

比較的幅厚比の大きい SBHS400 を用いた自由突出板の耐荷力に関する解析的研究

早稲田大学大学院

早稲田大学

(株)IHI インフラシステム

学生会員 ○傍島 広太郎

正会員 小野 潔

正会員 岡田 誠司

1. はじめに

橋梁用高性能鋼材である SBHS はその特徴として従来鋼よりも高い降伏点、優れた溶接性、高じん性などを有し、鋼橋に適用することで建設コスト削減の可能性が期待されている。中でも SBHS400 は 2011 年に JIS 化¹⁾、2017 年には道路橋示方書²⁾に規定されたものの、より合理的な設計法を確立するためにはいまだ SBHS400 を用いた鋼構造の耐荷力特性に関する情報は不足しており、さらなるデータの収集が必要である。データの収集は実験的研究もしくは解析的研究が行われるが、圧縮試験によるデータの収集には、膨大な時間とコストを要する。そのため本稿では、SBHS400 を用いた鋼構造の中でも自由突出板の耐荷力特性に関する情報を収集するため弾塑性有限変位解析を行った。

2. 対象とする自由突出板

本研究で対象とする SBHS400 の、既往の材料試験より得られた機械的性質を表-1 に示す。同表中の記号は、 σ_y が降伏応力を、 σ_u が引張強さを、 σ_y/σ_u が降伏比を表す。また、図-1 には同様に材料試験により得られた SBHS400 の公称応力-公称ひずみ関係を示す。

本稿の数値計算では、弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS^{3), 4)}を用いた。CYNAS においては、単調載荷曲線をもとにした構成式^{3), 4)}を用いている。構成式に使用する単調載荷曲線は上記の材料試験結果より決定している。

本研究では、実際に行われた SBHS400 製自由突出板の圧縮試験の供試体形状に基づいた解析モデルを作成し、圧縮試験結果との比較による解析手法の妥当性の確認を実施済みである。

解析手法の妥当性の確認後、下の式(1)に示す幅厚比パラメータ R_R を 0.6 から 1.1 まで 0.1 刻みで変化させるパラメトリック解析を行った。その数値計算モデル寸法は、板厚 t を 9.0mm で固定し、板幅 b を変化させ決定した。

$$R_R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

ここで、 μ はポアソン比 (=0.3) を、 k は座屈係数 (=0.43) を表す。

本研究では、自由突出板の全体座屈を防ぐため、細長比パラメータを 0.10 に近い値で固定し、有効長 L を変化させた。数値計算モデルには、初期不整として初期たわみおよび溶接残留応力を導入した。図-2 には対象とした自由突出板の数値計算モデルと、導入した溶接残留応力分布を示す。

表-1 対象鋼種の機械的性質

鋼種	SBHS400
σ_y (MPa)	461
σ_u (MPa)	543
σ_y/σ_u	0.85

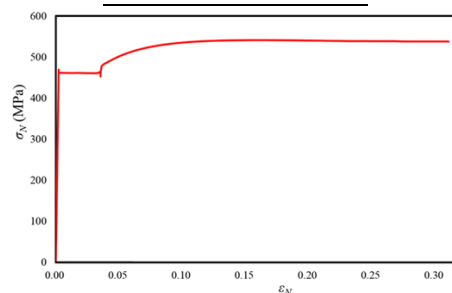


図-1 公称応力-公称ひずみ関係

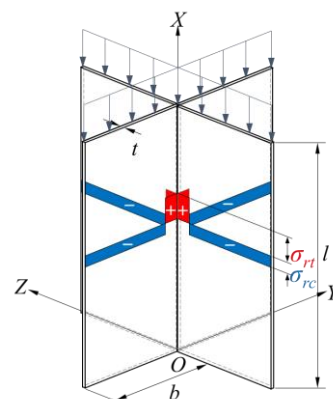


図-2 対象とする自由突出板モデルおよび残留応力分布

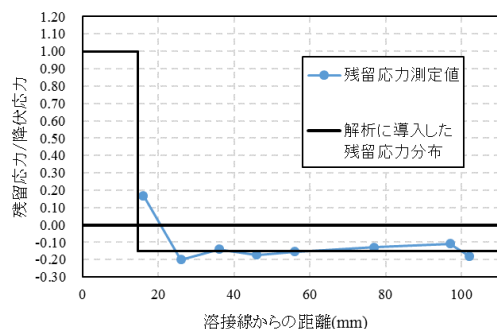


図-3 残留応力測定結果の一例

キーワード SBHS400, 自由突出板, 残留応力, 耐荷力特性, 弾塑性有限変位解析

連絡先 〒169-0004 東京都新宿区四谷1丁目(外濠公園内) (公社)土木学会 全国大会係 TEL 03-3355-3442

残留応力は、図-2のように自己平衡を保つ矩形分布で与えた。また図-3には、切断法によって測定した残留応力分布の一例と導入した残留応力分布を示す。ここで、溶接シーム部付近の残留応力は測定できなかったため、引張残留応力の値については既往の研究⁵⁾で用いられている値をもとに σ_y を仮定した。さらに表-2には、数値計算モデルに導入した仮定の圧縮残留応力および引張残留応力の大きさを示す。初期たわみは図-4に示すように、圧縮試験結果を基に余弦1波で与え、その最大値 W_{0max} は圧縮試験前の供試体を測定した結果、設計許容値である $b/150$ とした。

これら自由突出板の数値計算モデルは8節点アイソパラメトリックシェル要素を用いて有限要素離散化し、図-2中の $X=l$ の載荷辺にて圧縮負荷を与える弾塑性有限変位解析を行った。

3. 数値計算結果および耐荷力曲線との比較

右の図-5には既往の耐荷力曲線と数値計算結果を比較したものを示す。縦軸には座屈耐力を示す σ_{cr}/σ_y を、横軸には幅厚比パラメータ R_R を示す。図中のプロットはそれぞれ幅厚比パラメータを0.6から1.1に設定し寸法を決定した数値計算モデルの計算結果を示し、道路橋示方書²⁾で規定されている耐荷力曲線および福本ら⁶⁾によって提案されている耐荷力曲線⁶⁾と比較する。図より、各解析結果は福本らによる既往の耐荷力曲線付近に、また道路橋示方書の式よりもほとんどが安全側にプロットされていることが確認できる。これにより、既往の耐荷力曲線によって耐荷力を評価できる。

4. まとめ

本研究では、SBHS400製自由突出板の耐荷力特性を把握するため、数値計算の妥当性を確認し、パラメトリック解析を行うことでデータの収集を行った。結果より、既往の耐荷力曲線によって耐荷力を評価できることが確認できた。SBHS400を用いた自由突出板の耐荷力特性に関する情報は得られつつあるが、より合理的な設計法を確立していくためには、今後さらなる実験的研究および解析的研究によってデータ数の蓄積を行うことが必要である。

謝辞：本研究の一部は、(一社)日本鉄鋼連盟の鋼構造研究・教育助成事業によって実施したものであります。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) JIS G 3140: 橋梁用高降伏点鋼板, 2012.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説改訂版II 鋼橋編, 2017.
- 3) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No.513/I-31, pp.27-38, 1995
- 4) 川井健吾, 小野潔, 市川尚樹, 山田信司, 宮下剛: SBHS400の構成則に関する実験的研究, 第19回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム公演論文集, pp.67-72, 2016年7月.
- 5) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ: 鋼箱型断面圧縮部材の耐荷力に関する検討, 土木研究所資料第4221号, 2012年3月
- 6) 福本湧士(研究代表者): 鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合研究, 科学研究費補助金研究報告書(総合研究A, 研究課題番号: 62302040), 1990.

表-2 残留応力の大きさ

鋼種	SBHS400
σ_{rc}/σ_y	-0.15
σ_{rt}/σ_y	1.0

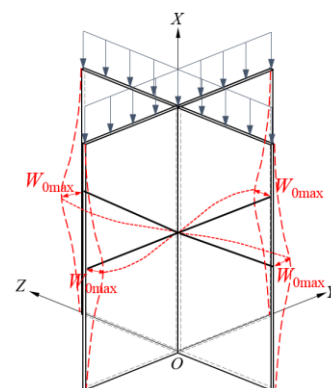


図-4 導入した初期たわみ

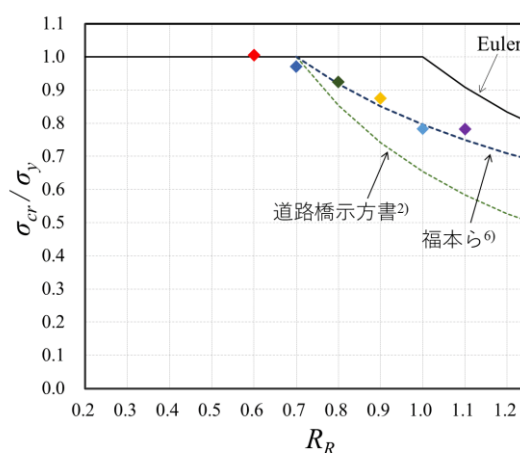


図-5 実験結果および耐荷力曲線との比較