

新しい鋼橋用塗料の施工性評価

(社) 日本橋梁。鋼構造物塗装技術協会

技術部 福島 稔

社会的な要求にこたえて、新しい鋼橋用塗料ができて性能が報告されている。これらは塗膜性能については塗料製造会社の試験結果が報告されているが、現場作業性について確認し報告された例が少ない。このため、実橋での試験塗装により施工の立場から実用性の評価を行った。

施工性試験は次の3種類の塗料についてを行った。

- 1) 弱溶剤塗料
- 2) 非鉛さび止めペイント
- 3) 省検査形塗料

この試験塗装は国土交通省研究所化学研究室の指導により、研究所構内の実橋塗替え塗装工事を利用して実施したものである。

塗装の時期と場所は次のようである。

塗装時期 平成13年1月

塗装場所 国土交通省研究所構内の連絡橋

1 弱溶剤塗料の塗装

弱溶剤塗料は異種の塗料を、エポキシ樹脂塗料とポリウレタン樹脂塗料またはふっ素樹脂塗料の塗装系で塗り替える場合に使用される。

塗り替え塗装では下地の塗膜を侵さないことが肝要であり、下地塗料と同種の塗料で塗り替え塗装を行うのが一般的である。

最近では、塗り替え塗装の長期防錆化のために、

(A 塗装系)	鉛系さび止めペイント 長油性フタル酸樹脂塗料
---------	---------------------------

または

(B 塗装系)	鉛系さび止めペイント フェノール樹脂 MIO 塗料 塩化ゴム系塗料
---------	---

の塗膜を

(C塗装系) 変性エポキシ樹脂塗料
 ポリウレタン樹脂塗料またはふっ素樹脂塗料

で塗り替えることが多くなってきた。この場合、下地塗膜を損傷することの少ない弱溶剤塗料の適用が推奨されている。

1.1 弱溶剤塗料の概要

弱溶剤塗料は大手塗料メーカーでは商品化され、鋼橋塗装にも使用されはじめています。商品化されている弱溶剤塗料の種類は次のようである。

- 1) 変性エポキシ樹脂塗料
- 2) エポキシ樹脂塗料中塗
- 3) ポリウレタン樹脂塗料上塗
- 4) ふっ素樹脂塗料上塗

弱溶剤塗料の一般的な性能は次のように報告されている。

項目	変性エポキシ樹脂塗料		ポリウレタン樹脂塗料上塗	
	弱溶剤塗料	一般塗料	弱溶剤塗料	一般塗料
加熱残分%	約 70	同左	約 65	同左
引火点	塗料液 42℃	塗料液	塗料液 42℃	塗料液
危険物表示	塗料液： 指定可燃物	塗料液： 第 3 石油類	塗料液： 指定可燃物	塗料液： 第 3 石油類
臭気	◎	△	◎	△
旧塗膜適性	◎	△	◎	△
塗装性	○	○	○	○
乾燥性	○	○	○	○
標準膜厚,μm	60	60	30	30
防錆性	◎	◎	—	—
耐候性	—	—	○	○

1.2 実橋塗装

A塗装系（鉛性さび止め／フタル酸樹脂塗料酸）で塗装されていた実橋を、C塗装系の弱溶剤塗料（変性エポキシ樹脂塗料／エポキシ樹脂塗料中塗／ふっ素樹脂塗料上塗）により塗替え塗装を行った。同時に一般のC塗装系による塗装も行って塗装作業性を比較した。

塗装仕様は次のようである。

塗装仕様

工程	塗料名	使用量 kg/m ²	膜厚 μm	塗装方法	塗装間隔 (20℃)
素地調整	3種ケレン（旧塗膜はA塗装系）				4時間以内
下塗り 第1層	弱溶剤変性エポキシ樹脂 塗料下塗	240	60	はけ、ローラー	1日～10日
下塗り 第2層	弱溶剤変性エポキシ樹脂 塗料下塗	240	60	はけ、ローラー	1日～10日
中塗り	弱溶剤エポキシ樹脂 塗料中塗	140	30	はけ、ローラー	1日～10日
上塗り	弱溶剤ふっ素樹脂 塗料上塗	120	25	はけ、ローラー	1日～10日

塗装は弱溶剤塗料、一般塗料ともに実橋の120㎡について行った。

塗装は作業のしやすい程度までシンナーで希釈して、はけとローラーで塗装した。

シンナー希釈率と塗装粘度および冬季低温時期のため、塗料温度を測定した。

塗装時の作業性と塗装後の塗膜状態を調べた。

塗装結果は次のようである。

塗装結果

工 程	塗 料 名	面積 m ²	塗料 温度℃	希積 率%	塗装粘度 poise	作業 性	塗膜 状態
下塗 1	弱溶剤変性エポキシ樹脂塗料下塗	120	7	8	8	良	良
下塗 2	弱溶剤変性エポキシ樹脂塗料下塗	120	9	18	7.5	良	良
中 塗	弱溶剤エポキシ樹脂塗料中塗	120	8	15	6	良	良
上 塗	弱溶剤ふっ素樹脂塗料	120	7	27		良	良
下塗 1	変性エポキシ樹脂塗料下塗 *	120	7	8	3	良	良
下塗 2	変性エポキシ樹脂塗料下塗 *	120	9	8	7.5	良	良
中 塗	エポキシ樹脂塗料中塗 *	120	9.5	15	5	良	良
上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗 *	120	7	16		良	良

* 比較のために塗装した一般塗料

C塗装系の塗装条件規定は、エポキシ樹脂塗料が10℃以上、ふっ素樹脂塗料が0℃以上であり、今回は塗料温度が7～9.5℃であり塗装条件規定より低い温度で塗装された。このため、シンナーによる塗料希釈率も多くなった。

弱溶剤塗料は一般塗料とほぼ同じ希釈率と粘度で塗装できた。

冬季低温での悪条件での塗装にもかかわらず、弱溶剤塗料の塗装作業性は良好であった。また、乾燥性も含めた塗膜状態は、一般塗料と同様に良好であった。

この結果から、C塗装系弱溶剤塗料の塗装作業性は一般C塗装系塗料と同等で、実用上問題は無いと判断された。

2 非鉛さび止めペイント

鉛系さび止めペイントは、日本では鋼橋塗装をはじめ鋼構造物の防錆塗装に広く使用されている。

ヨーロッパやアメリカでは、現在、鉛顔料のさび止めペイントは使用されていない。

西側ヨーロッパ諸国では、以前からさび止めペイントの防錆顔料はりん酸塩系が主体で、現在審議中の ISO/TC35/SC14 防錆塗装システムにおいてもさび止めペイントは「アルキド樹脂りん酸塩さび止めペイント」が規定されている。

アメリカでは、鉛系塗膜を完全に除去して非鉛系塗料で再塗装する施工が行われている。

鉛系顔料の有害性については従来から議論され、鉛系顔料は水可溶性が低く体内でも腸からの吸収はほとんどないことから有害性は低いとする意見が多い。しかし、欧米諸国の現状からわが国においてもさび止めペイントの非鉛化対応は必要と考えられる。

非鉛系さび止めペイントについては塗料工業会で検討され、塗料工業会規格「りん酸塩さび止めペイント」として標準化されている。塗料メーカー各社でも配合設計はできているが、コストアップ等の理由から商品化発売はされていないので、実橋塗装の実績がない。このため、今後の市場導入のために実橋塗装試験を行って実用性の評価を行うことにした。

なお、旧塗膜の鉛含有塗膜の処置については、付着している活膜は残して非鉛系さび止めペイントにより封じ込めることが良いのではないかと考えられる。

2.1 塗料規格

日本塗料工業会は鋼橋等の鋼構造物に塗装できる非鉛系さび止めペイントについて研究し、その成果から日本塗料工業会規格「りん酸塩系さび止めペイント JPMS26-1997」を作成して制定した。

その内容は表のようである。

りん酸塩系さび止めペイント JPMS26-1997

適用範囲 この規格は、屋外における大形鉄鋼構造物・一般鉄鋼構造物などの地はだ（膚）塗りに用いるりん酸塩系さび止めペイントについて規定する。

備考-1 りん酸塩系さび止めペイントは酸化による自然乾燥性の液状の塗料で、はけ塗り又は吹き付け塗りに適し、りん酸亜鉛又はトリポリりん酸アルミニウムを防せい（錆）顔料とし、ボイル油またはフタル酸樹脂ワニスに分散させてつくる。

種類 種類は次のとおりとする。

a) 1種 主としてボイル油をビヒクルとしたもの

b) 2種 主としてフタル酸樹脂ワニスをビヒクルとしたもの

品質

項 目	JPMS26 りん酸塩系さび止めペイント塩		JIS K5625 シアナミド鉛さび止めペイント	
	種 類			
	1種	2種	1種	2種
容器の中での状態	かき混ぜたとき、堅い塊がなくて一様になること			
塗装作業性	はけ塗りで塗装作業に支障がないこと			
乾燥時間（半硬化乾燥）h	20 以内	8 以内	20 以内	8 以内
塗膜の外観	塗膜の外観が正常であること			
上塗り適合性	上塗りに支障がないこと			
耐屈曲性	直径 6 mm の折り曲げに耐えること			
付着安定性	はがれを認めないこと			
耐複合サイクル防食性	36 サイクルの試験に耐えること			
加熱残分%	80 以上	70 以上	90 以上	75 以上
溶剤不溶物%	50 以上	40 以上	55 以上	45 以上
溶剤不溶物中のりん酸%	6 以上		—	
溶剤不溶物中の鉛%	0.06 以下		—	
溶剤不溶物中の シアナミド鉛%	—		17 以上	
防せい（錆）性	24 か月の試験で塗膜にさびがなく、塗膜をはがしてとき、さびの程度が見本品に比べて大きくないこと			

りん酸塩系さび止めペイントの規格は、現在使用されている鉛系さび止めペイントの塗料規格と比較すると性能面では同等である。加熱残分と溶剤不溶物は低くなるが塗料比重も低くなるので体積残分の差は僅かである。

組成面では、溶剤不溶物中の鉛を 0.06% と低い数値とし顔料はもとより乾燥剤にも鉛化合物を使用しないことにしている。

防せい（錆）顔料の種類は、りん酸亜鉛又はトリポリりん酸アルミニウムとしているが、これは定量分析が可能なものを選択した結果であり、その他にも使用可能なりん酸塩防錆顔料はある。

2.2 実橋塗装

A塗装系（鉛性さび止め／フタル酸樹脂塗料酸）で塗装されていた実橋を、りん酸塩系さび止めペイントと長油性フタル酸樹脂塗料により塗替え塗装を行った。同時に一般の鉛系さび止めペイントと長油性フタル酸樹脂塗料による塗装も行って塗装作業性を比較した。

塗装仕様は次のようである。

塗装仕様

工程	塗料名	使用量 kg/m ²	膜厚 μm	塗装方法	塗装間隔 (20℃)
素地調整	3種ケレン（旧塗膜はA塗装系）				4時間以内
下塗り 第1層	りん酸塩さび止めペイント 2種	140	30	はけ、ローラー	1日～10日
下塗り 第2層	りん酸塩さび止めペイント 2種	140	30	はけ、ローラー	1日～10日
中塗り	長油性フタル酸樹脂塗料 中塗	120	30	はけ、ローラー	1日～10日
上塗り	長油性フタル酸樹脂塗料 上塗	110	25	はけ、ローラー	1日～10日

塗装はりん酸塩さび止めペイント系塗料、一般塗料ともに実橋の350㎡について行った。

塗装は作業のしやすい程度までシンナーで希釈して、はけとローラーで塗装した。

シンナー希釈率と塗装粘度および冬季低温時期のため、塗料温度を測定した。

塗装時の作業性と塗装後の塗膜状態を調べた。

塗装結果は次のようである。

塗装結果

工 程	塗 料 名	面積 ㎡	塗料 温度℃	希積 率%	塗装粘度 poise	作業 性	塗膜 状態
下塗1	りん酸塩さび止めペイント2種	350	7	10	4	良	良
下塗2	りん酸塩さび止めペイント2種	350	9	9	6	良	良
中 塗	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	350	9	10	7	良	良
上 塗	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	350	8	13	6.5	良	良
下塗1	鉛系さび止めペイント2種 *	350	7	10	3	良	良
下塗2	鉛系さび止めペイント2種 *	350	9	8	4	良	良
中 塗	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	350	9	10	6.5	良	良
上 塗	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	350	8	13	6	良	良

* 比較のために塗装した一般塗料

冬季低温での塗装であったが、塗料温度は7～9℃であり塗装条件規定の5℃以上の条件内であった。

りん酸塩さび止めペイントは鉛系さび止めペイント塗料とほぼ同じ希釈率と粘度で塗装できた。

りん酸塩さび止めペイントの塗装作業性は良好であった。また、乾燥性も含めた塗膜状態は、鉛系さび止めペイントと同様に良好であった。

この結果から、りん酸塩さび止めペイントの塗装作業性は鉛系さび止めペイントと同等で、実用上問題はないと判断された。

3 省検査形塗料

3.1 省検査形塗料の概要

鋼橋塗装においてコスト削減と品質向上を目指して合理化検討が行われている。

塗装の耐久性にとって膜厚の確保は重要な要素であり、現場での管理項目の一つになっている。しかし、膜厚には「ばらつき」があり統計処理により判定を行うため測定数が多くコスト負担が大きい。また、塗替え塗装では下地の状態が一定でないので正確な膜厚測定が困難である。

このような問題を解決する規定膜厚の目視判定塗料が「省検査形塗料」として発表された。

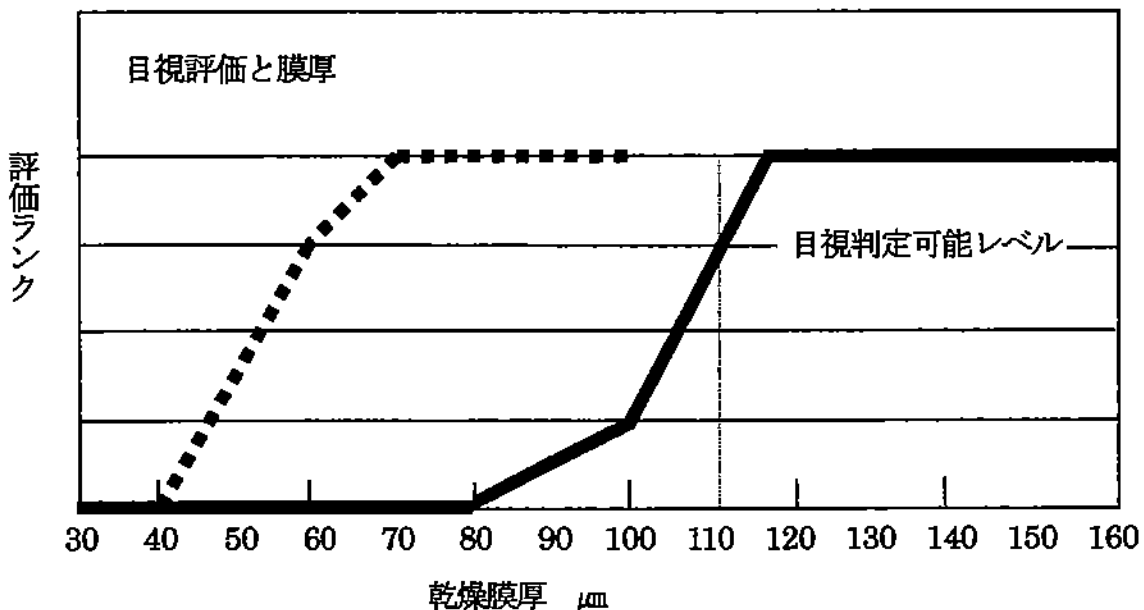
この塗料はまだ鋼橋塗装における実績がないので、実橋塗装を行って作業性と膜厚の目視判定効果を確認することにした。

3.2 省検査形塗料の概要

省検査形塗料は顔料の種類、分散程度、色相を調整することにより、決められた膜厚で下地を隠蔽するように作られたものである。

今回塗装した省検査形塗料は鋼橋の下塗りの標準膜厚である 120 μm で下地を隠蔽するように設計されたものであるが、要求によって厚膜用の塗料設計も可能である。

省検査形塗料と一般塗料の隠蔽状態の概要は次のようである。



省検査形塗料は目視で隠蔽を判定するため、プライマーを塗装して、下地の色と塗料の

色の色差が大きくなるように規定する必要がある

3.3 実橋塗装

省検査形塗料を実橋に塗装して作業性と膜厚管理精度を調査した。

塗装方法は、はけ塗り、ローラー塗り、エアレススプレー塗りの3種類とした。隠蔽の判定を容易にするためにプライマーとして濃いグレー色の塗装を行い、省検査形塗料の色彩は黄色とした。

プライマーが隠蔽するまで省検査形塗料を塗装し、乾燥後ペイントローラーで省検査形塗料の膜厚を測定して効果を確認した。同時に色差を測定して目視隠蔽判定と比較した。上塗り塗料には、弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗りと低汚染形ふっ素樹脂塗料上塗りを塗装した。塗装後、初期性能として光沢度、付着性を測定した。

塗装仕様は次のようである。

塗装仕様

はけ、ローラー塗装

工程	塗料名	使用量 kg/m ²	膜厚 μm	塗装方法	塗装間隔 (20℃)
素地調整	3種ケレン (旧塗膜はA塗装系)				4時間以内
プライマー	省検査プライマー	140	30	はけ、ローラー	1日～10日
下塗り-1	省検査形塗料	240	60	はけ、ローラー	1日～10日
下塗り-1	省検査形塗料	240	60	はけ、ローラー	1日～10日
中塗り	弱溶剤ふっ素樹脂塗料用 中塗	140	30	はけ、ローラー	1日～10日
上塗り	低汚染ふっ素樹脂塗料 上塗	120	25	はけ、ローラー	1日～10日

エアレススプレー塗装

工程	塗料名	使用量 kg/m ²	膜厚 μm	塗装方法	塗装間隔 (20℃)
素地調整	3種ケレン (旧塗膜はA塗装系)				4時間以内
プライマー	省検査プライマー	170	30	スプレー	1日～10日
下塗り	省検査形塗料	450	120	スプレー	1日～10日
中塗り	弱溶剤ふっ素樹脂塗料用 中塗	170	30	スプレー	1日～10日
上塗り	低汚染ふっ素樹脂塗料 上塗	140	25	スプレー	1日～10日

塗装面積は、はけ塗りローラー塗りでは各 580 m²、エアレススプレー塗りでは 1160 m²であった。

塗装は作業のしやすい程度までシンナーで希釈して、はけとローラーとエアレススプレーで塗装した。

シンナー希釈率と塗装粘度および冬季低温時期のため、塗料温度を測定した。

塗装結果は次のようである。

塗装結果

はけ塗り

工 程	塗 料 名	面積 m ²	塗料 温度℃	希釈 率%	塗装粘度 poise	作業 性	塗膜 状態
プライマー	省検査形プライマー	580	6	15	5	良	良
下塗-1	省検査形塗料	580	8	7.5	15	良	良
下塗-2	省検査形塗料	580	8	7.5	15	良	良
中塗	弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	120	9	20	6	良	良
上塗	低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	120	9	30		良	良

ローラー塗り

工 程	塗 料 名	面積 m ²	塗料 温度℃	希釈 率%	塗装粘度 poise	作業 性	塗膜 状態
プライマー	省検査形プライマー	580	6	15	5	良	良
下塗-1	省検査形塗料	580	8	7.5	15	良	良
下塗-2	省検査形塗料	580	8	7.5	15	良	良
中塗	弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	120	9	20	6	良	良
上塗	低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	120	9	30		良	良

エアレススプレー塗装

工 程	塗 料 名	面積 m ²	塗料 温度℃	希釈 率%	塗装粘度 poise	作業 性	塗膜 状態
プライマー	省検査形プライマー	1160	6	15	4.5	良	良
下塗-1	省検査形塗料	1160	8	22	15	良	良
下塗-2	省検査形塗料	580	8	5	15	良	良
中塗	弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	240	9	25	6	良	良
上塗	低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	240	9	20		良	良

塗装条件規定は、エポキシ樹脂塗料が10℃以上、ふっ素樹脂塗料が0℃以上であり、今回は塗料温度が7～9.5℃であり塗装条件規定より低い温度で塗装された。このため、シンナーによる塗料希釈率も多くなった。エアレススプレー塗装の希釈率は、はけ塗りとローラー塗りと同じであった。

冬季低温での悪条件での塗装にもかかわらず、省検査形塗料の塗装作業性は良好であった。また、乾燥性も含めた塗膜状態も良好であった。

この結果から、省検査形塗料の塗装作業性は実用上問題はないと判断された。

ペイントローラーによる膜厚の確認

仕様 No.	調査箇所		塗 膜	目標膜厚 μm	膜厚測定値 μm		
					1	2	平均
A-1 はけ塗り	南面	ウエブ	省検査形プライマー	30	43	43	43
			省検査形塗料	120	114	121	118
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	36	43	40
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	36	43	40
	南面	下フランジ下面	省検査形プライマー	30	43	50	47
			省検査形塗料	120	100	86	93
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	43	43	43
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	50	50	50
A-2 ローラー塗り	南面	ウエブ	省検査形プライマー	30	29	36	33
			省検査形塗料	120	100	107	104
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	21	29	25
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	35	21	28
	南面	下フランジ下面	省検査形プライマー	30	21	36	29
			省検査形塗料	120	57	107	82
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	50	36	43
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	29	21	25
B スプレー塗り	西面	ウエブ	省検査形プライマー	30	71	86	79
			省検査形塗料	120	164	179	172
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	29	43	36
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	14	14	14
	西面	下フランジ下面	省検査形プライマー	30	50	57	54
			省検査形塗料	120	129	143	136
			弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗	30	14	21	18
			低汚染ふっ素樹脂塗料上塗	25	43	36	40

省検査塗料の膜厚は目標値に対して次のような結果が得られた。

箇所	塗装方法	目標膜厚 μm	測定膜厚 μm		
			はけ塗り	ローラー塗り	スプレー塗り
ウェブ		120	118	104	172
下フランジ下面			93	82	136

ウェブ面では、ほぼ目標通りの膜厚が得られた。

下フランジ下面では、はけ塗りとローラー塗りでの膜厚が不足であり、作業場の照度が低い目視による隠蔽判定が困難なことが原因と考えられる。

光沢度の測定

光沢度の測定結果を表に示す。測定値は5点測定の平均値である。

塗装方法	箇所	ウェブ	下フランジ下面
はけ塗り	南面	79	80
	北面	76	77
ローラー塗り	南面	65	64
	北面	67	69
スプレー塗り	南面	73	70
	北面	73	67

ローラー塗りの面の光沢度はやや低かったが、目視では光沢差は感じられなかった。

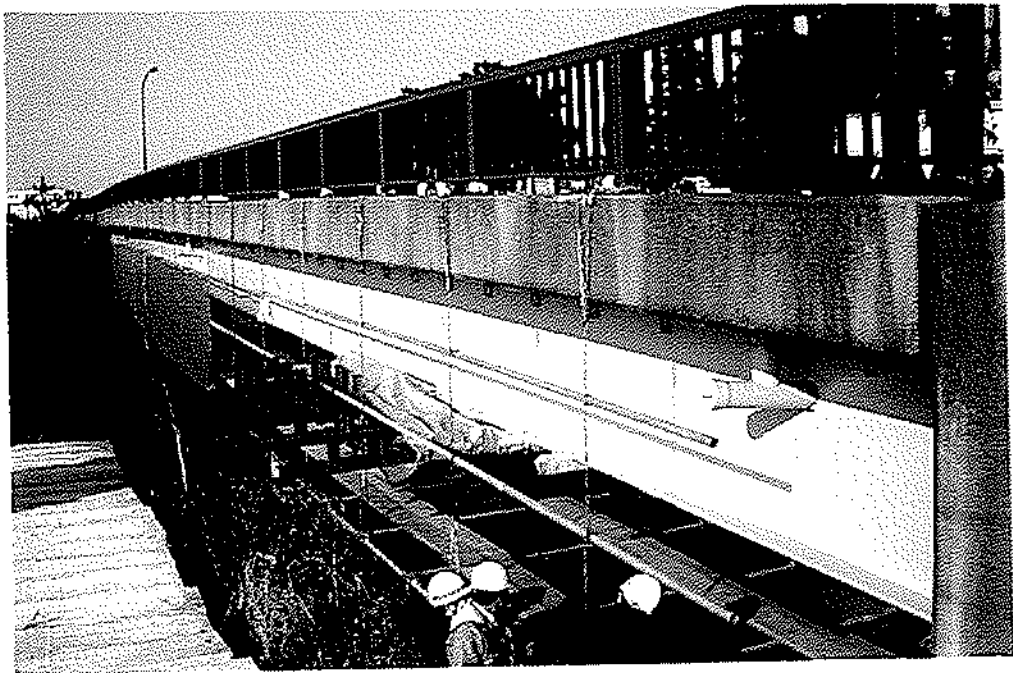
付着性の測定

碁盤目試験と付着力測定結果を表に示す。

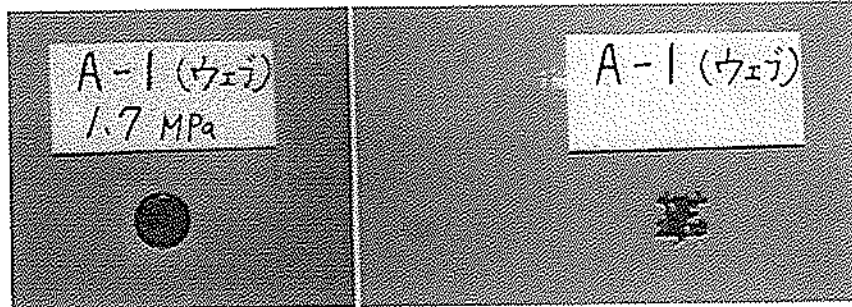
塗装方法	測定箇所		付着力測定 MPa	碁盤目試験
はけ塗り	南面	ウェブ	1.7	4
		下フランジ下面	4.0	4
ローラー塗り	南面	ウェブ	3.5	4
		下フランジ下面	2.3	4
スプレー塗り	南面	ウェブ	1.0	4
		下フランジ下面	1.8	4

付着性はやや劣っていた。

はく離はすべて旧塗膜の鉛丹さび止めペイント層内の凝集破壊であった。



省検査塗料の塗膜

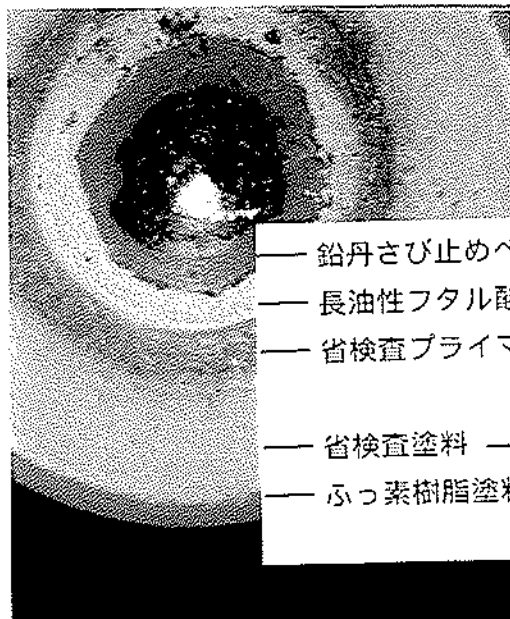


付着力の測定

基盤目試験

(はく離は旧塗膜の鉛丹さび止めの層内)

省検査塗料の付着性



- 鉛丹さび止めペイント —
 - 長油性フタル酸樹脂塗料 —
 - 省検査プライマー —
 - 省検査塗料 —
 - ふっ素樹脂塗料 —
- 旧塗膜
- 省検査塗装