冬期における水性防食塗料による鋼道路橋の塗替え塗装

大日本塗料株式会社　正会員　○桑原 幹雄
大日本塗料株式会社　正会員　尾田 光
ショーボンド建設株式会社　中山 俊彦
国土交通省 長野国道事務所　金田 順治
国立研究開発法人 土木研究所　正会員　冨山 禎仁

１．はじめに

近年、土木構造物においても、環境保全および労働安全衛生の観点から、溶剤系塗料から水性塗料への積極的な移行が推進されている。その研究事例としては、土木研究所と塗料メーカーとの共同研究 [1)]がある。実構造物への適用では、水性塗料による塗装仕様が整備されており、例えば、鉄道関係では、鋼構造物塗装設計施工指針 [2)]で新設と塗替えにおいて中塗および上塗に水性塗料を採用している。

水性塗料の各種性能は、屋外の機械式駐車設備でも耐久性を発揮しているため [3)]、橋梁などの鋼構造物に対しても、十分な性能を確保できると考えられる。

今回、鋼道路橋に対して水性防食塗料による塗替え塗装を実施し、様々な知見が得られたので報告する。

２．対象橋梁

水性防食塗料による塗替え塗装は、長野県信州新町に位置する国道 19 号の大原橋で実施した。5 径間連続鋼非合成鈑桁橋であり、橋長は 169m、架設年次は 1963 年である。1972 年に、既設上部工に一定間隔で鋼製ブラケットを添架し、鋼床版を設置することで歩道部が拡幅された（図 1）。新設時の塗装系は不明だが、旧塗膜断面（図 2）から、過去に数回の塗替えが行われ、最下層には鉛丹ペイントが用いられているものと判断される。また、塗装履歴から、亜酸化鉛さび止め塗料が塗装されていることがわかった。

図 1 橋の外観

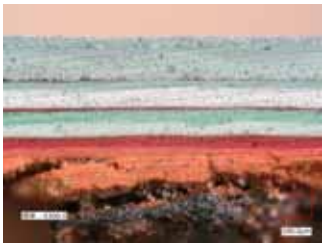

図 2 既存塗膜断面

塗替え塗装前の調査では、漏水や凍結防止剤が原因と思われる激しい腐食が所々に見られた。事前に既存塗膜表面の付着塩分量を計測した結果、下フランジ下面で最多の 80 mg/㎡（NaCl 換算値）が検出された。また、さび中の塩化物イオン量を分析した結果、下フランジ下面で最多の 2370mg/kg が検出された。

３．塗替え塗装方法

旧塗膜厚が 700μm を超える部分もあり、また、最下層の鉛丹塗膜と上層塗膜の付着性の低下も見られることから、旧塗膜は劣化が進行していると判断し、完全に除去することにした。旧塗膜中の鉛系顔料の飛散防止のため、塗膜剥離剤（水性）の工法が採用された。

塗替え塗装系は、鋼道路橋防食便覧（日本道路協会、平成 26 年 3 月）の Rc-Ⅱ塗装系を基本として、溶剤形塗料をそれぞれ対応する水性塗料に置き換えたものとした（表 1）。なお、塗装方法は、エアレススプレー、刷毛およびローラーを部位別に使い分けた。

表 1　水性塗料を用いた塗替え塗装系

塗装工程	工法または塗料
素地調整	2 種（塗膜剥離剤＋各種工具）
防食下地	水性有機ジンクリッチペイント
下塗	水性変性エポキシ樹脂塗料下塗
下塗	水性変性エポキシ樹脂塗料下塗
中塗	水性ふっ素樹脂塗料用中塗
上塗	水性ふっ素樹脂塗料上塗

４．結果と考察

4.1　各工程後の仕上がり状態

塗替え以外に漏水対策や鋼板補強も行われたため、塗装工程が 12 月にずれ込み、夜間は氷点下、日中でも 5℃を下回る時もあり、水性塗料にとって厳しい施工条件となった。各工程の状況を以下に説明する。

（1）水性塗膜剥離剤

塗布後 2 日間放置した旧塗膜は、大部分が膨潤し剥離したが、図 3 に示す通り最下層の鉛丹ペイントが部分的に残存した。鉛丹ペイントは、塗膜中に四三酸化鉛を約 90%含有し、有機物が少ないため、塗膜剥離剤の効果が現れにくいと考えられる。

（2）素地調整

各種工具を併用し、図 4 に示す通り黒皮を除去して鋼材面を露出させた。素地調整困難部では、残存塩分の潮解によるものと思われる水滴の発生が一部で認められた（図 5）。

キーワード　鋼道路橋，塗替え塗装，水性塗料，防食塗料，塗膜剥離剤
連絡先　〒144-0052　東京都大田区蒲田 5-13-23　大日本塗料株式会社　TEL03-5710-4502

（3）水性有機ジンクリッチペイント

塗装作業性は、溶剤系タイプと遜色なく、成膜性も良好であった。図 5 に示す現象が見られる部位では、ジンクリッチペイント塗装後に若干のフラッシュラストが発生した。塩害腐食と思われる部位は、高圧水洗を実施することで、フラッシュラストの抑制効果が得られると考えられる。なお、素地調整が実施可能な一般部分では、フラッシュラストは全く発生しなかった。

塗装 2 日後にクロスカット法で付着安定性を評価した結果、図 6 に示す通り良好な状態であった。

（4）水性下塗～水性上塗

上塗完了後の仕上がり状態を図 7 に示す。塗装作業性は、溶剤系タイプと遜色なく、成膜性も良好であった。一方、高欄上面の過剰膜厚で且つ結露が影響した部分は、図 8 に示す割れが発生した。成膜過程で外部から水の影響を受けた際に、エマルション粒子同士の融着に必要な成膜助剤が溶出してしまい、脆弱な塗膜になったものと推察される。塗膜割れの防止は、適成膜厚で塗装し、結露が予想される場合は、夕方の塗装は避けるなどの対策が必要である。

図 3 残存した鉛丹塗膜

図 4 素地調整状態

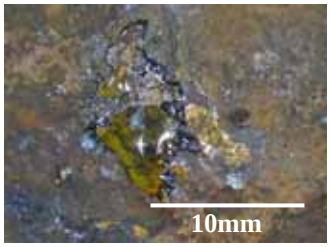

図 5 塩分潮解と思われる水滴

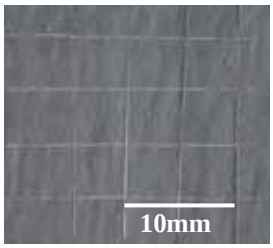

図 6 付着安定性試験結果

図 7 上塗り完了状態

図 8 塗膜の割れ

4.2 低温対策

日中の気温が 5℃を下回るときで、夜間に氷点下の恐れがあるときは、塗料の乾燥遅延による不具合を防止し、塗装品質を確保するためにジェットヒーターを導入した。足場を利用してビニールシートで外気を遮断し（図 9）、足場内にジェットヒーターからの温風を送るビニールダクト（50m）を設置した（図 10）。

効果としては、例えば 12 月 19 日、14 時の外気温は 3℃であり、温風を送風したビニールダクト内温度は、ジェットヒーター直後で 57℃、中間で 34℃、末端で 24℃であった。この条件で足場内の気温は 10℃、この時の鋼材温度は、床版で約 10℃、主桁ウエブで約 7℃であり、ジェットヒーターの効果が認められた。

図 9 ジェットヒーター

図 10 ビニールダクト

4.3 総揮発性有機化合物（TVOC）

環境負荷低減効果を検証するため、足場内の塗装中の TVOC を計測した。測定器は、RAE Systems 社の携帯式揮発性有機化合物モニター「ppbRAE」を用いた。

鋼板補強部では、鋼道路橋防食便覧の高力ボルト連結部用塗装系 F-11（超厚膜形エポキシ樹脂塗料 300μm／ふっ素樹脂塗料用中塗 30μm／ふっ素樹脂塗料上塗 25μm）が適用されたため、これを参考として計測した。計測結果を表 2 に示すが、水性塗料の TVOC 削減効果の高いことが分かる。

表 2 TVOC 計測結果（mg/m^3）

工程	水性塗料	有機溶剤系塗料（F-11 塗装系）
防食下地	4～40	―
下塗	2～20	―
中塗	7～33	40～199 オーバー
上塗	1～10	60～199 オーバー

5．まとめ

今回の大原橋の塗替えは、水性の塗膜剥離剤を適用し、防食下地から上塗りまで水性塗料を適用した貴重な施工である。

冬期の厳しい条件下の塗替えでもあり、今後の水性塗料の普及拡大に向けて有用な情報も得られた。また、素地調整困難部におけるフラッシュラストの発生など、施工面での課題も見えてきた。

今後、定期的に塗膜調査を実施して、水性防食塗料の耐久性を把握していく。

［文献］1) 鋼構造物塗装の VOC（揮発性有機化合物）削減に関する共同研究報告：土木研究所（2010）
2) 鋼構造物塗装設計施工指針：公益財団法人鉄道総合技術研究所（2013）
3) 桑原，近藤：日本建築学会 2015 年度大会学術講演梗概集 pp.871-872（2015）