

水系塗料を用いた新設鋼構造物用塗装系の長期耐久性に関する検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 達朗
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 小野 明倫

1. 目的

塗装鋼構造物に適用される塗装系（性質の異なる塗料を組み合わせた複合塗膜の仕様）には、揮発性有機化合物（VOC）を多く含む溶剤形塗料が一般に用いられており、作業や環境への有害性が指摘されている。近年、VOC の使用量が極めて少ない水系塗料（水性塗料とも呼ばれる）を用いた塗装系が各分野で提案されているほか、水性塗料の JIS 規格化が 2017 年の制定を目途に進められるなど、今後多くの分野での適用が見込まれる。本稿では、水系塗料の長期耐久性に資するデータ収集を目的として、過去に水系塗料を用いた塗装系を試験施工した新設鋼橋の塗膜特性を調査した結果について述べる。

表 1 各塗装系の概要

工程	塗装系 J-2	塗装系 J ECO-2	目標膜厚 (μm)
第 1 層	厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント		75
第 2 層	厚膜型エポキシ樹脂系塗料下塗		60
第 3 層	厚膜型エポキシ樹脂系塗料下塗		60
第 4 層	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	水系ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
第 5 層	ポリウレタン樹脂塗料上塗	水系ポリウレタン樹脂塗料上塗	30

2. 塗装系の概要

本稿で調査した塗装系は、「鋼構造物塗装設計施工指針（以下、塗装指針とする）¹⁾」に記載される塗装系 JECO-2 である。この塗装系は 2013 年の「塗装指針」改訂時に追加されたものであり、溶剤形塗料を用いた 5 層から成る塗装系 J-2 の 4,5 層目を水系塗料に変更した塗装系である。塗料中の VOC 量は、塗装系 J-2 と比較して約 35%少ない。塗装系 JECO-2 および塗装系 J-2 の概要と VOC 使用量の比較結果を表 1 および表 2 に示す。

表 2 VOC 使用量の比較

塗装系	VOC 使用量	
	VOC 量 (g/m ²)	削減率
J-2	285	-
JECO-2	186	35%

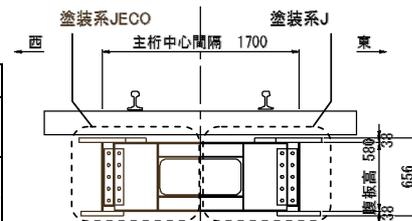


図 1 両塗装系の塗り分け²⁾

なお、「塗装指針」では 2005 年の改訂時に水系塗料を用いた塗替え塗装系（塗装系 ECO1, ECO2）を追加しており、過去の調査では、施工から約 10 年が経過した段階でも良好な耐久性を有していることを確認している²⁾。

3. 塗膜調査

3. 1 対象鋼橋の概要²⁾

対象とした鋼橋は、都市部に架設された上路プレートガーダ形式の鋼鉄道橋（全 6 連）であり、桁の一部（5,6 連）を架け替える際に塗装系 JECO-2 および塗装系 J-2（比較用）を塗装した。塗装箇所は桁製作工場内であり、図 1 に示すように桁の中心線から両塗装系を塗り分けた。このとき、3 層目までは同一の工程のため、4,5 層のみを別日に塗装した。なお、各連で使用した塗料は異なる塗料製造会社のものである。

桁の塗装は 2013 年 3 月に実施し、2014 年 1 月に現地への搬入・架設作業が行われた。このとき、固定金具等による塗膜損傷が生じたため、工場塗装時と同様の材料を用いて補修作業が行われた（3 層目までは溶剤形塗料、4,5 層目には水系塗料を用いた）。桁の外観を図 2 に示す。



図 2 架設後の桁の外観²⁾

3. 2 調査方法

塗膜調査は、2014 年 9 月、2015 年 12 月、2016 年 11 月に実施した。調査項目は、外観調査、塗膜厚測定お

キーワード 水系塗料、付着性、膜厚、VOC、長期耐久性

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL:042-573-7339

よび付着力測定とし、外観調査以外については腹板と下フランジの5箇所に対して実施した。塗膜厚の測定は2014年のみ実施し、電磁式膜厚計およびカット式膜厚計を用いた。電磁式膜厚計では各測定箇所の5点平均膜厚を算出し、カット式膜厚計では塗膜断面から観察される各層の膜厚を測定した。付着力の測定では溶剤形塗膜/水系塗膜間の付着力を評価することを目的とし、JIS K 5600-5-6に準じた碁盤目試験とJIS K 5600-5-7に準じたアドヒジョン試験を実施した。碁盤目試験では幅2mm、4×4マスのカット傷を3層目まで導入(傷深さは約100μm)してテープ引張りした際の塗膜残存程度を評価し、アドヒジョン試験では塗膜に接着したジグを垂直引張りして塗膜が破断したときの応力を測定した。各調査は5連目と6連目の双方で行ない、各調査結果を両塗装系で比較することで塗膜状態を評価した。

3. 3 調査結果と考察

外観調査の結果、現地での補修箇所を含めて、塗膜表面の汚れ以外の大きな変状はみられなかった。膜厚測定結果として、電磁膜厚計による5点平均膜厚とカット式膜厚計による各層の膜厚測定結果を表3および図3に示す。いずれの箇所においても目標膜厚(255μm)以上であること、各層の膜厚が「塗装指針」に規定される膜厚(目標膜厚の60%以上)を満足することを確認した。続いて、付着力試験結果を表4に示す。碁盤目試験では全箇所塗膜の剥がれがみられず、良好な付着性を維持していることが確認された。アドヒジョン試験においても全箇所とも塗膜の破断に至らずジグの貼付けに用いた接着剤からの剥離となり、塗膜間の付着力は測定値以上となること示唆された。また、経年による付着力の低下は見られないこと、2016年時点での測定値は概ね8MPa以上であり、防食するうえで十分な付着力を有していることが確認された。なお、塗装系JECO-2については2014年の測定値が比較的低い値を示しているが、この要因の一つに、ジグに貼付けに用いた接着剤が完全に硬化していない状態で試験を実施したことが挙げられる。

4. まとめ

水系塗料を用いた塗装系の長期耐久性に資するデータ収集を目的として、塗装系JECO-2を適用した鋼鉄道橋の3年間の塗膜特性を調査した。その結果、塗膜に異状は認められず、溶剤形塗料を用いた塗装系と比較して遜色ないものであることを確認した。

謝辞

本調査の実施にあたり、長期防錆対策研究会の関係各位に多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針 2013.
- 2) 坂本, 鈴木：水系塗料を用いた環境負荷低減型塗装系に関する近年の取組み, 鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, Vol.22, p.3602, 2015.

表3 膜厚測定結果(5点平均膜厚)

調査連	測定部位	塗装系 J-2	塗装系 JECO-2
5 連	腹板内側	316	363
	腹板外側	337	344
	下フランジ上面(内側)	388	487
	下フランジ下面(外側)	352	375
	下フランジ下面	337	325
6 連	腹板内側	398	340
	腹板外側	368	314
	下フランジ上面(内側)	434	412
	下フランジ下面(外側)	421	369
	下フランジ下面	383	457

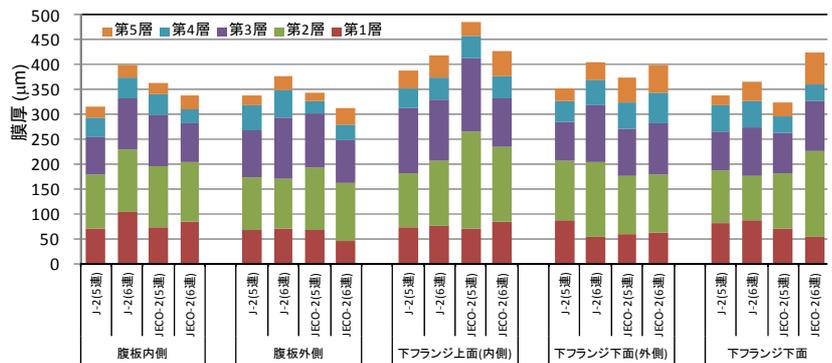


図3 膜厚測定結果(各層の膜厚)

表4 付着力試験結果

調査連	測定部位	碁盤目試験	アドヒジョン試験(引張応力(MPa))					
			塗装系 J-2			塗装系 JECO-2		
			2014年	2015年	2016年	2014年	2015年	2016年
5 連	腹板内側	全箇所とも異状無し	10.7	13.9	17.4	8.3	11.6	17.5
	腹板外側		11.3	13.6	17.0	4.5	17.5	19.4
	下フランジ上面(内側)		9.7	12.4	14.7	7.8	8.7	9.1
	下フランジ下面(外側)		10.2	12.0	13.8	3.9	10.0	11.2
	下フランジ下面		7.5	11.3	16.9	4.7	15.2	16.8
6 連	腹板内側		11.1	8.6	14.4	3.8	8.8	8.1
	腹板外側		9.6	10.8	12.8	7.3	9.4	8.8
	下フランジ上面(内側)		9.8	10.1	11.7	4.0	6.6	7.9
	下フランジ下面(外側)		11.3	10.7	12.9	5.2	9.3	9.2
	下フランジ下面		11.1	10.7	13.2	5.3	7.7	7.9