SUS329J3L および SM570 で構成されるハイブリッド補剛板の終局圧縮強度特性

長岡工業高等専門学校　学生会員　○數井　佑丞
長岡工業高等専門学校　正会員　宮嵜　靖大
大阪大学大学院　正会員　奈良　敬

1. まえがき

ステンレス鋼は, 優れた耐食性を有する．現在，我が国では，土木構造物の主部材にステンレス鋼を活用するための明確な設計基準類が確立されていない. 本研究では，強度および耐食性が優れる二相系ステンレス鋼 SUS329J3L に着目し，SM570 とのハイブリッド補剛板の終局圧縮強度特性を, 数値計算により明らかにする．対象とする補剛板は，板の周辺が単純支持されたものである．

2. SUS329J3L および SM570 の材料特性

本研究は，表 1 に示す二相系ステンレス鋼 SUS329J3L および SM570 を対象とする. ここで，SM570 を使用した理由は，SUS329J3L の材料強度とほぼ同等であることによる．また，図 1 は，対象とする SUS329J3L および SM570 の応力塑性ひずみ関係を示す．表 1 および図 1 は，文献 1)の結果を用いている．

表 1 対象とする鋼種の材料特性

鋼種	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (降伏応力度 σ_y) (MPa)	ポアソン比 μ	ヤング係数 E(GPa)
SUS329J3L	533	0.3	202
SM570	504	0.3	206

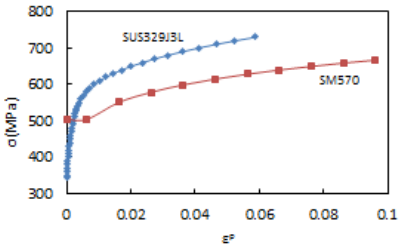

図 1 各材料の応力塑性ひずみ関係

3. 周辺単純支持された圧縮補剛板の数値計算法

図 2 は，単軸面内圧縮力を受ける 1 本の縦補剛材を有する連続補剛板を示す．数値計算モデルは，同図に示す縦横比 a/b=1 の補剛板を，8 節点アイソパラメトリックシェル要素により有限要素離散化を行う．また，初期不整については，初期たわみおよび残留応力を考慮する．まず，残留応力は，圧縮応力 σ_{rc} を-0.3$\sigma_{0.2}$(=-0.3σ_y)，引張応力 σ_{rt} を 1.0$\sigma_{0.2}$(=1.0σ_y)とした自己平衡を保つ矩形分布とする. つぎに, 初期たわみは, 式(1)で与える.

$$w_0 = \delta_0 \cos(\pi x/a)\sin(\pi y/b) + w_{10}\cos(3\pi x/a)\sin(\pi y/b_l) \quad (1)$$

ここで，δ_0＝a/1000，　w_{10}＝b_l/150 とする．式(2)で表される幅厚比パラメータ R は, 0.3~1.5 の範囲を 0.2 刻みで変化させる.

$$R = \frac{b_l}{t}\sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}\frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \quad (2)$$

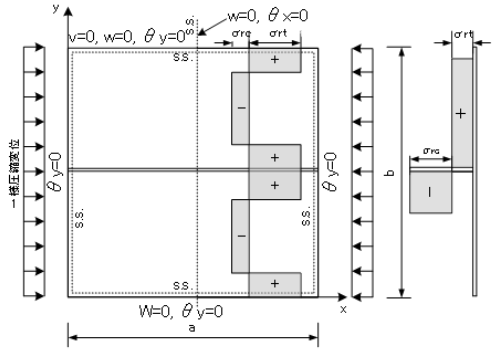

図 2 対象とする周辺単純支持圧縮補剛板

ここで，b_l が縦補剛材間隔，t が板パネルの板厚，σ_y が降伏応力，E がヤング係数，μ がポアソン比(=0.3)，　k が座屈係数(=4)を意味する．縦補剛材剛比 γ_l は，文献 2)で規定される必要最小剛比 $\gamma_{l.req}$ と等しくなる値とし，縦補剛材の幅厚比 h_r/t_r は局部座屈しないように 7 と定めた[3]．さらに，連続補剛板の横補剛材は，十分剛であると仮定し，数値計算モデルの横補剛材部分を単純支持とした．表 2 は，このように決定したステンレス鋼と炭素鋼で構成されるハイブリッド補剛板の断面構成 4 ケースを表している．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[4]を用いて行う．

キーワード　　SUS329J3L，SM570，ハイブリッド補剛板，終局圧縮強度，座屈
連絡先　　〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888　TEL 0258-34-9439

4. ハイブリッド補剛板の圧縮強度特性

図 3 は，幅厚比パラメータ R が 0.3，0.7 および 1.3 の場合の圧縮荷重と圧縮変位の関係を示す．同図の縦軸は数値計算により得られた荷重 P を降伏荷重 P_y で無次元化した値を，横軸は同様にして得られた圧縮変位 u を降伏変位 u_y で無次元化した値を示している．同図より，いずれの R においても，板パネルの違いにより，荷重変位関係の結果が異なることがわかる．特に，これらの違いは，R=0.3 において，はっきりとその違いが読み取れる．この結果は，断面の大半を占有する板パネルの材料特性に依存したものである．すなわち，ステンレス鋼にみられるラウンドハウス型の応力ひずみ関係を有する材料は，降伏棚を有する炭素鋼に比べて滑らかに塑性域への移行が進むことによる．

図 4 は，対象とした 4 ケースのハイブリッド補剛板の終局圧縮強度の関係を示す．同図の縦軸は対象とした補剛板の終局圧縮強度 P_u を P_y で無次元化した値を，横軸は表 2 に示した各ケースを表している．また，表 3 は，図 4 の結果を基にして，case4 に対する各ケースの終局圧縮強度比を示す．同表より，R が 0.5 以下の場合，case1 および case2 の終局圧縮強度は，case4 の終局圧縮強度に比べて 5%以上大きくなることがわかる．この結果は，前述のように塑性化が十分進行した後に終局強度を向かえる補剛板の板パネルをステンレス鋼にすることで，ひずみ硬化による応力上昇が炭素鋼のそれに比べて大きくなることに起因する．一方，R が 0.7 以上のハイブリッド補剛板では，板パネルを SUS329J3L にすることによる強度の上昇は 1%以下となることがわかる．これらの結果より，SUS329J3L のみまたは SUS329J3L と SM570 で構成されるハイブリッド補剛板の終局圧縮強度は，SM570 のみの補剛板と同程度以上の強度となる．

表 2 数値計算モデルのパターン

case	板パネル	補剛材	R
1	SUS329J3L	SUS329J3L	0.3-1.5(0.2 刻み)
2	SUS329J3L	SM570	0.3-1.5(0.2 刻み)
3	SM570	SUS329J3L	0.3-1.5(0.2 刻み)
4	SM570	SM570	0.3-1.5(0.2 刻み)

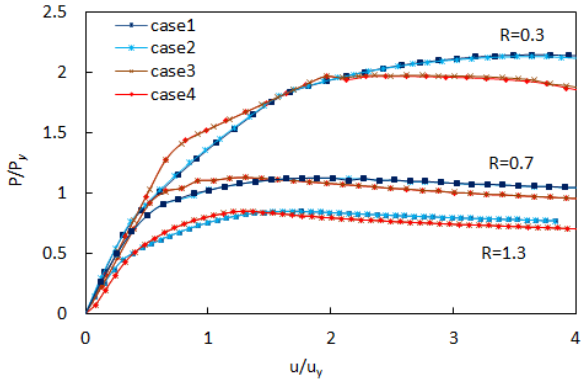

図 3 ハイブリッド補剛板の圧縮荷重と圧縮変位の関係

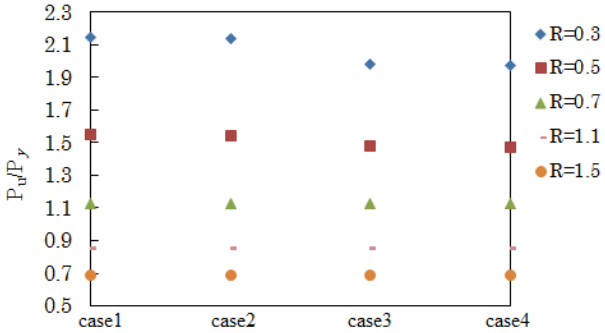

図 4 ハイブリッド補剛板の終局圧縮強度と幅厚比パラメータの関係

表 3 case4 を基準とした終局圧縮強度比(%)

	$R=0.3$	$R=0.5$	$R=0.7$	$R=1.1$	$R=1.5$
case1 / case4	109	105	100	100	101
case2 / case4	108	105	100	100	101
case3 / case4	100	100	100	100	100

5. まとめ

本研究で得られた結果は，次のとおりである．(1)SUS329J3L と SM570 で構成されるハイブリッド補剛板の荷重と変位の関係は，板パネル材料によりその傾向が異なる．(2)R が 0.5 以下の補剛板について，板パネルを SUS329J3L とした場合の終局圧縮強度は，SM570 のみの結果に比べて 5%以上大きくなる．(3)対象とした全てのハイブリッド圧縮補剛板の終局強度は，SM570 のみの補剛板の強度と同程度以上となる．

参考文献 1)宮嵜 靖大：ステンレス鋼板の圧縮強度特性と終局強度評価法,2010.1. 2)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ鋼橋編,2002.3. 3)北田 俊行,中井 博,越智 内士：高張力鋼を用いた圧縮板・圧縮補剛板の終局強度に関する研究,構造工学論文集,Vol.46A,pp.179-190,2000.3. 4)MSC.software Co.:Marc User's Guide,Software Corporation,2010.