

矩形断面鋼短柱の座屈挙動に関する実験的研究

早稲田大学大学院
早稲田大学

学生会員 ○山崎 諒介
正 会 員 小野 潔

1. はじめに

圧縮を受ける鋼部材は座屈による耐荷力の低下に注意が必要であり、短柱の座屈現象には幅厚比パラメータが支配的な影響を及ぼすことが既往の研究から判明している。当研究室では両縁支持板の座屈挙動を明らかにすべく、図-1 に示すような SBHS400 および SBHS700 製の矩形断面鋼短柱の一軸圧縮試験を、幅厚比パラメータの異なる複数の矩形断面鋼短柱供試体で実施した。本稿ではその実験結果を精査し、圧縮試験結果の荷重-変位関係から非線形に至る過程や局部座屈発生後の挙動を把握するとともに、面外変位の遷移に注目して局部座屈挙動に対する考察を行った。

2. 実験概要・供試体の説明

本研究で対象とする矩形断面鋼短柱供試体の諸元を表-1 に示す。幅厚比パラメータ R_R の値は式(1)より求めている。柱の全体座屈を防ぐために各供試体の細長比パラメータは 0.06~0.11 程度に小さく設計してある。

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

SBHS400 の降伏応力は引張試験から得た公称応力-公称ひずみ関係の下降伏点の値を採用した。SBHS700 の降

伏応力はミルシートの値を採用し、今後引張試験を行う予定である。圧縮試験はいずれも大型二軸構造物評価装置を用いて載荷速度 0.005mm/sec の変位制御のもとで行われた。

3. 圧縮試験結果(荷重-変位関係)

圧縮試験から得られた荷重-変位関係を図-2 と図-3 に示す。縦軸の値と横軸の値はそれぞれ各鋼材の降伏荷重と各供試体の降伏変位で除すことによって無次元化している。 $R_R \cong 0.4$ の場合は降伏荷重付近まで線形性がみられ、非線形化した後も荷重を保ったまま変位が増大していく。限界幅厚比パラメータ近傍の $R_R \cong 0.7$ の場合、降伏荷重の約 90% で非線形化が始まり、降伏荷重付近で荷重が降下する。 $R_R \cong 1.1$ の場合は非線形化が明確に表れる前に降伏荷重の 75% 前後で荷重が急落した。

4. 座屈挙動

続いて座屈挙動の詳細について述べていく。次項の図-4 に変位計の設置箇所および各供試体の 4 つの側面に識別のため与えた名称を示す。面外変位は各面において外に張り出した場合に正とする。概ね全体に共通して、対面同士(A と B, C と D)では面外変位の符号や大きさが一致する一方で、隣接面同士(A と C, B と D など)では

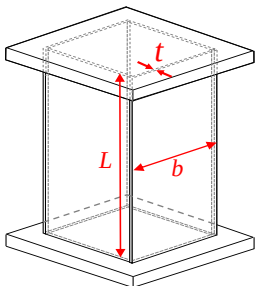


図-1 矩形断面鋼短柱

表-1 矩形断面鋼短柱供試体の構造諸元

	SBHS400			SBHS700		
	B04	B07	B11	B04	B07	B11
幅厚比パラメータ R_R	0.45	0.73	1.07	0.50	0.82	1.19
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.079	0.086	0.084	0.102	0.103	0.108
降伏応力 σ_y (N/mm ²)	483	483	483	828	828	828
有効長さ L (mm)	320	545	790	260	294	450
板厚 t (mm)	9	9	9	9	6	6
幅 b (mm)	160	252	372	134	147	213

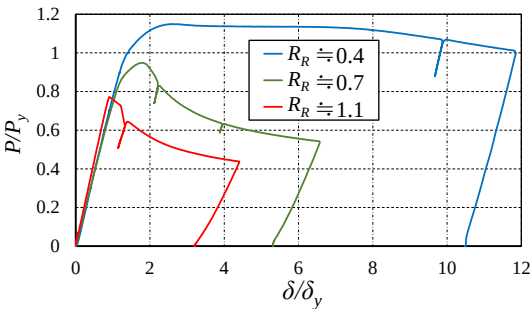


図-2 $P/P_y - \delta/\delta_y$ 関係 (SBHS400)

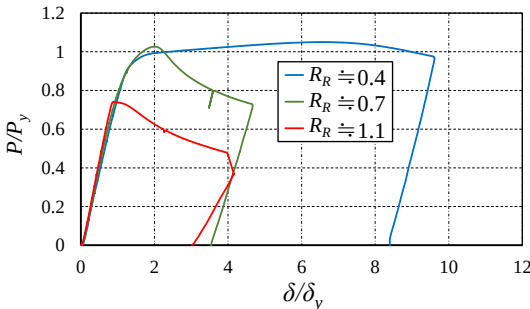


図-3 $P/P_y - \delta/\delta_y$ 関係 (SBHS700)

キーワード 座屈挙動, 局部座屈, 幅厚比パラメータ, 両縁支持板
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

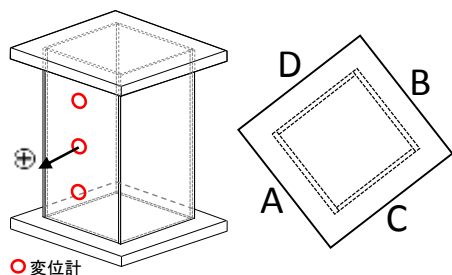
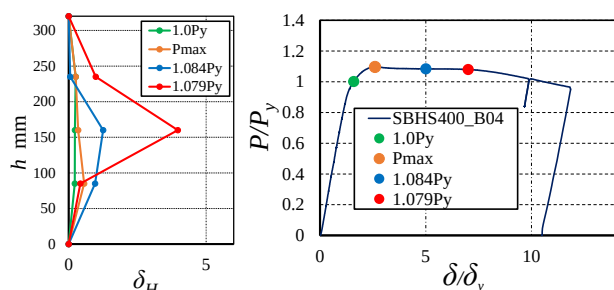
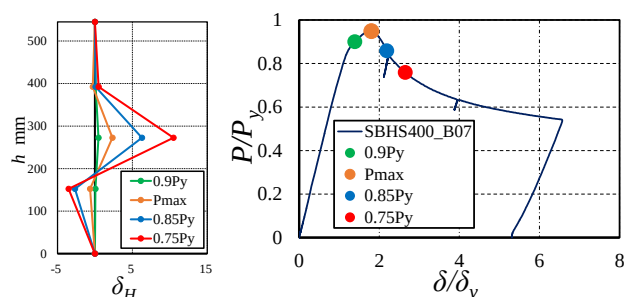
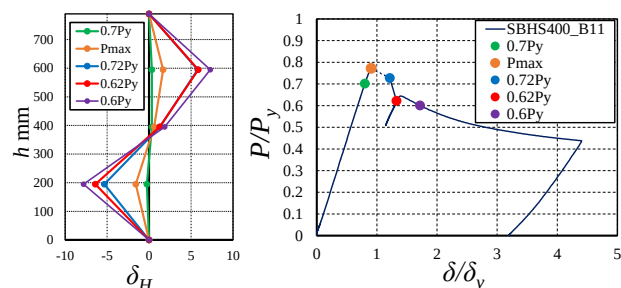
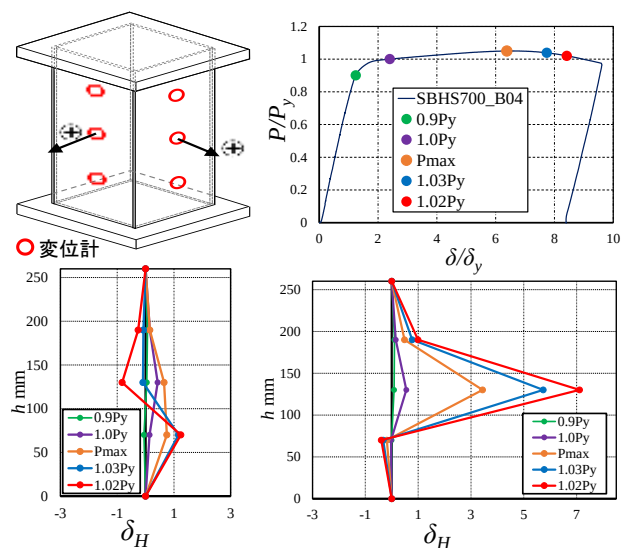


図-4 変位形設置箇所と各面の名称

図-5 座屈挙動 (SBHS400, $R_R \doteq 0.4$)図-6 座屈挙動 (SBHS400, $R_R \doteq 0.7$)図-7 座屈挙動 (SBHS400, $R_R \doteq 1.1$)図-8 座屈挙動 (SBHS700, $R_R \doteq 0.4$)

反対の変形が生じた。例えば、A 面で凹んだ箇所は C 面においては凸であった。

図-5 から図-7 には代表として SBHS400 製各供試体の A 面の面外変位 δ_H の遷移の様子を掲載した。 $R_R \doteq 0.4$ の場合、降伏荷重や最大荷重に達しても面外変形はほとんど生じておらず、鉛直方向の変位が増大するにつれて面外変形の進展もみられる。 $R_R \doteq 0.7$ の場合は最大荷重に達した時点で面外変形が確認できる。その後荷重が降下しつつ面外変形も進展してゆくが、鉛直方向の変位の増加に対して、面外変位の増加が大きい。 $R_R \doteq 0.4$ と 0.7 の各面の面外変形は鉛直方向に概ね $\cos 1$ 周期分の波形であった。 $R_R \doteq 1.1$ の場合、図-7 の右側の図において、 P_{max} (橙色の点) と $0.72P_y$ (青色の点) の間には測定点が存在せず、この間に荷重が急落し、面外変形も急激に進展したことが読み取れる。面外変形の波形は、中央部分が節のように振る舞い各面に凹凸の双方が生じた。

また、SBHS400 と SBHS700 で R_R の値が等しい供試体の試験結果を比較した場合、基本的には同様の荷重-変位関係および座屈現象が確認された。しかし、図-8 に示すように、 $R_R \doteq 0.4$ の SBHS700 は非線形に至り変位が増大してゆく過程においても荷重が緩やかに上昇し続けた上に、A 面において、一旦は正の面外変位が生じてから負に転じるなど、他の供試体とは異なる挙動が見られた。面外変位の遷移が隣接面 (A と C) で非対称であることも含め、引き続き検討を行ってゆく。

5. まとめ

本研究では、両縁支持板の座屈挙動を把握するため、幅厚比パラメータの異なる矩形断面鋼短柱の圧縮試験結果を精査し考察を行った。その結果、幅厚比パラメータの違いによる荷重-変位関係および局部座屈挙動の明確な違いが確認された。今後も荷重-変位関係と局部座屈挙動の関連に注目した研究を行ってゆく。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.
- 2) Kotaro Sobajima (et al.): AN EXPERIMENTAL STUDY ON LOCAL BUCKLING STRENGTH OF WELDED BOX SECTION STUB-COLUMNS MADE OF SBHS400, Proc. of 16th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-16), 2019.12.