

屋外暴露による上塗り塗料の長期耐候性調査

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○本郷 誠人
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 竹口 昌弘
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 久米 昌夫

1. 概要

本州四国連絡橋（以下、「本四連絡橋」と記す）の海峡部長大橋の外表面塗装には重防食塗装系を採用している。その塗装面積は 400 万 m^2 と膨大であり、塗替コストの縮減には塗替サイクルの長期化が必要である。塗替塗装を実施する時期は、塗膜消耗に着目した劣化予測により設定しており、上塗り塗料の耐候性は非常に重要である。宮古島での屋外暴露試験を継続しており、上塗り塗料（ふっ素樹脂塗料、高耐久性ふっ素樹脂塗料）の長期的な耐候性について追跡調査を実施した結果を報告する。

2. 本四連絡橋の重防食塗装系

本四連絡橋では、建設時より確実な防食性能の確保と長期耐久性に着目し、下地に犠牲防食機能を有する無機ジンクリッチペイント（以下、「無機ジンク」と記す）を、上塗りには耐候性に優れる塗料を用いた重防食塗装系（図－1）を開発し、採用している。塗膜の劣化は図－2に示すように、①塗膜表面の光沢度減少、②樹脂成分の劣化に伴う白亜化の進行、③上・中・下塗りの膜厚減少の順に進行すると一般的に言われている。

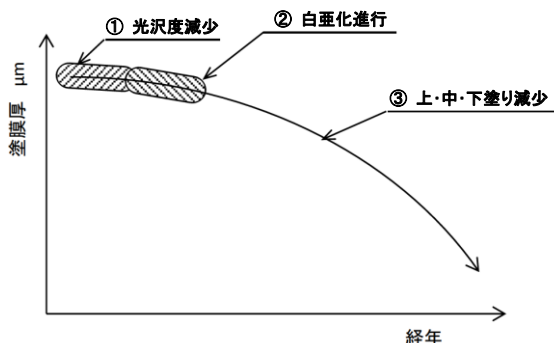


図－1 重防食塗装系

本四連絡橋では、現場での無機ジンクの施工品質管理が難しく、費用も膨大となるため、無機ジンクを保護する下塗りが極力露出しない時期に、中塗りと上塗りの塗替を実施することを基本としている。

3. 上塗り塗料の変遷

上塗り塗料であるふっ素樹脂塗料は、ポリウレタン樹脂塗料に比べ耐候性が高いことから、本四連絡橋では明石海峡大橋以降の海峡部橋梁の新設塗装に採用し、塗替塗装においても標準仕様としてきた。しかしながら、11年経過したふっ素樹脂塗料の光沢度が想定以上に低下していることが実橋において確認された。本四連絡橋の上塗りは、無彩色のライトグレーであり、白色顔料である酸化チタンがこの色調のベースとなっている。この酸化チタンの光触媒作用によって樹脂が分解し、塗膜劣化を生じさせたものと考えられた。このため、塗料メーカーと協力し現行塗色を前提とした、従来型ふっ素樹脂塗料よりも更に耐候性に優れる高耐久性ふっ素樹脂塗料の開発を行い、瀬戸大橋の塗替塗装に採用している。



図－2 塗膜劣化モデル

4. 屋外暴露

塗膜の劣化により消耗が進行するには長時間を要するため、室内促進耐候性試験および屋外暴露試験による耐候性評価を実施した。しかしながら、これらの相関性が低かったことから、屋外暴露試験の結果を劣化予測に用いるのが実用的で信頼性が高いと判断し、日本国内において暴露環境の厳しい宮古島（財）日本ウエザリングテストセンター宮古島）において屋外暴露を実施している。（写真－1）

キーワード 重防食塗装系, 本州四国連絡橋, ふっ素樹脂塗料, 屋外暴露, 耐候性

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡高速道路株式会社 TEL 078-291-1073

5. 上塗り塗料の長期消耗特性

上塗り塗料の耐候性に関し、高耐久性ふっ素樹脂塗料は光沢保持率（宮古島暴露3年で50%以上）により規定している。しかしながら、塗膜の光沢保持率と光沢保持率が低下した後の長期的な消耗特性との関係については必ずしも明らかにされていない。以下に、従来型ふっ素樹脂塗料および高耐久性ふっ素樹脂塗料について、宮古島において屋外暴露の追跡調査を実施した結果を示す。

塗膜の割れやはがれ、膨れといった変状について目視確認を行っているが、従来型ふっ素樹脂塗料、高耐久性ふっ素樹脂塗料いずれにおいても変状は確認されていない。

図-3には、従来型ふっ素樹脂塗料の宮古島屋外暴露試験結果（光沢保持率と消耗量）を示した。塗膜の消耗開始時期は必ずしも明確ではないが、いずれの塗料においても光沢保持率がおおむね下限値に到達した後から塗膜の消耗が開始していることがわかる。また、消耗量は経年的に増加しており、最も消耗が進んでいるものでおよそ $8\mu\text{m}$ 程度となっている。

図-4には、高耐久性ふっ素樹脂塗料の宮古島暴露試験結果（光沢保持率と消耗量）を示した。従来型ふっ素樹脂塗料と比較して、光沢保持率の低下が緩やかになっており、光沢保持期間（光沢保持率がおおむね下限値に達するまでの期間）が長いことがわかる。また、塗膜の消耗開始時期に着目すると、おおむね48ヶ月以降であり、従来型ふっ素樹脂塗料に比べ遅くなっていることが明らかとなった。なお、高耐久性ふっ素樹脂塗料の消耗特性については、現時点では消耗量が少なく評価するためのデータが十分に得られていない。これについては、今後も調査を継続し、より長期のデータ蓄積に基づき評価する計画である。また、本四連絡橋内で暴露環境の厳しい大鳴門橋においても屋外暴露しており、宮古島との比較および耐候性を継続的に調査する予定である。

6. まとめ

宮古島において、長期にわたる上塗り塗料の屋外暴露試験を継続してきた。従来型ふっ素樹脂塗料と高耐久性ふっ素樹脂塗料に関して、光沢保持率および消耗特性について経年的な変化が明らかとなってきた。一方、塗膜の消耗特性は塗料によるばらつきが大きいことから、今後も継続的な調査を実施し光沢保持率と消耗特性の関係を検証していく必要がある。維持修繕費に占める塗替塗装費の割合は多いため、塗膜劣化のデータを的確に分析・評価することによって、塗替塗装の劣化予測への反映および今後の塗料開発へと活用していきたい。

参考文献

- ・久米，竹口：本四連絡橋の塗替塗装に関する取組，本四技報，Vol. 42，No. 130，本四高速，2018. 3



写真-1 宮古島暴露試験状況

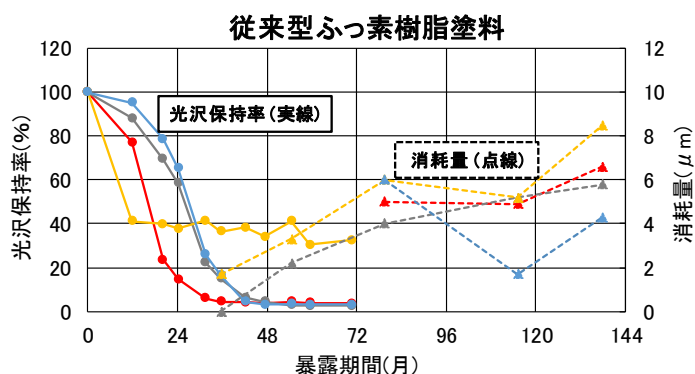


図-3 従来型ふっ素樹脂塗料の光沢保持率と消耗量（宮古島暴露試験結果）

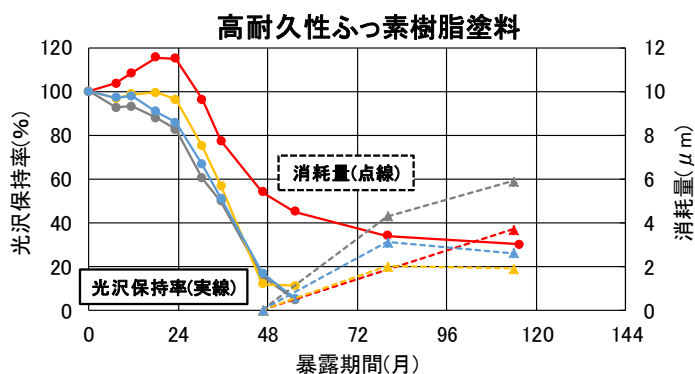


図-4 高耐久性ふっ素樹脂塗料の光沢保持率と消耗量（宮古島暴露試験結果）