

北海道大学	正員	堺 孝 司
北海道大学	正員	角田与史雄
北海道大学	正員	能町 純雄

1. まえがき 鉄筋コンクリート(RC)長柱の設計は、原則的には、合理的な構造解析に基づいて行なわれるべきである。そして、最近の計算機および解析手法の発達によって、この一般的な設計法が現実的なものとなりつつあると言えよう。しかしながら、実際に構造解析を行なうとなると、剛性の評価方法や断面力に対するたわみの影響の考慮の仕方などの問題があり、これらについての統一的な見解が未だ確立されていないのが現状である。従って、基準で与えるべきRC長柱の設計法としては、具体的な構造解析手法を提示することができるまで、ACI等の基準におけるように、その原則的な考え方とは別に近似的な設計法をも許す必要があろう。本研究の目的は、RC長柱の近似設計法に関する、主要な設計基準および著者らが先に示した方法(1)を簡単にレビューすると共に、著者らの提示した二次偏心量式の初期偏心量の大きな場合に対する適合性について補足的な検討を加えることである。

2. RC長柱の近似設計法 RC長柱の近似的な設計法においては、構造解析は通常の弾性解析でありそれによって得られる断面力の他に、二次的なモーメントを考慮しなければならない。RC長柱の近似設計法に対する種々の基準における基本的な考え方は、三つに大別することができる。第一の方法は、日本の土木学会の標準示方書やACI基準の解説に述べられている修正R法等に見られる低減係数法である。この方法では、長柱の強度が細長の影響によって見かけ上低下する、すなわち同一断面の短柱と長柱が常に同じ荷重作用偏心量を有する、と仮定されている。これは設計法としての一つの考え方ではあるが長柱なるが故の終局強度の低減が二次モーメント発生による偏心量の増大によるものであるということ を考慮すれば、軸力と曲げモーメントの両者を低減させるこの方法は論理的でない。第二の方法は、ACI基準のMoment Magnifier Method と呼ばれる方法である。この方法は、一定剛性を有する部材の弾性たわみから導びかれた係数を一次モーメントに乘じることによって実際の挙動に対応させようというものである。ACIでこの設計法を採用したのは、北アメリカの技術者が既にAISC基準でこの方法になじんでいたということが大きな理由となったようである(2)。第三の方法は、二次モーメントあるいは二次偏心量を直接与える方法である。この方法は、二次的な値を妥当な形で表わすことができれば、RC長柱の実際の挙動を設計法に直接反映させるという意味において最も合理的な方法であるといえよう。この方法を採用している基準として、BSIのCP110、CEB-FIP Model Code、DIN1045を挙げることができる。CP110式は、Cranstonによって提案されたものであり、クリープなどの不確定因子を考慮したものとなっている。不確定因子の考慮は、実際の変形挙動や数値実験に基づくものでなく、かなり大胆な方法によるものであるが、Baumannらの長期載荷実験の結果とこの式による設計終局荷重との比較によって、クリープの影響で耐力が低減する場合にもこの式は十分安全側の値を与えるとしている(3)。CEB-FIP式は、CP110式の原式であり、最大曲率の扱いが異なるだけである。また、CEB-FIP基準では、クリープによる付加偏心量は別にこれを求めて、最終的な二次偏心量として、その他の考慮すべき偏心量との単純和を用いることを規定している。DIN1045では、初期偏心 e/h 毎に三つの式を与えている。この規定で注目すべきは、二次偏心量に対する影響因子として細長比 λ の他に e/h を含んでいることである。しかし、この式の適用上限は $\lambda=70$ である。これは、く形横断面の場合の $1/h$ に換算すると約20に相当し、CEB-FIPあるいはCP110の適用上限の半分あるいは半分以下であり、近似法に対して厳しい制限を設けている。なお、DIN1045のこの範囲では、クリープの影響を考慮しなくてよいと規定されている。

二次偏心量を与える各基準式において考慮された変数は、CP110式は $1/h$ 、DIN1045式は λ および e/h 、CEB-FIP式はその解説に従うと $1/h$ および $\gamma=h'/h$ (h' =上下鉄筋間距離)であり、主要因子 $1/h$ あるいは λ 以外はまちまちである。このようなことから、著者らは先に、RC長柱の耐荷挙動に影響すると思われる変数として、 $\beta=1/h$ 、 ρ_t (鉄筋比)、 γ 、 $\delta=e/h$ 、 f_c (コンクリート圧縮強度)、 f_y (鉄筋降伏強度)を

考慮し、二次偏心量の形式化を行なった。その際、最大軸力がつり合い軸力より大きい場合 (CASE A) と小さい場合に分け、更に後者を二つに分けそれぞれCASE B₁ およびCASE B₂ とした。得られた式の一般形は下式であり、各々の場合に関する各係数を表.1に示す。何れの場合も良い適合性を有した。

$$\frac{e_2}{h} = (\beta_1 + \beta_2)^3 (\beta_3 + \beta_4 \delta + \beta_5 \rho_t + \beta_6 \rho_t \frac{f_y}{f_c} + \beta_7 \delta \frac{f_y}{f_c} + \beta_8 \frac{f_y}{f_c} + \beta_9 \rho_t \frac{E_s}{f_c}) + \beta_{10} \quad (A)$$

さて、上式の導出の際に考慮した初期偏心 δ の範囲は0.1~0.4であった。すなわち、この範囲内において、 δ がある値に到達すると e_2/h に対する δ の影響が無視できるとして形式化を行なった。従ってより大きな δ に対してもこの結果を利用できるかどうかの検討が必要である。以下にこれを行なう。

3. 初期偏心の大きな場合の検討 図.1,2は、 $\delta = 1$ までの e_2/h の計算例である。同図には、CASE A、CASE B₁、CASE B₂ およびDIN1045 による結果も示した。DIN1045によるものは 十分安全側の値となっている。数値結果と各々のケースとの適合性は十分満足できると言えよう。CASE B₁ とCASE B₂ とに分けることの妥当性も図.2(b) から明らかである。一般に、 δ の増加と共に e_2/h も増加する傾向がある。

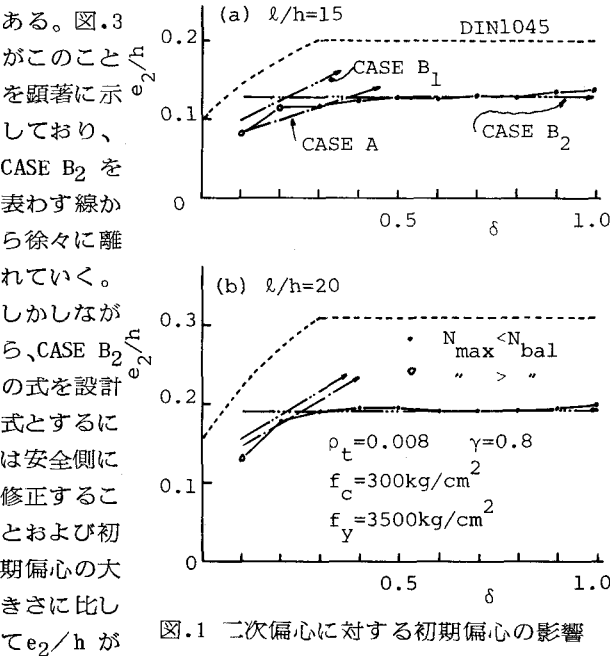


図.1 二次偏心に対する初期偏心の影響

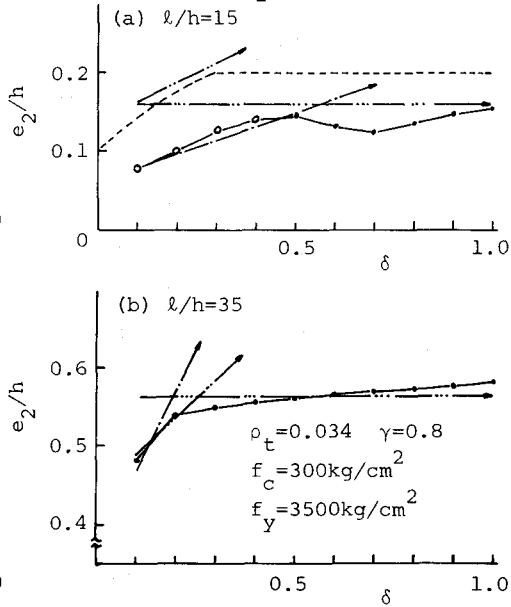


図.2 二次偏心に対する初期偏心の影響

小さいことなどを考慮すれば、著者らの提示した式は初期偏心の大きな場合にも適用できると考えられる。

(参考文献)

(1) 堺、他：鉄筋コンクリート長柱の設計法に関する一研究、コンクリート工学年講1982

(2) J. MACGREGOR, et al, ACI JOUR. 1/1970 (3) W.B. CRANSTON, Research Report 20, CCA, 1972 (4) 各基準：JSCE, ACI, DIN1045, CP110, CEB-FIP

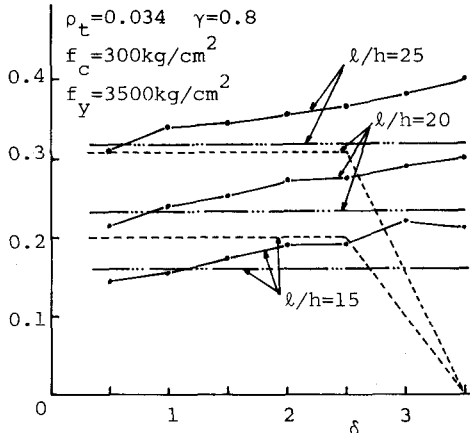


図.3 二次偏心に対する初期偏心の影響

表.1 二次偏心量式の係数

	CASE A	CASE B ₁	CASE B ₂
β_1	9.189	69.17	40.06
β_2	0.8051	0.0499	0.1407
β_3	1.181	0.0181	-
β_4	-0.4453	-0.0155	-0.0726
β_5	-1.058	0.3575	1.269
β_6	-	0.0021	0.1365
β_7	-	0.0602	-
β_8	-	0.00044	0.00326
β_9	-	-0.00009	-0.00030
β_{10}	0.00488	-0.2005	-0.08349
$\beta_2 \sim \beta_9 (\times 10^{-5})$			