

環境遮断性に優れる剥離抑制型塗料の開発

(株)四国総合研究所 正会員 ○坂口 聡彦

(株)四国総合研究所 大捕 秀基

(株)四国総合研究所 技術アドバイザー（アルファ塗料研究所）西森 修次

大日本塗料(株) 正会員 山内 健一郎

大日本塗料(株) 清水 悠平、加藤 瑞樹

1. はじめに

屋外構造物向け塗料における長期の防食耐久性は、その塗膜の長期の遮断性と、長期の付着性（耐剥離性）で決まる。すなわち、長期間屋外環境に曝された後の付着性が高ければ高いほど、また遮断性が高ければ高いほど、その塗膜の防食耐久性は優れている。

著者らは既報告¹⁾のとおり、長期付着性維持の観点から複数の塗料メーカーと共同で検討を行い、その成果として、塗膜の温度変化に対する寸法安定性を示す物性値である線膨張係数 α_1 ^{*}を低減するというアプローチで設計した剥離抑制型塗料（以下、低 α 塗料と略す）を開発した。

さらに今般、この剥離抑制型塗料の配合設計を発展させ、没水部向け塗料並みの優れた遮断性を有し、かつ塗膜剥離を抑制する塗料（以下、高遮断低 α 塗料と略す）の開発に成功した。本稿では、この高遮断低 α 塗料について、遮断性と付着性の両立を実現した考え方の概要ならびに開発品の性能評価試験結果を報告する。

2. 環境遮断性に優れる剥離抑制型塗料の開発

著者らは、屋外鋼構造物における防食塗膜の剥離要因について ①塗膜の硬化収縮よりも熱膨張・収縮のほうが剥離への影響が大きいこと、②塗膜の線膨張係数 α_1 が $3.2 \times 10^{-5} [^{\circ}\text{C}]$ より低い塗膜では、厚膜にするほど剥離リスクが下がることを実験的に確認した¹⁾。さらに、塗膜の線膨張係数を下げる手法では、塗膜内応力の緩和が可能であり、かつ環境遮断性の低下を必ずしも伴わない。この知見を踏まえ、線膨張係数は上記閾値より低く設計することで剥離抑制機能を確保しつつ、遮断機能を可能な限り向上させた高遮断低 α 塗料（図1右）を開発した。

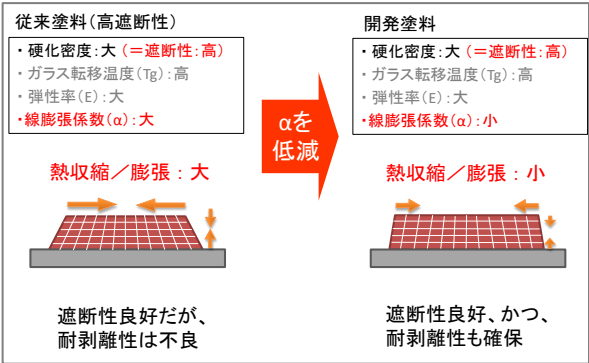


図1 環境遮断性に優れる剥離抑制型塗料

3. 付着性（剥離抑制性能）の評価

防食塗膜の長期における付着維持性能の評価として、各塗膜の線膨張係数及び耐剥離性試験結果を図2に示した。なお、耐剥離性試験は「NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験方法」に規定される試験方法 443-2020「塗料の耐はく離性試験方法」²⁾に基づき実施した。

結果として、従来塗料は10サイクル時点で著しい塗膜剥離を生じ、一方、開発塗料2種（高遮断低 α 塗料や低 α 塗料）については、試験経過に伴う剥離の進展が極めて小さく、当該規格に規定される塗膜カット部からの片側最大剥離幅 $\leq 3\text{mm}$ を十分満足する性能（剥離の進展はほとんど無し）を確認した。

	高遮断低 α 塗料	低 α 塗料	従来屋外向け塗料
塗膜の線膨張係数 ($\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	2.89	2.50	3.94
試験片外観 ※			
試験サイクル数	30サイクル	30サイクル	10サイクル

※ 各試験片8か所あるカット部からの剥離範囲を黒色斜線で示した

図2 塗膜の線膨張係数測定結果及び耐剥離性試験結果

4. 遮断性の評価

開発塗料等の遮断性能の指標として、従来屋外向け塗料及び従来没水部向け塗料を比較対象とし、各塗膜の水蒸気透過量を測定した（表1）。なお、水蒸気透過量の測定方法については、JIS Z 0203「防湿包装材料の透湿度試験方法（カップ法）」に準じて行い、評価対象となる塗膜片に関してはいずれも乾燥膜厚 200 μm とした。

結果、高遮断低 α 塗料は、耐水性に優れることが判っている従来没水部向け塗料と同等の低い値、すなわち優れた遮断性を示し、水蒸気の透過量を従来屋外向け塗料の 1/10 以下に低減していることを確認した。

5. 塗膜性能評価

遮断性向上による塗膜性能への影響を評価するため、高遮断低 α 塗料、従来屋外向け塗料、従来没水部向け塗料の各種促進試験を順次実施している。試験仕様例を表2に示した。

試験片はブラスト処理鋼板（寸法は 70×150 ×t3.2mm 等、除錆度は ISO Sa2 1/2 以上、表面粗さは Rzjis25 μm）を使用し、各塗料をエアスプレーにて 24 時間間隔で塗装し、試験片の裏面及び周囲は評価塗料等で厚く塗り包んだ。塗装完了後、十分な養生を行ったものを試験片とした。なお、従来の防食性試験では塗膜変状を促進するため、塗膜に切り込み傷を付与してその箇所からの膨れ幅等で評価することが多いが、本試験においては健全塗膜の遮断性に着目した評価を行う観点から、基本的には塗膜カット無しの試験片を試験に供試した。

試験結果例として、60℃塩水浸漬試験 2520 時間までの結果を示した（図3）。

高遮断低 α 塗料は、遮断性の目標とした従来没水部向け塗料と比較して同等以上、また、従来屋外向け塗料と比較して非常に優れた耐久性を示した。なお、他の試験についても同様の傾向、すなわち高遮断低 α 塗料は目標塗料と比較して同等以上の耐久性を示すことを確認できている。

6. まとめ

今回開発した高遮断低 α 塗料は優れた剥離抑制機能を有し、かつ没水部用途向け塗料と同等以上の環境遮断性を有することを確認した。また、健全塗膜の遮断性に着目した促進試験仕様を鋭意検討中であり、60℃塩水浸漬試験などにおいて高遮断低 α 塗料の優れた耐久性を確認した。

参考文献

1) 西森修次:塗膜剥離を抑制する新型変性エポキシ樹脂塗料の開発，(一社)日本橋梁鋼構造物塗装技術協会 Structure Painting, Vol.47, 2019

2) NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験方法 令和2年7月，東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株) (2020)

表 1 塗膜の水蒸気透過量測定結果 (g/(m²・24h))

開発塗料	従来塗料	
高遮断低 α 塗料	従来屋外向け塗料	従来没水部向け塗料
0.85	9.24	1.12

表 2 試験仕様例

試験種	試験条件		供試塗膜厚
耐湿性（連続結露法）	JIS K5600-7-2 回転式	50℃/95%RH以上	120 μm
イオン交換水浸漬	JIS K5600-6-1 方法1（浸漬法）	液温 23℃、60℃等	120 μm
塩水浸漬	JIS K5600-6-1 方法1（浸漬法）	NaCl 5%aq. 液温 23℃、60℃等	120 μm
複合サイクル防食性	JIS K5600-7-9 付属書1 サイクルD	塩水噴霧、湿潤、乾燥	60 μm 等
耐中性塩水噴霧性	JIS K5600-7-1	35℃、5%aq.	60 μm 等
暴露防錆性	NEXCO試験法404	沖縄県伊計島	120 μm 等

	高遮断低 α 塗料	従来屋外向け塗料	従来没水部向け塗料
720 時間			
	変状無し	膨れ(4F)、錆顕著	膨れ(6M)
2520 時間		(試験終了)	
	変状無し	-	膨れ(2MD)

()内は、ASTM基準に基づき膨れの評価

図 3 60℃塩水浸漬試験による性能比較結果