

## 高性能鋼板 SBHS700 を用いた溶接箱形断面鋼長柱の耐荷力に関する基礎的研究

早稲田大学大学院 学生員 ○松 大輔 早稲田大学 正会員 小野 潔  
 日本大学 正会員 笠野 英行 日本鉄鋼連盟 正会員 高木 優任  
 日本鉄鋼連盟 正会員 加藤 真志

## 1. はじめに

橋梁用に開発された高性能鋼材である SBHS は、SBHS400 と SBHS500、SBHS700 の 3 種類あり、鋼橋への適用により製作コストの縮減が期待されている。一方で、SBHS を用いた鋼部材の耐荷力に関するデータは従来鋼と比較して不足している。特に、軸力が卓越した鋼長柱部材を対象とした研究としては SBHS400 と SBHS500 に関する実験的・解析的研究<sup>1),2)</sup>が行われているものの、SBHS700 に関しては筆者の知る限り行われていない。そこで本研究では、SBHS700 の幅広い適用を目指して、SBHS700 製溶接箱形断面鋼長柱(以下、鋼長柱)の耐荷力に関する実験的・解析的研究を行い、データの収集を行うとともに、その圧縮強度特性を明らかにした。

## 2. 鋼長柱の圧縮載荷実験

## 2.1 実験供試体概要

SBHS700 製の鋼長柱の単調圧縮載荷実験を行い、最大耐力、座屈挙動等に関するデータを収集した。供試体は板厚 6mm の 4 枚の無補剛の両縁支持板から成る鋼長柱である。実験供試体の断面図と寸法を図-1 と表-1 に示す。実験供試体の設置状況および載荷装置の写真を図-2 に示す。供試体の両端は球座で支持されており、両端ピン支持条件の下、実験は変位制御で行った。このとき、有効座屈長  $L'$  については、球座回転中心間の距離( $L+50$ )mm としている。

表-1 供試体諸元

鋼種	SBHS700
降伏応力 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	809
フランジ幅 $b_f$ (mm)	96
板厚 $t$ (mm)	6
ウェブ幅 $b_w$ (mm)	78
供試体長さ $L$ (mm)	1300
有効座屈長 $L'$ (mm)	1350
ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	205000
幅厚比パラメータ $R_R$	0.77
細長比パラメータ $\lambda$	0.43

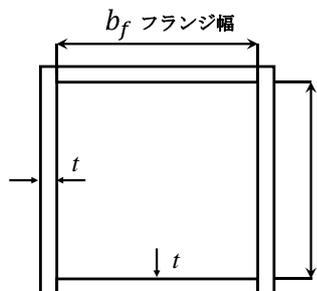


図-1 供試体断面

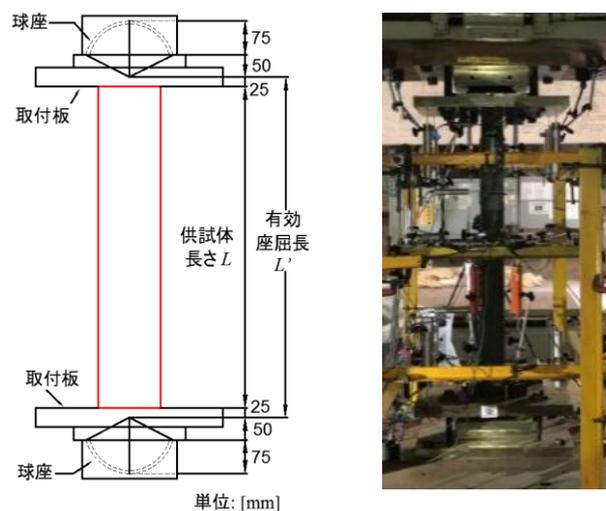


図-2 実験概要図と載荷装置

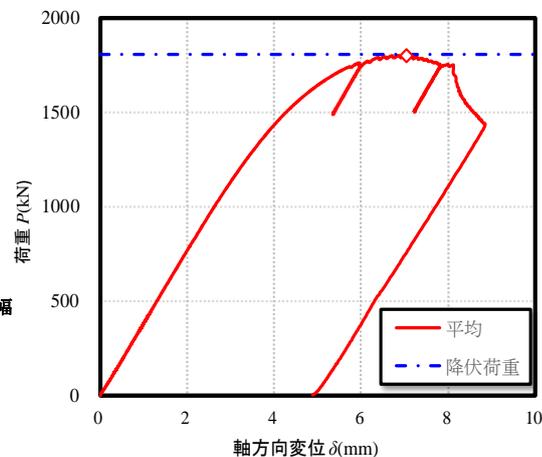


図-3 荷重-鉛直変位関係

## 2.2 実験結果

キーワード SBHS700, 溶接箱形断面鋼長柱, 単調圧縮載荷実験, 弾塑性有限変位解析  
 連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 TEL 03-5286-3387



図-5 解析モデル

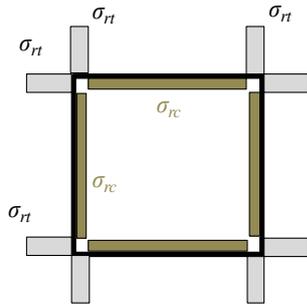


図-6 残留応力分布

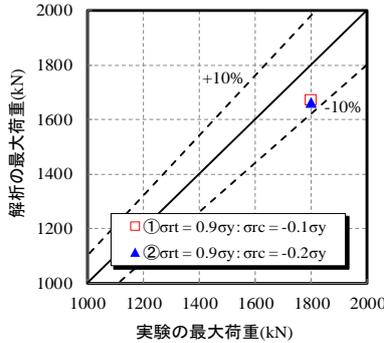


図-7 解析結果と実験結果の比較（最大荷重）

### 3. 弾塑性有限変位解析による評価

#### 3.1 解析手法の妥当性の検証

弾塑性有限変位解析による評価を行う場合、実挙動との比較により解析手法の妥当性を検証するために解析により実挙動の再現性を評価する必要がある。本研究では、弾塑性有限変位解析 CYNAS<sup>3)</sup>を用いた再現解析を行った。解析モデルは8節点シェル要素で分割し、構造諸元は表-1に示す実験供試体と同等とした。材料構成則については文献4)に記載されているSBHS700の材料試験結果を参考に設定した。また、供試体製作時に生じる初期不整に関しては、初期たわみと残留応力を導入している。初期たわみは図-5に示しているモデルのように、局所たわみ( $b/150$ )と全体たわみ( $L/1000$ )を組み合わせて適用している。残留応力はSBHS700製矩形断面切断法実験結果<sup>5)</sup>に基づき、図-6に示すように① $\sigma_{rt} = 0.9\sigma_y$ 、 $\sigma_{rc} = -0.1\sigma_y$  ② $\sigma_{rt} = 0.9\sigma_y$ 、 $\sigma_{rc} = -0.2\sigma_y$  ( $\sigma_{rt}$ : 引張残留応力,  $\sigma_{rc}$ : 圧縮残留応力)の2パターンを自己平衡となるように導入した。解析結果を図-7に示す。①②いずれも再現性が高い結果が得られたが、①の残留応力を設定した解析結果において、より精度よく実験結果が再現されていることが確認された。よって、図-7より、解析手法の妥当性が確認された。

#### 3.2 パラメトリック解析

SBHS700製鋼長柱の耐荷力曲線を求めるために、細長比パラメータを変化させたパラメトリック解析を実施した。解析モデルは断面寸法を一定とし、長さを

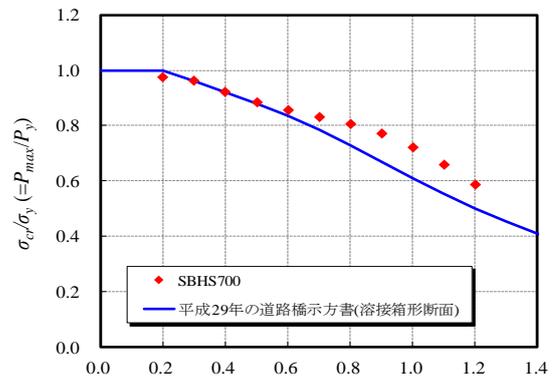


図-8 解析結果と耐荷力曲線の比較

変化させた $\lambda = 0.2 \sim 1.2$  (0.1刻み)の計11タイプを設定した。全モデルのフランジ外形寸法は300mm、幅厚比パラメータ $R_R$ は局部座屈の発生を防ぐため、 $R_R = 0.4$ に設定した。初期不整である残留応力については、残留応力① $\sigma_{rt} = 0.9\sigma_y$ 、 $\sigma_{rc} = -0.1\sigma_y$ を設定した。また、初期たわみについては局所たわみ( $b/150$ )と全体たわみ( $L/1000$ )を足し合せている。パラメトリック解析の結果を図-8に示す。青色の曲線は平成29年に改定された道路橋示方書<sup>6)</sup>に記載されている溶接箱形断面鋼長柱の耐荷力曲線である。今回評価したSBHS700の鋼長柱の耐荷力は、道路橋示方書の耐荷力曲線を適切に上回る結果となった。これは道示耐荷力曲線により評価できる可能性を示している。

### 4. まとめ

本研究は、SBHS700製鋼長柱の圧縮荷重実験により得られた荷重-変位関係および座屈挙動に関するデータを整理し、評価を行った。そして、妥当性が確認された解析手法を用いて、細長比パラメータを変化させたパラメトリック解析を行った。その結果、道路橋示方書に記載されている耐荷力曲線により評価できる可能性が示された。しかし、データは未だ不十分なため今後もデータの収集を続けていく必要がある。

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)松大輔ら：SBHS400を用いた溶接箱形断面鋼長柱の耐荷力に関する解析的研究，第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム論文集，pp.183-186, 2019年。
- 2)石川達也ら：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，平成27年度土木学会関西支部年次学術講演会，I-1, 2015年。
- 3)西村宣男ら：単調荷重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年。
- 4)橋本祥太ら：SBHS700の構成則および既往の高張力鋼との比較，土木学会第68回年次学術講演会，I-519, pp.1037-1038, 2013年。
- 5)Zhu Zhuoran et al.: RESIDUAL STRESS OF BOX-SECTION STUB-COLUMNS MADE OF SBHS700, 2020年度全国大会第75回年次学術講演会, 2020年。
- 6) (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017年。