

金沢大学 工学部 正員 近田康夫

金沢大学 工学部 正員 小堀為雄

金沢大学 工学部 正員 城戸隆良

朝日エンジニアリング株式会社 正員 津田和俊

1. はじめに

近年、既設橋梁の維持・管理あるいは保守・補修に対する関心が急速に高まりつつある。橋梁が補修を必要とする状態であるかどうか、あるいはどのような補修方法が最適であるのかといった問題に対処するためには、まず、その橋梁が現在どのような状態にあるのかを把握しなければならない。本報告においては、橋梁、特に、鋼道路橋上部工の耐荷力を求める場合にしばしば用いられる「基本耐荷力式」に、信頼性理論の一つである2次モーメント法を用いて求めた補正係数を導入することにより、合理的耐荷力評価方法の確立を試みた。

2. 基本耐荷力式⁽¹⁾

橋梁を構成する部材の基本耐荷力は次式で定義される。

$$P = 20 \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}} \quad (1) \quad \left[\begin{array}{l} P: \text{基本耐荷力 (t)}, \sigma_a: \text{材料の許容応力度 (kg/cm}^2\text{)}, \sigma_d: \text{死荷重による} \\ \text{応力度 (kg/cm}^2\text{)}, \sigma_{20}: \text{道路橋示方書に規定された一等橋の活荷重ならびに衝} \\ \text{撃によって生じる応力度 (kg/cm}^2\text{)} \end{array} \right]$$

ある部材に対して式(1)によりPの値が得られた場合、 $P > 20$ ではTL-20に対して応力的に余裕があり、 $P < 20$ ではTL-20に対して耐荷力不足であると判断する。そして、橋梁を構成する全部材に対して求められたPの値のうちで最小のものをもってその橋梁の耐荷力とする。式(1)の値は、設計計算書のみから求まるが、橋梁の現状を反映させた、いわば供用荷重である修正基本耐荷力 P' は次式のように式(1)で与えられる基本耐荷力の値に補正係数を乗じた形で与えられる。

$$P' = K_s \cdot K_r \cdot K_t \cdot K_0 \cdot P \quad (2) \quad \left[\begin{array}{l} K_s: \text{応力度に関する補正係数 (-)}, K_r: \text{路面性状に関する補正係数 (-)}, \\ K_t: \text{交通状況に関する補正係数 (-)}, K_0: \text{その他の条件に関する補正係数} \\ (-) \end{array} \right]$$

式(2)の補正係数は、⁽³⁾載荷試験等によって決定されるが、本質的には確率変数として取り扱うべきものである。

3. 信頼性理論の応用

安全性の余裕 $Z = R/S$ に対する2次モーメント法における非破壊条件は、

$$\begin{aligned} \mu_R &> \mu_S \cdot \exp(\beta \sqrt{V_R^2 + V_S^2}) \\ &= \mu_S \cdot \exp(\alpha \beta V_S) / \exp(-\alpha \beta V_R) \\ &= \mu_S \cdot \gamma / \phi \end{aligned} \quad (3) \quad \left[\begin{array}{l} R: \text{抵抗力}, S: \text{荷重効果}, \mu_R, \mu_S: R, S \text{の平均値} \\ V_R, V_S: R, S \text{の変動係数} \\ \beta: \text{安全性指標}, \alpha: \text{線形化係数} \\ \gamma: \text{荷重係数}, \phi: \text{抵抗係数} \end{array} \right]$$

$$\gamma = \exp(\alpha \beta V_S), \phi = \exp(-\alpha \beta V_R) \quad (4)$$

いま、抵抗力Rおよび荷重効果Sを以下のように表すことにする。

$$\begin{aligned} R &= R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot \bar{R} \quad (5) \\ S &= S_L \cdot S_{L_0} + S_D \cdot S_{D_0} \quad (6) \\ S &= S_L \cdot S_{L_0} + S_D \cdot S_{D_0} + S_W \cdot S_{W_0} \quad (7) \end{aligned} \quad \left[\begin{array}{l} R_1 \sim R_4: \text{強度変動, 部材寸法, 腐食度, 品質・施工管理の影響を表} \\ \text{す確率変数 (-)}, \bar{R}: \text{部材強度公称値 (kg/cm}^2\text{)} \\ S_L, S_D, S_W: \text{活荷重, 死荷重, 群集荷重による応力度 (kg/cm}^2\text{)} \\ S_{L_0}, S_{D_0}, S_{W_0}: \text{各荷重効果の解析誤差 (-)} \\ S_L, S_D, S_W, S_{D_0}, S_{L_0}, S_{W_0} \text{はいずれも確率変数} \\ \alpha_R, \alpha_S: \text{抵抗力, 荷重効果の線形化係数} \end{array} \right]$$

$$\Pi(\phi_{Ri} \mu_{Ri}) > \Sigma(\gamma_{Si} \mu_{Si}) \quad (8)$$

$$\phi_{Ri} = \exp(-\alpha \beta V_{Ri} \alpha'_R) \quad (9)$$

$$\gamma_{Si} = \exp(\alpha \beta V_{Si} \alpha'_S) \quad (10)$$

式(7)は、歩道併用橋に対する式である。

式 (9) , (10) で表される抵抗係数 荷重係数を式 (1) に対して, 次式のように導入する。

$$P' = 20 \frac{K_R \cdot \sigma_a - K_{S2} \cdot \sigma_d}{K_{S1} \cdot \sigma_{20}} \tag{11}$$

あるいは, 歩道併用橋に対して,

$$P' = 20 \frac{K_R \cdot \sigma_a - K_{S2} \cdot \sigma_d - K_{S3} \cdot \sigma_w}{K_{S1} \cdot \sigma_{20}} \tag{12}$$

式 (11) あるいは式 (12) により, 橋梁に対する調査や試験の結果を確率論の立場から耐荷力評価にとりこめることになる。

4. 導入した補正係数の性質

文献や既設橋梁の試験結果から得たデータを基に, 式 (12) における, 荷重に関する補正係数を求めたものを図一1に示す。図において, $\beta = 3, \alpha = 0.75,$

$\mu_{S1}/\sigma_{20} = 1.0, \mu_{S2}/\sigma_d = 1.0$ としている。また, 全荷重に対する群集荷重の割合を10%に固定し, 活荷重 (死荷重) の割合をそれぞれ20~70 (70~20) %の間で変化させ, それに対応する補正係数の値を, 変動係数をパラメーターとして表している。図より, 荷重の全荷重に対する割合が大きくなる程, また, 変動係数が大きくなる程補正係数は, 増加することがわかる。これに対応して, P' の値が減少することが, 式 (12) よりわかる。

つぎに, 抵抗力に関する補正係数 K_{Ri} の値の変化を, 変動係数 V_{Ri} を横軸に, 平均値 μ_{Ri} をパラメーターにとって図一2に示す。図より, 変動係数が大きい程, また, 平均値が小さい程, 補正係数の値は減少することがわかる。

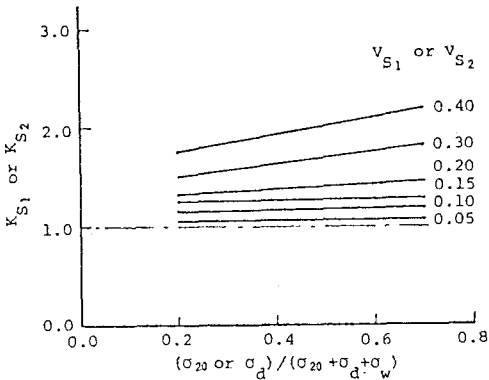
5. 結言

橋梁の耐荷力の指標である基本耐荷力式に, 信頼性理論を応用した補正係数を導入することを試みた。実際の耐荷力調査においては, 部材ごとに式 (11) あるいは式 (12) を用いて, 修正基本耐荷力 P' を求め, $P' \geq 20$ によりその部材の応力の余裕を検討するのであるが, 部材によって, 全荷重に対する活荷重の割合が異なる等の部材の特性が, P' の値には, 表面上現れないことに注意する必要がある。すなわち, 等しい修正基本耐荷力の値をもつ2つの部材が, 必ずしも等しい安全性を有するとは言いきれないのであり,⁽⁴⁾ 今後, このような部材の特性をも包含し得るように, 基本耐荷力式の適用方法を検討するか, あるいは, 新しい指標を提示する必要があるように思われる。

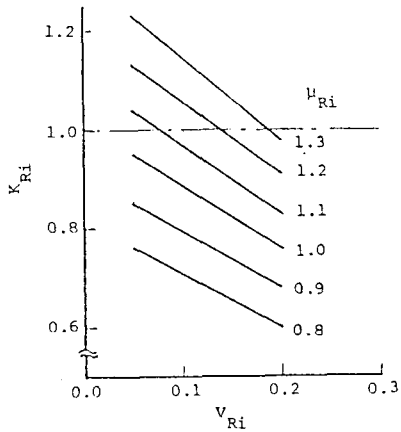
6. 参考文献

(1)建設省道路部会：既存橋梁の耐荷力と供用限界について, 第19回建設省技術研究会報告, PP.175—181, 1965
(2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説, 1980
(3)土木学会：構造物の安全性・信頼性, 土木学会, 1976
(4)小堀, 城戸他：橋梁診断の基礎概念と既存橋の診断例について, 第29回構造工学シンポジウム論文集, 1983

$$\left\{ \begin{aligned} K_R &= \Pi(K_{Ri}) \\ K_{Ri} &= \phi_{Ri} \cdot \mu_{Ri} \\ K_{S1} &= (\mu_{S1}/\sigma_{20}) \cdot \gamma_{S1} \\ K_{S2} &= (\mu_{S2}/\sigma_d) \cdot \gamma_{S2} \\ K_{S3} &= (\mu_{S3}/\sigma_w) \cdot \gamma_{S3} \end{aligned} \right.$$



図一1 荷重に関する補正係数



図一2 抵抗力に関する補正係数