'87－S 1090
(353)

点推定法による構造物の信頼性解析

川崎製鉄株式会社　　　　小池　武

1．目　的　構造物の応答が複数の確率変数の関数として与えられるとき，構造物の信頼性を評価するための2次モーメント法は有力であるが，確率変数が非正規型となり，応答関数が複雑になるに従ってその手法の簡便さと精度はトレードオフの関係になる。　本報告は Rosenblueth[1] の提案する点推定法を用いて，非正規型確率変数に支配される構造物応答に対する構造物の破壊確率を効率的に評価する手法を提案するものである。

2．手　法　構造物の応答値がn個の確率変数により次式で与えられている場合を考察する。

$$S = G(X_1, X_2, \cdots, X_n) \tag{1}$$

式(1)の各確率変数に関する情報として，平均値μ_{xi}，分散σ_{xi}^2，確率分布型および相関を有する確率変数間の相関係数ρ_{ij}が既知であるとする。

2.1　互いに独立な確率変数に対する信頼性評価

Rosenblueth の点推定法によれば，確率変数X_iに関する1次から4次のモーメントを保存できる3組の代表点x_{ik}とその確率P_{ik}を算定できる。このとき，構造物の応答値Sに関するモーメントは次式で評価できる。

$$\mu_S = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{3} G(x_{1k}, \cdots, x_{nk})\ P_{ik}\ ,$$

$$m_S{}^j = E[(S-\mu_S)^j] = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{3}\{G(x_{1k}, \cdots, x_{nk})-\mu_S\}^j P_{ik} \tag{2}$$

構造物の抵抗値に関する平均値，分散がそれぞれμ_R，σ_R^2で与えられるとき，構造物の破壊確率は式(2)を用いて近似的に次式で評価できる。

$$p_f = \Phi(-\beta)\ ,\quad \beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\ ,\quad \Phi：正規分布関数,\quad \sigma_S^2 = m_S{}^2 \tag{3}$$

2.2　互いに相関を有する確率変数に対する信頼性評価

すべての確率変数$\underset{\sim}{X}$が正規型の場合には，次式により互いに独立な標準正規化された変数$\underset{\sim}{Y}$に変換できる。

$$\underset{\sim}{Y} = \underset{\sim}{\Gamma}\ \underset{\sim}{D}^{-1}(\underset{\sim}{X} - \underset{\sim}{M}) \tag{4}$$

ここで，$\underset{\sim}{D}=\mathrm{diag}[\sigma_{xi}]$，$\underset{\sim}{\Gamma}=\underset{\sim}{L}^{-1}$，$\underset{\sim}{R}=\underset{\sim}{L}\underset{\sim}{L}^T=\underset{\sim}{D}^{-1}\underset{\sim}{C}\underset{\sim}{D}^{-1}=[\rho_{ij}]$，$\underset{\sim}{C}=E[(\underset{\sim}{X}-\underset{\sim}{M})(\underset{\sim}{X}-\underset{\sim}{M})^T]$，$\underset{\sim}{M}=[\mu_{xi}]$。各変数$\underset{\sim}{X}$が必ずしも正規型でない場合の$\underset{\sim}{X}$に関する結合確率分布を求める解析手法についてHohenbichler[2]らの Rosenblatt 変換を用いる方法や，Kiureghian[3]の等価相関関数を用いる方法が提案されている。ところで，本報告で提案する手法は，Kiureghianの方法と本質的には同一であるが，等価相関係数を求めるアルゴリズムが異なる。　すなわち，式(4)の$\underset{\sim}{Y}$に関する点推定値を用いて共分散マトリックス$\underset{\sim}{C}$を逐次改定し，一定の$\underset{\sim}{C}$に収束した時，それを等価相関係数とする。この最終段階の$\underset{\sim}{Y}$は標準正規型であることから，2.1の方法で破壊確率の評価が可能となる。

3．結　論

本提案手法は，非正規型確率変数に対する2次モーメント法の適用性の拡大に資するものと言えよう。

参考文献

1) Rosenblueth,E :'Point Estimates for Probability Moments', Proc. Nat. Acad.Sci.USA, Vol.72 No.10, pp.3812-3814, 1975
2) Hohenbichler,et al:'Non-Normal Dependent Vectors in Stractural Safety', ASCE, Vol.107, No.EM6, 1981
3) A.D.Kiureghian:'Structural Rebiability under Incomplete Probability Information', ASCE, Vol.112,No.EM1,1986