

鋼橋ソールプレートを想定した溶接部に対する局所加熱による残留応力低減

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○中谷 紘人
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 遠藤 愛巳
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 廣畑 幹人
 エム・エムブリッジ (株) 正会員 鈴木 俊光
 エム・エムブリッジ (株) 正会員 小西 英明

1. はじめに

鋼橋における疲労損傷発生箇所の一つとして、ソールプレート溶接部が挙げられる¹⁾。ルート部から発生するき裂に対しては、仕上げやピーニングが適用できないため、止端部およびルート部にも適用可能な疲労き裂予防技術の確立が求められている。本研究では、疲労き裂の発生、進展を助長する溶接引張残留応力を低減させ、疲労き裂を予防することを念頭に、高周波誘導加熱装置を用いた局所加熱²⁾に着目した。鋼橋ソールプレートの溶接部における疲労き裂の予防技術の一つとして、局所加熱による残留応力の低減技術の適用性とその効果を検証するための一連の基礎的検討を実施した。

2. 局所加熱実験および熱弾塑性解析によるシミュレーション

鋼橋の下フランジとソールプレートを想定した供試体の形状および寸法を図-1に示す。SM400A（降伏応力：307N/mm²，引張強度：460N/mm²，板厚9mm）の下フランジと、SM400A（降伏応力：329N/mm²，引張強度：465N/mm²，板厚22mm）のソールプレートをすみ肉溶接で接合した。角まわし溶接なし、角まわし溶接ありの2種類の溶接順序で供試体を作製した。

事前に熱弾塑性解析によって決定した加熱条件で、高周波誘導加熱装置を用いて局所加熱実験を行った。ソールプレート角部の下フランジ側からき裂が進展するケース³⁾の危険性が指摘されているため、ソールプレート角部の溶接残留応力を低減させることを目的とした。目標温度を450℃，加熱時間を35～40秒とし、図-1に示す位置を加熱した。加熱領域中心の熱電対を温度制御点と設定し、その温度履歴を図-2にプロットで示す。

局所加熱前後の残留応力（供試体長手方向）を測定した。ここでは、角まわし溶接なしの供試体の結果を示す。図-3より、止端部に注目すると、角部には約250～350MPaの圧縮応力導入が確認された。ルート部直下においても、約250～450MPaの圧縮応力が導入された。

熱弾塑性解析により、局所加熱実験を再現した。ここでは、角まわし溶接なしの供試体について、解析結果を示す。8節点ソリッド要素を用いて、実験供試体と同じ寸法の解析モデルを構築した。溶接過程をシミュレーションした後、局所加熱の過程をシミュレーション

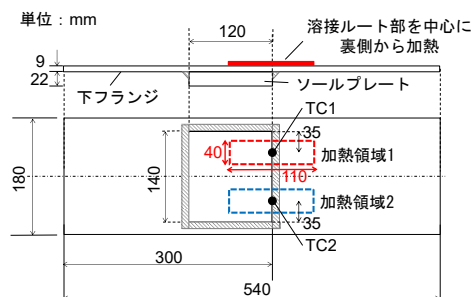


図-1 局所加熱位置

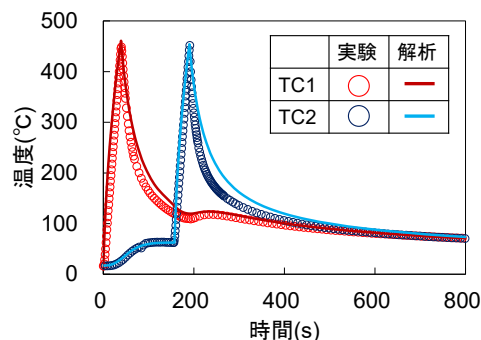


図-2 局所加熱温度履歴

キーワード ソールプレート，溶接，疲労き裂，残留応力，高周波誘導加熱
 連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7598

ョンした。入熱量は既往の研究⁴⁾で提示された方法を参考に、装置通電時の平均消費電力に熱効率を掛けた値を、加熱領域に対応する要素の体積で除した値とした。図-2に実線で示すように温度履歴を再現することができた。残留応力（供試体長手方向）の解析結果を図-3に実線で示す。溶接止端部、ルート部直下ともに、残留応力分布の傾向を概ね再現することができた。また、局所加熱により溶接線両端部に圧縮応力を導入することができた。

3. 曲げ疲労実験

局所加熱による残留応力の低減が疲労耐久性に及ぼす影響を確認するため、疲労実験を実施した。図-4に示すように、回転曲げ疲労試験機を用いて、対象とする溶接線に圧縮繰返し荷重が作用するようにバネと偏心錘を設定した。溶接線から5mm離れた位置にひずみゲージを貼付し、ひずみ振幅に弾性係数を乗じて得られる応力振幅が約70MPaとなるように载荷した。溶接止端部に発生した疲労き裂が10mmの長さに達したことを磁粉探傷により確認した時点を実験における疲労寿命と定義した。

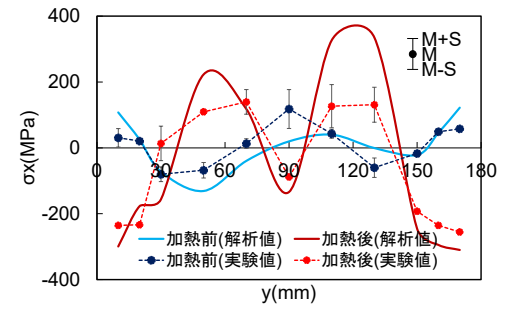
疲労実験の結果を図-5に示す。角まわし溶接なしの場合、局所加熱によって疲労寿命は約1.8~4.5倍となった。また、角まわし溶接ありの場合、局所加熱によって疲労寿命は約1.4~1.9倍となった。

4. まとめ

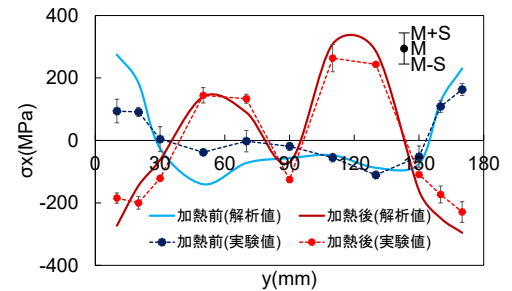
- (1) 鋼橋ソールプレートを想定した供試体を対象として、ソールプレート角部の溶接残留応力低減を目的に局所加熱実験を実施した。また、熱弾塑性解析により局所加熱実験を再現した。ソールプレート角部の溶接止端部には、約250~350MPaの圧縮残留応力が導入された。溶接ルート部の直下には約250~450MPaの圧縮応力が導入された。
- (2) 局所加熱が疲労耐久性に及ぼす影響について確認するため、圧縮繰返し荷重を作用させる曲げ疲労実験を実施した。溶接止端部から5mm離れた位置の応力振幅が約70MPaとなるように载荷した場合、加熱なしの供試体に比べて加熱ありの供試体の疲労寿命が向上する傾向を確認した。

参考文献

- 1) 杉山功, 佐藤仁男, 前田俊雄: 3 径間連続鋼床版箱桁端部の応力性状と補修, 阪神高速技報, 第4号, pp.150-159, 1985.
- 2) 廣畑幹人, Aung May Phy, 阿二一慶: 高周波誘導加熱装置を用いた局所加熱によるすみ肉まわし溶接継手の残留応力低減, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 第76巻, 第1号, pp.29-40, 2020.
- 3) 実務者のための鋼橋疲労対策技術資料, 国土交通省道路局国道・防災課 監修, 鋼橋疲労対策技術検討会 編, 2012.
- 4) M. P. Aung, M. Nakamura and M. Hirohata: Characteristics of Residual Stresses Generated by Induction Heating on Steel Plates, Metals, Vol.8, No.25, pp.1-14, 2018.



(a) 溶接止端部



(b) 溶接ルート部直下

図-3 局所加熱前後の残留応力

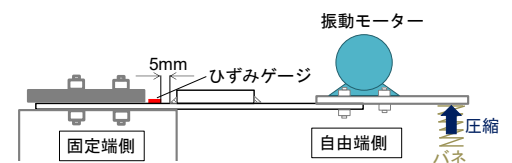


図-4 回転曲げ疲労試験機

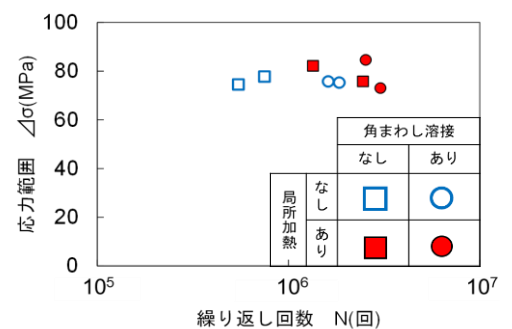


図-5 疲労実験結果