

建設省土木研究所 正 金井道夫
 ノ
 正 佐伯彰一
 ノ
 正 大塚一喜

まえがき

現行の道路橋示方書は、鋼橋の設計は許容応力度設計法によることを基本としている。しかし、特に道路橋の場合は、許容応力度設計法を基本とした設計基準では、死荷重と活荷重に対する安全性が必ずしも同一に保たれず、また部材の種類による安全性の不統一も解消されないことが、しばしば指摘されている。本研究では、近似理論を用いた信頼性解析を各種部材・荷重に対して行ない、すべての部材・荷重に対して同一の安全性が確保されるように、具体的な強度係数、荷重係数の数値を提示した。

1. 信頼性解析の方法

本研究では、非合成プレートガーダー橋を対象に、荷重係数設計基準で規定する必要のある強度係数、荷重係数について信頼性解析を行なった。荷重係数設計基準は、次式に示される形のものを採用した。

$$\varphi \cdot R^* \geq \gamma_0 (\gamma_0 \cdot D^* + \gamma_L \cdot L^*) \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここに R^* , D^* , L^* ; 示方書に規定される公称部材耐荷力、死荷重強度、活荷重強度

φ ; 強度係数(部材耐荷力の変動性により決定される。)

γ_0 ; 解析誤差に対する係数(構造解析誤差、構造物の重要度により決定される。)

γ_D ; 死荷重係数(死荷重強度の変動性により決定される。)

γ_L ; 活荷重係数(活荷重強度 ノ)

今回の解析では、 R^* , D^* , L^* はいずれも現行道路橋示方書と等しくとした。すなわち、今回の解析では限界状態に関する検討は行なわず、現行示方書に規定される耐荷力、荷重強度を、実際の構造物で計測された耐荷力、荷重強度と比較することにより強度係数、荷重係数を求めている。信頼性の評価は二次モーメント法により行なった。次式で示される信頼性指標 β が等しければ同一の安全性が確保されていると判断している。

$$\beta = \frac{\ln(M_R/M_S)}{\sqrt{V_R^2 + V_S^2}} \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

ここに M_R , V_R ; 実際に実験もしくは計測により得られる部材耐荷力の平均値、変動係数

M_S , V_S ; 荷重強度の平均値、変動係数

(2)式で信頼性を評価する場合、強度係数、荷重係数の値は次式で求めることができる。^{1) 2)}

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{M_R}{R^*} \cdot \exp(-0.75 \cdot \beta \cdot V_R) \\ \gamma_0 &= \frac{M_D}{D^*} \cdot \exp(0.75^2 \cdot \beta \cdot V_D) \\ \gamma_L &= \frac{M_L}{L^*} \cdot \exp(0.75^2 \cdot \beta \cdot V_L) \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (3)$$

今回の解析では、 $\beta = 4$ を仮定してすべての強度係数、荷重係数を求めた。RとSが対数正規分布をすると仮定した場合、 $\beta = 4$ は破壊確率 $P_f = 3 \times 10^{-5}$ に相当する信頼性を意味する。また試算設計の結果によれば、 $\beta = 4$ は現行示方書による設計とほぼ同じ設計諸元を与える。

2. 強度係数に関する信頼性解析

强度係数の解析は、引張部材、圧縮部材、曲げ部材、高カボルト摩擦接合継手、鉄筋コンクリート床版について行なつた。たとえば圧縮部材については、細長比 $\lambda/\epsilon = 60, 80, 100, 120$ の部材について次式を(3)式に代入することにより強度係数を求めている。

$$\frac{M_R/R^*}{A^*} = \frac{\bar{A} \cdot \bar{\sigma}_y}{A^* \cdot \sigma_y^*} \cdot (\bar{\sigma}_{cr}/\sigma_{cr}^*) \quad \left. \right\} \quad (4)$$

$$V_R^2 = V_A^2 + V_{\sigma_y}^2 + V(\sigma_{cr}/\sigma_{cr}^*)$$

ここで

A ; 部材断面積 σ_y ; 鋼材降伏点 σ_{cr} ; 座屈応力度

A, σ_y は部材製作精度、鋼材降伏点の実測データから、 σ_{cr} は座屈実験の結果から求めめる。

3. 荷重係数に関する信頼性解析

荷重係数の解析は、死荷重、T-荷重、L-荷重について行なつた。解析に用いたデータは、いづれも実際の橋梁で得られた荷重強度に関するデータである。たとえばT-荷重については、次のようなステップで解析を行ない、荷重係数を求めている。

- (1) 実橋で観測された輪荷重に対して、分布形をあてはめる。(種々の分布形を検討した。)
- (2) あてはめた分布形より、供用年数間の最大輪重の分布形を推定する。(極値分布)
- (3) 極値分布の平均値と変動係数にまとめて、(3)式により荷重係数を求める。

4. 結論

今回の解析により得られた強度係数、荷重係数の値は次のとおりである。

表-1. 強度係数

引張部材	圧縮部材	曲げ部材	高カボルト摩擦接合継手	鉄筋コンクリート床版
0.95	0.7 $\lambda/\epsilon \leq 60$ 0.6 $\lambda/\epsilon > 60$	1.0 $\lambda_p \leq 0.6$ 0.9 $\lambda_p > 0.6$	0.85	1.0

表-2. 荷重係数

D + L (T荷重)	D + L (L荷重)
$1.2 (1.1 D + 3.0 T)$	$1.2 (1.1 D + 2.1 L)$

强度係数の解析結果から言えることは、現行の道路表示方書に示される部材耐荷力によつて設計を行なつ場合、圧縮部材は他の部材に比べてかなり安全性が低いことである。また、圧縮部材の安全性は、 λ/ϵ によつてもかなり変動している。次に、荷重係数に関しては次の結論を得る。L荷重に関しては、表-2に示された荷重係数の組み合わせは、現行示方書とほぼ同じ安全率を与えるが、T荷重に関しては、表-2に示された荷重係数の組み合わせは、現行示方書よりはるかに大きい安全率を与える。すなわち、現行示方書では、T荷重に対する安全性とL荷重に対する安全性は必ずしも一致しておらず、T荷重に対してより危険になつてゐる。今後は、データの蓄積によつてより詳細な解析を行なう必要があると思われる。

- 1) SERIES OF LECTURES ON STRUCTURAL RELIABILITY AND PROBABILITY-BASED DESIGN. A.H-S.ANG
- 2) PROPOSED CRITERIA FOR LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN OF STEEL BUILDING. T.V.GALAMBOS
- 3) 鋼橋の強度係数および荷重係数に関する信頼性解析 土木研究所資料 No.1225 昭和52年3月