

SUS304N2 および SM490Y で構成されるハイブリッド I 形断面梁の終局曲げ強度

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○和田 勇輝

長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大

大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1. はじめに

ステンレス鋼は炭素鋼と比較して耐食性に優れているため、維持管理の観点から土木構造物への活用が期待されている。しかし、ステンレス鋼は炭素鋼に比べて高価であるため、土木構造物への使用に向けては、適材適所の活用が考えられる。そこで本研究では、SUS304N2 および SM490Y で構成されるハイブリッド I 形断面梁に着目し、純曲げ負荷を受ける際の強度特性を数値計算¹⁾により明らかにする。

2. ハイブリッド I 形断面はりの数値計算法

本研究で対象とする鋼材は、SUS304N2 および SM490Y とする。表 1 および図 1 は、対象鋼材の機械的性質²⁾およびその応力ひずみ曲線を示す。表 1 中の記号は、 E が弾性係数、 μ がポアソン比を表す。なお、SUS304N2 には明確な降伏点が存在しないため、0.01%耐力を塑性開始点とし、0.2%耐力を降伏応力としている。

図 2 は、本研究で対象とする I 形断面梁を示す。対象とする I 形断面梁の形状は、フランジを 3 辺単純支持 1 辺自由の自由突出板、腹板を周辺単純支持板と仮定している。それらの板の形状は、突出幅 b を 100mm、部材長さ a を 530mm、腹板高さ h を 800mm で固定し、フランジおよび腹板の板厚 t_f および t_w を式(1)で表す幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ により決定する。

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

ここで、 k は座屈係数(フランジの場合 0.425、腹板の場合 23.9)を表す。つぎに、初期不整は溶接残留応力および初期たわみを考慮する。まず、溶接残留応力は、図 2 で示したように自己平衡を保つ矩形分布で与え、その大きさを圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.3\sigma_y$ 、引張残留応力 $\sigma_{rt} = \sigma_y$ とする。そして、初期たわみは、式(2)に示す形状で与える。

$$w_{f0} = \frac{B}{200} \sin \frac{\pi Z}{a} \cos \frac{\pi X}{B} + Y, \quad w_{w0} = \frac{h}{250} \sin \frac{\pi Z}{a} \sin \frac{\pi Y}{h} + \frac{B}{2} \quad (2)$$

ここで、 B はフランジ幅を意味する。

数値計算モデルでは、フランジを 8×18 分割、腹板を

表 1 対象鋼材の機械的性質

	$\sigma_{0.2}$ or σ_y [MPa]	E [GPa]	μ
SUS304N2	402	173	0.3
SM490Y	388	200	0.3

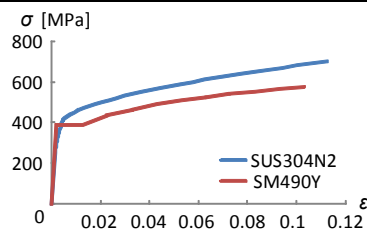
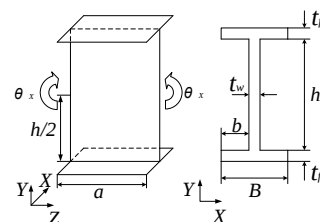
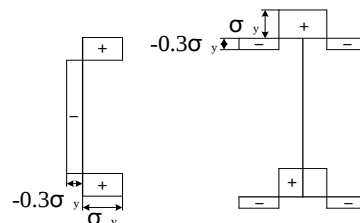


図 1 対象鋼材の応力ひずみ曲線



(a) 断面形状



(b) 腹板およびフランジの残留応力分布

図 2 純曲げ負荷を受ける I 形断面梁

表 2 鋼種の組み合わせ

モデル名	上フランジ	腹板	下フランジ
CCC	SM490Y	SM490Y	SM490Y
CCS			SUS304N2
CSC		SUS304N2	SM490Y
CSS			SUS304N2
SCC	SUS304N2	SM490Y	SM490Y
SCS			SUS304N2
SSC		SUS304N2	SM490Y
SSS			SUS304N2

キーワード SUS304N2 SM490Y ハイブリッド I 形断面梁 終局曲げ強度

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 TEL 0258-34-9439

18×26 分割とした 8 節点シェル要素により有限要素離散化を行う．同モデルに与える純曲げ負荷は，図 2 に示す I 形断面梁の Y 軸方向 $h/2$ の節点で，X 軸回りの強制回転変位 θ_x で与える．このようにして，表 2 に示すように上フランジ，腹板，下フランジで異なる鋼種を用いた，全 8 パターンの断面構成を対象として数値計算を行う．ここで，モデル名は（上フランジの鋼種）（腹板の鋼種）（下フランジの鋼種）を意味する．

3 ハイブリッド I 形断面はりの曲げ強度特性

図 3 は，ハイブリッド I 形断面はりの曲げモーメントと回転角の関係を示す．同図の縦軸は数値計算により得られた曲げモーメント M を降伏モーメント M_y で無次元化した値を，横軸は数値計算で与えた回転角 θ を降伏時の回転角 θ_y で無次元化した値を表す．同図より，フランジの幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{pf}$ が小さい場合，上フランジの鋼種により，終局曲げモーメントに達するまでの曲げモーメントと回転角の関係が異なることがわかる．また，紙面の都合上割愛する同図には示していないが， $\bar{\lambda}_{pf}$ が大きい梁では，腹板の鋼種が影響してくるという結果を得た．

図 4 は，対象としたモデルの終局曲げモーメントと幅厚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曲げモーメント M_u を降伏モーメント M_y で無次元化した値を，横軸は腹板の幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{pw}$ を表す．同図より，SCC の終局曲げモーメントは，CCC と比較すると平均で約 1% 小さくなることがわかる．また，フランジの幅厚比パラメータが 0.7 および 0.9 のとき，SCC の終局曲げ強度は，CCC より最大で約 5% 大きくなることがわかる．さらに，CSC および CCS の終局曲げ強度は，CCC に比べて，93% から 101% および 93% から 99% の大きさとなることがわかる．これより，CCS および CSC の終局曲げ強度は他のハイブリッド断面梁に比べて，CCC の断面に近い強度特性を示すといえる．

4 おわりに

本研究は，純曲げ負荷を受けるハイブリッド I 形断面梁の曲げ強度特性を数値計算により明らかにした．本研究で得られた内容は，つぎの通りである．(1)純曲げ負荷を受けるハイブリッド I 形断面梁の曲げモーメントと回転角の関係は，フランジの幅厚比パラメータが小さいときには腹板，大きいときには上フランジに用いる鋼種によって異なる．(2)上フランジに SUS304N2，腹板および下フランジに SM490Y を用いる断面は，SM490Y のみの断面と比較すると，平均で約 1% 小さくなり，フランジの幅厚比パラメータが 0.7 および 0.9 のとき，100% から 105% の大きさとなる．

参考文献 1)MSC.software Co.:Marc User's Guide,Software Corporation,2010.

2)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.

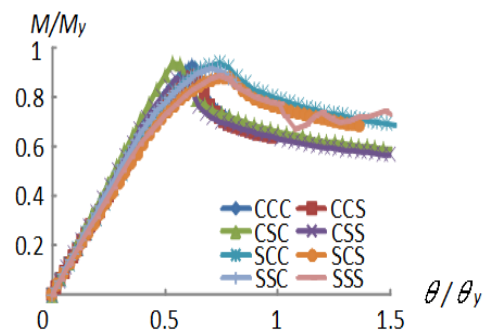
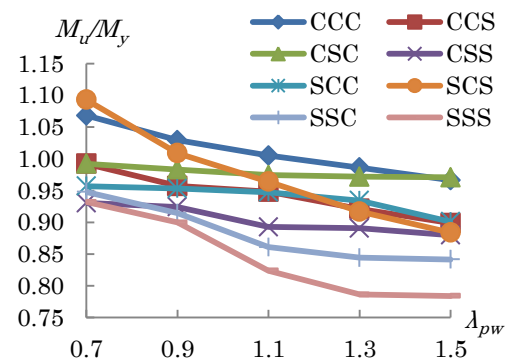
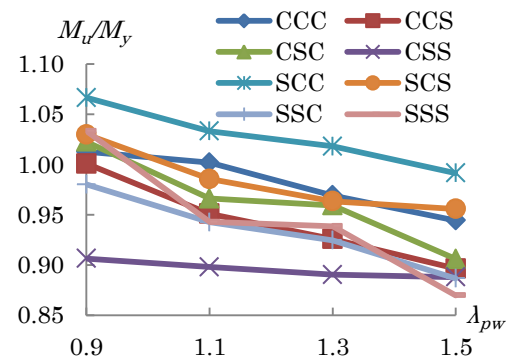


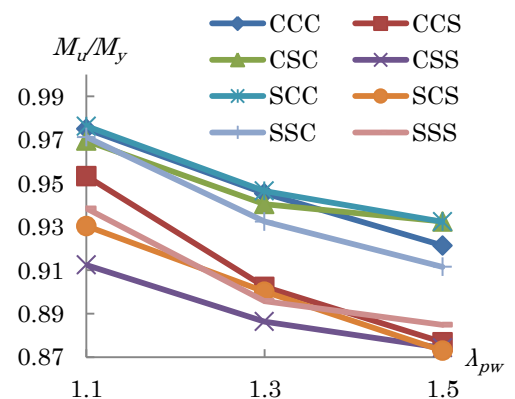
図 3 $\bar{\lambda}_{pf}=0.9$ ， $\bar{\lambda}_{pw}=1.5$ における曲げモーメントと回転角の関係



(a) $\bar{\lambda}_{pf}=0.5$



(b) $\bar{\lambda}_{pf}=0.7$



(c) $\bar{\lambda}_{pf}=0.5$

図 4 終局曲げモーメントと幅厚比パラメータの関係