

鋼げた橋の信頼性指標 β の評価と部材強度の抵抗係数の基礎検討

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○清水 英樹 (独) 土木研究所 正会員 村越 潤
 (独) 土木研究所 正会員 梁取 直樹 (独) 土木研究所 正会員 小森 大資

1. はじめに

本文では、部分係数設計法の書式に基づく鋼道路橋の設計基準作成のために、現行の鋼げた橋の信頼性指標を基にした部材強度の抵抗係数の試算とその抵抗係数を用いた試設計の結果について報告する。

2. 検討方法

検討対象とした照査は、鋼げた断面における、表-1の自由突出板、補剛板、横倒れ座屈、引張降伏の照査とした。検討手順は次のとおりである。なお、図-1に検討に際しての抵抗係数の試算フローを示す。(1)現行道路橋示方書(以下、道示)に基づき試設計を行い、得られた鋼断面における照査項目に対してFORM(統計値は表-1,2に示す値を使用)により信頼性指標 β_i と感度係数 α_i を算出する。(2)照査項目毎に得られた β_i より目標信頼性指標 β_T を仮定し、算出した α_i を用いて設計値法で抵抗係数 ϕ'_{Ri} を試算する。(3) ϕ'_{Ri} を0.05単位で丸めた上で、部分係数照査書式に則って照査対象の鋼断面のフランジ板厚のみ変化させて試設計を行うとともに、新たに得られた鋼断面の β'_i をFORMにより求める。

表-1 座屈強度実験結果の統計値と β 算定上の基準値

	自由突出板	補剛板	横倒れ座屈
実験データと道示耐荷力曲線の関係			
道示耐荷力式	$\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 1.0$ ($R \leq 0.7$) $\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 0.5 \frac{R}{R_k}$ ($0.7 < R$) 座屈パラメータ $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y (1.2\lambda - \mu^2)}{E \cdot 0.43\pi^2}}$	$\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 1.0$ ($R \leq 0.5$) $\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 1.5 - R_k$ ($0.5 < R_k \leq 1.0$) $\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 0.5 \frac{R_k}{R_k^2}$ ($1.0 < R_k$) 座屈パラメータ $R_k = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y (1.2\lambda - \mu^2)}{4\pi^2}}$	$\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 1.0$ ($\alpha \leq 0.2$) $\frac{\sigma_c}{\sigma_y} = 1.0 - 0.412(\alpha - 0.2)$ ($0.2 < \alpha$) 座屈パラメータ $\alpha = \frac{2}{\pi} K \sqrt{\frac{I_y}{I_x} \frac{1}{b}}$ $K = 2$ ($A_y/A_x \leq 2$) $K = \sqrt{3 + \frac{A_y}{A_x}}$ ($A_y/A_x > 2$)
実験データ	東海鋼構造研究グループ：鋼構造部材の抵抗強度の評価と信頼性設計への適用(L)(下)、橋梁と基礎、1980.11-12.	建設省土木研究所：補剛板の限界状態(その1)、大型供試体による耐荷力試験、土工資料1779、1982.2.	東海鋼構造研究グループ：鋼構造部材の抵抗強度の評価と信頼性設計への適用(L)(下)、橋梁と基礎、1980.11-12.
(信頼性指標統計値を算定するための基準値)	福本先生[1990]の提案式を基準値として設定	新たに設定した基準値	耐荷力の下限値曲線として道示式を設定
強度統計値	平均値 1.0000 標準偏差 0.0000 変動係数 0.0000 $R \leq 0.7$ $0.7 < R$	平均値 1.0000 標準偏差 0.0000 変動係数 0.0000 $R_k \leq 0.2$ $0.2 < R_k$	平均値 1.0000 標準偏差 0.0000 変動係数 0.0000 $\alpha \leq 0.2$ $0.2 < \alpha$

表-2 解析に用いた確率変数の統計値

(a) 抵抗側不確定要因						
項目	分類等	道示規定値の基準となる値または式(以下、基準値)	平均値 基準値	標準偏差	変動係数	備考
材料強度	鋼材降伏強度	全鋼種、全板厚 JIS規格下限値	1.232	0.1011	0.0821	
断面定数	板厚誤差	板厚 $t \leq 100\text{mm}$ 板厚公称値	1.002	0.0121	0.0121	
	板取(板幅)誤差	— 板幅公称値	1.000	0	0	確定値
鋼材物理定数	弾性係数	200000N/mm ²	1.000	0	0	確定値
	ポアソン比	0.30	1.000	0	0	確定値

(b) 荷重側不確定要因						
項目	分類等	道示規定値の規準となる値または式(以下、基準値)	平均値 基準値	標準偏差	変動係数	備考
死荷重	鋼重(全鋼種)	公称体積×単位重量(77.0kN/m ³)	1.002	0.0121	0.0121	
	鉄筋コンクリート床版重量	公称体積×単位重量(24.5kN/m ³)	1.050	0.0138	0.0131	
	舗装重量	公称体積×単位重量(22.5kN/m ³)	1.030	0.0500	0.0485	
	鋼製高欄(金属製高欄)	規定無し：0.5kN/m(1高欄当り)	1.000	0	0	確定値
活荷重	b活荷重	L荷重 道示I 2.2.2活荷重	1.600	0	0	確定値
	衝撃係数	$i=20/(50+L)$ L：支間長(m)	1.600	0	0	確定値

本文で考慮した照査書式を式(1)に示す。

$$\gamma_D D_k + \gamma_L L_k \leq \phi'_R \cdot R'_k \quad \text{式(1)}$$

 ここに、
 $\gamma_D, \gamma_L, \phi'_R$ ：死荷重係数, 活荷重係数, 抵抗係数
 D_k, L_k, R_k ：死荷重, 活荷重, 抵抗の特性値
 道示に基づく試設計の橋梁は、有効幅員 9.5m

の単純非合成 I 桁(支間長 L=30,40,50,55m), 連続合成 I 桁(L=50m), 連続鋼床版箱桁(L=100,200m)の計 7 橋とした。 β 算出の対象部位は、自由突出板では単純非合成 I 桁の支間中央と連結位置の上フランジ, 補剛板では連続鋼床版箱桁の中間支点付近下フランジ, 横倒れ座屈では連続 I 桁の中間支点

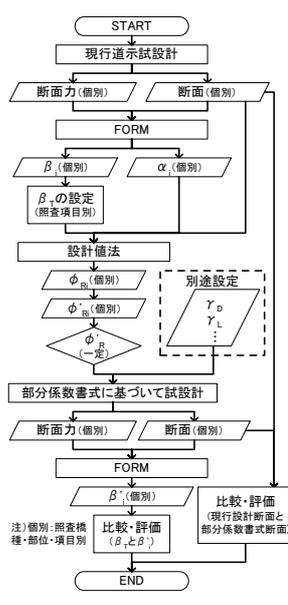


図-1 抵抗係数試算フロー

キーワード 鋼げた橋, 信頼性指標, 部分係数, 座屈強度, FORM

連絡先 〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5-1 大日本コンサルタント株式会社 TEL048-988-8113

付近の下フランジと合成桁の合成前上フランジ，引張降伏では各形式の断面力極大値と連結位置とした．抵抗係数については設計値法により試算する際， β 算定上の基準値（各座屈パラメータの実験値の下限値相当（平均値－2×標準偏差））を特性値 R_k とした場合と，現行道示の耐荷力曲線を特性値 R_k' とした場合の2方法により算出した．抵抗強度設計値に対して R_k と R_k' の関係は式(2)で表される．

$$\text{抵抗強度設計値} = \text{抵抗係数} \times \text{特性値} = \phi_{Ri} \cdot R_k = \phi_{Ri}' \cdot R_k' \quad \text{これより} \quad \phi_{Ri}' = \phi_{Ri} (R_k / R_k') \quad \text{式(2)}$$

ここに，添え字に i の付いている抵抗係数は各照査位置で算出されたもので， i の無い抵抗係数は部分係数照査書式で仮定したものである．

表-3 抵抗係数 ϕ_{Ri} , ϕ_{Ri}' と信頼性指標 β の試算結果

3. 検討結果

表-3(a)に現行道示で設計した鋼げた断面の各照査における β を示す．(b)に β_T を各照査項目の下限値 β の最大値程度で 4.5 と仮定し試算した抵抗係数 ϕ_{Ri} と ϕ_{Ri}' を示す．(c)仮定した部分係数（表中の抵抗係数 ϕ_R' ，引張降伏抵抗係数 $\phi_R=0.80$ ，死荷重係数 $\gamma_D=1.05$ ，活荷重係数 $\gamma_L=1.60$ ，不静定力の荷重係数は 1.00）を用い，前出の橋梁形式および部位を対象に試設計した鋼げた断面の β を示す．試算の過程で得られた部分係数照査書式による7橋分の鋼断面は，現行道示と比較して抵抗断面積で -6.5%～+1.2%の変化であった．

(1) 自由突出板： ϕ_{Ri} は幅厚比パラメータ $R > 0.7$ 領域において R が大きくなるに従い小さくなっているが， ϕ_{Ri}' は同領域において 0.78

～0.97 となっている．そこで，自由突出板の座屈抵抗係数 $\phi_R'=0.80$ と仮定して試設計した断面は，各幅厚比パラメータ R 内でばらついていた β が収束し， $R < 0.7$ では β が概ね 4.5 となり， $R > 0.7$ では R が大きくなるに従い β も大きくなっている．これは，道示の耐荷力曲線と実験値の離れ量が幅厚比パラメータで異なるためである．

(2) 補剛板： ϕ_{Ri} は幅厚比パラメータ R に関係なく概ね一定値となるが， ϕ_{Ri}' は幅厚比パラメータ R で変化しており 0.60～0.78 程度となっている．そこで，補剛板の座屈抵抗係数 $\phi_R'=0.65$ と仮定して試設計した断面は，現行道示の最小 β が 3.8 程度であったものが β_T の 4.5 に近づいており， $0.7 < R < 1.0$ でばらついていた β が収束し，自由突出板と同様に R が大きくなるに従い β も大きくなっている．これも自由突出板と同様の理由と考えられる．

(3) 横倒れ座屈： $\phi_{Ri}=\phi_{Ri}'$ は座屈パラメータ α に関係なく概ね 0.65 で一定値となり，横倒れ座屈の抵抗係数を $\phi_R'=0.65$ と仮定した．試設計した断面は，現行道示の最小 β が 4.2 程度であったものが β_T の 4.5 に近づいており， β のばらつきも僅かであるが小さくなっている．

参考文献

- 1) 村越潤，清水英樹，有馬敬育：鋼I桁橋の信頼性指標 β の評価と部分係数に関する基礎検討，構造工学論文集 Vol.53A, 2007.3.
- 2) 清水英樹，村越潤，梁取直樹：鋼I桁橋の目標信頼性指標 β_T と部分係数に関する一検討，第62回年次学術講演会, 2007.9.
- 3) 村越潤，梁取直樹，清水英樹：部分係数設計法による鋼I桁橋の試設計と許容応力度設計法との比較検討，第62回年次学術講演会, 2007.9.
- 4) 小森大資，村越潤,他：部分係数設計法による連続鋼床版箱桁橋の試設計と許容応力度設計法との比較検討，第63回年次学術講演会(投稿中)

