

# 第28回 塗料・塗装研究発表会

## 講演予稿集

期 日 2013年3月7日(木)

会 場 工学院大学 新宿キャンパス3階  
アーバンテックホール

場 所 東京都新宿区西新宿1-24-2

PREPRINTS OF THE TWENTY-EIGHTH CONFERENCE  
ON PAINT AND COATING TECHNOLOGY

MARCH 7, 2013

KOGAKUIN UNIVERSITY  
Sinjuku-ku, Tokyo, JAPAN

JCOT

主 催 日本塗装技術協会

〒157-0066 東京都世田谷区成城7-30-7  
TEL: 03-6411-9236 Fax: 03-6411-9861

Sponsored by Japan Coating Technology Association  
7-3-7Seijo, setagaya-ku, Tokyo, JAPAN  
TEL: 03-3663-5534 FAX: 03-3663-6009

## 第28回 塗料・塗装研究発表会

### 目 次

< 9 : 30 ~ 10 : 30 >		座長 永嶋 康彦 (日本パーカラライジング)		
1.	流速依存性を考慮した電着塗装シミュレーションのための塗膜析出モデル	東京工業大学大学院	○長井悠、大西有希、天谷賢治	..... 1
2.	テラヘルツ・パルス・エコー法を用いた不透明薄膜の非接触リモート膜厚計測	徳島大学大学院	中村翔太、谷池亮人、○安井武史	..... 7
3.	回転基板上の液膜から放出される液滴のサイズ分布に対する基板形状の影響	慶應義塾大学理工学部	○道浦千恵、岡野久仁彦、朝倉浩一	..... 12
< 10 : 40 ~ 12 : 00 >		座長 本田 康史 (BASFジャパン)		
4.	架橋アクリル微粒子の調製と塗料用途への展開	綜研化学㈱	○小萱亜矢	..... 17
5.	超撥水撥油性の高分子マイクロおよびナノ粒子の製造	豊橋技術科学大学大学院	○吉田絵里	..... 22
6.	塗膜の雨スジ汚染性と雨滴挙動の関係	関西ペイント㈱	○宇留嶋秀人、森健二、木村友哉、松田英樹	..... 26
7.	塗膜の熱特性に関する評価	東日本電信電話㈱ 日本電信電話㈱	○赤毛勇一、高谷雅昭 齋藤博之	..... 31
〔特別講演1〕				
< 12 : 00 ~ 12 : 40 >		座長 檜原 篤尚 (関西ペイント)		
演 題	「粒子含有薄膜の構造に対するせん断作用」	神戸大学大学院	准教授 菰田 悦之 先生	..... 36
< 13 : 40 ~ 14 : 20 >		座長 古川 博康 (新日鐵住金)		
8.	塗料物性が噴霧塗装に及ぼす影響の流体力学的考察	海上技術安全研究所	○藤本修平	..... 41
9.	二流体スプレー塗装 噴霧塗料ミスト径の予測	三菱電機㈱	○澤田準平、増田暁雄	..... 46

<14:20~15:00> 座長 森山 信 (日本ペイント)

10. 水性塗料用エア静電ハンドガンの開発について ..... 5 1  
旭サナック(株) ○桜井宣文

11. 摩擦帯電式静電粉体塗装特性に与える塗装ガン操作条件と塗料粒子特性による影響 ..... 5 5  
同志社大学 ○又野直也、本田弘旭、平野雄貴、下坂厚子、  
白川善幸、日高重助  
旭サナック(株) 伊藤春揮、柳田建三

<15:10~16:10> 座長 伊藤 春揮 (旭サナック)

12. 外装建材向けカラー鋼板用クロムフリープライマーの開発 ..... 6 1  
BASF ジャパン(株) 竹内義智、○西田信博、八木信司、辻田隆広

13. 鉄道鋼橋りょう塗替え塗装における塗装の自動化に関する検討 ..... 6 6  
関西ペイント(株) ○市川昭人、中岡豊人、竹内徹  
東日本旅客鉄道(株) 内藤孝和、露木寿、

14. ポリオレフィン樹脂塗料による橋梁用排水管の耐久性向上に向けた取組み ..... 7 1  
中日本高速道路 ○河合正則、酒井修平、山田達哉  
(株)トーチ 塘地豊  
鹿島建設(株) 伊藤成樹

〔特別講演 2〕

<16:10~16:50> 座長 工藤 一秋 (東京大学生産技術研究所)

演 題 「生物資源は地球のソフトウェア、自然に学ぶものづくり」 ..... 7 6  
東京農業大学 教授 長島 孝行 先生

# ポリオレフィン樹脂塗料による 橋梁用排水管の耐久性向上に向けた取組み

中日本高速道路株式会社    〇河合 まさのり、さかい しゅうへい、やまだ たつや  
株式会社トーチ            とうち ゆたか  
鹿島建設株式会社        いとう しげき  
伊藤 成樹

## 1. はじめに

近年、橋梁の老朽化対策が社会的な問題となっている。排水管からの漏水が要因で、橋梁本体の局部的な劣化を促進している事例も少なくない。(写真-1) そのような背景から新東名高速道路の橋梁では、排水管の耐久性向上を目的に各種の取組みを行っている。

橋脚排水管はVP管（硬質塩化ビニル管）やFRP管（強化プラスチック管）といった樹脂成型品が採用され、その表面に何らかの表面保護工をする場合には研磨またはプライマー処理が必要であるが、表面保護工の耐久性および施工性と品質管理に課題があった。本文では、紫外線の影響を受ける橋脚排水管を対象として、そうした処理を必要としないポリオレフィン樹脂塗料（特許第 4796326号）（以下、タンクステンコート）の表面保護工としての紫外線劣化に対する耐久性に関する確認試験と、実橋での試験施工について報告する。

## 2. 橋梁用排水管の損傷事例と耐久性向上

近年の集中豪雨の増化や橋梁の構造が高橋脚化および広幅員・長支間化したことに伴い、個々の排水装置に求められる排水容量が増加する例が多くなっている。その結果、排水管の振動や流水による伸縮管の圧力変化などの負担が大きくなっている。また、温度変化による桁と排水管の伸縮差により、分岐管や曲管などの隅角部に応力集中が発生する。それらの影響が排水管の損傷の主な原因となるが、管路が劣化した場合は、さらに損傷が発生しやすくなる。(写真-2)

排水管が損傷した場合、取り替えなどの維持管理作業が必要となるが、高橋脚ではそれらの作業は非常に困難でありコストも大きくなる。そのため取り替えが難しい場所の排水管については鋼管を用いるなどの例が少なくない。しかし一方で鋼管では腐食が問題となる。特に高速道路においては冬期の路面凍結対策として凍結防止剤を散布するが、排水管はそれらの影響を直接受けるため最も腐食しやすい部材の一つとなっている。(写真-3)

このようなことから排水装置は維持管理がしやすい位置に配置にするとともに、高橋脚などの維持管理が困難な個所においては十分な耐久性を有する排水管が求められている。

排水管の耐久性向上としては、管の材質からアプローチする必要がある。鋼管については、管路内部の防食性の向上、樹脂

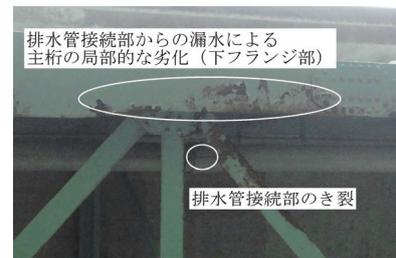


写真-1 排水管の損傷による桁の劣化



写真-2 VP管の損傷



写真-3 鋼管の損傷

成型品については紫外線に対する劣化を抑制することになる。

そこで、本稿では後者に関して検討した取組みについて紹介する。

### 3. 促進耐候性試験および劣化評価

#### 3.1 試験概要

橋脚排水管にタンクステンコートを塗布した場合の紫外線劣化に対する有用性を確認するため、橋脚排水管として一般的に使用される FRP 板および PVC 板の 2 種類の材料に対し、タンクステンコートを塗布したものと、参考としてフッ素樹脂塗装を塗布したものとで以下の方法により促進耐候性試験を行い、外観・付着性・白亜化・塗膜強度・母材観察の 5 項目において評価を行った

#### 3.2 被塗物

被塗物は実橋での使用実績が多い材質として、FRP 管・FRPM 管を想定した FRP 製（表-1）と VP 管・VU 管を想定した PVC 製（表-2）の 2 種類とした。

表-1 FRP 供試体の諸元

項目	試験片寸法 (mm)	促進試験前(0時間)		促進試験後(500時間)	
		識別記号	N数	識別記号	N数
無塗装	100×50×3	FA0-	3	FA50-	3
タンクステンコート	100×50×3	FB0-	3	FB50-	3
フッ素樹脂塗装	100×50×3	FC0-	3	FC50-	3

表-2 PVC 供試体の諸元

項目	試験片寸法 (mm)	促進試験前(0時間)		促進試験後(500時間)	
		識別記号	N数	識別記号	N数
無塗装	100×50×5	VA0-	3	VA50-	3
タンクステンコート	100×50×5	VB0-	3	VB50-	3
フッ素樹脂塗装	100×50×5	VC0-	3	VC50-	3

#### 3.3 塗装仕様

塗装仕様は、タンクステンコート塗装と対比較することを目的に一般橋梁の外表面塗装で使用されるフッ素樹脂塗装の 2 種類とした。（表-3）

表-3 塗装仕様

塗装の種類	タンクステンコート塗装	(参考)フッ素樹脂塗装
下地処理	脱脂(メタノール洗浄)	脱脂(メタノール洗浄) 研磨処理(耐水研磨紙#400)
塗装方法	エアースプレー	エアースプレー
塗膜厚	3回塗り 100μm	下塗り 厚膜形エポキシ樹脂塗料 120μm 中塗り フッ素樹脂塗料中塗り用 30μm 上塗り フッ素樹脂塗料上塗り用 25μm

#### 3.4 促進耐候性試験機

促進耐候性試験機の仕様を表-4 に示す。試験時間は 500 時間（屋外暴露換算時間 15 年相当）とし、工程は照射 6 時間と結露 2 時間の繰り返しで行った。

表-4 促進耐候性試験機の仕様

項目	内容
試験機	アイスーパーUV テスター (SUV-W151 岩崎電気(株))
投入時間	500 時間
工程	照射 6 時間→結露 2 時間 (工程の前後に 30 秒間シャワー) ※繰り返し

#### 3.5 劣化に対する評価

劣化に対する評価は塗膜の劣化状況を確認する目的で、表-5 に示す(1)~(4)の項目について行った。また、タンクステンコートを塗布したテストピースの母材の劣化状況を確認する目的で、表-5 に示す(5)母材観察の評価を行った。

表-5 劣化に対する評価項目

項目	評価方法
(1)外観	塗装有無の違いによる経年劣化による外観変化の確認 試験機未投入のテストピースを目視により比較・評価
(2)付着性	促進試験機投入前後に JIS K 5400-8.5 に準拠し残存目数で評価 (基準目試験 5mm幅 9マス)
(3)白亜化	促進試験機投入後に JIS K 5400-8.6 に準拠し評価(白亜化試験)
(4)塗膜強度	JIS K 7203 に準じた曲げ試験を行い母材が破壊された時の塗膜物性を目視にて評価
(5)母材観察	タンクステンコートを塗布したテストピースの塗膜を専用の剥離剤で剥離して目視にて評価

#### 4. 評価結果

##### 4.1 外観

各試験片の促進耐候性試験前後の状況を表-6に示す。

500時間（屋外暴露換算時間15年相当）の促進耐候性試験を行い、経年劣化が外観に表れるか試験前後で比較、評価した。

試験後、無塗装のテストピースの比較では、FRP板は変色とガラス繊維の露出が確認された。無塗装のPVC板は白亜化（チョーキング）が確認された。無塗装の樹脂成型品は紫外線による劣化が顕著に外観に表れていることが確認された。

タンクステンコートを塗装したテストピースはFRP板、PVC板共に試験前後の外観に特に変化は確認されず、塗膜の耐候性については良好であることが確認された。

フッ素樹脂を塗装したテストピースについてもFRP板、PVC板共に試験前後の外観に特に変化は確認されず、塗膜の耐候性は良好であることが確認された。

##### 4.2 付着性

経年劣化による付着性の変化を評価するため、試験機投入前後で基盤目試験を行った。試験はJIS K 5400-8.5に準拠し基盤目数は5mm幅の9マス目に対する残存目数で評価した。

タンクステンコートは、試験機投入前後のFRP板・PVC板のいずれにおいても全てのマス目が残存することが確認された。

フッ素樹脂は全てのマス目が残存したが、一部基盤目の角に厚膜エポキシ樹脂との層間剥離が確認された(表-7)

表-6 外観評価結果

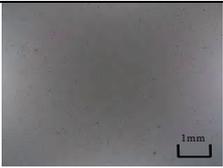
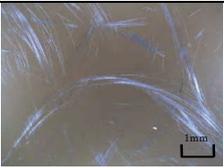
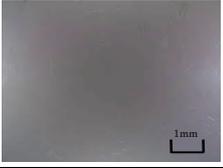
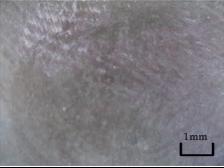
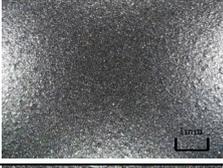
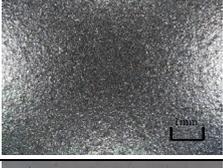
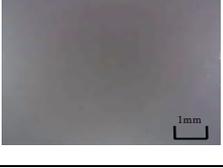
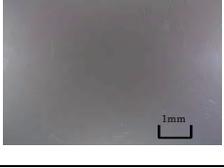
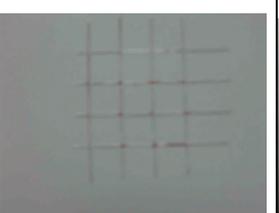
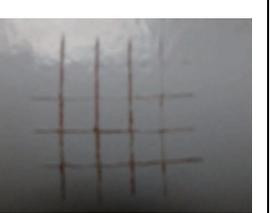
塗装の種類	テストピース	試験前	試験後
無塗装	FRP		
	PVC		
タンクステンコート	FRP		
	PVC		
(参考) フッ素樹脂	FRP		
	PVC		

表-7 基盤目試験結果

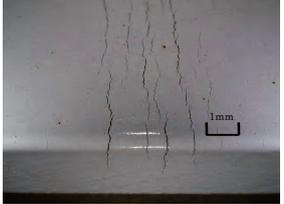
塗装種類	タンクステンコート		フッ素樹脂	
	試験機投入前	試験機投入後	試験機投入前	試験機投入後
写真				

### 4.3 白亜化

塗膜の耐候性を評価するために JIS K 5400-8.6 に準拠し白亜化試験を実施した。試験機投入後にテストピースのテープ剥離を行い、テープに付着している付着物を黒色の背景面に貼り付けコントラストにより等級 1～5 で評価した。

結果は、タンクステンコートの評価は FRP 板、PVC 板ともに等級 1 となりその塗膜の耐候性は良好であることが確認された。フッ素樹脂も等級 1 となりその塗膜の耐候性も良好であることが確認された。

表-8 塗膜強度結果

塗装種類	タンクステンコート	フッ素樹脂
テストピース	FRP	FRP
写真		

### 4.4 塗膜強度

塗膜強度を確認するため、JIS K 7203 に準拠した母材に対する曲げ試験を行い、塗膜の状態を目視にて評価した。

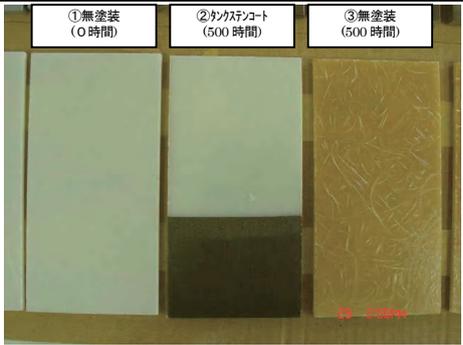
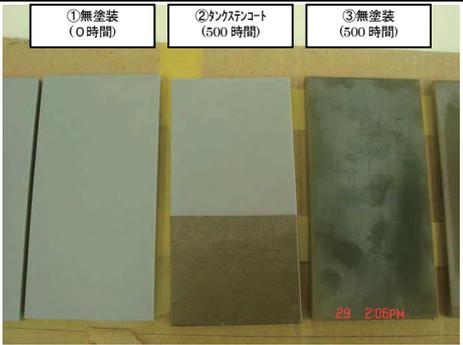
タンクステンコート塗装は、FRP 板・PVC 板ともに母材が破壊されても塗膜表面に変化はないことが確認された。

フッ素樹脂塗装は、FRP 板・PVC 板ともに母材が破壊された時点で塗膜表面に亀裂が発生した。(表-8)

### 4.5 母材観察

促進耐候性試験を行った後、塗膜により母材が保護されているかを確認するためタンクステンコートを塗布したテストピースの半分を専用の剥離剤にて剥がして母材の状態を目視にて評価した。結果、FRP 板・PVC 板共に塗膜による保護状態が良好であることが確認された。(表-9)

表-9 母材観察結果

テストピース	FRP 板			PVC 板		
写真	①無塗装 (0時間)	②タンクステンコート (500時間)	③無塗装 (500時間)	①無塗装 (0時間)	②タンクステンコート (500時間)	③無塗装 (500時間)
						

## 5. 実橋での試験施工

施工性および施工管理方法を確認する目的で、実橋での試験施工を行った。愛知県内の新東名高速道路 野田川橋(仮称)は 23.4m~42.3mの高橋脚を有し、この橋脚に対してタンクステンコートを塗布したVP管の設置を行った。

施工法としては ①未塗装の排水管を設置後、現場でタンクステンコートを塗装 ②工場でタンクステンコート塗装を施した排水管を現場で設置、という 2 通りの方法が考えられるが、今回は排水管の設置前にタンクステンコートの使用が決定した経緯もあり、現場塗装よりも高い品質が得られる②の工場塗装を選択した。

## 5.1 工場での塗装作業

排水管の材料であるφ150mmVP管に対し、塗装の付着性をよくするため最初に表面の溶剤脱脂を行った後、エアースプレーでタンクステンコート塗装した。塗装厚は100μmであり、3回塗装とした。今回は材料が鋼製ではなく、塗装後の膜厚を直接測定することが困難であったため、VP管と同時に塗装した鋼製試験片の塗装厚を測定することによってVP管の塗装厚(100μm)を確認した。塗装後は目視にて外観の確認を行ったが、付着性や表面の状態等も良好であった。

## 5.2 現場での排水管設置作業

排水管(VP管)は比較的軽く約4m毎に継手があるため、今回の設置も従来の方法と同じように、機械で揚重して手作業で取り付けを行った。その際、タンクステンコート塗装面を傷つけないよう運搬時の梱包状態のまま荷上げを行うなど、施工には細心の注意を払った。万一塗装が傷ついた場合等に備えて、タッチアップ材としてタンクステンコート塗料を準備したが、ほとんど使用することは無かった。



写真-4 橋脚への排水管設置状況

## 5.3 今後の経過観察について

排水管を設置してから1年以上が経過するが、近接目視による点検の結果では全く変化は見られない。塗装効果の有効性確認には長期間に渡る経過観察を必要とするため、今後も外観の確認や必要に応じて劣化度の調査等を行い、橋梁用排水管に対するタンクステンコート塗装の有効性を検証していく予定である。(写真-4)

## 6. まとめ

外観・付着性・白亜化の劣化に対する評価では、タンクステンコートについて変化は認められなかった。一方、無塗装の場合は紫外線による劣化が顕著に認められた。また(表-8)に示すように塗膜の強度物性を観察した場合、フッ素樹脂塗装は表面にヒビ割れが認められたがタンクステンコートには認められなかった。促進耐候性試験後の母材の劣化状況は(表-9)に示すようにタンクステンコートを塗装した塗膜下のFRP板・PVC板には劣化が認められずタンクステンコートにより保護されていることが確認できた。

以上のことからタンクステンコートは橋梁用排水管の耐久性を向上させるために有効だと評価できる。施工性についても取り付け時に塗装の損傷に配慮する必要があるが、特別な作業を要せず、工期的にも問題がないことを確認した。

フッ素樹脂塗装は研磨処理等の下地処理及びプライマー処理が必要であり施工に手間がかかることや、母材の変形による塗装面の割れが懸念されることから排水管への使用は見送った。一方、タンクステンコートはその特許技術(特許第4796326号)により脱脂のみの直接塗装が可能であることに優位性がある。また、表面がステンレスになることから排水管表面の劣化が抑制でき、景観的にも維持される。今回は新設橋梁で適用したが、既設の排水管の延命化や都市部など景観対策などでの適用も考えられる。

参考文献： 第5回塗料・塗装技術総合研究発表会 要旨集 P30-33 (1987)  
塗装工学 Vol. 23 No. 9 P(3) (1988)  
環境・リサイクルビジネス最前線 P74-75 (2005)