

リーン二相系ステンレス鋼溶接 I 形断面部材の残留応力

明石工業高等専門学校 正会員 三好 崇夫

1. はじめに

今後、架け替え、更新される土木構造物のミニマムメンテナンス化や超長寿命化、LCC 縮減を達成するための方策の一つとして、耐食性に優れたステンレス鋼の活用が考えられる．一般的なステンレス鋼は高い Ni 含有量に伴い、高価な材料コストがその活用を阻む大きな要因となっている．しかし、近年、Ni 含有量を削減して材料コストを縮減しながらも、SUS304 と同等以上の耐食性を有するリーン二相系ステンレス鋼（以下、リーン鋼と略称する）が開発されており、その土木構造物への活用が注目されている¹⁾．本研究では、同鋼溶接 I 形断面部材の残留応力について実験的に把握するとともに、終局強度解析に向けて、既往の研究²⁾で提案されているステンレス鋼溶接部材の残留応力分布モデルの適用性についても検討した．

2. 試験体

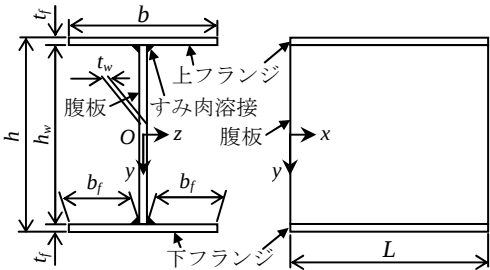
本研究では、リーン鋼として板厚 6mm の SUS821L1 熱間圧延鋼板を用いた．同鋼板から圧延方向を部材軸方向として、腹板、フランジの幅厚比 h_w/t_w 、 b_f/t_f の組み合わせが異なる 4 体の二軸対称溶接 I 形断面試験体を製作した．試験体の概略図、各試験体の名称と寸法をそれぞれ図－1、表－1 に示す．腹板とフランジ間は 6mm サイズのすみ肉溶接とし、溶接は炭酸ガス半自動溶接（溶材：TS2209-FC0 相当の FCW1.2φ、電圧：200V、電流：140～180A）とした．試験体は予め長尺部材として製作したものから切り出した．

3. 材料試験

リーン鋼の材料特性値を把握するため、まず材料試験を実施した．リーン鋼の材料特性値は圧延方向による異方性や引張、圧縮の非対称性の影響も指摘されているため³⁾、試験体の製作に用いた同鋼板の圧延方向引張、圧縮試験を実施した．結果として、弾性係数 E 、Poisson 比 ν 、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ 、引張強度 σ_u 、破断伸び ε_f をミルシート値、規格値とともに表－2 に示す．これより、圧延方向の相違により 0.2%耐力、引張強度ともミルシート値を下回るものの規格値は満足していることがわかる．また、圧延方向の弾性係数、0.2%耐力には若干の引張、圧縮による非対称性が認められるため、残留応力の評価においてはこれを考慮することとした．

4. 残留応力の評価方法

残留応力は解放ひずみに弾性係数を乗じて評価した．解放ひずみは試験体の部材軸方向に単軸ひずみゲージを貼付し、切断法によって計測した．ひずみゲージは試験体の部材軸方向中央断面の板幅方向に 13～14mm 間隔で鋼板表裏に貼付した．試験体の切断には放電ワイヤ加工機を用いた．



図－1 溶接 I 形断面試験体の概略図

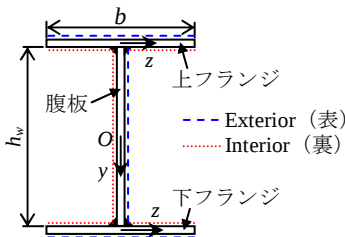
表－1 試験体の名称と寸法

試験体名	W3-F4	W3-F7	W6-F7	W6-F10
t_w (mm)	6	6	6	6
t_f (mm)	6	6	6	6
b (mm)	72	122	122	172
h (mm)	89	89	165	165
h_w (mm)	77	77	153	153
b_f (mm)	33	58	58	83
h_w/t_w	13	13	26	26
b_f/t_f	6	10	10	14
L (mm)	270	370	500	520

表－2 材料試験結果

試験種別	E (N/mm ²)	ν	$\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	ε_f (%)
引張試験	192003	0.23	511	710	43
圧縮試験	194793		494		
ミルシート*1			573	746	38
規格値			400	600	30

注記 *1: 圧延直角方向引張試験



図－2 試験体断面の座標と表裏の定義

リーン二相系ステンレス鋼、溶接 I 形断面部材、残留応力

連絡先（〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3、TEL：078-946-6173、FAX：078-946-6184）

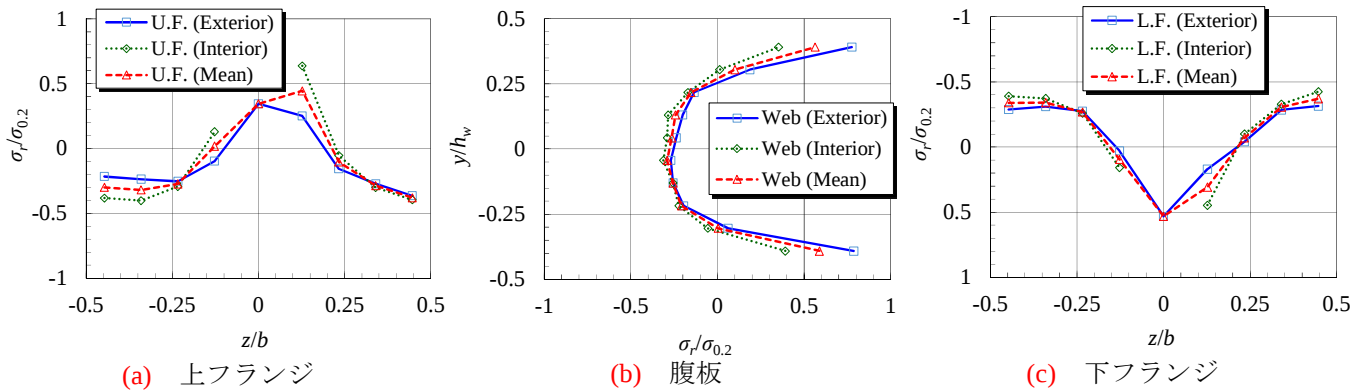


図-3 W6-F7 試験体の残留応力分布

5. 残留応力計測結果

断面内の座標系と表 (Exterior), 裏 (Interior) を図-2 のように定義し, 結果の一例として W6-F7 試験体の残留応力分布を図-3 に示す. 同図の Mean は表裏の平均であり, 残留応力 σ_r は解放ひずみの正負に応じて表-2 の 0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ にて無次元化した. 同図より, 二相系ステンレス鋼 EN 1.4462 溶接部材の計測結果²⁾と同様に残留応力は 0.2% 耐力よりも小さく, 残留応力の板曲げ成分は然程大きくないことがわかる. よって以下では, 表裏の平均値を用いて残留応力分布モデルの適用性について検討した.

6. 残留応力分布モデルの適用性

Gardner らによって提案されている二相系ステンレス鋼溶接 I 形断面部材の残留応力分布モデル²⁾のリーン鋼同部材への適用性を検討した. 図-4 には上下フランジと腹板について同モデルと本研究における 4 体の試験体の残留応力計測結果を比較した. 同図の縦横軸の定義は図-3 と同様である. これより, W3-F4 のように腹板の幅厚比がフランジ幅厚比に比べて小さい試験体では上下フランジの圧縮残留応力が大きく, 腹板の引張残留応力分布領域が拡大する傾向にあるが, 逆に W6-F7 のように腹板幅厚比の大きい試験体では残留応力分布が概ね同モデルと対応している. よって, 同モデルは腹板の幅厚比がフランジのそれに比して大きいリーン鋼溶接 I 形断面部材に適用できると考えられる.

7. まとめ

本研究より得られた知見を以下に示す.

- (1) リーン鋼溶接 I 形断面部材の残留応力の大きさは 0.2% 耐力に比べて小さい.
- (2) 腹板の幅厚比がフランジのそれに比して小さいリーン鋼溶接 I 形断面部材では, 上下フランジの圧縮残留応力が大きく, 腹板の引張残留応力分布領域が拡大する傾向にある.
- (3) 既存の二相系ステンレス鋼溶接 I 形断面部材に対する残留応力分布モデルは, 腹板の幅厚比がフランジのそれに比して大きいリーン鋼溶接 I 形断面部材に対しても適用できる.

謝辞 本研究は (公財) ひょうご科学技術協会 「平成 27 年度学術研究助成」 によって実施したものである. ここに記して謝意を表する.

【参考文献】 1) G. Gedge : Structural uses of stainless steel - buildings and civil engineering, J. of Const. Steel Res., Vol.64, pp.1194-1198, 2008., 2) L. Gardner et al. : Residual stress distributions in welded stainless steel sections, This-Walled Structures, No.79, pp.38-51, 2014., 3) 細見ら : リーン二相系ステンレス鋼板の機械的特性値と構成式, 明石工業高等専門学校研究紀要, 第 57 号, pp.15-22, 2015.

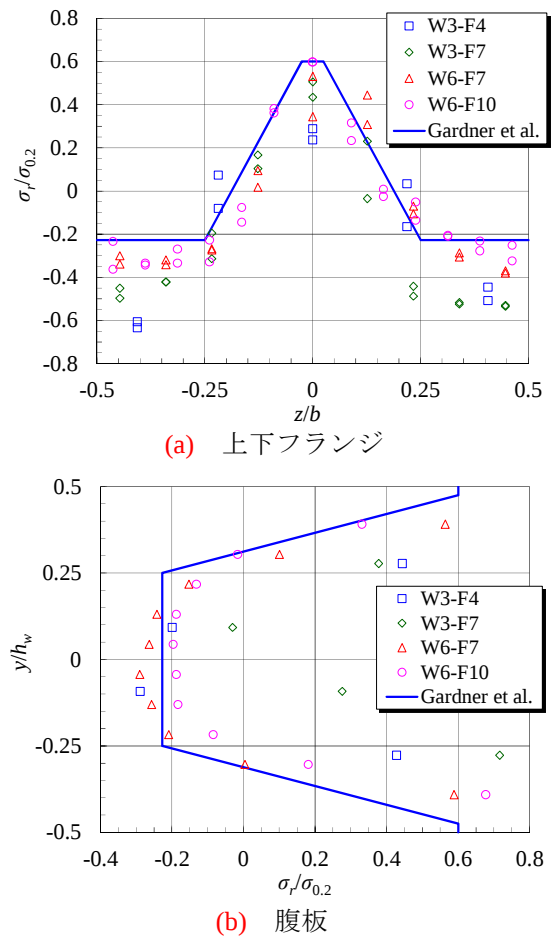


図-4 残留応力分布モデルとの比較