

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル

平成 20 年 8 月

沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部 監修

改訂にあたって

道路は、日々の安全で快適な国民生活や経済活動を支える交通施設であり、また災害時の避難路や物資輸送路として防災機能も果たす基本的な社会資本です。

橋はこのような道路網の一部として、機能を発揮する上で不可欠な重要構造物であり、損傷などによってその機能が一時的にでも失われることがないように健全な状態に維持されていることが肝要です。

沖縄県内の橋は、特殊な環境下のなか塩害による劣化損傷が著しく、頻繁にそれらの補修が行われています。このような現状を踏まえ、沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会では鋼橋の延命化に取り組んできました。

今回、『鋼道路橋塗装便覧』 社団法人 日本道路協会 平成 2 年 6 月が『鋼道路橋塗装・防食便覧』 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月に改訂されたことを受け、『沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）』平成 10 年 3 月の改訂を行いました。

本マニュアル（案）の改訂により、ひきつづき厳しい自然環境における鋼橋の合理的な維持管理が行われることになり、また鋼橋塗装技術の進歩により、本マニュアルの見直しに必要な事項について情報提供されることで、今後も適宜改訂がなされることを期待しています。

最後になりましたが、本マニュアル（案）を改訂するにあたり、広く意見を賜りました琉球大学 矢吹教授をはじめとする委員各位に深く感謝申し上げます。

平成 20 年 8 月

沖縄総合事務局開発建設部企画調整官 岩 見 吉 輝

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会名簿

委員長	琉球大学工学部	教授	矢吹哲哉
副委員長	琉球大学工学部	教授	有住康則
委員	琉球大学工学部	助教	下里哲弘
"	独立行政法人 土木研究所	総括主任研究員	守屋進
"	社団法人 日本橋梁建設協会	防食部会長	橋本秀成
"	沖縄総合事務局 開発建設部	企画調整官	岩見吉輝
"	"	"	技術管理課長 平良正光
"	"	"	道路建設課長 金城博
"	"	"	道路管理課長 比嘉肇
"	沖縄県 土木建設部	技術管理課長	平良英行
"	"	"	道路街路課長 仲田文昭
"	"	"	道路管理課長 砂川勝彦

目次

第1章 総則

- 1.1 適用の範囲 1
- 1.2 主な用語の定義 8

第2章 塗装の種類

- 2.1 部材毎の塗装に至るまでの流れ 19
- 2.2 素地調整の種類 20

第3章 新設鋼橋の塗装

- 3.1 一般外面の塗装系 22
- 3.2 内面の塗装系 28
- 3.3 特殊部の塗装系 30
- 3.4 連結部の塗装系 32
- 3.5 タッチアップ塗装 41
- 3.6 現場塗装前の処置 43

第4章 構造設計上の留意点

- 4.1 飛来塩分対策 47
- 4.2 検査路 47
- 4.3 付属物 48

第5章 製作・施工上の留意点

- 5.1 部材端部の処理 50
- 5.2 溶接部の処理 51
- 5.3 ボルトなどの防食 53

第6章 施工

- 6.1 素地調整 54
- 6.2 塗付作業 56
 - 6.2.1 塗付作業者 56
 - 6.2.2 塗付方法 56
 - 6.2.3 塗付を行ってはならない部分 57
 - 6.2.4 使用塗料の理解 57

6.2.5	使用塗料の確認	58
6.2.6	希釈	58
6.2.7	熟成時間	59
6.2.8	可使時間	60
6.2.9	塗装作業の禁止事項	62
6.3	水洗	67
6.4	施工管理	69
6.4.1	塗料材料の管理	69
6.4.2	塗膜の外観	70
6.4.3	膜厚管理	74
6.4.4	記録	76

第7章 維持管理

7.1	一般	77
7.2	軽微な損傷の補修	77
7.3	腐食による断面欠損	78
7.4	維持管理時の水洗	82
7.5	支承の交換	82

第8章 塗替え塗装

8.1	塗替え時期	84
8.2	塗替え方式	84
8.2.1	全面塗替え	84
8.2.2	部分塗替え	85
8.2.3	局部補修	86
8.3	塗替え塗装系	86
8.3.1	一般外面の塗装系	86
8.3.2	内面の塗装系	92

8.3.3	特殊部の塗装系	95
8.3.4	連結部の塗装系	95
8.4	塗替え塗装の施工	96
8.4.1	素地調整の種別	96
8.4.2	部材端部の処理	99
8.4.3	水洗	99
8.4.4	塗付作業	100
8.5	塗替え塗装の施工管理	101
8.5.1	塗料材料の管理	101
8.5.2	塗膜の外観	101
8.5.3	膜厚管理	101
8.5.4	記録	103

資料

I.	沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの今後の課題	105
II.	防食の技術	107
	1. 飛来塩分防護板	107
	2. 継手部隙間の処理	107
	3. 支承の防護	108
	4. 吊り金具	110
III.	技術報告	111
	1. 環境対応型現場塗膜除去技術-インバイロワン工法-	111
	インバイロワン工法施工マニュアル (案)	120
	2. チタン箔による塗装の防食性能の補強方法	125
	チタン箔シートによる塗装の耐食性補強マニュアル (案)	137
	3. 添接部ボルト、ナットの厚膜塗装法	143
IV.	新設鋼橋、塗替え鋼橋の塗装系の考え方	154

第 1 章 総則

1.1 適用の範囲

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（以下、「本マニュアル」と称す）は、沖縄県内の鋼橋、歩道橋、及び側道橋の新設塗装、塗替塗装と耐候性鋼橋梁の補修塗装に対し適用するものとする。

ただし、溶融亜鉛メッキ橋梁、耐候性鋼材裸使用橋梁は除く。

(解説)

道路橋示方書¹⁾では鋼橋の防錆防食に対する要求性能として、以下の3つを規定している。

- ・鋼橋の部材には、腐食による機能の低下を防ぐため、防錆防食を施すものとする。
- ・鋼材の防錆防食設計法の選定にあたっては、架橋地点の環境、橋の部位及び規模、部材の形状並びに経済性を考慮するものとする。
- ・鋼橋の設計にあたっては、防錆防食法に応じて、細部構造の形状及び材料の組合せなどについて適切に配慮するものとする。

本マニュアルで定める防錆防食法は、上記の道路橋示方書¹⁾の要求性能に基づき、沖縄地区の厳しい腐食環境条件を考慮して、鋼道路橋塗装・防食便覧²⁾で規定されている塗装仕様（C-5、ふっ素樹脂塗料仕様）をベースに、さらに膜厚を厚くした塗装仕様を規定した。また、防錆防食に配慮した構造細部及び施工品質管理法を規定し、耐候性に優れた防錆防食仕様を定めた。なお、本マニュアルは沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）（平成10年3月）の規定を改訂及び新規追加したものである。

以下に沖縄地区の腐食環境及びマニュアルでの改訂及び新規規定項目に対する主な内容を示す。

(1) 沖縄地区の腐食環境

一般に、鋼材の腐食は水と酸素が存在する環境下で発生し、塩化物や硫黄酸

化物などの存在によって促進される。また、鋼材の腐食反応は、湿度が高く、気温が高いほど活発となり腐食速度が大きくなる特性がある。よって、腐食の発生や腐食速度は架橋地点の飛来塩分量、気温、降雨、湿度、及び結露による濡れ時間などによって異なる。図－1.1及び図－1.2に気象庁観測データ³⁾を用いて整理した沖縄県と他県との気温と湿度の比較を示す。図に示すように、沖縄県は、年間月平均気温15℃以上であり、また、年間を通して湿度が高く相対湿度70%以上という厳しい腐食環境下にあり、他県と比較し鋼材にとって厳しい腐食環境条件である。

図－1.3に琉球大学工学部の研究で得られた沖縄県における飛来塩分量と鋼材腐食度との関係を示す。腐食度とは、1平方デシメートルの表面積あたりの1日間の腐食量（ミリグラム）で、単位は[mmd(=mg/dm²/day)]である。また、飛来塩分量0.05mddの赤線は、道路橋示方書で「原則として所定の方法で計測した飛来塩分量が0.05mddを超えない地域あるいは道路橋示方書で示す図－解5.1に示す地域では一般に無塗装で耐候性鋼材を用いることができる」とあり、その値を示している。ここで、飛来塩分捕集法は土木研究所方式を用いており、鋼材腐食度は1ヵ月曝露試験の結果である。測定場所は、海岸線直近、海岸線から0.7km、1.8km、2.4km及び4.7kmの4地点である。図より、島嶼である沖縄県は、どの地点でも海岸線からの距離が短く、高い山などが無い地形条件であるため飛来塩分量が非常に多い。鋼材の腐食は付着塩分量と相関があることから、沖縄県の鋼材腐食環境は著しく厳しいことがわかる。

図－1.4には飛来塩分量と海岸線からの距離について、沖縄県と他県との比較を示す。同図には琉球大学工学部の研究データと土木研究所が実施した全国41箇所のデータ⁴⁾の一部を示す。同図より本土では海岸線からの距離が長くなるに従い、飛来塩分量も少なくなるが、沖縄県では減少はなく、ほぼ一定である。これは沖縄県が周辺を海に囲まれ、東海岸線（太平洋側）と西海岸線（東シナ海側）との距離が短い島嶼地域であるため、海塩粒子は沖縄県全地域に飛来していることを示している。

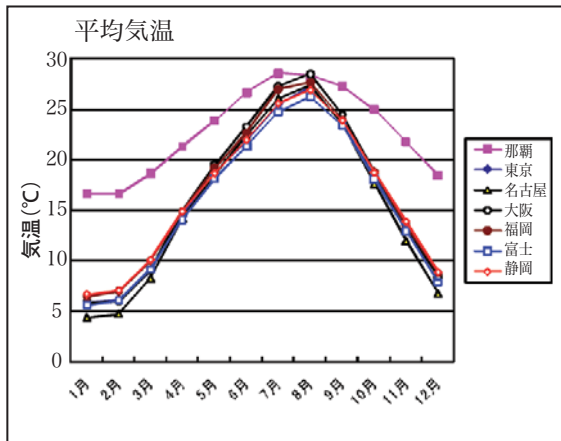


図-1.1 気温の比較³⁾

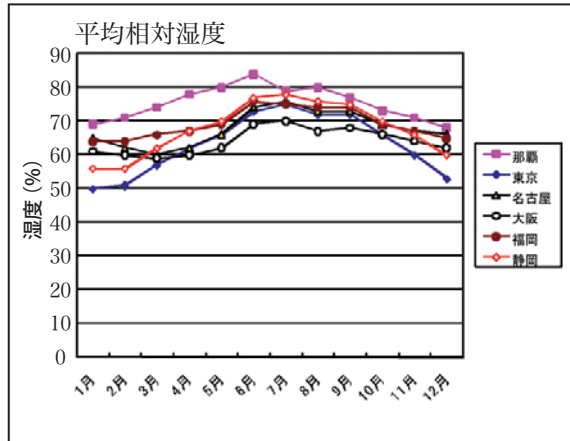


図-1.2 湿度の比較³⁾

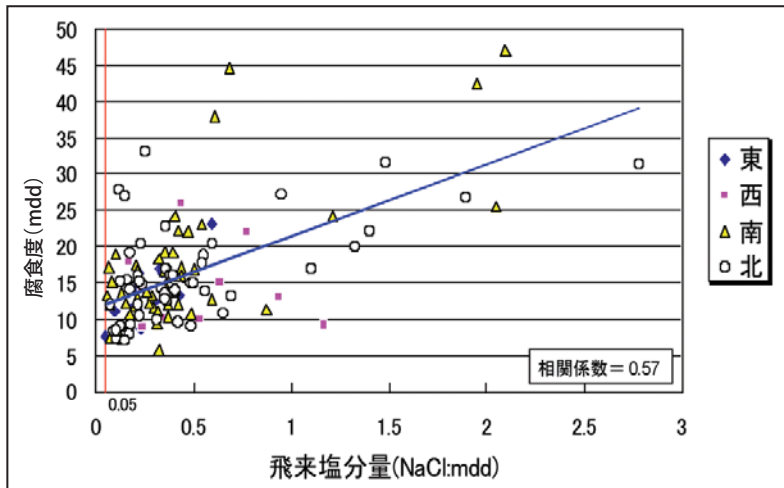


図-1.3 飛来塩分量と腐食度 (沖縄県)

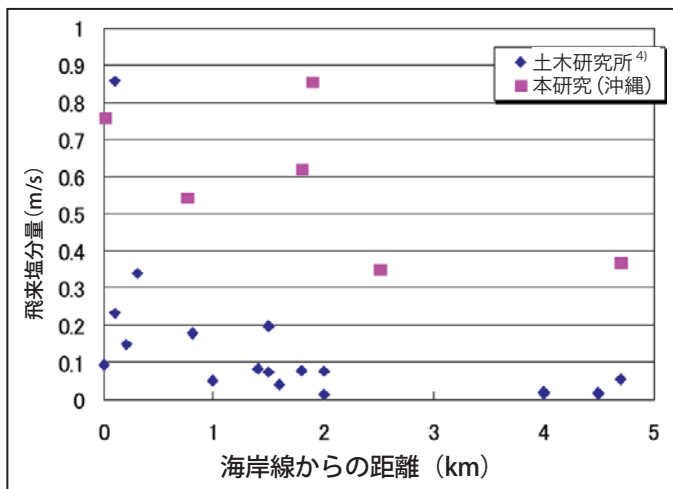
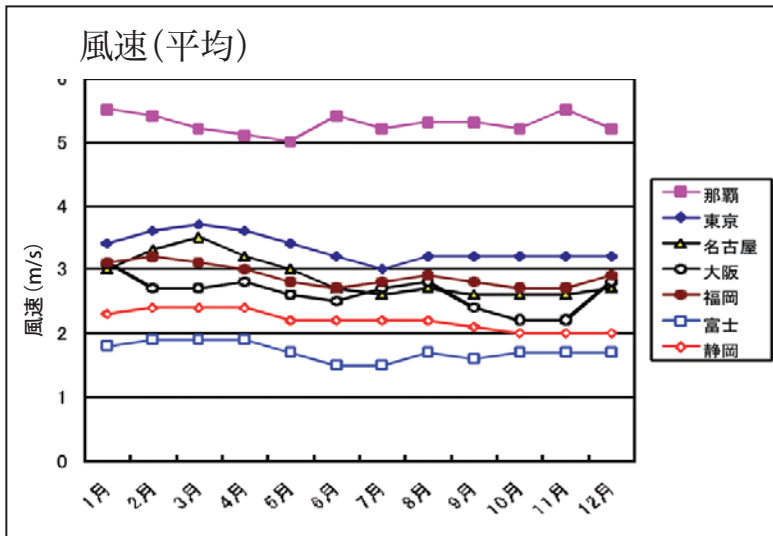


図-1.4 飛来塩分量と海岸線からの距離 (沖縄県と他県との比較)



那覇	1987年～2000年
東京	1975年～2000年
名古屋	1975年～2000年
大阪	1975年～2000年
福岡	1975年～2000年
富士	1979年～2000年
静岡	1975年～2000年

図-1.5 風速の比較³⁾

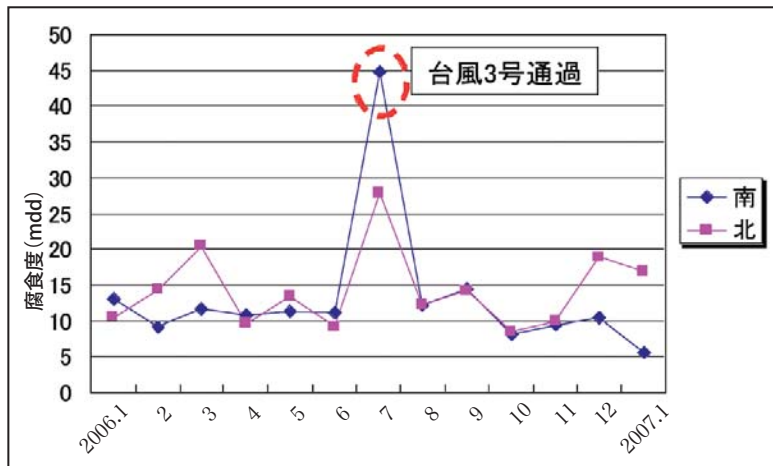


図-1.6 台風と腐食度との関係 (沖縄県)

図-1.5には平均風速、図-1.6には台風通過月の鋼材腐食度を示す。図-1.5より、台風通過月は鋼材腐食が著しく大きくなることを示している。

以上のように、沖縄県は他県に比べて鋼材腐食環境が厳しいため、本マニュアルでは、「鋼道路橋塗装・防食便覧²⁾」C-5 塗装仕様 (ふっ素樹脂塗料仕様) を基本とし、さらに厳しい腐食環境下を考慮して塗膜厚を厚く規定している。

(2) 本マニュアルの主な改訂点

a) 一般部の塗装

写真-1.1に沖縄県の鋼橋について、一般部での塗膜状況を示す。写真に示

す主桁腹板や主桁下フランジなどの一般部の塗装は、健全な防食機能を有している。写真に示す鋼橋は旧マニュアル案の塗装系（一般塗装系）で施工されたものである。今回の改訂では、防食性と耐候性に優れた鋼道路橋塗装・防食便覧の C-5 塗装系を基本として、沖縄地区の腐食環境の厳しさを考慮して塗膜厚を厚くしている。よって、腐食環境の厳しい沖縄県においても、新塗装系を用いて適切な施工と品質確保を行えば、鋼橋の塗装寿命の長期化は十分期待できる。



写真－ 1.1 一般部の塗膜状況

b) 現場継手部

写真－ 1.2 に現場ボルト継手部の腐食状況を示す。写真に示すようにボルト部の腐食が連結板に比べて著しいことが確認できる。ボルト継手部は、桁架設後に現場で高力ボルト連結された後、現場で塗装を行う部位である。また、ボルト



写真－ 1.2 現場継手部の腐食

のナット部の膜厚確保、現場塗装時の付着塩分量除去などが重要である。本マニュアルでは、継手部の塗膜厚を厚くし、付着塩分量を $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下に規定した。

c) 部材エッジ部

写真－ 1.3 に板エッジ部のみ腐食が激しいことがわかる。対策法として、エッ

ジ部の膜厚を確保する事が必要である。本マニュアルでは、2R 曲面加工を規定し、加工後の検査の重要性を示している。橋梁管理者は R ゲージなどを用いた 2R 面取加工検査の徹底が必要である。

d) 桁端部、支承部

桁端部及び支承部の腐食状況を写真-1.4 及び写真-1.5 に示す。この腐食の主な原因は伸縮装置からの漏水である。よって、非排水型伸縮装置や排水樋の設置などにより、漏水防止や適切な排水処理をすること、及び塗膜厚を厚くする対策が基本となる。本マニュアルでは、一般部の塗装系が既に厚膜を規定しているため、桁端部及び支承部の塗装系は一般部と同じ塗装系として桁端部、支承部の防錆防食対策としている。



写真-1.3 部材エッジ部の腐食



写真-1.4 桁端部の腐食



写真-1.5 支承部の腐食

e) 下フランジ部

写真-1.6 に下フランジと腹板との境界部の腐食状況を示す。また、写真-1.7 に連結部と腹板との境界部の腐食状況を示す。下フランジ部は飛来塩分の付着量が多い部位であり、これらの部位は雨による塩分洗浄効果が期待できない。また、一般部と比べて塗膜厚の確保が困難な部位である。対策として、本マニ

アルでは新設においては一般部の塗装系が既に厚膜を規定しているため、下フランジ部も同じ塗装系を規定している。また、塗替え塗装においては、工場と現場での施工条件の違いを考慮して、さらに膜厚を厚く規定している。



写真- 1.6

耐候性鋼橋梁の下フランジ部の腐食
(下フランジと腹板との溶接部)



写真- 1.7

下フランジ部の腐食
(腹板と連結部との境界部)

本マニュアルに規定していない事項については、必要に応じて下記の技術基準などを参考に検討することが望ましい。

【参考基準】

『道路橋示方書・同解説Ⅱ 鋼橋編』 社団法人日本道路協会 平成14年3月

『鋼道路橋塗装・防食便覧』 社団法人日本道路協会 平成17年12月

【参考技術資料】

気象庁観測公開資料 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

『耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XII)』 建設省土木研究所、
社団法人 鋼材倶楽部、社団法人 日本道路協会 平成元年12月

『鋼橋の付着塩分管理マニュアル』 社団法人 日本橋梁建設協会 平成4年12月

『橋梁技術者のための塗装ガイドブック』 社団法人 日本橋梁建設協会 平成8
年4月

『道路橋支承便覧』 社団法人 日本道路協会 平成3年7月

1.2 主な用語の定義

本マニュアルで用いる用語を、以下のように定義する。ここでは、設計者や施工管理などの使用者の立場を考慮し、塗料編、施工編、品質管理編に分け整理した。

塗料編

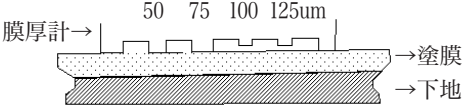
用語	定義
隠ぺい力(塗膜の) hiding power	塗料が下地の色または色差を覆い隠す能力。黒と白とに塗り分けて作った下地の上に、同じ厚さに塗ったときの塗膜について、色分けが見えにくくなる程度を、見本品の場合と比べて判断する。JIS K 5600-4-1:1999、JIS K 5600-4-2:1999参照。
隠ぺい率(塗膜の) contrast ratio	塗膜が下地の色の差を覆い隠す度合。黒と白とに塗り分けて作った下地の上に、同じ厚さに塗ったときの、塗膜の45度、0度拡散反射率または三刺激値Yの比で表す。JIS K 5600-4-1:1999、JIS K 5600-4-2:1999参照。
加熱減量 loss on heating , volatile content	塗料を一定の条件で加熱したときに、塗料成分が揮発または蒸発して減った質量の元の重量に対する百分率。減量は、主として水分、溶剤などの揮発または蒸発による。
加熱残分 nonvolatile content	塗料を一定の条件で加熱したときに、塗料成分の一部が揮発または蒸発して後に残ったものの質量の、元の質量に対する百分率。残分は、主としてビヒクル中の不揮発分またはこれと顔料である。
顔料 pigment	一般に水や溶剤に溶けない微粉末状で、光学的、保護的または装飾的な性能によって用いられる物質。無彩または有彩の、無機または有機の化合物で、着色、補強、増量などの目的で塗料、印刷インク、プラスチックなどに用いる。屈折率の大きいものは隠ぺい力が大きい。
希釈剤 diluent(solvent)	それ自体溶解力のある溶剤ではないが、溶剤と併用して悪影響なく使用できる、単一または混合された揮発性液体。
揮発性有機化合物 volatile organic compound(VOC)	基本的には、接している通常の雰囲気温度および気圧で、自然に揮発するすべての有機の液体または固体。

用語	定義
硬化剤 hardener , curing agent	塗料の硬度の増進または硬化反応を促進若しくは制御するために用いられる橋かけ剤、樹脂、その他の変性剤。
さび止め顔料 inhibitive pigment rust-preventing pigment , rust-inhibiting pigment	金属にさびが発生するのを抑制する機能を持つ顔料。
弱溶剤形塗料 mineral spirit paint , white spirit paint , mineral terpene-soluble paint	脂肪族炭化水素系有機溶剤(ミネラルスピリット等)を主成分とする混合溶剤。一般的に臭気がマイルドで環境へ与える有害性は小さい。塗料用シンナーはこれにあたる。弱溶剤形塗料は弱溶剤で希釈可能な塗料の総称。狭義には弱溶剤を主な溶剤とした塗料をさす。溶剤形塗料のうちエポキシ樹脂塗料やふっ素樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料などで、弱溶剤を主な溶剤成分及び希釈溶剤としていることを特徴としている塗料をさす。
樹脂 resin	固体、準固体または疑似固体の有機物。通常分子量が大きく、熱すると一般に広い温度範囲で軟化または溶融する。適切な溶剤に可溶性で、その溶液を塗付すると連続した皮膜を作る。このような物質を総称して樹脂という。天然樹脂と合成樹脂の2種類がある。天然樹脂にはセラックのように動物の分泌物として得られるものや揮発性油を多量に含むバルサム、または揮発性油の含量が少ないオレンジのようなものの形で樹木から分泌されるもの、及びこれらのものが地中に埋もれて半ば化石化したコーパルゴムのようなものなどがある。合成樹脂には、フェノール樹脂、ユリア樹脂、アルキド樹脂などの縮合樹脂と、ビニル樹脂、クマロン樹脂などの重合樹脂がある。
助溶剤 co-solvent	それ自体は塗膜形成要素を溶解する性質はないが、溶液に加えると溶剤単独のときより溶解力が大きくなる性質のある蒸発性の溶体。ニトロセルロースラッカーではアルコール類が助溶剤として使われる。
シンナー thinner	主にコンシステンシー(粘度)を小さくする目的で、塗装の際に加える単一または混合された所定の乾燥条件で蒸発する液体。うすめ液ともいう。

用語	定義
水性塗料 water paint , water-based paint	水で希釈できる塗料の総称。水溶性または水分散性の塗膜形成要素を用いて作る。粉状水性塗料、合成樹脂エマルジョンペイント、水溶性焼付け塗料、酸硬化水溶性塗料などがある。
体質顔料 extender filler , extender pigment	使用するビヒクルに不溶のつぶ状または粉状で塗料・塗膜のある種の改質を目的として配合される。通常は屈折率が小さい(1.7以下の)顔料。炭酸カルシウム、タルク、バライト粉など。
チキソトロピー thixotropy , thixotropic	振り混ぜ、かき混ぜまたはそれに代わる機械的にかき混ぜたとき、コンシステンシー(粘度)が低下し、放置すると元の状態に戻る可逆的な性質。
貯蔵安定性 storage stability can stability	貯蔵しても変質しにくい性質。塗料を一定の条件で貯蔵した後塗ってみて、塗る作業またはできた塗膜に支障がないかどうかを調べて判定する。
着色顔料 color pigment	塗料の色づけなどに用いる顔料。
低溶剤形塗料 high-solids	ハイソリッド塗料と同じ。
添加剤 additive	塗料に少量添加して、その性質の一つもしくはそれ以上を改善または変性する物質。
塗料 coating material , coating	素地に塗装したとき、保護的、装飾的、または特殊性能をもった塗膜を形成する液状、ペースト状、または粉末状の製品。流動状態で物体の表面に広げると薄い膜になり、時間の経過につれてその面に固着したまま個体の膜となり、連続してその面を覆うもの。塗料を用いて物体の表面に広げる操作を「塗る」、個体の膜ができる過程を「乾燥」、個体の被膜を「塗膜」という。流動状態とは、液状、熔融状、空気懸濁体などの状態を含むものである。顔料を含む塗料の総称をペイントということがある。
ハイソリッド塗料 high-solids	適切な成分を選択することによって、揮発成分をできるだけ低く抑え、かつ、満足できる塗装作業性を維持している塗料の総称。

用 語	定 義
ハイビルド塗料 high-build	1回の塗装で、通常よりも厚い塗膜が得られる塗料の総称。ハイビルドは、チキソトロピー、低揮発分または低粘度成分の化学反応によって達成される。
ビヒクル vehicle , medium	塗料の液相の構成成分の総称。
無溶剤形塗料 solventless paint	適切な成分を選択することによって溶剤を含まない塗料の総称。広義には粉体塗料なども含むが、狭義には溶剤を含まない液状の塗料をさす。主には箱桁の内面などの密閉所で使用される。
有機顔料 organic(color) pigment	有機物を発色成分とする顔料。
溶剤 solvent	バインダーを十分に溶解し、所定の乾燥条件で揮発する単一または混合された液体。狭義ではバインダーの溶媒をいい、ほかに助溶剤、希釈剤がある。本来は、蒸発速度の大小によって区分するが、沸点の高低によって、高沸点溶剤・中沸点溶剤・低沸点溶剤に分けることができる。
溶剤可溶物 solvent soluble matter	塗料の中の、溶剤に溶ける不揮発性の成分。塗膜形成要素、可塑剤の混合物などが含まれる。
溶剤不容物 solvent insoluble matter	塗料中の、溶剤に溶けない成分。主に顔料。

施工編

用語	定義
ウェット膜厚 wet film thickness	塗装直後の未乾燥塗膜厚。塗装時の塗膜厚管理に用いる。 
上塗り適合性 overcoatability	ある塗料の塗膜の上に、決められた塗料を塗り重ねたときに、塗装上の支障が起こらず、正常な組合せ塗膜層が得られるための下地塗膜の性状。
可使時間 pot life	幾つかの成分に分けて供給される塗料を混合した後、使用できる最長の時間。ポットライフとも呼ばれる。 JIS K 5600-2-6:1999参照。
加熱乾燥 stoving , baking	塗り付けた塗料の層をあらかじめ設定された最低温度で加熱して、バインダーの架橋(分子量を増大)を起こさせて硬化させる工程。加熱は暖めた空気の対流、赤外線照射などによる。加熱して乾燥させた塗膜は一般に硬い。通常は66°C(150°F)以上の温度で乾燥する場合をいう。
乾燥 drying	塗付した塗料の薄膜が、液体から固体に変化する過程の総称。塗料の乾燥機構には、溶剤の蒸発、揮発、塗膜形成要素の酸化、重合、縮合などがあり、乾燥の条件には、自然乾燥、強制乾燥、加熱乾燥などがある。また、乾燥の状態には、指触乾燥、半硬化乾燥、硬化乾燥などがある。
希釈安定性 dilution stability	塗料を大量のシンナーで薄めたときの分散系の安定性。樹脂の析出、色の変化、顔料の分離がないことなどが必要である。
希釈性 dilution stability	シンナーが所定の塗料を溶解する性質。希釈性を調べるには、試料と見本品について、等体積のクリヤーラッカーまたはワニスで薄めたもので塗膜を作り見本品の場合と比べて、塗膜に悪影響がなければ希釈性は劣らないとする。
強制乾燥 force drying forced drying	自然乾燥よりも少し高い温度で塗料の乾燥を促進する工程。通常の焼付塗料に用いられるより低い温度、通常は66°Cまでの温度で乾燥する場合をいう。
硬化 curing	塗料を、熱または化学的手段で縮合・重合させる工程。求める性能の塗料が得られる。

用語	定義
重ね塗り適合性 recoatability	乾燥してできた塗膜の上に、同じ塗料を塗り重ねたときに、塗装上の支障が起こらず、正常な塗り重ね塗膜層が得られるための塗料の性状。
さび(錆) rust	通常は、鉄または鋼の表面にできる水酸化物または酸化物を主体とする化合物。広義では、金属が化学的または電気化学的に変化して表面にできる酸化化合物。
増粘 thickening	不適切にならない程度に塗料のコンシステンシーが上昇する現象。適切な作業のためには、塗料の粘度を上げる必要のある場合がある。増粘の方法には、ポリマーの分子量、官能基および溶剤の選択、増粘剤の添加などがある。
相容性 compatibility (of products) compatibility (of materials)	2種類またはそれ以上の物質が、互いに親和性をもって、混合したときに溶液または均一な混合物を形成する性質。塗料では、2種類またはそれ以上の塗料が沈殿・凝固・ゲル化のような不良の結果にならないで混合できる性質。
素地調整 surface preparation	塗装に備えて表面を処理するすべての方法。「下地処理」「下地調整」「表面処理」あるいは塗替え時における「ケレン」も同義語である。
脱脂 degreasing	溶剤または水性洗剤のいずれかを用いて、塗装前に油、グリース及び類似の物質を表面から除去する操作。
沈殿 settling	貯蔵中に、容器の底に、塗料から顔料、体質顔料などの固形成分が沈殿する現象。沈殿した固形物は、簡単なかき混ぜでは再分散できない。
つぶ bits	塗料または塗面に肉眼で見えるつぶ状のもの。主に、塗料の皮の小片、異物、またはビヒクルと顔料の凝結物などである。塗料中のつぶは、つぶゲージで調べる。JIS K 5600-2-5:1999参照。
低温安定性 low temperature stability	冷却しても常温に戻せば、元の性質状態に戻る性質。 JIS K 5663:2003 参照。
塗装 coating , application. painting , finishing	物体の表面に、塗料を用いて塗膜または塗膜層を作る作業の総称。単に塗るだけの操作は"塗る"、"塗付け"などという。

用語	定義
塗装仕様 painting specification	塗料の種類と膜厚の組合わせを示したものを塗装系、塗料の種類、膜厚、標準使用量、塗装間隔などを示したものを塗装仕様と呼ぶ。
塗装工程 coating process painting process	塗装系を作るための工程。塗装の目的、塗ろうとする物体の素地、形状、数、用いる塗料性質、塗装場所の条件によって、素地の処理、塗料の塗り方、乾燥の方法、塗膜形成後の処理法などを選択して、工程を設計する。
塗装間隔 interval between coating	塗膜を重ねる作業での、塗りの時間間隔。
ドライ膜厚 (乾燥膜厚) dry film thickness	乾燥時の膜厚。
ドライヤー drier , siccative	通常、有機金属化合物で有機溶剤及びバインダーに可溶、酸化乾燥する塗料の乾燥過程を促進するために添加する化合物。主成分は鉛、マンガン、コバルトなどの金属石鹼。液状ドライヤー、のり状ドライヤーなどがある。
塗付け量 application rate	規定の作業条件で、単位面積に規定の厚さの乾燥膜厚を作るのに必要な塗料の量。一般に g/m^2 、 ml/m^2 、試験では $g/100cm^2$ 、 $ml/100cm^2$ で表す。
塗り面積 spreading rate	一定量の塗料によって必要な厚さの膜を作ることのできる表面積。通常、 m^2/ml または m^2/kg で表す。 JIS K 5600-3-1:1999 参照。
分散度 fineness of grind	ミルベース中の、または塗料中の最大粒子の大きさに関連する用語。規定の試験条件の下で、標準ゲージで製品中のはっきりした固形粒子が容易に認められる溝の深さを示す数値の読みで表す。 JIS K 5600-2-1:1999 参照。
ポットライフ pot life	「可使時間」の項参照。
ミルスケール mill scale	鉄鋼の熱間圧延中に生じる酸化鉄の層。黒皮ともいう。

品質管理編

用語	定義
泡(塗膜の) bubbling , bubble	塗った膜の中の一時的または永久的な泡。 塗料を塗ったときにできた空気もしくは溶剤蒸気またはその両者の泡が消えないで残ったものが多い。
皮張り skinning	貯蔵中に容器の中で、塗料が空気と接触する表面に皮を作る現象。JIS K 5600-1-3:1999参照。
鏡面光沢度 specular gloss , specular reflection	面の入射光に対して、等しい角度での反射光、すなわち鏡面反射光の基準面における同じ条件での反射光に対する百分率。面の光沢の程度を表す。光沢度が比較的大きい塗面では、法線に対して入射角60度、反射角60度で測る。これを60度鏡面光沢度という。鏡面光沢度の基準面として屈折率1.567のガラスの平面を用いる。 JIS K 5600-4-7:1999、 JIS Z 8741:1997 参照
光沢 gloss	光の反射(能力)で特徴づけられる表面の(光学的)性質。 JIS Z 8105:2000 参照。
硬度 hardness	固体の物体による押し込みまたは貫通に抵抗する乾燥塗膜の能力(性質)。JIS K 5600-5-4:1999、 JIS K 5600-5-5:1999 参照。
彩度 saturation , chroma	物体表面色の、同じ明るさの無彩色からの隔たりに関する、視知覚の属性を尺度としたもの。色のさえ。色の鮮やかさ。 JIS Z 8105:2000 参照。
色差 colo(u)r difference	色の知覚的な相違を定量的に表したもの。 JIS Z 8105:2000、 JIS K 5600-4-6:1999 参照。
色相 hue	赤・黄・緑・青・紫のように特徴づける色の属性。 JIS Z 8105:2000 参照。
しわ wrinkling , crinkling , shriveling , reveling	乾燥中に塗膜に発生するしわ。通常は上乾きが著しいときに、表層の面積が大きくなってできる。しわには、平行線状、不規則線状、ちりめんじわ状などがある。"ちぢみ"とはいわない。

用 語	定 義
透け lack of hiding	下地が透けて見える現象。一般に隠ぺい力が小さい塗料を用いたり、下塗りと上塗りとの色差が大きいときに起こりやすい。
耐久性 durability	物体の保護、美粧など、塗料の使用目的を達成するための、塗膜の性質の持続性。
耐候性 weather resistance	屋外で、日光、風雨、露霧、寒暖、乾湿などの自然の作用に抵抗して変化しにくい塗膜の性質。 JIS K 5600-7-6:2002 参照。
耐屈曲性 flexibility	乾燥塗膜が塗られている素地の変形に損傷を起こさずに順応する能力。屈曲試験では、試験片を、塗膜を外に、素地の板を内側にして丸棒に沿って180度折り曲げ、塗膜の割れの有無を調べる。素地の板が厚いほど、丸棒の直径が小さいほど、塗膜に与えられる伸び率と、塗膜に起こる上面から下面にかけての伸び率の不均等性は大きい。塗膜がもろくなくて、伸び率が大きいとたわみ性が優れていると判定される。JIS K 5600-5-1:1999 参照。
耐衝撃性 impact resistance , shock resistance , chip resistance	塗膜が物体の衝撃を受けても破壊されにくい性質。衝撃試験では、試験片の塗面におもりを落下して、われ・はがれの有無を調べる。JIS K 5600-6-1:1999 参照。
退色 fading	塗膜の色あせ。主として彩度が小さくなり、またはさらに明度が大きくなる現象。
たるみ、たれ sags , sagging	垂直または傾斜した面に塗料を塗ったとき、乾燥までの間に、塗料の層が下方に移動して起こる局所的な膜厚の異状。半円状、つらら状、波状またはカーテンのひだ状などによる現象をいう。厚く塗り過ぎたとき、塗料の流動特性の不適、大気状態の不適などによって起こりやすい。
淡彩 tint	白に近いうすい色。白塗料に有彩塗料を混合して作った塗料の塗膜について、灰色・ピンク・クリーム色・うす緑色・水色のようなうすい色で、JIS Z 8721:1993 による明度Vが6以上で彩度が大きくない色をいう。

用 語	定 義
着色力 tinting strength	ある色の塗料または顔料に混ぜて色を変えるための、塗料または顔料の性質。主として顔料について言う。 JIS K 5101:1991 参照。
つや gloss	物体の表面から受ける正反射光成分の多少によって起こる感覚の属性。一般に、正反射光成分が多いときに、つやが多いという。塗膜では、光沢計を用いて、入射角・反射角を45度・45度、60度・60度などとして鏡面光沢度を測定して、つやの大小の目安とする。
はがれ peeling , flaking , scaling	付着性が失われてある広さの膜が自然に素地から分離する現象。一般に、われ、ふくれが生じた後に、付着性が失われた結果、塗装系の1層またはそれ以上の塗膜が下層塗膜から、または塗装系全体が素地からはがれる。はがれは、その形状、程度および深さによって評価する。 JIS K 5600-8-5:1999 の規定及び図参照。
白亜化 chalking	塗膜の成分の一つまたはそれ以上が劣化して膜の表面に微粉がゆるく付着したような外観になる現象。白亜化の程度を調べるには、指先、フェルト、ピロードなどで塗膜の表面をかるくこすって、粉末状のものが塗面から離れて指先などに付着する程度を見るか、湿らせて表面を粘着性にした写真印刷紙を一定の荷重で塗面に圧着したときの、塗面から離れて粘着した粉状物質による印刷紙の面の汚れの濃さを比較して見るか、または指定の粘着テープを塗面において、指で強くこすり、付着した粉末状物質の量を標準写真と比較して調べる。白亜化の程度を白亜化度という。JIS K 5600-8-6:1999 参照。
ふくれ blistering	塗膜に泡が生成する現象。水分・揮発成分・溶剤を含む面に塗料を塗ったとき、または塗膜形成後に、下層面にガス、蒸気、水分などが発生、浸入したときなどに起こる。発生したふくれは、その大きさと密度を調べる。 JIS K 5600-8-2:1999 参照。

用語	定義
ブラスト処理 abrasive blast-cleaning	処理される表面に高運動量のブラスト研削材を衝突させる方法。金属製品に防錆、防食を目的として塗料などを被覆する場合に、素地調整のために行なわれる。研削材に大きな運動エネルギーを与えて金属表面に衝突させ、金属表面を細かく切削及び打撃することによってさび、スケールなどを除去して金属表面を清浄化または粗面化させる方法。JIS Z 0312:2004 参照。
変色 discolo(u)ration discolo(u)ring	塗膜の色が色相・彩度・明度のどれか一つまたは一つ以上が変化する現象。主として彩度が小さくなり、または、さらに明度が大きくなる現象を退色という。
明度 value , lightness	物体表面の反射率が、他に比べて多いか、少ないかを判定する視感覚の属性を尺度としたもの。色の明るさについていう。JIS Z 8105:2000 参照。
リフティング lifting , raising	次の塗料を塗ったことによって乾燥塗膜の軟化、膨潤して素地から浮き上がる現象。この欠陥は、下塗塗膜の塗膜形成要素に対する上層塗料の溶剤の作用によって塗装または乾燥の間に発生する。
レベリング leveling	塗料を塗った後、塗料が流動して、平らで滑らかな塗膜ができる性質。塗膜の表面に、はけ目・ゆず肌・うねりのような微視的な高低が多くないことを見て、レベリングがよいと判断する。
われ cracking	老化の結果、塗膜に現れる部分的な裂け目。ISOでは、われの方向性の有無、発生密度、われの幅と深さによって評価する。JIS K 5600-8-4:1999 参照。また、われの形態によっても区別する。

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

第2章 塗装の種類

2.1 部材毎の塗装に至るまでの流れ

塗装系は、新設鋼橋か塗替え鋼橋かによって大きく分類される。

部材毎の塗装系に至るまでの流れを図-2.1に示す。

注)□の中の数字は各項目の章・項の番号である。

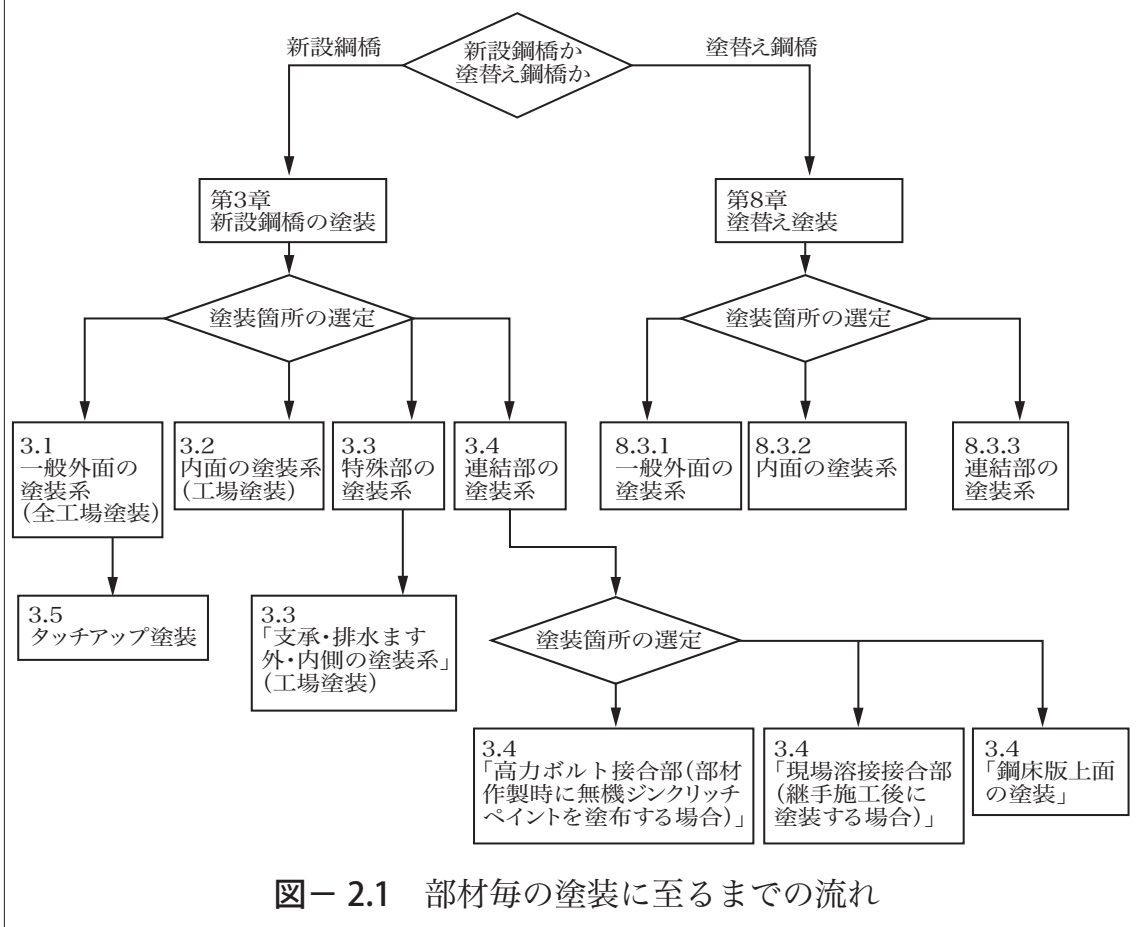


図-2.1 部材毎の塗装に至るまでの流れ

(解説)

(1) 塗装系は、新設鋼橋と塗替え鋼橋で異なり、さらに部材によっても異なる。

部材毎の塗装系は、図-2.1のフローに従って選定すればよく、詳細は□中の数字に示す章項の箇所を見ればよい。

2.2 素地調整の種類

塗装作業に先立って素地調整を行う必要がある。

素地調整の選定フローを図-2.2に示す。

注)□の中の数字は
各項目の章・項の番号である。

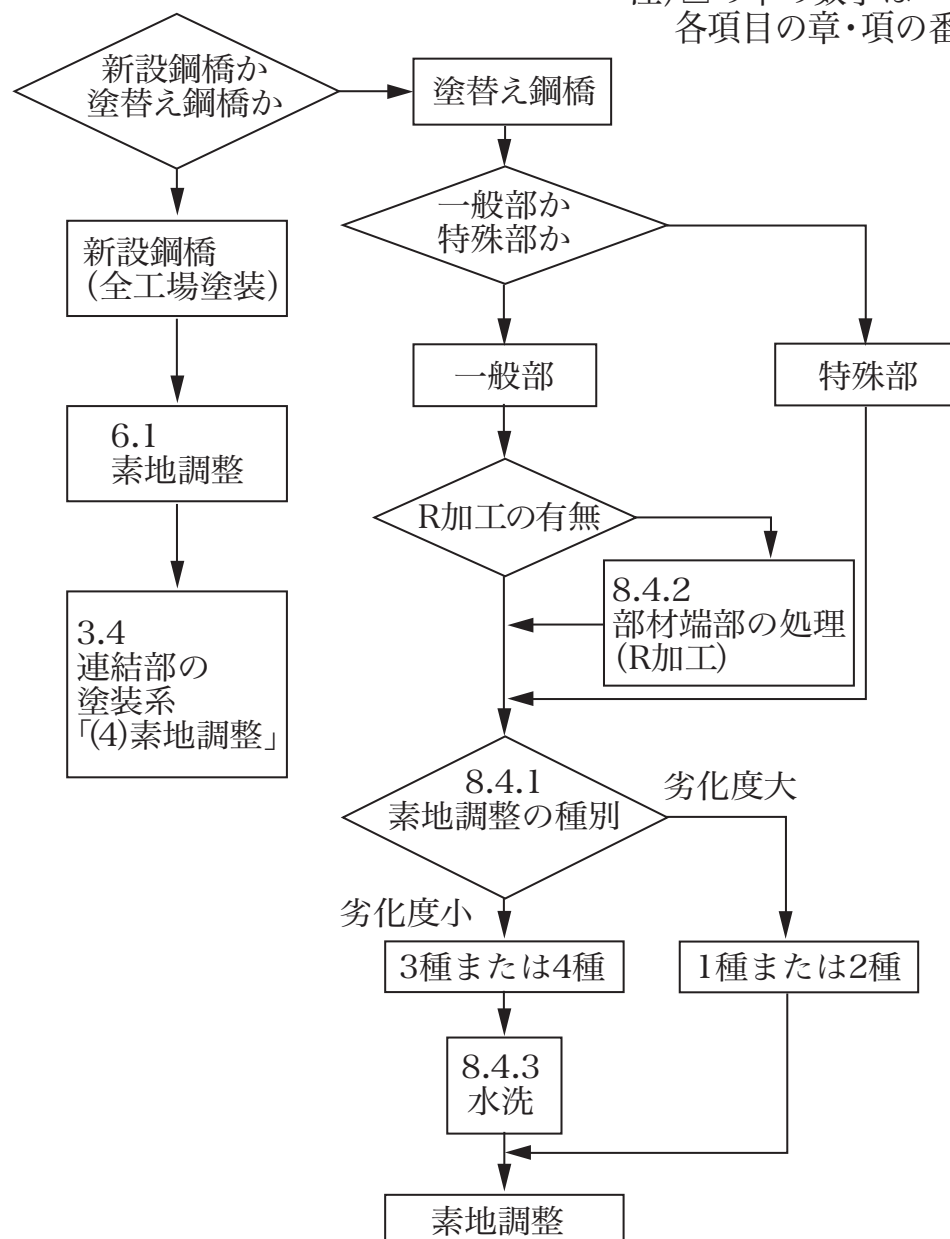


図-2.2 素地調整の選定フロー図

(解説)

素地調整とは、塗料の付着性及び防錆性の向上のために被塗面上の汚れ、粉化物、油分、水分、さびなどを除去することである。よって、塗装作業に先立って素地調整を行うものである。

また、素地調整が塗膜寿命に及ぼす影響は極めて大きく、油性さび止めペイントとフタル酸樹脂塗料を組み合わせた塗装系で、塗膜寿命に関する要因を素地調整の程度、塗付回数、塗料の種類、その他の要因に分類した場合、表-2.1に示すように塗膜耐久に及ぼす素地調整の影響は寄与率で50%程度であるといわれており、各要因のうち最大のものである。

したがって、素地調整の良否は防錆上最重要因子であることを念頭に置くことが必要である。

表-2.1 各要因の塗膜耐久に及ぼす影響

要 因	寄与率
ケレン程度の差	49.5%
塗り回数の差	19.1%
塗料種類の差	4.9%
その他	26.5%

素地調整は、新設鋼橋の場合は工場の上塗りまで塗装されるので現場における素地調整は継手部のみである。

塗替えの素地調整は、異常（さび、われ、はがれ、ふくれなど）の発生率により種別が異なるので表-8.5に従って素地調整程度を選定する。

また、部材端部が鋭いエッジとなっている場合は、付着膜厚が薄くなり保護塗装の弱点部となるため、R加工が行われていない橋梁の主桁下フランジ端部はR加工を行う必要がある。素地調整の仕上がり程度を理論的に定めることは難しく、多くの場合標準見本をもって表示している。現在一般的に利用されているものは、ISO（8501）であり、鋼道路橋塗装・防食便覧でも同規格による素地調整を規定している。よって本マニュアルにおいてもISOを採用した。

第3章 新設鋼橋の塗装

3.1 一般外面の塗装系

一般外面の塗装系は、表-3.1に示す上塗りまで工場塗装を行う塗装系を基本とする。

表-3.1 一般外面用の塗装系

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20°Cの場合)	標準膜厚 (μm)
前 処 理	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 160		6カ月以内
工 場 塗 装	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	スプレー 600	2~10日	75
	ミストコート	ミストコート	スプレー 160	1~10日	—
	下塗り第1層	エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 450	1~10日	100
	下塗り第2層	エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 450	1~10日	100
	中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗	スプレー 170	1~10日	30
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140	1~10日	25

- 注) 1. 鋼板は原板処理したものをを用いるため、前処理は鋼板メーカーの処理となる。
2. ミストコートはエポキシ樹脂塗料下塗をシンナーで30～60%希釈したものをを用いる。
3. プライマーとミストコートの膜厚は総合膜厚に加えない。
4. 塗装間隔は20°Cの場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し、重ね塗りを行う。
5. 製作・輸送運搬・架設の際に発生した塗膜損傷部の補修は、3.5タッチアップ塗装に示す処置をする。

解説

(1) 適用塗装系

鋼道路橋塗装・防食便覧において新設鋼橋の塗装仕様は C-5 系を基本としており、本マニュアルにおいても C-5 系を基本として取り扱うものとした。鋼道路橋塗装・防食便覧において LCC を考慮する必要がない場合や 20 年以内に架替えが予定されているものは A-5 塗装系を適用しても良いが、原則沖縄では A 塗装系は適用しない。

C-5 塗装系は、ジンクリッチペイント上にエポキシ樹脂塗料を塗り、上塗りにふっ素樹脂塗料を用いる。この塗装系は沖縄の気象条件からみても十分な耐久性が期待できる。また沖縄地区は海塩粒子の影響度が全域において大きいので適用塗装系は、C-5 塗装系のみとした。また沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)平成 10 年 3 月における新設鋼橋の塗装系は、下塗りまでは工場塗装で、中塗りは現場塗装を採用していたため輸送時、仮置き架設中の塩分付着量が多かった。さらに、工場で塗付されてくるエポキシ MIO 塗料は、塗膜表面の凹凸が大きかつ内面に塩分が浸透しやすいので、塩分が除去しにくい。そのため、腐食が促進され、塗替え鋼橋に比べ新設鋼橋の経年劣化が大きいことがわかった(図 3.1)。

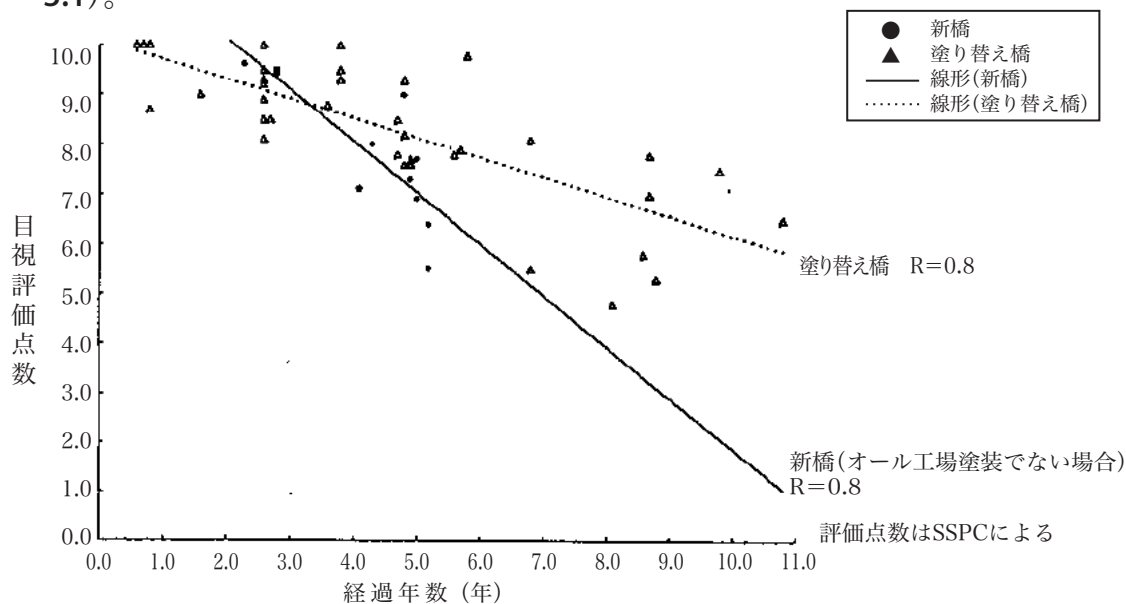


図-3.1 目視観察による新橋・塗替えは橋経年劣化傾向

そのため新設時については全工場塗装を基本とする。沖縄地区は気温が年平均 22.7℃、湿度も年間平均 78% と高く、結露回数も東京の 2 倍以上と、腐食環境は厳しい。そのため、前述の鋼橋塗膜の実態調査でも、塗膜の耐用年数が本土に比べ低くなっていることがわかった。一般に塗装の耐久性は塗膜厚が厚くなるほど増大すると言われている。そこで鋼道路橋塗装・防食便覧の C-5 塗装系の塗り回数を増やすことにより、沖縄地区での耐久年数の延長が図れるものと考えられた。また、エポキシ樹脂塗料下塗りの合計膜厚を厚くすることにより本土並みの期待耐用年数の延長を図った。

(2) 全工場塗装

全工場塗装の利点と注意点を以下に示す。

全工場塗装による利点は、以下の 2 つがあげられる。

ア：施工管理が十分に行えるので、品質の優れた塗膜が得られる。

イ：現場での仮設足場の設置期間が少なくすみ、水洗などの除塩作業も行う必要がなくなるため、工費が安くなり、工期も短縮される。

また、注意点として実施工を行った本四連絡橋の例から以下のことが言える。

ア：運搬・架設時に塗膜損傷が多発し、その補修に手間がかかり、見栄えも良くないことから、全工場塗装では、橋梁形式、輸送方法、架設工法は、美観上の配慮などを考えて決定すべきである。

イ：全工場塗装は、工事関係者が完成品を取り扱うという意識を持つことが重要であり、意識の変換が塗装を長持ちさせるポイントとなる。

(3) 原板の素地調整

原板の素地調整はブラスト処理とし、除錆度は ISO Sa2 1/2、表面粗さは 80 $\mu\text{mRz}_{\text{JIS}}$ 以下とした。

(4) 無機ジンクリッチプライマー

ブラスト処理面は活性化しているため、2 時間以内にショッププライマーとして無機ジンクリッチプライマーを塗付する。沖縄地区では、本土に比較し高温多湿であるので、鋼道路橋塗装・防食便覧に記載された 4 時間より短時間で

塗装することが好ましいので、2時間以内とした。

無機ジンクリッチプライマーは、塗膜中に含有する亜鉛の犠牲陽極作用により強い防錆力を示すもので、他のショットプライマーと比べて次に示す利点がある。

- ①防錆性が大きい。(6ヵ月間程度の屋外暴露に耐える)
- ②耐熱性が大きいので、加工時における塗膜の焼け幅が小さい。
- ③損傷部からのさびの拡がりが小さい。

ただし、厚膜に塗ると加工時の溶断溶接作業やビード部性能に悪影響を与えるるので支障を生じない程度の薄膜(15 μ m)に塗付する。

(5) 2次素地調整

加工組立後に行う2次素地調整は、一般外面に対してはブラスト処理とする。ブラスト時の研削材は、ショット、グリッド鋼砕、ガーネットなどがあるが、従来使用されていたけい砂は、安全衛生上の観点からJIS Z 0312:2004から削除されている。

ブラスト処理面に塗る塗料が無機ジンクリッチペイントであることから除錆度はISO Sa2 1/2とし表面粗さは80 μ mRz_{JIS}以下とする。

なお、ブラスト面は活性化しているためプライマー同様2時間以内に塗装をする。

(6) 無機ジンクリッチペイント

ジンクリッチペイントは、塗膜中に亜鉛顔料を多量に含有し亜鉛の犠牲陽極作用により鋼面のさび化を防ぐ塗料である。

ビヒクルについては、エポキシ系(有機系)、ケイ酸カリウム系、エチルシリケート系、リチウムシリケート系(以上無機系)のものがあるので、これらをブラスト鋼板に塗り潮風環境に暴露して性能を調査したところエポキシ系は15ヵ月目に発錆をみたが、他は27ヵ月を経過しても発錆は認められなかった。さらに他の仕様をみても、ジンクリッチペイントのビヒクルには無機系の適用が多く実績もあるので、沖縄地区においても無機系を適用することとした(無

機系 3 種類については、明らかな差は認められなかったので、実績のあるエチルシリケート系を選定した)。なお、無機ジンクリッチペイントの膜厚は 75 μ m とする。空気中の水分により縮合重合反応を行って硬化するので、相対湿度 50% 以下の場合には塗装しない。なお、工場を加湿または散水によって相対湿度 50% 以上とすれば塗装しても良い。

(7) ミストコート

防食下地の無機ジンクリッチペイントは、厚膜形であるため塗膜中の顔料分が多く、そのため多孔質でボイド中には空気が内蔵されている。この上に直接下塗り第 1 層を塗り重ねると発泡するので、ミスコートを塗付して孔を埋めたあとに一般の塗料を塗付する。

したがって、下塗り第 1 層を塗る前に無機ジンクリッチ塗膜にミスコートを塗付する。

ミスコートは、無機ジンクリッチ塗膜の上に塗る塗料の場合はエポキシ樹脂塗料（下塗り）を希釈剤で 30～60% 希釈（標準は 50%）したもので、粘度が低いためボイド内に浸入し内部空気と置換して内蔵空気を排除する機能を有する。ここでミスコートは塗膜内に浸透し、表面膜厚としては小さいので膜厚測定は行わず、また塗装系の合計膜厚としては考慮しない。

(8) エポキシ樹脂塗料下塗り

エポキシ樹脂塗料下塗り、エポキシ樹脂の密着性、耐水性、耐薬品性の良さを利用した塗料で、ジンクリッチペイントと組み合わせて用いられる。主剤と硬化剤から成る 2 液形塗料で付加重合反応により硬化する。温度が低くなると粘度が高くなり、作業性に劣り、乾燥時間も長くなるので、気温が 10 $^{\circ}$ C 以上で塗付する常温用と 5～20 $^{\circ}$ C で塗付する低温用がある。また、長期間暴露されると硬化が進み、塗り重ねる塗料との層間付着が悪くなる。

(9) ふっ素樹脂塗料用中塗り

ふっ素樹脂塗料用中塗り、上塗りとの付着性や塗膜性能を高める機能を有する塗料である。

(10) ふっ素樹脂塗料上塗

ふっ素樹脂塗料は、ポリウレタン樹脂塗料よりも耐候性に優れており色相や光沢の保持率の大きい塗料であるので、沖縄地区の上塗り塗料として選定した。

(11) 低汚染性形塗料

上塗りは、初期における色相光沢がともに良好であっても日時経過とともに表面が砂塵、塵埃、油煙などによって汚染され、見かけ上の色相光沢が失われることがある。

これに対しては、ポリウレタン樹脂塗料上塗、ふっ素樹脂塗料上塗ともに汚染物に付着しにくい、または付着しても除去されやすいタイプのもの（低汚染性形）が開発されている。

3.2 内面の塗装系

箱桁内面や塔内面及び鋼製脚などの内面塗装系を表－ 3.2 に示す。

表－ 3.2 内面用の塗装系

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
前 処 理	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 160		6カ月以内
工 場 塗 装	2次素地調整	動力工具処理 ISO St3	—	2hr以内	—
	第1層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	スプレー 410	1～10日	120
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	スプレー 410		120

注) 1. 塗装間隔は 20℃の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し重ね塗りを行う。

2. プライマーの膜厚は合計膜厚に加えない。

(解説)

(1) 前処理の素地調整

原板の素地調整はブラスト処理とし、除錆度は ISO Sa2 1/2、表面粗さは 80 μmRz JIS 以下とした。ブラスト時の研削材は、ショット、グリッド鋼砕、ガーネットなどがあるが、従来使用されていたけい砂は、安全衛生上の観点から JIS Z 0312:2004 から削除されている。

(2) プライマー

一般外面の塗装系に合わせ、プライマーは無機ジンクリッチプライマーとする。素地調整後できるだけ短時間内(2時間以内)に無機ジンクリッチプライマーを膜厚 15 μm 程度で塗付する。このプライマーは厚膜に塗付すると溶接溶断などの加工作業に支障を与えるので注意をする。沖縄地区では、本土に比較し高温多湿であるので、鋼道路橋塗装・防食便覧の記載より短時間で塗装することが好ましい。

(3) 2次素地調整

2次素地調整は、内面であるため腐食条件が外面程厳しくないことと適用塗料が厚膜タイプであることから、動力工具によるさび落とし除錆度は、ISO St3 程度とする。

(4) 変性エポキシ樹脂塗料内面用

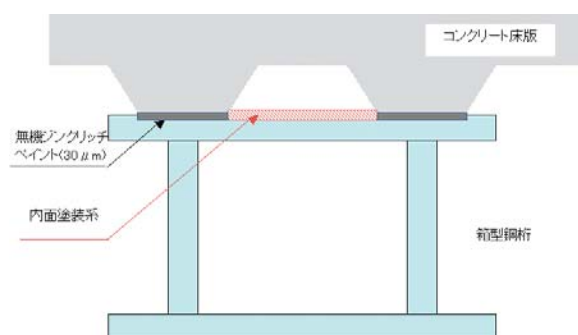
- ① 第1層～第2層に用いる変性エポキシ樹脂塗料内面用は、エポキシ樹脂を他樹脂で変性した塗料で、エポキシ樹脂塗料より厚膜が得られ塗膜はやや柔軟性があり、素地調整程度がケレン程度でも良好な性能を示す。この塗料は、耐候性はやや劣るが、耐水性は非常に大きく適用箇所が内面で日光照射がないこともあって十分満足する性能を発揮する。
- ② 閉断面部材内面の塗料色相は点検時の照明効果を良くするため明色仕上げすることが良く、変性エポキシ樹脂塗料内面用は明色のものが得られるし、さらに耐熱性が大きく変状しないため工場で全塗装を施工できるという利点がある。なお、タールエポキシ樹脂塗料は、安全衛生上の問題から鋼橋の塗装では使用しない。また内面塗装は、腐食環境が厳しくないことから、膜厚は鋼道路橋塗装・防食便覧に合わせた。
- ③ 変性エポキシ樹脂塗料の外面用と内面用との違いをみると、内面用は外面用より耐水性が大である。しかし、耐候性は外面用より劣っている。

(5) 箱桁上面の塗装について

図－3.2 に示すように、箱桁上面のコンクリート床版下の塗装系は、以下とするのが良い。

- ① コンクリートと接する部分は、さび汁などの汚れやコンクリートとの付着を考慮して無機ジンクリッチペイントを 30 μ m 塗付するのが良い。
- ② コンクリート床版との空間に相当する部分については、表－3.2 に示す内面塗装系を適用するのが良い。

その他の部分については、表－3.1 に示す一般外面の塗装系に従う。



図－ 3.2 箱桁上面部の塗装系

3.3 特殊部の塗装系

特殊部とは、全塗装工場施工となる支承や排水ます外・内面とする。

支承・排水ます外側の塗装系を表－ 3.3 に示す。排水ます外面がコンクリート部と接触する場所は適用除外とし、本塗装系は排水ますの外面露出部に限るものとする。排水ます内面は、表－ 3.2 に示す閉断面部材の塗装系とする。ただし排水ます内面は水かかりが懸念されるので、1層増し塗りするものとする。

表－ 3.3 支承・排水ます外面の塗装系

工 程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
工場塗装	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	—
	防食下地	無機ジंकリッチペイント	スプレー 600	2hr以内 75
	ミストコート	ミストコート	スプレー 160	2～10日 —
	下塗り第1層	エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 450	1～10日 100
	下塗り第2層	エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 450	1～10日 100
	中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗	スプレー 170	1～10日 30
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140	1～10日 25

注) 1. 塗装間隔は 20℃ の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し重ね塗りを行う。

(解説)

(1) 支承・排水ます外側の塗装工程

支承・排水ます外側は、工場の上塗りまで行うこととし、C-5 塗装系相当とする。この部位は発錆が著しい箇所であることから、鋼道路橋塗装・防食便覧でも下塗り塗料を1層増し塗りすることが効果的であるとしているため、膜厚を増すことにより期待耐用年数の延長を図った。

排水ますは亜鉛メッキで防食されることもあるが、塗装を選択する場合には表-3.3に示す塗装系とする。なお、支承や排水ますを亜鉛メッキで防食する場合においても、さらに焼付け塗装を施すなどの防食措置を加えるのが好ましい。

(2) 排水ます内面の塗装工程

排水ます内面は、工場での塗装することとし、表-3.2に示すD-5 塗装相当系とするが、水濡れが厳しい環境であるため、変性エポキシ樹脂塗装内面用を1層増し塗りするものとする。(1)と同様に亜鉛メッキで防食される場合もあるが、塗装を選択する場合には上記の塗装系を選択する。亜鉛メッキで防食する場合には、(1)と同様にさらに焼付け塗装を施すなどの防食措置を加えるのが好ましい。

(3) 素地調整

表-3.3 支承・排水ます外・内側のブラスト処理は、除錆度 ISO Sa2 1/2、表面粗さ 80 $\mu\text{mRz}_{\text{JIS}}$ 以下とする。なお、このブラスト処理は支承・排水ますを製造し、検査合格後に行い、防食下地は、その後2時間以内に塗付するので前処理工程は行わない。

3.4 連結部の塗装系

連結部とは、高力ボルト連結部や現場溶接部及び鋼床版上面とする。高力ボルト連結部の塗装系（部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗付する場合）を表－3.4.1、表－3.4.2に、現場溶接部の塗装系（継手施工後に塗装する場合）を表－3.5.1、表－3.5.2に示す。

(1) 高力ボルト連結部

表－3.4.1 外面側の高力ボルト接合部の塗装系（部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗付する場合）

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)	
前処理	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—	
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160		6か月以内	15
工場塗装	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—	
	下塗り第1層	無機ジンクリッチペイント	600		12か月以内	75
現場塗装	素地調整	動力工具処理 ISO St3	—	4時間以内	—	
	ミストコート	ミストコート	160 (130)		1～10日	300*
	下塗り第1層	外面連結板：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)	1100(500×2)	1～10日	300
		外面ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)			—
	下塗り第2層	外面連結板：なし	—	1100(500×2)	1～10日	300
		外面ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)			30
中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗	170(140)	—	1～10日	25	
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	140(120)	—	1～10日	25	

表－3.4.2 内面側の高力ボルト接合部の塗装系（部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗付する場合）

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)	
前処理	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—	
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160		6か月以内	15
工場塗装	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—	
	下塗り第1層	無機ジンクリッチペイント	600		12か月以内	75
現場塗装	素地調整	動力工具処理 ISO St3	—	4時間以内	—	
	ミストコート	ミストコート	160(130)		1～10日	300*
	下塗り第1層	内面連結板：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)	1100(500×2)	1～10日	300
		内面ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)			—
	下塗り第2層	内面連結板：なし	—	1100(500×2)	1～10日	300
内面ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料		1100(500×2)	—			

- 注) 1. ミストコートは、変性エポキシ樹脂塗料下塗をシンナーで30～60%希釈したものをを用いる。またミストコートは、ボルトナット部を含めてミストコートを行う。
2. 上塗りは一般外面と同じにする。
3. 内面は中塗り・上塗りを塗装しない。
4. 標準使用量はスプレーとし、()内はローラー、はけ塗りの場合を示す。
5. 塗装間隔は20℃の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し重ね塗りをを行う。
6. 母材とボルト接合面の接触面は、工場塗装の無機ジンクリッチペイントまで塗付する。
7. 高力ボルトは、防錆処理ボルトを用いる。
8. 現場塗装前にジンクリッチペイントの白さびは、サンドペーパーなどで除去する。付着した砂塵、ごみなどはウエスなどで拭き取るが、十分に拭き取れない場合には面あらしを行う。
9. 連結板の表・裏面のボルト部においては、下塗りを2層塗りとする。また、連結板においては下塗りを1層塗り(*)とする。
10. 超厚膜形エポキシ樹脂塗料は、膜厚が厚くなると割れる可能性がある。標準膜厚を遵守し、必要以上に厚膜とならないようにすることが好ましい。
11. 連結板のボルト部は、塗装時にカスレ、塗り残し、ピンホールの有無を確認し、確実に塗装する。

(2) 現場溶接部

表－ 3.5.1 外面側の現場溶接接合部の塗装系(継手施工後に塗装する場合)

工 程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
現場 塗 装	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	—
	下塗り第1層	外面：有機ジンクリッチペイント	600(300×2)	4hr以内
	下塗り第2層	外面：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)	1～10日
	中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗	170(140)	1～10日
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	140(120)	1～10日

表－ 3.5.2 内面側の現場溶接接合部の塗装系(継手施工後に塗装する場合)

工 程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
現場 塗 装	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	—
	下塗り第1層	内面：有機ジンクリッチペイント	600(300×2)	4hr以内
	下塗り第2層	内面：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	1100(500×2)	1～10日

- 注) 1. 上塗りは一般外面と同じにする。
2. 内面は中塗り・上塗りを塗装しない。
3. 標準使用量はスプレーとし、()内はローラー、はけ塗りの場合を示す。
4. 塗装間隔は20℃の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し重ね塗りを行う。
5. 現場溶接部は、溶接後直ちに塗装することなく、一定期間放置または加熱処理を行った後塗装する(5.2 溶接部の処理参照)。
6. 超厚膜形エポキシ樹脂塗装は、膜厚が厚くなると割れる可能性がある。標準膜厚を遵守し、必要以上に厚膜とにならないようにすることが好ましい。

(解説)

(1) 高力ボルト連結部の塗装系の考え方

ボルト連結部は十分な素地調整が行いにくい。また、ボルト頭などの形状が複雑なため均一な塗装を行いにくい部分である。そこで、下塗り回数を多くして膜厚を確保することが一般的である。しかし、沖縄地区は気象条件が厳しいことや塗装コストの低減から、一度の塗付で所定の膜厚が得られる超厚膜型エポキシ樹脂塗料（300 μm ）の適用が有効な手段として考えられる。しかしながら超厚膜形エポキシ樹脂塗料は、厚膜になると、膜厚の不均一性が生じやすくそれにより割れることが報告されている。

よって、本仕様では連結部においては、超厚膜形エポキシ樹脂塗料の膜厚を300 μm とした。さらに、超厚膜形エポキシ樹脂塗料は、ボルト部などの異形部ではつきまわり性が劣り、ボルト部の角やワッシャー部では所定の膜厚が確保できにくく、かつ膜厚の確認に困難を伴う。そのためボルト部では下塗りを2層、膜厚を600 μm とし、確実にボルト周りの塗装厚みを確保するようにした。

また、本塗料は粘度が高くはけ塗りでは作業性が悪いためへら塗りやローラー塗りとなるが、均一な塗膜状態が得られにくいので、膜厚の確保に十分な配慮が必要である。また、へら塗りの場合つらら状のダレなどが生じ美観不良となりやすいので注意して施工する。したがって外観は、一般外面の塗装系と比較して悪くなる。

内面の塗装は、作業条件が悪く塗付回数を少なくすることが望ましい。さらに、溶剤の含まれるものは有機溶剤蒸気が充満するため作業員の安全衛生面の問題や爆発の危険性もある。よって一回で厚い膜に塗付可能な超厚膜形エポキシ樹脂塗料を使用することとした。塗付時の注意事項は、外面の場合と同じである。ボルト部については外面と同様に下塗りの超厚膜形エポキシ樹脂塗料を2層塗りとする。

(2) 高力ボルト連結部の塗装系（部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合）

部材製作時に継手部を塗装して現場塗装開始前の発錆を防止すれば素地調整作業を容易にし、除錆効果を格段に向上させることができる。部材製作時に継手部を塗装するには、塗膜により継手部の品質あるいは継手耐力が低下しないことが必要である。摩擦接合方式の高力ボルト継手では、接合される部材の接触面で0.4以上のすべり係数が確保され、塗膜のクリープによるボルト軸力の低下が少ないことが必要である。無機ジンクリッチペイントは、塗料品質と施工の管理を十分行えばこの条件を満たすことが可能であり、道路橋示方書の鋼橋編（17.5.3 接合面の処理）では、無機ジンクリッチペイントを接触面に塗付する場合の条件を次のように規定している。

- 1) 接触片面あたりの最小乾燥塗膜厚：30 μ m以上
- 2) 接触面の合計乾燥塗膜厚：90～200 μ m
- 3) 乾燥塗膜厚中の亜鉛含有量：80%以上
- 4) 亜鉛末の粒径（50%平均粒径）：10 μ m程度以上

これらの条件は、無機ジンクリッチペイントをC塗装系と同じく600g/m²塗付し、塗膜厚のばらつきを管理することにより十分満足することができる。

高力ボルトは、暴露試験などでもその効果が認められている防錆処理ボルトを使用することにより、ボルト連結部の耐久性を高めることとした。なお、防錆処理ボルトには種々のものがあるが、塗り重ねられる塗料との相性を考慮し選定することが必要である。防錆処理ボルトの規格についてはHBS摩擦接合用防錆高力ボルト六角ナット平座金のセット暫定規格HBSB1102-1976 本州四国連絡橋公団 昭和51年2月を参考にするとよい。

(3) 現場溶接部の塗装系（継手施工後に塗装する場合）

溶接部においては、継手施工後に塗装するので、表-3.5.1～表-3.5.2の塗装系が良い。高力ボルト連結部と同様に、超厚膜形エポキシ樹脂塗料を用いて、膜厚を確保することで沖縄地区での防錆性能を確保する。なお、溶接部の塗装範囲として扱う範囲は、塗装品質を確保するために必要な範囲と溶接やけの関係から概ね10cm以内の部分とする。溶接部を塗装するに当たっては、適切な

前処理が必要である。(5.2項 溶接部の処理を参考とされたい)

(4) 素地調整

表－ 3.4.1 ～表－ 3.4.2 高力ボルト継手部で、部材製作時にボルト連結部を塗装しておく場合の前処理の素地調整、及び2次素地調整はブラスト処理とし、除錆度はISO Sa2 1/2、表面粗さは80 μ mRz_{JIS}以下とした。

表－ 3.5.1 ～表－ 3.5.2 現場溶接による現場継手部で、継手施工後に塗装する場合の動力工具処理の除錆度はISO St3とする。なお、この部分は現場施工となるため原則としてブラスト処理は行わない。

(5) 超厚膜形エポキシ樹脂塗料は、厚膜が形成しやすいが1000 μ mを超えると割れやすくなるという報告もあり、表－ 3.4.1 ～表－ 3.4.2、表－ 3.5.1 ～表－ 3.5.2 に記載された膜厚を遵守する。

(6) 中塗り・上塗りの省略

内面は、日光の直射を受けず耐候性を期待しなくてもよいので中塗り・上塗りは塗装しない。

(7) 鋼床版上面の塗装

鋼床版上面はアスファルト舗設までの期間が長く鋼床版上面にさびが発生するため、一時防錆の目的で無機ジンクリッチペイントを塗付する。なお、鋼床版上面の現場溶接による現場継手部は溶接後一定期間放置、または加熱処理を行った後、動力工具による素地調整 (ISO St3) を行い、ジンクリッチペイント塗付を考慮するか、現場ブラスト後直ちに舗設作業を行うこととする。

(8) HBS

『摩擦接合用防錆高力ボルト六角ナット平座金のセット暫定規格』
HBSB1102-1976 本州四国連絡橋公団 昭和51年2月から一部抜粋したものを以下に示す。

『摩擦接合用防錆高力ボルト六角ナット平座金のセット暫定規格』
HBSB1102-1976 本州四国連絡橋公団 昭和 51 年 2 月（一部抜粋）

5. 表面処理

ボルト、ナット及び平座金には表 2 に示される塗膜性能を有する表面処理を施さなければならない。

表 2

項目	皮膜性能
皮膜の外観	皮膜をみて平らさは良好で、流れ、しわ、われ、むらがないこと
ゴバン目試験	25/25
耐塩水噴霧性	100時間の塩水噴霧に耐えること
促進耐候性	暴霧した試験片と暴霧しなかった試験片とを比べてみたとき、われ、ふくれ、はがれの程度が大きくないこと
上塗り適合性	上塗りしても支障のないこと
上塗りとの層間付着性	異常のないこと
遅れ破壊性	ボルトの遅れ破壊の要因となるようなものではないこと
潤滑性	ボルト及びナットに固着しない潤滑剤であってはならないこと

試験法は、11. 4による

11. 試験及び測定方法

11.4 表面処理試験

11.4.1 試験の一般条件

ボルト、ナット及び座金に表面処理される条件と同一条件で試験片（約 150×70×1mm）に処理したものをを用いる。ただし、11.4.3 の試験については、その条件で表面処理されたボルト、ナット及び座金またはその組み合わせたものをを用いる。

11.4.2 ゴバン目試験

11.4.1 で作られた試験片を用いて、試験片の中央に新しい安全カミソリ

用片刃（JIS K 5400 7.8 (3)）を用いて皮膜に 2mm 間隔で縦横それぞれ 6 本ずつ素地に達する切傷を入れて 25 個のマス目を作り、その上にセロハンテープ（JIS Z 1522）を完全に密着するように貼り付けてから、テープをいっきにはがし、マス目の残存数を調べる。

11.4.3 皮膜の外観

11.4.1 で作られたボルト、ナット及び座金を用いて、試験作成 24 時間後に、拡散昼光（JIS K 5400 6.1）のものとして皮膜を肉眼でみて、平らさ、流れ、しわ、むら、われの程度を見本品の場合と比べて調べる。

11.4.4 耐塩水噴霧試験

11.4.1 で作られた試験片を 3 枚用意し、その周辺を適当な塗料を用いてシールし、6 日間放置する。この試験片を JIS K 5400 7.8 に規定されている塩水噴霧試験機に入れ、100 時間試験を行なったのち、試験片を取り出して流水で洗い、室内に 2 時間置いてから塗膜を調べる。この時試験片の周囲約 10mm 以内の部分は試験の対象としない。

試験片 2 枚以上については皮膜にふくれ、はがれ、赤さびを認めないときは「塩水噴霧試験に耐える」とする。

11.4.5 促進耐候試験

11.4.1 と同じ方法で試験片を 2 枚用意し、そのうち 1 枚は促進耐候試験に用い、他の 1 枚は比較面として保存する。

試験片は、JIS K 5400 6.16 に規定する促進耐候試験片を用い、100 時間試験を行なったのち、われ、ふくれ、はがれを肉眼で比較面と比べて調べる。

11.4.6 上塗り適合性

11.4.1 で作られた試験片を用いて JIS K 5400 6.11 による。ただし、上塗りに用いる塗料は、本州四国連絡橋公団暫定仕様の継手部塗装系の現場塗装の下塗り塗料を用い、それぞれの使用条件の膜厚 ($\pm 20\%$) を塗付する。

11.4.7 上塗りとの層間付着性

11.4.5 の方法で促進耐候試験を行なった試験片を 3 枚用意し、試験終了後 24 時間放置し、その上に塗装暫定仕様の継手部塗装系の現場塗装の下塗り塗料を塗付し (膜厚 $\pm 20\%$)、11.4.3 と同様の試験を行なう。

12. 検査

12.6 表面処理検査

11.4 にて行なったとき、それぞれ 5. の表 2 の規定に適合しなければならない。

3.5 タッチアップ塗装

部材の運搬架設時、及び作業足場の架設撤去時に、塗膜が局部的に損傷した場合、補修塗装をする必要がある。この補修塗装を一般にタッチアップ塗装という。タッチアップ塗装は、損傷の程度により対応は異なる。傷の深さに応じて下記及び図-3.3 に示す方法で行うものとする。

傷の深さ	上塗	上塗・中塗	上・中・下塗	鋼面迄
(上塗り)				
(中塗り)				
(下塗り)				
(無機ジクリッチペイント)				
(鋼材)				
素地調整	サンドペーパー処理			パワーツール処理
下塗り	なし			無機ジクリッチペイント 120g/m ² ×2回 60μm
中塗り	なし		超厚膜形エポキシ樹脂塗料 500g/m ² ×2回 300μm	
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗 120g/m ² 25μm	ふっ素樹脂塗料上塗 120g/m ² ×2回 50μm		

図-3.3 傷の深さによる補修方法施工法

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

(1) 架設終了時のタッチアップ塗装

① 鋼材面が露出している部分

鋼材面が露出している部分は、動力工具や手工具により除錆してから、下塗り第1層は無機ジクリッチペイントに替えて有機ジクリッチペイント（塗付量 120g/m²×2、60μm）を塗付することとする。また超厚膜形エポキシ樹脂塗料（塗付量 500g/m²×2、300μm）を中塗りとして代替し、最後にふっ素樹脂塗料上塗（120g/m²×2、50μm）をかける。

②鋼材面が露出していない部分

まず損傷部位を調査し、傷の深さを調べる。上、中塗りのいずれかで損傷している場合は、損傷部とその周辺の塗膜面にサンドペーパーかけなどの処理をして、ふっ素樹脂塗料上塗（ $120\text{g}/\text{m}^2 \times 2$ 、 $50\ \mu\text{m}$ ）をかける。下塗りから損傷している場合には、同様にサンドペーパー処理後に超厚膜形エポキシ樹脂塗料（塗付量 $500\text{g}/\text{m}^2 \times 2$ 、 $300\ \mu\text{m}$ ）を中塗りとして代替し、最後にふっ素樹脂塗料上塗（ $120\text{g}/\text{m}^2 \times 2$ 、 $50\ \mu\text{m}$ ）を塗る。

(解説)

(1) 補修部分周辺の処理

①鋼材面が露出している部分

鋼材面が露出している部分は、補修部分の素地調整後にサンドペーパー処理などで段差を少なくしてから塗装する。ただし、鋼材面が露出している部分の第1層には密着性が良く動力工具による素地調整面にも適用できる有機ジンクリッチペイントを塗付することとした。

②鋼材面が露出していない部分

鋼材面が露出していない部分は、サンドペーパーがけなどの処理をして段差を少なくするとともに、塗面を活性化して塗り重ねられる塗料が付着しやすくしてから塗装する。

(2) 損傷部が多いと推定される箇所

箱断面部材の外面に現場溶接で排水金具を取り付けたり、吊りピースをガス切断した場合は、内面の塗膜が損傷していることが多いので注意を要する。

(3) 現場塗装終了時のタッチアップ塗装

現場塗装終了時のタッチアップ塗装は、架設終了時のタッチアップ塗装と同様に行うものとする。

3.6 現場塗装前の処置

ボルト連結部などは、現場塗装前に ISO St3 相当の処置を行うことを原則とする。しかしながら現場塗装を行う前に、下塗り塗膜の劣化状態を点検し、劣化状態に応じ表-3.6 に示すように処置し、下塗り性能が低下したままで現場塗装を行うことのないようにすることが必要である。特に工場塗装と現場塗装の間隔が 12 ヶ月を超えて長期化した場合には、動力工具によるケレンのみでなくブラスト処理まで含めて素地調整を検討する。

表-3.6 現場塗装前の処置

塗膜の劣化状態	われ・はがれ・ふくれ・赤さびのない場合 あるいは、上記が軽微な場合	われ・はがれ・ふくれ・赤さびがある場合
処理方法	1. 水洗 2. 動力工具によるSt-3相当のケレンを実施。 3. 欠陥のない部位においても、ジンクリッチペイントの白さびは、サンドペーパーなどで除去する。付着した砂塵、ごみなどはウエスなどで拭き取るが、十分に拭き取れない場合には面荒らしを行う。	1. ブラスト処理(ISO Sa 2 1/2) 2. 表-3.5の現場塗装に準拠する。

注) 現場塗装前には、水洗を行うことを原則とする。

(備考)

適用塗料は、JIS 規格に適合するものを使用する。なお、JIS に規定されていない塗料は、鋼道路橋塗装用塗料標準の規格に適合するものを用いる。

適用塗料規格を表-3.7 に示す。

表－ 3.7 適用塗料規格

塗 料 名	規 格
無機ジンクリッチプライマー (無機ジンクリッチプライマー)	JIS K 5552－1種 (鋼道路橋塗装用塗料標準)
無機ジンクリッチペイント (無機ジンクリッチペイント)	JIS K 5553－1種 (鋼道路橋塗装用塗料標準)
有機ジンクリッチペイント (有機ジンクリッチペイント)	JIS K 5553－2種 (鋼道路橋塗装用塗料標準)
エポキシ樹脂塗料 (エポキシ樹脂塗料下塗)	JIS K 5551－2種 (鋼道路橋塗装用塗料標準)
鋼構造物用ふっ素樹脂塗料中・上塗 (ふっ素樹脂塗料用中塗・ふっ素樹脂塗料上塗 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗、 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗)	JIS K 5659 (鋼道路橋塗装用塗料標準)
－ (エポキシ樹脂プライマー)	－ (鋼道路橋塗装用塗料標準)
－ (変性エポキシ樹脂塗料下塗、弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料)	－ (鋼道路橋塗装用塗料標準)
－ (変性エポキシ樹脂塗料内面用)	－ (鋼道路橋塗装用塗料標準)
－ (無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料内面用)	－ (鋼道路橋塗装用塗料標準)
－ (超厚膜形エポキシ樹脂塗料)	－ (鋼道路橋塗装用塗料標準)

注) 1. () 内は鋼道路橋塗装用塗料標準による塗料名を示す。

2. 本マニュアルの文中に示す塗料名は、鋼道路橋塗装用塗料標準による塗料名を用いている。

(解説)

水洗

沖縄地区は、全域海塩粒子の影響を受ける環境にあるので、現場塗装前に付

着した塩分を除去することが必要である。塩分の除去は水洗（高圧水）による除去を原則とする。（5.2.2 水洗を参照）

補修塗り

塗膜に異常を生じた部分は、素地調整を行った後補修塗りを行う。

- ①さびを生じた部分は動力工具によりさびを除去し鋼面を露出させ、有機ジンクリッチペイントを1回（75 μ m）、エポキシ樹脂塗料を2回（300 μ m \times 2）塗装する。ただし、鋼材露出面積が大きい場合や全面にわたる場合は、塗替え鋼橋と同様な処置を行うなど、別途勘案する必要がある。
- ②はがれ部は、はがれ部周辺の浮いた塗膜も十分に除去しはがれた塗膜層から塗り直す。
- ③ふくれ部は、ふくれ塗膜を除去しふくれた塗膜層から塗り直す。
- ④われ部は、われ部を十分に研磨しわれを生じた塗膜層から塗り直す。

なお、いずれの補修部分も健全部分との間に段差を生じないように補修部分周辺を研磨調整する。

(3) 他発注機関の塗装系

参考に他発注箇所¹⁾の塗装系例を、表－3.8に示す。

表－ 3.8 新設鋼橋の塗装系

箇所 工程	鋼道路橋塗 装・防食便覧	旧日本道路 公 団	首都高速道 路株式会社	阪神高速道 路株式会社	本州四国連絡高 速道路株式会社	沖縄地区鋼橋 塗装マニュアル
プライマー	無機ジंकリッチ プライマー(15)	無機ジंकリッチ プライマー(15)	無機ジंकリッチ プライマー(15)	無機ジंकリッチ プライマー(15)	無機ジंकリッチ プライマー(20)	無機ジंकリッチ プライマー(15)
2次素地調整	ブラスト処理	ブラスト処理	ブラスト処理	ブラスト処理	ブラスト処理	ブラスト処理
下塗り	無機ジंकリッチ ペイント(75)	無機ジंकリッチ ペイント(75)	無機ジंकリッチ ペイント(75)	無機ジंकリッチ ペイント(75)	無機ジंकリッチ ペイント(75)	無機ジंकリッチ ペイント(75)
ミストコート	ミストコート	ミストコート	ミストコート	ミストコート	ミストコート	ミストコート
下塗り	エポキシ樹脂 (120)	エポキシ樹脂 (60)	エポキシ樹脂 (120)	エポキシ樹脂 (60)	エポキシ樹脂 (60)	エポキシ樹脂 (100)
下塗り		エポキシ樹脂 (60)		エポキシ樹脂 MIO(60)	エポキシ樹脂 (60)	エポキシ樹脂 (100)
中塗り	ふつ素樹脂(30)	ふつ素樹脂(30)	ふつ素樹脂(30)	ふつ素樹脂(30)	エポキシ樹脂 塗料中塗(30)	ふつ素樹脂(30)
上塗り	ふつ素樹脂(25)	ふつ素樹脂(25)	低汚染型 ふつ素樹脂(25)	ふつ素樹脂(25)	ふつ素樹脂(25)	ふつ素樹脂(25)

注 1) 『鋼道路橋塗装・防食便覧』 社団法人 日本道路協会発行 平成 17 年
『橋梁技術者のための塗装ガイドブック (改訂版)』 社団法人 日本橋梁建
設協会 平成 18 年 11 月

注 2) () 内数字は、標準膜厚 (μm) を示す。

注 3) 塗装系は、一般外面を比較している。2 種類以上ある場合は、一番耐久
性の高い塗装系を掲載した。

第4章 構造設計上の留意点

4.1 飛来塩分対策

飛来塩分の付着や塩分を含んだ水の滞留しやすい構造は避け、暴露面積の少ない構造選定を検討することが望ましい。

(解説)

鋸桁には桁下の対傾溝・横溝部材が錯綜し、塩分の付着や結露などにより塗膜劣化が生じて腐食の著しい部位がある。特に外桁の内側は雨水に洗われることもまれであり、塩分の滞留も著しい。

構造の選定において、暴露面積の少ない箱桁構造は飛来塩分対策として有効である。

防食性能上は、高力ボルト継手よりも溶接継手が有効であるが、架設工法、現場環境（現場でのブラストによる影響など）、その他を検討する必要がある。

4.2 検査路

検査路は設置することを原則とする。ただし、点検や作業時の利便性、耐久性に優れた材料・構造を選定するものとする。

(解説)

桁端部は支承部など損傷が顕著に現れる部位であり、検査路の設置もしくは近接できる設備が必要である。設置された検査路は定期的な点検、水洗や緊急時の点検に使用されるが、その使用に当たって腐食損傷により利用できないことのないように適時点検・補修を行うことも重要である。近年 FRP やアルミニウムなど耐久性に優れ、亜鉛メッキ部材より軽量な材料も使用されつつあるが、

アルミや亜鉛メッキ部材にステンレスボルトを使用する場合は異種金属接触腐食に留意しなければならない。これらを踏まえた構造、材料の選定を行うものとする。異種金属接触腐食が懸念される場合には、異種金属間に絶縁体を入れることは有効である。なお、アルミは水が滞留する、水はけが悪いなどの環境によっては孔食が生じ白さびが発生する場合もある。定期的な点検による確認が必要である。

亜鉛メッキ製点検通路の腐食損傷事例を写真－ 4.1、写真－ 4.2 に、アルミニウム製検査路の例を写真－ 4.3 に示す。



写真－ 4.1

点検通路(海岸沿い)



写真－ 4.2

点検通路(海岸から250m)



写真－ 4.3

アルミ検査路(海岸沿い)

4.3 付属物

伸縮装置は非排水構造を原則とする。既設伸縮装置の損傷がある場合は非排水構造の伸縮装置に交換もしくは非排水構造を取り付けることを原則とする。排水装置の金具やボルト、配水管などは、防食性に優れた材料の選定を行うものとする。

(解説)

付属物は橋梁本体の防食に係わる部材も多く、伸縮装置は桁端部の変状に繋がる恐れもある。そのため、非排水構造の採用と漏水などの変状を適時点検する必要がある。

高欄・照明柱などの付属物は、防食性に優れた材料を使用するものとする。

また、足場取り付け用吊り金具は、足場の荷重が作用することによってその部位の塗膜が弱点となるため、防食性に優れた材料が望ましい。



写真-4.4 排水式伸縮装置

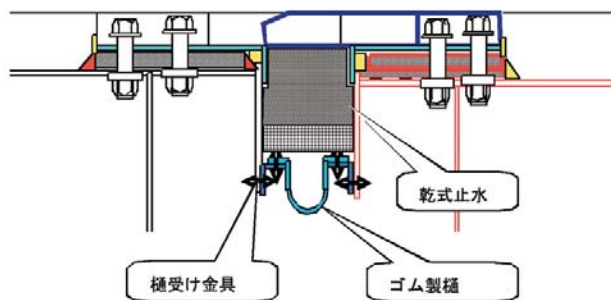


図-4.1 非排水式伸縮装置断面図(例)

図-4.2 は桁端部の伸縮装置からの漏水などによる腐食による影響を模式図として表したものである。支承など他部材への影響は大きい。

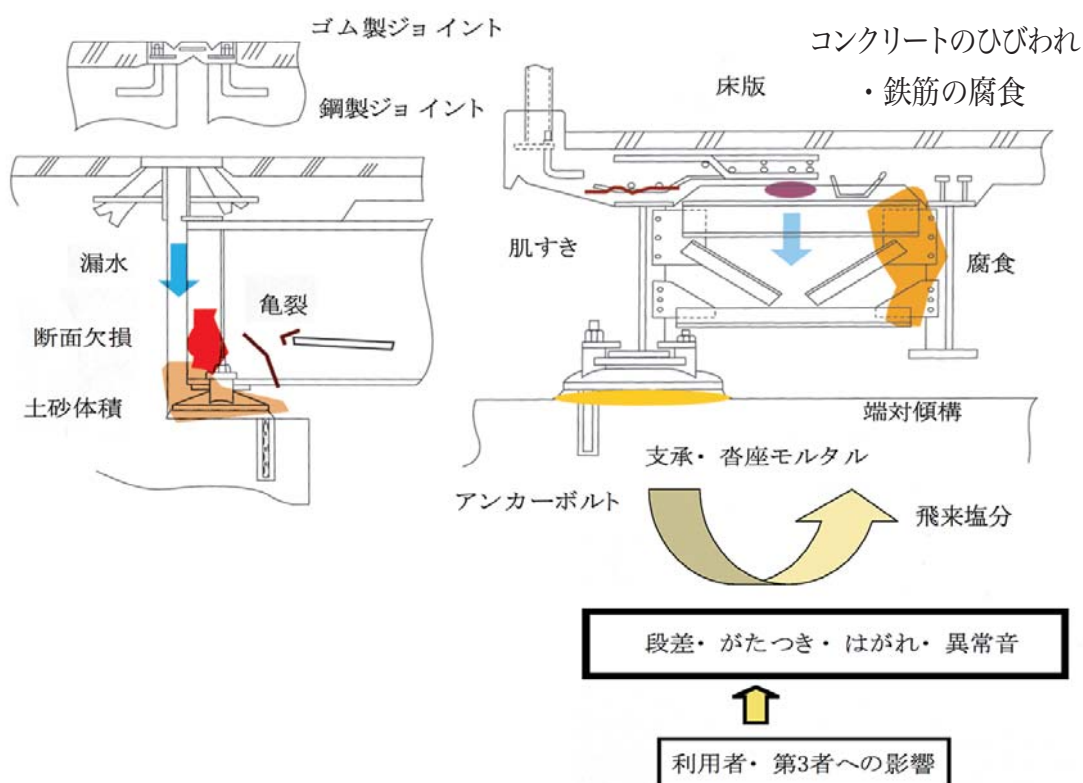


図-4.2 鋼桁端部の腐食原因や腐食箇所

第5章 製作・施工上の留意点

5.1 部材端部の処理

部材端部は 2mmR 以上の曲面加工を行う。

(解説)

(1) 曲面加工

部材の角（かど）部は、部材切断や切削仕上げにより鋭いエッジになっていると、その部分に塗装をしても薄膜仕上げとなり早期発錆につながる。

したがって、膜厚付与のためにパテ付けをする事も考えられているが、曲面加工を採用した。

(2) 曲面加工をした場合の付着膜厚

曲面加工をした場合の付着膜厚を図-5.1 に示したが、曲面加工の優れていることが実証されている。

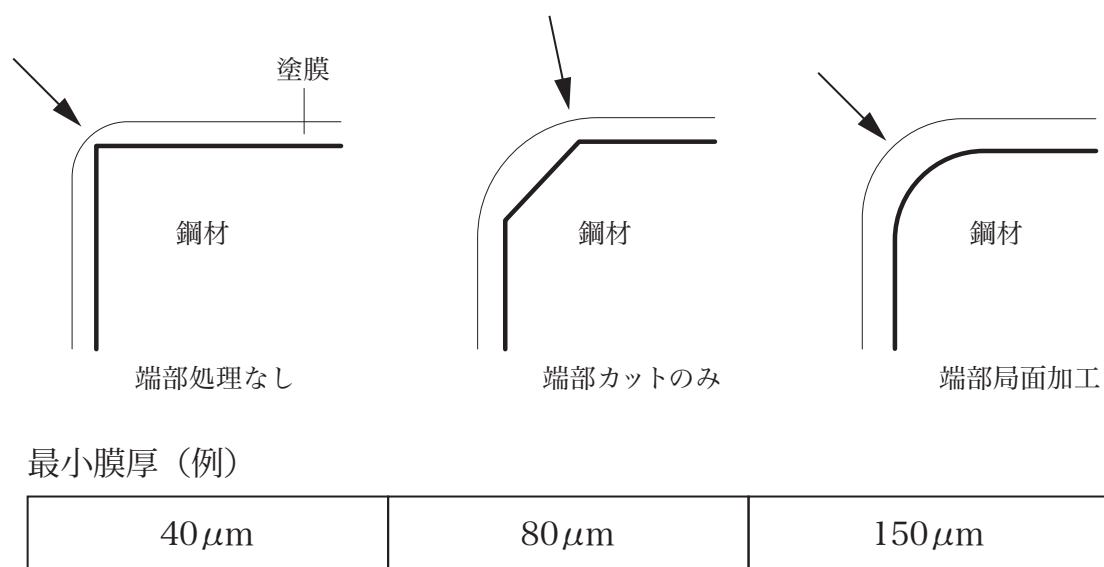


図-5.1 角部の膜厚 (例)

『本州四国連絡橋の塗装に関する調査研究 (その1) 報告書』財団法人 海洋架橋調査会 昭和63年

(3) 曲線半径

加工曲線半径は、鋼道路橋塗装・防食便覧と同様に 2 mm (= 2mmR) とした。

(4) 曲面の加工方法

曲面加工の加工方法は、特に規定されていないが、人力による加工はかなり困難な作業であり、歩掛かりも大きく精度もあまり良好とは言えない。

しかし近年曲面加工用の特殊な治具が開発されており、それらを使用することにより加工効率も仕上がり状態も良くなると考えられる。また曲面加工の管理には R 測定用ゲージを用いるのが望ましい。

(5) 端部処理の確認方法

加工した部材端面は、Rゲージにより角部の加工部が 2mm R 以上であることを確認する。

(6) 先行はけ塗り

部材端部はスプレー塗装に先立ち、先行はけ塗りを行う。これにより、膜厚の確保が確実となる。

5.2 溶接部の処理

溶接部は、水素の吸蔵や溶接棒被覆剤の付着などがあり、そのまま塗装するとふくれを生ずることがある。そのため前処理を行った後塗装をする。また溶接部には、表面に凹凸ができやすいので、鋭いエッジ、アンダーカット、オーバーラップ、ピットなどが発生しやすい。これらは塗装の不具合の原因となるので、塗装前に表面を平滑化するか異物は極力取り除く。また塗装に先立ち溶接部は先行はけ塗りを実施する。

(解説)

溶接部の前処理としては、次の処理をする。

①吸蔵水素によるふくれ(水素ふくれという)を防止するためには、溶接後十分

に水素が放出する時間を置いた後塗装する。ただし、放出する時間を置くことができない場合は、溶接部を加熱して水素の拡散放出を早めてから塗装をする。

水素放出時間については、表－ 5.1 に示すような例がある。

表－ 5.1 溶接部の水素放出時間

溶接棒の種類	自然放出の場合		加熱による放出の場合 ビード面の加熱
	油性系以外の塗装系	油性系塗装系	
低水素系(全自動溶接)	70時間以上	20時間以上	300°C 15分
イルミナイト系	200時間以上	100時間以上	300°C 30分

(鋼橋など塗装基準同解説 本州四国連絡橋公団 昭和 55 年 3 月)

②溶接棒の被覆剤によっては、溶接部に溶接棒被覆剤が残留し、それがアルカリ性であるためそのまま塗装するとふくれ（アルカリふくれという）を生ずることがある。

アルカリふくれを防止するには、

イ：ブラスト処理をして完全に除去する。

ロ：赤さびが発生するまで長期間放置した後、赤さびを除去する。

ハ：りん酸水溶液（5～10vol%）を塗付し、中和する。

といった処理を行った後塗装を行う。

③補剛材・ガゼットなどの隅肉溶接部始末端部のまわし溶接部は、表面に凹凸ができやすいので注意する。

④溶接ビードに付着した溶接スラグなどは極力取り除く。

⑤溶接部は形状も不定形で塗装ののりが悪くなるので、塗装に先立ち先行はけ塗りをを行う。

5.3 ボルトなどの防食

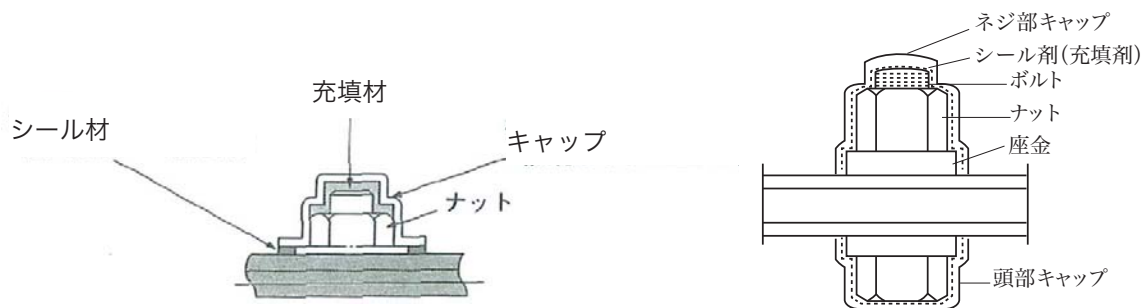
高力ボルトは、防錆処理ボルトを使用する。

(解説)

防錆処理ボルトは、締付けから塗装までのインターバルでの発錆を抑制し、余分な労力と費用を削減する結果、品質の向上につながり、継手部の塗装欠陥が減少する。よって、沖縄地区における高力ボルトの使用に際しては、防錆処理ボルトを使用することとした。

既設橋梁において、ボルトやナットは塗料の付着条件が悪く腐食が生じやすい箇所である。特に、漏水や滞水により水に濡れることで腐食しやすい支承部などのボルトのナットに対して、ボルトキャップは有効である。

図－5.2 にその例を示す。また、写真－5.1～写真－5.3 にボルトキャップ及び重防食の事例を示す。



図－5.2 ボルトキャップ



写真－5.1
ボルトの重防食



写真－5.2
ボルトキャップ取付状況



写真－5.3
ボルトキャップの効果

第6章 施工

6.1 素地調整

使用鋼板は、原板処理をした鋼板を用いるので前処理工程は鋼板メーカーで行い（除錆度 ISO Sa2 1/2） 2次素地調整は加工組立後加工メーカーで行うものとする。また、2次素地調整のブラスト処理は、除錆度 ISO Sa2 1/2、表面粗さ $80 \mu\text{mRz}_{\text{JS}}$ 以下とする。加工後の部材における動力工具処理の除錆度は ISO St3 とする。また素地調整完了後のグレード確認を、限度見本帳の対比により確実に実行する。

(解説)

(1) ブラスト

ブラストは、鋼板の状態、鋼板メーカーが行う工程を原板ブラスト、橋梁製作メーカーで鋼板を加工し、組み立てた状態で行う工程を製品ブラストという。

(2) 除錆度

- ①ブラスト処理による除錆度は、ISO で規定されているので、ISO Sa を適用した。従来、日本では1種ケレンという表現で表示している。
- ②ISO によるグレードは第1層下塗りの種別によって適用が区分されていることもある。例えば無機ジンクリッチプライマーの場合は ISO Sa2 1/2、エッチングプライマー（長ばく形）の場合は ISO Sa 2 としていることもある。ブラスト処理に用いる研削材にはショット、グリッド鋼砕、ガーネットなどがある。従来使用されてきたけい砂は、けい肺などの作業者の安全衛生などの観点から JIS Z 0312:2004「ブラスト処理剤用非金属系研削剤」から削除され、使用できない。一般にはグリッド(JIS G5903)がよく用いられる。ショット（球形）やグリット（鋭角形状）は、研削能力が大で粉塵の発生も少ないが価格が高く、表面粗さが大きくなる傾向がある。研削材は作業場の設備、

環境状況や対象構造物の状態によって選択する。

- ③表面粗さは、日本工業規格 JISB0601 (1994) では、最大高さ (記号 Ry)、中心線平均粗さ (記号 Ra)、最大粗さ (Rz)、十点平均粗さ (Rz_{JIS}) などが規定されているが、鋼橋では十点平均粗さが一般的に多用されているので、これを採用した。表面粗さが大きい場合には、山と谷との差が大きく塗られた塗料が谷部に流動していき山部の膜厚が薄くなってしまうため、なるべく小さい方が望ましい。したがって実施工を踏まえて 80 μm Rz_{JIS} 以下とした。また、塗膜厚管理の面から Ry (最大高さ) も規定することが望ましい。

(3) 動力工具による素地調整

動力工具処理とは、ディスクサンダーやグラインダーなどを使用して行う素地調整で、十分研磨してもくぼみ部に残るさびは除去できない。したがって、くぼみ部の残存さびは容認する。

(4) 素地調整完了後のグレード確認

素地調整は、完了後に各素地調整グレードを見本帳などにより比較し、目標レベルの素地調整が達成できているかを必ず確認する。素地調整は、塗装の良し悪しを決める重要なファクターである。また素地調整後においても例えばブラスト処理後には、ブラスト研掃材の一部が表面に残留する場合があります、圧縮空気などでこれらを除去し、できる限り清浄化したうえで塗装作業に入ることが好ましい。

6.2 塗付作業

6.2.1 塗付作業者

塗付作業を行う塗付作業者は、鋼橋塗装工事について十分な経験を有するものでなければならない。

(解説)

塗装工事に従事する作業者は、鋼橋塗装作業技能士（少なくとも1名以上）とする。鋼橋塗装作業技能士とは、職業能力開発促進法により厚生労働省が制定した資格制度で、各県の職業能力開発協会が主催する認定試験（学科実技）に合格した者を鋼橋塗装作業1級または2級技能士として認定している。

なお、1級技能士は厚生労働大臣認定、2級技能士は各県知事認定である。

また、監理技術者や主任技術者は、1級又は2級土木施工管理技士（鋼構造物塗装）の資格が必要となる。

その他、塗料を扱う上で、有機溶剤作業主任者、乙種危険物取扱者の資格が必要であり、その他足場の設置方法によって、足場組み立て作業主任者、高所作業運転者の資格が必要になる場合がある。

6.2.2 塗付方法

塗付方法は、エアレススプレー塗り及びはけ塗り（ローラーブラシによる塗付を含む）を原則とする。スプレー塗装の場合には溶接ビード部や狭隘部において、先行はけ塗りを行う。

(解説)

塗付方法は、エアレススプレー塗りとはけ塗り、ローラーブラシによる塗付とする。

なお、スプレー塗装で作業しにくい箇所（狭隘部、スカーラップ部や溶接ビード部近傍）は、スプレー塗装に先立ち、はけ塗りで先行塗装を実施し、十分な膜厚を確保する。

6.2.3 塗付を行ってはならない部分

塗付を行ってはならない部分（支承の機械仕上げ面など）については、マスキングを行うなどして塗料が付着しないようにする。

（解説）

塗装を行ってはならない部分とは、表－ 6.1 に示す部分とする。

表－ 6.1 塗装をしてはならない部分

状 態	部 分
塗料があってはならない部分	支承などの機械仕上げ面
無機ジンクリッチプライマーがあってもよい部分	鋼材とコンクリートの接触面

6.2.4 使用塗料の理解

使用塗料については、塗料の組成乾燥機構塗装条件希釈剤の性質を十分理解する。

（解説）

使用塗料は、混合比、乾燥機構（蒸発乾燥一酸化重合乾燥・付加重合乾燥・縮合重合乾燥などのタイプがある）、塗装条件（乾燥の早いものは、はけ塗りでは棒塗りとなるし、遅いものは、たてよこ十分に塗付できるなど）、希釈剤の性質（適さない希釈剤を用いると塗料はゲル化を生ずることがある）を十分理解して使用する。

6.2.5 使用塗料の確認

使用塗料について、金属粉、主剤、硬化剤ともに使用有効期限を確認するとともに、開缶時に色分かれ・固化などの異常がないことを確認する。

(解説)

塗料は製造後長期間経過すると、密閉した缶内でも化学反応を起こし変質を生じる。2液形塗料では6ヶ月を超えると塗膜性能に影響を与える程の変質をおこすので、製造年月日は必ず確認し、保証期間を明示してある塗料は、保証期間を厳格に守って使用するようにする。

開缶時の塗料の異常

色分かれ：着色顔料の1種類または数種類が表面に浮くように分離している状態

固化（ゲル化）：塗料がぼてぼてした状態になったり、こんにゃく状に固体化した状態

6.2.6 希釈

使用塗料は、塗装方法や塗装時の気温などを勘案し、希釈剤を添加して適正な粘度に調整するが、希釈剤の添加量は必要最小限とする。

また、希釈剤は塗料と同一メーカーのものを使用する。

なお、無溶剤形塗料は希釈剤を用いない。

塗料別希釈剤の種類と希釈率を表-6.2に示す。

表- 6.2 希釈剤の種類と希釈率（気温 20℃の場合）

塗料の種類	希釈剤の種類	希釈率(重量%)	
		はけ、ローラー	スプレー
無機ジンクリッチペイント	無機ジンクリッチ用シンナー	—	10以下
有機ジンクリッチペイント	エポキシ樹脂塗料用シンナー	5以下	10以下
エポキシ樹脂塗料下塗	エポキシ樹脂塗料用シンナー	10以下	20以下
変性エポキシ樹脂塗料下塗			
変性エポキシ樹脂塗料内面用 超厚膜形エポキシ樹脂塗料			
ふっ素樹脂塗料用中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗用シンナー	10以下	20以下
ふっ素樹脂塗料上塗	ふっ素樹脂塗料上塗用シンナー	10以下	20以下
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形塗料用シンナー	10以下	20以下
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗			
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗			

（一部、鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月より転載）

（解説）

希釈剤の添加量が多い場合にはだれを生ずるし、薄膜に仕上がるので防錆性が減退する。したがって、寒冷地では塗料が高粘度となるため、希釈率が大きくなる傾向がある。しかし、沖縄地区のような高温環境では、塗料は低粘度状態になっているため、希釈率が過大になると一層防錆力が減退する。よって、希釈率は最小限度になるようにする。

6.2.7 熟成時間

使用塗料には、熟成時間を必要とするものがある。これらについては、熟成時間を 30 分以上置いて後、使用する。

熟成時間を必要とする塗料

エポキシ樹脂プライマー

エポキシ樹脂塗料下塗

変性エポキシ樹脂塗料下塗 (弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗)

変性エポキシ樹脂塗料内面用

超厚膜形エポキシ樹脂塗料

ふっ素樹脂塗料中塗 (弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗)

ふっ素樹脂塗料上塗 (弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗)

(解説)

使用塗料は二液形であり、使用直前に主剤と硬化剤を混合して用いるが、混合した後ある時間そのまま放置し、両者が十分混合する時間を必要とするものがある。それらの塗料は混合後直ちに使用することなく、熟成する時間を置いた後、塗付に用いる。

6.2.8 可使時間

使用塗料は二液形塗料なので、主剤硬化剤金属粉を混合したものには可使時間があるので、可使時間を越えたものは使用してはならない。

(解説)

使用塗料は二液形で使用時に主剤と硬化剤を混合して用いるが、この混合物は時間経過とともに粘度が高くなり、遂にはゲル化して使用不能となる。このように混合熟成後、ゲル化して使用できなくなるまでの時間を可使時間（ポットライフ）という。

可使時間は、高温時には短くなり、低温時には長くなる。一例を図－6.1及び表－6.3に示すが同種塗料でも銘柄による気温の影響度に差異があるので、十分認識をすることが必要である。

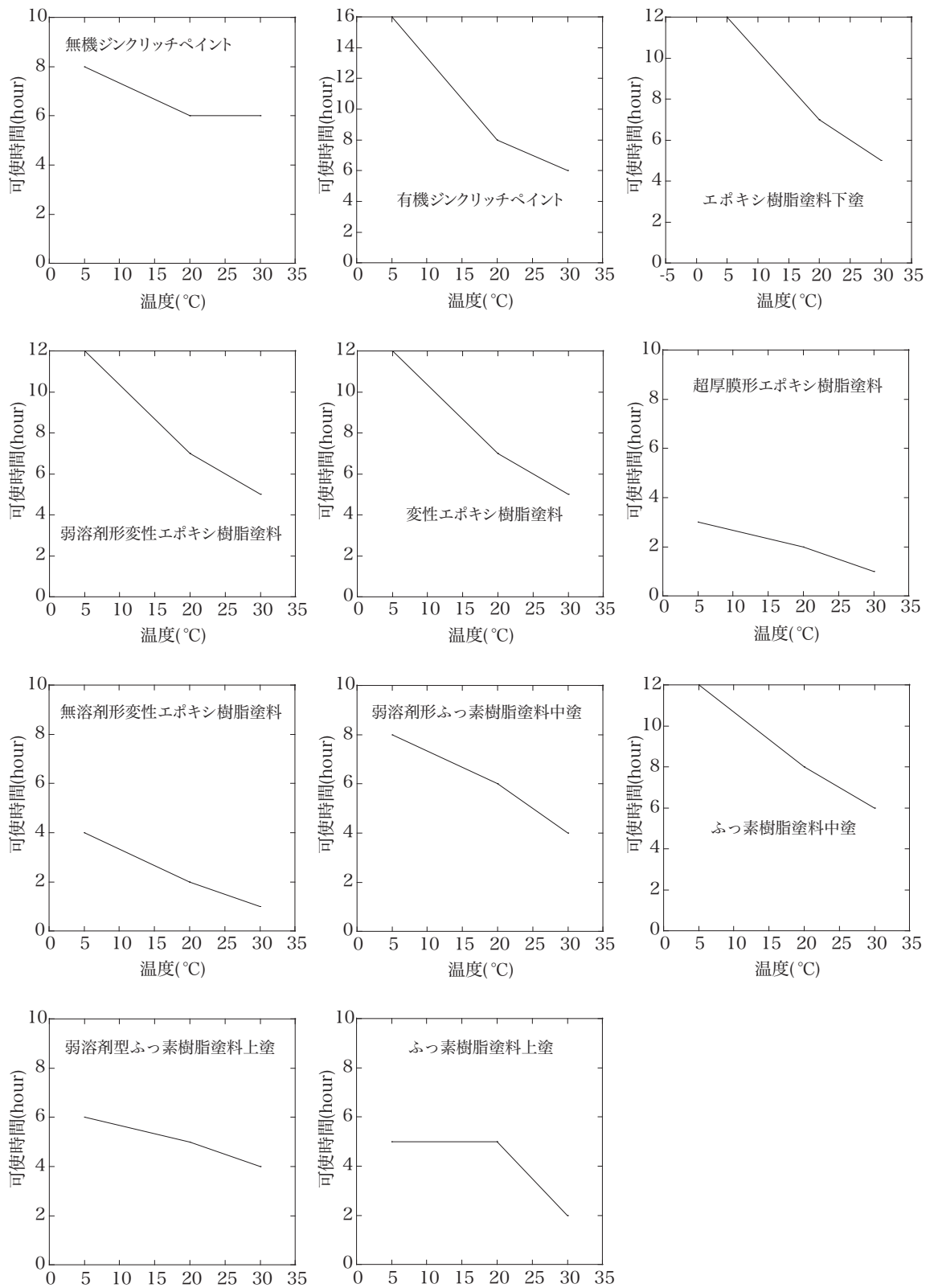


図- 6.1 温度と可使用时间 (例)

表－ 6.3 各塗料の各温度での可使時間の例

塗料の種類	各温度での可使時間(hour)		
	5°C	20°C	30°C
無機ジンクリッチペイント	8	6	6
有機ジンクリッチペイント	16	8	6
エポキシ樹脂塗料下塗	12	7	5
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	12	7	5
変性エポキシ樹脂塗料	12	7	5
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	3	2	1
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	4	2	1
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	8	6	4
ふっ素樹脂塗料用中塗	12	8	6
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	6	5	4
ふっ素樹脂塗料上塗	5	5	2

6.2.9 塗装作業の禁止事項

(1) 気温

塗装作業の禁止気温は表－ 6.4 に示すものとする。

表－ 6.4 塗装作業禁止気温

塗料の種類	気温(°C)	湿度(%RH)
無機ジンクリッチプライマー	0以下	50以下
エポキシ樹脂プライマー	10以下	85以上
無機ジンクリッチペイント	0以下	50以下
有機ジンクリッチペイント	10以下	85以上
エポキシ樹脂塗料下塗	10以下	85以上
変性エポキシ樹脂塗料下塗		
変性エポキシ樹脂塗料内面用		
超厚膜形エポキシ樹脂塗料		
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	10以下、30以上	85以上
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料(低温用)	5以下、20以上	85以上
ふっ素樹脂塗料用中塗	5以下	85以上
ふっ素樹脂塗料上塗	0以下	85以上
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	5以下	85以上
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	5以下	85以上
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	0以下	85以上

(一部、鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月より転載)

(2) 湿度

塗装作業の禁止湿度は、表－ 6.4 に示すように無機ジンクリッチプライマーと無機ジンクリッチペイントは 50% RH 以下、他の塗料は 85% RH 以上とする。

(3) 降雨

降雨時または塗装直後降雨があると予測される時は塗装してはならない。

(4) 結露

結露を生じている面に塗装してはならない。

(5) 強風

強風時には塗装作業を中止する。

(6) 被塗面の温度

被塗面の温度が 50°C 以上の場合は塗装してはならない。

(解説)

(1) 気温

使用塗料が被塗面に塗られ、固体塗膜（乾燥）となる現象は化学反応であるため、気温が高いと乾燥が早く、気温が低いと遅くなり全く乾燥しなくなる塗料もある。塗装禁止気温は、塗料によって異なるので、十分注意をする。

なお、那覇における年間平均は 22.7°C、月平均の最低、最高は 14.3 ～ 26.4°C（気象庁気象統計情報、1971 年～ 2000 年の平均値）と、かなり高温地域であり、10 度以下の低温時塗装となることはほとんどないであろう。ただし、気温は結露との関係もあることから測定を行う必要がある。

(2) 湿度

塗装時の湿度が高いと被塗面に結露が生じやすいし、蒸発速度の早い溶剤使用の場合は、蒸発にともなう表面温度の降下により大気中の水分凝縮により塗膜に白化を生ずることがある。

那覇における年間平均は 75% RH、月平均の最低最高は 68～84% RH と、かなり高湿条件下にある。

また、無機ジンクリッチプライマー及び無機ジンクリッチペイントは、ビヒクルの加水分解により乾燥するため、高湿時の塗装はよいが、低湿時の塗装(50% RH 以下)は禁止されている。

湿度は、気温と同時に測定する乾湿球式温度計を使用する。測定個所は直射日光下、風が強く当たる所は避ける。

(3) 降雨

降雨時に塗装すると、被塗面に水が存在しているため塗料の付着が悪くなる。また塗装直後に降雨があると、未乾燥塗膜に水分が作用し、白化現象を生じ、塗膜性能を低下させることもある。

那覇における降水量は年間 2,037mm と多く(東京 1,467mm/年)さらに、1mm 以上の降雨日数、降雨時間をみると表-6.5、表-6.6 のように、かなり降雨回数も降雨時間も多し。さらに沖縄地域における降雨状況は、台風時には時間当たりの降雨量は多いが、それ以外では降雨回数は多いけれども、降雨量はそれ程多くないというのが特徴である。

沖縄地区は分散的な降雨が多く、作業前に予測できない降雨もあるため、作業中の降雨時の処置(白化などの変状を生じた部分はペーパー処理をして塗り直すなど)を明確にすることも必要である。

表-6.5 那覇における 1 mm以上の降雨日数

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間計
11	11	12	11	12	10	9	12	10	8	9	8	123

注) 気象庁気象統計情報、1971 年～2000 年の平均値

表-6.6

沖縄地域の降雨時間

地区	降雨時間(時)
沖縄北部	1162.5
沖縄南部	930.7
東京羽田	886.8

注) 数値は 1 年間の総計

『沖縄地区の鋼橋防錆調査報告書』沖縄総合事務局 昭和 63 年

(4) 結露

被塗面が湿潤（水の存在）している場合に塗装をすると、塗膜の付着性が不良となるうえ乾燥塗膜に異常を生ずる。

湿潤状態は、降雨と結露によって生ずる。

結露は、大気温度、湿度、鋼面温度の3要因が生成条件であり、鋼面温度が気温より低い場合で表-6.7に示すような条件で結露する。すなわち、高湿ほど気温と鋼面温度との差が小さい条件で生ずる。

表-6.7 結露条件

相対湿度(%RH)	70	80	90	95	100
気温と鋼面温度との差(°C)	6	3	2	1	0

注) 鋼面温度が低い場合を示す。

沖縄地域における結露時間及び被塗面の乾湿くり返し回数を表-6.8に示すが、これをみても沖縄地域は塗装作業に対する制約が大きいし、腐食劣化速度に与える影響も大きい。

表-6.8 被塗面の湿潤状況

地区	結露時間(時)	濡れ回数(回)
沖縄北部	2,667.1	548
沖縄南部	1,282.0	544
東京羽田	1,124.7	254

注) 数値は1年間の総計

『沖縄地区の鋼橋防錆調査報告書』沖縄総合事務局 昭和63年

なお、結露の有無は、被塗面温度を測定し気温湿度と合わせて確認する。

また、結露計を使用することも考える。

(5) 強風

風速の大きい場合は、飛来海塩粒子量が多く、砂塵の舞い上がりも大で、こ

れら塗装障害因子の塗装に与える影響は大きい。スプレーなどの場合には、風による飛散でロスが大きくなり塗料使用量が標準量を上回ったり、近隣へミストが飛散することが考えられる。防護ネットなどの措置が十分であるかなどを検討して判断する。また、風が強いとほけやローラー塗りであっても、塗料は上乾き現象を呈し作業性も悪くなる。さらに足場上の作業が危険となるので、これらの状態を総合的に判断し、塗装作業の可否を決定することが良い。

那覇における年平均風速は 5.3m/sec (1987 年～ 2000 年の平均値) であるから (東京 3.3m/sec:1975 年～ 2000 年の平均値) 風速の大きい地域といえる。

風速は、風速計を用いて測定する。

(6) 被塗面の温度

被塗面温度が高い場合、その面に塗料を塗ると溶剤の急激な蒸発により、塗膜にあわやピンホールを生ずる。したがって被塗面温度が 50℃以上の面には塗装をしてはならない。

橋梁全体の被塗面温度が 50℃以上になることは少ないが、沖縄地区は日光の直射エネルギーが大きいため、日光に晒される箇所は 50℃以上になることも考えられる。特に歩道橋の水平面などは部材厚が薄く、日照時間も長いため温度が上がりやすい。

被塗面温度は、日光に晒される箇所は短時間で上昇する傾向を示し、日光に晒されている桁の裏面は、日照面とほぼ同じ温度まで上昇する。そのことから、塗付作業は作業手順を考慮するとともに、日照面で塗付作業を行う時の温度管理は、頻繁に行うことが望ましい。

6.3 水洗

現場塗装前には付着塩分などの除去のため水洗を行うことを原則とする。
また、塩分除去作業後は付着塩分量の測定を行い、付着塩分量が 50mg/m²以下であることを確認する。

(解説)

(1) 付着塩分の除去方法

- ①沖縄地区は全域海塩粒子の影響を受ける環境にあるので、鋼橋の面には必ず付着海塩粒子が存在すると考えて良い。付着海塩粒子の量は単に経過期間に比例するものではなく、短い期間でも気象条件によっては多量に付着をすることがあるので、塗装前の処置としてこの除去は必須事項である。したがって、現場塗装前にはこれら腐食劣化因子の除去は絶対に必要である。特に沖縄地区の場合は図－1.3 に示すように全域海塩粒子の影響を受ける環境にあるので、現場塗装間の塩分の除去処理をすべて義務づけた。除去処理としては、動力工具によってもある程度除去できるが、表－6.9 に示すように高圧水による洗浄が最も効率がよいので水洗を原則とした。

表－6.9 処理方法ごとの付着塩分除去効果

処 理	水洗	動力工具	動力工具+ウエス拭き
除去率(%)	90	49	76

- ②海塩粒子は、塗膜表面のみに付着しているのではなく、塗膜内部まで浸透しているため塗膜表面のウエス拭きや動力工具などによる表面研掃では均一な清掃が難しく、さらに少し力を入れると鋼面露出が多くなるので、その補修は下塗り第1層からの塗装となる。また、除塩の効率も表－6.9 に示す通りで、かなり悪いことが分かる。

これらのことから除塩方法は、水洗（高圧水）によることが望ましく、水洗

が困難である場合には、その障害要因に対する対策を考慮するほうが除塩結果も経済性も良好であると考えられる。

- ③水洗は通常高圧水洗浄機を用いて行われるが、水圧が $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下の場合には除塩効率が悪く、それ以上でなければならないと言われている。塩分が十分に除去されない場合は、ふくれやはがれという大きな損傷につながるため入念な作業を行うことが必要である。

(2) 除去塩分の確認

塩分除去作業後は、付着塩分の測定を行い付着塩分量が $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下であることを確認する。

測定方法は、湿潤ガーゼで拭き取り塩素イオン検知管を用いて測定する方法が一般的であり、 $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下であることを確認するものとする。また、他の方法（電位差滴定法、電導度法、ブレッセル法など）で $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下であることを検証することも可能である。

6.4 施工管理

6.4.1 塗料材料の管理

塗料品質の確認は、塗料製造業者の規格試験成績書の確認により行う。(JIS 該当品は日本工業規格と、JIS にないものは所定の規格と照合する)。なお使用塗料が複数の製造ロットにまたがる場合には、製造ロット毎に規格試験成績書が必要である。

塗料の缶数及び主剤、硬化剤、金属粉の比率が所定の数量であることを確認する。

また塗料の使用量は、被塗物の形状、塗付方法によって異なるので、適量であることを確認する。さらに、塗料の保管量は消防法によって規制されているので、その保管量を守り、盗難防止のため、厳重に保管する必要がある。

塗料使用量の確認は、使用前の充缶数と使用後の空缶数を検査することによって行う。

(解説)

塗料材料の品質確認は、社内試験成績表によって行うが、必要と認められた時は、試料を抜き取り、公的機関による品質検査を行い確認する。特に塗料製造後、長期間経過して変質の可能性があるものについては、抜き取り検査をすることが好ましい。

塗料の持込み量は、塗付方法（はけ塗り・エアレススプレー塗り）によって異なる。また二液形塗料なので、主剤、硬化剤、金属粉のセット及び設計数量を確認する。さらに、塗料を保管しておく場合は、消防法で定める規定数量を守り、保管方法についても盗難防止を考慮し厳重に保管しなければならない。使用塗料の保管数量を表－ 6.10 に示す。

表－ 6.10 保管数量

塗料の種類	危険物表示	指定数量
無機ジンクリッチプライマー	第2石油類	1,000ℓ
エポキシ樹脂プライマー	第1石油類	200ℓ
無機ジンクリッチペイント	第2石油類	1,000ℓ
有機ジンクリッチペイント	第1石油類	200ℓ
エポキシ樹脂塗料下塗	第1石油類	200ℓ
変性エポキシ樹脂塗料下塗	第1石油類	200ℓ
変性エポキシ樹脂塗料内面用	第1石油類	200ℓ
超厚膜形エポキシ樹脂塗料	第2石油類	1,000ℓ
無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	指定可燃物	2,000ℓ
ふっ素樹脂塗料用中塗	第1石油類	200ℓ
ふっ素樹脂塗料上塗	第1石油類	200ℓ
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	第2石油類	1,000ℓ
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	第2石油類	1,000ℓ
弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	第2石油類	1,000ℓ

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

塗料使用量の確認は、使用前の充缶数と使用後の空缶数を検査することによって行う。なお、塗料の使用量の確認は全工程終了時ではなく、作業の区切りごとに行うようにする。

6.4.2 塗膜の外観

塗付後、塗膜に著しいはけ目・はじき・ながれ(だれ)・にじみ(ブリード)・リフティング・しわ(ちぢみ)・あわ・ピンホール・すけ・白化(ブラッシング)・ゆず肌・むら・ふくれなどの異常を生じていないこと。

(解説)

塗膜の外観に生ずる異常現象は、以下のようなものが挙げられる。

- ①はけ目とは、はけ塗りの際、塗膜にはけの毛あとを生ずるが、それが乾燥後にも残ってしまう現象である。塗料粘度の調整や塗り方によって少なくすることができる。
- ②はじきとは、塗付した際、部分的にはじいて塗料が付着しない現象をいう。はけや被塗面に水分、油分などが付着している場合や、下地塗膜の硬化が進み過ぎている場合に生ずる。これを防止するには塗付面やはけの清浄化や溶剤拭き、サンドペーパーによる目あらしが有効で、発生した場合には、溶剤拭き、サンドペーパーによる目あらし後、同種の塗料にて塗り直す。
- ③ながれ（だれ）とは、塗料を垂直面に塗った時、塗料の一部が下方に流れている状態をいう。また全体に流下している状態はたるみという。希釈し過ぎた場合や厚く塗り過ぎた場合、また、はけ返しが不十分な場合に生じる。これを防止するには、希釈率を下げる、厚塗りせず2層にわけて塗装することが有効で、発生した場合には、スクレーパー、サンドペーパーなどで塗膜除去後、同種の塗料にて塗り直す。
- ④にじみ（ブリード）とは、下地塗膜の色が塗り重ねた塗料の上にしみ出でてきて、塗膜の色が変わってくる現象をいう。塗り重ねる塗料の溶剤の溶解力が大きく下地塗膜を溶解した場合、ビチューメン系塗膜に塗り重ねた場合、下地顔料が塗り重ね塗料に侵された場合、下地塗膜の乾燥不十分な場合などに生ずる。これを防止するには、にじみの少ない塗料を使うか、下地が良く乾燥した後に塗装することが有効で、発生した場合には、欠陥部の塗膜をはがし同種の塗料にて塗り直す。
- ⑤リフティングとは、塗り重ねた時、下地塗膜が侵されて浮き上がり、しわや亀裂模様を生ずる現象をいう。塗り重ねる塗料の溶剤の溶解力が大きい場合や下地塗膜の乾燥不十分な場合に生ずる。これを防止するには、塗料の溶剤を下地塗料を溶解しないものに変えるか、下地が十分乾燥した後に塗付することが有効で、発生した場合には、下地塗膜からはがし、再度下地塗膜から塗り直す。

- ⑥しわ（ちぢみ）とは、塗料が乾燥する時、溶剤蒸発によって塗膜の体積が減少する。それが急激な場合、ちりめん状のしわ（ちぢみ）となる現象をいう。下塗りが未乾燥か厚塗りで表面が上乾きしている時に起きる。これを防止するには、下地が良く乾燥した後に塗装するか、下地の厚塗りをやめるのが有効で、発生した場合にはスクレーパーやサンドペーパーで塗膜除去後、同種の塗料で塗り直す。
- ⑦あわとは、塗料中に混入した気体が抜けきれずに塗膜中に残る現象である。これは無機ジンクリッチペイントの上にミストコートなしで塗付した場合や、二液形塗料の主剤硬化剤混合後、熟成時間を十分に置かない場合に生ずる。これを防止するには、混合後の熟成時間を十分にとることが有効で、発生した場合には、スクレーパーやサンドペーパーで塗膜除去後、同種の塗料で塗り直す。
- ⑧ピンホールとは、塗装直後、塗膜に小さなあなを生ずる現象をいう。溶剤蒸発が急激な場合、被塗面にほこり、水、油分が存在している場合、被塗面温度が50℃以上の場合、スプレー塗装時の巻き込み空気が塗膜から抜ける途中で硬化した時などに生ずる。これを防止するには、被塗面の清浄化やスプレー時の粘度を下げる（希釈率を上げる）こと、スプレー条件の変更（圧力比やチップの変更）、被塗面温度の管理が有効で、発生した場合にはサンドペーパーで表面あらしを行い、再度同種の塗料で塗り直す。
- ⑨すけとは、塗付塗膜の隠ぺい力が十分でなく、塗付塗膜を通して素地または下地の色が見える現象をいう。塗り重ね塗膜の色によって本質的に隠ぺい力の小さい色（赤黄）があることや、塗り重ね塗料を希釈し過ぎた場合に生ずる。これを防止するには希釈し過ぎないことや、上塗りの膜厚を厚くすることが有効で、発生した場合にはサンドペーパーで表面あらしを行い、再度同種の塗料で塗り直す。
- ⑩白化（ブラッシング）とは、塗膜乾燥中に白っぽく変わる現象をいう。蒸発速度の早い溶剤を配合した塗料を使用した場合や、高温時に塗装した場合や

乾燥しないうちに結露が発生した場合に生じ、塗膜表面が荒れて光沢がなく白っぽく見える現象である。これを防止するには、リターダシンナーを用いることや、結露が予想される場合は塗装を避けることが有効で、発生した場合には溶剤拭き、サンドペーパーなどで目あらし後、同種の塗料で塗り直す。

⑪ゆず肌とは塗膜面がゆず肌状を呈する現象をいう。下地面に水や油などが存在している場合や高圧で吹き付けた場合に生ずる。これを防止するには、被塗面の清浄化やスプレー条件の変更（圧力比やチップの変更）、希釈率の増加が有効で、発生した場合には溶剤拭き、サンドペーパーなどで目あらし後、同種の塗料で塗り直す。

⑫むらとは、色や光沢がむらになる現象をいう。顔料がよく混ざっていない場合や、下塗りへの溶剤浸透が不均一な場合、膜厚が不均一な場合に生ずる。これを防止するには、調合時の攪拌（かくはん）を十分に行う、希釈率を下げる、均一に塗付することが有効で、発生した場合には溶剤拭き、サンドペーパーなどで目あらし後、同種の塗料で塗り直す。

⑬ふくれとは、塗膜が持ち上げられてふくれている状態をいう。水分やさびを十分除去していない場合や、湿度の高い時の作業時に塗膜下に水分が入り、それが膨張してふくれを生ずる。これを防止するには、被塗面の水分やさびを除去することや、湿度の高いときに塗らないことが有効で、発生した場合には、スクレーパーやサンドペーパーで塗膜除去後、同種の塗料で塗り直す。

代表的な塗装欠陥については、『鋼道路橋塗装・防食便覧』社団法人 日本道路協会 平成17年12月の第II編 塗装編付II-6. 塗装欠陥写真が参考になる。

6.4.3 膜厚管理

(1) 湿潤膜厚測定

塗付作業にかかる最初の時や使用塗料塗付方法被塗物の状態が変わった時には、塗付した塗膜厚を湿潤塗膜厚計によって測定チェックする。

(2) 乾燥膜厚の測定は、2点調整形電磁微厚計を用い、次のように行う。

1) ロットの選定

ロットは塗装系別塗付方法別部材の種類別作業姿勢別に選定する。

2) ロットの大きさ測定数

ロットの大きさは200～500m²を1ロットとし、1ロット当たりの測定数は25点以上とする。なお、各測点では5回測定し、その平均値をその点の測定値とする。

3) 測定時期

外面：ジンクリッチ塗装終了時及び上塗り終了時とする。

内面：全塗装終了時とする。

4) 管理基準値

①ロットの塗膜厚平均値は、目標塗膜厚合計値の90%以上であること。

②測定値の最小値は、目標塗膜合計値の70%以上であること。

③測定値の分布の標準偏差は、目標塗膜合計値の20%を超えないこと。

ただし、測定値の平均値が目標塗膜厚合計値より大きい場合はこの限りではない。

④不合格の場合は、不合格ロットについて同数再測定し、当初の測定値と合わせて計算した結果が管理基準値を満足していれば合格とする。

不合格となったロットは、最上層の塗料を増塗りして測定をやり直す。

(解説)

(1) 湿潤膜厚測定

湿潤膜厚計は、円板形とクシ形とがあり、いずれも長さの異なるクシ形の歯がついており、これを湿潤膜に押しあて塗料の着いたクシの番号により湿潤膜厚を測定する。

湿潤膜厚値から乾燥膜厚値を知るためには、あらかじめ両者の関係を把握しておく必要がある。

(2) 乾燥膜厚測定

乾燥膜厚計には、マイクロメータ、永久磁石式、光学式、渦電流式、静電容量式などがあるが、2点調整形電磁微厚計が一般的であることからこれを用いることとした。

この微厚計は、ゼロ点と近似、標準膜厚の2点で調整してから測定するタイプで、ゼロ点は測定面と同質の鋼板(厚さ6mm以上、表面粗さ $6\mu\text{mRz}_{\text{JIS}}$ 以下)で行い、さらにその上に標準膜厚近似の調整板(非磁性材料)を置きその面で調整をする。測定面に押しあてるプローブの形状は、一極式、二極式、いずれでも良い。

次に示す場合は、測定してはいけない。

- ①測定面が小さく、プローブを所定どおり押しあてられない場合(測定値に信頼性がない)。
- ②プローブの押しあて位置を、毎回著しく変えた場合(測定値に信頼性がない)。
- ③角孔突起物などの位置(測定値に信頼性がない)。
- ④測定面、鋼面にさびが存在している場合(測定値のばらつきが大きい)。
- ⑤測定面の表面粗さが大きい場合(測定値が平滑面膜厚値より小さくなる)。
- ⑥測定塗膜が未乾燥状態の場合(測定中、塗膜がへこむため、測定値が小さくなる)。
- ⑦一次プライマーのように塗膜厚が薄い場合には鋼材面の表面粗さの影響を受けて正しい測定値が得られないので、同時にみがき鋼板に塗装して、その塗膜厚を測定して測定値とする。

(3) 乾燥膜厚の測定ロット

乾燥膜厚の測定ロットは、 $200\sim 500\text{m}^2$ を1ロットとする。

6.4.4 記録

塗装系、塗料名称、塗装時期が明確にされている塗装記録表は、データベース化して保存することが好ましい。また塗装記録表を構造物に付記する。塗装記録表は、**図－6.2**に示すような桁端部の腹板に退色の生じにくい白色あるいは黒色で、塗装完了年月、塗装系、使用塗料名、塗料製造会社名、塗装施工会社名を表示する。

塗装完了年月	年	月
プライマー		
下塗り第1		
下塗り第2		
下塗り第3		
中塗り		
上塗り		
塗料製造会社		
施工会社		

図－6.2 新設の場合の記録様式

(解説)

- (1) 記録記入箇所は桁端耳桁外側腹板の橋下から見やすい箇所とする。
- (2) 文字は黒または白で記入する。
- (3) 塗料名は一般名とする。
- (4) 上塗りの欄に上塗りの色番号を記入する。

第7章 維持管理

7.1 一般

鋼橋の鋼部材の損傷は、早期発見に努め早期補修を基本とする。

(解説)

既設橋梁を延命化するには、鋼橋の腐食に対する日常の維持管理が重要である。損傷部の早期発見により軽微な段階で適切な補修補強を実施することは、維持管理費の節減や橋梁構造物の安全の確保につながる。

この章では、下記の項目に分け維持管理上の留意点を記載する。

軽微な損傷：補強部材を取り付けることなく、局所的な補修のみで済む損傷

腐食による断面欠損：腐食により既設部材の断面欠損が発生し、耐荷力の低下などにより補強板などの補強を要する損傷

点検時に損傷を発見した場合は、その部位の局所的な補修・補強とともに、損傷の発生要因を把握して、橋梁全体の補修・補強にも反映しなければならない。

また、補強により補強部位の周辺に弱点が移る場合もあるので、補強後の定期点検などによる経過観察によって補強効果を検証することが重要である。

7.2 軽微な損傷の補修

軽微な腐食損傷の場合は、腐食部位について十分な素地調整（健全な鋼材面を出す）を行い、塗装を行う。また、水の滞留しやすい部位は金属パテなどで整形後に塗装を行う。

腐食損傷部の鋼材端部が鋭利な場合は曲面加工して塗装を行うものとする。

(解説)

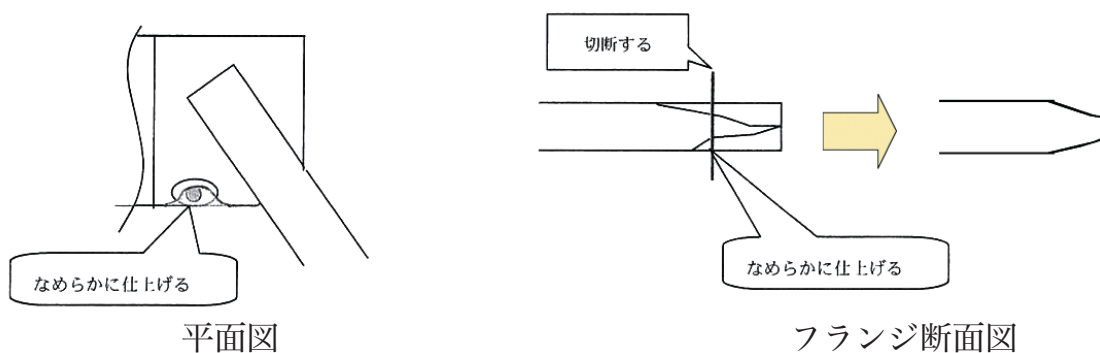
塗膜に孔食が発生したとき、表面から見えない鋼材部の腐食が大きく広がっている場合もある。このとき塗膜の剥離後、軽微なケレンでは鋼材素地が現れない場合もある。この状態で塗装を行っても内部に塩分を含んだ腐食した鋼材が内在することとなり、塗替え後の塗膜劣化の進展は早い。また、狭隘部のケレンも十分に行わなければ同様である。

断面の欠損がある場合は金属パテ（鉄分入りの樹脂）などにより整形し塗装する。なお、金属パテなどによる補修は、金属パテと鋼材との間へ結露や雨水の浸入によるはがれに対する検討が必要である。また、塗装材料との整合性を図らなければならない。

腐食損傷部の材端が鋭利な場合はその部位から疲労亀裂が発生する恐れがある。このような部位は曲面加工を行い塗装することにより疲労被害の発生を遅らせることができる。

補修箇所の塗装系は、3.5 タッチアップの項を参考に決定する。

図－7.1 にその例を示す。



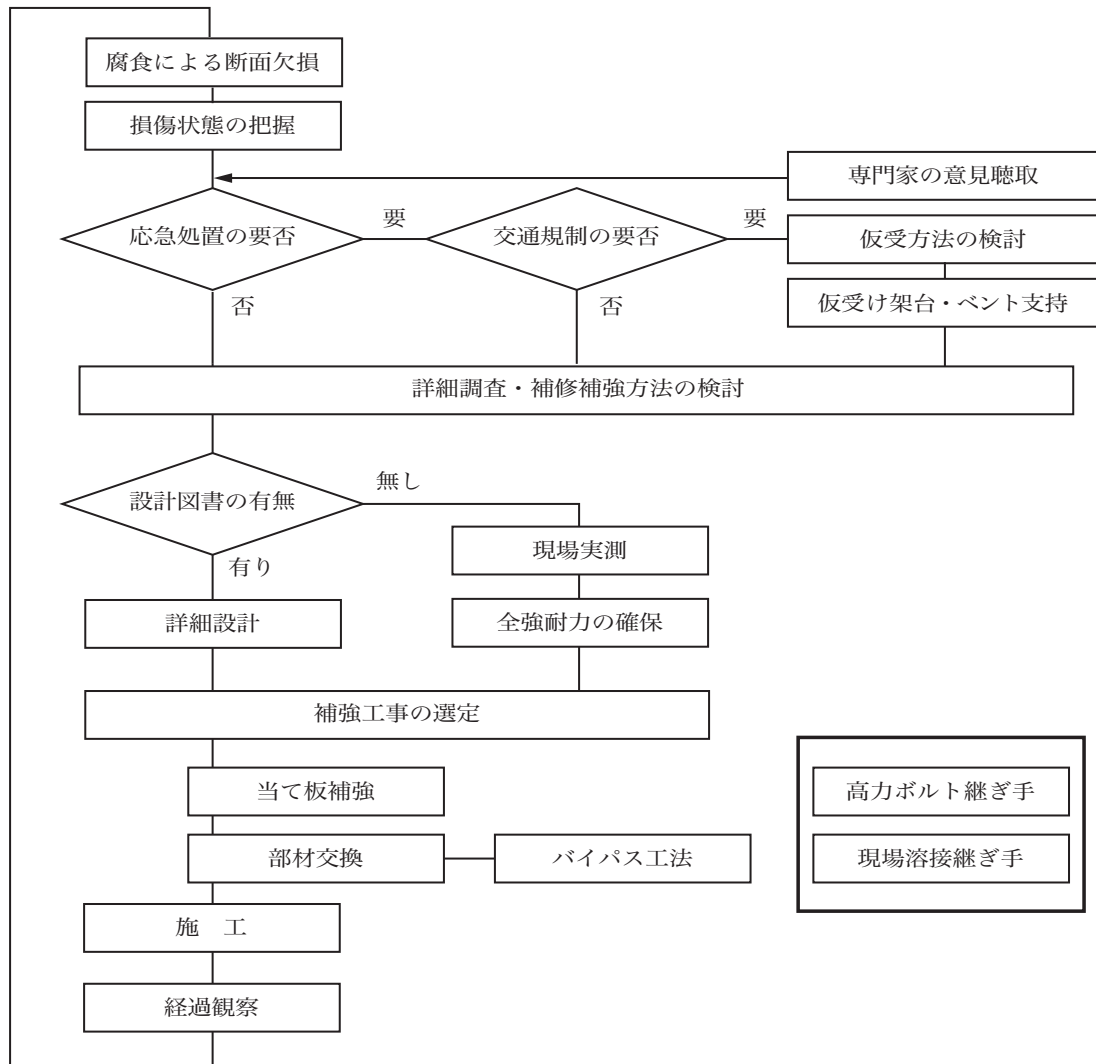
図－7.1 腐食部の仕上げ

7.3 腐食による断面欠損

腐食により部材に断面欠損が生じた場合は、損傷状況を踏まえ最適な工法を選定する。

(解説)

腐食により部材の断面欠損が生じた場合は、損傷部位、損傷状況を把握して最適な工法を選定することとする。その検討の流れの例を図－7.2に示す。



図－7.2 補強の流れ例

腐食により部材の断面欠損が生じた場合の補強工法の検討に当たっては、設計図書（設計図・設計計算書・補修補強履歴）を入手する。もし、設計図書が入手できない場合は、断面欠損部分を確実に補強できるように、最適な工法の検討を行う。その補強工法は構造物全体に与える影響も留意するものとする。

なお、補修方法の検討に当たっては、専門家の指導を得るものとする。

補強部材の接合は高力ボルト接合を基本とする。溶接による場合は補強部材・

部材の材料・溶接姿勢・供用下による溶接に関する注意が必要である。鋼橋の疲労亀裂は溶接継手部から発生している事例が多く、その損傷事例を踏まえた継手方法の選定が重要である。

損傷状態や補強に当たって、交通規制を行わない状態での施工、場合によっては交通規制を行う。また、荷重を一時的に支持するベント構造も考慮しなければならない。

損傷状況を踏まえた補強事例を以下に示す。

①腐食部位をケレンし金属パテなどで整形後、あて板補強を行う。樹脂を注入する方法もある。局所的な断面欠損の場合は欠損部を部分的に金属パテなどにより整形する。

金属パテのクリープによる添接ボルトの軸力の低下なども留意する必要がある。

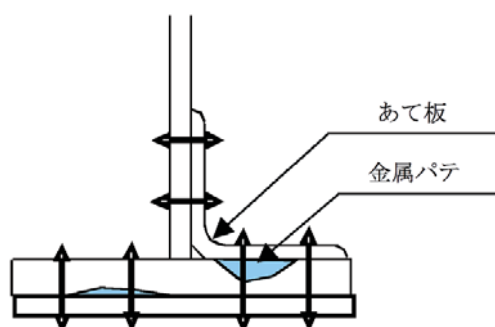


図- 7.3 フランジの補強 (例)



写真- 7.1
主桁溶接部の腐食

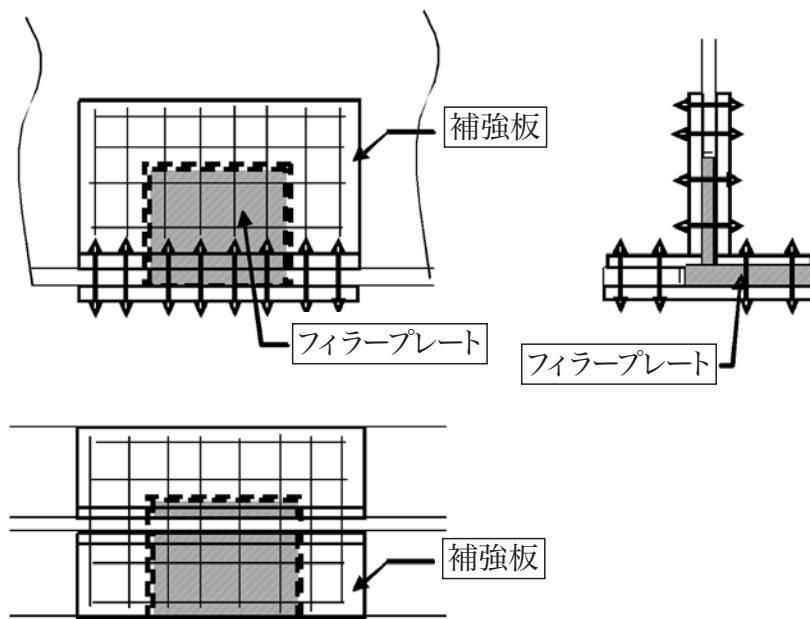


写真- 7.2
補強材取付状況



写真- 7.3
損傷部のパテ塗付状況

②部分的な腐食による欠損がある場合は一部除去し、あて板補強を行うものとする。

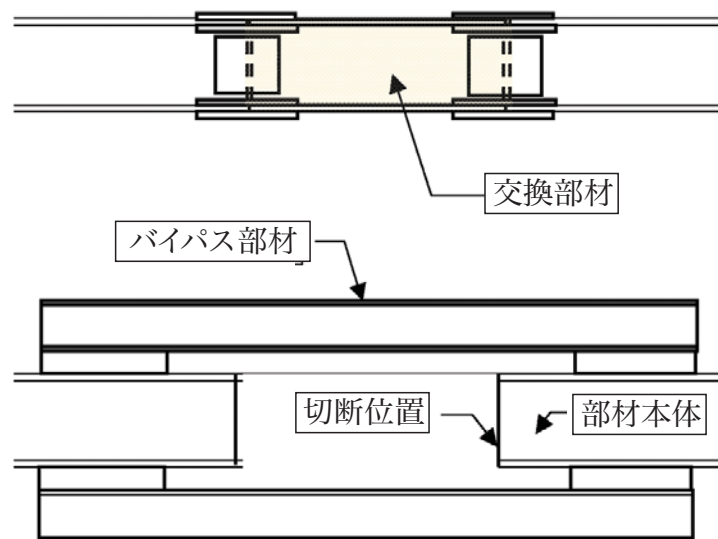


図－ 7.4 欠損部の一部除去後あて板補強（例）

③腐食による断面欠損が大きい場合は部材を交換するものとする。

部材の断面欠損が大きい場合は損傷部材を取り替えることを基本とする。なお、この時部材を除去することにより構造本体に影響する恐れがある場合はバイパス部材を取り付けることを原則とする。

このバイパス部材を残す場合もある。



図－ 7.5 部材交換による補強（例）

7.4 維持管理時の水洗

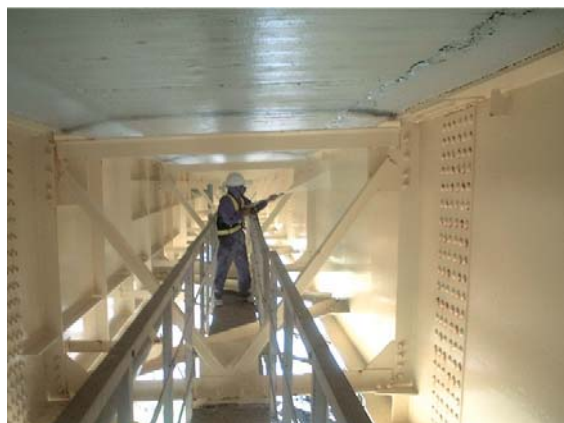
付着塩分の除去は水洗で行う。

(解説)

鋼桁への塩分の付着は鋼桁の外面側は雨水に洗われるが、外桁内面の部材は吹き込んだ塩分を含む雨水が滞留し、腐食損傷の主たる要因となっている。水洗は、簡易な方法でかつ防食に有効な対策である。特に桁端部は狭隘な部位も多く定期的に行うことが有効である。



写真－ 7.4 水洗状況



写真－ 7.5 鋼主桁内面の水洗

7.5 支承の交換

支承を交換する場合は、支承の選定に留意するとともに施工時のジャッキアップ設備・施工手順に留意しなければならない。

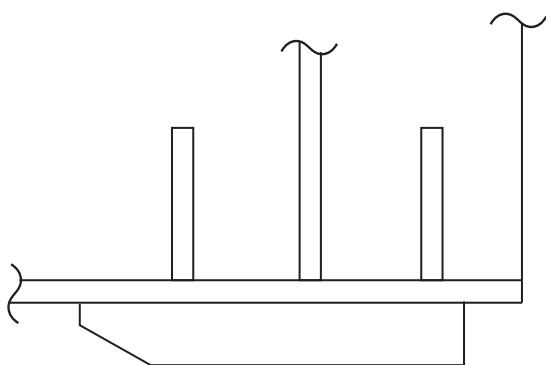
(解説)

支承が腐食により断面欠損が著しい、また、支承機能を喪失している場合は支承を交換する必要がある。このとき支承の構造は耐震性も考慮して選定する必要がある。

主桁本体のリブ補強やソールプレートの応力集中を緩和するためのテーパなど構造的な配慮が必要である。ソールプレートの取り付けは溶接とボルト継手がある。

支承の交換に当たってはジャッキアップ設備の設置や桁の補強について十分な検討を行う必要がある。

図－7.6 に構造的な配慮の例を示す。



図－7.6 支承交換の構造的な配慮



写真－7.6 支承交換時の主桁の補強

第 8 章 塗替え塗装

8.1 塗替え時期

管理者は、定期点検や詳細点検などの結果に基づいて防食機能が合理的に維持されるよう塗替え時期や塗装系を決定する必要がある。なお、防食機能以外に景観・美観上の配慮を特に必要とする場合には、変退色や汚れの程度も考慮するなど、必要に応じて防食機能に限らずその橋の塗装に要求された性能の劣化の観点から塗替え時期や塗装系を検討する必要がある。

8.2 塗替え方式

8.2.1 全面塗替え

鋼橋塗膜は、一様に劣化することではなく部位により塗膜劣化程度が異なる。塗膜に劣化が見られた時点で直ちにその部分を塗替えることが理想的であるが、作業足場の架設や塗装効率など経済性や作業性など種々の制約があるため橋の機能に影響がないことが明らかな場合は、塗替え塗装に大きな影響を与えない程度の部分的な塗膜劣化を許容し、全面塗替えによって対処することもある。

8.2.2 部分塗替え

鋼橋塗膜は、けた端部、連結部、下フランジ下面など、特定の部位の塗膜が他の部位に比べて劣化が著しくなる傾向があり、この部分を適切に維持管理することにより、全面塗替え時期を延ばすことが可能である。したがって、一般部の塗膜が健全でも、けた端部、連結部、下フランジ下面など特定の部位の劣化が著しい場合には、塗膜劣化の著しい箇所の部分塗替えを行うこともある。このような場合には部分塗替えと全面塗替えの両者について、長期的な維持管理費用を算出し、いずれの塗替え方式が経済的であるかを検討した上で判断する必要がある。なお、部分塗替えを採用する場合には足場費用の軽減を図るため、橋梁点検車の利用や簡易な足場の適用なども検討するのが良い。また、部分的に塗替え塗装を行うと、塗替えを行わない部分と塗替えた部分とで色調や光沢、汚れの程度などに相違が生じるため、特に景観や美観上の要求がある橋では部分的な塗替えを検討する場合にこの点についても考慮する必要がある。

支承本体やケーブル定着部など橋にとって構造的に重要な部分や部位に対しては、さびが生じたら随時塗替えを行うことが望ましいが、このとき劣化の傾向や将来の維持管理についても検討し、必要に応じてより耐久性のある塗装系への変更も検討するのが良い。

8.2.3 局部補修

ジンクリッチペイントを防食下地に用いる重防食塗装系は、耐久性に優れているので、重防食塗装系を適用した橋では塗膜厚の不均一になりやすい連結部のボルト頭や、当て傷による塗膜欠陥の生じた部材角部などの点さびを局部的に補修塗装しておけば、長期間に渡り全面塗替えを行わないで塗膜の防錆性能を維持することができる。海上など厳しい環境に架設される長大橋では、橋梁点検車や移動足場などを利用して局部補修を行って全面塗替えの間隔を大幅に延ばす事が可能である。局部補修は、塗膜損傷の深さにより対応が異なる。図－3.3に傷の深さによる補修施工例を例示している。(3.5項参照)

8.3 塗替え塗装系

8.3.1 一般外面の塗装系

塗替え塗装は、旧塗膜の塗装系、塗替え時の劣化程度、及び塗替え後の塗膜に期待する耐久年数によって塗装系を決定する必要がある。沖縄地区の鋼橋の塗装では長期に耐用が期待できる塗装系に該当する塗膜が用いられているので、塗替え仕様においてもこれと同程度が期待できる塗替え塗装系にすることが好ましい。したがって、塗装系一般外面の塗替え塗装系は、表－8.1、表－8.2に示すものとする。ただし、旧塗膜上に塗替え塗装を行う場合は、塗替え塗料が旧塗膜を侵さないことを確認した上で塗料を決める。

表-8.1 一般外面塗替え塗装系

素地調整	塗料	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20°Cの場合)	標準膜厚 (μm)	
1種	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	スプレー 600	1~10日	75
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 240		60
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 240		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 240		60
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー 170		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140		25
2種	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	はけ 240	1~10日	30
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	はけ 140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ 120		25
3種 A・B・C	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (鋼材露出部のみ)	はけ(200)	1~10日	(60)
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	はけ 140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ 120		25
4種	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200	1~10日	60
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ 200		60
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	はけ 140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ 120		25

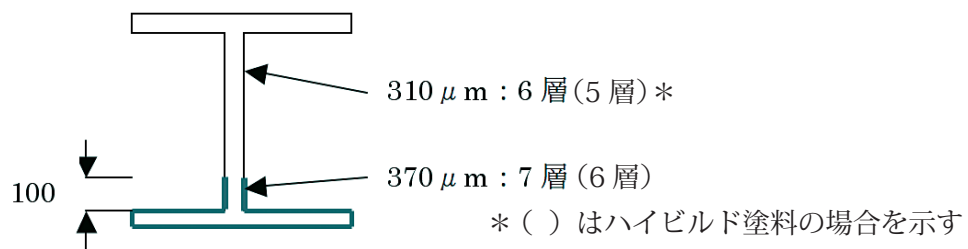
表－8.2 一般外面塗替え塗装系（ハイビルド塗料）

素地調整	塗料		標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
1種 (ハイビルド塗料)	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	スプレー 600	1～10日	75
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	スプレー 300		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	スプレー 300		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー 170		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140		25
2種 (ハイビルド塗料)	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	はけ240	1～10日	30
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	はけ140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ120		25
3種 A・B・C (ハイビルド塗料)	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (鋼材露出部のみ)	はけ(200)	1～10日	(60)
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	はけ140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ120		25

- 注) 1. 素地調整から下塗り第一層までの時間は4時間以内とする。
2. 塗装間隔は気温が20℃の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し塗り重ねを行う。
3. 素地調整程度は、表－8.5に示す。
4. 第一種ケレンの場合には、スプレー塗装を標準とする。第2種以下は、はけ以外にローラーを使用しても良い。ただしスプレー塗装をする場合の標準使用量は、表中のスプレー塗装の標準使用量に従う。
5. 下塗りの弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料は、ハイビルド塗料(厚膜タイプ)を使用しても良い。(塗料メーカーにより対応は異なる。標準塗付量は参考値)

ただしハイビルド塗料は製造メーカーが限られており、共通仕様が提案されてはいない。塗料選定にあたっては塗料メーカーに事前に相談の上、最適なものを選択すること。

6. 下フランジ及び腹板立ち上げ 10cm は、弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗を膜厚 60 μ m の 1 回増塗りとする。



7. 旧塗膜との組み合わせは、下記が良い。

旧塗膜塗装系	素地調整
A,B,a,b,c	1種
B,b,c	2種
A,B,C,a,b,c	3種 A~C
C,c	4種

(一部、鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月より転載)

(解説)

(1) 素地調整

塗替えの場合には、1 種ケレンによるものが塗膜の寿命を延命化するのに効果的である。しかしながら施工上の制約や施工コストを勘案して 1 種ケレンが適用できない場合には後述する 8.4.1 項 (素地調整の項) に従い、ケレン方法を選択するのが良い。

(2) 外面の塗替え塗装における膜厚

沖縄地区での一般外面塗装系は、表-3.1 に示すように、鋼道路橋塗装・防食便覧に示されるものより、下塗り回数を増やし耐久性を向上させている。塗替え塗装においても外面はこの考え方にに基づき、下塗り回数を 1 層増やし厚膜

とすることで、より厳しい腐食環境においても、耐久性を確保している。

また下フランジ周辺は、部位の中ではもっとも劣化しやすいので、下フランジ部分については、下フランジ及び腹板立ち上げ10cmの範囲まで、さらに60 μ mの下塗りを増し、厚膜とすることで耐久性を確保している。さらに腹板面において環境条件などからさらに増塗りの必要があると判断される場合には、腹板立ち上げ10cmに関わらず任意の高さまで増塗り範囲を広げて良い。ただし範囲の縮小は認めない。

(3) 有機ジンクリッチペイント

塗替え塗装においては工場のように管理された状態での素地調整が困難であるので、1種、2種ケレン適用の場合には、有機ジンクリッチペイントを適用することとした。

有機ジンクリッチペイントは、ブラスト面のみならず、2種ケレン面にも良く付着し良好な防錆性を発揮する。

(4) 弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料

変性エポキシ樹脂塗料は、1回塗りで厚膜（エポキシ樹脂塗料と同じ）が得られ、動力工具使用素地調整面に良く付着し耐水性の大きい塗膜が得られる。しかし、補修や塗替え時に、旧塗膜がA,a塗装系、B,b塗装系のとき塗り重ねる塗料の溶剤が旧塗膜を侵して塗膜が浮き上がったり、われを発生させることがある。弱溶剤系塗料は、主な溶剤がミネラルスピリットであり、旧塗膜への溶解性が低いので旧塗膜を侵し難いだけでなく、溶剤臭が少なく光化学スモッグの原因となる揮発性有機化合物の発生が少ない。弱溶剤形塗料には、変性エポキシ樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などがある。弱溶剤系のエポキシ樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などに用いられる溶剤系は、フタル酸樹脂塗膜、塩化ゴム系塗膜を溶解もしくは膨潤させにくく、かつ刺激臭が少ない。弱溶剤形塗料は、第3種有機溶剤を主成分とし、第2種有機溶剤が5%未満の塗料である。

塗替えに当たっては、弱溶剤形塗料の使用により、補修時の異常発生は低減

できるが、塗り重ねる塗料の下塗りを数種類試し塗りし、異常の有無を確認し、塗料を選定することが有効である。また、異常が生じた場合は、異常を生じた塗膜を全てはがしたのち、その層から塗り直す必要がある。

ハイビルド塗料は、一回の塗装により厚膜の確保が可能になるタイプである。そのためこれを使用することにより塗装回数を減らすことができ、より経済的である。

まだ開発されて間もないため、共通仕様書などは提案されていない。ハイビルド塗料は、塗料メーカーによって対応が異なるので、その仕様をよく確認の上、塗料メーカーと事前に相談して使用することが必要である。

(5) (弱溶剤形) ふっ素樹脂塗料

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料は、耐候性耐水性耐薬品性に優れており、光沢保持性や耐白亜化性が大きい塗料である。また弱溶剤形は上記(4)の弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料と同じで、刺激臭が少なく、環境にやさしい塗料である。

(6) 下フランジの処置

下フランジ下面は、橋梁の各部位中で最も発錆しやすい箇所であることから、**表－8.1、表－8.2**に示す仕様に加えて、下塗り塗料をさらに1層増塗りして防錆性を向上させた。

(7) 局部補修用塗装系

歩道橋のけあげ部に適用する局部補修用塗装系は、3.5項に示すタッチアップ塗装に準拠するものとする。補修時におけるダメージにより異なるので、補修部のダメージに適切な補修方法を選択する。

8.3.2 内面の塗装系

内面の塗替え塗装系は、表－ 8.3 に示すものとする。

表－ 8.3 内面塗替え塗装系

素地調整	塗料		標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
3種	下塗り第1層	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	はけ 300	□ 2～10日	120
	下塗り第2層	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	はけ 300		120

注) 1. 漏水部は1回増塗りとする。

2. 塗装間隔は気温が20℃の場合を示す。気温が低い場合には、塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し塗り重ねを行う。

3. 素地調整から第1層までは4時間以内に処理する。

(解説)

(1) 内面の素地調整程度

内面は、塗替え作業の困難な状況下にある。したがって2種ケレンを必要とするほど、塗膜劣化が進行しないうちに塗替えを行うことが望ましい。それゆえ、適用素地調整程度は3種（劣化塗膜や点さびが少し点在している状態）で塗替えることとした。

(2) 無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料

①内面の塗装では、内部に有機溶剤蒸気が充満し作業員に対する安全衛生面の支障を生ずるし、さらに爆発の危険性もあるので使用塗料は無溶剤タイプのものとした。ただし、この塗料はかぶれやすいことから、塗装作業員の防護には十分な配慮を行う必要がある。

②無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料は、粘度が高いため塗付作業が難しく、さらに、換気を行わないと乾燥が遅くなる。また、可使時間が短く塗付作業時には十分な管理を行う必要がある。

③従来、内面の使用塗料はタールエポキシ樹脂塗料であったが、内部の明色

化のために変性エポキシ樹脂塗料を採用した（現行は、労働安全衛生の観点からタールエポキシ樹脂塗料の使用は控える）。なお、旧塗膜がタールエポキシ樹脂塗膜の場合、その上に変性エポキシ樹脂塗料を塗り重ねた時は若干にじみを生ずることがあるがこれは容認する。

(3) 滞水、漏水のある部分の処置

滞水、漏水のある部分は、1回増し塗りとし合計3回塗りとする。

(4) 他の発注機関の塗替え鋼橋の塗装系

参考に他の発注機関の塗替え鋼橋の塗装系を表－8.4に示す。

表－8.4 塗替え鋼橋の塗装系

箇所 工程		鋼道路橋塗装 防食便覧	旧日本道路 公団	首都高速道路 株式会社	本州四国連絡高速 道路株式会社	沖縄地区鋼橋塗装 マニュアル改訂版
1 種 ケ レ ン	下塗り第1層	有機ジクリッチペイント	有機ジクリッチペイント	—	—	有機ジクリッチペイント
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ	変性エポキシ	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ	変性エポキシ	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第4層	—	—	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	中塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	ふつ素樹脂	—	—	弱溶剤形ふつ素樹脂
	上塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	ふつ素樹脂	—	—	弱溶剤形ふつ素樹脂
2 種 ケ レ ン	下塗り第1層	有機ジクリッチペイント	—	有機ジクリッチペイント	—	有機ジクリッチペイント
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ	—	変性エポキシ	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ	—	変性エポキシ	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第4層	—	—	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	中塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	—	ポリウレタン	—	弱溶剤形ふつ素樹脂
	上塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	—	(中上兼用)	—	弱溶剤形ふつ素樹脂
3 種 ケ レ ン	下塗り第1層 (タッチアップ1回目)	有機ジクリッチペイント	有機ジクリッチペイント	変性エポキシ	変性エポキシ	有機ジクリッチペイント
	下塗り第1層 (タッチアップ2回目)	—	有機ジクリッチペイント	—	変性エポキシ	—
	下塗り第1層 (タッチアップ3回目)	—	変性エポキシ	—	—	—
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ	変性エポキシ	変性エポキシ	変性エポキシ	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ	変性エポキシ	変性エポキシ	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第4層	—	—	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	中塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	ふつ素樹脂	ポリウレタン	エポキシ樹脂	弱溶剤形ふつ素樹脂
	上塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	ふつ素樹脂	(中上兼用)	ポリウレタン樹脂	弱溶剤形ふつ素樹脂
4 種 ケ レ ン	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ	—	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	下塗り第2層	—	—	—	—	弱溶剤形変性エポキシ
	中塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	—	—	エポキシ樹脂	弱溶剤形ふつ素樹脂
	上塗り	弱溶剤形ふつ素樹脂	—	—	ポリウレタン樹脂	弱溶剤形ふつ素樹脂

注) 1. タッチアップは、鋼材露出部の塗装

2. 塗装系は、一般外面を比較している。2種類以上ある場合は、一番耐久性の高い塗装系を掲載した。例えば、旧日本道路公団は、C塗装系でもC-1(3種、4種)、C-2(1種、3種)、C-3(1種、3種)があり上表はC-3を掲載した。

8.3.3 特殊部の塗装系

特殊部とは、全塗装工場施工となる支承・排水ます内側とする。

支承・排水ます内側の塗替え塗装系は、外面は、表－8.1、表－8.2に従うものとする。ただし外面の素地調整は、表－8.5に従い、それに応じた表－8.1、表－8.2の塗装系を選択する。また亜鉛メッキを防食法として選択した場合においても、メッキの劣化が著しい場合には塗装により防食を行うことが良い。

(解説)

排水ますなど亜鉛メッキにて防食した場合において、赤さびが発生するなど劣化が著しい場合には、表－8.1、表－8.2の塗替え塗装系の素地調整1種にて塗装し防食することが好ましい。ただし素地調整1種が困難な場合には、2種でも良い。

8.3.4 連結部の塗装系

連結部の高力ボルトや現場溶接による連結部の塗替え塗装系は、外面は、表－8.1、表－8.2、内面は表－8.3に従うものとする。ただし外面の素地調整は、表－8.5に従い、それに応じた表－8.1、表－8.2の塗装系を選択する。

(解説)

- (1) ボルト部などは、動力工具や手ケレンで除錆や塗膜を完全に除去するのは困難である。劣化が激しい場合には、第1種ケレン(ブラスト処理)を適用する。
- (2) 内面に滞水、水濡れのある場合には、1層増し塗りをし3層とする。
- (3) 中塗り・上塗りの省略

閉断面部材の内面は、日光の直射を受けず耐候性を期待しなくても良いので、

中塗り・上塗りは塗装しない。

8.4 塗替え塗装の施工

8.4.1 素地調整の種別

塗替えにおける素地調整種別を、表－8.5 に示す。

なお、素地調整程度3種4種は、素地調整に先立って水洗を行うことを原則とする。

表－8.5 塗替えにおける素地調整種別

(1) さびが発生している場合

素地調整種別	さびの状態	発さび面積(%)	塗装膜異常面積(%)	素地調整内容	作業方法
1種	—	—	—	さび、旧塗膜を完全に除去し、鋼材面を露出させる	ブラスト法
2種	点さびが進行し、層状さびに近い状態や、こぶ状さびとなっている	30以上	—	旧塗膜、さびを除去し、鋼材面を露出させる	ディスクサンダー、ワイアホイールなどの電動手工具と手工具の併用、ブラスト法
3種A	点さびがかなり点在している	15～30	30以上	活膜は残すが、それ以外の不良部(さび、われ、ふくれ)は除去する	同上
3種B	点さびが少し点在している	5～15	15～30	同上	同上
3種C	点さびが少し点在している	5以下	5～15	同上	同上

(一部、鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成17年12月より転載)

(2) さびがなくわれ・ふくれ・はがれ・白亜化・変退色などの塗膜異常がある場合

素地調整種別	さび・塗膜の状態	発さび面積(%)	塗装膜異常面積(%)	素地調整内容	作業方法
3種C	さびはないが、われ・ふくれ・はがれの発生が多く認められる	—	5以下	活膜は残すが、不良部は除去する	ディスクサンダー、ワイアホイールなどの電動手工具と手工具の併用、ブラスト法
4種	さびはないが、われ・ふくれ・はがれの発生が少し認められる	—	5以下	同上	同上
	白亜化・変退色の著しい場合	—	—	粉化もの・汚れなどを除去する	同上

(一部、鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月より転載)

(解説)

(1) 付着塩分の除去

- ① 前述 (6.3 水洗) したとおり、沖縄地区は全域海塩粒子の影響を受ける環境にあるので除塩を行うことと、塗膜へ付着した汚れを除去する目的で、3種、4種ケレンは素地調整に先立って水洗を行うことを原則とした。1種、2種ケレンは、旧塗膜(塩分や汚れが付着している塗膜)をすべて除去するので水洗の対象外とした。
- ② 水洗は、高圧水による洗浄を原則とする。また、最近ではスチームによる処理も有効とされている。
- ③ 塩分除去後は付着塩分量の測定を行う。湿潤ガーゼで拭き取り塩素イオン検知管を用いて測定する方法で測定を行う場合は、付着塩分量が $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下であることを確認する。

(2) 素地調整種別

塗替え時の素地調整（ケレン）は、表－8.3に示すように作業内容により1種～4種に区分されており、塗膜の劣化状態に応じて適用される。

- ① 1種は、ブラスト法によるもので素地調整の効果は最も優れている。旧塗装系が塗替え時の塗装系と適合しない場合には、素地調整として1種が望ましい。ただし周辺環境への配慮や養生などを十分に行う必要がある。また処理コストも高い。
- ② 2種、3種、4種は、いずれも動力工具と手工具を用いて行うものであるが、作業効率の良い動力工具が多用され、手工具は動力工具の適用が難しい箇所に用いられている。動力工具や手工具では、くぼみ部、狭隘部のボルト、リベット部などの除錆や塗膜除去を完全に行うことはできない。また、ジンクリッチペイントを完全に除去することも難しい。
- ③ 2種は、塗膜及びさびを除去して鋼材面を露出させるものであるが、作業に要する時間が長く費用も高くなるので、適用例は少ない。
- ④ 4種は、除錆作業を必要とせず面あらしや清掃を行うものである。塗膜の防錆効果を良好に維持するには、4種が適用できる程度の劣化状態で塗替えを行うことが望ましいが、鋼道路橋の塗膜の劣化速度は部位によって異なるので、さびの発生以前に全体を塗替えることは不経済であり景観上の配慮からさび発生前に塗替える場合以外は4種の適用例は少ない。
- ⑤ 3種は、われ、はがれ、ふくれ、さびなどにより塗膜の防錆効果が失われた部分（死膜部）については塗膜やさびを除去して鋼材面を露出させ、それ以外の部分（活膜部）については塗膜表面の粉化物や付着物を除去し硬化した塗膜の面あらしをするものである。実際の塗替えではほとんどが3種を適用している。なお、3種は死膜部分の発生比率により作業時間と費用が大きく異なるので、作業内容は同一であるが実用上3段階に細分することが多い。
3種A、Bは発生面積（さび落とし面積）の違いによる区分である。3種Cは、発生面積5%以下と塗膜異常（われ、ふくれ、はがれ）面積5%以上の場合に

適用する。これは両者とも同程度の施工歩掛りとなることから取り扱いを同じとした。

8.4.2 部材端部の処理

塗替え鋼橋においては、部材端部は 2mmR 以上の曲面加工を行う。

(解説)

新設鋼橋は、鋼道路橋塗装・防食便覧（社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月）で曲面加工の必要性が示されたことから、工場で下フランジ端部の「曲面加工」または「面取り」が行われるようになっている。しかし塗替え鋼橋ではまだ「曲面加工」または「面取り」されていない橋梁が多く、エッジ部の発錆が問題となっている。

橋梁の全体の評価は、エッジ部の発錆状態に大きく影響されることから、塗替え鋼橋においても曲面加工が行われていない部材端部は、曲面加工を行うこととした。

(参照 5.1 項 部材端部の処理)

8.4.3 水洗

「水洗の項」本マニュアル 6.3 に準ずる。

8.4.4 塗付作業

①塗付作業者

「塗付作業者の項」本マニュアル 6.2.1 項に準ずる。

②塗付方法

塗付方法は素地調整 1 種の場合には、スプレー塗装とするのが良い。ただし先行塗装や狭隘部などスプレーが十分に行えない場合には、はけ塗りを原則とする。素地調整 2～4 種の場合については、はけまたはローラーによる塗付とする。その他については、「塗付方法の項」本マニュアルの 6.2.2 に準ずる。

③塗付を行ってはならない部分

「塗付を行ってはならない部分の項」本マニュアル 6.2.3 項に準ずる。

④使用塗料の理解

「使用塗料の理解の項」本マニュアル 6.2.4 項に準ずる。

⑤使用塗料の確認

「使用塗料の確認の項」本マニュアル 6.2.5 項に準ずる。

⑥希釈

「希釈の項」本マニュアル 6.2.6 項に準ずる。

⑦熟成時間

「熟成時間の項」本マニュアル 6.2.7 項に準ずる。

⑧可使時間

「可使時間の項」本マニュアル 6.2.8 項に準ずる。

⑨塗装作業の禁止事項

「塗付作業の項」本マニュアル 6.2.9 項に準ずる。

解説

(1) 塗付方法

塗付方法では、エアレススプレー塗りは現場環境汚染の問題があるので、塗料の飛散によって周辺を汚染しないように十分に飛散防止措置を行う。低飛散型スプレーや静電スプレーなどは、飛散防止効果や塗装性能などを確認した上で適用すると良い。またケレダスト及びスプレーミストの飛散対策として、飛散防護シートもその効果を確認した上で十分な養生と換気に注意して適用すると良い。

(2) その他の項は、新設鋼橋の場合に準ずる。

8.5 塗替え塗装の施工管理

8.5.1 塗料材料の管理

「塗料材料の管理」 本マニュアル 6.4.1 項に準ずる。

8.5.2 塗膜の外観

「塗膜の外観」 本マニュアル 6.4.2 項に準ずる。

8.5.3 膜厚管理

①湿潤膜厚測定

「湿潤膜厚の測定の項」 本マニュアル 6.4.3 (1) 項に準ずる。

②乾燥膜厚測定

「乾燥膜厚の測定の項」 本マニュアル 6.4.3 (2) 項に準ずる。

ただし管理基準は、表- 8.6 による。

表－8.6 塗膜厚管理基準（塗替え）

ケレン種別	塗膜厚平均値	最小値	標準偏差
1種	○ 0.9以上	○ 0.7以上	○ 0.2以上
2種	○ 1.0以上	○ 0.7以上	
3種A		○ 0.8以上	
3種B		○ 0.8以上	
3種C	○ 0.9以上	○ 0.7以上	
4種	○ 0.9以上	○ 0.7以上	

注) 係数は、目標合計膜厚に準ずるものである。

(解説)

乾燥膜厚の管理基準は、次の考えにより規定した。

- ① 1種ケレンは、ブラスト処理によるものなので新設鋼橋の場合に準じた。
- ② 2種ケレンは、腐食の著しい場合に適用されることが多く、したがって、被塗面は凹凸が大きいので、動力工具使用の場合にはくぼみ部のさび旧塗膜残存は避けがたい。すなわち被塗面状態が不均一にあることにより標準偏差は適用しない。また、腐食の著しい環境であることから塗膜厚平均値、最小値ともに、仕上がり膜厚を大きくした。
- ③ 3種ケレンA、Bは、仕上がり状態が鋼面露出部と活膜部とが散在し、その上に塗られるわけで、測定値にかなり大きなばらつきを生ずる。したがって、塗膜厚平均値と標準偏差は適用せず最小膜厚値のみを規定し、さらに鋼材露出部塗装の場合の最小値は目標塗膜厚合計値の80%以上を確保することとした。
- ④ 3種ケレンCは、発錆5%以下ないしは発錆がなくて、塗膜異常部のみの素地調整に適用されるものであるから、塗装は大部分活膜部の上に塗られることになる。したがって、塗膜厚平均値は目標塗膜厚合計値の90%以上とした。ただ発錆部や、われ・ふくれ・はがれ部は、活膜がないか、あるいは減損している状態なので、最小膜厚は70%以上を確保するよう規定した。

- ⑤ 4種ケレンは、全体活膜面に塗られるので、被塗面はほぼ均一状態と思われるので、管理基準は1種ケレンと同一とした。ただ前回までの塗装のばらつきが大きい場合は、今回の塗装では修正できないこともあるので、標準偏差の適用は除外した。

8.5.4 記録

塗替え塗装においても、塗装記録表を構造物に付記する。(参照 6.4.4 記録の項参照)

塗装完了年月	年 月
下塗り第1(補修塗り)	
下塗り第2	
下塗り第3	
中塗り	
上塗り	
塗料製造会社	
施工会社	

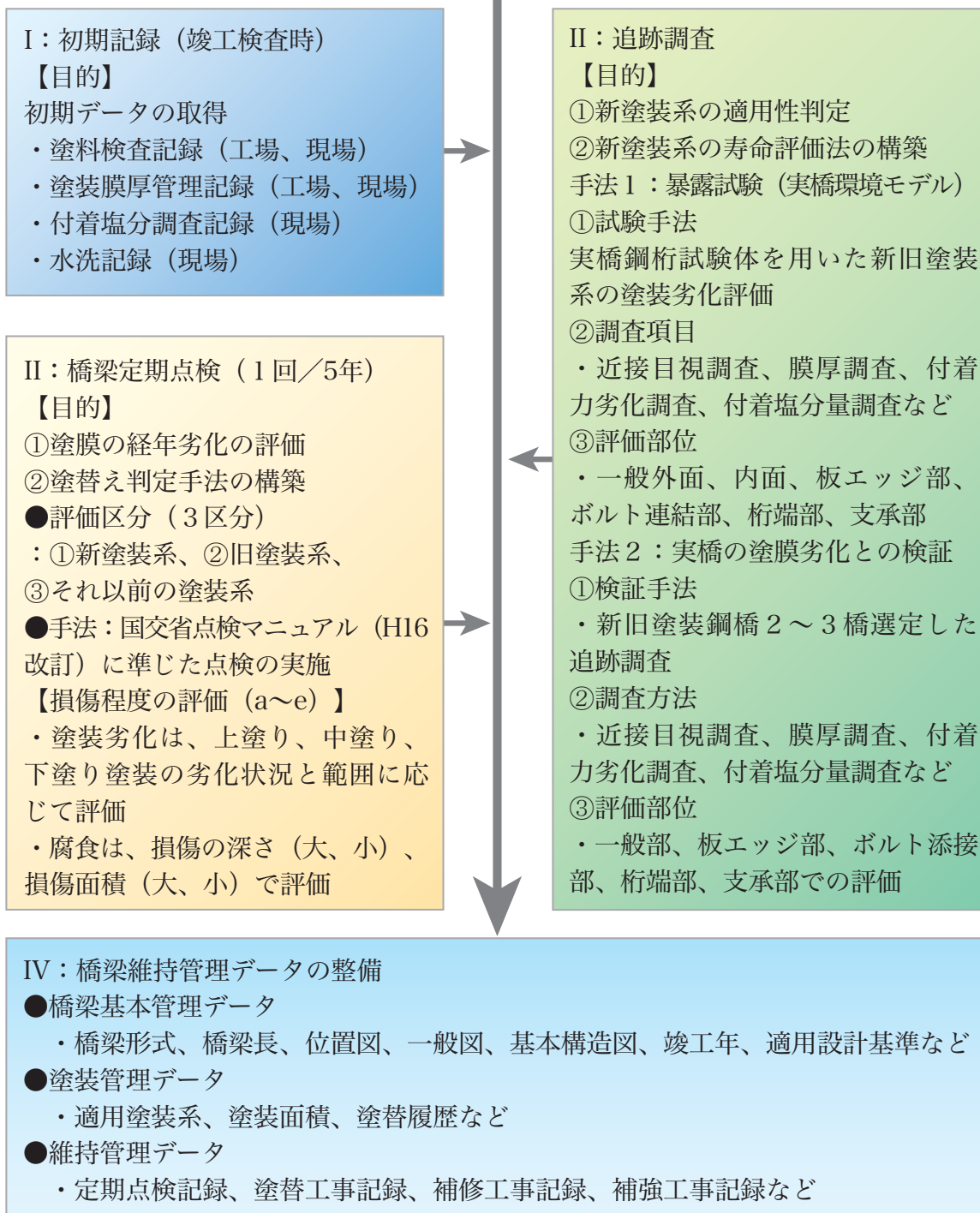
図－ 8.1 塗替えの場合の記録様式

資 料

I. 沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの今後の課題	105
II. 防食の技術	107
1. 飛来塩分防護板	107
2. 継手部隙間の処理	107
3. 支承の防護	108
4. 吊り金具	110
III. 技術報告	111
1. 環境対応型現場塗膜除去技術-インバイロワン工法-	111
インバイロワン工法施工マニュアル (案)	120
2. チタン箔による塗装の防食性能の補強方法	125
チタン箔シートによる塗装の耐食性補強マニュアル (案) ..	137
3. 添接部ボルト、ナットの厚膜塗装法	143
IV. 新設鋼橋、塗替え鋼橋の塗装系の考え方	154

I. 沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの今後の課題

沖縄地区における鋼橋の塗装劣化評価(塗装寿命、塗替寿命)
～アセットマネジメント手法の構築を目的として～



沖縄県における鋼橋の長寿命塗装法のための技術

①部材エッジ部の防食技術

- ・ 2R加工基準の開発
(工場：新設、現場：塗替)
- ・ 膜厚検査機器、方法の開発

④水洗技術

- ・ 水洗機械の開発、試験施工
(効率化、現場汎用性、環境配慮)
- ・ 洗浄水の排出処理の規定整備
(法律)

②ボルト添合部の防食技術

- ・ 膜厚検査機器、方法の開発
- ・ ボルトキャップの機能評価、開発
- ・ 全断面溶接橋梁の適用検討

⑤桁端部の防食技術

- ・ 非排水型伸縮装置の機能評価、開発
- ・ 排水系統の機能評価、開発
- ・ 支承構造の防食構造の開発、試験

③飛来塩分防護構造

- ・ 防護板構造の性能評価、開発
- ・ 合理化橋梁形式の開発、適用検討
(箱桁の全適用、2次部材の省略)

⑥耐食性に優れた材料を用いた橋梁

- ・ ステンレス橋梁の開発、適用検討
- ・ 金属溶射橋梁の開発、適用検討
- ・ 新箱桁橋梁の開発、適用検討

II. 防食の技術

鋼橋の腐食損傷に着目した維持管理上の損傷事例と対策例を紹介する。

なお、採用に当たっては、工法の利点、弱点を整理すると共に、他部材への影響も配慮しなければならない。

1. 飛来塩分防護板

鈹桁には桁下の対傾溝・横溝部材が錯綜し塩分の付着や塗装劣化による腐食の著しい部位がある。外桁と外桁間を化粧版で覆い桁下への海塩粒子の浸入を防護する。

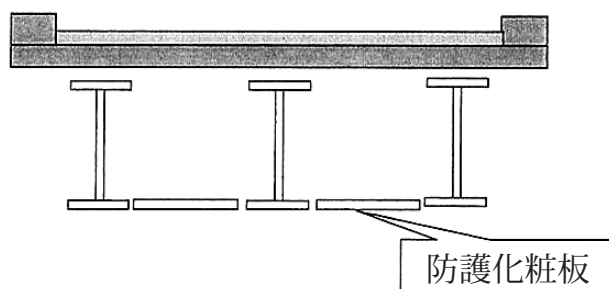
完全防護に至らない場合の効果についても評価しておく必要がある。

継手部などに局部的な防護板を取り付け弱点となる部分の劣化の進展を遅らせる。

なお、防護板の設計においては、桁高と桁下の利用状況、狭隘な部位を作ることで点検・維持管理困難な条件を作る恐れなどを検討する必要がある。

また、取替えやすい構造も検討することが望ましい。

図－1 にその例を示す。



図－1 防護化粧板

2 継手部隙間の処理

塗替え塗装時に継手部の鋼板や狭隘な箇所はシールし、塩分の付着・滞留を防止することも有効である。しかし、使用する材料は塗料に影響しないもの、

また、シール材の収縮により部材とシール材間に雨水が浸入するなどは避けなければならない。シール材の選定に当たっては、これらに考慮した材料の選定、施工方法の検討を要する。

図-2 にその要領例を示す。鉄道橋では連結板を突き合せて隙間をなくしている事例もある。

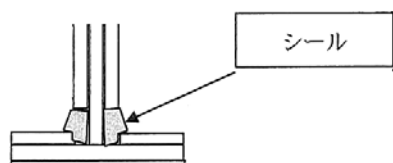


図-2 シール要領

3 支承の防護

支承部は海塩粒子の滞留により腐食が著しい。また、橋台・橋脚の天端に水勾配がない場合が多いことも腐食損傷を進行させている。

腐食により支承機能が著しく低下する場合は、支承の交換を提案すると同時に、支承には重防食（亜鉛溶射など）や支承カバーを施工することとする。図-3 は支承カバーの事例である。

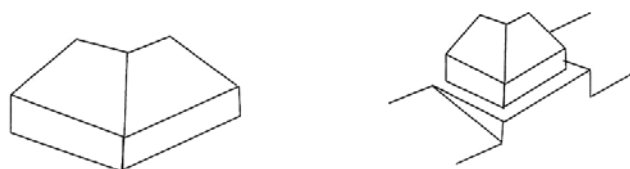


図-3 支承カバー及び水勾配

鋼製支承は既に建設された橋梁に多く採用されている。鋼製支承は回転部、すべり部分など完全に防食することが困難な部位がある。亜鉛・アルミ溶射による重防食を図った事例もあるが狭隘部のケレンや可動部の溶射は困難であることからその対策も重要である。

また、支承カバーの取り付けにより機能が維持された例があるが、条件によっては湿気がこもり逆に腐食を進行させる場合もあるため、完全に密閉できる方

法も検討する方が良い。

既設支承のゴム支承の支承本体はゴムの耐候性により、本体が防護されている。しかし、ソールプレート部やアンカーボルトの設置部など鋼材の露出している部分が多くある。重防食とともに支承カバーは支承部の防食対策のひとつとして採用できる。

また、日常の維持管理として、支承部の水洗も効果的である。

腐食損傷した支承部、支承カバー及び亜鉛溶射した支承の事例を写真－１～写真－２に示す。



写真－１ 支承の腐食（支承カバーなし）
施工後約 20 年



写真－２（支承カバー付き）
施工後約 23 年海岸部、効果のある事例

4 吊り金具

足場取り付け用吊り金具でチェーンなど直接荷重が作用する部位は、足場の荷重により健全な塗膜に損傷を与える恐れがあり、これらの部位は腐食しやすく弱点となる。しかし、その部位は塗装や補修作業後の足場解体時にタッチアップ塗装を行うのみである。また、下フランジや対傾構・横構など健全な一般部材に足場チェーンを取り付けた後も同様である。

塗装に影響しない亜鉛・アルミニウム合金メッキの吊り金具を取り付けることにより既設部材の塗膜を防護できる。ただし、使用に当たっては緩衝材をはさみ十分に養生する。

図-4 にイメージ図を、写真-4、写真-5 に吊り金具の腐食損傷事例を示す。

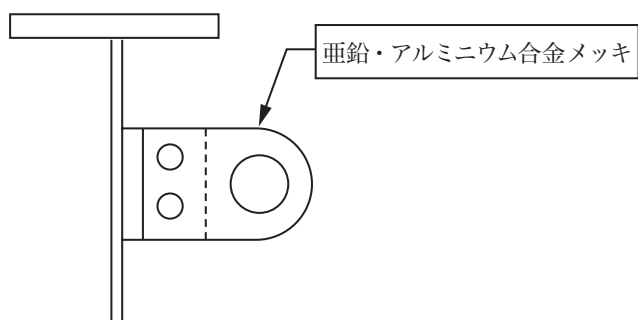


図-4 吊り金具



写真-4 吊り金具の腐食



写真-5 吊り金具の腐食

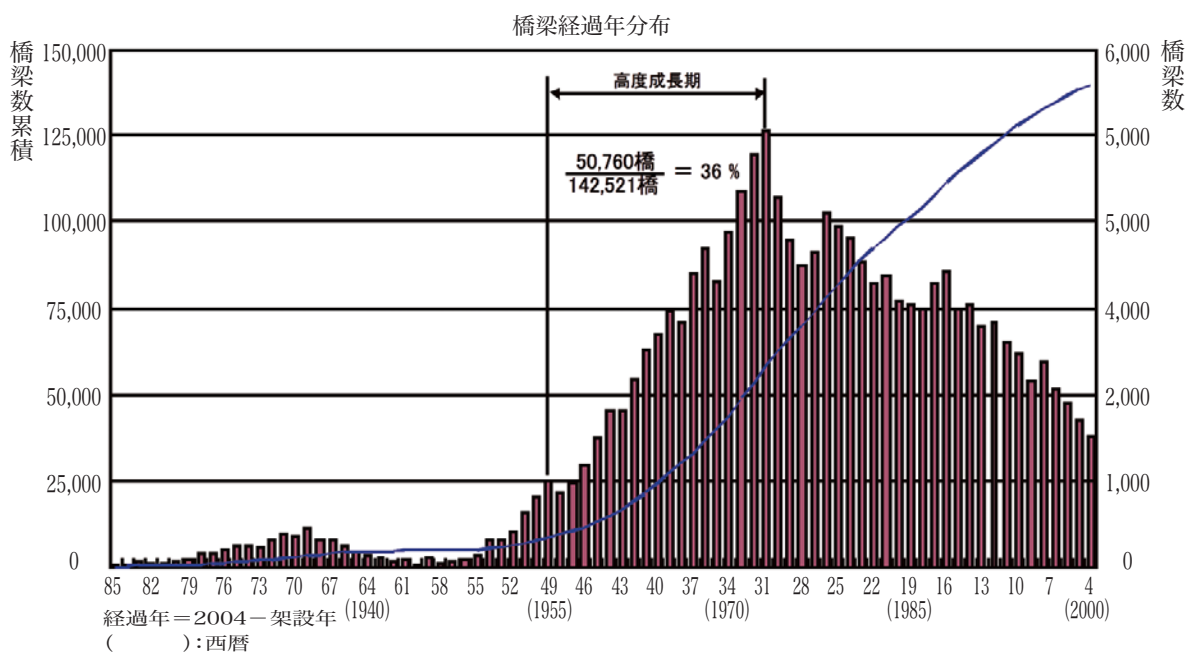
III. 技術報告

1. 環境対応型現場塗膜除去技術

－インバイロワン工法－

はじめに

わが国は、高齢化社会を迎え活力は低下し、国民の社会経済活動に不可欠な重要な社会基盤である橋梁などは、これまでのように老朽化したからといって直ちに架け替えることは困難となると想定される。このため、橋梁の機能を長期間維持するための維持管理がますます重要になってくる。



図－1 道路橋ストックの高齢化 (国土交通省資料)

わが国の橋梁は、図－1に示すように高度経済成長期に大量に製作供用された。このため、すでに橋歴40年を越す高齢橋が増えつつあり、これらの橋梁の更新時期をできるだけ先に延ばすことが不可欠となってきた。鋼橋の架替えの主な理由は、床版の劣化と鋼材の腐食であることから、鋼材を確実に防食す

ることが重要である。鋼橋の鋼材防食法として塗装が大きな部分を占めており、塗装の耐久性を向上させて塗替え塗装間隔を大幅に延長することが求められている。平成17年12月に社団法人日本道路協会より発刊された『鋼道路橋塗装・防食便覧』でも、塗装の耐久性を向上させるため、本州四国連絡橋などの海上長大橋で20年以上の実績がある重防食塗装系（C塗装系：ジンクリッチペイント＋エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料中・上塗）を一般環境の道路橋にも適用することが示されている。

すでに一般塗装系（A塗装系：油性さび止めペイント＋フタル酸樹脂塗料中・上塗、B塗装系：油性さび止めペイント＋塩化ゴム系塗料中・上塗）が塗装されているおよそ50,000橋の鋼道路橋の一般塗装系塗膜を、塗替え塗装時に耐久性に優れている重防食塗装系塗膜に変更することが重要である。このためには、重防食塗装系の防食下地であるジンクリッチペイントの防食効果を最大限に発揮させるためには、すでに塗られている一般塗装系塗膜を完全に除去する素地調整程度2種以上の下地処理が必要である。

現場で、旧塗膜を完全に除去する方法としては、素地調整程度1種のブラスト工法と、素地調整程度2種の電動工具処理がある。しかし、電動工具処理は、作業効率が非常に悪く仕上がりもむらが多くなるなど橋梁全面の旧塗膜を除去する工法としては適していない。また、ブラスト処理、電動工具処理ともに塗膜を粉砕して細かなダストを生じるため、塗膜ダストの飛散を完全に防止することは困難であり、有害重金属である鉛やクロムを含有するさび止めペイントを使用している旧塗膜の処理法として適当ではない。さらにこれらの処理法は騒音も大きく騒音対策も必要となる。このような旧塗膜を効率的に除去し、有害物質を含む塗膜ダストの飛散を防ぎ、さらに騒音を低減して安全かつ確実な塗膜除去法が求められている。

塗膜ダストの飛散や作業騒音などを出さない工法として塗膜はく離剤を用いた塗膜除去法がある。従来のはく離剤は、塩化メチレンなど皮膚腐食性や大気環境汚染の恐れのある溶剤で塗膜を溶解するものであるため、複層塗膜を除去

するためには、何度もはく離剤を塗付する必要があるなど効率的ではなく安全性も低かった。

このような状況で有害物質を含む旧塗膜を安全かつ効率的に確実に除去する環境対応型現場塗膜除去技術-インバイロワン工法-を土木研究所と山一化学工業株式会社が共同で開発した。インバイロワン工法は、安全性の高い高級アルコール系溶剤を使用した塗膜を軟化させてはく離除去する工法である。本工法は、第2回ものづくり日本大賞と第8回国土技術開発賞最優秀賞を受賞した技術である。

1. 塗膜はく離剤

1.1 従来の塗膜はく離剤（塗膜溶解型）

従来の塗膜はく離剤は塩素系有機溶剤を主成分としたものが多く、塗付後数十分で塗膜が溶解するが、乾燥（蒸発）も極めて早いため浸透性が弱く、複層塗膜を除去するには塗付・除去の繰返し作業が必要である。また、塗付後乾燥までの時間が短く、はく離のタイミングが遅れると再付着することもある。

代表的な従来の塗膜はく離剤であるジクロロメタン (CH_2Cl_2) は、沸点が 40.4°C であり、溶解性能が芳香族系溶剤より高く、合成樹脂の膨潤・溶解性に優れ、アルコールを添加することで溶解性能が増す。即効性はあるが、塗膜を構成する樹脂をばらばらに分散し溶解させるので、除去塗膜が周辺に再付着するので除去塗膜の回収率が低い。また、ジクロロメタンは皮膚腐食性があるほか発がん性などの毒性もあり、作業者に対する安全性や大気汚染の懸念がある。

1.2 開発したはく離剤（インバイロワン）

除去塗膜が周辺へ再付着する事を抑え、回収性など取り扱いを重視して塗膜を軟化・可塑化させる高沸点溶剤とし、安全性を考慮しアルコール系溶剤を使用している。一般的に、高沸点で蒸発しにくい有機溶剤は合成樹脂フィルム（塗膜）の分子間への浸透性が弱くはく離機能は劣るが、塗膜を形成している合成

樹脂の結合形態や分子量などを考慮して、数種類のアルコール系高沸点溶剤を用いて溶解性能と親和性をバランスさせ有効成分が速やかに塗膜中に移行する浸透性を有し、塗膜を軟化してはく離するような配合設計とした。

インバイロワンは、複素環状系有機化合物 (C_5H_9NO) とアルコール系高沸点溶剤 ($C_6H_{12}O_4 \cdot C_8H_{14}O_4 \cdot C_7H_8O$) を主成分とし、沸点は $200^{\circ}C \sim 230^{\circ}C$ である。インバイロワンの塗膜への浸透するモデルを図-2 に示す。インバイロワンと従来の塩素系はく離剤の比較を表-1、各工法別評価の比較を表-2 に示す。

2. 塗膜はく離試験

開発はく離剤の塗膜はく離性能は、塗装試験片 ($70mm \times 150mm$) を用いて評価し、はく離剤の成分組成を決定してインバイロワンの基本骨格を開発した。ついで、沖縄建設材料研究施設 (沖縄県大宜味村) において、鋼道路橋塗装便覧 (平成2年版) A,B,D 塗装系を塗付した H 形鋼材試験体 (幅 $300mm \times$ 高さ $588mm \times$ 長さ $800mm$) でインバイロワンのはく離性を検証した。これと並行して、橋梁の部材形状や架設環境が塗膜はく離作業に及ぼす影響と塗膜構成や塗膜厚によるはく離剤の適正使用量を明らかにするため、土木研究所朝霧材料観測所 (静岡県富士市朝霧高原) において、A 塗装系と B 塗装系を塗装した実大桁試験体 (長さ $6.5m \times$ 桁高さ $2.5m \times$ 幅 $3.5m$) と塗替え塗装時に沖縄県、熊本県、大阪府、富山県などの実橋で試験的にインバイロワンによる塗膜除去を行った。

また、北海道において、完全防護した足場内で、インバイロワン工法と従来の塗膜除去工法である動力工具処理、ブラスト処理について、塗膜除去時の粉塵発生量をデジタル粉じん計 (柴田科学 P-5L) で測定した。その結果、表-3 に示すようにインバイロワン工法で発生する粉塵量は、ブラスト工法に比べて $1/400$ 程度、動力工具 (3 種 C) に比べて $1/30$ 程度と非常に少なく、ほとんど発生しないことが明らかとなった。また、塗膜はく離時の騒音もインバイロワン工法は $67dB$ 程度であり、ブラスト工法は $74 \sim 84dB$ であった。なお、この騒音には、道路交通や足場内の作業者の移動などの音も含んでいる。

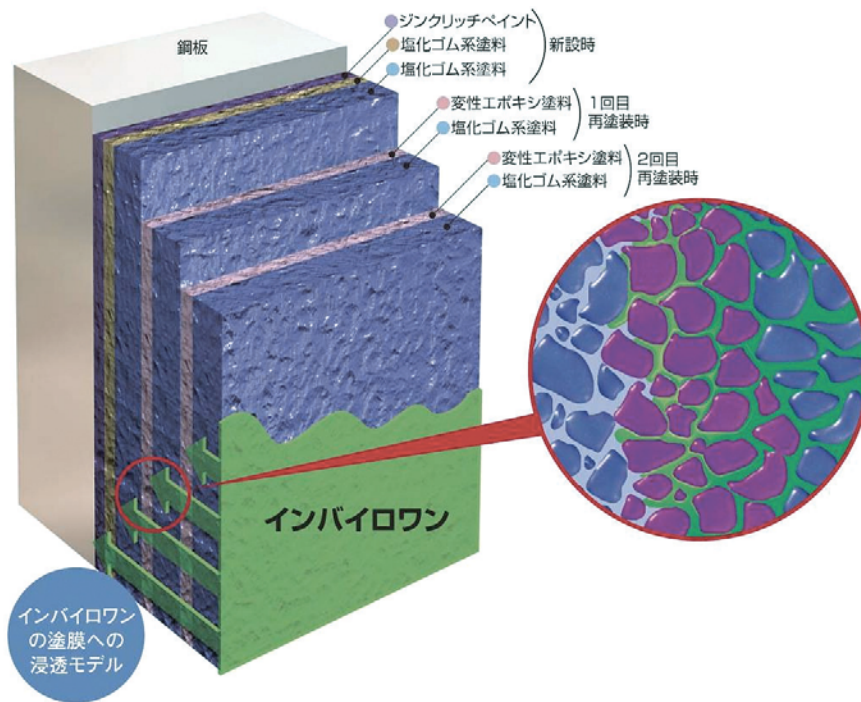


図-2 インバイロワンの塗膜への浸透モデル

表-1 従来はく離剤との比較

	従来はく離剤 (塩素系はく離剤)	インバイロワン
主成分	塩素系有機溶剤	アルコール系有機溶剤
塗膜への効果	溶解型	浸透・軟化変質型
皮膚刺激性	強い刺激がある	ほとんどない
消防法	非該当	第4類第3石油類
労働安全衛生法	第2種有機溶剤	非該当
PRTR法	第1種指定化学物質	非該当
生分解性	無し	有 (95%以上 : BOD法28日間)
除去塗膜の処理	特別管理産業廃棄物	廃プラスチック類※1

※1 旧塗膜に鉛・クロムなどの有害物質が含有している場合は特別管理産業廃棄物

表－２ 各工法別性能評価の比較表

塗膜除去工法		項目					
		生産性	経済性	作業環境	有毒性	低公害性	総合評価
機械的工法	ブラスト工法	△	×	×	△	×	×
	電動工具処理工法	△	×	×	△	×	×
	ウォータージェット工法	△	×	×	△	×	×
はく離剤工法	従来はく離剤工法	△	△	×	×	×	×
	インバイロワン工法	◎	◎	○	◎	◎	◎

評価方法：◎>○>△>×（相対比較）

表－３ 塗膜除去工法の粉塵発生量

	塗膜除去工法	対象塗膜	粉塵量 (mg/m ³)
完全防護内	インバイロワン	A塗装系	0.34
	インバイロワン	B塗装系	0.50
	動力工具3種C	B塗装系	18.00
	ブラスト工法（製鋼スラグ）	A塗装系	180.00
	ブラスト工法（ガーネット）	B塗装系	200.00

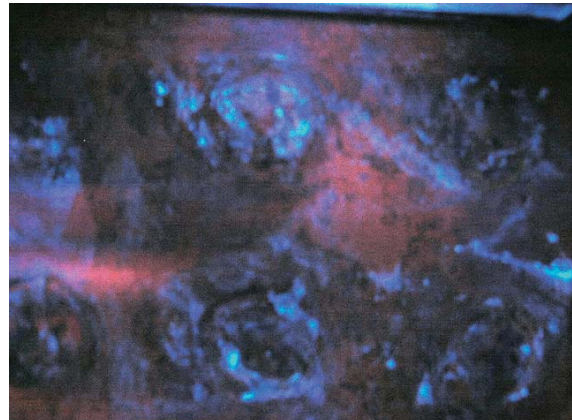
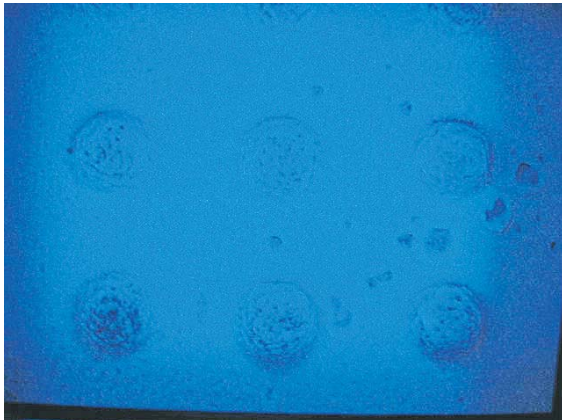
なお、インバイロワン工法で塗膜を除去した鋼面は、素地調整程度2種相当であるが、さびは除去できない。しかし塗膜が除去されているため、さびの存在が明確になるので電動工具でさびを容易に除去することができる。さびを除去した後、鋼面に残ったインバイロワンはウエスで拭き取り有機ジンクリッチペイントを塗装することができる。

塗膜除去後の鋼材面のインバイロワンの残存の有無は、インバイロワンに添加している蛍光染料がブラックライト（紫外線）を照射することによって確認できる。インバイロワンの残存確認評価試験装置を写真－1に、インバイロワンの残存確認の例を写真－2に示す。

なお、ウエスでふき取る程度で有機ジンクリッチペイントを塗装しても塗膜の耐久性にほとんど影響しないことを腐食促進試験や暴露試験で確認している¹⁾。



写真-1 インバイロワン残存性評価試験装置



インバイロワン塗付直後

塗膜除去後のインバイロワンの残存状況

写真-2 インバイロワンの残存確認の例

インバイロワン工法による塗膜除去の一連の工程を写真-3に示す。



①インバイロワン塗付前



②ローラーでインバイロワン塗付



③インバイロワン塗付完了



④塗付後 18 時間
(塗膜が軟化して自重で一部はく離している)



⑤スクレーパで塗膜除去



⑥塗膜除去完了

写真-3 インバイロワン工法の塗膜除去工程

これらの検討結果を取りまとめて、インバイロワン工法施工マニュアル(案)²⁾を作成した。

まとめ

インバイロワン工法は、A塗装系やB塗装系などの一般塗装系塗膜をより耐久性に優れた重防食塗装系に変更する際に、鉛やクロムなどの有害重金属を含む塗料が使用されている塗膜を容易に確実にはく離除去することができ、塗膜ダストの飛散もほとんどなく、電動工具処理やブラスト処理に比べ騒音も大幅に低減できる優れた工法であることが確認された。

今後、一般塗装系が適用されている多数の鋼橋の防食性を向上させて、鋼橋の機能をできるだけ長期間維持するために一般塗装系塗膜を重防食塗装系に変更する際には、環境対応・現場塗膜除去工法であるインバイロワン工法を適用して、有害物質を含む塗膜を安全かつ確実に除去し、重防食塗装系塗膜に替えて鋼橋塗膜の耐久性を向上させて鋼橋の機能確保に貢献することを期待する。

インバイロワン工法施工マニュアル（案）

1. 総則

1.1 目的

本マニュアルは、鋼道路橋など鋼構造物の一般塗装系塗膜を耐久性に優れた重防食塗装系塗膜に塗替える際に必要な一般塗装系塗膜を完全に除去する素地調整程度2種以上の塗装下地を得るための塗膜除去技術「インバイロワン工法」を、安全かつ適切に実施するための施工方法及び品質管理方法を示すことで、重防食塗装系の塗膜性能を確保し、鋼構造物塗装のLCCを低減することを目的とする。

1.2 適用範囲

本マニュアルは、鋼道路橋、鋼鉄道橋、鋼製水門など鋼構造物に施されている一般塗装系塗膜を重防食塗装系塗膜へ変更する際、「インバイロワン工法」を用いて旧塗膜の一部もしくは全てを除去する工事に適用する。

1.2.1 適用塗装系・塗膜厚

インバイロワン工法は、一般塗装系（フタル酸系、塩化ゴム系）塗膜に適用できる。また、一般塗装系以外の塗装系についても適用できるものがある。

1.3 用語

塗膜はく離剤：塗膜表面に塗付け、主成分の浸透力・溶解力などで、塗膜を溶解・軟化させ、下地との結合力（接着力）を弱めて、塗膜を除去する機能をもつ薬剤

従来型はく離剤：主成分に塩素系及び芳香族系溶剤を使用したはく離剤。皮膚腐食性、環境毒性など安全性に懸念がある

塗付量 (kg/m²):対象塗膜のはく離に必要なはく離剤量（膜厚・塗膜構成によって変わる）

軟化時間 (h):はく離剤の塗付後、軟化するまでの所要時間（膜厚、塗膜構成、気温によって変わる）

高級アルコール系：アルコール類の中で炭素数が6 (C₆) 以上の化合物の総称で、一般的に安全性が高く、自然界での分解性が高い化合物が多い

染料：はく離剤の塗付部と未塗付部の判別、及び塗付量の目安のための染色剤

PRTR法：化学物質排出把握管理促進法（化学物質による環境汚染及び人体への健康被害を未然に防止するため、事業者が積極的に環境保全に参画する事を目的とする法律）

窒素化合物：化学構造の中にN（窒素）を含む化学物質

培養試験区：培養試験において実施した回数（N数）

パスレベル：合格ライン

塗膜有害物質：一般塗装系塗膜の防錆顔料などに使用されている、鉛・クロムなどの有害物質や、可塑剤として使用されたPCBなどの有害物質

素地調整程度2種以上：重防食塗装系の下塗（有機ジンクリッチペイント）が塗付可能な鋼板で、鋼素地が露出し、塗膜がほとんど残っていない状態

湿潤シート状：塗膜が溶解せず、インバイロワン成分が染み込み、湿ったシート状に軟化した状態

2. インバイロワン

2.1 特徴

従来のはく離剤は、主成分として毒性が懸念される塩素系溶剤（塩化メチレン）、芳香族系溶剤（BTX）を使用していたが、インバイロワンは、高級アルコール系溶剤を主成分としているので作業員への安全性が高く、環境中で容易に分解するなど、総合的に安全性が高い。

2.2 塗膜除去機能

インバイロワンは、塗膜の溶解を抑え湿潤シート状に軟化させる。また、一回のはく離剤塗付作業で塗膜深部まで軟化させることにより、鋼構造物防食塗膜（多層構造の合成樹脂塗膜）の効率的な除去・回収が可能となった。

2.3 安全性

インバイロワンの安全性は、MSDSなどで確認できる。

3. 事前調査

3.1 事前調査の必要性

インバイロワン工法で塗膜をはく離除去する際には、インバイロワンの適性、使用量、産業廃棄物発生量などを把握するため、事前橋梁の塗装に関する関係図書の収集、塗膜厚調査、及びはく離試験を行う。

3.2 塗膜調査

(1) 設計図書、橋梁台帳、橋梁や塗装に関するデータベースなどの関係図書を収集し、対象橋梁の塗装履歴を調査する。

(2) 塗膜調査は、塗膜劣化程度及び塗膜厚を測定する。

3.3 現場気象調査

インバイロワン工法の施工が可能か判断するため、対象橋梁付近の施工時期の気温・湿度を調査する。

3.4 塗膜分析

有害物質（鉛、六価クロム、PCB など）の有無などを事前に把握し、塗膜廃棄物の m^2 当たり発生量及び必要な防護対策の参考とする。

3.5 廃棄物などの取り扱い

有害物質を含むはく離した塗膜は、関係法令に則り、適切に処分・処理する。

3.6 はく離試験

塗膜はく離試験は、インバイロワン使用量、軟化時間、及び鋼材素地の状態を確認するために実施する。

3.7 インバイロワン残存確認

インバイロワン工法で塗膜をはく離除去した後の鋼材にインバイロワンが残存していないか確認する。

3.8 塗膜はく離試験の工程

塗膜はく離試験を適切に行うために、塗膜はく離試験工程表を作成する。

4. 塗膜除去工

4.1 施工計画

事前調査結果に基づいて塗膜除去工を適切に実施するため施工計画を作成する。

4.2 仮設工

- (1) 足場は鋼道路橋の構造に適した足場を架設する。
- (2) 有害物質を含む塗膜除去の作業をする際の足場は、板張り防護工を原則とし、塗膜飛散防止のためのシート防護工の取付けができる足場構造が望ましい。
- (3) 耐震補強などで部分的に塗膜除去する場合は、移動足場や橋梁点検車の適用を検討する。

4.3 塗膜除去工

- (1) インバイロワンの塗付量や塗付回数は、施工計画通り施工する。
- (2) 施工計画に記載された軟化時間経過後に塗膜を除去する。
- (3) インバイロワンの塗付方法は、橋梁構造や架設環境及び季節などを考慮して決める。

4.4 作業員の安全管理

インバイロワンは労働安全衛生法の適用を受けないが、塗膜に鉛・クロムが含有されている場合は、労働安全衛生法「含鉛塗料のかき落としの業務」に該当するため、作業員安全確保のために必要な防護・保護具を着用する。

4.5 仮設材の撤去

仮設材の撤去時には、塗膜有害物質を含む塗膜除去に使用したシート材及び足場材に塗膜が付着し、それらが安全に除去できない場合は、有害物質の汚染物として取り扱う。

4.6 環境安全管理

有害物質を含む塗膜除去を行う場合、環境基本法をはじめ各関係法規などを

遵守し、環境汚染の防止に努める。

付属資料-1 廃棄物の取り扱い

付属資料-2 BOD 法による生分解度試験

付属資料-3 魚類急性毒性試験

【参考文献】

- 1) 『環境にやさしい塗膜はく離工法による塗替え塗装適正の評価』 第 30 回鉄構
塗装技術討論会予稿集 稲川友康、白井明、守屋進 平成 19 年 10 月
- 2) 『鉛・クロムなどの有害物質を含有する塗膜の安全な除去に関する共同研究
報告書-鋼構造物防食塗膜、環境対応現場塗膜除去技術-インバイロワン工
法施工マニュアル (案)』 共同研究報告書第 374 号
独立行政法人土木研究所、山一化学工業株式会社 平成 19 年 9 月

2. チタン箔による塗装の防食性能の補強方法

はじめに

重防食塗装を施した鋼構造物の塗膜でも部材角部やボルト連結部などでは、塗膜厚不足や外力による打ち傷などによって重防食塗膜の本来の防食性能が得られないことがある。このような重防食塗膜の弱点の防食性能を確保することは、鋼構造物の防食ライフサイクルコストを低減するために不可欠である。そこで本研究では、重防食塗膜のこれら弱点部の防食性能を補う方法として、チタン箔の貼り付けによる塗装の防食性能の補強方法について検討を行った。

1. チタン箔シート

チタンは非常に優れた耐食性を有した材料であり、様々な腐食環境で防食材として使用されている。土木構造物では、海洋環境の東京湾横断道路（アクアライン）橋脚にチタンクラッド鋼が適用されている。

しかし、チタンクラッド鋼を構造物へ適用するには、高度な加工技術が必要でありコスト高になる。また、防食材として既設構造物へ適用することは困難である。

そこで高耐食性を有したまま軽量なチタン箔を防食材として使用することを検討した。防食対象物にチタン箔を貼り付けるため、基材（粘着剤）と一体化したチタン箔シートを用いた防食法の検討を行った。

本研究ではチタン箔と基材の選定に当たり、チタン箔の厚さや基材の材質を変えて防食性や耐衝撃性、施工性の検討を行った。この検討結果を踏まえ、ここでは厚さ 0.1mm のチタン箔（JIS H 4600 1 種）と 0.75mm の基材を一体化したチタン箔シートを使用して試験を実施した。

2. チタン箔シートによる鋼材の長期防食効果の確認¹⁾

2.1 試験概要

チタン箔シートによる鋼材の長期防食効果を暴露試験によって確認した。

図-1に試験体概要図、表-1に試験体の種類を示す。試験体はH形鋼材(588mm×300mm×12mm×20mm、L:1600mm)を用いた。H形鋼材にブラスト処理(BI)、あるいはブラスト処理(BI)後、無機ジンクリッチペイント(Zn)を塗付してからチタン箔シートを貼り付けた。

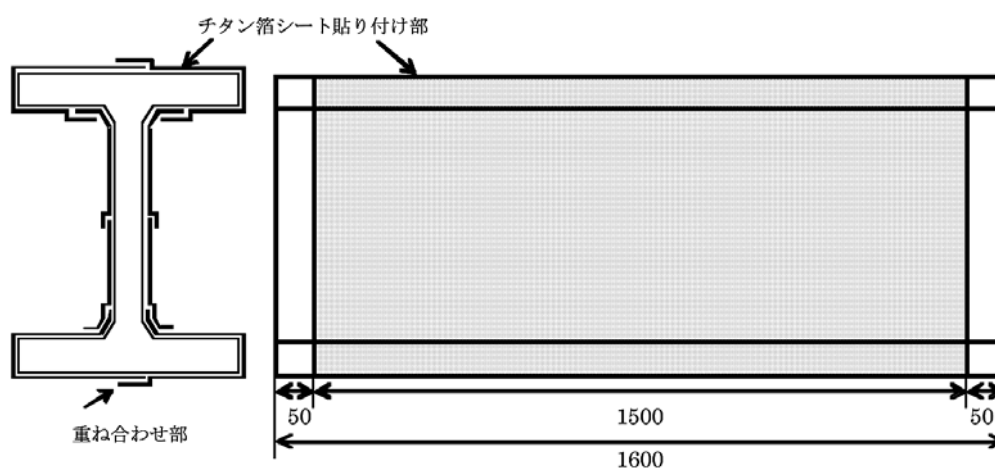
試験体は、一般環境のつくば建設材料研究施設(茨城県つくば市:T)と、海岸付近で冬季に季節風のある厳しい腐食環境の親不知建設材料耐久性研究施設(新潟県糸魚川市:I)に暴露した²⁾。

暴露12年経過した試験体の外観観察とチタン箔シート除去後の鋼材腐食状況を目視調査した。

2.2 試験結果

暴露12年経過後の外観目視調査では、試験体の上フランジに貼り付けたチタン箔表面が茶褐色に変色していた。写真-1に試験後の試験体状況を示す。

この変色は、箔表面のチタンの酸化によるものと思われる。しかし貼り付けたチタン箔シートには、はがれや破れなどの外観上の異常は見られなかった。



(単位: mm)

図-1 試験体概要図

表-1 試験体の種類

試験体	素地調整	防色下地	チタン箔シート	暴露場所
①BI-T	ブラスト処理 ISO Sa2.5	-	チタン箔：0.1mm	茨城県つくば市
②BI-I			チタン箔：0.1mm 基 材：0.75mm	新潟県糸魚川市
③Zn-I		無機ジンクリッチペイント		



写真-1 試験後の試験体状況 (② BI-T)
左側：上フランジ (茶褐色の変色)、右側：腹板

チタン箔シート除去後の目視調査では、いずれの試験体も鋼材面に黒色の基材が密着していた。チタン箔シートは、無機ジンクリッチペイント塗装面に貼り付けたものも十分に密着していることが確認された。

チタン箔シート除去後の試験体状況を写真-2に示す。暴露環境の違いによる鋼材の腐食状況を確認した。厳しい腐食環境に暴露した② BI-Iは、一般環境の① BI-Tに比べて鋼材腐食箇所が多かった。特に試験体のフランジと腹板の溶接接合された曲面状の部位（以下、コーナー部という。）やチタン箔シート端部に腐食の発生が著しかった。コーナー部に貼り付けたチタン箔シート端部から水や酸素などの腐食因子と塩化物イオンなどの腐食促進因子が浸入して、さびが発生したと思われる。また、無機ジンクリッチペイントを塗付した③ Zn-Iは、無機ジンクリッチペイントを塗付していない② BI-Iに比べて鋼材の腐食は少なかった。

これらの結果からチタン箔シートが鋼材の防食に有効であることが確認された。すなわち、無機ジンクリッチペイント塗付後にチタン箔シートを貼り付けることで、厳しい腐食環境下においても十分な防食効果が得られることが確認された。

しかし、コーナー部に貼り付けたチタン箔シートの端部が防食上の弱点であることが明らかとなった。



写真-2 チタン箔シート除去後の試験体状況

3. コーナー部に貼り付けたチタン箔シートの防食性の検討²⁾

3.1 試験概要

長期暴露試験結果より、コーナー部に貼り付けたチタン箔シート端部が防食上の弱点であることが明らかとなった。そこで、コーナー部に貼り付けたチタン箔シートの防食性能を確保する方法について検討を行った。

逆T字形鋼材に、3種類の防食仕様を施して試験体とした。図-2に試験体概要を示し、表-2に試験体に施した防食仕様を示す。

塩水噴霧試験を最長2,000時間まで実施して、試験後の試験体の外観調査を行った。またチタン箔シート除去後の鋼材腐食状況、鋼材の腐食因子である水分の浸入状況を目視によって確認した。

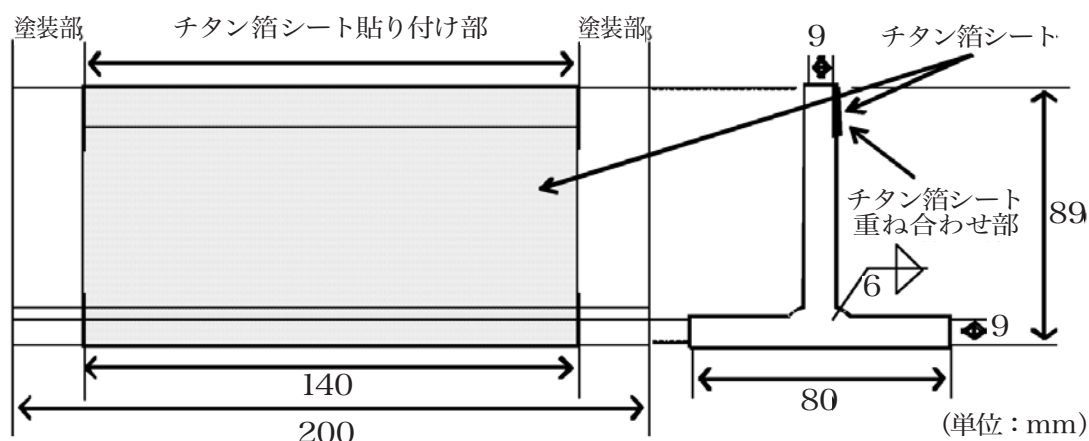


図-2 試験体概要

表-2 試験体の防食仕様

試験体 ①	塗装部	ブラスト処理 ISO Sa2.5	防色下地	ミストコート	下塗り	
	チタン箔シート 貼り付け部				—	チタン箔シート 0.85mm
試験体 ②	塗装部	ブラスト処理 ISO Sa2.5	防色下地	ミストコート	下塗り	
	チタン箔シート 貼り付け部				—	チタン箔シート 0.85mm
試験体 ③	塗装部	ブラスト処理 ISO Sa2.5	防色下地	ミストコート	下塗り	
	チタン箔 シート 貼り付け部				エポキシ 樹脂塗料下塗 300g/m ² 60μm	エポキシ 樹脂塗料下塗 300g/m ² 60μm
					チタン箔 シート 0.85mm	チタン用 プライマー 30μm

3.2 試験結果

塩水噴霧試験 2,000 時間実施した試験体であっても、チタン箔シートのはがれや塗膜のわれなどの外観上の異常は見られなかった。

試験後の試験体状況を写真-3に示す。チタン箔シート除去後には、黒色の基材が密着していた。しかしコーナー部には基材が残っていない。コーナー部ではチタン箔シートが鋼材面に十分に密着していなかったと考えられる。

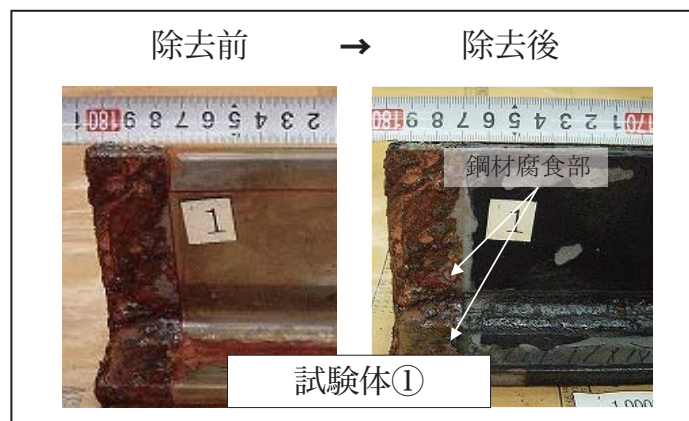
ブラスト鋼材面にチタン箔シートを貼り付けた試験体①は、チタン箔シート端部から水分が浸入して鋼材が腐食していた。特にコーナー部では、他の部位に比べて腐食が大きかった。

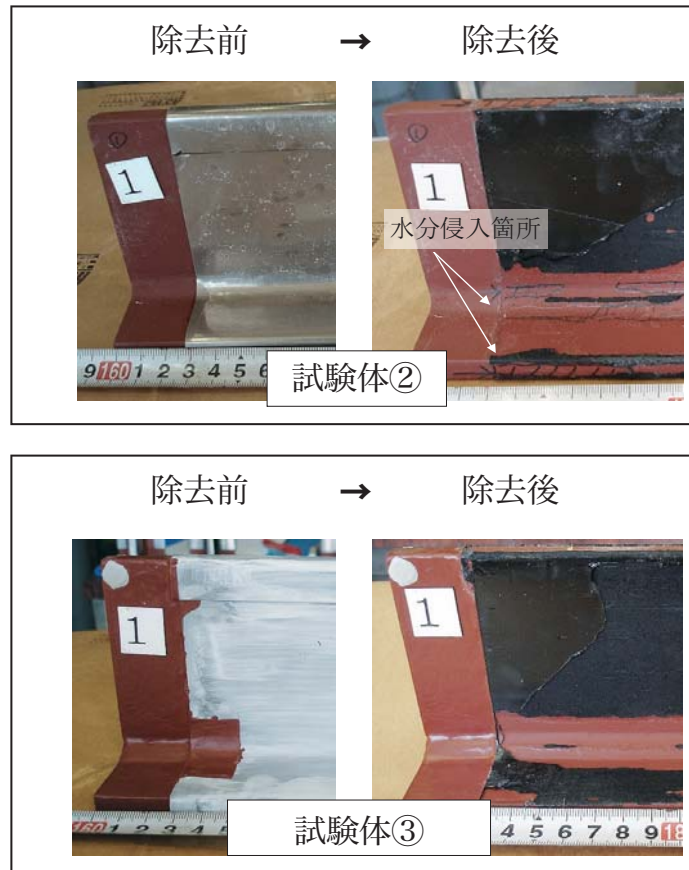
塗装後にチタン箔シートを貼り付けた試験体②でも同様に、コーナー部から浸入したと思われる水分が確認できた。しかし塗膜の防食効果によって鋼材は腐食しなかったと思われる。

チタン箔シート貼り付け後に塗装を施した試験体③は、試験時間 2,000 時間でもチタン箔シート貼り付け部に水分の浸入は見られなかった。

このことからコーナー部に貼り付けたチタン箔シート端部から水分が浸入しやすいことが確認された。試験体①では、鋼材腐食が発生しているため、コーナー部からの水分と酸素の浸入が考えられる。

しかしコーナー部であってもチタン箔シート端部に塗装を施すことで、チタン箔シート端部からの水分と酸素の浸入を抑えることが可能であることが明らかとなった。





写真－3 試験後の試験体状況

4. 実大桁試験体を用いた施工性の検討と暴露試験²⁾

4.1 試験概要

チタン箔シートによる塗装の防食性能の補強方法について施工性を検討した。実際の橋梁を模擬した実大桁試験体の下フランジ部と連結板に、塗装とチタン箔シートの貼り付けを行った。

チタン箔シートは、あらかじめ形状に合わせて加工したものを塗装面に貼り付けた。チタン箔シートの継手は50mmとし、複数枚のチタン箔シートを貼り合わせた。チタン箔シート貼り付けを含めた防食仕様を表－3に、チタン箔シート貼り付け範囲を図－3に示す。

塗装作業とチタン箔シートの貼り付け作業は、2名の作業員（塗装工）によって手作業で行った。施工後の試験体は、一般的な腐食環境である朝霧建設材料

耐久性研究施設（静岡県富士宮市）に暴露した。

表-3 試験体の防食仕様

	下地処理	プライマー	不陸調整	下塗り		中塗り	
塗装部	St2程度	変性エポキシ 塗料下塗り 240g/m ²	超厚膜形 エポキシ塗料 1,000g/m ²	変性エポキシ 塗料下塗り 240g/m ²	変性エポキシ 塗料下塗り 240g/m ²	ふっ素 塗料用 中塗り 140g/m ²	ふっ素 塗料用 上塗り 120g/m ²
チタン箔 シート 貼り付け部				チタン箔 シート 0.85mm	チタン箔 プライマー 30μm		

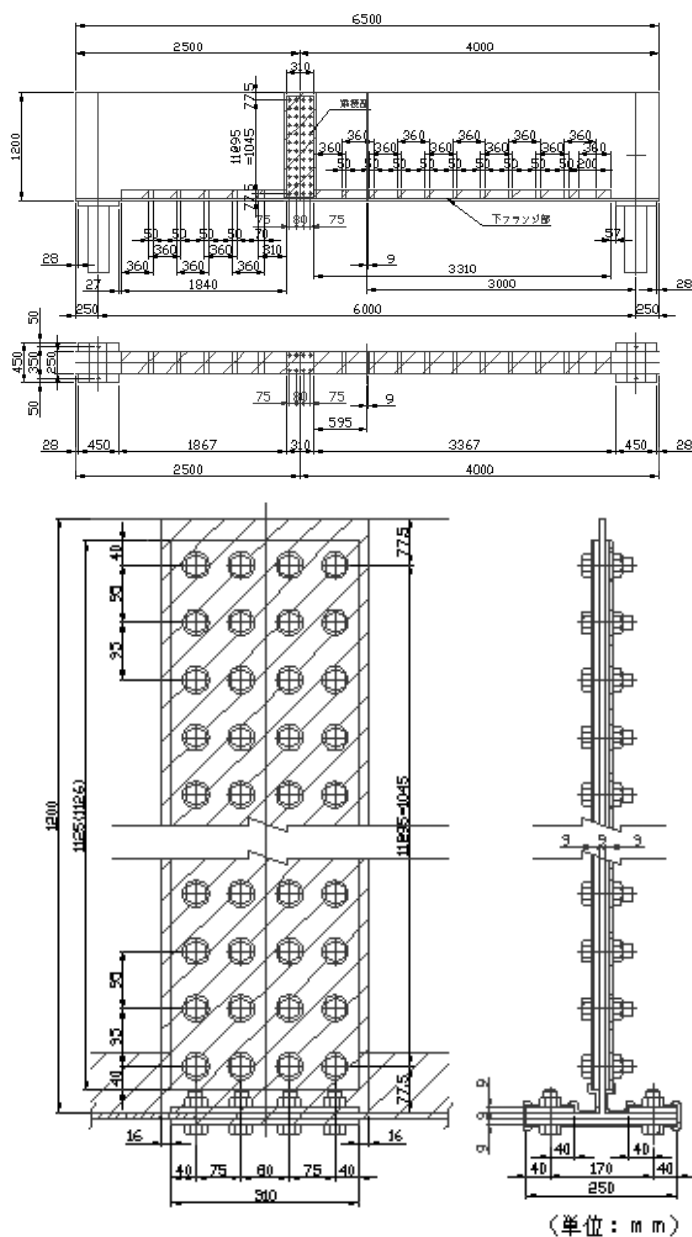


図-3 チタン箔シートの貼り付け範囲

4.2 試験結果

チタン箔シート貼り付け作業の状況写真を写真-4に示す。

下フランジ部への貼り付け作業は、チタン箔シートの折り曲げも手作業によって容易に行うことができた。施工外観も下フランジ部ではチタン箔シートにしわや浮きは見られず、外観上の異常は確認されなかった。

連結板は、ボルト頭などに注意してチタン箔シートを貼り付けるため、下フランジ部に比べて貼り付け作業に時間を要した。また、貼り付けたチタン箔シートの外観にはしわが見られ、下フランジ部に比べてしわが生じやすい。このことから連結板へのチタン箔シートの貼り付けには、十分な注意が必要であることが明らかとなった。

暴露1年後のチタン箔シート貼り付け部の表面には、チタン箔シートのはがれや端部に塗付した塗膜にわれはなく、外観上の異常は確認されなかった。





写真－４ チタン箔シートの貼り付け作業状況

5. まとめ

5.1 検討結果のまとめ

以上の各種検討結果より以下のことが明らかとなった。

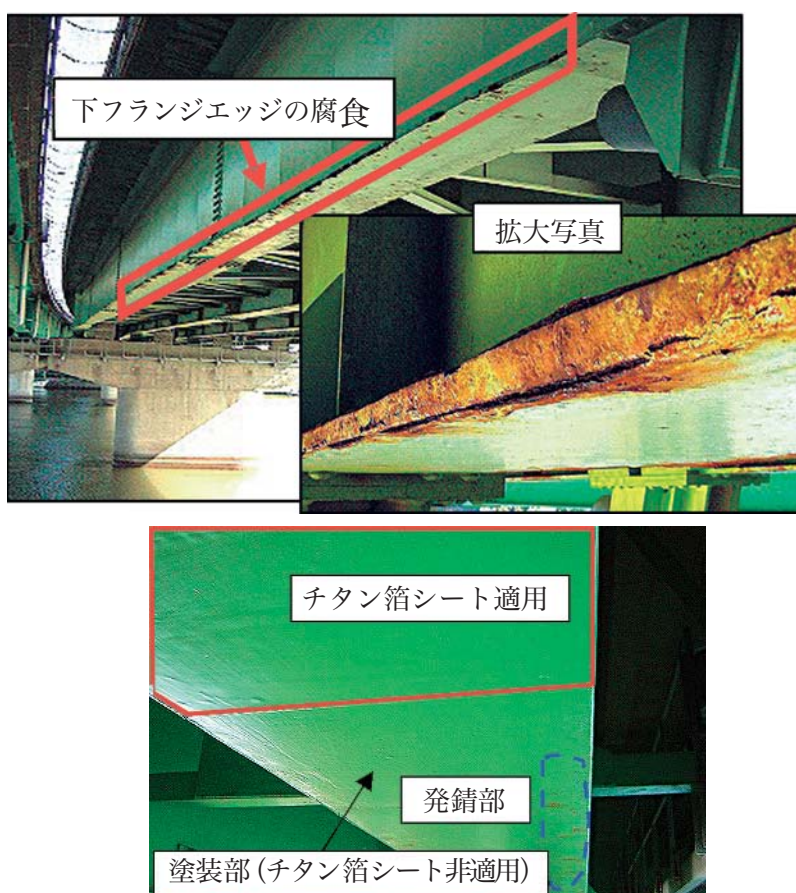
(1) 厳しい腐食環境においてもチタン箔シートは、鋼材の防食効果があることがわかった。しかしコーナー部に貼り付けたチタン箔シートの端部では、チタン箔シートが鋼材面あるいは塗装面に十分に付着できない場合があり、防食上の弱点であることがわかった。

(2) チタン箔シートの端部に塗装を施すことによって、コーナー部に貼り付けたチタン箔シートの端部でも水分や酸素などの腐食因子や塩化物イオンなどの腐食促進因子の浸入を遮断することができる。

(3) 下フランジ部へのチタン箔シートの貼り付けは、手作業によっても容易に実施することができた。しかし連結板でのチタン箔シートの貼り付け作業は、十分な注意が必要であることがわかった。

5.2 実橋梁での試験施工事例

厳しい腐食環境の北陸地方の河口近くに架設されていて下フランジの端部の腐食が著しい道路橋の塗替え塗装時に、チタン箔シートを下フランジに部分的に適用して4年経過した事例を写真－5に示す。



写真－5 チタン箔シートの実橋適用事例

5.3 チタン箔シートによる塗装の耐食性補強マニュアル (案)²⁾

これらの研究成果を基に、鋼橋の重防食塗装を対象としたチタン箔シートによる塗装の耐食性能の補強法¹⁾を提案した。本手法は、鋼道路橋塗装・防食便覧³⁾に従い新設橋梁へはC-5塗装系、既設橋梁塗替えへはRc-I塗装系を標準としている。各塗装系を表－4と表－5に示す。また、図－4にチタン箔シートを重防食塗膜に適用した場合の防食の概要図を示す。

表－4 新設橋梁へ適用する場合の塗装系

塗装工程	素地調整	防食下地	ミストコート	下塗り		中塗り	上塗り
				チタン箔シート	チタン用エポキシプライマー 130g/m ² (30μm)		
チタン箔シート適用	ブラスト処理 ISO Sa2.5	無機ジンクリッチペイント 600g/m ² 75μm	エポキシ樹脂塗料 下塗 160g/m ²	チタン箔シート	チタン用エポキシプライマー 130g/m ² (30μm)	ふっ素塗料用 中塗 170g/m ² 30μm	ふっ素塗料用 上塗 140g/m ² 25μm
チタン箔シート非適用部				エポキシ樹脂塗料下塗 540g/m ² 120μm			

表-5 既設橋梁塗替え時適用する場合の塗装系

塗装工程	素地調整	防食下地	不陸調整	下塗り		中塗り	上塗り
チタン箔シート適用	1種	有機ジンクリッチペイント 600g/m ²	超厚膜形エポキシ樹脂塗料	チタン箔シート	チタン用エポキシプライマー 130g/m ² (30μm)	弱溶剤系ふっ素樹脂塗料用 中塗	弱溶剤系ふっ素樹脂塗料用 上塗
チタン箔シート非適用部				弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り 240g/m ²	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り 240g/m ²	170g/m ² 30μm	140g/m ² 25μm

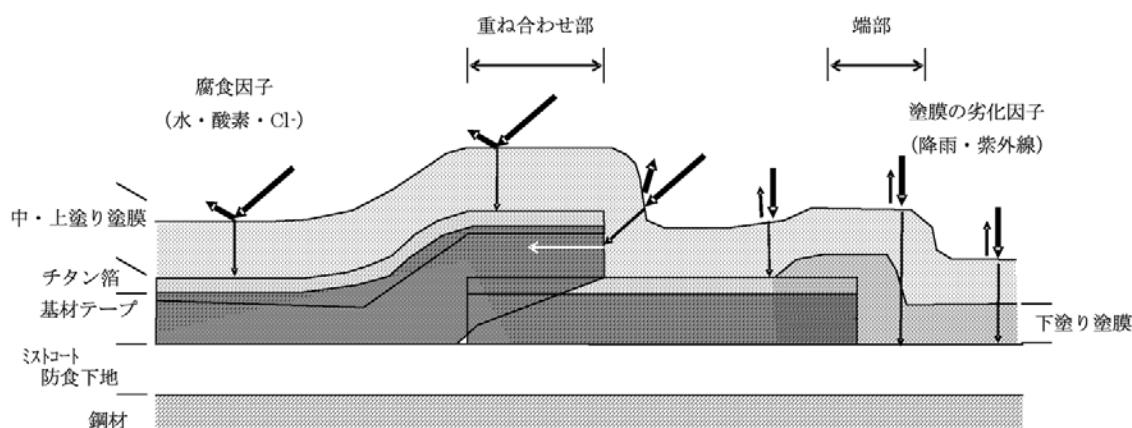


図-4 重防食塗膜に適用した場合の防食概要

塗装は、降雨や紫外線などにより徐々に塗膜が劣化して、いずれ鋼材が腐食する。塗膜厚不足が懸念されている部位では、鋼材腐食が早期に起こる可能性が高い。このため、チタン箔シートを貼り付けると水分や酸素などの腐食因子の浸入を遮断して、塗膜の劣化と鋼材の腐食を防止することが可能である。

腐食因子が浸入しやすいチタン箔シート端部や重ね合わせ部では、塗装と併用することでチタン箔シート端部からの腐食因子の浸入を抑制することができる。チタン箔シートの上に、チタン用のプライマーと中塗り、上塗り塗装をすることによって、橋梁の色彩が統一され景観性も向上する。またチタン箔シート端部や重ね合わせ部からの腐食因子の浸入を抑制し、防食性を高めることが可能となる。

今後、チタン箔シートが塗装鋼構造物に適用され、厳しい腐食環境における鋼橋の防食ライフサイクルコストの低減に寄与することを期待する。

以下に、チタン箔シートによる塗装の耐食性補強マニュアル(案)の概要を記す。

チタン箔シートによる塗装の耐食性補強マニュアル(案)

1. 総則

1.1 適用範囲

本マニュアルは、塗装鋼橋の重防食塗膜における耐食性を補強するために用いるチタン箔シートの設計・施工・維持管理に適用する。

1.2 用語

本マニュアルで使用する用語は以下のように定義する。

(1) 塗膜補強

外力などで損傷を受けやすい部位や塗膜厚を確保しにくい部位などの重防食塗膜の弱点部をチタン箔で補強すること。

(2) チタン箔

耐食性に優れたチタン箔を薄く延ばして、厚さが0.02～0.1mm程度の薄い箔状に加工したもの。

(3) 基材テープ

厚さがおよそ1.0mm程度の基材と接着剤あるいは粘着材によって構成されたチタン箔を鋼材に貼り付けるために用いるテープ。

(4) チタン箔シート

チタン箔と基材テープを一体化した、厚さがおよそ1.0mm程度のシート。

(5) チタン用プライマー

チタン箔に塗装を行う場合に、チタンとの付着性を確保するために塗付する塗料。

(6) ボルトキャップ

連結部などのボルト部の防食性を確保するための、プラスチック、あるいはチタン箔などでできたボルト部用の保護材。

(7) 面あらし

塗料の付着性を確保するために不織布研磨材などで研磨し、表面を粗面化す

ること。

(8) コーナー部

鋼鈹桁のように、腹板とフランジをT継手で溶接した溶接部付近。

2. チタン箔シートの重防食塗膜への適用

2.1 適用の基本

チタン箔シートを塗装橋梁に適用する際には、以下の基本事項に留意する。

1. チタン箔シートは、重防食塗膜の弱点部の補強に適用する。
2. チタン箔シートの施工範囲は、重防食塗装の補強の必要性和経済性、施工性などを考慮して決定する。
3. チタン箔シートは、下塗り塗装の代わりに適用することができる。
4. チタン箔シートを適用した部位も、定期的に点検を行う。

2.2 チタン箔シート

チタン箔シートは、チタン箔と基材テープにより構成される。

2.3 チタン箔シートを適用した防食設計

チタン箔シートの防食設計は、防食性和経済性を考慮してチタン箔シートの貼り付け範囲・重ね合わせを設計する。また、橋梁点検において疲労亀裂などの点検を行う部位へのチタン箔シートの適用は十分に検討する。

2.4 新設塗装への適用

新設塗装橋梁へチタン箔シートを適用する際の留意点を以下に示す。

1. チタン箔シートは防食下地、ミストコートを塗付してから下塗り塗料の替わりとして適用する。
2. チタン箔表面は粗面化して、チタン用プライマーを塗付する。
3. チタン箔シート貼り付け後、チタン箔シート端部にパテ材などを塗りつけることが望ましい。
4. チタン箔シート適用部の下塗り塗装は、チタン箔シート端部に塗り重ねるように塗付し、チタン箔シート端部をシールする。

5. 連結部などを現場施工する場合は、チタン箔シート塗膜補強効果を低下させないようにする。

2.5 既設橋梁の塗替え塗装への適用

一般塗装系が塗装されている既設橋梁へのチタン箔シートを適用する際の留意点を以下に示す。

1. 下地処理は適切に行い、浮き錆は完全に除去する。
2. チタン箔シートは防食下地／不陸調整の後に下塗り塗料の替わりとして適用する。
3. チタン箔表面は粗面化して、チタン箔用プライマーを塗付する。
4. チタン箔シート貼り付け後、チタン箔シート端部にパテ材などを塗りつけることが望ましい。
5. チタン箔シート非適用部の下塗り塗装は、チタン箔シート端部に塗り重なるように塗付し、チタン箔シート端部をシールする。
6. 現場施工では、チタン箔シートの防食性能・塗膜補強効果を低下させないように施工すること。

3. 施工及び施工管理

3.1 新設橋梁への適用

3.1.1 施工手順

塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧の C-5 塗装系とする。また、施工手順に従って適切に施工を行わなくてはならない。

3.1.2 工場での施工

工場施工は、その施工の良否により防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果を大きく左右するので適切に作業を行わなければならない。

3.1.3 現場施工

現場施工では防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果の低下が起きないように、現場環境に注意して適切な作業を行わなければならない。

3.1.4 その他

作業員の安全・健康上の問題に十分注意すべきである。また、チタン箔シート
の付着性に気象条件などが悪影響を与える場合があるため、現場の作業環境
への配慮は十分留意する。

3.2 既設橋梁への適用

3.2.1 施工手順

塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧に従い、標準仕様は Rc-I 塗装系とする。
また、施工手順に従って適切に施工を行わなくてはならない。

3.2.2 施工

現場施工では防食性能、チタン箔シートの塗膜補強効果の低下が起きないよ
うに、現場環境に注意して適切な施工を行わなければならない。

3.3 施工管理

3.3.1 品質管理

チタン箔及びチタン箔用基材テープの品質は適切に管理する。

3.3.2 施工管理

施工管理は、施工管理計画を作成して適切に行う。

4. 維持管理

4.1 一般

塗装橋梁に適用したチタン箔シート適用部の維持管理は、適切に行う。

4.2 点検種類

チタン箔シート適用部の点検は定期的に行い、異常部を確認しその状況を調
べる。

4.3 点検結果の記録

点検結果は、チタン箔シート適用部の異常位置や程度を記録し、写真撮影や
スケッチをする。

4.4 点検結果の評価

点検結果より、応急処置及び補修の必要性を判断する。

4.5 応急処置

点検に基づいて、応急処置の必要があると判断された部位は、できる限り速やかに応急処置を行う。

5. チタン箔シートの補修作業

5.1 一般

チタン箔シート適用部における異常部は、適切に補修を行うことによって、チタン箔シートによる塗膜補強効果を回復することができる。点検によって確認された異常で、補修の必要性がある判断された異常部は、できる限り速やかに補修することが望ましい。

5.2 補修作業

5.2.1 塗装仕様と施工手順

チタン箔シートの補修作業は、作業手順に従い適切に行う。

5.2.2 施工

チタン箔シート貼り付け部における補修作業は、異常部を完全に除去してチタン箔シートによる塗膜補強効果を回復させるために適切に施工しなければならない。

5.3 施工管理

施工管理は、「3.3 施工管理」に従って行い、チタン箔シートの寸法などを記録する。

安全管理を第一に考えて施工を行い、現場架橋への影響を十分に考慮して廃棄物などは適切に処理する。

【参考文献】

- 『土木研究所資料第 4019 号：金属被覆による耐食性向上に関する試験調査報告書』独立行政法人土木研究所 pp3-12、pp163-204 平成 18 年 7 月
- 『チタン箔による重防食塗膜の耐食性補強法の検討』坂本宏司、守屋進 社団法人 日本鋼構造協会、第 29 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集 pp91-98、平成 18 年 10 月
- 『鋼道路橋塗装・防食便覧』社団法人 日本道路協会 ppII-32、II-95 平成 17 年 12 月

3. 添接部ボルト、ナットの厚膜塗装法

最近の橋梁塗装工事で増加しつつある添接部におけるエポキシ厚膜塗装について、塗装現場では、能率が良く、安全に、確実に施工出来る塗装工法の開発を囑望している。この期待に対し添接部でも最も塗装し難い締結部ボルト、ナットに雌型カップを被せて、注入塗装する方法を開発した。実橋塗装において実用性が検証できたので、厚膜塗装方法の一例として本稿にて報告するものである。

1. まえがき

一般に鋼構造物の発錆は構造材のエッジや、添接部のボルト、ナットなどの限定部が一般部に比べて著しく早く発現することは、多くの調査結果で指摘されている。

湾岸地区の場合は、塩分及び湿度の影響が強くあらわれるため、都市部、山間部、工業地帯に比べて異常に早く発錆をおこし、放置しておくとも腐食が進行し、構造材としての強度の低下を招くと共に、さび汁によって美観性を損なうので、早期のメンテナンスが必要である。

このような強腐食環境下での鋼構造物の防食塗装は、油性塗料から塩化ゴム塗料へ、さらにジンクリッチ塗料をプライマーとした、エポキシ・ウレタン塗装形に変わってきているのも、より高度に耐久性を発揮できる塗装系で塗装することで、鋼構造物を長期間「さび」から守ろうとしているわけである。たしかに、ジンクリッチ／エポキシ／ウレタン塗装系を採用してから「さび」に原因する事故は激減した。しかし、添接部のボルト、ナットが相変わらず早くさびる状況は改善されておらず、**写真-1**に示すように一般部よりかなり早い時点で発錆している。

これは「塗料の性能が悪い」と言うわけではなく、「このような箇所は塗膜が必要な厚みで塗られていないから」と解釈すべきである。

ボルト、ナット及びネジ部はシャープなエッジの多い被塗物である。シャー

ブなエッジは塗料が流れやすく、折角塗り付けても防食に必要な厚さが得られない。これが早期にさびる原因となっているのである。

塗膜調査でも図-1に示す箇所が最もさびが出やすいことが確認されている。

構造材のエッジの場合は、面取りをすることで改善することが可能であるが、ボルト、ナットは面取りすることが出来ないため、この点でも不利な被塗物であるといえる。本四公団では海上橋のように過酷な環境にある橋梁の添接部の塗装に表-1、表-2に示す超厚膜型塗料を規格化した。これはシャープなエッジでも流れることがない厚膜塗料で塗り包んでしまい、長期間にわたってボルト、ナットを防食することを目的としている。

しかし、実際に添接部のボルト、ナットの厚膜塗装工事を行ってみると、 $300\mu\text{m}$ の場合でも必要な量をはけで塗布する作業が難しく、折角厚膜の塗付ができてはけでならず時に取り去ることが避けられず、防食効果を得る厚膜に塗るには、時間をかけて丁寧に塗装しても、最低2回の塗装を必要とする、非常に難しい塗装であることがわかった。

しかも、最近になって橋梁の塗替えで添接部塗装を厚膜仕様で塗装する工事

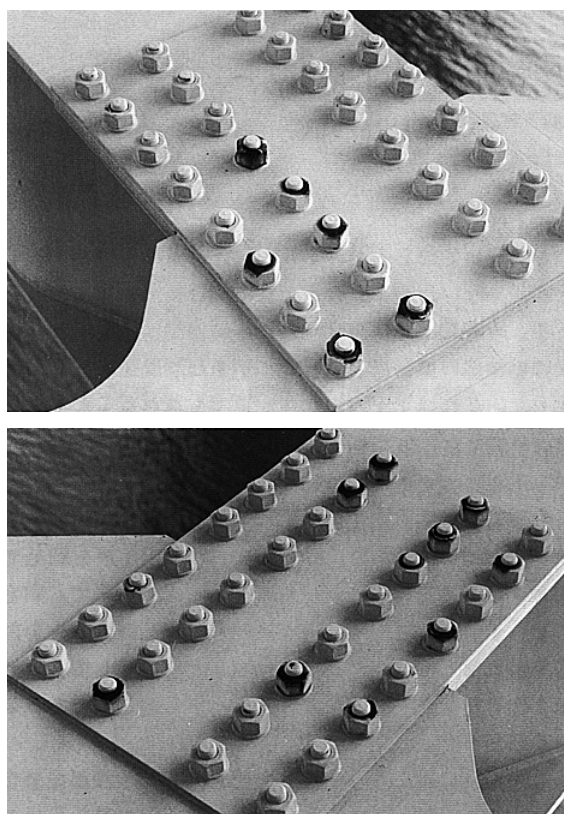


写真-1 桁添接部の発錆状況

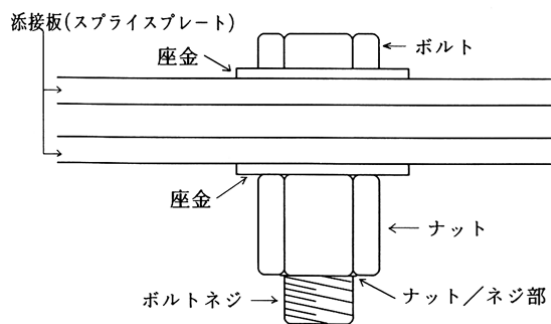


図-1 添接部の発錆しやすい箇所

が急増しており、塗装の現場では能率の良い塗装方法の開発が囑望されているのが現状である。

ここでは、開発したボルト、ナット部の厚膜塗装器具及び塗装方法の概要について述べることにする。

表-1

超厚膜型エポキシ樹脂塗料(300 μ m用)
の品質 HBS-K-5620-1990

項目	品質
容器の中での状態	主剤・硬化剤ともにかき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること
混合性	均等に混合すること
乾燥時間 h	16以内
塗膜の外観	流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと
ポットライフ h	20 $^{\circ}$ Cで使用できる時間が5以上であること
作業性	塗装作業(特に、はけさばぎ)に支障がなく、300 μ m(乾燥膜厚)塗装しても流れ・われ・はがれがないこと
耐衝撃性	500mmの高さから300gのおもりを落としたとき、おもりの衝撃で塗膜にわれ及びはがれができないこと
耐塩水性	塩化ナトリウム水溶液(3W/V%)に500時間浸しても異状がないこと
混合塗料中の加熱残分%	70以上
エポキシ樹脂の検出	エポキシ樹脂が存在すること

表-2

超厚膜型エポキシ樹脂塗料(1000 μ m用)
の品質 HBS-K-5621-1990

項目	品質
容器の中での状態	主剤・硬化剤ともにかき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること
混合性	均等に混合すること
乾燥時間 h	16以内
塗膜の外観	流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと
ポットライフ h	20 $^{\circ}$ Cで使用できる時間が1以上であること
作業性	塗装作業に支障がなく、1000 μ m(乾燥膜厚)塗装しても流れ・われ・はがれがないこと
耐衝撃性	500mmの高さから500gのおもりを落としたとき、おもりの衝撃で塗膜にわれ及びはがれができないこと
耐塩水性	塩化ナトリウム水溶液(3W/V%)に500時間浸しても異状がないこと
混合塗料中の加熱残分%	95以上
エポキシ樹脂の検出	エポキシ樹脂が存在すること

2. ボルト、ナット部の厚膜塗装方法

橋梁などの施行現場では、作業環境が危険、劣悪な場合が多い。このため確かな塗装作業ができるような工夫がなされなければならない。また、作業者の疲労をできるだけ排除するように、作業の容易性を高めなければならない。

しかし、一方において十分な防食効果を得るためにボルト、ナットのエッジ、ボルトのネジ、座金部に対して塗料を厚膜になるように塗装する必要があり、これが前記の要求に対して相反する作業条件になっている。すなわち、塗装仕様として膜厚が300～1000 μ mに設定されている場合、はけ塗り作業では数回の塗り回数が必要であり、到底効率のよい作業は期待できないし、また塗り漏れ、塗りがすれなどが出やすく塗装の確実性も期しがたい。

このような現状を改善するために、作業者にできるだけ労力負担をかけることなく、しかも容易に、かつ確実にボルト、ナットのエッジ及びボルトのネジ部を厚膜塗装する「塗装器具」を考案し、かつ塗装器具で使用しやすい厚膜塗料を開発した。

図-2に塗装器具を使用する場合の施行概念図を、図-3に雌型カップの断面図を示す。

「塗装器具」は締結状態のボルト、ナットに対する雌型カップと、通常のエアレスガン及びエアレス塗装機で構成される。雌型カップは締結状態にある所定のボルトに被せた時、0.5～1.5mm程度のすき間を生ずるように内寸法を大きく製作してある。塗装は雌型カップを被塗物に被せた時に生じるすき間に、塗料をエアレス塗装機で圧送注入する方法で行う。

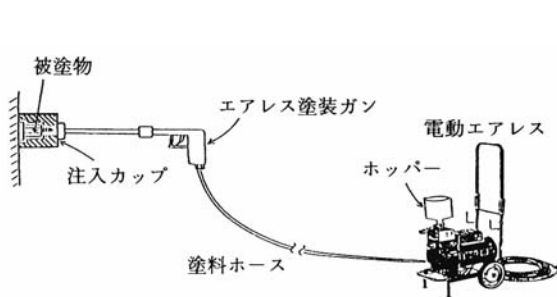


図-2
塗装器具を用いた施工概念図

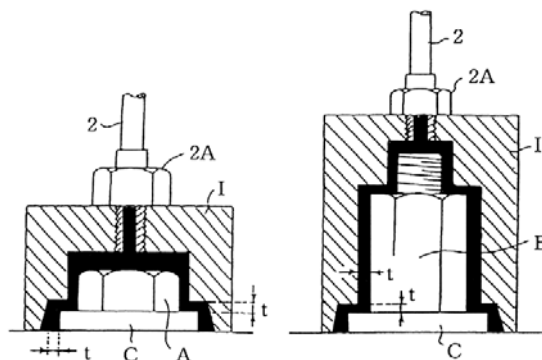


図-3
雌型カップの断面図

雌型カップはボルト頭用、ナット用を準備しておき、必要に応じて取り替える。また、橋梁で使用するボルトはM-22、M-24のように大きさが違うため、

必要なサイズを予め準備しておく。雌型カップは現場で脱着しやすいように、ガンキャップをねじるだけで取り替えができる。

添接部は一定の間隔で存在するので、エアレス塗装機は 100V の電源で使用できる電動型エアレスが機動性の点で好ましい。また、作業時の塗料粘度は厚く塗ってもダレない高い粘度（70～100 ポイズ）に設定する必要があるので、供給が楽にできるように、ホッパー付きが好ましい。

3. 塗装器具を用いての塗装実験

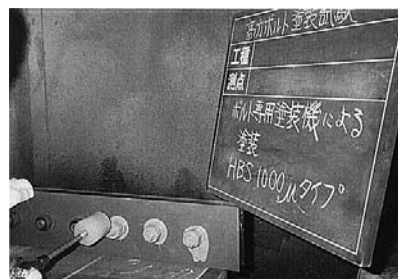
M-22 のボルトを用いてモデル添接部を作り、**写真－2**に示す要領で注入塗装を行った結果、はけ塗りでは容易に塗れなかった、ボルト、ナットの各エッジ部、ボルトのネジ部、座金部などを1回塗り（1ショット）で、**写真－3**に見られるように、外観上ほぼ完全に塗り包めることが確認できた。

また、塗装した締結部をボルト頭の対角で2分割し、各部位における塗装状態を調査したところ、**写真－4**にみられるように、

- ①対角で切断したボルト頭の断面、すなわちボルトのエッジ部も、ナットの腹部もほぼ同じ程度に膜厚がついており、
- ②ボルトのネジ部もネジ山が完全に見えなくなる程十分な膜厚がついており、
- ③座金部及びナット／ネジ部のすき間にも塗料が入り込んでおり、
- ④気泡が全く見られない塗膜で塗り包まれていることが確認できた。

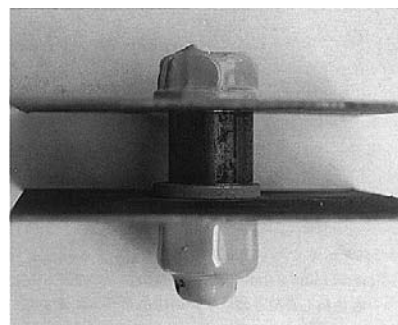
塗装実験によって、この塗装法違法の特徴は、

- ①熟練していなくても、



写真－2

塗装器具による試験塗装状況



写真－3

注入塗装した締結部の外観

- ②簡単な操作で、
- ③確実に
- ④1回塗りで1000 μ mの厚膜を塗り漏れがなく、塗りつけることができる方法と言えることが判ったが、何よりもさびが出やすい「ネジ部」が完全に塗装できると及び圧力をかけて塗装するため、通常の塗装では入り込み難い"添接板/座金/ボルト"のすき間、"ナット/ネジ"のすき間も塗料が入り込んでシールできることが、最大の特徴と言える。ただし、注入塗装した後、過剰についてダレる塗料をはけでタッチアップする必要がある。

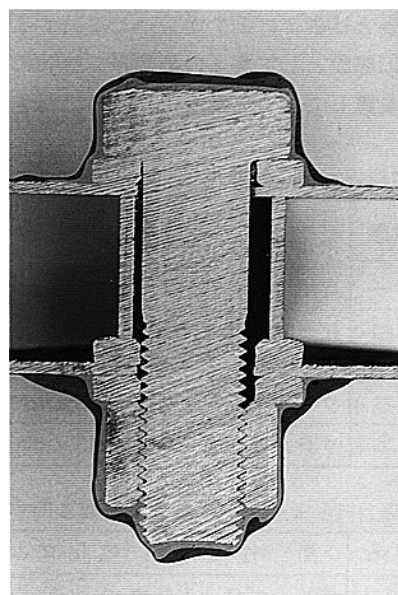


写真-4
注入塗装締結部の断面状態

4. 超厚膜エポキシ塗料の性能確認試験

ボルト、ナット部にエポキシ塗料を塗装すると、はけ塗りの場合も、注入塗装の場合でも必ず薄膜箇所と超厚膜箇所を生じ膜厚勾配が大きくなる。膜厚勾配が大きくなると、硬化時に生じる内部応力の違いでその境界でわれ現象を起こす。超厚膜塗料は必然的にこのような条件の悪い箇所で使用されるため、この塗料には膜厚勾配が大きくなってもわれ現象などの不良現象を起こさないよう応力を緩和できるものであることが要求される。このため、新設の場合と、塗替えの場合を想定し、かつ低温時の施行と標準時の施行の両方の施行条件で塗装を行い暴露試験及び促進試験を行って内部応力による不良現象の有無を確認しておく必要がある。

試験の要領を下記に示す。

4.1 供試体

10mm×t150×400mmの鋼板に無機ジンクリッチプライマーを塗装し、M-22サイズの防錆ボルト4本を用いて締結し、ミニ添接部を作成し、供試体とする。

4.2 塗装系

表-3 超厚膜エポキシ塗装系

下地の状態	目板部は無機ジンクリッチプライマー ボルト部は防錆プライマー
プライマー	専用エポキシプライマー 50 μm ×1
下塗り	超厚膜エポキシ塗料 100 μm ×1 (刷毛塗および注入塗装後タッチ アップ1回)
中塗り	ウレタン用中塗塗料 30 μm ×1
上塗り	ウレタン用上塗塗料 25 μm ×1

新設の場合は表-3に示す塗装系で塗装する。塗替えの場合は旧塗膜として表-4の塗装系で塗装の後、2年間屋外で暴露しておく。暴露後は表-3に示す塗装系で塗装する。

なお、低温時施行を想定するものは5 $^{\circ}\text{C}$ 、標準時施行を想定するものは20 $^{\circ}\text{C}$ で塗装及び乾燥を行う。

表-4 塗替え時の旧塗膜塗装系

旧塗装系	油性系	塩化ゴム系	エポキシ系
下地の状態	鋼板をブラスト処理 防錆ボルト		無機ジンクリッチプライマー 防錆ボルト
下塗り	油性下塗り 35 μm ×2	油性下塗り 35 μm ×2	エポキシ下塗り 60 μm ×1
中塗り	長油アルキド系 30 μm ×1	フェノールMIO 35 μm ×1	ウレタン用中塗 30 μm ×1
上塗り	長油アルキド系 30 μm ×1	塩化ゴム系上塗り 30 μm ×2	ウレタン上塗り 25 μm ×1

4.3 試験要領

新設の場合、塗装した供試体は、屋外での暴露試験と、促進試験として冷熱サイクル（70 $^{\circ}\text{C}$ ～-30 $^{\circ}\text{C}$ 、2サイクル/日）試験を行う。

塗替えの場合、屋外での暴露試験のみ行う。

4.4 評価

一定期間暴露後、添接板/座金/ボルト又はナットの取り合い部など膜厚勾配が大きい箇所、ナット/ネジの取り合い部及びネジ部、板重ね部などを対象

に、塗膜われの有無及びさび発生の有無を調査する。

4.5 試験結果

4.5.1 新設の場合

現在4カ年を経過しているが屋外暴露では塗装法、塗装条件で差異はなく、全ての試験体でわれ、さびの発生はない。促進試験では300サイクルを試験したが暴露と同様異常は見られなかった。なお、比較として塗装した一般の厚膜



写真-5 塗装したミニ添接部の屋外屋外暴露状況

エポキシ塗料の場合は、屋外暴露1カ年で添接板/座金/ボルト及びナットの境界部に塗膜われが発生、促進試験の場合は50サイクルでわれ現象が発生した。

暴露状況を写真-5に示す。

4.5.2 塗替えの場合

屋外暴露4カ年の結果は新設の場合と同様に、旧塗膜の種類に関係なく全て異常なしであり、応力の緩和は十分であり、塗替え塗装の場合でも、膜厚勾配のある厚膜塗装を行っても、実用上支障がないことが確認できた。

5. 塗装器具を用いた実橋塗装結果

表-5 塗装条件

使用塗料	超厚膜型エポキシ樹脂塗料 (1000 μ m用) HBS K5621-1990
塗装粘度	80~100ポイズ/30 $^{\circ}$ C
塗装機	電動エアレス、ホッパー付き
塗装圧力	50~70kgf/cm 2
塗料ホース	3/8"×20m+2/8"×10m
ボルトの種類	M-24

大型橋梁の塗替え工事でM-22及びM-24のボルト、ナットを1000 μ mの仕様で、約3万本塗装したのでその状況を報告する。

表-5に塗装条件を、写真-6に塗装状況を示した。

塗装作業は注入ガンで塗装する人、注入塗装後の過剰な塗料によるダレ部をはけで手直しする人、ホースをさばくと共にポンプに材料を供給する人の計3人一組で行った。補鋼桁添接部を橋梁

に設備されている点検車を利用して格点毎のボルト部、ナット部を移動しながら塗装した。初めて行った実橋での注入塗装の結果は次のとおりであった。

①塗装器具を使用してボルト、ナットを塗装するのは初めての作業であったが、作業内容がガンに装着した雌型カップを被塗物に被せ、引き金をひくだけのため、少しの慣れで要領がつかめ、簡単に塗装することができた。

②この方法はカップと被塗物のすき間に、塗料を圧力をかけて注入する方法なので、塗り漏れ、塗りがすれがほとんど見られなかった。ただし、

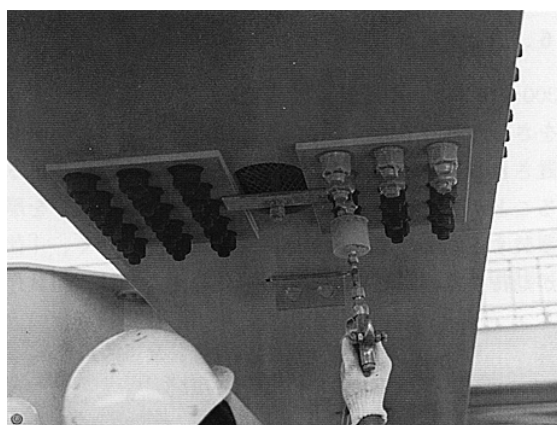
旧塗膜が厚くカップが添接板まで被らない場合が5～10%位あったが、カップが入る所までを塗装し、硬化後はけで未塗装部を塗装することとした。

③最もさびが出やすいボルトのネジ部は、ネジ山が見えない程の厚膜塗装ができた。また、ボルト頭の鋳出しマーク、ボルト、ナットのエッジ（稜）は目視で見て丸みがあり、さらに、ナット／ネジの境界部でよく発生する泡も、この方法では起こらないことが確認できた。

④はけ塗りでは作業し難い下向きのボルト、ナットもこの塗装法ではむしろ作業がしやすいことが分かった。さらに、はけ塗りの場合に問題になる塗布時のボタ落ちもほとんどなく、環境を汚さないことも確認できた。

⑤塗装の速度は慣れれば初めての人でも10本／分位で厚膜の塗装ができた。

時間を区切ったの能率を調査した結果では、3人一組の作業で時間当たり



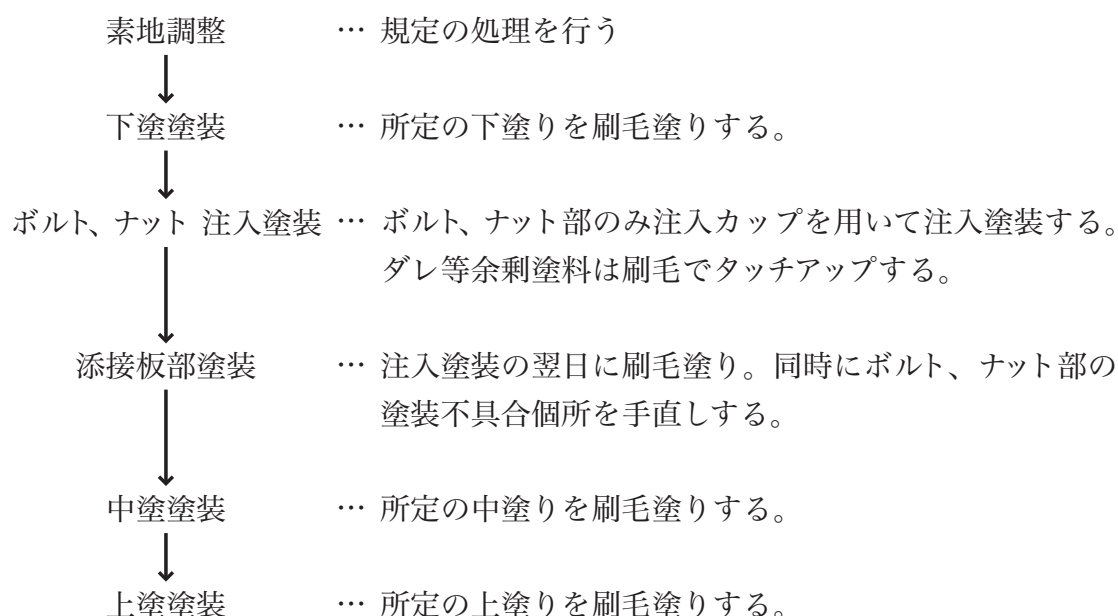
写真－6 実橋での塗装状況

450本であり、150本/人/時間であった。

ただし、この塗装器具での塗装は必要な塗料量の塗布の意味合いが大きく、これのみでは外観上好ましくないため、今回の実橋塗装のように、カップでの注入塗装の後、早い時点ではけでつらら状の塗料を取り去るようなことが必要である。したがって、ガンで注入塗装する人と、はけでタッチアップする人で、ペアーを組んで作業するのが能率的であると考えられる。

6. 添接部厚膜塗装の塗装フロー例

塗装実績に基づき好ましい添接部における厚膜塗装の塗装フローの例を示す。



7. まとめ

300～1000 μ mの超厚膜塗装で、添接部のボルト、ナットをさびから守る塗装仕様は橋梁のみならず湾岸地区に設置される鋼構造物の防食塗装仕様として、今後多様されることが予想される。添接部のボルト、ナットを厚膜塗装する塗装作業の現実には必ずしも容易ではなく、「仕様が期待する性能」を発揮する塗装をするには、塗装作業には多大な努力が要求される。この難しい厚膜塗装に対し、締結部の雌型カップを使用しエアレス塗装機による圧送で、塗料を注入する方法を考案し、かつ塗装器具で塗装しやすい厚膜塗料を開発したが、

実際の塗装を行ってみてその取り扱いの簡便さ、エッジなどの厚膜塗装の確かさから、実用性が充分あることが確認できた。

『防錆管理 Vol.40-No.3』山田能生 大日本塗料株式会社 開発第一本部 防食塗料部、木村耕 日塗エンジニアリング株式会社 工事部 1996年より転載

IV. 新設鋼橋、塗替え鋼橋の塗装系の考え方

1. 新設鋼橋

(1) 一般外面の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

・下塗りの工程は、旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）と同じように2層、下塗りの膜厚は、防食便覧と同じように120 μ m/層、中塗り・上塗り塗料は、ポリウレタン樹脂からふっ素樹脂に塗装系を変更する考え方は、明確な根拠がなく費用便益効果の説明ができていない。

下塗り3層(75+100~~120~~+100~~120~~)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層(370 μ m)

100は現行マニュアルの膜厚 ~~120~~は防食便覧の膜厚 塗料は防食便覧よりふっ素樹脂

・防食便覧の膜厚は250 μ m、旧JHは250 μ m（下フランジは追加塗装60 μ m）、塩害環境の激しい本四連絡高速道路の膜厚は250 μ mである。

・旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）の新設塗装系（330 μ m）は、経過年が最大7年の実績しかなく防食便覧の膜厚（250 μ m）に比べてその良否が判断できない。



<本マニュアルの考え方>

・中塗り・上塗り塗料は防食便覧に合わせポリウレタン樹脂からふっ素樹脂に変更、膜厚は旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)のままとする(330 μ m)。

・ただし、本塗装系の良否を検証するため、旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)や本マニュアルの塗装系で塗装された実橋で今後防食効果を確認していくものとする。

<参考：膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアル（膜厚は旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）と同じ）

下塗り3層(75+100+100)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層(330 μ m)

（下フランジの追加塗装はなし）

*下塗り100*2層を200*1層に変えることは現状では困難

防食便覧（C-5）の塗装系

下塗り2層(75+120)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=4層(250 μ m)

（下フランジの追加塗装はなし）

NEXCO

下塗り3層(75+60+60)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層(250 μ m)

（下フランジ部のみ）

下塗り4層(75+60+60+60)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=6層(310 μ m)

本四連絡高速道路（海峡部）

下塗り3層(75+60+60)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層(250 μ m)

（下フランジの追加塗装はなし）

塗装系の比較

本マニュアル

表-3.1 一般外面用の塗装系

工程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
前処理	素地調整	ブラスト処理 SIS-Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 200 160		15
	2次素地調整	ブラスト処理 SIS-Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	6ヶ月以内	275μm
工場塗装	下塗り第1層 防食下地	無機ジンクリッチペイント	スプレー 700 600	2hr以内	75
	ミストコート	ミストコート	スプレー 160	2~10日	—
	下塗り第2層	エポキシ樹脂下塗り塗料	スプレー 500 450	1~10日	100
	下塗り第3層	エポキシ樹脂下塗り塗料	スプレー 500 450	1~10日	100
	中塗り	ポリウレタン樹脂塗料中塗り ふっ素樹脂塗料中塗り	スプレー 170 (スプレー 170)	1~10日	30 (30)
	上塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗り ふっ素樹脂塗料上塗り	スプレー 140 (スプレー 140)	1~10日	25 (25)

防食便覧

表-II.2.2 一般外面の塗装仕様 C-5 塗装

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔
製鋼工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4時間以内
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160	(15)	6カ月以内
橋梁 製作工場	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4時間以内
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	600	75	1~10日
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗り	160	—	1~10日
	下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗り	540	120	1~10日
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り	170	30	1~10日
上塗り	ふっ素樹脂塗料用上塗り	140	25	1~10日	

下塗り2層

195μm

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

(2) 内面（鋼箱桁内部など）の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

- ・ 沖縄では内面が県外に比べて特に腐食の進行が早いというデータはない。
- ・ 防食便覧の塗装系と旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）の塗装系は同じ（下塗り2層：240 μ m）。
- ・ 本四連絡高速道路（海峡部）は、下塗り3層：270 μ m。



<本マニュアルの考え方>

- ・ 塗装系は、防食便覧と同じようにする。
- ・ ただし、本塗装系の良否を検証するため、旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）や本マニュアルの塗装系で塗装された実橋で今後防食効果を確認していくものとする。

<参考：膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアル（防食便覧と同じ）

下塗り2層(120 μ m*2層)

NEXCO

下塗り2層(120 μ m*2層)

本四連絡高速道路（海峡部）

下塗り3層（90 μ m*3層）

塗装系の比較

本マニュアル

表- 3.2 内面の塗装系

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20°Cの場合)	標準膜厚 (μm)
前処理	素地調整	ブラスト処理 SIS-Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 200 160		2日～ 6ヶ月以内
工場 塗装	2次素地調整	動力工具処理 SIS-St3 ISO St3	—	2hr以内	—
	第1層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	スプレー 450 410		120
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	スプレー 450 410	1～10日	120

<本マニュアルと防食便覧との比較>

○本マニュアルと防食便覧は同じ塗装系

防食便覧

表- 2.2.5 内面用塗装仕様 D-6 塗装系

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
製鋼工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	160	(15)	4時間以内
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー			6ヵ月以内
橋梁 製作工場	2次素地調整	動力工具処理 ISO St3	410	120	4時間以内
	第1層	変性エポキシ樹脂塗料内面用			1～10日
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	410	120	

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

(3) 特殊部（支承、排水ます）の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

- ・排水ます、支承は、防食便覧にはないが、腐食が進行しやすいので塗装系を規定した方が良い。
- ・塗装系をいろいろ増やすのは、現場が混乱するので既存の塗装系を使い分けた方が良い。
- ・支承は、ゴム支承が主なので、ゴム支承を挟む上下金属部分(フランジ)部分が対象。
- ・現場塗装における排水ます塗装系は、旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)で塗装されている。



<本マニュアルの考え方>

- ・支承、排水ますの外表面は膜厚を新設鋼橋の一般外表面と同様とする。
- ・排水ます内表面は、内表面の塗装系（前頁）の塗装系に1層増し塗り（変性エポキシ樹脂塗装内表面用を1層増し塗り）を行う。
- ・支承や排水ますは、亜鉛メッキと塗装する場合とで選択できるようにする。
- ・支承や排水ますを亜鉛メッキで防食する場合は、さらに焼き付け塗装を施すなどの防食措置を加えるのが好ましいことを追記する。

<参考：膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアル

下塗り3層(75+100+100)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層(330 μ m)

防食便覧

なし

塗装系の比較

本マニュアル

特殊部とは、全塗装工場施工となる支承・排水ます外・内面とする。排水ます外面がコンクリート部と接触する場所は適用除外とし、本塗装系は排水ますの外面露出部に限るものとする。

表— 3.3 支承・排水ます外面の塗装系

工 程		塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
工場 塗 装	素地調整	ブラスト処理 SIS Sa2.5- ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	下塗り第1層 防食下地	無機ジンクリッチペイント	スプレー 700 600		75
	ミストコート	ミストコート	スプレー 160	2~10日	—
	下塗り第2層	変性エポキシ樹脂下塗塗料	スプレー 500 450	1~10日	100
	下塗り第3層	変性エポキシ樹脂下塗塗料	スプレー 500 450	1~10日	100
	中塗り	(ふっ素樹脂塗料中塗)	スプレー 170	1~10日	30
		(ポリウレタン塗料中塗)	(スプレー170)		(30)
上塗り	(ふっ素樹脂塗料上塗)	スプレー 140	1~10日	25	
	(ポリウレタン塗料上塗)	(スプレー140)		(25)	

【本文抜粋】

(1) 支承や排水ますを亜鉛メッキで防食する場合は、さらに焼付け塗装を施すなどの防食措置を加えるのが好ましい。

(2) 排水ます内面の塗装工程

排水ます内面は、工場塗装することとし、D-5 塗装相当系の表—3.2 に示す塗装系とするが、水濡れが厳しい環境であるため、変性エポキシ樹脂塗装内面用を1層増し塗りするものとする。(1)と同様に亜鉛メッキで防食される場合もあるが、塗装を選択する場合には上記の塗装系を選択する。亜鉛メッキで防食する場合には、(1)と同様にさらに焼付け塗装を施すなどの防食措置を加えるのが好ましい。

<本マニュアルの塗装系の考え方>

○塗料は、防食便覧を見習いポリウレタン樹脂からふっ素樹脂を中、上塗りに使用
(上記表青アンダーライン)

(4) 連結部（高力ボルト、溶接部）の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

- ・旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)の連結部の塗装系に中塗りがないが、入れた方が良い。
- ・旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)連結部外面の膜厚は、高力ボルト連結部（部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合）が $700\mu\text{m}$ 、現場溶接部（継手施工後に塗装する場合）が $640\mu\text{m}$ ある。防食便覧は、両方とも $430\mu\text{m}$ であり、差が大きい。
- ・県外鋼橋において、連結部を膜厚 $1000\mu\text{m}$ で塗装した場合に、温度の関係でボルト周辺や連結部に塗膜割れを生じた例がある。



<本マニュアルの考え方>

- ・外面連結部の塗装系には全て中塗りを入れる。
- ・外観は、一般外面の塗装系と比較して悪くなることを記載する。
- ・高力ボルト連結部や溶接部の塗装系は、煩雑にならないように、塗り回数を調整し膜厚の増減をする。

(高力ボルト連結部)

塗料は、防食便覧に従いふっ素樹脂塗料とする。高力ボルトの膜厚は旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)と同様とする(ただし中塗り $30\mu\text{m}$ 追加し外面膜厚 $730\mu\text{m}$)。連結部は、高力ボルト部の塗装系から下塗り1層($300\mu\text{m}$)を減らし、 $430\mu\text{m}$ とする。

(溶接部)

塗料は、防食便覧に従いふっ素樹脂塗料とする。膜厚は旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)の塗装系(外面膜厚 $640\mu\text{m}$)から下塗り1層目を $15\mu\text{m}$ から $75\mu\text{m}$ に増加し、下塗り3層目($300\mu\text{m}$)を減らし、 $430\mu\text{m}$ とする。

<参考：膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアル(高力ボルト連結部)

(外内面:高力ボルト部)下塗り3層($75+300+300$)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層($730\mu\text{m}$)

(外内面:添接版)下塗り3層($75+300$)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=4層($430\mu\text{m}$)

本マニュアル(溶接部)

(外面)下塗り2層($75+300$)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層($430\mu\text{m}$)

(内面)下塗り2層($75+300$)=2層($375\mu\text{m}$)

防食便覧(高力ボルト連結部)

(外面)下塗り2層($75+300$)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=4層($430\mu\text{m}$)

(内面)下塗り2層($75+300$)=2層($375\mu\text{m}$)

防食便覧(溶接部)

(外面)下塗り3層($75+60+60$)+中塗り1層(30)+上塗り1層(25)=5層($250\mu\text{m}$)

(内面)下塗り2層($75+300$)=2層($375\mu\text{m}$)

塗装系の比較

(1) 高力ボルト連結部

本マニュアル

表-3.4 高力ボルト連結部の塗装系
(部材製作時に無機ジンクリッチペイントを塗付する場合)

	工程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
前処理	素地調整	ブラスト処理 SIS-Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 200 160		6か月以内
工場塗装	2次素地調整	ブラスト処理 SIS-Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	2hr以内	—
	下塗り第1層	無機ジンクリッチペイント	スプレー 700 600		75
現場塗装	素地調整	動力工具処理 SIS ISO St3	—	4時間以内	—
	ミストコート	ミストコート	160(130)		—
	下塗り第1層	外面：超厚膜形エポキシ樹脂塗料 内面：無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 超厚膜形エポキシ樹脂塗料 ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	へら 1,000 はけ 300 1100(500×2)	1～10日	300* 120
		外面：超厚膜形エポキシ樹脂塗料 内面：無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 なし ボルト部：超厚膜形エポキシ樹脂塗料	へら 1,000 はけ 300 1100(500×2)		300 120
	中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗り	170(140)	1～10日	30
	上塗り	ポリウレタン塗料上塗り ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ 120 140(120)	1～10日	25

1. 連結板の表・裏面のボルト部においては、下塗りを2層塗りとする。また、連結板においては下塗りを1層塗り(*)とする。
2. 超厚膜形エポキシ樹脂塗料は、膜厚が厚くなると割れる可能性がある。標準膜厚を遵守し、必要以上に厚膜としないようにすることが好ましい。

<本マニュアルと防食便覧との比較>

- 本マニュアルのボルト部は、防食便覧に比べて下塗りが1層多い(上記水色で○)
- 塗料は、防食便覧を見習いポリウレタン樹脂からふっ素樹脂を中、上塗りに使用(上青アンダーライン)

防食便覧

表-11.4.1 (1) 高力ボルト連結部の塗装仕様

塗装系	一般部塗装	前処理 素地調整	プライマー	間隔	工場塗装		現場塗装							
					2次素地調整	下塗り	素地調整	ミストコート	間隔	下塗り	間隔	中塗り	間隔	上塗り
F11	C-5	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	無機ジンクリッチプライマー 160g/m ² (15μm)	6か月	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	無機ジンクリッチペイント 600g/m ² 75μm	動力工具処理 ISO St3	変性エポキシ樹脂塗料 下塗り 160g/m ² (130g/m ²)	1日～10日	超厚膜形エポキシ樹脂塗料 1100g/m ² (500g/m ² ×2) 300μm	1日～10日	ふっ素樹脂塗料用中塗り 170g/m ² (140g/m ²) 30μm	1日～10日	ふっ素樹脂塗料上塗り 140g/m ² (120g/m ²) 25μm
								無機ジンクリッチペイント 600g/m ² 75μm		超厚膜形エポキシ樹脂塗料 1100g/m ² (500g/m ² ×2) 300μm				

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

(2) 溶接部

本マニュアル

表- 3.5 現場溶接部の塗装系 (継手施工後に塗装する場合)

	工 程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
工場塗装	素地調整	ブラスト処理 SIS Sa2.5 ISO Sa2 1/2	—	4hr以内	—
	下塗り第1層	—外面：エポキシ樹脂プライマー— 内面：無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 外面：有機ジンクリッチペイント 内面：有機ジンクリッチペイント	はけ 120 はけ 300 600(300×2)		1~10日
	下塗り第2層	外面：超厚膜形エポキシ樹脂塗料 内面：無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 超厚膜形エポキシ樹脂塗料	へら 1,000 はけ 300 1,100(500×2)	1~10日	
	中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗り	170(140)		1~10日
	上塗り	—ポリウレタン塗料上塗り— (ふっ素樹脂塗料上塗り)	はけ 120 140(120)	25	

<本マニュアルと防食便覧との比較>

- 外面は、下塗り部分の膜厚が異なる(水色○で明示)
- 塗装材料は、防食便覧を見習いポリウレタン樹脂からふっ素樹脂を中、上塗りに使用(上記青アンダーライン)
- 本マニュアルには、中塗りを追加(上記紫色の○)
- 内面は、同じ膜厚(375μm)となる。また、中塗り、上塗りを塗装しない

防食便覧

表-II.4.1 (2) 溶接部の塗装系

塗装系	一般部塗装系	現場塗装									
		素地調整	下塗り	間隔	下塗り	間隔	下塗り	間隔	中塗り	間隔	上塗り
F 13	C-5	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	有機ジンクリッチペイント 600g/m ² (300g/m ² ×2) 75μm	1日~ 10日	変性エポキシ樹脂塗料下塗り 240g/m ² (200g/m ² ×2) 60μm	1日~ 10日	変性エポキシ樹脂塗料下塗り 240g/m ² (200g/m ² ×2) 60μm	1日~ 10日	ふっ素樹脂塗料用中塗り 170g/m ² (140g/m ²) 30μm	1日~ 10日	ふっ素樹脂塗料用上塗り 140g/m ² (120g/m ²) 25μm
			有機ジンクリッチペイント 600g/m ² (300g/m ² ×2) 75μm	1日~ 10日	超厚膜形エポキシ樹脂塗料 1100g/m ² (500g/m ² ×2) 300μm	1日~ 10日					

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

2. 塗替え鋼橋

(2) 一般外面の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

- ・旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)は1種ケレンがなく、2種以降は防食便覧と同じ塗装系であった。
- ・本マニュアルは、新設時の塗膜厚と同等となるように1層を追加して、膜厚を310 μ mの6層で提案した。
- ただし、下フランジは腐食しやすいということで60 μ mの塗装追加で7層(370 μ m)とした。
- ・防食便覧は250 μ mの5層(下フランジ塗装追加なし)。旧JHは250 μ mの5層(下フランジ塗装追加なし)。
- ・防食便覧で塗装系を決めるときは、塗り回数を減らすなどコストの縮減を考慮した。本マニュアルでもそれが課題。



<本マニュアルの考え方>

- ・膜厚は、新設時の塗膜厚と同等となるように下塗り1層60 μ mを足して310 μ mにする。また、沖縄の塩害環境を考慮し、腐食しやすい下フランジ部は60 μ m追加で370 μ mとする。
- ・ただし、1回当たりの下塗り塗装膜厚を60 μ mと90 μ m (ハイビルドタイプ) の2種類を規定する。これにより、60 μ m/層だとトータル6層：310 μ m (下フランジ部は7層：370 μ m) だが、90 μ m/層だとトータル5層：310 μ m (下フランジ部は6層：370 μ m) と防食便覧と同じ塗装回数5層：250 μ mになり、コスト縮減を考慮する。
- ・塗装系は、現場条件で選定できるように併記する。

<参考：膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアルの塗装工程(素地調整1種の場合)

(下塗り塗料標準タイプの場合)

一般：下塗り 4層(75+60*3)+中塗り 1層(30)+上塗り 1層(25)= 6層(310 μ m)

下フランジ部：下塗り 4層(75+60*3)+下フランジ 1層(60)+中塗り 1層(30)+上塗り 1層(25)= 7層(370 μ m)

(下塗り塗料がハイビルド塗料タイプの場合)

一般：下塗り 3層(75+90*2)+中塗り 1層(30)+上塗り 1層(25)= 5層(310 μ m)

下フランジ部：下塗り 3層(75+90*2)+下フランジ 1層(60)+中塗り 1層(30)+上塗り 1層(25)= 6層(370 μ m)

防食便覧(Rc-I)の塗装工程(素地調整1種の場合)

下塗り 3層(75+60*2)+中塗り 1層(30)+上塗り 1層(25)= 5層(250 μ m)

塗装系の比較

本マニュアル

表- 8.1 一般外面塗替え塗装系

素地調整	塗料		標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
1種	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	スプレー 600	1~10日	75
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	スプレー 240		60
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	スプレー 240		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	スプレー 240		60
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗り	スプレー 170		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗り	スプレー 140		25
計310μm					
2種	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	はけ 240	1~10日	30
	下塗り第2層	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 240 200		60
	下塗り第3層	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 240 200		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 200		60
	中塗り	ポリウレタン樹脂塗料中塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料中塗り	はけ 140 (はけ 140)		30 (30)
	上塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ 120 (はけ 120)		25 (25)
計265μm					
3種-A,B,C	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (鋼材露出部のみ)	(はけ 200)	1~10日	(60)
	下塗り第2層	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 240 200		60
	下塗り第3層	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 240 200		60
	下塗り第4層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 200		60
	中塗り	ポリウレタン樹脂塗料中塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料用中塗り	はけ 140 (はけ 140)		30 (30)
	上塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ 120 (はけ 120)		25 (25)
計235μm					
4種	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 200	1~10日	60
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り	はけ 200		60
	中塗り	ポリウレタン樹脂塗料中塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料中塗り	はけ 140 (はけ 140)		30 (30)
	上塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗り 弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ 120 (はけ 120)		25 (25)
計175μm					

表- 8.2 一般外面塗替え塗装系 (ハイビルド塗料タイプ)

素地調整	塗料		標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20°Cの場合)	標準膜厚 (μm)
1種 (ハイビルド塗料) 計310μm	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	スプレー600	1~10日	75
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	スプレー300		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	スプレー300		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗り	スプレー170		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗り	スプレー140		25
2種 (ハイビルド塗料) 計265μm	下塗り第1層	有機ジンクリッチペイント	はけ240	1~10日	30
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗り	はけ140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ120		25
3種 A・B・C (ハイビルド塗料) 計235μm	下塗り第1層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (鋼材露出部のみ)	(はけ200)	1~10日	(60)
	下塗り第2層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	下塗り第3層	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗り (ハイビルド塗料)	はけ240		90
	中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗り	はけ140		30
	上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗り	はけ120		25

<本マニュアルと防食便覧との比較>

- 旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)に下塗り1層60μmを追加した
(本マニュアルの塗装系に緑色の○)
- 塗装材料は、防食便覧を見習いポリウレタン樹脂からふっ素樹脂を中、上塗りに使用
(上記青アンダーライン)

表－II.7.1 Rc－I 塗装系（スプレー）

塗装工程	塗料名	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔	
素地調整	1種		4時間以内	
下塗り	有機ジンクリッチプライマー	600	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1～10日	
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗	170	1～10日	5層250 μm
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1～10日	

表－II.7.2 Rc－III 塗装系（はけ、スプレー）

塗装工程	塗料名	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔	
素地調整	3種		4時間以内	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (鋼板露出部のみ)	(200)	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1～10日	
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	1～10日	5層175 μm
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1～10日	

表－II.7.3 Rc－IV 塗装系（はけ、スプレー）

塗装工程	塗料名	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔	
素地調整	4種		4時間以内	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1～10日	
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	1～10日	3層115 μm
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1～10日	

表－II.7.5 Rc－II 塗装系（はけ、スプレー）

塗装工程	塗料名	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔	
素地調整	2種*1		4時間以内	
下塗り	有機ジンクリッチペイント*2	(240)	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1～10日	
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1～10日	
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗	140	1～10日	5層205 μm
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1～10日	

(2) 閉断面内部（鋼箱桁内部など）の塗装系

検討フロー

<現状・課題>

- ・沖縄では閉断面内部が県外に比べて特に腐食の進行が早いというデータはない。
- ・防食便覧の塗装系と旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)の塗装系は同じ(下塗り2層: 240 μ m)。



<本マニュアルの考え方>

- ・塗装系は、防食便覧と同じ塗装系にする。
- ・ただし、本塗装系の良否を検証するため、旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)や本マニュアルの塗装系で塗装された実橋で今後防食効果を確認していくものとする。

<参考:膜厚、塗装回数の比較>

本マニュアル(防食便覧と同じ)
下塗り2層(120*2)

塗装系の比較

本マニュアル

表- 8.3 内面塗替え塗装系

素地調整	塗料		標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20°Cの場合)	標準膜厚 (μ m)
3種-B	下塗り第1層	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料無溶	ハケ 300	□ 2~10日	120
	下塗り第2層	剤形変性エポキシ樹脂塗料	ハケ 300		120

<本マニュアルと防食便覧との比較>

○本マニュアルと防食便覧は同じ塗装系

防食便覧

表- II.7.6 Rd - III 塗装系 はけ、ローラー

塗装工程	塗料名	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	3種		4時間以内
第1層	無弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	300	2~10日
第2層	無弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	300	

(鋼道路橋塗装・防食便覧 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月)

(3) 特殊部（支承、排水ます）、連結部（ボルト連結部、溶接部）の塗装系 検討フロー

<現状・課題>

- ・ 防食便覧では、塗替え時の特殊部(支承、排水ます)、連結部(ボルト連結、溶接部) 塗装系は、ケレンの程度により塗装系が決められる。
- ・ 旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)では、塗替え時の特殊部(支承、排水ます)はケレンの程度により塗装仕様が決められる。しかし連結部(ボルト連結、溶接部) 塗装仕様は、全て2種ケレンを実施することとなっております、それに対応した塗装仕様になっている。



<本マニュアルの考え方>

- ・ 防食便覧における特殊部や連結部は、ケレンの程度により(1種ケレンが推奨)、塗装系が対応している。よって、本マニュアルでも防食便覧に合わせる。
- ・ 塗替え時の特殊部(支承、排水ます)、連結部(ボルト連結、溶接部) 塗装系は、防食便覧同様、ケレンの程度により塗装系を「一般外面塗替え塗装系」から決めるようにする。
- ・ 亜鉛メッキによる防食をした場合でも劣化が激しいときは、塗替え時には塗装による防食を推薦する。

表－ 8.5 塗替えにおける素地調整種別

(1) さびが発生している場合

素地調整種別	さびの状態	発さび面積 (%)	塗膜異常面積 (%)	素地調整内容	作業方法
1種	—	—	—	さび、旧塗膜を完全に除去し、鋼材面を露出させる	ブラスト法
2種	点さびが進行し、層状さびに近い状態や、こぶ状さびとなっている	30以上	—	旧塗膜、さびを除去し、鋼材面を露出させる	ディスクサンダー、ワイヤホイールなどの電動手工具と手工具の併用、ブラスト法
3種A	点さびがかなり点在している	15～30	30以上	活膜は残すが、それ以外の不良部(さび、われ、ふくれ)は除去する	同上
3種B	点さびが少し点在している	5～15	15～30	同上	同上
3種C	点さびが少し点在している	5以下	5～15	同上	同上

(2) さびがなくわれ・ふくれ・はがれ・白亜化・変退色などの塗膜異常がある場合

素地調整種別	さび・塗膜の状態	発さび面積 (%)	塗装膜異常面積 (%)	素地調整内容	作業方法
3種C	さびはないが、われ・ふくれ・はがれの発生が多く認められる	—	5以下	活膜は残すが、不良部は除去する	ディスクサンダー、ワイヤホイールなどの電動手工具と手工具の併用、ブラスト法
4種	さびはないが、われ・ふくれ・はがれの発生が少し認められる	—	5以下	同上	同上
	白亜化・変退色の著しい場合	—	—	粉化もの・汚れなどを除去する	同上

●参考図書

本文の記述にあたり、下記の図書を参考にさせていただきました。

- 『鋼道路橋塗装・防食便覧』 社団法人 日本道路協会 平成 17 年 12 月
- 『摩擦接合用防錆高力ボルト六角ナット平座金のセット暫定規格』 本州四国連絡橋公団 昭和 51 年 2 月
- 『鋼橋など塗装基準同解説』 本州四国連絡橋公団 昭和 55 年 3 月
- 『道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編』 社団法人 日本道路協会 平成 14 年 3 月
- 『気象庁観測公開資料』 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 『耐鋼性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究共同研究報告書 (XII)』 建設省 土木研究所、社団法人 日本道路協会 平成元年 12 月
- 『鋼橋の付着塩分管理マニュアル』 社団法人 日本橋梁建設協会 平成 4 年 12 月
- 『橋梁技術者技術者のための塗装ガイドブック』 社団法人 日本橋梁建設協会 平成 8 年 4 月