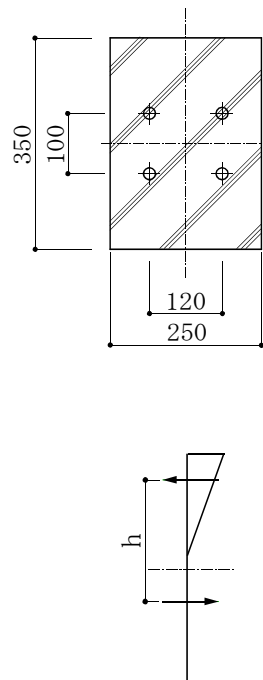


●H形断面柱の露出柱脚

(1) 柱脚の回転剛性

柱脚の許容曲げ耐力を右図の鉄筋コンクリート柱として算定し、柱の許容曲げ耐力と比較する。



柱脚の許容曲げ耐力

$$T_a = 5.76 \times 10^4 \times 2 = 1.15 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\sigma_c = \frac{21}{1.5} \times 250 = 3.50 \times 10^3 \text{ N/mm}$$

$$\ell = \frac{1.15 \times 10^5 \times 2}{3.50 \times 10^3} = 65.7 \text{ mm}$$

$$h_1 = \frac{350}{2} - 65.7 \times \frac{1}{3} = 153.1 \text{ mm}$$

$$h = 153.1 + 50.0 = 203.1 \text{ mm}$$

$$M = 1.15 \times 10^5 \times 203.1 = 2.34 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

柱脚の許容曲げ耐力と柱の許容曲げ耐力の比は

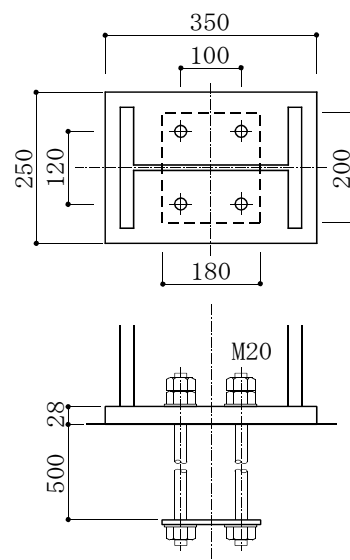
$$\frac{2.34 \times 10^7}{2.94 \times 10^8} = 0.08$$

となり、1/4 以下であるためピン柱脚として設計する。

(2) 設計用応力

[長期・短期荷重時]

荷重ケース	軸力 N(N)	せん断力 Q(N)
D. L	$4.01 \times 10^4$	$\pm 1.60 \times 10^4$
S. L	$2.68 \times 10^4$	$\pm 1.44 \times 10^4$
W. L (張間方向)	$-3.28 \times 10^4$ $-2.03 \times 10^4$	$\pm 2.51 \times 10^4$ $\pm 6.86 \times 10^3$
W. L (桁行方向)	$-3.61 \times 10^4$ $-1.90 \times 10^4$	$1.82 \times 10^4$ 0.00
E. L (張間方向)	$\pm 3.54 \times 10^3$	$\pm 7.18 \times 10^3$
E. L (桁行方向)	$-2.69 \times 10^4$ $2.69 \times 10^4$	$2.77 \times 10^4$ 0.00



張間方向

圧縮-D. L+S. L（圧縮耐力検討用荷重）

$$N = 4.01 \times 10^4 + 2.68 \times 10^4 = 6.69 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q = 1.60 \times 10^4 + 1.44 \times 10^4 = 3.04 \times 10^4 \text{ N}$$

引張-D. L+W. L

$$N = 4.01 \times 10^4 - 3.28 \times 10^4 = 7.30 \times 10^3 \text{ N}$$

$$Q = 1.60 \times 10^4 + 2.51 \times 10^4 = 4.11 \times 10^4 \text{ N}$$

桁行方向

圧縮-D. L+E. L

$$N = 4.01 \times 10^4 + 2.69 \times 10^4 = 6.70 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q_x = 0.00 \text{ N}$$

$$Q_y = 1.60 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q = 1.60 \times 10^4 \text{ N}$$

引張-D. L. +W. L（①または③通り）（引張耐力検討用荷重）

$$N = \frac{4.01 \times 10^4}{2} - 3.61 \times 10^4 = -1.61 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q_x = 1.82 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q_y = \frac{1.60 \times 10^4}{2} = 8.00 \times 10^3 \text{ N}$$

$$Q = \sqrt{(1.82 \times 10^4)^2 + (8.00 \times 10^3)^2} = 1.99 \times 10^4 \text{ N}$$

[終局時]

張間方向

終局時に柱柱頭が $M_p$ に達するものとし、その際の軸力 $N$ は、短期地震時にかかる軸力に地震時にかかる柱柱頭の曲げモーメント $M$ と $M_p$ の比を乗じたものとする。

$$M = M_p = 3.34 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$N = N_D + N_E \frac{M_p - M_D}{M_E} = 4.01 \times 10^4 + 3.54 \times 10^3 \times \frac{3.34 \times 10^8 - 7.75 \times 10^7}{3.48 \times 10^7} = 6.62 \times 10^4 \text{ N}$$

$$N = N_D - N_E \frac{M_p - M_D}{M_E} = 4.01 \times 10^4 - 3.54 \times 10^3 \times \frac{3.34 \times 10^8 - 7.75 \times 10^7}{3.48 \times 10^7} = 1.40 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\therefore N = 6.62 \times 10^4 \text{ N}$$

桁行方向

一次設計時の応力に、一次設計時のベースシヤ一係数 0.2 と保有水平耐力時の最大のベースシヤ一係数 0.45 の比を乗じたものとする。

$$N = N_D + N_E \frac{0.45}{0.2} = 4.01 \times 10^4 + 2.69 \times 10^4 \times \frac{0.45}{0.2} = 1.01 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N = N_D - N_E \frac{0.45}{0.2} = 4.01 \times 10^4 - 2.69 \times 10^4 \times \frac{0.45}{0.2} = -2.04 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q = Q_D + Q_E \frac{0.45}{0.2} = 1.60 \times 10^4 + 2.77 \times 10^4 \times \frac{0.45}{0.2} = 7.83 \times 10^4 \text{ N}$$

【備考：終局時応力の仮定は、状況に応じ設計者が適切に判断する。】

### (3) 使用部材

コンクリート： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$

ベースプレート： $t = 28 \text{ mm}$  (SUS304A)

アンカーボルト：4-M20 (SUS304A)

2.7.1 露出形式柱脚の構造規定「アンカーボルトは、軸部の降伏に先立ってねじ部で破断の生じないものを用いる。」に従い、ねじ部は転造ねじにより製作されたものを使用する。

呼び	軸部断面積 ( $\text{mm}^2$ )	ねじ部断面積 ( $\text{mm}^2$ )
M20	260	245

### (4) 長期・短期に生ずる力に対する許容耐力の検討

#### 1) アンカーボルトの検討

$$T = \frac{1.61 \times 10^4}{4} = 4.03 \times 10^3 \text{ N}$$

$$Q = \frac{1.99 \times 10^4}{4} = 4.98 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\left( \frac{4.03 \times 10^3}{245 \times 235} \right)^2 + \left( \frac{4.98 \times 10^3}{0.6 \times 245 \times 235} \right)^2 = 0.03 \leq 1 \quad \dots \text{OK}$$

#### 2) アンカーボルトの定着の検討 (2.7.1 露出形式柱脚(2) 構造規定)

$$A_0 = 200 \times 180 = 3.600 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \frac{\pi \times 500^2}{4} \times 4 + (500 + 120 + 500) \times 100 + 120 \times 500 \times 2 = 1.017 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$f_n \cdot A_0 = \sqrt{\frac{A_c}{A_0}} \cdot F_c \cdot A_0 = \sqrt{\frac{1.017 \times 10^6}{3.600 \times 10^4}} \times 21 \times 3.600 \times 10^4 = 4.02 \times 10^6$$

$$\geq 1.5n_t \cdot b \cdot A \cdot F_y = 1.5 \times 2 \times 260 \times 235 = 1.83 \times 10^5 \quad \dots \text{OK}$$

$$0.313\sqrt{F_c} \cdot A_c = 0.313 \times \sqrt{21} \times 1.017 \times 10^6 = 1.46 \times 10^6$$

$$\geq 1.5n_t \cdot b \cdot A \cdot F_y = 1.5 \times 2 \times 260 \times 235 = 1.83 \times 10^5 \quad \dots \text{OK}$$

### 3) コンクリートの最大圧縮応力度

$$\sigma_c = \frac{6.69 \times 10^4}{250 \times 350} = 7.65 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2 \leq \frac{F_c}{1.5} = 14 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}$$

### 4) セン断力の検討

引張時には、せん断力はアンカーボルトで伝達され、既に検討を行っているため、ここでは圧縮時の検討を行う。

せん断力をベースプレート下面とコンクリート間の摩擦力で基礎に伝達するとした場合

$$Q_a = N \times \mu = 6.69 \times 10^4 \times 0.4 = 2.68 \times 10^4 \text{ N} < 3.04 \times 10^4 \text{ N} \quad \dots \text{NG}$$

よって、せん断力をアンカーボルトに負担させる。

$$Q_a = 3.33 \times 10^4 \times 4 = 1.33 \times 10^5 \text{ N} \geq 3.04 \times 10^4 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

### 5) ベースプレートの板厚の検討 (2.7.1 露出形式柱脚)

圧縮時

$$\sigma_c = \frac{6.69 \times 10^4}{250 \times 350} = 7.65 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}$$

A 部分

$$M = \frac{25^2 \times 7.65 \times 10^{-1}}{2} = 2.39 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{mm/mm}$$

B 部分

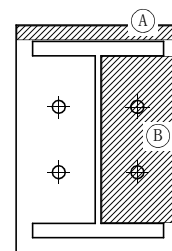
$$\lambda = \frac{256}{125 - 6} = 2.2$$

$$M_{\max} = 0.31 \times 7.65 \times 10^{-1} \times (125 - 6)^2 = 3.36 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm/mm}$$

よって

$$Z = \frac{28^2}{6} = 1.31 \times 10^2 \text{ mm}^3 / \text{mm}$$

$$M_{bl} = \frac{Z \cdot F_y}{1.3} \cdot 1.5 = \frac{1.31 \times 10^2 \times 235}{1.3} \times 1.5 = 3.55 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm/mm} \geq 3.36 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm/mm} \quad \dots \text{OK}$$



引張時

B 部分

ここでは、2.7.1(2)構造規定(d)に従った検討を行う。

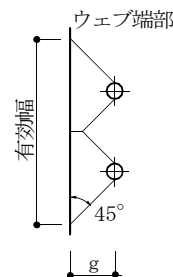
$$P = 260 \times 235 \times 2 = 1.22 \times 10^5 \text{ N}$$

$$M = 1.22 \times 10^5 \times \left( 60 - \frac{12}{2} \right) = 6.59 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{有効幅 } B = 100 + \left( 60 - \frac{12}{2} + \frac{20}{2} \right) \times 2 = 228 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{228 \times 28^2}{6} = 2.98 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

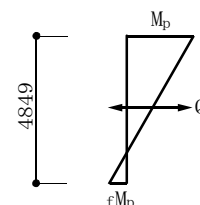
$$M_{bl} = \frac{Z \cdot F_y}{1.3} \cdot 1.5 = \frac{2.98 \times 10^4 \times 235}{1.3} \times 1.5 = 8.08 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq 6.59 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots \text{OK}$$



(5) 終局耐力の検討

[張間方向]

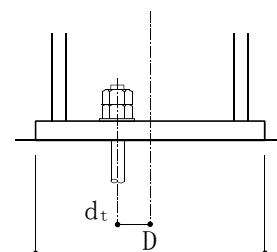
本柱脚はピン柱脚とし、回転変形はアンカーボルト軸部の塑性伸びにもとづくとしているが、アンカーボルトはその伸びとともにせん断力を負担しなければならない場合がある。そこで、仮定の軸力Nが作用している場合の柱脚の全塑性曲げモーメント $fM_p$ を求め、柱脚の全塑性せん断耐力 $fQ_p$ に対して柱頭が $M_p$ 柱脚が $fM_p$ に達した状態のせん断力Qが安全であることを確認する。(3.7.1 露出形式柱脚)



$$N = 6.62 \times 10^4 \text{ N}$$

$$N_y = 0.85B \cdot D \cdot F_c = 0.85 \times 250 \times 350 \times 21 = 1.56 \times 10^6 \text{ N}$$

$$T_y = n_t \cdot A_b \cdot F_y = 2 \times 260 \times 235 = 1.22 \times 10^5 \text{ N}$$



よって b)  $N_y - T_y = 1.56 \times 10^6 - 1.22 \times 10^5 = 1.44 \times 10^6 \geq N = 6.62 \times 10^4 > -T_y = -1.22 \times 10^5$  の場合となり

$$\begin{aligned} fM_p &= T_y \cdot d_t + \frac{(N + T_y) \cdot D}{2} \cdot \left( 1 - \frac{N + N_y}{N_y} \right) \\ &= 1.22 \times 10^5 \times 50 + \frac{(6.62 \times 10^4 + 1.22 \times 10^5) \times 350}{2} \times \left( 1 - \frac{6.62 \times 10^4 + 1.56 \times 10^6}{1.56 \times 10^6} \right) = 4.70 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

せん断力 Q

$$Q = \frac{M_p + fM_p}{h} = \frac{3.34 \times 10^8 + 4.70 \times 10^6}{4849} = 6.98 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}{}_f Q_p &= \text{Max}\{0.5(N+T_y), 0.6n_c \cdot A_b \cdot F_y\} \\ &= \text{Max}\{0.5 \times (6.62 \times 10^4 + 1.22 \times 10^5), 0.6 \times 2 \times 245 \times 235\} \\ &= \text{Max}\{9.41 \times 10^4, 6.91 \times 10^4\} \\ &= 9.41 \times 10^4 \text{ N}\end{aligned}$$

よって

$$Q = 6.98 \times 10^4 \text{ N} \leq {}_f Q_p = 9.41 \times 10^4 \text{ N} \quad \cdot \cdot \cdot \text{OK}$$

[桁行方向]

圧縮時

$$N_y = 0.85B \cdot D \cdot F_c = 0.85 \times 250 \times 350 \times 21 = 1.56 \times 10^6 \text{ N}$$

よって

$$N = 1.01 \times 10^5 \text{ N} \leq N_y = 1.56 \times 10^6 \text{ N} \quad \cdot \cdot \cdot \text{OK}$$

$$\begin{aligned}{}_f Q_p &= \text{Max}\{0.5N, 0.6n_c \cdot A_b \cdot F_y\} \\ &= \text{Max}\{0.5 \times 1.01 \times 10^5, 0.6 \times 4 \times 245 \times 235\} \\ &= \text{Max}\{5.05 \times 10^4, 1.38 \times 10^5\} \\ &= 1.38 \times 10^5 \text{ N}\end{aligned}$$

よって

$$Q = 7.83 \times 10^4 \text{ N} \leq {}_f Q_p = 1.38 \times 10^5 \text{ N} \quad \cdot \cdot \cdot \text{OK}$$

引張時

$$T = \frac{2.04 \times 10^4}{4} = 5.10 \times 10^3 \text{ N}$$

$$Q = \frac{7.83 \times 10^4}{4} = 1.96 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\left(\frac{5.10 \times 10^3}{245 \times 235}\right)^2 + \left(\frac{1.96 \times 10^4}{0.6 \times 245 \times 235}\right)^2 = 0.33 \leq 1 \quad \cdot \cdot \cdot \text{OK}$$