

鋼単純下路式トラス橋における柱の耐荷力曲線見直しによる合理化検討

(社)日本橋梁建設協会 正会員 ○高須賀丈広, 正会員 永谷 秀樹
正会員 木村 啓作, 正会員 上野臺英孝

1. はじめに

道路橋示方書(以下, 道示と称す)が定める許容軸方向圧縮応力度の基となる耐荷力曲線¹⁾は, 1970年~80年代の研究成果をもとに策定され, それらを用いて設計された鋼橋が, 長大橋から中小河川橋に至るまで数多く架設されている。しかしながら, その耐荷力曲線は諸外国の規定²⁾や我が国の土木学会が提案する耐荷力曲線³⁾と比べ安全率が高く, 現在に至るまで見直しがなされていない。また, 現在は性能照査型設計法に移行しつつあり, 安全性が検証できれば, 耐荷力曲線の規定を緩和することが可能な状況にある。そこで, 本報では, 主たる部材が圧縮となる鋼単純下路式トラス橋を選定し, 土木学会が提案する柱の耐荷力曲線(以下, 土木学会式と称す)を用いて設計した断面と道示を用いて設計した断面を比較することで, 鋼単純下路式トラス橋の合理化の可能性を検証する。

2. 検証内容

(1) 対象橋梁

対象橋梁の選定に際しては, 架設系で断面が決定されていないこと, 圧縮部材となる上弦材・斜材の許容軸圧縮応力度が主に柱の座屈により低減されていることを考慮し, 実際に施工が完了している図-1及び表-1に示す鋼単純下路式トラス橋 A, B を選定した。なお両橋とも主構造総加工鋼重に対して圧縮部材が約30%を占める(表-1参照)。

(2) 断面の照査方法

圧縮部材の局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度は, 土木学会の鋼・合成標準示方書³⁾の耐荷力式において局部座屈は考慮しないものとして式(1)および安全率 1.7 を考慮して式(2)から算出した。図-2に道示式の値との比較を示す。照査に用いる許容軸方向圧縮応力度は, 局部座屈の影響を道示IIに準拠し, 式(3)に示すように算出した。

圧縮部材の断面照査では, 軸力に加え自重および中立軸の偏心による曲げモーメントも考慮した。

$$N_{rd} = \begin{cases} A_g \cdot f_{yd} / \gamma_b & (\bar{\lambda} \leq \bar{\lambda}_0) \\ A_g \cdot f_{yd} / (2 \cdot \bar{\lambda}^2) \cdot (\beta - \sqrt{\beta^2 - 4\bar{\lambda}^2}) / \gamma_b & (\bar{\lambda} > \bar{\lambda}_0) \end{cases} \quad \text{式(1)}$$

$$\sigma_{cag} = N_{rd} / 1.7 \quad \text{式(2)}$$

$$\sigma_{caz} = \sigma_{cag} \cdot \sigma_{cal} / \sigma_{cao} \quad \text{式(3)}$$

ここに, N_{rd} : 部材の設計軸方向圧縮耐力, A_g : 照査部材の断面積
 f_{yd} : 設計降伏強度, l : 部材の有効座屈長, r : 断面2次半径,
 $\bar{\lambda}_0$: 限界細長比パラメータ(=0.2), α : 初期不整係数(=0.089),
 $\bar{\lambda}$: 細長比パラメータ(= $1/\pi \cdot \sqrt{f_{yd}/E} \cdot l/r$), E : ヤング率,
 γ_b : 部材係数(=1.0), σ_{cag} : 許容軸方向圧縮応力度,
 σ_{cal} : 局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度,
 σ_{cal} : 局部座屈に対する許容応力度,
 σ_{cao} : 局部座屈を考慮しない許容軸圧縮応力度の上限値

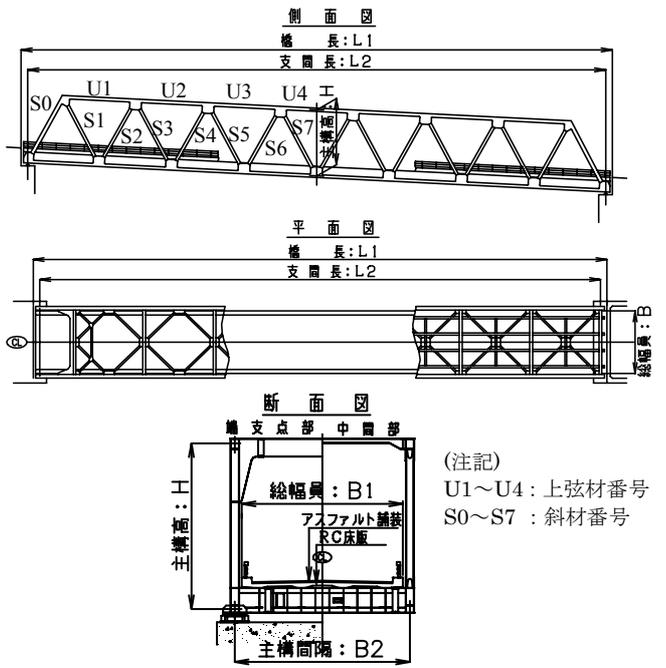


図-1 解析対象橋梁

表-1 解析対象橋梁の諸元

記号	条件	単位	トラスA	トラスB
L1	橋長	m	84.0	79.0
L2	支間長	m	82.1	78.1
B1	総幅員	m	9.2	8.2
B2	主構間隔	m	10.0	9.1
H1	主構高	m	9.5	10.0
-	床版形式	-	RC床版	RC床版
-	圧縮材鋼重 /主構造加工鋼重	-	0.285	0.296

(注記)
 U1~U4: 上弦材番号
 S0~S7: 斜材番号

キーワード: 鋼単純下路式トラス橋, 細長比パラメータ, 座屈耐荷力, 許容軸圧縮応力度
 連絡先: (社)日本橋梁建設協会

〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目6番11号 TEL: 03-3507-5225, FAX: 03-3507-5235

3. 検証結果

(1) 断面積低減効果

上弦材・斜材の圧縮部材を前節の式を用いて再設計し、基本設計(道示式)の結果と比較した。その結果は、表-2に示すとおりであり、それを用いて以下、トラスA及びBの各々について考察する。なお、土木学会式を用いて断面決定するケースについては、道示II 4.3による照査値が基本設計の結果とほぼ同等となるよう配慮することで、断面決定のレベルを合わせることにした。また、ここで検証する部材については、基本設計の段階から局部座屈で断面が決定されている部材もあるため、柱の座屈耐荷力の向上による断面積の低減効果が局部座屈の影響で小さい部材も含まれる。

1) トラスA

トラスAでは、土木学会式を適用することにより、上弦材は4~13%程度、圧縮斜材は約7~30%の断面積の低減が可能である。また、細長比パラメータが0.5~0.6の上弦材は断面積の低減率は低く、0.7以上となる圧縮斜材において断面積の低減率は大きくなっている。これは、図-2に示す柱の耐荷力曲線の比較より、細長比パラメータが0.8近傍において両者の耐荷力の差が最も大きく、土木学会式を用いることによる断面積の低減効果が高くなったことが主な理由であると考えられる。ガセットの板厚については、母材厚以上にガセット板厚を減じることができないため、大幅な改善は見込めない結果となった。

2) トラスB

トラスBについては、土木学会式を用いた場合、道示式で設計する場合に比べて上弦材・斜材はそれぞれ7~17%、0~18%の断面積低減効果が期待できる。本結果からトラスBの上弦材については、トラスAより若干断面積低減効果が大きいことが確認できる。一方、斜材の断面積低減効果は、細長比から予測されるものより小さく、またトラスAと比較しても小さい結果となった。これは、トラスBはトラスAに比較して斜材のフランジ幅が広く(トラスA:410mm, トラスB:470mm)、局部座屈の影響によって断面積の低減効果が小さくなったためである。一方、ガセットについては概ねトラスAと同様の傾向であるが、断面に余裕があったU4のみ改善効果が大きい結果(6mmの減厚)となった。

(2) 鋼重の低減効果

表-3は、柱の耐荷力曲線に土木学会式を適用した場合の鋼重低減効果を、トラスA及びBについてまとめた結果である。その結果、上弦材および斜材の大型材片・小型材片鋼重が約4~20%の幅で低減していること、主構造の総加工鋼重ではトラスA及びBで、各々鋼重低減率が3.7%、3.4%であることが確認できる。

4. まとめ

鋼単純下路式トラス橋を選定し、土木学会が提案する柱の耐荷力曲線を用いて設計した断面と道示を用いて設計した断面を比較することで、鋼単純下路式トラス橋の合理化の可能性を検証した。その結果、今回条件下では、鋼重については、約3.5%程度の低減効果を期待できることが確認できた。なお、トラス部材の断面は製作性や継手部のボルト配置により制限を受けるが、柱の座屈耐荷力を見直す場合、従来型設計に比較して局部座屈の影響が少ない断面構成にすることが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説II鋼橋編, pp.130-133, 2002.3
- 2) 例えば(社)土木学会：座屈設計ガイドライン改訂第2版[2005年版], pp.93, 2005.9
- 3) 例えば(社)土木学会：鋼・合成標準示方書 総則編・構造計画編・設計編, pp.61-63, 2007.6

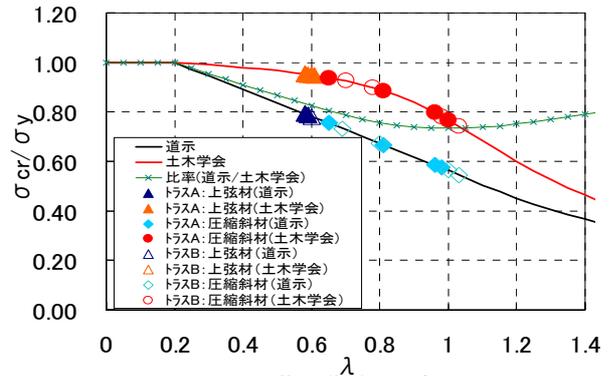


図-2 耐荷力曲線の比較

表-2 断面積の低減効果

部材	トラスA(トラスB)			ガセット板厚改善効果
	細長比パラメータ		断面積低減効果(学会/道示)	
	(道示)	(学会)		
U1	0.59(0.60)	0.60(0.60)	-4%(-7%)	0mm(0mm)
U2	0.59(0.59)	0.61(0.60)	-13%(-17%)	0mm(-1mm)
U3	0.58(0.58)	0.59(0.58)	-11%(-14%)	-1mm(-4mm)
U4	0.58(0.59)	0.58(0.58)	-12%(-17%)	-1mm(-6mm)
S0	0.65(0.69)	0.65(0.70)	-7%(-9%)	-
S2	0.98(1.00)	1.00(0.98)	-31%(-18%)	-
S4	0.81(0.80)	0.81(0.78)	-26%(-9%)	-
S6	0.96(1.03)	0.96(1.03)	-10%(0%)	-
S7	0.96(-)	0.96(-)	-10%(-)	-

(注記) ()内はトラスBの結果を表す。

表-3 鋼重の低減効果

		トラスA(トラスB)	
		鋼重増減(学会-道示)(kg)	鋼重増減率(学会/道示)(%)
上弦材	大型材片鋼重	-6216(-8230)	-9.3(-13.0)
	小型材片鋼重	0	0
	合計鋼重	-6216(-8230)	-8.5(12.0)
斜材	(a)大型材片鋼重	-5202(-2360)	-12.9(-5.0)
	(b)圧縮部材大型材片鋼重	-5202(-2360)	-22.3(-12.0)
	(b)/(a)	-	-
	小型材片鋼重	-206(0)	-3.8(0)
	合計鋼重	-5408(-2360)	-11.8(-5.0)
	(上弦材+圧縮斜材)の大型材片鋼重	-11418(-10590)	-12.6(-12.0)
下弦材	大型材片鋼重	0	0
	小型材片鋼重	0	0
	主構造 総加工鋼重	-11624(-10590)	-3.7(-3.4)

(注記) ()内はトラスBを表す。