

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 鉄筋コンクリート長柱の設計は、原則的には、その断面耐力との間に整合性を有する合理的な構造解析に基づいて行なわれるべきであり、そして、多少の煩雑さを覚悟すれば、現在それは可能であると言えよう。しかしながら、逐次計算によって設計する場合はともかく、弾性解析によって断面諸元を決定しようとする、解析手法はもちろんのこと、剛性の評価一つをとっても十分な合意が得られているとは言い難い。従って、基準で与えるべきRC長柱の設計法としては、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る。このことに基づき、著者らは、各国基準における近似設計法の分類、評価を行なった。その結果、二次モーメントあるいは二次偏心量を直接与える方法が、二次的な値を妥当な形で表わすことができれば、鉄筋コンクリート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でありかつ理解し易いものである、という立場から二次偏心量に関する形式化を試みてきた。前回の年講では、最大軸力がつり合い軸力より大きい場合と小さい場合に分け、更に後者を二つに分けた二次偏心量の一般式を示し、作用荷重偏心の大きな場合に対するこれらの式の適合度に関する検討を行なった。しかし、そこで扱われたのは短時載荷のみであり、載荷過程に持続載荷を含む場合についての検討が行なわれなかった。このことに鑑み、新たに、持続載荷を含む場合の数値実験と、全ての結果についての回帰解析を行なった。本報告では、この回帰式に基づく設計用二次偏心量を提案し、これまで行なわれた実験データを用いて本設計式の妥当性を検討すると共に、同じ設計概念を有するDIN1045、CP110、およびCEB-FIPとその適合度についての比較を行なう。

2. 設計用二次偏心量 断面高さ h と柱長の比 $\beta=1/h$ 、鉄筋比 $\rho_t=A_t/bh$ 、配筋位置 $\gamma=(d-\bar{d})/h$ 、作用荷重偏心 $\delta=e_1/h$ 、コンクリート圧縮強度 f'_c 、および鉄筋降伏強度 f_y なる変数の組み合わせの中から、短時載荷の場合について453 ケース、持続載荷を含む場合について480 ケースの合せて933 ケースの結果について回帰解析を行なった。ただし、持続載荷を含む場合、持続荷重の大きさを、それと同じ柱の短時載荷の最大荷重の0.2、0.3、0.5 倍の三種類について計算した。また、持続期間は25年とした。さて、回帰式は、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 (CASE B) とに分けた。簡単のために、ここでは、前回行なったように後者を二つに分けることはしなかった。このようにして得られた回帰式から、設計用二次偏心量として、CASE A および CASE B の両者とも数値実験結果のほぼ 5% が危険側となるようにし、更に、CASE B の場合、 $f_y=4000\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $f'_c=200\text{kg}/\text{cm}^2$ とした次式

$$\frac{e_2}{h} = \left(\frac{\ell_e}{h} + \beta_1\right)^3 (\beta_2 + \beta_3 \frac{e_1}{h} + \beta_4 \gamma + \beta_5 \rho_t + C) + \beta_8 \quad (1) \quad C = \beta_6 (\phi - 1) (1 + \beta_7 \rho_t)^{\frac{N_c}{N_d}}$$

を提案することにした。各々の場合に関する各係数を表.1に示す。ここで、 ℓ_e は有効長、 ϕ はクリープ係数、 N_d は設計荷重、 N_c は設計持続荷重、 N_{bal} はつり合い軸力を表わす。

3. 設計用二次偏心量と既往の実験結果との比較 本研究で採用した実験データは、両端拘束のある場合、ない場合、二軸曲げを受ける場合、持続載荷および繰返し載荷を含む場合など様々であり、その総数は626 である。紙数の都合上、実験者毎の、供試体の数、柱端拘束条件、および載荷条件に関する一覧並びに引用文献は割愛する。各々の実験では、用いた鉄筋やコンクリートのタイプはもちろんのこと、供試体の養生、あるいは実験中の環境状態などが異なっているが、煩雑さを避けるために、ここでは統一的な扱いをした。すなわち、鉄筋およびコンクリートの応力~ひずみ関係は、それぞれ完全弾塑性および二次放物線と直線の組み合わせ曲線とする。コンクリートの立方体強度は、円柱強度の1.25 倍とする。柱の有効長は、CP110 の式(20)~(23)を用いて算出した。また、二軸曲げを受ける場合、断面高さ h と柱長の比 ℓ_e/h は、常に $b \geq h$ の下で考慮される。両端不等偏心の場合の一次偏心量の評価は、ACI, CP110, およびCEB-FIPで採用されている等価偏心 $e_{eq}=0.4e_{11}+0.6e_{12} \geq 0.4e_{12}$ で行なう。また、

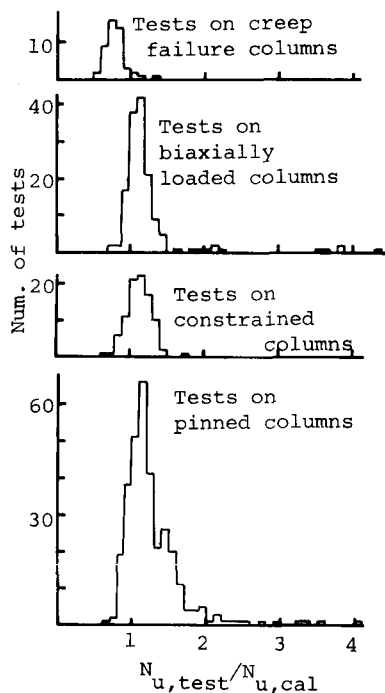


Fig.1 Authors

クリープ係数はよく知られた $\phi(t, t_0) = 0.4\beta_d(t-t_0) + \phi_f[\beta_f(t) - \beta_f(t_0)]$ で評価することにする。なお、環境条件としての相対湿度は、持続荷重を含む実験データすべてに対して40%とした。二軸曲げは、近似的に一軸曲げとして扱う。すなわち、考慮する曲げは常に弱軸(y軸)まわりとし、二軸曲げを受けることによって生じる耐力低減を、次式のような等価偏心の導入によって考慮することにした($b \geq h$)。

$$\frac{e_l}{h} = \frac{e_x}{h} + 0.6 \sin\theta \frac{e_y}{b} \quad (2)$$

ここで、 e_y および e_x は、それぞれ弱軸方向および強軸方向の一次偏心を表わす。

図.1は、実験データを、端ヒンジの柱、端拘束の柱、二軸曲げの柱、およびクリープ破壊の柱の四つに分類して、それぞれの場合に関する実験値 $N_{u,test}$ と設計式(1)による計算値 $N_{u,cal}$ の比に対する度数分布を示す。クリープ破壊の柱に関する結果は、そのほとんどが危険側になっている。しかし、実際の設計において、柱がクリープ破壊を起すような高い持続荷重を想定することはまれであり、本設計法の適用範囲外とする。クリープ破壊が予測される場合には、それに対応する検討を別に行なう必要がある。図.2は、クリープ破壊の場合を除く全データに関するものである。図.3,4,5は、DIN1045、CP110、CEB-FIPのそれぞれの規定に従った場合に関する度数分布を示す。ただし、CP110の場合、調整係数を1としてある。また、 $N_{u,cal}$ の算定では、供試体のコンクリート強度として円柱強度をそのまま用いた。これは、設計式を最も危険な状態で評価したことになる。各設計式と実験結果との比に対する変動係数C.V.をみると、適用範囲の狭いDIN1045は別として、著者らの設計式が最もよい適合性を示している。

本研究は、文部省科学研究費(昭和57年度奨励研究(A) No.57750396)によって行なったものである。

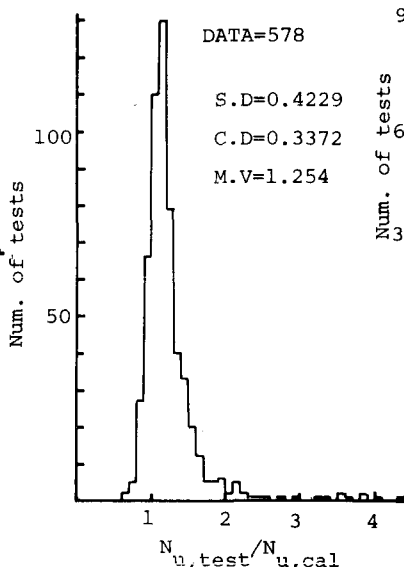


Fig.2 Authors

Table.1 Coef. of Eq.(1)

	$N_d > N_{bal}$ (CASE A)	$N_d < N_{bal}$ (CASE B)
β_1	16	48
β_2	5.48	1.32
β_3	6.4	0.31
β_4	-2.7	-0.44
β_5	-1.8	8.9
β_6	2.5	0.17
β_7	10.	7.3
β_8	-0.02	-0.1
$\beta_2 \sim \beta_6 (\times 10^{-6})$		

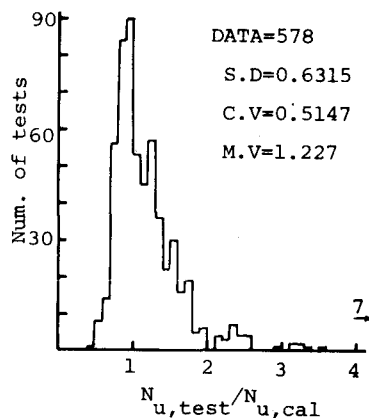


Fig.3 DIN1045

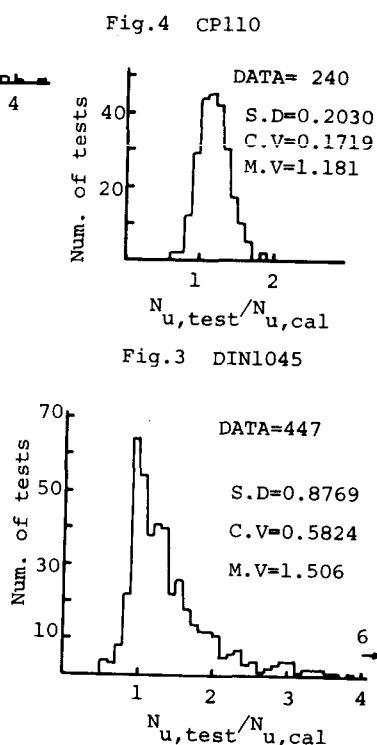


Fig.4 CP110

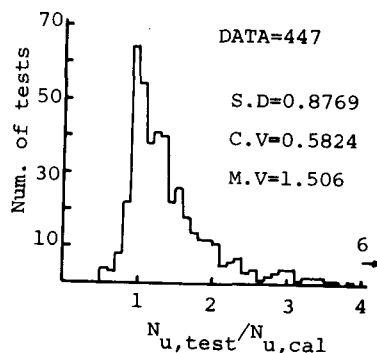


Fig.5 CEB-FIP