

5-5 柱脚

全て地震時で設計(長期は小さい)

ベースプレート SN490C

アンカーボルト

ABR490 M33

L=30 ϕ 99cm

Ty = 238 kN/本

Qy = 130 kN/本

地震時

ボルト、ベースプレートが許容応力度以内

終局時

ボルトが降伏する事

1.2.3 降伏耐力、剛性、変形能力の評価式

軸力と曲げモーメントを受ける露出型

柱脚の基本的耐荷機構は図-1.4に示す

ものである。図中、 N は柱軸力(圧縮力を正とする)、 M は曲げモーメント、 T はアンカーボルトの引張力の合力、 C はコンクリートからの圧縮反力の合力、 d_t は引張合力 T の柱中心軸からの距離、 d_c は圧縮合力 C の柱中心軸からの距離である。5章に述べる実験結果より、 d_t, d_c

として各々次の値を採用することが妥当であることが明らかとなった。

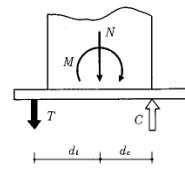


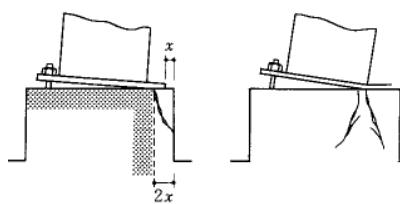
図-1.4 耐荷機構

は圧縮合力 C の柱中心軸からの距離である。5章に述べる実験結果より、 d_t, d_c

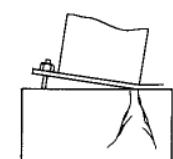
として各々次の値を採用することが妥当であることが明らかとなった。

 d_t : 柱断面図心より、曲げに関して引張側にあるアンカーボルト断面群
(柱断面主軸上にあるボルトを含む)の図心までの距離 d_c : 圧縮側の柱断面最外縁と柱断面図心との距離アンカーボルトの引張合力 T の降伏を条件とすれば、 M に関する曲げ降伏耐力 M_y は次式のように得られる。

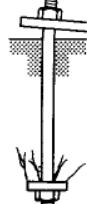
$$M_y = n_t \cdot s_a \cdot \sigma_y (d_t + d_c) + N d_c \quad (1.1)$$

ここで、 n_t : 引張側アンカーボルト本数で鋼柱の断面中立軸の片側に配置されたアンカーボルト本数
 s_a : アンカーボルト軸断面積
 σ_y : アンカーボルト降伏点

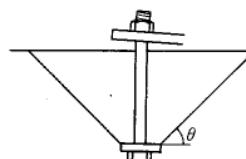
(a) モードI



(b) モードII



(c) モードIII



(d) モードIV

ボルトが長いので(d)の破壊は無いとする。(埋込み長:20dを確保出来ない後施工アンカーの時検討する物である)

(c)の破壊は、M33共通なので以下検討

(a), (b)を個別に検討する

(c)のモード

定着版 FB-19x90

アンカーブロック面積 = 9.0x9.0 - 33 ϕ = 72 cm²

M33の引張り強度 = 238 kN

コンクリートの受圧面強度 = 12Fcとされてるので=25.2 kN/cm²

25.2x72 = 1814 kN > 238 可

(1) C1 H-390x300

-強軸方向-

地震時

$$N = 73 \sim 156 \pm 42 \text{ (Y1-X1)}$$

$$= 31 \sim 198 \text{ kN} \rightarrow 0 \sim 250$$

$$M = 73+116 = 189 \rightarrow 200$$

$$Q = 26+26 = 52 \rightarrow 60$$

$$T = 430 \sim 348 \text{ kN}$$

$$C = 430 \sim 598 \text{ kN}$$

$$\text{ボルト } Ty = 238 \times 3$$

$$= 714 \text{ kN} > 430 \text{ 可}$$

ベースプレート

$$M = 430 \times 7.5 \text{ cm} = 1935 \text{ kNm}$$

$$Z = 50 \times 4.5^2 / 6 = 169 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_b = 1935 / 169 = 11.45 < 29.5 \text{ 可}$$

$$Q_a = \text{圧縮側の働くないボルト} + 0.4C$$

$$= 130 \times 3 \text{ 本} + 172 \sim 239$$

$$= 562 \sim 629 \text{ kN} >> 60$$

終局

$$T = 238 \text{ kN/本} \times 3 \text{ 本} = 714 \text{ kN}$$

$$C = 714 + (0 \sim 250) = 714 \sim 964 \text{ kN}$$

$$M_y = 714 \times 54 / 2 + (714 \sim 964) \times (39 / 2)$$

$$= 33201 \sim 38076 \text{ kNm}$$

$$= 332 \sim 381 \text{ kNm}$$

---> 340 kNmを保有耐力とする

$M_p = 456 \text{ kNm} > M_y$ 柱脚保有耐力接合不満足なので保有へ
アンカーボルトで降伏する(柱降伏せず)

ベースプレート曲げ

$$= 714 \times (54-39) / 2 = 5355 \text{ kNm}$$

$$B = 50 \text{ cm}$$

$$t = 4.5 \text{ cm}$$

$$Z_p = 50 \times 4.5^2 / 4 = 253 \text{ cm}^3$$

$$M_p = 29.5 \times 253 = 74635 >> 5355 \quad \text{ベースプレートは降伏しない}$$

-弱軸方向-

$$N_{min} = 73-248 = -175 \text{ kN (X1-Y10)} \rightarrow 210 \text{ kN X1通Y8-10間プレース分}$$

$$N_{max} = 139+262 = 401 \text{ kN (X1-Y2)} \quad 410$$

$$M = 4+4 = 8 \quad 20$$

$$Q = 2+131 = 133 \text{ kN} \quad 140 \text{ X1通Y8-10間プレース分}$$

地震引張り プレース $T=181 \text{ kN}$ 時

$$T_1 = 210 / 8 \times 3 + 200 / 39 = 84 \text{ kN/3本} = 28 \text{ kN/本} < 238 \text{ 可}$$

$$T_2 = 210 / 8 \times 2 = 53 \text{ kN/2本} = 27$$

$$T_3 = 210 / 8 \times 3 - 200 / 39 = 74 \text{ kN/3本} = 25$$

$$Q_a \approx 130 \text{ kN/本} \times 5 \text{ 本} \times (1-28 / 238) = 573 >> 133$$

曲げの余りで抵抗

取付位置の関係で有効に働くのは5本とした。

プレース 1.2Ty時 = $359.4 \times 1.2 = 432 \text{ kN}$ の時

$$T_1 = 84 \times 432 / 181 = 201 \text{ kN/3本} = 67 \text{ kN/本} < 238 \text{ 可}$$

$$T_2 = 53 \text{ " } = 127 / 2 = 64 \text{ " }$$

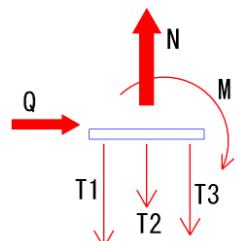
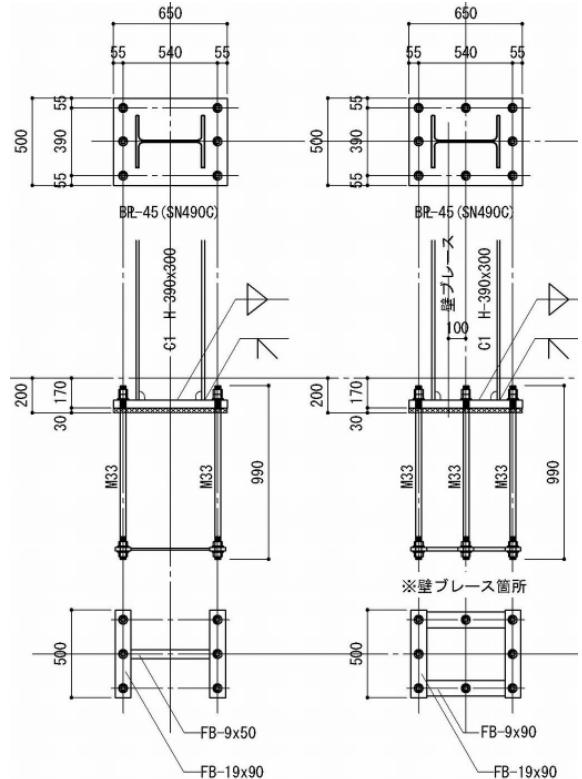
$$T_3 = 74 \text{ " } = 177 / 3 = 59 \text{ " }$$

$$Q = 133 \times 432 / 181 = 318 \text{ kN}$$

$$Q_a = 130 \times 5 \times (1-67 / 238) = 467 \text{ kN} > 318 \text{ 可}$$

この時 $M_u = (201-177) \times 39 / 2 = 468 \text{ kNm} \approx 5 \text{ kNm}$

プレースの付かない箇所はもっと大きな保有耐力であるが、本値で小さく評価する



-柱型-

強軸 $Q = 24+26 = 50 \rightarrow 60 \text{ Y4通}$

$M = 72+121 + 60 \times 0.95 \text{m} = 250 \text{kNm}$

$N = 0 \sim 250 \text{ kN}$

$B \times D = 80 \times 90$

$d = 80 \quad j=70$

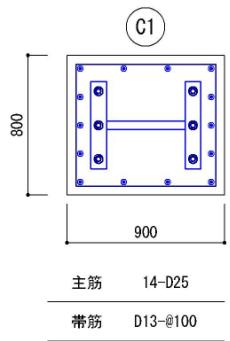
$N=0 \text{ で } at = 25000 / (34.5 \times 70)$

$= 10.36 \text{cm}^2 / \text{面} \quad 2.1 \text{本以上}$

$\tau = 60000 / (80 \times 70) = 11 < 105 \quad \text{可}$

$\Sigma At = 0.8\%BD = 11.4 - D25 \text{ 以上}$

弱軸 基礎梁があるので応力は生じない 計算外



-(a) のモード-

$C_y = 250 + 714 \approx 1000 \text{ kN}$

$N_{max} = T_y$

ベースプレート端～柱型面 = $(90-65)/2 = 12.5 \text{cm} = x$

柱型巾 $B = 80 \text{cm}$

$C_y / (2 \cdot x \cdot B) = 0.5 \text{ kN/cm}^2 < 2.1 \text{ kN/cm}^2 = F_c \quad \text{可}$

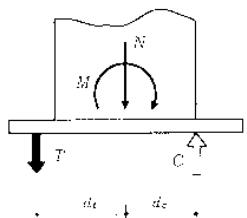


図-1.4 軸向荷重

-(b) のモード-

$3C_y/B_0 < F_c$ とされている

$B_0 = \text{柱型面積の } 1/2$

$3 \times 1000 / (80 \times 90 / 2) = 0.8333 < 2.1 \quad \text{可}$

構造計算書

(2) C2 H-294x200

-強軸方向-

地震時

$$\begin{aligned}
 N &= 26 \sim 120 \pm 10 = 16 \sim 130 \rightarrow 0 \sim 150 \text{kN} \\
 M &= 15+56 = 71 \rightarrow 100 \\
 Q &= 0+27 = 27 \rightarrow 40 \\
 T &= 272 \sim 213 \text{ kN} \\
 C &= 272 \sim 363 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

ボルト $T_y = 238 \times 2 = 476 \text{kN} > 272$ 可
ベースプレート

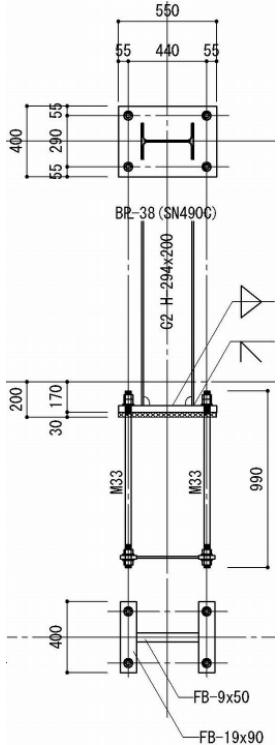
$$M = 272 \times (44-29.4)/2 = 1986 \text{ kNm}$$

$$7.3 \text{cm}$$

$$Z = 40 \times 3.8^2/6 = 96 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_b = 1986/96 = 20.7 < 32.4 \text{ 可}$$

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \text{圧縮側の働いてないボルト} + 0.4C \\
 &= 130 \times 2 \text{本} + 108 \sim 145 = 368 \sim 405 \text{ kN} \gg 40
 \end{aligned}$$



終局

$$\begin{aligned}
 T &= 238 \text{kN/本} \times 2 \text{本} = 476 \text{ kN} \\
 C &= 476 + (0 \sim 150) = 476 \sim 626 \text{ kN} \\
 M_y &= 476 \times 44/2 + (476 \sim 626) \times (29.4/2) \\
 &= 174 \sim 196 \text{ kNm} \rightarrow 180 \text{ kNm} \text{ を保有耐力とする}
 \end{aligned}$$

Mp = 198 kNm > My 柱脚保有耐力接合不満足なので保有へ
アンカーボルトで降伏する(柱降伏せず)

ベースプレート曲げ

$$= 475 \times 7.3 = 3468 \text{ kNm}$$

$$B = 40 \text{cm}$$

$$t = 3.8 \text{cm}$$

$$Z_p = 40 \times 3.8^2/4 = 144 \text{ cm}^3$$

$$M_p = 32.4 \times 144 = 4666 \gg 3468 \quad \text{ベースプレートは降伏しない}$$

-弱軸方向-

$$\begin{aligned}
 N_{min} &= 26-174 = -148 \text{ kN} \text{ (Y10通)} \\
 N_{max} &= 111+144 = 255 \text{ kN} \text{ (Y1通)} \\
 M &= 1+4 = 5 \text{ kNm} \\
 Q &= 1+3 + 82 = 86 \text{ kN} \text{ (Y10通)} \\
 &\quad (\text{BR依り})
 \end{aligned}$$

地震引張りが厳しい ブレース T=146 kN 時

$$T_2 = -500/29 + 148/2 = 57 \text{ kN} / 2-M33$$

$$T_1 = + \text{〃} \text{〃} = 92 \text{ kN} / 2-M33 \quad 46 \text{kN/本} < 238 \text{ 可}$$

$$\begin{aligned}
 Q_a &\doteq 130 \text{kN/本} \times 4 \text{本} \times (1-46/238) = 419 \text{ kN} \gg 86 \\
 &\text{曲げの余りで抵抗}
 \end{aligned}$$

ブレース 1.2Ty時 T=1.2x220.5=265 kN $265/146=$ 地震の1.82倍時

$$N_{min} = 26-174 \times 1.82 = -291 \text{ kN}$$

$$N_{max} = 111+144 \times 1.82 = 374 \text{ kN}$$

$$M = 1 + 4 \times 1.82 = 9 \text{ kNm}$$

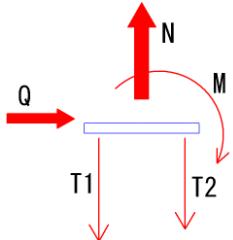
$$Q = 1+3+82 \times 1.82 = 154 \text{ kN}$$

$$T_2 = -900/29 + 291/2 = 115 \text{kN/2本}$$

$$T_1 = + \text{〃} + \text{〃} = 177 \text{kN/2本} \quad 89 \text{ kN/本}$$

$$Q_a = 130 \times 4 \times (1-89/238) = 326 \text{ kN} > 154$$

$$M_y = (177-115) \times 29/2 = 899 \text{ kNm} \doteq 9 \text{kNm} \quad \text{柱脚保有耐力}$$



-柱型- Y10通に応力が生じる

$$M=24+5 \times 0.35 = 26 \text{ kNm} \quad \text{非常に小さい}$$

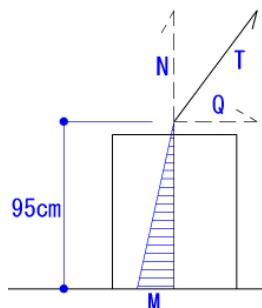
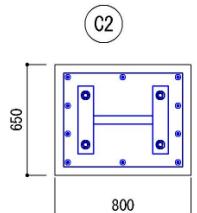
プレース方向は、基礎梁が有るので柱型に応力は生じない

$$\Sigma A_t = 0.8\%BD \text{ より } \Sigma A_t = 41.6 \text{ cm}^2 \quad 8.3\text{-D25以上}$$

図帶筋で $P_w = 0.317\% > 0.2\%$

Y2通弱軸は ベースプレート～FG $\approx 95\text{cm}$

プレース 1.2Ty 時：斜め 265 kN=T



$$N = 195 \text{ kN} - 90 \text{ (長期N)} = 105 \text{ kN引張}$$

$$Q = 180 \text{ kN}$$

$$M = 171 \text{ kNm}$$

$$B \times D = 80 \times 65 \quad d = 55 \quad j = 48$$

$$\tau = 180000 / (80 \times 48) = 4.7 << 105 \text{ 可}$$

$$\sigma = -0.2018$$

$$C = 0.5059$$

$$p_t = 0.25\% \quad a_t = 13.0 \text{ cm}^2 \quad 2.6\text{-D25以上 (図で3-D25)}$$

主筋 10-D25
帯筋 D13-@100

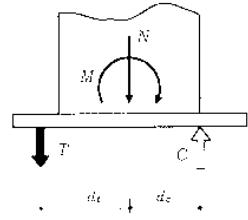
-(a) のモード-

$$C_y = 625 \text{ kN}$$

$$\text{ベースプレート端～柱型面} = (80-55)/2 = 12.5 \text{ cm} = x$$

$$\text{柱型巾 } B = 65 \text{ cm}$$

$$C_y / (2 \cdot x \cdot B) = 0.39 \text{ kN/cm}^2 < 2.1 \text{ kN/cm}^2 = F_c \quad \text{可}$$



-(b) のモード-

$$3C_y/B_0 < F_c \text{ とされている}$$

$$B_0 = \text{柱型面積の } 1/2$$

$$3 \times 625 / (65 \times 80/2) = 0.722 < 2.1 \quad \text{可}$$

図-1.4 耐荷機構