

## 1年の屋外暴露による水性塗料の劣化進行度比較

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○岩井 渉, 小林 明史 非会員 小原 誠  
首都高速道路(株) 正会員 松原 拓朗, 山本 一貴, 細井 雄介

### 1. はじめに

首都高速道路(以下、首都高)では塗装塗替え工事中の二度の火災事故を受け、2017年8月から現場塗装工事における塗装仕様を可能な限り水性塗料とし、その後2019年7月に改訂された鋼橋塗装設計施工要領(以下、要領)をもってすべての現場塗装仕様が水性塗料となった。塗装工事で使用される水性塗料は、複合サイクル試験等の促進試験により性能が確認されているが、大気暴露による長期的な耐久性は不明である。また、橋梁分野での採用実績が少ないため、劣化の過程についても不明である。以上のことから、水性塗料の長期耐久性の確認および将来の維持管理のためのデータ取得を目的として、水性塗料を塗布した試験体を製作し、20年間の大気暴露試験を2018年4月から行っている。本稿は、大気暴露開始から1年経過した時点の塗膜の劣化程度を報告するものである。

### 2. 大気暴露試験の概要

製作した試験体は、2主桁の鋼I桁橋を模擬した橋梁模擬試験体(図-1)および鋼I桁橋の主桁を模擬したH型钢試験体(図-2)である。塗装は、首都高の塗装塗替え工事で想定される塗装仕様とし、普段から当該工事に従事する者が塗装した。試験体は、首都高の浮島JCT付近(以下、湾岸部)および与野JCT付近(以下、内陸部)の2箇所それぞれ同じ試験体を設置しており、地域条件の違いによる比較も行う。

(1) 橋梁模擬試験体：試験体に長油性フタル酸樹脂系さび止め塗料を塗布した後、6カ月間の屋外暴露を行った。これにより、塗替え時の劣化した塗膜を再現した。その後、サンドディスクサンダーによる素地調整3種を行い、表-1に示す通り塗装した。本試験体は、水性塗料と溶剤系塗料について試験体の半分ずつに塗り分け(図-1)、これらの耐久性を比較する。塗料は、同一メーカーの製品を使用した。



図-1 橋梁模擬試験体

(2) H型钢試験体：試験体にブリストルブラスターを用いて素地調整1種相当を行い、鋼材面を露出させた。これにより、塗替え時に既存の塗膜をすべて除去した箇所を再現した。その後、表-2に示す、塗装仕様A(ポリ)と塗装仕様B(ふっ素)を試験体ごとに塗り分けた。要領では、中耐久仕上げのポリウレタン系と高耐久仕上げのふっ素系の2種類から選択できるため、これらの耐久性の比較を行う。また、各塗装仕様について塗料メーカー3社の製品を用いて製作し、製品による違いも確認する。



図-2 H型钢試験体

### 3. 塗膜調査方法と結果の評価方法

塗膜調査は、大気暴露開始時点とその1年後に実施した。今後は、3、5、10、15、20年後に調査を予定している。調査項目は、外観、付着力、鏡面光沢度、付着塩分量であり、鋼構造物塗膜調査マニュアル<sup>2)</sup>(以下、マニュアル)に準じて調査している。外観は目視にて確認し、防食性と景観性の視点から評価した。付着力はアドヒージョンテストにより測定した。得られた結果は、塗装仕様および測定面ごとに平均値を算出し、2.0N/mm<sup>2</sup>を閾値として評価した。鏡面光沢度は、ハンディ型の測定器を用いて測定した。得られた結果

表-1 橋梁模擬試験体 塗装仕様

水性塗料		従来の溶剤系塗料	
工程	塗料名	工程	塗料名
下塗1	水性エポキシ樹脂塗料	下塗1	変性エポキシ樹脂塗料下塗
下塗2	水性エポキシ樹脂塗料	下塗2	変性エポキシ樹脂塗料下塗
中塗	水性エポキシ樹脂塗料中塗	下塗3	変性エポキシ樹脂塗料中塗
上塗	水性ポリウレタン樹脂塗料	中上兼用	厚膜型ポリウレタン塗料上塗

表-2 H型钢試験体 塗装仕様

塗装仕様A		塗装仕様B	
工程	塗料名	工程	塗料名
防食下地	有機ジンクリッチペイント	防食下地	有機ジンクリッチペイント
下塗1	水性エポキシ樹脂塗料	下塗1	水性エポキシ樹脂塗料
下塗2	水性エポキシ樹脂塗料	下塗2	水性エポキシ樹脂塗料
中塗	水性エポキシ樹脂塗料中塗	中塗	水性エポキシ樹脂塗料中塗
上塗	水性ポリウレタン樹脂塗料	上塗	水性ふっ素樹脂塗料

キーワード 塗料, 水性塗料, 暴露試験, 塗膜調査

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター TEL03-3578-5765

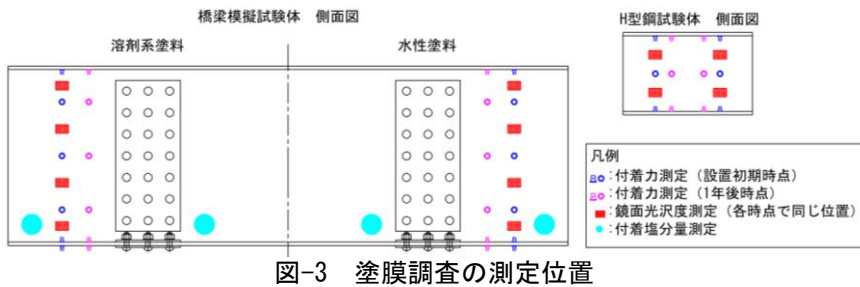


図-3 塗膜調査の測定位置

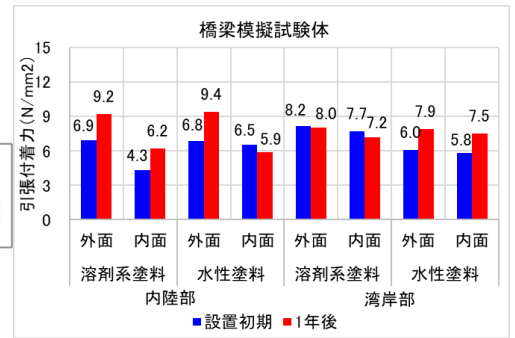


図-4 橋梁模擬試験体の付着力

表-3 橋梁模擬試験体の付着塩分量

部位	塗料	1年後の付着塩分量 (mg/m²)	
		外面	内面
内陸部	溶剤系塗料	6.2	16.6
	水性塗料	3.8	86.3
	溶剤系塗料	2.7	235.8
	水性塗料	119.1	-
湾岸部	溶剤系塗料	6.2	11.0
	水性塗料	4.4	8.6

は、塗装仕様および測定面ごとに平均値を算出し、暴露開始時の鏡面光沢度に対する光沢保持率の指標により劣化程度を評価した。付着塩分量は、電導度法により測定した。得られた結果は、塗装仕様および測定面ごとに平均値を算出し、地域条件や測定位置の違いを比較した。図-3 に各試験体の付着力、鏡面光沢度、付着塩分量の測定位置を示す。付着力は、橋梁模擬試験体では桁の外面側と内面側で測定しており、H型鋼試験体では片面で測定している。鏡面光沢度は、何れの試験体も片面で測定しており、橋梁模擬試験体は桁の外面側を測定した。付着塩分量は、暴露開始から1年後に橋梁模擬試験体の桁の外面側と内面側で測定した。

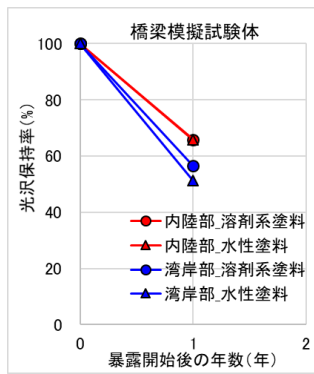


図-5 橋梁模擬試験体の光沢保持率

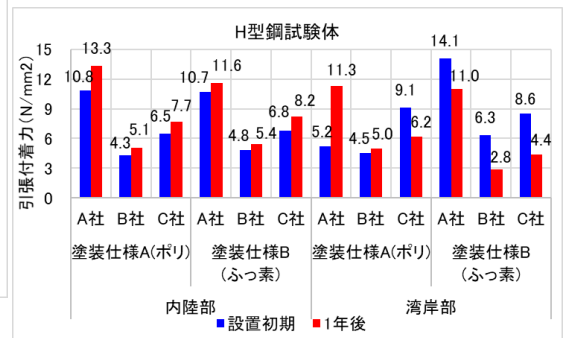


図-6 H型鋼試験体の付着力

#### 4. 塗膜調査結果

(1)橋梁模擬試験体：外観は、全ての試験体で健全な状態であった。付着力の結果を図-4に示す。全ての塗装仕様で2.0N/mm<sup>2</sup>以上であった。また、設置初期よりも1年後の付着力が大きい傾向があり、付着力の低下は認められない。光沢保持率の結果を図-5に示す。1年後の光沢保持率は、何れも60%程度に低下していた。なお、内陸部の方が大きい傾向があり、水性塗料と溶剤系塗料の違いによる差は認められない。付着塩分量の結果を表-3に示す。全体的にばらつきが大きい。湾岸部の内面の値が比較的大きく、付着した飛来塩分が洗い流されていないことが想定される。

(2)H型鋼試験体：外観は、1年後時点で湾岸部の一部の試験体にもらい錆による点錆が確認されたが、塗膜は健全な状態を維持している。付着力の結果を図-6に示す。全ての塗装仕様で2.0N/mm<sup>2</sup>以上であった。また、メーカー別に結果を見ると、付着力に差が認められる。光沢保持率の結果を図-7に示す。1年後の光沢保持率は、橋梁模擬試験体と同様に60%程度に低下しており、高耐久仕上げである塗装仕様B(ふっ素)と中耐久仕上げである塗装仕様A(ポリ)の劣化程度に明確な差は認められない。この要因として、マニュアルに示される測定方法と異なり、水洗いせずに鏡面光沢度を測定したことが考えられるため、今後の測定方法を見直す方針である。

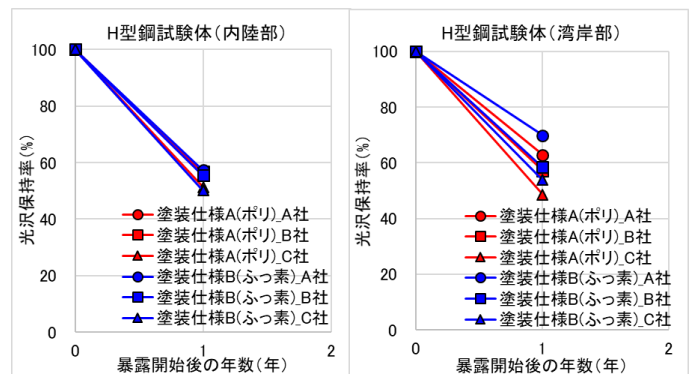


図-7 H型鋼試験体の光沢保持率

#### 5. まとめ

現時点では、特に明確な傾向は得られなかった。今後も大気暴露試験を継続し、劣化傾向や耐久性を検証する。

- 参考文献：1)久保田ら：塗替え塗装仕様の完全水性化に向けた取り組み、第33回日本道路会議  
 2) (一社) 日本鋼構造協会：鋼構造物塗膜調査マニュアル (平成30年2月1日改正)