

V-309

RC偏心軸圧縮部材(短柱)の信頼性の評価方法

中部大学

伊藤 和幸

〔研究の目的〕既に提案した^{1~3}二つの確率変数で支配される確率関数の極値分布を求める方法を適用し、偏心軸圧縮を受けるRC部材(短柱、複鉄筋ただし軸方向鉄筋は同一ロットから製造された同形のもの)の信頼性 Q_f を求める方法を提案し、その計算例を付記したものである。

〔使用記号〕大部分の記号は図-1参照、 f_y, f_y' : A_s, A_s' の規格降伏強度、 f_c' : コンクリートの設計基準強度、 σ_s, σ_s' : A_s, A_s' の応力度、 M : 作用モーメント、 N : 作用軸方向力、 N_u, M_u : 偏心軸圧縮力を受けた部材の耐力、 ϕ : ACI規定の遞減係数、 $N_{ur} = \phi \cdot N_u$, $M_{ur} = \phi \cdot M_u$, y_1 : 上縁より等価断面の図心までの距離、 $\beta_1 = a/x$, E_c, E_s : コンクリートおよび鉄筋の弾性係数、 f_c, f_s : f_c', f_y, f_y' の確率変数、 V_c, V_s : f_c, f_s の変動係数、 $t_s = (f_s \text{の平均値} - f_y) / (f_s \text{の標準偏差})$

〔解析方法〕通常の教科書⁴に記載された次の基本式を用いる。

$$N_u = 0.85 f_c \cdot b \cdot a + A_s \cdot \sigma_s' - A_s \cdot \sigma_s \quad (1)$$

$$M_u = 0.85 f_c \cdot b \cdot a (d - a/2) + A_s \cdot \sigma_s \cdot (d - d') - N_u \cdot (d - y_1) \quad (2)$$

圧縮破壊領域(B): 式(1), (2)において、 $\sigma_s' = f_y'$ とする。

$$\sigma_s = 87000 [(\beta_1 \cdot d/a) - 1] \quad (3)$$

引張破壊領域(D): 式(1)において、 $\sigma_s = f_y$ とする。

$$\sigma_s' = 87000 (1 - \beta_1 \cdot d'/a) \quad (4)$$

ただし、 $\epsilon_{cu}' = 0.003$, $E_s = 29 \times 10$ (psi), $E_c = 57000 \sqrt{f_c'}$ (psi)

〔信頼性 Q_f の求め方〕 N_u, M_u, e' は既知とする。

1. 式(1), (2)の $f_c', f_y (= f_y')$ を確率変数 f_c, f_s に置換える。
2. 特定の f_s 値(f_{s1})に対し、ある f_c 値(f_{c1})を与えて式(1)より a_1 を求める。
3. この a_1 を用いて式(2)を満足する f_{c1}, a_1 を決定する。
4. a_1 を式(3), (4)に代入して σ_s, σ_s' を求める。
5. この際用いた f_{s1} は単に式(1), (2)を満足する仮定の値で、 f_c を f_s 軸に変換した確率変数を意味する。よって、 f_s とは区別して f_{sc} と符号する。
6. 上記の変換は計算から明かなように、図-2に示すPattern-3³に相当する。ただし、圧縮破壊領域の場合の $Z(f_{sc})$ は大幅に f_s 軸上の負の領域に位置する。
7. 図-2を参照して、いま、 f_c' を f_{c1} (f_{sc1} に対応)とおけば、 f_{c1} 以下(または f_{sc1} 以上)の値を式(2)に代入すれば、式(2)の M_u より低い値となる。よって、図のハッチした面積は M_u 以下となる確率を示す。
8. ゆえに、各 f_{s1} ($= f_{sc1}$)の全域について、前項で求めた M_u 以下になる確率と、 f_{sc1} である確率を乗じたものを積分すれば、この値は所定の M_u を満足しない確率($P_f = 1 - Q_f$)を意味する

$$\begin{aligned} P_f &= \int_{-\infty}^{+\infty} p(f_s) \cdot \left[\int_{-\infty}^{f_{sc}} p(f_c) \cdot d(f_c) \right] \cdot d(f_s) \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} p(f_s) \cdot \left[\int_{f_{sc1}}^{+\infty} p(f_{sc}) \cdot d(f_{sc}) \right] \cdot d(f_s) \end{aligned} \quad (5)$$

〔計算例〕現在、わが国の鉄筋コンクリートの設計基準は多岐に互っているもので、ここではACI-基準に基づいて計算する。

1. $f_y = f_y' = 40 \text{ ksi } (276 \text{ Mpa})$, $f_c' = 3 \text{ ksi } (21 \text{ Mpa})$
2. 複鉄筋長方形断面: $b = 15 \text{ 吋}$, $d = 19 \text{ 吋}$, $d' = 3$, $h = 22 \text{ 吋}$,
 $\rho = A_s / (b \cdot a) = 0.03$, $A_s' = 3 A_s / 5$
3. $V_c = 0.15$, $V_s = 0.08$, $t_s = 2.0$

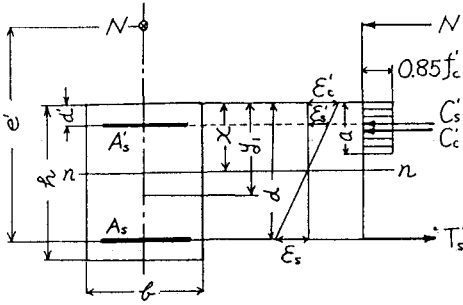


図-1 応力，ひずみの仮定

表-1 偏心軸圧縮部材の信頼性の尺度，X値

对 象		純 曲 げ	引張破壊 領域	釣 合 状 態	圧縮破壊領域	中 心 軸 圧
D 点		0	1 2 3 4	5		
B 点				8	7 6 5 4 3 2 1	0
$N_u \cdot M_u$	D B	2 6	2 2 2 1 5 4 3 3	1 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2
$N_{ur} \cdot M_{ur}$	D B	4 7	5 5 5 5 6 6 6 6	5 6	5 5 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5	6
適用X値		4	5 5 5 5	5	5 5 6 6 5 5 5	8

中心軸圧のX=6は、さらに遞減係数(0.8)によりX=8になる。

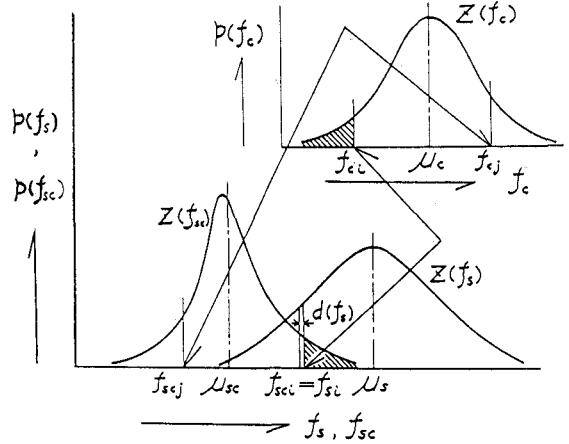


図-2 f_c' , f_s , f_{sc} の分布

4. ϕ ：釣合状態から圧縮破壊領域では、 $\phi = 0.7$

釣合状態から引張破壊領域では、順次、 M_u に比例して ϕ を増加する。純曲げ状態では $\phi = 0.9$

5. 計算結果を表-1に示す。表中のD点 0~5 は釣合状態における N_u 値を5等分した値でのX値（引張破壊領域）、B点 8~0 は釣合状態における N_u 点の等価断面からの偏心距離を8等分した値でのX値（圧縮破壊領域）、X値は $P_f = G \cdot 10^{-X}$ のXを示す。

【結果】

1. 遞減係数 ϕ を考慮しない場合のX値は極めて低く、信頼性が乏しい。
2. 文献-3で提案したように、 $X \geq 4$ とすれば、 ϕ を考慮した N_{ur} , M_{ur} 欄のX値は妥当な結果を示している。
3. f_y , f_c' を確率変数として取り扱っているので、式(3)(4)により、支配するX値がD, Bによって異なる。安全のため、何れか小なる方のX値を記載したのが適用X値欄である。
4. 中心軸圧縮の場合のX値は、文献-3に述べたように、正規分布としてもとめたものである。

参考文献

1. K. Ito & A. Sumikama, "Probabilistic Study of Reduction Coefficient for Balanced Steel Ratio in the ACI-Code" Proceedings of ACI, V.82, No. 5, Sep.-Oct., 1985, pp.701~709.
2. K. Ito & A. Sumikama, "Author's Closure for Discussion by Victor Prilutsky on REF-1", Proceedings of ACI, V.83, No. 4, July-Aug. 1986, pp.695-697.
3. 伊藤和幸・伊藤哲, "軸圧縮・曲げRC部材の信頼性", 材料学会誌, Vol.36, No. 410, Nov. 1987, pp. 1272-1278
4. 岡田・伊藤・平沢・不破, "鉄筋コンクリート工学", 鹿島出版会, 1987.12.