

SBHS700 を用いた矩形断面鋼短柱の耐荷力に関する実験的研究

山本 健生¹・傍島 広太郎²・Jing Nie¹・竹嶋 夏海³・岡田 誠司⁴・小野 潔⁵

¹学生会員 早稲田大学大学院（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）

²正会員 早稲田大学（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）

³正会員 (株)IHI インフラシステム（〒108-0023 東京都港区芝浦 3-17-12）

⁴正会員 博士(工学) (株)IHI インフラシステム（〒108-0023 東京都港区芝浦 3-17-12）

⁵正会員 博士(工学) 早稲田大学（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）

1. はじめに

橋梁用高降伏点鋼板 SBHS は従来鋼に比べ、高強度、高じん性、溶接性に優れ、冷間加工性にも優れるため、鋼部材の重量を減らす、施工コストを減らすなどのメリットがあり、その活用が期待されている。既往の研究として、SBHS500、SBHS400 については、十字断面鋼短柱、矩形断面鋼短柱の圧縮試験による自由突出板の研究^{1),2)}、両縁支持板の研究^{3),4),5)}が行われている。SBHS700 については、十字断面鋼短柱の圧縮試験による自由突出板の研究⁶⁾がされている。しかし、いまだ SBHS700 製矩形断面鋼短柱については圧縮試験による SBHS700 製両縁支持板の実験的研究が行われていない。そこで、本研究では、いまだ情報のない SBHS700 製両縁支持板の耐荷力に関する情報を収集することを目的として、SBHS700 製の矩形断面鋼短柱の圧縮試験を行った。

2. 実験概要

本研究で使用した実験供試体は、矩形断面鋼短柱 B04、B07、B11 の 3 体である。表-1 に各供試体の構造諸元を示す。表-1 に示すように、それぞれの供試体は幅厚比パラメータ R_R が異なっている。各供試体とも、以下の幅厚比パラメータの式(1)において、板厚 t を固定して幅厚比パラメータを決めた値に近くなるようにフランジ、ウェブ幅 B_f 、 B_w を決定した。

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

ここに、 B ：フランジの幅 B_f 、ウェブの幅 B_w

t ：板厚

σ_y ：SBHS700 の降伏応力

E ：ヤング係数

μ ：ポアソン比 (=0.3)

k ：両縁支持板の座屈係数 (=4.0)

本試験で使用した矩形断面鋼短柱は、鋼板を溶接組み立てした 4 辺単純支持の正方形箱型短柱である。図-1 に供試体の概略図を示す。載荷試験を行う前に、金属棒を用いた目視による初期たわみの計測を行ったが、初期たわみはみられなかった。圧縮試験は早稲田大学の大型二軸構造物評価装置を用いて、変位制御で実施し、載荷速度 0.005mm/sec の載荷条件のもと供試体に圧縮力を載荷させた。表-2 に SBHS700 の板厚 6mm と 9mm の機械的性質を示す。板厚 6mm のものはミルシートのデータであり、板厚 9mm の

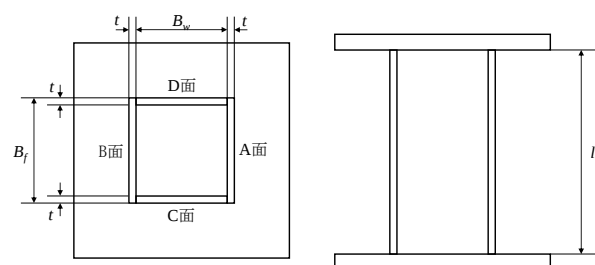


図-1 供試体概要図

表-1 各供試体の構造諸元

鋼種	降伏応力 σ_y (MPa)	引張強さ σ_u (MPa)	降伏比
SBHS700(6mm)	828	842	0.983
SBHS700(9mm)	767	796	0.967

表-2 SBHS700 の機械的性質

供試体名	フランジ幅 B_f (mm)	ウェブ幅 B_w (mm)	板厚 t (mm)	供試体高さ l (mm)	幅厚比パラメータ R_R
B04	134	116	9	260	0.413
B07	147	135	6	294	0.782
B11	225	213	6	450	1.216

ものは引張試験結果⁶⁾より得られたデータである。
表-1 の幅厚比パラメータの値は表-2 の値を用いて
計算したものである。図-2 に板厚 9mm の SBHS700
(ロール方向) の引張試験より得られた公称応力、
公称ひずみ関係を示す。SBHS700 は表-2 にも示す通
り降伏比の大きい材料であり、図-2 から同様のこ
とが読み取れる。

3. 実験結果

本試験では、変位計とひずみゲージを用いて、荷
重 P と鉛直変位、面外変位、ひずみの関係を調べた。
鉛直変位は鉛直変位計を供試体の天板下面に 4 つ設
置し、その平均を計測した。圧縮試験より得られた
荷重 P と鉛直変位 δ_v の関係を図-3 に示す。図-3 の
縦軸は荷重 P を降伏荷重の理論値 P_y で除した値、横
軸は鉛直変位 δ_v を降伏荷重時の鉛直変位の理論値
 δ_{vy} で除した値である。降伏荷重の理論値 P_y と降伏
荷重時の鉛直変位の理論値 δ_{vy} は次の式(2)、(3)で求
めた。

$$P_y = \sigma_y \times A \quad (2)$$

$$\delta_{vy} = \frac{\sigma_y \times l}{E} \quad (3)$$

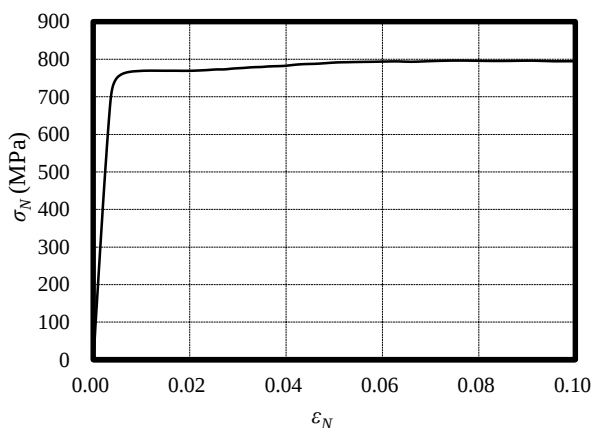


図-2 公称応力-公称ひずみ関係

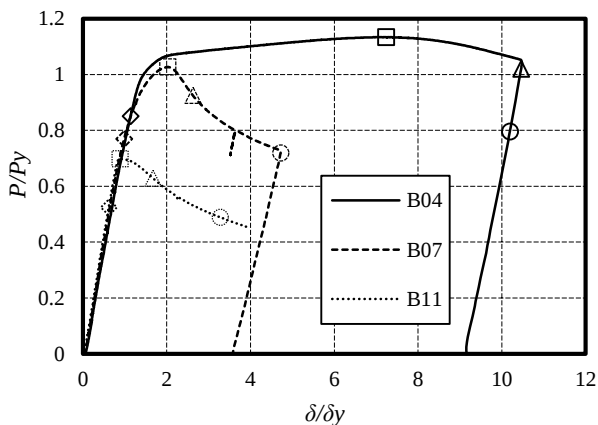


図-3 P/P_y - δ/δ_y 関係

ここに、 σ_y : 降伏応力

A : 断面積

l : 供試体高さ

図-3 に最大荷重 P_{max} の 0.75 倍 ($0.75P_{max}$) 最大荷
重 P_{max} 、最大荷重後の最大荷重の 0.9 倍 ($0.9P_{max}$
(after)), 0.7 倍 ($0.7P_{max}$ (after)) の点をプロットした。
以下に各点のマーカーを示す。

◇ : $0.75P_{max}$

□ : P_{max}

△ : $0.9P_{max}$ (after)

○ : $0.7P_{max}$ (after)

また、図-4、図-5、図-6、図-7、図-8、図-9 に供
試体高さ h と面外変位 δ_H の関係 (h - δ_H 関係)を示す。
それぞれの図に荷重が $0.75P_{max}$ 、 P_{max} 、 $0.9P_{max}$ (after)、
 $0.7P_{max}$ (after)のそれぞれの時点での面外変位を示し
た。面外変位は図-1 の A 面と C 面に水平変位計を
3箇所ずつ、高さを変えて設置して計測した。図-10、
図-11、図-12 に実験後の供試体の残留たわみを示す。
図-3 より、B07、B11 では最大荷重を迎えた後、変
位の増加に伴って荷重が急に減少した。一方、B04 は
非線形領域に入った後、緩やかに荷重が増加しつつ
変位が増加して最大荷重を迎え、最大荷重後は荷重

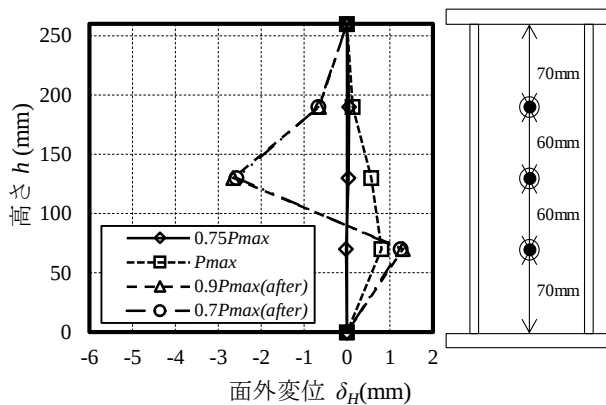


図-4 h - δ_H 関係 (B04A面)

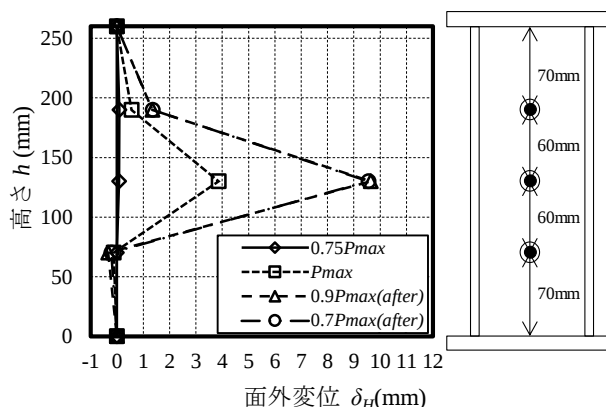


図-5 h - δ_H 関係 (B04C面)

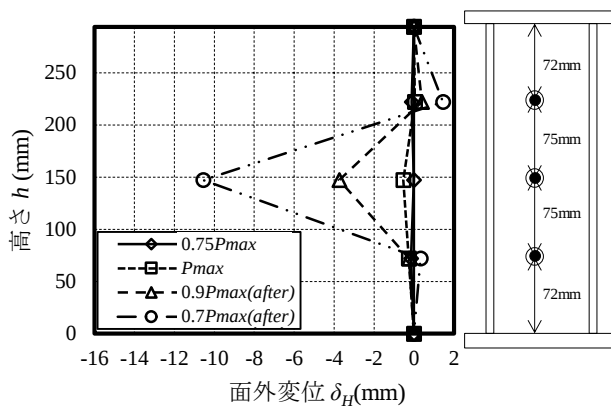


図-6 h - δ_H 関係 (B07A面)

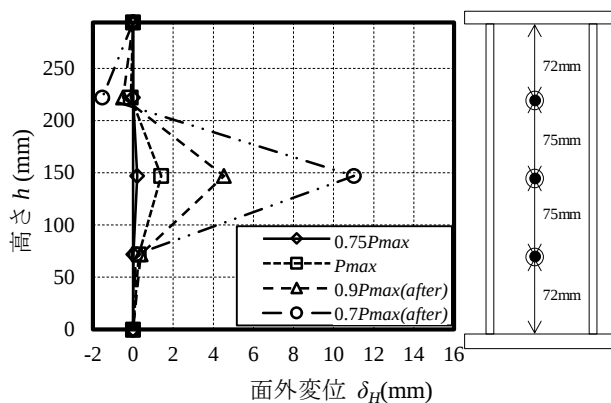


図-7 h - δ_H 関係 (B07C面)

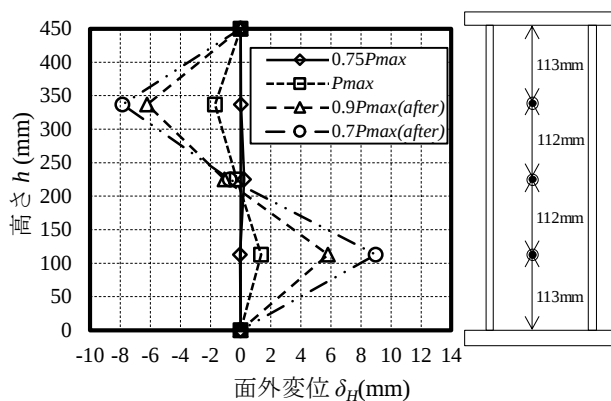


図-8 h - δ_H 関係 (B11A面)

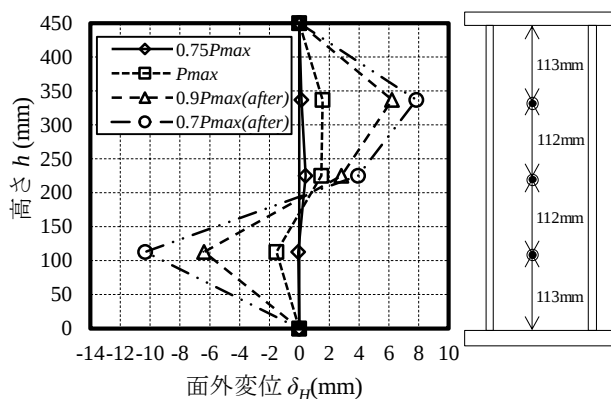


図-9 h - δ_H 関係 (B11C面)

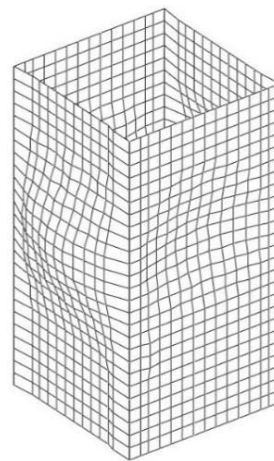


図-10 残留たわみ (B04)

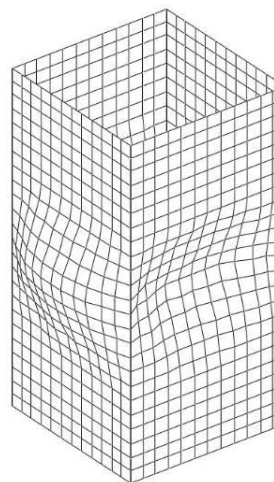


図-11 残留たわみ (B07)

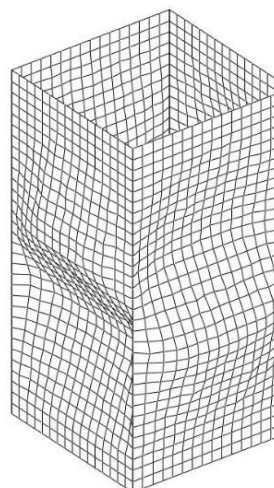


図-12 残留たわみ (B11)

の減少が B07, B11 と比べて緩やかであった。図-4～図-9 より、面外変位は、B04, B07 についてはほぼ sine 半波、B11 については sine 半波 2 波の形状となっているのが読み取れた。図-10～図-12 から同様の結果が読み取れた。本研究では幅厚比パラメータの異なる供試体を用いたが、面外変位の形状が違う理由は幅厚比パラメータの違いだけによるものとは断言できない。面外変位の形状については今後、検討していく予定である。

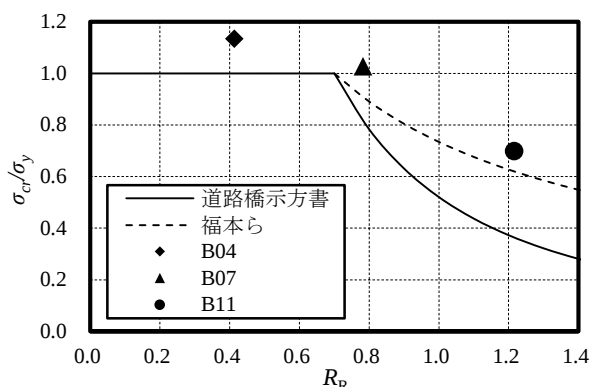


図-13 耐荷力曲線と試験結果の比較

4. 実験結果と耐荷力曲線の比較

図-13に道路橋示方書⁷⁾、福本ら⁸⁾による両縁支持板の耐荷力曲線と本試験の結果から得られた幅厚比パラメータごとの σ_{cr}/σ_y の値を比較したものを示す。図-13に示す耐荷力曲線の次の式(4)、(5)に示す。

道路橋示方書

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1 & (R_R \leq 0.7) \\ \left(\frac{0.7}{R_R}\right)^{1.83} & (R_R > 0.7) \end{cases} \quad (4)$$

福本ら

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1 & (R_R \leq 0.7) \\ \left(\frac{0.7}{R_R}\right)^{0.86} & (R_R > 0.7) \end{cases} \quad (5)$$

各供試体ともに耐荷力曲線に対して安全側に位置しており、SBHS700の両縁支持板の耐荷力も既往の耐荷力曲線による評価ができる可能性があると考えられる。しかし、本研究だけではデータが少ないため、今後、解析による研究などさらなる情報の収集が必要である。

5. まとめ

本研究では、SBHS700の両縁支持板の耐荷力を調べるために幅厚比パラメータの異なる矩形断面鋼短柱の3体の供試体の圧縮試験を行い、SBHS700の両

縁支持板の耐荷力に関する情報の収集を行った。面外変位の形状に違いが出たが、本試験だけでは原因は特定できないため、今後検討が必要である。また、SBHS700の両縁支持板の耐荷力は既往の耐荷力曲線によって評価ができる可能性があることが分かった。しかし、本試験だけでは情報が足りないため、今後もデータを蓄積していく必要がある。

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) 松村政秀, 小野潔, 中川翔太: SBHS500 からなる十字断面柱の終局強度に関する実験的研究, 第 18 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講演論文集, pp.141-144, 2015.
- 2) 安宅俊樹, 小野潔, 宮下剛: SBHS400 を用いた十字断面柱の耐荷力特性に関する実験的研究, 第 20 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講演論文集, pp.305-308, 2017.
- 3) 小野潔, 加藤健太郎, 安宅俊樹, 松村政秀, 岡田誠司: SBHS500 を用いた鋼製短柱の座屈耐力に関する実験的研究, 第 31 回日本道路会議論文, No.5015, 2015.
- 4) 安宅俊樹, 小野潔, 加藤健太郎, 北根安雄, 松村政秀, 岡田誠司: SBHS500 を用いた両縁支持板の耐荷力に関する実験的研究, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, I-294, 2016.
- 5) 傍島広太郎, 篠崎孝樹, 小野潔, 宮下剛, 岡田誠司: 比較的幅厚比の大きい SBHS400 を用いた両縁支持板の耐荷力特性に関する実験的研究, 第 21 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講演論文集, pp.1-4, 2018.
- 6) Nie, J., et al.: An experimental study on the local buckling strength of an SBHS700 stub column with cruciform section, *Steel Construction*, 12(2), pp.82-90, 2019.
- 7) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.
- 8) 福本昤士ら: 鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する研究, 平成元年度科学研究費補助金 研究成果報告書, 1990.