

偏心圧縮負荷を受けるステンレス鋼製開断面柱の終局強度

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○古川 諒太

長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大

1. はじめに

ステンレス鋼は、炭素鋼に比べて高い耐食性を有するため、長期間供用が求められる土木構造物に用いることで、従来の炭素鋼製構造物に比べてライフサイクルコストの低減が期待できる。しかし、ステンレス鋼製土木構造物の実現には、ステンレス鋼部材の強度特性を明らかにするとともに、設計法の確立が必要不可欠である。本研究では、橋梁二次部材に用いることを想定したステンレス鋼製開断面柱部材に着目し、ガセット位置から偏心圧縮負荷を受ける際の強度特性を数値計算により明らかにする。

2. 数値計算方法

本研究で対象とするステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 および二相系（リーン型）ステンレス鋼 SUS821L1 とする。表 1 は、これら対象鋼種の機械的性質^{1),2)}を示す。ここで、表中の E はヤング係数を、 $\sigma_{0.2}$ は 0.2%耐力を、 ν はポアソン比を示す。また、図 1 は、対象鋼種の応力ひずみ関係を示す。数値計算に用いる応力ひずみ関係には、2 区間とした Ramberg-Osgood 曲線³⁾を用いる。

図 2 は、本研究で対象とする山形、T 形および溝形断面柱の形状および寸法を示す。同図の柱両端部のガセットとの接合については、道路橋示方書⁴⁾（以下、道示とする）に従いガセット板厚 t および高力ボルト本数を決定する。柱長さ l は、式(1)の細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を 0.2 から 2.0 まで 0.2 刻みで変化させて決定する。ここで式(1)中の σ_F は基準強度を、 E はヤング係数を、 r は断面二次半径を意味する。なお、 $\bar{\lambda}$ が小さく柱長さが短い、柱両端のガセットが干渉するモデルは除く。

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_F}{E}} \frac{l}{r} \quad (1)$$

数値計算にて考慮する初期不整は、残留応力および初期たわみとする。残留応力は自己平衡を保つ矩形分布とし、引張側で $\sigma_{0.2}$ および圧縮側で $0.3 \sigma_{0.2}$ とする。初期たわみは、対象とする各柱モデルの固有値解析を行い、柱全

表 1 対象鋼種の機械的性質^{1),2)}

鋼種	E (GPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	ν
SUS304	183	260	0.287
SUS821L1	203	486	0.226

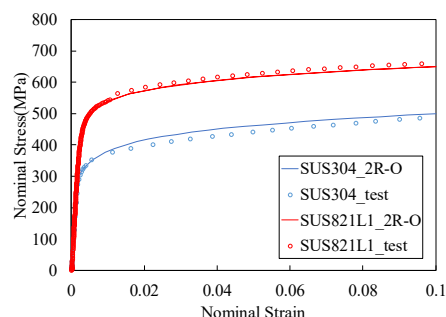


図 1 対象鋼種の応力ひずみ関係³⁾

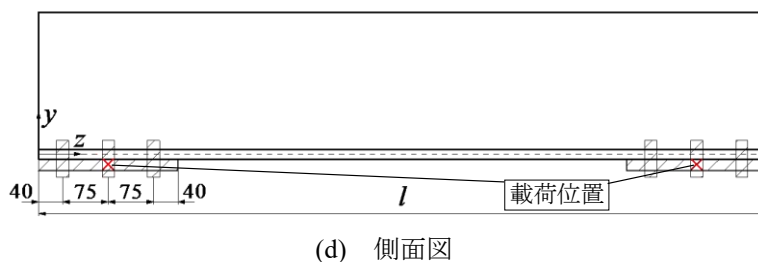
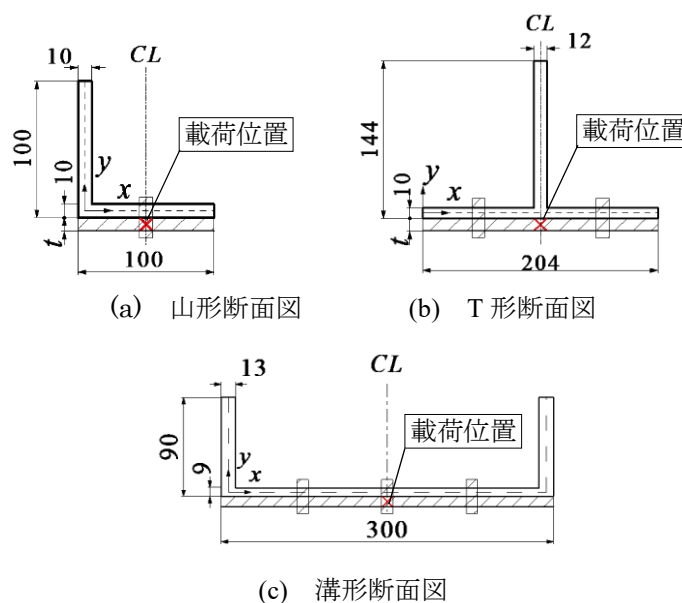


図 2 対象とする柱形状

キーワード SUS304, SUS821L1, 終局強度, 偏心負荷, 開断面柱

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9439

体座屈となる1次モードを採用し、その最大たわみ値が $l/1000$ となるようにして与える。数値計算モデルにおける載荷位置は図2に示すガセット板厚および高力ボルトの中心位置とする。以上の数値計算は、汎用非線形有限要素解析プログラムMARC⁵⁾を用いる。

3. 数値計算結果

図3は、数値計算により得られた対象柱の終局圧縮強度と細長比パラメータの関係を示す。ここで、同図の縦軸は数値計算により得られた最大圧縮荷重 P_U を各柱の基準耐力時の荷重 P_F で無次元化した値を意味する。なお、同図の実線は箱形断面以外の柱に関する道示の耐荷力曲線を、破線および一点鎖線はそれぞれ SUS304 および SUS821L1 の材料特性値を代入した道示の偏心圧縮負荷を受ける場合の耐荷力曲線を表している。また、同図中には、比較として図心位置に圧縮負荷を受ける場合の結果⁷⁾を塗りつぶしの点で、実験結果^{7),8)}を三角の点でそれぞれ表している。同図(a)より、本研究で対象としたガセット位置からの偏心圧縮負荷を受けるステンレス鋼製山形断面柱の終局強度は、SUS304 の $\bar{\lambda}$ が0.4の場合を除いて、道示の偏心圧縮負荷を受ける柱に関する強度評価値の0.55から0.98倍程度となることが確認できる。このように、数値計算による山形断面柱の終局強度が小さくなる理由は、断面が非対称となり、偏心による影響が大きくなるためである。また、同図(b), (c)より、本研究で対象としたガセット位置からの偏心圧縮負荷を受けるステンレス鋼製T形および溝形断面柱の終局強度は、道示の偏心圧縮負荷を受ける柱に関する強度評価値の0.92から1.54倍程度となることが確認できる。

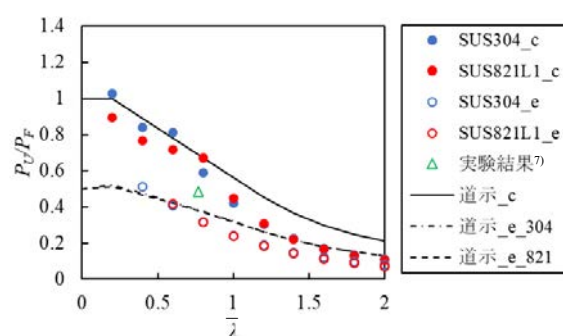
4. おわりに

本研究で得られた成果は以下の通りである。(1)偏心圧縮負荷を受ける山形断面柱の終局強度は、道示の強度評価値の0.55から0.98倍程度となる。(2)偏心圧縮負荷を受けるT形および溝形断面柱の終局強度は、道示の強度評価値の0.92から1.54倍程度となる。

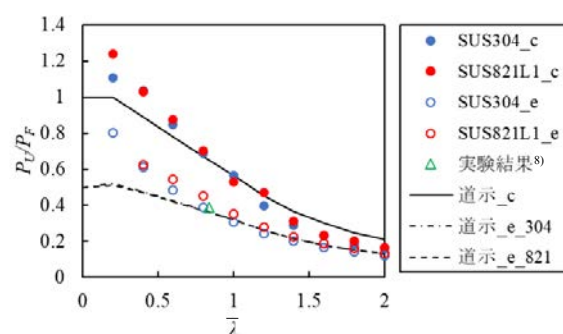
謝辞

本研究は、土木研究所、日本鋼構造協会、日本橋梁建設協会、長岡工業高等専門学校、早稲田大学、本州四国連絡高速道路との共同研究「耐久性向上のための高性能鋼材の道路橋への適用に関する共同研究」にて実施したものです。関係の皆様深く感謝いたします。

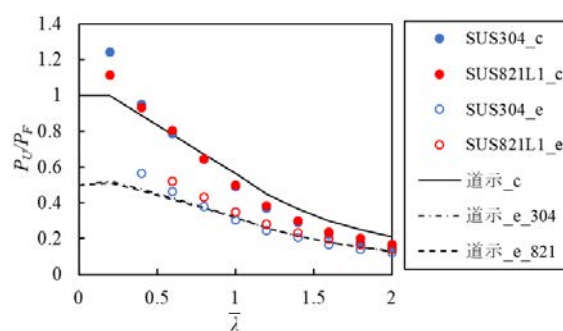
参考文献 1)井崎茜，宮寄靖大，小野潔，宮下剛：Cr-Ni系ステンレス鋼の材料特性および材料モデルの定式化，鋼構造年次論文報告集，第27巻，pp.1-9，2019。2)佐藤龍輝，宮寄靖大，志村保美：ステンレス鋼と炭素鋼を突き合わせ溶接した板部材の引張強度特性，第37回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会，I-314，2019。3)井崎茜，宮寄靖大，小野潔，宮下剛：Cr-Ni系ステンレス鋼への2区間としたRamberg-Osgood曲線の適応性の検証，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，I-019，2019。4)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II 鋼橋・鋼部材編，日本道路協会，2017。5)MSC. Software Co.: Marc User's Guide, MSC Software Corporation, 2022。6)古川諒太，宮寄靖大：図心位置に圧縮負荷を受けるステンレス鋼製形鋼柱の終局強度，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，I-17，2022。7)松尾淳史，スタビットシラネー，澁谷敦，志村保美，小林裕輔，小野潔：ガセットプレート有するステンレス長柱の耐荷力実験，鋼構造年次論文報告集，第27巻，pp.278-284，2019。8)スタビットシラネー，松尾淳史，岩澤優衣，小野潔，大西孝典，志村保美，小林裕輔，澁谷敦：載荷パターンの違いがガセットプレート有するステンレス製長柱の弾塑性挙動に与える影響，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，I-131，2020。



(a) 山形断面柱



(b) T形断面柱



(c) 溝形断面柱

図3 ステンレス鋼製柱の終局圧縮強度