

14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定

[下線部は改定箇所を示す。~~二重取消線~~は削除した部分を示す]

【本文案】

1. 柱の設計用曲げモーメントは、以下の方法で計算する。
 - (1) 使用性検討用の長期設計用曲げモーメントは、その部材に長期荷重が作用した場合の最大曲げモーメントとする。
 - (2) 修復性検討用の短期設計用曲げモーメントは、その部材に長期荷重と水平荷重が同時に作用した場合の最大曲げモーメントとする。
2. 軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける柱においては、12 条の基本仮定に基づいて断面内の応力度を算定し、ある許容軸方向力 N を受ける状態で圧縮縁がコンクリートの許容圧縮応力度 f_c に到達したとき、圧縮側鉄筋が鉄筋の許容圧縮応力度 f_c に到達したとき、引張鉄筋が鉄筋の許容引張応力度 f_t に到達したときに対して求めたそれぞれの曲げモーメントのうち、最小の値をもって許容曲げモーメント M とする。
3. 地震時に曲げモーメントが特に増大するおそれのある柱では、短期軸方向力を柱のコンクリート全断面積で除した値は $(1/3)F_c$ 以下とすることが望ましい。
4. 前各項の算定のほか、柱は次の限度に従うこと。
 - (1) 材の最小径とその主要支点間距離の比は、普通コンクリートを使用する場合は 1/15 以上、軽量コンクリートを使用する場合は 1/10 以上とする。ただし、柱の有効細長比を考慮した構造計算によって、構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、このかぎりではない。
 - (2) コンクリート全断面積に対する主筋全断面積の割合は、0.8% 以上とする。ただし、コンクリートの断面積を必要以上に増大した場合には、この値を適当に減少させることができる。
 - (3) 主筋は異形鉄筋を用いて、~~異形鉄筋 D13 以上、~~ D13 以上、かつ、4 本以上とする。 ~~主筋は帯筋により相互に連結する。~~
 - (4) 主筋のあきは、25 mm 以上、かつ、異形鉄筋の径（呼び名の数値 mm）の 1.5 倍以上とする。

【解説案】

1. 柱の設計用曲げモーメントと限界状態における性能評価の考え方

柱の長期荷重に対する使用性の検討では、長期許容曲げモーメントが長期設計用曲げモーメント以上であることを確認する。また、柱の短期荷重に対する修復性の検討では、短期許容曲げモーメントが短期設計用曲げモーメント以上であることを確認するとともに、軸方向力の上限を超えないように確認する。なお、安全性の検討を省いたこと、厳密には安全性に関する検討を別途行ったほうが好ましいことは、梁の場合と同じである。

2. 柱の断面計算式

柱は軸方向力と曲げモーメントを同時に受けるので、許容軸方向力 N と許容曲げモーメント M は連成して、解図 14.3, 解図 14.4 に示すような $M-N$ 曲線として得られる。よって、この曲線を求めるには、軸方向力（縦軸の値）を先に定めて許容曲げモーメント（横軸の値）を求める方法や、偏心軸方向力を受ける問題に置き換えて、偏心距離（原点を通る直線の勾配）を先に定めて柱の許容軸方向力を求め、許容曲げモーメントは $M = Ne$ として求める方法などが考えられる。

従来は、後者の方法に基づく算定式を規準本文に示し、実用的なコンクリート強度と鉄筋強度の様々な組合せに対して図表を付録として用意していた。しかし、12 条の基本仮定に準拠していればどのような手順で算定しても同じ結果が得られること、また、コンピューターを用いれば数値解析的に容易に求めることができ、実用上はむしろそのほうが便利であること、さらに、~~今回の改定により~~コンクリートと鉄筋の強度の種類が多くなったことから、図表を用意しておくことは実用的ではないと判断し、本文には基本条件のみ示して算定式は除くこととした。ここでは、考え方の理解を助けるために、従来本文で規定されていた、偏心距離 e を定めて求める算定式の誘導を以下に示しておく。

ここで、まず以下の記号を定義しておく。

S_n : 中立軸に関する有効等価断面の 1 次モーメント

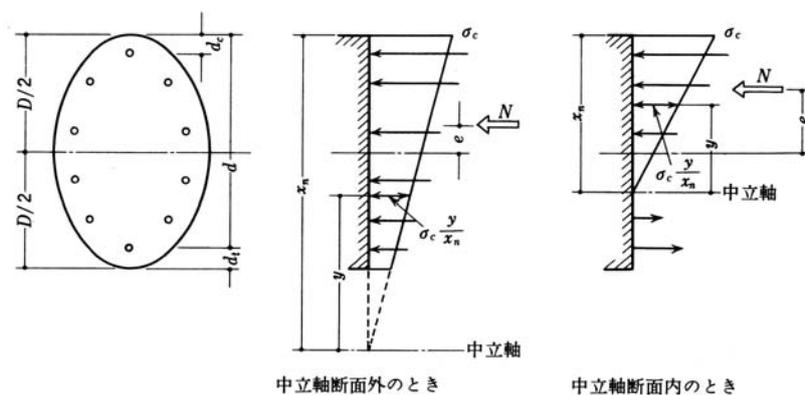
I_n : 中立軸に関する有効等価断面の 2 次モーメント

A_e : 等価断面積

g : 等価断面の重心と断面の最大圧縮応力度を受ける縁との距離 [解図 14.2 参照]

ただし、等価断面とは鉄筋断面積を 12 条で定められたヤング係数比倍して算定した断面をいい、有効等価断面とは引張側のコンクリート断面を無視した等価断面をいう。

断面の応力度分布は 12 条 (2) の仮定によって、解図 14.1 のようになる。



解図 14.1 柱断面の応力度分布

圧縮縁コンクリートの応力度を σ_c 、中立軸から距離 y にあるコンクリートの微小断面積および鉄筋の断面積をそれぞれ dA 、 a とすると、軸方向力のつり合いから

$$N = \int \left(\sigma_c \frac{y}{x_n} \right) dA + \sum \left(n \sigma_c \frac{y}{x_n} \right) a \quad \text{解(14.1)}$$

中立軸に関するモーメントのつり合いから

$$N \left(x_n - \frac{D}{2} + e \right) = \int \left(\sigma_c \frac{y^2}{x_n} \right) dA + \sum \left(n \sigma_c \frac{y^2}{x_n} \right) a \quad \text{解(14.2)}$$

となる。ここに、積分はコンクリートの圧縮側断面積について、 \sum は全鉄筋について行う。柱材に作用する軸方向力の偏心距離 e は、コンクリート断面のせいの中央より算定する。ヤング係数比 n は、圧縮鉄筋においてはコンクリート断面との重複をさけて $(n-1)$ とするのが正しい。しかし、コンクリート強度があまり高くなくヤング係数比が比較的大きい場合には、実用上 n としてもよい。

ここで、中立軸に関する有効等価断面の 1 次モーメント S_n および中立軸に関する有効等価断面の 2 次モーメント I_n を以下のように求め、

$$\left. \begin{aligned} S_n &= \int y dA + \sum n y a \\ I_n &= \int y^2 dA + \sum n y^2 a \end{aligned} \right\} \quad \text{解(14.3)}$$

これを、解(14.1)、解(14.2)式に代入すると解(14.1')、解(14.2')式を得る。

$$N = \frac{\sigma_c}{x_n} S_n \quad \text{解(14.1')}$$

$$N \left(x_n - \frac{D}{2} + e \right) = \frac{\sigma_c}{x_n} I_n \quad \text{解(14.2')}$$

これから N 、 $\frac{\sigma_c}{x_n}$ を消去すると

$$x_n - \frac{D}{2} + e = \frac{I_n}{S_n} \quad \text{解(14.4)}$$

を得る。これが中立軸を求める式である。

長方形断面の場合についてこれらを求めると以下のようなになる。

i) 中立軸が断面内にある場合

偏心距離 $e = \frac{M}{N}$ が大きく、中立軸が断面内にある場合には、解(14.4)式より x_n は 3 次

方程式の解として求まる。

ここで、

$$\left. \begin{aligned} S_n &= \left\{ \frac{x_{n1}^2}{2} + (n-1)p_c(x_{n1} - d_{c1}) - np_t(1 - d_{t1} - x_{n1}) \right\} bD^2 \\ I_n &= \left\{ \frac{x_{n1}^3}{3} + (n-1)p_c(x_{n1} - d_{c1})^2 + np_t(1 - d_{t1} - x_{n1})^2 \right\} bD^3 \end{aligned} \right\} \text{解(14.5)}$$

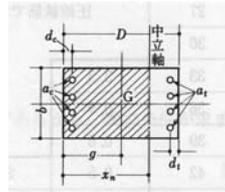
記号 $d_{c1} = \frac{d_c}{D}$

$$d_{t1} = \frac{d_t}{D}$$

$$x_{n1} = \frac{x_n}{D}$$

$$p_t = \frac{a_t}{bD}$$

$$p_c = \frac{a_c}{bD}$$



解図 14.2 柱の断面

次に、許容軸方向力は

コンクリートで決まる場合 $\sigma_c = f_c$

圧縮鉄筋で決まる場合 $n\sigma_c = \frac{x_n}{x_n - d_c} r f_c$ 解(14.6)

引張鉄筋で決まる場合 $n\sigma_c = \frac{x_n}{D - d_t - x_n} f_t$

の関係解(14.1')式に代入して以下のように求められる。

コンクリートで決まる場合 $N_1 = \frac{S_n}{x_n} f_c$

圧縮鉄筋で決まる場合 $N_2 = \frac{S_n}{n(x_n - d_c)} r f_c$ 解(14.7)

引張鉄筋で決まる場合 $N_3 = \frac{S_n}{n(D - d_t - x_n)} f_t$

偏心軸方向力を受ける柱の許容軸方向力 N は、 N_1 、 N_2 、 N_3 のうち最小の値によって定めることになるが、通常の鉄筋コンクリート断面では

$$(ヤング係数比 n) \times f_c < \text{鉄筋の許容圧縮応力度} (r f_c)$$

であるから、圧縮側に入る鉄筋の検討は必要でない場合が多い。しかし、高強度のコンクリ

ートを使用する場合には偏心の小さい範囲では圧縮鉄筋が許容応力度に達することがある。

解表 14.1 は N_2 で許容軸方向力が決まる可能性のある範囲を示したもので、太線で囲まれた部分で、かつ、中立軸距離比 x_{n1} が表に記入された値以上の範囲がこれにあたる。

解表 14.1 圧縮鉄筋で許容軸方向力が決まる中立軸距離比 の範囲

F_c (N/mm ²)	(d _{c1} =0.1 の場合)					
	f_c (長期) (N/mm ²)			f_c (短期) (N/mm ²)		
	160	200	220	235	295	390
27	圧縮鉄筋では決まらない			0.8	圧縮鉄筋では決まらない	
30				0.5	6.0	
33	3.3				0.5	0.9
36	0.9				0.5	0.6
39	0.6				0.5	0.5
42	0.5	2.1			0.5	0.5
45	0.5	0.9	4.4	0.5	0.5	0.7
48	0.5	0.6	1.2	0.5	0.5	0.5
51	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5
54	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
57	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
60	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

ii) 中立軸が断面外にある場合

偏心距離 $e = \frac{M}{N}$ が小さく、中立軸が断面外にある場合にはコンクリート全断面が有効であり、解(14.3)式に示した S_n, I_n は解(14.8)式のように置き換えられる。

$$\left. \begin{aligned} S_n &= A_e (x_n - g) \\ I_n &= I_g + A_e (x_n - g)^2 \end{aligned} \right\} \text{解(14.8)}$$

ここで、

$$A_e = \{1 + (n-1)(p_c + p_t)\} bD$$

$$g = \frac{\frac{1}{2} + (n-1)p_c d_{c1} + (n-1)p_t(1-d_{t1})}{1 + (n-1)(p_c + p_t)} D \quad \text{解(14.9)}$$

$$I_g = \left\{ \left(\frac{1}{3} - g_1 + g_1^2 \right) + (n-1)p_c (g_1 - d_{c1})^2 + (n-1)p_t (1 - g_1 - d_{t1})^2 \right\} bD^3$$

記号 $g_1 = \frac{g}{D}$

これを用いると、解(14.4)式は x_n に関する 1 次方程式となり、次式のように簡単に求まる。

$$x_n = \frac{I_g}{A_e \left(g + e - \frac{D}{2} \right)} + g \quad \text{解(14.10)}$$

これを解(14.7)式に代入して、許容軸方向力を求めると次式が得られる。

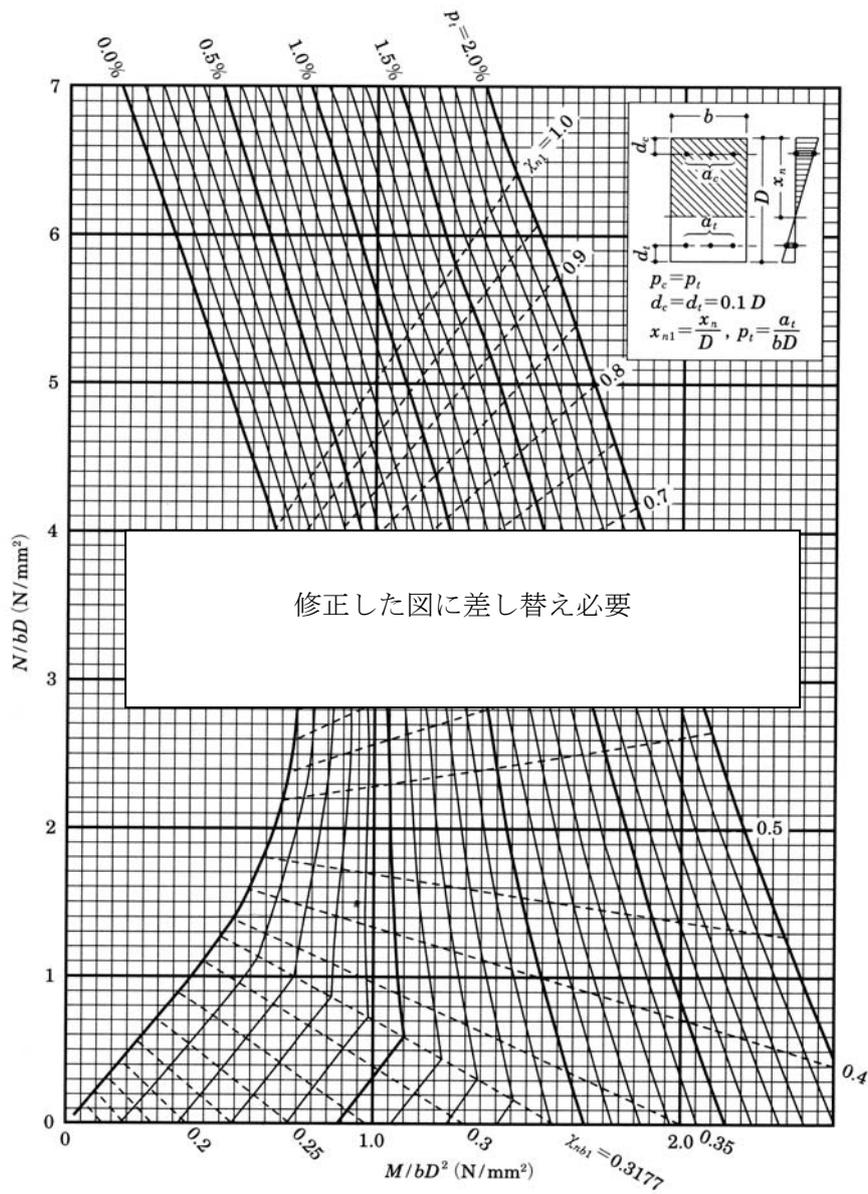
$$N_1 = \frac{f_c}{\frac{1}{A_e} + \frac{g + e - \frac{D}{2}}{I_g}} g \quad \text{解(14.11)}$$

$$N_2 = \frac{r f_c}{n \left\{ \frac{1}{A_e} + \frac{g + e - \frac{D}{2}}{I_g} (g - d_c) \right\}}$$

なお、これらの式は中立軸が断面外、すなわち $x_n \geq D$ であるから、次の条件が求まる。

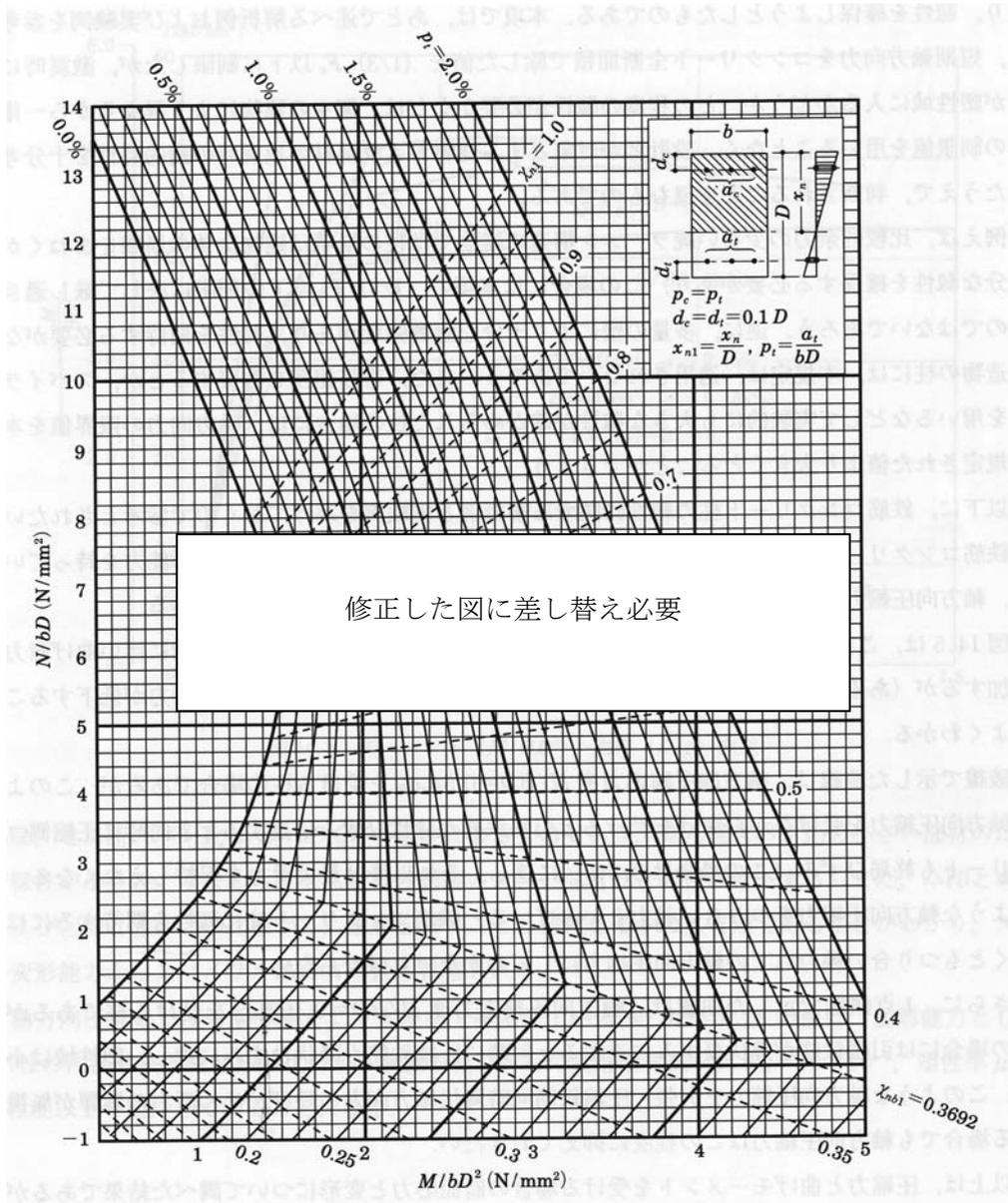
$$e \leq \frac{I_g}{A_e (D - g)} + \frac{D}{2} - g \quad \text{解(14.12)}$$

一例として $F_c = 24 \text{ N/mm}^2$, SD 345 の場合の長期と短期について柱の許容曲げモーメント-軸方向力関係を解図 14.3, 解図 14.4 に示す。これらの図においては、 $d_c = d_t = 0.1D$ と仮定しており、 $d_c = d_t < 0.1D$ の場合には安全側なので適用してもかまわないが、 $d_c = d_t > 0.1D$ の場合には、実際の値を用いて実状に合わせて算定しなければならない。



解図 14.3 柱の長期許容曲げモーメント-軸方向力関係

$$(F_c = 24N/mm^2, n = 15)$$



解図 14.4 柱の短期許容曲げモーメント-軸方向力関係

$$(F_c = 24N/mm^2, n = 15)$$

3. 中・低層鉄筋コンクリート建物は、激震時には設計用地震力をかなり上回る水平力を受ける。このような地震時に骨組に生じる応力は、骨組の弾・塑性域における復元力特性・減衰特性および地盤の特性などに大きく影響され、これを一律に定めることは不可能であるが、激震時に柱に生じる曲げモーメント・せん断力および軸方向力が、程度の差はあるにしても、設計用地震力による算定値を上回ることを覚悟しなければならない。このように算定値を上回る可能性がある実際の水平力に対処するためには、塑性域における部材の靱性を確保しておく必要がある。

本項は、柱の靱性を左右する要素のうちで、最も大きな影響力を持つ軸方向力を制限することにより、靱性を確保しようとしたものである。本項では、あとで述べる解析例および実験例を参

考にし、短期軸方向力をコンクリート全断面積で除した値を $(1/3) F_c$ 以下に制限したが、激震時に部材が塑性域に入るかどうか、どの程度の靱性が必要かなどは、個々の建物により異なるから一律にこの制限値を用いることなく、設計者が対象とする建物および部材の地震時の動的特性を十分考慮したうえで、判断されることを望むものである。

例えば、比較的余力の少ない純ラーメン構造の建物では柱の崩壊は建物全体の崩壊をまねくから十分な靱性を確保する必要がある、この場合には本項の $(1/3) F_c$ 以下の制限は決して厳し過ぎるものではないであろう。逆に、多量の壁により十分な耐震強度があり、靱性を期待する必要がない構造物の柱には、本規定は、適用されないであろう。また、帯筋相互を溶接するとか、スパイラル筋を用いるなどして実験的にも大きな靱性が確かめられた柱の場合には、軸方向力の限界値を本項に規定された値より大きくとることができよう。

以下に、鉄筋コンクリート柱の靱性に関する解析例と実験例を挙げておくので参考とされたい。

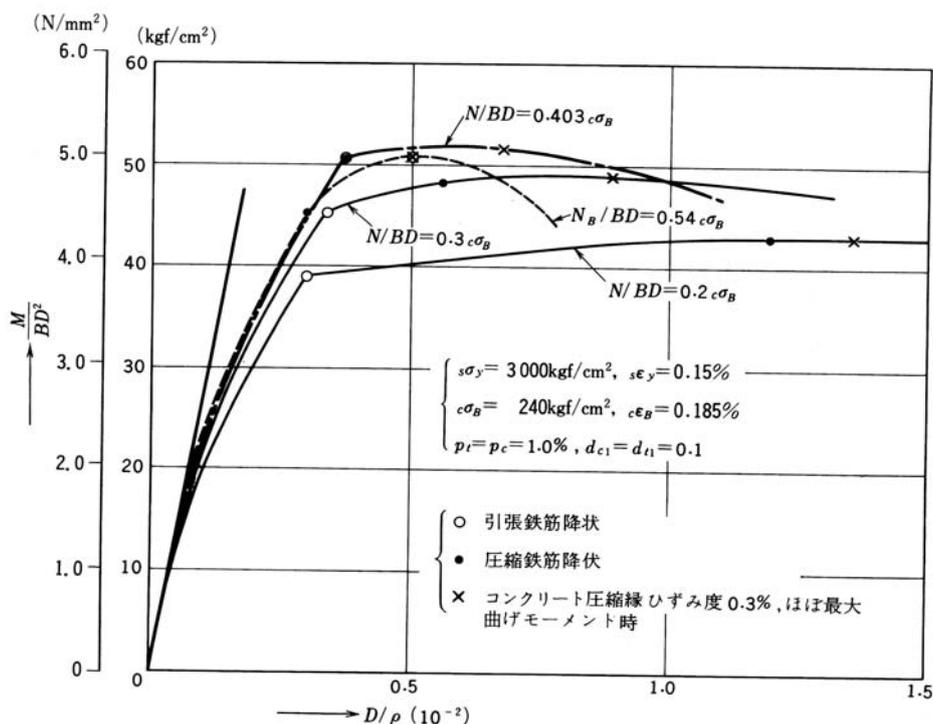
鉄筋コンクリート柱は、負担している軸方向圧縮力が小さいときは十分な変形能力を持っているが、軸方向圧縮力が大きくなると変形能力が小さくなり、ぜい性破壊の危険がある。

解図 14.5 は、このような性状の一例を示したものである 1)。軸方向圧縮力の増加に伴い曲げ耐力は増加するが（ある程度以上に軸方向圧縮力が増すと曲げ耐力も減少する）変形能力が低下することがよくわかる。

破線で示した曲線は、軸方向圧縮応力度 $N/BD = 0.54 \sigma_B$ を受ける柱の場合であるが、このような軸方向圧縮力を受けながら曲げを受けると引張鉄筋が降伏ひずみに達するとき同時に圧縮側コンクリートも終局ひずみ（この場合は 0.3%）に達し、それ以後は最大耐力を保持しえなくなる。このような軸方向圧縮力をつり合い軸力といっている。鉄筋コンクリート柱に靱性を期待するには少なくともつり合い軸力以下の軸方向圧縮力にしておかなければならない。

さらに、1 点鎖線で示した曲線は、軸方向圧縮応力度 $N/BD = 0.403 \sigma_B$ を受ける柱であるが、この場合には引張鉄筋が降伏ひずみに達すると同時に圧縮鉄筋も降伏ひずみに達し、塑性域は小さい。このような軸方向圧縮力を引張・圧縮鉄筋同時降伏軸方向力と呼び、せん断力の影響が無視できる場合でも軸方向圧縮力はこの程度に抑えておきたい。

以上は、圧縮力と曲げモーメントを受ける場合の断面応力と変形について調べた結果であるが、実際の柱ではさらにせん断力も同時に作用している。軸方向圧縮力・曲げモーメントおよびせん断力を同時に受ける鉄筋コンクリート柱の実験結果から、変形限界と軸方向圧縮力との関係調べたものが解図 14.6²⁾、塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_y$ (δ_u 変形限界, δ_y 降伏時変形) と軸方向圧縮力との関係を調べたものが解図 14.7²⁾である。いずれも塑性域に及ぶ正負繰返し加力試験の結果である。図から、軸方向圧縮力の増加に伴い変形限界も塑性率もかなり小さくなっている。図中で●印と○印との差異は、せん断スパン比 $a/d = M/Qd$ の違いによるものであり、せん断スパン比の小さい部材のほうが靱性が小さい。すなわち、せん断力の影響の大きい部材ほど靱性は低下する。また、△印と▲印および○印と◎印との比較から、帯筋を増すことは靱性を増すのに有効であることがわかり、×印の変形能力からスパイラル筋の有効性も推察される。



D : 柱せい

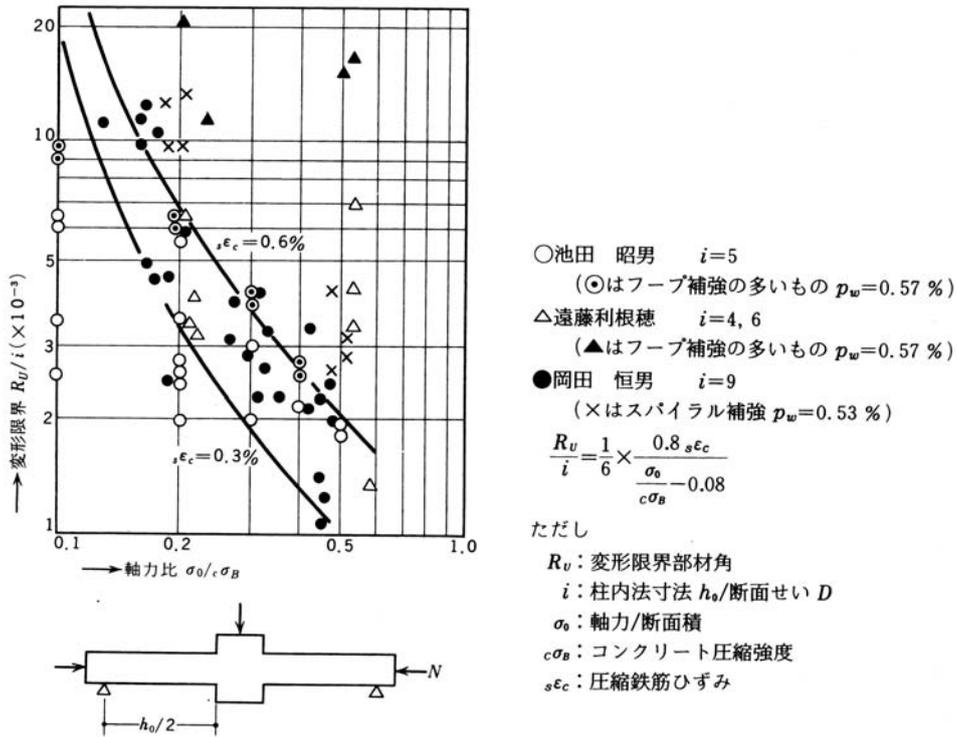
1/ρ : 曲率

解図 14.5 モーメント (M/BD²)-(D/ρ) 曲線

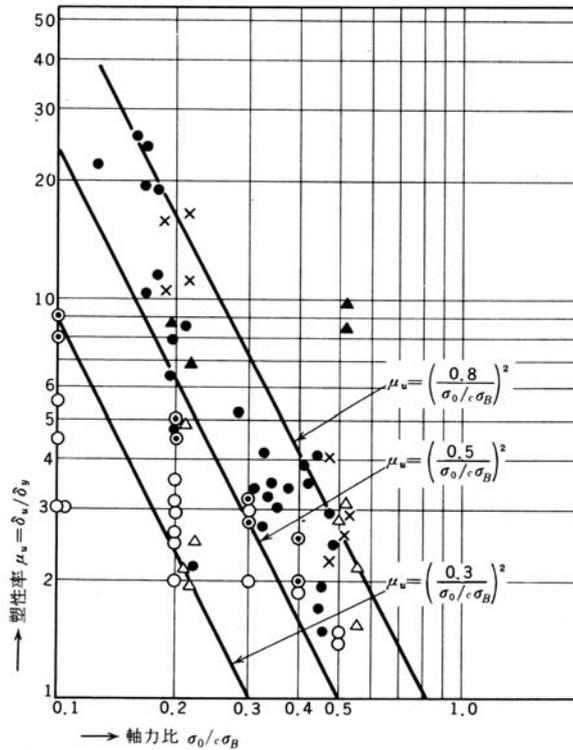
軸方向圧縮応力度の限界値として本規準で推奨している $N/BD = F_c/3$ の値は、変形能力として i (柱の内法寸法と柱せいの比) が 5 程度の柱に対して変形限界部材角 $R \approx 10 \times 10^{-3}$, 塑性率 $\mu_u = 2$ 程度以上を期待していることになる。

また、本学会の指針³⁾においても、ヒンジ領域の軸力と補強筋量が、柱のじん性能に大きな影響を与えることを踏まえて、曲げと軸力に対する設計を行なう方法が示されているので、参照されたい。

- 1) 池田昭男・鉄筋コンクリート柱の塑性率および軸圧縮力の限界値について (塑性域における断面変形の関数法による検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭 43.10).
- 2) 岡田恒男・軸力と水平力を同時に受ける鉄筋コンクリート柱の水平変形限度に関する研究, 日本建築学会論文報告集, No.103 (昭 39.10).
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999



解図 14.6 変形限界-軸力比関係



解図 14.7 塑性率-軸力比関係

4. 構造規定

(i) 鉄筋コンクリート柱も一般長柱と同様、最小径に比較して柱長さが長いときには座屈を生じる。この長柱公式として Navier は次式を示している。

$$N = \frac{c\sigma_B}{1 + \alpha\lambda^2} A \quad \text{解(14.13)}$$

記号 N : 支持力

$c\sigma_B$: コンクリートの圧縮強度

$\lambda = h/i$

i : 最小 2 次半径, \cdot 柱長

A : 断面積

両端支持のコンクリート柱では $\alpha = 0.00005$

長柱として扱う場合には、断面計算をするための仮定応力を実存する応力より割増しを必要がある。これについて、ドイツ規定では次式が定められており、割増し係数は解表 14.2 に示す通りである。ここでは、長柱として割増しをしないでよい限界は、鉄筋コンクリート角柱 $h/D = 15$ 、円柱 $h/D_k = 10$ 以下としている。ただし、 D は角柱の最小径である。

$$\omega N = f_c A \quad \text{解(14.14)}$$

また、ACI 規準 (2008~~1974~~)⁴⁾には、柱の内法高さ l_u 、両端の固定度より定められる係数 k および断面 2 次半径 r とにより、長柱としての割増しをしないでよい限界を柱の水平変位が拘束されている場合には $kl_u/r = 34 - 12(M_1/M_2)$ 、拘束されていない場合には 22 とし、これより細長い柱の場合には材の座屈を考慮して設計用曲げモーメントを割増す略算法が示されている。ここで、 M_1 および M_2 は、柱両端のモーメントであり、 M_1/M_2 は反曲点が部材内にあれば負となる。例えばラーメン骨組の長方形断面柱で、梁の剛比が非常に大きい場合には $kl_u/r = 22$ において $k = 1$ 、 $r = 0.3D$ 、 $l_u = h$ として $h/D = 6.6$ が限界となり、耐震壁などがその階にあれば $kl_u/r = 34$ が適用できるので $h/D = 10.2$ となる。

ところで、軽量コンクリートの場合には普通コンクリートに比べてヤング係数が低い。このため、軽量コンクリート柱の座屈は別に考慮しなければならない。これに関して同強度 ($F_c = 12 \text{ N/mm}^2$) の普通および軽量コンクリート柱を比較した数値例を解図 14.8 に示す⁵⁾

これからわかるように、鉄筋量が少ないと普通コンクリートに比べて座屈値がかなり低下する。

これらを参考にして、本規準では材の最小径とその主要支点間距離との比を、普通コンクリート柱では 1/15 以上、軽量コンクリート柱では 1/10 以上とした。

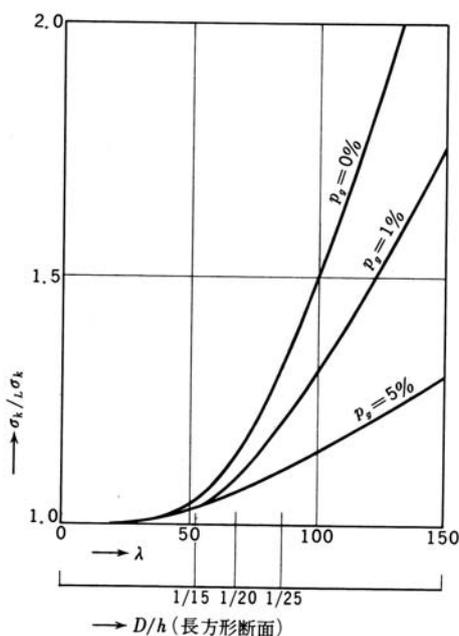
材がこの範囲より細長い場合には、有効細長比を考慮した計算または実験などにより安全性を確かめる必要がある。

解表 14.3 は DIN の規定および解図 14.8 の結果を参考にして長柱としての断面計算を行う場合の応力の割増し係数の一応のめやすを示したものであり、応力の割増しを曲げモーメントと

解表 14.2 正方形柱または長方形柱

$\frac{h}{D}$	$\omega = \frac{f_c}{\left(\frac{N}{A}\right)}$	$\frac{\Delta\omega}{\Delta\frac{h}{D}}$
15	1.00	
20	1.08	0.016
25	1.32	0.048
30	1.72	0.080
35	2.28	0.112
40	3.00	0.144

[注] 中間値は直線補間する。



σ_k: 普通コンクリート柱の座屈応力度
σ_{k0}: 軽量コンクリート柱の座屈応力度

解図 14.8 柱の座屈応力度

解表 14.3 曲げモーメントおよび軸方向力の割増し係数

材の最小径 主要支点間距離	割増し係数	
	普通コンクリート	軽量コンクリート
1/10	1.0	1.0
1/15	1.0	1.2
1/20	1.25	1.5
1/25	1.75	—

軸方向力の両方について考慮することを前提としている。また、軽量コンクリート柱の割増し係数は、同一強度の普通コンクリート柱と安全率が、ほとんど等しくなるように解図 14.8 の結果を修正したものである。

(ii) 鉄筋コンクリート柱断面の最小鉄筋比に関する説明は吉田徳次郎⁶⁾によれば、 a) 鉄筋コン

クリート柱では、無筋コンクリートに比べてコンクリートの密実の程度に差があり、鉄筋はこれを補てんすべきものであること、b) 局部のコンクリートの欠点をカバーし、安全度を大ならしめること、c) 応力の多少の変動には耐えられるものでなければならないことを理由としている。

これに関する各国の規定をみると、ACI 規準 (~~1974~~1963 年以降の規準) では軸方向鉄筋は全断面積の 1% 以上、DIN 1045 では柱の高さと最小横寸法の比が 5 以下のとき 0.5% 以上、10 以上のとき 0.8% 以上(中間は補間) ~~としていた~~なっている。本規準の規定はこれらを考慮して定めたものであるが、いずれにしても経験的な数値であって、これらの条件は鉄筋コンクリート柱の基本的性質を満たすうえに必要な一種の定義と考えておくべきものであろう。

最小鉄筋比に関するやや定量的な説明を上記 c) の理由に関連して述べておこう。常用式による柱断面の許容耐力は、鉄筋比が非常に小さいときは ($p_t \leq 0.3 \sim 0.4\%$)、軸方向力の減少によってかえって減少する場合があります。ある特定の 1 組の設計応力で計算した場合、応力の不測の変動に対し危険な事態を生じることがある。このような応力の変動に対処するためには少なくとも全鉄筋比で 0.8% は必要であるという説明である。

なお、上記の最小鉄筋比の制限は応力解析を行った構造上の必要断面積について適用されるものとしてする。目地の設置やタイル割りなどによって柱の断面積を構造図の寸法以上に増大させた場合は、構造図の断面積に対して全主筋比を 0.8% 以上とすればよい。ただし、コンクリート断面を割増すことにより、建物全体の応力状態が変化することを十分考慮する必要がある。~~であって、コンクリートの断面積を必要以上に増大した場合⁶⁾は、この制限を適用しなくてもよい。この場合の指針は、上記 DIN の規定によってもよいが、次のような DIN をしんしゃくした簡便法によってもよい。~~

~~コンクリート断面積が~~
~~2 × 10⁵ mm² 以下の場合 ■■ 0.8%~~
~~8 × 10⁵ mm² 以上の場合 ■■ 0.5%~~
~~2 × 10⁵ ~ 8 × 10⁵ mm² の場合は直線補間~~

また、逆に鉄筋をあまり多量に配筋すると、コンクリートのまわりが悪くなるなどの理由により鉄筋コンクリート柱としての性能が低下する。この場合にも最小鉄筋比の場合と同様に、最大鉄筋比を定量的に定めることは困難であり、設計に応じて設計者が個々に判断する必要があるが、外国の例を参考までに挙げると、ACI 規準 (~~1974~~1963 年以降の規準) では軸方向鉄筋は全断面積の 8% 以下、~~DIN 1045 では高強度コンクリートの場合 6% 以下、ほかは 3% 以下となっ~~ている Eurocode2⁷⁾では 4% 以下となっている。

(iii) 近年、新しい配筋法や施工法が開発されたことで、X 型配筋や外殻プレキャスト柱の主筋が、帯筋と緊結ができない場合が生じ問題となっている。そこで、1999 年版規準で本文に示されていた「主筋は帯筋により相互に連結する」との表現を削除した。しかし、X 型配筋やプレキャスト柱などの特別な配筋法を用いない一般的な主筋配置の柱では、特別の調査・研究によって妥当性が確認された場合を除き、主筋は帯筋により相互に連結することを基本とする。

また、一般に鉄筋コンクリート建物の柱は長期荷重時には 2 方向からの曲げを同時に受け、また地震荷重時には任意の方向からの曲げを受ける。しかし、本規準では、a) 通常、柱の設計が長

期荷重で支配される場合が少ないこと、および b) 地震力は 2 方向から別々に作用するたてまえをとっていることなどを考慮して、一応柱の断面計算は 2 方向の応力に対してそれぞれ独立に行うこととし、同時に 2 方向から応力を受ける場合については特に触れてはいない。

4. スパイラル筋について

鉄筋コンクリート柱が軸方向圧縮力または偏心の小さい軸方向圧縮力を受ける場合、帯筋としてスパイラル筋を使用すると強度が増大することが知られている。このため、昭和 37 年までの規準には軸方向圧縮力または偏心の小さい軸方向圧縮力を受ける柱を対象として、スパイラル筋を用いた場合にはコンクリートの許容圧縮応力度を 20% まで増大させることができるように規定されていた。

このスパイラル筋の性能については実験的にも多くの資料が得られてきており、地震時の柱の靱性を確保するのに有効であることが示されているが、その有用性は靱性を考慮した設計体系に反映されることを期待して、許容応力度設計に基づく本規準では考慮しないこととした。

4) American Concrete Institute・Building Code Requirement for Reinforced Concrete (ACI 318-~~0874~~).

5) 坂 静雄・奥島正一・鉄筋コンクリートばりの終局強度と同長柱の限界荷重について、日本建築

学会論文報告集 No.15 (昭 14.11) に基づく。解図 14.8 は $F_c = 120 \text{ kgf/cm}^2$, (鉄筋降伏点) $\sigma_y =$

2600 kgf/cm^2 とし、各コンクリートの応力度・ひずみ度曲線の実験式による E_i (始原ヤング係数),

E_t (切線弾性係数) を用いて、小倉弘一郎が計算した。

6) 吉田徳次郎・鉄筋コンクリート設計法, 養賢堂 (昭 33.1)。

7) ~~意匠上の要求などでコンクリート断面の割増しを行う場合であるが、この場合には、コンクリート断面を割増すことにより、建物全体の応力状態が変化することを十分考慮する必要がある。~~ The European Committee for Standardization: BS EN 1992, Eurocode 2: Design of concrete structures.