

# 高遮断性を有する剥離抑制型変性エポキシ樹脂塗料の開発

Development of Peel-Suppressing Modified Epoxy Resin Paint with High Barrier Properties

塗料事業部門 構造物塗料事業部  
テクニカルサポートグループ  
Coating Business Div.  
Protective Coatings Dept.  
Technical Support Group



山内 健一郎  
Kenichiro YAMAUCHI



清水 悠平  
Yuhei SHIMIZU



加藤 瑞樹  
Mizuki KATO

## 要旨

塗膜の線膨張係数を低く設計することで、既存塗膜の自然剥離リスクを低減できることが分かっている。今般、剥離抑制機能に加えて、水中部用途向けタールフリー変性エポキシ樹脂塗料相当の環境遮断性を有する新規塗料の開発を行い、従来の変性エポキシ樹脂塗料との各種性能比較試験結果について報告する。

## Abstract

It is found that it can be reduced spontaneous peeling of an existing coating film by designing it at a low the coefficient of linear expansion of coating film. In addition to the peeling suppressive function, we are currently being developed a new paint with environment barrier properties equivalent to tar-free modified epoxy resin paint for underwater applications. We report test results of various performance comparison with usual modified epoxy resin paints.

## 1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼構造物の多くは、度重なる塗り替え塗装によって既存塗膜が過剰膜厚化した状態にあり、一部の鋼構造物においては塗膜内応力の増大に伴い、自然剥離する事例が認められている。これらの老齢化した鋼構造物は、現在の財政事情を考慮すると今後も塗り替え塗装による維持管理を行っていく必要がある。上記課題に対して、著者らの研究グループは塗り重ねることで塗膜の自然剥離現象を抑制可能な線膨張係数( $\alpha$ )を低減させた剥離抑制型変性エポキシ樹脂塗料(以下、低 $\alpha$ 塗料と称す)を開発している<sup>1)</sup>。

一方、塗装鋼が腐食環境に曝される際の塗膜の劣化過程は、おおそ次のように進行するとされている<sup>2)</sup>。

- (1) 腐食性物質の塗膜への浸透・拡散と塗膜／鋼界面への集積
- (2) 浸透・拡散した腐食性物質による塗膜／鋼界面での腐食反応の開始
- (3) 腐食生成物による塗膜の付着力低下と塗膜変状の発生

Mengesら<sup>3)</sup>は、塗膜寿命を腐食性物質が鋼面に到達

するまでの時間(腐食誘導期間=膜厚の二乗に比例)と腐食性物質が鋼面に到達した後、付着破壊が生じるまでの時間(腐食進展期間=塗膜欠陥が表面化するまでの期間)の和で説明しており、腐食性物質が鋼表面に到達するまでの時間をできるだけ延長し、さらに付着力を確保することが塗膜の長期耐久性の維持に繋がるとしている(式1参照)。

$$L = t^2 / 6D + \tau$$

L : 耐用期間  
t : 塗膜(mm)  
D : 拡散係数(mm<sup>2</sup>/sec)  
τ : 付着力その他の要因

式1 塗膜耐久性の考え方に関する  
G. Menges, W. Schneiderらの関係式

式中のD(拡散係数)は、酸素、水、塩化物イオンなどの腐食性物質が塗膜中に侵入し拡散する度合いを単位面積当たりの時間で示した値である。また、腐食性物質が鋼面に到達しても塗膜の付着力が維持されている間は鋼界面への腐食性物質の滞留や鋼界面に沿った横方向への腐食進展は妨げられるので致命的な欠陥にはならない。しかし、塗膜の付着不良が生じた段階で付着不良部へ腐食性物質が滞留し、徐々に腐食現象を拡大していく。そのため、鋼表面に腐食性物質が到達した後、塗膜の膨れや鋼の発錆など外観上の欠陥として表面化するまでの塗膜付着力が維持されている期間(腐食進展期間)をτとしている。従って、以下①～③の要件を有する塗装仕様は、耐久性に優れ、耐用年数の長い塗装仕様であると解釈できる。

- ① 塗膜厚が厚いこと
- ② 鋼表面への付着力に優れること
- ③ 腐食性物質の浸透・拡散速度の遅い塗膜層を有すること

長期間供用されている鋼構造物に対して上記解釈を適用すると、①に関しては度重なる補修塗装により塗膜が厚膜化しているため要件を満たしている。一方で、②に関しては、同様の理由から塗膜内応力が蓄積され

た状態にあり、塗膜厚が厚くなるほど付着力は低下していく傾向を示し、最終的に塗膜剥離に至ることから要件を満たしていない。従って、既存の補修塗装仕様において①と②は、相反する要件となる。これに対し、著者らの開発した低α塗料は、塗膜厚が厚くなるほど塗膜剥離を抑制する機能を有し、良好な付着性を維持し続けることができることから、①と②を両立させることが可能であり、塗膜の耐久性を大きく高めていると考える。一方で、③に対する低α塗料の性能は従来塗料と同程度であるが、塗料の配合設計において検討の余地を有している。

著者らの研究グループは、塗膜の耐用年数(耐久性)を決める①～③の要件全てを高い水準で兼ね備えた新規塗料を開発した。本報では、新たに開発した高遮断性を有する低α塗料の特性および従来の変性エポキシ樹脂塗料との各種性能比較試験結果について報告する。

## 2. 線膨張係数と剥離抑制メカニズム

### 2.1 線膨張係数

線膨張とは温度変化に応じて物体の寸法が変化(膨張・収縮)する現象であり、線膨張係数αは温度が1℃変化した時の線膨張の変化量を係数として表す物質に固有の値である。代表的な素材の線膨張係数を表1に示す。

表1 代表的な素材の線膨張係数

素材	線膨張係数 [10 <sup>-5</sup> /K]	素材	線膨張係数 [10 <sup>-5</sup> /K]
鉄	1.2	錫(すず)	2.0
アルミニウム	2.4	鉛	2.9
金	1.4	ニッケル	1.3
銀	1.9	ポリエチレン	18
銅	1.7	ポリカーボネート	7.0
亜鉛	3.3	エポキシ塗膜	6.5
クロム	0.8	ウレタン塗膜	9.7

鋼構造物を構成する鉄の線膨張係数は低く、温度変化に対する寸法安定性に優れる素材といえる。一方で、有機物である塗膜の線膨張係数は鉄の5～6倍と高い数値を示し、被塗物の鉄と比較して温度変化に応じて寸法が大きく変化する。

## 2.2 剥離抑制メカニズム

塗膜の自然剥離現象に対して支配的な要因は、温度変化に起因する塗膜の熱収縮・熱膨張である。鋼材と比較し線膨張係数が高い一般塗膜で補修塗装を繰り返した場合、両者の線膨張係数の差に起因して塗膜の自然剥離現象が生じる。一方で、線膨張係数を低減させた低 $\alpha$ 塗料は温度変化に対する熱収縮・熱膨張が小さく寸法安定性に優れるという特長を有している。このため、一般塗膜上に低 $\alpha$ 塗料を塗り重ねた場合、一般塗膜の熱収縮・熱膨張による寸法変化が抑制され、一般塗膜を含む塗膜全体の寸法安定性が向上する(図1)。これにより、塗膜全体の応力が低減され、結果として剥離抑制効果が発現する。また、一般塗膜上に塗り重ねる低 $\alpha$ 塗料の膜厚増加に伴い塗膜全体の寸法変化を抑制する効果は高まり、剥離抑制効果は向上する(図2)。本機能は膜厚の増加に伴い自然剥離リスクが増大していく従来塗料とは異なる全く新しい機能である。

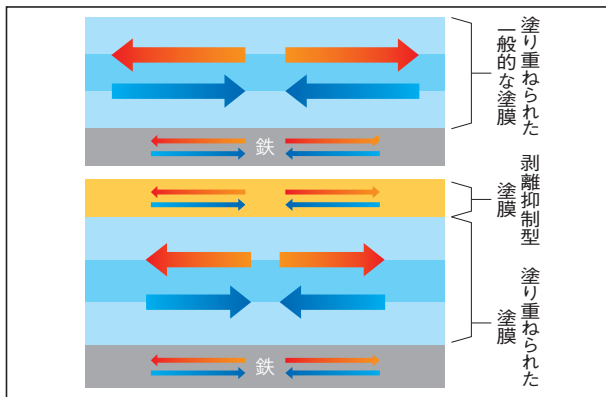


図1 剥離抑制型塗料による寸法変化抑制

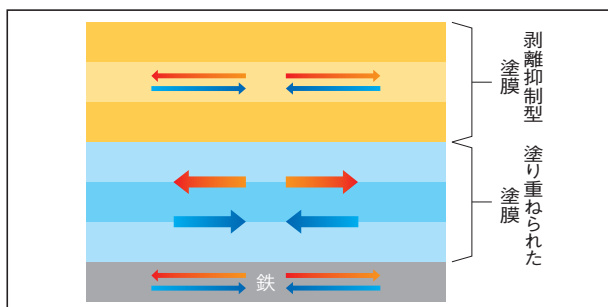


図2 剥離抑制型塗料の膜厚増加に伴う剥離抑制効果向上

## 3. 高遮断性を有する剥離抑制型変性エポキシ樹脂塗料

### 3.1 剥離抑制機能

これまでの研究結果より、塗膜の線膨張係数 $\alpha_1$ を $3.2 \times 10^{-5}/K$ 以下に設定することで塗膜厚と付着安定性の相関が逆転し、塗膜厚を厚くなるほど剥離し難い塗膜を形成できることが分かっている<sup>4)・5)</sup>。

従って、低 $\alpha$ 塗料をベース配合として、さらに高遮断機能を付与する新たな低 $\alpha$ 塗料(以下、高遮断低 $\alpha$ 塗料と称す)においても、線膨張係数は上記閾値以下であることとし、かつ塗膜性能や塗装作業性が損なわれない範囲で可能な限り線膨張係数を低減することを目標とした。表2に各塗料の線膨張係数と剥離抑制試験結果を示す。なお、比較塗料としては、低 $\alpha$ 塗料および線膨張係数の高い一般的な変性エポキシ樹脂塗料(以下、比較塗料と称す)を試験に供した。また、表中の剥離抑制試験に関しては、株式会社高速道路総合技術研究所発行「NEXCO試験方法第4編 構造関係試験方法(令和2年7月版)」に規定される試験方法443「塗料の耐はく離性試験方法」に準じて実施した。

試験結果より、比較塗料は僅か10サイクル経過時点で著しい塗膜の剥離現象を生じ、カット施工部周辺塗膜全面で変状を認めた。

一方で、線膨張係数を低減し剥離抑制機能を付与した高遮断低 $\alpha$ 塗料および低 $\alpha$ 塗料は、試験経過に伴う剥離の進展を認めず、「はく離抑制型変性エポキシ樹脂塗料下塗(NEXCO塗料規格P-28)」に規定される「30サイクル実施した後、カット部からの片側最大はく離幅の平均値3.0mm以下」を十分に満足する性能を有していることを確認した。従って、低 $\alpha$ 塗料と同様に高遮断低 $\alpha$ 塗料に関しても、前述した塗膜の耐用年数を決める要件①、②を両立していると考えられる。

### 3.2 環境遮断機能

環境遮断機能の目標水準は水中部用途向け塗料とし、タールフリー変性エポキシ樹脂塗料(以下、目標塗

表2 各塗料の線膨張係数と剥離抑制試験結果

供試塗料		高遮断低 $\alpha$ 塗料		低 $\alpha$ 塗料		変性エポキシ樹脂塗料(比較塗料)	
線膨張係数[ $10^{-5}/K$ ]		2.89		2.50		3.94	
試験片の種類		単膜	塗装系	単膜	塗装系	単膜	塗装系
10 サイクル	試験片 外観						
	剥離幅	3.0mm 以下	3.0mm 以下	3.0mm 以下	3.0mm 以下	カット間 全面剥離	カット間 全面剥離
30 サイクル	試験片 外観					試験終了	試験終了
	剥離幅	3.0mm 以下	3.0mm 以下	3.0mm 以下	3.0mm 以下		

料と称す)を選定した。タールフリー変性エポキシ樹脂塗料は、タンク内面やダム堰、水門扉などの水中鋼構造物に古くから適用されてきたタールエポキシ樹脂塗料に代わり、発癌性のおそれのあるコールタール分を含まない塗料であり、上記の鋼構造物に対して長年の適用実績を有している。

高遮断低 $\alpha$ 塗料は、低 $\alpha$ 塗料に水中部用途向け塗料の配合技術を導入し、特に耐水性に関わる塗膜性能を向上させた設計としている。なお、目標塗料としたター

ルフリー変性エポキシ樹脂塗料は強溶剤形塗料であるが、高遮断低 $\alpha$ 塗料は既設鋼構造物の現地補修用途が主となることから、低 $\alpha$ 塗料と同様に環境負荷の少ない弱溶剤形塗料である。

環境遮断性の評価を目的に、高遮断低 $\alpha$ 塗料、低 $\alpha$ 塗料、比較塗料ならびに目標塗料の水蒸気透過度を測定した。測定方法は、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、塗膜片の乾燥膜厚は $200\mu\text{m}$ とした。表3に測定結果を示す。

表3 水蒸気透過度

供試塗料	高遮断低 $\alpha$ 塗料	低 $\alpha$ 塗料	比較塗料	目標塗料
	開発塗料 (大気部向け)	剥離抑制型変性 エポキシ樹脂塗料 (大気部向け)	変性エポキシ 樹脂塗料 (大気部向け)	タールフリー変性 エポキシ樹脂塗料 (水中部向け)
水蒸気透過度 [ $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hr}$ ]	0.85	10.04	9.24	1.12

水中部向けの目標塗料の水蒸気透過度は、大気部向けの低 $\alpha$ 塗料と比較塗料に比べて、著しく低い値を示した。これは水中部向け塗料の優れた耐水性能の一要因と考えられる。高遮断低 $\alpha$ 塗料の水蒸気透過度は、目標塗料と同程度の値を示し、低 $\alpha$ 塗料に対して92%低減、比較塗料に対しては91%低減することを確認した。

### 3.3 塗膜性能評価<sup>(6)-8)</sup>

高遮断低 $\alpha$ 塗料、比較塗料および目標塗料について、表4に示す各種塗膜性能評価試験を実施した。表5には各供試塗装仕様の詳細を示す。

表4 塗膜性能評価試験

試験項目	試験条件	供試塗装仕様 <sup>※)</sup>
耐湿性(連続結露法)	JIS K 5600-7-2回転式 50°C/95%RH以上	複層膜 120 $\mu$ m
イオン交換水浸漬	JIS K 5600-6-1方法1(浸漬法) 液温23°C, 60°C	複層膜 120 $\mu$ m
塩水浸漬(NaCl 5%aq.)	JIS K 5600-6-1方法1(浸漬法) 液温23°C, 60°C	複層膜 120 $\mu$ m
温度差耐水性	JIS K 6940附属書3(規定) 評価面側50°C/裏面側25°C	複層膜 120 $\mu$ m
複合サイクル防食性	JIS K 5600-7-9附属書1(規定) サイクルD	単膜 60 $\mu$ m 塗装系A 175 $\mu$ m
耐中性塩水噴霧性	JIS K 5600-7-1	単膜 60 $\mu$ m 塗装系A 175 $\mu$ m
暴露防錆性	NEXCO試験法404(沖縄県伊計島)	塗装系B 195 $\mu$ m

※) 供試塗装仕様の詳細は表5を参照

表5 供試塗装仕様詳細

工程	単膜	複層膜	塗装系A	塗装系B
1層目	評価塗料60 $\mu$ m	評価塗料60 $\mu$ m	評価塗料60 $\mu$ m	有機Zn 75 $\mu$ m
2層目	—	評価塗料60 $\mu$ m	評価塗料60 $\mu$ m	評価塗料60 $\mu$ m
3層目	—	—	中塗塗料30 $\mu$ m	評価塗料60 $\mu$ m
4層目	—	—	上塗塗料25 $\mu$ m	—
合計	60 $\mu$ m	120 $\mu$ m	175 $\mu$ m	195 $\mu$ m

試験板はブラスト処理鋼板(寸法:70×150×t3.2mmまたは150×300×t3.2mm、除錆度:ISO Sa2 1/2以上、表面粗さ:Rzjis25 $\mu$ m)を使用し、各塗料をエアスプレー塗装にて24時間間隔で塗装した。最終層塗装完了後、23°C/50%RH環境下にて7日間養生し試験片とした。なお、試験片の裏面および周囲に関しては、試験に影響がないよう評価塗料で塗り包んだ。

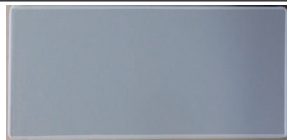




また、本試験は塗膜の環境遮断性の違いによる防食性評価を目的とするため、試験前の塗膜に対して鋼材まで達する切り込み傷(カット部)の施工は行わず、一般部における塗膜変状が発生するまでの時間を評価した。塗膜の変状は、JIS K 5600-8-2, 3に準じて評価し、塗膜に何らかの

変状を認めるまでに要した試験時間を耐久時間とした。

前述のとおり高遮断低 $\alpha$ 塗料は低 $\alpha$ 塗料に水中部用途向け塗料の配合技術を導入し、特に耐水性に関わる塗膜性能を向上させた設計としている。そこで耐水性の評価試験として、各供試塗料間で特に大きな性能差を認めた耐湿性試験(連続結露法)およびイオン交換水浸漬(60°C)、塩水浸漬(60°C)に関して、詳細な試験結果を報告する。

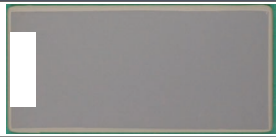

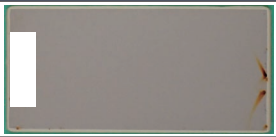


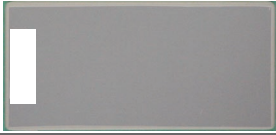
表6に耐湿性試験結果を示す。比較塗料が720時間経過後にさび、膨れの変化を認めたのに対し、高遮断低 $\alpha$ 塗料および目標塗料は、10,080時間経過後も塗膜変化を認めず、良好な塗膜外観を維持した。

表6 耐湿性試験結果(複層膜 120 $\mu$ m)

供試塗料		高遮断低 $\alpha$ 塗料	目標塗料	比較塗料
720時間 (1ヶ月)	塗膜外観			
	変状状態	塗膜変状なし	塗膜変状なし	さび・膨れ発生(8P・8M)
10,080時間 (14ヶ月)	塗膜外観			試験終了
	変状状態	塗膜変状なし	塗膜変状なし	
耐久時間		10,080時間以上	10,080時間以上	720時間

次に、イオン交換水浸漬試験(60°C)について、表7に試験結果を示す。

表7 イオン交換水浸漬(液温60°C)試験結果(複層膜 120 $\mu$ m)

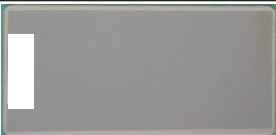
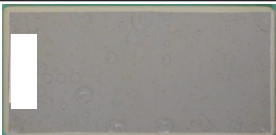


供試塗料		高遮断低 $\alpha$ 塗料	目標塗料	比較塗料
720時間 (1ヶ月)	塗膜外観			
	変状状態	塗膜変状なし	塗膜変状なし	膨れ発生(8F)
2,160時間 (3ヶ月)	塗膜外観			試験終了
	変状状態	塗膜変状なし	膨れ発生(8F)	
7,920時間 (11ヶ月)	塗膜外観		試験終了	試験終了
	変状状態	塗膜変状なし		
耐久時間		7,920時間以上	2,160時間	720時間

イオン交換水浸漬試験(60°C)においては、比較塗料が720時間経過後に膨れを認めたのに対し、目標塗料は2,160時間で膨れを生じた。一方、高遮断低 $\alpha$ 塗

料は7,920時間経過後においても膨れの発生を認めず良好な塗膜状態を維持していた。

続いて塩水浸漬試験(60°C)の結果を表8に示す。

表8 塩水浸漬(液温60°C)試験結果(複層膜 120 $\mu$ m)

供試塗料		高遮断低 $\alpha$ 塗料	目標塗料	比較塗料
720時間 (1ヶ月)	塗膜外観			
	変状状態	塗膜変状なし	膨れ発生(8M)	膨れ発生(8MD)
2,520時間 (3.5ヶ月)	塗膜外観		試験終了	試験終了
	変状状態	塗膜変状なし		
耐久時間		2,520時間以上	720時間	720時間

結果から、比較塗料および目標塗料に関しては720時間経過後に膨れの発生を認めたのに対し、高遮断低 $\alpha$ 塗料は2,520時間経過後においても膨れは発生せず、優れた耐水性を有することを確認した。

表9に、各種塗膜性能評価試験結果(塗膜の耐久時間)および比較塗料を基準として算出した耐久時間の倍率を示す。なお、複合サイクル防食性、耐中性塩水噴

霧性試験に供した塗装系A、および暴露防錆性試験については、現状4,320時間(6ヵ月)が経過し、いずれの供試塗料も塗膜変状を認めていないため、耐久時間の倍率試算には至っていない。

高遮断低 $\alpha$ 塗料は、全ての試験項目において比較塗料(一般的な変性エポキシ樹脂塗料)よりも優れた塗膜性能を有することを確認した。

表9 塗膜性能評価試験結果(塗膜の耐久時間)

試験項目	供試塗装仕様	高遮断低 $\alpha$ 塗料		目標塗料		比較塗料	
		耐久時間	倍率	耐久時間	倍率	耐久時間(基準)	
耐湿性(連続結露法)	複層膜 120 $\mu$ m	10,080時間以上	14.0倍以上	10,080時間以上	14.0倍以上	720時間	
イオン交換水浸漬	複層膜 120 $\mu$ m	23°C <sup>*)</sup>	7,920時間以上	—	7,920時間以上	—	7,920時間以上
		60°C	7,920時間以上	11.0倍以上	2,160時間	3.0倍	720時間
塩水浸漬	複層膜 120 $\mu$ m	23°C	7,920時間以上	11.0倍以上	7,920時間以上	11.0倍以上	720時間
		60°C	2,520時間以上	3.5倍以上	720時間	1.0倍	720時間
温度差耐水性	複層膜 120 $\mu$ m	240時間	3.3倍	120時間	1.7倍	72時間	
複合サイクル防食性	単膜 60 $\mu$ m	5,040時間	2.3倍	3,960時間	1.8倍	2,160時間	
	塗装系A 175 $\mu$ m <sup>*)</sup>	4,320時間以上	—	4,320時間以上	—	4,320時間以上	
耐中性塩水噴霧性	単膜 60 $\mu$ m	3,600時間	5.0倍	1,440時間	2.0倍	720時間	
	塗装系A 175 $\mu$ m <sup>*)</sup>	4,320時間以上	—	4,320時間以上	—	4,320時間以上	
暴露防錆性	塗装系B 195 $\mu$ m <sup>*)</sup>	6ヵ月以上	—	6ヵ月以上	—	6ヵ月以上	

\*) 現状いずれの供試塗料も塗膜変状なし。耐久性の倍率は「—」と表記

一方で、目標塗料との対比においても同等以上の良好な塗膜性能を示したが、水蒸気透過度の測定結果(0.85, 1.12 [g/m<sup>2</sup>・24hr])以上に、各種塗膜の性能評価試験、とりわけ加温条件下における試験において顕著な差を認めた。以下に本結果の要因を考察する。

- ①Mengesらの式が示すとおり、塗膜変状(今回の場合は主に膨れ)が発生するまでの時間は、1)腐食性物質が塗膜中に侵入・拡散し鋼面へ到達するまでの時間と、2)それにより塗膜/鋼材間の付着性が低下し塗膜下に腐食性物質が集積、鋼の腐食が進展するまでの時間の和から説明ができる。
- ②水蒸気透過度測定結果より、1)に関しては高遮断低 $\alpha$ 塗料と目標塗料に大きな差異はない。
- ③一方、塗膜変状が発生するまでの時間(塗膜の耐久時間 $\div$ 1)+2)に関しては、特に加温条件下において高遮断低 $\alpha$ 塗料が大きく優位な結果を示した。
- ④従い、加温条件下において高遮断低 $\alpha$ 塗料は目標塗料と比較し、2)に記載の項目、特に塗膜/鋼材間の付着安定性に優れているものと推測する。
- ⑤湿潤環境下において吸水膨潤した塗膜の付着性に影響を与える要素として、直接的には塗膜/鋼界面で付着活性点として機能している極性基に対する水の吸着があり、またそれを助長する副次的要素として、吸水による塗膜の体積膨張(鋼面との寸法不一致)に起因し、付着活性点の減少がさらに促進される。

⑥また、今回結果に大きな差異を生じた加温条件下の試験においては、⑤記載の要素に加えて、温度上昇による塗膜・鋼材の線膨張差に起因する寸法不一致や、塗膜の硬化反応の進行に伴う塗膜内残留応力の増加なども付着活性点の減少を促進する要素となる。

- ⑦これら塗膜/鋼材間の付着安定性を低下させる要素に対し、低 $\alpha$ 塗料のみが有する有効な塗膜特性として、寸法安定性に優れるという点が挙げられる。
- ⑧これまで本塗膜特性は鋼との線膨張差を低減し、塗膜の自然剥離現象を抑制することを目的としたものであったが、前述の加温条件下における吸水膨潤塗膜の付着活性点減少に対しても抑制効果を発揮する塗膜特性であった可能性がある。
- ⑨結果として、本塗膜特性と高い環境遮断性を併せ持った高遮断低 $\alpha$ 塗料は、目標塗料と比較し優れた耐久性を発現したものと考えられる。

上記考察に関しては、過去著者らの研究グループにて実施した検証結果や、既往の報告などを元に推測した内容に過ぎないが、今回の試験結果から高遮断低 $\alpha$ 塗料には塗膜遮断性の向上効果の他に、何らかの付着安定性向上機能が備わっている可能性が高く、両者の相乗効果によって著しく塗膜耐久性が向上したものと考えている。本考察については、今後さらに詳細な検証の実施を予定している。

## 4. まとめ

線膨張係数に着目した剥離抑制型塗料の設計技術に基づき、環境遮断性を高めた高遮断低 $\alpha$ 塗料を開発した。本検討において、高遮断低 $\alpha$ 塗料が剥離抑制機能を有し、かつ水中部用途向け塗料(タールフリー変性エポキシ樹脂塗料)と同等以上の環境遮断性を有することを確認した。また、各種塗膜性能評価試験において、高遮断低 $\alpha$ 塗料は比較塗料(一般的な変性エポキシ樹脂塗料)と比べ、いずれの試験においても、優れた塗膜性能を示し、概ね2.3~14.0倍以上の塗膜耐久時間となることを確認した。さらに高遮断低 $\alpha$ 塗料は、塗膜の耐久性を決める3要件全てを高水準で兼ね備えており、従来塗料では達成できなかった長期耐久性が期待される。

## 5. 謝辞

本開発品は、株式会社四国総合研究所殿との共同研究により得られた成果です。関係者各位に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 清水悠平:耐はく離性を向上させた防食塗料の開発, DNTコーティング技報, No.19, p.3-12 (2019)
- 2) 山崎曜:超厚膜塗装技術の現状と問題点, 表面技術, Vol.46, No.6 (1995)
- 3) G. Menges & Schneider:Kautschuk und Gummi Kunststoffe, 25, (5), 213 (1972)
- 4) 西森修次:線膨張係数に着目した塗料の今後の展望について, 第39回防錆防食技術発表大会講演予稿集, p.103-108 (2019)
- 5) 宮下剛: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), 土木学会第73回年次学術講演会 (2018)
- 6) 山内健一郎:環境遮断性を高めた剥離抑制型変性エポキシ樹脂塗料の開発, 防錆管理, Vol.66, No.1 (2022)
- 7) 山内健一郎:高遮断性を有する剥離抑制型変性エポキシ樹脂塗料の開発(続報), 第44回鉄構塗装技術討論会発表予稿集, p.17-24 (2022)
- 8) 西森修次:塗膜の線膨張係数に着目した防食塗料(高遮断・剥離抑制タイプ)の開発動向及び性能評価, 第42回防錆防食技術発表大会講演予稿集, p.73-78(2022)