

IH 塗膜剥離による変形および残留応力が鋼構造部材の耐荷性能に及ぼす影響

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○二上	稜太
大阪大学大学院工学研究科	正会員	廣畑	幹人
日本橋梁	正会員	中原	智法
古市	正会員	古市	亨

1. 研究背景・目的

防食塗装の更新は鋼橋の維持管理、長寿命化における重要課題であり、省力化、環境負荷低減のために劣化した旧塗膜を効率的に除去する技術が要求される。本研究では、既存の動力工具や有機溶剤を用いた方法に比べ、効率性や環境負荷低減、火気への配慮の観点から有用性が認められている高周波誘導加熱（以降 IH 加熱と称す）¹⁾ による塗膜剥離技術（図-1）に着目する。この技術は、塗膜剥離対象とする鋼材に近接させたコイルに電流を印加し、磁界を発生させることで、鋼材に渦電流を発生させる。渦電流に対する鋼材自身の抵抗発熱による金属の膨張と塗膜の付着力低下により、スクレーパーで塗膜を容易に剥離することができる（図-2）。しかし、鋼材を急速かつ局所的に加熱するため、施工条件によっては変形、残留応力が生じる。そのため、過剰な変形、残留応力の発生を抑制するための適切な施工条件の確立が必要とされている。本研究では、防食塗膜剥離のための IH 加熱が鋼構造部材の耐荷性能に及ぼす影響を解明することを目的とする。IH 塗膜剥離を想定した加熱により部材に生じる変形と残留応力を明らかにするとともに、それらが部材の耐荷性能に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

実験に使用する供試体の概要を図-3 に示す。鋼材は SM400B、板厚は 12 mm であり、L 形断面を構成する溶接の開先形状はレ形、パス数は 4 回で溶接した。供試体の数は 4 体である。溶接前後に面外変形、溶接後に残留応力の計測を行った。その後、単調圧縮実験を実施した。4 体の内 2 体については、溶接後に IH 加熱を行い、再度面外変形と残留応力を計測し、載荷試験を実施した。面外変形はダイヤルゲージを用いて計測し、残留応力は X 線回折装置を用いて計測した。IH 加熱は、鋼材表面の温度が 200 °C 程度となるように、移動速度 20 mm/s を目標とした。幅 180 mm の加熱コイルを用いて、供試体の高さ方向中央部分の 400 mm を 1 面ごとに上部、下部の 2 回に分けて加熱を行った。温度履歴は熱電対を設置し取得した。載荷実験では、供試体鉛直方向に単調圧縮荷重を静的に負荷した。載荷板の中央下面に変位計を設置し、鉛直変位を計測した。



図-1 IH 塗膜剥離施工の例

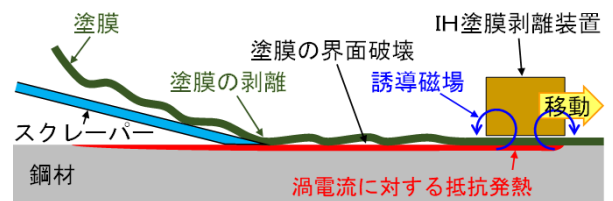


図-2 IH による塗膜剥離の原理

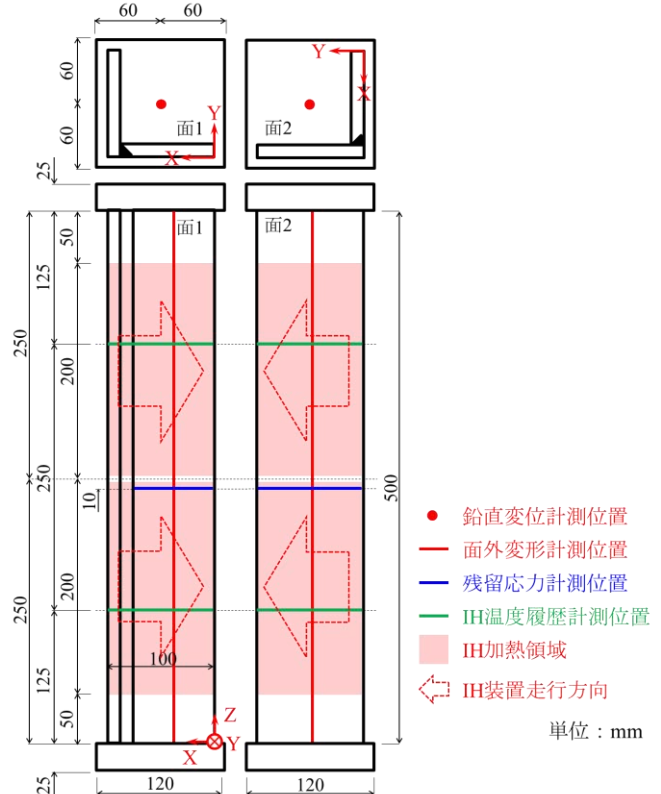


図-3 実験供試体

キーワード 高周波誘導加熱, 防食塗装, 塗膜剥離, 維持管理, 鋼橋

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

3. 実験結果

3.1 面外変形

面1の面外変形測定結果を図-4に示す。2体の供試体の面外変形最大値は溶接後で0.7 mm, IH後で1.0 mm程度であり, 面1, 2ともに約1.4倍の変形量となった。変形が大きくなった理由として, 鋼材が加熱され膨張し, この膨張が周辺の領域に拘束され圧縮応力が作用することで既存の変形が増加したことが考えられる。

3.2 残留応力

溶接後とIH後の残留応力について, 面1および面2の測定結果を図-5(a)(b)に示す。面1は, 溶接によって溶接線側の接合部が引張残留応力となっていた。IHによる加熱では, 自由端側の応力が圧縮となった。一方, 面2については, 接合部付近の応力の変化は小さいが, 中央領域の応力は引張側へ, 自由端近傍の応力は圧縮側へ推移した。鋼材が加熱され温度が上昇すると, 冷却過程で収縮するため引張応力が残留するが, 自由端側に比べ接合部側の方が早く冷却されるため, 接合部側に引張, 自由端側に圧縮応力が残留した可能性が考えられる。

3.3 载荷試験

载荷試験によって得られた荷重-鉛直変位関係を図-6に示す。荷重200~400 kNの範囲で算出した弾性剛性の平均値は, 健全供試体(IH加熱なし)に比べIH加熱を施した供試体は37%減少した。これは, IH加熱後の変形量の増加が理由として考えられる。最大圧縮荷重の平均値については, 健全供試体に比べ, IH加熱を施した供試体は3%減少した。

4. まとめ

L形断面供試体を溶接で作製し, IH塗膜剥離を想定した加熱実験を行い, 载荷試験を実施した。溶接面外変形はIH加熱により増加した。本実験の範囲では, 加熱した面の中央領域の残留応力は引張方向に推移する傾向がみられた。自由端および接合部の応力の変化については明確な傾向が把握できなかった。IH加熱の影響により, 弾性剛性は健全供試体に比べ37%減少した。一方, 最大圧縮荷重の減少率は低く, IH加熱の影響が小さい傾向がみられた。

今後は, 有限要素法に基づく熱弾塑性解析により, 実験の再現を行い, 応力変化のメカニズムを明らかにする。

謝辞

本研究の一部は, 一般財団法人日本国土開発未来研究財団の助成を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 小西日出幸, 鈴木直人, 田中正裕, 廣畑幹人: 許田高架橋補修におけるIH装置による塗膜剥離工法の適用, 橋梁と基礎, 2017-7, pp14-20, 2017.

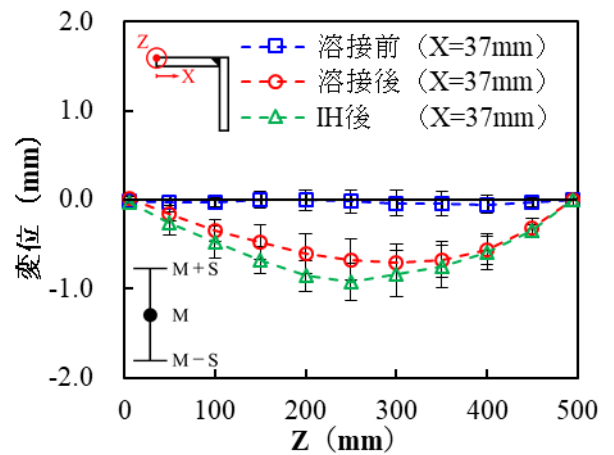
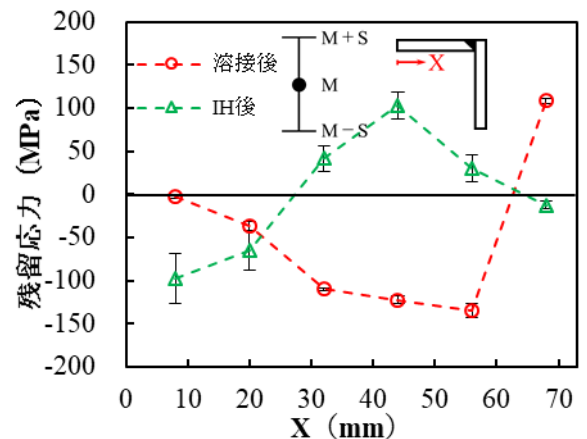
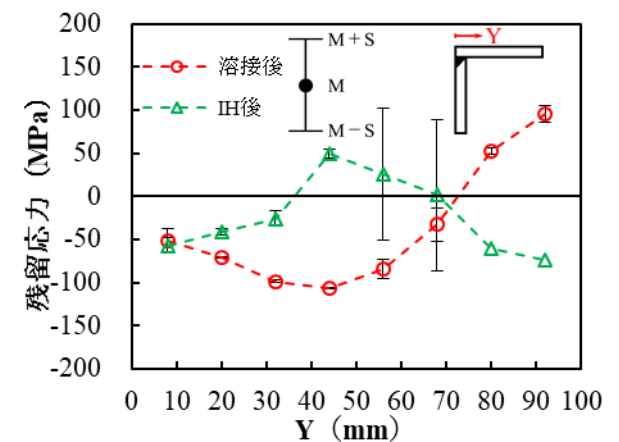


図-4 面外変形 (面1)



(a) 面1



(b) 面2

図-5 残留応力

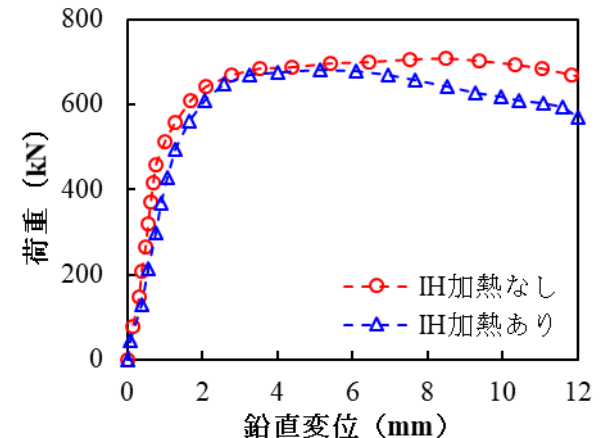


図-6 荷重-鉛直変位関係