

7.2 遮蔽扉 SSD-2

(1) 遮蔽扉の概要及び検討対象

遮蔽扉 SSD-2 の概略図を図 22 に示す。検討対象は、遮蔽扉 SSD-1 と同様に遮蔽扉、上部ガイドレール・ガイドレールブラケット、ロックピン及び車輪とする。

なお、構造形式及び各部位の検討方法は遮蔽扉 SSD-1 と同じため、ここでは構造検討の詳細は省略し、検討結果を表 17 に示す。

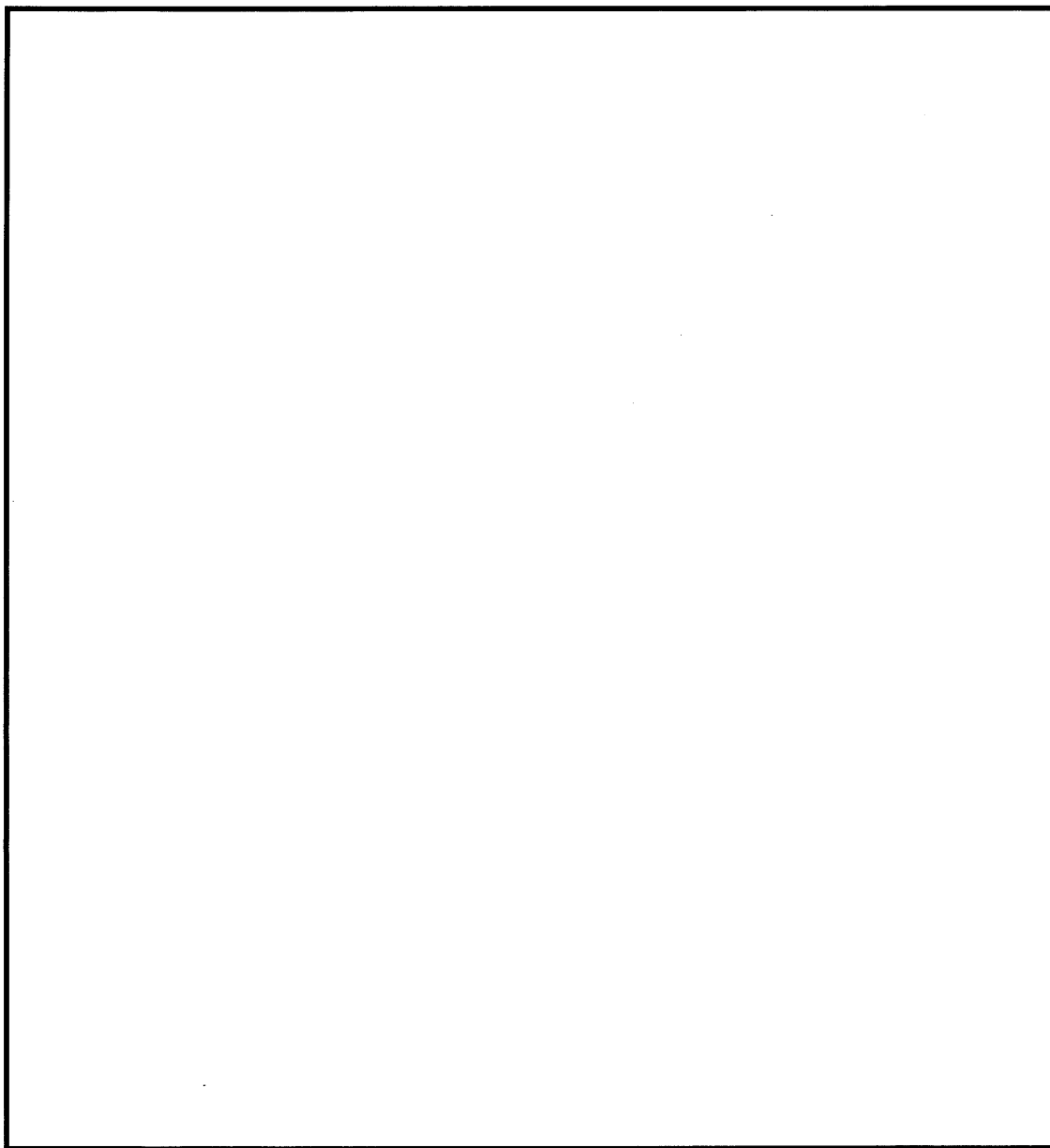


図 22 遮蔽扉 SSD-2 の概要

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

(2) 検討結果

遮蔽扉 SSD-2 の耐震性について検討結果を表 17 にまとめて示す。これらの結果より、発生応力はすべて許容値以下となっていることを確認した。

表 17(1) 検討結果 (SSD-2)

部位	評価項目	発生値	許容値	発生値／許容値
遮蔽扉	曲げ応力度 (N/mm ²)	19.0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	せん断力 (kN)	27.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	コンクリート枠に発生する 圧縮応力度 (N/mm ²)	0.41	<input type="text"/>	<input type="text"/>
上部 ガイド レール	曲げ応力度 (N/mm ²)	26.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	内側プレート せん断応力度 (N/mm ²)	31.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	内側プレート 溶接部 (N/mm ²)	8.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ガイドレール ボルト部 (N/mm ²)	132.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
上部 ガイド レール ブラケット	ブラケットと プレートの溶接部 (N/mm ²)	27.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ブラケット はしあき部 (N/mm ²)	88.8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ブラケットベースプレート 曲げ応力度 (N/mm ²)	134.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	アンカーボルト 引張耐力 (kN)	46.7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	アンカーボルト 付着耐力 (kN)	46.7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	アンカーボルト コーン破壊耐力 (kN)	46.7	<input type="text"/>	<input type="text"/>

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 17(2) 検討結果 (SSD-2)

部位	評価項目	発生値	許容値	発生値／ 許容値
ロックピン	せん断応力度 (N/mm ²)	165.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ロックピン受け 圧縮応力度 (N/mm ²)	91.0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ロックピン受け 取付部ボルト 引張応力度 (N/mm ²)	558.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ロックピン受け 取付部ブロック 圧縮応力度 (N/mm ²)	212.9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ロックピン 受け取付部周辺コンクリート 圧縮応力度 (N/mm ²)	9.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
車輪	曲げ応力度 (N/mm ²)	152.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	せん断応力度 (N/mm ²)	45.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	レール背面コンクリート 圧縮応力度 (N/mm ²)	6.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7.3 遮蔽扉 SSD-4

(1) 遮蔽扉の概要及び検討対象

遮蔽扉 SSD-4 の概略図を図 23 に示す。検討対象は、遮蔽扉、ヒンジ接合部及び操作ハンドル止め金接合部とする。

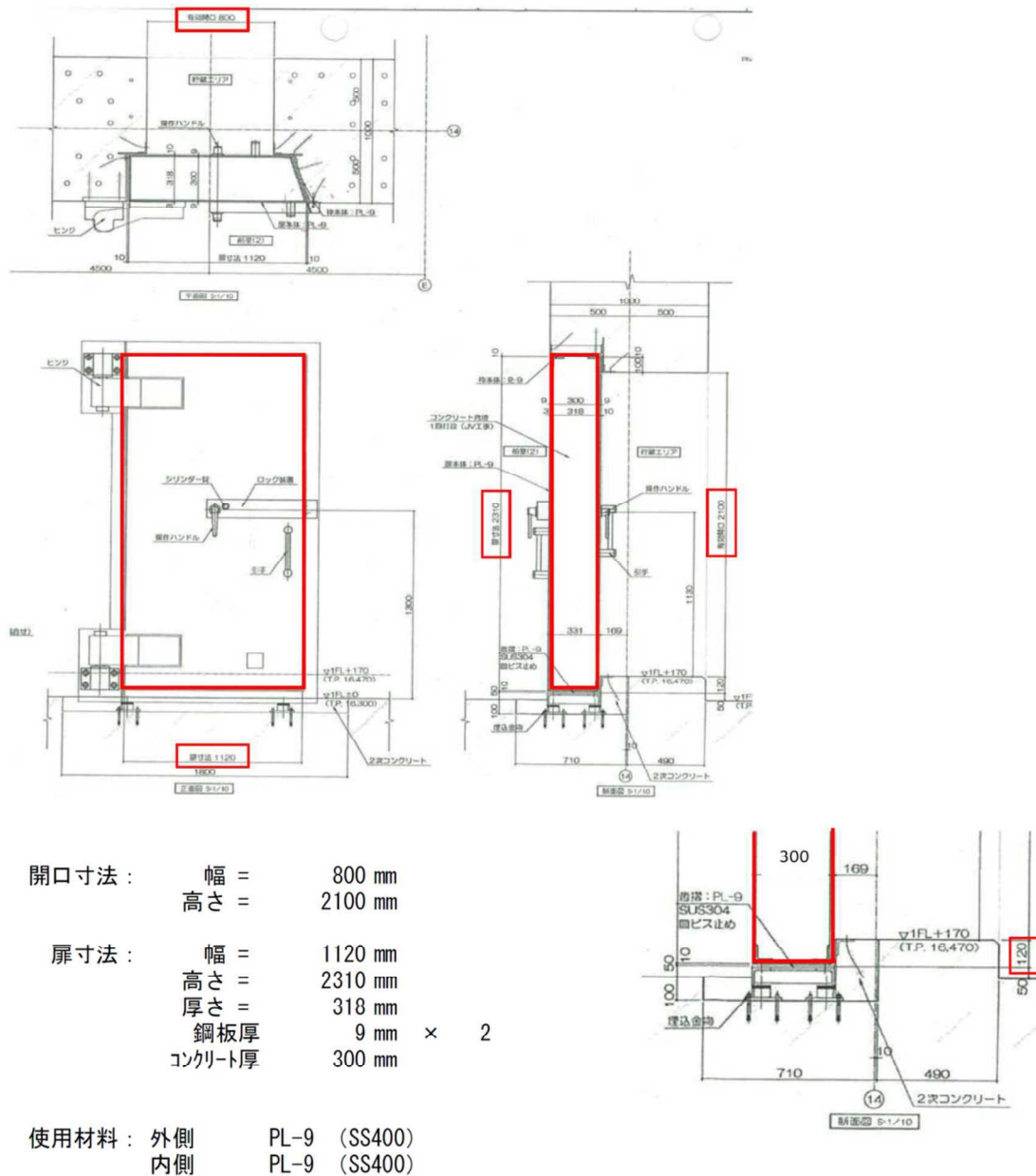


図 23 遮蔽扉 SSD-4 の概要

(2) 検討用地震力の算定

遮蔽扉 SSD-4 の面外方向に作用する地震力は、以下のとおり算定する。なお、算定は SSD-1 で示した図 14 に示す方法と同様である。

算定条件

- ・鋼材の単位体積重量 $\gamma_s = 77.0 \text{ kN/m}^3$
- ・コンクリートの単位体積重量 $\gamma_c = 24.0 \text{ kN/m}^3$
- ・扉開口高さ $H = 2.1 \text{ m}$
- ・扉高さ $H' = 2.310 \text{ m}$
- ・鋼板厚さ $t_s = 0.009 \text{ m} \times 2$
- ・コンクリート厚さ $t_c = 0.3 \text{ m}$
- ・検討用水平震度 $k_h = 1.3$

$$\begin{aligned}\omega &= (\gamma_s \times t_s \times 2 + \gamma_c \times t_c) \times k_h \\ &= (77 \times 0.009 \times 2 + 24 \times 0.3) \times 1.3 \\ &= 11.2 \text{ kN/m/m (単位幅 1.0m にて検討)}\end{aligned}$$

単位幅あたりのモーメント

$$M_{\max} = \omega \times H'^2 / 8 = 11.2 \times 2.31^2 / 8 = 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

単位幅あたりの反力

$$R_a = R_b = \omega \times H' / 2 = 11.2 \times 2.31 / 2 = 13.0 \text{ kN/m}$$

各部位の検討位置における反力

$$\text{扉幅 } B' = 1.12 \text{ m}$$

- ・上部ヒンジ接合部に作用する力 P_1

$$P_1 = R_b \times B' / 2 = 13.0 \times 1.12 / 2 = 7.3 \text{ kN}$$

- ・下部ヒンジ接合部に作用する力 P_2

$$P_2 = R_a \times B' / 2 = 13.0 \times 1.12 / 2 = 7.3 \text{ kN}$$

- ・操作ハンドル止め金接合部に作用する力 P_3

$$P_3 = R_a \times B' / 2 + R_b \times B' / 2 = 13.0 \times 1.12 / 2 + 13.0 \times 1.12 / 2 = 14.6 \text{ kN}$$

- ・扉自重

$$W = (\gamma_s \times t_s \times 2 + \gamma_c \times t_c) \times H' \times B' = (77 \times 0.009 \times 2 + 24 \times 0.3) \times 2.31 \times 1.12 = 22.3 \text{ kN}$$

(3) 遮蔽扉の検討

遮蔽扉については、内外鋼板の曲げモーメント及びせん断力、並びにコンクリート枠について検討する。なお、内部コンクリートは座屈防止の充填材と考え、内外鋼板2枚にて強度評価を行う。

a. 曲げモーメントに対する検討

短期許容応力度 $f_b = 235 \text{ N/mm}^2$ (SS400)

曲げ応力 $\sigma_b = M_{\max}/Z = 7.5 \times 10^6 / 2703056 = 2.8 \text{ N/mm}^2$

ここで、

$$I = 2 \times (1000 \times 9^3 / 12 + 1000 \times 9 \times 154.5^2) = 429786000 \text{ mm}^4$$

$$Z = I / 159 = 2703056 \text{ mm}^3$$

以上より、

$$\sigma_b / f_b = 2.8 / 235.0 = 0.02 < 1.0 \quad \text{OK}$$

b. せん断力に対する検討

短期許容せん断力 $s_{Qa} = B \cdot t \cdot s_{fs} = 1215.0 \text{ kN}$ (SS400)

ここで、

$B = 1000 \text{ mm}$ (単位幅)

$t = 9 \text{ mm}$ (プレート厚)

$s_{fs} = 135 \text{ N/mm}^2$ (許容せん断応力度)

せん断力 $Q = Q_{\max} / 2 = 13.0 / 2 = 6.5$

以上より、

$$Q / s_{Qa} = 6.5 / 1215.0 = 0.01 < 1.0 \quad \text{OK}$$

c. コンクリート枠に対する検討

コンクリート枠のうち応力が最大となる扉下部について、コンクリートの圧縮応力について検討する。

コンクリートの短期許容圧縮応力度 $f_c = 22.0 \text{ N/mm}^2$

扉下部の扉とコンクリート枠との接地面積 S_a (単位幅当たり)

$$S_a = 120 \times 1000 = 120000 \text{ mm}^2$$

単位幅当たりの反力 $R_a = 13.0 \text{ kN}$

圧縮応力度 $\sigma_c = R_a / S_a = 13000 / 120000 = 0.11 \text{ N/mm}^2$

以上より、

$$\sigma_c / f_c = 0.11 / 22.0 = 0.01 < 1.0 \quad \text{OK}$$

(4) 扉接合部の検討（扉閉時）

扉接合部の検討は以下の2箇所とする。

- ・下部ヒンジ接合部
- ・操作ハンドル止め金接合部

なお、上部ヒンジは下部ヒンジと同様として省略する。また、扉接合部については扉の開及び閉状態を考慮し、本節では閉状態を示し、開状態は次節「(5) 扉接合部の検討（扉開時）」において示す。

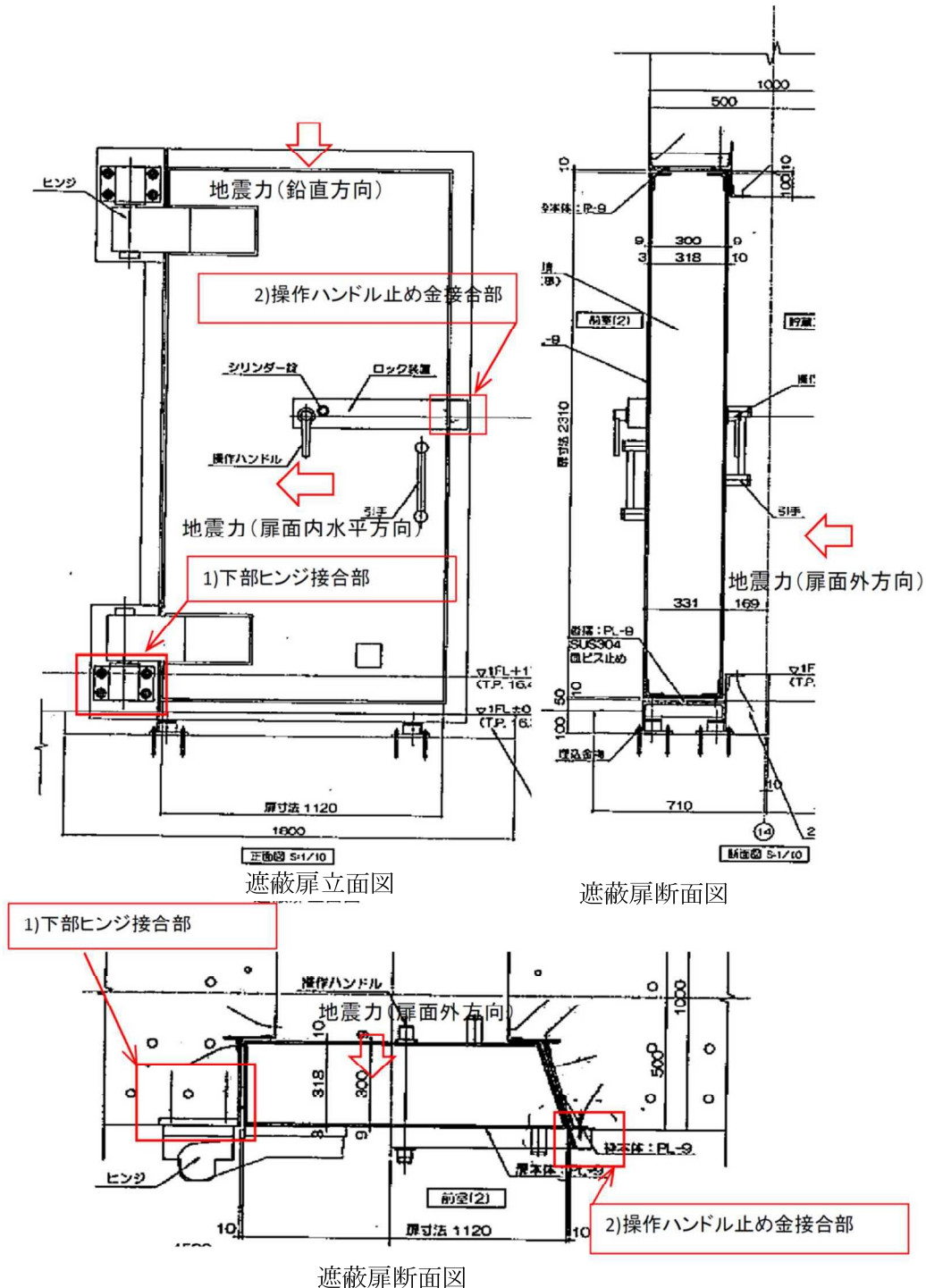
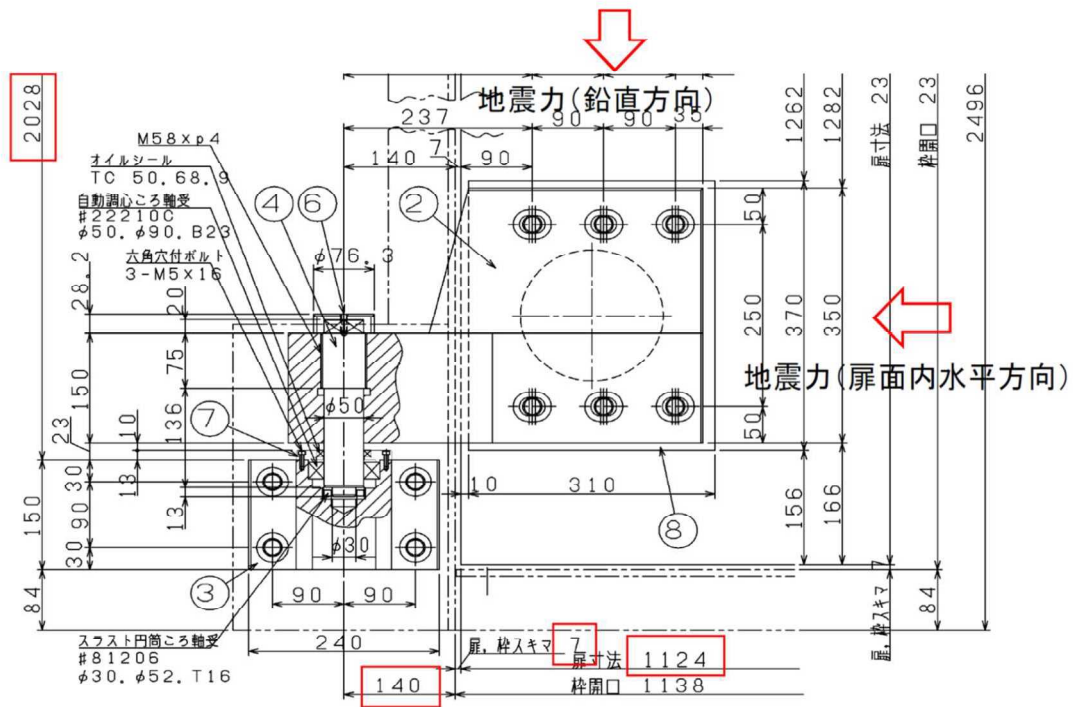


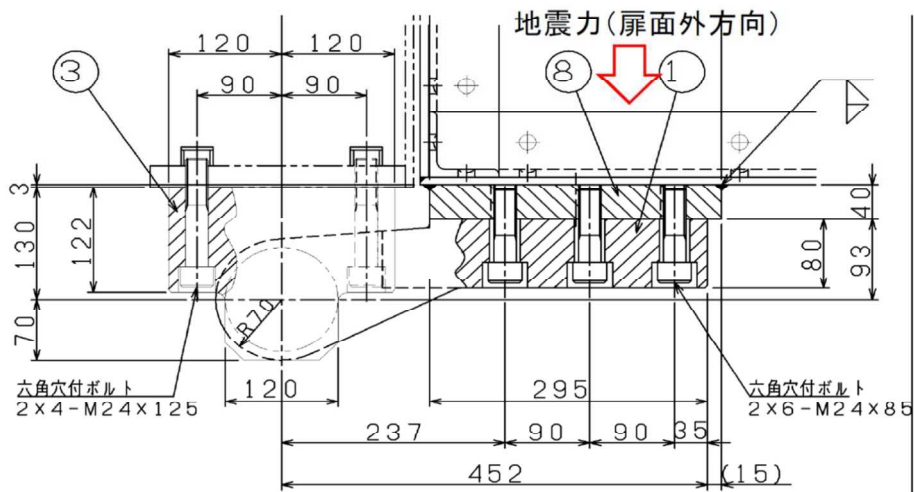
図 24 扉接合部の概略図

a. 下部ヒンジ接合部の検討

下部ヒンジ接合部の詳細を図 25 に示す。



ヒンジ接合部立面図



ヒンジ接合部断面図

図 25 下部ヒンジ接合部の詳細

- ・ヒンジころ軸

ヒンジころ軸は、条件の厳しい扉面内水平方向及び鉛直方向地震力について検討する。

使用鋼材 M50

使用材料 SS400 $F = 235 \text{ N/mm}^2$

断面積 $A = 1963 \text{ mm}^2$

扉重量 $W = 22.3 \text{ kN}$

ヒンジと扉の水平中心間距離 $L_h = 140 + 7 + 1124 / 2 = 709 \text{ mm}$

上下ヒンジ間距離 $H_h = 2028 \text{ mm}$

扉面内水平方向地震力によるせん断力

$$Q_1 = W \times k_h / 2 = 22.3 \times 1.3 / 2 = 14.5 \text{ kN}$$

鉛直方向地震力による扉のモーメント偶力

$$Q_2 = W \times (1 + k_v) \times L_h / H_h = 22.3 \times (1 + 0.7) \times 709 / 2028 = 13.3 \text{ kN}$$

設計せん断力 $Q_h = Q_1 + Q_2 = 14.5 + 13.3 = 27.8 \text{ kN}$

円形断面のため最大せん断応力は平均せん断応力の 4/3 倍とする。

$$Q_h \times 4/3 / A = 27.8 \times 10^3 \times 4/3 / 1963 = 18.9 < F / \sqrt{3} = 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.14)}$$

- ・プレートの曲げ強度

扉面外方向地震力に対してプレートの曲げ強度について検討する。

プレート中心からボルト中心間距離 $l_1 = 90 \text{ mm}$ (4本)

ボルトに生ずる引張力 $T_{B1} = P_2 / 4 = 7.3 / 4 = 1.9 \text{ kN}$

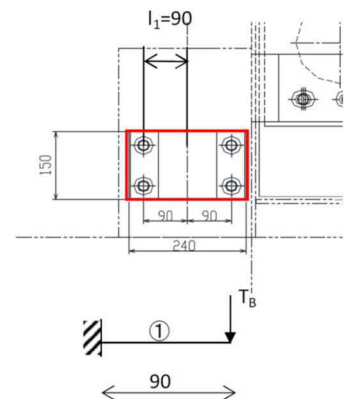
プレート厚さ $t = 40 \text{ mm}$

プレート幅 $B_1 = 75 \text{ mm}$

$Z_x = B_1 \times t^2 / 6 = 20000 \text{ mm}^3$

$M_{B1} = T_{B1} \times l_1 = 1.9 \times 90 = 171 \text{ kN}\cdot\text{mm}$

$M_{B1} / Z_x = 171 \times 10^3 / 20000 = 8.6 < 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.04)}$



- ・プレートのはしあき強度

条件の厳しい鉛直方向地震力を下部ヒンジ接合部のみで負担する場合について検討する。

プレートはしあき距離 $g_c = 30 \text{ mm}$

プレート板厚 $g_t = 40 \text{ mm}$

応力方向ボルト本数 $n_1 = 2$

ブラケットはしあき面積 $gA_a = 0.5 \times 2 \times n_1 \times g_c \times g_t = 2400 \text{ mm}^2$

許容引張強さ $F = 235 \text{ N/mm}^2$

$$\text{鉛直方向地震力 } Q_e = W \times (1 + k_v) = 22.3 \times (1 + 0.7) = 38.0 \text{ kN}$$

はしあき部発生応力度

$$\sigma_a = 38.0 \times 10^3 / 2400 = 15.9 < 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.07)}$$

・アンカーボルト

アンカーボルトは接着系アンカーボルトとして検討する。引張力については、扉面外方向地震力によるアンカーの引張力を用いる。せん断力については、鉛直方向及び扉面内水平方向地震力によるアンカーのせん断力を用いる。

ボルト径 $d_a = M24$

埋込長さ $L = 200 \text{ mm}$

アンカーボルト 1 本あたり引張力

$$T_{B1} = 1.9 \text{ kN} \quad (T_{B1} \text{ は前述のプレートの曲げ強度の項を参照})$$

アンカーボルト 1 本あたりせん断力

鉛直方向 (鉛直方向地震力によるせん断力)

$$Q_{B1v} = Q_e / 4 = 38 / 4 = 9.5 \text{ kN} \quad (Q_e \text{ は前述のプレートのはしあき強度の項を参照})$$

水平方向 (鉛直方向地震力によるモーメント偶力及び扉面内水平方向地震力によるせん断力)

$$Q_{B1h} = Q_h / 4 = 27.8 / 4 = 7.0 \text{ kN} \quad (Q_h \text{ は前述のヒンジころ軸の項を参照})$$

$$\text{合成せん断力 } Q_{B1} = \sqrt{(Q_{B1v}^2 + Q_{B1h}^2)} = \sqrt{(9.5^2 + 7^2)} = 11.9 \text{ kN}$$

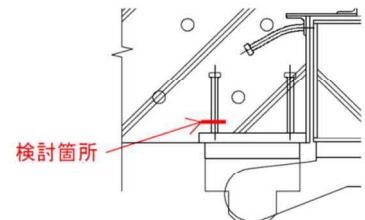
引抜力に対して接着系アンカーボルトの降伏で決まる場合の許容引張力 p_{a1}

$$p_{a1} = 1 \times s_{\sigma pa} \times s_{ca} \\ = 1 \times 235 \times 339.2 = 79712 \text{ N} = 79.7 \text{ kN} > 1.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.03)}$$

ここで、

$s_{\sigma pa}$: 粘着系アンカーボルトの引張強度 235 N/mm^2

s_{ca} : 粘着系アンカーボルト軸部断面積とねじ部で有効断面積のうち小さい方の値 339.2 mm^2



引抜力に対して接着系アンカーボルトの付着力で決まる場合の許容引張力 p_{a3}

$$p_{a3} = 2/3 \times \tau_a \times \pi \times d_a \times L \\ = 2/3 \times 3.82 \times \pi \times 24 \times 200 = 38403 \text{ N} = 38.4 \text{ kN} > 1.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.05)}$$

ここで、

c_1 : へりあき長さ = 40 mm

L : 穿孔長 200 mm

α_1 : へりあきおよびアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数

$$\alpha_1 = 0.5 \times (c_1 / l_e) + 0.5 = 0.5 \times (40 / 176) + 0.5 = 0.61 \rightarrow 0.61$$

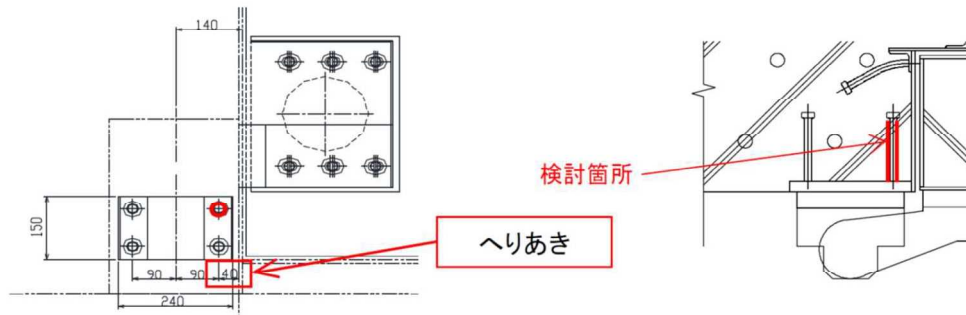
$$l_e = L - d_a = 176 \text{ mm} \rightarrow 176 \text{ mm}$$

$$\tau_a = \alpha^1 \times \tau_{bavg} = 3.82 \text{ N/mm}^2$$

τ_{bavg} : 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度

$$5\sqrt{F_c / 21} = 6.26 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{カプセル無機系とする})$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 33 N/mm^2



引抜力に対してコーン状破壊で決まる場合の許容引張力 p_{a2}

$$p_{a2} = 2/3 \times c \times \sigma_t \times A'c$$

$$= 2/3 \times 1.78 \times 39683 = 47090.4 \text{ N} = 47.0 \text{ kN} > 1.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.05)}$$

ここで、

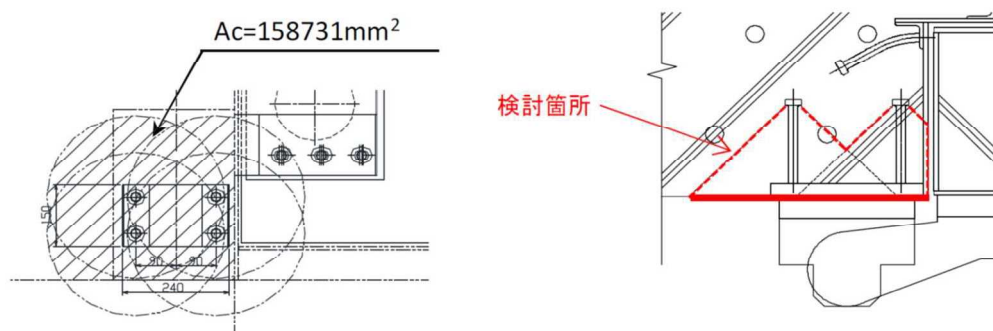
c : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度

$$0.31\sqrt{F_c} = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

$A'c$: コーン状破壊面の有効水平投影面積

$$\text{下図より } A'c = A_c / 4 = 39683 \text{ mm}^2$$

(A_c は全ボルトの有効投影面積)



せん断力に対して、接着系アンカーボルトのせん断強度で決まる場合の

許容せん断力 q_{a1}

$$q_{a1} = 1.0 \times s \times \sigma_{qa} \times s_c a$$

$$= 1.0 \times 164.5 \times 339.2$$

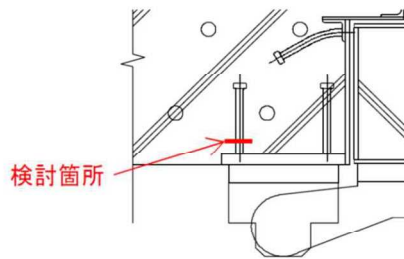
$$= 55798 \text{ N} = 55.7 \text{ kN} > 11.9 \text{ kN} \quad (\text{合成せん断力 } Q_{B1}) \quad \text{OK (0.22)}$$

ここで、

$$s \times \sigma_{qa} : \text{スタッドのせん断強度 } s \times \sigma_{pa} = 0.7 \times s \times \sigma_{pa} = 164.5 \text{ N/mm}^2$$

s_{ca} : スタッド軸部断面積とねじ部の有効断面積のうち小さいほうの値

$$s_{ca} = 339.2 \text{ mm}^2$$



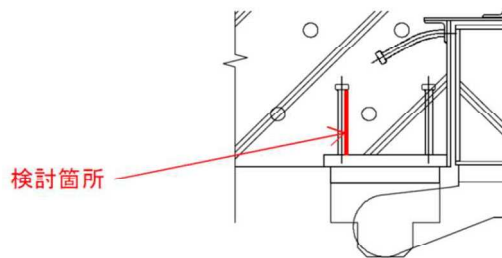
せん断力に対し、アンカーボルト周辺コンクリートの支圧破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a2}

$$\begin{aligned} q_{a2} &= 2/3 \times s_{ca} \times 0.5 \times \sqrt{F_c \times E_c} \\ &= 2/3 \times 339.2 \times 0.5 \times \sqrt{33 \times 2.52 \times 10^4} \\ &= 103123 \text{ N} = 103.1 \text{ kN} > 11.9 \text{ kN} \text{ (合成せん断力 } Q_{B1}) \quad \text{OK (0.12)} \end{aligned}$$

ここで、

E_c : コンクリートヤング係数 $2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

F_c : コンクリートの設計基準強度 33 N/mm^2



せん断力に対して、へりあき部コンクリート側方へのコーン状破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a3}

$$\begin{aligned} q_{a3} &= 2/3 \times 0.31 \sqrt{F_c \times A_{qc}} \\ &= 2/3 \times 0.31 \sqrt{33 \times 38013} \\ &= 45129 \text{ N} = 45.1 \text{ kN} > 7.0 \text{ kN} \text{ (水平方向せん断力 } Q_{B1h}) \quad \text{OK (0.16)} \end{aligned}$$

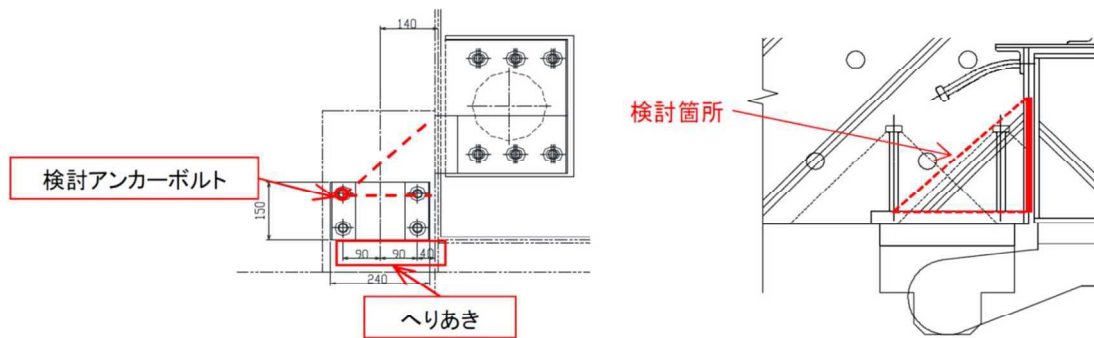
ここで、

A_{qc} : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効水平投影面積

$$A_{qc} = 0.5 \times \pi \times c^2 / 2 = 0.5 \times \pi \times 220^2 / 2 = 38013 \text{ mm}^2$$

なお、隣接するアンカーボルト(右図下側)のコーン状破壊面との重複を考慮し、ここではコーン状破壊面半分(次頁左図)のみを考慮する。

c : へりあき寸法 220 mm

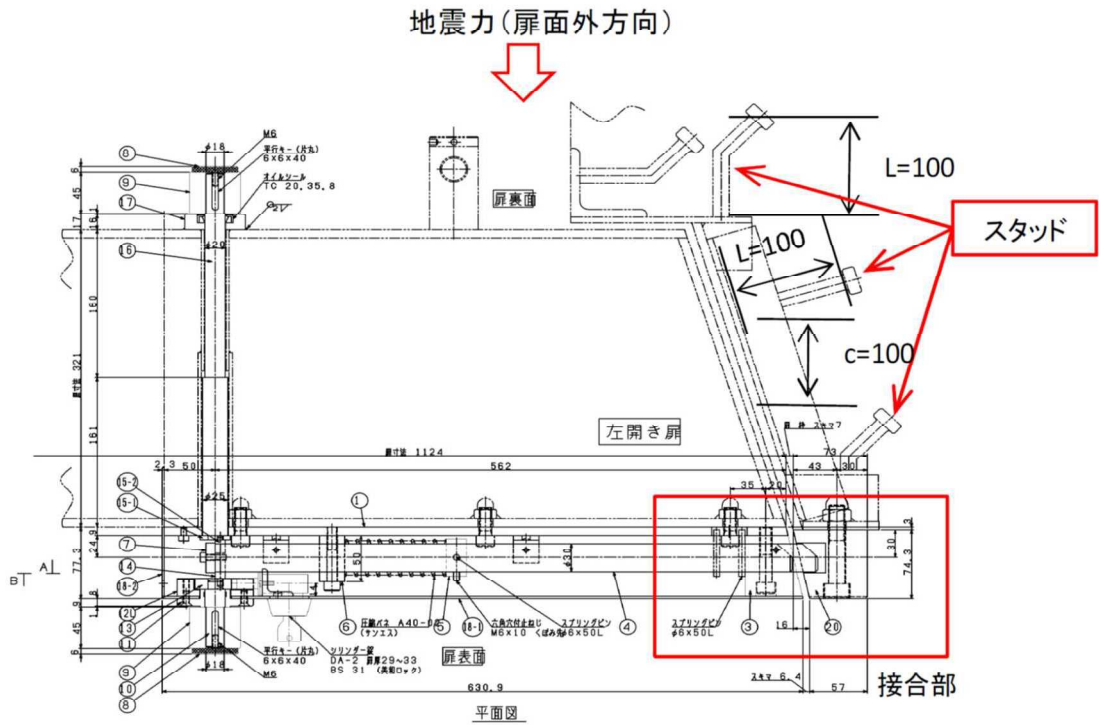


引抜力とせん断力の組合せ応力に対する検討
 ここではアンカーボルト2本で抵抗すると仮定する。

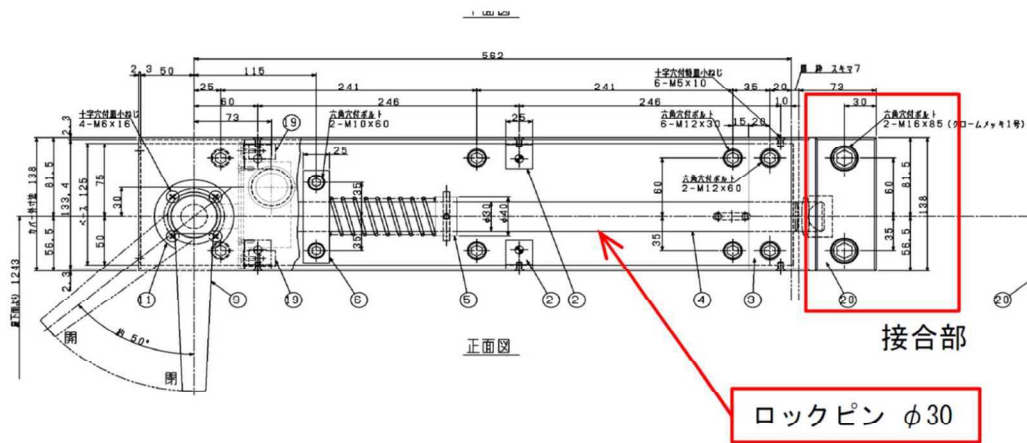
$$\begin{aligned}
 \text{組合せ応力に対する検定比} &= (\text{引抜最大検定値} \times 2)^2 + (\text{せん断最大検定値} \times 2)^2 \\
 &= (0.05 \times 2)^2 + (0.22 \times 2)^2 = 0.21 < 1.0 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

b. 操作ハンドル止め金接合部の検討

操作ハンドル止め金接合部の詳細を図 26 に示す。



操作ハンドル止め金接合部平面図



操作ハンドル止め金接合部立面図

図 26 操作ハンドル止め金接合部の詳細

・六角穴付きボルト

使用鋼材 2-M16

使用材料 SS400 $F = 235 \text{ N/mm}^2$

断面積 $A = 150 \text{ mm}^2$

ボルト 1 本当たり最大引張力

$$P = P_3 / 2 = 14.60 / 2 = 7.3 \text{ kN}$$

$$P / A = 7.3 \times 10^3 / 150 = 48.7 < F = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.21)}$$

・スタッド

スタッドは頭付きアンカーボルトとして検討する。

スタッドは 4 本のうち 3 本を有効とし、2 本を引張力、1 本をせん断力で負担するものとする。また、3 本のスタッドは操作ハンドル止め金接合部に発生する力を均等に負担するものとする。

スタッド径 $d_a = \text{M16}$

埋込長さ $L = 100 \text{ mm}$

スタッド 1 本が負担する力 $T_{B2} = P_3 / 3 = 14.6 / 3 = 4.9 \text{ kN}$

引張力に対してスタッドの降伏で決まる場合の許容引張力 p_{a1}

$$p_{a1} = 1 \times_s \sigma_{pa} \times_{sc} a$$

$$= 1 \times 235 \times 150.7$$

$$= 35415 \text{ N} = 35.4 \text{ kN} > 4.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.14)}$$

ここで、

$_s \sigma_{pa}$: スタッドの引張強度 235 N/mm^2

$_{sc} a$: スタッド軸部断面積とねじ部で有効断面積のうち小さいほうの値

$$_{sc} a = 150.7 \text{ mm}^2$$

引張力に対してコーン状破壊で決まる場合の許容引張力 p_{a2}

$$p_{a2} = 2/3 \times_c \sigma_t \times A_c$$

$$= 2/3 \times 1.78 \times 16585$$

$$= 19681 \text{ N} = 19.6 \text{ kN} > 4.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.25)}$$

ここで、

$_c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度

$$0.31\sqrt{F_c} = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 33 N/mm^2

A'_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積

$$A_c = \pi \cdot l_{ce} \cdot (l_{ce} + D) = 18912 \text{ mm}^2$$

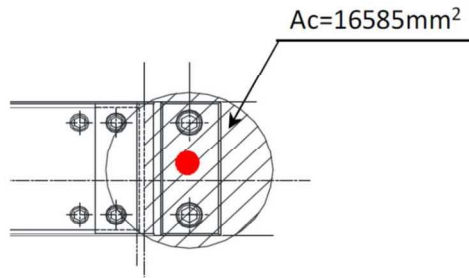
$$\text{下の図より } A_c = 16585 \text{ mm}^2$$

$$\text{小さい方の面積として } A'_c = 16585 \text{ mm}^2$$

l_{ce} : 埋め込み長さ (= l_e)

$$l_e = L - D = 70 \text{ mm}$$

D : 頭付きアンカーボルト (スタッド) 頭部の直径 30 mm



せん断力に対して、スタッドのせん断強度で決まる場合の許容せん断力 q_{a1}

$$q_{a1} = 1.0 \times_s \sigma_{qa} \times_{sc} a$$

$$= 1.0 \times 164.5 \times 150.7$$

$$= 24790 \text{ N} = 24.7 \text{ kN} > 4.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.20)}$$

ここで、

$$_s \sigma_{qa} : \text{スタッドのせん断強度 } _s \sigma_{pa} = 0.7 \times_s \sigma_{pa} = 164.5 \text{ N/mm}^2$$

$_{sc} a$: スタッド軸部断面積とねじ部で有効断面積のうち小さいほうの値

$$_{sc} a = 150.7 \text{ mm}^2$$

せん断力に対して、アンカーボルト周辺コンクリートの支圧破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a2}

$$q_{a2} = 2/3 \times_{sc} a \times 0.5 \times \sqrt{F_c \times E_c}$$

$$= 2/3 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{33 \times 2.52 \times 10^4}$$

$$= 45815 \text{ N} = 45.8 \text{ kN} > 4.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.11)}$$

ここで、

$$E_c : \text{コンクリートヤング係数 } 2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c : \text{コンクリートの設計基準強度 } 33 \text{ N/mm}^2$$

せん断力に対して、へりあき部コンクリート側方へのコーン状破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a3}

$$q_{a3} = 2/3 \times 0.31 \sqrt{F_c} \times A_{qc}$$

$$= 2/3 \times 0.31 \sqrt{33} \times 15707$$

$$= 18,648 \text{ N} = 18.6 \text{ kN} > 4.9 \text{ kN} \quad \text{OK (0.26)}$$

ここで、

A_{qc} :せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効水平投影面積

$$A_{qc} = 0.5 \times \pi \times c^2 = 0.5 \times \pi \times 100^2 = 15707 \text{ mm}^2$$

c :へりあき寸法 100 mm

• ロックピン

使用鋼材 $\phi 30$

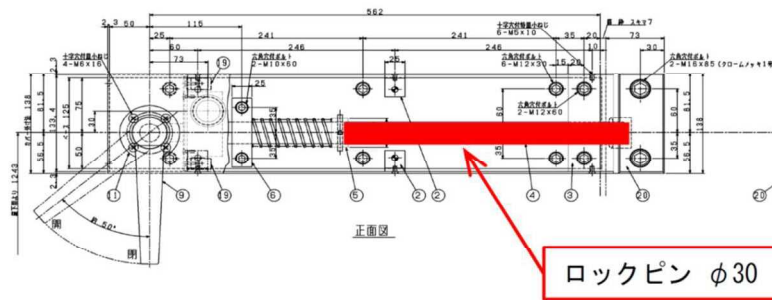
使用材料 SS400 $F = 235 \text{ N/mm}^2$

断面積 $A = 706.8 \text{ mm}^2$

$Q = P_3 = 14.6 \text{ kN}$

$\tau = 4/3 \times Q/A$

$$= 4/3 \times 14.6 \times 10^3 / 706.8 = 27.6 < F / \sqrt{3} = 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.21)}$$



(5) 扉接合部の検討（扉開時）

検討は開状態に不利となる可能性のある下部ヒンジ接合部とする。なお、上部ヒンジは下部ヒンジと同様として省略する。

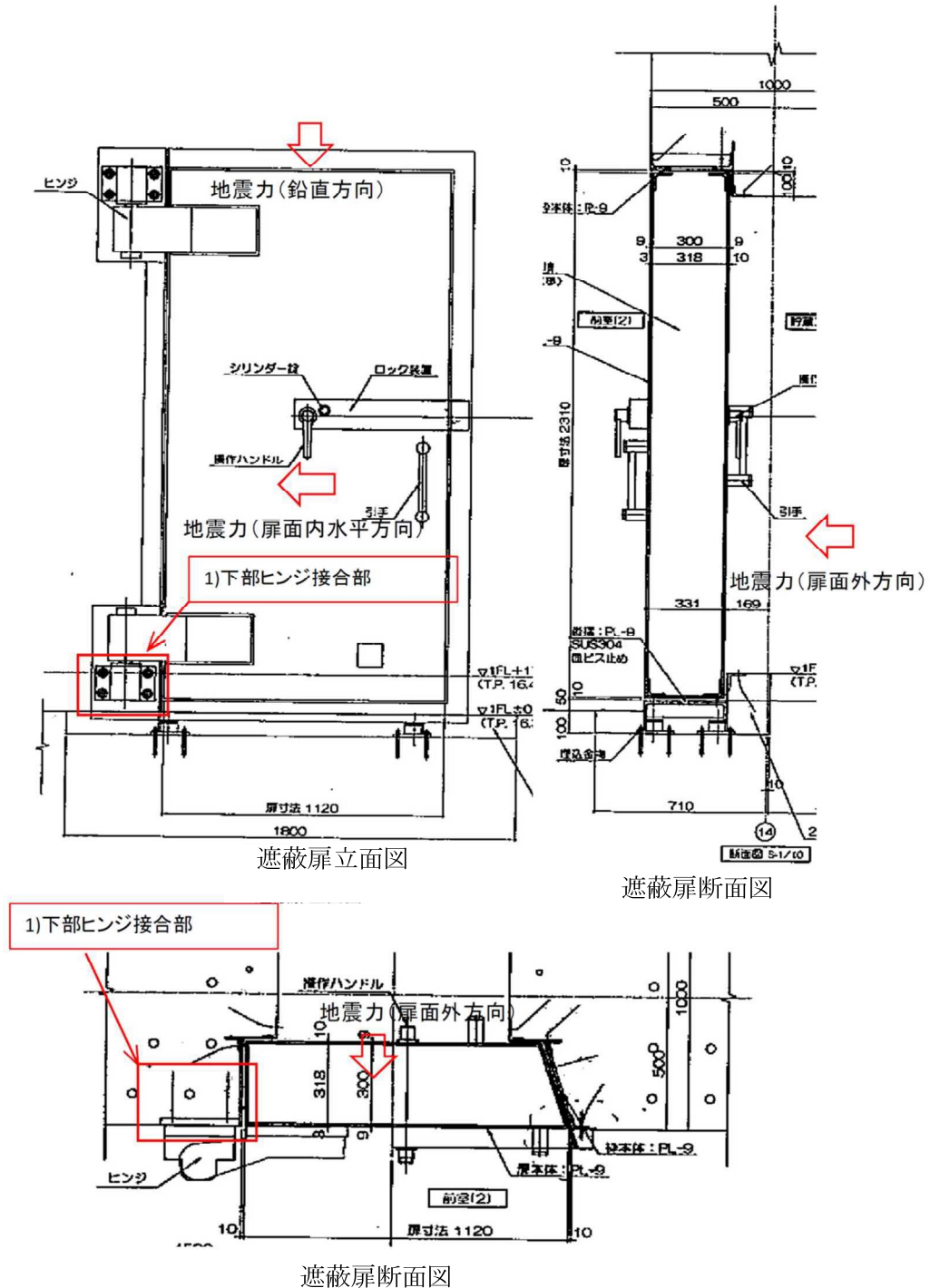


図 27 扉接合部の概略図

a. 下部ヒンジ接合部の検討

・ヒンジころ軸

ヒンジころ軸は、条件の厳しい扉面内水平方向及び鉛直方向地震力について検討する。

使用鋼材 M50

使用材料 SS400 $F = 235 \text{ N/mm}^2$

断面積 $A = 1963 \text{ mm}^2$

扉重量 $W = 22.3 \text{ kN}$

ヒンジと扉の水平中心間距離 $L_h = 140 + 7 + 1124/2 = 709 \text{ mm}$

上下ヒンジ間距離 $H_h = 2028 \text{ mm}$

扉面内水平方向地震力によるせん断力

$$Q_1 = W \times k_h / 2 = 22.3 \times 1.3 / 2 = 14.5 \text{ kN}$$

鉛直方向地震力による扉のモーメント偶力

$$Q_2 = W \times (1 + k_v) \times L_h / H_h = 22.3 \times (1 + 0.7) \times 709 / 2028 = 13.3 \text{ kN}$$

設計せん断力 $Q_h = Q_1 + Q_2 = 14.5 + 13.3 = 27.8 \text{ kN}$

円形断面のため最大せん断応力は平均せん断応力の $4/3$ 倍とする。

$$Q_h \times 4/3 / A = 27.8 \times 10^3 \times 4/3 / 1963 = 18.9 < F / \sqrt{3} = 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.14)}$$

・プレートの曲げ強度

扉面外方向地震力に対してプレートの曲げ強度について検討する。

プレート中心からボルト中心間距離 $l_1 = 90 \text{ mm}$ (4本)

ボルトに生ずる引張力 $T_{B2} = Q_h / 4 = 27.8 / 4 = 7.0 \text{ kN}$

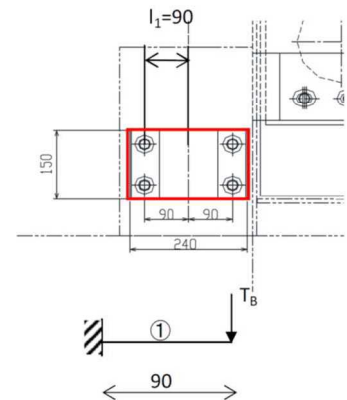
プレート厚さ $t = 40 \text{ mm}$

プレート幅 $B_1 = 75 \text{ mm}$

$$Z_x = B_1 \times t^2 / 6 = 20000 \text{ mm}^3$$

$$M_{B2} = T_{B2} \times l_1 = 7.0 \times 90 = 630 \text{ kN}\cdot\text{mm}$$

$$M_{B2} / Z_x = 630 \times 10^3 / 20000 = 31.5 < 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.14)}$$



・プレートのはしあき強度

条件の厳しい鉛直方向地震力を下部ヒンジ接合部のみで負担する場合について検討する。

プレートはしあき距離 $g_c = 30 \text{ mm}$

プレート板厚 $g_t = 40 \text{ mm}$

応力方向ボルト本数 $n_1 = 2$

$$\text{ブラケットはしあき面積 } gA_a = 0.5 \times 2 \times n_1 \times g_c \times g_t = 2400 \text{ mm}^2$$

許容引張強さ $F = 235 \text{ N/mm}^2$

鉛直方向地震力 $Q_e = W \times (1 + k_v) = 22.3 \times (1 + 0.7) = 38.0 \text{ kN}$

はしあき部発生応力度

$$\sigma_a = 38.0 \times 10^3 / 2400 = 15.9 < 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK (0.07)}$$

・アンカーボルト

アンカーボルトは接着系アンカーボルトとして検討する。引張力については、扉面外方向地震力によるアンカーの引張力を用いる。せん断力については、鉛直方向及び扉面内水平方向地震力によるアンカーのせん断力を用いる。

ボルト径 $d_a = M24$

埋込長さ $L = 200 \text{ mm}$

アンカーボルト 1 本あたり引張力

$$T_{B2} = 7.0 \text{ kN} \quad (T_{B2} \text{ は前述のプレートの曲げ強度の項を参照})$$

アンカーボルト 1 本あたりせん断力

鉛直方向 (鉛直方向地震力によるせん断力)

$$Q_{B2v} = Q_e / 4 = 38 / 4 = 9.5 \text{ kN} \quad (Q_e \text{ は前述のプレートのはしあき強度の項を参照})$$

水平方向 (鉛直方向地震力によるモーメント偶力及び扉面内水平方向地震力によるせん断力)

$$Q_{B2h} = Q_1 / 4 = 14.5 / 4 = 3.7 \text{ kN} \quad (Q_1 \text{ は前述のヒンジころ軸の項を参照})$$

$$\text{合成せん断力 } Q_{B1} = \sqrt{(Q_{B1v}^2 + Q_{B1h}^2)} = \sqrt{(9.5^2 + 3.7^2)} = 10.2 \text{ kN}$$

引抜力に対して接着系アンカーボルトの降伏で決まる場合の許容引張力 p_{a1}

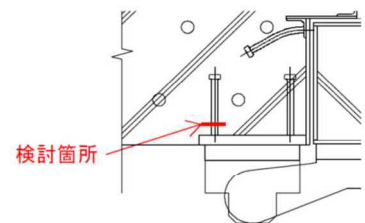
$$p_{a1} = 1 \times s_{\sigma pa} \times s_{ca}$$

$$= 1 \times 235 \times 339.2 = 79712 \text{ N} = 79.7 \text{ kN} > 7.0 \text{ kN} \quad \text{OK (0.09)}$$

ここで、

$s_{\sigma pa}$: 粘着系アンカーボルトの引張強度 235 N/mm^2

s_{ca} : 粘着系アンカーボルト軸部断面積とねじ部で有効断面積のうち小さい方の値 339.2 mm^2



引抜力に対して接着系アンカーボルトの付着力で決まる場合の許容引張力 p_{a3}

$$p_{a3} = 2/3 \times \tau_a \times \pi \times d_a \times L$$

$$= 2/3 \times 3.82 \times \pi \times 24 \times 200 = 38403 \text{ N} = 38.4 \text{ kN} > 7.0 \text{ kN} \quad \text{OK (0.19)}$$

ここで、

c_1 : へりあき長さ = 40 mm

L : 穿孔長 200 mm

α_1 : ヘリあきおよびアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数

$$\alpha_1 = 0.5 \times (c_1 / l_e) + 0.5 = 0.5 \times (40 / 176) + 0.5 = 0.61 \rightarrow 0.61$$

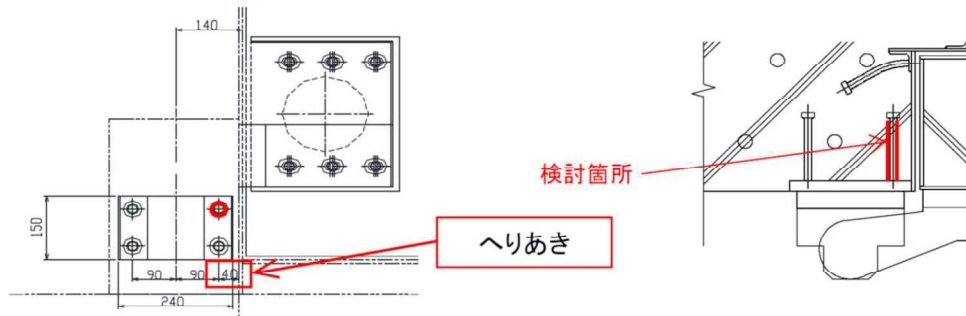
$$l_e = L - d_a = 176 \text{ mm} \rightarrow 176 \text{ mm}$$

$$\tau_a = \alpha_1 \times \tau_{bavg} = 3.82 \text{ N/mm}^2$$

τ_{bavg} : 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度

$$5\sqrt{F_c / 21} = 6.26 \text{ N/mm}^2 \text{ (カプセル無機系とする)}$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 33 N/mm²



引抜きに対してコーン状破壊で決まる場合の許容引張力 p_{a2}

$$p_{a2} = 2/3 \times c \times \sigma_t \times A'c$$

$$= 2/3 \times 1.78 \times 39683 = 47090.4 \text{ N} = 47.0 \text{ kN} > 7.0 \text{ kN} \quad \text{OK (0.15)}$$

ここで,

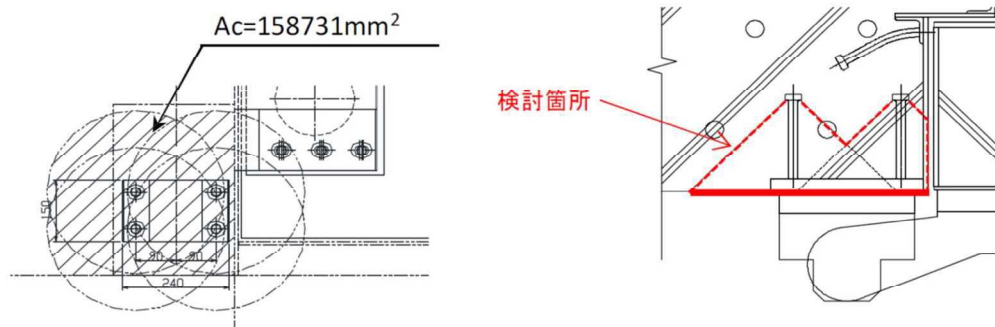
$c \times \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度

$$0.31\sqrt{F_c} = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

$A'c$: コーン状破壊面の有効水平投影面積

$$\text{下図より } A'c = A_c / 4 = 39683 \text{ mm}^2$$

(A_c は全ボルトの有効投影面積)



せん断力に対して、接着系アンカーボルトのせん断強度で決まる場合の

許容せん断力 q_{a1}

$$q_{a1} = 1.0 \times s \times \sigma_{qa} \times s_c a$$

$$= 1.0 \times 164.5 \times 339.2$$

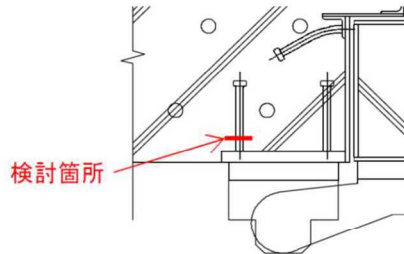
$$= 55798 \text{ N} = 55.7 \text{ kN} > 10.2 \text{ kN (合成せん断力 } Q_{B2}) \quad \text{OK (0.19)}$$

ここで,

$s \sigma_{qa}$: スタッドのせん断強度 $s \sigma_{pa} = 0.7 \times s \sigma_{pa} = 164.5 \text{ N/mm}^2$

$s c a$: スタッド軸部断面積とねじ部の有効断面積のうち小さいほうの値

$$s c a = 339.2 \text{ mm}^2$$



せん断力に対し、アンカーボルト周辺コンクリートの支圧破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a2}

$$q_{a2} = 2/3 \times s c a \times 0.5 \times \sqrt{F_c \times E_c}$$

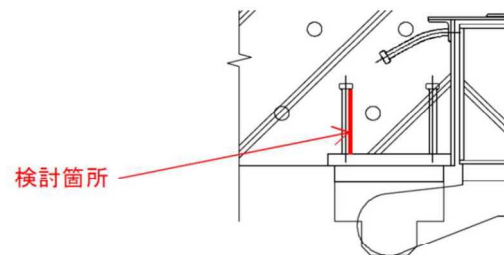
$$= 2/3 \times 339.2 \times 0.5 \times \sqrt{33 \times 2.52 \times 10^4}$$

$$= 103123 \text{ N} = 103.1 \text{ kN} > 10.2 \text{ kN} \text{ (合成せん断力 } Q_{B2}) \quad \text{OK (0.10)}$$

ここで、

E_c : コンクリートヤング係数 $2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

F_c : コンクリートの設計基準強度 33 N/mm^2



せん断力に対して、へりあき部コンクリート側方へのコーン状破壊で決まる場合の許容せん断力 q_{a3}

$$q_{a3} = 2/3 \times 0.31 \sqrt{F_c \times A_{qc}}$$

$$= 2/3 \times 0.31 \sqrt{33 \times 38013}$$

$$= 45129 \text{ N} = 45.1 \text{ kN} > 3.7 \text{ kN} \text{ (水平方向せん断力 } Q_{B2h}) \quad \text{OK (0.08)}$$

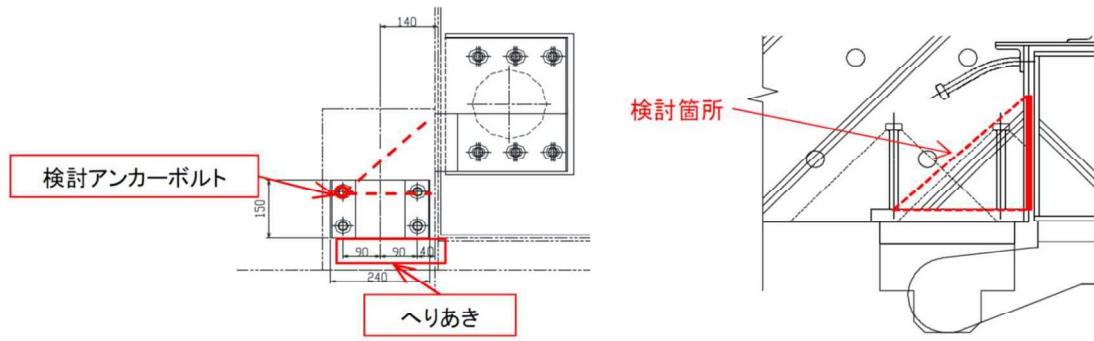
ここで、

A_{qc} : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効水平投影面積

$$A_{qc} = 0.5 \times \pi \times c^2 / 2 = 0.5 \times \pi \times 220^2 / 2 = 38013 \text{ mm}^2$$

なお、隣接するアンカーボルト(次頁右図)のコーン状破壊面との重複を考慮し、ここではコーン状破壊面半分(次ページ左図)のみを考慮する。

c : へりあき寸法 220 mm



引抜力とせん断力の組合せ応力に対する検討
 ここではアンカーボルト2本で抵抗すると仮定する。

$$\begin{aligned}
 \text{組合せ応力に対する検定比} &= (\text{引抜最大検定値} \times 2)^2 + (\text{せん断最大検定値} \times 2)^2 \\
 &= (0.19 \times 2)^2 + (0.19 \times 2)^2 = 0.29 < 1.0 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

(6) 検討結果

遮蔽扉 SSD-4 の耐震性について検討結果を表 18 にまとめて示す。これらの結果より、発生応力はすべて許容値以下となっていることを確認した。

表 18(1) 検討結果 (SSD-4)

部位	評価項目	発生値	許容値	発生値／許容値
遮蔽扉	曲げ応力度 (N/mm ²)	2.8	235.0	0.02
	せん断力 (kN)	6.5	1215.0	0.01
	コンクリート枠に発生する 圧縮応力度 (N/mm ²)	0.11	22.0	0.01
下部 ヒンジ 接合部 (扉閉時)	ヒンジころ軸 せん断応力度 (N/mm ²)	18.9	135.0	0.14
	プレート 曲げ応力度 (N/mm ²)	8.6	235.0	0.04
	プレート はしあき部 (N/mm ²)	15.9	235.0	0.07
	アンカーボルト 引張耐力 (kN)	1.9	79.7	0.03
	アンカーボルト 付着耐力 (kN)	1.9	38.4	0.05
	アンカーボルト 引張力による コーン破壊耐力 (kN)	1.9	47.0	0.05
	アンカーボルト せん断耐力 (kN)	11.9	55.7	0.22
	アンカーボルト 支圧耐力 (kN)	11.9	103.1	0.12
	アンカーボルト せん断力による コーン破壊耐力 (kN)	7.0	45.1	0.16
	アンカーボルト 組合せ耐力	—	—	0.21

表 18(2) 検討結果 (SSD-4)

部位	評価項目	発生値	許容値	発生値／ 許容値
操作 ハンドル 止め金 接合部 (扉閉時)	六角ボルト 引張応力度 (N/mm ²)	48.7	235.0	0.21
	スタッド 引張耐力 (kN)	4.9	35.4	0.14
	スタッド コーン破壊耐力 (kN)	4.9	19.6	0.25
	スタッド せん断耐力 (kN)	4.9	24.7	0.20
	スタッド 支圧耐力 (kN)	4.9	45.8	0.11
	スタッド へりあき耐力 (kN)	4.9	18.6	0.26
	ロックピン せん断応力度 (N/mm ²)	27.6	135.0	0.21
下部ヒンジ 接合部 (扉開時)	ヒンジころ軸 せん断応力度 (N/mm ²)	18.9	135.0	0.14
	プレート 曲げ応力度 (N/mm ²)	31.5	235.0	0.14
	プレート はしあき部 (N/mm ²)	15.9	235.0	0.07
	アンカーボルト 引張耐力 (kN)	7.0	79.7	0.09
	アンカーボルト 付着耐力 (kN)	7.0	38.4	0.19
	アンカーボルト 引張力による コーン破壊耐力 (kN)	7.0	47.0	0.15
	アンカーボルト せん断耐力 (kN)	10.2	55.7	0.19
	アンカーボルト 支圧耐力 (kN)	10.2	103.1	0.10
	アンカーボルト せん断力による コーン破壊耐力 (kN)	3.7	45.1	0.08
	アンカーボルト 組合せ耐力	—	—	0.29