

### 1. はじめに

ステンレス鋼は、優れた耐食性を有するため、構造材料としての利用実績も多く存在し、溶接構造部材としての使用も多く行われている。溶接構造物は、溶接による局所的な入熱により、部材断面内に溶接変形および残留応力が存在し、それが座屈荷重に影響を及ぼす。現行、道路橋示方書<sup>1)</sup>では、部材の初期変形および断面内に存在する残留応力について、実績に基づいた値が設定されている。このような溶接構造物の合理的な設計を行うためには、溶接による初期変形および残留応力を正確に予測することが必要不可欠である。本研究は、汎用熱応力解析ソフトウェア Simufact Welding<sup>2)</sup>による温度場および応力場の連成解析を実施し、すみ肉溶接継手部の残留応力を明らかにする。

### 2. 対象材料

本研究で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 SUS316 とする。また、その比較用として構造用炭素鋼 SM520 を対象とする。対象部材の形状は、図 1 に示すように I 形断面とし、図中の①から④の溶接線について、アーク溶接の 1 パスですみ肉溶接により行うものとする。また、①から④の番号は、溶接順序を表しており、4 回に分けて上下の両すみ肉を溶接することを意味する。表 1 は、これらの溶接条件を示す。数値計算に用いる材料の機械的性質、物理的性質、応力ひずみ関係のパラメータは、数値計算ソフトの材料ライブラリの値を用いる。さらに数値計算では、アークの熱効率を 90% とし、図 2 に示す熱源のサイズを用いた。また、材料間の接触熱伝達係数  $\alpha$  は  $1000\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、空気の大気による対流熱伝達係数  $h$  は  $20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、放射率は 85% と設定する。

### 3. 数値計算の妥当性の検証

本研究で用いる数値計算の妥当性は、近藤ら<sup>3)</sup>による溶接組み立てされた I 形断面部材の溶接残留応力の熱弾塑性解析における温度分布により検証する。妥当性を確認する数値計算では SM520 を用いた。材料の応力ひずみ関係、溶接条件等の数値計算で用いる各種パラメータは、2 章で述べたものと同様な条件で行った。図 3 は、温度分布を測定する各測点番号の位置を示す。さらに、図 4 は、図 3 に示した着目した温度計測点の実験結果<sup>3)</sup>と本数値計算結果を示す。同図の縦軸は温度、横軸は時間を表し、点が既往の実験結果<sup>3)</sup>、実線が本数値結果を表して

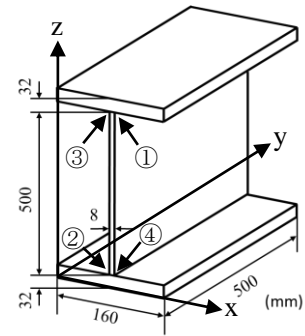


図 1 断面形状

表 1 溶接条件

電流I(A)	電圧V(V)	溶接速度v(cm/min)
620	34	70

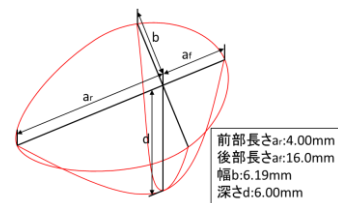


図 2 熱源サイズ

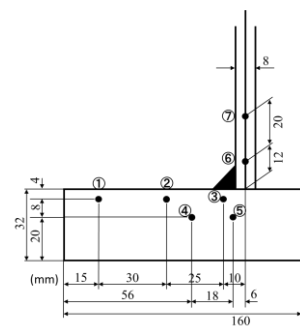


図 3 測定点位置

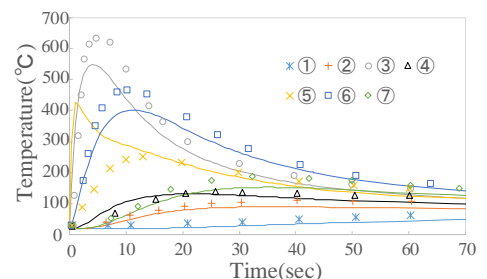


図 4 温度と時間の関係

いる。同図より、各測点における温度と時間の関係を実験結果と本研究で用いる数値計算結果に、ほぼ同様な傾向が見られる。以上の結果より、本研究で扱う数値計算は、概ね問題なく実験を再現できるものと断し、以降の数値計算を行うものとする。

#### 4. 数値計算結果

図5および図6は、SUS316およびSM520をI形断面に溶接組立てた際の残留応力分布を示す。これら図中の縦軸は数値計算により得られた残留応力の値、横軸は各測点をフランジ幅またはウェブ高さで無次元化した値を表している。また、これら図中の実線、点および破線は、各板の表側、中心および裏側の残留応力を意味する。これらの数値計算結果より、SUS316のフランジの残留応力は溶接部直近で引張応力が発現し、そこからわずかに離れた領域で圧縮応力が発現していることがわかる。また、比較したSM520の残留応力はSUS316と同様な傾向を示すものの、溶接部直近での圧縮応力がより明確に表れている。つぎに、ウェブの残留応力についてみると、SUS316およびSM520の材料の違いによる明確な差異は見られず同様な傾向を示すことがわかる。以上の残留応力の大きさは、SM520の結果がSUS316に比べて8.7倍程度大きくなる。今回報告した数値計算結果では、一部の残留応力について実験値との傾向が異なる結果も見られた。これらについて、今後より詳細に調べる必要がある。

#### 5. おわりに

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 本研究で対象としたSUS316およびSM520製I形断面部材のすみ肉溶接部における残留応力は、溶接部直近で引張、それからわずかに離れた領域で圧縮残留応力が発現した。
- (2) 対象としたSUS316製I形断面部材の溶接残留応力の大きさは、比較したSM520製I形断面部材の残留応力よりも88%程度小さくなる。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書II(鋼橋・鋼部材編)・同解説, 日本道路協会, 2017.
- 2) MSC software: Simufact Welding リファレンスマニュアル 2021.
- 3) 近藤明雅, 日浦隆文, 菊池洋一:溶接I形断面部材の残留応力の推定に関する研究, 土木学会論文報告集, 第288号, pp1-11, 1979年.

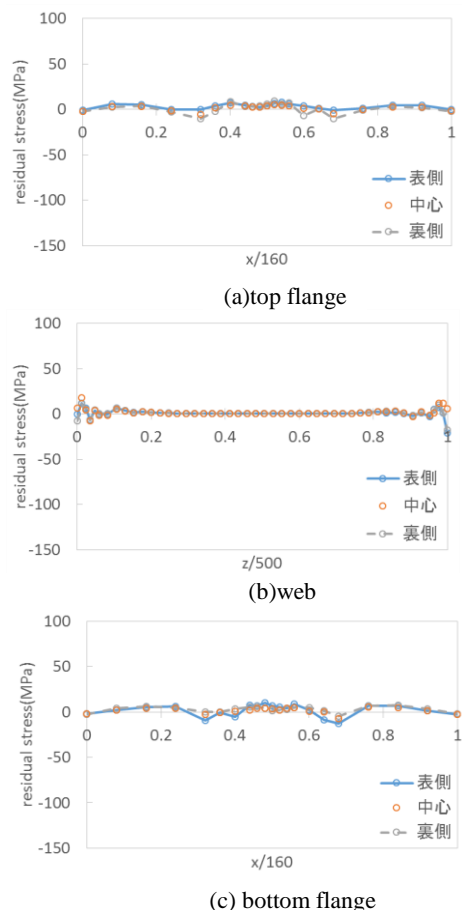


図5 残留応力分布(SUS316)

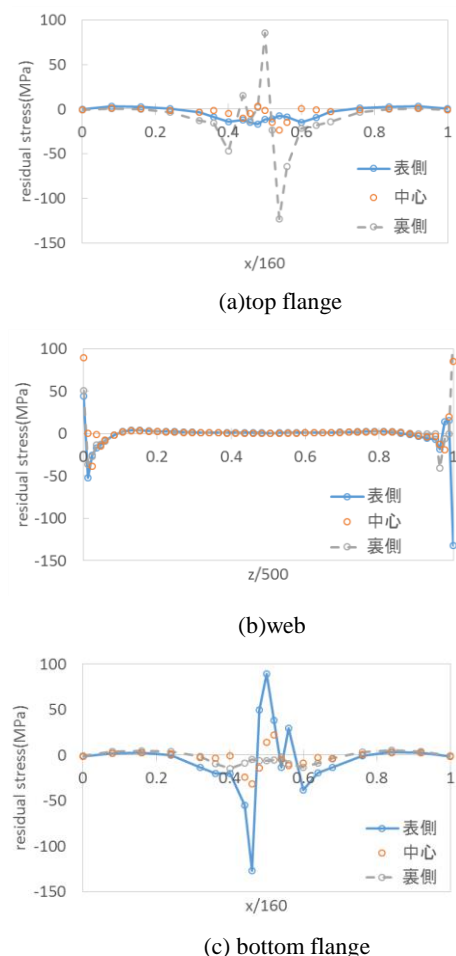


図6 残留応力分布(SM520)