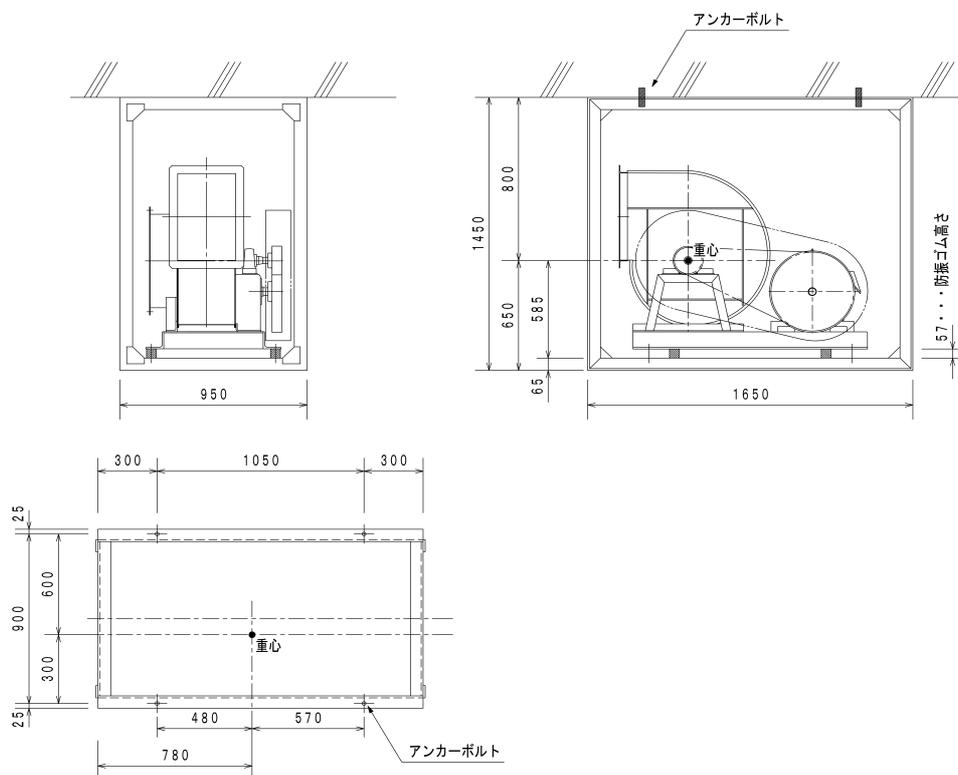


天井面取付け時のアンカーボルトの検討					機器名:	天吊りジョコファン	
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)	
	特定の施設		一般の施設				
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器			
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特 定 の 施 設 重 要 機 器	
中 間 階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中 間 階	
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	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。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 1.5						1.50	
アンカーボルトに加わる引抜きとせん断力					機器の寸法	横幅	1,650 mm
					機器の寸法	高さ	1,450 mm
					機器の寸法	奥行	950 mm
					機器の重心	横幅方向 W _G	480 mm
					機器の重心	高さ方向 h _G	800 mm
					機器の重心	奥行方向 D _G	300 mm
					ボルトスパン	長辺方向 ℓ ₁	1,050 mm
					ボルトスパン	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とあります。						
	W: 機器の重量 但しkNからkgに変換はできません。						
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)				長辺方向 (n ₁₁)	2 本	
					短辺方向 (n ₁₂)	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 (ただし ℓ _{1G} ≦ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≦ ℓ ₂ /2)				長辺方向 (ℓ _{1G})	480 mm		
				短辺方向 (ℓ _{2G})	300 mm		
R _b : アンカーボルト1本当りの引抜き力							
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・W = 1.50 × 2.94							
F _V : 設計用鉛直地震力 F _V = $\frac{1}{2}$ ・F _H = $\frac{4.41}{2}$							
アンカーボルトの引抜き力	長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (\ell_1 - \ell_{1G})}{\ell_1 \cdot n_{11}}$				3.08 kN/本		
	= $\frac{4.41 \times 800 + (2.94 + 2.21) \times (1,050 - 480)}{1,050 \times 2}$				314 kgf/本		
アンカーボルトの引抜き力	短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (\ell_2 - \ell_{2G})}{\ell_2 \cdot n_{12}}$				3.68 kN/本		
	= $\frac{4.41 \times 800.00 + (2.94 + 2.21) \times (900 - 300)}{900 \times 2}$				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 Q = $\frac{F_H}{n}$				1.11 kN/本		
	F _H : 設計用水平地震力 n: アンカーボルトの総本数 = $\frac{4.41}{4}$				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	丸-加	採用サイズ選択				
	アンカーボルトサイズ	M12					
	許容引抜き荷重	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 $KH=1.5$ (特定の施設、重要機器、中間階に設置、防振支持有で選択)
- (2) 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



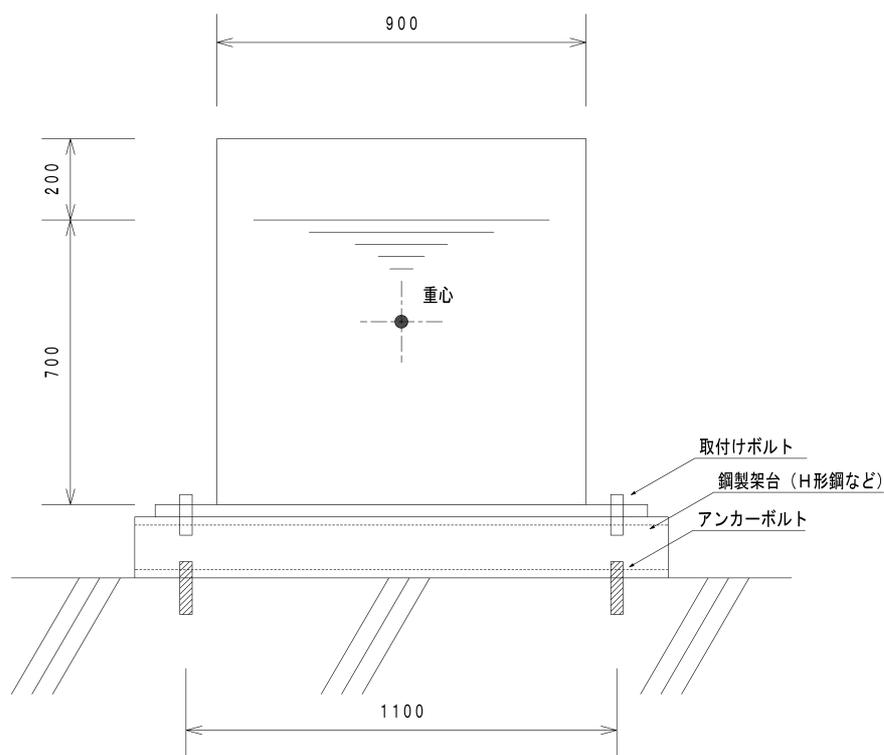
入力例の説明

- (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:	
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 重要機器
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	地階及び1階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2~6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	<h3>矩形水槽の場合</h3> <p>(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。</p>				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 短辺方向 ℓ ₂ : 1,100 mm
	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	
					長辺方向	短辺方向
	α _T : 水槽の有効質量比 自動計算します。				0.72	0.72
	水槽の有効質量 W ₀ = α _T ・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 ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)				長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側: 2 本	短辺方向 (n ₂) ℓ ₁ 側: 2 本
	n: 取付けボルトの総本数				4 本	
	β _T : 作用高さとし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} = β _T ・h = 長辺 0.57 短辺 0.57 × 700 = 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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)				長辺方向 (ℓ _{1G}): 550 mm	短辺方向 (ℓ _{2G}): 550 mm	
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・W ₀ = 1.00 × 7.55				長辺方向: 7.55 (770) kN (kgf)	短辺方向: 7.55 (770) kN (kgf)	
F _V : 設計用鉛直地震力 F _V = 1/2 K _H ・W = 10.49 / 2				5.25 kN / 535 kgf		
長辺方向 R _{b1} = (F _H ・h _{OG} - (W - F _V)・ℓ _{1G}) / (ℓ ₁ ・n ₁)				= (7.55 × 399 - (10.49 - 5.25) × 550) / (1,100 × 2) = 0.06 kN/本 = 6 kgf/本		
短辺方向 R _{b2} = (F _H ・h _{OG} - (W - F _V)・ℓ _{2G}) / (ℓ ₂ ・n ₂)				= (7.55 × 399 - (10.49 - 5.25) × 550) / (1,100 × 2) = 0.06 kN/本 = 6 kgf/本		
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 = F _H / n = 7.55 / 4 = 1.89 kN/本 = 193 kgf/本		
アンカーボルトの場合				取付けボルトの場合		
スラブ厚選択: 120				取付けボルトの材質: SS400		
アンカーボルト種類選択: 筋-加 採用サイズ選択				取付けボルトの呼び径: M8		
アンカーボルトサイズ: M8				ボルトに加わる短期引張応力度: 0.16 (16) kN/cm ²		
許容引抜き荷重: 2.94 (300) [kN (kgf)]				ボルトに加わる短期せん断応力度: 4.98 (508) kN/cm ²		
許容せん断荷重: 4.9 (500) [kN (kgf)]				評価: OK		
ボルトの埋込長さ: 40 [mm]						

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。

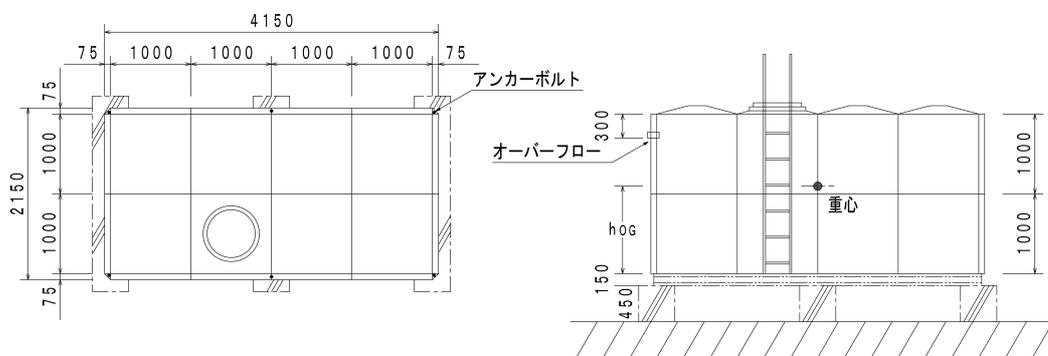
※ $\alpha T + \beta T$ の値はガイドブック P108～P109 の計算式が自動計算されています。

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:	
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 重要機器
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	地階及び1階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2~6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	<h3>矩形水槽の場合</h3>				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
	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					
	α_T : 水槽の有効質量比 自動計算します。 水槽の有効質量 W ₀ = $\alpha_T \cdot W$ = 長辺 0.47 短辺 0.74 × 13,850 W ₀ : 水槽の有効重量 63.84 kN (長辺), 100.52 kN (短辺)				長辺方向	短辺方向
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数) n: 取付けボルトの総本数				長辺方向 (n ₁) ℓ_1 側 2 本	短辺方向 (n ₂) ℓ_2 側 3 本
	β_T : 作用高さとして水槽の等価高さの比 自動計算します。 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 0.93 短辺 0.54 × 1,700				0.93	0.54
	ℓ : 検討する方向からみた取付けボルトスパン 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 (ただし $\ell_{1G} \leq \ell_1/2$, $\ell_{2G} \leq \ell_2/2$)				長辺方向 (ℓ_1) 4,000 mm	短辺方向 (ℓ_2) 2,000 mm
	F _H : 設計用水平地震力 $F_H = K_H \cdot W_0$ = 1.00 × 63.84 (長辺方向), 100.52 (短辺方向) F _V : 設計用鉛直地震力 $F_V = \frac{1}{2} K_H \cdot W$ = 135.83 / 2 = 67.92 kN				63.84 (6510) kN (kgf) 100.52 (10250) kN (kgf)	67.92 kN 6.926 kgf
	長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_1}$ = $\frac{63.84 \times 1,581 - (135.83 - 67.92) \times 2,000}{4,000 \times 2}$ = -4.37 kN/本 = -446 kgf/本					
	短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_2}$ = $\frac{100.52 \times 918 - (135.83 - 67.92) \times 1,000}{2,000 \times 3}$ = 4.07 kN/本 = 415 kgf/本					
	Q: ボルトに作用するせん断力 $Q = \frac{F_H}{n}$ = $\frac{100.52}{6}$ = 16.76 kN/本 = 1,709 kgf/本					
	<h4>アンカーボルトの場合</h4>				<h4>取付けボルトの場合</h4>	
	スラブ厚選択 150				取付ボルトの材質	
	アンカーボルト種類選択 樹脂 採用サイズ選択				取付ボルトの呼び径	
	アンカーボルトサイズ M16				ボルトに加わる短期引張応力度	
	許容引抜き荷重 11.77 (1200) [kN (kgf)]				ボルトに加わる短期せん断応力度	
許容せん断荷重 19.61 (2000) [kN (kgf)]				評価		
ボルトの埋込長さ 110 [mm]						

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 $KH=1.0$ (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

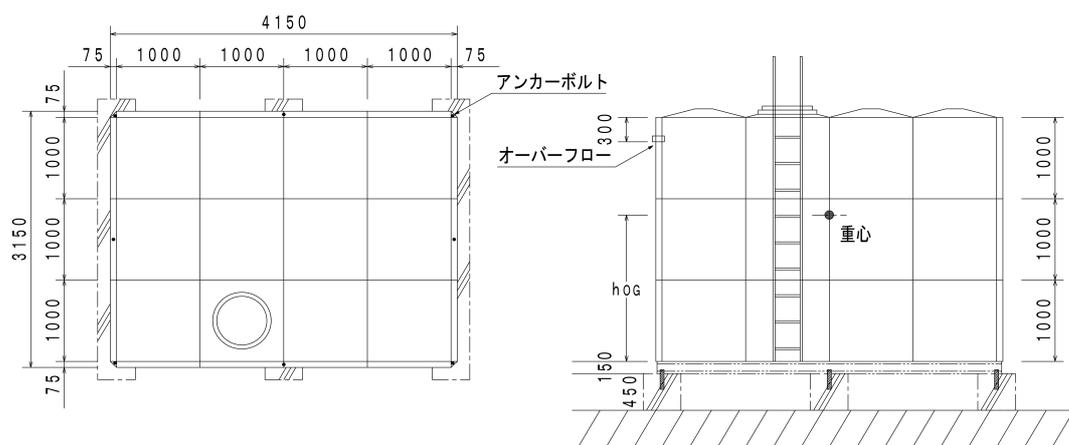
- (1) アンカーボルトの種類を選択してからスラブ厚を順次大きくして下さい。
スラブ厚 120 では **NG** と表示されます。
- (2) スラブ厚で堅固な基礎は選択しないで下さい。いろいろ選択しても **NG** が出る場合に利用します。この説明は次頁で行います。

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:																		
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 重要機器																	
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	地階及び1階																	
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0																	
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2~6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	<p>矩形水槽の場合</p> <p>入力必須</p> <p>水槽の寸法</p> <table border="1"> <tr><td>横幅</td><td>4,000</td><td>mm</td></tr> <tr><td>奥行</td><td>3,000</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高さ</td><td>3,000</td><td>mm</td></tr> <tr><td>満水位置の高さ</td><td>2,700</td><td>mm</td></tr> </table> <p>ボルトスパン</p> <table border="1"> <tr><td>長辺方向 (ℓ₁)</td><td>4,000</td><td>mm</td></tr> <tr><td>短辺方向 (ℓ₂)</td><td>3,000</td><td>mm</td></tr> </table> <p>(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。</p>					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	長辺方向 (ℓ ₁)	4,000	mm	短辺方向 (ℓ ₂)	3,000	mm
	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																				
	長辺方向 (ℓ ₁)	4,000	mm																				
	短辺方向 (ℓ ₂)	3,000	mm																				
	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					32.70	kg																
	W: 水槽の実重量					320.69	kN																
	α _T : 水槽の有効質量比 自動計算します。					0.67																	
	水槽の有効質量 W ₀ = α _T ・W					214.87	kg																
	W ₀ : 水槽の有効重量					214.87	kN																
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)					3	本																
n: 取付けボルトの総本数					8	本																	
β _T : 作用高さと同高さの比 自動計算します。					0.62																		
h _{OG} : 据付面より水平力作用点までの高さ					1,674	mm																	
ℓ: 検討する方向からみた取付けボルトスパン					4,000	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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)					2,000	mm																	
F _H : 設計用水平地震力					214.87 (21910)	kN (kgf)																	
F _V : 設計用鉛直地震力					160.35	kN																	
長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_1}$					3.26	kN/本																	
短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_2}$					12.03	kN/本																	
Q: ボルトに作用するせん断力					30.47	kN/本																	
F _H : 設計用水平地震力					3.107	kgf/本																	
n: 取付けボルトの総本数																							
アンカーボルトの場合 次頁参照					取付けボルトの場合																		
スラブ厚選択					取付けボルトの材質																		
アンカーボルト種類選択					取付けボルトの呼び径																		
アンカーボルトサイズ					ボルトに加わる短期引張応力度																		
許容引抜き荷重					ボルトに加わる短期せん断応力度																		
許容せん断荷重					評価																		
ボルトの埋込長さ																							

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 $KH=1.0$ (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。

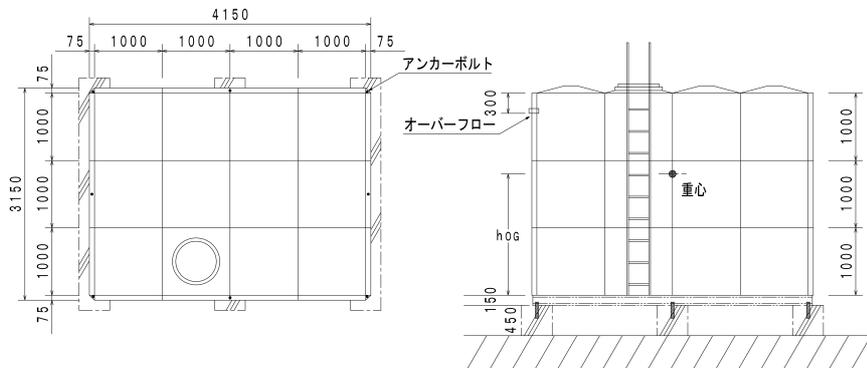
ワンポイントアドバイス

- (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ください。

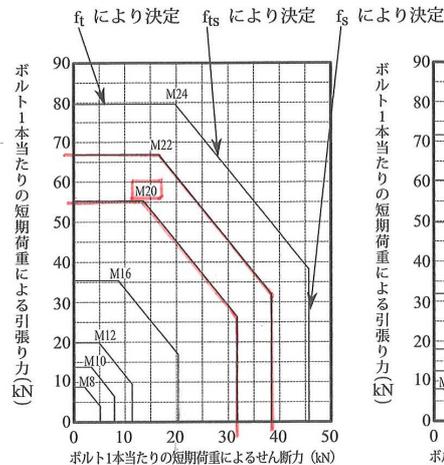
矩形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討					機器名:	
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)
	特定の施設		一般の施設			
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器		
上層階、 屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 重要機器
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	地階及び1階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2～6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	<h3>矩形水槽の場合</h3>				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 短辺方向 ℓ ₂ : 3,000 mm
	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
					長辺方向	短辺方向
	α _T : 水槽の有効質量比 自動計算します。				0.67	0.76
	水槽の有効質量 W ₀ = α _T ・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 ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)				長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側: 3 本	短辺方向 (n ₂) ℓ ₁ 側: 3 本
	n: 取付けボルトの総本数				8 本	
	β _T : 作用高さと同高さの比 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} = β _T ・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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2, ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)				長辺方向 (ℓ _{1G}): 2,000 mm	短辺方向 (ℓ _{2G}): 1,500 mm	
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・W ₀ = 1.00 × 214.87 長辺方向 243.70 短辺方向				214.87 (21910) kN (kgf)	243.7 (24850) kN (kgf)	
F _V : 設計用鉛直地震力 F _V = 1/2 K _H ・W = 320.69 / 2				160.35 kN	16.351 kgf	
ボルトの引抜き力	長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_1}$					
	= $\frac{214.87 \times 1,674 - (320.69 - 160.35) \times 2,000}{4,000 \times 3}$				3.26 kN/本 332 kgf/本	
ボルトのせん断力	短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_{OG} - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_2}$					
	= $\frac{243.70 \times 1,431 - (320.69 - 160.35) \times 1,500}{3,000 \times 3}$				12.03 kN/本 1,227 kgf/本	
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		
ボルトの選定の	アンカーボルトの場合			取付けボルトの場合		
	スラブ厚選択	堅固な基礎		取付ボルトの材質		
	アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	取付ボルトの呼び径		
	アンカーボルトサイズ		M20			
	許容引抜き荷重		55.00 [kN (kgf)]	ボルトに加わる短期引張応力度		kN/cm ²
	許容せん断荷重		32.00 [kN (kgf)]	ボルトに加わる短期せん断応力度		kN/cm ²
ボルトの埋込長さ		300 [mm]	評価			

計算例 17-(2) : 受水槽のアンカーボルト算定

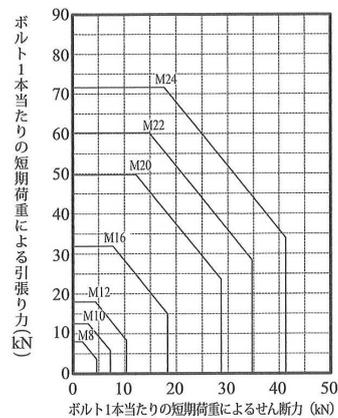
付表による選定



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

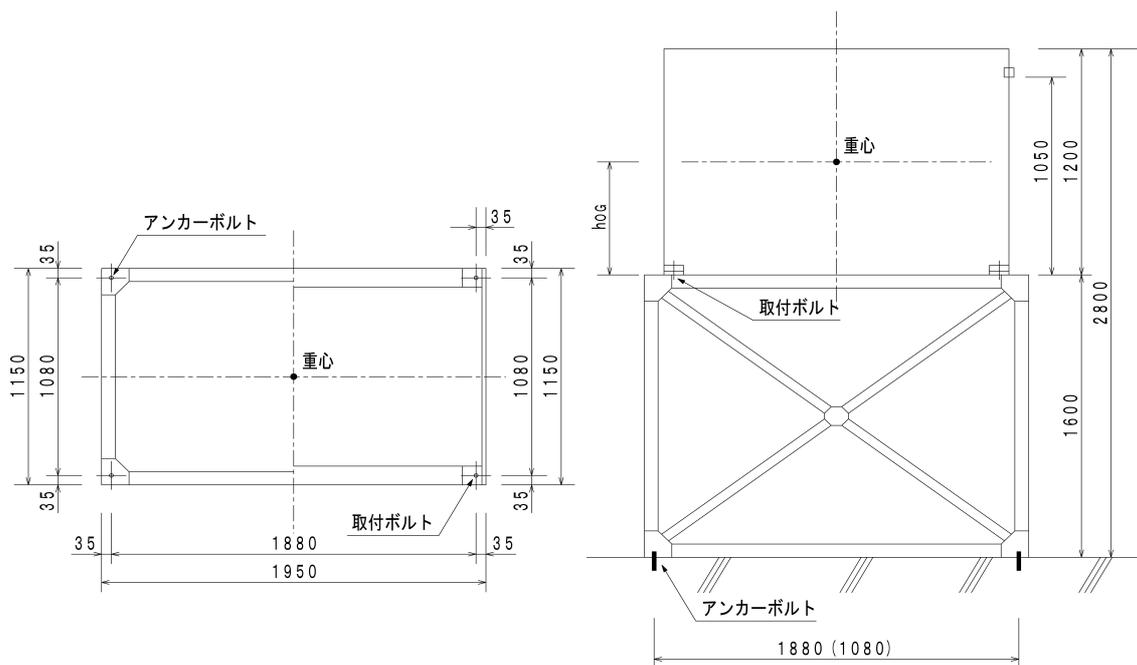
- (1) 解図 4.2-3 より M20 を選択して引抜荷重、せん断力荷重を手入力します。
この場合スラブ厚は堅固な基礎とします。
- (2) 基礎の大きさ、J型ボルトの埋込長さ等については構造専門家に確認を行って下さい。

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97k
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	特 定 の 施 設 重 要 機 器
中 間 階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	地 階 及 び 1 階
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.5
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2~6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 1.5						1.50
ボルトに加わる引抜きとせん断力	<p>矩形水槽の場合</p> <p>水 槽 の 寸 法</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>ボルトスパン</p> <ul style="list-style-type: none"> 長辺方向 ℓ₁: 1,880 mm 短辺方向 ℓ₂: 1,080 mm <p>(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。</p>					
	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 = 1.88 × 1.08 × 1.05H) = 2.14 kg				
	W: 水槽の実重量	23.34 kN				
	α _T : 水槽の有効質量比	長辺方向 0.59 短辺方向 0.78				
	水槽の有効質量 W ₀ = α _T · W	長辺方向 1.400 kg 短辺方向 1.860 kg				
	W ₀ : 水槽の有効重量	長辺方向 13.73 kN 短辺方向 18.24 kN				
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられた取付けボルト本数)	長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側: 2 本 短辺方向 (n ₂) ℓ ₁ 側: 2 本				
	n: 取付けボルトの総本数	4 本				
	β _T : 作用高さと同高さの比	0.72				
	h _{OG} : 据付面より水平力作用点までの高さ	h _{OG} = β _T · h = 長辺方向 0.72 短辺方向 0.51 × 1,050 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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2, ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)	長辺方向 (ℓ _{1G}): 940 mm 短辺方向 (ℓ _{2G}): 540 mm				
	F _H : 設計用水平地震力	F _H = K _H · W ₀ = 1.50 × 13.73 (長辺方向) 20.6 (2101) kN (kgf) 18.24 (短辺方向) 27.36 (2790) kN (kgf)				
	F _V : 設計用鉛直地震力	F _V = 1/2 · K _H · W = 35.01 / 2 = 17.51 kN 1.785 kgf				
	長辺方向 R _{b1} = (F _H · h _{OG} - (W - F _V) · ℓ _{1G}) / (ℓ ₁ · n ₁)	= (20.60 × 756 - (23.34 - 17.51) × 940) / (1,880 × 2) = 2.69 kN/本 274 kgf/本				
	短辺方向 R _{b2} = (F _H · h _{OG} - (W - F _V) · ℓ _{2G}) / (ℓ ₂ · n ₂)	= (27.36 × 536 - (23.34 - 17.51) × 540) / (1,080 × 2) = 5.34 kN/本 545 kgf/本				
	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 = F _H / n = 27.36 / 4 = 6.84 kN/本 697 kgf/本				
	ボルト選定の	アンカーボルトの場合		取付けボルトの場合		
スラブ厚選択			取付けボルトの材質	SS400		
アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択	取付けボルトの呼び径	M12		
アンカーボルトサイズ			ボルトに加わる短期引張応力度	6.29 (641) kN/cm ²		
許容引抜き荷重		[kN (kgf)]	ボルトに加わる短期せん断応力度	8.05 (821) kN/cm ²		
許容せん断荷重		[kN (kgf)]	評価	OK		
ボルトの埋込長さ	[mm]					

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 $KH=1.5$ (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。

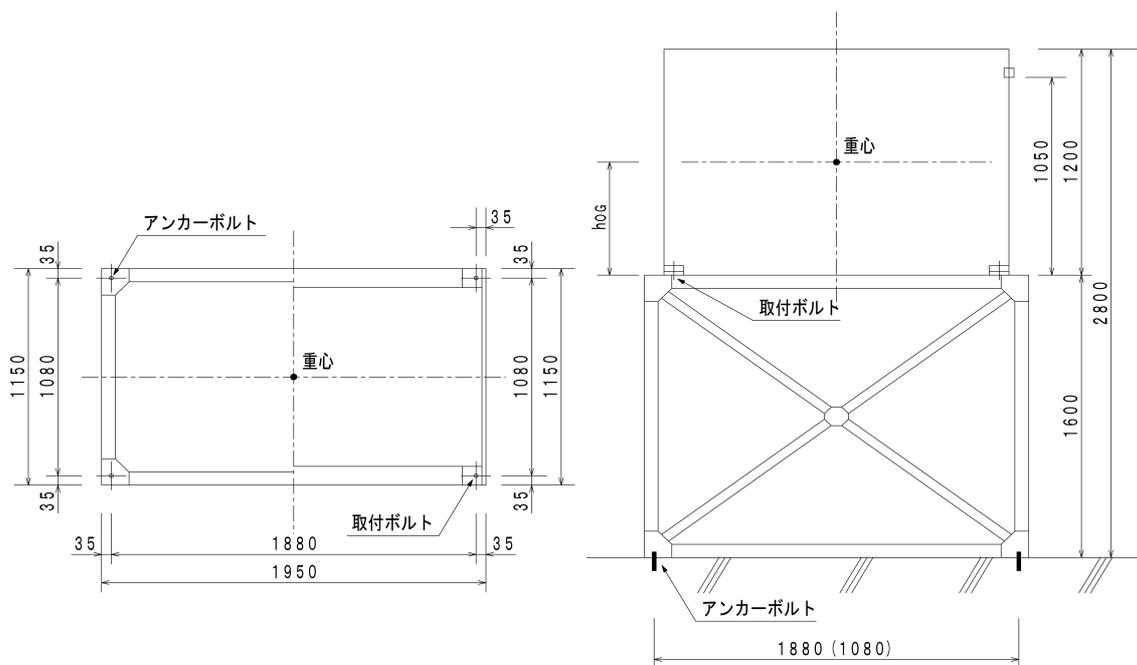
これは、M12 の有効断面積が 0.85cm² ですので $5.34 \div 0.85 = 6.29$ 、 $6.84 \div 0.85 = 8.05$ の力が 1 本のボルトに加わるということです。

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		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		一般の施設															
	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)		上層階	重要機器														
	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	地階及び1階														
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	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 · K _S	= 1.0	×	1.0			1.00															
設計用鉛直震度 (K _V)		= $\frac{K_H}{2}$	= 1.00					0.500															
高架台の形式	高架台		 (a) 高架台の全体		 (b) 検討方向 (短辺方向)		<table border="1"> <tr><td>架台の寸法</td><td>横幅</td><td>L_X</td><td>1,950</td><td>mm</td></tr> <tr><td></td><td>高さ</td><td>H</td><td>1,600</td><td>mm</td></tr> <tr><td></td><td>奥行</td><td>L_Y</td><td>1,150</td><td>mm</td></tr> </table>	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	
	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		<table border="1"> <tr><td>横幅</td><td>1,880</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高さ</td><td>1,200</td><td>mm</td></tr> <tr><td>奥行</td><td>1,080</td><td>mm</td></tr> </table>		横幅	1,880	mm	高さ	1,200	mm	奥行	1,080	mm								
	横幅	1,880	mm																				
	高さ	1,200	mm																				
	奥行	1,080	mm																				
			ボルトスパン		<table border="1"> <tr><td>検討方向</td><td>φ₁</td><td>1,880</td><td>mm</td></tr> <tr><td>正方形平面の場合</td><td></td><td></td><td>mm</td></tr> </table>		検討方向	φ ₁	1,880	mm	正方形平面の場合			mm									
	検討方向	φ ₁	1,880	mm																			
	正方形平面の場合			mm																			
	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 ₀ : 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 ₁ : 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: プレース角度		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}																	
α ₂ : 全柱数				4		本																	
α ₃ : 検討方向の引張プレース数		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 · W ₀ (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 _V · W =		24.52		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 · 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 · 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																
	プレースの引張力 < 短辺方向のみ計算 >		BN _{CX} = $\frac{F_H}{\alpha_{3X} \cdot \cos \theta_X}$		$\frac{18.24}{2 \times 0.73}$		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} = $(\frac{M_B}{\alpha_{1X} \cdot L_X} - \frac{W}{\alpha_2} (1 - K_V)) \times \frac{1}{n_1}$		$(\frac{38,961}{2 \times 1,880} - \frac{24.52}{4}) \times (1 - 0.500) \times \frac{1}{1}$		7.30 kN/本 744 kgf/本																
	アンカーボルトせん断力		Q' _b = $(\frac{F_H}{\alpha_2}) \times \frac{1}{n}$		$(\frac{18.24}{4}) \times \frac{1}{1}$		4.56 kN/本 465 kgf/本																
アンカーボルト	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 $KH=1.0$ (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



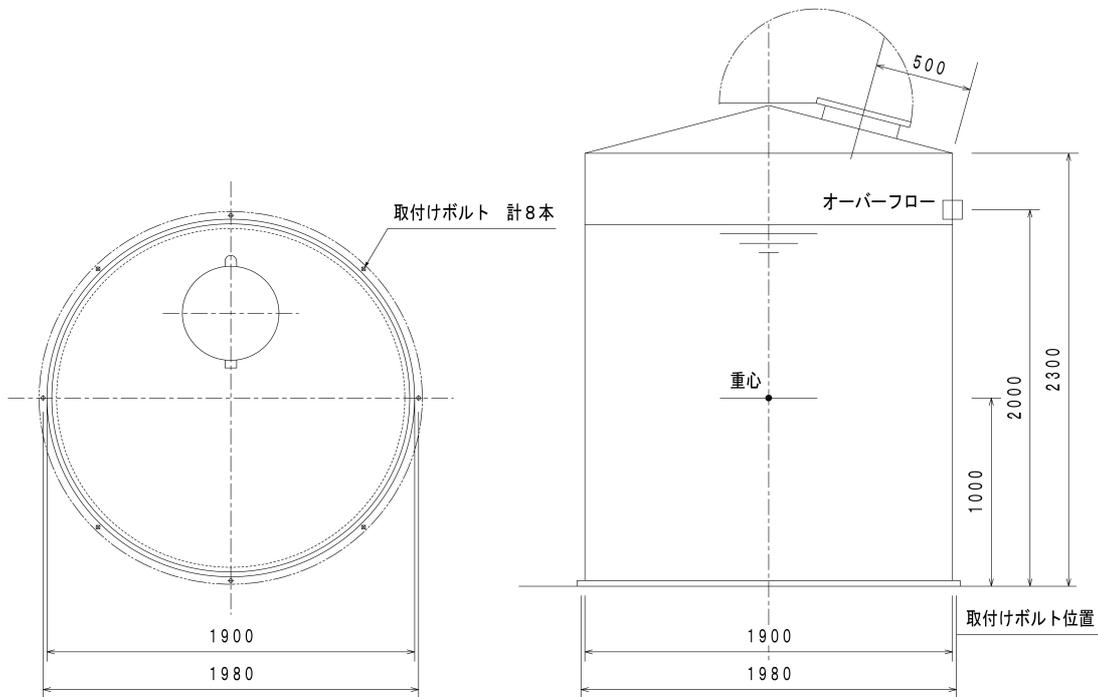
ワンポイントアドバイス

- (1) アンカーボルトは引抜き力 7.3kN、せん断力 4.56kN 以上必要と算定されましたので M10 のボルトがいずれも大きいため 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:		
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 一般機器	
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	上層階	
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0	
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2～6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	円形断面の場合				水槽の寸法	直径	1,900 mm
	<p>(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。</p>					高さ	2,300 mm
						満水位置の高さ	2,000 mm
	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)				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	自動計算します。				0.79	
	水槽の有効質量	W ₀ = α _T ・W = 0.79 × 7,680				6,070	kg
	W ₀ : 水槽の有効重量					59.53	kN
	β _T : 作用高さと同高さの比	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} = β _T ・l = 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
	φ: 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 ・W ₀ = 1.00 × 59.53				59.53	kN
F _V : 設計用鉛直地震力	F _V = $\frac{1}{2}$ ・K _H ・W = $\frac{75.32}{2}$				37.66	kN	
R _b : 取付けボルト1本当たりの引抜き	$R_b = \frac{4}{n \cdot \phi} \cdot F_H \cdot h_{0G} - \frac{W - F_V}{n}$ $= \frac{4}{8 \times 1,980} \times 59.53 \times 1,000 - \frac{75.32 - 37.66}{8}$				10.33	kN/本	
Q: ボルトに作用するせん断力	$Q = \frac{F_H}{n}$ $= \frac{59.53}{8}$				7.45	kN/本	
F _H : 設計用水平地震力					760	kgf/本	
n: 取付けボルトの総本数							
ボルトの選定	アンカーボルトの場合			取付けボルトの場合			
	スラブ厚選択			取付ボルトの材質	SS400		
	アンカーボルト種類選択		採用サイズ選択	取付ボルトの呼び径	M12		
	アンカーボルトサイズ			ボルトに加わる短期引張応力度	12.16 (1240)	kN/cm ²	
	許容引抜荷重			ボルトに加わる短期せん断応力度	8.77 (894)	kN/cm ²	
	許容せん断荷重			評価	OK		
ボルトの埋込長さ							

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 αT と等価高さ βT 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

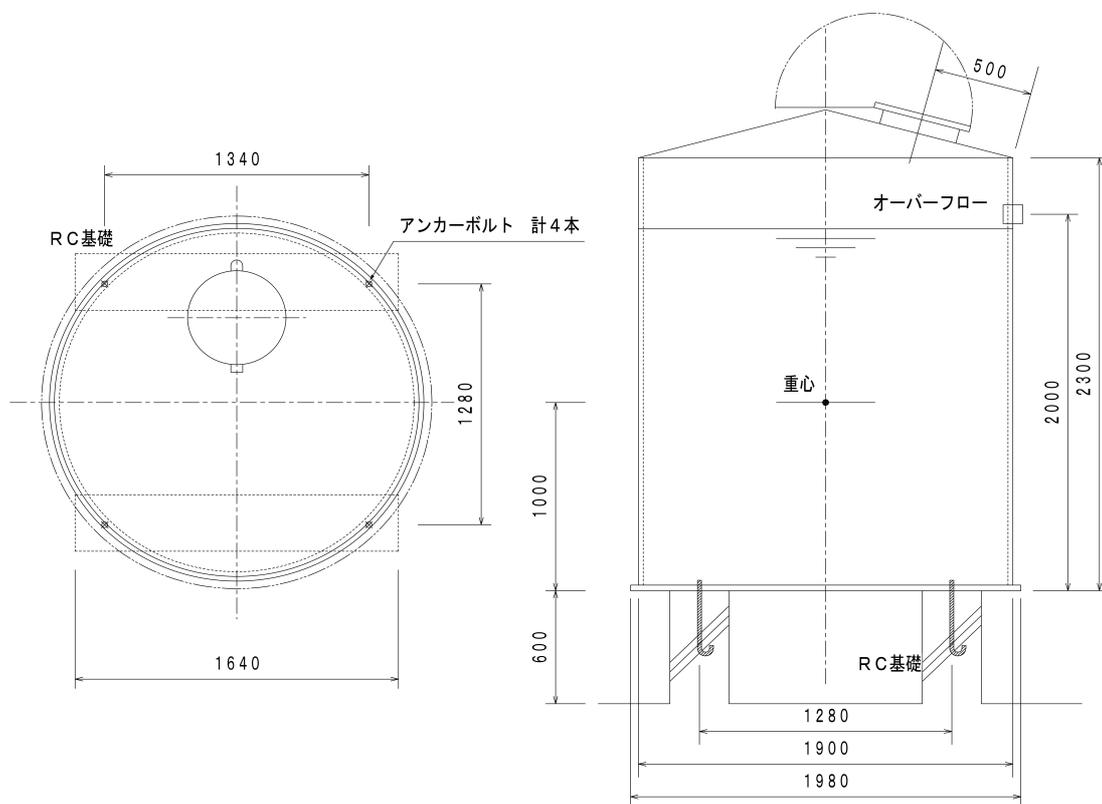
- (1) 取付けボルトを算定していますのでアンカーボルトの場合は入力しないで下さい。
- (2) 一般的にはメーカー側工事ですので設計・施工者は計算しませんが一応式に基づき計算を行ったものです。

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:		
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	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 一般機器	
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	上層階	
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0	
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2～6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	円形断面の場合				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
	(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				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 = α _T · W = 0.79 × 7,680		6,070 kg
	W ₀ : 水槽の有効重量				59.53		kN
	β _T : 作用高さと同高さの比				0.50		
	h _{0G} : 据付面より水平力作用点までの高さ				h _{0G} = β _T · l = 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
	φ: 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 · W ₀ = 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 · W = $\frac{75.32}{2}$		37.66 kN 3,840 kgf	
ボルトの引抜き力	R _b : 取付けボルト1本当たりの引抜き力						
	$R_b = \frac{4}{n \cdot \phi} \cdot F_H \cdot h_{0G} - \frac{W - F_V}{n}$ $= \frac{4}{4 \times 1,280} \times 59.53 \times 1,000 - \frac{75.32 - 37.66}{4}$				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						
	$Q = \frac{F_H}{n}$ $= \frac{59.53}{4}$				14.89 kN/本 1,518 kgf/本		
ボルトの選定	アンカーボルトの場合			取付けボルトの場合			
	スラブ厚選択	200		取付けボルトの材質			
	アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	取付けボルトの呼び径			
	アンカーボルトサイズ	#VALUE!		ボルトに加わる短期引張応力度		kN/cm ²	
	許容引抜荷重	#VALUE!		ボルトに加わる短期せん断応力度		kN/cm ²	
	許容せん断荷重	#VALUE!		評価			
	ボルトの埋込長さ	#VALUE!	[mm]				

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 $KH=1.0$ (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。

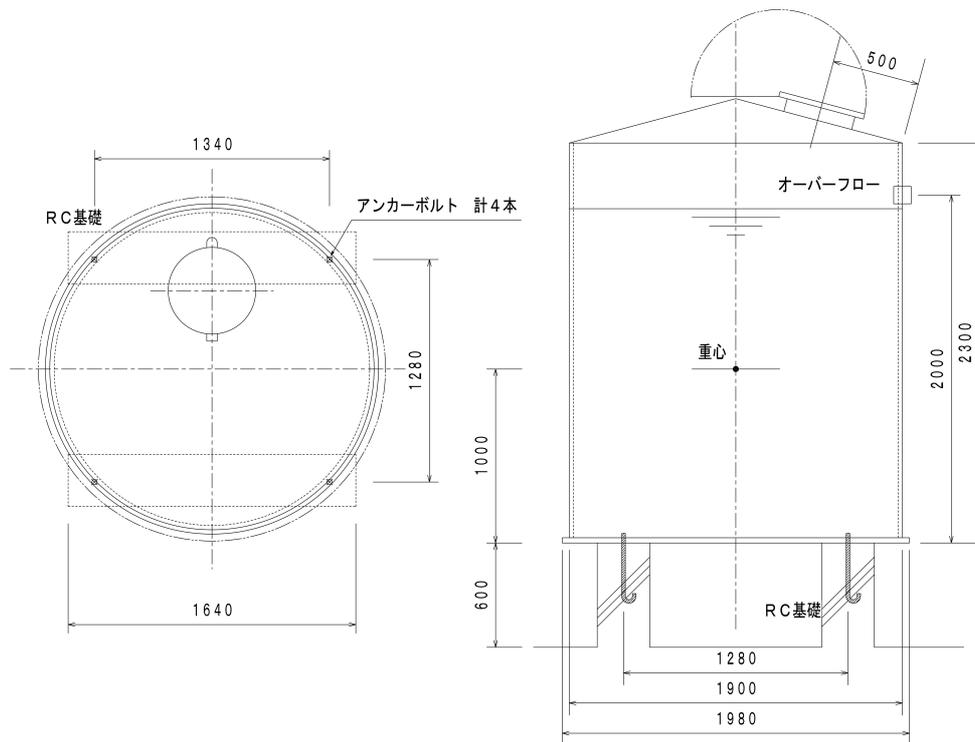
ワンポイントアドバイス

- (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。

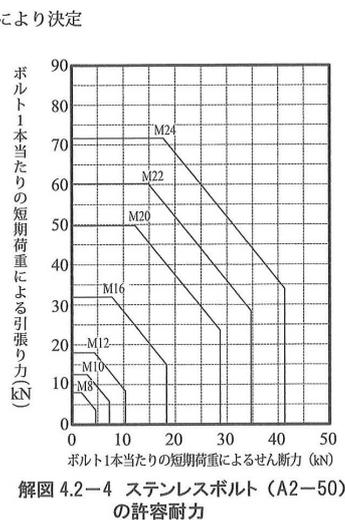
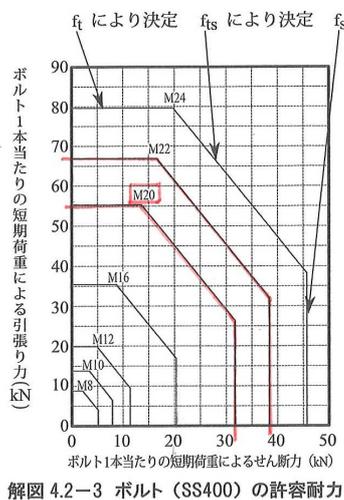
円形水槽(タンク)の取付ボルト・アンカーボルトの検討					機器名:		
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)	
	特定の施設		一般の施設				
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器			
上層階、 屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.5	1.0	塔屋 上層階	一般の施設 一般機器	
中間階	1.5	1.0	1.0	0.6	中間階	上層階	
地階及び1階	1.5	1.0	1.0	0.6	1階 地階	1.0	
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2～6階建ての建築物では、最上層を上層階とする。 ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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きとせん断力	円形断面の場合				水槽の寸法	直径	1,900 mm
	<p>(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。</p>					高さ	2,300 mm
						満水位置の高さ	2,000 mm
	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)				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	自動計算します。				0.79	
	水槽の有効質量	W ₀ = α _T · W = 0.79 × 7,680				6,070	kg
	W ₀ : 水槽の有効重量					59.53	kN
	β _T : 作用高さと同高さの比	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} = β _T · l = 0.50 × 2,000				1,000	mm
	n: 取付けボルトの総本数					4	本
	φ: 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 · W ₀ = 1.00 × 59.53	
F _V : 設計用鉛直地震力					F _V = $\frac{1}{2}$ · K _H · W = $\frac{75.32}{2}$		
ボルトの引抜き力	R _b : 取付けボルト1本当たりの引抜き力						
	$R_b = \frac{4}{n \cdot \phi} \cdot F_H \cdot h_{0G} - \frac{W - F_V}{n}$ $= \frac{4}{4 \times 1,280} \times 59.53 \times 1,000 - \frac{75.32 - 37.66}{4}$				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						
	$Q = \frac{F_H}{n}$ $= \frac{59.53}{4}$				14.89 kN/本 1,518 kgf/本		
ボルトの選定	アンカーボルトの場合			取付けボルトの場合			
	スラブ厚選択	堅固な基礎		取付けボルトの材質			
	アンカーボルト種類選択	J型ボルト	採用サイズ選択	取付けボルトの呼び径			
	アンカーボルトサイズ		M20	ボルトに加わる短期引張応力度		kN/cm ²	
	許容引抜荷重		55.00	ボルトに加わる短期せん断応力度		kN/cm ²	
	許容せん断荷重		32.00	評価			
ボルトの埋込長さ		300					

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

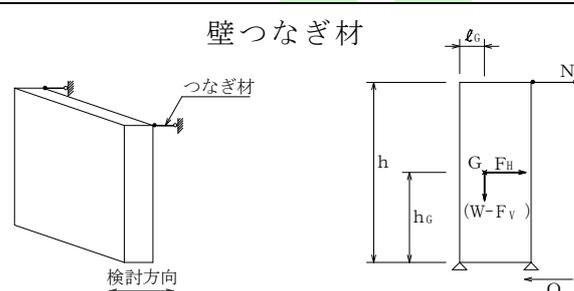


第4章 アンカーボルトの許容耐力と選定



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:		
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)	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	
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	防 振 支 持 無 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。							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 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。 </div>							
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 × 1.5						1.50	
頂部支持の形式	壁つなぎ材				機器の寸法		
					横 幅	φ	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
(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。							
頂部支持材の検討式	G: 機器の重心位置						
	機器の質量						600 kg
	W: 機器の重量						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						8.82 kN
	F _V : 設計用鉛直地震力						4.41 kN
	つなぎ材に働く軸方向力(N) $N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h_0} \dots \textcircled{1} = \frac{8.82}{2} \times \frac{1,000}{2,100} = 2.10 \text{ kN/本}$						2.10 kN/本
	つなぎ材は、①式のNを圧縮力として $N \leq cF_A$ 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。						214 kgf/本
	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、 $R_b = \frac{N}{n_0}$ として、ボルト径を選定する。						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 $Q = \frac{F_H \cdot (h_0 - h_G)}{n \cdot h_0} = \frac{8.82}{6} \times \left(\frac{2,100}{2,100} - \frac{1,000}{2,100} \right) = 0.77 \text{ kN/本}$						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		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	M8	アンカーボルト種類選択	M8	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				
	許容せん断荷重		許容せん断荷重	4.9 (500)	4.9 (500)		
ボルトの埋込長さ		40	ボルトの埋込長さ		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

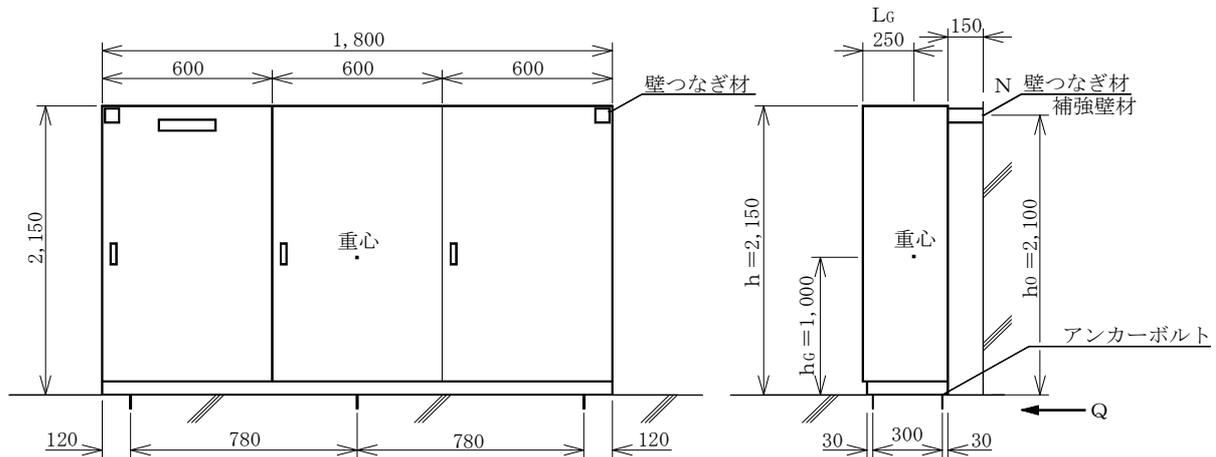


図 - 1 制御盤

1. つなぎ材のアンカーボルト引抜力 R_b 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 mm、壁のコンクリート厚さは 120 mm 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 mm、床のコンクリート厚さは 120 mm 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 R_b 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。

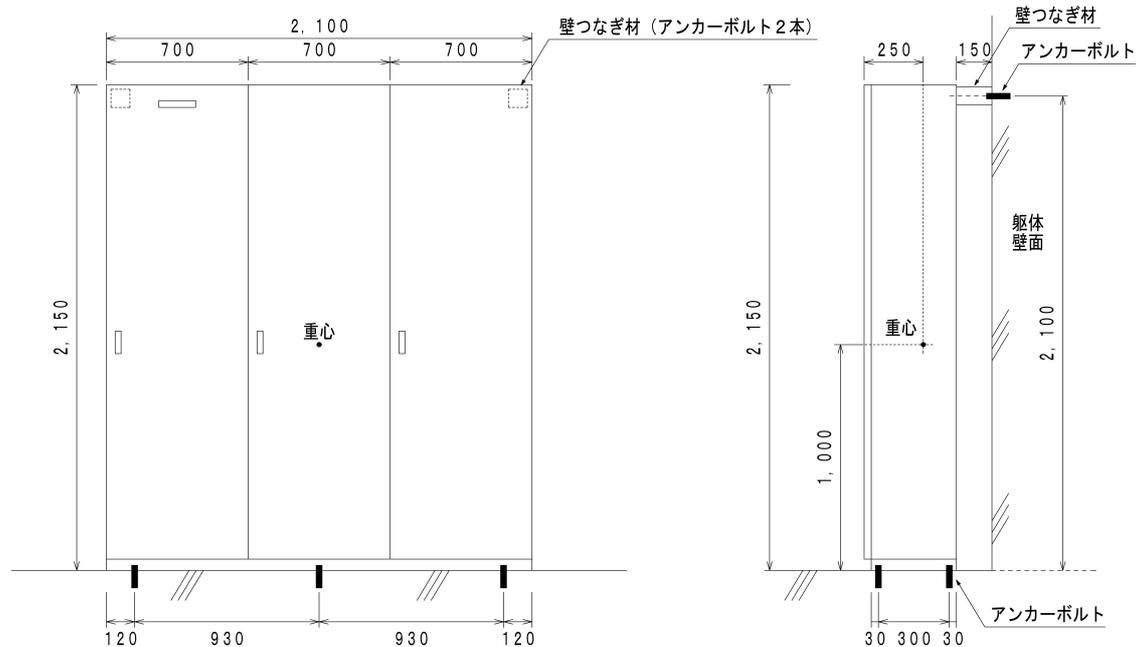
ワンポイントアドバイス

- (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				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		特定の施設		
	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)		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		
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階	防振支持無			
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。									
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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・K _S = 0.8 × 2.0						1.60			
頂部支持の形式	壁つなぎ材				機器の寸法	横幅	ℓ	2,100	mm
						高さ	h	2,150	mm
				機器の重心	奥行	D	400	mm	
					横幅方向	W _G	1,050	mm	
				つなぎ材	高さ方向	h _G	1,000	mm	
					奥行方向	D _G	250	mm	
					高さ	h ₀	2,100	mm	
(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。									
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とは異なります。				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 ・W = 1.60 × 14.71				23.54	kN	
	F _V : 設計用鉛直地震力		F _V = $\frac{1}{2}$ ・F _H = $\frac{23.54}{2}$				11.77	kN	
	つなぎ材に働く軸方向力(N)		N = $\frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h_0}$ …① = $\frac{23.54}{2} \times \frac{1,000}{2,100}$				5.61	kN/本	
	つなぎ材は、①式のNを圧縮力として		N ≤ cF _A cF _A : 部材の短期許容圧縮応力				572	kgf/本	
	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 = $\frac{N}{n_0}$ として、ボルト径を選定する。				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 = $\frac{F_H \cdot (h_0 - h_G)}{n \cdot h_0}$ = $\frac{23.54}{6} \times \left(\frac{2,100}{2,100} - \frac{1,000}{2,100} \right)$				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	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	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 $KH=2.0$ (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

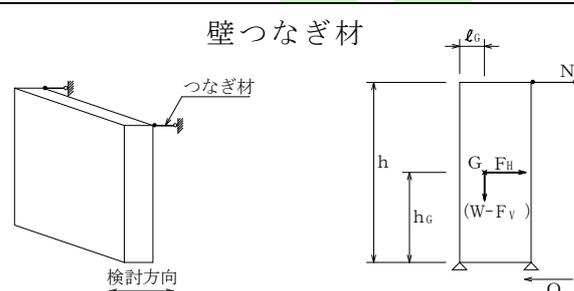
5. 設計用標準震度が 2.0 であっても旭川市と選択すると地域係数(指針 P273~P274 による)

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。

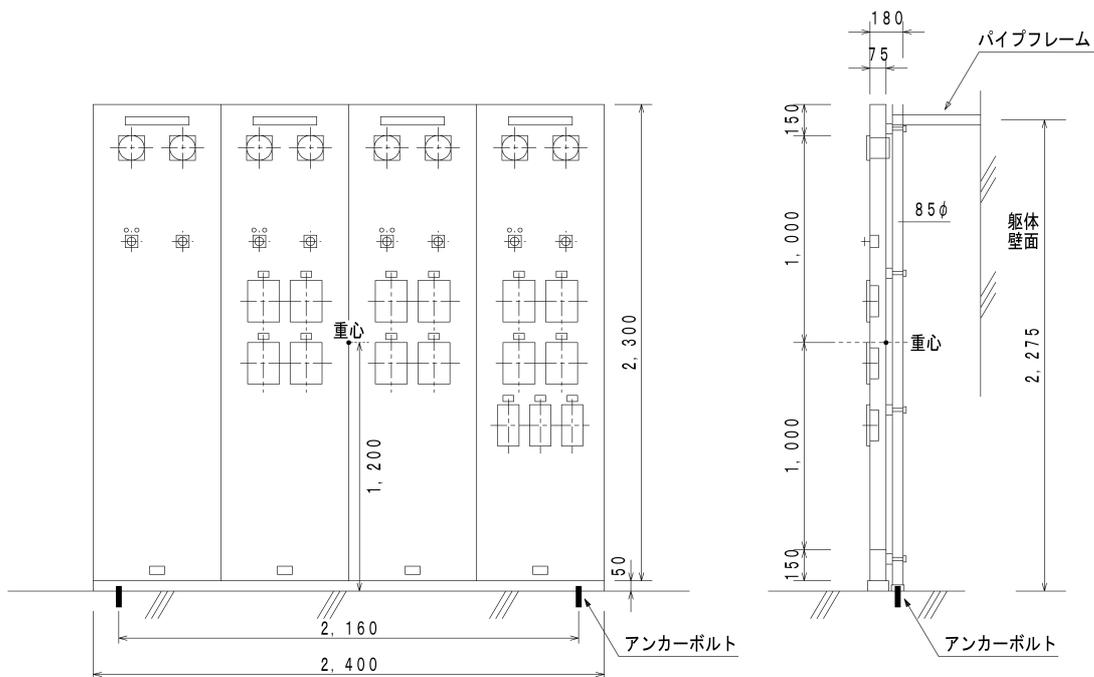
(3) 樹脂アンカーM10 と算定されます。これでよければ採用サイズ選択は空欄にしておいて下さい。

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	
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)	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	地階及び1階	
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	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。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 0.6					0.60		
頂部支持の形式	壁つなぎ材				機器の寸法		
					横 幅	φ	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
(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。							
頂部支持材の検討式	G: 機器の重心位置						
	機器の質量						kg
	W: 機器の重量						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本当たりのアンカーボルト本数						1 本
	F _H : 設計用水平地震力						2.10 kN 214 kgf
	F _V : 設計用鉛直地震力						1.05 kN 107 kgf
	・ つなぎ材に働く軸方向力(N) $N = \frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h_0} \dots \textcircled{1} = \frac{2.10}{2} \times \frac{1.200}{2.275} = 0.56 \text{ kN/本}$						0.56 kN/本 57 kgf/本
	・ つなぎ材は、①式のNを圧縮力として $N \leq cF_A$ 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、 $R_b = \frac{N}{n_0}$ として、ボルト径を選定する。						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 $Q = \frac{F_H \cdot (h_0 - h_G)}{n \cdot h_0} = \frac{2.10}{2} \times \left(\frac{2.275 - 1.200}{2.275} \right) = 0.50 \text{ kN/本}$						0.50 kN/本 51 kgf/本
アンカーボルト	*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	M8	採用サイズ選択	アンカーボルト種類選択	M8	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			
	許容せん断荷重			許容せん断荷重	4.9 (500)		
ボルトの埋込長さ			ボルトの埋込長さ				
40			40				
						[kN (kgf)]	
						[mm]	

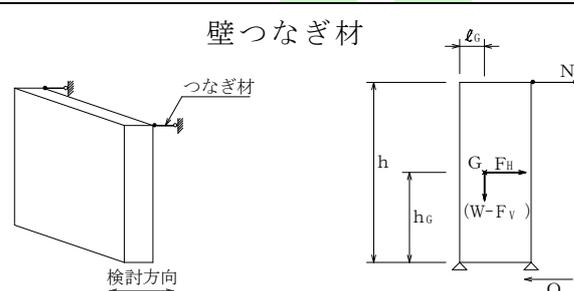
計算例 22：オープン式配電盤のアンカーボルト算定

- (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)



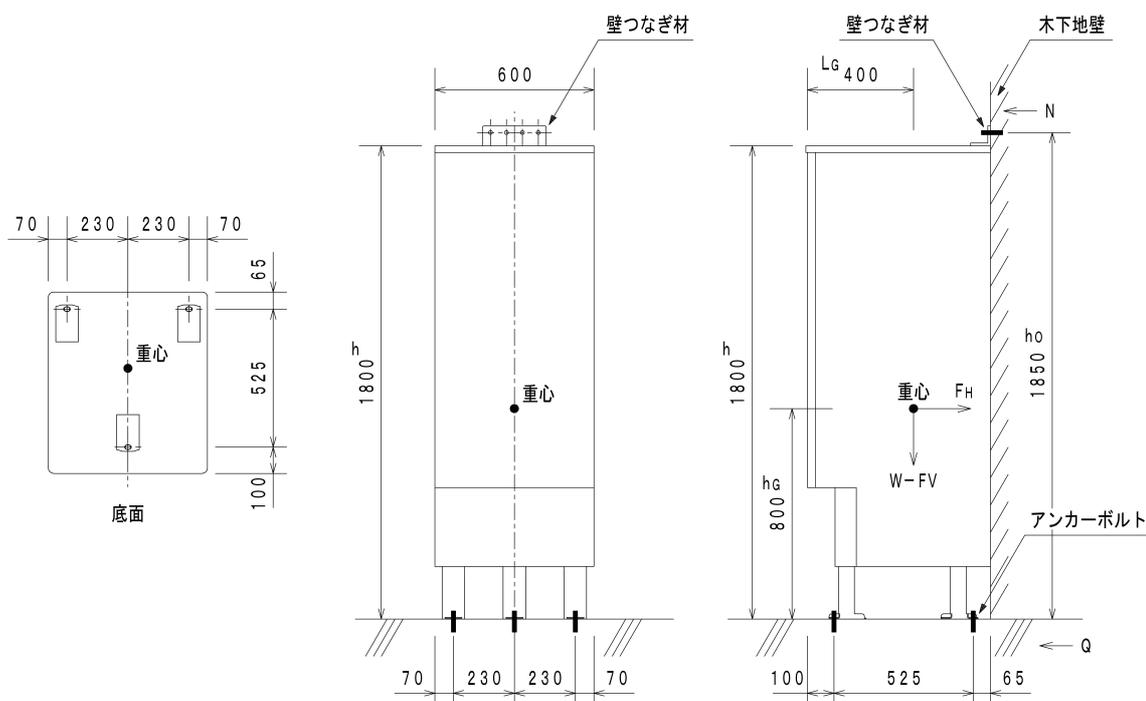
入力例の説明

- (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																
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)	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																
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	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。																						
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 0.6					0.60																	
壁つなぎ材					機器の寸法	<table border="1"> <tr><td>横幅</td><td>φ</td><td>600</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高さ</td><td>h</td><td>1,800</td><td>mm</td></tr> <tr><td>奥行</td><td>D</td><td>690</td><td>mm</td></tr> </table>	横幅	φ	600	mm	高さ	h	1,800	mm	奥行	D	690	mm				
	横幅	φ	600	mm																		
高さ	h	1,800	mm																			
奥行	D	690	mm																			
機器の重心	<table border="1"> <tr><td>横幅方向</td><td>W_G</td><td>230</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高さ方向</td><td>h_G</td><td>800</td><td>mm</td></tr> <tr><td>奥行方向</td><td>D_G</td><td>263</td><td>mm</td></tr> </table>				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	<table border="1"> <tr><td>高さ</td><td>h₀</td><td>1,850</td><td>mm</td></tr> </table>	高さ	h ₀	1,850	mm
横幅方向	W _G	230	mm																			
高さ方向	h _G	800	mm																			
奥行方向	D _G	263	mm																			
高さ	h ₀	1,850	mm																			
(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。																						
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																	
	φ _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 ・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 = $\frac{F_H \cdot h_G}{m \cdot h_0}$...① = $\frac{2.36}{1} \times \frac{800}{1,850}$		1.03 kN/本 105 kgf/本																	
	つなぎ材は、①式のNを圧縮力として		N ≤ cF _A cF _A : 部材の短期許容圧縮応力																			
	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 = $\frac{N}{n_0}$ 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 = $\frac{F_H \cdot (h_0 - h_G)}{n \cdot h_0}$ = $\frac{2.36}{3} \times \left(\frac{1,850 - 800}{1,850} \right)$		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	採用サイズ選択	スラブ厚選択	120	採用サイズ選択																
	アンカーボルト種類選択	M8		アンカーボルト種類選択	M8																	
	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 本当たりの引抜力は 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:	
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)	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	上層階
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	防振支持無 2.0
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。						
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 × 2.0						2.00
背面支持材の形式					機器の寸法	横幅 φ = 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 φ ₁ = 600 mm 機器正面 φ ₂ = 1,700 mm	
G: 機器の重心位置						
機器の質量						
W: 機器の重量 = 3.00 kN						
h _G : 重心高さ = 1,100 mm						
φ ₁ : 機器と背面支持材とのボルトスパン (X方向) = 600 mm						
φ ₂ : 機器正面からみたボルトスパン (Y方向) = 1,700 mm						
φ _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						
n ₁ : 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						
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 ・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						
背面支持材の検討式	1) 図のX方向についての検討					
	<p>背面支持材下部アンカーボルトの引抜き及びせん断力</p> $R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \phi_{1G}}{\phi_1 \cdot n_{t1}}$ $= \frac{6.00 \times 1,100 - (3.00 - 3.00) \times 100}{600 \times 2} = 5.50 \text{ kN/本} = 561 \text{ kgf/本}$ <p>せん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{6.00}{6} = 1.00 \text{ kN/本} = 102 \text{ kgf/本}$</p> <p>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。)</p> $N_c = \frac{R_b}{\sin \theta} = \frac{5.50}{\sin 72^\circ} = 5.79 \text{ kN/本} = 590 \text{ kgf/本}$ <p>・なお図中のh_G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。</p> <p>・背面支持材と箱体支持材を繋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R_bと同じになる。</p> $Q' = \frac{R_b}{m} = \frac{5.50}{2} = 2.75 \text{ kN/本} = 280 \text{ kgf/本}$ <p>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</p>					
2) 図のY方向についての検討は、背面支持材のない箱体として計算する。						
$R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \phi_{2G}}{\phi_2 \cdot n_{t2}}$ $= \frac{6 \times 1,100 - (3 - 3) \times 650}{1,700 \times 3} = 1.30 \text{ kN/本} = 133 \text{ kgf/本}$ <p>せん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{6}{6} = 1.00 \text{ kN/本} = 102 \text{ kgf/本}$</p>						
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				
	許容引抜き荷重	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。

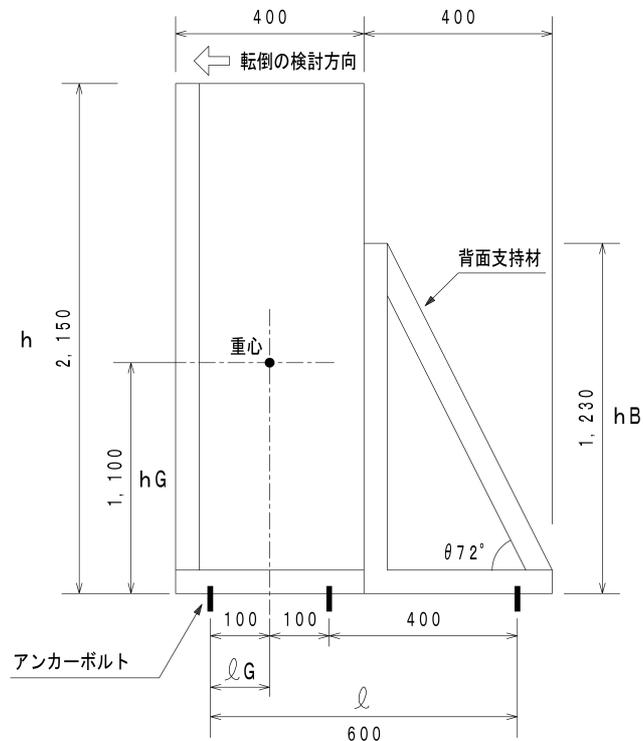


図-1 背面支持形制御盤

- ・算定結果は短辺方向(X 方向)大きくなります。引抜き力 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。

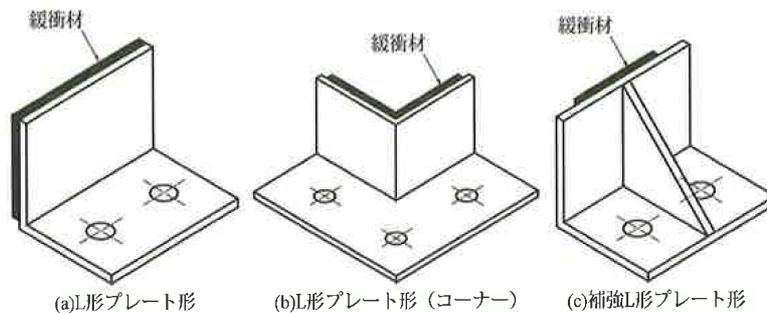
ストッパの検討(a) 移動防止形ストッパ					機器名:	
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)
	特定の施設		一般の施設			
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器		
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	一般の施設 一般機器
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中間階
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	防振支持無 0.6
()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。						
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	
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。				機器の寸法 横幅 φ 高さ h 奥行 D 機器の重心 横幅方向 W _G 高さ方向 h _G 奥行方向 D _G	
			(注) φ2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φ2とすることができる。			
f _b : 鋼材の短期許容曲げ応力度 m: ストッパのアンカーボルト本数 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) N _S : 機器の一边のストッパ個数 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。 → W: 機器の重量(架台重量を含む) φ ₁ : ストッパの幅 φ ₂ : ストッパの高さ φ 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					23.54 kN/cm ² 2 本 1.2 cm 2 個 1,000 kg 9.81 kN 10.0 cm 4.0 cm 4.0 cm	
ストッパの検討式	・ボルトの引抜力 $R_b = \frac{\phi_2 K_H W}{\phi_5 \cdot m \cdot N_S}$ $= \frac{4}{4} \times \frac{0.60}{2} \times \frac{9.81}{2}$				1.48 kN/本 151 kgf/本	
	・ボルトのせん断力 $Q = \frac{K_H W}{m \cdot N_S}$ $= \frac{0.60}{2} \times \frac{9.81}{2}$				1.48 kN/本 151 kgf/本	
・ストッパの板厚tは $t \geq \sqrt{6 K_H W \phi_2 / \{f_b (\phi_1 - m d_0) N_S\}}$ $t \geq \sqrt{6 \times 0.60 \times 10 \times 4.0 / \{23.54 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2\}}$				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	スラブ厚選択	120	採用サイズ選択		ストッパの板厚	9.0 mm
	アンカーボルト種類選択	M8	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。			
	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]				

入力例の説明

- ストップパには、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。
- ストップ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、ストップパの幅・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。
- ストップパの板厚は 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 ($2,400\text{kg/cm}^2$) は固定値です。
- 下図に指針 P36 のストップパの形式を参考として示します。

1) 移動防止形ストップパ

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 移動防止形ストップパの例

※ 注記

- ストップ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。

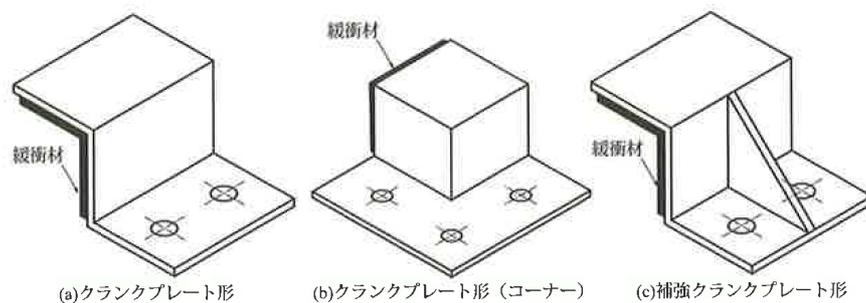
ストップの検討(b) 移動・転倒防止形ストップ					機器名:			
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)		
	特定の施設		一般の施設					
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器				
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	一般の施設 一般機器		
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中間階		
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	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。								
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 × 0.6					0.60			
設計用鉛直震度 (K _V) = $\frac{K_H}{2}$ = $\frac{0.60}{2}$					0.300			
ストップの形式	移動・転倒防止形ストップ				機器の寸法	機器の重心		
		横幅	ℓ	60	cm	高さ	h	110
	奥行	D	60	cm	横幅方向	W _G		cm
	高さ方向	h _G	50	cm	奥行方向	D _G		cm
<p>f_b: 鋼材の短期許容曲げ応力度 23.54 kN/cm²</p> <p>m: ストップのアンカーボルト本数 2 本</p> <p>d₀: 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</p> <p>N_S: 機器の一边のストップ個数 2 個</p> <p>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</p> <p>W: 機器の重量(架台重量を含む) 9.81 kN</p> <p>ℓ₀: 検討する方向からみた防振装置の中心(又は機器端)からストップ先端までの距離 60.0 cm</p> <p>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</p> <p>ℓ₁: ストップの幅 10.0 cm</p> <p>ℓ₂: ストップの高さ 4.0 cm</p> <p>ℓ₃: ストップのボルト中心からストップ端(機器側)までの水平距離 12.0 cm</p> <p>ℓ₅: ストップのボルト中心からストップ端までの水平距離 5.0 cm</p>								
ストップの検討式	<p>・ストップの板厚tは下式のうち大きい値とする。</p> <p>T₀に対し t ≥ $\sqrt{\frac{6(K_H h_G - \ell_G(1-K_V))W\ell_3}{f_b \ell_1 (\ell_1 - m d_0) N_S}}$</p> <p>t ≥ $\sqrt{\frac{6 \times \{ 0.60 \times 50 - 30 \times (1 - 0.300) \} \times 9.81 \times 12}{23.54 \times 60.0 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2}}$</p> <p>0.55 cm</p>					cm		
	<p>Q₀に対し t ≥ $\sqrt{\frac{6K_H W \ell_2}{f_b (\ell_1 - m d_0) N_S}}$</p> <p>t ≥ $\sqrt{\frac{6 \times 0.60 \times 9.81 \times 4}{23.54 \times (10.0 - 2 \times 1.2) \times 2}}$</p> <p>0.63 cm</p>							
<p>・アンカーボルトの引抜力</p> <p>R_b = $\frac{\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W}{\ell \cdot m \cdot N_S} \cdot \frac{\ell_3 + \ell_5}{\ell_5}$</p> <p>= $\frac{\{0.60 \times 50 - 30 \times (1 - 0.300)\} \times 9.81}{60.0 \times 2 \times 2} \times \frac{12 + 5}{5}$</p> <p>1.26 kN/本 128 kgf/本</p>								
<p>・アンカーボルトのせん断力</p> <p>Q = $\frac{K_H W}{m \cdot N_S}$</p> <p>= $\frac{0.60 \times 9.81}{2 \times 2}$</p> <p>1.48 kN/本 151 kgf/本</p>								
注) ストップ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	坊二加	採用サイズ選択	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。	ストップの板厚	9.0 mm		
	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]						

入力例の説明

- ストップパには、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。
 - 移動防止形ストップ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。
 - ストップ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、ストップパの幅・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。
 - ストップパの板厚は 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 $23.54\text{kN}/\text{cm}^2$ ($2,400\text{kg}/\text{cm}^2$)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 のストップパの形式を参考として示します。

2) 移動・転倒防止形ストップパ

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。

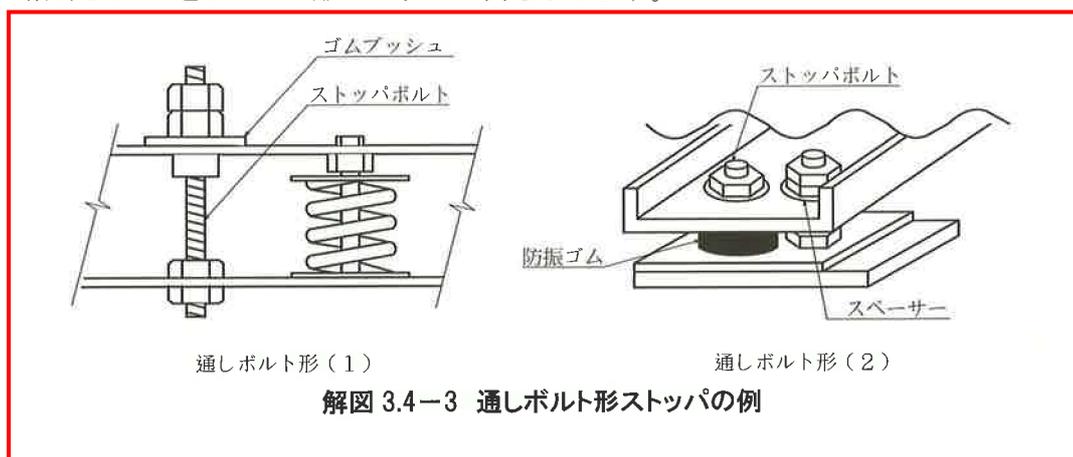


解図 3.4-2 移動・転倒防止形ストップパの例

ストップの検討(c) 移動・転倒防止形ストップ					機器名:	
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)	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
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	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。						
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 0.6					0.60	
設計用鉛直震度 (K _V) = $\frac{K_H}{2}$ = $\frac{0.60}{2}$					0.300	
ストップの形式					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			
δ _{tb} : 引張りと曲げを同時にける部分の応力度						
T: 引張力						
A _e : 有効断面積 (公称径M10は0.54cm ² , M12は0.85cm ² , M16は1.51cm ² , M20は2.36cm ² , M24は3.40cm ²) ボルトの場合は、軸断面積×0.75	2.36 cm ²					
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 cm ³					
G ₁ : 機器本体の重心	下のドロップダウンリストよりボルトの材質、呼び径を					
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 : ストップ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プボルトスパン	70.0 cm					
ℓ _G : 検討する方向からみたストップボルト中心から機器重心までの距離 (ただし ℓ _G < ℓ/2)	35.0 cm					
n ₁ : ストップボルトの片側本数	2 本					
n: ストップボルトの総本数	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					
$f_t \geq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W[K_H \cdot h_G - (1 - K_V) \cdot \ell_G]}{\ell \cdot n_1 \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_s}{n \cdot Z_1}$ $= \frac{3.92 \times \{ 0.60 \times 65 - (1 - 0.300) \times 35 \}}{70 \times 2 \times 0.48} + \frac{3.92 \times 4}{4 \times 0.48}$ $= 5.08 \text{ kN/本}$ $= 518 \text{ kgf/本}$						
$f_s \geq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e} = \frac{0.60 \times 3.92}{4 \times 2.36}$ $= 0.25 \text{ kN/本}$ $= 25 \text{ kgf/本}$						
ボルトの許容応力度表			ストップボルト			
単位: kN/cm ² (kgf/cm ²)						
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。						
ストップボルトの材質		SS400 選択です				
ストップボルトの呼び径		M20				
ボルトに加わる短期引張応力度		2.16 kN/cm ²				
		220 kgf/cm ²				
ボルトに加わる短期せん断応力度		0.11 kN/cm ²				
		11 kgf/cm ²				
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 cm² 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 ボルトが必要だと算定されました。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。



床、基礎据付け時のアンカーボルトの検討(矩形)					機器名:	I70N室外機の取付けボルト	
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)		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	
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 有	
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 2.0						2.00	
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力					機器の寸法	幅 横	1,240 mm
					機器の寸法	高 高	1,530 mm
					機器の寸法	奥 行	760 mm
					機器の重心	横 幅 方 向 W _G	535 mm
					機器の重心	高 高 方 向 h _G	610 mm
					機器の重心	奥 行 方 向 D _G	350 mm
					ボルトスパン	長 辺 方 向 ℓ ₁	1,070 mm
					ボルトスパン	短 辺 方 向 ℓ ₂	700 mm
	G: 機器の重心位置						
	機器の質量						
	W: 機器の重量						
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)				長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側	2 本	
					短辺方向 (n ₂) ℓ ₁ 側	2 本	
	n: アンカーボルトの総本数						
	h _G : 据付面より機器重心までの高さ						
ℓ: 検討する方向からみたボルトスパン							
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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)				長辺方向 (ℓ _{1G})	1,070 mm		
				短辺方向 (ℓ _{2G})	700 mm		
R _b : アンカーボルト1本当りの引抜き力				長辺方向 (ℓ _{1G})	535 mm		
				短辺方向 (ℓ _{2G})	350 mm		
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・W = 2.00 × 2.94							
F _V : 設計用鉛直地震力 F _V = $\frac{1}{2}$ ・F _H = $\frac{5.88}{2}$							
$R_{b1} = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{11}}$ $= \frac{5.88 \times 610 - (2.94 - 2.94) \times 535}{1,070 \times 2}$							
$R_{b2} = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{22}}$ $= \frac{5.88 \times 610 - (2.94 - 2.94) \times 350}{700 \times 2}$							
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							
$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{5.88}{4}$							
1.47 kN/本							
150 kgf/本							
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							
許容引抜き荷重 [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。

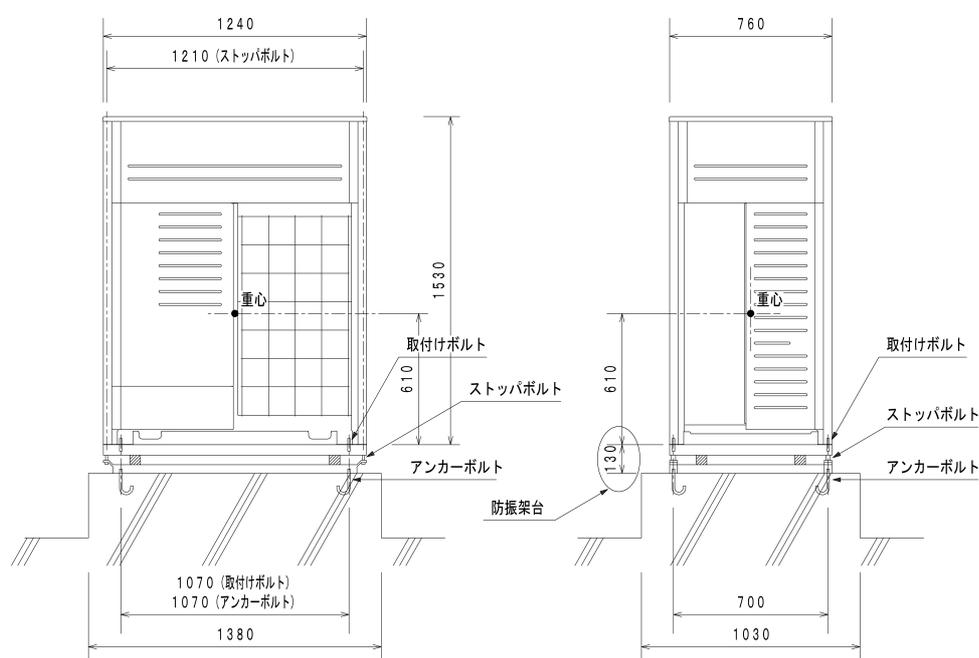
計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

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、ストップボルト、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。

ストップの検討(c) 移動・転倒防止形ストップ					機器名:	防振架台の通しストップ																																												
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)		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																																												
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)		防振支持有 2.0																																												
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。																																																		
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 2.0				2.00																																													
設計用鉛直震度 (K _V)	= $\frac{K_H}{2}$ = $\frac{2.00}{2}$				1.000																																													
ストップの形式					機器の寸法	横幅 ℓ 高さ h 奥行 D	cm																																											
					機器の重心	横幅方向 W _G 高さ方向 h _G 奥行方向 D _G	cm 61 cm																																											
ストップの検討式	δ _{tb} : 引張りと曲げを同時にける部分の応力度																																																	
	T: 引張力																																																	
	A _e : 有効断面積 (公称径M10は0.54cm ² , M12は0.85cm ² , M16は1.51cm ² , M20は2.36cm ² , M24は3.40cm ²) ボルトの場合は、軸断面積×0.75						3.40 cm ²																																											
	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 cm ³																																											
	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 : ストップ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プボルトスパン						76.0 cm																																											
	ℓ _G : 検討する方向からみたストップボルト中心から機器重心までの距離 (ただし ℓ _G < ℓ/2)						38.0 cm																																											
	n ₁ : ストップボルトの片側本数						2 本																																											
	n: ストップボルトの総本数						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																																												
$f_t \geq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W[K_H \cdot h_G - (1 - K_V) \cdot \ell_G]}{\ell \cdot n_1 \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_s}{n \cdot Z_1}$ $= \frac{2.94 \times \{ 2.00 \times 61 - (1 - 1.000) \times 38 \}}{2 \times 0.83 \times 2} + \frac{2.94 \times 4}{2 \times 0.83}$						14.87 kN/本 1,516 kgf/本																																												
$f_s \geq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e}$ $= \frac{2.94}{2 \times 0.83}$						0.87 kN/本 89 kgf/本																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ボルトの許容応力度表</th> <th colspan="2">ストップボルト</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">ボルト(径)</th> <th colspan="2">単位: kN/cm² (kgf/cm²)</th> <th rowspan="2">材料</th> </tr> <tr> <th>引張 (f_t)</th> <th>せん断 (f_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">SS400</td> <td>40mm ≥</td> <td>17.65 (1,800)</td> <td>13.23 (1,350)</td> <td rowspan="2">SS400 選択です</td> </tr> <tr> <td>40mm <</td> <td>16.18 (1,650)</td> <td>12.06 (1,230)</td> </tr> <tr> <td>SUS</td> <td></td> <td>15.44 (1,575)</td> <td>11.73 (1,197)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						ボルトの許容応力度表		ストップボルト		ボルト(径)	単位: kN/cm ² (kgf/cm ²)		材料	引張 (f _t)	せん断 (f _s)	SS400	40mm ≥	17.65 (1,800)	13.23 (1,350)	SS400 選択です	40mm <	16.18 (1,650)	12.06 (1,230)	SUS		15.44 (1,575)	11.73 (1,197)		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>ストップボルトの材質</td> <td>SS400</td> <td>選択です</td> </tr> <tr> <td>ストップボルトの呼び径</td> <td>M24</td> <td>選択です</td> </tr> <tr> <td>ボルトに加わる短期引張応力度</td> <td>4.38 kN/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>447 kgf/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ボルトに加わる短期せん断応力度</td> <td>0.26 kN/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>27 kgf/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>評価</td> <td>OK</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ストップボルトの材質	SS400	選択です	ストップボルトの呼び径	M24	選択です	ボルトに加わる短期引張応力度	4.38 kN/cm ²			447 kgf/cm ²		ボルトに加わる短期せん断応力度	0.26 kN/cm ²			27 kgf/cm ²		評価	OK	
ボルトの許容応力度表		ストップボルト																																																
ボルト(径)	単位: kN/cm ² (kgf/cm ²)		材料																																															
	引張 (f _t)	せん断 (f _s)																																																
SS400	40mm ≥	17.65 (1,800)	13.23 (1,350)	SS400 選択です																																														
	40mm <	16.18 (1,650)	12.06 (1,230)																																															
SUS		15.44 (1,575)	11.73 (1,197)																																															
ストップボルトの材質	SS400	選択です																																																
ストップボルトの呼び径	M24	選択です																																																
ボルトに加わる短期引張応力度	4.38 kN/cm ²																																																	
	447 kgf/cm ²																																																	
ボルトに加わる短期せん断応力度	0.26 kN/cm ²																																																	
	27 kgf/cm ²																																																	
評価	OK																																																	
上表の値は、日本建築学会「鋼構造設計規準」を参考。																																																		

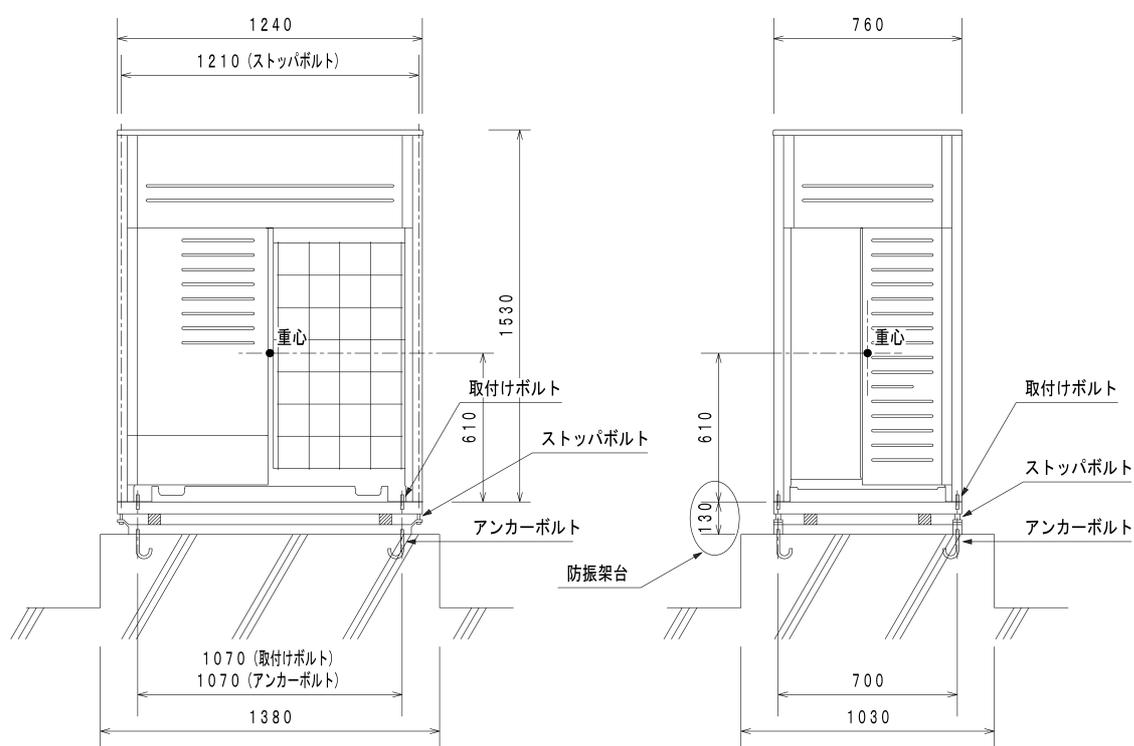
計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

ストップボルトの算定

- (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。

※ 前頁に続いてストップボルトの算定をします。

左の計算式はストップの検討 (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 h_s 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:	エアコン外機のアンカーボルト	
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)		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	
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 有 2.0	
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 2.0						2.00	
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力					機器の寸法	横幅	1,240 mm
					機器の寸法	高さ	1,530 mm
					機器の寸法	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
					ボルトスパン	奥行方向 D _G	350 mm
						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						
	W: 機器の重量						
	n ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)					長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側	2 本
						短辺方向 (n ₂) ℓ ₁ 側	2 本
	n: アンカーボルトの総本数						
	h _G : 据付面より機器重心までの高さ						
ℓ: 検討する方向からみたボルトスパン							
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 (ただし ℓ _{1G} ≦ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≦ ℓ ₂ /2)					長辺方向 (ℓ _{1G})	1,070 mm	
					短辺方向 (ℓ _{2G})	700 mm	
R _b : アンカーボルト1本当りの引抜き力					長辺方向 (ℓ _{1G})	535 mm	
					短辺方向 (ℓ _{2G})	350 mm	
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・W = 2.00 × 4.41							
F _V : 設計用鉛直地震力 F _V = $\frac{1}{2}$ ・F _H = $\frac{8.82}{2}$							
アンカーボルトの引抜き力	長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{11}}$						
	= $\frac{8.82 \times 740 - (4.41 - 4.41) \times 535}{1,070 \times 2}$						
アンカーボルトの引抜き力	短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{12}}$						
	= $\frac{8.82 \times 740 - (4.41 - 4.41) \times 350}{700 \times 2}$						
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 = $\frac{F_H}{n}$							
= $\frac{8.82}{4}$							
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					
	許容引抜き荷重	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]				

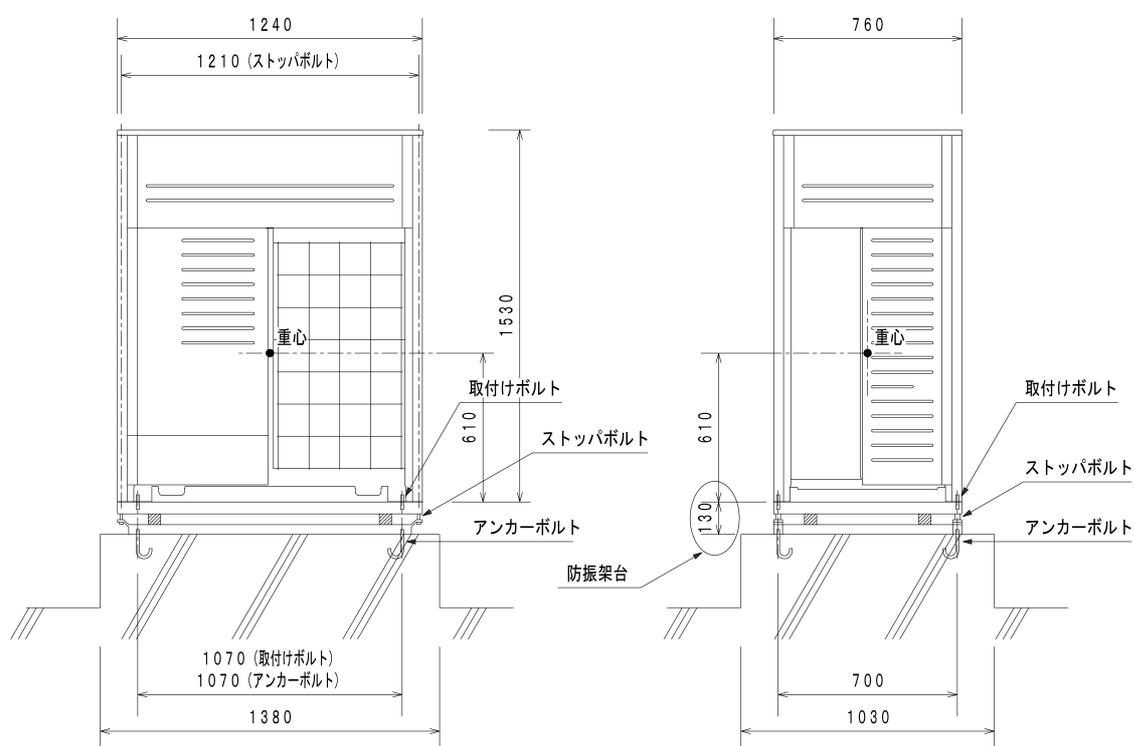
計算例 24： ヒートポンプパッケージ型エアコン室外機（防振有り）

アンカーボルトの算定

- (1) 設計用水平震度は $KH=2.0$ (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。

※ 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。

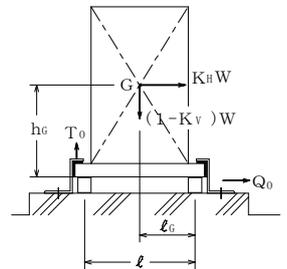


入力例の説明

- (1) 機器の高さ、重量は防振架台を含んだものとしします。

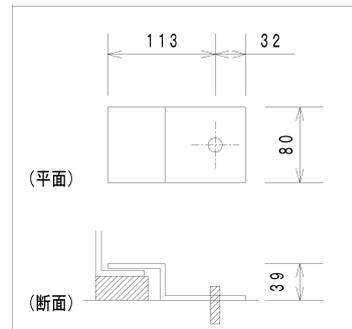
ワンポイントアドバイス

- (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。

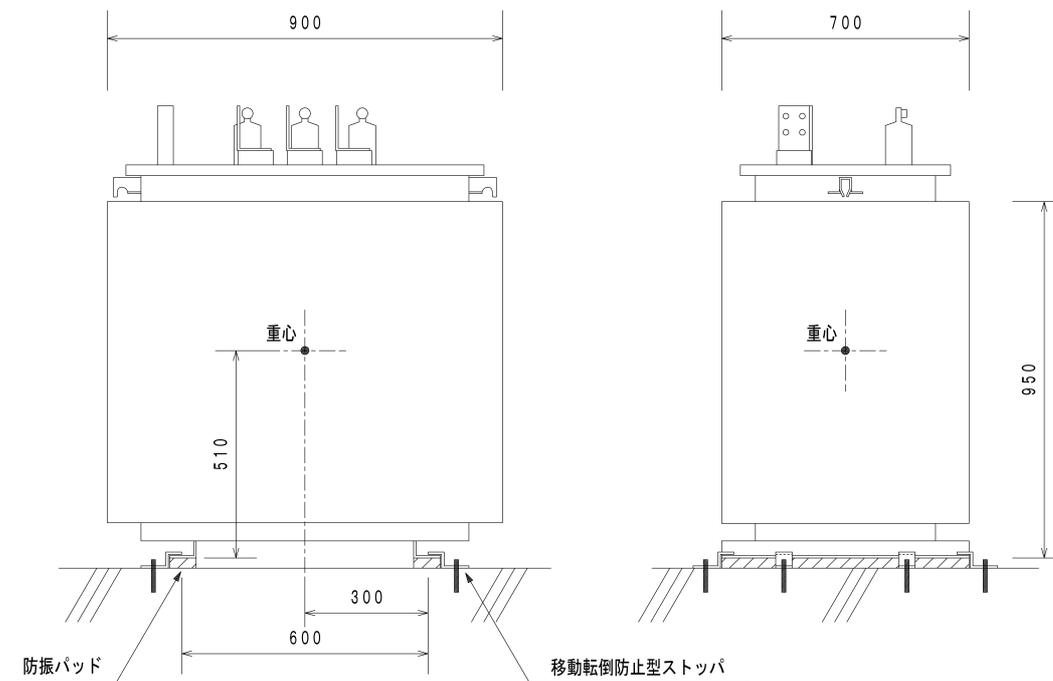
ストッパの検討(b) 移動・転倒防止形ストッパ					機器名:	変圧器用ストッパ
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)
	特定の施設		一般の施設			
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器		
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特 定 の 施 設 重 要 機 器
中 間 階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	地 階 及 び 1 階 防 振 支 持 有
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	1.0
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。						
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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	
設計用鉛直震度 (K _V)	=	$\frac{K_H}{2}$	=	$\frac{1.00}{2}$	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	
<ul style="list-style-type: none"> 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 1 本 d₀: 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: 機器の一边のストッパ個数 2 個 機器の質量(架台質量を含む) 1,000kgと入力すると9.81kNとは異なります。 → 1,000 kg W: 機器の重量(架台重量を含む) 但しkNからkgに変換はできません。 → 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 ℓ_G < ℓ/2) 30.0 cm ℓ₁: ストッパの幅 8.0 cm ℓ₂: ストッパの高さ 3.9 cm ℓ₃: 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 ℓ₅: 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 						
ストッパの検討式	<ul style="list-style-type: none"> ・ストッパの板厚tは下式のうち大きい値とする。 T₀に対し $t \geq \sqrt{\frac{6(K_H h_G - \ell_G(1-K_V))W\ell_3}{f_b \ell (\ell_1 - m d_0) N_S}}$ $t \geq \sqrt{\frac{6 \times \{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500) \} \times 9.81 \times 11.3}{23.54 \times \{ 60.0 \times (8.0 - 1 \times 1.2) \} \times 2}}$ 1.12 cm Q₀に対し $t \geq \sqrt{\frac{6K_H W \ell_2}{f_b (\ell_1 - m d_0) N_S}}$ $t \geq \sqrt{\frac{6 \times 1 \times 9.81 \times 3.9}{23.54 \times \{ 8.0 - 1 \times 1.2 \} \times 2}}$ 0.85 cm 					
	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトの引抜力 $R_b = \frac{\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\}W}{\ell \cdot m \cdot N_S} \cdot \frac{\ell_3 + \ell_5}{\ell_5}$ $= \frac{\{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500) \} \times 9.81}{60.0 \times 1 \times 2} \times \frac{11.3 + 3.2}{3.2}$ 13.34 kN/本 12kNを超えています。 1,360 kgf/本 					
	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトのせん断力 $Q = \frac{K_H W}{m \cdot N_S}$ $= \frac{1.00 \times 9.81}{1 \times 2}$ 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		ナニカ	採用サイズ選択	ストッパの板厚 12.0 mm		
アンカーボルトサイズ		NG	メカ以外のボルトでも全てNG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(11.76kN)が限界です。		
許容せん断荷重			[kN (kgf)]			
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 $KH=1.0$ (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



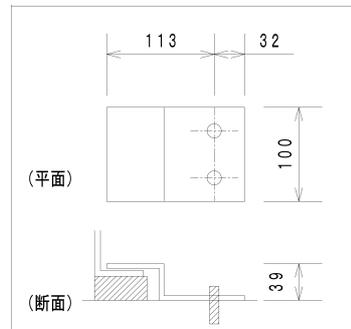
ワンポイントアドバイス

- (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。

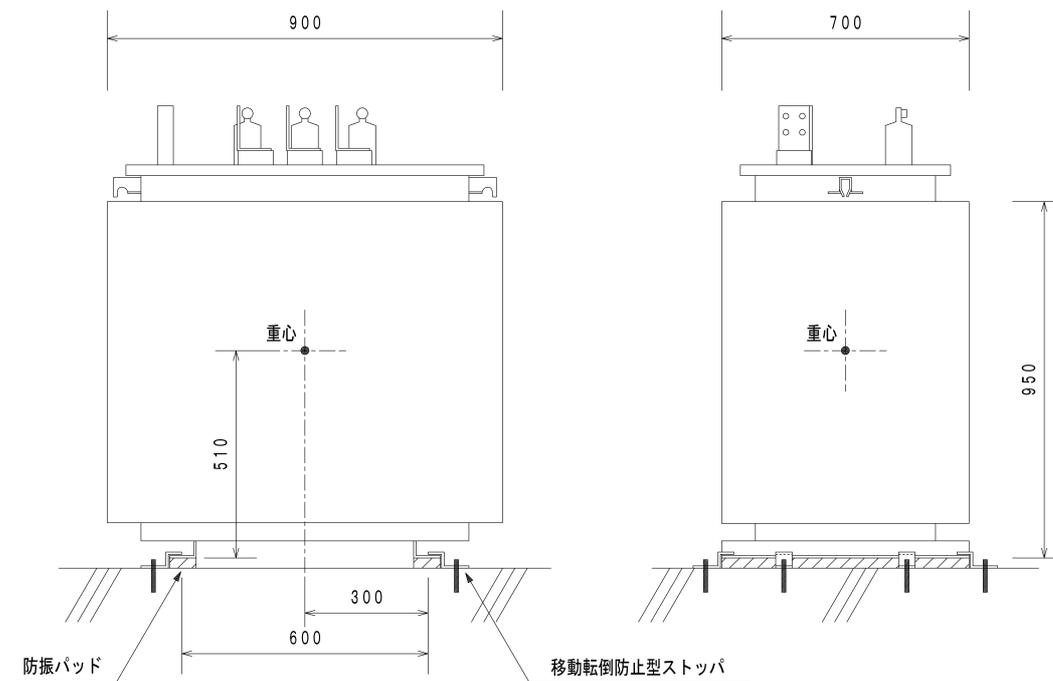
ストップの検討(b) 移動・転倒防止形ストップ					機器名:	変圧器用ストップ			
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)			
	特定の施設		一般の施設						
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器					
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特 定 の 施 設 重 要 機 器			
中 間 階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	地 階 及 び 1 階 防 振 支 持 有			
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	1.0			
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。									
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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				
設計用鉛直震度 (K _V)	=	$\frac{K_H}{2}$	=	$\frac{1.00}{2}$	0.500				
ストップの形式	移動・転倒防止形ストップ				機器の寸法	幅	ℓ	90	cm
					機器の寸法	高さ	h	95	cm
					機器の寸法	奥行	D	70	cm
					機器の重心	横幅方向	W _G		cm
					機器の重心	高さ方向	h _G	51	cm
					機器の重心	奥行方向	D _G		cm
<ul style="list-style-type: none"> f_b: 鋼材の短期許容曲げ応力度 23.54 kN/cm² m: ストップのアンカーボルト本数 2 本 d₀: 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: 機器の一边のストップ個数 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)からストップ先端までの距離 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 ℓ₁: ストップの幅 10.0 cm ℓ₂: ストップの高さ 3.9 cm ℓ₃: ストップのボルト中心からストップ端(機器側)までの水平距離 11.3 cm ℓ₅: ストップのボルト中心からストップ端までの水平距離 3.2 cm 									
ストップの検討式	<ul style="list-style-type: none"> ・ストップの板厚tは下式のうち大きい値とする。 								
	$T_0 \text{ に対し } t \geq \sqrt{\frac{6(K_H h_G - \ell_G(1-K_V))W\ell_3}{f_b \ell (\ell_1 - m d_0) N_S}}$ $t \geq \sqrt{\frac{6 \times \{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500) \} \times 9.81 \times 11.3}{23.54 \times (60.0 - 2 \times 1.8) \times 2}}$								
	$Q_0 \text{ に対し } t \geq \sqrt{\frac{6K_H W \ell_2}{f_b (\ell_1 - m d_0) N_S}}$ $t \geq \sqrt{\frac{6 \times 1 \times 9.81 \times 3.9}{23.54 \times (10.0 - 2 \times 1.8) \times 2}}$								
	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトの引抜力 $R_b = \frac{\{K_H h_G - \ell_G(1-K_V)\} W}{\ell \cdot m \cdot N_S} \cdot \frac{\ell_3 + \ell_5}{\ell_5}$ $= \frac{\{ 1.00 \times 51 - 30 \times (1 - 0.500) \} \times 9.81}{60.0 \times 2 \times 2} \times \frac{11.3 + 3.2}{3.2}$ 6.67 kN/本 680 kgf/本								
<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトのせん断力 $Q = \frac{K_H W}{m \cdot N_S}$ $= \frac{1.00 \times 9.81}{2 \times 2}$ 2.46 kN/本 251 kgf/本									
注) ストップ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	坊二加	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]							
					ストップの板厚	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 $KH=1.0$ (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

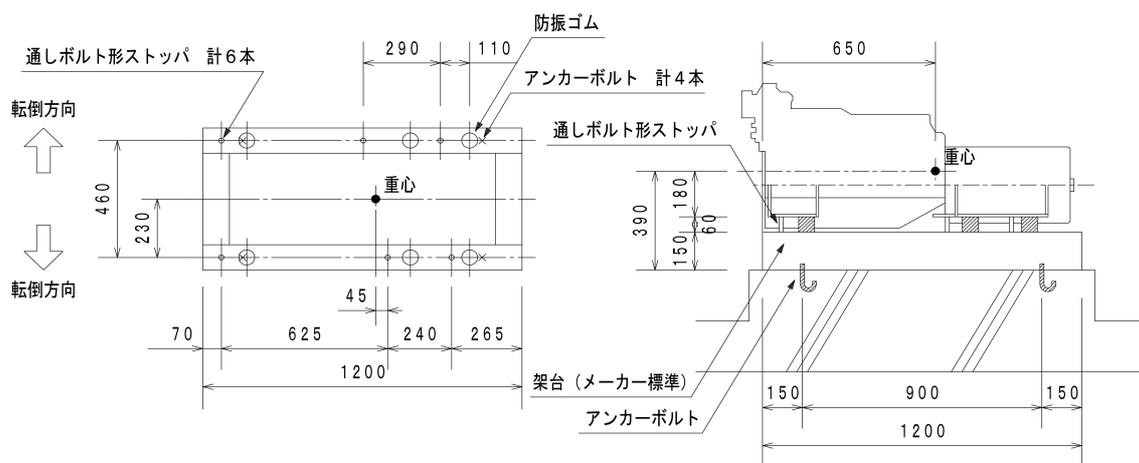
- (1) 前頁でNGと表示されたので一つのストッパに使用するアンカーボルトの数を1本から2本に増やしてストッパの幅を80から100に広げてみた結果です。

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																
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)		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																
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 有																
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。																						
<p>●上層階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>●中間階の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 1.5					1.50																	
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力					<p>機器の寸法</p> <table border="1"> <tr><td>横 幅</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高 さ</td><td>mm</td></tr> <tr><td>奥 行</td><td>mm</td></tr> </table> <p>機器の重心</p> <table border="1"> <tr><td>横幅方向 W_G</td><td>mm</td></tr> <tr><td>高さ方向 h_G</td><td>390 mm</td></tr> <tr><td>奥行方向 D_G</td><td>mm</td></tr> </table> <p>ボルトスパン</p> <table border="1"> <tr><td>長辺方向 ℓ₁</td><td>900 mm</td></tr> <tr><td>短辺方向 ℓ₂</td><td>460 mm</td></tr> </table>		横 幅	mm	高 さ	mm	奥 行	mm	横幅方向 W _G	mm	高さ方向 h _G	390 mm	奥行方向 D _G	mm	長辺方向 ℓ ₁	900 mm	短辺方向 ℓ ₂	460 mm
	横 幅	mm																				
	高 さ	mm																				
	奥 行	mm																				
	横幅方向 W _G	mm																				
	高さ方向 h _G	390 mm																				
	奥行方向 D _G	mm																				
	長辺方向 ℓ ₁	900 mm																				
	短辺方向 ℓ ₂	460 mm																				
	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 ₁ : 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 (検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)					長辺方向 (n ₁) ℓ ₂ 側 2 本																
						短辺方向 (n ₂) 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 (ただし ℓ _{1G} ≤ ℓ ₁ /2、ℓ _{2G} ≤ ℓ ₂ /2)					長辺方向 (ℓ _{1G}) 450 mm																	
					短辺方向 (ℓ _{2G}) 230 mm																	
R _b : アンカーボルト1本当りの引抜き力																						
F _H : 設計用水平地震力 F _H = K _H ・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き力	長辺方向 R _{b1} = $\frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{1G}}{\ell_1 \cdot n_{11}}$					0.93 kN/本																
	= $\frac{5.30 \times 390 - (3.53 - 2.65) \times 450}{900 \times 2}$					95 kgf/本																
アンカーボルトの引抜き力	短辺方向 R _{b2} = $\frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_{2G}}{\ell_2 \cdot n_{22}}$					2.03 kN/本																
	= $\frac{5.30 \times 390 - (3.53 - 2.65) \times 230}{460 \times 2}$					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 = $\frac{F_H}{n} = \frac{5.30}{4}$					1.33 kN/本 136 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																				
	許容引抜き荷重	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 $KH=1.5$ (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してください。
- (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。

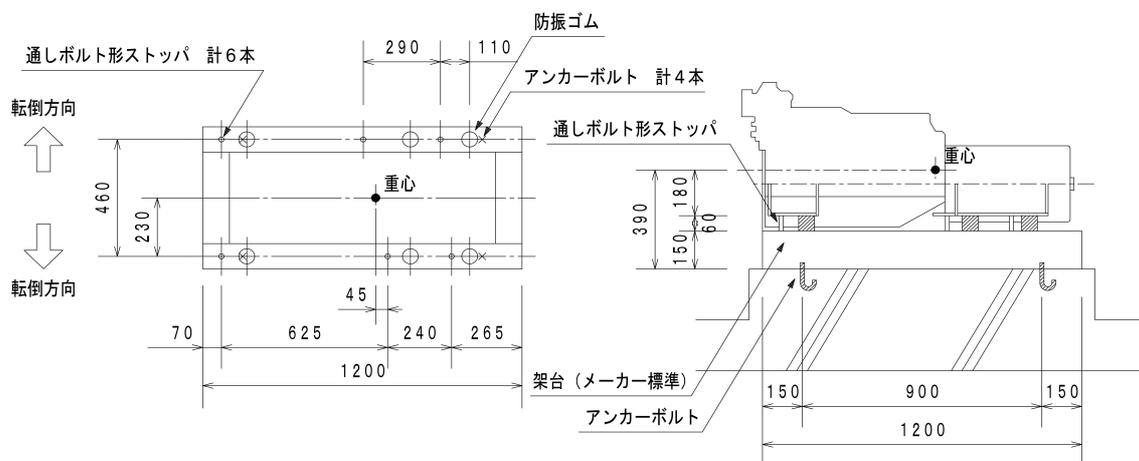
ストップの検討(c) 移動・転倒防止形ストップ					機器名:	発電機のストップボルト		
機器の設置場所	耐震安全性の分類				適用階の区分	設計用標準震度 (K _S)		
	特定の施設		一般の施設					
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器				
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)	塔屋 上層階	特定の施設 重要機器		
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	中間階	中間階		
地階及び1階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)	1階 地階	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。								
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 1.5	1.50			
設計用鉛直震度 (K _V)	=	$\frac{K_H}{2}$	=	$\frac{1.50}{2}$	0.750			
ストップの形式					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 _c	cm	
					高さ方向	h _c	18 cm	
					奥行方向	D _c	cm	
ストップの検討式	δ _{tb} : 引張りと曲げを同時にける部分の応力度							
	T: 引張力							
	A _e : 有効断面積 (公称径M10は0.54cm ² , M12は0.85cm ² , M16は1.51cm ² , M20は2.36cm ² , M24は3.40cm ²) ボルトの場合は、軸断面積×0.75							
	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)							
	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)							
	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)							
	W: 機器の重量(架台重量を含む)							
	h _s : ストップボルトの支持点から上部架台までの距離							
	l: 検討する方向からみたストップボルトスパン							
	l _G : 検討する方向からみたストップボルト中心から機器重心までの距離 (ただし l _G < l/2)							
	n ₁ : ストップボルトの片側本数							
	n: ストップボルトの総本数							
f _t : 鋼材の短期許容引張応力度								
f _s : 鋼材の短期許容せん断応力度								
$f_t \geq \delta_{tb} = \frac{T}{A_e} + \frac{M}{Z_1} = \frac{W[K_H \cdot h_c - (1 - K_V) \cdot l_G]}{l \cdot n_1 \cdot A_e} + \frac{K_H \cdot W \cdot h_s}{n \cdot Z_1}$ $= \frac{2.94 \times \{ 1.50 \times 18 - (1 - 0.750) \times 28.5 \}}{6 \times 3 \times 2.36} + \frac{1.50 \times 2.94 \times 6}{6 \times 0.48}$								
9.29 kN/本								
947 kgf/本								
$f_s \geq \zeta = \frac{K_H \cdot W}{n \cdot A_e} = \frac{1.50 \times 2.94}{6 \times 2.36}$								
0.32 kN/本								
33 kgf/本								
ボルトの許容応力度表			ストップボルト					
単位: kN/cm ² (kgf/cm ²)								
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。								
ストップボルトの材質		SS400		選択です				
ストップボルトの呼び径		M20						
ボルトに加わる短期引張応力度		3.94 kN/cm ²						
		402 kgf/cm ²						
ボルトに加わる短期せん断応力度		0.14 kN/cm ²						
		14 kgf/cm ²						
評	価	OK						

計算例 26-(2) : 発電機のストップボルトの算定

ストップボルトの算定

- (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。mmではありませんので注意して下さい。



入力例の説明

- (1) ストップ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)からみたストップボルトスパンは
 $625+240=865$ 、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:		
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)		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)		中間階	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)		地階	1.5
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 1.5					1.50		
天井吊り部材の形式	天井吊り部材				機器の寸法	横幅	1,500 mm
						高さ	500 mm
						奥行	700 mm
	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 ₁ : 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 ・W = 1.50 × 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 $P_V = \frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (\ell - \ell_G)}{\ell \cdot n_1}$ $= \frac{2.94 \times 300 + (1.96 + 1.47) \times (1,400 - 700)}{1,400 \times 2} = 1.18 \text{ kN/本} = 120 \text{ kgf/本}$					取付けボルト	
	・取付けボルトせん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{2.94}{4} = 0.74 \text{ kN/本} = 75 \text{ kgf/本}$						
	・部材の曲げモーメント(鉛直) $M_V = P_V \cdot a$ $= 1.18 \times 300 = (2,000 - 1,400) / 2 = 300$					吊り部材	
	・部材の曲げモーメント(水平) $M_H = Q \cdot a$ $= 0.74 \times 300 = (2,000 - 1,400) / 2 = 300$					222.00 kN・mm	
アンカーボルト	・アンカーボルト引抜き力 短辺方向 $N'_T = \frac{F_H \cdot h_G}{\alpha_2 \cdot L} + \frac{W}{\alpha_3} (1 + K_V)$ $= \frac{2.94 \times 300}{2 \times 2,000} + \frac{1.96}{4} \times (1 + 0.75) = 1.08 \text{ kN/本} = 110 \text{ kgf/本}$					アンカーボルト	
	・アンカーボルトせん断力 $Q'_b = \frac{F_H}{\alpha_3} = \frac{2.94}{4} = 0.74 \text{ kN/本} = 75 \text{ kgf/本}$						
アンカーボルトの選定	スラブ厚選択	120	取付けボルト				
	アンカーボルト種類選択	角二加	採用サイズ選択	取付けボルトの材質			SS400
	アンカーボルトサイズ	M8	取付けボルトの呼び径			M8	
	許容引抜荷重	1.96 (200)	[kN (kgf)]	ボルトに加わる短期引張応力度			3.11 (318) kN/cm ²
	許容せん断荷重	4.9 (500)	[kN (kgf)]	ボルトに加わる短期せん断応力度			1.95 (199) kN/cm ²
	ボルトの埋込長さ	40	[mm]	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、 h_G 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。

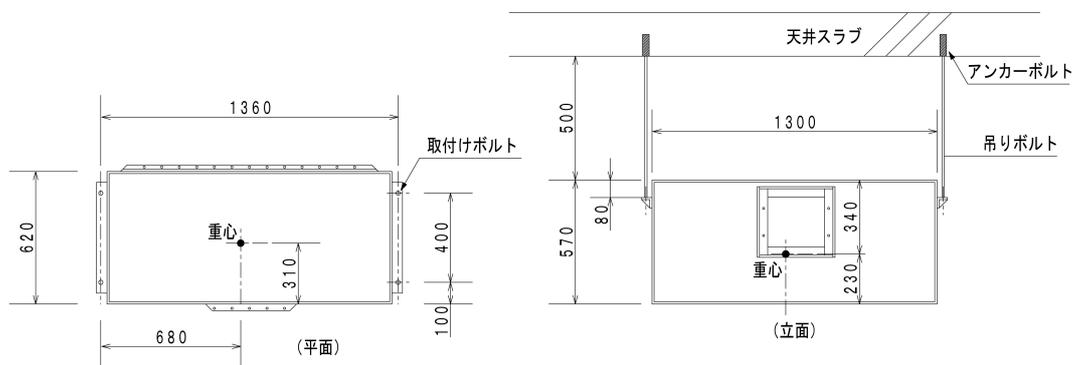
ワンポイントアドバイス

- ・ 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。

天井吊り部材の検討					機器名:	天井吊り空調機	
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)		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)		1階	防振支持無
()内の値は、防振支持の機器の場合に適用する。							
<ul style="list-style-type: none"> ●上層階の定義 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 × 0.6					0.60		
天井吊り部材の形式	天井吊り部材				機器の寸法	横幅	1,300 mm
						高さ	570 mm
						奥行	620 mm
	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					1,360	mm
	ℓ _G : 重心からアンカーボルトまでの距離					840	mm
	n ₁ : 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					840	mm
	L: アンカーボルト間隔(短辺方向のアンカーボルト)					1,360	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 ・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	
天井吊り部材の検討	・取付けボルト引張力 短辺方向						
	$P_V = \frac{F_H \cdot h_G + (W + F_V) \cdot (\ell - \ell_G)}{\ell \cdot n_1}$						
	$= \frac{1.18 \times 840 + (1.96 + 0.59) \times (1,360 - 840)}{1,360 \times 2}$					0.86	kN/本
						88	kgf/本
・取付けボルトせん断力							
$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{1.18}{4}$					0.30	kN/本	
					31	kgf/本	
・部材の曲げモーメント(鉛直)							
$M_V = P_V \cdot a$							
$= 0.86 \times 0$					0.00	kN・mm	
$a = (L - \ell) / 2 = (1,360 - 1,360) / 2 = 0$							
・部材の曲げモーメント(水平)							
$M_H = Q \cdot a$							
$= 0.30 \times 0$					0.00	kN・mm	
$a = (L - \ell) / 2 = (1,360 - 1,360) / 2 = 0$							
アンカーボルト	・アンカーボルト引抜き 短辺方向						
	$N'_T = \frac{F_H \cdot h_G}{\alpha_2 \cdot L} + \frac{W}{\alpha_3} (1 + K_V)$						
	$= \frac{1.18 \times 840}{2 \times 1,360} + \frac{1.96}{4} \times (1 + 0.31)$					1.01	kN/本
					103	kgf/本	
・アンカーボルトせん断力							
$Q'_b = \frac{F_H}{\alpha_3} = \frac{1.18}{4}$					0.30	kN/本	
					31	kgf/本	
アンカーボルトの選定	スラブ厚選択	120	取付けボルト				
	アンカーボルト種類選択	角鋼	採用サイズ選択	取付けボルトの材質			SS400
	アンカーボルトサイズ	M8	取付けボルトの呼び径			M8	
	許容引抜荷重	1.96 (200)	ボルトに加わる短期引張応力度			2.26 (231)	kN/cm ²
	許容せん断荷重	4.9 (500)	ボルトに加わる短期せん断応力度			0.79 (81)	kN/cm ²
	ボルトの埋込長さ	40	評価			OK	

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があります。
- (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(株)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:

設置場所の選定
耐震クラスの適用

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. 以下の場合に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)

$$W = n \cdot W_1 \cdot L_1$$

W₁: 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)

$$P = n \cdot W_1 \cdot L_2$$

L₁: 自重支持点間距離 (m) <取付間隔は2m以下>

L₂: 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・W ₁ ・L ₁ > (kgf)	耐震支持点間 の重量 <P=n・W ₁ ・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	屋内絶縁電線	EM-IE	60	0.625	3	2.00	8.00	3.750	15.000	
配線	EM-CET ケーブル	EM-CET	100	3.150	1	2.00	8.00	6.300	25.200	
ラック	ケーブルラック(ZM)	ZM	500A	3.734	1	2.00	8.00	7.468	29.872	
ラック	ケーブルラック用カバー(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:

※横走り管の吊り及び振れ止め支持間隔

呼び径	15	20	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	
分類														
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	1.0m以下								2.0m以下				
	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以下は呼び径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、形鋼振れ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以下の管の形鋼振れ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以下の場合には1.5m以下、12.7mm以上の場合には2.0m以下とし、形鋼振れ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。

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)

$$P = n \cdot W_1 \cdot L_2$$

W₁: 配管等の単位質量(kg/m)

n: 配管等の本数(本)

L₁: 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 >

L₂: 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・W ₁ ・L ₁ > (kgf)	形鋼振れ止め支持間の重量 <P=n・W ₁ ・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(コウケン)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(コウケン)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。

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

配管等の重量算定

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
- ニ 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。

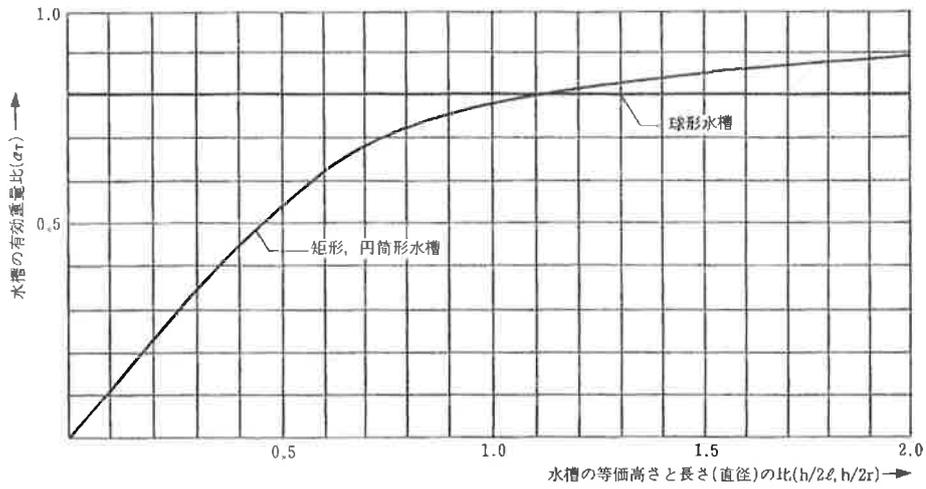
(備考6) 重要水槽とは重要機器として扱う水槽類、一般水槽とは一般機器として扱う水槽類を示す。また、水槽類にはオイルタンク等を含む。

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。

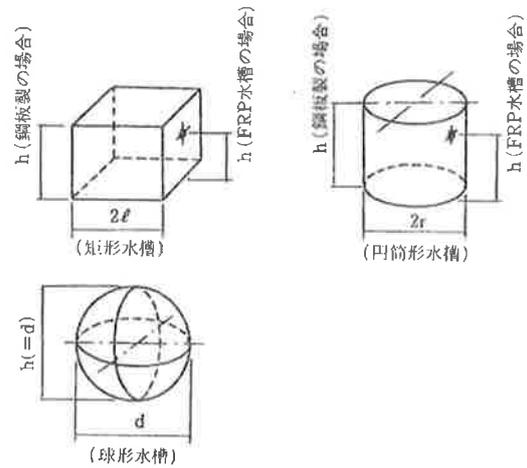
地方		数値
(一)	(二) から (四) までに掲げる地方以外の地方	1.0
(二)	北海道のうち 札幌市 函館市 小樽市 室蘭市 北見市 夕張市 岩見沢市 網走市 苫小牧市 美瑛市 芦別市 江別市 赤平市 三笠市 千歳市 滝川市 砂川市 歌志内市 深 川市 富良野市 登別市 恵庭市 伊達市 札幌郡 石狩郡 厚田郡 浜益郡 松前 郡 上磯郡 亀田郡 茅部郡 山越郡 檜山郡 爾志郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡 岩内郡 古宇郡 積丹郡 古平郡 余市郡 空知 郡 夕張郡 樺戸郡 雨竜郡 上川郡 (上川支庁) のうち東神楽町、上川町、東川町及 び美瑛町 勇払郡 網走郡 斜里郡 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 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。)	0.9
(三)	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)

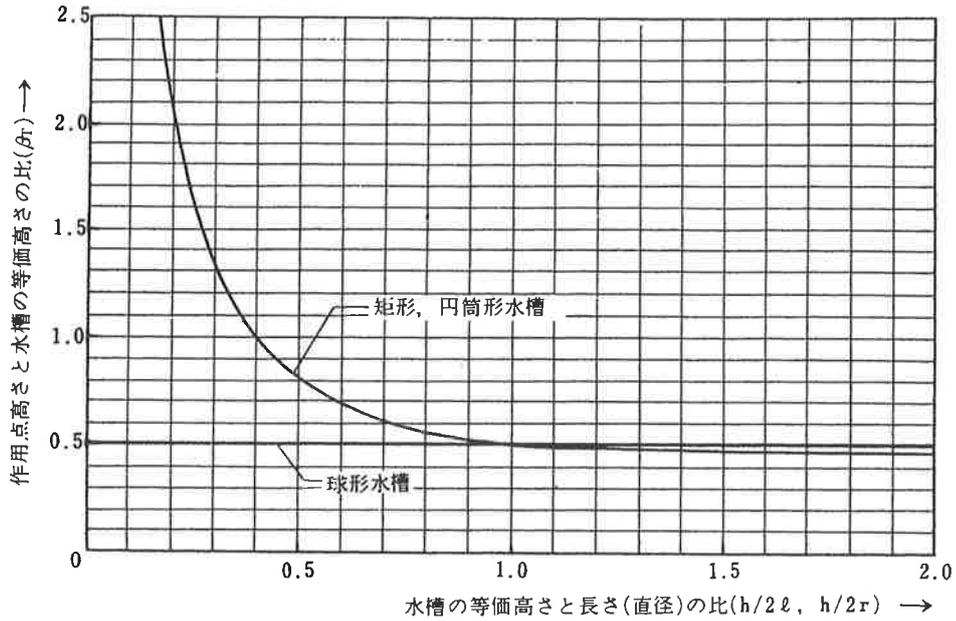
矩形水槽	$\frac{h}{2l} \leq 0.75$ の場合	$\alpha_T = \frac{\tanh\left(\frac{0.866}{2l} \cdot h\right)}{\left(\frac{0.866}{2l} \cdot h\right)}$
	$\frac{h}{2l} > 0.75$ の場合	$\alpha_T = 1 - \frac{0.218}{\left(\frac{h}{2l}\right)}$
円筒形水槽	$\frac{h}{2r} \leq 0.75$ の場合	$\alpha_T = \frac{\tanh\left(\frac{0.866}{2r}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



付録図 3-2

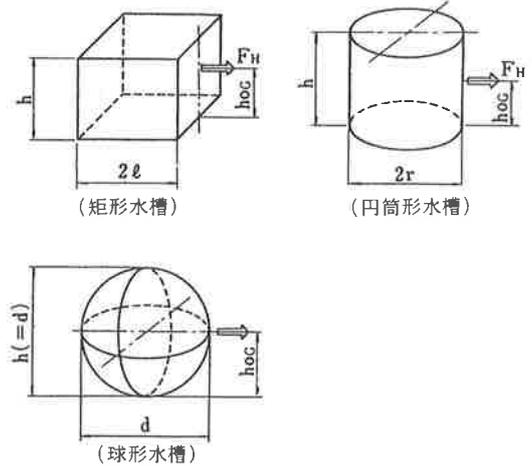
- α_T : 水槽の有効重量比 (= W_0 / W)
- W ^{注)} : 水槽の全重量 (kN)
- W_0 : 水槽の有効重量 (kN)
- h : 水槽の等価高さ (cm)
- l : 矩形水槽長さの $1/2$ (cm)
- r : 円筒形水槽の半径 (cm)
- d : 球形水槽の直径 (cm)

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)

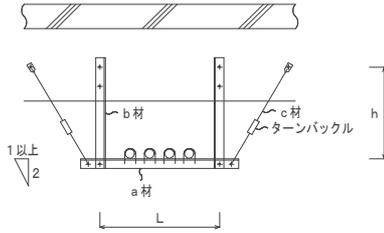
矩形水槽	$\frac{h}{2l} \leq 0.75 \text{ の場合 } \beta_T = \frac{\left(\frac{0.866}{2l} \cdot \frac{h}{2l}\right)}{2 \cdot \tanh\left(\frac{0.866}{2l} \cdot \frac{h}{2l}\right)} - 0.125$ $\frac{h}{2l} > 0.75 \text{ の場合 } \beta_T = \frac{\frac{0.75}{\left(\frac{h}{2l}\right)} \cdot \left[\frac{0.151}{\left(\frac{h}{2l}\right)} - 0.29\right] + 0.5}{1 - \frac{0.218}{\left(\frac{h}{2l}\right)}}$
円筒形水槽	$\frac{h}{2r} \leq 0.75 \text{ の場合 } \beta_T = \frac{\left(\frac{0.866}{2r} \cdot \frac{h}{2r}\right)}{2 \cdot \tanh\left(\frac{0.866}{2r} \cdot \frac{h}{2r}\right)} - 0.125$ $\frac{h}{2r} > 0.75 \text{ の場合 } \beta_T = \frac{\frac{0.75}{\left(\frac{h}{2r}\right)} \cdot \left[\frac{0.151}{\left(\frac{h}{2r}\right)} - 0.29\right] + 0.5}{1 - \frac{0.218}{\left(\frac{h}{2r}\right)}}$
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>

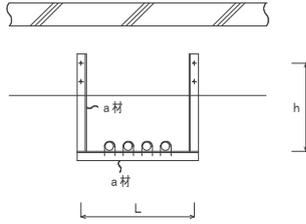


- 注) 1) ※1の配管重量(P)は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。
- 2) 躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ(下記以上とする。)
- (Ⅰ)あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト(M)
- M8: 40mm M16: 70mm
M10: 45mm M20: 90mm
M12: 60mm
- (Ⅱ)あと施工式樹脂アンカーボルト(CM)
- CM12: 90mm
CM16: 110mm

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		接合 ボルト サイズ	躯体取付けアンカー	
				b 材	c 材		はり固定	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	L-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	L-100×50×5×7.5	2,000	L-60×60×4				
	2,500	L-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	L-75×40×5×7	1,500	L-65×65×6				
	2,000	L-100×50×5×7.5	2,000	L-65×65×6				
	2,500	L-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	L-100×50×5×7.5	1,500	L-65×65×6				
	2,000	L-100×50×5×7.5	2,000	L-65×65×6				
	2,500	L-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	L-100×50×5×7.5	1,500	L-60×60×5				
	2,000	L-125×65×6×8	2,000	L-65×65×6				
	2,500	L-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	L-125×65×6×8	2,000	L-65×65×8				
	2,500	L-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	L-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. 2-1) <電気設備工事>

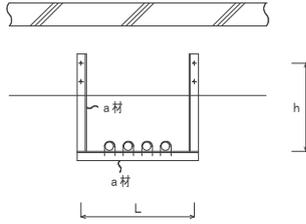


- 注) 1) ※1の配管重量(P)は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。
2) 躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ(下記以上とする。)
- (I)あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト(M)
- M8: 40mm M16: 70mm
M10: 45mm M20: 90mm
M12: 60mm
- (II)あと施工式樹脂アンカーボルト(CM)
- CM10: 80mm
CM12: 90mm
CM16: 110mm

配管重量 P ※1 [kN]	支持材寸法		部材仕様 a材	躯体取付けアンカー		配管重量 P ※1 [kN]	支持材寸法		部材仕様 a材	躯体取付けアンカー				
	L [mm]	h [mm]		スラブ固定	はり固定		L [mm]	h [mm]		スラブ固定	はり固定			
2.5	500	500	L-40×40×5	M8	M8	15	500	500	[-75×40×5×7	2-CM10	M16			
		1,000	L-50×50×6	M10	M8			1,000	[-100×50×5×7.5	3-CM12	2-M16			
		1,500	L-65×65×6	M12	M10			1,500	[-100×50×5×7.5	-	2-M16			
		2,000	L-70×70×6	M16	M10			2,000	[-125×65×6×8	-	2-M16			
		2,500	[-75×40×5×7	2-CM10	M12			2,500	[-125×65×6×8	-	2-M20			
		500	L-50×50×4	M8	M8			1,000	500	[-75×40×5×7	2-CM10	M16		
	1,000	L-60×60×5	M8	M8	1,000		[-100×50×5×7.5		2-CM10	M16				
	1,500	L-65×65×6	M8	M8	1,500		[-100×50×5×7.5		2-CM12	M16				
	2,000	L-70×70×6	M10	M8	2,000		[-125×65×6×8		2-CM16	2-M16				
	2,500	[-75×40×5×7	2-M8	M8	2,500		[-125×65×6×8		3-CM12	2-M16				
	5	500	500	L-60×60×5	M12		M10		20	1,500	500	[-75×40×5×7	2-M10	M12
			1,000	L-70×70×6	M16		M12	1,000			[-100×50×5×7.5	2-M12	M12	
1,500			[-75×40×5×7	2-CM10	M16	1,500	[-100×50×5×7.5	2-CM10			M16			
2,000			[-75×40×5×7	2-CM12	M16	2,000	[-125×65×6×8	2-M16			M16			
2,500			[-100×50×5×7.5	2-CM12	M16	2,500	[-125×65×6×8	2-CM16			M16			
1,000		500	L-60×60×5	M8	M8	2,000	500	[-75×40×5×7		2-M10	M12			
		1,000	L-75×75×6	M12	M10		1,000	[-100×50×5×7.5		2-M12	M12			
		1,500	[-75×40×5×7	2-M10	M10		1,500	[-100×50×5×7.5		2-M12	M12			
		2,000	[-75×40×5×7	2-M10	M12		2,000	[-125×65×6×8		2-M16	M16			
		2,500	[-100×50×5×7.5	2-M12	M12		2,500	[-125×65×6×8		2-M16	M16			
		10	500	500	L-65×65×8		CM12	M12		500	500	[-100×50×5×7.5	2-M10	2-M10
				1,000	[-100×50×5×7.5		2-CM12	M16			1,000	[-100×50×5×7.5	2-M10	M12
1,500	[-100×50×5×7.5			3-CM12	2-M16	1,500	[-125×65×6×8	2-M12	M16					
2,000	[-100×50×5×7.5			3-CM12	2-M16	2,000	[-125×65×6×8	2-M12	M16					
2,500	[-125×65×6×8			-	2-M16	2,500	[-125×65×6×8	2-M16	M16					
1,000	500		[-75×40×5×7	M12	M10	1,500	500	[-100×50×5×7.5	2-CM12		2-M12			
	1,000		[-75×40×5×7	2-CM10	M12		1,000	[-100×50×5×7.5	3-CM16		2-M16			
	1,500		[-100×50×5×7.5	2-CM12	M16		1,500	[-125×65×6×8	-		2-M20			
	2,000		[-100×50×5×7.5	2-CM12	M16		2,000	[-125×65×6×8	-		2-M20			
	2,500		[-125×65×6×8	2-CM12	M16		2,500	[-150×75×6.5×10	-		3-M20			
	1,500		500	[-75×40×5×7	2-M8		M10	2,000	500		[-75×40×5×7	2-CM10	2-M10	
			1,000	[-75×40×5×7	2-M10		M12		1,000		[-100×50×5×7.5	2-CM12	M16	
1,500		[-100×50×5×7.5	2-M12	M12	1,500	[-125×65×6×8	2-CM16		2-M16					
2,000		[-100×50×5×7.5	2-CM10	M16	2,000	[-125×65×6×8	3-CM16		2-M16					
2,500		[-125×65×6×8	2-M16	M16	2,500	[-150×75×6.5×10	3-CM16		2-M16					
2,000		500	[-75×40×5×7	2-M8	M10	2,500	500		[-75×40×5×7	2-CM10	2-M10			
		1,000	[-75×40×5×7	2-M8	M10		1,000		[-100×50×5×7.5	2-CM12	M16			
	1,500	[-100×50×5×7.5	2-M10	M12	1,500		[-125×65×6×8	2-CM12	M16					
	2,000	[-100×50×5×7.5	2-M12	M12	2,000		[-125×65×6×8	2-CM16	2-M16					
	2,500	[-125×65×6×8	2-M12	M16	2,500		[-150×75×6.5×10	3-CM12	2-M16					
	2,500	500	[-75×40×5×7	M10	M10		2,500	500	[-100×75×5×7.5	2-CM10	M16			
		1,000	[-100×50×5×7.5	2-M10	M10			1,000	[-100×75×5×7.5	2-CM10	M16			
1,500		[-100×50×5×7.5	2-M10	M12	1,500	[-125×65×6×8		2-M16	M16					
2,000		[-100×50×5×7.5	2-M10	M12	2,000	[-125×65×6×8		2-CM12	M16					
2,500		[-125×65×6×8	2-M12	M12	2,500	[-150×75×6.5×10		2-CM16	2-M16					

特記) 上記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>



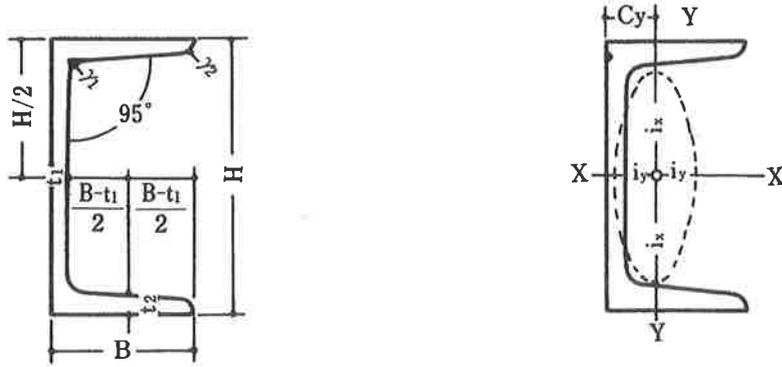
- 注) 1) ※1の配管重量(P)は地震時に耐震支持材が受け持つ配管重量を示す。
すなわち、耐震支持材にはさまれた部分の配管重量とする。
2) 躯体取付けアンカーボルトの種類と埋込深さ(下記以上とする。)
- (I)あと施工式おねじ型メカニカルアンカーボルト(M)
M8: 40mm M16: 70mm
M10: 45mm M20: 90mm
M12: 60mm
- (II)あと施工式樹脂アンカーボルト(CM)
CM10: 80mm
CM12: 90mm
CM16: 110mm

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

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

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

$$C_a = A \cdot f_c \quad , \quad f_c = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} F}{v} \quad \lambda \leq \Lambda \text{ のとき}$$

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

$$\text{ここに、} \lambda : \text{細長比} = \ell / i_{\min} \leq 250 \quad , \quad \Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6F}}$$

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

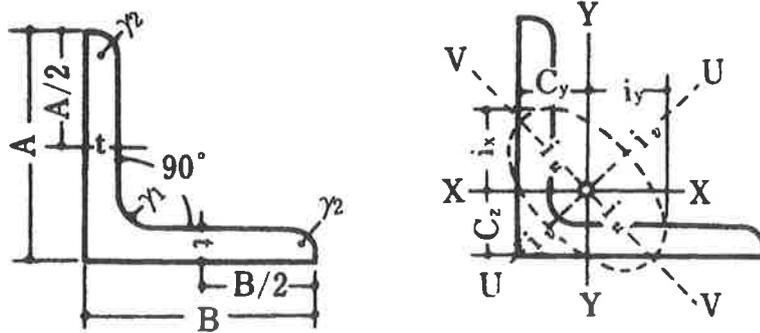
により求めている。

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

H×B	寸法 (mm)				断面積 (cm ²)	単位重量 (kg/m)	断面2次モーメント (cm ⁴)		断面2次半径 (cm)		断面係数 (cm ³)		重心 (cm) C _v	許容曲げモーメント (kN·cm) M _A	許容引張り力 (kN) T _a	許容圧縮力 (kN) C _a		
	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y				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。)

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

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

$$C_a = A \cdot f_c \quad , \quad f_c = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} F}{v} \quad \lambda \leq \Lambda \text{ のとき}$$

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

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

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

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・単位重量・断面特性・長期応力

寸法 (mm)	断面積 (cm ²)		単位重量 (kg/m)	断面 2 次モーメント (cm ⁴)			断面 2 次半径 (cm)			断面係数 (cm ³)	重心 (cm)	許容曲げモーメント (kN·cm)	許容引張力 (kN)	許容圧縮力 (kN)	
	A	A ₁		I _x	I _y	I _{xy}	i _x	i _y	i _{xy}					ℓ=100	ℓ=150
40×40	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	
40×45	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	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	
50×50	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	
50×50	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	
60×60	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	
60×65	5.802	4.55	19.6	31.2	8.09	1.98	2.32	1.18	4.52	1.66	70.5	90.5	59.4	33.5	
65×65	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	
65×75	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	
70×70	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	
75×75	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	
75×75	12.69	9.96	64.4	102	26.7	2.25	2.84	1.45	12.1	2.07	198	198	150	105	
75×75	16.56	13.0	81.9	129	34.5	2.22	2.79	1.44	15.7	2.29	245	258	195	135	
80×80	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	
90×90	10.55	8.28	80.7	128	33.4	2.77	3.48	1.78	12.3	2.42	192	165	136	107	
90×90	12.22	9.59	93.0	148	38.3	2.71	3.48	1.77	14.2	2.46	222	191	159	125	
90×90	17.00	13.3	125	199	51.7	2.71	3.42	1.74	19.5	2.57	304	265	219	172	
90×90	21.71	17.0	156	248	65.3	2.68	3.38	1.73	24.8	2.69	387	339	279	218	
100×100	13.62	10.7	129	205	53.2	3.08	3.88	1.98	17.7	2.71	276	212	183	152	
100×100	19.00	14.9	175	278	72.0	3.00	3.83	1.95	24.4	2.82	381	296	255	210	
100×100	24.31	19.1	220	348	91.1	3.00	3.78	1.94	31.1	2.94	485	379	325	267	
120×120	18.76	14.7	258	410	106	3.71	4.67	2.38	29.5	3.24	460	293	265	233	
130×130	22.74	17.9	366	583	150	4.01	5.06	2.57	38.7	3.53	604	355	326	292	
130×130	29.76	23.4	467	743	192	3.96	5.00	2.54	49.9	3.64	778	464	426	380	
130×130	36.75	28.8	568	902	234	3.93	4.95	2.53	61.5	3.76	959	573	525	468	
150×150	34.77	27.3	740	1,180	304	4.61	5.82	2.96	68.1	4.14	1,060	646	509	468	
150×150	42.74	33.6	888	1,410	365	4.56	5.75	2.92	82.6	4.24	1,290	667	625	573	
150×150	53.38	41.9	1,090	1,730	451	4.52	5.69	2.91	103	4.40	1,610	833	780	715	
175×175	40.52	31.8	1,170	1,860	480	5.38	6.78	3.44	91.8	4.73	1,430	632	604	568	
175×175	50.21	39.4	1,440	2,290	589	5.35	6.75	3.42	114	4.85	1,780	783	748	703	