

## 部材両端をステンレス鋼とした炭素鋼製長柱の圧縮強度特性 Compressive strength behavior of carbon steel column made of stainless steel at both ends

○堀澤 英太郎\*  
Eitaro HORISAWA

宮崎 靖大\*\*  
Yasuhiro MIYAZAKI

**ABSTRACT** The stainless steels have high corrosion resistance than the carbon steels. This paper aimed to clarify the compressive strength behaviors of steel columns made of stainless steel at both ends by numerical analysis. First, the cross section of the column was a square hollow section, and the influence of the change in the rate of stainless steel at both ends of the column on the strength behaviors of the entire column was investigated. In this study, it was revealed that the ultimate compressive strength of the column with 20% or less of stainless steel at both ends has 95% or more of carbon steel column.

**Keywords:** ステンレス鋼, 炭素鋼, 鋼製長柱, 終局圧縮強度, ハイブリッド部材  
*stainless steel, carbon steel, steel column,  
ultimate compressive strength, hybrid member*

### 1. はじめに

高度経済成長期に建設された我が国の土木構造物は、供用期間 50 年を経過し始めている。そのため、これら構造物の維持管理に対する財政的な負担が増大しており、新たに建設される土木構造物においては維持管理の省力化が求められている。このような長期間供用された鋼橋の劣化要因の一つは、腐食である。この腐食による鋼橋の損傷は、桁端部やトラス格点部など、水分や土砂が排出されにくく、保持されてしまう部位で発生しやすい<sup>1),2)</sup>。現在、これらの損傷部材は、再塗装や当て板補強、部材の取り替えがされている。今後は、新たに架け替え、新設される鋼橋に対して、このような腐食による損傷を防ぐため、耐食性に優れた材料の使用など構造物の高性能化が必要であるといえる。

ステンレス鋼<sup>3)</sup>は、クロムを 10.5%以上含む合金鋼であり、従来から土木構造物に用いられている炭素鋼に比べて優れた耐食性を示す。そのため、ステンレス鋼を厳しい腐食環境下にある土木構造物主部材に活用することで、構造物の高耐久化お

よびこれに伴うライフサイクルコストの低減が期待できる。一方、オーステナイト系ステンレス鋼や二相系ステンレス鋼は稀少元素であるニッケルを含有するため、構造用炭素鋼に比べて高価である。そのため、これらの材料を構造物全体に用いた場合、初期建設費用の増大が否めない。このことから、腐食環境の厳しい部材のみをステンレス鋼、その他を従来の炭素鋼とした断面構成や部材配置が良策であるといえる。しかし、このようなステンレス鋼と炭素鋼を組み合わせた部材の耐荷力に関する研究は、殆ど行われていない<sup>4),5)</sup>。

本研究は、柱部材に着目し、腐食環境の厳しい部材両端をステンレス鋼、部材中央部を炭素鋼とした正方形断面柱の圧縮強度特性を数値計算により明らかにする<sup>6)</sup>。このような炭素鋼とステンレス鋼で構成されるハイブリッド柱の圧縮強度特性は、炭素鋼のみで構成される柱の圧縮強度特性と比較をすることで明らかにする。また、本研究では柱全体に対するステンレス鋼の割合が圧縮強度特性へ及ぼす影響について検討する。

\*長岡工業高等専門学校専攻科 環境都市工学専攻 (〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888)

\*\*博士 (工学) 長岡工業高等専門学校准教授 環境都市工学科

(〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888) 第2種正会員

本論文の一部は、平成 29 年度土木学会全国大会年次学術講演会で発表予定

## 2. 数値計算法

### 2. 1 対象材料

本研究で対象とする炭素鋼は、SM400、SM490Y および SM570 の 3 鋼種である。また、対象とするステンレス鋼は、オーステナイト系 SUS304、SUS304N2 および SUS316、フェライト系 SUS410L、二相系 SUS329J3L、SUS323L および SUS821L1 の 7 鋼種である。表 1 は、対象材料の機械的性質を示す<sup>7),8)</sup>。同表中の記号は、 $E$  がヤング係数を、 $\sigma_y$  が炭素鋼における降伏応力を、 $\sigma_{0.2}$  および  $\sigma_{0.01}$  がステンレス鋼における 0.2%耐力および 0.01%耐力を、 $\nu$  がポアソン比をそれぞれ意味する。図 1 は、既往の材料試験結果により得られたこれら材料の応力ひずみ関係を示す。同図からわかるように、ステンレス鋼の応力ひずみ関係は、炭素鋼に見られる明確な降伏棚を持たず、ひずみの増大に伴い応力が連続的に増大するラウンドハウス型を示すことが周知である。なお、数値計算では、同図の応力ひずみ関係に基づいた応力塑性ひずみ関係を用いる。この応力塑性ひずみ関係における塑性開始点は、ステンレス鋼で 0.01%耐力点、炭素鋼で降伏応力点とする。ここで、ステンレス鋼の塑性開始点を 0.01%耐力とした理由は、一般的なラウンドハウス型を示す材料の応力ひずみ関係において、比例限界点を 0.01%耐力とするためである。

### 2. 2 正方形断面柱の数値計算モデル

図 2 は、本研究で対象とする正方形断面柱の概観を示す。このような柱の形状は、柱の断面幅  $b$  を 300 mm とし、部材長  $L$  および板厚  $t$  を式 (1) の細長比パラメータ  $\bar{\lambda}$  および式 (2) の幅厚比パラメータ  $\bar{\lambda}_p$  により決定する。

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

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_F 12(1-\nu^2)}{E \pi^2 k}} \quad (2)$$

ここで、 $\sigma_F$  は設計基準強度（炭素鋼では  $\sigma_y$ 、ステンレス鋼では  $\sigma_{0.2}$ ）、 $L_e$  は有効座屈長（両端単純支持柱では  $L_e=L$ ）、 $r$  は断面 2 次半径、 $k$  は座屈係数 (=4) である。なお、 $\bar{\lambda}$  は 0.1 から 2.0 まで 0.1 刻みで変化させて部材長  $L$  を決定し、 $\bar{\lambda}_p$  は柱の断面を構成する板の局部座屈を防ぐため 0.3 とし板厚  $t$  を決定する。また、初期不整は初期たわみのみを考慮し、式 (3) で示される sin 半波形として、図 2 (b) に示す Y 軸方向に与える。

$$V_0 = V_{0-\max} \sin \frac{\pi x}{L} \quad (3)$$

ここで、 $V_{0-\max}$  は道路橋示方書<sup>9)</sup>で規定される  $L/1000$  とする。このようにして決定した正方形断面柱は、X 軸方向に 20 分割し、3 節点梁要素を用いて有限要素離散化を行う。そして、数値計算モデルにおける柱の境界条件は、両端単純支持とし、図 2 (b) で示す X 軸方向に強制変位  $U$  を与える。

表 1 対象材料の機械的性質<sup>7),8)</sup>

鋼種	$E$ (GPa)	$\sigma_y$ or $\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\sigma_{0.01}$ (MPa)	$\nu$
SM400	200	249	-	0.30
SM490Y	200	388	-	0.30
SM570	206	504	-	0.30
SUS304	157	261	146	0.30
SUS304N2	173	402	253	0.30
SUS316	174	254	162	0.30
SUS410L	199	350	241	0.30
SUS329J3L	202	533	346	0.30
SUS323L	207	556	396	0.22
SUS821L1	208	496	337	0.22

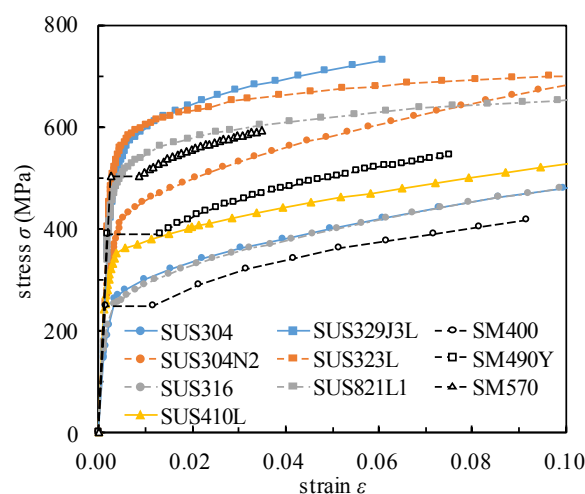


図 1 対象材料の応力ひずみ関係<sup>7),8)</sup>

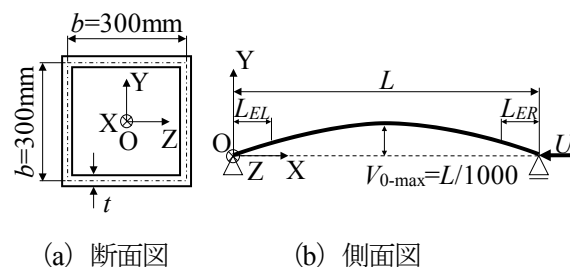


図 2 正方形断面柱

表2 対象とする材料の組み合わせ

モデル名	柱主要部材	柱両端部材	両端部長さ ( $L_{EL}+L_{ER}$ ) /柱全体長さ $L$
SM40	SM400		-
SM49Y	SM490Y		-
SM57	SM570		-
304	SUS304		-
N2	SUS304N2		-
316	SUS316		-
41L	SUS410L		-
J3L	SUS329J3L		-
323	SUS323L		-
821	SUS821L1		-
SM40-304-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM400	SUS304	0.1-0.5 (0.1 刻み)
SM49Y-N2-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM490Y	SUS304N2	
SM40-316-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM400	SUS316	
SM40-41L-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM400	SUS410L	
SM57-J3L-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM570	SUS329J3L	
SM57-323-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM570	SUS323L	
SM57-821-0.1,0.2,0.3,0.4,0.5	SM570	SUS821L1	

表2は、本研究で対象とする正方形断面柱を構成する材料の組み合わせを示す。同表中のモデル名は、柱主要部材および柱両端部材の順に、柱を構成する材料を表している。炭素鋼とステンレス鋼の組み合わせは、JISにおいて同程度の材料強度を有する SM400 と SUS304, SUS316 および SUS410L, SM490Y と SUS304N2, SM570 と SUS329J3L, SUS323L および SUS821L1 とする。部材両端をステンレス鋼としたハイブリット柱は、柱全体長さ  $L$  に対する両端部の長さ ( $L_{EL}+L_{ER}$ ) の比を 0.1 から 0.5 まで 0.1 刻みで変化させて決定する。なお、これらの数値計算は、汎用非線形有限要素解析プログラム MARC<sup>®</sup>を使用する。

## 2. 3 数値計算法の妥当性の検証

本研究で用いる数値計算法の妥当性の検証は、対象とする部材両端の材料を変化させた柱の研究例が存在しないため、単一材料で構成される柱を対象とした既往の研究結果<sup>10)</sup>との比較により行う。ここで、数値計算に用いる応力ひずみ関係、材料特性値および初期不整については、既往の研究と同様の条件<sup>10)</sup>としている。

図3は、本研究で用いる数値計算により得られた荷重と変位の関係および山崎らの研究結果<sup>10)</sup>を示す。同図の縦軸は、本研究で使用する数値計算

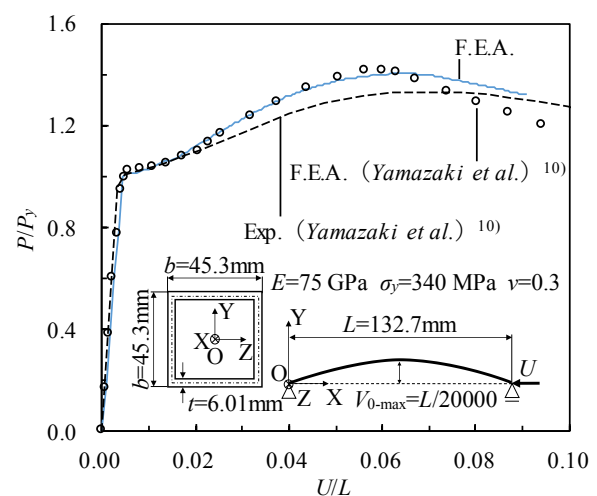


図3 数値計算法の妥当性の検証

により得られた荷重  $P$  を断面積に降伏応力を乗じて求めた降伏荷重  $P_y$  で無次元化した値を、横軸は本研究で使用する数値計算で与えた圧縮変位  $U$  を部材長さ  $L$  で無次元化した値を表している。同図より、本研究で用いる数値計算結果は、既往の数値計算により得られた最大荷重時までの荷重と変位の関係がほぼ一致していることがわかる。また、本研究で用いる数値計算により得られた終局圧縮強度は、既往の数値計算結果の約 99.4%となるこ

とがわかる。そして、本研究で用いる数値計算結果による終局圧縮強度は、同図中の破線で示す実験による終局圧縮強度の約1.05倍となることがわかる。この5%程度の差は、残留応力による影響であると判断する。よって、本研究で用いる3節点梁要素を用いた有限要素離散化および境界条件は、妥当であると判断する。

### 3. 正方形断面ハイブリッド柱の圧縮強度特性

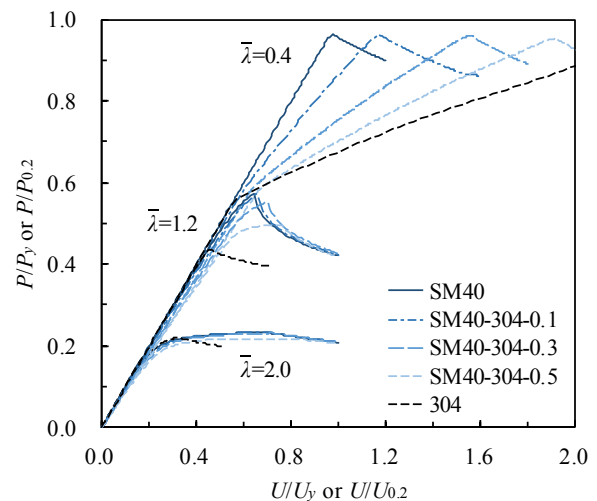
#### 3. 1 荷重と変位の関係

図4は、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が0.4, 1.2および2.0かつ柱全体に対するステンレス鋼の割合が10%, 30%および50%のハイブリッド柱における荷重と変位の関係を示す。同図の縦軸は、数値計算により得られた荷重 $P$ を炭素鋼のみの柱およびハイブリッド柱では炭素鋼の降伏応力時の荷重 $P_y$ で、ステンレス鋼のみの柱では0.2%耐力時の荷重 $P_{0.2}$ で無次元化した値を表す。横軸は、数値計算で与えた変位 $U$ を炭素鋼のみの柱およびハイブリッド柱では炭素鋼の降伏応力時の変位 $U_y$ で、ステンレス鋼のみの柱では0.2%耐力時の変位 $U_{0.2}$ で無次元化した値を表す。なお、同図には比較のため炭素鋼またはステンレス鋼のみの柱の荷重と変位の関係を記載している。ここで、SM40-41Lを除く対象とした全てのモデルで同様な傾向が得られたため、SM40-304, SM57-J3L および SM40-41L の結果を示す。

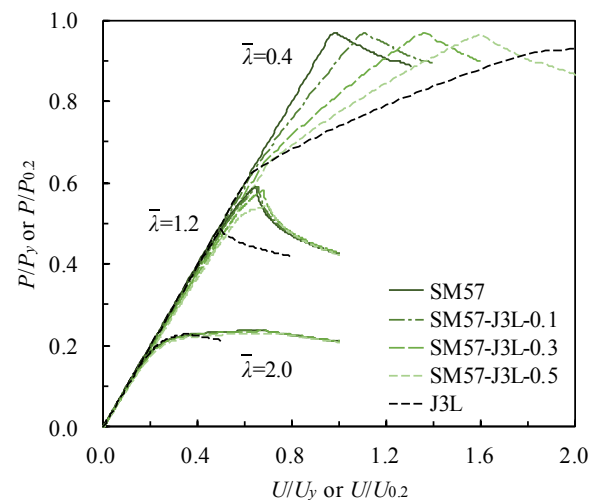
同図 (a) より、 $\bar{\lambda}=0.4$  のハイブリッド柱では、柱全体に対する SUS304 の割合の増大に伴い、荷重と変位の関係における二次勾配が小さくなることがわかる。これは、ステンレス鋼が早期に非線形の応力ひずみ関係を示す材料であることによる。一方、 $\bar{\lambda}=2.0$  の全てのハイブリッド柱の荷重と変位の関係は、ほぼ同様の傾向を示すことがわかる。また、同図 (b) の結果は、同図 (a) と同様な傾向であることがわかる。

つぎに、同図 (a) の柱全体に対する SUS304 の割合の変化に伴う荷重と変位の関係に着目してみると、SUS304 の割合の増大とともに初期勾配は小さくなることがわかる。一方、同図 (b) では、このような傾向が見られない。これらの結果は、表1で示した SM400 と SUS304 のヤング係数の違いが大きいことによるものと考えられる。

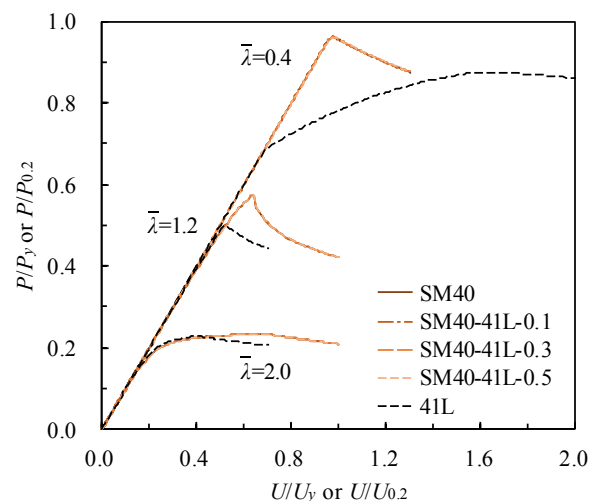
同図 (c) に示す全ての SM40-41L の荷重と変位の関係は、同様の傾向を示すことがわかる。これ



(a) SM40-304



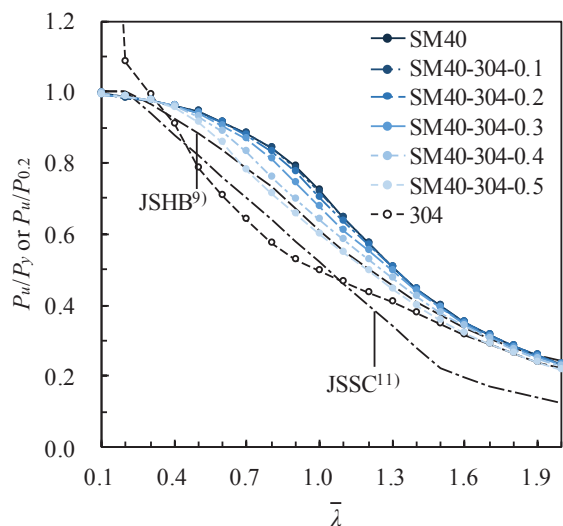
(b) SM57-J3L



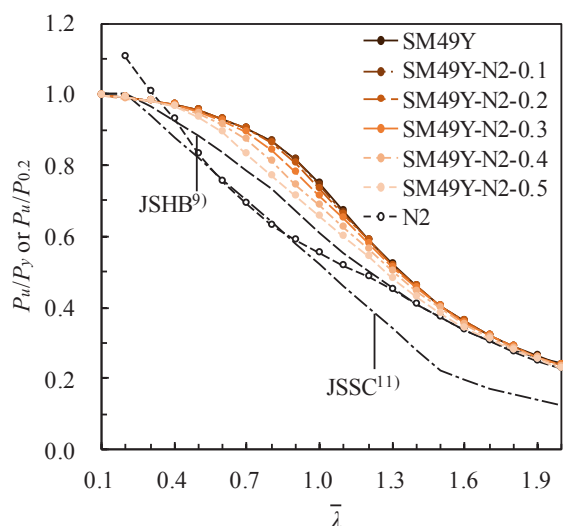
(c) SM40-41L

図4 荷重と変位の関係

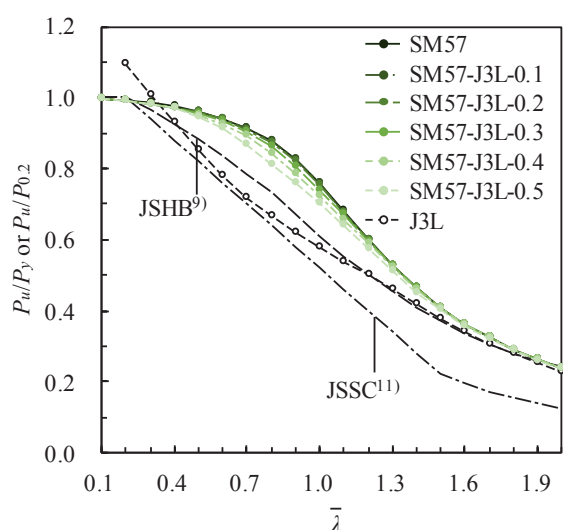




(a) SM40-304



(b) SM49Y-N2



(c) SM57-J3L

図5 終局圧縮強度と細長比パラメータの関係

は、本研究で用いた SUS410L の 0.01%耐力が、SM400の降伏応力とほぼ同等であるとともにヤング係数の値もほぼ等しいためである。

### 3. 2 終局圧縮強度

図5は、対象としたハイブリッド柱の終局圧縮強度と細長比パラメータの関係を示す。同図の縦軸は、数値計算により得られた終局圧縮強度  $P_u$  を炭素鋼のみの柱およびハイブリッド柱では炭素鋼の降伏応力時の荷重  $P_y$  で、ステンレス鋼のみの柱では0.2%耐力時の荷重  $P_{0.2}$  で無次元化した値を表す。なお、同図には比較のため、炭素鋼またはステンレス鋼のみの柱の数値計算結果、道路橋示方書における溶接箱形断面柱の耐力力曲線<sup>9)</sup>およびステンレス建築構造設計基準で規定される圧縮柱の耐力力曲線<sup>11)</sup>を示す。ここでは、紙面の都合上 SM40-304, SM49Y-N2 および SM57-J3L の結果のみを記載する。

同図 (a) より、 $\bar{\lambda}=0.5$  以上のハイブリッド柱の終局圧縮強度は、柱全体に対する SUS304 の割合の増大に伴い小さくなり、SM40-304-0.1 の  $\bar{\lambda}=0.2$  で SM40 の約 99.4%、SM40-304-0.2 の  $\bar{\lambda}=1.0$  で SM40 の約 97.6%、SM40-304-0.3 の  $\bar{\lambda}=1.0$  で SM40 の約 93.5%、SM40-304-0.4 の  $\bar{\lambda}=0.9$  で SM40 の約 88.4%、SM40-304-0.5 の  $\bar{\lambda}=0.9$  で SM40 の約 83.2% となることがわかる。また、 $\bar{\lambda}=0.9$  で 304 の終局圧縮強度は、SM40 の約 66.7% となる。これは、早期に SUS304 が塑性化し剛性の低下により変形が増大することで、曲げ応力の発生が大きくなるためである。また、同図 (b) および (c) の結果は、同図 (a) の結果と、同様の傾向を示すことがわかる。そして、

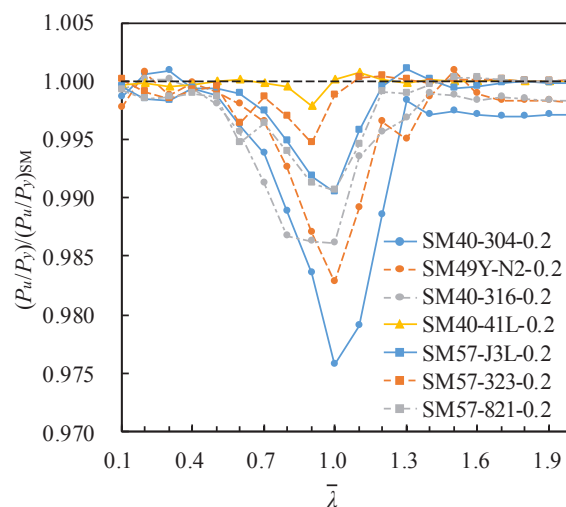


図6 炭素鋼のみの柱に対するハイブリッド柱の終局圧縮強度比

同図 (b) および (c) の値について、その差が最大となる結果は、SM49Y-N2-0.5 の $\bar{\lambda}=0.9$  で SM490Y の約87.4%, SM57-J3L の $\bar{\lambda}=0.9$  で SM570 の約91.5%である。一方、柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大による強度低下は、全 SM40-304 モデルに比べて小さくなることわかる。これは、SM400 の降伏応力に対する SUS304 の比例限界点が他の組み合わせに比べて小さいため、SUS304 の領域の剛性低下が早期に発現することによる。

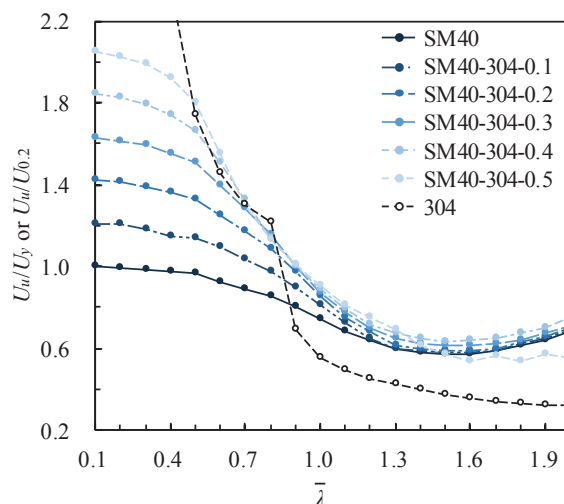
つぎに、炭素のみの柱の終局圧縮強度について比較してみると、SM57 は SM40 に比べて平均で約 3%, SM49Y は SM40 に比べて平均で約 2%大きくなる。これらの強度の違いは、 $\bar{\lambda}=1.0$  以上の炭素鋼のみの柱においても、変形に伴う曲げによる応力が発生することで、柱中央部での要素の塑性化が進行し、ひずみ硬化の影響を受けるためである。

図 5 の各モデルの終局圧縮強度と既往の耐荷力曲線を比較してみると、同図 (a) および (b) では、 $\bar{\lambda}=0.3$  から 1.6 の範囲で、SM40-304-0.5 とステンレス鋼のみの柱を除いた終局圧縮強度が、道路橋示方書の耐荷力曲線<sup>9)</sup>に比べて大きくなることわかる。一方、304 の $\bar{\lambda}=0.5$  から 1.0 および N2 の $\bar{\lambda}=0.6$  から 0.8 の柱の終局圧縮強度は、文献 11) の耐荷力曲線に比べて小さくなることわかる。

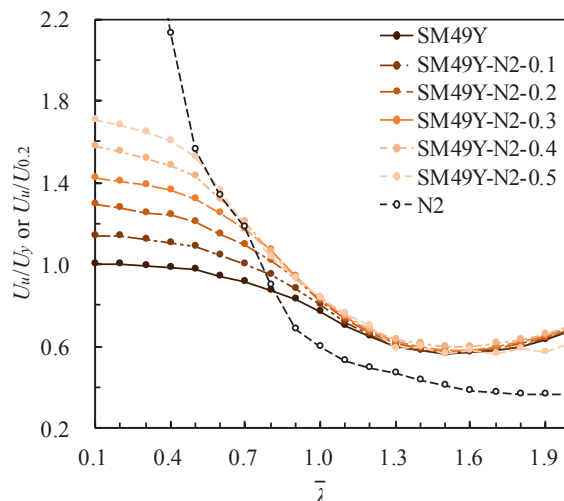
図 6 は、柱全体に対するステンレス鋼の割合が 20%のハイブリッド柱の終局圧縮強度比を示す。同図の縦軸は、数値計算で得られた柱全体に対するステンレス鋼の割合が 20%のハイブリッド柱の終局圧縮強度を炭素鋼のみの柱の終局圧縮強度で除した値を表す。同図より、柱全体に対するステンレス鋼の割合が 20%のハイブリッド柱の終局圧縮強度は、全ての $\bar{\lambda}$ で炭素鋼のみの柱の 97%以上となることがわかる。また、部材両端をフェライト系または二相系ステンレス鋼とした全てのハイブリッド柱の終局圧縮強度は、炭素鋼のみの柱の終局圧縮強度の約 99%以上となることがわかる。これらの結果より、柱全体に対するステンレス鋼の割合を 20%以下としたハイブリッド柱の終局圧縮強度は、炭素鋼のみの柱の強度評価法を用いて問題ないといえる。

### 3. 3 終局圧縮強度時の圧縮変位

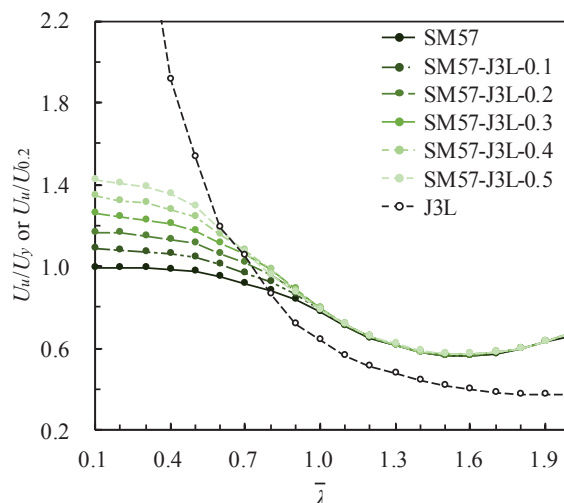
図 7 は、本研究で対象としたハイブリッド柱の終局圧縮強度時の圧縮変位と細長比パラメータの関係を示す。同図の縦軸は、数値計算で与えた終



(a) SM40-304



(b) SM49Y-N2



(c) SM57-J3L

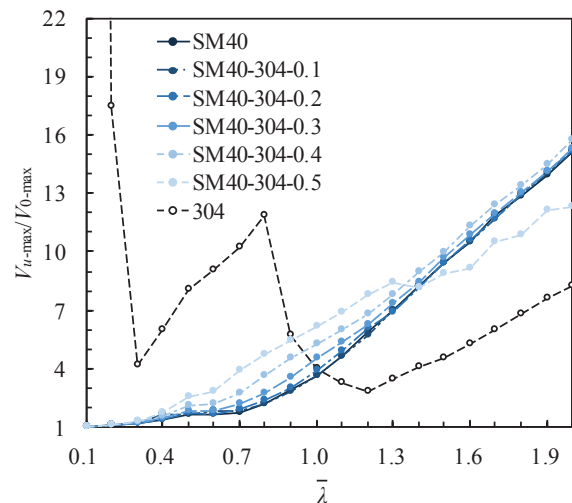
図 7 終局圧縮強度時の圧縮変位と細長比パラメータの関係

局圧縮強度時の圧縮変位  $U_u$  を炭素鋼のみの柱およびハイブリッド柱では炭素鋼のみの柱の降伏変位  $U_y$  で、ステンレス鋼のみの柱では 0.2%耐力時の変位  $U_{0.2}$  でそれぞれ無次元化した値を表す。同図 (a) より、 $\bar{\lambda}=1.2$  以下のハイブリッド柱の終局圧縮強度時の圧縮変位は、柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大に伴い大きくなるがわかる。また、SM40-304-0.5 の  $\bar{\lambda}=0.1$  におけるハイブリッド柱の終局圧縮強度時の圧縮変位は、SM40 の結果に比べて最大約 2.2 倍となることがわかる。これらの結果は、ハイブリッド柱のステンレス鋼部分での材料の塑性化が進行し、ひずみ硬化による強度の発現を意味している。そして、同図 (b) および (c) でも、同様の傾向が見られ、SM49Y-N2-0.5 で SM49Y の最大約 1.7 倍、SM57-J3L-0.5 で SM57 の最大約 1.4 倍の終局圧縮強度時の圧縮変位となる。つぎに、同図 (a) の 304 の結果に着目してみると、終局圧縮強度時の圧縮変位は  $\bar{\lambda}=0.8$  から 0.9 の間で傾向が大きく変化することがわかる。これは、 $\bar{\lambda}=0.9$  の SUS304 のみの柱の終局圧縮強度が材料の 0.01%耐力時の強度よりも小さくなり、終局強度時の柱の塑性化の発生が抑制されるためである。

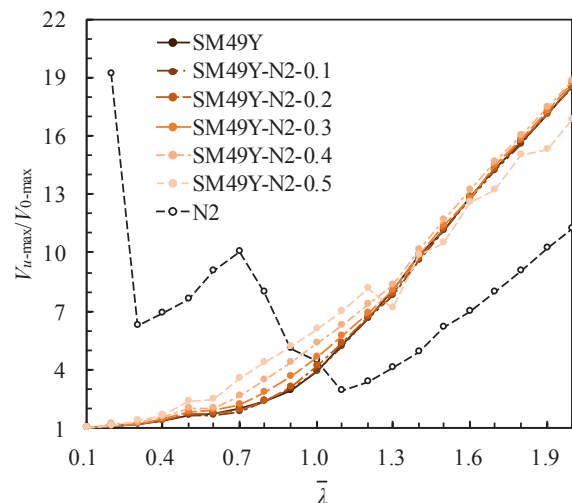
図 7 の SM40-304-0.5、SM49Y-N2-0.5 およびステンレス鋼のみの柱を除いた柱の終局圧縮強度時の圧縮変位は、 $\bar{\lambda}=1.5$  以上で  $\bar{\lambda}$  の増大に伴い大きくなるがわかる。これは、変形の増大に伴う曲げによる応力が発生するためであると考えられる。一方、SM40-304-0.5、SM49Y-N2-0.5 およびステンレス鋼のみの柱は、小さい変形で部材両端のステンレス鋼の塑性化が進行し、終局状態に至るため、この傾向が現れない。

### 3. 4 終局圧縮強度時の最大たわみ

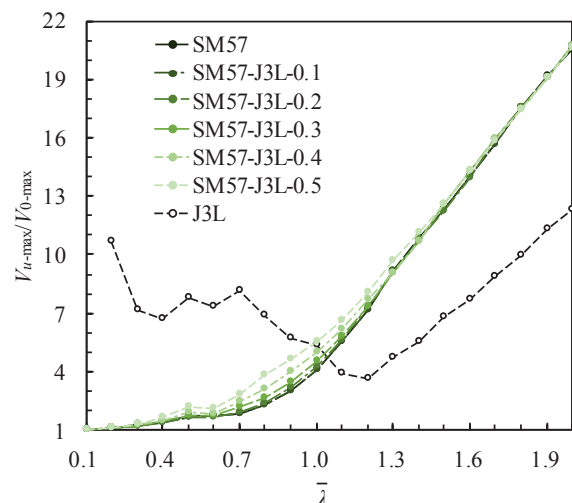
図 8 は、本研究で対象とした柱の終局圧縮強度時の最大たわみと細長比パラメータの関係を表す。同図の縦軸は、数値計算で得られた終局圧縮強度時の柱の最大たわみ  $V_{u-\max}$  を初期たわみの最大値  $V_{0-\max}$  で無次元化した値を表す。同図より、炭素鋼のみの柱の終局圧縮強度時の最大たわみは、 $\bar{\lambda}$  の増大に伴い、大きくなるがわかる。一方、ステンレス鋼のみの柱の最大たわみは、 $\bar{\lambda}=0.1$  から 1.2 の範囲で、炭素鋼のみの柱の結果と傾向が異なることがわかる。これは、ステンレス鋼のみの柱において、終局圧縮強度が 0.01%耐力時の強度よりも大きくなる柱形状の場合、材料特性の影響によ



(a) SM40-304



(b) SM49Y-N2



(c) SM57-J3L

図 8 終局圧縮強度時の最大たわみと細長比パラメータの関係

り、柱の塑性化が進展するためである。つぎに、同図 (a) のハイブリッド柱に着目してみると、 $\bar{\lambda}=0.5$  から 1.3 の範囲では、柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大に伴い、終局圧縮強度時の最大たわみが大きくなることがわかる。また、SM40-304-0.5 の最大たわみは、 $\bar{\lambda}=0.7$  で SM40 の最大約 2.2 倍となることがわかる。このような結果は、同図 (b) および (c) でも同様の傾向が見られ、SM49Y-N2-0.5 が  $\bar{\lambda}=0.8$  で SM49Y の最大約 1.8 倍、SM57-J3L-0.5 が  $\bar{\lambda}=0.8$  で SM57 の最大約 1.7 倍の終局圧縮強度時の最大たわみとなる。一方、柱全体に対するステンレス鋼の割合が 10% および 20% のハイブリッド柱の終局圧縮強度時の最大たわみは、炭素鋼のみの柱の結果に比べて平均で約 1.00 倍および約 1.01 倍となる。さらに、SM40-304-0.5 の  $\bar{\lambda}=1.4$  以上および SM49Y-N2-0.5 の  $\bar{\lambda}=1.3$  以上のハイブリッド柱の終局圧縮強度時の最大たわみは、炭素鋼のみの柱に比べて小さくなることがわかる。これは、前述したように、部材両端部のステンレス鋼が早期に塑性化することによるものである。

#### 4. おわりに

本研究では、部材両端をステンレス鋼とした鋼製正方形断面柱の圧縮強度特性を数値計算により明らかにした。本研究で得られた結果は、以下にまとめる。

(1) 対象としたハイブリッド柱の荷重と変位の関係は、柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大に伴い、初期勾配から二次勾配への変化が大きくなる。

(2) 対象としたハイブリッド柱の終局圧縮強度は、柱全体に対するステンレス鋼の割合が 20% 以下の場合、炭素鋼のみの柱の終局圧縮強度の 97% 以上を有する。

(3) 対象としたハイブリッド柱の終局圧縮強度時の圧縮変位は、柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大に伴い大きくなり、最大で炭素鋼のみの柱の約 2.2 倍となる。

(4) 対象としたハイブリッド柱の終局圧縮強度時の最大たわみは、 $\bar{\lambda}=0.4$  から 1.3 の範囲で柱全体に対するステンレス鋼の割合の増大に伴い大きくなり、最大で炭素鋼のみの柱の約 2.2 倍となる。

(5) ステンレス鋼のみの柱の終局圧縮強度時の最大たわみは、 $\bar{\lambda}=1.0$  以下において  $\bar{\lambda}$  の増大に伴う傾向が炭素鋼のみの柱と異なる。

本研究は、対象としたハイブリッド柱の圧縮強度特性に関する基礎的な知見である。そのため、今後は、ハイブリッド柱の設計法の確立および実用化に向けて、実験による検証や溶接残留応力を考慮した解析が必要である。

#### 【参考文献】

- 1) 名取暢, 西川和廣, 村越潤, 大野崇: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文報告集, No.668/I-54, pp.299-311, 2001.
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第 294 号, 2006.
- 3) 日本工業規格協会: JIS G4304, 熱間圧延ステンレス鋼板および鋼帯, 日本工業規格協会, 2015.
- 4) 和田勇輝, 宮寄靖大: ステンレス鋼と構造用炭素鋼で構成される I 形断面梁の曲げ強度特性および曲げ強度評価法, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.92-105, 2017.
- 5) 井比亨, 宮寄靖大, 奈良敬: ステンレス鋼と炭素鋼で構成される圧縮補剛板の強度評価法, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.78-91, 2017.
- 6) MSC. Software Co.: Marc User's Guide, MSC. Software Corporation, 2014.
- 7) 宮寄靖大, 奈良敬: 無補剛ステンレス鋼圧縮板の座屈照査法, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.122-134, 2010.
- 8) 佐藤信輔, 宮寄靖大: 静的引張試験による二相系ステンレス鋼の材料特性, 鋼構造年次論文報告集, 第 24 巻, pp.297-304, 2016.
- 9) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編 II 鋼橋編, 丸善, 2012.
- 10) 山崎真司, 見波進, 羽田和樹: 中心圧縮を受ける箱形断面鋼柱の完全崩壊挙動, 日本建築学会鋼造系論文集, No.631, pp.1657-1664, 2008.
- 11) ステンレス構造設計基準作成委員会: ステンレス建築構造設計基準・同解説 (第 2 版), ステンレス構造建築協会, 1995.