

ステンレス鋼を用いた自由突出板試験体の溶接残留応力の推定

日立造船（株） 正会員 ○中谷 光良 日立造船（株） 正会員 松下 裕明
 琉球大学 フェロー 矢吹 哲哉 琉球大学 正会員 有住 康則

1. はじめに

ステンレス鋼は耐候性や意匠性に優れるため、橋梁主部材へ適用できれば、ライフサイクルコスト縮減や景観の点で期待できる。著者らは、ステンレス鋼の橋梁部材への適用性について、様々な検討を行っている¹⁾。本報告では、プレートガーダーの圧縮フランジなどの自由突出板を対象として耐荷力に大きく影響を及ぼす溶接残留応力について検討した結果について述べる。

2. 実験及び解析方法

材料に建築構造用ステンレス鋼材 SUS304N2A を用いた図 1 に示す自由突出板試験体を、炭酸ガスアーク溶接を用いて作製した。各すみ肉溶接は 1 パスで仕上げ、先行パスによる温度上昇の影響をなくすため、溶接部近傍の温度が 50°C 以下になったのを確認した後、次のパスの溶接を施工した。溶接中は試験体の溶接線方向中央断面に取付けたクロメルアルメル熱電対により温度を計測した。

溶接熱効率を 80% ととして表 1 に示す実験条件を基に有限要素法を用いた熱弾塑性解析を実施した。用いた材料定数を表 2 及び図 2 に示す。図 3 に示す降伏応力、ヤング率の室温の値は引張試験を実施してえられた結果で、高温では徐々に低下するものとした。三次元有限要素モデルの溶接部近傍の断面における最小メッシュは 2mm 以下とし、溶接線方向は、6mm の等分割とした。試験体長さは 792mm であるが、計算時間短縮のため解析モデルの長さは 300mm とした。

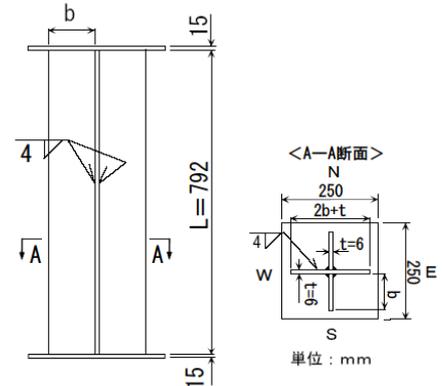


図 1 試験体形状(b=66mm)

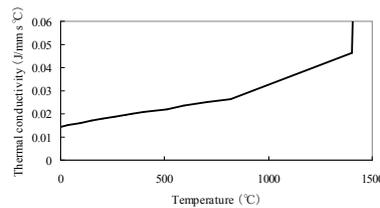


図 2 熱伝導率

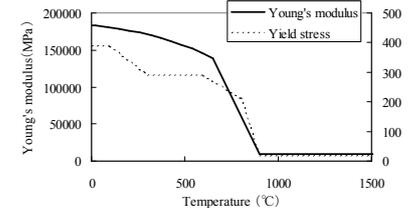


図 3 機械的特性

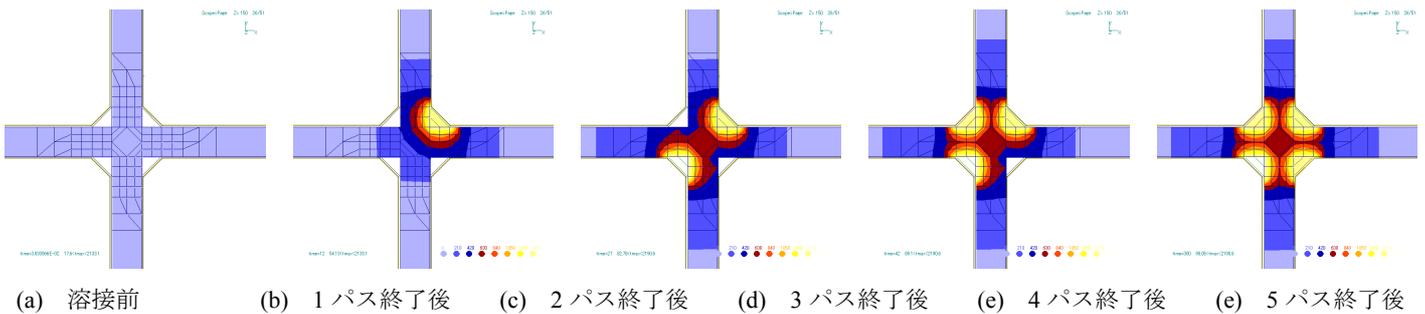


図 4 解析手順

表 1 溶接条件

	電流	電圧	溶接速度	溶接開始時間 1パス終了後
1パス目	135A	21V	313mm/min	0分
2パス目	137.5A	21V	307mm/min	12分
3パス目	135A	21V	319mm/min	27分
4パス目	140A	21V	352mm/min	42分

実際の溶接手順にあわせて、図 4 に示すように、溶接部が付与されていくモデルとした。

表 2 材料定数

比熱	密度	線膨張率	ポアソン比
0.502 J/g·°C	8.06 × 10 ³ g/mm ³	1.6 × 10 ⁻⁵ /°C	0.3

キーワード ステンレス鋼, 溶接残留応力, 自由突出板

連絡先 〒551-0022 大阪市大正区船町 2-2-11 日立造船（株）技術研究所 TEL06-6551-9684

3. 解析結果

溶接変形、残留応力に影響を及ぼす²⁾最高到達温度の計算結果と計測結果の比較を図5に示す。実験結果と計算結果はほぼ一致しており、残留応力の推定の可能性が示唆される。

図6は解析モデルの溶接部近傍の溶接線方向中央断面における溶接線方向の残留応力分布である。溶接部近傍が引張で溶接部から遠ざかると圧縮の残留応力となっており、一般的な溶接残留応力の分布となっている。図7は解析モデル要素中心の残留応力値を示す。横軸は断面の幅方向座標を示している。引張残留応力の最大値は、溶接部近傍が多軸応力状態となっているため材料の降伏応力（389MPa）を大きく上回っている。また、リブ材が6mmと薄いためリブ材中心位置においても降伏応力を超える引張残留応力の値が計算されている。一方、圧縮残留応力の平均値 σ_{rc} は9.8kgf/mm²となっている。平均の圧縮残留応力を降伏応力 σ_Y （389MPa=39.7kgf/mm²）で除した値（ σ_{rc}/σ_Y ）は0.25となる。一般の鋼橋の座屈設計で用いられる値³⁾（0.1~0.3）とほぼ同じ値となる。ステンレス鋼のT継手に対して実験的に求めた残留応力についても同様に鋼橋の座屈設計で用いられる値とほぼ同じであった⁴⁾。実験的に検証する必要があるが、本計算結果は、妥当であると考えられる。

4. おわりに

ステンレス鋼を用いた自由突出板を想定した試験体の残留応力分布を熱弾塑性解析により計算した。一般の鋼橋の座屈強度設計時に用いられる平均の圧縮残留応力値とほぼ同じ値となった。

今後は、実験データとの比較を行い、計算精度を向上させるとともに、実構造における残留応力分布の算出方法を確立させる所存である。

さらに、橋梁部材へのステンレス鋼の適用性を検討するため、本データを用いて実験および解析的に座屈耐荷力をはじめとした性能を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 例えば、松下他：ステンレス鋼を普通鋼で補剛したハイブリッド補剛板の軸圧縮耐荷力特性，構造工学論文集 Vol.49A，2003.3
- 2) 寺崎俊夫他：溶接継手に生じる Tendon Force について，溶接学会論文集，18巻3号(2000)，479-486
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン(1987)，66-74
- 4) 中谷他：ステンレス鋼溶接における変形推定方法及び残留応力の検討，第57回土木学会年次学術講演会講演概要集，2002

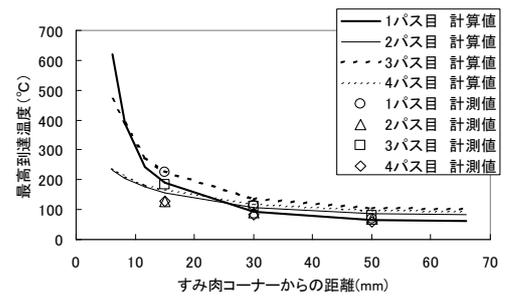


図5 最高到達温度の比較

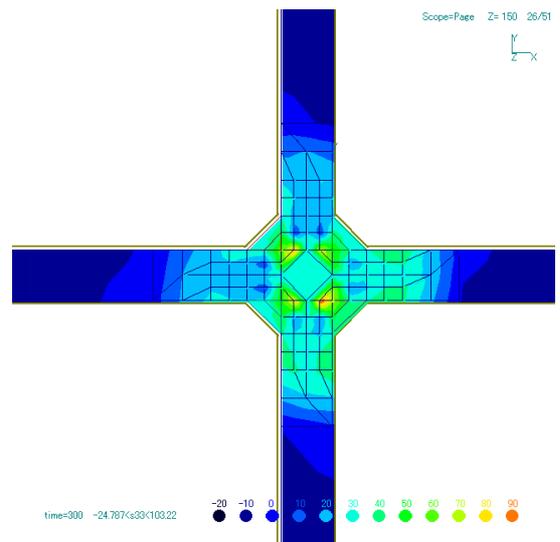


図6 溶接線方向残留応力分布コンター図

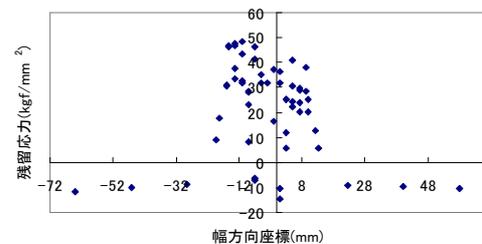


図7 溶接線方向残留応力分布