

## 37. 電磁誘導加熱による鋼橋の塗膜剥離工法に関する研究

日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所  
首都高メンテナンス東東京株式会社  
首都高メンテナンス東東京株式会社

○ 小野 秀一  
吉川 博  
岡部 次美

### 1. はじめに

鋼橋の塗装塗替えにおける塗膜除去工法についてはグラインダー等を用いた3種ケレンが一般的であるが、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る。従来から用いられる高いグレードのケレン方法としては、研削材を塗装面に叩き付けるブラスト工法や、インバイロワン工法に代表される塗膜剥離剤を用いた方法が挙げられるが、これらの工法は粉じんの発生や作業時間、廃材処理、騒音などの課題がある。

このような背景から、本研究では、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(IH)を応用した塗膜除去工法(以下、「IH塗膜除去工法」)の鋼橋への適用を検討している。この工法を適用することにより、他工法に比べて、作業時間や廃材処理、騒音の問題などの課題について解決されることが期待されている。

一方で、比較的薄板で構成される鋼橋への適用にあたっては、薄板であるが故に、加熱による鋼材の機械的性質や裏面の塗膜への熱影響による劣化等が懸念される。

本稿は、IH塗膜除去工法の実橋への適用性を検討するために、実橋の仕様で塗装された鋼板を試験体として、IH塗膜除去工法の基礎的な塗膜除去性能および加熱による鋼材への影響、裏面の塗膜への影響について検討するために実施した試験施工の結果を報告するものである。

### 2. IH塗膜除去工法の概要

IH塗膜除去工法とは、写真-1に示すIH加熱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。今回使用したIH加熱装置はRPRテクノロジー社のものであり、我が国においては、大型船舶の塗膜除去に用いられているものである。また、このIH加熱装置による加熱温度は、装置のカタログによると、200℃前後であり、加熱深さは鋼材表面から0.3mm程度とされている。

### 3. 試験要領

IH塗膜除去試験では、事前に既存塗膜の膜厚や付着強度、錆の発生状況等を調査しておき、所定の位置で塗膜剥離の試験施工を行った。試験施工後、塗膜の剥離性能(残存塗膜の有無とその量)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によって計測した。また、付着強度試験によって再塗装への影響や裏面の塗膜への影響についても調査した。

#### 3.1 試験体

試験体は、図-1に示す実橋から撤去された鋼製橋脚のウェブ面を試験体とした。板厚は $t=12\text{mm}$ 、 $t=21\text{mm}$ および $27\text{mm}$ である。またこれとは別に、ジンクリッチペイントが塗布された板厚 $9\text{mm}$ の別の鋼板試験体(温度計測のみ)も使用した。

試験体とした鋼製橋脚は、しゅん功が昭和55年

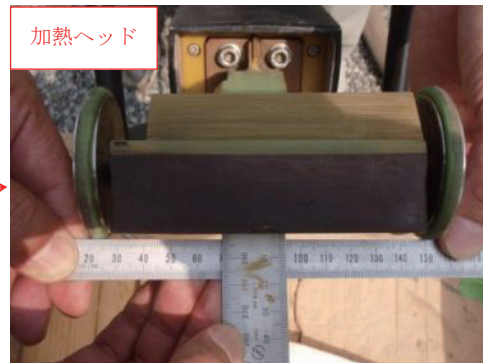
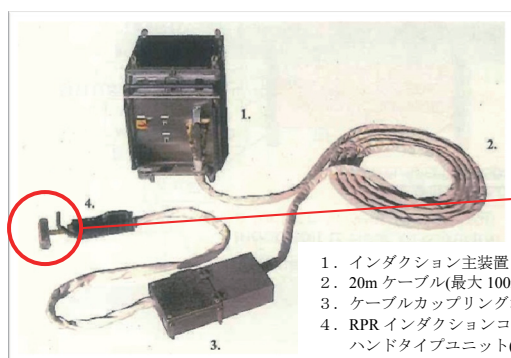


写真-1 IH(誘導加熱)式被膜除去装置

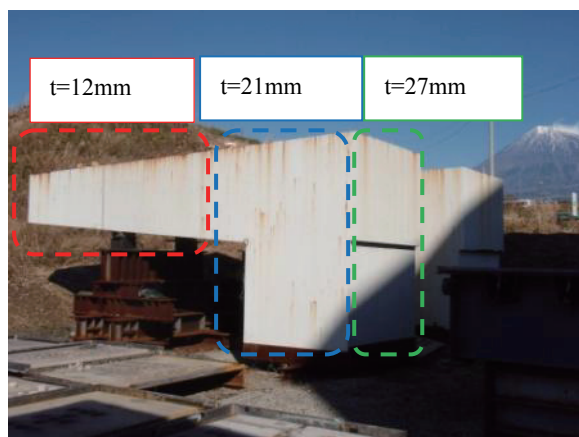


図-1 試験体（鋼製橋脚）の板厚

であり、表-1 に示す、首都高速道路の「昭和 46 年塗装設計施工基準」に示される「R-A」または「R-B」と考えられる。写真-2 には塗膜の一部を削った写真を示すが、塗膜は 8 層あり、標準 6 層に 2 層が上塗りされたものと考えられるが、詳細は不明である。また裏面はタールエポキシ樹脂塗装である。

鋼製橋脚の既存塗膜の膜厚は、表面がおよそ  $330\mu\text{m}$  で、裏面はおよそ  $360\mu\text{m}$  であった。また建研引張試験による塗膜の引張付着強度は、加熱面側が最小  $4.6\text{N}/\text{mm}^2$ 、裏面側で最小  $3.9\text{N}/\text{mm}^2$  であり、基準となる  $2\text{N}/\text{mm}^2$  以上であった。また、塗膜面に錆が浮いたような痕はみられず、塗膜は健全な状態であったと考えられる。

### 3.2 加熱装置の設定

加熱装置は、加熱ヘッドの移動速度に応じて出力電圧が自動で加減されるプログラムが組み込まれており、数十パターンあるプログラムの中から選ぶこととなっている。ここではまず、板厚 27mm で確実に塗膜剥離が行える条件として A2 を設定し、それより加熱の強い A1、M1 を選定した。さらに、これらでは薄板の場合には過加熱になる懸念があったことから、板厚 12mm では出力を小さくした A3、計 4 条件で塗膜除去試験を行った。

各条件の加熱ヘッドの移動速度と加熱出力との関係を図-2 に示し、各加熱条件を以下に示す。

#### ①条件 A1

最小出力 70% (速度 0m/min 時) → 最大出力 100% (速度 2m/min 以上)

#### ②条件 A2

最小出力 70% (速度 0m/min 時) → 最大出力 100% (速度 4m/min 以上)

#### ③条件 M1

出力は常時 100% (速度に関係なく出力は一定)

#### ④条件 A3

最小出力 35% (速度 0m/min 時) → 最大出力 80% (速度 1.38m/min 以上)

表-1 昭和 46 年 塗装設計施工基準（鋼製橋脚）

| 名称及び使用箇所                    | 塗装工程 | 塗料名称          | 使用量<br>$\text{g}/\text{m}^2$ | 合計<br>$\text{g}/\text{m}^2$ | 膜厚<br>$\mu$ | 合計<br>$\mu$ |
|-----------------------------|------|---------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| R-A<br>一般市街地                | 工場   | 長暴形ウォッシュプライマー | 130                          | 1,010                       | 15          | 180         |
|                             |      | 鉛丹錆止めペイント 1 種 | 250                          |                             | 40          |             |
|                             | 現場   | 鉛丹錆止めペイント 2 種 | 220                          |                             | 35          |             |
|                             |      | 超長油性フタル酸樹脂    | 180                          |                             | 35          |             |
|                             |      | 長油性フタル酸樹脂     | 120                          |                             | 30          |             |
| R-B<br>工業地帯<br>海岸など<br>腐食環境 | 工場   | 長暴形ウォッシュプライマー | 130                          | 840                         | 15          | 175         |
|                             |      | 鉛系錆止めペイント 1 種 | 170                          |                             | 35          |             |
|                             | 現場   | 鉛系錆止めペイント 1 種 | 170                          |                             | 35          |             |
|                             |      | 超長油性フタル酸樹脂    | 140                          |                             | 35          |             |
|                             |      | 超長油性フタル酸樹脂    | 120                          |                             | 30          |             |
| R-C<br>工業地帯<br>強汚染地帯        | 工場   | ジンクリッチプライマー   | 200                          | 1,020                       | 15          | 170         |
|                             |      | 塩化ゴム系塗料       | 250                          |                             | 45          |             |
|                             | 現場   | 塩化ゴム系塗料       | 250                          |                             | 45          |             |
|                             |      | 塩化ゴム系塗料       | 170                          |                             | 35          |             |

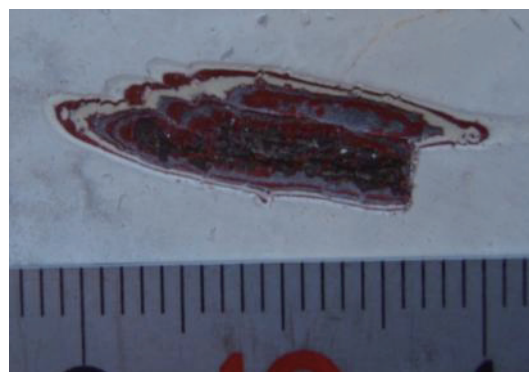


写真-2 鋼製橋脚の既存塗膜

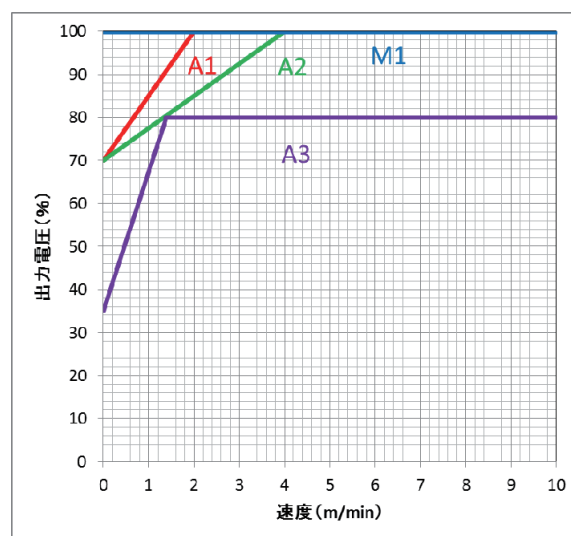


図-2 塗膜除去装置の条件設定

## 4. 塗膜除去試験結果

### 4.1 塗膜除去性能

塗膜除去試験時の状況を写真-3 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。

塗膜剥離後の鋼板表面の状況を写真-4 に示す。塗膜剥離後の鋼材表面は赤茶色となっていることから、僅かに塗膜が残存していることが確認される。残存塗膜の膜厚は、板厚や加熱条件によらず  $30\sim 40\mu\text{m}$  であったことから、スクレーパの先端形状が鋭利ではなかったために、下塗り材が残存し



てしまったものと考えられる。その後、先端が鋭利な刃物で残存塗膜部を削ったところ、簡単に地鉄が現れたことから、塗膜は加熱によって完全に剥離できていたものと考えられる。

#### 4.2 温度測定結果

赤外線カメラによる塗膜除去試験時の塗膜表面の温度分布を写真-5 に示す。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様子が見て取れる。

熱電対によって計測した鋼板表面の最高温度と板厚との関係を図-3 に示す。ここで設定条件 A1,A2 での結果を示す。図に示すように、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。

図-4 には加熱速度と鋼板温度の関係を示す。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、鋼板最高温度は概ね一定となる傾向が見られる（設定条件 A1,A2）。また出力電圧が施工速度に関わらず一定である場合のうち条件設定 A1、A3 については、バラツキは大きいものの施工速度の増加とともに鋼板温度は低下する傾向が見られた。すなわち、出力電圧が一定の条件では、施工速度が増加すると加熱不足となる可能性が考えられる。

加熱時の鋼板の最高温度は、条件 A3、板厚 12mm で、加熱面 289℃、鋼板裏面は 78℃であった。

#### 4.3 再塗装および加熱裏面側の塗膜への影響

塗膜除去後の再塗装を行い、塗膜の付着強度試験を行った。その結果、付着強度は  $8.8\text{N/mm}^2$  であり、除去した後の再塗装には問題はない。

加熱後の裏面側の塗膜付着強度は、板厚 12mm のケースで、未加熱時  $11.7\text{N/mm}^2$  であった箇所が加熱後  $4.6\text{N/mm}^2$  と約 4 割に低下した。また一部では写真-6 に示すように塗膜が気泡状になる損傷が認められ、加熱条件の設定によっては裏面の塗膜に悪影響を与える恐れがあることが確認された。

#### 4.4 加熱による鋼材への影響

鋼板（板厚12mm）で最高温度となった箇所において、コアを抜いて断面マクロ調査による組織調査、およびビッカース硬さ調査を行った。その結果、鋼材には何ら変化は認められなかった。

一般的に溶接部では、200～300℃の加熱でひずみ時効脆化が懸念されるが、加熱時間が短時間（2秒程度）であること、表面のごく僅かな範囲の加熱であることから、鋼材への影響は無視できるほど小さかったものと考えられる。

#### 5. まとめ

I H 塗膜除去工法を鋼橋に適用した場合を想定した試験施工

により、概ね実橋への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今回の試験施工では、I H 塗膜除去工法により 3 種ケレン相当の塗膜除去性能であったが、塗膜を除去する工具を工夫することで 2 種ケレン相当



写真-3 塗膜除去試験状況

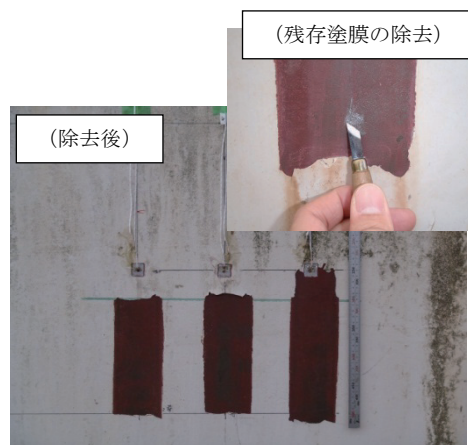


写真-4 塗膜切削後の状況

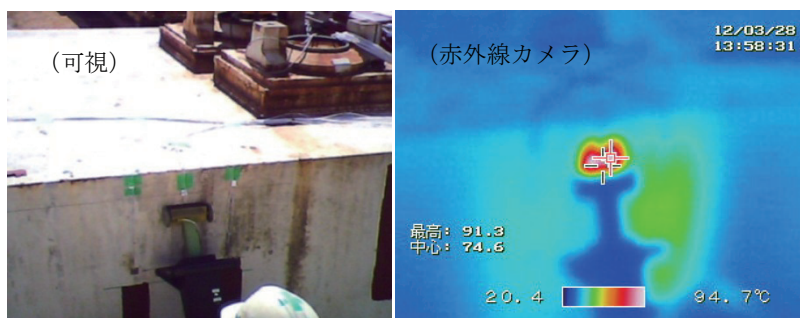


写真-5 温度分布 (t=12mm)

が可能と考えられる。

②加熱による鋼板表面の最高温度は、289℃であった。鋼材の組織や硬さに変化は見られなかったことから、加熱時間が短時間であること、原理的にも加熱が表面のみであることから、鋼材への影響は極めて小さいと考えられる。

③板厚が薄い場合（ $t=12\text{mm}$ ）、裏面側の塗膜に損傷が見られたため、板厚が薄い場合には加熱条件の設定には注意が必要である。

④塗膜剥離作業前後の裏面側塗膜の付着強度試験結果より、作業前の付着強度が $11\text{N/mm}^2$ 前後であるのに対して作業後は $4.6\text{N/mm}^2$ と約4割程度に低下した。基準値である $2\text{N/mm}^2$ 以上を満たしているが、耐久性については要検討と言える。

⑤塗膜剥離作業後の再塗装箇所における塗膜の付着強度は $8.8\text{N/mm}^2$ であり、IH塗膜除去工法を適用しても再塗装に及ぼす影響はない。

## 6. おわりに

本研究は、筆者らの他に株式会社ナプコ、望月工業株式会社も加わった共同研究として実施した。ここに感謝の意を表する。

今後も、環境に優しく効率的な塗膜除去工法の実橋への適用を目指し、さらなる研究開発を進めていきたいと考えている。

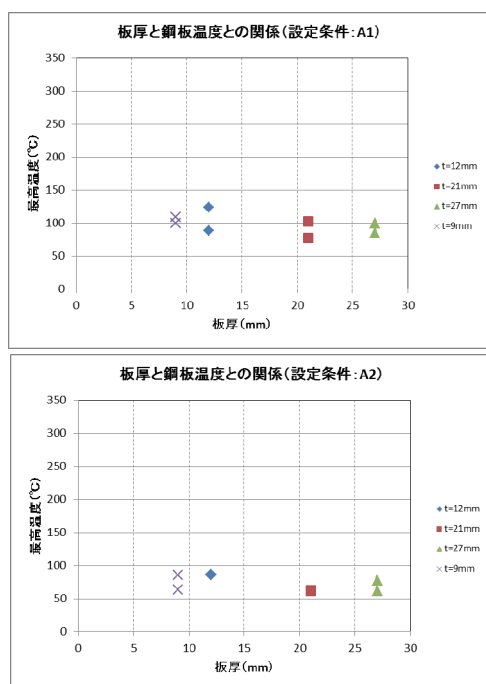


図-3 板厚と鋼板表面温度の関係



写真-6 裏面の塗膜損傷( $t=12\text{mm}$ )

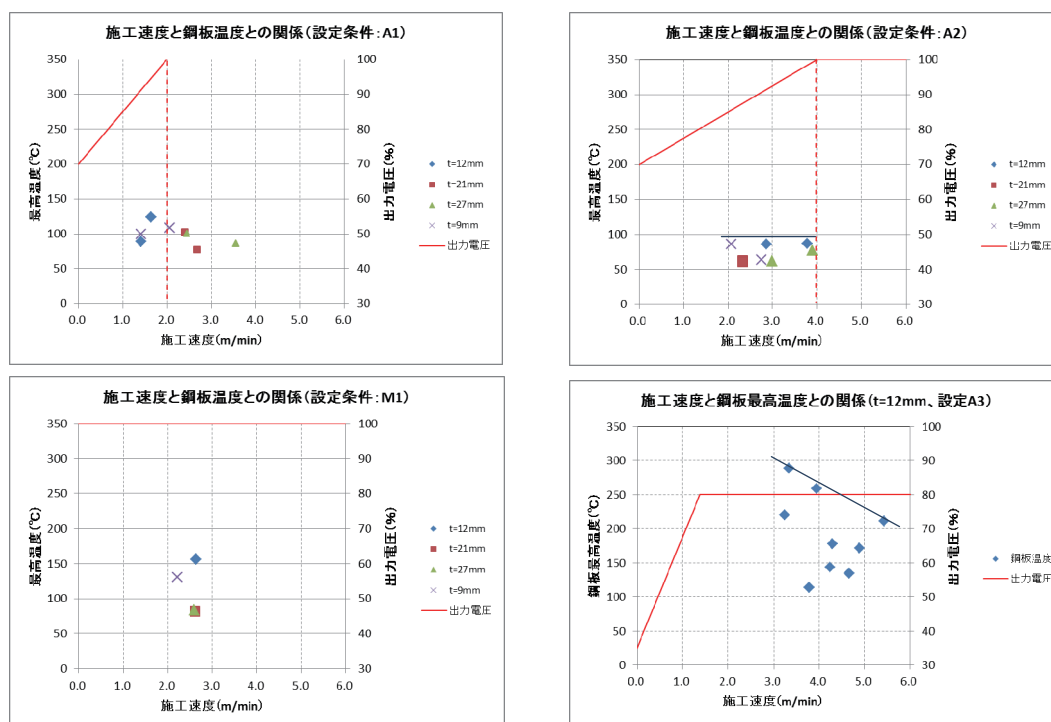


図-4 加熱速度と鋼板温度の関係