

## 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=30φ 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、 $d_i$   
は引張合力 $T$ の柱中心軸からの距離、 $d_c$

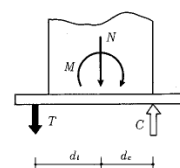


図-1.4 耐荷機構

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、 $d_i, d_c$   
として各々次の値を採ることが妥当であることが明らかとなった。

$d_i$ : 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

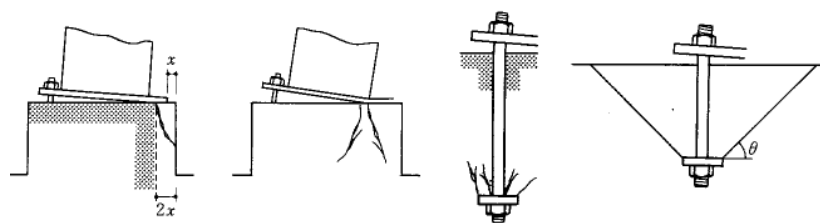
$d_c$ : 圧縮側の柱断面最外縁と柱断面図心との距離

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。

$$M_y = n_i \cdot a \cdot \sigma_y (d_i + d_c) + N d_c \quad (1.1)$$

ここで、 $n_i$ : 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

$a$ : アンカーボルト軸断面積  $\sigma_y$ : 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

図-5.4 基礎コンクリートの破壊モード

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 - 33φ = 72 cm<sup>2</sup>

M33の引張り強度 = 238 kN

コンクリートの受圧面強度 = 12F<sub>c</sub>とされてるので=25.2 kN/cm<sup>2</sup>

25.2x72 = 1814 kN > 238 可

## (1) C1 H-390x300

-強軸方向-

地震時

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

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

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

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

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

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

$$\text{ボルト } T_y = 238 \times 3$$

$$= 714 \text{ kN} > 430 \text{ 可}$$

ベースプレート

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

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

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

$$Q_a = \text{圧縮側の働いてないボルト} + 0.4C$$

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

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

終局

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

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

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

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

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

---&gt; 340 kNmを保有耐力とする

$$M_p = 456 \text{ kNm} > M_y \quad \text{柱脚保有耐力接合不満足なので保有へ}$$

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

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

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

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

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

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

-弱軸方向-

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

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

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

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

地震引張り ブレース T=181 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。

ブレース 1.2Ty時 = 359.4x1.2=432 kN の時

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

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

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

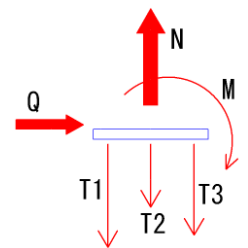
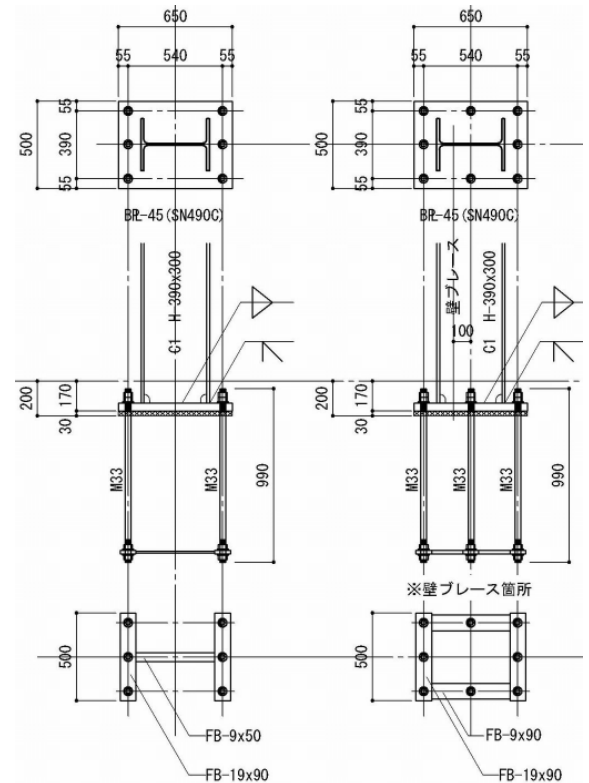
$$Q = 133 \times 432/181 = 318 \text{ kN}$$

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

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

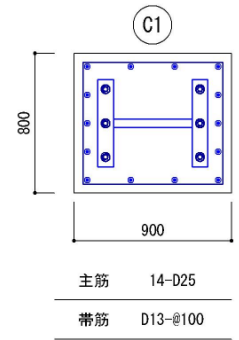
弱軸曲げ耐力

ブ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  $Q = 24+26 = 50 \rightarrow 60$  Y4通  
 $M = 72+121 + 60 \times 0.95m = 250kNm$   
 $N = 0 \sim 250 \text{ kN}$   
 $B \times D = 80 \times 90$   
 $d = 80 \quad j=70$   
 $N=0$ 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-

$C_y = 250 + 714 \div 1000 \text{ kN}$   
 $N_{max} \quad T_y$   
 ベースプレート端～柱型面  $= (90-65)/2 = 12.5 \text{ cm} = x$   
 柱型巾  $B = 80 \text{ cm}$   
 $C_y / (2 \cdot x \cdot B) = 0.5 \text{ kN/cm}^2 < 2.1 \text{ kN/cm}^2 = F_c \quad \text{可}$

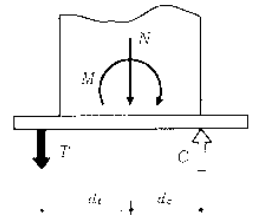


図-1.4 耐力機構

-(b)のモード-

$3C_y/B0 < F_c$  とされている  
 $B0 = \text{柱型面積の} 1/2$   
 $3 \times 1000 / (80 \times 90/2) = 0.8333 < 2.1 \quad \text{可}$

(2) C2 H-294x200

-強軸方向-

地震時

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

ボルト  $T_y = 238 \times 2 = 476 \text{ kN} > 272$  可

ベースプレート

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

7.3cm

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

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

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

終局

$$T = 238 \text{ kN/本} \times 2 \text{ 本} = 476 \text{ kN}$$

$$C = 476 + (0 \sim 150) = 476 \sim 626 \text{ kN}$$

$$M_y = 476 \times 44 / 2 + (476 \sim 626) \times (29.4 / 2)$$

$$= 174 \sim 196 \text{ kNm} \text{ -----} \rightarrow \mathbf{180 \text{ kNm} \text{ を保有耐力とする}}$$

$M_p = 198 \text{ kNm} > M_y$  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

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

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

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

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

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

-弱軸方向-

$$N_{\min} = 26 - 174 = -148 \text{ kN (Y10通)}$$

$$N_{\max} = 111 + 144 = 255 \text{ kN (Y1通)}$$

$$M = 1 + 4 = 5 \text{ kNm}$$

$$Q = 1 + 3 + 82 = 86 \text{ kN (Y10通)}$$

(BR依り)

地震引張りが厳しい ブレース  $T = 146 \text{ kN}$  時

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

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

$$Q_a \div 130 \text{ kN/本} \times 4 \text{ 本} \times (1 - 46 / 238) = 419 \text{ kN} >> 86$$

曲げの余りで抵抗

ブレース 1.2 $T_y$ 時  $T = 1.2 \times 220.5 = 265 \text{ kN}$   $265 / 146 = \text{地震の} 1.82 \text{ 倍時}$

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

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

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

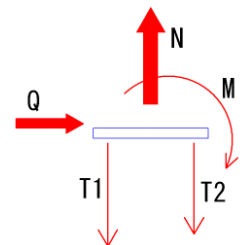
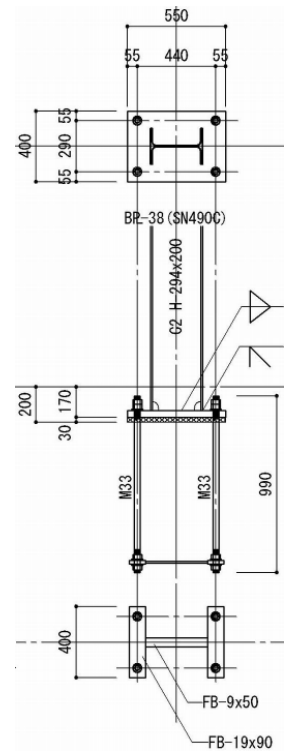
$$Q = 1 + 3 + 82 \times 1.82 = 154 \text{ kN}$$

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

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

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

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



-柱型-

Y10通に応力が生じる

$$M=24+5 \times 0.35 = 26 \text{ kNm}$$

非常に小さい

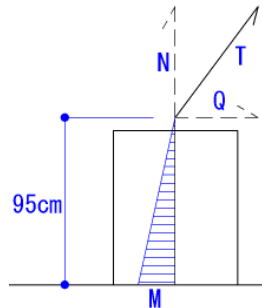
ブレース方向は、基礎梁が有るので柱型に応力は生じない

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

$$\text{図帯筋で } P_w=0.317\% > 0.2\%$$

Y2通弱軸は ベースプレート～FG  $\cong$  95cm

ブレース 1.2Ty 時 : 斜め 265 kN=T



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

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

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

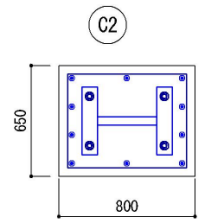
$$B \times D = 80 \times 65 \quad d=55 \quad j=48$$

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

$$\sigma = -0.2018$$

$$C = 0.5059$$

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



主筋 10-D25

帯筋 D13-@100

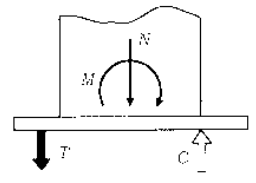
-(a)のモード-

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

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

$$\text{柱型巾 } B = 65\text{cm}$$

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



-(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 配筋機構