

岐阜大学 学生会員 岩瀬裕之

同上 正 員 小柳 治

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の設計は、終局強度設計あるいは限界状態設計法に執行しつつあり、わが国においてもその採用の検討が進められている。これらの設計法では、許容応力設計法と異なり、部材あるいは構造物の終局耐力をもとにして断面の設計を行うため、部材の塑性回転に伴うモーメント再分配を考慮に入れている。

モーメント再分配の限度は、鉄筋比 (ACI 318) あるいは最終中立軸比 (CP-110) 等によって考慮されているが、前者の場合は支点上の負のモーメントを対象としたものであり、軸力の影響は検討されていない。また、限界状態設計法においては、部分安全係数が導入され、CEB-FIP 指針等ではコンクリートおよび鉄筋に対して異なる部分安全係数が設定されているが、これらが部材の塑性回転とどのような関係にあるかについては、その検討結果があまり明確にされていないと考えられる。以上のことから、曲げと軸力が同時に作用する部材の塑性回転について、じん性率 ϕ_u/ϕ_y に対する軸力の影響ならびに材料に対する部分安全係数の影響について、数値実験によって検討を行った。

2. 解析モデルおよび計算

計算の対象とした鉄筋コンクリート部材断面は、図1に示すように寸法 $100\text{cm} \times 100\text{cm}$ の正方形であり、鉄筋位置は上下面からそれぞれ 5cm (鉄筋中心) とした。

数値実験の要因は、全断面積に対する引張側鉄筋比 ($p = A_s'/bR$)、圧縮側鉄筋の引張側鉄筋に対する比 ($A_s'/A_s = p'/p$)、材料強度の組み合わせ (σ_{ck}, σ_{sy})、部分安全係数 (γ_{mc}, γ_{ms}) であり、各々の水準は表1に示す。計算に用いた材料の応力ひずみ曲線を図2に示す。コンクリートの応力ひずみ関係は (放物線+直線) の分布とし、また最大応力にいたる時のひずみ $\epsilon_0 = 0.002$ 、終局ひずみ $\epsilon_{cu} = 0.003$ とした。図2中の破線は部分安全係数を (γ_{mc}, γ_{ms}) = (1.5, 1.15) とした場合のものである。

軸力 N と曲げモーメント M を受ける部材断面の耐力は、ひずみの平面保持と力のつり合いの条件から求められる。(図3参照)

軸方向力のつり合い $N = C_c + A_s' \sigma_s' - A_s \sigma_s$

曲げモーメントのつり合い $Ne' = C_c(d - k_2 x) + A_s' \sigma_s'(d - d')$

偏心距離 $e = e' - (k_2/2 - d')$ をもとにした $M = Ne$ と N との相関曲線の一例を図4に示す。

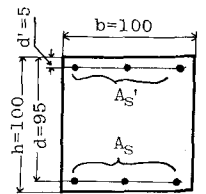


図-1

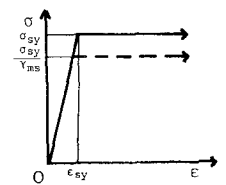


図-2-a (鉄筋)

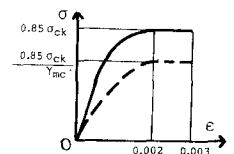


図-2-b (コンクリート)

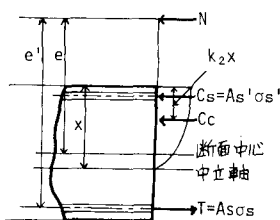


図-3

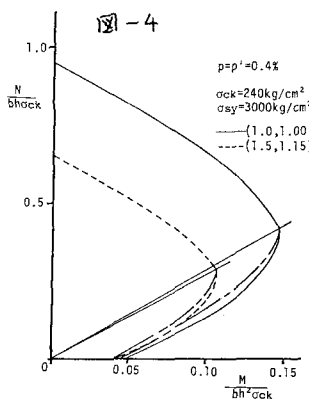


図-4

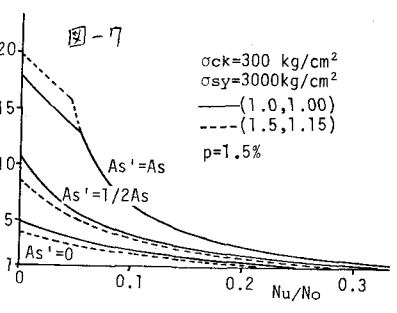
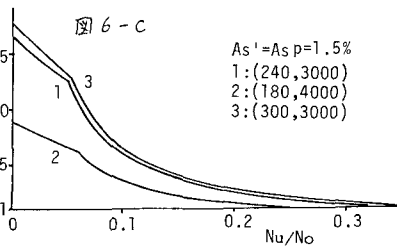
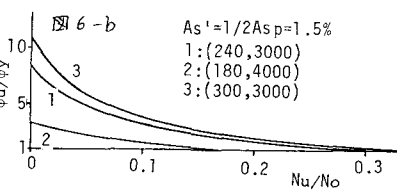
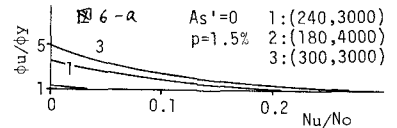
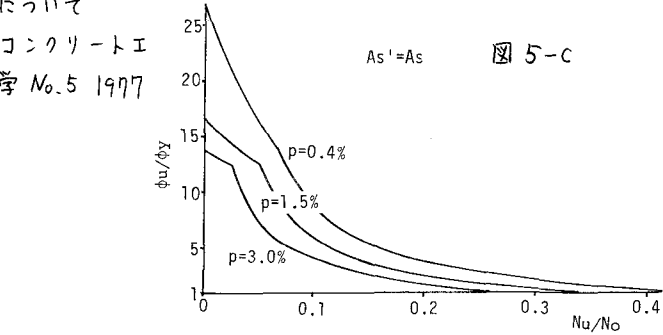
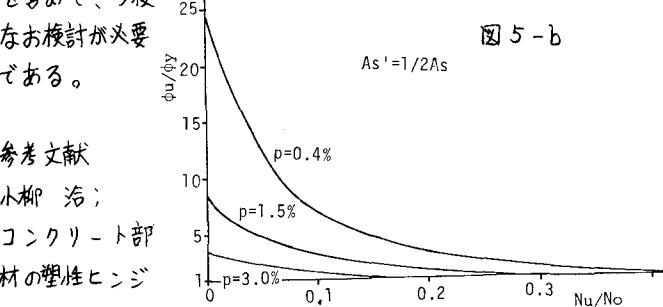
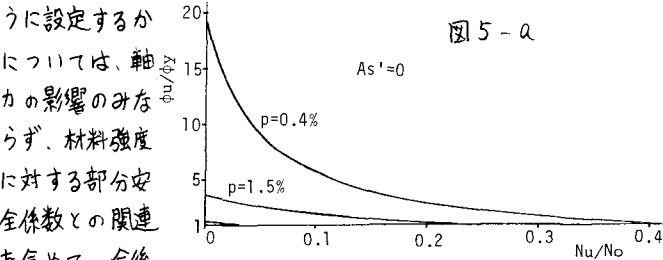
表-1

Factor	Level
p (%)	0.4, 1.5, 3.0
A_s'/A_s	0, 1/2, 1
$(\sigma_{ck}, \sigma_{sy})$	(240, 3000) (180, 4000) (300, 3000)
$(\gamma_{mc}, \gamma_{ms})$	(1.0, 1.0) (1.5, 1.15)

図4の破線は、 $(r_{mc}, r_{ms}) = (1.5, 1.15)$ とした場合の相関曲線である。また、一点鎖線は引張側鉄筋降伏時の耐力を示す。偏心距離 e をパラメタとして、終局時($\epsilon_{cu} = 0.003$)と引張側鉄筋降伏時の断面の曲率を求め、各々 ϕ_u/ϕ_y とし、この比 ϕ_u/ϕ_y をじん性率として塑性回転の評価の指標とした。

3. 計算結果と考察

じん性率の計算結果を終局時の作用軸力 N の単軸圧縮強度($N_0 = 0.85 \sigma_{ck} A_c + \sigma_{sy} (A_s + A'_s)$)に対する軸力比(N/N_0)の関係で示す。図5は、 $(\sigma_{ck}, \sigma_{sy}) = (240, 3000)$ の場合を例として、 p と A'_s/A_s のじん性率に対する影響を示す。図6は $p = 1.5\%$ の場合を例として、材料強度の組合せと複鉄筋の影響を示す。また図7は部分安全係数のじん性率に与える影響を示す一例である。じん性率は、純曲げの場合に最大であり、軸力の増大につれて次第に減少し、つり合い破壊点で1.0となる。この減少の傾きに表れる不連続点は、終局時に圧縮側鉄筋の降伏する領域としない領域との境界である。じん性率は鉄筋比の増大、圧縮鉄筋の減少、さらに (σ_{sy}/σ_c) の増加によっていずれも減少するが、とくに鉄筋比が大きい場合には圧縮鉄筋比の影響を大きく受ける。一方、材料に対してCEB-FIP指数等を示す部分安全係数を採用すると、みかけ上 σ_c の低下が大きいため ϕ_u が小さくなり、じん性率も低下するが、 $A'_s = A_s$ の場合には部分安全係数を考慮した方がむしろ鉄筋降伏時のひずみが低下し、 ϕ_y が小さくなる影響が表われてじん性率が却って増大する。これは図2-aに示すように、部分安全係数は強度に対する低減係数であり、ヤング係数を低下させるものではないことによる。このように、材料強度に対する部分安全係数がじん性率に及ぼす影響は断面条件によって必ずしも同一でないこと、また部分安全係数を考慮しない場合とはじん性率が異なること等が判明した。このため限界状態設計法において、モーメント再分配の限度をじん性率をもとにして、どのように設定するか



参考文献
小柳 治;
コンクリート部
材の塑性ヒンジ
について
コンクリート工
学 No.5 1977