

高強度補剛材で補剛される単リブハイブリッド補剛板の圧縮強度特性

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○井比 亨
 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

著者らは、これまでに橋梁部材へのステンレス鋼の活用を目的として、同程度の材料強度を有する炭素鋼とステンレス鋼で構成される補剛板の圧縮強度特性を調べてきた¹⁾。一方、補剛材として板パネルに比べて高強度な材料を使用した補剛板の強度特性については、ほとんど検討されていない²⁾。そこで本研究では、板パネルを SM400 または SUS304、補剛材を高強度なステンレス鋼または炭素鋼で構成したハイブリッド補剛板の圧縮強度特性を数値計算³⁾により明らかにする。

2. 面内単軸圧縮負荷を受ける補剛板の数値計算法

2.1 対象材料

対象とする鋼種は、炭素鋼(SM400, SM490Y, SM570)、ステンレス鋼(SUS304, SUS304N2, SUS329J3L)である。表1は、対象とする鋼種の機械的性質を示す⁴⁾。同表中の記号は、 μ がポアソン比を、 E がヤング係数を、 $\sigma_{0.2}$ および σ_y が0.2%耐力および降伏応力を、 $\sigma_{0.01}$ が0.01%耐力を意味する。また、図1は、これら鋼種の応力ひずみ関係を示す。なお、数値計算では、応力塑性ひずみ関係を用いることとし、その塑性開始点をステンレス鋼で0.01%耐力点、炭素鋼で降伏応力点としている。

2.2 数値計算モデル

図2は、面内単軸圧縮負荷を受ける1本の縦補剛材を有する単リブ連続補剛板を示す。対象とする補剛板の形状は、無載荷辺を単純支持とする。また、縦横比 $\alpha(=a/b)$ は0.5とし、板パネルの板厚 t は、式(1)で示す幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ を0.3から1.5まで0.2刻みで変化させて決定する。

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b_l}{t} \sqrt{\frac{\sigma_F 12(1-\mu^2)}{E \pi^2 k}} \tag{1}$$

ここで、 σ_F は材料強度であり、ステンレス鋼は $\sigma_{0.2}$ 、炭素鋼は σ_y で与え、 b_l は縦補剛材間隔を、 k は座屈係数(=4)を意味する。また、連続補剛板の横補剛材については、十分に剛であると仮定し、横補剛材部分を単純支持とする。そして、これらの補剛板に与える初期不整は、文献1)と同様にして考慮する。なお、表2は以上で述べた補剛板の断面構成を示す。ここで、同表中のクラスは、補剛材の材料強度が板パネルに比べて1クラス

表1 対象鋼種の機械的性質⁴⁾

鋼種	μ	E (GPa)	$\sigma_{0.2}$ or σ_y (MPa)	$\sigma_{0.01}$ (MPa)
SM400	0.3	200	249	—
SUS304	0.3	157	261	146
SM490Y	0.3	200	388	—
SUS304N2	0.3	173	402	253
SM570	0.3	206	504	—
SUS329J3L	0.3	202	533	346

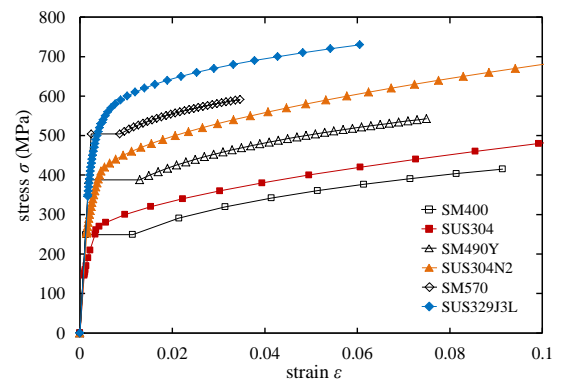


図1 対象材料の応力ひずみ関係

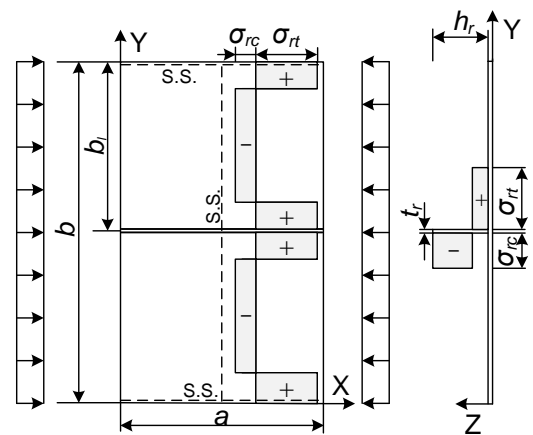


図2 面内単軸圧縮負荷を受ける補剛板

表2 圧縮補剛板の断面構成

名称	板パネル	補剛材	クラス
400-490Y	SM400	SM490Y	1
400-304N2		SUS304N2	
304-490Y	SUS304	SM490Y	
304-304N2		SUS304N2	
400-570	SM400	SM570	2
400-329J3L		SUS329J3L	
304-570	SUS304	SM570	
304-329J3L		SUS329J3L	

キーワード ステンレス鋼, 単リブハイブリッド補剛板, 補剛材, 圧縮強度特性

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

または2クラス高いことを表す。

3. 数値計算結果および考察

図3および図4は、補剛材の強度が1クラスまたは2クラス高い補剛板の終局圧縮強度と幅厚比パラメータの関係およびSM400またはSUS304に対する各補剛板の終局圧縮強度比を示す。図3の縦軸は、数値計算より得られた終局圧縮強度 P_u を補剛板の降伏荷重 P_y で無次元化した値を示す。また、比較としてSM400およびSUS304のみの補剛板の結果を示す。そして、図4の縦軸は、板パネルがSM400またはSUS304かつ高強度補剛材で構成される補剛板の無次元化した終局圧縮強度をSM400またはSUS304のみの補剛板の無次元化した終局圧縮強度で除した値を表す。図3および図4より、 $\bar{\lambda}_p=0.9$ の場合、板パネルがSM400の補剛板は、比較したSM400のみの補剛板に比べて、1クラスで約5%から約6%、2クラスで約10%大きくなることがわかる。また、 $\bar{\lambda}_p=1.1$ の場合、板パネルがSUS304の補剛板は、比較したSUS304のみの補剛板に比べて、1クラスで約7%、2クラスで約12%から約13%大きくなる。さらに、図4より、 $\bar{\lambda}_p$ が0.7から1.5の全ての補剛板は、比較した単一材料で構成される補剛板に比べて終局圧縮強度が大きくなる。さらに、図4より、 $\bar{\lambda}_p$ が0.7から1.5の全ての補剛板は、比較した単一材料で構成される補剛板に比べて終局圧縮強度が大きくなる。さらに、図4より、 $\bar{\lambda}_p$ が0.7から1.5の全ての補剛板は、比較した単一材料で構成される補剛板に比べて終局圧縮強度が大きくなる。

図5は、補剛材の強度が1または2クラス高い補剛板の終局圧縮強度時の圧縮変位と幅厚比パラメータの関係を表す。同図の縦軸は、数値計算で与えた終局圧縮強度時の圧縮変位 u_u を補剛板の降伏変位 u_y で無次元化した値を示す。同図より、 $\bar{\lambda}_p=1.1$ の場合、板パネルがSM400の補剛板の圧縮変位は、比較したSM400のみの補剛板に比べて、1クラスで最大約39%、2クラスで最大約42%小さくなる。また、 $\bar{\lambda}_p=1.1$ から1.3の場合、板パネルがSUS304の補剛板の圧縮変位は、比較したSUS304のみの補剛板に比べて、1クラスで約20%から約29%、2クラスで約28%から約52%小さくなる。これは、補剛材に高強度の材料を使用することで、圧縮負荷を受ける板パネルの変位を抑制することを意味している。

4. おわりに

本研究で得られた結果は、つぎの通りである。(1) $\bar{\lambda}_p=0.7$ 以上の板パネルがSM400またはSUS304かつ補剛材に高強度材料を用いた補剛板の終局圧縮強度は、SM400またはSUS304の単一材料で構成される補剛板に比べて約2%から約13%大きくなる。(2) $\bar{\lambda}_p=1.1$ 以上の板パネルがSM400またはSUS304かつ補剛材に高強度材料を用いた補剛板の終局圧縮強度時の圧縮変位の平均は、SM400またはSUS304の単一材料で構成される補剛板に比べて約23%から約39%小さくなる。

参考文献

1)井比亨, 宮寄靖大, 奈良敬: 面内純圧縮負荷を受けるSUS410LおよびSM400で構成される単リブ補剛板の強度特性, 平成26年度土木学会全国大会第69回年次学術講演会, I-142,CD-ROM,2014.9. 2)奈良敬, 小松定夫, 北田俊行: 連続補剛板の極限圧縮強度特性に関する研究, 土木学会論文集, 第392号,I-9,pp.273-280,1988.4. 3)MSC.Software Co.: Marc User's Guide, MSC. Software Corporation,2013.1.0. 4)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.122-134,2010.3.

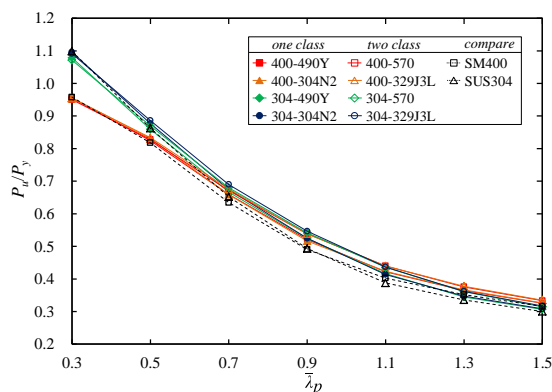


図3 終局圧縮強度と幅厚比パラメータの関係

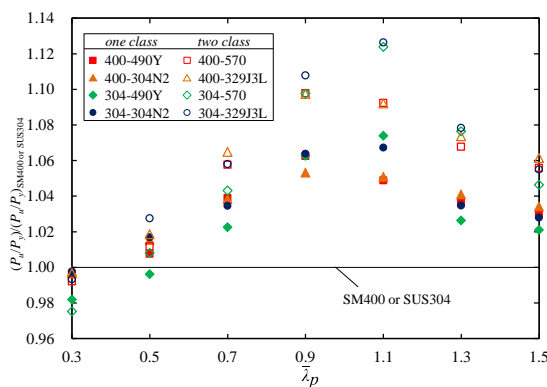


図4 SUS304またはSM400のみの補剛板に対する終局圧縮強度比

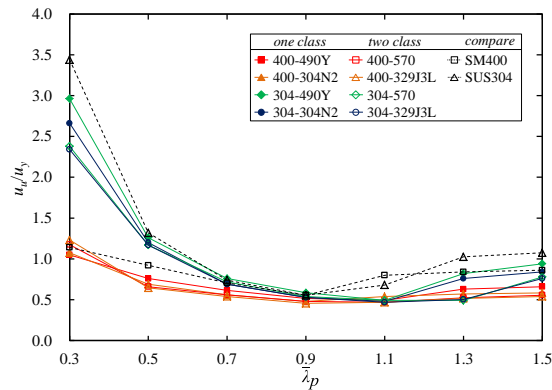


図5 圧縮変位と幅厚比パラメータの関係