

**2015年 技術基準解説書で追加になった柱型の設計、
基礎コンクリートの破壊防止。
『プログラムの対応』**

参考文献及び引用先

2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書 *1 (スライド`2~9,11)

2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書 *2 (スライド`2,4)

Super Build/SS7計算編解説書 *3 (スライド`11を除く,10~17)

Super Build/SS3計算編解説書 *4

ユニオンシステム株式会社

テクニカルセンター

品川 亙

2017/05/24

6.3 鉄骨造の耐震計算の方法

6.3.1 耐震計算の考え方①

- 鉄骨造建築物は、部材の座屈や部材間の接合部の破壊など、この架構が本来保有している塑性変形能力の発揮を阻害するような現象が生じなければ、鋼素材の持つ非常に大きな伸び能力などの優れた特性により、他の構造種別より靱性に富む構造となると考えられてきた。
- しかし、最近の地震被害には(経験によれば*2)、部材の座屈や筋かい端部・接合部での破断のほか、はり及び柱の仕口部における亀裂や破断、柱脚部(特に、露出柱脚)の顕著な損傷などが見られる。

6.3 鉄骨造の耐震計算の方法

6.3.1 耐震計算の考え方②

- このことは、単に耐震計算の問題だけでなく、接合部等の詳細設計や使用する鋼材の品質、溶接施工などにおける品質確保の重要性を改めて示すものである。
- 鉄骨造の建築物の二次設計は、図6.3-1に示すルートのうちいずれかによる。なお、ルート1で建築物の耐震安全性が確認可能な場合でも、ルート2あるいはルート3により安全性の確認を行ってもよいし、ルート2で建築物の耐震安全性が確認可能な場合でも、ルート3による安全性の確認を行ってもよい。

6.3.4 鉄骨造のルート3の計算

(2) 鉄骨造の構造特性係数 D_s の算出

〔鉄骨造の D_s 設定の考え方と留意点〕

④保有水平耐力の検討における露出柱脚の扱い

- 建築物の崩壊メカニズム時（保有水平耐力時*2）に、露出柱脚が塑性化する場合、安定した塑性変形能力を確保するためにはアンカーボルトに伸び能力が必要となる。
- 伸び能力がないアンカーボルトを使用する場合には、柱脚が保有耐力接合の条件を満足するように設計することが基本である（望ましい*2）。
- 具体的には、付図1.2-25の設計フロー参照のこと。

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方 I

- 高層の鉄骨構造等，柱脚が下部の鉄骨鉄筋コンクリート構造に接合される場合は耐震性に影響を与える問題は生じにくい。これに対し，比較的low層である場合は下部が鉄筋コンクリート構造であることが多く，柱脚部が異種構造の接点となるため設計上の種々の問題はもとより施工上の問題も生じやすい。
- 平成7年の兵庫県南部地震においては，施工不良が原因と思われる柱脚被害も観察されているが，一方で，設計方法にも被害を大きくした原因があると考えられる。ここでは，兵庫県南部地震で見られたような柱脚被害を，できるだけ少なくするための設計方法と設計上の留意点について記す。

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅱ

(1) 柱脚の形式と分類

『露出型』(アンカーボルトとベースプレートにより鉄筋コンクリート構造に接合されるもの)

『根巻型』(下部構造から立ち上げられた鉄筋コンクリート柱に鉄骨柱が包み込まれるもの)

『埋込型』(鉄骨柱が下部の鉄筋コンクリート構造に埋め込まれたもの)

これらの柱脚のうち兵庫県南部地震では、
露出型柱脚に特に被害が多く見られた。

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅲ

兵庫県南部地震における柱脚の被害

- 被害のほとんどがアンカーボルトの損傷であり、それらはアンカーボルトの破断、基礎コンクリートからの抜け出し、伸び等であったことが報告されている。
- ここでは被害が最も多かった露出型柱脚について、設計上の問題点を挙げ、このような被害を少なくするための設計方法を示す。

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅳ

(2) 露出型柱脚

① 設計上の問題点

- 露出型柱脚では、比較的固定度が小さいとみなせる形状のものについては、**柱脚をピン**として骨組の構造計算を行ってきた。しかし、完全なピン柱脚はあり得ないことから、このように設計した柱脚は、柱脚に発生する曲げモーメントを無視したものであり、上部構造に対しては安全側であるが、柱脚部に対しては**危険側の設計**を行っていることになる。

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方 V

(2) 露出型柱脚

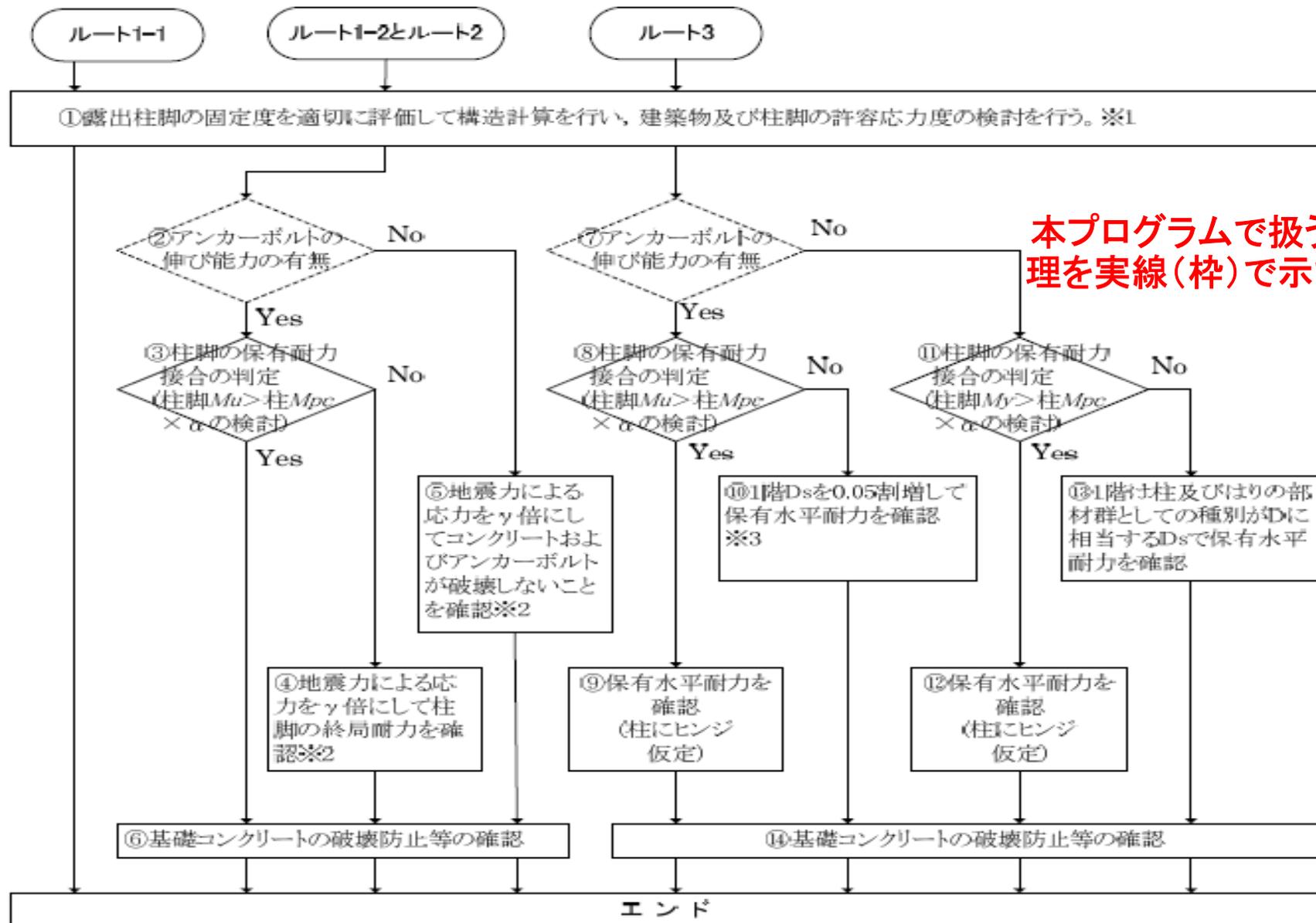
② 露出型柱脚を使った建築物の耐震設計法

- 被害を軽減するためには、以下の2点を考慮する必要がある。

『柱脚に発生する曲げモーメントを適切に評価した設計』

『崩壊メカニズム時における柱脚の安定した塑性変形能力の確保』

- これらの2点を考慮した露出型柱脚の設計フローを、計算ルートごとに次のスライドに示す。



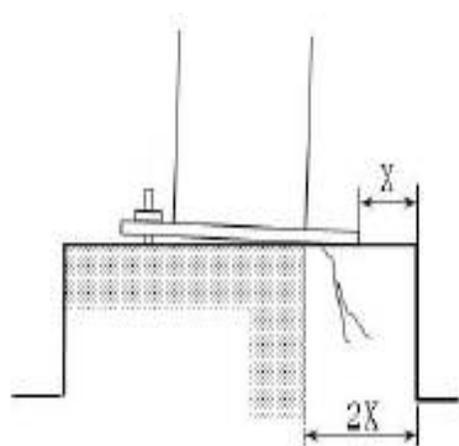
本プログラムで扱う処理を実線(枠)で示す。

- ※ 1. ただし、ルート1-1の建築物でピンに近い形状の柱脚が使われる場合は、別途定める簡便な方法で検討
- ※ 2. ルート1-2では γ を1.67とする。
- ※ 3. 柱及びはりの部材群としての種別がDの場合は割り増ししない。

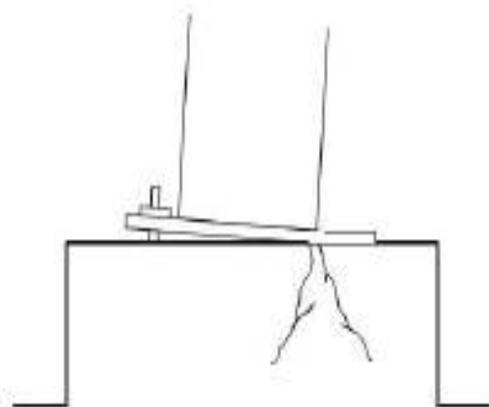
付録1-2.6 柱脚の設計の考え方VI

フローの⑥ ⑭

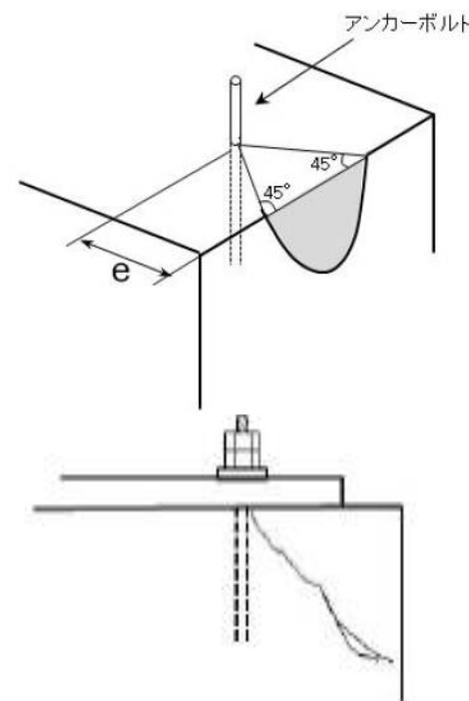
- 基礎コンクリートの破壊防止等の確認として、『コンクリートの破壊防止』『せん断破壊防止』『ベースプレートの破断防止』を検定する。



(a) 縁辺の剥落



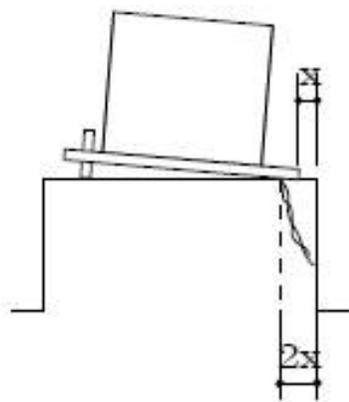
(b) 立ち上げ部の割裂



(c) 端部のせん断力による剥落

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅶ コンクリートの破壊防止

(a) 立ち上げ部縁辺のコンクリート剥落防止(縁辺の剥落)



$$c_1 < Fc \quad (c_1 \geq 0)$$

$$c_1 = \frac{c_y}{2 \cdot Bc \cdot X}$$

$$c_y = n_t \cdot a_t \cdot b\sigma_y + N \quad X = \frac{Dc - D}{2}$$

n_t : 引張側アンカーボルト本数

a_t : アンカーボルト1本の軸部断面積

$b\sigma_y$: アンカーボルト降伏強度(F値)

N : 作用軸力(解析終了時の柱軸力で圧縮を正)

B : ベースプレート幅

D : ベースプレートせい

Bc : 基礎柱幅

Dc : 基礎柱せい

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅷ コンクリートの破壊防止



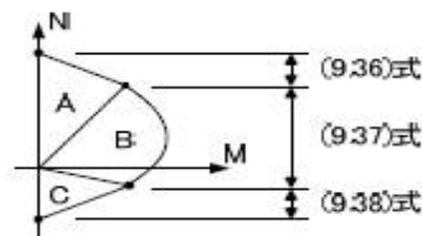
$c_2 < F_c/3$ ($c_2 \geq 0$) (b) 立ち上げ部コンクリートの割裂防止
 $c_2 = \frac{c_y}{B \cdot D}$
 (立ち上げ部の割裂)

アンカーブロック上面の圧壊防止



$c_3 < 5 \cdot F_c$
 解析終了時のM-Nが右下図のB, Cゾーンの時
 $c_3 = a_r \cdot b \sigma_y / A_a$
 Aゾーンの時
 $c_3 = 0$
 $A_a = D_p^2 - a_r$

**アンカーブロック上面
のコンクリートの圧壊
防止の検討**



D_p : 定着金物寸法(正方形と仮定した一辺の長さ)

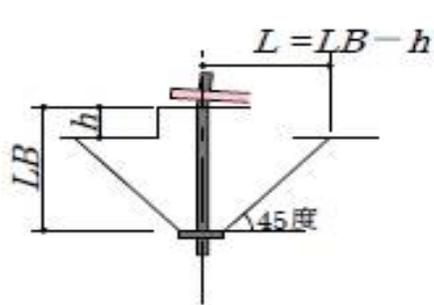


【注意】アンカーブロック上面のコンクリートの圧壊防止の検討は、基準解説書には記載されていません。

- ・秋山宏, 鉄骨柱脚の耐震設計, 1985年3月, 技報堂出版
- ・秋山宏, 鉄骨講座'88柱脚を考える, 柱脚の耐震設計, 建築技術No.448, 1988年12月号を参考にしています。

コンクリートの破壊防止

アンカーボルトの定着



$$T_u < T_p$$

$$T_u = n_t \cdot a_t \cdot b \sigma_y$$

$$T_p = 0.31 \cdot \phi_1 \sqrt{F_c} \cdot A_{ch}$$

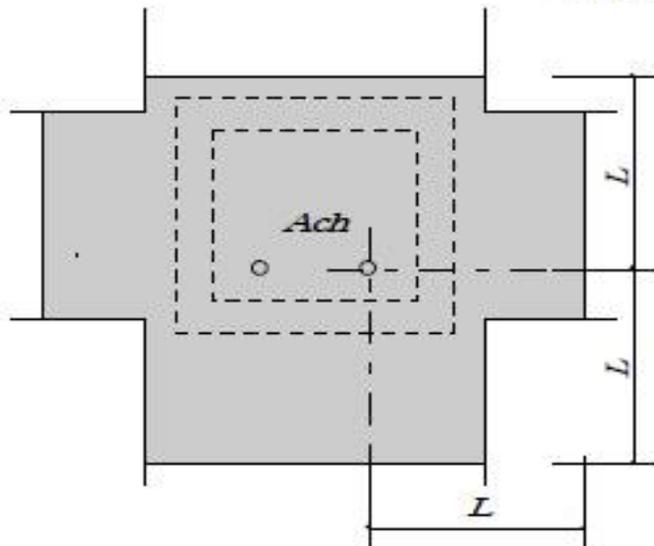
T_u : 引張側アンカーボルトの軸部の引張降伏耐力

T_p : コーン状破壊によって決まる引張側アンカーボルトの許容引張力

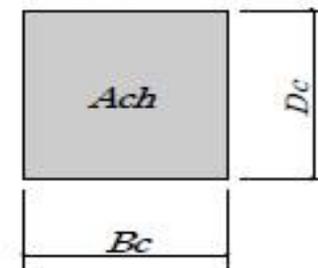
ϕ_1 : 低減係数 = 0.6 (短期荷重時)

A_{ch} : コーン状破壊面の有効水平投影面積

自動計算のときは以下のように簡易的に計算します。



柱に基礎梁が取り付けの場合

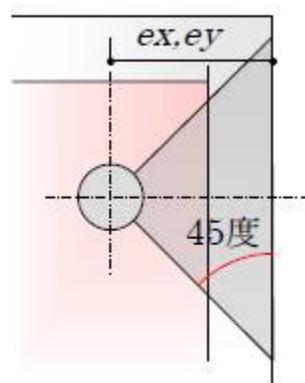
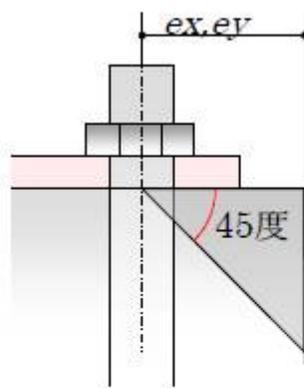


基礎梁が無い場合

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅹ コンクリートの破壊防止

(c) 立ち上げ部側面のせん断力によるコンクリートの剥落防止(端部のせん断による剥落)

ボルト1本



$$e_1 < ex, ey$$

$$e_1 = 0.54 \cdot \sqrt{\frac{b\sigma_y}{c\sigma_t}} \cdot d$$

ex, ey : X方向, Y方向におけるアンカーボルト心から基礎梁外縁までの距離

$b\sigma_y$: アンカーボルト降伏強度 (F値)

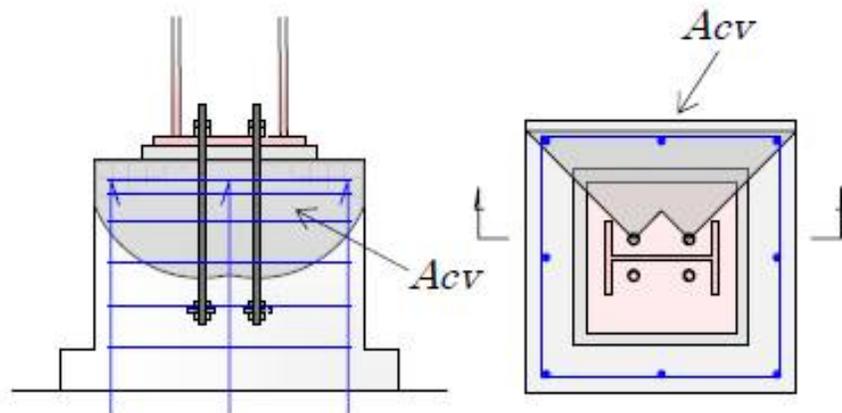
$c\sigma_t$: コンクリート許容引張強度 $= 0.31\sqrt{F_c}$ [N/mm²]

d : アンカーボルト径

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅹ コンクリートの破壊防止

(c) 立ち上げ部側面のせん断力によるコンクリートの剥落防止(端部のせん断による剥落)

ホルト列状



$$Q_C > Q_D$$

$$Q_C = 0.31 \cdot \phi_1 \sqrt{F_C} \cdot A_{cv}$$

Q_C : せん断力による基礎コンクリートのコーン状破壊耐力

ϕ_1 : 低減係数で0.6

A_{cv} : コーン状破壊の有効投影面積

Q_D : 柱脚に作用するせん断力

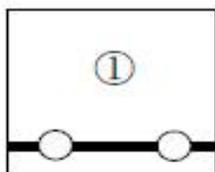
一次設計の地震力によって生じる応力を γ 倍した値

付録1-2.6 柱脚の設計の考え方Ⅸ コンクリートの破壊防止

ベースプレート破断防止 (ベースプレートの破断の算定)

①端部

$$\alpha \cdot Q < P_{u1}$$



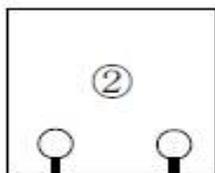
$$P_{u1} = A_e \cdot \sigma_u$$

$$P_{u2} = n_t \cdot e \cdot t_b \cdot \sigma_u$$

$$p\tau_u = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

②はしあき

$$\alpha \cdot Q < P_{u2}$$



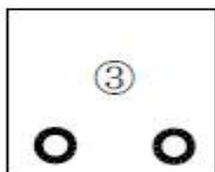
$$A_e = |(B - n_t \cdot d_c)| \cdot t_b$$

$$e = d_t - d_c / 2$$

$$\tau = \frac{1.5Q_y}{Al}$$

③ボルト孔周辺

$$\alpha \cdot \tau < p\tau_u$$



$$Q_y = a_e \cdot b \sigma_y$$

$$Al = \pi \cdot d_c \cdot t_b$$

σ_u : ベースプレートの引張強度

t_b : ベースプレート厚

d_c : アンカーボルト孔径



【注意】ベースプレート破断防止の検討は、基準解説書には記載されていません。
徳島市建築指導(「123-ST・S(98-9)」)を参考にしています。