

信州大学工学部 正員 小山 健

信州大学工学部 正員 長 尚

長野市役所 正員 橋本 和巳

1. まえがき

昭和56年4月土木学会から「コンクリート構造の限界状態設計法試案」が発表され、さらに現在その内容を充実すべく改正案作成の作業が進められている。しかし一方において、現行の許容応力度設計法から限界状態設計法に移行することについて次のような疑問を抱く人も多い。すなわち、(1)移行した場合の具体的なメリットは何か、(2)どちらの設計法によっても結果はほぼ同じになるのではないが、(3)理論上はともかく実際問題として安全性の改善は期待できるのか、(4)これまでより経済的な設計が可能となるのか、(5)設計作業が複雑になるのではないが、等である。筆者らはこれらの幾つかの点について判断するための材料を発表してきた⁽¹⁻²⁾が、今回は(2)の点に関する若干の検討について述べる。

2. 許容応力度設計法と限界状態設計法の一比較方法及び計算結果

同一の設計断面について、現行の許容応力度設計法による場合のその断面の持つ許容値(R_w)と、限界状態設計法による場合のその断面の耐力値(R_L)を比較すると、用いてある鉄筋およびコンクリートの強度、鉄筋比、偏心距離の大小等による両設計法の相違が判ると考えられる。すなわちこれらの要因の違いによっても許容値と耐力値の比がほとんど変わらないときは、両者の設計法に本質的な違いはないと考えられ、逆にこの比が大きく変化するときには、両設計法の間に本質的な違いがあると考えられる。なおここでいう許容値とは、鉄筋もしくはコンクリートの応力度が許容応力度のときの断面のもつ抵抗値であり、耐力値とは、これらの応力度が特性値を材料係数($\gamma_{ms} = 1.15$, $\gamma_{mc} = 1.5$)で除した値のときの断面のもつ抵抗値である。以下検討する断面種別としては、単鉄筋長方形はり断面、単鉄筋T形はり断面および対称鉄筋長方形柱断面の3種類について考える。はり断面は常時の曲げモーメント作用により断面寸法が決まることが多いので、前2者の断面については常時の曲げモーメント作用に対して、又柱断面は地震時の軸力と曲げモーメントが同時に作用する状態のとき断面寸法が決まることが多いので、この状態に対して検討する。なお以下一般的に用いられる記号の説明は省略する。

(a)長方形はり断面: $R_w = C_w b d^2$ --- (1), $C_w = \min \{ C_c, C_s \}$ --- (2), $C_c = 0.5 \sigma_{ca} k (1 - k/3)$ --- (3), $C_s = \sigma_{sa} p (1 - k/3)$ --- (4), $k = \sqrt{30p + (15p)^2} - 15p$ --- (5), $R_L = C_L b d^2$ --- (6), $C_L = \{ 1 - p \sigma_{sy} \gamma_{mc} / (1.7 f_{ck} \gamma_{ms}) \} p f_{sy} / \gamma_{ms}$ --- (7), $\nu = R_L / R_w = C_L / C_w$ --- (8). f_{sy} (σ_{sa}) = 2400 (1400), 3000 (1800), 3500 (2000) kg/cm^2 , f'_{cn} (σ_{ca}) = 240 (80), 300 (100), 360 (120) kg/cm^2 の場合について、 ν の計算結果を図-1に示す。

(b)T形はり断面: $p \leq g^2 / \{ 30(1-g) \}$ のとき C_c, C_s は式(3), (4)と同じ, $g = t/d$ (9), その他のとき: $C_c = 15 p j (1-k) \sigma_{ca} / k$ --- (10), $C_s = p j \sigma_{sa}$ --- (11), $k = (15$

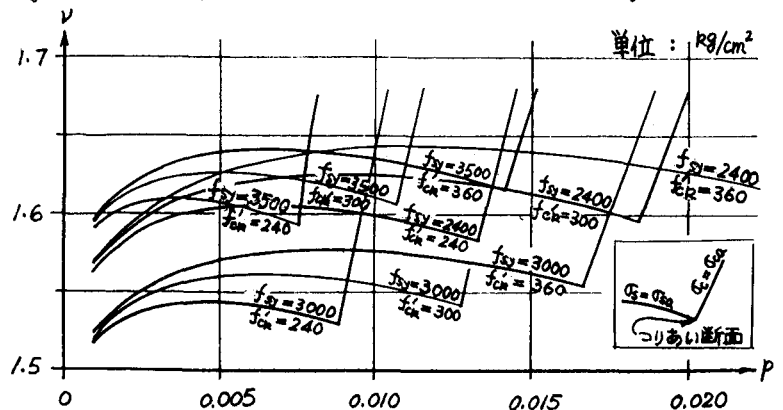


図-1

$p + 0.5g^2) / (15p + g) \dots (12)$, $j = 1 - \{(3k - 2g) / (2k - g)\} g / 3 \dots (13)$, $p \leq 0.85 f'_{cn} r_{ms} / (f_{sy} r_{mc})$
 g のとき: C_L は式 (7) と同じ, その他のとき: $C_L = \{(p - p_f)(1 - g) + p_f(1 - 0.5g)\} f_{sy} / r_{ms} \dots (14)$,
 $p_f = \{0.85 r_{ms} f'_{cn}(1 - w)g\} / (r_{mc} f_{sy}) \dots (15)$, $g = (p - p_f) r_{mc} f_{sy} / (1.7 r_{ms} f'_{cn} w) \dots (16)$, $w =$
 $b_0 / b \dots (17)$. $f_{sy}(\sigma_{sa})$, $f'_{cn}(\sigma_{ca})$ は長方形はり断面の場合と同じで, $w = 0.15 \sim 0.35$, $g = 0.1 \sim$
 0.4 の範囲について式 (8) により ν を計算し、通常用いられる鉄筋比の範囲で ν の値の最大と最小の場合に
 ついて図-2に示す。

(c) 長方形柱断面: 計算式は省略するが, f_{sy} , f'_{cn} の組み
 合わせは, はり断面の場合と同じで, $p = 0.001 \sim 0.02$ の範
 囲について, $N / (bh f'_{cn})$, $M / (bh^2 f'_{cn})$ の相互作用図を
 許容値と耐力値について求めた。その典型的な例を図-3に
 示す。ただし許容応力度の割増しは 50% である。

3. 考察

一般にはり断面における鉄筋比 p は, 許容応力度設計法に
 おけるつりあい鉄筋比もしくはそれ以下が用いられることが
 多いことを考えると, 長方形はり断面における ν の値は 1.52
 ~ 1.64 で平均値は 1.58, 最大と最小の差の平均値に対する比
 は 0.08 で, T形はり断面のそれらはそれぞれ 1.45 ~ 1.78 ,
 1.62, 0.2 である。このことから長方形はり断面におい
 ては両設計法間の相違は比較的少ないが, T形はり断面にお
 いては, 両設計法にかなりの差があることがわかる。

次に柱断面については, 図-3以外の同様な図を含めて判
 断すると次のことが云える。軸力が比較的小さく, 偏心距離
 が大きいときには $\nu \approx 1$ で, 許容値と耐力値はほぼ同じであ
 るが, 軸力が大きく, 偏心距離が小さくなると両者にかなり
 の開きが生じ, その開きは材料の強度, 鉄筋比, 偏心距離等
 に大きく影響を受けて変化している。通常地震時の偏心距離
 は大きく, 軸力は曲げモーメントに比較して小さく, 図-3
 の例でいうと $N / f'_{cn} bh < 0.2$ 程度と考えられるが, それで
 も許容値と耐力値の比はかなり変化している。したがって柱
 断面は, はり断面より以上に許容応力度設計法と限界状態設
 計法との間の違いが大きいと云える。

以上より断面の抵抗値の評価にこれ程の違いが両設計法で
 あるとすれば, 結果として両設計法の設計断面はかなり違っ
 たものになると云える。

参考文献 1) 長 尚, 小山健: 鉄筋コンクリート構造物設
 計法のコード・キャリブレーション, 土木学会論文報告集,
 オ 287 号, 1979. 2) 長 尚: 限界状態設計法の採用
 による経済性の改善について, オ 27 回構造工学シンポジウ
 ム梗概集, 1981.

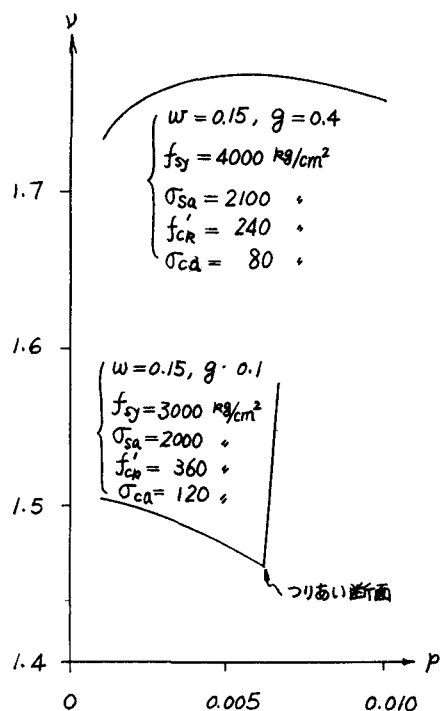


図-2

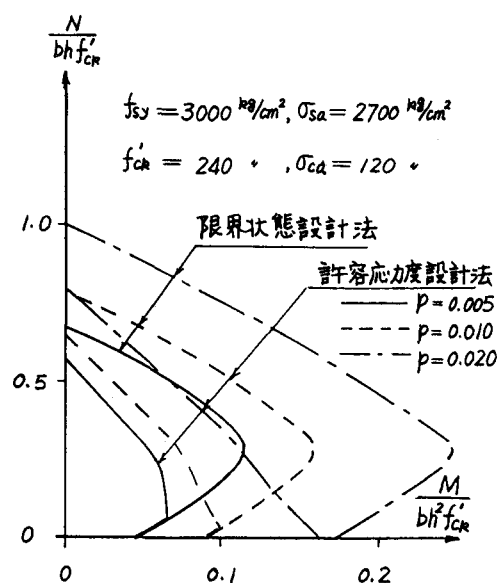


図-3