# I-166　部分安全係数の決定を考慮した特性値の選択

東北工業大学　正会員　○小出　英夫

## 1．まえがき

近年，土木構造物の設計概念は，許容応力度設計から限界状態設計に移行し始めている．そして，各設計基礎変数の“特性値”と部分安全係数を用い，確定論的手順によって安全性の照査を行い設計する「部分安全係数設計方法」が，広く用いられている．各設計基礎変数にかかる部分安全係数の値を，それぞれ１つずつ集めて構成される部分安全係数値の組$\gamma$は，限界状態式$g(\cdot)$において，$g(\cdot)=0$を満たす設計値の組と，目標限界状態到達確率$P_{fT}$を満たす特性値の組の関係を定めたものである．また，実用面から，対象とする設計空間をいくつかの部分空間に分割し，与えられた設計部分空間に含まれる個々の構造物の設計には，共通の$\gamma$（$=\gamma_d$）が用いられる．信頼性解析に基づく部分安全係数の与え方には，二次モーメント法に基づく決定方法があるが，同一の部分安全係数における設計ごとの値が大きくばらつき，$\gamma_d$を決定する際に困難を生じる可能性がある．そこで，本研究では，信頼性設計に基づく部分安全係数設計方法の確立のため，耐力R，荷重Sの二変数の場合について，$\gamma_d$の決定に有効となるR，Sの特性値$R_k$，$S_k$の選択方法を論じた．

## 2．特性値の選択方法

$\gamma_d$の決定のため，与えられた$P_{fT}$のもとで，各種設計において同一の設計基礎変数にかかる，定義に基づき導かれる部分安全係数値の変化を小さくすることは有効である．そこで，これをある程度満足させるという観点から，$R_k$, $S_k$の選択方法を決定することにする．なお，$g(\cdot)$は，式(1)で示し，Rは対数正規分布，Sは正規，対数正規，極値Ｉ型最大値，極値Ⅱ型最大値分布（下限値＝０．）を仮定した．

$$g(\cdot)=R-S \qquad (1)$$

$\gamma$は，式(1)より次式が成立する条件の下で定められる．

$$0=R_d-S_d \qquad (2) \qquad R_d,\ S_d：R，Sの設計値$$

$R_d$，$S_d$は一般に，それぞれにかかる部分安全係数$\gamma_R$，$\gamma_S$を用いて次式で定められる．

$$R_d=R_k/\gamma_R \qquad (3a)\ ,\qquad S_d=\gamma_S\cdot S_k \qquad (3b)$$

式(2)，(3a)，(3b)より，$\gamma=\{\gamma_R,\ \gamma_S\}$は，次式を満たさなければならない．

$$R_k=\gamma_R\cdot\gamma_S\cdot S_k \qquad (4)$$

式(4)より，($\gamma_R\cdot\gamma_S$)は特性安全率$\gamma_k$であり，$\gamma_R$，$\gamma_S$がそれぞれ各種設計において，ほぼ一定値をとるならば，$\gamma_k$の値もほぼ一定となり，$\gamma_d$の決定は容易になると考えられる．

ここで，$\gamma_k$は，Sの分布型，Rの変動係数$CV_R$，Sの変動係数$CV_S$，RとSの特性値を定義する非超過確率$pr_R$，$pr_S$が与えられている条件の下では，限界状態到達確率$P_f$と一対一に対応し，$P_f$は$\gamma_k$に関して単調減少関数となる．$\gamma_k$を以下の形で示す．

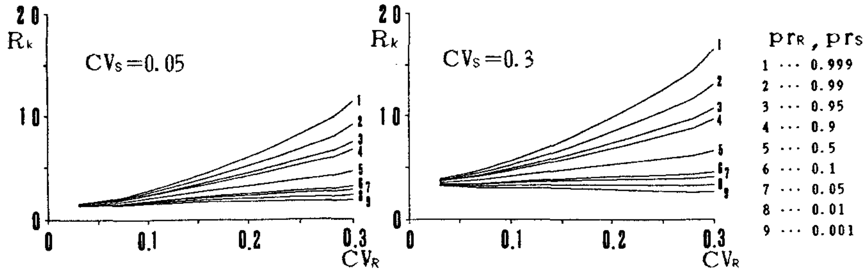
$$\gamma_k=\gamma_k(I_S, CV_R, CV_S, pr_R, pr_S, P_f) \qquad (5) \qquad I_S：Sの分布型を特定する変数$$

これにより，与えられた$I_S$，$P_f$のもとで，$CV_R$, $CV_S$の値の変化の影響が$\gamma_k$になるべく及ばないような$pr_R$，$pr_S$を定めれば，広範囲の設計において，共通の$\gamma_k$の値の使用が可能となりえる．式(5)より，Sの平均値$m_S$（または，Rの平均値$m_R$）にある定数を与えることによって，$I_S$, $CV_R$, $CV_S$, $pr_R$, $pr_S$, $P_f$の一般的関係を知ることができることがわかる．そこで，以下の手順で$pr_R$，$pr_S$を導く．なお，$P_f=P_{fT}=10^{-5}$とする．

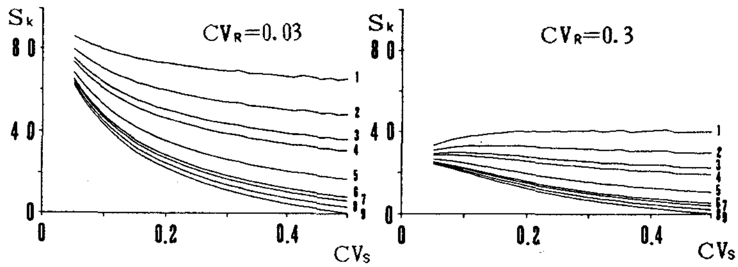
まず，$pr_R$について，①　$m_S=1.$ とし，$I_S$, $pr_R$, $CV_S(\leqq 0.5)$を与える．　②　$CV_R(\leqq 0.3)$と$R_k$の関係を得る．　③　①②を繰り返し，与えられた$I_S$, $CV_S$に関して，$CV_R$の変化が$R_k$にあまり影響を与えないような$pr_R$を選ぶ．同様に，$pr_S$について，④　$m_R=100.$ とし，$I_S$，$pr_S$，$CV_R(\leqq 0.3)$を与える．⑤　$CV_S(\leqq 0.5)$と$S_k$の関係を得る．　⑥　④⑤を繰り返し，与えられた$I_S$, $CV_R$に関して，$CV_S$の変化が

$S_k$にあまり影響を与えないような$pr_S$を選ぶ．そして，

⑦　③⑥より選ばれる$pr_R$, $pr_S$の候補の組を用いて，与えられた$I_S$に対して，$CV_R$, $CV_S$を両軸にとり，$\gamma_k$の等値線を描き，広い等値線間隔を示す$pr_R$, $pr_S$の組を求める．




図－1　$CV_R$ － $R_k$関係（$P_f$ =$10^{-5}$，S：極値Ｉ型最大値分布）



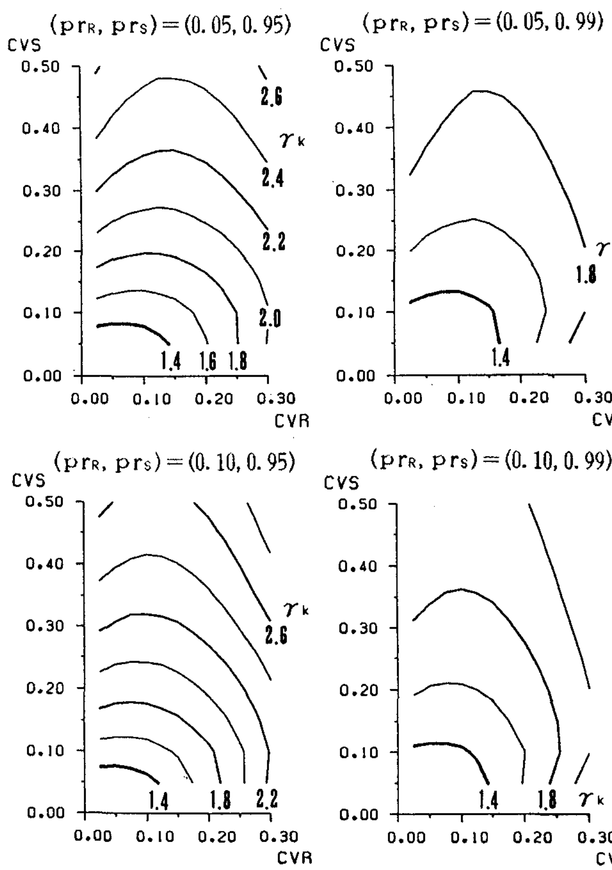

図－2　$CV_S$ － $S_k$関係（$P_f$ =$10^{-5}$，S：極値Ｉ型最大値分布）

## ３．計算結果

①～⑥の計算結果の一例として，Sが極値Ｉ型最大値分布の場合を，$pr_R$に関して図－１に，$pr_S$に関して図－２に示す．計算結果より，以下のことがわかった．　・Sが正規分布の場合は$pr_R$＝0.001～0.1，対数正規・極値Ｉ型最大値分布の場合は$pr_R$＝0.05～0.1，極値Ⅱ型最大値分布の場合は，$pr_R$＝0.1が望ましい．　・Sが正規分布の場合は$pr_S$＝0.9～0.999，対数正規分布の場合は$pr_S$＝0.9～0.99，その他の分布型の場合は$pr_S$＝0.99が望ましい．そこで，上記の結果より，($pr_R$, $pr_S$)の組の候補として，(0.05, 0.95), (0.05, 0.99), (0.1, 0.95), (0.1, 0.99)の４組を考える．これらについて手順⑦に従いさまざまな$I_S$における$\gamma_k$の等値線を，$CV_R$，$CV_S$平面上に描いた．Sが極値Ｉ型最大値分布のときの結果を図－３に示す．図より，$pr_R$＝0.05, $pr_S$＝0.99で最も$\gamma_k$の値の変動が小さいことがわかり，その他の場合についても同様の結果が得られた．

## ４．結論

計算結果より，$pr_R$＝0.05（$R_k$はRの5%フラクタイル値），$pr_S$＝0.99（$S_k$はSの99%フラクタイル値）とすれば，$\gamma_d$の決定を容易にすることができる．




図－3　$CV_R$，$CV_S$，$\gamma_k$関係（$P_f$=$10^{-5}$　S：極値Ｉ型最大値分布）