

題名 省工程厚膜型ふっ素塗装による鋼橋塗装の省力化・耐久性の向上について

広島高速道路公社 企画調査部技術管理課 主任 加藤 貴之

1 はじめに

広島高速道路は、計画延長約29kmの指定都市高速道路であり、その区間の多くは広島市街地内を通る高架橋構造の路線であることから、建設にあたっては、都市内の周辺環境と調和した色彩に配慮する必要がある。

このため、鋼橋については塗装による防食法とし、色調保持及び長期耐久性に優れライフサイクルコストも有利であるふっ素樹脂塗装系を採用している。

一方、当公社においては、将来交通量等の見直しを踏まえ、更なるコスト縮減の必要が生じていることから、初期コスト縮減と将来的な維持管理費の低減を図るため、塗装の厚膜化による省工程化と長期耐久性の向上を目的として、新たな「省工程厚膜型ふっ素樹脂塗装」の実用化に向けた試験施工を行うこととした。

2 省工程塗装仕様の検討

本試験施工では、ふっ素樹脂塗装におけるコスト縮減及び長期耐久性の向上を実現するため、以下の「省工程厚膜型ふっ素塗装」について耐久性及び施工性の検証を行うこととした。

下塗りの2工程については、各塗料メーカーで既に実用化されている「厚膜型エポキシ樹脂塗料」を採用し、厚膜化による省工程化(2工程 1工程)を図ることとする。

中・上塗りの2工程については、現行のふっ素樹脂塗装(C-4)の「ふっ素樹脂塗料用中塗」の目的がふっ素樹脂上塗塗料とエポキシ樹脂塗料下塗の付着性を確保するためのふっ素樹脂を含まない付着層であることに着目し、ふっ素樹脂を含みかつエポキシ樹脂塗料下塗との付着性を直接確保できる「厚膜型ふっ素樹脂塗料」を採用することにより、中・上塗の一体化(2工程 1工程)とふっ素樹脂塗膜層の厚膜化による長期耐久性向上の両立を図ることとする。

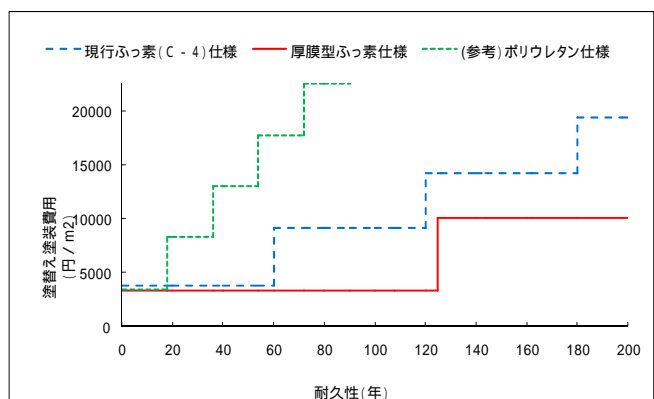
現行ふっ素(C-4)仕様

1層	無機ゾンクリッチ [®] イト	75 μm
2層	ミストコート	-
3層	IA [®] キ樹脂塗料下塗	60 μm
4層	同上	60 μm
5層	ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
6層	ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm

省工程厚膜仕様

1層	無機ゾンクリッチ [®] イト	75 μm
2層	ミストコート	-
3層	厚膜型IA [®] キ樹脂塗料下塗	125 μm
4層	厚膜型ふっ素樹脂塗料上塗	50 μm

図 - 1 省工程厚膜型ふっ素塗装系



(塗膜のチョーキング消耗速度による耐久性の試算
:「重防食塗料ガイドブック2007」(社)日本塗料工業会)

図 - 2 耐久性とLCC(ライフサイクルコスト)比較

3 試験施工

3.1 室内試験

今回使用した厚膜型ふっ素樹脂塗料の耐候性については、既存のふっ素樹脂塗料と同様の成分であることから、塗膜厚に応じた耐久性を有しているといえる。

しかし、厚膜化に伴い塗膜自体の硬化収縮応力及び外気温や日射による鋼構造物自体の伸縮により、塗膜ワレが発生する可能性が懸念されることから、冷熱繰り返し促進試験を実施し熱変化による耐久性の確認を行うこととした。

3.1.1 冷熱繰り返し促進試験の概要

実暴露環境下における塗膜の耐熱繰り返し性を促進試験で評価する上で、促進倍率が明確にされた試験方法は、現時点で確立されていないことから、今回の試験においては、以下の考え方にに基づき、図-3に示すサイクル条件で「現行塗装(C-4)」と「省工程厚膜型塗装」の比較評価を実施した。

屋外構造物が受ける温度差として、国内の寒冷地の極寒時を想定した-20から夏場の直射日光による鋼板温度を50として温度差を設定した。

自然条件下では、一日のうちに-20から50までのピーク間で温度変化することはないが、鋼材や塗膜の物性特性面から見ると、温度変化の時間間隔が短いほど、膨張収縮による温度追従性を評価できる。

したがって、-20から50への移行可能な時間を試験設備能力の最短時間である1時間とし、4サイクル/日の温度変化(ヒートショック)を与える促進試験で評価することとし、年間の最低最高温度変化を1サイクルで促進させると考え、より長期耐久性を評価する狙いから300サイクルの試験を実施した。

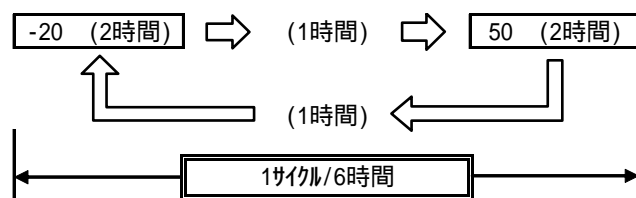


図-3 耐冷熱繰り返しサイクル条件

なお、試験体は、塗膜の歪み応力を受けやすいコーナー形状を有するものとし、「省工程厚膜型塗装」と「現行塗装(C-4)」の供試体を製作し、100サイクル毎に目視による「塗膜ワレ、ふくれ、ウキ等」の塗膜外観の確認を行い、300サイクル後にアドヒージョン引張付着試験により付着性低下の有無の確認を行った。

また、実際の施工状況を再現するため、厚塗となる部位が生じること想定し、標準(250 μ m)膜厚と現行塗装の施工実績から厚塗(400 μ m)膜厚の2ケースを設定し検証を行った。

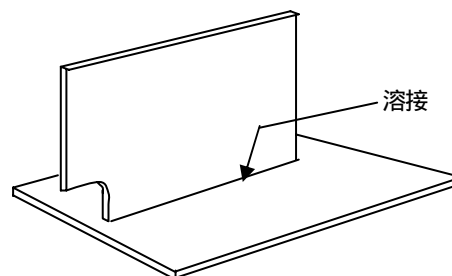


図-4 冷熱繰り返し用試験体
(PL200 \times 200 \times 10mmをT字形に溶接接合)

3.1.2 冷熱繰り返し促進試験の結果

1) 塗膜外観観察

塗膜厚が厚いほど塗膜の硬化歪みも大きくなるので、この状態で塗膜が伸縮する冷熱繰り返しを与えると塗膜ワレやウキを生じ易くなると考えられる。今回「省工程厚膜型塗装」と「現行塗装(C-4)」について観察を行った結果、双方ともこれらの現象は認められなかった。

表 - 1 外観観察結果

仕様 観察部位	省工程厚膜仕様(4層)		通常(C-4)仕様(6層)	
	標準施工 250 μm	厚塗施工 400 μm	標準施工 250 μm	厚塗施工 400 μm
一般部				
溶接コーナー部				

：塗膜のワレ、ウキ、ハガレ等の変状を認めない

2) 塗膜の付着性

付着強度は、「省工程厚膜型塗装」と「現行塗装(C-4)」とも初期付着で3Mpa程度であり、300サイクル後では5～7Mpa以上であり付着強度の低下は認められなかった。

表 - 2 アドヒージョン引張付着試験結果

塗装仕様	施工状態	測定箇所	付着強度	破断形状
省工程厚膜仕様 (4層)	標準施工		7.0Mpa以上	凝集破断
	250 μm		7.0Mpa	凝集破断
	厚塗施工		7.0Mpa以上	凝集破断
通常(C-4)仕様 (6層)	400 μm		7.0Mpa以上	凝集破断
	標準施工		7.0Mpa以上	凝集破断
	250 μm		7.0Mpa以上	凝集破断
	厚塗施工		5.1Mpa	凝集破断
	400 μm		7.0Mpa以上	凝集破断

・測定限界が7.0Mpaであるため、破断しなかったものは、外力により強制破断させ破断形状を観察した。

なお、本試験で初期付着に比べ300サイクル後の付着強度が高くなった理由は、冷熱サイクル条件のうち高温域(50℃)では塗膜硬化が進行するため、結果として繰り返し試験後の塗膜強度が高くなったものである。

また、破断形状も各塗膜層内での破断(凝集破断)であり、塗膜層間での剥離による破断は生じていない。

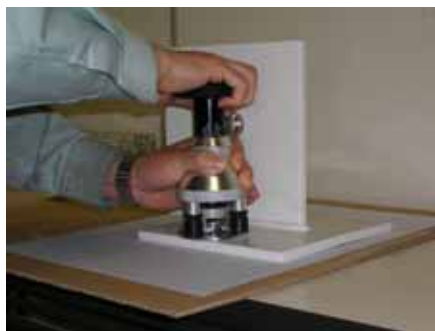


写真 - 1 アドヒージョン試験



写真 - 2 試験後の状況

3) まとめ

冷熱繰り返し促進試験の結果、外観観察及び付着性とも省工程厚膜化による機能低下は認められなかった。また、付着強度の合否に関する公的な判断基準はないが、「鋼構造物塗装調査マニュアル2006 (社)日本鋼構造協会」によれば、最も評価の高い「評価0」が2Mpa以上であり、今回の試験結果はこれを十分満たしており、熱変化による耐久性は問題無いことを確認できた。

3.3 実橋試験施工

実橋試験施工は、広島高速3号線 期（宇品～吉島間）の7径間連続鋼板桁橋の一部（P57～P58間のG1桁）の工場塗装（約230m²）において実施し、以下の項目について実用性を確認した。

1) 作業性及び施工性の確認

現状の塗装設備及び機器により、仕様どおりの塗膜厚・塗膜形成に問題がないか及び作業性に問題が無いか作業員への聞取りを含め行った結果は以下のとおりであり、作業性及び施工性に問題はなかった。

ダレ限界が高く、ダレ防止を意識した塗装作業は必要なかった。

スプレーガンの運行回数は多くなった。（横 縦 横方向の3パス）

ミストコートは、上層が4層から2層に省工程化されており、50%希釈では無機ジンク塗膜中の空隙による発泡（ピンホール）を抑止できないため、30%希釈としかつ次層塗り重ね塗装間隔を十分確保することで解決した。

2) 仕上がり外観の確認

厚膜化に伴う仕上がり外観（ダレ性、波肌、光沢外観等）が、現行のふっ素樹脂塗装（C-4）と比較し違いが生じるか否か、また、劣った場合でも遠景外観的に許容できるか否かを確認した結果は以下のとおりであり、仕上がり外観とも問題はなかった。

狭隘箇所の一部に、なだらかなダレ傾向が見られたが、ダレ溜まりができる程の著しいダレではなかった。

全体になだらかな凹凸感の仕上がりになっているが、5～6m程度離れて見ると違いが感じられず、全体的には良好な外観と判断できる。

60度鏡面光沢度は平均値が75であり、現行塗装系の70以上を確保している。



写真 - 3 架設完了状況

4 おわりに

コスト縮減と長期耐久性の両立を目指した「省工程厚膜型塗装ふっ素塗装」は、特にライフサイクルコストの縮減につながる非常に有効性の高い塗装系であり、今回の試験施工により、その実用性の確認と、施工条件（シンナーの希釈率、スプレーガンの設定等）に関する多くの情報を得ることができた。しかし、本格的な採用に向けては、形状が複雑な二次部材への適用性及び高力ボルト接合部等の現場塗装への対応について更に検討を進めてゆく必要があり、今後ともこれらの課題を試験施工等により検討し、実用化につなげたいと考えている。