

減厚鋼板に対する当て板溶接で生じる面外変形に関する解析的検討

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¹⁾。腐食減厚した部材には当て板工法による補修を選択することが多いが、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。著者らは、当て板補修における溶接の利用可能性について一連の検討を実施している。溶接を実施する際の課題として、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があげられるが、当て板溶接で継手に生じる変形について不明な点が多い²⁾。本稿では、母材の減厚量と面外変形量の関係に着目して実施した、当て板溶接で生じる変形に関する一連の解析的検討の結果について報告する。

2. 当て板溶接実験

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）、母板と当て板の厚さはともに 12 mm である。母板の中央部（120mm×120mm）には腐食を模擬して板厚の 0%, 25%, 50% の一様減厚を与えている。溶接前には、焼鈍により初期残留応力を除去した。当て板は全周溶接とし、1 層の CO₂ 半自動溶接（溶接ワイヤ：YGW12）を行った。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。実験値のばらつきを考慮して各減厚量の供試体をそれぞれ 3 体作製した。図中の位置に熱電対を接続し、供試体の温度変化を測定し、レーザー変位計を用いて溶接面外変形を測定した。

3. 熱弾塑性解析による当て板溶接のシミュレーション

当て板溶接で生じる面外変形と母板減厚量の関係性を明らかにするため、熱弾塑性解析による数値シミュレーションを行った。図-2 に示す解析モデルは汎用有限要素解析ソフト Abaqus Ver.6.14 を用いて作成した。要素は 8 節点ソリッド要素であり、境界条件としてモデル端部 3 点を固定して剛体変位を拘束し、空気中への熱伝達を考慮した。材料特性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おり、接触面には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変化させて解析を行い、実験結果と比較することで母板と当て板が熱的に連続であるとした場合を妥当な解析条件とした。次に、実験時の入熱量のばらつきなどの影響を排除するために、寸法条件以外のパラメータを統一して再度解析を行った。

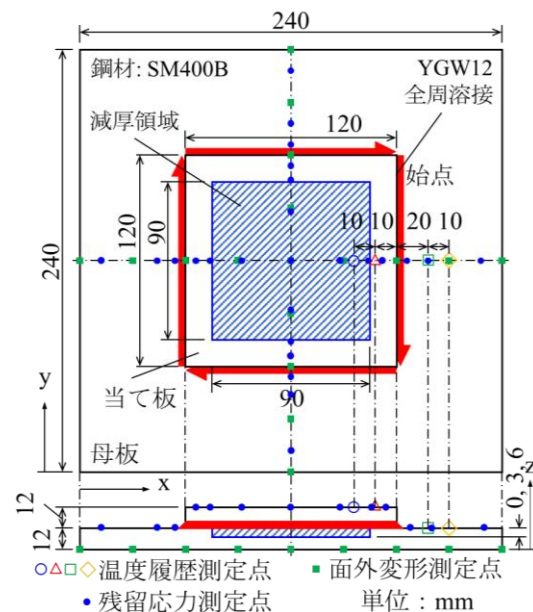


図-1 実験供試体

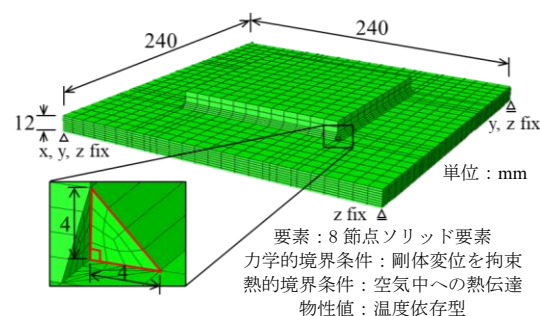


図-2 熱弾塑性解析モデル

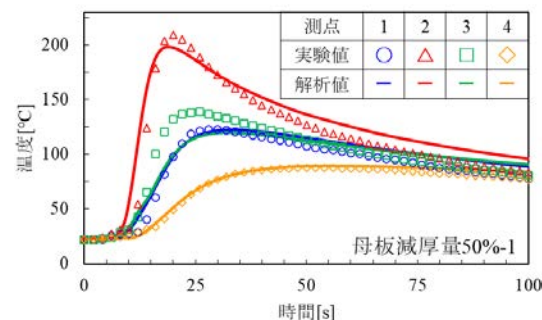


図-3 溶接時の温度履歴

キーワード 溶接, 当て板継手, 面外変形, 熱弾塑性解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7598

4. 実験および解析結果

実験と解析から得られた温度履歴，残留応力，面外変形を図-3～図-5に示す．精度が十分に高いといえない部分はあるが，実験結果の傾向を解析により概ね再現できていると考えられる．母板の減厚量が大きくなるにつれて，変形の解析値が実験値から離れる傾向にあったが，残留応力は実験値の範囲内に概ね収まった．図-4(b)に母板と当て板の内部に生じる平均残留応力を示す．継手中心部では当て板に小さな引張応力が，母板には圧縮応力が生じる結果となった．母板上面に溶接金属が置かれることで，下面側よりも上面側の収縮が大きくなり，図-5のような下に凸な変形が生じたと考えられる．ここで，面外変形の指標として図-6(a)のように母板と当て板の面外変形 δ_1, δ_2 を定義した．図-6(b)に各溶接線の面外変形の平均値 $\bar{\delta}_1$ と $\bar{\delta}_2$ を示す．

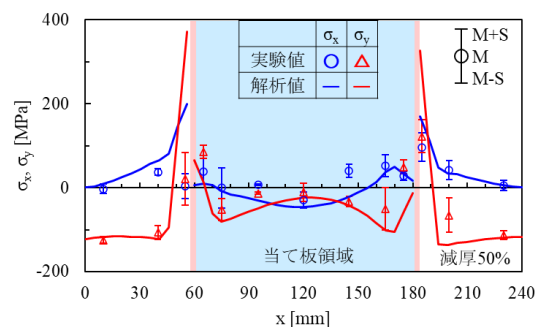
母板減厚量によらず， $\bar{\delta}_2$ はほぼ一定であり，母板減厚が当て板の面外変形に及ぼす影響は小さいと考えられる．一方，母板減厚量が大きくなるにつれ，面外変形 $\bar{\delta}_1$ は増加する傾向を示した．これは減厚による母板の剛性低下に起因するものと考えられる．溶接面外変形は初期たわみに相当するため，当て板溶接により補修した部材の耐荷性能に影響を与える可能性があることを一連の結果は示唆している．

5. まとめ

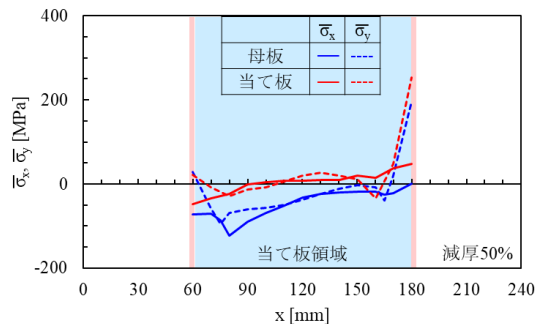
当て板溶接継手の母板減厚量と面外変形の関係を検討するため，減厚を与えた鋼板を用いて一連の実験およびシミュレーションを実施した．本検討の範囲内では，母板減厚量の増加に伴い母板の面外変形が増加する傾向が確認された，一方，母板の減厚が当て板の面外変形に及ぼす影響は小さかった．今後は，当て板溶接補修を施した部材の耐荷性能に及ぼす残留応力，面外変形の影響について検討を継続する．

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/I-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.
- 3) 橋口丈人，廣畑幹人：当て板溶接の面外変形に関する基礎的検討，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，I-115, 2022.



(a) 表面の残留応力の分布



(b) 継手内部の平均残留応力の分布

図-4 残留応力 (y=120)

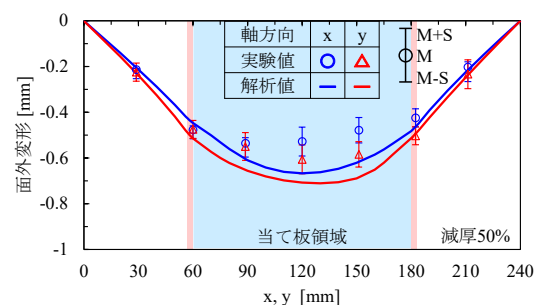
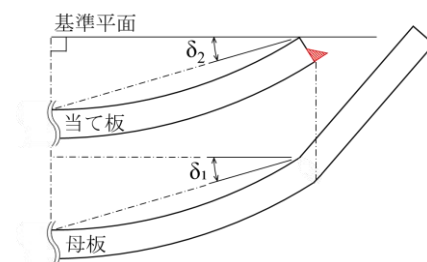
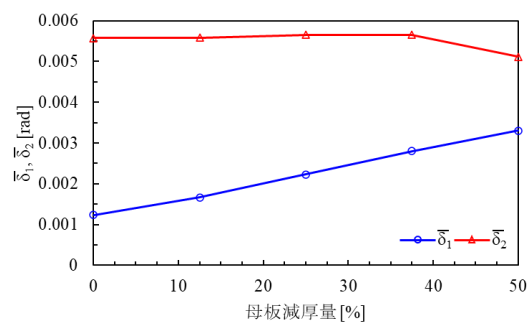


図-5 面外変形



(a) 面外変形 δ_1, δ_2 の定義



(b) 母板減厚量と $\bar{\delta}_1, \bar{\delta}_2$

図-6 母板減厚量と面外変形の関係