

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○今村 哲平
大阪大学大学院工学研究科	正会員	小野 潔
大阪大学大学院工学研究科	学生員	道谷 梓
株式会社 IHI インフラシステム	正会員	岡田 誠司
大阪大学名誉教授	フェロー	西村 宣男
日立造船株式会社	正会員	三好 崇夫

1. はじめに

鋼長柱の耐荷力（全体座屈強度）には、残留応力及び初期たわみといった初期不整が影響を与えることが知られている。よって、道路橋示方書に示される鋼長柱の耐荷力曲線はこれら初期不整の影響を考慮して決定されている。その際、初期たわみについては、鋼橋編¹⁾の「17章 施工」に示されている $L/1000$ (L : 有効長さ) を導入することが考えられている。一方、残留応力については、箱型断面の鋼部材の残留応力の計測結果²⁾がいくつか報告されているが小型供試体による測定結果であるため、実際の鋼部材の残留応力に比べて、圧縮残留応力が大きな値となっていることが考えられる。そこで、本稿では、実寸大の溶接箱型断面の供試体を用いて、残留応力に関するデータを収集した。そして計測した残留応力分布を考慮した解析を行い、解析結果と道路橋示方書の耐荷力曲線との比較を行った。

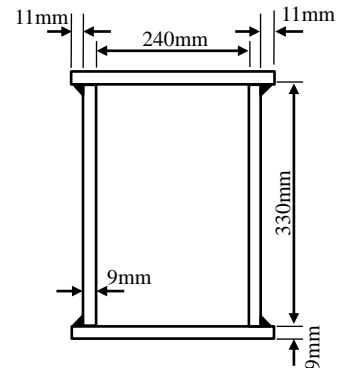


図 - 1 供試体の断面図

表 - 1 溶接条件

	溶接速度 (mm/min)	入熱量 (J/mm)	脚長 (mm)
A	387	1370	6, 8
B	313	1697	8.5, 8.5
C	308	1724	7.5, 8
D	303	1750	7, 8

2. 残留応力計測

2. 1 残留応力計測概要

本稿では、実寸大の溶接箱型断面の供試体を用いて、残留応力の計測を行った。供試体の鋼種および板厚の設定に当たっては、実績調査をもとに、残留応力の値が大きくなるように、鋼種は道示で強度が最も小さい SM400A (降伏応力度 $\sigma_y=287$ MPa), 板厚は道示の最小板厚 9mm の条件を満たす鋼トラス橋の斜材の断面寸法をもとに、図 - 1 のように決定した。柱方向の長さは 1000mm とした。また、溶接は 590MPa 級の CO₂ 溶接メタル系ワイヤを使用し、脚長 6mm のすみ肉溶接とした。実際の溶接条件と脚長を表 - 1 に示す。

表 - 1 の A,B,C,D を図 - 2 の断面図に示す。

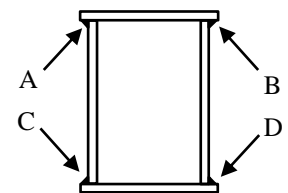


図 - 2 断面図

2. 2 残留応力計測結果

図 - 2 の A-C 面の切断法による残留応力の計測結果を図 - 3 に示す。ここで、表面と裏面に貼付したひずみゲージで計測されるひずみの値から求めた残留応力の平均値 σ_r を σ_y で除した σ_r/σ_y を●で示している。計測結果を参考に、圧縮残留応力を $0.25\sigma_y$, 引張残留応力を σ_y とし、自己平衡を保つように残留応力分布(図 - 4)を決定し、解析に導入することとした。

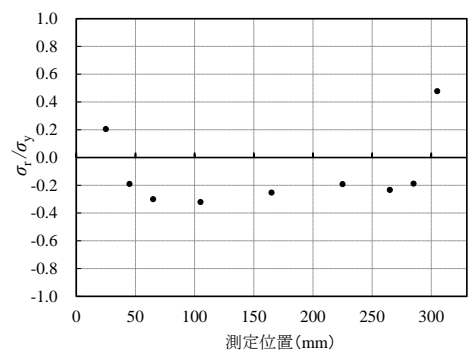


図 - 3 計測結果

3. 残留応力計測結果を用いた鋼長柱のパラメトリック解析

3. 1 解析概要

計測結果から得られた残留応力を用いて溶接箱型断面鋼長柱を対象としたパラメトリック解析を行った。解析プログラムは薄肉閉断面3次元骨組の弾塑性解析プログラム NAFRAM2008⁴⁾を用いた。解析モデルの断面図を図-5に示す。解析は図-6に示すように、3次元の骨組要素でモデル化を行った。鋼種は SM490($\sigma_y=315\text{MPa}$)とした。解析では、幅厚比パラメータ R_R を 0.5 と固定し、細長比パラメータ λ を 0.2 から 1.2 まで 0.1 刻みで変化させた。初期たわみは、道示IIで示される許容製作誤差の最大値 $L/1000$ を sine 半波形で導入した。

3. 2 解析結果

2012年に改訂された道路橋示方書³⁾では、2002年の道路橋示方書で示されている耐荷力曲線に加え、圧縮部材において一般的に使用されている溶接箱型断面の鋼長柱を対象とした耐荷力曲線が新たに規定されている。本稿では、図-7に示すように、計測により得られた残留応力分布による解析結果と、2002年の道示および改訂された2012年の道示の溶接箱型断面を対象とした耐荷力曲線との比較を行った。図-7より、今回の解析結果は2012年に改訂された道路橋示方書による溶接箱型断面を対象とした耐荷力曲線と概ね一致しており、改訂された耐荷力曲線はより適切に溶接箱型断面鋼長柱の耐荷力を評価できることが明らかとなった。

4. まとめ

本稿では、実寸大の溶接箱型断面の供試体を用いて、残留応力に関するデータを収集した。そして計測した残留応力分布を考慮した解析を行い、解析結果と道路橋示方書の耐荷力曲線との比較を行った。今回の解析結果は改訂された道路橋示方書の溶接箱型断面を対象とした耐荷力曲線と概ね一致しており、改訂された耐荷力曲線はより適切に溶接箱型断面鋼長柱の耐荷力を評価できることが明らかとなった。

5. 謝辞

本研究の一部は「日本鉄鋼連盟 鋼構造研究・教育助成事業(一般テーマ研究)」により実施したものです。また、供試体の設定に当たり、独立行政法人 土木研究所の村越潤氏、有村健太郎氏にご助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

【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，2002年3月。
- 2) 今村哲平，小野潔，谷上裕明，松村政秀，吉山純平，西村宣男：弾塑性有限変位解析による軸力卓越部材の耐荷力および変形性能に関する一検討，第66回土木学会年次学術講演会講演概要集，2011年9月。
- 3) 国土交通省：道路橋示方書，2012年2月。
- 4) 三好崇夫，西村宣男，立石雄一，奈良 敬：鋼トラス橋のリダンダンシー評価のための非線形解析法について，土木学会応用力学論文集，Vol.13, 2010年8月。

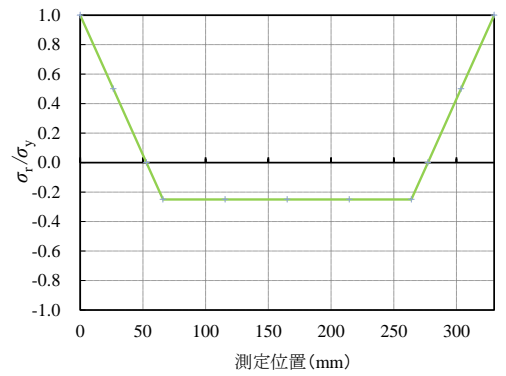


図-4 解析に導入した残留応力分布

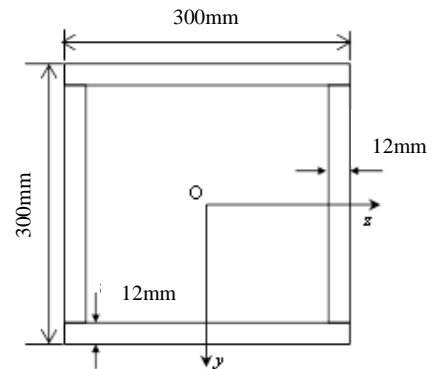


図-5 解析モデルの断面図

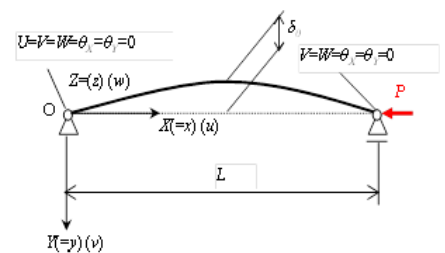


図-6 解析モデル

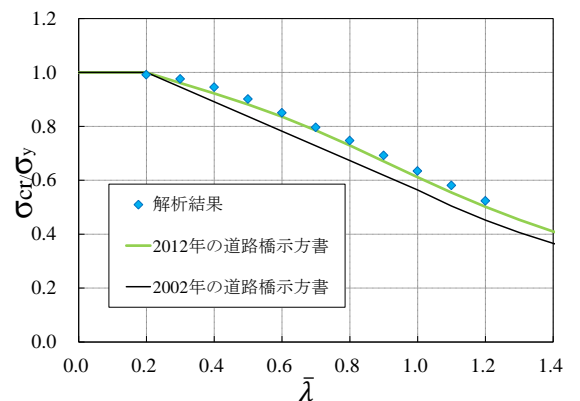


図-7 耐荷力曲線との比較