

鋼道路橋塗装の性能評価方法に関する検討

(独) 土木研究所 正会員 ○富山 禎仁
(独) 土木研究所 正会員 西崎 到

1. はじめに

従来、鋼道路橋の防食には塗装が大きな位置を占めており、塗装技術や塗料の高性能化、低コスト化により、鋼道路橋のライフサイクルコストを効果的に縮減できるものと期待される。ところが、現在の鋼道路橋の塗装設計基準は、使用する塗料の種類や使用量、施工方法などのいわゆる塗装仕様が規定された「仕様規定」となっているため、新技術や新材料の導入の自由度が低いのが現状である。このため、塗装設計基準を性能規定に移行させ、合理的で多様な開発による、塗料・塗装技術の品質・性能の向上やコスト縮減が促進される環境の整備が求められている。そこで本研究では、鋼道路橋塗装の性能規定化のために必要な技術開発を目的とし、鋼道路橋塗装に求められる要求性能の整理と、それらを的確に評価できる試験評価方法や性能基準値について検討している。本報では、現行の新設用塗装系（鋼道路橋塗装・防食便覧で規定される C-5 塗装系）について評価した促進耐候性試験の結果から、現行の塗料標準における課題を考察した。

2. 鋼道路橋塗装の要求性能と性能評価項目

鋼道路橋塗装に求められる性能（要求性能）と、それを確保するために必要と思われる性能評価項目を整理し、表 - 1 にまとめた。鋼道路橋塗装の代表的な技術基準としては、「鋼道路橋塗装・防食便覧」（日本道路協会、平成 17 年 12 月）があり、この中で基本とすべき塗装仕様や塗料標準、試験方法などが規定されている。鋼道路橋塗装・防食便覧における新設鋼道路橋用の標準的な塗装系を表 - 2 に示す。現行の塗装系では異なる性能を持つ複数の塗料を塗り重ね、塗膜全体として必要な機能を発揮させるようにしており、個別の塗料（たとえば、エポキシ樹脂塗料下塗、ふっ素樹脂塗料上塗など）毎に表 - 1 の性能評価項目から取捨選択されて試験項目が設定され、塗料毎に異なる性能水準が規定されている。一方で、鋼道路橋塗装の性能規定化のメリットは、材料や工法を選定する自由度を大きくし、新しい技術がより簡潔に、より迅速に評価され得ることにある。そのためには、塗装系を構成する個々の塗料の組み合わせは受注者の裁量に任せ、材料規格や施工基準を必要最小限のもののみとする必要がある。したがって本研究では、個々の塗料に対して品質規格を設定するのではなく、塗装系全体としての性能が現行の塗装系と同等以上であることを担保できる、より実用的で合理的な品質規格を作ること为目标としている。そのためにまずは、表 - 2 に示した現行の塗装系の各種性能について、表 - 1 の試験評価項目等を中心に評価試験を実施することとした。本報ではこのなかから、耐候性（促進）の評価に関する結果の一部を報告する。

表 - 1 鋼道路橋塗装の主な要求性能と性能評価項目

鋼道路橋塗装に求められる性能 (要求性能)	要求性能を確保するために評価すべき項目 (性能評価項目)
● 施工性能 (所定の仕様の塗膜を被塗面に形成できる)	・ 塗料の粘度 ・ 乾燥時間/可使時間/指触乾燥性 ・ 厚塗り性/たるみ性/塗膜の初期外観
● 付着性能 (鋼材や他層塗膜との一体性)	・ 付着性 ・ 耐屈曲性/耐衝撃性/耐摩耗性 ・ 母材への追従性
● 防食性能 (腐食による鋼材の板厚減を生じさせない)	・ 水蒸気透過性/酸素透過性 ・ 耐塩水性 ・ 防食性(キズ部からの錆の広がりにくさ、塗膜下腐食の起きにくさ)
● 景観性能 (構造物の景観と美観)	・ 隠ぺい力/鏡面光沢度(60°) ・ 耐汚染性 ・ 養生時の耐水(結露)性
● 耐久性能 (本来の性能を長期にわたって維持できる)	・ 耐候性 ・ 耐熱性/耐水性/耐湿性 ・ 耐冷熱繰り返し性
● 環境性能(周辺環境や大気への負荷)	・ 二酸化炭素排出量/VOC排出量

表 - 2 現行の新設鋼道路橋用塗装系（鋼道路橋塗装・防食便覧 C-5 塗装系）

塗装工程	塗料(工種)名	使用量 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	個別の塗料に対する現行の品質規格	
鋼材工場	素地調整	(プラスト処理 ISO Ss2 1/2)		-	
	プライマー	樹脂リッチプライマー	160	(15) JIS K 5552 ジンクリッチプライマー(1種)	
橋梁製作工場	2次素地調整	(プラスト処理 ISO Ss2 1/2)		-	
	防食下地	樹脂リッチペイント	600	75 JIS K 5553 厚膜型ジンクリッチペイント(1種)	
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	160	-	JIS K 5551 構造物用さび止めペイント(B種)
	下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	540	120	JIS K 5551 構造物用さび止めペイント(B種)
	中塗	ふっ素樹脂塗料中塗	170	30	JIS K 5659 鋼構造物用耐蝕性塗料(中塗り塗料)
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	140	25	JIS K 5659 鋼構造物用耐蝕性塗料(1級)

キーワード 鋼道路橋塗装, 塗料, 塗装系, 防食性, 耐候性, 性能規定

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独)土木研究所 材料資源研究グループ TEL 029-879-6763

3. 新設鋼道路橋用塗装系の促進耐候性試験

試験片 (150×70×3.2 mm) の基材には, SS400 鋼板 (JIS G 3101) の表面をブラスト処理 (除せいで: IS0 8501-1 Sa2 1/2, 表面粗さ: 50 $\mu\text{mR}_{z\text{JIS}}$ 相当) したものをを用いた. この鋼板に, 表 - 2 の塗装系を各層とも規定膜厚となるようにスプレー塗装して試験片を作製した. 上塗塗料の色相は 4 種類 (白, 灰 (淡彩), 赤 (濃彩), 青 (中彩): マンセル値はそれぞれ N9.5, N7.5, 5R4/12, 10B6/6 相当) とした. この試験片をキセノンアークランプ式耐候性試験機 (スガ試験機: X-75) で促進的に劣化させ, 塗膜の光沢度, 色差, 膜厚等の経時変化を調べた. 促進耐候性試験の条件は, JIS K 5600-7-7:2008 塗料一般試験方法 - 第 7 部: 塗膜の長期耐久性 - 第 7 節: 促進耐候性及び促進耐光性 (キセノンランプ法) のサイクル A に準じた (表 - 3).

促進耐候性試験における塗膜表面の光沢保持率 (初期値を 100 としたときの割合) と, 色差 (ΔE^*_{ab}) の経時変化をそれぞれ図 - 1, 2 に示す. 光沢度, 色差ともに試験片表面の 3 点を測定し, 平均値として整理した. 光沢度, 色差ともに, 塗膜の色相によって異なる変化の挙動を示した. 4000 時間後のデータを比較すると, 白色, 灰色, 青色の塗膜の光沢保持率がほぼ同等で 90% 程度であるのに対し, 赤色は最も低く 75% 程度となった. 一方, 色差では灰色塗膜の変化はほとんどなく, 次いで白色, 青色, 赤色の順に変化は大きくなった.

図 - 3 に, 灰, 赤, 青色塗膜の膜厚減少量の経時変化を示す. 膜厚は, 電磁式膜厚計により試験片表面の任意の 49 点を測定した値の平均値とした. 光沢, 色差の変化では赤色塗膜が大きな変化を示した一方で, 膜厚の減少は灰色塗膜が他を上回る結果となった. 紫外線照射環境による光沢や色彩の変化は, 塗膜の美観・景観機能に影響し, 膜厚の減少は塗膜の環境遮断機能, ひいては防食機能に影響するものと考えられる. 同種の樹脂を用いて同じ方法で試験した場合でも, 色相や着色顔料等の違いにより, 異なる結果となる可能性があることが分かった.

表 - 4 に鋼道路橋用上塗塗料の促進耐候性に関する現行の品質規格を示す. 今回の試験結果と照らし合わせると, いずれの色相の塗膜も「合格」となる (ただし, 「色の変化」は除く). しかし, より長期の試験時間となると色相によっては大きく劣化するものもあり, 現行の規格が塗膜の長期耐久性を担保するためには不十分であることがわかる. このことから, 鋼道路橋塗装の性能規定化のためには, 異なる樹脂種, 添加剤, 顔料等で構成される評価対象を, 一律に, 客観的に評価できる, 定量的な指標を見出す必要があると考えられる.

4. まとめ

本報では, 現行の新設鋼道路橋用塗装系の促進耐候性の評価に関する結果の一部を報告した. 同種の樹脂を用いて同じ方法で試験した場合においても, 色相や着色顔料等の違いにより, 異なる結果となる可能性がある. この傾向は試験時間が長期になるにつれ, より顕著に表れる. 異なる樹脂種, 添加剤, 顔料等で構成される多様な塗料の長期耐久性を一律に担保できる, 適切な品質規格の確立が望まれる.

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会: 鋼道路橋塗装・防食便覧, 平成 17 年 12 月

表 - 3 促進耐候性試験条件

ブラックパネル温度:	63°C
試験槽内湿度:	50%RH
スプレー:	18分/120分中
試料面放射照度:	60W/m ² (at300~400nm)

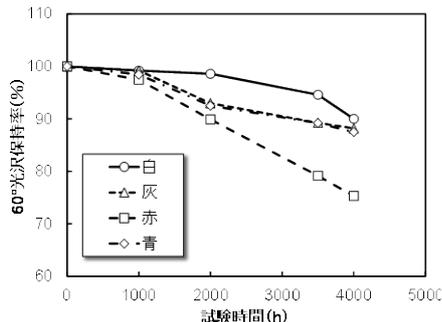


図 - 1 光沢保持率 (60°) の経時変化

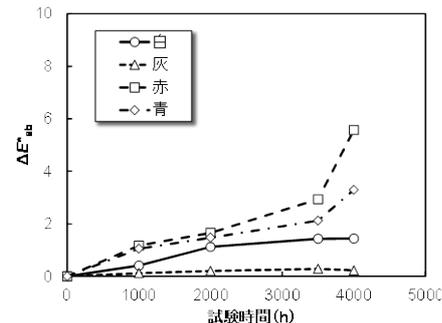


図 - 2 色差 (ΔE^*_{ab}) の経時変化

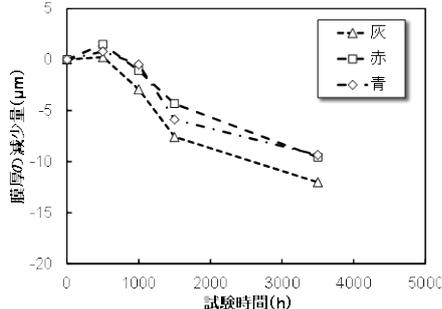


図 - 3 膜厚減少量の経時変化

表 - 4 鋼道路橋用上塗塗料の耐候性に関する現行の品質規格 (JIS K 5659 から抜粋)

JIS K 5659 「鋼構造物用耐候性塗料」(1級)
照射時間2000時間後
・塗膜外観: 割れ・はがれ及び膨れがないこと
・色の変化: 見本品と比べて大きくないこと
・白亜化: 等級が1又は0
・光沢保持率が80%以上.