッパ先端までの距離	60.0	cm
ℓ_G：検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)から機器重心までの距離　(ただし $\ell_G < \ell/2$)	30.0	cm
ℓ_1：ストッパの幅	10.0	cm
ℓ_2：ストッパの高さ	3.9	cm
ℓ_3：ストッパのボルト中心からストッパ端(機器側)までの水平距離	11.3	cm
ℓ_5：ストッパのボルト中心からストッパ端までの水平距離	3.2	cm

・ストッパの板厚tは下式のうち大きい値とする。

T_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6\{K_H h_G-\ell_G(1-K_V)\}W\ell_3}{f_b \ell(\ell_1-md_0)N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6\times\{1.00\times51-30\times(1-0.500)\}\times9.81\times11.3}{23.54\times60.0\times(10.0-2\times1.8)\times2}}$ → 1.16 cm

Q_0に対し　$t \geqq \sqrt{\dfrac{6K_H W\ell_2}{f_b(\ell_1-md_0)N_S}}$

$t \geqq \sqrt{\dfrac{6\times1\times9.81\times3.9}{23.54\times(10.0-2\times1.8)\times2}}$ → 0.88 cm

・アンカーボルトの引抜力

$R_b=\dfrac{\{K_H h_G-\ell_G(1-K_V)\}W}{\ell\cdot m\cdot N_S}\cdot\dfrac{\ell_3+\ell_5}{\ell_5}$

$=\dfrac{\{1.00\times51-30\times(1-0.500)\}\times9.81}{60.0\times2\times2}\times\dfrac{11.3+3.2}{3.2}$ → 6.67 kN／本、680 kgf／本

・アンカーボルトのせん断力

$Q=\dfrac{K_H W}{m\cdot N_S}$

$=\dfrac{1.00\times9.81}{2\times2}$ → 2.46 kN／本、251 kgf／本

注)ストッパの板厚が厚く溶接加工となる場合は、溶接継目の短期許容曲げ応力度を建築基準法施行令第92条(溶接)等より求めてf_bの値とする。

アンカーボルトの選定

項目	値		単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M16		
許容引抜荷重	9.02 (920)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	19.61 (2000)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	70		[mm]

ストッパーの板厚：12.0 mm

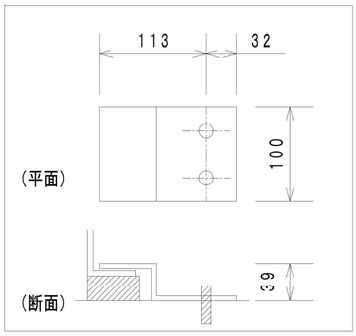
計算例 25(2)：変圧器の移動転倒防止型ストッパの計算

(1) 設計用水平震度 K_H=1.0(特定の施設、重要機器、地階に設置、防振支持有で選択)

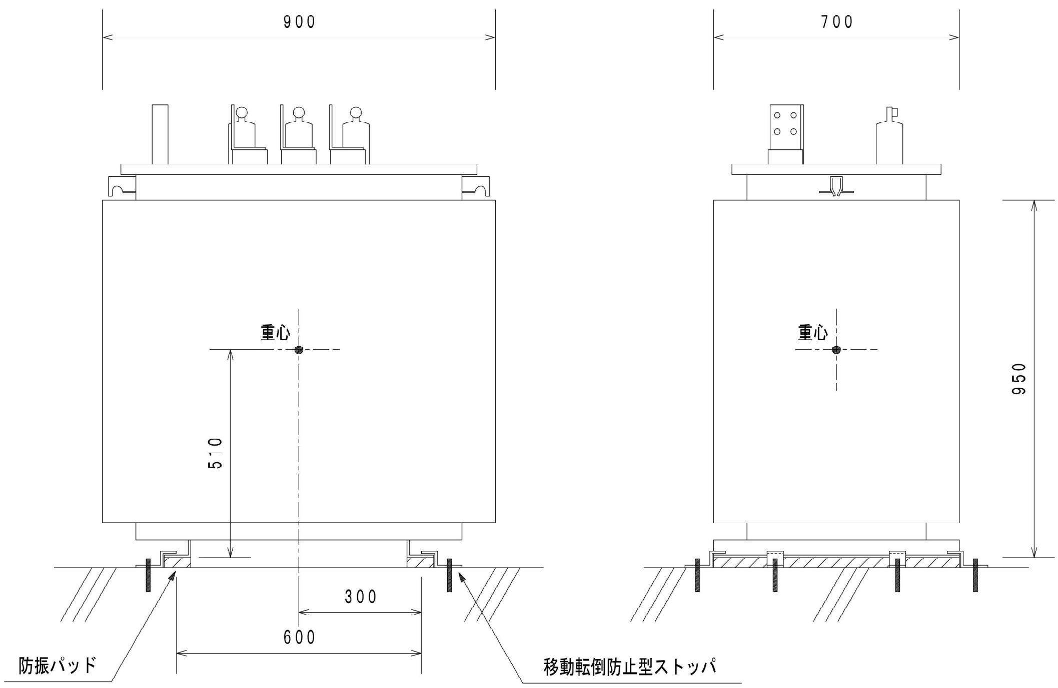
(2) 変圧器の重量：1000kg

(3) ストッパは一辺に 2 個、合計 8 個とする。

(4) 一つのストッパに使用するアンカーボルトの数は 2 本とする。



ストッパの拡大図



ワンポイントアドバイス

(1) 前頁で NG と表示されたので一つのストッパに使用するアンカーボルトの数を 1 本から 2 本に増やしてストッパの幅を 80 から 100 に広げてみた結果です。

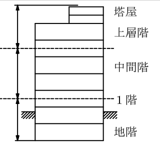
床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討(矩形)

機器名：	発電機

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中 間 階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

適用階の区分



設計用標準震度 (K_S)	
特 定 の 施 設	
重 要 機 器	
中 間 階	
防 振 支 持 有	
	1.5

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

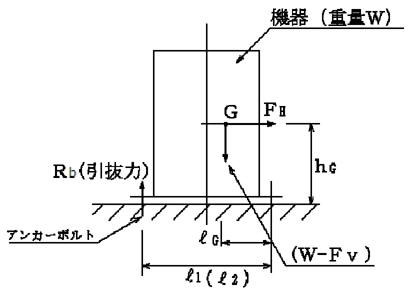
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

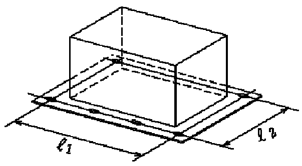
●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.5 ＝ 1.50

アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力





特に入力する必要はありません。

機器の寸法	横 幅			mm
	高 さ			mm
	奥 行			mm
機器の重心	横幅方向	W_G		mm
	高さ方向	h_G	390	mm
	奥行方向	D_G		mm
ボルトスパン	長辺方向	ℓ_1	900	mm
	短辺方向	ℓ_2	460	mm

項目		値	単位
G：機器の重心位置			
機器の質量 (360kgと入力すると3.53kNと表示されます。)		360	kg
W：機器の重量		3.53	kN
n_t：機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルトの本数	長辺方向(n_{t1}) ℓ_2側	2	本
(検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)	短辺方向(n_{t2}) ℓ_1側	2	本
n：アンカーボルトの総本数		4	本
h_G：据付面より機器重心までの高さ		390	mm
ℓ：検討する方向からみたボルトスパン	長辺方向(ℓ_1)	900	mm
	短辺方向(ℓ_2)	460	mm
ℓ_G：検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの水平距離	長辺方向(ℓ_{1G})	450	mm
(ただし $\ell_{1G} \leq \ell_1/2$ 、 $\ell_{2G} \leq \ell_2/2$)	短辺方向(ℓ_{2G})	230	mm
R_b：アンカーボルト1本当りの引抜力			

F_H：設計用水平地震力 $F_H = K_H \cdot W$ ＝ 1.50 × 3.53 → 5.30 kN / 540 kgf

F_V：設計用鉛直地震力 $F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{5.30}{2}$ → 2.65 kN / 270 kgf

アンカーボルトの引抜力

長辺方向 $R_{b1} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{t1}}$

$= \dfrac{5.30 \times 390 - (3.53 - 2.65) \times 450}{900 \times 2}$ → 0.93 kN／本 / 95 kgf／本

短辺方向 $R_{b2} = \dfrac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{t2}}$

$= \dfrac{5.30 \times 390 - (3.53 - 2.65) \times 230}{460 \times 2}$ → 2.03 kN／本 / 207 kgf／本

アンカーボルトのせん断力

Q：ボルトに作用するせん断力
F_H：設計用水平地震力
n：アンカーボルトの総本数

$Q = \dfrac{F_H}{n} = \dfrac{5.30}{4}$ → 1.33 kN／本 / 136 kgf／本

アンカーボルトの選定

項目	値		
スラブ厚選択	120	[mm]	
アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	8.83 (900)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	100-d		[mm]

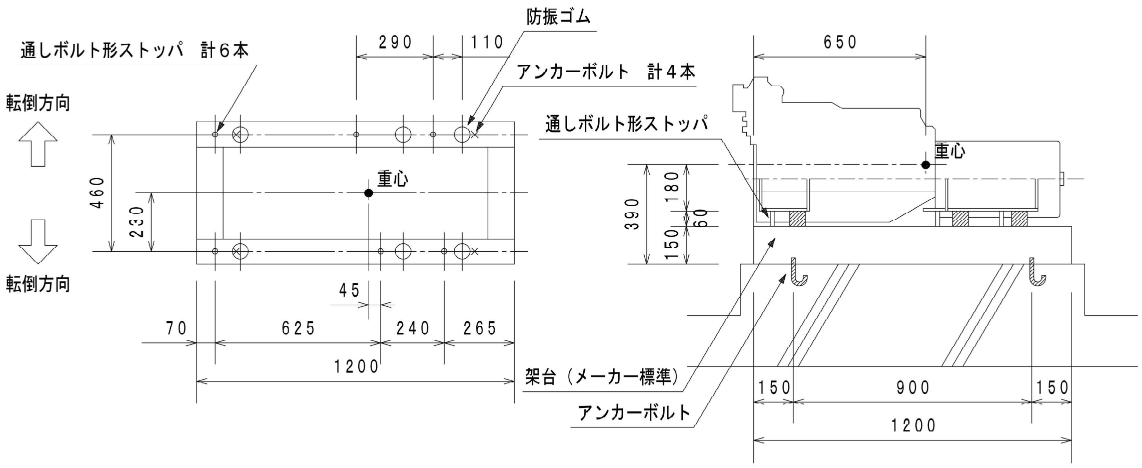
計算例 26-(1)：発電機のアンカーボルトの算定

アンカーボルトの算定

(1) 設計用水平震度 K_H=1.5(特定の施設、重要機器、中間階に設置、防振支持有で選択)

(2) 機器の重量：300kg、架台の重量：60kg

(3) 埋込 J 型ボルト



入力例の説明

(1) アンカーボルトは長辺方向が 2 本、短辺方向が 2 本で計 4 本と入力します。
　　間違いやすいので長辺、短辺は計算シートの貼付図を参考に入力して下さい。

(2) 上記と同様ですがアンカーボルトの寸法は長辺方向が 900、短辺方向は 460 と入力します。

(3) 機器の重心は 180+60+150=390 です。

(4) 機器重量は本体 300kg に架台分 60kg を加算して 360kg とします。

ストッパの検討(c)　移動・転倒防止形ストッパ	機器名：	発電機のｽﾄｯﾊﾟﾎﾞﾙﾄ

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度(K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特定の施設 / 重要機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中間階 / 防振支持有
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	1.5

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

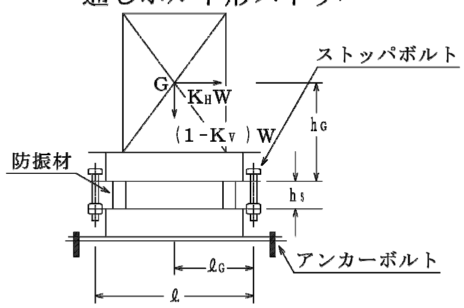
都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数(Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 1.5 → 1.50

設計用鉛直震度(K_V) ＝ $\frac{K_H}{2}$ ＝ $\frac{1.50}{2}$ → 0.750

ストッパの形式

通しボルト形ストッパ



機器の寸法	横幅	ℓ		cm
	高さ	h		cm
	奥行	D		cm
機器の重心	横幅方向	W_G		cm
	高さ方向	h_G	18	cm
	奥行方向	D_G		cm

ストッパの検討式

δ_{tb}	引張りと曲げを同時にうける部分の応力度		
T	引張力		
A_e	有効断面積　(公称径M10は0.54cm²、M12は0.85cm²、M16は1.51cm²、M20は2.36cm²、M24は3.40cm²) ボルトの場合は、軸断面積×0.75	2.36	cm²
M	曲げモーメント		
d	ボルトの軸径　(公称径M10は1.0、M12は1.2、M16は1.6、M20は2.0、M24は2.4)	2.0	cm
Z_1	断面係数　$0.06d^3$　(M10は0.06、M12は0.10、M16は0.25、M20は0.48、M24は0.83)	0.48	cm³
G_1	機器本体の重心　下部のストッパボルトを選択すれば		
G_2	機器本体と上部架台との合成重心　自動入力されます。直接入力は不可です。		
	機器の質量(架台質量を含む)		kg
W	機器の重量(架台重量を含む)　入力必須	2.94	kN
h_s	ストッパボルトの支持点から上部架台までの距離　防振材の高さです。	6.0	cm
ℓ	検討する方向からみたストッパボルトスパン	86.5	cm
ℓ_G	検討する方向からみたストッパボルト中心から機器重心までの距離　(ただし ℓ_G ＜ ℓ／2)	28.5	cm
n_t	ストッパボルトの片側本数	3	本
n	ストッパボルトの総本数	6	本
f_t	鋼材の短期許容引張応力度	下記計算による	
f_s	鋼材の短期許容せん断応力度	下記計算による	

$$f_t \geqq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W\{K_H \cdot h_G - (1-K_V)\cdot \ell_G\}}{\ell \cdot n_t \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_S}{n \cdot Z_1}$$

$$= \frac{2.94 \times \{1.50 \times 18 - (1 - 0.750) \times 28.5\}}{86.5 \times 3 \times 2.36} + \frac{1.50 \times 2.94 \times 6}{6 \times 0.48}$$

9.29 kN／本
947 kgf／本

$$f_S \geqq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e} = \frac{1.50 \times 2.94}{6 \times 2.36}$$

0.32 kN／本
33 kgf／本

ボルトの許容応力度表

単位:kN／cm²(kgf／cm²)

ボルト(径)		短期許容応力度 引張(f_t)		せん断(f_s)	
SS400	40mm≧	17.65	(1,800)	13.23	(1,350)
SS400	40mm＜	16.18	(1,650)	12.06	(1,230)
SUS		15.44	(1,575)	11.73	(1,197)

上表の値は、日本建築学会「鋼構造設計規準」を参考。

ストッパボルト

項目	値	単位
ストッパボルトの材質	SS400	選択です
ストッパボルトの呼び径	M20	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	3.94	kN／cm²
	402	kgf／cm²
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	0.14	kN／cm²
	14	kgf／cm²
評価	OK	

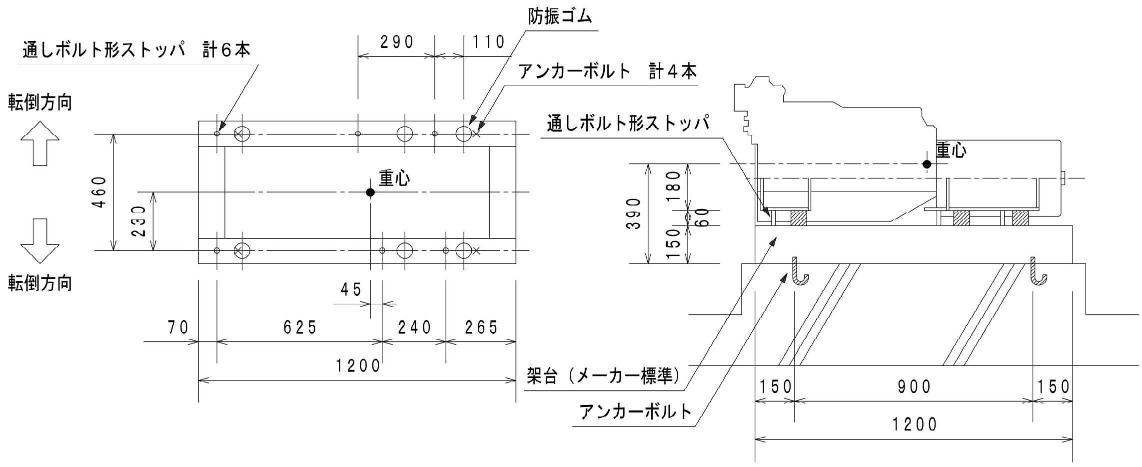
計算例 26-(2)：発電機のストッパボルトの算定

ストッパボルトの算定

(1) 設計用水平震度 KH=1.5(特定の施設、重要機器、中間階に設置、防振支持有で選択)

(2) 機器重量：2.94kN(300kg)

※ 計算シートの寸法は cm です。㎜ではありませんので注意して下さい。



入力例の説明

(1) ストッパボルトは長辺方向が 2 本、短辺方向が 3 本で計 6 本と入力します。
長辺、短辺は間違いやすいので注意して下さい。

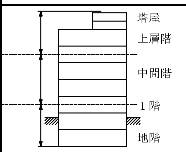
(2) 検討する方向(転倒する方向です)からみたストッパボルトスパンは
625+240=865、よって 86.5cm となります。

(3) 重心高さは 18cm、重心位置は 240+45=285、よって 28.5cm と入力します。

天井吊り部材の検討

機器名：

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

機器の設置場所	耐震安全性の分類 特定の施設 重要機器	特定の施設 一般機器	一般の施設 重要機器	一般の施設 一般機器	適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		特定の施設 一般機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		上層階 防振支持無
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		1.5

(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

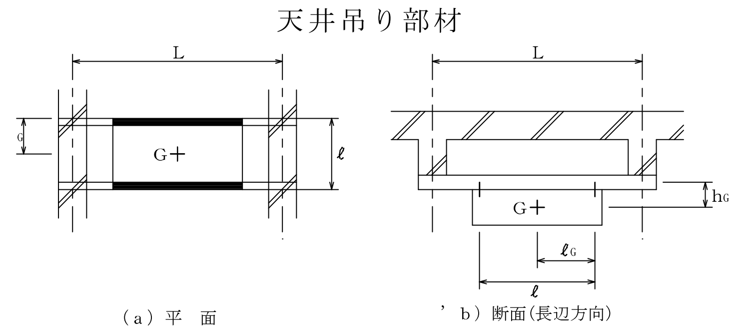
●上層階の定義
- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

●中間階の定義
- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) $= Z \cdot K_S = 1.0 \times 1.5$ → 1.50

天井吊り架台の形式



機器の寸法			
横幅	1,500	mm
高さ	500	mm
奥行	700	mm

項目	値	単位
G：機器の重心位置		
機器の質量	200	kg
W：機器の重量	1.96	kN
ℓ：短辺方向からみた取付けボルト間距離	1,400	mm
ℓ_G：重心からアンカーボルトまでの距離	700	mm
n_t：片側取付けボルト本数	2	本
n：取付けボルトの総本数	4	本
h_G：架台中心より機器重心までの高さ	300	mm
L：アンカーボルト間隔（短辺方向のアンカーボルト）	2,000	mm
α_2：片側アンカーボルト本数	2	本
α_3：アンカーボルト総本数	4	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W = 1.50 \times 1.96$ → 2.94 kN、300 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H = \frac{2.94}{2}$ → 1.47 kN、150 kgf

天井吊り部材の検討

・取付けボルト引張力

短辺方向

$$P_V = \frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (\ell - \ell_G)}{\ell \cdot n_t}$$

$$= \frac{2.94 \times 300 + (1.96 + 1.47) \times (1,400 - 700)}{1,400 \times 2}$$

取付けボルト　1.18 kN／本、120 kgf／本

・取付けボルトせん断力

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{2.94}{4}$$

0.74 kN／本、75 kgf／本

・部材の曲げモーメント(鉛直)

$M_V = P_V \cdot a$　　$a = (L - \ell) / 2$

$= 1.18 \times 300$　　$= (2,000 - 1,400) / 2 = 300$

吊り部材　354.00 kN・mm

・部材の曲げモーメント(水平)

$M_H = Q \cdot a$　　$a = (L - \ell) / 2$

$= 0.74 \times 300$　　$= (2,000 - 1,400) / 2 = 300$

222.00 kN・mm

アンカーボルト

・アンカーボルト引抜力

短辺方向

$$N'_T = \frac{F_H \cdot h_G}{\alpha_2 \cdot L} + \frac{W}{\alpha_3}(1 + K_V) \qquad K_V = \frac{F_V}{W} = \frac{1.47}{2} = 0.75$$

$$= \frac{2.94 \times 300}{2 \times 2,000} + \frac{1.96}{4} \times (1 + 0.75)$$

アンカーボルト　1.08 kN／本、110 kgf／本

・アンカーボルトせん断力

$$Q'_b = \frac{F_H}{\alpha_3} = \frac{2.94}{4}$$

0.74 kN／本、75 kgf／本

アンカーボルトの選定

項目	値	採用サイズ選択	単位
スラブ厚選択	120		
アンカーボルト種類選択	ﾒｶﾆｶﾙ	採用サイズ選択	
アンカーボルトサイズ	M8		
許容引抜荷重	1.96 (200)		[kN (kgf)]
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]
ボルトの埋込長さ	40		[mm]

取付けボルト

項目	値	単位
取付ボルトの材質	SS400	
取付ボルトの呼び径	M8	
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期引張応力度	3.11 (318)	kN／cm^2
ﾎﾞﾙﾄに加わる短期せん断応力度	1.95 (199)	kN／cm^2
評価	OK	

入力例

・機器寸法 1,500W×700D×500H、重量 200kg と仮定し機器の寸法、重量を順次入力します。機器の重量 200kg と入力すると 1.96kN とニュートン単位が表示されます。

・短辺方向からみた取付けボルト間の距離ℓは 1,400、重心からアンカーボルトまでの距離は中心として 1,400／2＝700 と入力します。

・片側取付けボルト本数 2 本、総本数は 4 本、ｈＧは機器高さ 500 の半分に鋼材の半分を 50 と仮定し 300 と入力します。

・アンカーボルト間隔 L は小梁と小梁のセンターとして 2,000 を入力します。

入力の結果

・機器と天井吊り部材の取付けボルトの引張(引抜)力は 1.18kN(120kg)、せん断力は 0.74kN(75kg)と算定されましたので取付けボルトの選定はボルトの許容組合せ応力図より M8 でよいとなります。

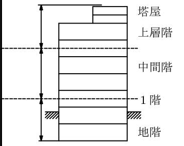
・天井吊り部材を梁に固定するアンカーボルトは引抜力 1.08kN(110kg)、せん断力 0.74kN(75kg)と算定されましたので、あと施工金属拡張形を使用すると M8、ボルト埋込長さ 40mm、コンクリート厚さは 120mm 以上となります。

ワンポイントアドバイス

・天井吊り部材は鉛直、水平曲げモーメントが算定されています。単位は mm 表示ですので 354kN･mm は 35.4kN･cm となります。これ以上の応力をもった鋼材を使用するとして別添付録を参考に決定します。

・例えば溝形鋼を使用すると 75×40 では曲げモーメント 69.7kN、引張力 138kN ですが許容圧縮力がℓ＝200 の場合 29.1kN と算定され 35.4kN を満足できません。ワンサイズアップの 100×50 を使用することになります。

・代表的な山形鋼と溝形鋼の標準断面と長期応力値を別添付録として添付していますので参考にして下さい。

り部　の検討						機器名：	機
局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度	機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K_S)
		特定の施設		一般の施設			
		重要機器	一般機器	重要機器	一般機器		
	上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)		一　般　の　施　設 / 一　般　機　器 / 階
	中　間　階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)		
	地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		0.6

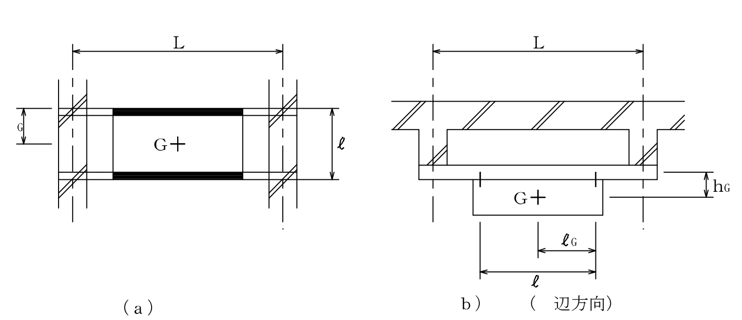
(　)内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。

●上層階の定義
・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。
●中間階の定義
・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

都道府県選択 ⇒	東京都	地域係数 (Z)	1
地域選択 ⇒	全域		

設計用水平震度(K_H) ＝ $Z \cdot K_S$ ＝ 1.0 × 0.6 … 0.60

り架台の形式



機器の寸法			
横　幅	1,300	mm
高　さ	570	mm
奥　行	620	mm

G：機器の重心　置		
機器の質量	200	kg
W：機器の重量	1.96	kN
ℓ：短辺方向　　みた　付けボルト間	1,360	mm
$ℓ_G$：重心　　アンカーボルトまでの　　スラブより　りボルトと機器重心までの →	840	mm
n_t：　　付けボルト本数	2	本
n：　付けボルトの総本数	4	本
h_G：架台中心より機器重心までの高さ	840	mm
L：アンカーボルト間　（短辺方向のアンカーボルト）	1,360	mm
$α_2$：　　アンカーボルト本数	2	本
$α_3$：アンカーボルト総本数	4	本

F_H：**設計用水平地震力**　$F_H = K_H \cdot W$ ＝ 0.60 × 1.96 … 1.18 kN / 120 kgf

F_V：**設計用鉛直地震力**　$F_V = \frac{1}{2} F_H$ ＝ $\frac{1.18}{2}$ … 0.59 kN / 60 kgf

り部　の検討

・　付けボルト引張力
短辺方向

$$\mathrm{v} = \frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (ℓ - ℓ_G)}{ℓ \cdot n_t}$$

$$= \frac{1.18 \times 840 + (1.96 + 0.59) \times (1,360 - 840)}{1,360 \times 2}$$

0.86 kN／本　88 kgf／本

・　付けボルトせN断力

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{1.18}{4}$$

0.30 kN／本　31 kgf／本

・部　の　モーメント(鉛直)

$M_V = \mathrm{v} \cdot$　　＝(L－ℓ)　2

＝ 0.86 × 0　　＝　(1,360 － 1,360)　2 ＝ 0

0.00 kN・mm

・部　の　モーメント(水平)

$M_H = Q \cdot$　　＝(L－ℓ)　2

＝ 0.30 × 0　　＝　(1,360 － 1,360)　2 ＝ 0

0.00 kN・mm

アンカーボルト

・アンカーボルト引抜力
短辺方向

$$N'_T = \frac{F_H \cdot h_G}{α_2 \cdot L} + \frac{W}{α_3}(1 + K_V) \qquad K_V = \frac{F_V}{W} = \frac{0.59}{2} = 0.31$$

$$= \frac{1.18 \times 840}{2 \times 1,360} + \frac{1.96}{4} \times (1 + 0.31)$$

1.01 kN／本　103 kgf／本

・アンカーボルトせん断力

$$Q'_b = \frac{F_H}{α_3} = \frac{1.18}{4}$$

0.30 kN／本　31 kgf／本

アンカーボルトの選定

スラブ厚選択	120			付けボルト		
アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択		の	400	
アンカーボルトサイズ	M8			の	M8	
許容引抜荷重	1.96 (200)		[kN (kgf)]	短	2.26 (231)	kN cm²
許容せん断荷重	4.9 (500)		[kN (kgf)]	短	0.79 (81)	kN cm²
ボルトの埋込長さ	40		[mm]			

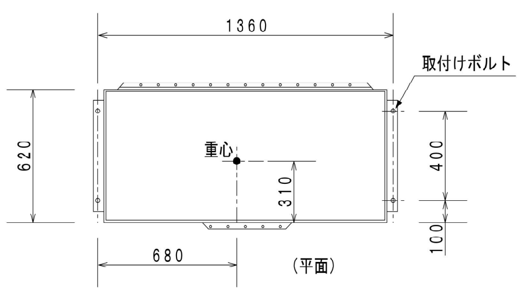
計算例 27：天吊空調機の吊りボルト・アンカーボルト算定

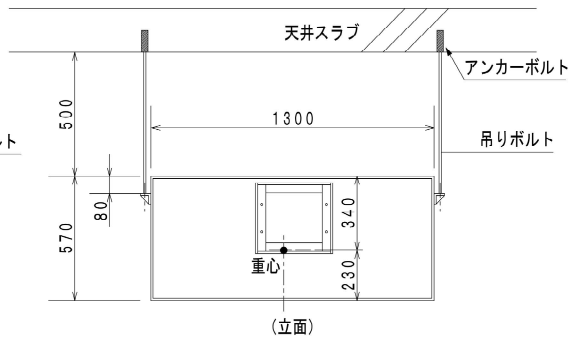
(1) 設計用水平震度 KH=0.6(一般の施設、一般機器、中間階に設置、防振支持無で選択)

(2) 都道府県選択：東京都

(3) あと施工金属拡張アンカー(おねじメカニカルアンカー)

(4) 空調機の重量：200kg





入力例の説明

(1) 重心からアンカーボルト迄の入力が重要になります。例題では(500+340)＝840 を入力します。

(2) 取付けボルトの M8 はボルトの許容耐力の表より自動入力されます。

支持間の質量（重量）算定

１、配管、ラック等の支持方法には色んな方法がありますが、支持部材は主に支持間の重量によって決定します。

（１）電気については電線管が空配管の場合もあれば配管内に絶縁電線、ケーブルを入線する場合もあります。

（２）ラックについては、当該ラックにケーブルが何本布設されるかを求める必要があります。

（３）機械設備の配管については配管内に水が入っているか？保温ラッキング施工がされているか？またガス管のように空配管の場合があります。

上記の重量算定がドロップダウンリストの選択により短時間で確実に算定できるソフトを用意しましたので入力例を参考に支持点間の重量を求めて下さい。

２、支持方法については一部を紹介していますが全てを紹介すると著作権の侵害になります。公共建築設備工事標準図（電気・機械設備工事編）の他、建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版（一財）日本建築センター及び建築電気設備の耐震設計・施工マニュアル改訂第２版㈱オーム社にも詳しく記載されていますので参考にして下さい。

横引配管等の支持＜電気設備工事＞

設置場所：

耐震クラスの適用 / 設置場所の選定

耐震支持の適用

設置場所	耐震安全性の分類			
	特定の施設		一般の施設	
	水平震度	適用	水平震度	適用
上層階、 屋上及び塔屋	2.0	8m以下ごとにA種 耐震支持	1.5	12m以下ごとにA種又は B種耐震支持
中　間　階	1.5	12m以下ごとにA種又は B種耐震支持	——	通常の施工方法による。
地階及び1階	1.0			

注）1. 耐震安全性の分類は、特記がなければ、一般の施設を適用する。

注）2. 設置場所の区分は、配管等を支持する床部分により適用し、天井面より支持する配管等は、直上階を適用する。

注）3. 上層階の定義は次のとおりとする。

- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

また、中間階とは、地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階とする。

注）4. 通常の施工方法とは自重のみを支えるための支持をいう。

注）5. 以下の場合は上記の適用を除外する。

①呼び径が82mm以下の単独配管

②周長800mm以下の金属ダクト、幅400mm以下のケーブルラック及び幅400mm以下の集合配管

③定格電流600A以下のバスダクト

④つり材の長さが平均0. 3m以下の配管等

注）6. 管の支持は、サドル、ハンガ等を使用し、その取付間隔は2m以下とする。また、管とボックス等との接続点及び管端に近い箇所を固定する。

設置場所の選定：	中間階	施　設：	特定の施設	水平震度：	1.5

横引配管等の重量算定

1. 横引配管等の重量算定

（1）自重支持点間の重量（W）

$W= n \cdot W_1 \cdot L_1$

W_1：配管等の単位質量（kg／m）

n：配管配線の本数（本）

（2）耐震支持点間の重量（P）

$P= n \cdot W_1 \cdot L_2$

L_1：自重支持点間距離（m）＜取付間隔は2m以下＞

L_2：耐震支持間隔（m）

配管配線の種類			サイズ	配管配線の単位質量 ＜W_1＞ (kg／m)	本数 <n> (本)	配管配線自重支持間隔 ＜L_1＞ (m)	耐震支持間隔 ＜L_2＞ (m)	自重支持点間の重量 ＜$W=n \cdot W_1 \cdot L_1$＞ (kgf)	耐震支持点間の重量 ＜$P=n \cdot W_1 \cdot L_2$＞ (kgf)
電線管	薄鋼電線管	CP	75	3.661	1	2.00	8.00	7.322	29.288
電線管	厚鋼電線管	GP	82	5.881	1	2.00	8.00	11.762	47.048
配線	EM 屋内絶縁電線	EM-IE	60	0.625	3	2.00	8.00	3.750	15.000
配線	EM-CET ｹｰﾌﾞﾙ	EM-CET	100	3.150	1	2.00	8.00	6.300	25.200
ﾗｯｸ	ｹｰﾌﾞﾙﾗｯｸ(ZM)	ZM	500A	3.734	1	2.00	8.00	7.468	29.872
ﾗｯｸ	ｹｰﾌﾞﾙﾗｯｸ用ｶﾊﾞｰ(ZM)	ZM-C	500	5.667	1	2.00	8.00	11.334	45.336
計								47.936	191.744

入力例の説明

・電線管、配線、ラック共ほとんどの種類とサイズが選択できます。

備考：耐震支持点間の重量が算定されたら、支持材部材選定表を参考に部材を決定する。

横走り管・立て管の支持＜機械設備工事＞

設置場所：

横走り管の吊り、振れ止め支持間隔・立て管の固定及び振れ止め箇所

※横走り管の吊り及び振れ止め支持間隔

分類 ＼ 呼び径		15	20	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
吊り金物による吊り	鋼管及びステンレス鋼管	2.0m以下								3.0m以下				
	ビニル管 耐火二層管及びポリエチレン管	1.0m以下							2.0m以下					
	銅　管	1.0m以下							2.0m以下					
	鋳鉄管	標準図(排水用鋳鉄管の吊り要領)による。												
	ポリブテン管	0.6m以下	0.7m以下		1.0m以下		1.3m以下		1.6m以下	——				
	鉛　管	1.5m以下												
形鋼振れ止め支持	鋼管、鋳鉄管及びステンレス鋼管	——					8.0m以下			12.0m以下				
	ビニル管、耐火二層管、ポリエチレン管及びポリブテン管	——	6.0m以下			8.0m以下				12.0m以下				
	銅　管	——	6.0m以下			8.0m以下				8.0m以下				

注）1. 鋼管及びステンレス鋼管の横走り管の吊り用ボルトの径は、配管呼び径100以下は呼び称M10又は呼び径9、呼び径125以上200以下は呼称M12又は呼び径12、呼び径250以上は呼称M16又は呼び径16とする。ただし、吊り荷重により吊り用ボルトの径を選定してもよい。

2. 電動弁等の重量物及び可とう性を有する継手(排水鋼管用可とう継手、ハウジング形継手等)を使用する場合は上表のほか、その直近で吊る。曲部及び分岐箇所は、必要に応じて支持する。

3. ハウジング形管継手で接合されている呼び径100以上の配管は、吊り材長さが400mm以下の場合、吊り材に曲げ応力が生じないように、吊り用ボルトに替えてアイボルト、鎖等を使用して吊る。

4. 蒸気管の横走り管を、形鋼振止め支持により下方より支持する場合には、ローラ金物等を使用する。

5. 蒸気管の横走り管は、伸縮継手と固定点との中間に標準図(伸縮管継手の固定及びガイド・座屈防止用形鋼振れ止め支持施工要領)による座屈防止用形鋼振れ止め支持を設ける。

6. 排水鉛管の横走り管は、管長が1.0mを超えるときは、亜鉛鉄板製(原板の標準厚さ1.0mm以上)の半円といにのせ、吊り又は支持をする。

7. 鋼管、鋳鉄管及びステンレス鋼管の呼び径50以下、ビニル管、ポリエチレン管、ポリブテン管及び銅管の呼び径20以下の管の形鋼振止め支持は不要とし、必要な場合の支持間隔は、特記による。

8. 冷媒用銅管の横走り管の吊り金物間隔は、銅管の基準外径が9.52mm以下の場合は1.5m以下、12.7mm以上の場合は2.0m以下とし、形鋼振止め支持間隔は銅管に準ずる。ただし、液管・ガス管共吊りの場合は、液管の外径とする。

※立て管の固定及び振れ止め箇所

固　定	鋼管及びステンレス鋼管	最下階の床又は最上階の床
	鋳　鉄　管	最下階の床
形鋼振れ止め支持	鋼管及びステンレス鋼管	各階1箇所
	鋳　鉄　管	各階1箇所
	ビニル管、耐火二層管及びポリエチレン管	各階1箇所
	銅　管	各階1箇所

注）1. 呼び径80以下の配管の固定は、不要としてもよい。

2. 鋼管及びステンレス鋼管で、床貫通等により振れが防止されている場合は、形鋼振れ止め支持を3階ごとに1箇所としてもよい。

配管等の重量算定

1. 配管等の重量算定

(1) 吊り金物による吊り間の重量(W)

$W = n \cdot W_1 \cdot L_1$

(2) 形鋼振れ止め支持間の重量(P)

$P = n \cdot W_1 \cdot L_2$

W_1：配管等の単位質量(kg／m)

n：配管等の本数(本)

L_1：吊り金物による吊り間隔(m)＜上表横走り管の吊り及び振れ止め支持間隔参照＞

L_2：形鋼振れ止め支持間隔(m)＜上表横走り管の吊り及び振れ止め支持間隔参照＞

配管等の種類			サイズ	配管等の単位質量 ＜W_1＞ (kg／m)	本数 ＜n＞ (本)	吊り金物による吊り間隔 ＜L_1＞ (m)	形鋼振れ止め支持間隔 ＜L_2＞ (m)	吊り金物による吊り間の重量 ＜$W=n \cdot W_1 \cdot L_1$＞ (kgf)	形鋼振れ止め支持間の重量 ＜$P=n \cdot W_1 \cdot L_2$＞ (kgf)
配管用炭素鋼管(黒)	SGP(黒)	満水管	100	20.904	1	2.00	8.00	41.808	167.232
配管用炭素鋼管(黒)	SGP(黒)	空配管	100	12.200	1	2.00	8.00	24.400	97.600
配管用炭素鋼管(白)	SGP(白)	満水管	80	13.902	1	2.00	8.00	27.804	111.216
配管用炭素鋼管(白)	SGP(白)	空配管	80	8.790	1	2.00	8.00	17.580	70.320
水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管(VA)	SGP-VA	満水管	65	11.226	1	2.00	8.00	22.452	89.808
水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管(VA)	SGP-VA	空配管	65	7.920	1	2.00	8.00	15.840	63.360
計								149.884	599.536

入力例の説明
・ほとんどの配管はドロップダウンリストより選択できます。
・満水管、空配管が選択できます。
・ラッキングを施す場合は重量が約２倍となりますので
　１本の場合でも２本と入力して下さい。

備考：形鋼振れ止め支持間の重量が算定されたら、機械設備標準図を参考に部材を決定する。

付録　耐震クラスの適用例

（一社）公共建築協会の「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説」（平成8年版）において耐震クラスの適用についての記述があるので、ここに引用し紹介する。

4.4.2　建築設備の耐震設計
1　設備機器の固定
(1)　局部震度法による設計用標準震度

局部震度法による設計用標準震度は、構造体の耐震安全性の分類、設備機器の重要度及び設置階により、選定する。

設備機器の重要度による分類は、重要機器及び一般機器の2分類とし、次による。

重要機器は、次のいずれかに該当するものをいう。また、一般機器とは重要機器以外をいう。

イ　災害応急対策活動に必要な施設等において、施設目的に応じた活動を行うために必要な設備機器
ロ　危険物を貯蔵又は使用する施設において、危険物による被害を防止するための設備機器
ハ　避難、消火等の防災機能を果たす設備機器
二　火災、水害、避難の障害等の二次災害を引き起こすおそれのある設備機器
ホ　その他これらに類する機器

表 4.4（1）局部震度法による建築設備機器（水槽類を除く）の設計用標準水平震度（K_s）

設置場所	耐震安全性の分類			
	特定の施設		一般の施設	
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器
上層階、屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
1階及び地下階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

（注）（　）内の数値は防振支持機器の場合に適用する。

表 4.4（2）局部震度法による水槽類の設計用標準水平震度（K_s）

設置場所	耐震安全性の分類			
	特定の施設		一般の施設	
	重要水槽	一般水槽	重要水槽	一般水槽
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6
1階及び地下階	1.5	1.0	1.0	0.6

【表 4.4（1）、表 4.4（2）の備考】

（備考1）　本表は建築物の構造体が鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄骨造のものに適用する。

（備考2）　上層階の定義は、次のとおりとする。
2～6階建の場合は最上階、7～9階建の場合は上層2階、10～12階建の場合は上層3階、13階建以上の場合は上層4階

（備考3）　中間階の定義は、次のとおりとする。
地下階、1階を除く各階で上層階に該当しないものを中間階とする。（平屋建は、1階と屋上で構成され中間階はなし。）

（備考4）　設置場所の区分は機器を支持している床部分にしたがって適用する。床又は壁に支持される機器は当該階を適用し、天井面より支持（上階床より支持）される機器は支持部材取付床の階（当該階の上階）を適用する。

（備考5）　本表のうち「一般の施設」とは表2.1における「その他」に分類される施設を示し、「特定の施設」とは表2.1における「災害応急対策活動に必要な施設」、「避難所として位置づけられた施設」、「人命及び物品の安全性確保が特に必要な施設」を示す。

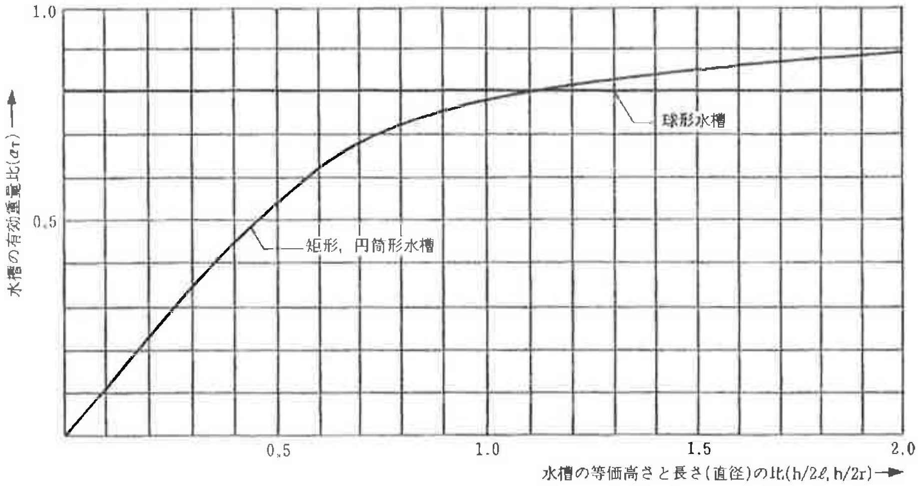
（備考6）　重要水槽とは重要機器として扱う水槽類、一般水槽とは一般機器にとして扱う水槽類を示す。また、水槽類にはオイルタンク等を含む。

第１　Ｚの数値

Ｚは、次の表の上欄に掲げる地方の区分に応じ、同表下欄に掲げる数値とする。

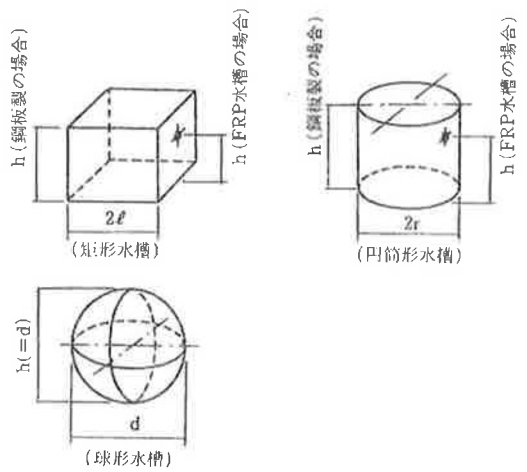
	地方	数値
（一）	（二）から（四）までに掲げる地方以外の地方	1.0
（二）	北海道のうち 札幌市　函館市　小樽市　室蘭市　北見市　夕張市　岩見沢市　網走市　苫小牧市　美唄市　芦別市　江別市　赤平市　三笠市　千歳市　滝川市　砂川市　歌志内市　深川市　富良野市　登別市　恵庭市　伊達市　札幌郡　石狩郡　厚田郡　浜益郡　松前郡　上磯郡　亀田郡　茅部郡　山越郡　檜山郡　爾志郡　久遠郡　奥尻郡　瀬棚郡　島牧郡　寿都郡　磯谷郡　虻田郡　岩内郡　古宇郡　積丹郡　古平郡　余市郡　空知郡　夕張郡　樺戸郡　雨竜郡　上川郡（上川支庁）のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町　勇払郡　網走郡　斜里郡　常呂郡　有珠郡　白老郡 青森県のうち 青森市　弘前市　黒石市　五所川原市　むつ市　東津軽郡　西津軽郡　中津軽郡　南津軽郡　北津軽郡　下北郡 秋田県 山形県 福島県のうち 会津若松市　郡山市　白河市　須賀川市　喜多方市　岩瀬郡　南会津郡　北会津郡　耶麻郡　河沼郡　大沼郡　西白河郡 新潟県 富山県のうち 魚津市　滑川市　黒部市　下新川郡 石川県のうち 輪島市　珠洲市　鳳至郡　珠洲郡 鳥取県のうち 米子市　倉吉市　境港市　東伯郡　西伯郡　日野郡 島根県 岡山県 広島県 徳島県のうち 美馬郡　三好郡 香川県のうち 高松市　丸亀市　坂出市　善通寺市　観音寺市　小豆郡　香川郡　綾歌郡　仲多度郡　三豊郡 愛媛県 高知県 熊本県（（三）に掲げる市及び郡を除く。） 大分県（（三）に掲げる市及び郡を除く。） 宮崎県	0.9
（三）	北海道のうち 旭川市　留萌市　稚内市　紋別市　士別市　名寄市　上川郡（上川支庁）のうち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町、朝日町、風連町及び下川町　中川郡（上川支庁）　増毛郡　留萌郡　苫前郡　天塩郡　宗谷郡　枝幸郡　礼文郡　利尻郡　紋別郡 山口県 福岡県 佐賀県 長崎県 熊本県のうち 八代市　荒尾市　水俣市　玉名市　本渡市　山鹿市　牛深市　宇土市　飽託郡　宇土郡　玉名郡　鹿本郡　葦北郡　天草郡 大分県のうち 中津市　日田市　豊後高田市　杵築市　宇佐市　西国東郡　東国東郡　速見郡　下毛郡　宇佐郡 鹿児島県（名瀬市及び大島郡を除く。）	0.8
（四）	沖縄県	0.7

水槽の有効重量および地震力の作用点



付録図 3－1　水槽の有効重量比（α_T）

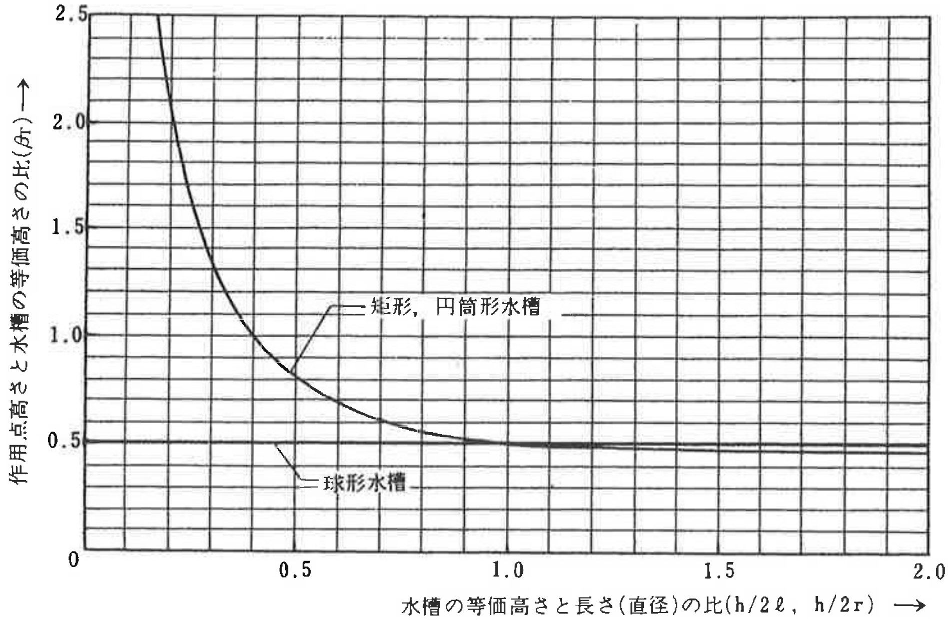
矩形水槽	$\frac{h}{2\ell} \leqq 0.75$ の場合	$\alpha_T = \dfrac{\tanh\left(0.866 / \frac{h}{2\ell}\right)}{\left(0.866 / \frac{h}{2\ell}\right)}$
	$\frac{h}{2\ell} > 0.75$ の場合	$\alpha_T = 1 - \dfrac{0.218}{\left(\frac{h}{2\ell}\right)}$
円筒形水槽	$\frac{h}{2r} \leqq 0.75$ の場合	$\alpha_T = \dfrac{\tanh\left(0.866 / \frac{h}{2r}\right)}{\left(0.866 / \frac{h}{2r}\right)}$
	$\frac{h}{2r} > 0.75$ の場合	$\alpha_T = 1 - \dfrac{0.218}{\left(\frac{h}{2r}\right)}$
球形水槽	$\alpha_T = 0.8$	



付録図 3－2

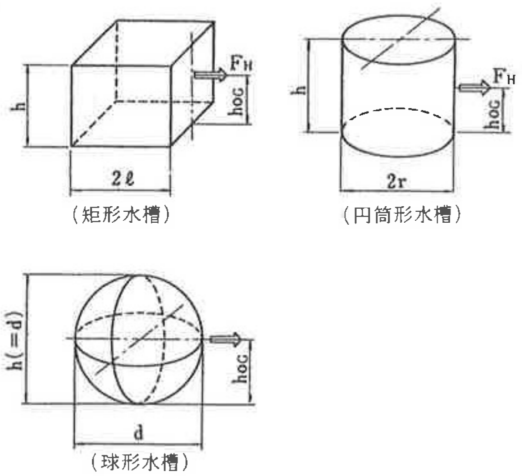
α_T	：水槽の有効重量比（＝ W_0 ／ W）	
W[注)]	：水槽の全重量	(kN)
W_0	：水槽の有効重量	(kN)
h	：水槽の等価高さ	(cm)
ℓ	：矩形水槽長さの 1 ／ 2	(cm)
r	：円筒形水槽の半径	(cm)
d	：球形水槽の直径	(cm)

注）W は高さ h までの水の重量をとれば、水槽本体の重量は含んでいるものとしてよい。



付録図 3−3 水槽の作用点高さと等価高さの比（β_T）

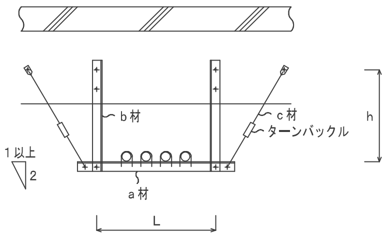
矩形水槽	$\frac{h}{2\ell} \leqq 0.75$ の場合 $\beta_T = \dfrac{\left(0.866 \Big/ \frac{h}{2\ell}\right)}{2 \cdot \tanh\left(0.866 \Big/ \frac{h}{2\ell}\right)} - 0.125$
	$\frac{h}{2\ell} > 0.75$ の場合 $\beta_T = \dfrac{\dfrac{0.75}{\left(\frac{h}{2\ell}\right)} \cdot \left\{\dfrac{0.151}{\left(\frac{h}{2\ell}\right)} - 0.29\right\} + 0.5}{1 - \dfrac{0.218}{\left(\frac{h}{2\ell}\right)}}$
円筒形水槽	$\frac{h}{2r} \leqq 0.75$ の場合 $\beta_T = \dfrac{\left(0.866 \Big/ \frac{h}{2r}\right)}{2 \cdot \tanh\left(0.866 \Big/ \frac{h}{2r}\right)} - 0.125$
	$\frac{h}{2r} > 0.75$ の場合 $\beta_T = \dfrac{\dfrac{0.75}{\left(\frac{h}{2r}\right)} \cdot \left\{\dfrac{0.151}{\left(\frac{h}{2r}\right)} - 0.29\right\} + 0.5}{1 - \dfrac{0.218}{\left(\frac{h}{2r}\right)}}$
球形水槽	$\beta_T = 0.5$



付録図 3−4

β_T	：作用点高さと水槽の等価高さの比	（$= h_{0G} / h$）
h	：水槽の等価高さ	(cm)
h_{0G}	：水平力の作用点高さ	(cm)
ℓ	：矩形水槽長さの１／２	(cm)
r	：円筒形水槽の半径	(cm)
d	：球形水槽の直径	(cm)

横引配管用A種耐震支持材部材選定表の例（No. 1）＜電気設備工事＞

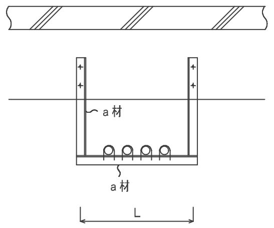


注） 1）※1の配管重量（P）は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。
2）躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ（下記以上とする。）
（Ⅰ）あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト（M）
M8：40mm　　M16：70mm
M10：45mm　　M20：90mm
M12：60mm
（Ⅱ）あと施工式樹脂アンカーボルト（CM）
CM12：90mm
CM16：110mm

配管重量 P ※1 〔kN〕	サポート幅 L 〔mm〕	部材仕様 a 材	吊長さ h 〔mm〕	部材仕様 b 材	部材仕様 c 材	接合ボルトサイズ	躯体取付けアンカー はり固定	躯体取付けアンカー スラブ固定
2.5	500	L－40×40×3	500	L－40×40×3	M8丸鋼	M8	M8	M8
	1,000	L－40×40×5	1,000	L－40×40×3				
	1,500	－	1,500	L－40×40×3				
	2,000	－	2,000	L－40×40×3				
	2,500	－	2,500	L－40×40×3				
5	500	L－40×40×5	500	L－40×40×3	M8丸鋼	M10	M10	2－M8
	1,000	L－50×50×6	1,000	L－40×40×3				
	1,500	－	1,500	L－40×40×3				
	2,000	－	2,000	L－40×40×3				
	2,500	－	2,500	L－40×40×5				
10	500	L－50×50×6	500	L－45×45×4	M10丸鋼	M16	2－M10	2－M12
	1,000	L－65×65×6	1,000	L－45×45×4				
	1,500	L－75×75×6	1,500	L－45×45×4				
	2,000	L－75×75×9	2,000	L－45×45×4				
	2,500	L－90×90×7	2,500	L－50×50×6				
15	500	L－60×60×5	500	L－60×60×4	M12丸鋼	M16	M16	2－CM12
	1,000	L－75×75×6	1,000	L－60×60×4				
	1,500	L－75×75×9	1,500	L－60×60×4				
	2,000	L－90×90×10	2,000	L－60×60×4				
	2,500	〔-100×50×5×7.5	2,500	L－60×60×4				
20	500	－	500	L－60×60×4	M16丸鋼	M16	2－M16	3－CM12
	1,000	L－75×75×9	1,000	L－60×60×4				
	1,500	L－90×90×10	1,500	L－60×60×4				
	2,000	〔-100×50×5×7.5	2,000	L－60×60×4				
	2,500	〔-100×50×5×7.5	2,500	L－65×65×6				
25	500	－	500	L－65×65×6	M16丸鋼	M20	2－M16	3－CM12
	1,000	L－90×90×7	1,000	L－65×65×6				
	1,500	〔-75×40×5×7	1,500	L－65×65×6				
	2,000	〔-100×50×5×7.5	2,000	L－65×65×6				
	2,500	〔-125×65×6×8	2,500	L－65×65×6				
30	500	－	500	L－65×65×6	FB－6×65	M20	2－M16	3－CM16
	1,000	－	1,000	L－65×65×6				
	1,500	〔-100×50×5×7.5	1,500	L－65×65×6				
	2,000	〔-100×50×5×7.5	2,000	L－65×65×6				
	2,500	〔-125×65×6×8	2,500	L－65×65×8				
40	500	－	500	L－60×60×4	FB－6×65	2－M16	4－M16	－
	1,000	－	1,000	L－60×60×4				
	1,500	〔-100×50×5×7.5	1,500	L－60×60×5				
	2,000	〔-125×65×6×8	2,000	L－65×65×6				
	2,500	〔-125×65×6×8	2,500	L－75×75×6				
50	500	－	500	L－65×65×6	L－65×65×6	2－M20	4－M16	－
	1,000	－	1,000	L－65×65×6				
	1,500	－	1,500	L－65×65×6				
	2,000	〔-125×65×6×8	2,000	L－65×65×8				
	2,500	〔-150×75×6.5×10	2,500	L－75×75×9				
60	500	－	500	L－65×65×6	L－65×65×6	2－M20	4－M16	－
	1,000	－	1,000	L－65×65×6				
	1,500	－	1,500	L－65×65×6				
	2,000	－	2,000	L－75×75×6				
	2,500	〔-150×75×6.5×10	2,500	L－75×75×9				

特記）上図の部材選定表は標準図に記載がないため施工マニュアルを引用した。

横引配管用耐震支持材部材選定表の例（No. 2ー1）＜電気設備工事＞



注） 1）※1の配管重量（P）は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。

2）躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ（下記以上とする。）

（Ⅰ）あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト（M）

M8：40mm　　M16：70mm
M10：45mm　　M20：90mm
M12：60mm

（Ⅱ）あと施工式樹脂アンカーボルト（CM）

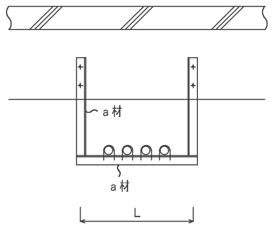
CM10：80mm
CM12：90mm
CM16：110mm

配管重量 P ※1 〔kN〕	支持材寸法 L 〔mm〕	支持材寸法 h 〔mm〕	部材仕様 a 材	躯体取付けアンカー スラブ固定	躯体取付けアンカー はり固定
2.5	500	500	L−40×40×5	M8	M8
		1,000	L−50×50×6	M10	M8
		1,500	L−65×65×6	M12	M10
		2,000	L−70×70×6	M16	M10
		2,500	[−75×40×5×7	2−CM10	M12
	1,000	500	L−50×50×4	M8	M8
		1,000	L−60×60×5	M8	M8
		1,500	L−65×65×6	M8	M8
		2,000	L−70×70×6	M10	M8
		2,500	[−75×40×5×7	2−M8	M8
5	500	500	L−60×60×5	M12	M10
		1,000	L−70×70×6	M16	M12
		1,500	[−75×40×5×7	2−CM10	M16
		2,000	[−75×40×5×7	2−CM12	M16
		2,500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
	1,000	500	L−60×60×5	M8	M8
		1,000	L−75×75×6	M12	M10
		1,500	[−75×40×5×7	2−M10	M10
		2,000	[−75×40×5×7	2−M10	M12
		2,500	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
10	500	500	L−65×65×8	CM12	M12
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,500	[−100×50×5×7.5	3−CM12	2−M16
		2,000	[−100×50×5×7.5	3−CM12	2−M16
		2,500	[−125×65×6×8	−	2−M16
	1,000	500	[−75×40×5×7	M12	M10
		1,000	[−75×40×5×7	2−CM10	M12
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		2,000	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		2,500	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
	1,500	500	[−75×40×5×7	2−M8	M10
		1,000	[−75×40×5×7	2−M10	M12
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
		2,000	[−100×50×5×7.5	2−CM10	M16
		2,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
	2,000	500	[−75×40×5×7	2−M8	M10
		1,000	[−75×40×5×7	2−M8	M10
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−M10	M12
		2,000	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
		2,500	[−125×65×6×8	2−M12	M16
	2,500	500	[−75×40×5×7	M10	M10
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−M10	M10
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−M10	M12
		2,000	[−100×50×5×7.5	2−M10	M12
		2,500	[−125×65×6×8	2−M12	M12

配管重量 P ※1 〔kN〕	支持材寸法 L 〔mm〕	支持材寸法 h 〔mm〕	部材仕様 a 材	躯体取付けアンカー スラブ固定	躯体取付けアンカー はり固定
15	500	500	[−75×40×5×7	2−CM10	M16
		1,000	[−100×50×5×7.5	3−CM12	2−M16
		1,500	[−100×50×5×7.5	−	2−M16
		2,000	[−125×65×6×8	−	2−M16
		2,500	[−125×65×6×8	−	2−M20
	1,000	500	[−75×40×5×7	2−CM10	M16
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−CM10	M16
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		2,500	[−125×65×6×8	3−CM12	2−M16
	1,500	500	[−75×40×5×7	2−M10	M12
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−CM10	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,500	[−125×65×6×8	2−CM16	M16
	2,000	500	[−75×40×5×7	2−M10	M12
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
		1,500	[−100×50×5×7.5	2−M12	M12
		2,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
	2,500	500	[−100×50×5×7.5	2−M10	2−M10
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−M10	M12
		1,500	[−125×65×6×8	2−M12	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−M12	M16
		2,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
20	500	500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	2−M12
		1,000	[−100×50×5×7.5	3−CM16	2−M16
		1,500	[−125×65×6×8	−	2−M20
		2,000	[−125×65×6×8	−	2−M20
		2,500	[−150×75×6.5×10	−	3−M20
	1,000	500	[−75×40×5×7	2−CM10	2−M10
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		2,000	[−125×65×6×8	3−CM16	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
	1,500	500	[−75×40×5×7	2−CM10	2−M10
		1,000	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
	2,000	500	[−100×75×5×7.5	2−CM10	M16
		1,000	[−100×75×5×7.5	2−CM10	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
	2,500	500	[−100×50×5×7.5	2−M10	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−M12	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	2−CM12	M16

特記）上図の部材選定表は標準図に記載がないため施工マニュアルを引用した。

横引配管用耐震支持材部材選定表の例（No. 2−2）＜電気設備工事＞



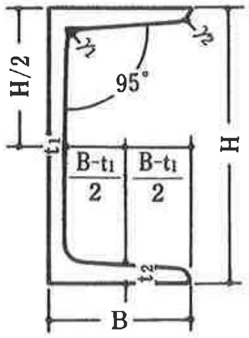
注）1）※1の配管重量（P）は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。
2）躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ（下記以上とする。）
（Ⅰ）あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト（M）
M8：40mm　　M16：70mm
M10：45mm　　M20：90mm
M12：60mm
（Ⅱ）あと施工式樹脂アンカーボルト（CM）
CM10：80mm
CM12：90mm
CM16：110mm

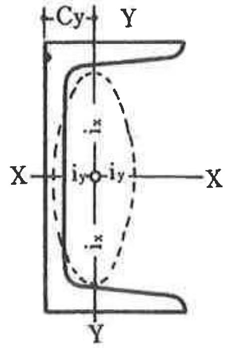
配管重量 P ※1 〔kN〕	支持材寸法 L 〔mm〕	支持材寸法 h 〔mm〕	部材仕様 a 材	躯体取付けアンカー スラブ固定	躯体取付けアンカー はり固定
25	1,000	500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	3−CM12	2−M16
		1,500	[−125×65×6×8	3−CM12	2−M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	4−CM12	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	−	2−M20
	1,500	500	[−100×50×5×7.5	2−CM10	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
	2,000	500	[−100×50×5×7.5	2−M12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
	2,500	500	[−100×50×5×7.5	2−M12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		1,500	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	2−CM12	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
30	1,500	500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−CM12	2−M16
		1,500	[−125×65×6×8	3−CM12	2−M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	−	2−M16
	2,000	500	[−100×50×5×7.5	2−CM12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−CM12	M16
		1,500	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
	2,500	500	[−125×65×6×8	2−M12	M16
		1,000	[−125×65×6×8	2−M16	M16
		1,500	[−150×75×6.5×10	2−CM12	2−M16
		2,000	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
		2,500	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
40	1,500	500	[−125×65×6×8	2−CM12	2−M16
		1,000	[−125×65×6×8	3−CM12	2−M16
		1,500	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
		2,000	[−180×75×7×10.5	−	2−M20
		2,500	[−180×75×7×10.5	−	2−M20
	2,000	500	[−125×65×6×8	2−CM12	2−M16
		1,000	[−150×75×6.5×10	2−CM16	2−M16
		1,500	[−150×75×6.5×10	3−CM16	2−M16
		2,000	[−150×75×9×12.5	3−CM16	2−M16
		2,500	[−180×75×7×10.5	−	2−M20
	2,500	500	[−125×65×6×8	2−M16	2−M16
		1,000	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		1,500	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		2,000	[−150×75×9×12.5	3−CM16	2−M16
		2,500	[−180×75×7×10.5	3−CM16	2−M16
50	2,000	500	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		1,000	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		1,500	[−150×75×9×12.5	3−CM16	2−M20
		2,000	[−180×75×7×10.5	−	2−M20
		2,500	[−200×80×7.5×11	−	2−M20
	2,500	500	[−125×65×6×8	2−CM16	2−M16
		1,000	[−150×75×6.5×10	3−CM12	2−M16
		1,500	[−150×75×9×12.5	3−CM16	2−M16
		2,000	[−200×80×7.5×11	−	2−M20
		2,500	[−200×80×7.5×11	−	2−M20

特記）上図の部材選定表は標準図に記載がないため施工マニュアルを引用した。

付録 4.9　溝形鋼の標準断面寸法とその断面積・単位重量・断面特性・長期応力

下図における溝形鋼の標準断面寸法とその断面積等の関係を次頁の付録表 4.9－1 に示す。





注）許容曲げモーメント、許容引張り力、許容圧縮力は、材質を SS400 として算定している。
（許容力は長期の値を示しており、短期の値は、この 1.5 倍とする。長さ（ℓ）が 200cm を超える場合は以下に示す補正を行う。）

$M_A = Z \cdot f_b$　、$f_b = 15.6\text{kN/cm}^2$

$T_a = A \cdot f_t$　、　$f_t = 15.6\text{kN/cm}^2$

$C_a = A \cdot f_c$　、$f_c = \dfrac{\left\{1-0.4\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}F}{\nu}$　　　$\lambda \leqq \Lambda$のとき

$f_c = \dfrac{0.277F}{\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2}$　　　$\lambda > \Lambda$のとき

ここに、λ：細長比＝$\ell / i_{min} \leqq 250$　、$\Lambda = \sqrt{\dfrac{\pi^2 \cdot E}{0.6F}}$

$\nu = \dfrac{3}{2} + \dfrac{2}{3}\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$、$F = 23.5\text{kN/cm}^2$、$E = 20{,}500\text{kN/cm}^2$

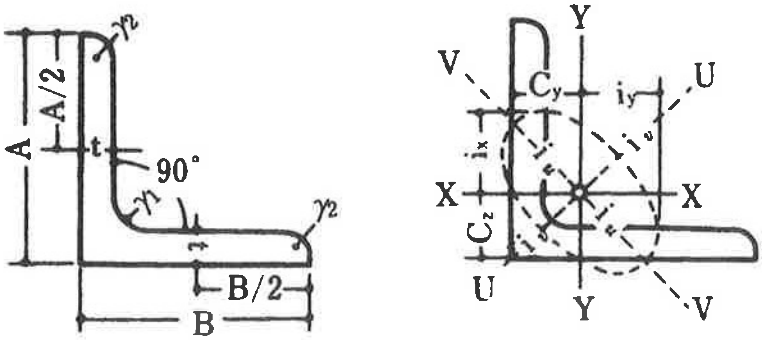
により求めている。

付録表 4.9－1　溝形鋼の標準断面寸法とその断面積・単位重量・断面特性・長期応力

寸法（mm）					断面積 (cm²)	単位質量 (kg/m)	断面２次モーメント (cm⁴)		断面２次半径 (cm)		断面係数 (cm³)		重心 (cm)	許容曲げモーメント (kN·cm)	許容引張り力 (kN)	許容圧縮力（kN） C_a		
H×B	t_1	t_2	r_1	r_2			I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	Z_y	C_y	M_A	T_a	ℓ＝100	ℓ＝150	ℓ＝200
75×40	5	7	8	4	8.818	6.92	75.3	12.2	2.92	1.17	20.1	4.47	1.28	69.7	138	91.0	51.8	29.1
100×50	5	7.5	8	4	11.92	9.36	188	26.0	3.97	1.48	37.6	7.52	1.54	122	186	144	103	62.6
125×65	6	8	8	4	17.11	13.4	424	61.8	4.98	1.90	67.8	13.4	1.90	225	267	230	190	144
150×75	6.5	10	10	5	23.71	18.6	861	117	6.03	2.22	115	22.4	2.28	368	370	331	287	235
150×75	9	12.5	15	7.5	30.59	24.0	1,050	147	5.86	2.19	140	28.3	2.31	441	477	424	364	292
180×75	7	10.5	11	5.5	27.20	21.4	1,380	131	7.12	2.19	153	24.3	2.13	398	424	379	327	266
200×80	7.5	11	12	6	31.33	24.6	1,950	168	7.88	2.32	195	29.1	2.21	480	489	442	389	323
200×90	8	13.5	14	7	38.65	30.3	2,490	277	8.02	2.68	249	44.2	2.74	716	603	558	504	436

付録 4.8　等辺山形鋼の標準断面寸法とその断面積・単位重量・断面特性・長期応力

下図における等辺山形鋼の標準断面寸法とその断面積等の関係を次頁の付録表 4.8－1 に示す。



注 1)　許容曲げモーメント、許容引張り力、許容圧縮力については、材質は SS400 とする。
（許容力は長期の値を示しており、短期の値は、この 1.5 倍とする。）

$M_A = Z \cdot f_b$　、$f_b = 15.6\text{kN/cm}^2$

$T_a = A \cdot f_t$　、$f_t = 15.6\text{kN/cm}^2$

$C_a = A \cdot f_c$　、$f_c = \dfrac{\left\{1-0.4\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}F}{\nu}$　　$\lambda \leqq \Lambda$のとき

$f_c = \dfrac{0.277F}{\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2}$　　$\lambda > \Lambda$のとき

ここに、λ：細長比＝$\ell / i_{min} \leqq 250$　、$\Lambda = \sqrt{\dfrac{\pi^2 \cdot E}{0.6F}}$

$\nu = \dfrac{3}{2} + \dfrac{2}{3}\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$、$F = 23.5\text{kN/cm}^2$、$E = 20{,}500\text{kN/cm}^2$

により求めている。

注 2)　許容引張り力については全断面を有効とした場合の値を示しており、実用的には山形鋼の 1 辺の 1/2 とボルト孔の投影面積を減じた部材有効断面から許容引張り力を算出すること。

付録表 4.8－1　等辺山形鋼の標準断面寸法とその断面積・単位重量・断面特性・長期応力

寸法 (mm)				断面積 (cm²)	単位質量 (kg/m)	断面2次モーメント (cm⁴)			断面2次半径 (cm)			断面係数 (cm³)	重心 (cm)	許容曲げモーメント (kN·cm)	許容引張り力 (kN)	許容圧縮力 (kN) C_a		
A×B	t	r_1	r_2	A		$I_x=I_y$	I_u	I_v	$i_x=i_y$	i_u	i_v	$Z_x=Z_y$	$C_x=C_y$	M_A	T_a	$\ell=100$	$\ell=150$	$\ell=200$
40× 40	3	4.5	2	2.336	1.83	3.53	5.60	1.46	1.23	1.55	0.790	1.21	1.09	18.9	36.4	13.6	6.05	—
40× 40	5	4.5	3	3.755	2.95	5.42	8.59	2.25	1.20	1.51	0.774	1.91	1.17	29.8	58.6	20.8	9.23	—
45× 45	4	6.5	3	3.492	2.74	6.50	10.3	2.70	1.36	1.72	0.880	2.00	1.24	31.2	54.5	25.0	11.2	6.31
50× 50	4	6.5	3	3.892	3.06	9.06	14.4	3.76	1.53	1.92	0.983	2.49	1.37	38.8	60.7	32.7	15.5	8.72
50× 50	6	6.5	4.5	5.644	4.43	12.6	20.0	5.23	1.50	1.88	0.963	3.55	1.44	55.4	88.0	46.1	21.6	12.1
60× 60	4	6.5	3	4.692	3.68	16.0	25.4	6.62	1.85	2.33	1.19	3.66	1.61	57.1	73.2	48.4	27.6	15.5
60× 60	5	6.5	3	5.802	4.55	19.6	31.2	8.09	1.84	2.32	1.18	4.52	1.66	70.5	90.5	59.4	33.5	18.8
65× 65	6	8.5	4	7.527	5.91	29.4	46.6	12.2	1.98	2.49	1.27	6.26	1.81	97.8	117	81.8	50.3	28.3
65× 65	8	8.5	6	9.761	7.66	36.8	58.3	15.3	1.94	2.44	1.25	7.96	1.88	124	152	105	63.3	35.6
70× 70	6	8.5	4	8.127	6.38	37.1	58.9	15.3	2.14	2.69	1.37	7.33	1.93	114	127	93.0	61.8	35.6
75× 75	6	8.5	4	8.727	6.85	46.1	73.2	19.0	2.30	2.90	1.48	8.47	2.06	132	136	104	73.3	44.0
75× 75	9	8.5	6	12.69	9.96	64.4	102	26.7	2.25	2.84	1.45	12.1	2.17	189	198	150	105	62.2
75× 75	12	8.5	6	16.56	13.0	81.9	129	34.5	2.22	2.79	1.44	15.7	2.29	245	258	195	135	80.1
80× 80	6	8.5	4	9.327	7.32	56.4	89.6	23.2	2.46	3.10	1.58	9.70	2.18	151	146	115	85.5	54.3
90× 90	6	10	5	10.55	8.28	80.7	128	33.4	2.77	3.48	1.78	12.3	2.42	192	165	136	107	74.8
90× 90	7	10	5	12.22	9.59	93.0	148	38.3	2.76	3.48	1.77	14.2	2.46	222	191	159	125	88.3
90× 90	10	10	7	17.00	13.3	125	199	51.7	2.71	3.42	1.74	19.5	2.57	304	265	219	172	119
90× 90	13	10	7	21.71	17.0	156	248	65.3	2.68	3.38	1.73	24.8	2.69	387	339	279	218	151
100×100	7	10	5	13.62	10.7	129	205	53.2	3.08	3.88	1.98	17.7	2.71	276	212	183	152	115
100×100	10	10	7	19.00	14.9	175	278	72.0	3.04	3.83	1.95	24.4	2.82	381	296	255	210	159
100×100	13	10	7	24.31	19.1	220	348	91.1	3.00	3.78	1.94	31.1	2.94	485	379	325	267	200
120×120	8	12	5	18.76	14.7	258	410	106	3.71	4.67	2.38	29.5	3.24	460	293	265	233	194
130×130	9	12	6	22.74	17.9	366	583	150	4.01	5.06	2.57	38.7	3.53	604	355	326	292	249
130×130	12	12	8.5	29.76	23.4	467	743	192	3.96	5.00	2.54	49.9	3.64	778	464	426	380	323
130×130	15	12	8.5	36.75	28.8	568	902	234	3.93	4.95	2.53	61.5	3.76	959	573	525	468	398
150×150	12	14	7	34.77	27.3	740	1,180	304	4.61	5.82	2.96	68.1	4.14	1,060	542	509	468	416
150×150	15	14	10	42.74	33.6	888	1,410	365	4.56	5.75	2.92	82.6	4.24	1,290	667	625	573	508
150×150	19	14	10	53.38	41.9	1,090	1,730	451	4.52	5.69	2.91	103	4.40	1,610	833	780	715	633
175×175	12	15	11	40.52	31.8	1,170	1,860	480	5.38	6.78	3.44	91.8	4.73	1,430	632	604	568	520
175×175	15	15	11	50.21	39.4	1,440	2,290	589	5.35	6.75	3.42	114	4.85	1,780	783	748	703	643