

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

傍島 広太郎¹・篠崎孝樹²・小野 潔³・宮下 剛⁴・岡田 誠司⁵

¹学会員 早稲田大学創造理工学術院 建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

²学会員 早稲田大学創造理工学部 社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

³正会員 博士(工学) 早稲田大学創造理工学部教授 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

⁴正会員 博士(工学) 長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻准教授 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡1603-1)

⁵正会員 博士(工学)(株)IHIインフラシステム (〒108-0023 東京都港区芝浦三丁目17番12号吾妻ビル)

1. 研究背景および目的

橋梁用高性能鋼材SBHSは従来鋼よりも高い降伏点、優れた溶接性、高じん性を有する新素材であり、鋼橋に使用することで建設コスト縮減の可能性が期待されている。SBHS400およびSBHS500は道路橋示方書¹⁾に規定されたが、未だ詳しい材料特性や耐荷力特性に関する情報は従来の鋼材に比べ不足している。そのような状況下、SBHS500およびSBHS700については、引張試験、繰返し材料試験が実施され、材料特性の把握、構成則の提案等が行われている²⁾。また、SBHS500を用いた鋼部材の耐荷力については、SBHSを用いた鋼桁³⁾や、SBHSを用いた自由突出板を対象とした実験的研究⁴⁾が実施され、その耐荷力に関する情報が得られつつある。他方、SBHS400はSBHSの中でも最も遅い2011年にJIS化され、既往の鋼材に比べ耐荷力特性を把握するための情報が特に不足している。より幅広くSBHSを使用していくためには、SBHSの材料特性を明らかにするとともに、SBHSを使用した鋼部材の耐荷力特性等を明らかにする必要がある。鋼部材の把握すべき耐荷力特性の1つとして、両縁支持板の耐荷力が挙げられる。本稿では、SBHS400を用いた両縁支持板の耐荷力に関する基本的なデータを得ることを目的とし、軸圧縮試験を実施した。

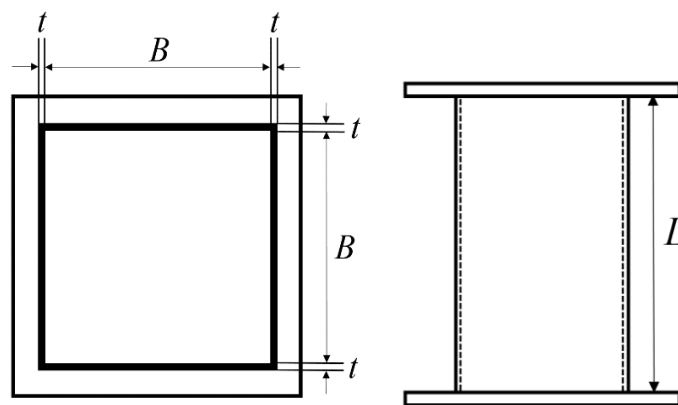


図-1 供試体概要図 (単位:mm)

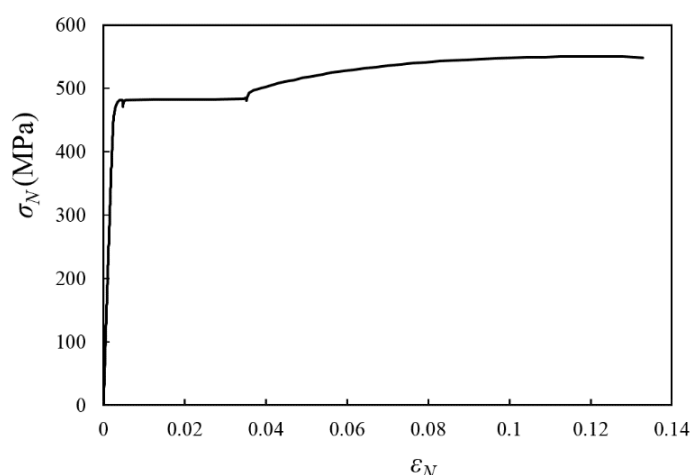


図-2 公称応力-公称ひずみ関係

2. 実験供試体および実験方法

実験は、SBHS400を使用した供試体2体(供試体B07および供試体B11)を用いて実施した。本試験で対象

とした両縁支持板は、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。板厚 t は9mm、細

表-1 構造諸元および座屈パラメータ

供試体名	板厚 t (mm)	幅 B (mm)	供試体高 さ L (mm)	幅厚比パ ラメータ R_R	細長比パラ メータ $\bar{\lambda}$
B07	9	252	545	0.73	0.06
B11	9	372	790	1.07	0.06



図-3 軸圧縮試験の様子

長比パラメータ $\bar{\lambda}$ は0.06(両端ピン支持)で固定し、幅厚比パラメータ R_R がそれぞれほぼ0.7, 1.1になるように寸法を決定した。表-1に各供試体の主要な構造諸元および座屈パラメータを、図-1に供試体概要図を示す。以下に幅厚比パラメータと細長比パラメータの式を示す。

$$R_R = \frac{B}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y 12(1-\nu^2)}{E k_R \pi^2}} \quad (2.1)$$

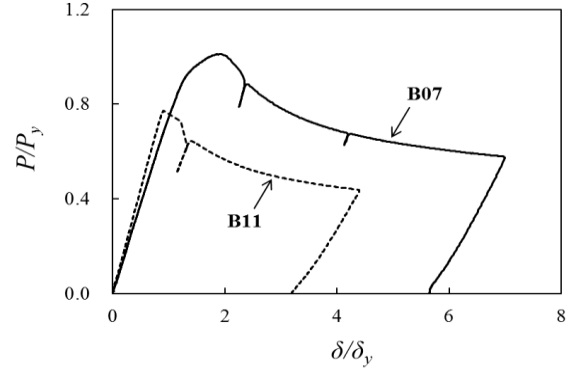
$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y L}{E r}} \quad (2.2)$$

ここに、 b :板パネルの幅、 E :鋼材の弾性係数($=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)、 σ_y :鋼材の降伏点、 k_R :座屈係数($k_R=4.0$)、 n :補剛材で区切られるパネル数、 μ :ポアソン比($=0.3$)、 r :断面二次半径、 L :有効座屈長(両端ピン支持を採用)

図-2に供試体に使用したSBHS400の引張試験(ロール方向)から得られた公称応力-公称ひずみ関係を、表-2に同じ引張試験より得られたSBHS400の機械的性質を示す。これらよりSBHS400は、高い降伏点を持ち、降伏比(上降伏点/引張強さ)が大きく降伏以降での応力の増加が小さいことが分かる。各実験供試体にはひずみゲージを設置し、変位計を水平、直角方向に導入した。これらの実験供試体を用いて、10MN大型試験機により、変位制御の条件のもと、およそ0.01mm/secの载荷速度で軸方向圧縮試験を行った。図-3に実際の軸圧縮試験の様子と軸圧縮試験機を示す。

表-2 鋼材の機械的性質

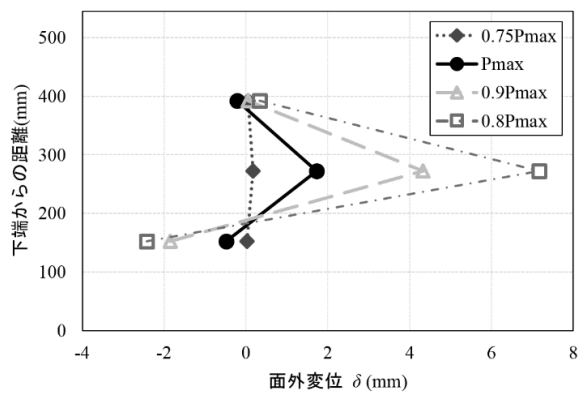
	下降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	降伏比 (%)
SBHS400	480	556	88

図-4 P/P_y - δ/δ_y 関係

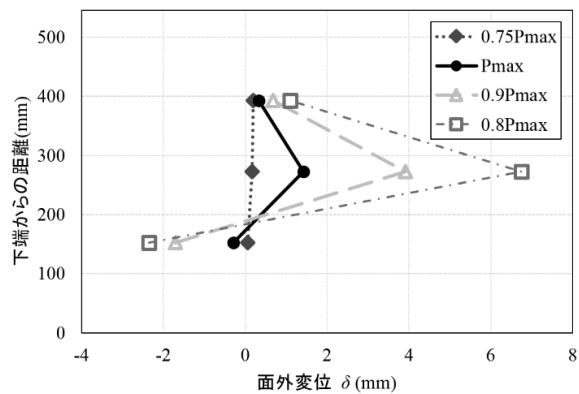
3. 実験結果および耐荷力に関する検討

図-4に供試体 B07 および B11 の軸圧縮実験から得られる軸力(P)ー軸方向変位(δ)関係を降伏軸力 P_y および降伏軸方向変位 δ_y でそれぞれ除した P/P_y - δ/δ_y 関係を示す。これより、B07 と B11 では B07 の方が高い耐荷力を持つことが分かる。また、B07 と B11 では最大耐力以降の耐荷力降下の勾配がほぼ等しいことが確認できる。

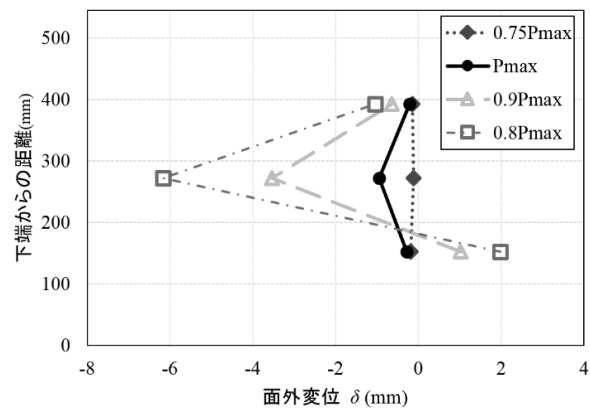
図-5、図-6に幅厚比パラメータ $R_R=0.7, 1.1$ のそれぞれにおける最大荷重前の $0.75P_{\max}$ 、 $P_{\max}$ 、最大荷重後である $0.9P_{\max}$ 、 $0.8P_{\max}$ の各载荷段階の面外変位(A~D 面)の遷移を示す。横軸は面外変位 δ (mm)、縦軸は変位計設置位置の高さを表す。これらの図より、 $0.7P_{\max}$ の荷重が増加した際には変位はわずかしこ生じていないが、 $P_{\max}$ へと増加した際に急激に変位が生じている。これにより、最大耐力以降、急激な耐力低下に伴い大きく変位が生じていることが確認できる。また、最大荷重後である $0.9P_{\max}$ 、 $0.8P_{\max}$ の荷重が生じた際には、 $R_R=0.7$ の供試体では変位が生じ続けているが、 $R_R=1.1$ の供試体では変位の増加は小さいものと見受けられる。次に、図-7、図-8には供試体 B07 および供試体 B11 の圧縮試験後の残留たわみ図を示す。図-5、図-6 と併せて確認すると、B07 では1波、B11 では2波と異なる座屈モードが現れており、今後、幅厚比パラメータと座屈モードの関係を検討する必要がある。次に、図-9には最大耐力 $P_{\max}$ (最大軸力) を降伏軸力で除した P_{cr}/P_y を既往の耐荷力曲線と比較したものを示す。



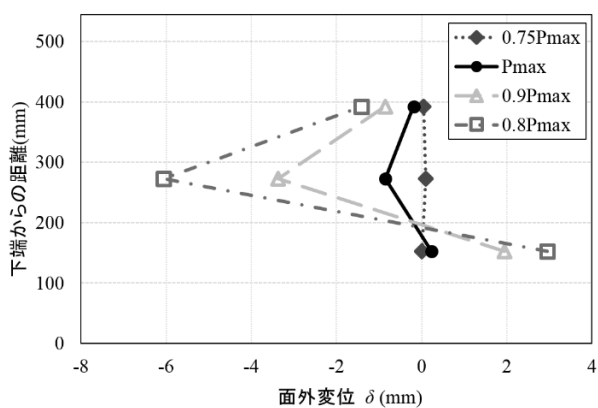
(a) A 面



(b) B 面

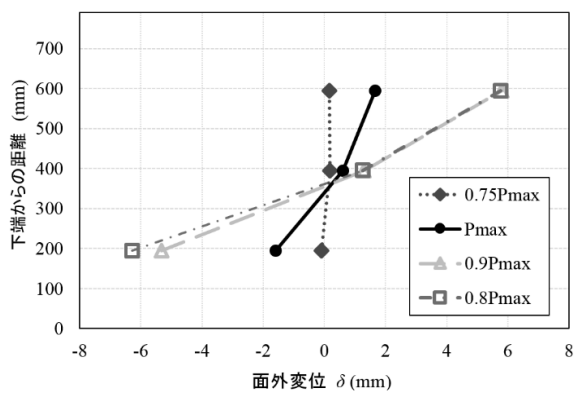


(c) C 面

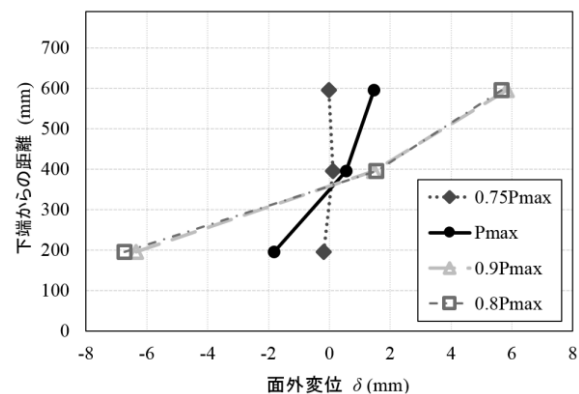


(d) D 面

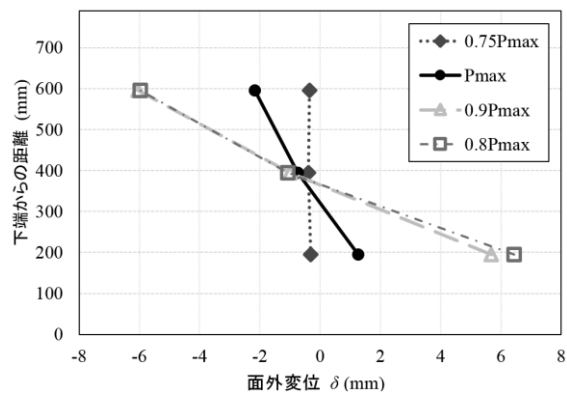
図-5 最大荷重前後の面外変位遷移 $R_R=0.7$



(a) A 面



(b) B 面



(c) C 面

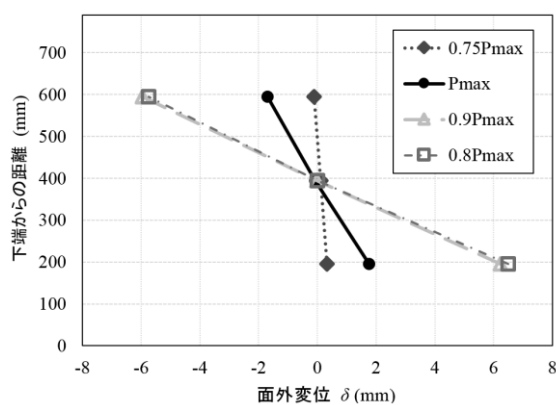


図-6 最大荷重前後の面外変位遷移 $R_R=1.1$

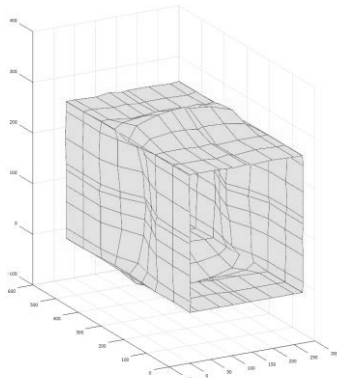


図-7 座屈モード(B07)

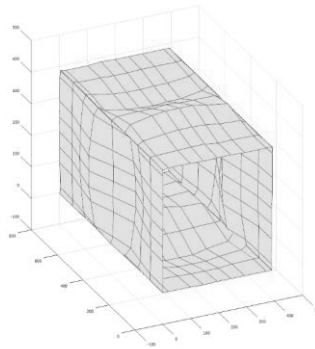


図-8 座屈モード(B11)

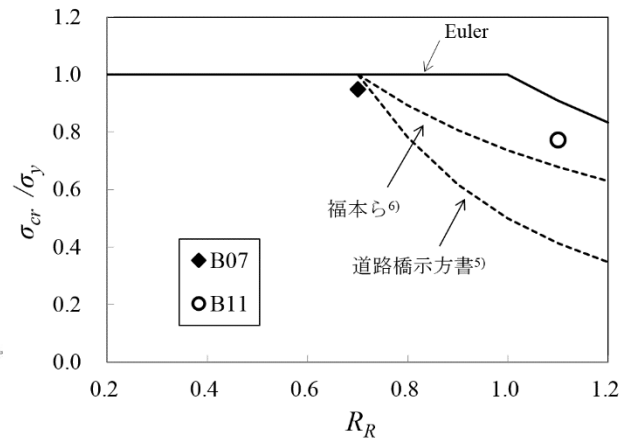


図-9 実験結果と耐荷力曲線の比較

式 (3.1) は道路橋示方書，式 (3.2) は福本らの提案した耐荷力曲線，式 (3.3) は Euler Curve を表す．

a) 道路橋示方書の耐荷力曲線⁵⁾

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = 1 \quad (R_R \leq 0.7), \quad \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \frac{0.5}{R_R^2} \quad (R_R > 0.7) \quad (3.1)$$

b) 福本らの耐荷力曲線⁶⁾

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = 1 \quad (R_R \leq 0.7), \quad \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \left(\frac{0.7}{R_R}\right)^{0.64} \quad (R_R > 0.7) \quad (3.2)$$

c) Euler Curve

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = 1 \quad (R_R \leq 1.0), \quad \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \frac{1}{R_R^2} \quad (R_R > 1.0) \quad (3.3)$$

図より，B11においては福本らの式⁶⁾および道路橋示方書の式⁵⁾よりも安全側に位置しており，これらの耐荷力曲線を用いた評価が可能であることが分かる．B07においては既往の耐荷力曲線を若干下回っている．実験結果では，同じ幅厚比パラメータの供試体においても σ_{cr}/σ_y はばらつきがあり，本研究で用いたB07とB11の供試体2つの実験データだけでは耐荷力曲線を用いた評価法が適切であるとは断言できない．そのため，今後実験および解析によってさらなるデータの蓄積を行い，検討する必要がある．

4. まとめ

本稿では，SBHS400を用いた両縁支持板の軸圧縮試験によってデータを収集した．しかし，SBHS400を用いた両縁支持板の耐荷力特性に関する情報は未だ少ないため，今後，実験的研究に加え，実験結果を再現することができる弾塑性有限要素解析を用いた数値計算によって，残留たわみ測定の結果も交え，データ数の蓄積を行うことを検討している．

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説改訂版Ⅱ鋼橋編，2012.
- 2) Keita Hamamura, Kiyoshi Ono, Seiji Okada, Shinji Ymada, Nobuo Nishimura(2013). “Mechanical Properties and constitutive equation under cyclic loading of higher yield strength steel plates for bridges SBHYS700”, Proceedings of the 6th International Symposium on Steel Structures, pp.268-269, 2013.11.
- 3) 野阪 克義，奥井 義昭，小室 雅人，宮下 剛，野上 邦栄，長井 正嗣：SBHSを用いた鋼I桁の耐荷力特性に関する実験的研究，構造工学論文集A，59A巻，pp.70-79，2013.
- 4) 松村政秀，小野 潔，中川翔太：SBHS500およびSM490Yからなる十字断面柱の圧縮試験，第17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.307-310，2014.
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2014.
- 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），平成2年.