

大阪大学大学院工学研究科 正会員 ○宮崎 靖大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. はじめに

ステンレス鋼は、構造用炭素鋼に比べて耐食性が優れ、多くの種類が規格化されている。中でも構造物への利用に向けて、適切な機械的性質などを有するステンレス鋼が構造用鋼として活用され、構造物の主部材への使用実績が見られる¹⁾。このようなステンレス鋼を構造物に活用するために必要となる設計規準類²⁾は、ステンレス鋼の特徴である顕著なひずみ硬化特性を有効に利用できないことなどが挙げられる。そこで本研究では、ステンレス鋼が持つひずみ硬化特性を設計の際に有効に活用することを目的として、ステンレス鋼圧縮板を対象にして、実測した応力ひずみ関係を用いた数値計算結果に基づき、終局強度時の平均圧縮ひずみの推定法を提案する。

2. 対象とするステンレス鋼圧縮板

対象とするステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼(SUS304,SUS316,SUS304N2)、フェライト系ステンレス鋼(SUS410L)、二相系ステンレス鋼(SUS329J3L)の5種類である。表1に、対象とするステンレス鋼の引張試験から得られた材料特性を示す。

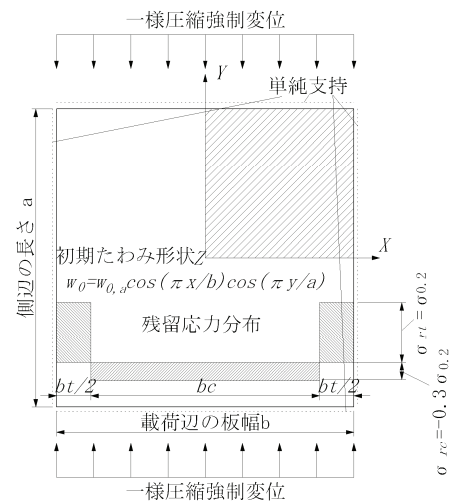
著者ら³⁾は、圧縮力を受けるステンレス鋼周辺単純支持板および自由突出板を対象に、実験および数値計算により、それらの圧縮強度特性を明らかにしてきた。ここでは、それらの成果に基づき、ステンレス鋼圧縮板の終局強度時の平均圧縮ひずみの推定法を示すこととする。図1は、対象とする周辺単純支持板および自由突出板の形状を示す。板の形状は、幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ により決定している。

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{0.2}}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

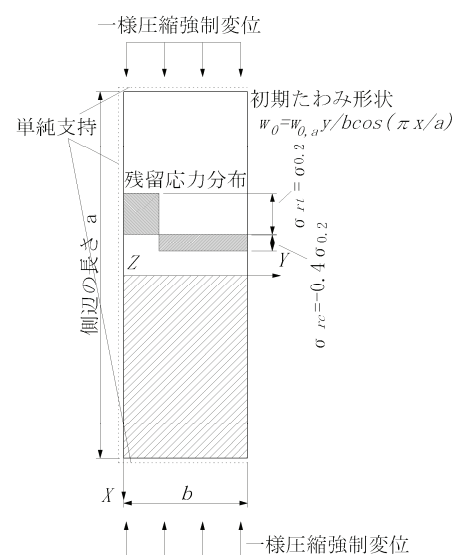
ここで、 b は圧縮板の一樣圧縮強制変位を与える側の板幅を、 t は板厚を、 $\sigma_{0.2}$ は0.2%耐力を、 E は弾性係数を、 μ はポアソン比(=0.3)を、 k は板の座屈係数(周辺単純支持板では4.0、自由突出板では0.425)を表している。また、板の縦横比 $\alpha(=a/b)$ は、周辺単純支持板で1.0、自由突出板で3.0としている。さらに、幅厚比パラメータは、ステンレス鋼のひずみ硬化により、最大平均圧縮応力 $\bar{\sigma}_{max}$ が0.2%耐力より

表1 対象とするステンレス鋼の機械的性質

鋼種	ヤング係数 E (GPa)	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	引張強度 σ_u (MPa)	伸び (%)	降伏比 $\sigma_{0.2}/\sigma_u$
SUS304	157	261	697	70.2	0.374
SUS304N2	173	402	723	66.5	0.557
SUS316	174	254	561	75.9	0.452
SUS410L	204	362	487	38.6	0.744
SUS329J3L	202	533	749	47.9	0.712



(a) 周辺単純支持板



(b) 自由突出板

図1 解析モデル

表2 $\bar{\sigma}_{max} \geq \sigma_{0.2}$ となる最大幅厚比パラメータ

板の境界条件	系	$\bar{\lambda}_p$
周辺単純支持	オーステナイト系	0.494
	フェライト系	0.457
	二相系	0.557
	ステンレス鋼全体	0.482
1辺自由3辺単純支持 (自由突出板)	オーステナイト系	0.565
	フェライト系	0.606
	二相系	0.572
	ステンレス鋼全体	0.583

表3 推定式(2)中のパラメータ C_1 および C_2

板の境界条件	系	C_1	C_2
周辺単純支持	オーステナイト系	0.565	2.637
	フェライト系	0.270	3.056
	二相系	0.688	2.449
	ステンレス鋼全体	0.471	2.725
1辺自由3辺単純支持 (自由突出板)	オーステナイト系	0.886	2.489
	フェライト系	0.209	3.408
	二相系	0.793	2.584
	ステンレス鋼全体	0.549	2.795

も大きくなる場合を対象とし、周辺単純支持板で $0.2 \leq \bar{\lambda}_p \leq 0.5$ 、自由突出板で $0.2 \leq \bar{\lambda}_p \leq 0.6$ とする。

3. ステンレス鋼圧縮板の終局強度時の平均圧縮ひずみ推定法

表2は、既往のデータ³⁾を基にして、ステンレス鋼圧縮板の終局強度が材料強度よりも大きくなる幅厚比パラメータを示す。表2に示す幅厚比パラメータよりも小さい値となる形状のステンレス鋼圧縮板を対象に、終局強度時の平均圧縮ひずみ ϵ_{LB} を幅厚比パラメータの関数として式(2)で推定することとする⁴⁾。

$$\frac{\epsilon_{LB}}{\epsilon_0} = \frac{C_1}{\bar{\lambda}_p^{C_2}} \quad (2)$$

ここで、 ϵ_0 は材料強度に対応するひずみを表している。表3は、式(2)に含まれる定数 C_1 および C_2 を、既往のデータに対して式(2)を用いて回帰計算により求めたステンレス鋼の系別ならびにステンレス鋼全体でまとめた値を示す。式(2)の対象範囲とした板の終局強度は、その他の幅厚比パラメータを持つ板に比べて材料特性が大きく影響することから、定数 C_1 および C_2 は鋼種により変化する。図2は、このようにして求めたステンレス鋼圧縮板の終局強度が材料強度よりも大きくなる板の終局強度時の平均圧縮ひずみと幅厚比パラメータの関係を示す。

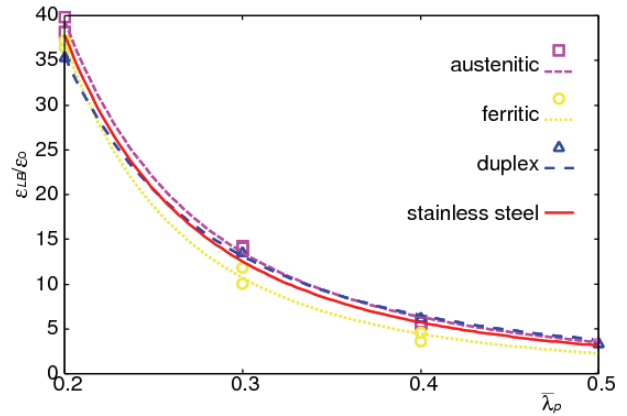
図2中の点は数値計算結果を、曲線は式(2)で表す推定値を意味している。図2より、式(2)を用いることで、系別あるいはステンレス鋼全体で分類した場合、いずれも最大10%程度の誤差に収まる。これより、ステンレス鋼圧縮板の終局強度時の平均圧縮ひずみは式(2)と表3の定数を使ってほぼ正確に推定できることが確認できる。

4. おわりに

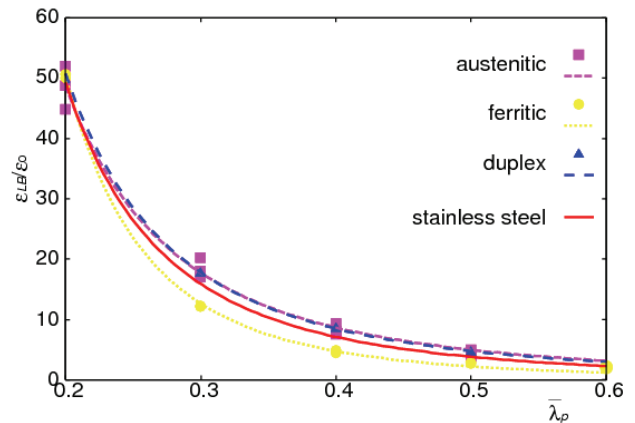
本研究では、ステンレス鋼圧縮板を対象に、その終局強度が材料強度を上回る場合に、終局強度時の平均圧縮ひずみの推定法を示した。今後、ここで示したステンレス鋼圧縮板の終局強度時の平均圧縮ひずみの推定法に基づき、その終局強度評価法を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) Euro Inox: Pedestrian Bridges in Stainless Steel, Euro Inox, Vol.7 of Building, first edition, 2004.
- 2) EN 1993-1-4: Eurocode 3: Design of steel structures –Part 1.4: General rules – Supplementary rules for stainless steel, CEN, 1996.
- 3)例えば、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, 2010(掲載予定).
- 4) L. Gardner, D. A. Nethercot: Structural stainless steel design: a new approach, The Structural Engineer, Vol.82, No. 21, pp. 21-28, 2004.



(a) 周辺単純支持板



(b) 自由突出板

図2 終局強度時の平均圧縮ひずみと幅厚比パラメータの関係