

I-524 材料係数 γ_c, γ_s の決定法に関する研究

東北工業大学 正会員 〇小出 英夫

1. まえがき

現在、土木構造物の設計方法はコンクリート標準示方書などで採用されているように、「許容応力度設計法」から「限界状態設計法」に移行しており、設計計算上では各種部分安全係数が用いられている。しかし、現在示されている各安全係数の値は、許容応力度設計法による設計結果とのキャリブレーションから定められているのが現状である。一方、その決定法として、設計にかかわる各種不確実性を確率変数でモデル化し、目標となる安全性を満たす設計が行われるような安全係数を選ぶことは合理的であり、二次モーメント法に基づく方法などもあるが、各安全係数を独立に導くことができず示方書に採用する値を決定するためには不十分な点が多い。

本研究では、曲げのみを受けるRC単鉄筋梁の終局限界状態に対する断面設計を対象とし、耐力側設計変数のうちコンクリート圧縮強度 f'_c 、鉄筋降伏強度 f_y を確率変数として扱い¹⁾、安全性を考慮にいたれた確率的取り扱いによるコンクリート圧縮強度にかかる材料係数 γ_c 、鉄筋降伏強度にかかる材料係数 γ_s の決定法を提案する。

2. γ_c, γ_s の決定法

本研究で用いる純曲げを受けるRC単鉄筋梁の耐力 R の算定式を式(1)に示す。

$$R = b \cdot d^2 \cdot p \cdot \left(f_y - \frac{p \cdot f_y^2}{1.7 \cdot f'_c} \right) \quad (1) \quad b: \text{断面幅}, d: \text{断面有効高さ}, p: \text{引張鉄筋比}$$

耐力の設計値 R_d は、耐力算定関数の不確実性が無視できるものとすれば、式(1)中の各材料強度にそれぞれの特異値と材料係数を用いることにより式(2)で示される。

$$R_d = b \cdot d^2 \cdot p \cdot \left\{ \frac{f_{yk}}{\gamma_s} - \frac{p}{1.7} \cdot \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \right)^2 \cdot \frac{\gamma_c}{f'_{ck}} \right\} \quad (2) \quad \begin{array}{l} f_{yk}: \text{鉄筋降伏強度の特異値} \\ f'_{ck}: \text{コンクリート圧縮強度の特異値} \end{array}$$

ここで、 R_d を式(3)に示すように、耐力の特異値 R_k と、 R_d と R_k を結びつけるための仮の部分安全係数 γ_R を用いて表すことにする。

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (3)$$

f_y, f'_c は多くの不確実性を含む値なので互いに独立な確率変数でモデル化すると、 R は式(1)より確率量となる。ここで、 R の分布型は対数正規分布、 R_k は非超過確率5%値²⁾とすると、 R_k は R の平均値 m_R 、変動係数 CV_R を用いて次式で示される。

$$R_k = m_R \cdot \theta(CV_R) \quad , \quad \theta(CV_R) = \exp[-1.64 \cdot \{ \ln(1+CV_R^2) \}^{0.5} - 0.5 \cdot \ln(1+CV_R^2)] \quad (4)$$

m_R として f'_c, f_y の平均値 m_c, m_y で線形化された耐力算定式を用いると、 R_d は式(3)、(4)より式(5)で示される。

$$R_d = m_R \cdot \theta(CV_R) / \gamma_R = b \cdot d^2 \cdot p \cdot \left(m_y - \frac{p \cdot m_y^2}{1.7 \cdot m_c} \right) \cdot \theta(CV_R) / \gamma_R \quad (5)$$

式(2)と式(5)の整合性より、 γ_c と γ_s は式(6)、(7)で示される。

$$\gamma_c = f'_{ck} \cdot \gamma_R / \{ \theta(CV_R) \cdot m_c \} \quad (6)$$

$$\gamma_s = f_{yk} \cdot \gamma_R / \{ \theta(CV_R) \cdot m_y \} \quad (7)$$

ここで、 f'_{ck}, f_{yk} として一般の設計では、コンクリート設計基準強度、鉄筋降伏強度規格値が用いられると考えられる。その時、現場において指定された f'_{ck}, f_{yk} に対応する材料強度のばらつきは現場ごと異なり、その平均値も異なる。そこで、式(8)、(9)に示す係数 α_c, α_y を用いて、 f'_{ck}, f_{yk} と m_c, m_y を結びつけ、

この現場の違いによって生じる平均値のばらつきを、 α_c 、 α_y を確率変数として扱うことによりモデル化する。

$$m_c = \alpha_c \cdot f'_{ck} \quad (8)$$

$$m_y = \alpha_y \cdot f_{yk} \quad (9)$$

図-1は、全国各地で得られたコンクリート圧縮強度と鉄筋降伏強度の試験結果より求めた α_c 、 α_y の値のヒストグラムと、それに対応する対数正規分布を示している¹⁾。

式(6)、(7)、(8)、(9)より γ_c 、 γ_s は、式(10)、(11)で示される。

$$\gamma_c = \gamma_R / \{\theta (CV_R) \cdot \alpha_c\} \quad (10)$$

$$\gamma_s = \gamma_R / \{\theta (CV_R) \cdot \alpha_y\} \quad (11)$$

ここで、 f_y の現場ごとの変動係数のばらつきは小さく、さらに現行示方書との関連性から $\gamma_s = 1$ とおくことにより、式(10)、(11)より γ_c は式(12)で示される。

$$\gamma_c = \alpha_y / \alpha_c \quad (12)$$

α_y 、 α_c として図-1のデータを用いると、式(12)より、 γ_c は図-2に示す平均値1.0、標準偏差0.1の対数正規分布で表される。 γ_c は確率分布のままでは示方書等で直接扱うことができないので、例えば、非超過確率95%値(超過確率5%値)を代表値とし示方書等に採用するならば1.17となる。これらの結果は、どのような設計条件に対しても同じであり、 γ_s の値と、 γ_c の代表値とする非超過確率の選び方によってのみ影響を受ける。

3. あとがき

本研究で提案した材料係数 γ_c 、 γ_s の決定法の利点は、荷重側の情報と独立に扱うことができる点にあり、また、各現場の材料試験のデータを用いることにより、現場独自の材料係数の決定をも可能となる。すなわち、材料係数は耐力の設計値 R_d を導くためにのみ必要な係数の働きをし、構造物の安全性の大きさの制御はすべて構造物係数や荷重係数によって行うことになる。

今後は材料の品質管理の不確実性の程度の違いによる安全性への影響を考慮にいれた材料係数の決定法へと発展させていきたいと考える。

参考文献

- 1) 小出英夫・尾坂芳夫：コンクリート構造の部分安全係数の決定に関する研究，土木学会論文集，No.422，pp.245～254，1990年10月。
- 2) 小出英夫：部分安全係数の決定を考慮した特性値の選択，土木学会第45回年次学術講演会概要集第1部，pp.362～363，1990年9月。

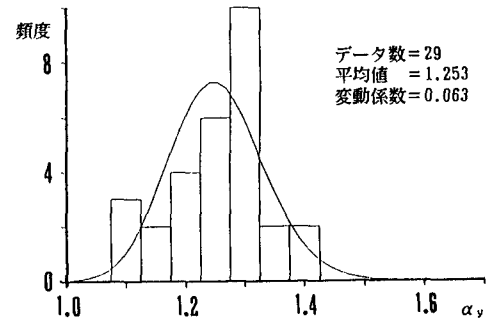
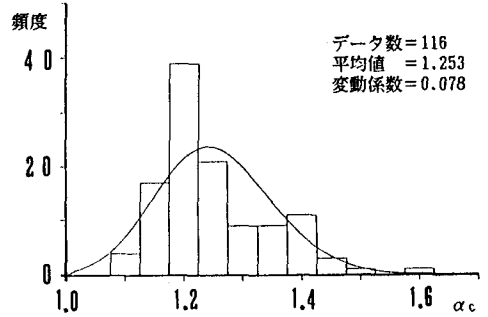


図-1 α_c 、 α_y の分布

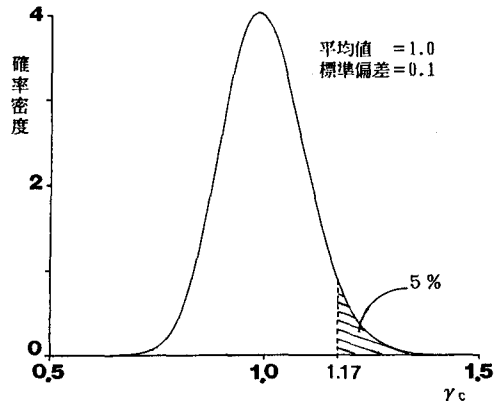


図-2 γ_c の分布