

当て板溶接継手の面外変形に関する基礎的検討

大阪大学 学生員 ○橋口 丈人
大阪大学 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¹⁾。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²⁾があげられるが、継手全体に生じる変形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、継手寸法が溶接面外変形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CO₂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。母板は一辺 240 mm の正方形とし、当て板は一辺 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、ダイヤルゲージを用いて面外変形を測定した。なお、溶接前後の面外変形差を実験値としている。

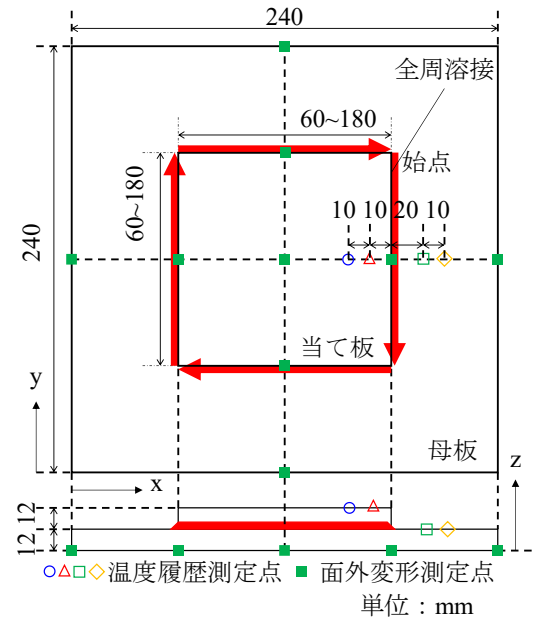


図-1 実験供試体

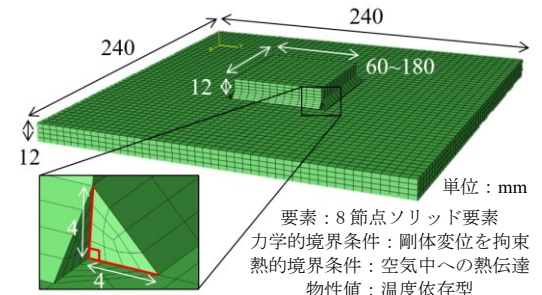


図-2 熱弾塑性解析モデル

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面外変形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。

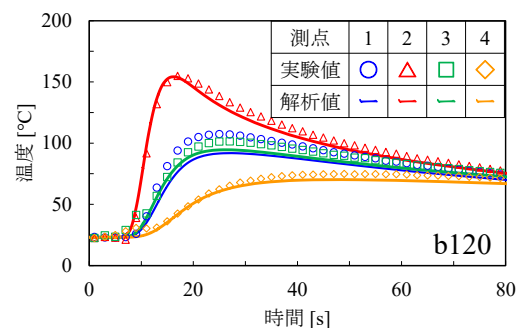


図-3 温度履歴（当て板 120mm）

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 TEL06-6879-7598

4. 実験および解析結果

温度履歴と面外変形の実験値および解析値を図-3 および図-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。母板の当て板に覆われた領域では下に凸の曲線状、当て板に覆われていない領域では直線状の変形となっていることから、母板には異なる2つの変形のモードが存在していると考えられる。以下、前者の変形を曲げ変形、後者を角変形とし、図-5(a)に示すように δ_1 , δ_2 および δ_3 により定義した。図-5(b)に各溶接線の曲げ変形 δ_1 および角変形 δ_2 の平均値を青と赤のプロットで、当て板の曲げ変形 δ_3 を緑のプロットで示す。曲げ変形 (δ_1 , δ_3) と継手寸法には正の相関が、角変形 (δ_2) と継手寸法には負の相関がある。溶接面外変形は溶接熱の不均一な分布により生じることが知られていることから、この傾向について生成機構から考察するために、解析における各部位の温度差と当て板寸法について整理した。表-1 より、当て板と母板の温度差には大きな変化がない。 δ_1 と δ_3 は当て板が大きくなるほど、溶接線どうしの距離が増加するため、溶接線による拘束の程度、すなわち曲げに対する抵抗が小さくなるために変形が増加したと推察される。ただし、 δ_3 は当て板寸法 150mm 付近で減少に転じる。これは、当て板に作用する面内方向の引張応力により、曲げ変形を抑制する方向に生じる曲げモーメントの影響が大きくなったためと考えられる。

また、母板の上下面の温度差は当て板寸法の増加に伴って小さくなった。これにより母板上下面の収縮量の差が減少し、 δ_2 が小さくなったものと推察される。

5. まとめ

当て板溶接における継手寸法が面外変形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面外変形のモードと傾向を整理した。当て板の全周溶接では、曲げ変形は継手寸法の増加とともに増加し、角変形は減少する傾向があることを示し、その生成機構について考察した。

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.

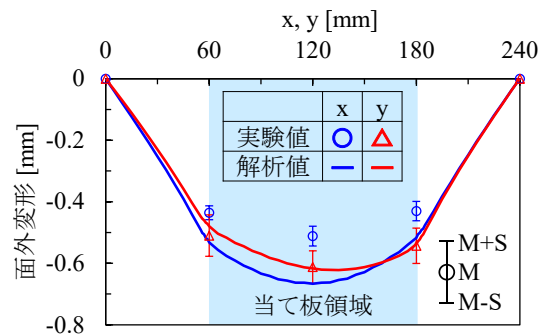
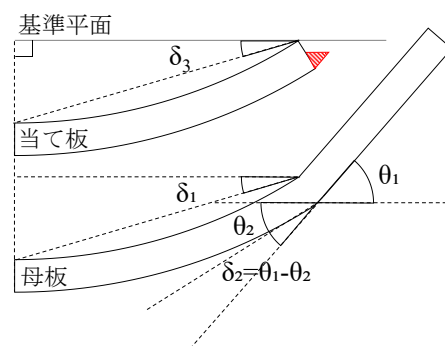
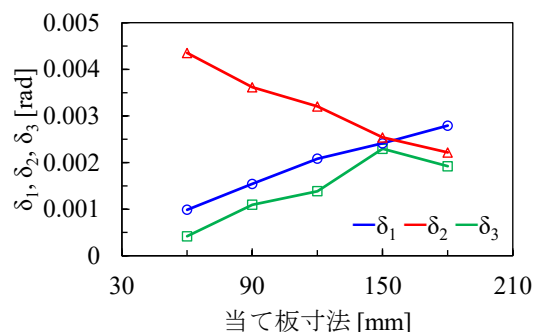


図-4 面外変形 (b120)



(a) 曲げ変形 δ_1 , δ_3 と角変形 δ_2 の定義



(b) 当て板寸法と $\delta_1 \sim \delta_3$ の関係
図-5 継手寸法と面外変形の関係

表-1 モデル各部における最高温度差 (°C)

モデル	b60	b120	b180
当て板と母板の最高温度の差	51.9	42.2	44.3
母板の上下面の最高温度の差	928.8	672.5	512.8