

おかしい屋体基準の露出柱脚算定式

平成18年版「屋内運動場等の耐震性能診断基準」は、露出柱脚の曲げ、せん断終局耐力について、次のように規定しています。

3.8 柱脚部の終局耐力

3.8.1 露出形式柱脚

(1) 曲げ耐力

$$N_y \geq N > N_y - T_y \quad M_f = N \cdot d_t \left(\frac{N_y}{N} - 1 \right) \quad (3.8.1a)$$

$$N_y - T_y \geq N > -T_y \quad M_f = T_y d_t + \frac{(N+T_y)D}{2} \left(1 - \frac{N+T_y}{N_y} \right) \quad (3.8.1b)$$

$$-T_y \geq N > -2T_y \quad M_f = (N + 2T_y) d_t \quad (3.8.1c)$$

D : ベースプレートの長さ

B : ベースプレートの幅

T_y : 片側アンカーボルト群の降伏耐力 = $0.75n_t \cdot A_B \cdot F_y$ (n_t : 引張側ボルト本数、 A_B : ボルト軸部断面積)

d_t : 引張側ボルト群の図芯と柱図芯の距離

F_c : コンクリートの設計基準強度

N : 終局メカニズム時軸圧縮力 (大きな変動が無い場合は、鉛直時軸圧縮力で良い)

n_c : 圧縮側アンカーボルトの本数

$$N_y = 0.85B \cdot D \cdot F_c$$

ただし、柱 - ベースプレート接合部の最大曲げ耐力/1.3 を超えないこと。

(2) せん断耐力

$$Q_f = \text{Max}(0.5N, 1.15T_y) \quad (3.8.2a)$$

(引き抜き力が大きくなると適用範囲をはずれることに留意する)

$$N_y \geq N > N_y - T_y \quad Q_f = \text{Max}(0.5N, 0.6(n_c + n_t)A_b F_y) \quad (3.8.2b)$$

$$N_y - T_y \geq N > -T_y \quad Q_f = \text{Max}(0.5(N + T_y), 0.6n_c A_b F_y) \quad (3.8.2c)$$

ただし、第1項目は $0.5(N_y - T_y)$ 以下

$$-T_y \geq N > -2T_y \quad Q_f = \text{Min}\left(\frac{N+n_c A_b F_y + T_y}{1.6}, 0.6n_c A_b F_y\right) \quad (3.8.2d)$$

ただし、柱 - ベースプレート接合部の最大せん断耐力/1.3 を超えないこと。

このうち、曲げ耐力については問題ないのですが、せん断耐力の項については、おかしな点が多々あります。まず(3.8.2a)から(3.8.2d)への4通りの分岐となっていますが、(3.8.2a)式には、軸力範囲が指定されていないのに対し、(3.8.2b)~(3.8.2d)式では指定されていることです。これでは一体どの式によればいいのか、選びようがありません。おそらく(3.8.2a)式に対応する力学的状況と、(3.8.2b)~(3.8.2d)式に対応する力学的状況とは異なっていて、このいずれかに大分岐する条件があったのでしょうか、それが省略されているために混線しているようなのです。それだけではありません。(3.8.2b)~(3.8.2d)式の構成もおかしいのです。これらの式は軸力範囲によって分岐しているだけですから、分岐点となる軸力においては同一の値とならなければなりません。これが満たされていないのです。例えば(3.8.2b)式と(3.8.2c)とを取り上げましょう。

$$N_y \geq N > N_y - T_y \quad Q_f = \text{Max}(0.5N, \quad 0.6(n_c + n_t)A_b F_y) \quad (3.8.2b)$$

$$N_y - T_y \geq N > -T_y \quad Q_f = \text{Max}(0.5(N + T_y), \quad 0.6n_c A_b F_y) \quad (3.8.2c)$$

境界点の軸力は、 $N = N_y - T_y$ ですから、これを(3.8.2b)、(3.8.2c)に代入しますと、

$$Q_f = \text{Max}(0.5(N_y - T_y), \quad 0.6(n_c + n_t)A_b F_y) \quad (3.8.2b)$$

$$Q_f = \text{Max}(0.5N_y, \quad 0.6n_c A_b F_y) \quad (3.8.2c)$$

となって、括弧内の第1, 2項とも連続していきません。同様に(3.8.2c)式と(3.8.2d)式との関係を見ていきましょう。

$$N_y - T_y \geq N > -T_y \quad Q_f = \text{Max}(0.5(N + T_y), \quad 0.6n_c A_b F_y) \quad (3.8.2c)$$

$$-T_y \geq N > -2T_y \quad Q_f = \text{Min}\left(\frac{N + n_c A_b F_y + T_y}{1.6}, \quad 0.6n_c A_b F_y\right) \quad (3.8.2d)$$

今度は、(3.8.2c)式は、Max 値、(3.8.2d)式は Min 値と一見奇妙なことになっていますが、これは、引張によりベースプレートが浮き上がった状態に対応するので、摩擦抵抗によるせん断抵抗はゼロ、したがって、式の形を厳密に合わせるとすれば、

$$-T_y \geq N > -2T_y \quad Q_f = \text{Max}\left(0, \quad \text{Min}\left(\frac{N + n_c A_b F_y + T_y}{1.6}, \quad 0.6n_c A_b F_y\right)\right) \quad (3.8.2d)$$

となりますが、冗長に過ぎるので、省略したものと許せます。境界点の軸力は、 $N = -T_y$ ですから、

$$Q_f = \text{Max}(0, \quad 0.6n_c A_b F_y) \quad (3.8.2c)$$

$$Q_f = \text{Min}\left(\frac{N + n_c A_b F_y + T_y}{1.6}, \quad 0.6n_c A_b F_y\right) = \text{Min}(0.625n_c A_b F_y, 0.6n_c A_b F_y) = 0.6 n_c A_b F_y \quad (3.8.2d)$$

となって、こちらの方は連続性が保たれています。けれども、(3.8.2d)式の第1項 $\frac{N + n_c A_b F_y + T_y}{1.6}$

は、何か奇妙です。力学的に正しい式があるのにそれを簡略化した、しかしそれでは $N = -T_y$ における連続性が保たれないので、

$$Q_f = \text{Min}\left(\frac{N + n_c A_b F_y + T_y}{1.6}, \quad 0.6n_c A_b F_y\right)$$

と、Min をとるということでつじつまを合わせたのではないかという疑いがあります。そこで他の基準ではどのようなになっているかを調べてみますと、何とかかなりの混乱があるのです。まず、現在ではバイブル的な存在となっている黄色本と俗称される平成19年8月「2007年版建築物の構造関係技術基準解説書」(以下、技術基準と呼ぶことにします)の付録 - 2 鉄骨造に関する技術資料、P-602 では、次のようになっています。

(a) 露出型柱脚の終局曲げ耐力 M_u

() $N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$M_u = N \cdot d_t \left(\frac{N_u}{N} - 1 \right) \quad (\text{付 1.2-25})$$

() $N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$M_u = T_u d_t + \frac{(N+T_u)D}{2} \left(1 - \frac{N+T_u}{N_u} \right) \quad (\text{付 1.2-26})$$

() $-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$M_u = (N + 2T_u) d_t \quad (\text{付 1.2-27})$$

ここで、 N_u : 基礎コンクリートの終局圧縮耐力 (N)

$$N_u = 0.85B \cdot D \cdot F_c$$

N : 軸力 (圧縮 : 正、引張 : 負)

T_u : 引張側アンカーボルトの終局引張耐力 (N)

$$T_u = n_t A_b F$$

B : ベースプレートの幅 (mm)

D : ベースプレートの長さ (mm)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

n_t : 引張側アンカーボルトの本数

A_b : アンカーボルトの軸断面積 (mm²)

F : アンカーボルトの F 値 (N/mm²)

d_t : 柱断面図心より引張側アンカーボルト断面群図心までの距離 (mm)

(b) 露出柱脚の終局せん断耐力 Q_u

$$Q_u = \max(Q_{fu}, Q_{su}) \quad (\text{付 1.2-28})$$

摩擦により抵抗する Q_{fu} とボルトのせん断耐力 Q_{su} のいずれか大きい方

() $N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0.5N \quad (\text{付 1.2-29})$$

$$Q_{su} = 2S_u \quad (\text{付 1.2-30})$$

() $N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0.5(N + T_u) \text{ かつ } Q_{fu} \leq 0.5(N_u - T_u) \quad (\text{付 1.2-31})$$

$$Q_{su} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u} \right)^2} \right\} \quad (\text{付 1.2-32})$$

ただし、 $T = N_u - T_u - N$ かつ $T \leq T_u$

() $-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0 \quad (\text{付 1.2-33})$$

$$Q_{su} = S_u \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u} \right)^2} \quad (\text{付 1.2-34})$$

ただし、 $T = -T_u - N$

ここで、 S_u : 引張側アンカーボルトの終局せん断力 (N)

$$S_u = n_t A_b F / \sqrt{3}$$

実はこの技術基準の式もおかしいのです。まず曲げ耐力から見ていきましょう。すると、屋体基準での添え字 y が、技術基準においては u とされているだけのことで、どちらも同じです。本格的に誘導してみるとわかりますが、これで正しいのです。(ただし、引張側アンカーボルトの耐力の評価については、屋体基準では、「降伏耐力」と表現し、 $0.75n_t \cdot A_b \cdot F_y$ とされているのに対し、技術基準では、「終局引張耐力」といい、 $n_t A_b F$ として定義されるなど微妙な違いがあります。この点については別稿にて扱うこととします)。問題はせん断耐力についてです。屋体基準の場合と同様、軸力範囲の分岐点において、スムーズに連続していくかどうかを調べてみましょう。まずは、(付 1.2-29)の式 $Q_{fu} = 0.5N$ と(付 1.2-31)の $Q_{fu} = 0.5(N + T_u)$ とです。境界軸力は $N = N_u - T_u$ ですから、これをそれぞれの式に代入しますと、

$$N = N_u - T_u, \quad Q_{fu} = 0.5N \rightarrow Q_{fu} = 0.5(N_u - T_u) \quad (\text{付 1.2-29})$$

$$N = N_u - T_u, \quad Q_{fu} = 0.5(N + T_u) \rightarrow Q_{fu} = 0.5N_u \quad (\text{付 1.2-31})$$

となって連続していきません。だからでしょうか、(付 1.2-31)には、不思議な但し書き「かつ $Q_{fu} \leq 0.5(N_u - T_u)$ 」があり、これを使えば(付 1.2-29)に連続していくこととなります。実は本気になって誘導していくと(付 1.2-29)は誤りで、正しくは $Q_{fu} = 0.5N_u$ でなくてはなりません。どうやら、添え字 u をつけ忘れたのが原因で、連続性が成り立たないことに気が付き、あわてて力学的な根拠もなしに、ともかく連続するよう $Q_{fu} \leq 0.5(N_u - T_u)$ という制限を付けたとしか思えません。では、(付 1.2-30)の式 $Q_{su} = 2S_u$ と、(付 1.2-32)の式

$$Q_{su} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u} \right)^2} \right\} \quad \text{とではどうでしょうか。 } N = N_u - T_u \text{ を } T = N_u - T_u - N \text{ に代入す}$$

ると、 $T=0$ 、よって $Q_{su} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u} \right)^2} \right\} = 2S_u$ となりこれはうまく連続していきます。

しかし、同様の検討を屋体基準式について行った結果は、 $2S_u$ ではなく、 $S_u = 0.6n_c A_b F_y$ となったことを思い出してください。実は、(付 1.2-32)、したがってこれに連続していくことになる(付 1.2-30)のどちらも怪しいのですが、とにかく次の段階の検討を続けていくこと

としましょう。次は(付 1.2-31)の $Q_{fu} = 0.5(N + T_u)$ と、(付 1.2-33)の $Q_{fu} = 0$ との連続性です。境界軸力は $N = -T_u$ ですから、これを $Q_{fu} = 0.5(N + T_u)$ に代入すれば $Q_{fu} = 0$ 、したがって連続性が保たれています。では、(付 1.2-32)の $Q_{su} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u}\right)^2} \right\}$ と、(付 1.2-32)の $Q_{su} = S_u \sqrt{1 - \left(\frac{T}{T_u}\right)^2}$ とではどうでしょうか。 $T = -T_u - N$ で $N = -T_u$ ですから、 $T = 0$ 、よって(付 1.2-32)に代入すると、 $Q_{su} = 2S_u$ 、(付 1.2-34)に代入すると $Q_{su} = S_u$ となってまたまた連続性が保たれていません。するとやはり(付 1.2-32)には、奇妙な但し書きがあります。「かつ $T \leq T_u$ 」がそれでこれで制限を加えれば確かに(付 1.2-32)は $Q_{su} = S_u$ となるわけですが、これも前述したごまかしにほかならないことはおわかりでしょう。結論をいいますと、(付 1.2-29)、(付 1.2-30)、(付 1.2-32)の3つの式に誤りがあるのです。「技術基準」は冒頭でいいましたように、バイブル的存在になっています。その中にとんでもなく誤った式が入り込んでいるだけではなく、根性が悪いことに、どこかおかしいと思いつつ、その原因を見つけ出せないことにより、但し書きをつけてつじつまを合わせようとしているのです。けしからぬこと、この上なくまさに獄門磔ものといえるでしょう。では正解はどこにあるのでしょうか。学会の「鋼構造接合部設計指針」7章 柱脚の項の条文 p.257,258 および解説 p.266 - 269 にあります。長くなりますがそれを抜き出しておきます。

(5) 最大耐力

1) 最大曲げ耐力

露出柱脚の最大曲げ耐力 M_u は、柱軸力(圧縮を正とする)の値に応じて、それぞれ(7.9)~(7.11)式による。

$N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$M_u = N \cdot d_t \left(\frac{N_u}{N} - 1 \right) \quad (7.9)$$

$N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$M_u = T_u d_t + \frac{(N+T_u)D}{2} \left(1 - \frac{N+T_u}{N_u} \right) \quad (7.10)$$

$-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$M_u = (N + 2T_u) d_t \quad (7.11)$$

記号

N_u : 基礎コンクリートの最大圧縮耐力

$$N_u = B \cdot D \cdot F_b$$

B : 構面直交方向のベースプレートの幅

D : 構面方向のベースプレートの幅

F_b : 基礎コンクリートの支圧強度

$$F_b = 0.85F_c$$

F_c : 基礎コンクリートの設計基準強度

T_u : 引張側アンカーボルトの最大引張耐力

$$T_u = n_t p_{bu}$$

n_t : 引張側アンカーボルトの本数

d_t : 柱断面図心より引張側アンカーボルト断面群図心までの距離

2) 最大せん断耐力

最大せん断耐力 Q_u は、摩擦により抵抗するせん断耐力 Q_{fu} とアンカーボルトのせん断耐力 Q_{bu} のいずれか大きいほうの値とし、(7.12)式による。

$$Q_u = \max\{Q_{fu}, Q_{bu}\} \quad (7.12)$$

ただし、 $N < 0$ かつ $M_u < {}_cM_{pc}$ のとき $Q_{fu} = 0$ とする。また Q_{fu} の算出においては摩擦係数を0.5とし、 Q_{bu} の算出においてはアンカーボルトの耐力を(7.7)、(7.8)式により求める。

記号

${}_cM_{pc}$: 軸力を考慮した柱の全塑性モーメント

3) アンカーボルト1本当たりの最大引張耐力 p_{bu} は、(7.6)式による。

$$p_{bu} = \min\{A_b F_{by}, A_{be} F_{bu}\} \quad (7.6)$$

記号

F_{by} : アンカーボルトの降伏強さ

F_{bu} : アンカーボルトの引張強さ

A_b : アンカーボルトの軸断面積

A_{be} : アンカーボルトねじ部の有効断面積

4) アンカーボルト1本当たりの最大せん断耐力 q_{bu} は、(7.7)式による。

$$q_{bu} = \min\{A_b F_{by}/\sqrt{3}, A_{be} F_{bu}/\sqrt{3}\} \quad (7.7)$$

5) 引張とせん断の組合せ応力を受けるアンカーボルト1本当たりの最大引張耐力 p'_{bu} 、および最大せん断耐力 q'_{bu} は、(7.8)式による。

$$\left(\frac{p'_{bu}}{p_{bu}}\right)^2 + \left(\frac{q'_{bu}}{q_{bu}}\right)^2 = 1 \quad (7.9)$$

Q_{fu} 、 Q_{bu} の算定式 (鋼構造接合部設計指針 p.269 より抜粋)

$N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0.5N_u \quad (C7.7)$$

$$Q_{bu} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{N_u - N}{T_u} \right)^2} \right\} \quad (C7.8)$$

$N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0.5(N + T_u) \quad (C7.9)$$

$$Q_{bu} = S_u \quad (C7.10)$$

$-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$Q_{fu} = 0 \quad (C7.11)$$

$$Q_{bu} = S_u \sqrt{1 - \left(-\frac{N}{T_u} - 1 \right)^2} \quad (C7.12)$$

記号

S_u : 引張側アンカーボルトの最大せん断耐力 (= $n_t q_{bu}$)

以上の諸式は、別稿で扱っているように筆者が追跡した結果とも一致し、力学的にも明快なもので、技術基準におけるような怪しげな但し書きは一切必要としないものです。なお軸力 N は符号込となっていますので、式の運用には注意しなければならない点があります。その練習をも兼ねて、式の連続性を確認しておくこととしましょう。以下の通り、スムーズに連続性が保持されていることがわかります。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{fu} = 0.5N_u \quad (C7.7) \\ Q_{fu} = 0.5(N + T_u) \quad (C7.9) \rightarrow N = N_u - T_u \rightarrow Q_{fu} = 0.5N_u \end{array} \right\} \text{O.K}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{bu} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{N_u - N}{T_u} \right)^2} \right\} \quad (C7.8) \rightarrow N = N_u - T_u \rightarrow Q_{bu} = S_u \\ Q_{bu} = S_u \quad (C7.10) \end{array} \right\} \text{O.K}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{fu} = 0.5(N + T_u) \quad (C7.9) \rightarrow N = -T_u \rightarrow Q_{fu} = 0 \\ Q_{fu} = 0 \quad (C7.11) \end{array} \right\} \text{O.K}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{bu} = S_u \quad (C7.10) \\ Q_{bu} = S_u \sqrt{1 - \left(-\frac{N}{T_u} - 1 \right)^2} \quad (C7.12) \rightarrow N = -T_u \rightarrow Q_{bu} = S_u \end{array} \right\} \text{O.K}$$

実際の数値計算に当たっては、軸力が引張となる場合には、負の値として代入しなければならないことにくれぐれも注意してください。

なおまた次の点も要注意です。それはアンカーボルトせん断耐力 Q_{bu} についての限界値についてであって、(C7.8)、(C7.10)、(C7.12)の3式において、大部分の領域においては(C7.10)における $Q_{bu} = S_u$ となりますが、軸力が限界高軸力になると増加し始め、 $N = N_u$ の限界値では、 $M_u = 0$ と曲げ耐力がゼロとなる代わりに、最大値 $Q_{bu} = 2S_u$ をとります。

$$M_u = N \cdot d_t \left(\frac{N_u}{N} - 1 \right) \quad (7.9) \rightarrow N = N_u \rightarrow M_u = 0$$

$$\text{Max}Q_{bu} = S_u \left\{ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{N_u - N}{T_u} \right)^2} \right\} \quad (\text{C7.8}) \rightarrow N = N_u \rightarrow Q_{bu} = 2S_u$$

ところが、軸力が引張となると、 Q_{bu} は、 S_u より小さくなり、すべてのアンカーボルトが引張耐力に達する $N = -2T_u$ において、曲げ耐力 $M_u = 0$ となるとともに、最小値 $Q_{bu} = 0$ となります。

$$M_u = (N + 2T_u)d_t \quad (\text{7.11}) \rightarrow N = -2T_u \rightarrow M_u = 0$$

$$\text{Min}Q_{bu} = S_u \sqrt{1 - \left(-\frac{N}{T_u} - 1 \right)^2} \quad (\text{C7.12}) \rightarrow N = -2T_u \rightarrow Q_{bu} = 0$$

こうしてみると、アンカーボルトのせん断耐力として $Q_{bu} = 2S_u$ をとることができる場合は、極めてまれなことであり、実質的には無視してもいいのではないかという印象を受けますが、どっこいそうではありません。図 - 1 をご覧ください。これまで述べてきたことは、(a)のようにラーメン構造として設計されることが多い強軸方向まわりの柱脚の場合に相当します。これに対して弱軸方向は、ブレース構造とされることが多いのですが、この場合は(b)図のように軸力のみを受ける柱脚としてモデル化されることとなります。また、強軸まわりであっても、(c)図のようにアンカーボルトが中立軸に配置されたとすれば、曲げによる影響を受けないこととなりますので、軸力のみによって支配される(b)図の場合と実質的に同じこととなります。+

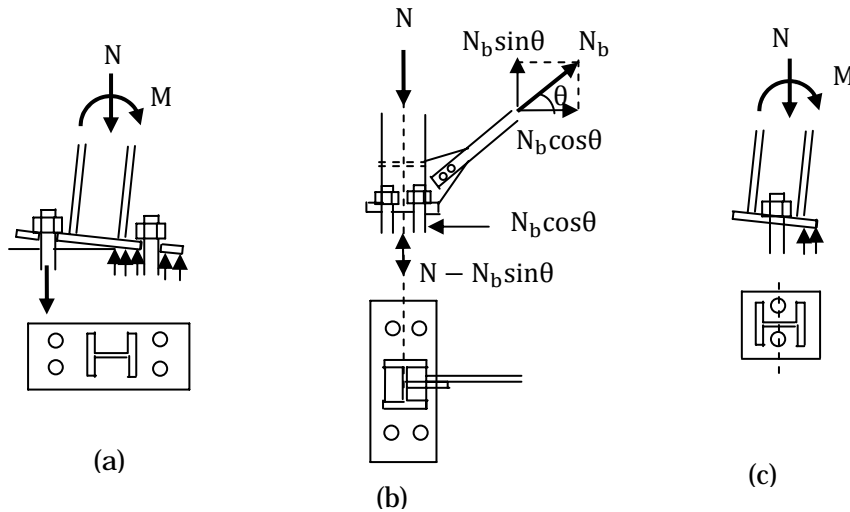


図 - 1

(b),(c)のいずれにおいてもベースプレートが浮き上がらない限り、アンカーボルトは引張力を受けることがなく、したがって、軸力ゼロ時のせん断耐力が保持されます。すなわち、(b)であれば、 $N' = N - N_b \sin \theta \geq 0$ のとき、アンカーボルトが引張、圧縮側とも同数配置されていることを前提として、 $Q_{bu} = 2S_u$ 、(c)であれば $N \geq 0$ のとき、片側半分のアンカーボルトが中央に配置されているとみなして $Q_{bu} = S_u$ としてせん断耐力が決定されます。摩擦抵抗

によるせん断耐力は、(b)では、 $Q_{fu} = 0.5N'$ 、(c)では $0.5N$ となりますから、次のように表されます。

$$(b) \rightarrow N' > 0 \quad Q_u = \max(0.5N', 2S_u)$$

$$(c) \rightarrow N > 0 \quad Q_u = \max(0.5N, S_u)$$

では、 $N' < 0$ 、 $N < 0$ となったときは、どうなるのでしょうか。このときは、アンカーボルトは引張力を受けることとなりますから、von Mises の降伏条件より定められます。すなわち、

$$(\text{作用引張力})^2 + 3 \times (\text{せん断耐力})^2 = (\text{最大引張耐力})^2$$

において、(b)の時は作用引張力は N' 、せん断耐力は Q_{bu} 、最大引張耐力は、 $2T_u$ となりますから、

$$N'^2 + 3Q_{bu}^2 = (2T_u)^2$$

より、

$$Q_{bu} = \sqrt{\frac{(2T_u)^2 - N'^2}{3}} = \sqrt{1 - \left(\frac{N'}{2T_u}\right)^2} \frac{2T_u}{\sqrt{3}} = 2S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N'}{2T_u}\right)^2}$$

(c)の場合には、 N' を N とし、最大引張耐力を T_u とすればよいだけですから

$$Q_{bu} = \sqrt{\frac{T_u^2 - N^2}{3}} = \sqrt{1 - \left(\frac{N}{T_u}\right)^2} \frac{T_u}{\sqrt{3}} = S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N}{T_u}\right)^2}$$

これらの範囲においては、明らかに $Q_{fu} = 0$ ですから、 Q_u は次のように表せます。

$$(b) \rightarrow N' < 0 \quad Q_u = 2S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N'}{2T_u}\right)^2}$$

$$(c) \rightarrow N < 0 \quad Q_u = S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N}{T_u}\right)^2}$$

ところで、以上の過程で

$$(b) \rightarrow N' > 0 \quad Q_u = \max(0.5N', 2S_u)$$

という式が登場してきました。 $S_u = T_u/\sqrt{3}$ ですから、 $2S_u = \frac{2T_u}{\sqrt{3}} = 1.1547T_u \rightarrow 1.15T_u$ とすれば、

$Q_u = \max(0.5N', 2S_u) \rightarrow Q_u = \max(0.5N', 1.15T_u)$ と書きかえることができます。するとこれは添え字が異なっていますが、冒頭の1頁に示した屋体基準の(3.8.2a)そのものにほかならないことに気付くでしょう。ブレース構面の柱脚、そしてこれに準ずる柱脚である図-1(b),(c)は、一般的なラーメン構造における柱脚 (a)の場合とは、かなり様子が異なります。軸力の取り方も N ではなく、 N' ですし、その分岐範囲も $N' > 0$ 、 $N' < 0$ の2分岐となるからです。おそらく屋体基準はこのことを意識し、項目を別にするつもりで、(3.8.2a)を立てたのかもしれませんが、結果的には大混線をもたらしたうえ、 $N' < 0$ になる場合につ

いては「引き抜き力が大きくなると適用範囲をはずれることに留意する」として逃げてしまうお粗末さ、おまけに誤った式を堂々と採用しているなど、はちゃめちゃです。そこで次の方針のもとに整理したものを提案しておくこととします。

1. 終局耐力であるのに添え字 y を用いているものについては、 u に改める。ただし、降伏強さ、降伏強度であることを指定されている場合は、 y に従う。
2. 記号体系は、鋼構造接合部設計指針に従う。
3. $T_u = T_y$ は屋体基準に従う。($= 0.75n_t A_b F_y$)

露出型柱脚の最大耐力

1) 最大曲げ耐力

露出柱脚の最大曲げ耐力 M_u は、柱軸力（圧縮を正とする）の値に応じて、それぞれ次式による。

$N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$M_u = N \cdot d_t \left(\frac{N_u}{N} - 1 \right)$$

$N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$M_u = T_u d_t + \frac{(N+T_u)D}{2} \left(1 - \frac{N+T_u}{N_u} \right)$$

$-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$M_u = (N + 2T_u) d_t$$

記号

N : 柱軸力

N_u : 基礎コンクリートの最大圧縮耐力

$$N_u = B \cdot D \cdot F_b$$

B : 構面直交方向のベースプレートの幅

D : 構面方向のベースプレートの幅

F_b : 基礎コンクリートの支圧強度

$$F_b = 0.85F_c$$

F_c : 基礎コンクリートの設計基準強度

T_u : 引張側アンカーボルトの最大引張耐力

$$T_u = 0.75n_t A_b F_y$$

A_b : アンカーボルトの軸断面積

n_t : 引張側アンカーボルトの本数

d_t : 柱断面図心より引張側アンカーボルト断面群図心までの距離

2) 最大せん断耐力

最大せん断耐力 Q_u は、摩擦により抵抗するせん断耐力 Q_{fu} とアンカーボルトのせん断耐力 Q_{bu} のいずれか大きいほうの値とし、次式による。

2.1 曲げを負担する柱脚（ラーメン構面の柱脚 付図 1 参照）

$N_u \geq N > N_u - T_u$ のとき

$$Q_u = \max \left\{ 0.5N_u, S_u \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{N_u - N}{T_u} \right)^2} \right) \right\}$$

$N_u - T_u \geq N > -T_u$ のとき

$$Q_u = \max \{ 0.5(N + T_u), S_u \}$$

$-T_u \geq N > -2T_u$ のとき

$$Q_u = \max \left\{ 0, S_u \sqrt{1 - \left(-\frac{N}{T_u} - 1 \right)^2} \right\}$$

記号

S_u : 引張側アンカーボルトの最大せん断耐力 ($=T_u/\sqrt{3}$)

2.2 軸力のみを負担する柱脚（ブレース構面の柱脚 付図 2 参照）

$N' > 0$ のとき

$$Q_u = \max (0.5N', 2S_u)$$

$N' < 0$ のとき

$$Q_u = 2S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N'}{2T_u} \right)^2}$$

記号

N' : ベースプレートと基礎コンクリート間における軸力（圧縮を正）

$N' = N - N_b \sin \theta$ N_b : ブレース軸力 θ : ブレース傾斜角

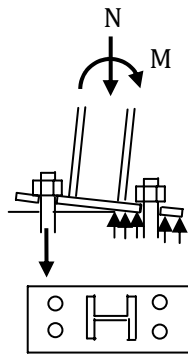
2.3 ピン支点とみなせる柱脚（付図 3 参照）

$N > 0$ のとき

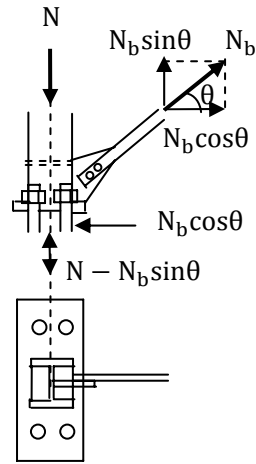
$$Q_u = \max (0.5N, S_u)$$

$N < 0$ のとき

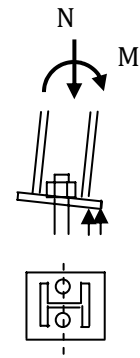
$$Q_u = S_u \sqrt{1 - \left(\frac{N}{T_u} \right)^2}$$



付图 1



付图 2



付图 3