

[I-33] 高周波誘導加熱による塗膜剥離施工条件の探索に関する解析的検討 Analytical investigation on work conditions for paint coating removal by induction heating

○桐畑 光生¹、廣畑 幹人¹、中原 智法²、古市 亨³ (1.大阪大学大学院、2.日本橋梁、3.古市)

○Mitsuki Kirihata¹, Mikihiro Hirohata¹, Tomonori Nakahara², Toru Furuichi³ (1.Osaka University, 2.Japan bridge, 3.Furuichi)

キーワード：鋼橋、維持管理、防食塗装、高周波誘導加熱、熱弾塑性解析

Steel bridge, Maintenance, Paint Coating, Induction heating, Thermal-elastic-plastic analysis

鋼橋の維持管理、長寿命化における重要課題である防食塗装の更新工事では、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による塗膜剥離技術に注目する。しかし、IH装置では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、応力が生じる。過剰な変形、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、施工条件の選定を効率的に行うため、高周波誘導加熱による塗膜剥離の施工条件探索に関する解析的検討を実施する。

As a method of removing the deteriorated paint in repainting work, application of a high frequency induction heating technique with less generation of noise and dust is being noted. However, if excessive deformation or residual stress is generated in the member due to high-frequency induction heating, there is a concern that the load carrying capacity of the structure will be decreased. In this study, a series of experiments and numerical simulations are carried out to search for the work conditions of paint coating removal by induction heating.

高周波誘導加熱による塗膜剥離の施工条件の探索に関する解析的検討

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

1. はじめに

鋼橋の維持管理、長寿命化における重要課題である防食塗装の更新工事では、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(IH)による塗膜剥離技術に注目する。この技術では、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¹⁾。しかし、IH装置では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、応力が生じる。過剰な変形、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、施工条件の選定を効率的に行うため、高周波誘導加熱による塗膜剥離の施工条件探索に関する解析的検討を実施する。

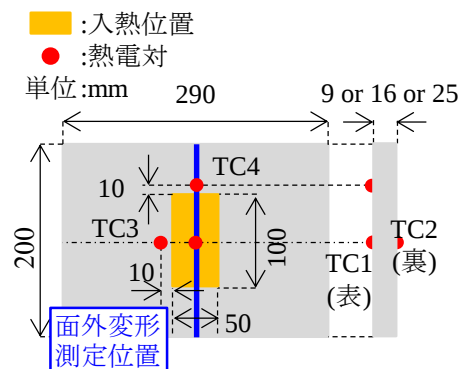
2. 鋼板供試体の加熱実験およびシミュレーション

図-1に示す鋼板供試体を用いて、IH装置による加熱実験を実施した。供試鋼材はSM400であり、板厚は9mm、16mm、25mmである。目標加熱温度は150℃～250℃とした¹⁾。供試体の表面に3つ、裏面に1つ熱電対を取り付けた。図-2に示す2種類の入熱方法について検討を行った。装置を鋼板中央で固定して入熱する方法を固定入熱(図-2(a))と称す。一方、装置を鋼板上の右から左に向かって移動しながら入熱する方法を移動入熱(図-2(b))と称す。なお、装置の車輪と熱電対の干渉を防止し、走行を安定させるために約2mmの高さの軌道を設け装置を走行させた。

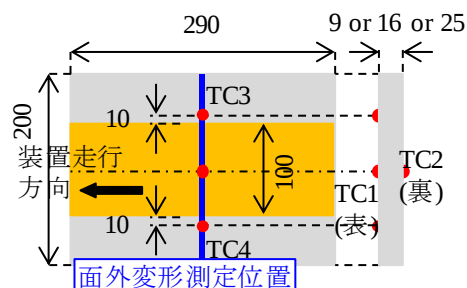
有限要素法に基づく熱弾塑性解析により、加熱実験をシミュレーションした。4節点シェル要素を使用し、図-3に示すフルモデルを作成した。初期変形を考慮し、メッシュサイズは5mm×5mmとした。材料の機械的性質および物理定数の温度依存性は既往の文献²⁾を参照して決定した。熱的境界条件は空気中への熱伝達、力学的境界条件は剛体の変位のみ拘束した。移動入熱では加熱装置の走行を考慮し、入熱位置を5mmずつ逐次移動させた。なお、表面熱流束により入熱し、熱流束の大きさは実験結果を再現できるよう試行錯誤的に1.2 J/mm²に決定した。



図-1 鋼板供試体



(a) 固定入熱



(b) 移動入熱

図-2 入熱方法

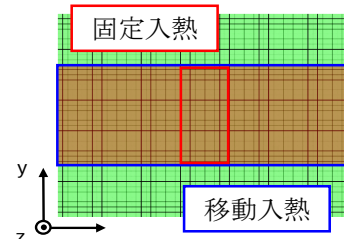


図-3 解析モデル

キーワード 鋼橋, 維持管理, 防食塗装, 高周波誘導加熱, 熱弾塑性解析

連絡先 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学工学部 S1-525 TEL 06-6879-7598

3. 実験および解析結果

板厚 9 mm の鋼板供試体における実験と解析による温度履歴を図-4 に示す。板厚 9 mm の他にも、板厚 16 mm , 25 mm の全ての供試体について実験結果を概ね再現することができた。既往の研究³⁾では入熱の値を 2.3 J/mm^2 としてあり、今回の解析に用いた値よりも大きい。その理由として、車輪の安定のために用いた軌道により装置と鋼板との距離が離れたことが挙げられる。

加熱による変形と残留面外変形の結果を図-5 に示す。解析により実験結果を概ね再現することができた。残留面外変形は全ての供試体で入熱面と反対方向に凸の傾向を示した。

4. 施工速度に関する検討

鋼板の最高温度と IH 装置の走行速度に関する検討を行った。構築した解析手法を用いて、9 mm, 16 mm, 25 mm の3種の板厚に対して $5 \text{ mm/s} \sim 35 \text{ mm/s}$ の熱源移動速度で解析を実施した。最高温度に関しては供試体の中央、表面の点で出力している。装置の走行速度と鋼板の最高温度の関係を図-6 に示す。目標温度($150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$)で施工するための走行速度が $10 \text{ mm/s} \sim 26 \text{ mm/s}$ であることが明らかになった。今後、装置と鋼板との距離を考慮した統一的评价を行うことで、IH による塗膜剥離技術の適用範囲をさらに拡大することができると考えられる。

5. まとめ

高周波誘導加熱による塗膜剥離の施工条件探索に関する一連の検討を実施した。加熱による温度および面外変形の観点から、施工条件を探索するツールとして利用できる手法を提案した。この解析手法を用いて最高温度と施工速度の関係について検討し、板厚 9 mm $\sim$ 25 mm の鋼板を $150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ に加熱するための装置走行速度が $10 \text{ mm/s} \sim 26 \text{ mm/s}$ であることを示した。

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.
- 2) 中川弘文・鈴木弘之：鋼橋の崩壊温度，鋼構造論文集，第6巻，22号，pp57-65，1999.
- 3) 桐畑光生・廣畑幹人・小西日出幸：高周波誘導加熱による塗膜剥離施工シミュレーションに関する検討，鋼構造年次論文報告集第27巻，2019.

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研究助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

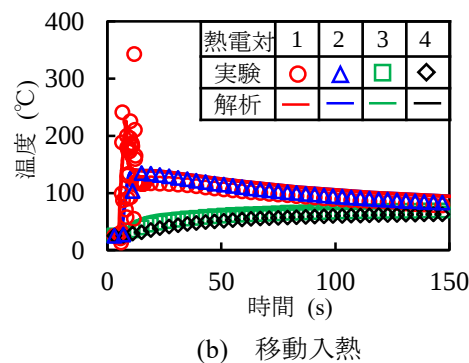
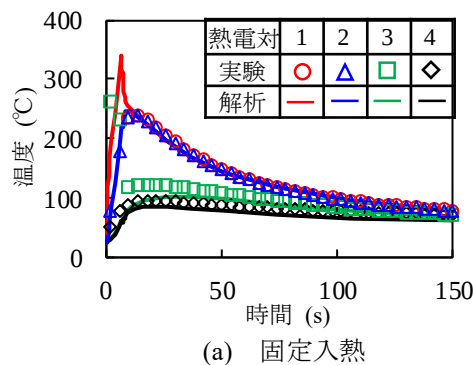


図-4 温度履歴 (板厚 9 mm)

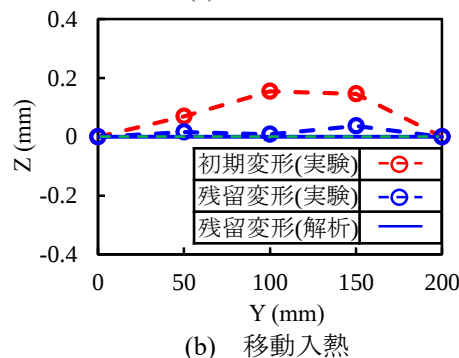
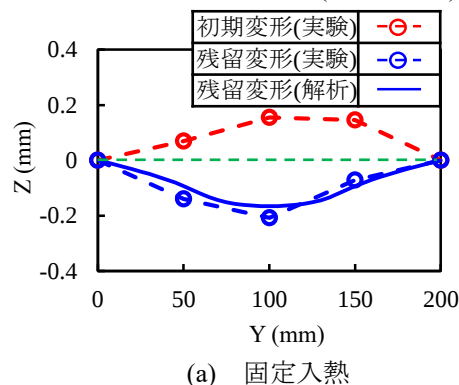


図-5 面外変形 (板厚 9 mm)

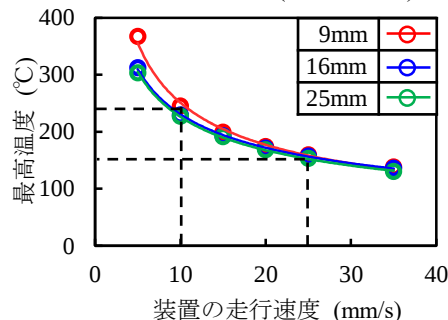


図-6 装置走行速度と鋼板最高温度の関係