

SUS329J3L および SM570 で構成される I 形断面梁の純曲げ強度特性

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、炭素鋼に比べて優れた耐食性を有する。そのため、ステンレス鋼は、維持管理の観点から橋梁主部材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、炭素鋼との併用が考えられる。このような2種類の鋼材で断面が構成される部材の強度特性を調べた研究例は数少ない¹⁾。本研究では、SUS329J3L および SM570 で構成される I 形断面梁の純曲げ強度特性を数値計算²⁾により明らかにする。

2. ハイブリッド I 形断面梁の数値計算法

本研究では、二相系ステンレス鋼 SUS329J3L および炭素鋼 SM570 を対象とする。表 1 は、これらの鋼材の機械的性質³⁾を示す。また、図 1 は、対象とする鋼材の応力ひずみ関係³⁾を示す。同図より、ステンレス鋼には明確な降伏点が存在しないことがわかる。そのため、ステンレス鋼の塑性開始点および降伏応力は、0.01%耐力および0.2%耐力とする。

図 2 は、対象とする I 形断面梁を示す。梁の断面は、上下フランジを3辺単純支持1辺自由の自由突出板2枚で、腹板を周辺単純支持板1枚で構成されるものとする。そして、これらの板の寸法は、上下フランジ幅 B を 200mm、腹板高さ h を 800mm、梁の長さ a を 530mm とする。なお、同図中の b は上下フランジの突出幅、 t_f および t_w は上下フランジおよび腹板の板厚を示す。これらの板厚は、式(1)に示す幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{pf}$ および $\bar{\lambda}_{pw}$ より決定する。

$$\bar{\lambda}_{pf} = \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{\sigma_{yf} 12(1-\nu^2)}{E \pi^2 k_f}}, \quad \bar{\lambda}_{pw} = \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_{yw} 12(1-\nu^2)}{E \pi^2 k_w}} \quad (1a), (1b)$$

ここで、 σ_{yf} および σ_{yw} は上下フランジおよび腹板の降伏応力を、 k_f および k_w は上下フランジおよび腹板の座屈係数(0.425 および 23.9)を意味する。そして、表 2 は、本研究で対象とする幅厚比パラメータの組み合わせを表している。

数値計算モデルにおける初期不整は、残留応力および初期たわみを考慮する。まず、残留応力は、図 2 に示すように自己平衡を保つ矩形分布とし、引張残留応力を $\sigma_{rt} = \sigma_y$ 、圧縮残留応力を $\sigma_{rc} = -0.3\sigma_y$ として与える。つぎに、初期たわみは、式(2)に示す形状で与える。

$$W_{uf0} = -\frac{B}{200} \sin \frac{\pi Z}{a} \cos \frac{\pi X}{B} + h \quad (2a)$$

$$W_{lf0} = \frac{B}{200} \sin \frac{\pi Z}{a} \cos \frac{\pi X}{B} \quad (2b)$$

表 1 対象とする鋼材の機械的性質³⁾

鋼種	降伏応力 σ_y (MPa)	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	0.01%耐力 $\sigma_{0.01}$ (MPa)	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
SUS329J3L	-	533	346	202	0.3
SM570	504	-	-	200	0.3

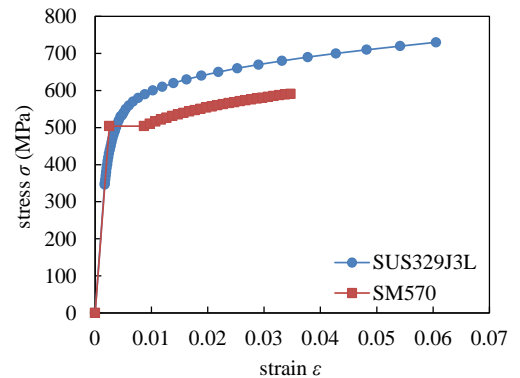


図 1 対象とする鋼材の応力ひずみ関係³⁾

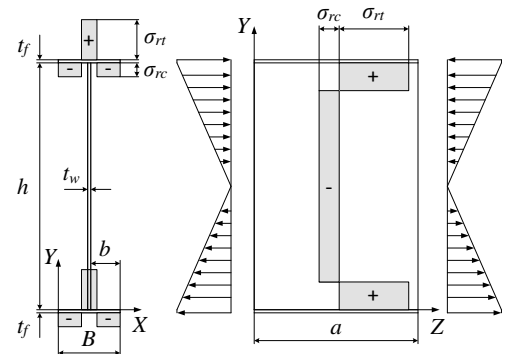


図 2 純曲げ荷を受ける I 形断面梁

表 2 幅厚比パラメータの組み合わせ

$\bar{\lambda}_{pf}$	$\bar{\lambda}_{pw}$
0.5	0.7, 0.9, 1.1, 1.3, 1.5
0.7	0.9, 1.1, 1.3, 1.5
0.9	1.1, 1.3, 1.5

表 3 対象とする I 形断面梁の断面構成

モデル名	上フランジ	腹板	下フランジ
CCC	SM570	SM570	SM570
CCS			SUS329J3L
CSC			SM570
CSS	SUS329J3L	SUS329J3L	SUS329J3L
SCC			SM570
SCS			SUS329J3L
SSC			SM570
SSS			SUS329J3L

キーワード SM570, SUS329J3L, 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

$$W_{w0} = \frac{h}{250} \sin \frac{\pi Z}{a} \sin \frac{\pi Y}{h} + \frac{B}{2} \quad (2c)$$

ここで、 W_{uf0} 、 W_{lf0} および W_{w0} は上フランジ、下フランジおよび腹板の初期たわみ値を意味する。

このような I 形断面梁は、8 節点シェル要素により有限要素離散化を行う。そして、数値計算では、I 形断面梁両端部の Y 軸方向 $h/2$ における 2 つの節点で、X 軸回りの強制回転角 θ_x を与える。表 3 は、本研究で対象とする全 8 パターンの断面構成を示している。

3. ハイブリッド I 形断面梁の純曲げ強度特性

図 3 は、数値計算により得られた I 形断面梁の曲げモーメントと回転角の関係の一例を示す。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 を式(3)で定義する降伏曲げモーメント 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 を式(4)で定義する降伏回転角 θ_y で無次元化した値を表す。

$$M_y = \frac{h}{2} \sigma_{yuf} A_{uf} + \frac{2I}{h} \sigma_{yw} + \frac{h}{2} \sigma_{ylf} A_{lf} \quad (3)$$

$$\theta_y = \tan^{-1} \frac{a \sigma_{yw} / E}{h/2} \quad (4)$$

ここで、 A_{uf} および A_{lf} は上フランジおよび下フランジの断面積を、 σ_{yuf} および σ_{ylf} は上フランジおよび下フランジの降伏応力を表している。同図より、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、上フランジに用いる鋼種により傾向が異なることがわかる。

図 4 は、数値計算により得られた I 形断面梁の終局曲げ強度と腹板の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 を降伏曲げモーメント 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(a)より、上フランジを SUS329J3L とした梁の終局曲げ強度は、SM570 のみの結果に比べて最大で 10%大きくなる。つぎに、維持管理の観点から優れた断面構成と考える CCS および CSS の梁の終局曲げ強度は、SM570 のみの結果に比べて 96%から 98%および 94%から 99%の大きさとなる。ことがわかる。

4. おわりに

本研究で得られた内容は、つぎのとおりである。(1) 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、上フランジに用いる鋼種により、その傾向が異なる。(2) $\bar{\lambda}_{pf}=0.5$ の場合、上フランジを SUS329J3L とした梁の終局曲げ強度は、SM570 のみの結果に比べて最大で 10%大きくなる。(3) CCS および CSS の梁の終局曲げ強度は、SM570 のみの結果に比べて 96%から 98%および 94%から 99%の大きさとなる。

参考文献

- 1)井比亨, 宮寄靖大: SUS304N2 および SM490Y で構成されるハイブリッド補剛板の圧縮強度特性, 第 32 回土木学会関東支部新潟会研究発表会, pp.66-69, 2014.
- 2)MSC.software Co.:Marc User's Guide, Software Corporation, 2010.
- 3)宮寄靖大, 奈良敬: 無補剛ステンレス鋼圧縮版の座屈照査法, 構造工学論文集, Vol56A,pp.122-134, 2010.

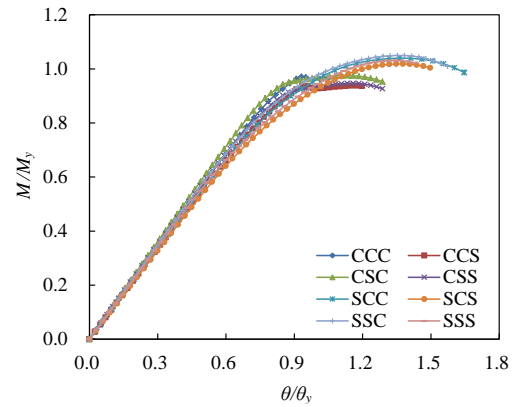
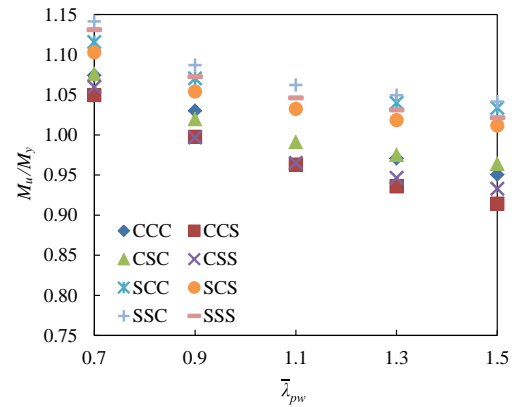
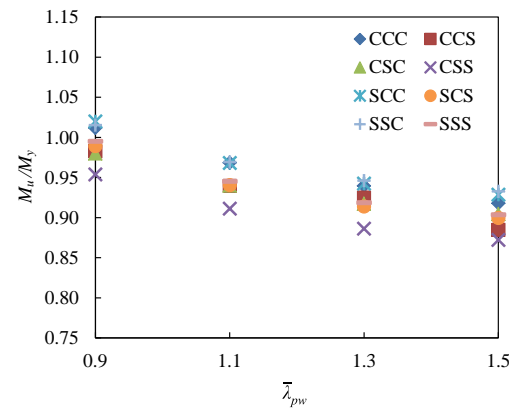


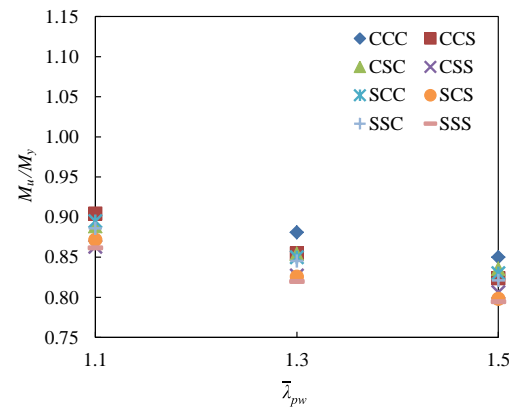
図 3 曲げモーメントと回転角の関係 ($\bar{\lambda}_{pf}=0.5$, $\bar{\lambda}_{pw}=1.3$)



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



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



(c) $\bar{\lambda}_{pf}=0.9$

図 4 終局曲げ強度と $\bar{\lambda}_{pw}$ の関係