

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○橋口 丈人  
大阪大学大学院工学研究科 正会員 廣畑 幹人

## 1. 研究背景と目的

鋼橋の桁端部付近では雨水の滞留や土砂の堆積が生じやすく、他の部位に比べ腐食による損傷事例が多いことが知られている<sup>1)</sup>。腐食減厚部に対する当て板補修が採用されることが多いが、狭隘な空間での作業性や耐腐食性などの観点から、従来の高力ボルトによる施工が困難な場合がある。そこで、当て板補修における溶接の利用可能性について検討する必要性が高まっている。当て板溶接における課題として、溶接欠陥や割れの防止、継手の疲労強度の向上、変形および残留応力の制御<sup>2)</sup>があげられるが、継手全体にどのような変形および残留応力が生じるのかについて不明な点が多い。本研究では、鋼構造物の当て板補修に溶接を適用することを念頭に、継手寸法が溶接残留応力に及ぼす影響を明らかにするため、一連の基礎的検討を実施した。

## 2. 当て板溶接実験

本実験に使用した供試体の形状および寸法、測点位置を図-1に示す。鋼種はSM400B（降伏応力 306 MPa, 引張強度 451 MPa）、板厚は 12 mm である。溶接方法はCO<sub>2</sub>半自動溶接であり、溶接ワイヤには YGW12 を用いた。溶接条件は電流 157 A, 電圧 23 V, 平均溶接速度 5.75 mm/s である。母板は一边 240 mm の正方形とし、当て板は一边 60 mm, 120 mm, 180 mm の 3 種類としてそれぞれ 3 体を作製した。図-1に示す位置で、溶接による供試体の温度変化を測定し、X線回折法により残留応力を測定した。なお、焼鈍により初期応力を除去している。

## 3. 熱弾塑性解析による当て板溶接のシミュレーション

当て板に覆われた母板や継手全体の応力分布についても検討を行うため、熱弾塑性解析による数値シミュレーションを行った。汎用有限要素解析ソフト Abaqus Ver.6.14 を用いて図-2に示すような解析モデルを作成した。力学的境界条件はモデル全体の剛体運動のみを拘束した。熱的境界条件として空気への熱伝達を考慮し、物理定数、材料定数は温度依存型とした。当て板と母板の間には微小な間隙を設定して剛接触と熱伝達を定義した。

まず、入熱の状況を再現するため、当て板と母板の間の熱伝達率を種々に変化させて解析を行い、母板と当て板が熱的に連続であるとした場合が妥当な解析条件であるとした。次に、実験時の入熱量のばらつきなどの

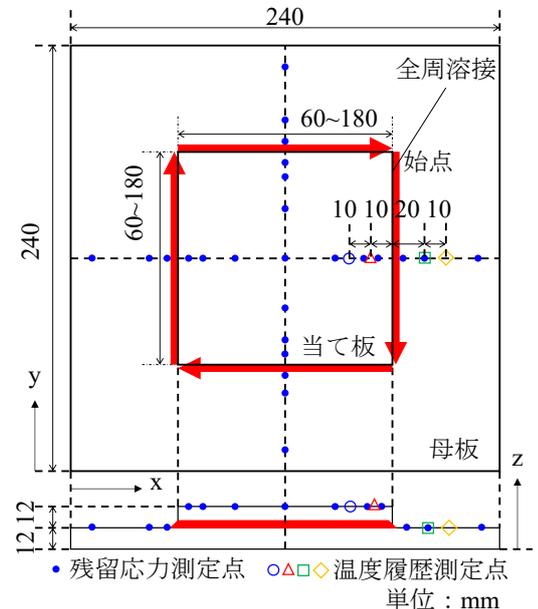


図-1 実験供試体

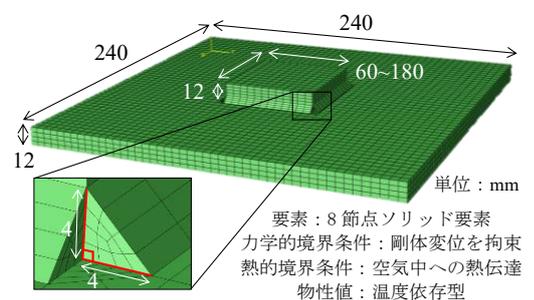


図-2 熱弾塑性解析モデル

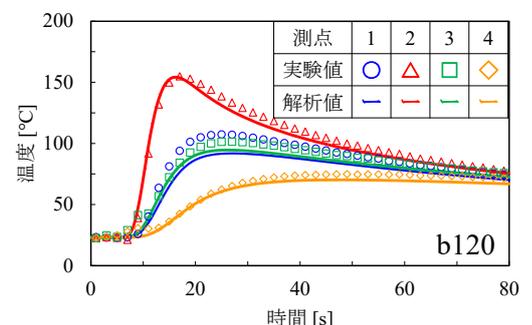


図-3 温度履歴 (当て板 120mm)

影響を排除するために、寸法以外の条件を統一して再度解析を行った。また、継手寸法の影響をより明らかにするために、一辺 90mm, 150mm の場合についても解析を実施した。

#### 4. 実験および解析結果

温度履歴と残留応力の実験値および解析値を図-3 および 4 に、それぞれプロットと実線で示す。両者の比較から、解析により実験結果を概ね再現することができた。溶接により溶接線近傍に高い引張応力が生じ、当て板に覆われていない母板部には溶接線直交 x 方向に引張応力、溶接線 y 方向に圧縮応力が生じた。また、当て板に生じる残留応力は母材に比べ小さかった。

まず、一般的に溶接止端部の溶接線直交方向の引張残留応力が継手の疲労強度に影響を与えることから、これに着目する。図-5(a)に示すように、最終 pass において応力が最大となっていた。溶接の進行に伴い、母板の拘束の度合いが増加するためであると考えられる。また、全ての溶接線で当て板寸法の増加に伴い応力が減少し、一定値に収束する可能性が示された。当て板寸法の増加に伴って隣り合う溶接線との距離が大きくなるため、拘束の影響を受けにくくなるのが原因と推察される。次に、継手内部に生じる応力として、モデル中心部における板厚方向の平均応力についても検討した。図-5(b)に示すように、当て板寸法と応力に明確な対応関係がないが、基本的に当て板には引張応力が、母板には圧縮応力が生じていた。これは、母板に比べ体積の小さい当て板が溶接後の冷却で収縮し、この収縮を母板が拘束するためである<sup>2)</sup>。

#### 5. まとめ

当て板溶接における継手寸法が残留応力分布に及ぼす影響を検討するため、一連の基礎的実験および熱弾塑性解析によるシミュレーションを実施した。解析により実験結果を精度よく再現し、解析値より継手に生じる残留応力分布を整理した。当て板の全周溶接では、最終パスで溶接止端部に生じる溶接線直交方向の引張応力が最大となった。一方、当て板寸法が小さいほど、この応力は大きくなる可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 名取暢, 西川和廣, 村越潤, 大野崇: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文集 No.668/1-54, pp.299-311, 2001.
- 2) 勝田裕仁, 廣畑幹人: 当て板継手の耐荷性能に及ぼす溶接残留応力の影響, 土木学会論文集 A2 Vol.74, No.2, pp. I\_501-I\_511, 2018.

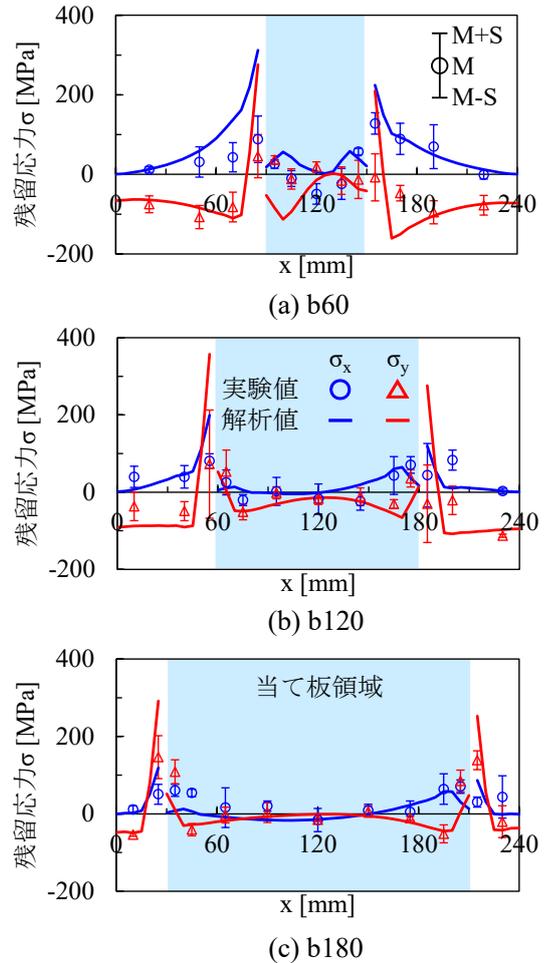


図-4 残留応力分布

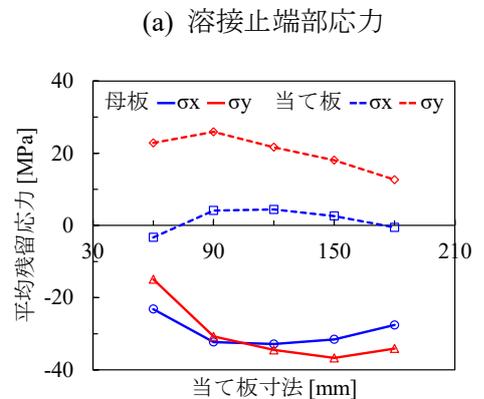
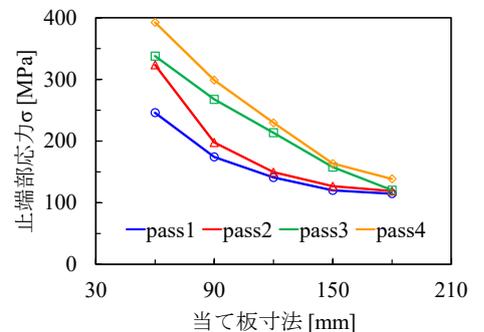


図-5 継手寸法が残留応力に及ぼす影響