

CMI 報告

電磁誘導加熱による鋼橋の塗膜除去工法に関する研究

小野 秀一・渡辺 真至

1. はじめに

高度経済成長期に建設された多数の橋梁が、経年による老朽化が進み社会問題となっている。鋼橋における劣化は、一般に疲労と腐食と言われており、腐食に対しては塗装の塗り替えなどのメンテナンスを定期的に行うことで対応しており、各管理機関で定められる所定の間隔で塗装の塗り替えが行われる。このようななか、近年は高耐久性のグレードの高い塗装が開発されている一方で、これらの性能を十分に発揮するために素地調整が重要な検討課題となってきている。

これまでの塗装塗り替えにおける素地調整については、一般にはグラインダ等を用いた3種ケレンであるが、再塗装後の耐久性を考慮するとより高いグレードのケレンが求められ、従来工法としては、ブラストや塗膜剥離剤を用いた工法が挙げられる。しかしこれらの工法は、騒音や粉じんの発生、廃材処理、施工時間などの課題があり、特に都市内高速道路においては騒音問題や、有害物質を含む塗装材料の産廃問題などからブラスト工法は本格採用されにくい面がある。

このような状況に鑑みて弊所では、関係機関と共同で、北欧で大型船舶の塗膜剥離に用いられている電磁誘導加熱による塗膜除去工法の鋼橋への適用に向けた各種の試験施工や実験研究などを行ってきており、これらの検討成果はこれまでに、シンポジウムや論文発表会等^{1, 2)}で公表してきている。

本稿では、電磁誘導加熱による鋼橋への塗膜除去工法を紹介するとともに、本工法の鋼橋への適用性を目的として実施した基礎的塗膜除去性能、加熱による鋼材への影響及び裏面の塗膜への影響、加熱条件等を把

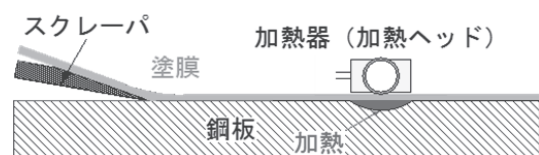
握するための各種施工試験の結果を紹介する。なお、本稿で紹介する各種実験検討等の結果は、既に公表されている参考文献1), 2)の内容と重複することをあらかじめ承知いただきたい。

2. 装置の概要と特徴

電磁誘導加熱による塗膜除去工法（以下、「電磁誘導塗膜除去工法」と称す）とは、図—1に示すように、電磁誘導加熱式塗膜除去装置の加熱ヘッドにより鋼材表面を加熱することで塗膜と鋼板を剥離させ、その後スクレーパなどを用いて塗膜を除去する工法である。加熱範囲は加熱ヘッドの直下のみで、塗膜が剥離する鋼板温度は、メーカ公称値で140～240℃と言われており、鋼材に対して影響の無い範囲の加熱である。

本装置による塗膜除去の特長として、加熱後、すぐに塗膜除去が可能であり、作業時には粉塵や騒音がほとんど発生しない（発動発電機の作動音が騒音と言える程度）こと、剥離した塗膜のみを容易に回収することが可能であることなど、従来のグラインダ工法やブラスト工法などと比べて、作業環境や周辺環境への負荷が小さい工法であることが挙げられる。

図—2に電磁誘導塗膜除去装置の構成を示す。本検討で使用した装置は、ノルウェーのRPR Technologies社のもので、本体および本体にケーブルで接続されるコンデンサ、加熱ヘッドで構成される。これらの他には電源（400 V、150 kVA程度）と冷却装置が必要である。また本体と加熱ヘッドまでの距離は最大100 m



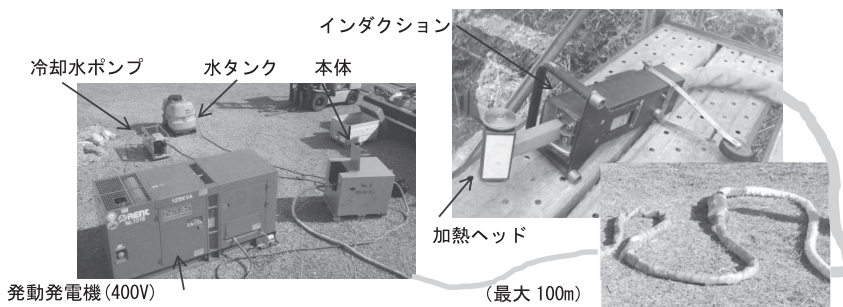
電磁誘導により鋼板を加熱し、塗膜を剥離する工法

- 特長・加熱後、すぐに塗膜除去可能
- ・粉塵、騒音がほとんど発生しない
 - ・剥離した塗膜のみを容易に回収可能

図—1 塗膜剥離のイメージと特徴



写真—1 電磁誘導加熱塗膜除去装置



図一 2 電磁誘導加熱式塗膜除去装置の構成

まで対応が可能である。冷却水タンクなども含めた装置一式は、写真一1に示すように、4tトラック2台程度で運搬が可能であり、機動性にも優れている。

3. 性能確認試験および加熱試験の概要

鋼橋への適用性を確認するため、まず、A系塗装が施された試験体を用いて、基本的な塗膜除去性能の確認試験を行った。性能確認試験では、塗膜の剥離性能を確認するとともに、施工速度、鋼板や塗膜の温度を熱電対等によって計測した。また、塗膜除去後の再塗装への影響や裏面の塗膜への影響についても目視観察や付着強度試験によって調査した。

その後、薄板での加熱条件の検討を行うため、鋼Iげた橋への適用を想定して、鋼Iげた試験体を用いて、加熱試験を行った。

(1) 塗膜除去性能確認試験

(a) 試験体

試験体は実橋から撤去した鋼製橋脚を用いた。試験体の板厚は、部位によって $t = 12\text{ mm}$ 、 $t = 21\text{ mm}$ および 27 mm であり、それぞれの部位で試験を行い、板厚と塗膜剥離性能の関係を調査した。試験体とした鋼製橋脚の既存塗膜は、しゅん功図書や事前調査で塗装が8層見られたことから、A系塗装の上に2層追加されたものと推測される。また裏面はタールエポキシ樹脂塗装である。膜厚は表面（加熱面）がおよそ $330\text{ }\mu\text{m}$ で、裏面はおよそ $360\text{ }\mu\text{m}$ であった。

(b) 加熱装置の設定

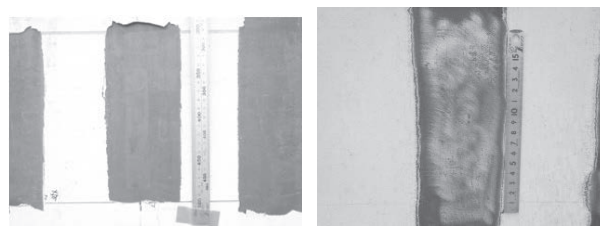
加熱装置には、加熱ヘッドの移動速度に応じて出力電圧が自動で増減されるプログラムが組み込まれており、状況に応じて数十パターンあるプログラムの中から選ぶことになっている。本試験では、事前いくつかの設定で予備試験を行い、塗膜の剥離状況等から、適切と考えられるプログラムを選定した。

(c) 塗膜除去性能確認試験結果

① 塗膜除去性能

塗膜除去試験時の状況を写真一2に示す。加熱後、スクレーパによって塗膜が板状に剥離されていることが確認される。

塗膜剥離後の鋼材表面は、写真一3に示すように、下塗りと考えられる塗膜が残存している。これはスクレーパの刃先が鋭利でなかったために残存したものと考えられ、残存塗膜の膜厚は $30\text{ }\sim\text{ }40\text{ }\mu\text{m}$ であった。そこで、グラインダを掛けたところ簡単に鉄肌が現れた。よって加熱によって塗膜が鋼板から剥離していたものと考えられ、本工法で簡単な研削工具の併用により2種ケレン相当が可能であることが確認された。



(1) 下塗りの残存 (2) 2種ケレン相当

写真一3 塗膜除去後の仕上がり状況



写真一2 塗膜除去試験状況

②温度測定結果

塗膜除去試験時における塗膜表面の温度を赤外線カメラによって確認したところ、図一3に示すように、加熱範囲は局所的であり、加熱ヘッドの直下のみが加熱されていることが確認された。また、熱電対によって計測した鋼板表面の鋼板温度と板厚の関係については、図一4に示すとおり鋼板温度は板厚に関係なく一定、あるいは僅かに板厚が大きくなるにしたがって低下する傾向が見られる。施工速度と鋼板温度については、図一5に示すとおり加熱装置の出力電圧が施工速度に比例して上昇する間は、鋼板温度は概ね一定となる傾向が見られる。

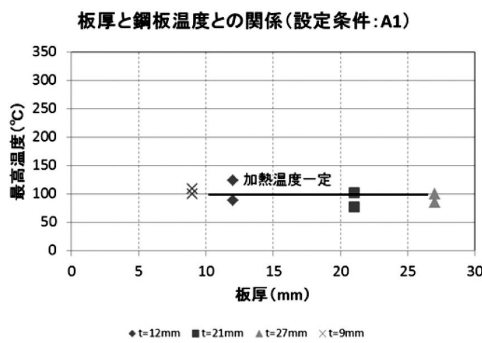
③再塗装および加熱裏面側の塗膜への影響

表一1に、鋼板の加熱裏面側の塗膜の付着強度および再塗装部の付着強度試験結果を示す。

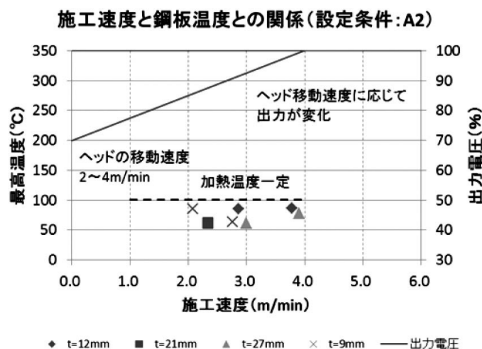
表に示すように、電磁誘導加熱による塗膜除去後に再塗装を行った部位での付着強度は8.8 N/mm²であった



図一3 加熱時の温度分布



図一4 板厚と鋼板温度の関係



図一5 施工速度と鋼板温度の関係

表一1 鋼板裏面および再塗装部の付着強度

板厚 (mm)	加熱前 (N/mm ²)	加熱後 (N/mm ²)	再塗装 (N/mm ²)
12(裏面)	11.7	4.6	—
21(裏面)	10.7	9.5	—
12(加熱面)	4.6	—	9.3(IH) 8.8(グラインダ)
21(加熱面)	8.4	—	—

ことから、本工法で除去した後の再塗装には問題はない。

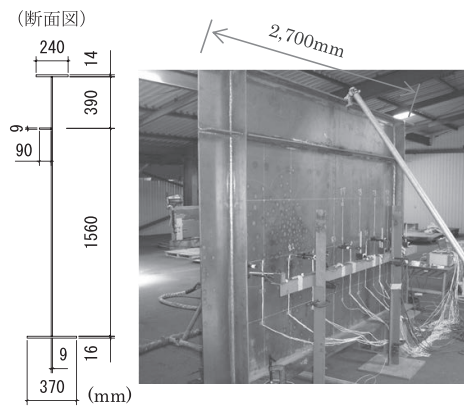
加熱後の裏面側塗膜の付着強度については、板厚12mmのケースで、未加熱時11.7 N/mm²であった箇所が加熱後4.6 N/mm²と約4割程度に低下した。基準値2 N/mm²を満足するが、裏面の塗膜に少なからず影響を与えることが確認された。

(2) 加熱試験

先述の通り、板厚が12mmと薄いケースで加熱裏面側の塗膜への影響が確認された。また、薄板への加熱によって、鋼板の変形も懸念されたことから、薄鋼板を対象とした加熱試験を行って、加熱方法を検討するための基礎実験を行った。

(a) 試験体

試験体は、図一6に示すようにウェブ厚9mm、ウェブ高さ1,950mm、長さ2,700mmの鋼Iげた模擬試験体とした。



図一6 鋼Iげた模擬試験体

(b) 試験方法

加熱の間隔や加熱温度が、鋼板温度や鋼板の変形に及ぼす影響を確認するため、加熱は図一7に示す順で、表一2に示す3条件で試験を行った。ここで「30秒間隔」とは1列を加熱した後、次列を加熱するまでの間隔30秒とし、「連続」は加熱列間を連続して加熱した。

(c) 試験結果

条件①、②の鋼板温度の推移を図一8に示す。連続加熱では30秒間隔と比べ高い温度が保持された状態となることが確認される。また、加熱によるウェブ

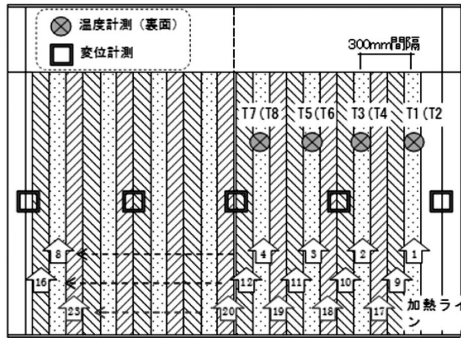


図-7 加熱要領

表-2 加熱条件

条件	加熱温度(°C)	加熱間隔(秒)
①	150	30
②	150	連続
③	200	30

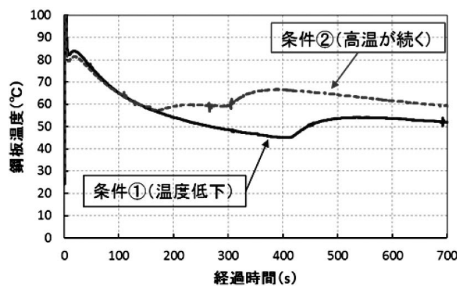


図-8 温度の推移

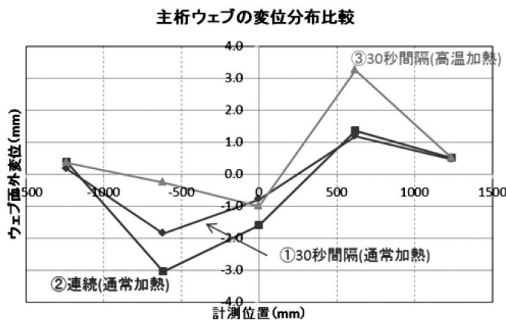


図-9 ウェブの面外変形量

の面外変形を図-9に示すが、通常加熱、30秒間隔で加熱した「条件①」が最も変形量は小さくなる結果となった。このようなことから、適切な温度で、適度な間隔で加熱する必要があることが判明した。

4. まとめ

電磁誘導加熱による塗膜除去工法を鋼橋に適用することを目的に各種試験を行った結果、概ね実橋に適用が可能な工法であると考えている。以下に、本試験で得られた結果をまとめる。

- (1) 電磁誘導塗膜除去工法は2種ケレン相当の塗膜除去性能を有している。
- (2) 塗膜剥離作業後の裏面側塗膜の付着強度が低下する結果が得られた。基準値は満たしているが、耐久性については要検討である。
- (3) 特に板厚が薄い場合には、加熱条件を適切に設定し、間隔を置いた加熱が必要である。
- (4) 電磁誘導加熱塗膜除去工法を適用しても再塗装に及ぼす影響はない。

5. おわりに

本研究は、首都高メンテナンス東東京(株)、(株)ナプコ、望月工業(株)と共同で実施したものである。この場を借りて関係各位に感謝の意を表したい。

ここで紹介した本工法の実橋への適用性検討では、鋼橋のウェブ面を想定した平坦部を対象にしたものであるが、この他にボルト添接部や部材交差部の狭隘部への適用性についても実験検討を行っている。これらの成果については、別の機会をいただいた際に紹介したいと考えている。

また本工法はNETIS登録「登録番号：CB-130001-A」しており、今後の普及・展開を期待するものである。施工技術総合研究所では今後も新技術・新工法について積極的な検討・性能評価を行い、有効な技術・工法については普及促進につながる活動に取り組んでいきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 小野, 吉川, 岡部: 「電磁誘導加熱による鋼橋の塗膜剥離工法に関する研究」, 平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム, No.37, 2012.11
- 2) 岡部, 吉川, 小野: IH(誘導加熱)塗膜除去工法の鋼橋への適用性検討, 第30回日本道路会議, 5P04, 2014.10

【筆者紹介】



小野 秀一(おの しゅういち)
 施工技術総合研究所
 研究第二部
 次長



渡辺 真至(わたなべ まさし)
 施工技術総合研究所
 研究第二部
 主任研究員