

P A R T - 2 塗 装 施 工 上 の 問 題

目 次

1. ま え が き	170
2. 鋼橋の工場塗装アンケートまとめ	171
3. 関 連 写 真	176
4. 技 術 資 料	183
(1) 除錆度の各機関規格比較表	
(2) SSPC-SP (SIS) の素地調整基準	
(3) 塗装鋼材とコンクリートの付着性について	
(4) 中国道・帝釈橋の設計・施工 (上)	
(5) タールエポキシ樹脂塗料の塗膜変色について (大日本塗料, 関西ペイント)	
(6) エポキシ樹脂塗料の塗装間隔と層間付着性について	

1.まえがき

橋梁製作工場の工場最終工程となる塗装は、最近高品質化が要求されてきている。それにとともに、塗装施工方法や塗装の付随作業等が多様化してきた為、各橋梁工場における塗装施工の現状把握と施工中の問題点等をアンケート形式で収集し、整理する事とした。

今回の活動における成果としては、各塗装工場の状況把握程度にとどまってしまったが各工場でかかえている問題点が共通していることもわかり、今後の課題として検討したい。また、施工状況が判かり易いように写真及び参考として関連のある技術資料を添付し活用できるようにした。

尚、アンケート表中の塗装会社は当技術研究部会の各メーカーとするが、A～Jまでの記号で表わす事とした。

2. 鋼橋の工場塗装アンケート まとめ

項目	内容	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1. 鋼材の購入仕様	ア. 黒皮で購入 イ. プライマー材 ウ. 客先仕様に合わせてその都度決める。	イで購入。但しエポキシ系はジンク油性系は短バク又は長バクで購入	ウで購入	イで購入	ウで購入。但し厚膜無機ジンク→黒皮, その他→プライマー	アで購入。但し客先の指定あればそれに合わせる	アで購入。但し主桁のみ, 他の二次部材はイで購入	イで購入	イで購入。但し片面プライマーの場合有り	イで購入	ウで購入
2. 下地処理 ブラストの方法	ア. 専用工場処理 イ. 同上, 但し一部屋外 ウ. 屋外サンドブラスト	ア	ア	ア	アとウ	ア	ア	アとウ	ア	ア	ア
3. 塗装系の違いにより素地調整のグレードを選定しているか	ア. 油性系(W/Pr)とエポキシ系(Z/Pr)等はグレードを分けている イ. 厚膜型ジンクリッチペイントのみ分けている ウ. グレードは分けていない	原則ウ。自動ブラストの場合は同じグレード 尚, 厚膜型無機ジンクの場合は入念な素地調整を指示	塗装系の違いに関係なく原板処理材と黒皮材とで製品後のブラストのグレードを変えている	ウ	ウ 但しイの場合は特別に指示	イ パワーツール, ヘビーブラスト, スーパーブラストの3分類	ウ	ア	ウ	ア	イ イの場合は製品ブラストであり, その他は焼損部の処理がほとんどである
4. ブラスト処理後の砂回収方法	ア. 使い捨て (屋外) イ. 人力回収 (スコップ, その他) ウ. 機会回収 (バキュームフォーク等) エ. 自動回収	イとウの併用	ア, 但しショットブラストの研掃材は自動回収装置付き	イとウの併用	イとウの併用 箱内はスコップによる入力, 他はフォーク等による回収	ウによる	エ, 但し専用建屋内でのグリットブラストに適用	エ, 但しブラスト工場内。 尚, 屋外ブラストはウ	イによる	エ	ウとエの併用
5. 本体側のハイテンボルト部の処理	ア. スプライスの取付け前に処理 イ. 塗装作業時に処理 ウ. 発送前に処理	イが主体。 塗装時はスプライスプレートをばらしブラストする	アでグラインダー イでブラスト ウでグラインダー	アでグラインダー	イでブラスト処理 但し長期保管の場合は防錆テープを張ったままとする。	アでグラインダーで処理	アでグラインダー 但し箱桁Flg, web 工桁web 等はベータマシン使用	アでグラインダー イでブラスト アとイの両方を使いわけ	イのブラストが主体, 但しアのグラインダーで処理する場合もある	アでグラインダー, イでブラスト, 尚, 添接板をばらさない場合はウ	イでグラインダー 処理, 但しジンク材はブラスト
6. 長期保管桁の摩擦接合面の処理	ア. ディスカンター, パワーブラシにて処理 イ. 無処理 ウ. その他の方法 アの場合 ①スプライスをはづしてから処理 (スプライスプレートを付けて保管) ②桁とスプライスを別々に処理 (スプライスをはづして保管)	原則アにて処理 スプライスプレートをばらして別々に処理している。②	アの① 1年以内の保管桁はスプライスプレートを付けたまま保管, 出荷前にスプライスプレートをばらして浮錆除去	アの①	アの②	アの① 但し6ヶ月以上保管となる場合は②もある	アの① 1年を超える場合は別保管もある	アの①	アの①	アの①	ア スプライスプレートは別保管で出荷時点で処理
7. 現地継手部 (スプライスプレート) の塗装方法について	ア. 現地継手部は二種ケレン イ. 現地継手部は原則ブラスト ウ. 過去にブラスト処理した事がある イ, ウの場合ブラストは客先の仕様かメーカーのオプションか	原則アにて施工 但し過去に客先要求によりブラスト事例有り	原則アであるがイで行う場合もある	ア	ア	基本的には原板プライマ材使用, 一般部が二種ケレンの場合はそのまま, スーパーブラストの場合は再度プライマー塗布	ア	通常原板ブラストのまま, 仕様により製品ブラスト	イ	イ	原則アにて施工, 客先仕様による

項 目	内 容	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
8. 塗装の場所	ア. 専用工場にて塗装 イ. 同上、但し、一部屋外 ウ. 屋外塗装 エ. 同上ネット展張	ア	アとウとエ	ウ と エ	ア と ウ	アとウとエ	ウ と エ	アとウ 但しプライマーはすべて屋内	アとウとエ	アとウとエ	アとウとエ
9. 箱桁内面等のタールエポキシ樹脂の塗装工程(色)について	ア. 黒、茶、黒の工程で塗装 イ. 茶、黒、茶の工程で塗装 ウ. 黒、茶、黒が原則で客先バックに準拠	ウ. 原則として黒、茶、黒で施工。客先要望により茶、黒、茶の工程塗りする	ウ	ア 伸縮継手等は同色でお願いする	ウ	ウ	ウ	ウ	ウ	ウ	ウ
10. コンクリート埋設面の塗装	ア. 無塗装(プライマーも除去) イ. 無塗装(プライマーは除去しない) ウ. 防錆の為塗装する エ. 過去のクレーム事例の有無	イが主体。但し長期保管の場合プライマー塗る。クレームは特になし	イが主体。但し長期保管の場合及び製品プラスチックの場合はプライマー塗布	イが主体 クレーム特になし	イが主体。尚、スタッドも新規にプライマーを塗布する例有り。クレーム無し	イが主体。長期保管の場合等プライマー塗布する例がある。	ウ。 クレームは特になし	イ。但し長期保管となる場合プライマー塗布する。	イ。 クレームは特になし	イが主体 プライマー塗布仕様で発錆した為クレームがついた例あり	イが主体
11. 冬期の塗装について	ア. 空調により調整 イ. 塗料の切り換え ウ. 乾燥時間の確保	アにより対応。但しタールエポ等メーカーにより低温用使う。	イにより対応。塗料を保温室に保管、使用前に攪拌	イにより対応	イ、ウにより対応 タールエポ等、低温用を使う	アにより対応	ウ。但し、鉛系で2種、タールエポで低温用を使用	ウ。但しタールエポは低温用を使用する場合有	ウ	ウ	ウで対応。但し缶ヒータ等の使用例有
12. 塗料の飛散防止について	ア. 屋内作業の為塗料の飛散なし イ. 屋外に防止ネット等を張り対応 ウ. 風速、風向等注意して塗装する。 (飛散防止は行なわない)	原則アにて対応 但し塗装棟に入らない大型構造物は防止ネットを行ない屋外塗装	イ。 風の強い時は局部的に防飛ネットを更に設ける	イ、ウの併用	ア 但し大型構造物は屋外、飛散対策は周辺状況により判断	アとイとウ ア：ブラスト後の第1層 イ：異なる塗装系の部材が接近している ウ：同種塗装系	イ	ア及びウ	ア	アとイ	イでほぼ行なっているが完全に対応できていない。
13. スプライスプレートの塗装	ア. 接触面 } とも無 非接触面 } 塗装 イ. 接触面 — 無塗装 非接触面 — プライマー ウ. 接触面 } とも厚膜 非接触面 } 無機ジंक	イが主体。但し非接触面は改ためてプライマー塗布する場合有	イが主体。但し製品プラスチックを行う場合は両面とも無塗装	イが主体	原則黒皮で購入アの時ブラスト処理 イの時再ブラスト有	イが主体	イが主体。但し厚膜ジंकの場合は客先スペックによる	イが主体	イが主体	原板ブラストプライマー(両面) 接触面はブラストする ウの場合は客先仕様	イが主体 客先のスペックに依る。
14. スプライスジョイントでない摩擦接合面の塗り区分について ×××× ×××× (×××部の塗り区分)	ア. 摩擦接合面と同様プライマー除去 イ. ミルプライマーのままとする ウ. 素地調整後プライマー塗布	原則ア、但し客先指示によりウの処理を施す。	ア、サンダー等で黒皮をとる程度	イ	イ 但しミルプライマーが活膜か否か判断する。	イとウ イ：原板プライマー方式で2種ケレンの場合 ウ：ブラスト施工時	イとウ イは原板ブラスト ウは製品ブラスト	イ	イ	イ又はウ	ア

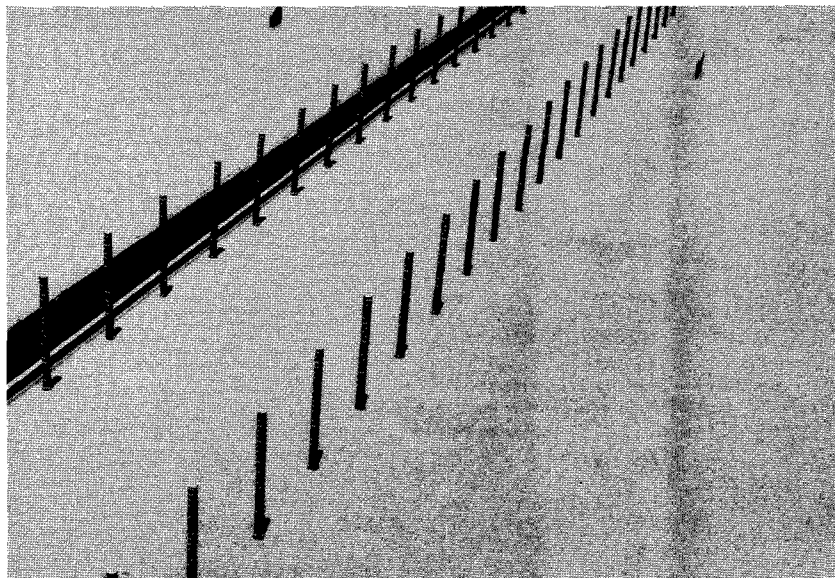
項目	内容	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
15. 架台跡のタッチアップ補修	ア. 受け位置を考慮し補修を行わない イ. 保管中又は発送前に補修 ウ. 塗装工程中に受け位置を控えて補修	ウにて対応、但し発送前に最終手直しを行なう	ウにて対応が原則。イにて対応する事もある。	ウにて対応、但し発送前に最終手直しを行なう	イが主体 ウにより補修する事もある。	ウにて対応 但し発送前に最終手直しを行なう。	ウにて対応	ウにて対応	イの保管中又は発送前に手直し	原則としてアで行うやむを得ぬ場合イかウで行う。	ウで対応
16. エポキシ樹脂塗装間隔が超えた場合の処置	ア. 面粗しを行う イ. 面粗しとシンナーぶきの併用 ウ. 密着不良等の有無	ア. サンドペーパー 但し、間隔あけばイ。 ウは特になし	イ ウは特になし	アのサンドペーパー及びナイロントワシ ウは特になし	イ. シンナーぶきとマジックロンによる下地処理 ウは特になし	イにて処理 ウは特になし	アにて処理 〔間隔があかない様に管理している〕 ウは特になし	アにて処理	アのサンドペーパー ウは特になし	アのサンドペーパー及びナイロントワシ	アのサンドペーパー処理
17. タールエポキシの変色について	ア. 変色しても直さない イ. 程度によって補修 ウ. 過去のクレーム事例の有無	イ. シンナーぶきによる手直し。 場合により塗装 (クレーム有)	イ. シンナーぶきと塗り直しの併用 (クレーム有)	イ 現状ではなし	イ. 塗料の塗り直し (クレーム有、変色は説明しても理解されない)	イ. 塗料の塗り直し (クレーム有)	イ. 塗料の塗り直し	イ (クレーム有)	イのシンナーぶきと塗り直しの併用 (クレーム有)	イ. 塗料の塗り直し (クレーム無)	イ. シンナーぶきと塗り直しの併用 (クレーム有)
18. 塗料の管理について	ア. 塗料の専用貯蔵庫の有無 イ. 塗料の入出庫管理者常駐の有無 ウ. 塗料の余剰処理	ア. 有り イ. してない ウ. 貯蔵安定期間内なら返品 以後は廃却又は処分	ア. 有る イ. してない ウ. 有効期間ならメーカーへ返品、他は廃却	ア. 有る イ. している ウ. 廃却処分	ア. 有る イ. してない ウ. メーカーへ返品	ア. 有る イ. している ウ. メーカーへ返品	ア. 有る イ. してない ウ. 場内で転用後の残量は廃却	ア. 有る イ. してない ウ. 廃却処分	ア. 有る イ. してない ウ. メーカーへ返品	ア. 有る イ. している ウ. 廃却処分 (塗装業者)	ア. 有る イ. してない ウ. メーカーへ返品
19. 亜鉛未塗料の塗装時発生するダストの処理方法について	ア. スクレイパー、又はサンドペーパー等により除去 イ. パワーブラシ等により除去 ウ. 多少のダストは処理せず塗装工程に入る	アにて処理、但しダストの付着が多い場合はイにて対応 尚、ダストの多いメーカーにはその都度改善を申し入れる。	アにて処理 除去したダストは工業用掃除機で回収。	ア	ア 但し付着の多い時はイで処理	イ	ア、イにて対応 ベローズ式エアレススプレー使用によりダストをおさえるようにした。	ア	ア	ア、イにより処理する	原則アにて処理 状況によりイにて処理している
20. 塗装塗り重ねの判定基準について	ア. 塗料メーカーの示す塗料特性から判断し塗り重ねする イ. 塗装技術者、又は工事担当者が判断、判定方法 指触 ビールテスト その他	イにて工事担当者(社員)が判断する。迷った場合、塗装技術者が指触等により判断する。	イの指触	イ	イの指触 但し塗装技術者が判断	イの指触	ア	イの指触	ア	イの指触	ア
21. コンクリート埋設面の防錆期間について 〔長期保管の場合プライマーを塗布するという意見があり、その「長期」とは〕	ア. 長期(プライマーを塗装するか否かの境界)とは 3ヶ月以上 イ. " " 6ヶ月以上 ウ. " " 1年以上 エ. その他	アとイ 長バクは3ヶ月 シクリッチは6ヶ月	イ	イ	アとイ	エ 期間を問わずプライマーを塗布又はプライマー材を使用	アとイ 3~6ヶ月以上 ケースバイケースではっきり決定していない	イ FAB間で統一した方がよい。 客先は見栄のするプライマー塗装を望む例多い	ア	アとイ 長バク: 3ヶ月 シクリッチ: 6ヶ月	イ

項目	内容	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
22. 塗装品の保管方法 (6ヶ月以上の長期保管)	汚損防止カバーしているか	していない。但し上塗施工の場合有り。	していない。但し箱桁は断面をふさぐ	していない	していない	していない	していない	していない	していない	していない	していない
23. 長期保管した塗装桁発送前の水洗い方法について	ア. 高圧洗浄により行なう イ. 水道水ホース、タワシ、ブラシ等を用いて水洗する ウ. その他	アにて処理	ア、イ 海上輸送後の水洗いは水道ホース、タワシ、ブラシ等使用	アとイの併用	ア	ア	ア	アとイ 状態により使い分ける。アでダメな場合はイ	ア	ア	イ 一時期高圧も使用したが余り良くないのでイに変更した。
24. 塗膜の標準偏差について	ア. 20%を越えたことがない イ. 20%を越える事があるイの場合の処理 ①再度塗膜厚を測定し20%以内に入る様な部分をピックアップ ②再度塗装の塗り直しを行なう	一般的には20%を越える事は無いが越えた場合は①のケースで対応	イ. 再度塗り直しを部分的に行なった	ア	万一越えた場合塗膜厚の平均値が基準値以上であれば合格	ア 但し超えた場合は①で対応	イ 少ないケースとしてあるこの場合でも平均膜厚が目標膜厚以上あり問題とならない	イの②	ア	イの①	イの①
25. 品質管理	ア. 社員が膜厚計測 イ. 業者が主体で膜厚計測	ア. 但し業者は自主チェック	ア. 但し業者は自主チェック	ア. 但し業者は自主チェック	ア. 但し業者は自主チェック	ア. 但し業者は自主チェック	イ	アとイ	ア	アとイ	ア
26. 桁の搬送方法について (搬入～プラスト～塗装～搬出～保管)	ア. 専用の搬送台車により輸送 イ. クレーンにより行なう ウ. その他	アとイの併用、搬入搬出は専用の輸送台車	ア. イ. ウ共 搬入は専用の搬送台車 搬出、塗装は天井クレーン保管は重機	アとイの併用	アとイ 搬出入は台車又はトレーラ、塗装は天井クレーン	ア パレット使用	アとイの併用	アとイの併用 プラスト工場出入はア、その他はイ	アとイ	イ	ウ 原則はトラックにて移送し天井クレーン及びPH使用
27. マスキングの方法	治具化又は特注のマスキング材を使用しているか	している 但し市販粘着テープとの併用	市販粘着テープにてシート張付け	市販粘着テープにてシート張付け	市販粘着テープにてシート張付け (のり残りの少ないものを使用)	市販粘着テープにてシート張付け	市販粘着テープにてシート張付け	している 但し市販粘着テープとの併用	市販粘着テープにてシート張付け	市販粘着テープにてシート張付け	市販粘着テープにてシート張付け
28. ノリ残りの少ないテープの使用について	ア. テープ養生箇所はノリが残り困っている イ. ノリ残りの少ないテープに替えたのである程度改良された ウ. テープ以外の材料を使用	イにて施工、但し完全にノリ残りが改良されず。現在はテープに替えてウのベニヤを使用	イにて施工、但し現在使用しているテープ上に塗装してテープの損傷かどうか実験中。	ア	イ テープ名 オリエンテープ	イ 塗装系により使い分ける。	イ テープ名 ニットーハンディカットテープ メーカー：日東電工機	アとイ ノリ残りの少ないテープの価格が高く使いわけをしている。	イ	イ 長期貼付しないかぎりノリは残らない。	イにて施工であるが完全には改良できていない。
29. 施工業者への発注方法	ア. 時間で発注 イ. 金額で発注	ア但し工事によってはイも有る	イ	塗装面積×材・工一式で発注	塗装面積×材・工一式で発注	イ	アとイ	アとイ	イ	塗装面積×材・工一式で発注	イ

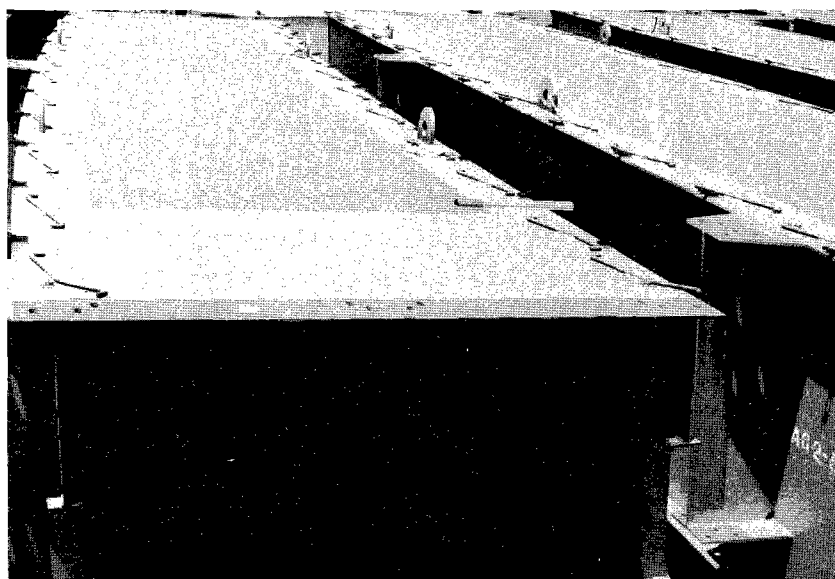
項目	内容		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
30. 発注条件	副資材	ア. 会社持ち イ. 業者持ち	ア	イ	ア		イ	ア	ア	ア	イ	ア
	ブラスト 研掃材	ア. 会社持ち イ. 業者持ち	ア	イ	ア		イ	ア	ア	ア	イ	イ
31. 施工業者の 数	業者数表示		常時2社 スポットなし	常時2社 スポット1社	常時1社 スポット1社	常時2社 〔ファストと塗装 で分離して いる。〕	常時1社 スポットなし	常時1社 スポットなし	常時1社 スポットなし	常時2社 スポットなし	常時2社 〔ファストと塗装 で分離して いる。〕	塗装は常時1社 スポットあり ファストは常時1社
32. 塗装業務組 織	系統記載		鉄構部 工作一課 { 塗装 設計 施工 客先 接渉 } 塗装係 スタッフ 2名 塗装班 監督2, 社員4	製造部 管理課 製造課 品質管 理課 工務係 (客先立 分) 係長1 係員4 (工程, 品質管 理)	橋梁課 生産課 品質課 塗装施 工	製造部 生産設計課 塗装設計 客先接渉 施工指導 製造1課 (施工業務)	研掃 10人 塗装 60人	鉄構部 工事課 橋1, 橋2 グループ 関連業者	鉄構部 工作課 スタッフ 社員5名 業者 (ファスト班)	工務課← 品質 (係長1, 社員2) 管理課 業者	工場 品質管理課 製作2課 専任 1名 2課第3係 係長1名 係員—専任2名 下請	工場 品質管理 工場担当者 製造二課 (防錆係) 係長1 専任3 下請
33. 塗装作業の 合理化につい て	現在の計画又は今後の 考え方		主桁外面自動ブ ラストスプライ ス自動塗装ライ ン塗装作業の機 械化	スプライスの自 動ブラスト塗装 工場の拡充, 移 動, 塗装上家3 棟 (17.5×15) 補充予定	大型ブラスト工 場の新設	主桁外面の自動 ブラスト	主桁, スプライ ス塗装の自動化 塗装作業の機械 化	品質の向上と省 力化の面からロ ボット化, 機械 化を進めたい。	塗装作業の屋内 化養生材の研究	塗装工場の拡充	塗料飛散防止 スプライスの自 動塗装ラインの 検討	塗装作業の屋内 化
34. その他	塗装機器や塗料等につ いて新技術の導入及び 開発例があるか?		・新技術 1) ブラストの 自動化 2) ブラスト材 回収効率向 上 ・塗料の開発 厚膜型無機ジ ンク及びター ルエポキシ等 の改良	・新技術 塗装機器のノ ズルチップ等 塗出量の工夫		・新技術 添接板の自動 ブラスト化 ・塗料の開発 シアナミド鉛 の密着性調査			1) 発送前の汚れ 落とし方法 2) ノリの残らな いテープ及び 長期保管に耐 えるテープ 3) 鉛系塗料の乾 燥期間短縮		・新技術 1) ブラストの自 動化 2) 塗装作業の自 動化 ・塗料の開発 1) 変色しにくい 塗料 2) 防錆力アップ の塗料 3) 付着性の良い 塗料	

3. 関連写真

項目 No. 10 コンクリート埋設面の塗装

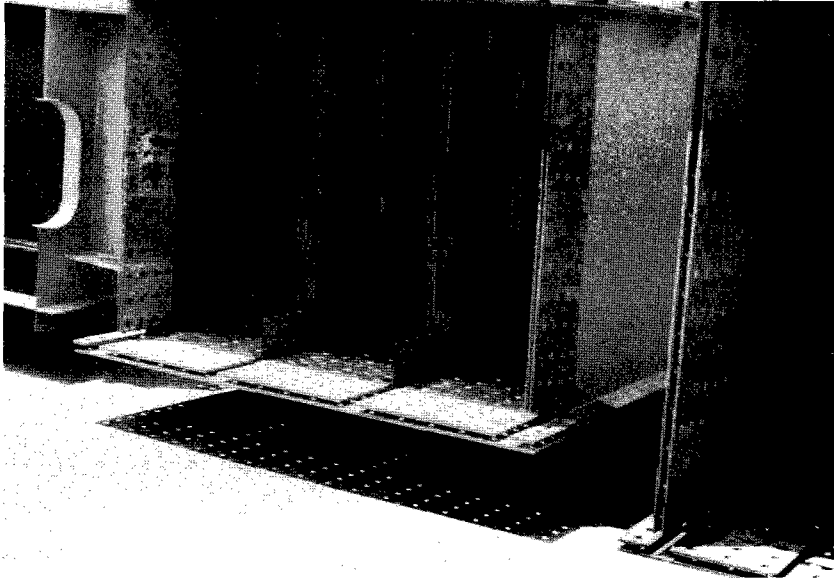


コンクリート埋設部も
ジンクリッチを塗装。

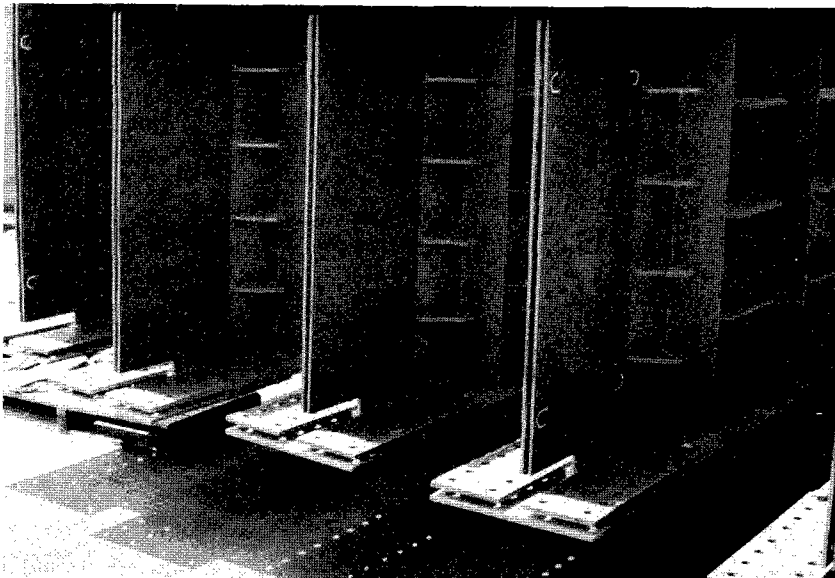


スラブランカー部エッ
チングプライマー塗装。

項目 No. 1 3 スプライスプレートの塗装

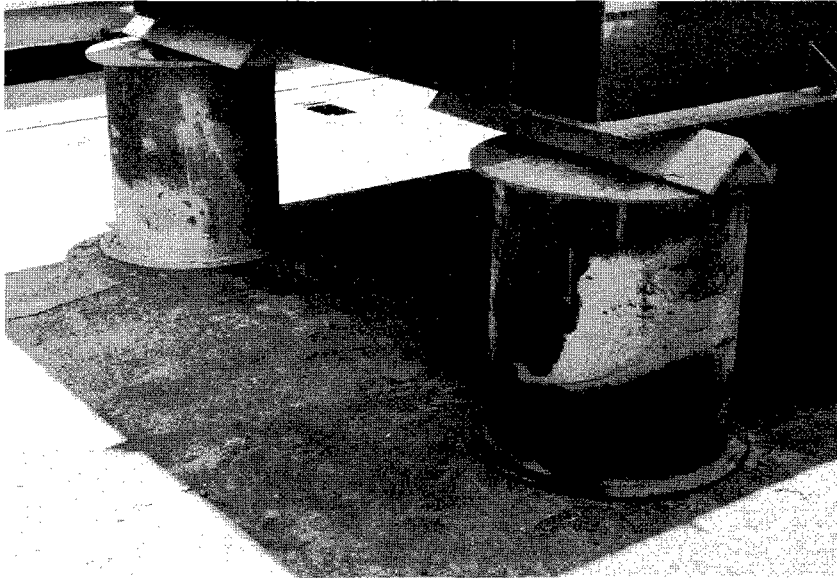


スプライスプレートの
外面はミルプライマー
のみ

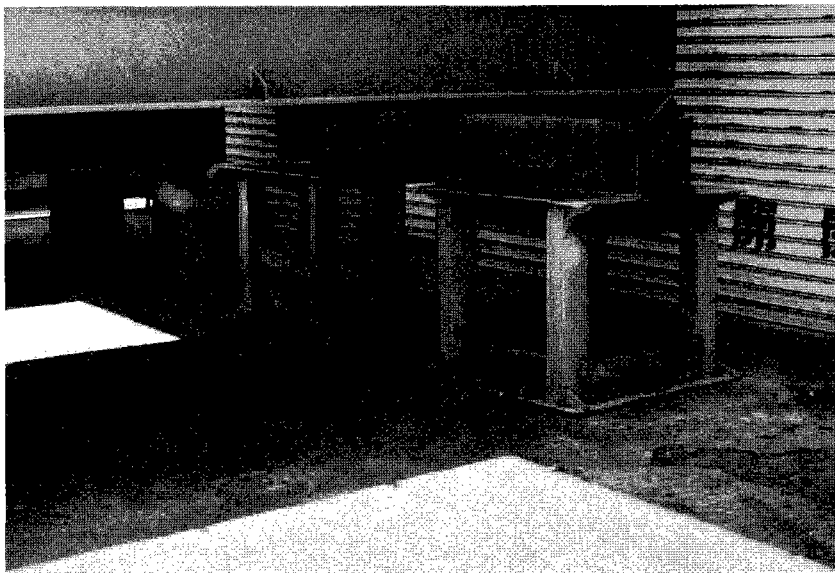


スプライスの外面を
工場にて再塗装した。

項目 No. 15 架台跡のチッチアップ補修



添接部で受け補修を少
なくしている。

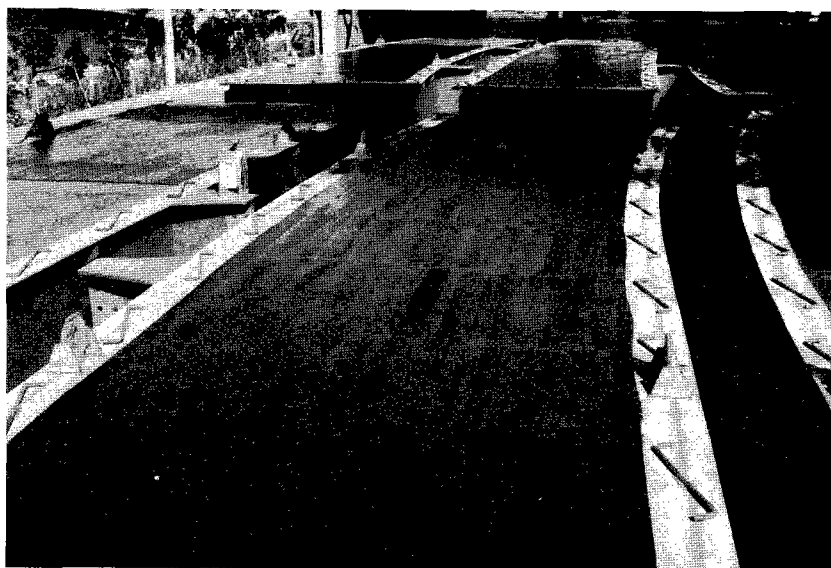


添接部で受け補修を
少なくしている。

項目 No. 17 タールエポキシの変色



タールエポキシの
変色状態



タールエポキシの
塗り直し後

項目 No. 17 タールエポキシの変色

タールエポキシの
変色状態

シンナー拭き後

項目 No. 2 3 発 送 前 の 水 洗 い 作 業

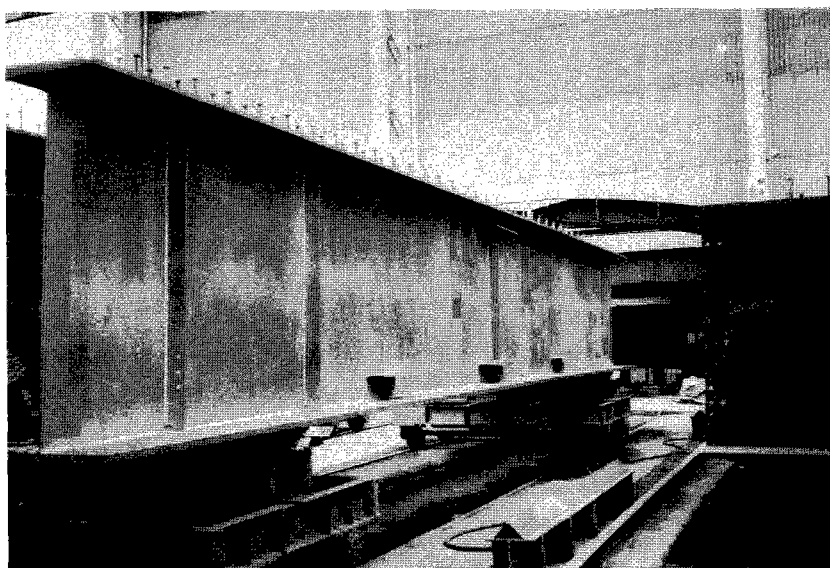
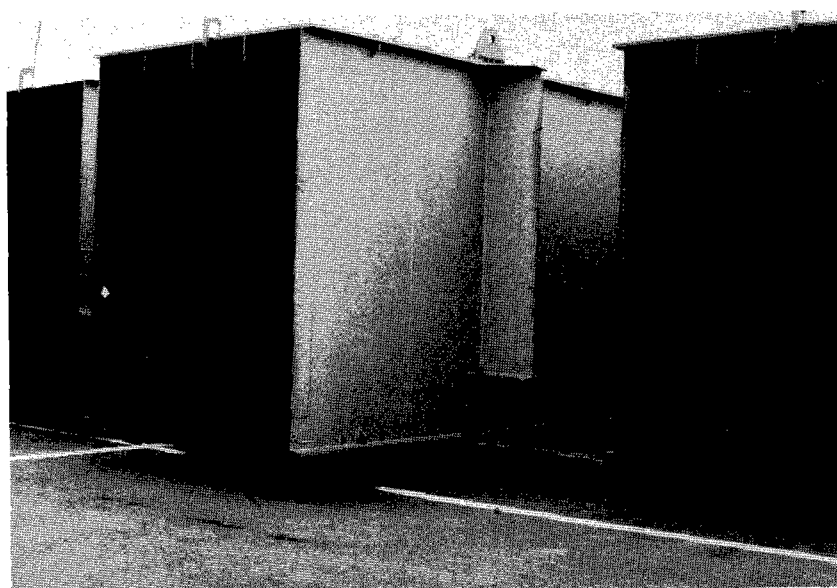


ホースによる水洗い。



高圧洗浄による水洗い。

項目 No. 27 マスキング方法

養生テープによる
マスキングベニヤ板による
マスキング

除錆度の各機関規格比較表

規 格 名								処 理 方 法	処 理 内 容 (SSPC呼称)		除 錆 率
アメリカ	スウェーデン	イギリス	ドイツ	オーストラリア	アメリカ	日本造船研究協会	一般呼称				
SSPC	SIS	BS	DIN	AS	NACE	SPSS	ケレン				
SP-5	Sa 3 (A, B, C, D)	First Quality	Sa 3	Part 4 CLASS 3	No. 1	(サンドグリット) (ショット) Sd 3 Sh 3	1種ケレン	サンドブラスト グリットブラスト ショットブラスト	黒皮(塗膜)および錆を完全に除去し裸金属面とする。	ホワイトメタル ブラストクリーニング	99%
SP-10	Sa 2½ (A, B, C, D)	Second Quality	Sa 2½	Part 4 CLASS 2½	No. 2	Sd 2 Sh 2		同上	同上	さびは完全に除去するが黒皮跡(塗膜)はほんのわずか残る程度。	ニヤーホワイト ブラストクリーニング
SP-6	Sa 2 (B, C, D)	Third Quality	Sa 2	Part 4 CLASS 2	No. 3	Sd 1 Sh 1	—	同上	さびは完全に除去するが黒皮跡(塗膜)はやや残る程度。	コマーシャル ブラストクリーニング	67%
SP-7	Sa 1 (B, C, D)	—	Sa 1	Part 4 CLASS 1	No. 4	Ss	—	同上	完全に付着している黒皮(塗膜)が少面積残る。	ブラッシュオフ ブラストクリーニング	—
SP-3	St 3 (B, C, D)	—	St 3	Part 2 CLASS 1 Part 7 CLASS 3	—	Pt 3	2種ケレン	動力工具 ディスクサンダー ワイヤーブラシ	完全に付着している黒皮(塗膜)は残すが、さび他は除く。	パワーツール クリーニング	—
SP-2	St 2 (B, C, D)	—	St 2	Part 7 CLASS 2	—	Pt 2	3種ケレン	動力工具 あるいは手動工具 スクレーパー	浮さび、浮黒皮(浮塗膜)は除去する。	ハンドツール クリーニング	—

SSPC	Steel Structures Painting Council Vis 1
SIS	Svensk Standard SIS 05 5900-1967
BS	British Standards Institution 4232
DIN	Deutsche Industrie Normen 55928 Part 4
AS	Australian Standard 1627
NACE	National Association Of Corrosion Engineers 処理程度基準鋼板あり (NACE Standard TM-01-75)
SPSS	日本造船研究協会 (JSRA) 編「塗装前鋼材表面処理規準」Standard for the Preparation of Steel Surface Prior to Painting

4. 技 術 資 料

素地調整の管理を行う場合、その基準が必要になります。現在、広く利用されている基準は、アメリカの Steel Structures Painting Council の Surface Preparation Specification(SSPC-SP)とスウェーデンの Svensk Standard(SIS)があります。

SSPC-SP

本規格は、処理方法およびその等級を規定しており、各等級別のカラープリントについては、SISを引用しています。その内容は、大略次のとおりであります。

● SSPC-SP 2 : Hand Tool Cleaning

鋼材の表面に浮いたミルスケール、浮きさびなどを、スクレパー、ワイヤブラシなど手工具を用いてていねいに除去します。(SIS-St2/手工具および動力工具で、ていねいに除錆(さび)を行います。手工具としては、スクレパー、ワイヤブラシなど。動力工具としてはパワーブラシ、ディスクサンダーなどを用います。)

● SSPC-SP3 : Power Tool Cleaning

鋼材の表面に浮いたミルスケール、浮きさびなどを、パワーブラシ、ディスクサンダーなどの動力工具を用いて、非常にていねいに除去します。(SIS-St3/手工具および動力工具で、非常にていねいに除錆を行ないます。使用する工具類は前項 St2と同じであります。)

● SSPC-SP4 : Flame Cleaning of New Steel

鋼材の表面の乾燥と、浮いたミルスケールや健全なミルスケールなどを火炎によって除去します。

● SSPC-SP5 : White Metal Blast Cleaning

鋼材の表面のミルスケール、さびと異物をサンドブラスト、ショットブラストなどにより、ブラスト面が金属面となるまで非常にていねいに除去します。(SIS-Sa3/ブラスト面が金属面となるまで非常にていねいにブラストします。ミルスケール、さびと異物は完全に除去され清掃後の表面は完全な金属色を呈します。)

● SSPC-SP10 : Near White Blast Cleaning

鋼材の表面のミルスケール、さびと異物を普通のていどにブラストすることにより、95%以上除去します。施工方法は前記 SSPC-SP5-63と同じであります。(SIS-Sa2½/施工方法は前記 SSPC-SP5-63と同じであります。ていねいにブラストすることにより、ミルスケール、さびと異物は痕跡を残すだけとなります。)

● SSPC-SP6 : Commercial Blast Cleaning

鋼材の表面のミルスケール、さびと異物を普通のていどにブラストすることにより、%以上除去します。施工方法としては、前記 SSPC-SP5-63と同じであります。(SIS-Sa2/施工方法は前項 Sa1と同じであります。普通のていどにブラストすることにより、ほとんどのミルスケール、さびと異物が除去されます。清掃された後の面は灰色を呈します。)

● SSPC-SP7 : Brush-off Blast Cleaning

鋼材の表面の浮いたミルスケール、浮きさびと固着していない異物を軽くブラストすることにより除去します。施工方法は、前記 SSPC-SP5-63と同じであります。(SIS-Sa1/施工方法としては、サンドブラスト、ショットブラストなどが利用され、軽くブラストすることにより、浮いたミルスケール、浮きさびと異物が除去されます。)

● SSPC-SP8 : Pickling

鋼材の表面のミルスケール、さびを酸洗いにより完全に除去します。

Initial Conditions	A Adherent Mill Scale	B Rusoid Mill Scale	C Rusoid	D Pitted & Rusted
	A SaO	B StO B SaO	C StO C SaO	D StO C SaO
Manual Cleaning Thorough	(Hand Tool Cleaning SSPC-SP 2)			
		B St 2	C St 2	D St 2
Manual Cleaning Very Thorough	(Power Tool Cleaning SSPC-SP 3)			
		B St 3	C St 3	D St 3
Blast Cleaning Light	(Brush-off Blast Cleaning SSPC-SP 7)			
		B Sa 1	C Sa 1	D Sa 1
Blast Cleaning Thorough	(Commercial Blast Cleaning SSPC-SP 6)			
		B Sa 2	C Sa 2	D Sa 2
Blast Cleaning Near White	(Near White Blast Cleaning SSPC-SP 10)			
	A Sa 2 ½	B Sa 2 ½	C Sa 2 ½	D Sa 2 ½
Blast Cleaning Very Thorough	(White Metal Blast Cleaning SSPC-SP 5)			
	A Sa 3	B Sa 3	C Sa 3	D Sa 3

塗装鋼材とコンクリートの付着性について

コンクリートに埋め込まれる鋼材表面は、無塗装が一般的であるが、コンクリート埋め込みまで長期間暴露されると、錆の発生が著しい。本テクニカルデータは、コンクリート埋め込みまでの一次防錆の目的で鋼材に防錆塗装を行なった場合のコンクリートとの付着性について記述する。なお塗料の選定に際しては本テクニカルデータの試験方法が使用目的に合致しているか確認の上、防錆性も考慮して検討載きたい。

1. 試験概要

各試験鋼材を1ヶ年大気暴露した後、コンクリート中に埋め込んで付着強度を測定する。

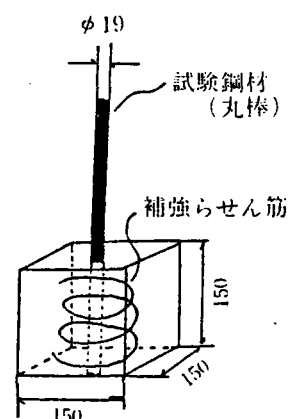
2. 各試験鋼材の塗装仕様

鋼材記号	前処理	塗料名		目標膜厚(μ)
		一般名	商品名	
A	無処理	ミルスケール材	—	—
B	プラスト処理 (SIS-Sa 2.5以上)	無塗装	—	—
C		無機質ジンクリッチペイント	ゼッターOL-HB	20
D		〃	〃	50
E		有機質ジンクリッチペイント	ゼッターEP-2HB	20
F		〃	〃	50
G		長暴型エッチングプライマー	プリマイトS-100	15

3. コンクリート埋め込み供試体

3-1. 供試体の寸法、補強

試験鋼材 (mm)	コンクリート寸法 (mm)	補強らせん筋 (mm)	
		直径	外径
φ19×1100	150×150×150	φ6	120



塗装鋼材とコンクリートの付着性について

3-2. コンクリートの配合

目標強度 (kg/cm ²)	粗骨材の 最大寸法 Gmax.(mm)	水・セメ ント比 W/C (%)	絶対細骨 材率 s/a (%)	m ³ 当りの 配合 (kg)			
				単位水量 W	単位セメン ト量 C	単位細骨材 量 S	単位粗骨材 量 G
300	25	54	44	154	285	842	1072

セメント : 普通ポルトランドセメント

混和材 : ポゾリスNo. 5 L (セメント量の0.25%)

3-3. 養生方法

コンクリート打設後、3日間湿布養生、4日目に脱型、それ以降は20°C ± 2°C水中養生(4週間)

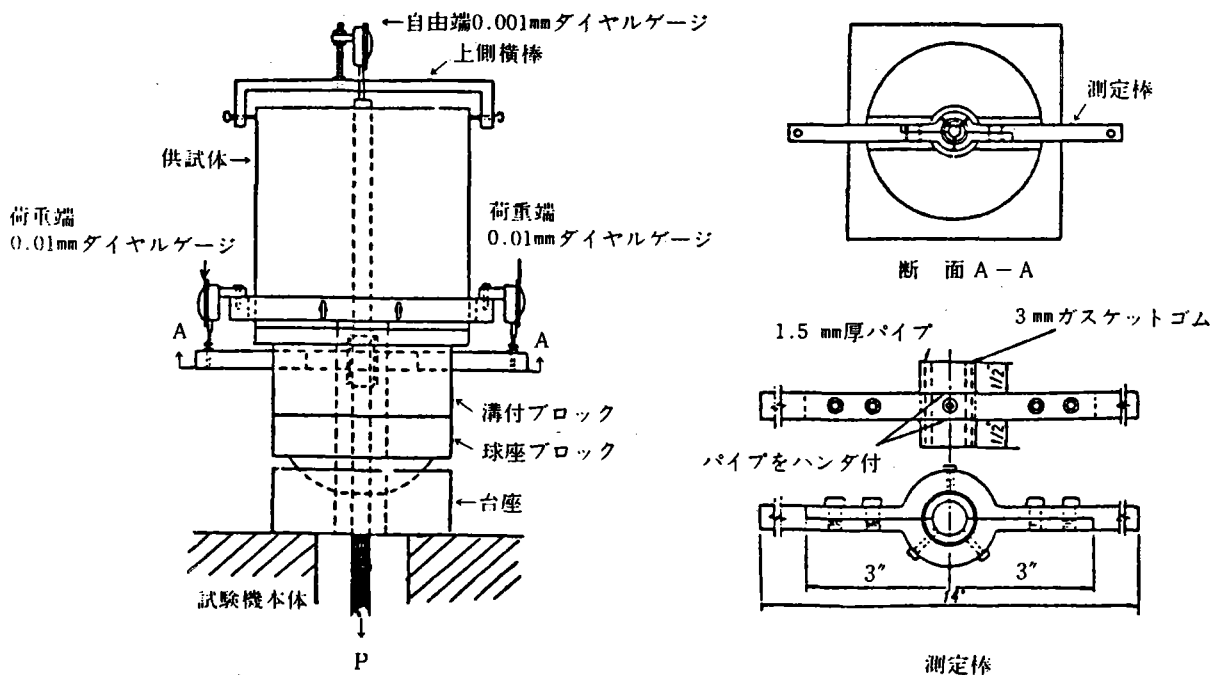
3-4. 供試コンクリートの強度

材 令 (日)	5	7	10	13	16
圧縮強度 (kg/cm ²)	106	159	225	252	268

試験時 材令 27日 322 kg/cm²

4. 引抜試験装置

200t 万能電子管式試験機に下図の装置をセットして測定する。



塗装鋼材とコンクリートの付着性について

5. 試験結果

鋼材記号	前処理	塗料名	実測膜厚 (平均 μ)	1ヶ月大気 暴露後の 表面状態	引抜き試験後 の 表面状態	荷重端 (滑り量0.1mm) 付着応力(kg/cm ²)		自由端 (滑り量0.05mm) 付着応力(kg/cm ²)		最大付着 応力(kg/cm ²)	
							Ave.		Ave.		Ave.
A	無 (黒皮)	-	-	表面の約50% 赤錆	錆層の離脱 黒皮の離脱 なし	29	Ave.	42	Ave.	42	Ave.
						36	28	36	35	36	35
						19		26		26	
B	-	-	-	全面赤錆	錆層離脱	31		31		31	
						30	31	31	31	31	31
						31		31		31	
C	-	ゼッターOL-HB	29	白さび多い 点錆極少	摺り傷のみ	35		35		35	
						40	35	40	37	40	37
						30		35		35	
D	-	ゼッターOL-HB	48	白さび多い 発錆なし	摺り傷のみ	34		34		34	
						29	31	36	33	36	33
						29		29		29	
E	-	ゼッターEP-2HB	24	異常なし	摺り傷 一部塗膜 凝集破壊	29		29		29	
						28	29	28	29	28	29
						30		30		30	
F	-	ゼッターEP-2HB	100	異常なし	摺り傷 一部塗膜 凝集破壊	26		26		26	
						29	28	29	28	29	28
						28		28		28	
G	-	プリマイトS-100	16	全面点錆発生	錆の離脱 塗膜凝集 破壊	27		27		27	
						29	29	29	29	29	29
						31		31		31	

- 注 1. 引き抜き試験は各々3回繰返し測定した。
 2. 本試験では滑り量が小さかった為、自由端の付着応力は滑り量0.05mmで比較した。
 3. 最大付着応力は、荷重端の滑り量0.2mm及び自由端の滑り量0.05mmの際の付着応力とほぼ同じ値であった。

参考文献 1) 渡部、西田、三谷、荒船：中国道帝釈橋の設計・施工(上)、橋梁と基礎、Vol. 12, No. 3, 1978(P 7~13)

2) 国分正胤編：土木材料実験、技報堂、P 243~249

報告



中国道 帝釈橋の設計・施工 (上)

—RC 固定アーチ—

渡部 章* 三谷 宏平***
西田 行宏** 荒船 啓作****

1. まえがき

我が国の橋梁技術は、鉄道・道路網の整備とともに、近年めざましい進歩をとげている。鋼橋では、吊橋、トラス橋、斜張橋、箱桁、アーチ等の各型式の長大橋が施工され、さながら橋梁の教科書をめくっているようである。また、新しい架設工法に関する探究心には感嘆するばかりである。さらにプレストレストコンクリート橋では、浜名大橋のような世界第1位の長大桁橋があり、架設工法についても移動支保工、押し出し工法と、橋梁分野に確固たる地位を占めている。

それに比べ鉄筋コンクリート（以下 RC と略称）橋は、日本が地震国であるためかどうか、その規模や工法において脚光をあびるのが少ない傾向は否めない。

ここでは、高速道路橋として初めての、RC 固定アーチ「帝釈橋」の設計、施工について報告する。帝釈橋は、中国自動車道（吹田～下関間543km）のほぼ中間、広島県の北東部比婆郡東城町帝釈に位置する。

本橋はアーチスパン145mの固定アーチ橋であり、本型式では国内最大支間長を有する長大橋となる。またアーチリング架設工法として世界で初めて「ピロン・メラン併用工法」を採用している特徴を持っている。工事は、昨年末上り線のアーチ閉合を完了し、下り線のアーチ閉合を4月末ごろ予定しており、追い込みの段階にある（図-1）。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下のとおりである。

工事名	中国自動車道 帝釈東工事 (上り線)
	" " 帝釈川橋工事 (下り線)
路線名	高速自動車国道 中国縦貫自動車道
場所	広島県比婆郡東城町字帝釈未渡
橋格	1等橋 (TT-43)
工期	昭和49年11月～昭和53年8月
橋長	上り線 283.91m (4@17.5+161+3@17.5)
支間割	下り線 267.00m (4@17.5+161+2@17.5)
幅員	8.5m (0.7+8.5+0.75)
型式	上部工 RC 固定アーチ RC 連続中空床版
	下部工 直接基礎 (橋台 4, 橋脚 4) 深礎杭基礎 (橋台 1, 橋脚 1)

*日本道路公団 広島建設局 特殊設計課長
** " 東城工事事務所
***住友建設株式会社 常勤作業所
**** " "

主要資材	コンクリート	30 000m ³
	鉄筋	2 100t
	PC 鋼棒	200t
	メラン鋼材	700t
	ピロン柱	70t

3. 地形、地質

中国山脈は、なだらかな山岳地であるが、形成時代が古いため一般的に谷は広く、かつ深くなっている。架橋地点は比婆道後帝釈国定公園の帝釈峽と呼ばれる、石灰岩峡谷である。谷幅 180m、深さ 90m、斜面角度 40° の雄大な谷であり、その岩壁、奇岩が周囲の杉、檜の美林とともに、美しい景観をつくり出している。

地質は図-2に示すとおり、石炭紀の輝緑凝灰岩を基岩として、石炭紀および二疊紀の石灰岩、さらに第四紀の礫混じり粘性土からなっている。アーチアバットの支持岩盤は兩岸とも石灰岩が主体である。

架橋地点の西約 250m 付近には帝釈断層と呼ばれる断層と、帝釈川河床には断層が想定されているため、地層の傾斜、乱れが多く複雑な地質である。そのため、当地の石灰岩は亀裂が多く、亀裂にそった雨水の侵食作用により空洞が存在する。また、石灰岩と礫混じり粘性土は約 2.5 億年の不整合状態にあるため、石灰岩表面は 1～10m の鋸状の起伏がある。側径間部の下部工基礎に直接基礎、杭基礎の違いがあるのはこのためである。

4. 気象

標高 500m の山間部であるため夏は涼しいが、冬は山陰型の厳しい気象条件となる。12月～3月の日最低気温の月平均が-3～-5°C、極値は-17°Cにもなるときがあり、コンクリート工事は非常に困難を伴う。

5. 計画

5-1 型式および規模の決定

橋梁型式の選定条件としては、経済性、施工性、安全性および美観が考えられる。本橋もこの条件で下記の型式の比較を行った。

鋼逆ローゼ橋
鋼トラス橋
PC ディバダグ橋
RC アーチ橋

その結果、国定公園内にあるため景観上の配慮が特に必要とされたこと、将来の維持管理面への配慮、さらには新工法への技術的研究等から RC アーチを採用した。さらに地震時安定性、施工例等から施工の難しさはあるが固定アーチが最良と判断された。

② 剛性低下による断面力の移行

③ 上げ越しおよび斜吊り鋼棒の張力管理の難しさ

このためアーチリングスラブ内に PC 鋼棒 (SBPD 95/110 φ32 mm) を配置し、アーチ閉合、斜吊り鋼棒撤去の後、張力を解放、さらにグラウトして主鉄筋に換算する。本数決定は、仮設材的な考えから設計耐力を、緊張力導入直後の耐力として計算し、1/4 点付近で62本、スプリングで26本配置している。

また、1/4 点については鉄筋上に金網 (φ8.5cm×5cm) を配置し、補強する方法をとった。

6-3-6 メラン鋼材

メラン鋼材は H-418×405×18×28 (中央6ブロックは H-428×407×20×35), SM50YB を弦材とするハウトラス形式とした。

メラン鋼材付近のコンクリートの“まわり”が心配されたため、事前に模型実験を行った。打設後コンクリートをはつり、目視にて調査したが、メラン自体に勾配があることおよびメラン鋼材外側にパイプレタが入る余裕をとったため、予想以上の充填性が確認できた。

吊り支保工は架設からコンクリートアーチ閉合まで、約1年間大気中に暴露される。この間に発生した錆が、コンクリートとの付着を妨げたり、コンクリートに混じる等の悪影響が予想されたため防錆処理を行うことにした。表-3に示す各塗料を塗った供試体を現場暴露実験後、コンクリートの付着試験を行った。付着性、経済性、信頼性等から有機ジンクリッチプライマを選定し、製品ブラスト処理の後工場にて塗付した。

図-7に付着強度結果を示す。

6-3-7 その他

高次の不静定構造物であるため、微小変形論と大変形論の断面力の差を試算した。約7%の断面力増になるため設計条件として考慮した。また、アーチリングの施工誤差(10cm)も考慮した。

表-3 塗装の種類

記号	前処理	塗 装 名	目標膜厚(μ)	
W-1	無処理	ミルスケール材	—	—
W-2	ブラスト処理 SIS-Sa 2.5以上	無 塗 装	—	—
W-3		無 機 ジ ン ク	20	—
W-4		“ ”	—	50
W-5		有 機 ジ ン ク	20	—
W-6		“ ”	—	50
W-7		長基型ウォッシュプライマ	15	—
W-8		鉛丹さび止めペイント	35	—
W-9		エポキシ系MIOペイント	50	—
W-10		ア マ ジ ン ク	100	—

注) W-5を採用

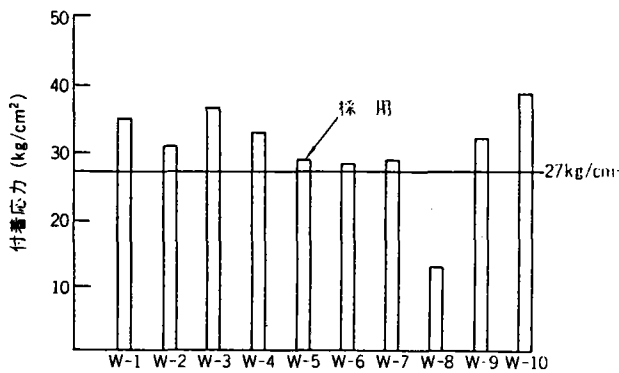


図-7 付着応力度

7. 施 工

7-1 仮設工事

アーチ橋の架橋地点といえば急峻な谷間とか切り立った崖が両岸に迫っている海峡のような地点が多い。本橋の架橋地点も、狭い谷間と両岸が急峻な斜面のため、各種の仮設用地の確保および工事は困難を極めた。

7-1-1 仮設用地および仮設建物

架橋地点より下流側 200m 付近の、比較的広い谷間の水田を借地し、事務所、宿舍、資材置き場の用地としたが、地形上それぞれは各所に点在せざるをえず、段取りには多くの日時を要した(図-8、表-4)。

7-1-2 工事用道路

工事用道路としては既設の町道を使用することとしたが、幅員が不足するため、本工事前に別途工事にて拡幅を行った。

また、町道から現場への進入路は、左右岸とも本工事着手と同時に施工した。

7-1-3 ケーブルクレーン

ケーブルクレーンは、本橋施工計画の大きなポイントであるため慎重に検討し、次のような条件を考慮した。

- (f) コンクリート打設能力は 100m³/日を目標とする。
- (g) 鉄骨(メラン材)は地組みして1ブロック 9t 程度としているので、吊り能力は、10t 程度とする。
- (h) 吊り支保工解体時において、既施工のアーチリング下の吊り支保工部材を吊り下げることができる。
- (i) コンクリート打設時とメラン材架設時には、横行、巻き上げ速度の切り換えができる。
- (j) アーチリングおよび上床版の幅員が10m程度であるので、どの位置においても荷取りができる。

以上の条件を満足させるようなケーブルクレーン仕様として、吊り荷重 5t のケーブルクレーンを上り線下り線用それぞれ2条とし、合計4条架設した。

なお、各2条のケーブルクレーンは相吊り作業ができるよう、同一規格のウインチを採用した。

また、上下線分4基の鉄塔が独立しては、おのおのの控え索がふくそうすること、アンカー用地の確保が困難であるため、門型形式の鉄塔(3支柱形式)とした。

ケーブルクレーン仕様

型 式：両端固定式ケーブルクレーン

表-4 仮設用地および仮設建物

用 途	借地面積 (m ²)	仮 設 建 物
事 務 所	400	3K×11K×2F 1棟 3K×3K×2F “
労務員宿舍	670	3.5K×10K×2F “ 4K×10K×2F “ 3K×5K×2F 2棟 風呂 便 所
資材置き場	鉄 筋 630 型 枠 1010 P C 670 各種資材 2160	3K×2K トタン張 3K×5K “ 1.5K×3K “ 3K×5K 1棟
そ の 他	掘削に伴う借地 2170	—
合 計	7710m ²	—

タールエポキシ樹脂塗料の塗膜変色について

タールエポキシ樹脂塗料の塗膜変色の原因は、硬化剤に影響されます。

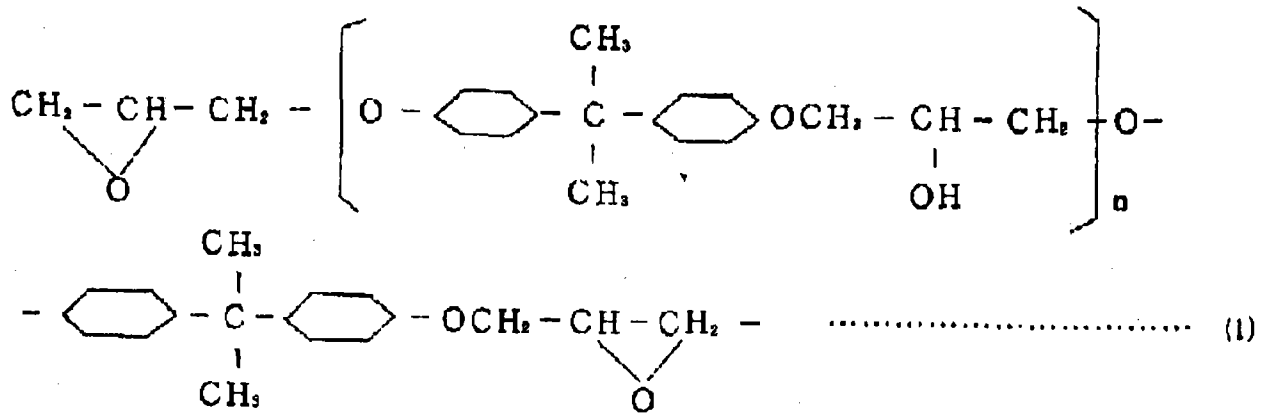
一般にエポキシ樹脂の硬化剤には、遊離ポリアミン・ポリアミド樹脂・アミンアダクト（式-2~4）を使用するが、これらの末端にもっているアミノ基が吸湿性の為、冬季気温が低い場合また湿度が高い時等に硬化剤の一部が表面に遊離し易く、従って吸湿性が大になり易い。

タールエポキシ樹脂塗膜表面に水分が吸着すると、塗料中の歴青質がかっ色に変色する。即ち塗料に使用している歴青質は現在知られているだけでも419種にも及ぶ成分の混合により黒色を形成している故、極く薄い表面層の屈折率の変化により色の度合が変化する。

但し、この変色は表面の極く薄い層のみであり、後記実験例でも明らかなように外見は悪いが塗膜性能上は全く問題ありません。（実験-1参照）

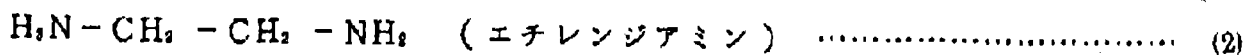
但し、この変色した塗膜の上に再塗装した場合には、変色層が層間付着性を阻害し、層間剥離を起す事があります。したがって再塗装の場合はサンドペーパーにより、表面粗しを行ない変色層を除去する必要があります。

エポキシ樹脂

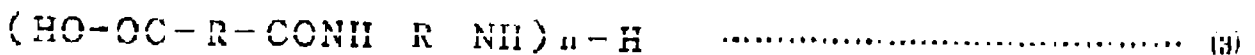


エポキシ樹脂は一般にビスフェノール又はその誘導体と、エピクロールヒドリンとの反応によって得られる。

ポリアミン

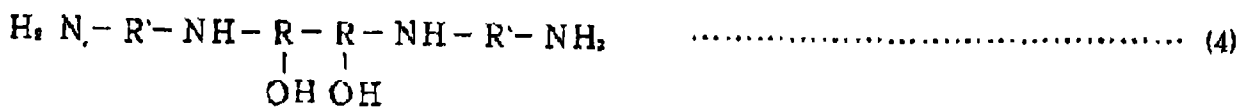


ポリアマイド類

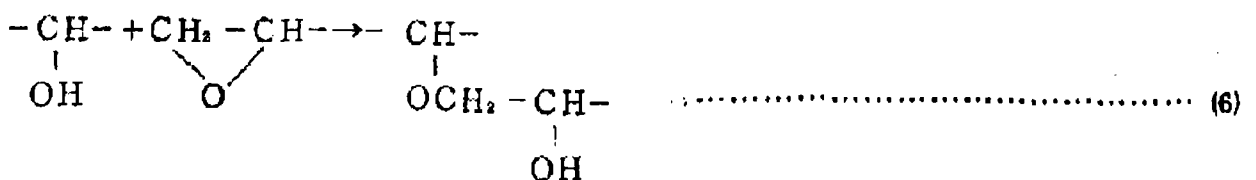
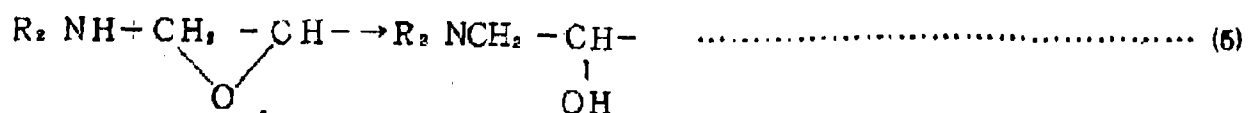


脂肪酸とポリアミンの縮合物

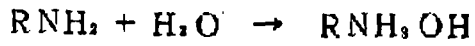
アミンアダクト類



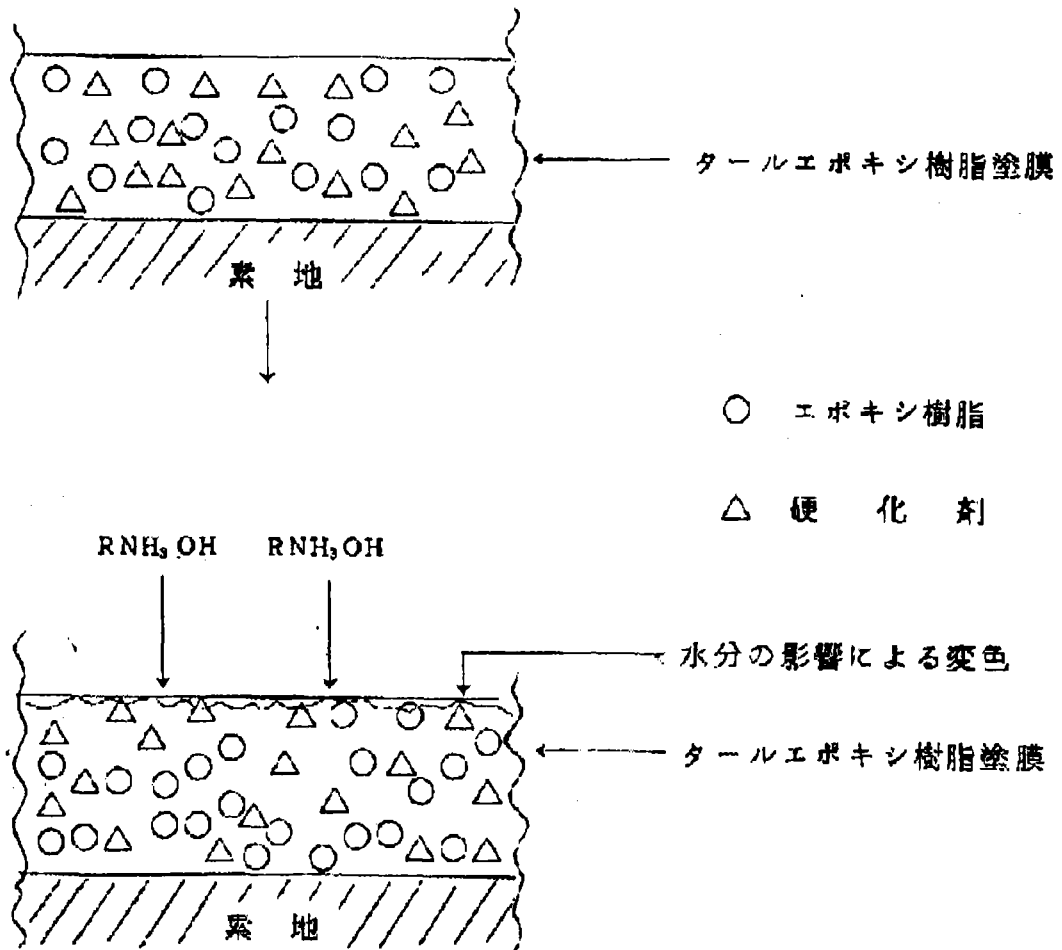
エポキシ樹脂と硬化剤の反応



塗膜表面の未反応アミンと水との反応



塗膜表面の変化図



実験-1 タールエポキシ樹脂塗料の正常な場合と
変色した場合の耐薬品性について

実験方法

(.75 × 200 × 2) mmのサンドブラスト鋼板にタールエポキシ樹脂塗料を塗り、一方は正常な状態で乾燥し、片方は高湿度な状態で乾燥させ表面を変色させた。その後7日間室内乾燥した後下記の諸試験に供した。

実験結果

試験項目	正常な状態の タールエポキシ樹脂塗料	変色させた タールエポキシ樹脂塗料
水道水浸漬	2ケ年異常なし	2ケ年異常なし
5%及び10%食塩溶液	2ケ年異常なし	2ケ年異常なし
Na ₂ CO ₃ 飽和溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
10% H ₂ SO ₄ 溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
10% HCl 溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
HCl gas	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
10% NaOH 溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
10% NH ₄ OH 溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
Ca(OH) ₂ 飽和溶液	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
耐塩水浸漬(40~45℃)	1ケ年異常なし	1ケ年異常なし
耐塩水噴霧試験	500時間異常なし	500時間異常なし

以上の試験結果は、その期間内で試験は中止してしまっている。
従って、実際はこの期間内以上充分耐久性があるものと考えられる。

実験-2 変色塗膜のリコート性について

実験方法

(75×200×2)mmのサンドブラスト鋼板にタールエポキシ樹脂塗料を塗り、未乾燥状態で水を掛け塗膜表面を変色させ、24時間乾燥後、規定の下地処理を行ないタールエポキシ樹脂塗料をリコートする。

その後7日間室内乾燥後、下記の試験に供した。

実験結果

一層目の表面	一層目表面の処理	初期付着性		30日間水道水浸漬後付着性	
		ゴバン目	ピール性	ゴバン目	ピール性
変色なし(正常)	無処理	25/25	◎	25/25	◎
変色有り	無処理	10/25	△	5/25	×
変色有り	シンナー抜き	15/25	○	10/25	△
変色有り	サンドペーパー掛け	20/25	◎	25/25	◎

注) ゴバン目: 2×2mmのゴバン目をNTカッターで25個切り、セロテープで剥離試験をし、塗膜の残存数で評価

ピール性: 1cm巾の平行線をNTカッターで切り塗膜を剥離する。

◎ 剥離しない ○ 剥離傾向がある × 剥離する

以上の結果より塗膜表面が変色した上にリコートする場合はサンドペーパーにて表面粗しをしてから塗装する必要があります。

技術資料 020 タールエポキシ樹脂塗料塗装塗膜の変色について

1. まえがき

橋梁の箱桁内面やプラント関係では、長期重防食を目的としてタールエポキシ樹脂塗料を用いたシステムが多く採用されています。

しかし、この塗料は屋外で塗装および乾燥が行なわれた場合、塗膜が黒褐色または褐色に変色することがあります。

この変色現象の原因および対策などについて概説します。

2. 塗膜の変色現象の原因・防止対策および処置

2-1 変色の原因

タールエポキシ樹脂塗料塗装塗膜（以下塗膜と記す）の変色は、塗装後に塗膜の乾燥過程で、直接雨水や結露水に接した場合に生じる現象と、長期間太陽光線（紫外線）にさらされた場合に生じる現象（一般にいわれている変退色）に分けられます。

塗膜の変色の直接原因として、水分および紫外線が考えられます。この2つのほかに促進要素として、熱・酸素・ばいじんなどがあげられます。

上記の現象の理由としては、次のことが一般にいわれています。

- 1) 塗装後、短期間に生じる塗膜の変色現象は塗膜のごく表層部分の現象で、タール成分および硬化剤成分が水分と接して水和物となり、これが塗膜の表面に浮くため白っぽく見える。
- 2) 塗装後、長期間経過後の変色現象は、塗膜のごく表層部分の現象で、エポキシ樹脂・タール成分などが紫外線・水分・熱などの作用により劣化し、粉化（白亜化）するため白っぽく見える。

なお、塗膜の変色程度は塗料組成（エポキシ樹脂・タール・硬化剤など）の違い、乾燥程度、環境条件などにより差があり、かなりのばらつきがあります。

2-2 変色の防止対策

塗膜の変色の防止対策としては、前述した変色の直接原因（紫外線・水分）との接触を避けるような施工・管理が必要です。

具体的な例としては、次のようなものがあげられます。

- 1) できる限り屋内で塗装を行なうようにする。
- 2) 大気ばくろ部位での使用を避ける。
- 3) 没水用途に使用する場合、塗装後、定められた養生（乾燥）日数を守る。

技術資料 020

2-3 変色の処置

通常、変色現象は塗膜のごとく表層部分のみで、塗膜性能（防食性・耐水性など）には影響がなく、美観が要求されなければ特に処置の必要性はありません。

一方、処置が必要な場合は、次の方法があります。

- 1) 溶剤で変色部分を拭き取る。ただし、この場合は溶剤拭きを行なった部分だけ光沢（艶）がなくなり美観は充分でない。
- 2) 塗面を全面目荒しを行ない、清掃後に塗装を行なう。

3. 変色塗膜と正常塗膜の性能比較

乾燥過程で水分の影響を受け変色した塗膜と正常塗膜を、JIS-K-5664 1種の規格に準じて性能比較を行ないましたが、表1に示すように差はありません。

表1 変色塗膜と正常塗膜の性能比較

試験項目	JIS K 5664-1 規格	変色塗膜	正常塗膜
耐屈曲性	φ10mm 異常なし	○	○
耐衝撃性	1/2インチ×500gr×300mm 異常なし	○	○
冷熱くり返し試験	-20℃~80℃のサイクル3回 異常なし	○	○
耐アルカリ性	5% NaOH溶液 7日 異常なし	○	○
耐酸性	5% H ₂ SO ₄ 溶液 7日 異常なし	○	○
耐揮発油性	3号揮発油 2日 異常なし	○	○
塩水噴霧試験	塩水噴霧 5日 異常なし	○	○
耐湿性	50℃ 95%RH 5日 異常なし	○	○

注1) 試験方法はJIS K 5664-1に準じる。

注2) ○は合格を示す。

技術資料 020

4. 塗膜の変色の再現実験結果

弊社品で塗膜の変色程度の確認を行なった結果を表2に示します。

なお、試験にはエポシール 200 (ポリアミド硬化タイプ)およびエポシール 600 W (イソシアネート硬化タイプ)を用いました。

表2 試験結果

環境温度	塗料の種類	乾燥時間 (H)	上水浸漬時間 (H)			
			4	8	24	48
10℃	タールエポキシ樹脂 イソシアネート硬化塗料 (エポシール 600W)	24	○	⊖	△	×
		48	◎	○	△	△
		72	◎	◎	○	△
		96	◎	◎	◎	○
	タールエポキシ樹脂 ポリアミド硬化塗料 (エポシール 200)	24	—	—	—	—
		48	—	—	—	—
		72	○	⊖	△	×
		96	◎	○	△	△
20℃	タールエポキシ樹脂 イソシアネート硬化塗料 (エポシール 600W)	24	◎	○	△	△
		48	◎	◎	○	○
		72	◎	◎	◎	○
		96	◎	◎	◎	○
	タールエポキシ樹脂 ポリアミド硬化塗料 (エポシール 200)	24	○	△	×	×
		48	○	○	△	×
		72	◎	○	△	△
		96	◎	◎	○	○

注1) 塗膜厚: 80μ

注2) 未乾燥のため変色がもとにもどる。(—の部分)

注3) 評価基準 (近似色)

評 価	(初期)	◎	○	⊖	△	×
色 あい	日塗工 H1 -1037	日塗工 H1 -1037	光 沢 ビ ケ	日塗工 H1 -1035	日塗工 H1 -1034	日塗工 H4 -224

技術資料 008 エポキシ樹脂塗料の塗装間隔と層間付着性について

従来、エポキシ樹脂塗料は層間密着に劣るために短時日に塗り重ねることが必要でした。しかし、エポキシ樹脂塗料の用途も広がり、重防食塗料として各種の大形構造物に使用されるようになるとともに、建造工程に合致させるために塗装インターバルを長くする検討が加えられ、実用化されています。以下に、層間付着性についての見解を記します。

1. エポキシ樹脂塗料の層間付着性に関する一般的な性質

1) エポキシ樹脂塗料のインターバルが長くなった場合に、層間付着性が低下する理由として、次のようなことがいわれています。

- ① エポキシ樹脂の硬化剤として使われているアミン化合物と空気中の炭酸ガスとが反応し、表面に炭酸アミンの薄層を形成する。これが塗り重ね塗料との密着を阻害する。
- ② エポキシ塗料の硬化塗膜は重合度が高く、耐溶剤性に優れ、塗り重ね塗料との親和性が小さい。
- ③ エポキシ塗料は硬化後の内部応力が大きく、経時的に内部応力が増大し、密着力を上まわりやすい。

2) エポキシ樹脂塗料の層間密着性の改良方法として、以下の方法が検討されています。

- ① エポキシ樹脂の硬化剤を高分子化し、塗膜表面での炭酸アミンの層を作らないようにする。一般に、次の順に反応性は小さくなる。
低分子アミン → 高分子アミン → アミンアダクト → ポリアミド樹脂 (分子量小 → 大)
- ② エポキシ樹脂の硬化剤を上記のように高分子なものにしたり、混合比率を変えることによって、硬化塗膜の重合度を下げたり、内部応力の増加度を低くする。
- ③ エポキシ樹脂にリンペン状の大きな顔料(マイカシアス、アイアン、オキサイド:M. I. O)を配合し、表面に凹凸を作り、塗り重ね塗料との密着を良くする。

3) 上記のような改良方法で硬化度を低くすると逆に薬品浸漬などの過酷な条件下に適用すると塗膜耐久性が低下します。したがって、このような環境には、高密度の重合塗膜にする必要があります。

しかし、屋外バクロ環境で用いられる重防食塗装などは、徐々に硬化が進行するタイプでじゅうぶんであり、層間密着性などの総合塗膜としての機能を重視しなければなりません。

2. 当社エポキシ塗料の品種とバクロ層間密着性

以下に、実験データを示します。

技術資料 008

1) 試験結果

実験による結果を表1に示します。

表1 試験結果

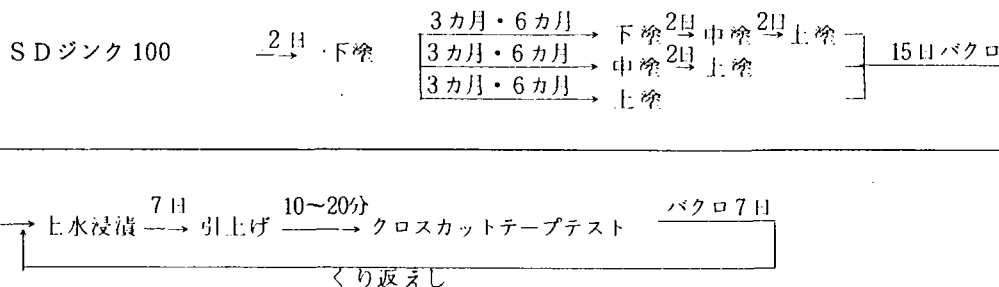
塗装工程 インターバル 下塗り 品名	下塗り 3カ月 6カ月 F・中・上塗り				下塗り 3カ月 6カ月 中・上塗り				下塗り 3カ月 6カ月 上塗り				中塗り 15日 1カ月上塗り		
	3カ月		6カ月		3カ月		6カ月		3カ月		6カ月		15日	1カ月	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
エポマリン プライマー	表	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	○	×	×		
	裏	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○		
エポマリン A/C	表	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○		
	裏	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
エポマリン RX	表	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	×	×		
	裏	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○		
ナプロ エポキシ	表	△	△	×	×	△	△	×	×	△	△	×	×		
	裏	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
フェロドール EPX	表	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
	裏	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
エポマリン中塗り	表	—				—				—				◎	◎
	裏	—				—				—				◎	◎

評価基準

- ◎ : 異常なし ○ : 2~10%はく離 △ : 10~20%はく離
- △ : 20~50%はく離 × : 50%以上はく離

2) 試験方法

- ① 試験板..... 300 × 90 × 3.2 mm サンドブラスト板
- ② 塗装方法..... ハケ塗り
- ③ 塗装工程および試験工程



技術資料 008

3) 考 察

① エポキシ樹脂塗料の品種と硬化剤の種類

各品種の硬化剤は、下表のとおりである。

下 塗 の 品 種	硬 化 剤 の 種 類
エポマリンプライマー	高分子ポリアミド
エポマリン A/C	同 上
ナプコエポキシ	アミンアダクト
エポマリン RX	ポリアミド
フェロドール EPX	同 上

実験結果から高分子ポリアミドを使用した品種は、層間付着性に優れている。アミンアダクトを使用したナプコエポキシは、従来のエポキシ塗料と同様に層間付着性が劣っている。

- ② 同一の硬化剤を使用したエポマリンプライマーとエポマリンA/Cでは、後者が優れている。この理由はエポマリンA/Cにはアルミニウム粉を顔料として使用しているために、①表面アラサが大きい。②チョーキングしにくい。③塗膜の収縮・ゆがみが小さいなどの性質があるために付着が良いと考えられる。
- ③ 同様に、エポマリンRXとフェロドールEPXでは、後者の方が優れている。フェロドールEPXは、M.I.O顔料を配合したエポキシ塗料で、M.I.O顔料の効果により、①表面アラサが大きい。②チョーキングしにくい。③塗膜の収縮・ゆがみが小さい。などの効果が大きく、硬化剤に影響されないために付着が良いと考えられる。

3. エポキシ樹脂塗料を使用した長期インターバル仕様について

試験結果からエポマリンプライマーやエポマリンA/Cを使用することによって、3ヶ月程度のインターバルを取ることは実用上問題ありません。さらに現地塗装を下塗り工程から行なうことがより効果的であります。

さらに長いインターバルが予測される場合にはフェロドールEPXを適用して、解決できます。

しかし、いずれの場合も層間の付着性を阻害する海塩粒子や硫化物などの滞溜、長期間の直射日光によるチョーキングの発生が考えられ、現地での塗装工程の前には塗膜表面に付着している不純物は十分に除去しなければなりません。

なお、耐候性が要求される場合にはエポキシ樹脂塗料に比べ耐候性の優れている塩化ゴム素塗料（ラバマリン）やポリウレタン樹脂系塗料（レタン）を上塗塗料として用いることができます。