

鋼 I 桁橋の目標信頼性指標  $\beta_T$  と部分係数に関する一検討

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

1. はじめに

著者らは、文献 1)において鋼道路橋上部構造を対象として、道示 II 鋼橋編に従って設計された単純鋼 I 桁橋に対して、信頼性設計法における信頼性指標  $\beta$  を試算し抵抗側部分係数について検討を行った。本検討では、目標とする信頼性指標  $\beta_T$  をパラメータとして与えた場合の抵抗側部分係数の傾向について分析した結果を報告する。

2. 検討条件

現行の道路橋示方書に従って設計された支間長 40m の鋼単純非合成 I 桁 (図-1) の外桁(G1)支間中央を対象として、文献 1)で試算した  $\beta$  (図-2) を参考に  $\beta_T$  を 3.0,3.5,4.0,4.5 とした場合の曲げに対するフランジの降伏・座屈を対象に部分係数を試算した。荷重・抵抗側の各種パラメータの実測データについては、既存文献より収集し、それに基づいて設定している。使用した統計量を表-1 に示す。なお、自由突出版の圧縮座屈強度の統計量については、幅厚比パラメータ  $R$  の大きい領域で道示 II の基準耐荷方式と実験値で乖離が大きい

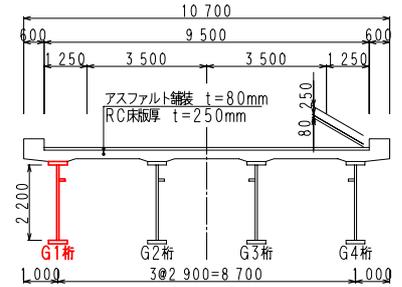


図-1 対象橋梁断面図

ため (図-3),  $R$  の関数として与えている。また、信頼性指標  $\beta$  の解析手法として信頼性設計法レベル II のモンテカルロシミュレーションによることとし確率変数は全て正規分布を仮定している。

部分係数照査書式を式(1)に示す。

$$\gamma_D D_k + \gamma_L L_k \leq \frac{\phi R_k}{\gamma_a} \quad (1)$$

また、 $\beta$  は次式で与えられる。

$$\beta = \frac{\bar{R} - (\bar{D} + \bar{L})}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_D^2 + \sigma_L^2}} \quad (2)$$

式(1)の両辺が等しいとして式変形すると

$$\phi = \frac{1}{R_k} \gamma_a (\gamma_D D_k + \gamma_L L_k) \quad (1')$$

が得られ、式(2)中の  $\beta$  を  $\beta_T$  に置き換え式変形すると下式が得られる。

$$1 = \frac{\bar{R}}{(\bar{D} + \bar{L}) + \beta_T \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_D^2 + \sigma_L^2}} \quad (2')$$

式(1')を式(2')の両辺によりそれぞれ除すと

$$\phi = \frac{\frac{\bar{R}}{R_k} \gamma_a (\gamma_D D_k + \gamma_L L_k)}{(\bar{D} + \bar{L}) + \beta_T \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_D^2 + \sigma_L^2}} \quad (3)$$

が得られる。この式(3)に対して、2方法により抵抗側部分係数  $\phi$  の算出を試みた。一つは、式(3)において、試設計結果で得られた断面を変更せずに死荷重  $D$ 、活荷重  $L$ 、抵抗  $R$  の基準値 (公称値)・平均値・標準偏差を表-1 により与え、活荷重係数  $\gamma_L$  は、活荷重断面力比と同値として 1.0~2.5 の範囲で 0.1 きざみとしパラメータ (死荷重係数

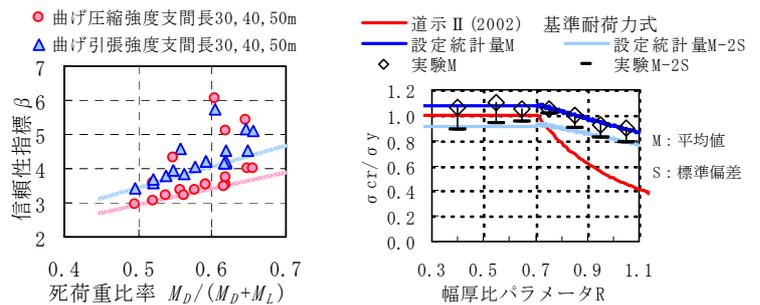


図-2 断面決定部位の  $\beta$

図-3 自由突出版強度データ

表-1 解析に用いた確率変量の統計量

(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)	データ数	平均値 基準値	標準偏差	変動係数	
材料強度	鋼材降伏強度	全鋼種、全板厚	JIS規格下限値	78901	1.232	0.1011	0.0821
		$R \leq 0.7$	$\sigma_{cr}/\sigma_y = 1.0$	24	1.068	0.0775	0.0726
部材強度	自由突出版の圧縮座屈強度	$0.7 < R \leq 1.1$	$\sigma_{cr}/\sigma_y = 0.5/R^2$	25	2.561R -0.730	0.106R +0.001	(0.106R -0.730) -0.730
	断面定数	板厚誤差	板厚公称値	160980	1.002	0.0121	0.0121
	板取(板幅)誤差	—	板幅公称値	—	1.000	0	0
鋼材物理定数	弾性係数	200000N/mm <sup>2</sup>	1024	0.999	0.0450	0.0450	
	ポアソン比	0.30	588	0.937	0.0850	0.0910	

(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)	データ数	平均値 基準値	標準偏差	変動係数	
死荷重	鋼重(全鋼種)	公称体積×単位重量(77.0kN/m <sup>3</sup> )	160980	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 <sup>3</sup> )	不明	1.050	0.0138	0.0131	
	舗装重量	公称体積×単位重量(22.5kN/m <sup>3</sup> )	不明	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	
活荷重	B活荷重	L 荷重	道示 I 2.2.2活荷重	—	1.0~2.5	0	0
		衝撃係数	$1=20/(50+L)$ L: 支間長(m)	—	—	—	—

キーワード 鋼 I 桁, 信頼性指標, 部分係数, 曲げ圧縮強度, 曲げ引張強度

連絡先 〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1 大日本コンサルタント株式会社 TEL03-5394-7616

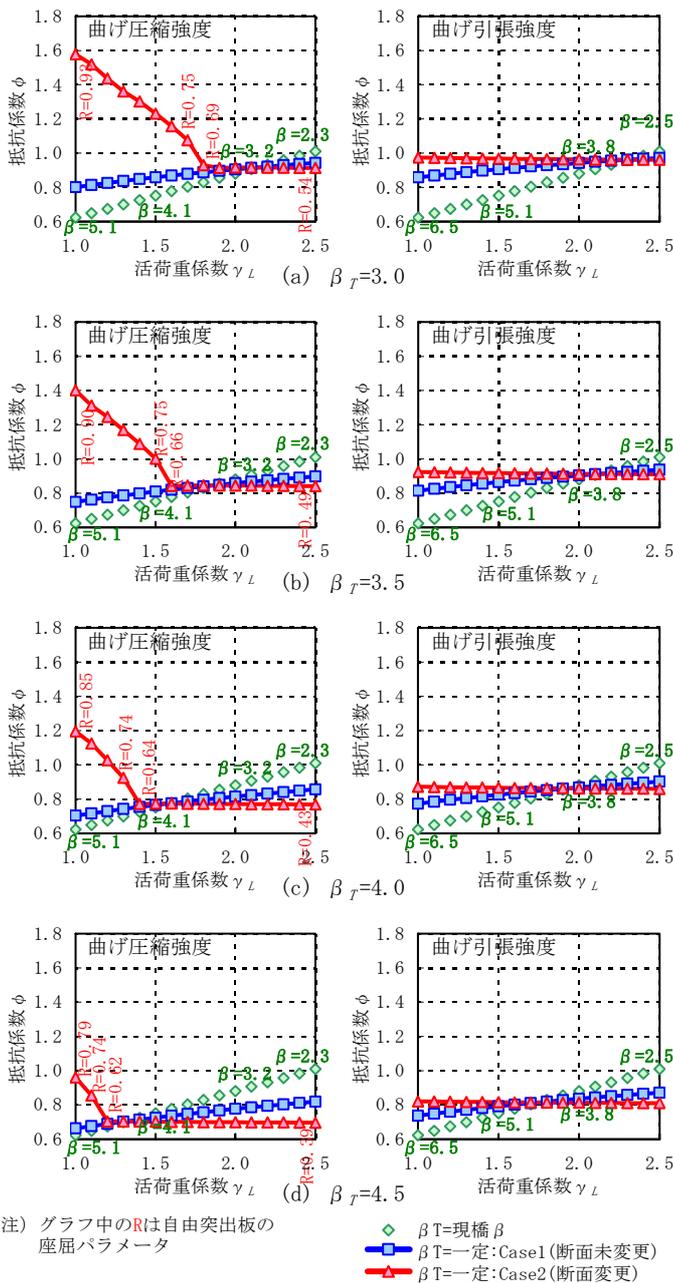


図-4 鋼単純非合成 I 桁支間長 40m の抵抗係数

図中の赤字は座屈パラメータ  $R$  を示しており、Case2 で活荷重係数が小さな領域において  $\phi$  が大きくなる傾向がある。これは断面変化をフランジ板厚のみで行ったため、自由突出板の座屈強度により鋼断面が決定することから、この領域の  $\phi$  は基準となる道路橋示方書の耐荷方式と自由突出板の耐荷力実験データ値の差 (図-3) を表している。実務設計では鋼断面を有効に使用するため  $R \leq 0.7$  の領域を用いることが多く、この部分に着目すると抵抗係数は活荷重係数によらず曲げ圧縮・引張強度ともにほぼ一定となる。また、曲げ圧縮 ( $R \leq 0.7$ ) 強度と曲げ引張強度の  $\phi$  では曲げ引張強度が大きく、両者の差は Case1 では  $\beta_T$  によらず約 0.05 で一定であるが、Case2 では  $\beta_T$  が大きくなる程、差が大きくなっている。これは、Case2 が  $\beta_T$  に応じて抵抗断面を変化させたためと考えられる。

図-5 に  $\beta_T$  と各ケースでの抵抗係数の平均値を示す。曲げ圧縮・引張強度ともに Case1 に比べ Case2 のグラフの傾きが大きく Case2 の方が  $\beta_T$  の変化に対する抵抗係数の感度が大きい。しかし、両ケースでの抵抗係数の絶対値の差は僅かであり、諸外国の基準と同様に係数を 0.05 単位に丸めることを考慮すると抵抗係数算定上簡略な Case1 の方法でも同程度の結果が得られると考えられる。

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  $\beta$  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.

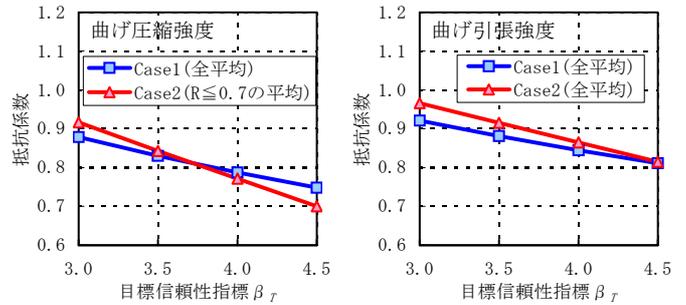


図-5 目標信頼性指標  $\beta_T$  と抵抗係数の関係

$\gamma_D$  は、1.1 に固定) とすることにより、抵抗係数  $\phi$  を算出するものである (以下、Case1 : 断面未変更)。もう一つは、式(3)により算出するのは同じであるが、抵抗の基準値 (公称値)・平均値・標準偏差の与え方を変えたものである。すなわち、シミュレーションにより算出した同一部位における曲げ圧縮強度に対する  $\beta$  と曲げ引張強度に対する  $\beta$  が、同時に  $\beta_T$  となるように上下フランジの板厚を変化させ、断面を変更した上で得られた抵抗断面を基に統計量を与えるものである (以下、Case2 : 断面変更)。ただし、この場合抵抗断面の変化にともなう死荷重や活荷重の変化は小さいと考えられるので、これらは変化しないものと仮定した。

3. 検討結果

図-4 に活荷重係数及び目標信頼性指標  $\beta_T$  をパラメータとした曲げ圧縮・引張強度に関する抵抗係数  $\phi$  を示し、参考までに  $\beta_T$  を現橋の  $\beta$  と同値にした場合のケースもあわせて示す。図中の緑字が現橋の  $\beta$  であるが、この  $\beta$  と  $\beta_T$  がほぼ一致する活荷重係数付近で 3 ケースの抵抗係数が交差し同程度の係数が得られている。これは、Case1 で現橋の  $\beta$  と  $\beta_T$  が一致しているためと、Case2 で現橋鋼断面と断面変更後の断面がほぼ同じことを示して