

鋼種の違いがガセットを有する鋼長柱の弾塑性挙動に与える影響に関する実験的研究

早稲田大学大学院 学生会員 ○松尾 淳史
 土木研究所 正会員 大西 孝典
 日本橋梁建設協会 正会員 小林 裕輔
 早稲田大学 正会員 小野 潔

早稲田大学 非会員 宮本 大
 日本鋼構造協会 正会員 志村 保美
 日本橋梁建設協会 正会員 澁谷 敦

1. 序論

鋼部材の腐食は、鋼橋全体の耐久性に影響を及ぼし、補強のための維持管理コストの増大が問題となっている。また、対傾構においては、腐食による損傷事例が報告されている。他方、ステンレス鋼は普通鋼と比較して高い耐食性を有し、明確な降伏点をもたない材料であることが知られている。そのため、ステンレス鋼を対傾構に利用することで維持管理コストの低減が期待されている。また、一般的に、対傾構は山形鋼などの部材を、ガセットプレートを通じて主部材に連結している。普通鋼に代えてステンレス鋼を対傾構に利用する場合、ステンレス鋼の非線形的な材料特性が、対傾構の弾塑性挙動に影響を及ぼす可能性がある。そのため、本研究では、鋼種の違いがガセットを有する鋼長柱の弾塑性挙動に与える影響を把握することを目的として、普通鋼とステンレス鋼の2パターンについて、繰り返し載荷試験を行い、その実験結果を比較した。

2. 繰り返し載荷試験

図-1 に示される試験体を用いて、柱部を普通鋼とした場合およびステンレス鋼とした場合について、繰り返し載荷試験を実施した。柱部は山形鋼が用いられており、鋼種はSS400またはSUS316である。ガセットプレートの鋼種はSM400Aであり、柱部とガセット部は高力ボルト接合により連結されている。試験体の構造諸元を表-1 および表-2 に示す。構造諸元は、既往の単調載荷試験と同様とした。柱部の細長比パラメータ λ および固定点間距離と板厚の比 a/t については、過去に実施した単調載荷試験と同様に、既設橋の実績調査をもとに決定された。また、普通鋼とステンレス鋼の降伏応力 σ_y 、 $\sigma_{0.2}$ およびヤング係数 E については、引張試験結果の値を用いた。引張試験により得られた普通鋼およびステンレス鋼の応力-ひずみ関係を図-2 に示す。ここで、細長比パラメータは式(1)で示される。

$$\lambda = \frac{L}{r_x} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (1)$$

ここに、 σ_y ：鋼材の降伏応力、 E ：ヤング係数、 L ：有効座屈長、 r_x ：断面図心を通り接合面に平行な軸周りの断面二次半径

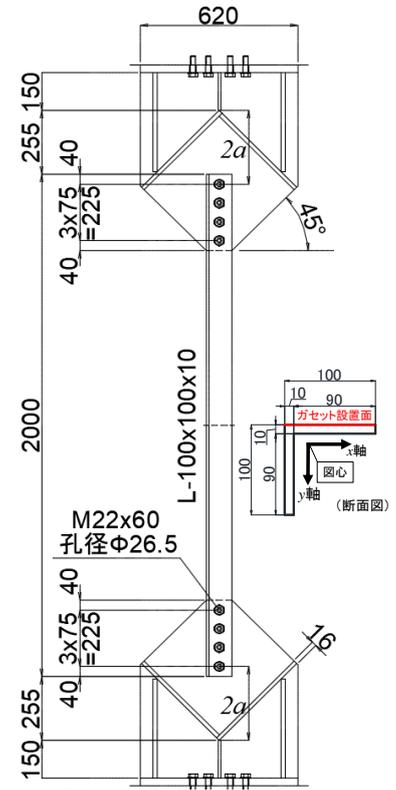


図-1 試験体の寸法

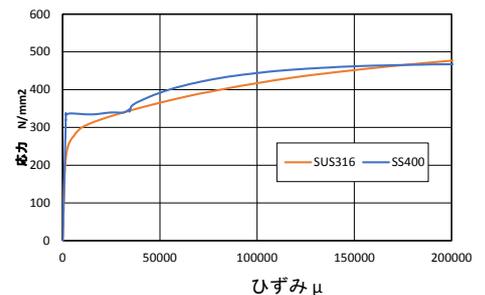


図-2 柱部の鋼材の応力-ひずみ関係

表-1 柱部の構造諸元

柱部 L 100-100-10	SUS316	SS400
断面積 A (mm ²)	1900	1900
形鋼長さ L (mm)	2000	2000
細長比 L/r_x	66	66
降伏応力 $\sigma_{0.2}, \sigma_y$ (N/mm ²)	260 ($\sigma_{0.2}$)	333 (σ_y)
ヤング係数 E (kN/mm ²)	194	201
細長比パラメータ λ	0.768	0.852
降伏荷重 P_y (kN)	494	633

表-2 ガセット部の構造諸元

ガセットプレート部 SM400A	
板厚 t (mm)	9
ガセットの固定点間距離 $2a$ (mm)	295
ガセットの固定点間距離と板厚の比 a/t	16.4

キーワード ステンレス鋼, SUS316, ガセット, 対傾構, 弾塑性挙動, 耐荷力

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

荷重は変位制御で実施し、圧縮荷重と引張荷重を交互に3回ずつ繰り返しながら実施した。引張荷重に関して、最大荷重到達以降は、ボルトの滑りを避けるために圧縮荷重を越えないように荷重した。端部条件は両端固定とした。

3. 実験結果

普通鋼およびステンレス鋼の P - δ 関係を図-3 にそれぞれ示す。なお、本研究では圧縮を正とする。また、 P - δ 関係をそれぞれの降伏荷重 P_y および降伏変位 δ_y で無次元化し、包絡線を比較したものを図-4 に示す。図-3 より、普通鋼の最大荷重は 279kN、ステンレス鋼の最大荷重は 226kN となった。図-4 より、弾性域における傾きはおおむね一致していることが読み取れる。また、無次元化した場合の最大耐力はステンレス鋼のほうがわずかに大きくなっているが、ほとんど差が見られなかった。また、最大荷重到達以降、荷重の減少に着目すると、普通鋼よりもステンレス鋼のほうが緩やかに減少していることが読み取れる。

実験結果を道路橋示方書¹⁾に示される耐力力曲線と比較したものを図-5 に示す。耐力力曲線は以下の式(2)、式(3)で表される。

- ・溶接箱形断面以外（偏心なし）

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1.00 & (\bar{\lambda} \leq 0.2) \\ 1.109 - 0.545\bar{\lambda} & (0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.0) \\ \frac{1}{0.733 + \bar{\lambda}^2} & (1.0 < \bar{\lambda}) \end{cases} \quad (2)$$

- ・山形鋼・T形鋼断面（偏心あり）

$$\frac{\sigma_{cud}}{\sigma_y} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} \left(0.5 + \frac{l/r_x}{1000} \right) \quad (3)$$

図-5 より、実験結果は普通鋼、ステンレス鋼ともに耐力力曲線の上側にプロットされた。本実験においては、ガセットを有する鋼長柱の耐力力について、柱部の鋼材がステンレス鋼の場合でも普通鋼の場合と同等の弾塑性挙動を有する可能性があることが示された。

4. まとめ

本稿では、鋼種の違いがガセットを有する鋼長柱の弾塑性挙動に与える影響に関する実験的研究を行った。実験結果から、無次元化した P - δ 曲線を比較すると、普通鋼とステンレス鋼ではほとんど差異は現れなかった。また、また、ガセットを有する鋼長柱の耐力力について、柱部の鋼材がステンレス鋼の場合でも普通鋼の場合と同等の弾塑性挙動を有する可能性があることが示された。今後は実験および解析的検討によりデータの蓄積を行っていく必要がある。

謝辞：本研究は、(国研) 土木研究所等の「耐久性向上のための高機能鋼材の道路橋への適用に関する共同研究」の一環として実施されたものです。早稲田大学の Sthapit Shranay 氏、岩澤優衣氏、共同研究者の皆様に深く謝意を表します。

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年11月。

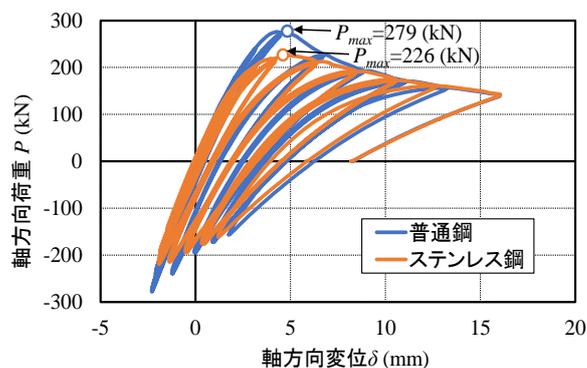


図-3 P - δ 曲線

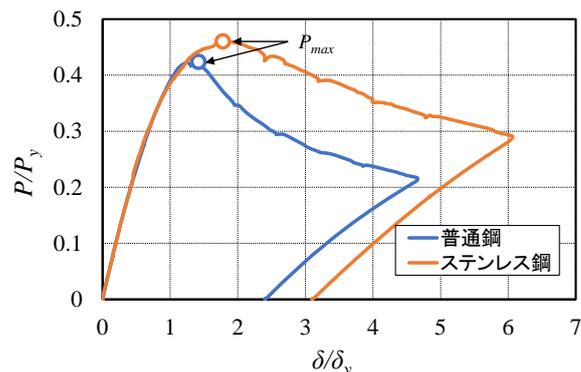


図-4 包絡線の比較（無次元化）

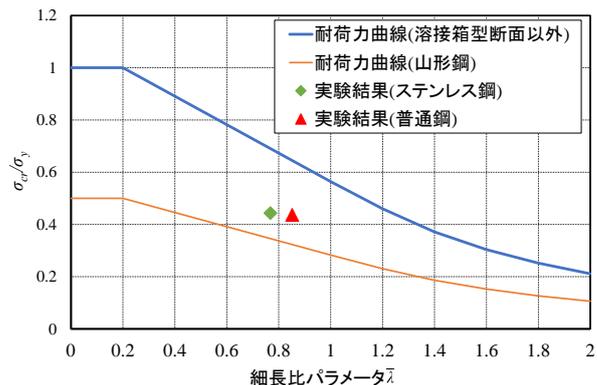


図-5 耐力力曲線