ステンレス鋼 SUS329J3L の応力-ひずみ関係と極限圧縮強度特性

大阪大学大学院　学生会員　○宮嵜　靖大
大阪大学　栗林　孝典
大阪大学大学院　正会員　三好　崇夫
大阪大学大学院　正会員　奈良　敬

1．まえがき

長期間供用される社会基盤構造物のライフサイクルコストの低減を図るためには，維持管理費用を削減することが解決策として考えられる．そのためには，従来の材料に比べて耐久性が向上し，メンテナンスフリーとなる材料を活用することが望まれる．本研究では，優れた耐食性を有するステンレス鋼として，既に構造材料に使用されている二相系ステンレス鋼 SUS329J3L に着目し，その応力-ひずみ関係を材料試験により把握するとともに，同鋼材から構成された一方向一様圧縮力を受ける周辺単純支持板の極限強度特性を数値計算により明らかにする．

2．材料試験

SUS329J3L の機械的性質を把握するため，図 1 に示す JIS Z2201 5 号試験片 [1] を 1000mm×2000mm×20mm の板材から圧延方向と圧延直角方向にそれぞれ 4 体採取して，引張試験を実施した．図 1 に示すように，試験片に貼り付けた二軸弾性ひずみゲージと単軸塑性ひずみゲージによりひずみを計測し，万能試験機のロードセルにより荷重を計測した．引張試験結果を図 2 と表 1 にまとめる．図 2 には，比較のため，SUS304，SUS304N2，SUS410L，SM570 の応力-ひずみ関係を表示している．なお，これらの図表中の記号 L は圧延方向を，T は圧延直角方向を意味する．同図から，SUS329J3L は比較した鋼材の中で最も強度が大きく，SM570 の結果と比較してみると，SUS329J3L は SM570 に比べ，ひずみの増加に伴う応力上昇が大きいことがわかる．また，ステンレス鋼は，炭素鋼に見られるような明確な降伏棚を有さないことが確認できる．表 1 から，本研究で使用した SUS329J3L の引張強さおよび 0.2%耐力は，JIS 値よりも約 20%および約 17%大きくなることが確認できる．また，破断伸びについては，JIS 値の約 2.7 倍となることがわかる．

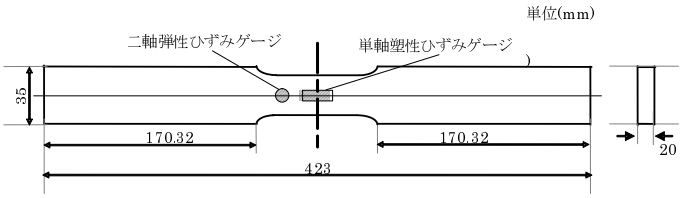

図 1 JIS Z2201 5 号引張試験片

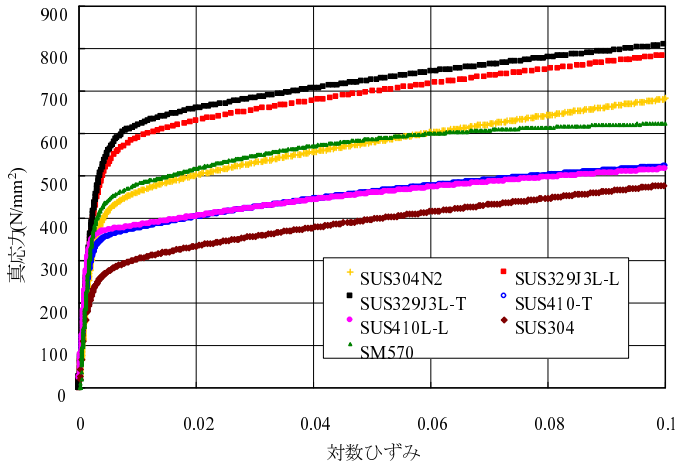

図 2 SUS329J3L の引張試験による応力-ひずみ関係

3．一方向一様圧縮力を受ける周辺単純支持板の極限強度特性

2．で計測した SUS329J3L の機械的性質を用いて，一方向一様圧縮力を受ける周辺単純支持板の極限強度特性を数値計算により照査した．数値計算に用いた解析モデルを図 3 に示す．周辺単純支持板の形状は縦横比が 1 で解析パラメータとして，式 (1) で定義される幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ を 0.2 から 2 の範囲で 0.1 刻みで，板厚 t を変化させて決定した．

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

ここに，b は板幅，σ_F は設計基準強度，k は座屈係数 (=4) を示す．ステンレス鋼は明確な降伏点を有さないため，解析パラメータとして，設計基準強度 σ_F を 0.01%，0.1%，0.2%耐力の 3 つに変動させ，設計基準強度と極限圧縮強度の関係を調べた．数値計算に際しては，SUS329J3L の応力-ひずみ関係を精度良く表現するため，3 区間に分けた複合

表 1 引張試験による SUS329J3L の機械的性質

鋼種	弾性係数 E(MPa)	引張強さ σ_u(MPa)	破断伸び δ(%)	ポアソン比 ν	0.01%耐力 $\sigma_{0.01}$(MPa)	0.1%耐力 $\sigma_{0.1}$(MPa)	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$(MPa)	$\sigma_{0.01}/\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.2}/\sigma_u$
SUS329J3L	192000	746(≥620)	48(≥18)	0.215	316	475	528(≥450)	0.599	0.708

() 内は JIS の規格値を表す．

キーワード　SUS329J3L，応力-ひずみ関係，周辺単純支持板，極限圧縮強度特性
連絡先　〒 565-0871　吹田市山田丘 2-1　大阪大学大学院工学研究科 TEL06-6879-7599

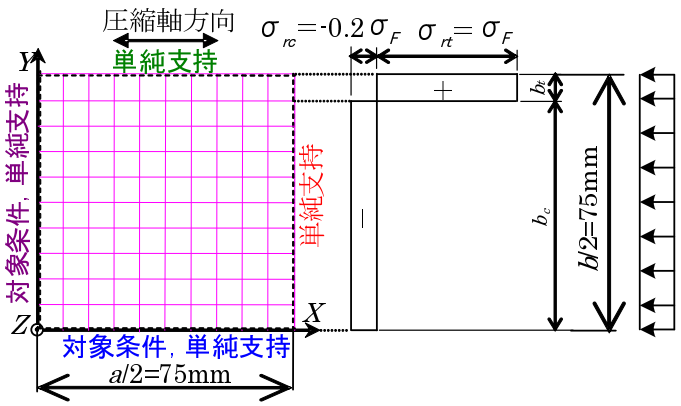

図 3 解析モデル

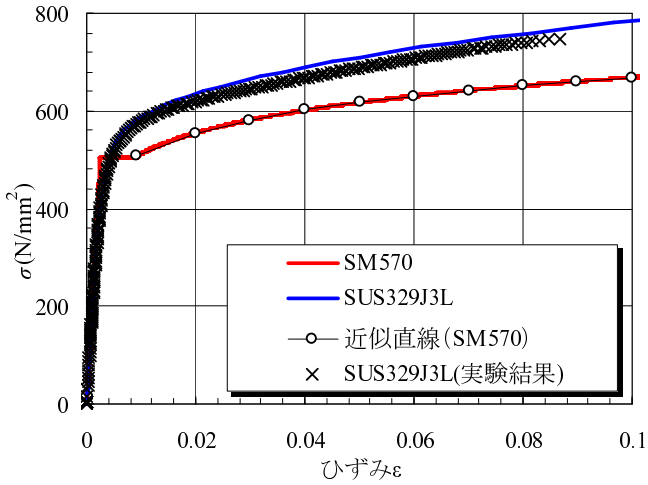

図 4 解析に用いる構成式

Ramberg-Osgood 曲線 [2] を用いた．試験結果と同構成式の精度の比較を図 4 に示す．なお，本研究では，SUS329J3L の 0.2%耐力とほぼ対応する強度を持つ炭素鋼 SM570 製周辺単純支持板との圧縮強度特性を比較するため，同図中には SM570 の数値計算に用いる応力-ひずみ関係として多直線近似曲線を示している．SUS329J3L 製板の初期不整に関する測定データは乏しいため，炭素鋼と同様にして，初期たわみ量は道路橋示方書 [3] の製作精度として規定されている最大たわみ値 $\bar{w}_0 = b/150$ として次のように与えた．

$$w_0 = \bar{w}_0 \cos\left(\frac{\pi x}{b}\right) \cos\left(\frac{\pi y}{a}\right) \tag{2}$$

また，残留応力は図 3 に示すように，圧縮残留応力 σ_{rc} が $-0.2\sigma_F$ の大きさで，自己平衡条件を満たすような矩形分布で与え，残留応力が座屈挙動に及ぼす影響を調べた．

図 5 に数値計算により得られた SUS329J3L 製周辺単純支持板の極限圧縮強度特性を示す．また，図中には，比較のため SM570 製周辺単純支持板の数値計算結果を示している．同図 (a) の残留応力を考慮しない場合，幅厚比パラメータが 0.6 以下で SM570 の極限強度が最も小さく，0.8 以上で 0.1%耐力を設計基準強度に設定した SUS329J3L の極限強度特性が SM570 とほぼ一致していることがわかる．残留応力を考慮した同図 (b) では，解析対象とした全ての幅厚比パラメータで，SM570 の極限強度が最も小さくなり，幅厚比パラメータ 0.9 以上において，設計基準強度を 0.2%耐力に設定した SUS329J3L と SM570 の極限強度がほぼ一致していることが確認できる．これらは，ステンレス鋼のひずみ硬化による応力上昇が炭素鋼に比べて大きいことやステンレス鋼の初期剛性が炭素鋼に比べて小さいことに起因するものと考えられる．

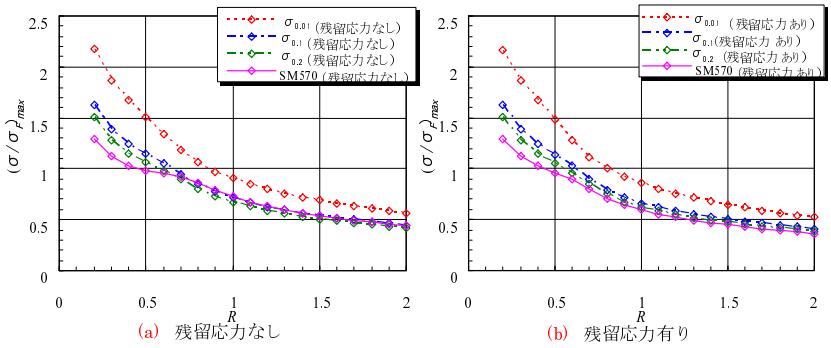

図 5 SUS329J3L 製周辺単純支持板の極限圧縮強度特性

4．まとめ

本研究では，二相系ステンレス鋼 SUS329J3L の応力-ひずみ関係と同鋼種から構成される一方向一様圧縮力を受ける周辺単純支持板の極限強度特性を照査した．その結果を以下にまとめる．(1)SUS329J3L の応力-ひずみ関係は明確な降伏棚を有さないラウンドハウス型を示す．(2) 一方向一様圧縮力を受ける SUS329J3L 製と強度が対応関係にある SM570 製周辺単純支持板の極限強度特性は，残留応力を考慮しない場合に幅厚比パラメータが 0.8 以上で，考慮する場合に 0.9 以上で，それぞれ 0.1%耐力，0.2%耐力を基準強度とした結果とほぼ一致する．

参考文献

1) 日本工業標準調査会：JIS Z2201 金属材料引張試験片，日本工業規格，1998. 2) 森省吾，三好崇夫，越智内士，宮嵜靖大，奈良敬：ステンレス鋼の応力ひずみモデルが終局強度に及ぼす影響について，第 15 回鋼構造年次論文報告集，日本鋼構造協会，pp.645-652，2007.11. 3) 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，2002.3.