

徳島大学工学部 正員 宇都宮英彦

徳島大学工学部 正員の沢 田 勉

1. まえがき 信頼性を考慮した最適設計に関する研究を大別すると、1) 破壊確率を制約条件として構造物の重量等で表わされる初期建設費を最小にする方法、2) 初期建設費を制約条件として破壊確率を最小にする方法、3) 構造物が破壊したときの損失コストを含めた総期待コストを最小化する方法、となる。

一方、Shinozuka は航空構造物に対する proof load test の考えを最適設計に導入し、重量の軽減により proof load test の効果を示した⁽¹⁾。本研究では、土木構造物に対して、その建設後とくに行なう proof load test を考え、上述の 3) の総期待コストを最小化する方法を用いて最適設計を行なひ、二、三のパラメータに対する計算結果より、総期待コストの面から proof load test の有効性を論じる。

2. 仮定 対象とする構造物としてトラスを考え、作用荷重 S と部材強度 R の確率分布は既知とし、 S と R は統計的に独立とする。構造物の破壊は weakest link type とする。また、破壊のコスト、proof load test のコストは仮定されるものとし、初期建設コストは構造物の全体積に比例するものとする。また、次節で述べる総期待コストは、初期建設コスト、proof load test のコストおよび破壊のコストから成るものとする。

3. 総期待コスト proof load のレベルを $m\bar{S}$ ($\bar{S}$ は荷重の平均値) で表わし、次の形の総期待コストを仮定する。

$$EC = C_e + q_0 C_0 + P_f C_f = u \sum a_i l_i + q_0 C_0 + P_f C_f \quad (1)$$
ここで、 u = 構造物の単位体積当りの初期コスト、 a_i = 部材断面面積、 l_i = 部材長、 q_0 = proof load に耐える構造物が得られる以前に proof load のもとで破壊する構造物の期待数、 C_0 = proof load test のコストで proof load test による構造物の破壊のコストを含む、 P_f = 構造物使用後の破壊確率、 C_f = 構造物が破壊した場合のコストである。式(1)の両辺を C_f で割ると、 $EC^* = \beta \sum a_i l_i + \gamma q_0 + P_f \quad (2)$ となる。ここで、 $\beta = u/C_f$ 、 $\gamma = C_0/C_f$ で、 EC^* は相対期待コストである。以上より、この場合の最適問題は式(2)の相対期待コスト EC^* を最小化するような部材断面面積 a_i および proof load のレベルを表わす m を決定する無制約の問題になる。

4. 計算例および考察 文献1) で用いられた 10 bar problem について、相対期待コスト EC^* に含まれるパラメータ β および γ の値を変えて計算を行なった。荷重および部材強度の分布は正規分布と仮定し、それらの変動係数もパラメータと考えた。計算結果の1部を表-1に示す。表において、 $V = \sum a_i l_i$ は構造物の全体積、 $\beta V/EC^*$ は初期コストが総期待コストに占める割合を百分率で示したものである。また、 $\gamma = 0$ の欄は proof load test を考慮しない場合の結果である。以上の結果より、1) 部材強度の変動係数 CVR が小さい場合には、proof load test の効果は少ないが、 CVR が大きくなると、 γ が小さいときには、相対期待コストの減少が大きくなる、2) 最適な proof load のレベルは、 γ および荷重の変動係数の影響をうける、3) 総期待コスト

表-1

CVs	CVR	β	γ	EC^*	$\frac{\beta V}{EC^*}$	V	m
0.20	0.05	10^{-6}	0	0.1015×10^{-2}	97.2	986.8	
			10^{-2}	0.1014	97.2	986.2	1.47
			10^{-3}	0.1014	97.2	985.3	1.62
			10^{-4}	0.1006	96.8	973.5	1.73
	0.05	10^{-7}	0	0.1076×10^{-3}	97.7	1050.8	
			10^{-4}	0.1074	97.7	1047.5	1.74
			10^{-5}	0.1063	97.0	1031.1	1.84
			0	0.1133×10^{-4}	98.0	1110.8	
	0.05	10^{-8}	10^{-4}	0.1133	97.8	1108.5	1.74
			10^{-5}	0.1129	97.7	1103.4	1.85
			10^{-6}	0.1114	97.2	1082.4	1.93
0.20	0.10	10^{-8}	0	0.1456×10^{-4}	96.3	1402.2	
			10^{-4}	0.1376	95.8	1318.3	1.74
			10^{-5}	0.1310	95.4	1250.0	1.85
			10^{-6}	0.1224	94.8	1160.5	1.93
			0	0.1213×10^{-4}	96.6	1171.7	
			10^{-4}	0.1077	95.9	1032.8	1.37
0.10	0.10	10^{-8}	10^{-5}	0.1011	95.5	965.6	1.43
			10^{-6}	0.0935	95.1	889.5	1.47

に占める初期コストの割合は90%以上であり、 β および γ の影響をそれほど受けたり。

参考文献 (1) Shinozuka et. al. "Optimum Structural Design Based on Reliab. and proof load test", proc. of 8 Reliab. Conf.,

Vol. 8, 1969