

耐はく離性を向上させた防食塗料の開発 (耐はく離性に寄与する因子)
 Development of Anticorrosion Coating with improved peel resistance
 (Factors contributing to peel resistance)

大日本塗料株式会社 正会員 ○宮下 剛
 関西ペイント株式会社 正会員 堀 誠
 神東塗料株式会社 秋田 昌紀
 株式会社四国総合研究所 西森 修次
 株式会社四国総合研究所 坂口 聡彦

1. はじめに

橋梁やプラント設備等の鋼構造物における補修塗装(塗替え)では、旧塗膜の劣化が顕著である場合など、従来の補修方法では性能が維持できないと判断された場合、1種ケレン(ブラスト処理)後に多層塗りで補修が行われる¹⁾。しかし、実際には、3種ケレンや4種ケレン程度の素地調整で旧塗膜を多く残したまま塗り重ねが行われるケースも多い。これが繰り返され過膜厚(図1)となると、塗膜の内部応力の増大により、全面的なはく離のリスクが高くなる²⁾。このような設備保守における差し迫った問題に対応すべく、筆者らは塗膜の耐はく離性維持に寄与する防食塗料の開発を行った。



図1 厚膜化した塗膜の断面

本稿では、開発の第1弾として、耐はく離性に影響する塗膜物性について検証した結果について報告する。

2. 応力理論に基づく塗膜はく離要因の考察

塗膜はく離は、塗膜が収縮・膨張した際に発生する応力によって引き起こされる。すなわち、塗膜が収縮・膨張すると塗膜・素地界面で応力が発生するが、塗膜の付着力を上回る応力となるとその箇所からはく離する。

塗膜の収縮・膨張は、大別して①樹脂の硬化反応によるもの(硬化収縮)、②温度変化によるもの(熱膨張・収縮)があるが、ここでは本研究で特に着目した②の熱膨張・収縮について述べる。

実環境下において塗膜は温度変化に晒される。環境温度 $T_1 \sim T_2$ に変化するとき塗膜に生じる応力 σ は次式で表される。

$$\sigma = \int_{T_1}^{T_2} \alpha \cdot E \, dT = \int_{T_1}^{T_g} \alpha_1 \cdot E_1 \, dT + \int_{T_g}^{T_2} \alpha_2 \cdot E_2 \, dT \quad (1)$$

式(1)において、 T_g は塗膜のガラス転移温度を示し、 α_1 、 α_2 はそれぞれガラス領域およびゴム領域における塗膜の線膨張係数を示し、 E_1 、 E_2 はそれぞれの領域の弾性率を示す。

ここで、 $\alpha_1 < \alpha_2$ 、 $E_1 \gg E_2$ より、式(1)は次のように簡略化される。

$$\sigma \cong \int_{T_1}^{T_g} \alpha_1 \cdot E_1 \, dT \quad (2)$$

式(2)より、 σ を小さくする為には T_g 、 α_1 、 E_1 を小さくすることが有効である。従来の一般大気部向け塗料に対する設計は T_g や E_1 を下げる手法が多く用いられてきたが、この手法は塗膜の耐湿性を下げる方向にあり、防食塗料としては本来望ましくない。 α_1 を意識的に下げるアプローチを取ることで、防食性を確保しつつ耐はく離性の向上が可能と考えられた。

キーワード 防食塗料、鋼構造物、補修塗装(塗替え)、塗膜剥離、内部応力、線膨張係数

連絡先 栃木県大田原市下石上 1382-12 大日本塗料株式会社 構造物塗料事業部 TEL. 0287-29-1917

3. 耐はく離性確認試験

前項では、温度変化に晒される環境において、塗膜の α_1 を下げることで耐はく離性の向上に寄与することを応力理論から導いた。これを検証する為、既存の α_1 の比較的大きな製品 (α_1 大あるいは極大) と意図的に α_1 を下げた試作品 (α_1 小) を用いた耐はく離性確認試験 (ヒートサイクル) を行った。

3. 1 供試塗料

実際の鋼構造物に補修塗装されている防食塗装仕様を参考に表1に示す5つの仕様で試験を行った。

表1 耐はく離性確認試験の供試塗料および塗装仕様

	下塗り層		中塗り層		上塗り層	
仕様1	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 (α_1 大)	100 μ m	弱溶剤形エポキシ樹脂塗料 (α_1 大)	30 μ m	弱溶剤形ウレタン樹脂塗料	30 μ m
仕様2	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 (α_1 小)	50 μ m	厚膜形エポキシ樹脂塗料 (α_1 小)	175 μ m	ウレタン樹脂塗料	35 μ m
仕様3	—	—		175 μ m		35 μ m
仕様4	—	—		350 μ m		35 μ m
仕様5	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 (α_1 大)	50 μ m		超厚膜形エポキシ樹脂塗料 (α_1 極大)		350 μ m

3. 2 試験方法

(1) 試験片の作製

素地はSPCC-SD鋼板 (サイズ70×150×3.2mm) とし、その上に容易にはく離する層 (ビニル樹脂) を形成、十分養生をしたのちに供試塗料を塗り重ねた (表2)。さらに養生後、試験片の上部および下部の2箇所素地まで達する#型のカットを挿入した (図2)。

(2) ヒートサイクル試験

50°C (2h) → 常温 (1h) → -30°C (2h) → 常温 (1h) を繰り返すヒートサイクルに供し、カット部からはく離の進行を確認した。

表2 試験片の塗装仕様

	塗料種	膜厚
1層目 【脆弱層】	ビニル樹脂 ※1	50 μ m
2層目以降	供試塗料	規定の膜厚

※1 塩化ビニルと酢酸ビニルの共重合体

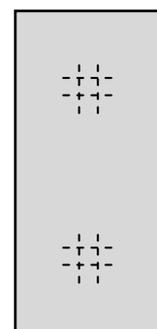


図2 試験片のカット位置 (破線部)

3. 3 試験結果

塗膜外観に顕著な差が見られた60サイクル後の結果を表3に示す。ただし、早期にはく離した仕様5については6サイクル後の外観である。この結果より、たとえ E_1 が大きく T_g が高くて、 α_1 さえ小さければ塗膜はく離し難いことが判った。

表3 試験片外観と各種特性値

	仕様1	仕様2	仕様3	仕様4	仕様5
サイクル試験後外観					
外観評価	×	◎	○	◎	××
E_1	小	大	大	大	極大
T_g	低	高	高	高	高
α_1	大	小	小	小	極大

4. まとめ

応力理論に基づく考察やラボ試験を通して、塗膜はく離に影響を及ぼす因子について検証したところ、特に劣化した脆弱な旧塗膜を意識したビニル樹脂膜上の耐はく離性は塗膜の線膨張係数が支配的に効いていることが判った。この結果より、塗膜の線膨張係数を低減する配合設計を意識的に確立することで、耐はく離性に優れた防食塗料の開発が可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 (第II編 塗装編), pp. 116-118, 2014
- 2) 関西鋼構造物塗装研究会：塗る, pp. 95-99, 2014