

角部に冷間曲げ加工を施した SBHS400 製箱型断面鋼短柱の弾塑性挙動に関する実験的研究

早稲田大学大学院
株式会社 IHI インフラシステム
早稲田大学

学生会員 ○山崎 諒介
正会員 竹嶋 夏海
正会員 小野 潔

早稲田大学大学院
株式会社 IHI インフラシステム

学生会員 Jing Nie
正会員 岡田 誠司

1. はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震では鋼製橋脚の角溶接部付近が割裂し崩壊に至る被害が生じたり。こうした箱型断面四隅の応力集中部における溶接割れを防ぐ上で、図-1 (b) に示すような、冷間曲げ加工を施した「コの字型」の板 2 枚を向かい合わせに溶接し、箱型断面を組み立てる構造(以下「R 付き箱型断面」)が有用であると考えられる。しかしながら、R 付き箱型断面鋼短柱の弾塑性挙動に関する実験データは少なく、現在の道路橋示方書(以下「道示」)²⁾における耐荷力の評価方法も明確ではない。本研究では、SBHS400 製 R 付き箱型断面鋼短柱の一軸単調載荷圧縮試験を行い、その弾塑性挙動を把握した。その結果を過去に実施した SBHS400 製矩形断面鋼短柱の圧縮試験結果³⁾と比較し、考察をおこなった。

2. 実験概要・供試体の説明

SBHS400 を用いて、図-2 (a) のような矩形断面鋼短柱 B11 と図-2 (b)) のような R 付き箱型断面短柱 B11-R を作製した。その構造諸元は表-3 に示すとおりである。供試体の幅厚比

パラメータ R_R の値は H29 年版道示の両縁支持板に関する式(1)により算出し²⁾、その値はいずれも約 1.1 である。幅 b は各箱型断面の内寸である。R 付き箱型断面に関しては道示に明記されていないため、B11-R についても暫定的に式(1)を適用している。柱の全体座屈を防ぐために細長比パラメータは 0.08~0.12 程度に小さく設計してある。

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

ここに、 k ：座屈係数 (= 4.0)
 μ ：ポアソン比 (= 0.3)

また、B11 に用いた SBHS400($t=9\text{mm}$)の公称応力-公称ひずみ関係を図-4 に示す。降伏応力は下降伏点の値とした。B11-R に用いた SBHS400($t=6\text{mm}$)の降伏応力はミルシートの値であり、今後引張試験を行う予定である。圧縮試験は変位制御で実施し、載荷速度は B11 が 0.01mm/sec, B11-R が 0.005mm/sec であった。本実験では軸方向の荷重 P および変位 δ に加え、供試体側面の面外変位 δ_H も測定した。各測定値は 2 秒間隔で測定した。

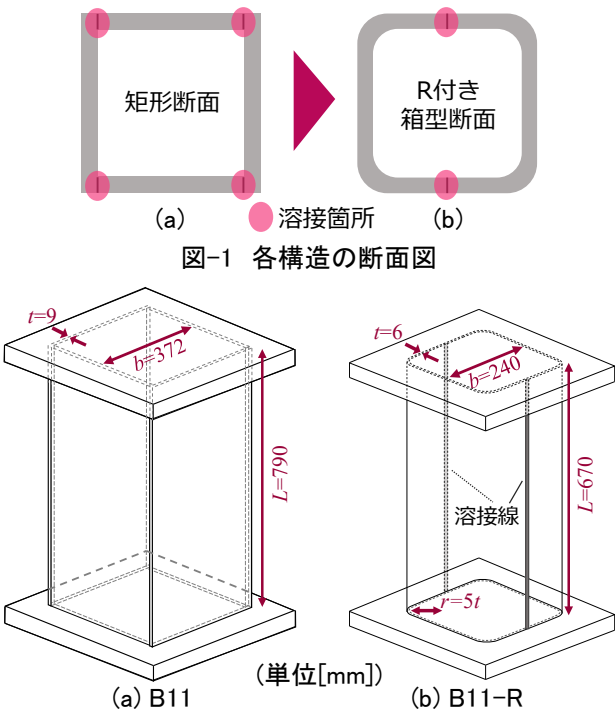


図-2 各供試体の概形

	B11	B11-R
降伏応力 σ_y (N/mm ²)	468	508
板厚 t (mm)	9	6
有効長さ L (mm)	790	670
幅 b (mm)	372	240
アスペクト比 L/b	2.12	2.79
曲げ加工内径 r (mm)	-	30 (5 t)
幅 (直線部) b' (mm)	-	180
幅厚比パラメータ(全幅) R_R	1.05	1.06
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.078	0.117

表-3 各供試体の構造諸元

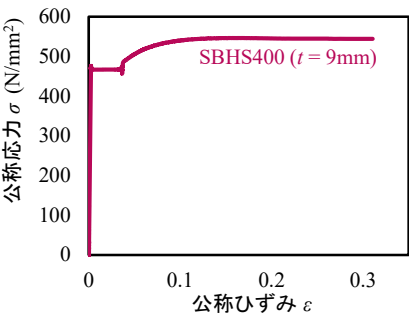


図-4 公称応力-公称ひずみ関係

キーワード 冷間曲げ加工, 箱型断面鋼短柱, 弾塑性挙動, 局部座屈, 幅厚比パラメータ, SBHS
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

3. 圧縮試験結果

圧縮試験から得られた軸力-軸方向変位関係を図-5 に示す。縦軸と横軸の値は各供試体の軸方向の降伏荷重 P_y および降伏変位 δ_y で無次元化した。いずれの供試体も最大荷重点に至るまで軸力-軸方向変位関係に明確な非線形性が見られない。軸力-軸方向変位関係を見る限りでは、ポストピーク領域における挙動も類似している印象を受けるが、実際には異なる。図-6(a) の P_{max} と $0.77P_y$ および $0.77P_y$ と $0.66P_y$ の間には測定値が存在せず、B11 は最大荷重点直後に荷重と変位が急変しているのに対し、図-7(a) より B11-R の同区間における荷重の降下や軸方向変位の進展は B11 に比べ緩やかであった。

また、図-6 および図-7 の (b) (c) はそれぞれ面外変位遷移図と変位計配置図であり、面外変位が進展する様子や座屈モードを示している。図-6(b) より、B11 では各面に凹凸の双方が生じ、sine 半波 2 波の波形が観察された。他方、図-7(b) より、B11-R では軸方向の中央付近に概ね sine 半波 1 波の面外変形が観察された。

4. まとめ

本研究では角部に冷間曲げ加工を施した箱型断面鋼短柱(以下「R 付き箱型断面鋼短柱」)の弾塑性挙動を把握するべく、SBHS400 製 R 付き箱型断面鋼短柱の一軸圧縮試験を実施し、過去に実施した SBHS400 製矩形断面鋼短柱の圧縮試験結果と比較しつつ考察した。軸力-軸方向変位関係の概形は一見よく似ているが、ポストピーク領域においては R 付き箱型断面鋼短柱の方がやや粘り強い挙動を示し、座屈モードにも違いが見られた。引き続き弾塑性挙動に関するデータを収集し、任意の曲げ加工半径を有する箱型断面鋼短柱に適応可能な設計式の提案を目指す。

5. 謝辞

本研究は、基礎研究(C)(課題番号:18K04331)により実施したものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書，pp.100-105, 1995.12.
- 2) 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.
- 3) 山崎諒介，小野潔：SBHS400 および SBHS700 製矩形断面鋼短柱の局部座屈挙動に関する実験的研究，第 23 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.313-320, 2020.11.

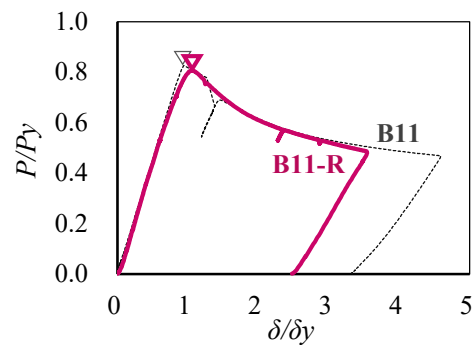
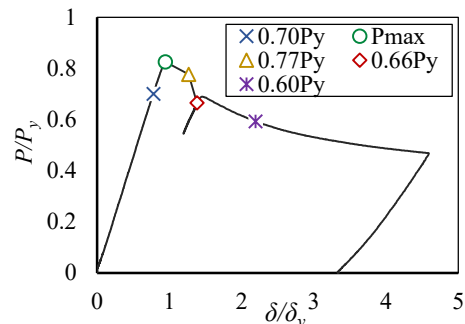


図-5 軸力-軸方向変位関係



(a) 軸力-軸方向変位関係

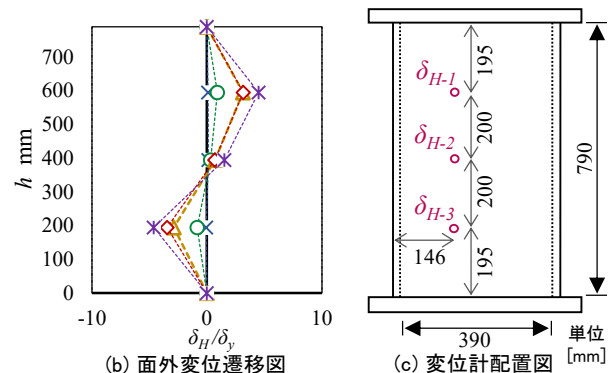
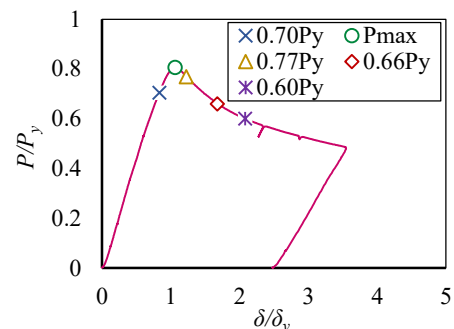
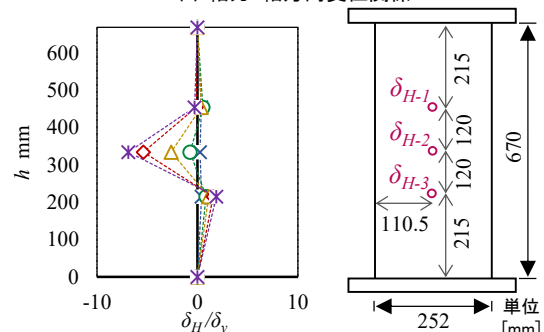


図-6 B11 の局部座屈挙動



(a) 軸力-軸方向変位関係



(b) 面外変位遷移図

(c) 変位計配置図

図-7 B11-R の局部座屈挙動