

軸力や曲げを受けるRC矩形断面の部分安全係数評価に関する研究

○東北大学 学 来原 徹郎

東北大學 學 戶谷 有一

東北大学 正 鈴木 基行

1. まんがき

従来の構造設計において、安全性の検証は材料の許容応力度を設定することにより行なわれてきたが、この設計法では、設計変数の不確実さを合理的な形で取り入れることは困難である。しかし、これに代わる限界状態設計法では、この不確実さを統計確率論を用い客観的な尺度で設計に導入することができ、また種々の限界状態に定量的に破壊の確率という共通のバラメーターを用いて議論することができる、という特徴を持っている。確率理論を用いた安全性の検証法としては、水準Ⅲ・水準Ⅱ・水準Ⅰが提案されている。本研究では、RC矩形断面に曲げあるいは軸力が作用した場合の、それぞれの耐力に關した限界状態を対象とし、各構造変数が限界状態に及ぼす影響を調べ、さらに破壊の確率と安全性の尺度として部分安全係数や各構造変数の設計値と評価し、水準Ⅰでの安全性の検証を行なうことを目的とする。

2. 限界状態式及び構造変数の設定

軸力限界狀態式 $\sigma_s = (\sigma_s \cdot A_s + \sigma_c \cdot b \cdot h) - N \cdots (1)$

曲线限界状态式 $g_c = \left\{ \sigma_s \cdot A_s \cdot d - \frac{(\sigma_s A_s)^2}{17 \cdot \sigma_c \cdot b} \right\} - M \quad (2)$

耐力に關する構造変数の分布形は、本概要集「構造変数のバラツキの実態調査」の結果より正規分布とし、その平均値及び変動係数は表1.2のように与えた。

荷重の分布形については正規分布 (N) 、対数正規分布 (LN) 及び極値Ⅰ型分布 (EX) の3種を仮定した。

表-1 軸力の構造変数諸元

	平均値	特性値	変動係数
コンクリート 圧縮強度 σ_c (MPa)	250	240	10%
鉄筋降伏 点強度 σ_s (MPa)	3,500	3,000	4%
鉄筋面積 A_s (cm ²)	110.25	110.25	2%
部材幅 b (cm)	105	105	0.5%
部材高さ h (cm)	105	105	0.5%
荷重 N (kg)	特性強度率に指定		20%
鉄筋比	100% $\rho_h = 1\%$		

表-2 曲げの構造変数諸元

	平均値	特性値	変動係数
土中から圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	250	240	10%
鉄筋強度 σ_s (kg/cm ²)	3,500	3,000	4%
鉄筋面積 A_s (cm ²)	71.5	71.5	2%
有効深さ d (cm)	102	102	2%
部材幅 b (cm)	85	85	0.5%
荷重 M (kg-cm)	特性値率 γ 指定		20%
鉄筋比	引張強筋比の25%		

3. 軸力あるいは曲げをうけるRC矩形断面の破壊確率 P_f と特性安全率 β^* との関係

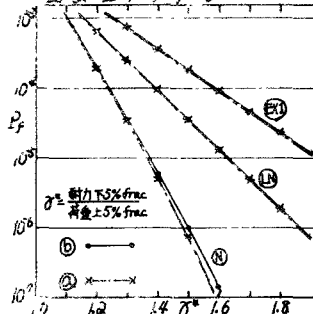
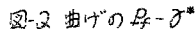
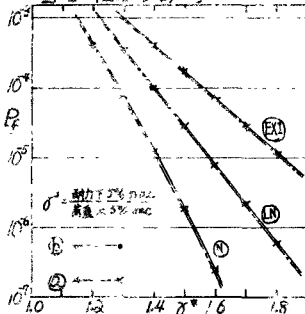
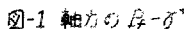
耐力の条件を次の通りとし、各荷重分布との間で破壊確率を求めるため たたみ込み積分を行な、た。
条件④：耐力の構造変数を正の範囲全体で分布するとし、確率変数の四則演算を繰り返すことにより耐力の分布を求めた場合。

条件⑥：耐力の平均値及び標準偏差を数学的近似^②により求め、耐力の分布全体を正規分布として与えた場合

図1, 2に μ - σ 関係を示す。条件④により求められた耐力分布は、正規分布とした。確認した結果は正規分布とみなしてよく、その平均値及び標準偏差とも条件⑥で求めたものとほとんど等しかった。これは、本解析の範囲内においては軸力あるいは曲げの耐力分布に関して、正規分布を仮定することが妥当性を示すものである。

また、同一の特性安全率 β に対する破壊確率 P_f は、荷重分布形に依存していることがわかる。このことは、荷重分布形の決定が破壊確率 P_f を基にした限界状態設計法確立の上で非常に重要であることを意味する。

①といふ各々の確率変数が正規分布であっても、それらの
変法、除法により得られる分布形は もはや正規分布ではな
る(9)の函数を構造変数の平均値において Taylor
展開し一次の項までをとることにより線形化して、
この近似した函数について平均値及び標準偏差を
求めた。



4. 部分安全係数評価

4-1 理論の展開

理論の展開及び計算フローについては、第35回年講概要集V-103「純曲げを受けるRC矩形単鉄筋断面の部分安全係数評価に関する研究」及び本概要集「せん断力を受けるRC梁の安全性評価に関する研究」参照（4-2軸力を受ける場合（荷重の分布形としては正規分布を仮定））

荷重以外の構造変数の変動係数は表1の値に固定し、荷重の変動係数だけを变化させた時の各構造変数の α_i を求めた。結果を図3に示す。ここで α_i とは各構造変数のバラツキが限界状態のバラツキに及ぼす影響度である。この図より軸力に因する限界状態については、コンクリート圧縮強度 σ_c 及び荷重 N の影響が支配的で、他の構造変数 σ_s, b, h, A_s の影響はほとんどないことがわかる。又荷重の変動係数の増大とともに、荷重の α_i は大きくなり、 σ_c の α_i は減少していることがわかる。図3に示した α_i を用いると、各構造変数に対する部分安全係数 γ_i と評価でき、さらに設計フォーマット式 $f(\frac{\sigma_c}{\gamma_{\sigma_c}}, \frac{\sigma_s}{\gamma_{\sigma_s}}) > \gamma_F F$ に用いる設計用部分安全係数 $\gamma_{mc}, \gamma_{ms}, \gamma_F$ を算定することができる。図4は各破壊確率における荷重の変動係数と設計用部分安全係数との関係を示したものである。軸力の場合 $\gamma_{mc}, \gamma_{ms}, \gamma_F$ はそれぞれ $\gamma_{mc} = \gamma_c \cdot \gamma_b \cdot \gamma_h, \gamma_{ms} = \gamma_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_h, \gamma_F = \gamma_N$ によって算定した。図の所で述べたように、 N 及び σ_c の α_i が大きいことが設計用部分安全係数にも反映されている。

4-3 曲げを受ける場合（荷重の分布形としては正規分布を仮定）

図5は図3と同じ条件の基で、荷重の変動係数と各構造変数の α_i との関係を示したものであるが、曲げの場合には荷重 M の α_i が0.85~0.95と非常に大きく、 σ_s, A_s の α_i は0.1~0.4、 σ_c, b の影響はほとんどない。軸力においては支配的であった σ_c の α_i が曲げの場合極めて小さいのは、(2)式第1項が限界状態に大きな影響を与え、第2項はほとんど影響を与えないためである。言い換えれば、(2)式はunder reinforcement状態での式で、終局限界状態が引張り鉄筋に支配されるためである。

図6は図4と同じく各破壊確率における荷重の変動係数と設計用部分安全係数との関係を示したものである。ここで、曲げの場合には $\gamma_{mc}, \gamma_{ms}, \gamma_F$ をそれぞれ $\gamma_{mc} = \gamma_c \cdot \gamma_b \cdot \gamma_d', \gamma_{ms} = \gamma_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_d', \gamma_F = \gamma_M$ により算定した。軸力、曲げ両者の場合について γ_{ms} が1.0以下となったのは、SD30の平均値を3.500%とし変動係数を4%としたためである。

5. まとめ

設計用部分安全係数 $\gamma_{mc}, \gamma_{ms}, \gamma_F$ を評価する際に、耐力に因した構造変数の分布形や変動性は実態調査に基づいたものであつたが、荷重に因した分布形や変動性については仮定を行なつた。本解析に示したように、荷重の分布形や変動性が破壊確率や設計用部分安全係数の値に与える影響は極めて小さいので、今後はそれらについて調査を行ない、安全性検証に反映させてゆく予定である。

