

第 I 部門 SBHS500 を用いた矩形断面鋼部材の残留応力と鋼長柱の耐荷力に関する一検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○石川 達也
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 橋本 祥太
株式会社 IHI インフラシステム 正会員 岡田 誠司

1. はじめに

一般に、鋼長柱の耐力（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。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。その際の初期たわみについては、鋼橋編¹⁾の「17章 施工」に示されており、柱の初期たわみについては $L/1000$ (L :有効座屈長)を、板の初期たわみについては $b/150$ (b :フランジ幅)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、既往の研究で SBHS500 を用いた溶接箱型断面の残留応力の計測は著者の知る限り行われていない。

そこで、本研究では、SBHS500 を用いた残留応力計測用の供試体を用いて、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 SBHS500 の鋼長柱の耐荷力について解析を行い、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。

2. 残留応力計測

2. 1 残留応力計測概要

本稿では、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。鋼種は SBHS500 を用い、柱方向の長さは 300mm とした。図-1 に残留応力計測で用いた供試体の断面図を示す。また、溶接は 490MPa 級の炭酸ガスアーク溶接用ワイヤ(MG-50T)を使用し、脚長 7mm のすみ肉溶接とした。

2. 2 残留応力計測結果

図-1 の A-B 面の切断法による残留応力の計測結果を図-2 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。

これより、残留応力の測定結果および、SBHS500 と同程度の強度をもつ SM570 の残留応力の研究例³⁾を参考に、引張残留応力を $0.9\sigma_y$ 、圧縮残留応力を $-0.2\sigma_y$ として、自己平衡を保つように残留応力分布(図-3)を決定し、解析に導入することとした。

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。解析プログラムは弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS^{4),5)}を用いた。解析モデルの断面図を図-4 に示す。解析では、局部座屈を防ぐため、幅厚比パラメータ

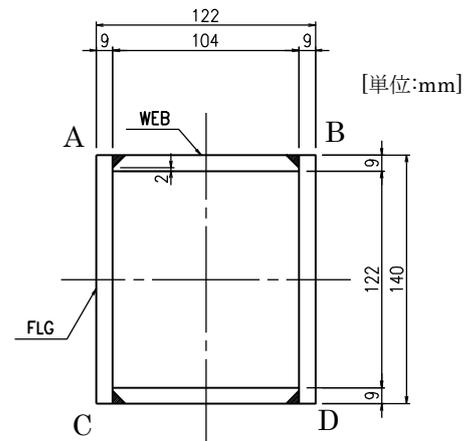


図-1 供試体の断面図

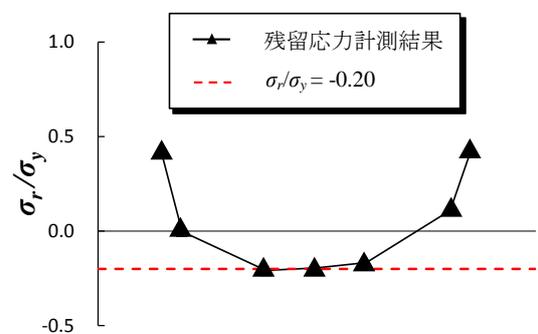


図-2 計測結果

R_R を 0.5 と固定し、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ 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、全体系初期たわみおよび局所系初期たわみの両方を考慮し、図-5 のように解析に導入した。

3. 2 解析結果

パラメトリック解析結果から得られる各解析モデルの最大圧縮荷重と平成 24 年に改定された道示 II に示される溶接箱型断面鋼長柱を対象とした耐荷力曲線(式(1))との比較を図-6 に示す。

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1.0 & (\bar{\lambda} \leq 0.2) \\ 1.059 - 0.258\bar{\lambda} - 0.190\bar{\lambda}^2 & (0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.0) \dots (1) \\ 1.427 - 1.039\bar{\lambda} + 0.223\bar{\lambda}^2 & (1.0 < \bar{\lambda}) \end{cases}$$

図-6 より、今回の解析結果については平成 24 年に改定された道示 II に示される溶接箱型断面鋼長柱を対象とした耐荷力曲線で、SBHS500 を用いた鋼長柱の耐荷力を適切に評価できることが分かる。

4. まとめ

本稿では、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鋼長柱を対象とした耐荷力曲線と概ね一致しており、この耐荷力曲線で適切に溶接箱型断面鋼長柱の耐荷力を評価できる可能性があることが明らかとなった。しかし SBHS500 を用いた鋼長柱の耐荷力に関するデータは不足しているため、更なるデータの蓄積が必要であると考えられる。

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。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，2012 年 3 月。2) 例えば、吉山純平，松村政秀，小野潔，谷上裕明，山口隆司：軸方向力が卓越して作用する無補剛箱形断面鋼製柱部材の繰返し載荷実験，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，I-640，pp.1275-1276，2011 年。3) 小松定夫，牛尾正之，北田俊行：補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集，265 号，1977 年。4) 西村宣男，小野潔，池内智行：単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成則，土木学会論文集，No.513/I-31，pp.27-38，1995 年。5) Hashimoto, S., Ono, K. and Okada, S: An experimental study on mechanical properties and constitutive equation of SBHS500, EASEC-13, 2013 年

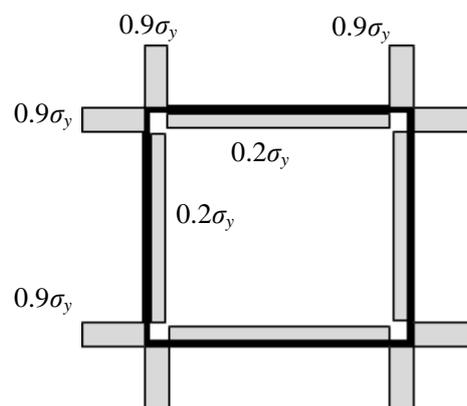


図-3 解析に導入した残留応力分布

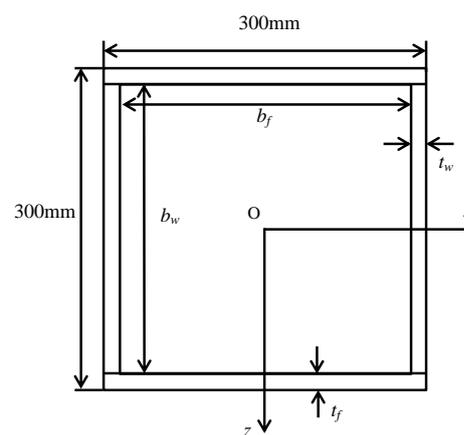


図-4 解析モデルの断面図

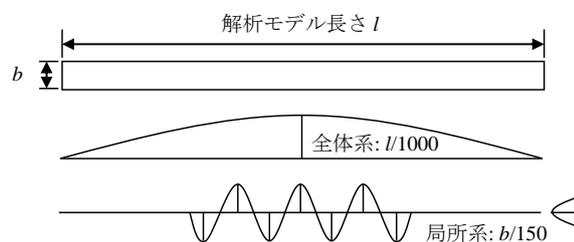


図-5 初期たわみ

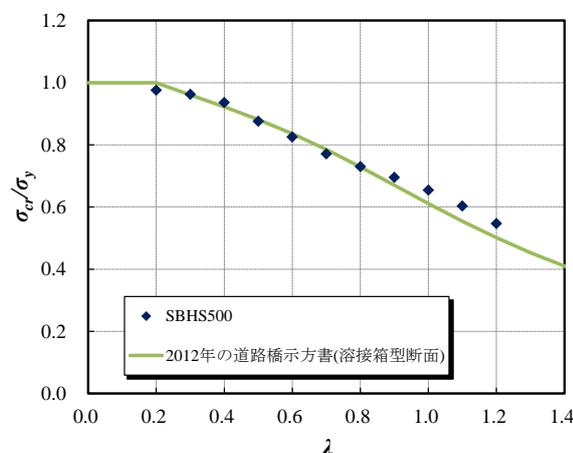


図-6 解析と耐荷力曲線との比較