

○東北大学 学 戸谷 有一
東北大学 正 尾坂 芳夫
東北大学 正 鈴木 基行

1. まえがき

本研究はせん断力を受けるRC梁(矩形単鉄筋断面)を対象とし、せん断耐力の終局限界状態式に関する全ての構造変数に適当な確率分布を適用し、各構造変数の終局限界状態に及ぼす影響を評価し、さらに破壊確率 P_R と安全性の尺度として設計format式での部分安全係数を算定しようとするものである。

2. 理論の展開

理論の詳細については第35回土木学会年講「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」を参照されたい。解析のフローチャートを表-1に示す。

3. 関数及び対象部材

せん断終局限界状態式(g_c)= $R-S$)は、耐力 R についてはACI-Code式と荒川 minimum式の終局せん断耐力式を用い、荷重については部材に作用するせん断力とし、各々(1)・(2)式のように与える。

$$g_c = (0.504 \sqrt{f_c} b d + 176 A_s (d/a) + G_s A_v s) - F \quad (1)$$

$$g_c = \left(\frac{0.092 k_u k_p (180 + G_c)}{a/d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\frac{A_v G_c}{b \cdot s}} \right) \cdot b \cdot \frac{7}{8} \cdot d - F \quad (2)$$

但し、せん断補強鉄筋はスターラップのみとし、腹鉄筋比0.15%とした。また、引張主鉄筋とスターラップの降伏強度 G_s (SD30)は同一値とした。断面諸元は表-2に示す。なお、耐力に関する構造変数は実態調査の結果をもとに正規分布とし、平均値、変動係数は妥当と思われる値を与え、荷重については正規分布、対数正規分布、極値Iタイプの3種の分布形を仮定した。また、(2)式における k_u 、 k_p は断面寸法と引張鉄筋比による補正係数である。

4. 解析結果及び考察

4-1. $P_R - \beta_{min}$ 関係

ACI-Code式について確率変数の四則演算の繰返しによって求めた破壊確率 P_R とFOSM法によって収束計算された β_{min} との関係の1例を図-1に示す。同様の傾向が荒川式についても求まった。図のように、片対数グラフ上に $P_R - \beta_{min}$ はほぼ直線関係にある。しかし、同一の β_{min} の値に対して、荷重分布形の相違によって P_R の値が大きく異なっていることがわかる。このことは荷重の分布形が正規分布の場合には $P_R = \phi(-\beta_{min})$ の見積りが良好であるが、荷重分布が正規分布でない場合には、 β_{min} と P_R との対応性が薄れることを意味し、安全性指標 β をもって設計の安全性レベルを設定することが危険な場合があることを示唆している。

表-1 解析フローチャート
限界状態式 g_c の設定

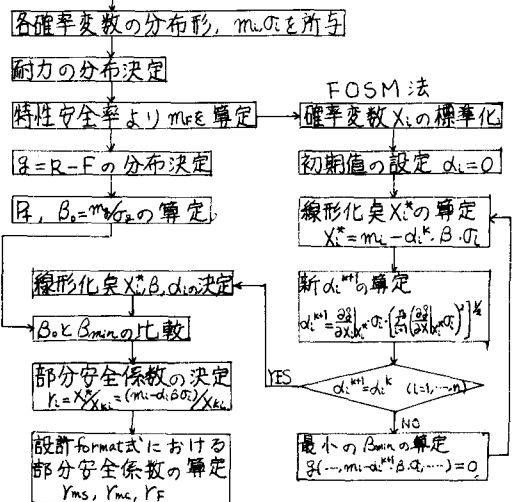


表-2 断面諸元

構造変数	特性値	平均値	変動係数
コンクリート圧縮強度 f_c (kg/cm ²)	240.	250.	10. %
鉄筋降伏強度 G_s (kg/cm ²)	3000.*	3500.	6.
引張主鉄筋断面積 A_s (cm ²)	71.5	71.5	2.
スターラップ断面積 A_v (cm ²)	2.534**	2.534	2.
有効高 d (cm)	102.	102.	2.
梁の幅 b (cm)	85.	85.	0.5
スターラップ間隔 s (cm)	20.	20.	3.
せん断スパン比 %	2. ~ 3.	2. ~ 3.	0. (確定値)
部材に作用する耐力 F (kg)	特性安全率で指定	20.	

* SD 30 ** D13 *** ϕ : 標準正規分布

4-2 FOSM法による部分安全係数 γ 及び設計用部分安全係数の算定

荷重以外の構造変数の平均値, 変動係数を表-2の各値とし, 荷重の変動係数のみを15~30%の間で変化させた時の各構造変数の部分安全係数の値を(1)・(2)式について図-2,3に示す。図のように, せん断破壊に関してはコンクリート圧縮強度 σ_c と荷重 F の影響が大きく, 一方 A_s, A_v, b, S の影響が小さいことがわかる。せん断破壊確率を一定値($P_f=10^{-10}$)とした時の設計用部分安全係数の算定結果を示す。(1)・(2)両式を変換して, 設計format式で表わすと次式(3)のようになる。

$$\phi \left(\frac{\sigma_{ck}}{\gamma_{mc}}, \frac{\sigma_{sk}}{\gamma_{ms}} \right) \geq \gamma_F \cdot F_k \quad (3)$$

σ_{ck} : コンクリート圧縮強度特性値

σ_{sk} : 鉄筋降伏強度特性値 F_k : 荷重特性値

ここで, (1)・(2)式の γ_{mc}, γ_{ms} は各々次式で算定される。

$$(1) \text{ 式: } \gamma_{mc} = \gamma_{\sigma_c} \cdot \gamma_b^2 \cdot \gamma_d^2 \quad \gamma_{ms} = \frac{\gamma_{\sigma_s} \cdot \gamma_{A_s} \cdot \gamma_{A_v}}{\gamma_s}$$

$$(2) \text{ 式: } \gamma_{mc} = \gamma_{\sigma_c} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_d \quad \gamma_{ms} = \frac{\gamma_{\sigma_s} \cdot \gamma_{A_s} \cdot \gamma_{A_v} \cdot \gamma_d}{\gamma_s}$$

設計用部分安全係数と荷重の変動係数との関係を図-4, 5に示す。図-2,3と同様に荷重の変動係数の増加に伴い, γ_F の値が増加し, γ_{mc}, γ_{ms} の値が減少することが分る。次に, 荷重の変動係数を20%に, P_f を 10^{-10} のレベルに固定し, せん断スパン比 α を2.0~3.0に変化させた時の設計用部分安全係数と α との関係を図-6に示す。(1)・(2)両式とも α の値が変化しても設計用部分安全係数は変化しない。

以上より, せん断終局限界状態については各構造変数のばらつき特に荷重の変動係数の値が設計用部分安全係数に大きな影響を与え, 一方 α の値の影響がないことが分る。

