

鋼トラス橋箱断面圧縮部材の耐荷力特性と基準耐荷力曲線

首都大学東京 ○学生会員 竹内幸治
 首都大学東京 フェロー会員 野上邦榮

1. 目的

現在、道路橋示方書(以後、道示と呼称)は、部分係数法を用いた性能照査型設計法への改訂に向けた作業が進められている。このような状況において、わが国の鋼橋を構成する圧縮部材(柱)は、鋼橋全体系の安全性に対して最も重要な部材の一つである。これまで鋼橋の座屈設計は、部材の座屈強度照査、応力度照査、構造系の全体座屈強度照査などを実施して安全性を確保しているが、これらの照査に置いて重要な柱の基準耐荷力曲線は、これまで唯一の基準耐荷力曲線を採用してきた。一昨年、H24 道示¹⁾の改訂において、これまでの唯一基準耐荷力曲線に対して溶接箱型断面部材の新たな基準耐荷力曲線が採用された。本研究では、圧縮力が支配的な箱断面部材に着目し、実績調査を実施する。その後、採用された強度レベルごとの実橋箱断面圧縮部材に対する耐荷力特性を解析的に明らかにし、現行の基準耐荷力曲線に対する比較検討を行い、余裕度の要因を明確にするとともに箱断面部材の新たな耐荷力曲線の提案に向けた検討を行う²⁾。

2. 対象橋梁

H14 道示³⁾に基づき架設された20種のトラス橋梁から13橋を選択する。13橋の無補剛断面を有する圧縮部材の材質ごとに換算細長比と最大幅厚比を図-1のようにまとめる。図-2は、13橋の圧縮部材の材質を縦軸、最大幅厚比を横軸に取っている。両図中の赤印は18個あり、全圧縮部材から抽出した解析対象断面を示している。

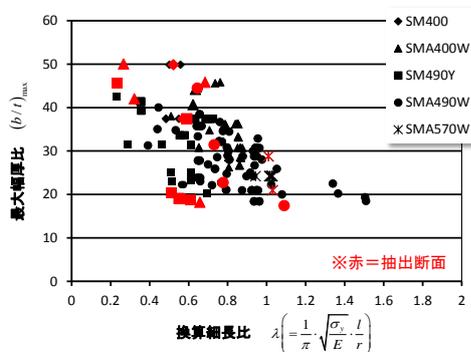


図-1 対象橋梁圧縮部材一覧

3. 耐荷力解析

解析には、MARC2011(汎用弾塑性有限要素解析ソフトウェア)を用いた。FEM要素にはシェル要素を採用し、予想される座屈モードが表現できるように要素を細分割する。非線形数値計算には弧長増分法を適用した。解析パラメータを表-1に示す。構成則は、図-3に示す折れ線近似モデルを適用した。残留応力分布は、図-4のような理想的直線分布とする。圧縮残留応力度 σ_{rc} は、 $\sigma_{rc}=0, 0.25, 0.4, 0.6\sigma_y$ を採用する。初期たわみは図-5の正弦半波を仮定し、表-1の3種類の初期たわみをパラメータとした。また、境界条件は、図-5のように両端単純支持で、集中荷重Pを断面重心位置に載荷する。

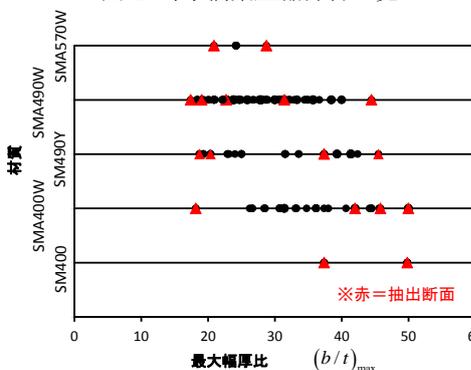


図-2 材質-最大幅厚比相関図

表-1 解析パラメータ

項目	パラメータ
断面	18種
解析モデル	シェル要素ダイヤフラムなし
座屈パラメータ	$\lambda = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0$
残留応力	なし, $0.25, 0.4, 0.6\sigma_y$ (圧縮応力) $1.0\sigma_y$ (引張応力)
初期たわみ	$L/1000, L/1500, L/5000$
鋼種	SM400, SMA400W, SMA490Y, SMA490W, SMA570W

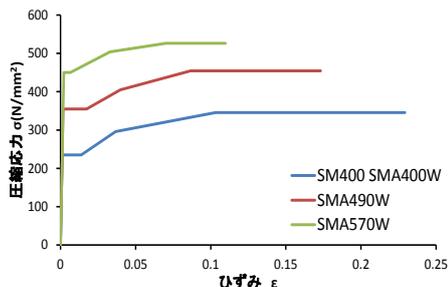


図-3 構成則

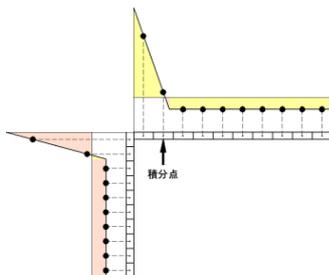


図-4 残留応力分布

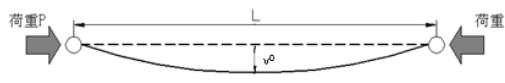


図-5 初期たわみと境界条件

キーワード 実トラス橋, 箱断面圧縮部材, 耐荷力曲線, 弾塑性有限要素解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京

4. 耐力力特性

図-6 および図-7 は、No. 2-D-a 断面および No. 10-C-a 断面に関する SMA490W 材、初期たわみ $v_0=L/1000$ 、圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.25\sigma_y$ における細長比ごとの荷重変位曲線を示している。横軸に橋軸方向の変位 u 、縦軸は降伏荷重に対する載荷荷重 P の無次元量を示す。図中の●点は各 λ における耐力力を示す。

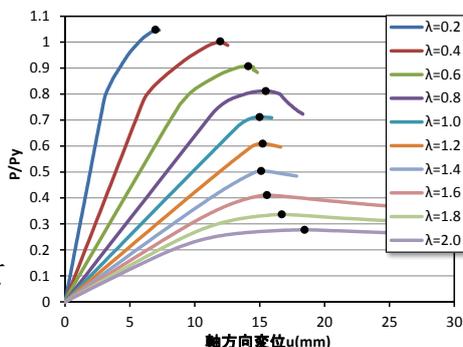


図-6 荷重変位曲線 No.2-D-a

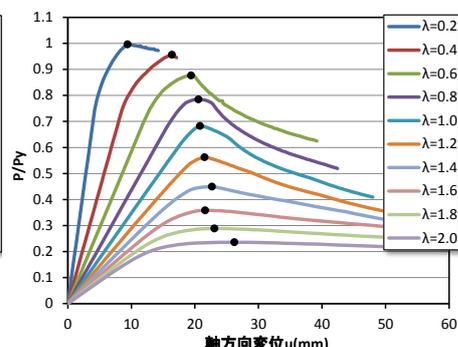


図-7 荷重変位曲線 No.10-C-a

図-8 および図-9 は No. 2-D-a 断面の耐力力曲線を示したものである。図-8 は圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.25\sigma_y$ における初期たわみ $L/1000$, $L/1500$, $L/5000$ の耐力力への影響を、図-9 は初期たわみ $L/1000$ における圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0, 0.25, 0.4, 0.6\sigma_y$ の耐力力への影響を示したものである。

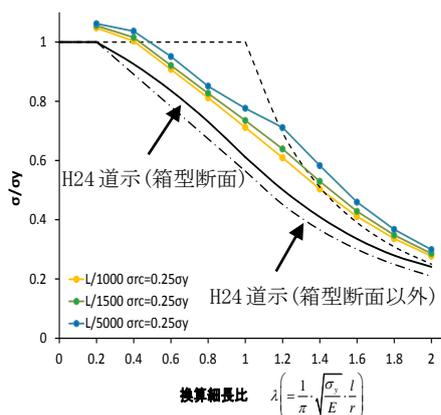


図-8 耐力力曲線(初期たわみ) No.2-D-a

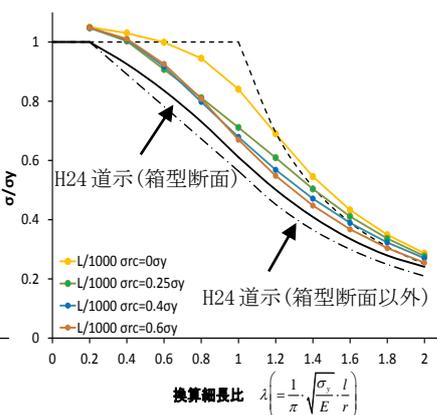


図-9 耐力力曲線(残留応力) No.2-D-a

初期たわみが増大するにつれて耐力力が低下している。また、 λ の増加によっても同様に耐力力が低下しており、 λ ごとに見ても初期たわみ $L/1000$ のときに最小値をとる。圧縮残留応力が増大するにつれて耐力力が低下している。中間柱領域での影響が最大となっている。図中の横軸は換算細長比 λ 、縦軸は降伏応力度に対する耐力力の無次元量 σ/σ_y である。なお、図中の破線はオイラー座屈曲線を、黒線は H24 道示(箱型断面)の耐力力曲線を、一点破線は H24 道示(箱型断面以外)を示している。

図-10 は、各断面に関する初期たわみ $v_0=L/1000$ の場合の圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.25\sigma_y$ の耐力力を示している。H24 道示(箱型断面)の基準耐力力曲線と比較して 18 断面の耐力力は中間柱領域で概ね高い値をとっており、特に中間柱領域での余裕度が高くなっている。また、18 断面の耐力力の下限值相当の材質は SM400 系となっている。

5. まとめ

箱断面圧縮部材の耐力力解析より、次のような結果が得られた。

- ①箱断面圧縮部材において、初期たわみ・圧縮残留応力の値が増加するにつれて、耐力力が低下する。
- ②H24 道路橋示方書の基準耐力力曲線と比較して、耐力力解析解の分布は中間柱領域でより高い曲線となる。
- ③18 断面のうち、下限値相当の材質は SM400 系である。
- ④初期たわみ $L/1000$ 、圧縮残留応力 $\sigma_{rc}/\sigma_y=0.25$ における下限値の耐力力曲線として下記の二次式を提案できる。(図 10 の赤線)

$$\begin{aligned} \sigma &= 1.0 & (\lambda \geq 0.2) \\ \sigma &= 1.065 - 0.3\lambda - 0.12\lambda^2 & (0.2 < \lambda \leq 1.0) \\ \sigma &= 1.532 - 1.12\lambda + 0.233\lambda^2 & (1.0 < \lambda) \end{aligned}$$

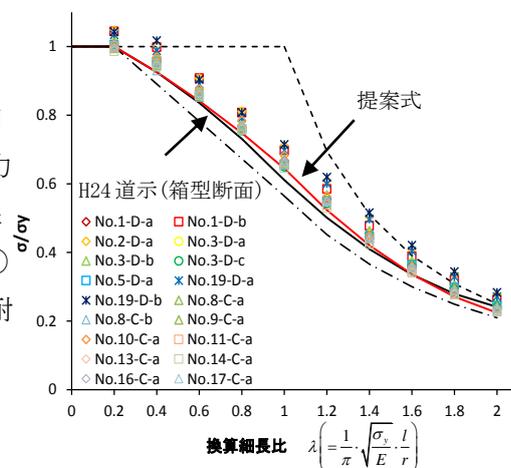


図-10 耐力力曲線の提案式

謝辞：本研究は 2011・2012 年度日本鉄鋼連盟鋼構造研究・教育助成(一般研究)を受けて実施したものである

参考文献：1) 日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編，II 鋼橋編，2012，2) 竹内・野上・山下：実橋箱断面圧縮部材の弾塑性挙動と耐力力特性，土木学会，全国大会 2012，3) 日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編，II 鋼橋編，2002