

既設塩化ゴム系塗膜への弱溶剤形塗料を用いた塗替え仕様

株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室

若林 大、木次 克彦

一般財団法人日本塗料検査協会 技術開発部 中山 俊介

1. はじめに

NEXCOグループが管理する高速道路橋では、主に寒冷地や腐食環境の厳しい地域における塗装仕様として、平

成4年頃まで表-1に示す塩化ゴム系塗料を用いた重防食塗装仕様が採用されてきた¹⁾。これは、塩化ゴム系塗料が塗膜中溶剤の自然乾燥により低温(0℃)でも硬化す

表-1 塩化ゴム系塗料を用いた旧重防食塗装仕様

塗装系	工程		塗料又は素地調整程度	施工方法	標準膜厚(μm)
旧B塗装系	前処理	素地調整	ISO-Sa2.0	ブラスト	—
		プライマー	エッチングプライマー(長ばく形)	スプレー	15
	工場塗装	下塗第1層	鉛系さび止めペイント1種下塗	スプレー	35
		下塗第2層	鉛系さび止めペイント1種下塗	スプレー	35
		中塗第1層	フェノール樹脂系M10塗料	スプレー	45
	現場塗装	中塗第2層	塩化ゴム系塗料中塗	ハケ	35
		上塗	塩化ゴム系塗料上塗	ハケ	30
旧C塗装系	前処理	素地調整	ISO-Sa2.5	ブラスト	—
		プライマー	ジンクリッチプライマー	スプレー	15
	工場塗装	下塗第1層	塩化ゴム系塗料下塗	スプレー	45
		下塗第2層	塩化ゴム系塗料下塗	スプレー	45
	現場塗装	中塗	塩化ゴム系塗料中塗	ハケ	35
		上塗	塩化ゴム系塗料上塗	ハケ	30

表-2 現行基準の重防食塗替え塗装仕様

塗装系	素地調整程度	工程	塗料又は素地調整程度	施工方法	標準膜厚(μm)
c-3 塗装系 ^{※1}	1種	素地調整	1種(ISO-Sa2.5)	ブラスト	—
		下塗第1層	有機ジンクリッチペイント	スプレー	75
		下塗第2層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー	60
		下塗第3層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー	60
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー	30
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー	25
		3種 ^{※2}	素地調整	3種(ISO-St3)	動力工具等
	タッチアップ1回目		有機ジンクリッチペイント	ハケ	30
	タッチアップ2回目		有機ジンクリッチペイント	ハケ	30
	タッチアップ3回目		変性エポキシ樹脂塗料下塗	ハケ	60
	下塗第1層		変性エポキシ樹脂塗料下塗	ハケ	60
	下塗第2層		変性エポキシ樹脂塗料下塗	ハケ	60
	中塗		ふっ素樹脂塗料用中塗	ハケ	30
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	ハケ	25	

※1 1種ケレンのc-3塗装系は、鋼道路橋塗装・防食便覧に示されるRc-I塗装系と同様の構成

※2 旧B、旧C塗装系の塗替えには、適用対象外の仕様であった(本稿での検討対象)

る特性を有することや、当時の塗料の中で防食性能や耐候性に優れていたためである。

この塗替えは、『鋼道路橋塗装・防食便覧』²⁾に示されているように、全面プラストによる素地調整（1種ケレン）を実施したうえで表-2に示す現行仕様の重防食塗装を行うのが、耐久性確保の観点から理想的である。しかし、この対策は極めて高価であり、全面的にこれを採用すると予算的制約から適切なサイクルでの塗替えが困難となる。実際に、旧一般塗装系の塗替えでは、腐食程度や部材の条件に応じて、1種ケレンと3種ケレンの使い分けによる塗替えを選択するのが現在の主流であり、これにより費用対効果の最適化を図っている。

しかし、塩化ゴム系塗料を用いた既存塗膜は、強溶剤形塗料の塗り重ねによって再溶解する特性を有し、塗替え早期に写真-1に示すような割れ、膨れといった変状が生じた事例もあるため、活膜を活かして既存塗膜への塗り重ねを行う3種ケレンによる塗替えを選択肢としていない。

そこで本稿では、全ての塗料に弱溶剤形を用いた重防食塗装系を既存塩化ゴム系塗膜に部分的に塗り重ねる仕様の適用性について、実橋を用いた試験施工及び室内試験により検証したので、その結果について報告する。

2. 変状発生要因

塩化ゴム系塗料は揮発乾燥型塗料のため、乾燥すると固形分が塗膜として残り、再び溶剤に触れるといつでも再溶解する特性を有している。現在、橋梁塗装で多く用いられる塗料に含まれる溶剤は、塗料を形成する樹脂を効率的に溶解する有機溶剤で、溶解性や揮発性が高い（以下、これを「強溶剤形塗料」という）。強溶剤形塗料を塩化ゴム系塗膜に塗り重ねると、塩化ゴム系塗膜を再溶解させ、塗り重ねた塗膜の下に軟化した塩化ゴム系塗膜が長期間閉じ込められた状況になる。さらに現行仕様の重防食塗装系には、比較的内部応力の大きなエポキシ樹脂系塗料が多く使われ、この収縮により塩化ゴム系塗膜の脆弱な箇所が引っ張られて、割れ、膨れといった変状が発生しやすくなる。このメカニズムを図-1に示す。

3. 弱溶剤形塗料の現況と検討の着目点

溶剤に着目して塗料を分類すると、水性塗料、強溶剤形塗料、弱溶剤形塗料、低溶剤形塗料及び無溶剤形塗料に区分されるが、近年、塗替塗装時の作業環境の改善、特に臭気の低減およびVOC排出量削減対策の1つとして光化学オキシダント高濃度日の低減を主な目的として、第3種有機溶剤を主成分とした弱溶剤形塗料の開発が各塗料メーカーにより進められている。

既にエポキシ樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などについては、VOC抑制対策に加え、沿線環境の保全や作業環境改善の観点から、塗替え塗装で多

く使用されるようになっており、鋼道路橋塗装・防食便覧²⁾にも示されている。さらに近年、開発が遅れていた有機ジンクリッチペイントについても弱溶剤形塗料が製造されるようになり、その結果、全ての塗料に弱溶剤形塗料を用いた重防食塗替塗装系を構成できる状況となった。

3種ケレンによる塗替えでは、防食下地に用いる有機ジンクリッチペイントと既存塗膜との塗り重ねが避けられないため、従来、塩化ゴム系塗料の重防食仕様での塗替えは1種ケレンを原則としてきたが、防食下地を含めた全ての塗料を弱溶剤形とすれば塩化ゴム系塗料の再溶解防止に有効と考えられ、その適用性を検証するために、以下の調査及び試験を実施した。

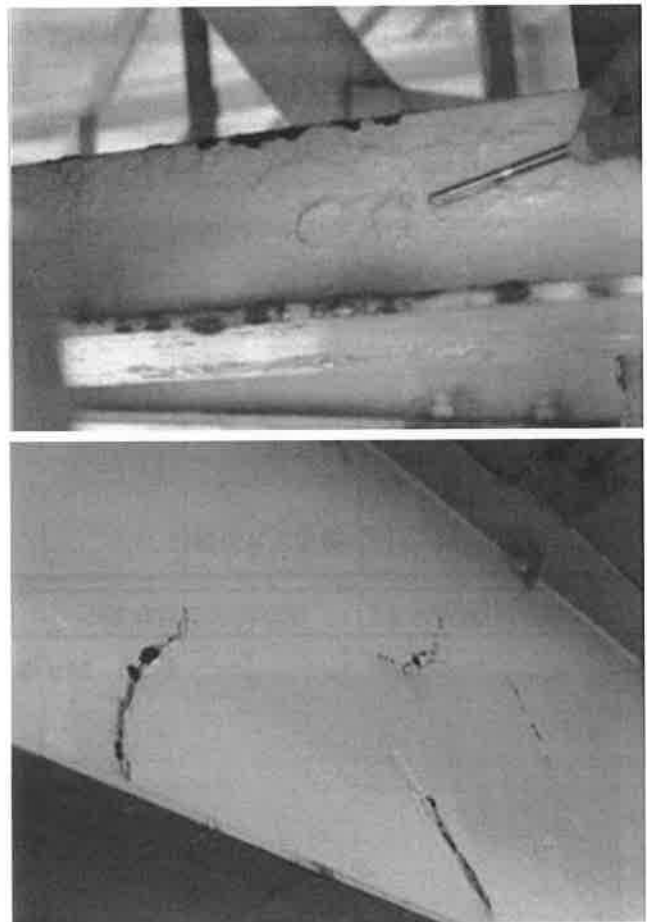


写真-1 早期変状の事例

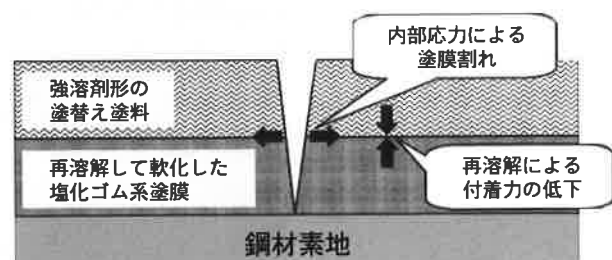


図-1 変状発生メカニズム

- ①弱溶剤形塗料を塩化ゴム系塗膜の実橋に塗布し、再溶解程度を調査
- ②弱溶剤形塗料のみで構成した重防食塗装系の耐複合サイクル防食性試験

4. 実橋での再溶解調査

4.1 調査概要

塩化ゴム系塗膜の再溶解防止に弱溶剤形塗料が有効であるかどうか確認するため、実橋で下記の調査を実施した。

- ①塗料の成分の一つである溶剤（弱溶剤及び強溶剤）を既存塩化ゴム系塗膜上に直接塗布し、それぞれの再溶解量を比較
- ②変性エポキシ樹脂塗料（弱溶剤形及び強溶剤形）を既存塩化ゴム系塗膜上に塗布し、塩化ゴム系塗膜の軟化程度を比較

4.2 溶剤直接塗布による再溶解調査

本調査では、塗料メーカーが異なる実橋3橋の塩化ゴ

ム系塗膜面にそれぞれ3箇所測定面を設け、刷毛で弱溶剤及び強溶剤をそれぞれ直接塗布し、養生後に鋼製のへらで再溶解した塗膜を削り取った後に残存膜厚を測定した。調査手順を図-2に、溶解度の測定結果を図-3に、削り取り前後の塗装面の状況を写真-2に示す。

この結果より、強溶剤を塗布した場合、既存塩化ゴム

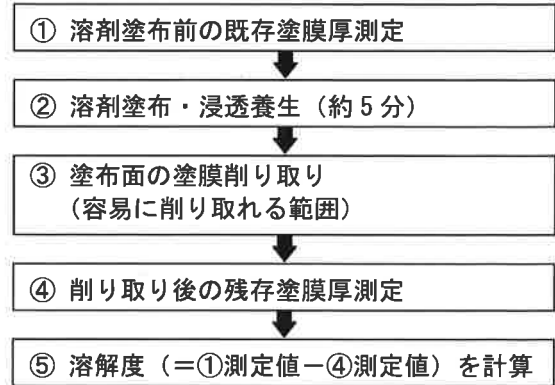


図-2 溶剤直接塗布による再溶解調査の手順

	強溶剤直接塗布			弱溶剤直接塗布		
	A橋	B橋	C橋	A橋	B橋	C橋
<上塗り 30 μm> 塩化ゴム系塗料	23, 23, 29	10, 15	10, 15	1, 0, -1	8, 3, 3	4, 0, 2
<中塗り 35 μm> 塩化ゴム系塗料						
<中塗り MIO>						
平均再溶解膜厚	32.7	23.7	2.3	0.0	4.7	2.0

図-3 削り取り後の膜厚測定結果

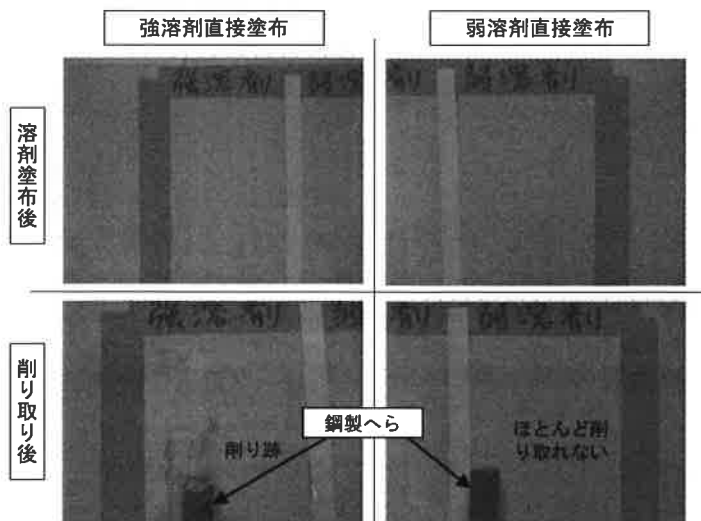


写真-2 溶剤塗布後と削り取り後の状況

塗料の中塗り位置まで再溶解したケースがあるのに対し、弱溶剤の場合はほとんど再溶解が確認されず、最大でも表面の数 μm 程度であった。以上より、弱溶剤は塩化ゴム系塗料の内部に影響を及ぼさないことが確認された。

4.3 塗料塗り重ねによる再溶解調査

本調査では、実橋2橋の塩化ゴム系塗膜面に測定面を設け、塗替え塗装で使用する変性エポキシ樹脂塗料の弱溶剤形及び強溶剤形それぞれを塗布し、気中養生1日後及び数日後に鋼製のへらで削り取りを行った。調査手順を図-4に、調査結果として削り取り後の状況を写真-3に示す。

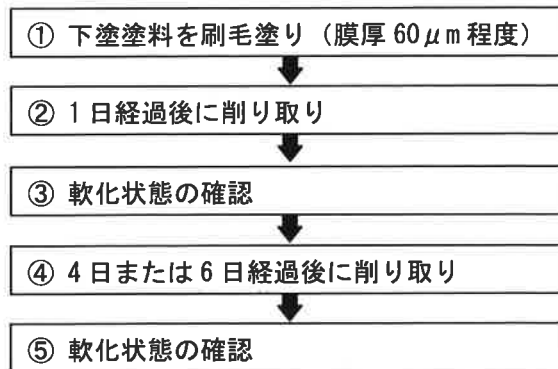


図-4 塗料塗り重ねによる再溶解調査の手順

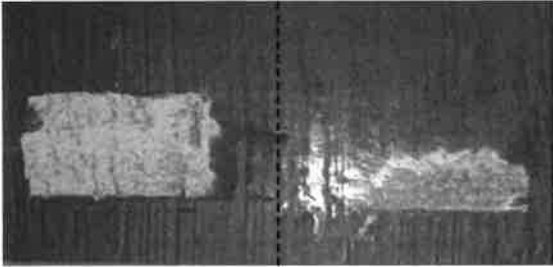
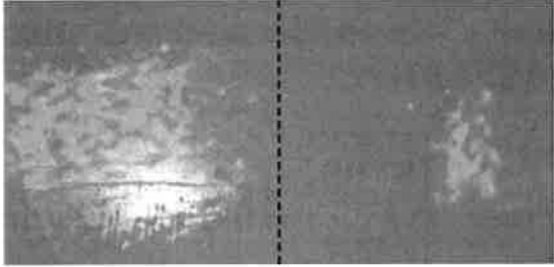
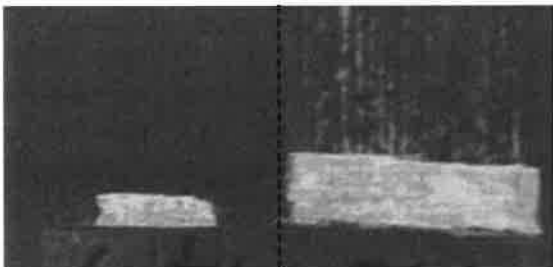
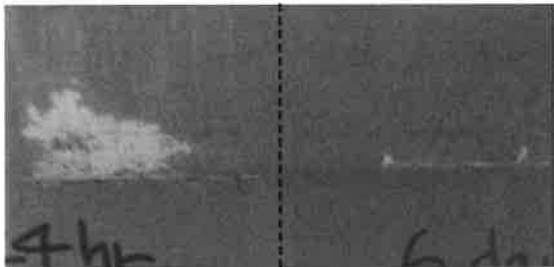
	強溶剤直接塗布		弱溶剤直接塗布	
A橋	1日経過後の削り面	4日経過後の削り面	1日経過後の削り面	4日経過後の削り面
	 <p>旧塩化ゴム塗膜から削り取られる</p>		 <p>旧塩化ゴム塗膜は削り取れない</p>	
B橋	6日経過後の削り面	1日経過後の削り面	1日経過後の削り面	6日経過後の削り面
	 <p>旧塩化ゴム塗膜から削り取られる</p>		 <p>旧塩化ゴム塗膜は削り取れない</p>	

写真-3 下塗り塗料塗布後に削り取った状況

この結果より、強溶剤形塗料では塗料に含まれる溶剤の影響で塩化ゴム系塗膜が軟化層として残置され、塩化ゴム系塗膜の内部から削り取られることが確認された。一方、弱溶剤形塗料では既存塗膜まで削り取られることはなく、塗り重ねによる悪影響は生じないことが確認された。

5. 耐複合サイクル防食性試験

弱溶剤形塗料のみで構成された重防食塗装仕様の防食性を確認する目的で、NEXCO 試験方法³⁾に定める耐複合サイクル防食性試験による検証を行った。

試験では、各層全てに弱溶剤形塗料を用いた仕様（以下、「弱溶剤形仕様」という）と、各層全てに強溶剤形塗料を用いた仕様（以下、「強溶剤形仕様」という）とを比較することにより、弱溶剤形仕様の防食性を検証することとした。

試験板には長期暴露試験に供したさび板を使用し、素地調整の種類は、プラスト及びディスクサンダーの2種類とした。素地調整後の試験板を写真-4に示す。

この試験板に、表-3に示す仕様の塗装系を塗布し、耐複合サイクル防食性試験に供した。実施した試験ケー

表-3 耐複合サイクル防食性試験に用いた塗装仕様

塗料	施工方法	標準膜厚 (μm)
有機ジンクリッチペイント	ハケ	30
有機ジンクリッチペイント	ハケ	30
変性エポキシ樹脂塗料下塗	ハケ	60
変性エポキシ樹脂塗料下塗	ハケ	60
ふっ素樹脂塗料用中塗	ハケ	30
ふっ素樹脂塗料上塗	ハケ	25

表-4 試験ケース

No.	溶剤種別	素地調整種別
1	強溶剤形仕様	プラスト
2		ディスクサンダー
3	弱溶剤形仕様	プラスト
4		ディスクサンダー

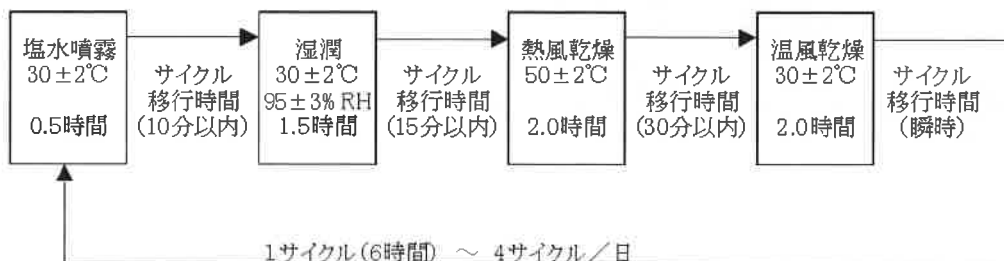


図-5 耐複合サイクル防食性試験の試験条件

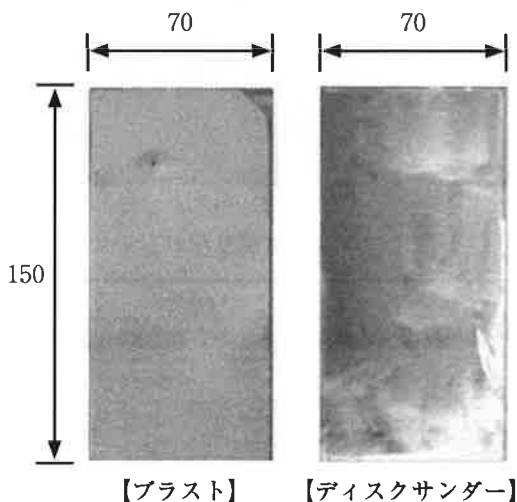


写真-4 素地調整後の試験板

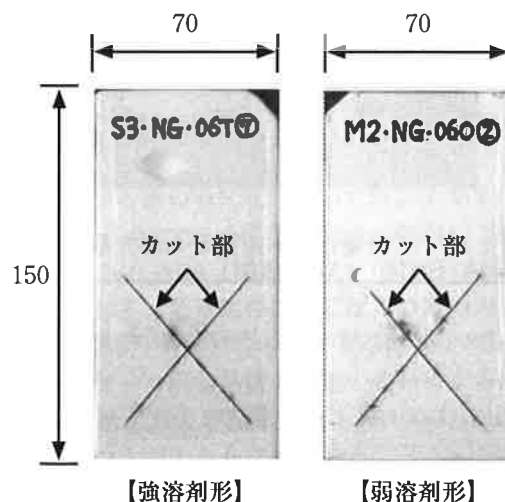


写真-5 120日試験後の試験板

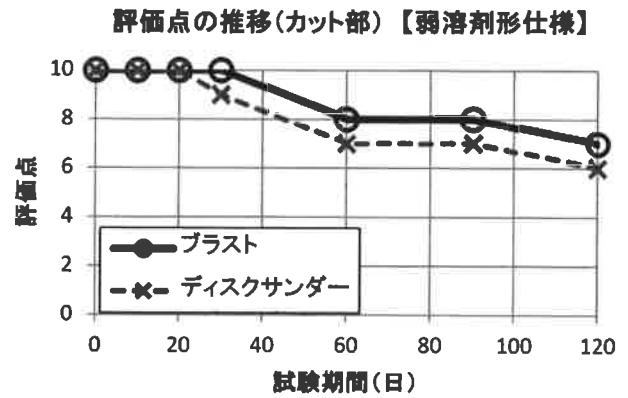
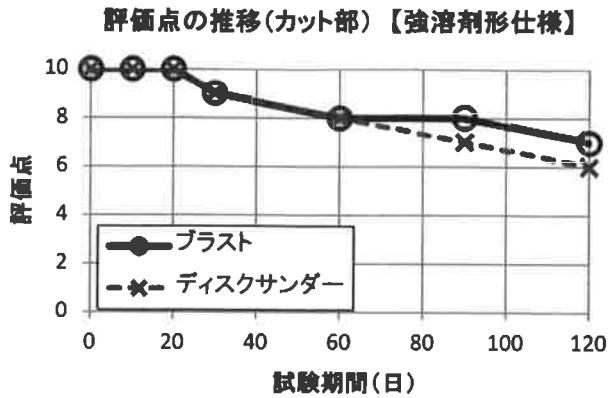


図-6 耐複合サイクル防食性試験結果

スを表-4に、試験条件を図-5に示す。

試験結果として、耐複合サイクル防食性試験120日後の試験板を写真-5に、120日間の試験板カット部における評価点の推移を図-6に示す。

この結果より、弱溶剤形仕様は、一般的に使用されている強溶剤形仕様と同等の防食性を有し、耐久性に問題ないことが確認された。

6. まとめ

本稿では、3種ケレンによる塗替えが困難とされてきた既存塩化ゴム系塗膜に対し、弱溶剤形塗料のみで構成した重防食塗装系による塗替えの適用性について、実橋調査及び室内試験により検討した。結果をまとめると次のとおりである。

- ①塩化ゴム系塗膜上に弱溶剤形塗料を塗り重ねても、既存塗膜の再溶解は生じない。
- ②弱溶剤形塗料のみで構成した重防食塗装仕様の防食性は、強溶剤形塗料で構成した仕様と同等である。

以上より、弱溶剤形塗料のみで構成した重防食塗装系を塗替え塗装に適用することにより、既存塩化ゴム系塗膜に対しても、3種ケレンによる塗替えの選定が可能であることを検証できた。

本稿で提案した塗替え仕様を用い、調査と並行して実橋3橋で試験施工を実施したが、施工後約2年経過した現在において特に変状は確認されていない。このことから、塗替え後早期に変状が生じるリスクは解消できたものと考えられる。

今後は、旧塩化ゴム系塗膜の既設橋に対しても、旧一般塗装系の塗替えと同様に、腐食状況や既存の塗膜厚、部材特性などに応じて1種ケレンと3種ケレンを使い分けることで、費用対効果の最適化が図られ、合理的に塗替え塗装が進展することを期待したい。

【参考文献】

- 1) 東・中・西日本高速道路(株)：設計要領第二集 橋梁保全編、2013.7
- 2) (社)日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧、2005.12
- 3) 東・中・西日本高速道路(株)：NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験方法、2013.7