

北海道大学 正員 ○角田史雄
“ “ 松井 司

1. まえがき

構造物の耐力は、材料強度の因襲的な変動や部材形状寸法の誤差などのため、本質的に変動する性質を有し、さらにその大きさを推定する際には、算定法の研究の未熟や各種の近似性などのため、推定誤差もまた避けることができない。R/C断面の終局曲げ耐力の推定は、理論的にはば確立されているとはいえ、具体的な内容について見れば、平面保持、圧縮部コンクリートの応力ブロック形状、終局ひずみ値などの仮定と実際との間の差異に伴なう不確実性が存在する。こゝに取上げる問題もこの種の要因の一つである。すなわち、一般に曲げ耐力の算定においては、コンクリート強度が断面内において一定であると仮定されるが、実際にはブリージングや締め固めの不均一などによつて主として高さ方向に強度が変化する可能性が大きい。本研究は、圧縮縁附近のコンクリート強度の低下があつたときの、R/C断面の曲げ耐力に対する影響について概略的な見積りを行なうことにより、設計上必要な耐力低減係数の値を定める際の一つの参考資料を提供しようとするものである。

2. コンクリート強度の高さ方向の分布について

コンクリートの品質の垂直方向の分布に対する従来の調査は、主として打ち上げ高さの大きい程の場合を対象に行なわれている。そこでこゝでは高さが比較的低い場合の測定を行なつて従来のデータを補ふことにした。使用したコンクリートは、単位セメント量および水セメント比がそれぞれ 276 kg/m^3 , 52%; 280 kg/m^3 , 55%; 290 kg/m^3 , 58% の3種からなり、天然骨材を用いている。供試体の断面は $10 \times 20 \text{ cm}$ で、高さは 90, 120, 180 cm の3種とした。コンクリートの打ち込みは、バイブレーターによる内部振動を行ないながら連続的に行ない、材令2~3日に脱型した後、水中養生を行ない、試験日の約2日前にコンクリート打ち込み方向と直角の方向に $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}$ の角柱をガイヤモンドカッターで切り出して強度試験に供した。試験時材令は14日および28日の2種とした。その結果、個々の測定値のばらつきは大きかつたが、全体的には上層ほど強度が低くなる傾向が明確に現われ、高さ方向にほぼ直線的に変化するものと、上縁附近の強度低下が大きいものとがあつた。図-1は一例として、水セメント比52%、材令14日の測定結果を示したものである。以上の実験結果および従来の測定データ（こゝでは Petersons, Bloem, Forsell のデータを使用）を総合的に評価した結果、以下の検討においては、コンクリート強度の高さ方向の分布として、次の形に近似することにした。

$$f_c/f_{cm} = \{1 - \xi \gamma - (1 - \gamma) e^{-\xi \gamma} \} / (1 - \xi), \quad \xi = (1 - e^{-\gamma}) / \gamma$$

こゝに f_{cm} は断面内のコンクリートの平均強度、 γ は上縁の強度の平均強度に対する比、 ξ は分布形状に関する係数、 h は全高さ、 y は上縁からの距離を表す。このとき実験データより得られた γ および ξ の値はかなり広い範囲に分散したが、本研究の目的からは $\gamma = 0.7$ 程度、 $\xi = 4$ 程度を見込めば十分であろうと判断された。

3. 計算方法

R/C断面の終局曲げ耐力の計算において、次の仮定を設けた。1) 平面保持が成立つ。

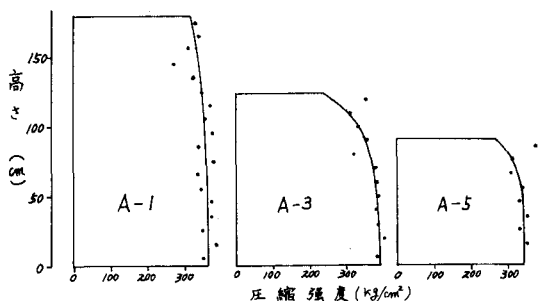


図 - 1

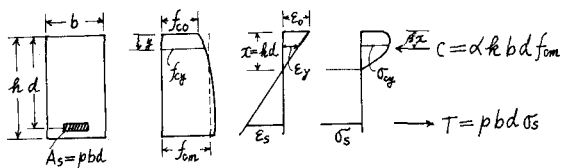


図 - 2

2) コンクリートの引張抵抗を無視する。3) 鉄筋の σ - ϵ 曲線として完全弾塑性体性を仮定する。4) コンクリートの σ - ϵ 曲線として梅村の関数を用いる。ただし計算の簡便をはかるため、ピーク応力に対するひずみは強度に関係なく一定とし、0.002を用いる。5) 終局状態は最大抵抗モーメントの条件より定める。従ってコンクリートの終局ひずみとして固定した値は定義しない。以上の仮定に基づくと、終局曲げモーメントの計算式は次のようになる(図-2参照)。

$$M = \alpha k b d^2 f_{cm} (1 - \beta k), \quad \epsilon_u = \left| \epsilon_s \right|_{\frac{M}{M_0} = 0}$$

$$p \leq p_b \text{ のとき } k = p f_y / \alpha f_{cm}$$

$$p > p_b \text{ のとき } k = -A + \sqrt{A^2 + 2A}, \quad A = p E_s \epsilon_u / 2 \alpha f_{cm}$$

$$p_b = \alpha k_b f_{cm} / f_y, \quad k_b = \epsilon_u / (\epsilon_u + \epsilon_y)$$

$$\alpha = \int_0^x \sigma_y dy / \alpha f_{cm}, \quad \beta = \int_0^x \sigma_y y dy / \alpha x^2 f_{cm}$$

なお、計算は単鉄筋矩形断面を対象とし、鉄筋の降伏強度 f_y 、コンクリート平均強度 f_{cm} 、鉄筋比 p 、コンクリート強度の高さ方向分布係数 γ および γ を変数として、各種の組み合わせに対して行なった。

4. 計算結果

計算結果の中から、終局時の圧縮縁のひずみ ϵ_u の値の例を図-3に示す。この図に見られるように、 f_c が一定の場合($\gamma = \infty$)にはどの値も $p < p_b$ のときに一定値をとるか、圧縮縁付近で f_c の低下があるときは $p < p_b$ であっても ϵ_u は一定とならず、さらに特長的なこととしては p_b の値の実質的な低下が起っている。このことは終局時における圧縮ゾーンが圧縮縁付近のみのときよりも、中立軸位置が低いつまり鉄筋比に近しい場合に重要な意味をもつことを表わしている。図-4および図-5は、 f_c が高さ方向に変化するときの終局曲げモーメント(M)の、 f_c が一定のときの値(M_0)に対する比を示したものである。これらを図に見られるように、 M/M_0 は、 γ が小さい程、 γ が小さい程、 f_{cm} が高い程、および f_y が高い程、小さい値となる。さらにその低下率は鉄筋比によっても異なり、 $p > p_b$ のときに著しくなる。しかし実用上からみれば $p < p_b$ の範囲を考慮すれば十分であり、また、前述の γ および γ の標準値に対する値を読みとれば5%程度の耐力低下を見込めば十分であると言える。

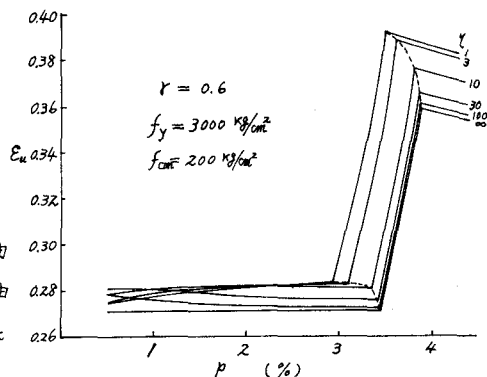


図 - 3

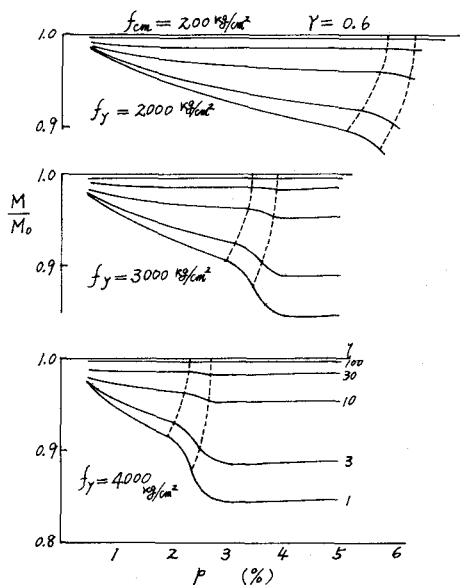


図 - 4

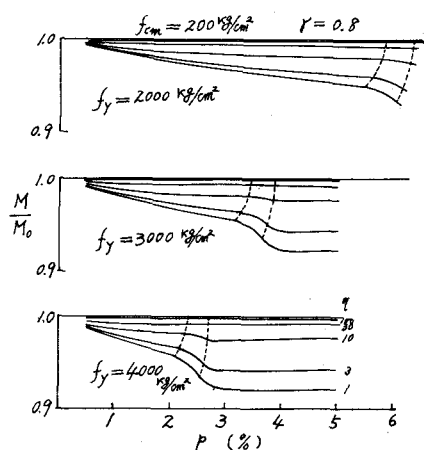


図 - 5