

### 鋼橋まくらぎ下防錆塗膜の開発

(公財) 鉄道総研 正会員 ○鈴木 実  
 (公財) 鉄道総研 正会員 坂本 達朗  
 (公財) 鉄道総研 佐藤 大悟  
 東海旅客鉄道(株) 正会員 三條 剛嗣

#### 1. はじめに

開床式鋼橋では、桁上面にまくらぎを直接敷設する構造が多く、まくらぎ下の塗膜が列車荷重により早期に劣化し、腐食に至る場合がある。このようなまくらぎ下に施工される塗膜として、耐衝撃性、耐摩耗性などの基本物性が高く、施工性にも優れる速乾型ポリウレア樹脂塗料を用いた塗装系を開発した。本報では、この塗装系に関して、主に力学的な劣化の観点で実施した室内試験における耐久性評価の結果を報告する。

#### 2. 防食工法の概要

上フランジ上面では、一般外面と同様の塗装系が使用されることが殆どである。このような塗装系では衝撃力や摩擦力などの外力が想定されておらず、列車荷重の影響でまくらぎ下面の塗膜が早期に劣化する事例が報告されている。このため、鋼構造物塗装設計施工指針<sup>2)</sup>では、上フランジ上面等の耐衝撃性・耐摩耗性が必要な部位の塗装系として塗装系 S-6 を規定している。表 1 にまくらぎ下防食工法の概要を示す。塗装系 S-6 では、ガラスフレーク塗料を 2 層塗り重ねることにより耐衝撃性や耐摩耗性を高め、対象部の腐食進行を抑制する狙いがある。しかしながら、この塗装系は、第 2 層と第 3 層の間に 24 時間以上の塗装間隔を必要とする他、まくらぎの移設作業を伴うなど、施工に多くの手間と時間を要することから普及には至っていない。

これに対し、速乾型ポリウレア樹脂塗料を用いた塗装系(新塗装系)は、2 液をノズル先端で混合かく拌し、塗布することで瞬時に乾燥、硬化する特徴を有する。成膜時間が短いことに加え、1 回の塗布(1 層)で厚膜が得られるため、施工性の改善とともに工期の大幅な短縮が見込める。

表 1 まくらぎ下防食工法の概要

| 工程  | 塗装系 S-6   |          | 新塗装系(ポリウレア樹脂塗料) |          |
|-----|-----------|----------|-----------------|----------|
|     | 塗料名       | 目標膜厚(μm) | 塗料名             | 目標膜厚(μm) |
| 第1層 | 専用プライマー   | 75       | 専用プライマー         | 50~60    |
| 第2層 | ガラスフレーク塗料 | 500      | 速乾型ポリウレア樹脂塗料    | 1500     |
| 第3層 | ガラスフレーク塗料 | 500      |                 |          |

#### 3. 塗膜の特性評価

新塗装系の塗膜の耐衝撃性および耐摩耗性に関して、塗装系 S-6 との比較評価を以下のとおり行った。

##### 3.1 耐衝撃性

耐衝撃性の評価は、落錘試験(JIS K 5600 5-3「耐おもり落下性」(デュボン式))により行った。撃ち型の先端形状をφ10mmの半球状とし、1000gのおもりを500mmの高さから試験片上に落下させ、塗装の割れ、剥がれ、浮きなどの塗膜変状程度から耐衝撃性を評価した。試験片は、予め中性塩水噴霧(JIS K 5600-7-1、塩水濃度 0.01wt%、噴霧時間 168 時間)により腐食させた鋼板に対し、異なる処理により 2 種類の素地状態を調整し、各塗装系を塗布した塗装試験板を用いた。

表 2 に耐衝撃性試験の結果を、図 1 に塗膜変状発生時の試験片の状況を示す。塗装系 S-6 では各処理の試験片とも 1 回の落錘で塗膜割れが生じたのに対し、新塗装系では各処理ともに 20 回まで塗膜割れは生じなかった。これより、新塗装系の耐衝撃性は、塗装系 S-6 よりも高いことを確認した。

表 2 耐衝撃性評価試験結果

| 塗装仕様    | 素地状態 <sup>注</sup> | 割れを生じた落錘回数  | 5 回落錘時の最大割れ長さ |
|---------|-------------------|-------------|---------------|
| 塗装系 S-6 | 処理 A              | 1           | 13.5mm        |
|         | 処理 B              | 1           | 10.5mm        |
| 新塗装系    | 処理 A              | 約 20 回落錘しても |               |
|         | 処理 B              | 割れは生じない     |               |

注:素地状態の記号は以下の通り。  
 処理 A:浮きさびのみ除去  
 処理 B:動力工具でさび除去



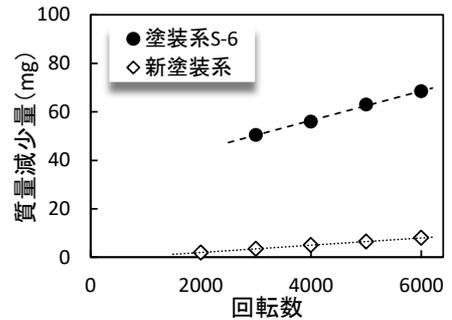
塗装系 S (5 回落錘時点)      新塗装系 (21 回落錘時点)  
 図 1 塗膜変状発生時の状況

キーワード 鋼橋、上フランジ、まくらぎ、ポリウレア樹脂塗料、ガラスフレーク塗料、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 材料技術研究部 TEL 042-573-7339

3.2 耐摩耗性

耐摩耗性の評価は、テーバー型摩耗試験 (JIS K 7204「プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法」) により行った。試験片は、ポリプロピレン板上に塗装し、摩耗輪 (CS-10) に約 15N の負荷を与えた状態で回転させ、1000 回転毎の試験片質量を測定し、質量減少量から耐摩耗性を評価した。

図2に回転数と試験片の質量減少量の関係、表3に回帰直線の傾きと材料の比重から算出した 1000 回転あたりの平均膜厚減少量を示す。これより、新塗装系の平均摩耗量は塗装系 S-6 の約 1/10 となることがわかり、耐摩耗性が高いことを確認した。



注：表面が平滑となった段階から測定開始

図2 耐摩耗性評価試験結果

表3 各塗装系の平均膜厚減少量

| 材料名     | 1000 回転あたりの平均膜厚減少量 |
|---------|--------------------|
| 塗装系 S-6 | 16.2μm             |
| 新塗装系    | 1.5μm              |

4. 受圧下での塗膜耐久性

実橋における受圧下での塗膜耐久性を評価するため、図3の摺動試験装置を試作し、表4に示す試験条件により摺動試験を行った。摺動試験では、装置に固定した塗装試験片に対して、図4に示す合成まくらぎ試験片を静的に押し付けた状態で水平方向に1軸加振し、塗膜の最小膜厚の変化を測定した。なお、まくらぎ押し付力は、レール下面圧力 50kN 時の相当応力 (1.0MPa) とした。また、まくらぎの加振振幅は、数値解析によるまくらぎ/フランジ上面間の相対変位 (±約 0.7mm) を参考に±1.0mm とした。この際、合成まくらぎの摺動方向は、補強用ガラス繊維の配列による構造上の異方性を考慮し、ガラス繊維に対して平行 (0°) と直角 (90°) の2条件とした。

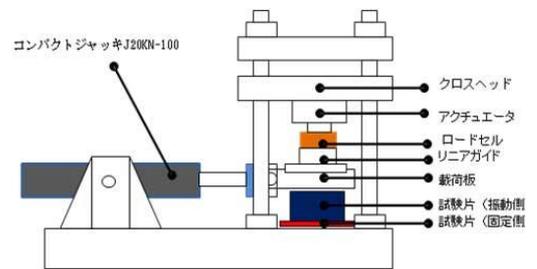


図3 摺動試験装置の概要

表4 摺動試験条件

|      |  |
|------|--|
| 押し付力 | 10kN (1.0MPa 相当荷重)                             |
| 加振条件 | 強制変位±1.0mm (正弦波)                               |
| 試験片  | 合成まくらぎ : 100×100×50mm<br>塗装試験片 : 200×125×3.2mm |

図5に摺動試験結果を示す。図より、摺動数 50 万回の時点での塗膜残存量はいずれも初期値の6割程度であり、新塗装系の受圧下での耐久性は塗装系 S-6 とほぼ同等であることが確認できた。なお、塗装系 S-6 の塗膜厚は、100 万回の時点で摺動方向による差が生じ、異方性の影響が顕著であった。

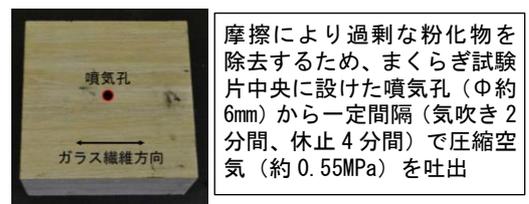


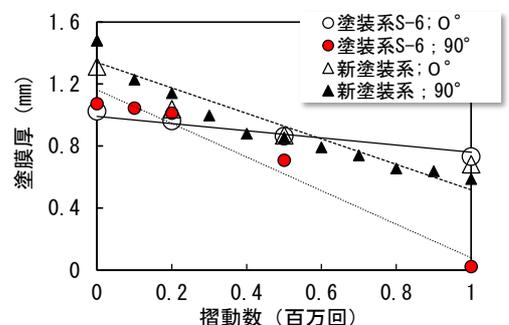
図4 まくらぎ試験片

5. まとめ

鋼橋まくらぎ下防錆塗膜として開発した新塗装系 (ポリウレア樹脂塗料) は、力学的な劣化の観点で実施した室内評価試験の結果、塗料系 S-6 (ガラスフレーク塗料) と同等以上の耐久性を有することが確認できた。

6. おわりに

鋼橋まくらぎ下の塗膜の耐久性に関しては、実橋梁上でのまくらぎとの力学的な相互作用の詳細や、環境因子などの把握できていない事象もあるため、今後、これらの影響や実施工性に関する検証が必要である。



※凡例中の角度は合成まくらぎ繊維の摺動方向

図5 摺動試験結果

参考文献

- 1) 三條, 庄司, 坂本: 鋼橋上フランジ上面に適用されたガラスフレーク塗料の塗膜劣化状態の追跡調査, 土木学会第 69 回年次学術講演会概要集, V-451, 2014
- 2) (公財) 鉄道総合技術研究所, 鋼構造物塗装設計施工指針, 2013