

石川 高博 正会員 ○ 出村 博典
金沢大学 正会員 小堀 為雄

1. まえがき

土木構造物の信頼性解析においては、構造物を構成する部材の強度のばらつきを表わす確率分布は大きな役割を占めている。ところが、土木構造物は機械製品や電気製品と異なり同一の部材(部品)が数多く製作されないために、実際に製作された部材に破壊試験を施して強度の確率分布を求めることは困難な場合が多い。

本報告は、すでに建設されている多部材構造物の部材強度の確率分布を、その構造物が受けとれている荷重、すなわち保証荷重より推定する1つの考え方を示すものである。

2. 考え方

Fig. 1に示すような直列結合構造物を考える。構造物に W なる荷重が載荷され、各部材に等しい応力 σ が生じたとする。また各部材はすべて同一の母集団から取り出されたものとし、その確率分布を $f_R(r)$ とする。そうすれば、部材の生存確率 P_r は(1)式より求めることができ(Fig. 2参照)、また構造物に W なる荷重が載荷されたとき、 n 本の部材のうち i 本が生存する確率 $\text{Prob}(i)$ は(2)式より求められることができる。

$$P_r = \int_0^{\infty} f_R(r) dr \quad (1)$$

$$\text{Prob}(i) = \binom{n}{i} P_r^i (1 - P_r)^{n-i} \quad (2)$$

そこで、部材強度の確率分布は、分布形は定まっているが、その分布の母数は未知であるとする。構造物が W なる荷重が載荷されても破壊しなかったということは、直列結合構造物では(2)式において $i=n$ なる事象が生じたとを意味する。よって(3)式に示すような区間推定を施し、(1)式で推定された部材の生存確率 P_r より部材強度の確率分布の母数を推定することができると思われる。

$$\text{Prob}(P_{r,1} < P_r < P_{r,2} | i=n) = 1 - \alpha \quad (3)$$

3. 計算例と結果

Fig. 3は、部材数 $n=20$ のときの生存部材数 i に対する P_r の信頼区間を示している。点線は、 $i=10$ の区間であり、いま注目する信頼区間は $i=n$ (Fig. 3では20)のときの区間である。Fig. 4は、構造物の部材数の増加による $i=n$ のときの信頼区間の下側 $P_{r,1}$ の変化を示している。Fig. 5は、部材強度の分布を正規分布と仮定し、部材に生じている保証応力 $\sigma = 2000 \text{ kg/cm}^2$ とした場合の、 $n=2, 4, 10, 24$ のときの信頼区間の下側 $P_{r,1}$ に対応する部材強度の平均値 m_1 と標準偏差 σ の関係を示したものである。そして、Fig. 6は、標準偏差 $\sigma = 200, 400 \text{ kg/cm}^2$ に固定した場合の、部材数 n による信頼区間の下側 $P_{r,1}$ に対応する m_1 の変化を示したものである。本手法は、構造物を構成している部材数が比較的多く、部材強度のばらつきが大きい場合に、その部材強度の確率分布のチェックの意味において有用であると考えられる。

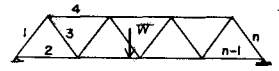


Fig. 1

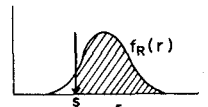


Fig. 2

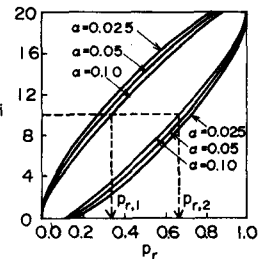


Fig. 3

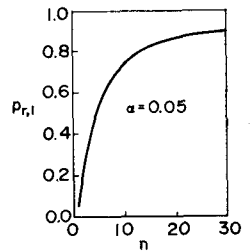


Fig. 4

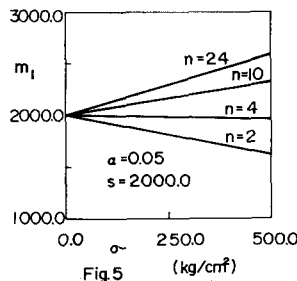


Fig. 5

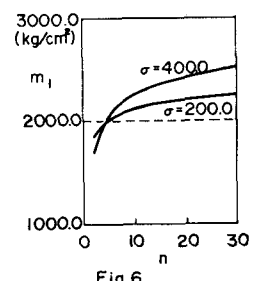


Fig. 6