

無機形塗料の性能報告

(一社)無機質コーティング協会 ○内藤義巳 平良一夫
平良考之

1. はじめに

高度成長期に建設された多くの道路や橋梁、トンネル等の社会インフラは、現在老朽化が進んでいる。例えば、全国の道路橋約 73 万橋(橋長 2m 以上)のうち、建設後 50 年経過した橋梁は 2023 年で約 37%であるが、2030 年では約 54%、さらに 2040 年では約 75%に達するといわれている。¹⁾老朽化していく社会インフラを守るためには、適切な補修工事を施し、それによって長寿命化を図ることが社会の喫緊な課題となっている。一方では、高齢化社会へ進む国と地方の財政はひっ迫し、建設分野の人手不足も深刻な状況になってきている。

当協会の無溶剤無機形塗料は、超耐候性で、省工程・工期短縮が可能であり、更に環境にやさしいという特長を有している。直面する社会インフラの長寿命化に貢献する最も適した塗料は、無溶剤無機形塗料であると確信しており、以下に無溶剤無機形塗料の性能を報告する。

2. 無溶剤無機形塗料とは

ここで言う無溶剤無機形塗料とは、有機溶剤を含まず、樹脂成分中に図 1 のオルガノポリシロキサンを 90%以上含有する塗料のことである。図 2 にそのオリゴマーの架橋(縮合重合)の模式図を示す。主鎖は-Si-O-Si-の結合である。

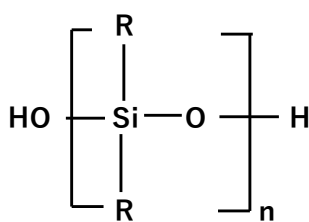


図 1 オルガノポリシロキサン

図 2 オリゴマーの架橋模式図²⁾

3. 無溶剤無機形塗料の超耐候性・耐紫外線性

地上に到達する太陽光は、紫外線の波長が短いほどエネルギーが大であるため、樹脂の化学結合を切断し易くなる。

化学結合とその解離エネルギーおよび紫外線³⁾の関係を表 1 に示す。

表 1 化学結合の解離エネルギーと紫外線の関係

化学結合	化学結合を有する樹脂	解離エネルギー (KJ/mole)	解離エネルギーを有する紫外線の到達・吸収
C-C	一般有機樹脂の主鎖 ふっ素樹脂の主鎖	335	地上まで到達 UV-A (315～400nm)
C-F	ふっ素樹脂の側鎖	498	成層圏オゾン層で吸収 UV-C (200～80nm)
Si-O	無機形樹脂の主鎖	452	成層圏オゾン層で吸収 UV-C (200～80nm)

一般有機樹脂およびふっ素樹脂の主鎖は、地上まで到達する紫外線 UV-A により解離し易く、劣化し易い。

ふっ素樹脂の側鎖および無機形樹脂の主鎖は、UV-A では解離し難く、劣化し難い。

ふっ素樹脂の側鎖および無機形樹脂の主鎖は、UV-C により解離するが、UV-C は成層圏オゾン層で吸収されて、地上には到達しない。

従って、地上での紫外線に対する耐久性は、無機形樹脂＞ふっ素樹脂＞一般有機樹脂の順に優れている。

4. 沖縄県宮古島暴露試験

4-1. 試験の概要(抜粋)

阪神高速技術株式会社と一般社団法人無機質コーティング協会は、共同で無溶剤無機形塗料の暴露試験を実施した。

試験場所：(一財)日本ウェザリングテストセンター宮古島暴露場(山側)

暴露期間：2017年3月～2022年2月 5年間

試験板の塗装：(一財)日本塗料検査協会

4-2. 塗装仕様

表 2 塗装仕様

素地調整：ブラスト ISO Sa 2 1/2 共通

仕様 No	工 程	塗 料 名	乾燥膜厚(μm)
MM-A (C-C-5①) 3-0	防食下地	無機ジンクリッチペイント	75
	ミストコート	無溶剤無機形塗料下塗	—
	下塗	無溶剤無機形塗料下塗	75
	上塗	無溶剤無機形塗料上塗	60
MM-B (C-C-5②) 3-0	下塗	無溶剤無機形塗料下塗	75
	上塗	無溶剤無機形塗料上塗	60
MM-C (C-5) 3-0	防食下地	無機ジンクリッチペイント	75
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—
	下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	120
	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25

4-3. 試験結果

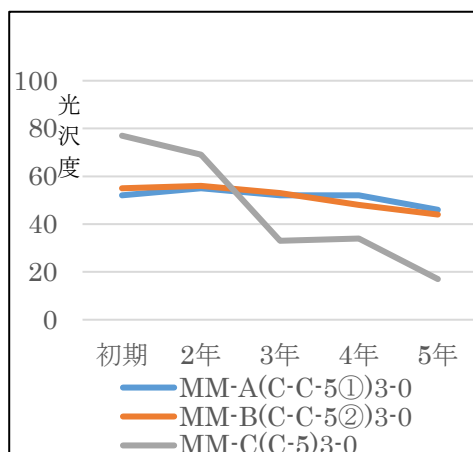


図3 暴露年数と光沢度変化

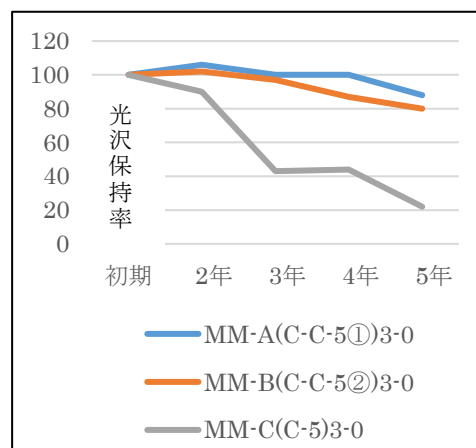


図4 暴露年数と光沢保持率

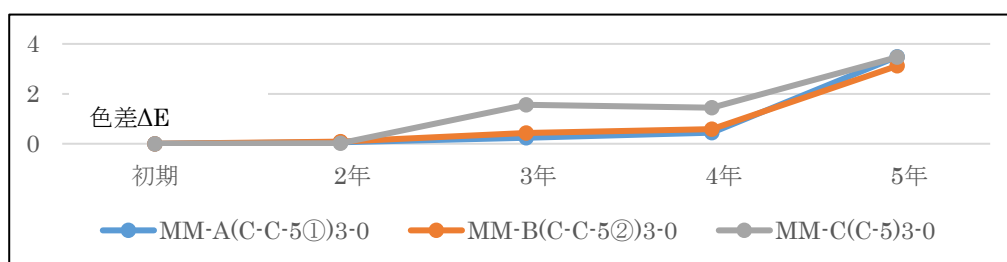


図5 暴露年数と色差

表3 その他試験結果

		MM-A(C-C-5①)3-0	MM-B(C-C-5②)3-0	MM-C(C-5)3-0	備考
付着力試験 (N/mm ²)	3年	10.96 素地/接着剤95 接着剤内5	9.96 素地/接着剤95 接着剤内5	13.23 素地/接着剤90 接着剤内10	プルオフ法 剥離層
白亜化	3年	0(なし)	0(なし)	1	テープ法
	5年	0(なし)	0(なし)	2	
塗膜の外観 4年	さび	0	0	0	JIS K 5600-8-1~5
	はがれ	0	0	0	
	われ	0	0	0	
	ふくれ	0	0	0	
	カット部さび流れ(mm)	0	10	0	

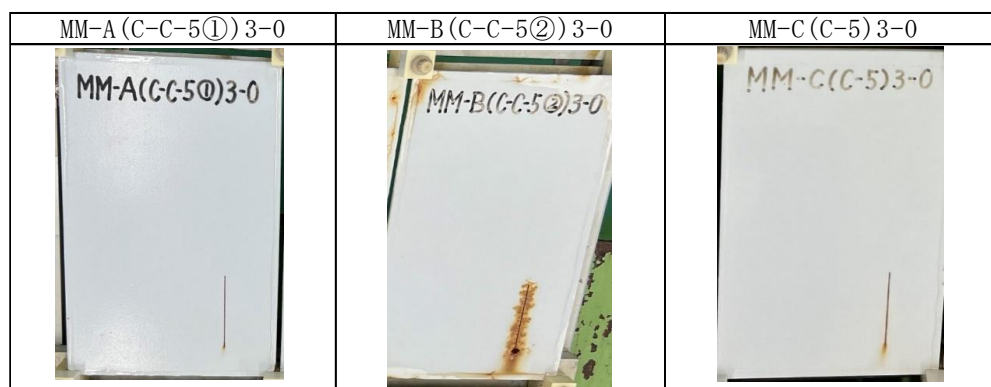


図6 暴露試験板 5年暴露後

4－4．試験結果のまとめと考察

- (1) 初期光沢度は、MM-C(77)>MM-B(55)>MM-A(52)の順に高い。()内は光沢度。
 - (2) 暴露 5 年後の光沢度は、MM-A(46)>MM-B(44)>MM-C(17)の順に高い。
 - (3) 光沢保持率(%)は、MM-A(88)>MM-B(80)>MM-C(22)の順に高い。
 - (4) 色差(ΔE)は、有意差がなく、いずれも変退色は小さい。
 - (5) 付着力は、いずれも高く良好である。
 - (6) 白亜化は、MM-C は 3 年(白亜化程度 1)、5 年(同 2)で確認されたが、MM-A、MM-B はない。
 - (7) 塗膜の外観のカット部からのさび汁流れは、MM-B のみあるが、MM-A、MM-C は無く良好である。さび汁流れはジンクリッチペイントの有無が影響したものとする。
 - (8) 塗膜の外観は、さび、ふくれ、はがれ、われはなく、いずれも良好である。
- 以上のことから、無溶剤無機形塗料の優位性が確認された。

5．本州四国連絡高速道路 大鳴門橋 5A アンカレイジ上自動車防護柵試験塗装

本州四国連絡高速道路株式会社と共同で試験塗装を実施した。

- (1) 施工年:2017 年
- (2) 調査日:2024 年 9 月 7 年経過
- (3) 調査箇所: 大鳴門橋 5A アンカレイジ上自動車防護柵
- (4) 調査項目:60 度鏡面光沢度、目視調査、白亜化

5－1．塗装仕様

表 4 塗装仕様

			使用量(g/m ²)	乾燥膜厚(μm)
仕様B	素地調整	ビーム 2種 支柱 3種		
	補修塗り 第1層	無溶剤無機形塗料下塗 無溶剤無機形塗料下塗	(170) 170	(75) 75
仕様C	素地調整	ビーム 2種 支柱 3種		
	補修塗り 第1層	無溶剤無機形塗料下塗 無溶剤無機形塗料下塗	(170) 170	(75) 75
	第2層	無溶剤無機形塗料下塗	170	75
仕様D	素地調整	ビーム 2種 支柱 3種		
	補修塗り 第1層	無溶剤無機形塗料下塗 無溶剤無機形塗料下塗	(130) 130	(50) 50
	第2層	無溶剤無機形塗料上塗	140	60
仕様F	素地調整	ビーム 2種 支柱 3種		
	第1層	エポキシプライマー	200	60
	第2層	弱溶剤ふっ素用中塗	140	30
	第3層	弱溶剤ふっ素上塗	120	25

5－2．試験結果

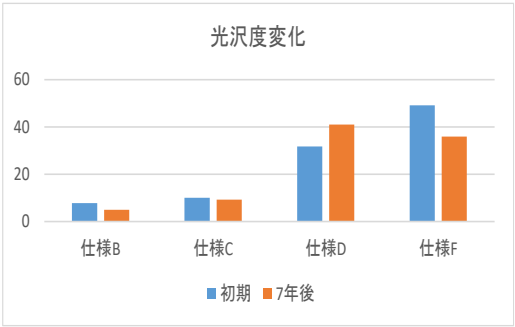


図 7 光沢度変化

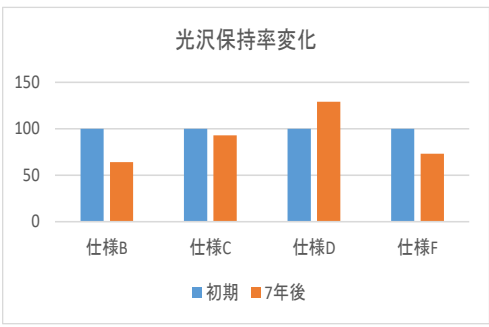


図 8 光沢保持率変化

5－3．試験結果のまとめと考察

(1)60 度鏡面光沢度は、艶あり仕上げの仕様 D は(初期)32、(7 年後)41 であり、仕様 F は(初期)49、(7 年後)36 である。光沢保持率は仕様 D 128%、仕様 F 73%である。仕様 D は保持率が 100%を超えているが、これは表面が初期より平らになっているためと思われ、表面劣化は進行していないと考えられる。

表 5 外観 白亜化の結果

	外観	白亜化
仕様B	異常なし	なし
仕様C	異常なし	なし
仕様D	異常なし	なし
仕様F	異常なし	少しあり

(2)外観(さび、ふくれ、はがれ、われ)は、いずれの仕様も異常は確認されなかった。
(3)白亜化は、仕様 F は少し確認されたが、その他の仕様では、確認されなかった。
以上のことから、無溶剤無機形塗料の優位性が確認された。



図 9 大鳴門橋 5A アンカレイジ上自動車防護柵試験塗装 7 年経過

6．本州四国連絡高速道路 六間川橋試験塗装の経過確認

- (1)試験塗装:1995 年
- (2)確認日:2024 年 11 月 29 年経過
- (3)塗装仕様:3 種ケレン 変性エポキシ樹脂塗料＋無溶剤無機形塗料上塗 1 回塗り
- (4)確認日の塗膜外観:ふくれ、われ、はがれ、汚れなく健全である。

ウェブおよび下フランジ下面は光沢が残存しており、太陽光線を反射する。



図 10 六間川橋試験塗装桁全景 図 11 ウェブ 太陽光線反射 図 12 下フランジ 下面同反射

7. 沖縄県うるま市民家試験塗装の経過確認

- (1) 試験塗装:1995 年
- (2) 確認日:2024 年 11 月 29 年経過
- (3) 塗装仕様:素地調整後 無溶剤無機形塗料 2 回塗り
- (4) 確認日の塗膜外観:白亜化、ふくれ、われ、はがれ、汚れなく健全である。



図 13 うるま市民家 29 年経過



図 14 白亜化の確認



図 15 白亜化なし

8. 京阪電気鉄道 駅ホーム柵

- (1) 試験塗装:2006 年
- (2) 確認日:2024 年 10 月 24 日 18 年経過
- (3) 塗装仕様:変性エポキシ下塗+無溶剤無機形塗料 その他上塗
- (4) 確認日の塗膜外観:無溶剤無機形塗料は変退色小、ふくれ、はがれ、われ、汚れなく健全である。シリコン変性エポキシ仕上げは変退色大、汚れが大である。ポリウレタン仕上げは変退色大、白亜大である。



図 16 駅ホーム柵全景



図 17 無溶剤無機形塗料仕上げ



図 18 シリコン変性エポキシ仕上げ



図 19 ポリウレタン仕上げ

9. まとめ

暴露試験結果および試験塗装の経過確認結果から、無溶剤無機形塗料の高耐久性が確認された。無溶剤無機形塗料を適用し、適切な補修塗装工事を施すことにより、喫緊の課題である老朽化が進む社会インフラの長寿命化に貢献できるものと結論する。

以上

1) 社会資本の老朽化の現状と将来—インフラメンテナンス情報, 国土交通省

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research>

2) シリコンシリコン&シリコン(2021 年 6 月現在), 信越化学工業(株)カタログ 16 頁

3) 太陽紫外線の概要 125 頁, 環境省

<https://www.env.go.jp/earth/ozone/qa>