

# 長大トラス橋生月大橋へのふっ素樹脂塗装全面採用の考察

犬東洋志<sup>1</sup>・高橋和雄<sup>2</sup>・川村昭宣<sup>3</sup>・大東章司<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 正会員 長崎県道路公社理事長 (〒850 長崎市大黒町3番1号)

<sup>2</sup> 正会員 工博 長崎大学教授 社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1番14号)

<sup>3</sup> 正会員 工修 三菱重工(株) 長崎造船所 (〒850-91 長崎市飽の浦町1番1号)

<sup>4</sup> 大日本塗装(株) 技術本部 (〒554 大阪市此花区西九条6の1の124)

本論文では、中央径間400mの長大トラス橋の生月大橋に、ふっ素樹脂塗装を全面採用するに当たっての施工性確認試験結果とそれに基づく施工基準、管理基準及び施工結果について述べる。すなわち、ふっ素樹脂塗装は光沢保持性に秀れた塗料であるが、従来の実績例は1橋当たりの塗装面積が数千㎡であった。生月大橋では、約56,000㎡という大面積に全面採用となるため、各種施工性試験を行ない、ダレ限界、塗装間隔等についての管理基準を定めている。又実施工で良好な結果を得て、今後長大橋に全面採用可能である事を示している。

**Key Words :** fluoropolymer based paint, long continuous truss bridge, Ikituki bridge, paint workability

## 1. まえがき

鋼長大橋では維持管理の観点より、製作時に工場で、出来るだけ耐久性の良い塗装系で防食しておき、メンテナンス期間を可能な限り延長し、補修塗装の頻度を少なくすることが重要である。

従来、橋梁の塗装仕様としては、フタル酸樹脂塗料系、塩化ゴム樹脂塗料系、ポリウレタン樹脂塗料系などが使われているが、塗装面積の多い長大橋では経済性からも、又景観重視からも、更に耐候性の優れた塗料が望まれていた。

ふっ素樹脂塗料は、このような必要性を背景に開発された塗料で有るが、生月大橋の防食塗装系を検討した時点では、大型橋梁に全面的に適用し、工場塗装仕上げ、一括架設工法に適用した例はなく、本橋が初の本格採用である。

本論文はふっ素樹脂塗料の施工性確認結果と、それに基づく施工基準、管理基準及び昭和63年12月より平成3年7月までの2年8ヶ月間の実施工結果を報告する。

## 2. 生月大橋概要

生月大橋は、長崎県平戸島と生月島を結ぶ全長960mの海上橋梁である(図-1)。架橋地点は外洋に面してお



図-1 架設位置

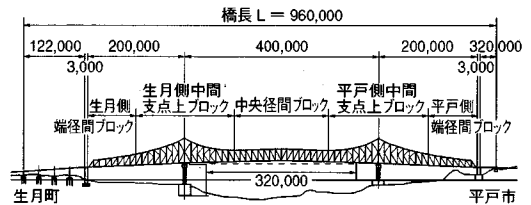


図-2 一般図

り、潮流速が大きく、夏から秋は台風、冬は季節風の影響で非常に風の強い環境にある。

主橋梁部は、図-2に示すように、わが国では珍しい上曲弦形式の3径間連続トラス橋で、中央支間長400mは連続トラス形式では世界最長である<sup>1)</sup>。

表-1 設計条件

路線名	主要地方道平戸生月線
道路規格	第3種 4級 2等橋 (T-20, L-14)
設計速度	V=40 km/h
支間長, 幅員	200 m+400 m+200 m=800 m, 6.5 m
形式	3径間連続トラス橋 (下路式)
風荷重	基本風速 $V_{10}=40$ m/s
	設計風速 $V_D=61.8$ m/s
塗装	ふっ素樹脂塗装

表-2 塗装仕様一覧表

層数	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	合計
塗料名	厚膜型無機シリケートペイント	シリケート	厚膜型エポキシ(下塗)	厚膜型エポキシ(下塗)	ふっ素樹脂用(中塗)	ふっ素樹脂(上塗)	-
膜厚(μm)	75	-	60	60	30	25	250

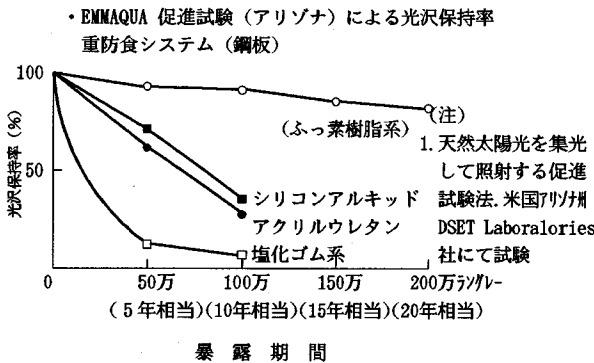


図-3 促進耐候性試験例

表-1 に設計条件をまとめて示す。

一般部の塗装はスプレー塗とし、第2層目以降の現地添接部外面は刷毛塗りとした。

表-2 にふっ素樹脂系の塗装仕様<sup>2)</sup>・<sup>3)</sup>を示す。

### 3. ふっ素樹脂塗料の特性と課題

#### 1) ふっ素樹脂塗料の特性と生月大橋で採用の理由

ふっ素樹脂は、ふっ素原子の分子間結合エネルギーの大きさによる、耐紫外線性の優れた樹脂で、屋外暴露における、樹脂の分解劣化が極めて生じ難く、優れた光沢保持性を確保できる。図-3 に各種塗料を促進屋外暴露により比較したデータを示す<sup>4)</sup>。生月大橋では下記を配慮しふっ素樹脂塗装を全面採用した。

a) 生月大橋架設地点は強風地帯の海上橋梁であり、耐食性、耐久性に秀れた塗装が望まれていた。

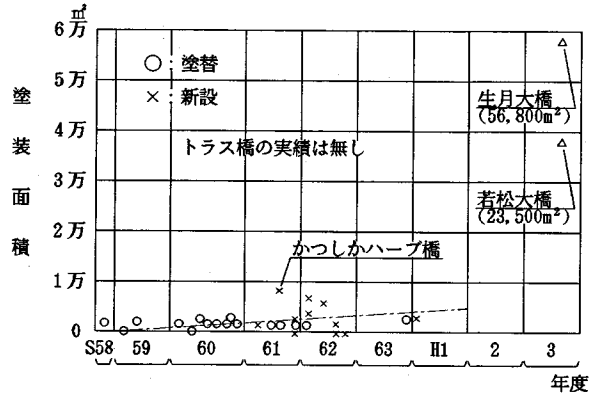


図-4 橋梁のふっ素樹脂系塗装実績

b) トラス橋で支点部主構高が高く塗替え時の足場費用が大きくなる為、長期の累積費用ではふっ素樹脂系が他の塗装系に比べ経済的である事が分った<sup>2)</sup>。

#### (2) 橋梁への適用例

ふっ素樹脂系塗装は、近年採用実績が増加しつつあるが、図-4 に示すように、これまでは、1橋あたりの塗装面積が10000~50000m<sup>2</sup>程度で、試験塗りの性格が強かった。生月大橋では、ふっ素樹脂系塗装を全面的に採用し、従来の1橋当たり塗装面積の約1.1倍におよぶ56,800m<sup>2</sup>の施工を実施した。

#### (3) 長大橋適用への課題

生月大橋施工開始時点には、橋梁へのふっ素樹脂系塗装の適用例は少なく、実塗装作業面での施工特性に関する報告例はない。特に本橋の様に、大ブロッケー括架設工法が適用され且つ、工場でふっ素樹脂塗料上塗まで塗装されるケースは初めてとなる。このような背景から確実な塗装施工を行うためには、予めふっ素樹脂塗料の特性を十分把握するとともに、塗装作業基準及び管理基準を設定しておく必要があり、橋梁の製作・組立手順と塗装工程フローから以下のような検討課題を抽出した。

#### a) ふっ素樹脂塗料上塗のエアレススプレーによる塗装作業性の確認

エアレススプレー塗装は年中の季節条件下で行われるが、塗料の粘性は温度により変動する特性を有している。この為、塗料調合時には、その季節の気温に応じ適正な塗装粘度になるように希釈シンナーで粘度調整が行われるが、粘度が低すぎるとグレによる外観低下や薄膜部を生じたり、また逆に高すぎるとスプレーの霧化性が劣り、平滑な塗膜を得る事ができない等の問題を生じる。これらの不都合を防止する為には粘度調整、塗装機器及び気象条件などに応じた適正な塗装条件の把握が必要となる。

#### b) 中塗と上塗および上塗と上塗の塗り重ね工程での層間付着性の確認

表-3 グレ限界試験条件

実験No	気温	被塗面温度	塗装粘度水準	希釈シンナー	塗装機器条件
①	5℃	5℃	・イワタカップにより60秒台(シンナー希釈率6%)と40秒台(シンナー希釈率12%)の粘度に調整	冬用シンナー	ポンプ比 30:1
②				夏用シンナー(兼)	
③	20℃	20℃	・50秒台(シンナー希釈率5%)と40秒台(シンナー希釈率10%)の粘度に調整	夏用シンナー	1次圧 *1 3-5 kgf/cm <sup>2</sup>
④	30℃	30℃	・実験③の結果を参考に30秒台(シンナー希釈率5%)の粘度に調整	同上	チップ 515
⑤		50℃			

\* 1) 3 kgf/cm<sup>2</sup> の条件もテストしたが、塗料霧化が均一でなかった為、グレテストは4~5 kgf/cm<sup>2</sup> でテストした。

(湿潤塗膜厚 μ)

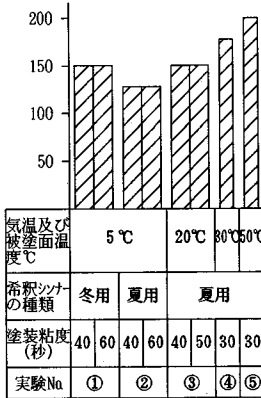


表-4 各湿度条件下での仕上り塗面状態

湿度条件	60°鏡面光沢値		ブッシング状態
	7.5%	8.5%	
7.5%	78~80	◎	◎
8.5%	79~81	◎	◎
9.0%	77~79	△*	△*

\* 艶ボケ

図-5 温度と希釈シンナーの種類によるグレ限界

層間付着不良を防止する上で適正塗装間隔を把握することが重要となる。

c) 補修塗装部の層間付着性の確認

組立時の損傷部、および添接部において、既塗装上塗の上に下塗や中塗または上塗を塗り重ねる場合、表面目粗し程度と付着力の関係を把握しておく必要がある。

d) 付着塩分許容量の確認

架設現場は海塩粒子の飛来付着が予測される。よって、現場での塗装においては、塩分による塗膜の付着不良を防止するための管理値が必要である。

e) 盤木耐圧荷重の確認

工場仕上げ工程の場合、製作工程の途中で塗装完了した部材を、盤木で受けることは避けられない。

この盤木接触面の塗膜損傷防止対策として、塗膜の乾燥時間と許容荷重、および緩衝材などによる養生方法の検討が必要である。

4. ふっ素樹脂塗装の施工性試験

(1) 上塗りのエアレス塗装作業性

a) 各温度条件下におけるグレ限界と湿潤塗膜厚

中塗を塗装した500×300×0.3mmの試験片に、表-3に示す塗装条件で、湿潤塗膜厚を変えて上塗を塗

装し、垂直に試験片を立て掛け、乾燥後のグレを観察した。結果を図-5に示す。

気温及び被塗面温度が高い程、グレ限界は高く20℃での湿潤塗膜厚は150μ、30℃で175μとなるが5℃では125μと低い。しかし蒸発速度の早い冬用の希釈シンナーを使用することにより150μとなる。

b) 各湿度条件下における仕上り塗面状態

中塗りを塗装した試験片に上塗をエアレスプレーで湿潤塗膜厚125~150μになるように塗装し、直ちに一定湿度に設定した恒温恒湿槽内で乾燥させ塗面状態をz察した。結果を表-4に示す。

光沢値は湿度条件による差は無いが、相対湿度が90%になると塗面が白っぽいベールに覆われたブラッシング現象を生じ外観を損なう結果となる。相対湿度が85%以下ではこのような現象は生じない。

c) 湿潤塗膜厚と乾燥塗膜厚の関係

磨軟鋼板に直接エアレスプレーとアプリーケーターで塗付し、湿潤塗膜厚測定ゲージによる実測値と乾燥後の乾燥塗膜厚の関係を調査した。その結果塗装系で定められた設計乾燥塗膜厚25μを確保するためには湿潤塗膜厚は100μ~125μが必要である。

d) 考察

① グレ限界は塗装時の気温の影響を受けるが気温および季節に応じた蒸発速度の希釈シンナーを使用することにより湿潤塗膜厚150μまでは塗装可能である。

② 2水準の塗膜粘度でグレ限界を確認したが、試験を行った粘度範囲内では外性に差異は認められなかった。この結果からシンナー希釈による適正な塗装粘度調整範囲は、気温5℃の場合、イワタカップ測定粘度で40~60秒(冬用シンナー6~12%希釈)、気温20~30℃で30~50秒(夏用シンナー5~8%希釈)である。

③ 塗装系で定められた設計乾燥塗膜厚25μを確保するためには、仕上り外観等も考慮し湿潤塗膜厚は100~125μが必要である。

④ 今回の試験でのエアレス塗装機器条件は表-3の通りであるが、1次圧が3kgf/cm<sup>2</sup>では圧力が弱く、均一な霧化状態が得られないこと、またグレ限界の結果からチップNo.515より更に吐出量の大きなチップでは均一な塗膜厚を得るためのコントロールが、し難くなるなどの点から、ポンプ圧力比30:1以上、1次圧は4~5kgf/cm<sup>2</sup>チップNo.は515が適正機器条件と言える。

⑤ 塗装時の環境湿度は、塗装面の外観不良(ブラッシング現象)を防止するためには、相対湿度85%以下で塗装しなければならない。

(2) 塗り重ね工程での層間付着性

一般的に塗料の塗り重ね塗装間隔が短過ぎたり、また長過ぎたりすると、層間付着性が低下する。

従って、ここでは塗り重ね可能な上限(Max)と下

表-5 Min. 塗装間隔条件下での層間付着性  
(5℃, 中塗+上塗)

中塗の膜厚	初塗期間	初期待着性		2次付着性		
		初期待着性	テ-テスト	引張り試験		
		kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	破断状態	平均 kgf/cm <sup>2</sup>
標準 (30μ)	1日	100/100	100/100	47.9	下, 上ギ	51.4
	3日	100/100	100/100	65.0	下ギ	66.3
	5日	100/100	100/100	63.2	下, 上ギ	66.3
厚膜 (60μ)	1日	100/100	100/100	58.1	下, 上ギ	67.5
	3日	100/100	100/100	76.8	下	67.1
	5日	100/100	100/100	67.1	下	60.7
				48.2	下ギ	57.2
				66.2	下	57.2

表-6 Min. 塗装間隔条件下での層間付着性  
(5℃, 上塗+上塗)

中塗の膜厚	初塗期間	初期待着性		2次付着性		
		初期待着性	テ-テスト	引張り試験		
		kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	破断状態	平均 kgf/cm <sup>2</sup>
標準 (30μ)	1日	100/100	100/100	54.9	下, 上ギ	49.0
	3日	100/100	100/100	65.0	下ギ	46.0
	5日	100/100	100/100	67.6	下	46.0
				63.2	下	50.8
				50.0	下	50.8

(注1)破断状態... 下: 下塗 中: 中塗 上: 上塗  
ギ: 凝集破壊 ソ: 層間剝離  
セ: 接着剤界面剝離  
(注2)100/100: 分母は基盤目の総升目数、分子は付着試験後の残存升目数を示す。

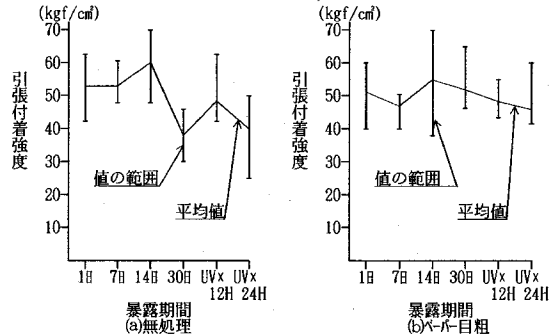


図-6 Max. 塗装間隔条件下での2次付着強度  
(中塗+上塗)

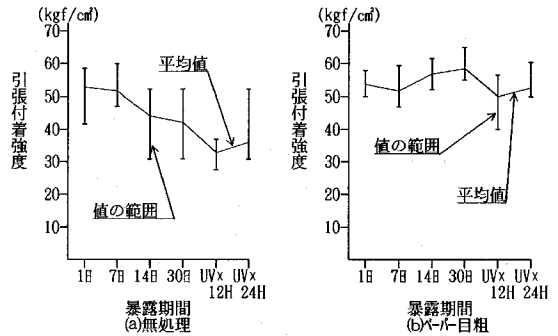


図-7 Max. 塗装間隔条件下での2次付着強度  
(上塗+上塗)

限 (Min) の塗装間隔を確認する。

a) 試験要領

①Min. 塗装間隔条件

乾燥温度 (5℃, 20℃), 塗装間隔, 中塗の膜厚を変化させて試験を行なった。

②Max. 塗装間隔条件

暴露条件, 塗装間隔, 表面処理を変化させ, 促進暴露は, 60℃×48時間強制乾燥後, 紫外線を12時間及24時間照射する。(以下 Ultraviolet ray (紫外線) の略記号として UV×12H, UV×24Hと記述する。)

b) Min. 塗装間隔試験結果

下記の様に初期付着性を2mmピッチ基盤目テープテストで評価し経時後の2次付着性を引張り付着テストで評価することとし, 表-5, 表-6に乾燥温度5℃の場合の結果を示す。

中塗+上塗, 上塗+上塗いずれの塗り重ね工程も塗装間隔を1日とれば乾燥条件(温度, 中塗の膜厚)にかかわらず良好な付着性が得られる。

なお, 初期付着性は, 10日間乾燥後の状態で試験を行なう。

また, 経時後の2次付着性は, 常温高湿試験1ヶ月間の後, 更に促進耐候性試験(JIS K5400 9.8.1)4000時間の促進劣化試験後の状態で試験を行なう。

基盤目テープテストは, JIS K 5400 8.5.2に準拠し, 塗膜に

素地に達する切り傷を基盤目状に付け, この上に粘着テープを張り, はがした後の状態で塗膜の付着性を評価する。

引張り付着テストは, 一定断面積の金属端子を接着剤で塗面に接着後, 端子周囲の塗膜を素地に達するまでカットし, インストロン式引張り試験機にて垂直方向へ一定速度で引き上げ, 破断時の強度(kgf/cm<sup>2</sup>)と破断状態で付着性を評価する。

c) Max. 塗装間隔試験結果

中塗+上塗, 上塗+上塗いずれの工程も暴露条件, 塗装間隔(屋外暴露Max 30日迄)及び塗り重ね前の表面処理条件にかかわらず, 基盤目テープテストは全て100/100と良好な層間付着性を示す。

ただし, 中塗+上塗の場合, 屋外暴露30日の2次付着性テストの引張り強度はやや低下し層間から破断する傾向を示す。

また, 上塗+上塗の場合, 屋外暴露14日以上になると層間付着性の低下傾向が認められた。これらの付着性低下傾向はいずれも50%程度のペーパー目粗処理をすることにより付着性は改善される。

図-6, 図-7にこれらの結果を示す。

d) 試験結果のまとめ

①Min. 塗装間隔はいずれの塗り重ね工程も, 1日確保すれば気温5℃での施工条件でも塗り重ねは可能である。

表-7 中塗と上塗間の附着塩分許容量試験結果

塩分量 mg/m <sup>2</sup>	初期 附着性		2次 附着性				
	2mm以下 基盤目	引張試験 破断状態平均 kgf/cm <sup>2</sup>	2mm以下 基盤目	引張試験 破断状態平均 kgf/cm <sup>2</sup>			
0	100/100	上ギセ or 下ギセ	55.1	○	100/100	上中下ギ 下ギセ	47.0
50	100/100	上ギセ又 下ギセ	49.6	B 局部 3以下	100/100	下中ギ 上下ギ	58.7
100	100/100	上ギセ	49.2	B 局部 5以下 B 6 0	100/100 98/100 42/100	下ギソセ	44.0
200	100/100	上ギセ又 下ギセ	44.1	B 7 0	20/100	ソセ	19.5

(注) 1. 破断状態……下: 下塗 中: 中塗 上: 上塗 ギ: 凝集破壊  
ソ: 層間剝離 セ: 接着剤界面剝離  
2. B……………1mm以下のふくれ, 数値は発生面積を示す。  
3. ○……………ふくれ無し

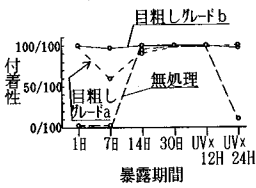


図-8 補修塗装系 (上塗+下塗)

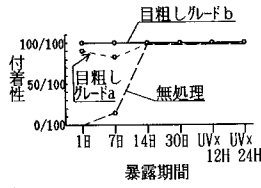
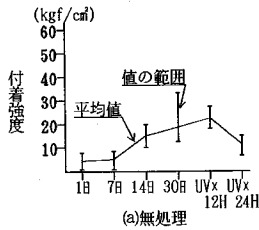
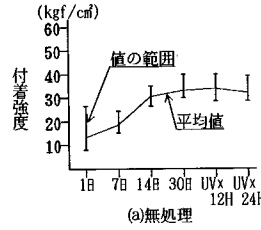


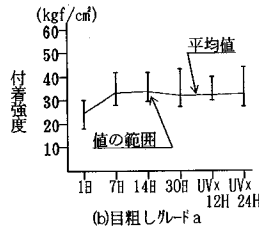
図-9 補修塗装系 (上塗+中塗)



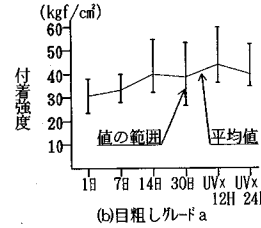
(a)無処理



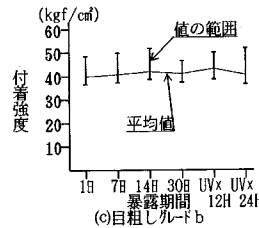
(b)無処理



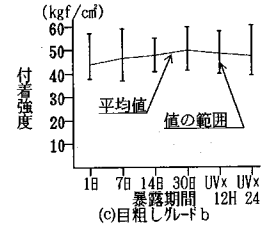
(c)目粗しグレードa



(d)目粗しグレードa



(e)目粗しグレードb



(f)目粗しグレードb

図-10 補修塗装系 (上塗+下塗)

図-11 補修塗装系 (上塗+中塗)

②Max. 塗装間隔は, 層間附着性に対して厳しい夏場の施工条件では, 中塗+上塗の場合, 14日間, 上塗+上塗の場合, 7日間が上限である。

③しかしながら, これらの上限を越えた場合, ペーパー目粗し処理を行うことにより層間附着性は改善される。

(3) 上塗の塗膜損傷部に対する補修塗装の層間附着性

a) 試験要領

上塗まで塗装した後, 塗膜損傷部や添接部の補修を行う場合について, ふっ素上塗塗膜面での目粗し程度と補修塗り重ね塗料との附着性の関係を暴露条件, 塗装間隔を変えて確認する。

b) 試験結果

図-8, 図-9に2次附着性試験での基盤目テープテストの結果を示す。

図-10, 図-11に2次附着性試験での引張り附着テストの結果を示す。

表面処理が無処理, 目粗しグレードa (50%程度の目粗し) の場合, 補修までの塗装間隔が短い条件では層間附着性は劣るが, 14日以上塗装間隔では附着性は良くなる傾向を示す。しかしこの附着性も2次試験後の引張り附着試験では附着強度のパラツキが大きく, また層間からの破断傾向が認められることから十分とは言えない。

目粗しグレードb (100%程度の目粗し) の場合, いずれの補修塗装系とも安定した附着性を示す。

c) 試験結果のまとめ

上塗の上に下塗あるいは中塗から補修塗りする場合は, サンドペーパーによる目粗しグレードbの表面処理が必要となる。

また, 上塗の上に上塗で補修塗りする場合は(2項, C)の試験結果より暴露期間7日間までの場合, 表面処理の必要はないが, これ以上の塗装間隔では目粗しグレードaの処理が必要である。

(4) 附着塩分許容量

a) 試験要領

塩分が附着した中塗塗面にふっ素樹脂塗料上塗を塗り重ねた場合の層間附着性を確認する。中塗まで塗装した試験片に, 食塩水を設定附着塩分量になるよう, 滴下し温風を当て乾燥させる。1日後上塗を塗り重ね, 自然乾燥10日後 (初期) と水道水に7日間浸漬させ引き上げ1日後 (2次) に附着試験を行う。

b) 試験結果

表-7に結果を示す。附着塩分量が 100mg/m<sup>2</sup> では局部的に0.1mm以下のふくれが生じたが, これは附着させた食塩水を乾燥させる過程で, 局部的に塩分附着の偏りが生じたものであり, 附着性は良好であった。200mg/m<sup>2</sup> ではほぼ全面にふくれが認められ層間附着性も著しく低下する。

以上の試験結果から, 中塗と上塗りの塗り重ね工程での附着塩分は100mg/m<sup>2</sup>以下になるように除去する必要がある。

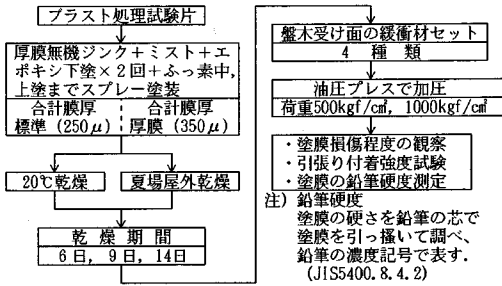


図-12 試験とフロー条件

表-8 盤木受け面の緩衝材の種類

	①	②	③	④
材	木	木材	鋼材	鋼材+硬質
質	材	+PPシート	+PPシート	ゴム+PPシート

(注) PPシート：ポリエチレン

表-9 荷重試験後の塗膜外観

乾燥日数	合計膜厚	250μ (標準)				365μ			
		1000kgf/cm <sup>2</sup>		500kgf/cm <sup>2</sup>		1000kgf/cm <sup>2</sup>		500kgf/cm <sup>2</sup>	
		20℃	屋外	20℃	屋外	20℃	屋外	20℃	屋外
6日	①木材	×	×	-	-	×	×	×	-
	②樹+PP	○	○	◎	◎	○	○	-	○
	③鋼+PP	○	○	◎	◎	○	○	◎~○	○
	④鋼材+観鉄+PP	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
9日	①	×	×	-	-	×	×	-	-
	②	○	○	◎	-	○	○	-	-
	③	○	○	◎	-	○	○	-	-
	④	◎	◎	◎	-	◎~○	◎	-	-
14日	①	×	×	-	-	×	×	-	-
	②	○	○	-	-	○	○	-	-
	③	○	○	-	-	○	○	-	-
	④	◎	◎	-	-	◎~○	◎	-	-

- (注) 1. ◎……盤木の痕跡無し  
○……塗膜損傷無し、但し痕跡微かに有り  
△……盤木のヘコミ、塗膜傷有り、且つ汚れ付着有り  
×……盤木の喰い込み、傷、及び汚れ大  
2. ※……無機ジンク下塗間で塗膜破断

### (5) 盤木耐圧荷重

#### a) 試験要領

塗装完了した部材を盤木で受ける場合、荷重による塗膜損傷が予想される。これを防止するために必要な塗膜乾燥日数、盤木と塗膜間に挿入する緩衝材などと許容荷重の関係を図-12、表-8に示す条件で確認を行った。

#### b) 試験結果

表-9に試験結果を示す。

表-10 実機テストでの確認結果

試験項目, 他	試験結果			
塗装日時, 気象条件	平成元年7月5日 AM 9:30~10:00		風 天候 温度 湿度 ほぼ無風 晴 26℃ 69%	
鋼材表面温度, 及び中塗との塗装指隔	上面 30℃	側面 29℃	下面 28℃	中塗との塗装指隔 1日
中塗のダスト付着状況	上面 [スプレー手順先行面] × (多い)	上面 [ベニヤ板養生面] ○~△ (部分的に有り)	側面 △	下面 ◎ (ダスト無)
上塗塗装前のダストの清掃方法	ワフボ-にて全面ワフゾウ	ワフボ-にて軽く全面ワフゾウ	側面1面のみ無処理	他側面ワフボ-にて軽くワフゾウ
塗装機器条件	ポンプ比: 45:1 1次圧: 3.5kgf/cm <sup>2</sup>		ホース長さ: 50m チップNo.: 515	
塗装粘度調整条件及びWet管理膜厚	シンナー希釈率: 約5%		Wet管理膜厚: 125μ	
スプレーの霧化状態, 距離, ラップ程度	霧化状態 ◎ [但し1次圧3kgf/cm <sup>2</sup> ではテール生じる]	被塗物とのスプレー距離 約50~60cm	ラップ程度 往復縦×横2回	
塗装手順と各面の仕上がり状態	① 下面→上面 →側面	上面 ○	側面1面(ベ-ル) ○ (同左)	下面 ◎ (極めて良好)
	② 上面ベ-ル→下面→側面→ベニヤ撤去→上面	上面 ○ (同上)	側面1面(ベ-ル) × [中塗のダスト残存による艶ムラ]	他1面(ベ-ル) ○ (同上)

以上の試験結果より塗膜損傷防止効果の最も大きい盤木緩衝材は、鋼材+硬質ゴム+ポリエチレンシートの組み合わせであり、次いで鋼材または木材とポリエチレンシートの組み合わせとなる。ポリエチレンシートを挿入しない場合著しい塗膜損傷を受ける。

ポリエチレンシートを挿入した場合でも塗装後6日間以上(20℃)乾燥させる必要があり、この時の塗膜硬度は鉛筆硬度で2Bの乾燥程度であった。

### (6) 実機テストでの上塗のエアレス塗装作業性

#### a) 試験要領

実施工条件下でのエアレス塗装作業性及び上塗の塗装手順や、中塗塗面に付着しているスプレーダスト(スプレー塗装において、ノズルチップから吐出された塗料の微粒子から溶剤が蒸発し、半乾燥状態となって飛散・塗着することによりザラツキのある塗面状態になる現象)の影響による仕上り外観を確認するために実機部材(鉛直材2本, 約50m<sup>2</sup>)を使用し、本工事と同様の条件下で試験塗装を実施する。

#### b) 試験結果

試験の結果、以下のことが確認された(表-10)。

①ふっ素樹脂塗料は過度の膜厚になるとダレが生じ易く、薄く塗るとレベリング性が低下し、塗膜に牙えがなくなり外観が損なわれる。従って、一定した塗膜厚で塗装するためには高VWの技量が必要である。

表-11 エアレス塗装作業基準

項目	作業基準	
塗装機器条件	① ポンプ比：30：1以上 ② 1次圧力：4～5 kgf/cm <sup>2</sup> ③ チップ：515を基準とする。 但し、部材形状等に合わせ チップ幅は4～6を適宜選択	
希釈シンナーの種類	季節	希釈シンナー
	冬期	上塗用シンナー冬型
	春夏秋期	同 夏型
希釈率および塗料粘度調整	季節	希釈率 粘度(177チップ NK#2)
	冬期	6～12% 40～60秒
	春夏秋期	5～10% 30～40秒
湿潤塗膜厚測定ゲージによる管理膜厚	Wet 100～125μ (Dry 25μ目標)	湿潤塗膜厚 100～125μ (乾燥塗膜厚 25μ目標)
塗装時の環境湿度上限	85%以下	

表-12 各塗り重ね工程での塗装間隔基準

塗り重ね工程	塗装間隔		上限を越えた場合の表面処理基準
	下限	上限	
中塗+上塗	1日	14日	サンドペーパー等で50%程度の目粗し処理を行う。
上塗+上塗	1日	7日	

②トラス弦材のように4面からなる箱形状部材の上塗塗装を行なう場合、塗装し終わった面に他の面の塗装中のスプレーダストが飛散し、艶ムラが危惧されたが、今回の部材では著しい外観低下はなかった。

これは面から面へ移動する塗装時間が短く、付着したスプレーダストがウェットし易く、また希釈シンナーとして蒸発速度の遅い夏用シンナーを使用した効果と考えられる。

③下塗、中塗の塗装段階で付着残存しているスプレーダストは、上塗後の仕上りを著しく低下させるが、サンドペーパー等によるダスト清掃を行うことにより改善される。

④部材のエッチ部、ガセットプレート廻りの狭隙部はスプレーの死角となり、塗り洩れやダレを生じ易いため、刷毛による先行塗装が必要である。

## 5. ふっ素樹脂塗装の施工基準、管理基準

### (1) 工場塗装一般施工基準

#### a) 上塗のエアレス塗装作業基準

表-11に塗装作業基準を示す。なお、塗装時の気温は季節ごとに変動することから予め塗料温度-塗装粘度-シンナー希釈率の関係グラフを作成しておき粘度調整管理を行う。

#### b) 中塗と上塗、上塗と上塗の塗り重ね工程での塗装間隔

各塗り重ね工程での塗装間隔の基準を表-12に示す。

塗装間隔は気温により変動するが、今回の試験で確認された塗装間隔の上、下限はいずれも条件的に厳しい夏期で14日(中塗+上塗)と7日(上塗+上塗)、冬期(5℃)で1日と言う結果から安全性も考慮し、全ての季節においてこの塗装間隔を基準とする。

#### c) その他

上塗の塗装時にはスプレーの死角となるエッチ部や狭隙部は刷毛にて先行塗装を行う。また、中塗塗膜表面のスプレーダスト等は仕上り外観の確保からサンドペーパー等によるダスト清掃を行う。

## (2) 大ブロック塗装管理基準

### a) 上塗の塗膜損傷部に対する補修塗装時の管理基準

上塗まで仕上げ塗装した後、大ブロック組立て時に発生する塗膜損傷部の補修塗装を行う場合、付着性を確保する目的からサンドペーパー等で表面目粗しを行った後、塗り重ねる。この場合の目粗し程度は、上塗の上に下塗または上塗の上に中塗から塗り重ねる場合は100%程度の目粗しを、上塗の上に上塗を塗り重ねる場合は50%程度の目粗しを行う。

### b) 盤木受けに関する管理基準

盤木荷重による塗膜損傷を防止するために、盤木位置は仕上げ塗装以外の添接部を基本とする。

やむを得ず、塗装完了した部分で盤木を受ける場合、以下の処置を行なうこととする。

- ・盤木受けするまでの塗膜の乾燥時間は、塗装後6日間以上(20℃)確保するかまたは塗膜硬度が鉛筆硬度2B以上になるまで乾燥させる。
- ・盤木緩衝材としては地組み立て時のレベル確保の点から硬質ゴム等は使用できないため、ポリエチレンシートを挿入する。
- ・更に、1000 kgf/cm<sup>2</sup>以下の盤木反力になるような盤木配置とし、かつ衝撃荷重が作用しないように留意する必要がある。

## (3) 現地塗装管理基準

現地での塗装は、現地添接部および塗膜損傷部の補修塗装である。

架設現地の状況から海塩粒子付着の可能性が非常に高いため塗装に先立ち塩分測定を行い、付着量が100 mg/m<sup>2</sup>を超える場合は、水洗いを行なうこととする。

塗膜損傷部の補修塗装前の表面目粗しは5。(2) a)の基準に従い管理する。

## 6. 生月大橋のふっ素樹脂系塗装施工結果 7. 結 論

### (1) 工場塗装結果

#### a) 塗装施工条件

3章で実施した各種試験結果より、ふっ素樹脂系塗装の施工条件として表-11を定め、十分な管理のもとで良好な施工が行われるよう配慮した。また、大ブロック架設工法に合せて、工場内でほとんどの部分を仕上塗装まで実施した。

#### b) 盤木受面の処理

盤木との間に、ポリエチレンシートを挿入し、盤木配置を調整することにより反力を1000 kgf/cm<sup>2</sup>以下にし、かつ衝撃荷重がかからぬよう留意した。

この結果盤木受面も、極く一部の軽微な補修塗で済み非常に良好な塗面を確保することが出来た。

### (2) 現地塗装結果

現地における塗装は、基本的には現地添接部のみであり、この他には損傷部の補修塗装を若干施工した。

施工に際しては、下記の点に留意した。

①ケーブルクレーン工法で架設した単品部材は、吊上げ時の損傷を避けるため、部材毎に吊りピースを取り付けることを基本とし、使用できない場合はナイロンスリングを用いた。

②仮設備の貫き錆を防止するため、橋体と直接接する部分または仮締めボルト、ドリフトピンなどは、すべてメッキを施したものを使用した。

③塗装用足場の組みばらし作業による損傷を最小限に留めるため、極力高所作業車を使用した。

④海塩粒子付着の可能性が非常に高い現地であり、塩分による塗膜の付着性不良を防止するため、塗装に先立って塩分測定を実施し、十分な管理を行った。

⑤損傷部の補修塗装に際しては、損傷度位置図を作成し、損傷度合によってランク分けを行い、ランクに応じた補修要領により補修した。

これらの対策の結果、非常に良好な塗面とすることが出来た。

生月大橋は平成3年7月31日開通し、同日供用開始された。その特徴の1つであるふっ素樹脂塗料について各種試験を実施し、実施工を行うことにより下記の事が判明した。

1) 良好な施工条件をあらかじめ把握するため、施工性確認試験を行い、シンナー希釈率、湿度条件、ダレ限界等の塗装条件管理基準を定めた。

2) 補修塗り時等のふっ素塗膜面への塗り重ね性を把握し実施工に反映できた。

3) 塗装面積56,000m<sup>2</sup>という長大トラス橋に全面本格採用し、良好な施工結果を得ることにより今後の長大橋への全面採用が可能であることを示した。

謝 辞：最後になりましたが、本橋のふっ素樹脂系塗料の採用に際し、特に御指導頂いた、本州四国連絡橋公団香川橋梁技術課長、建設省土木研究所片脇化学研究室長、日本鋼橋塗装専門会理事吉田塗装委員長の方々には本紙を借り、厚くお礼申し上げます。(肩書はいずれも当時)

### 参考文献

- 1) 犬東洋志, 高橋和雄, 川村昭宣, 大山雄司, 今金真一: 長大トラス橋“生月大橋”の大ブロック製作・架設についての考察, 土木学会構造工学論文集, Vol. 38 A, pp. 1201 - 1212, 1992年3月.
- 2) 大村高重: 生月大橋の塗装—ふっ素樹脂塗装の採用—, 鋼橋塗装, Vol. 20, No. 1, pp. 18 - 27, 1992年.
- 3) 川村昭宣, 塩崎政和, 今金真一, 黒川正文: ふっ素樹脂系塗装の長大トラス橋への適用, 三菱重工技報, Vol. 30, No. 3, pp. 224 - 229, 1993年3月.
- 4) 篠原稔雄: ふっ素樹脂塗料の特性とその応用例, 塗装技術, pp. 71 - 77, 1989年2月.

(1994. 3. 9 受付)

## A STUDY ON FLUOROPOLYMER BASED PAINT OF A LONG CONTINUOUS TRUSS BRIDGE, IKITSUKI BRIDGE

Hiroshi INUZUKA, Kazuo TAKAHASHI, Akinobu KAWAMURA and Shoji DAITOU

Ikitsuki Bridge, facing on the East China Sea, is of 3-span, continuous truss construction measuring 400m in center-span length and 800m in total length, and is coated with fluoropolymer based paint highly excellent in durability and weatherability.

This paper reviews the results of experimental studies made to evaluate the workability of the fluoropolymer based paint, such as adaptability to the airless-spray application, intercoat adhesion, touchup application method, allowable limit of salt deposition, etc.