

**「橋梁長寿命化技術に関する技術研究交流会」**

**沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの  
現行仕様と最新動向について**

**平成24年12月18日**

1

**目次**

- 1. マニュアル改訂の経緯**
- 2. マニュアルの特徴**
- 3. マニュアルの検証**
- 4. 今後の展開**

2

マニュアル改訂の経緯

○復帰後、沖縄では鋼道路橋塗装便覧（全国版）に従い塗装を実施

○平成2年に鋼道路橋塗装便覧が改定

**腐食環境によって使用する塗装系を選定**

腐食環境分類	考え方	対応する塗装系	該当する地域(例)
一般環境	飛来塩分の影響を受けないが排気ガスなどの影響がある	A系:下塗り(鉛系錆止め)+上・中塗(長油性フタル酸樹脂)など	日本海側20km以上内陸、太平洋側2km以上内陸
やや厳しい環境	飛来塩分の影響があり、排気ガスなどの影響もある	B系:下塗り(鉛系錆止め)+上・中塗(塩化ゴム系)	一般環境と厳しい環境の間の地域
厳しい環境	潮風が強く、飛来塩分の影響を強く受ける環境	C系:下塗り(無機ジンクリッチ+エポキシ樹脂)+上・中塗(ポリウレタン樹脂)など	海岸から200m以内 沖縄は全域

○塩害環境の厳しい沖縄で、A系やB系が適用できるのか課題

3

マニュアル改訂の経緯

○平成7年～平成10年において、新しい塗装マニュアルを検討

○沖縄は本土に比べ飛来塩分が多く、塗装寿命も短いため、鋼道路橋塗装便覧に代わり、独自の塗装マニュアルを検討

○平成10年3月に沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)を出版

項目	沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)	鋼道路橋塗装便覧
塗装の選定	C系を基本	腐食環境によってA系、B系、C系を選択
塗装仕様(一般部・現場塗装)	下塗:エポキシ樹脂 100μm×1層=100μm	下塗:エポキシ樹脂(C系) 60μm×1層=60μm
塗装仕様(添接部)	下塗:エポキシ樹脂 300μm×2層=600μm	下塗:エポキシ樹脂 60μm×4層=240μm

○平成17年に鋼道路橋塗装・防食便覧(全国版)が新たに出版

○地域特性を考慮するとともに、**鋼道路橋塗装・防食便覧の技術基準と整合性を図る必要がある**

●平成20年8月に沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(案)を改訂

4

マニュアルの特徴

沖縄地区鋼橋塗装マニュアルは防食便覧の特徴を取り入れつつ、  
沖縄の厳しい腐食環境に合ったハイスペックな仕様を導入

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（案）「旧沖縄版」

鋼道路橋塗装・防食便覧

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル 「新沖縄版」

第1章 総則

沖縄の厳しい腐食環境を紹介

第2章 塗装の種類

第3章 新設鋼橋の塗装

防食便覧に比べ厚膜仕様

第4章 構造上の留意点

塩害に強い構造や材料の使用

第5章 製作・施工上の留意点

端部処理やボルトの防食を紹介

第6章 施工

施工管理に必要な事項を列記

第7章 維持管理

補修方法や水洗などを紹介

第8章 塗替え塗装

防食便覧に比べ厚膜仕様

5

マニュアルの特徴

第1章 総則

鋼橋は、桁端部、ボルト添接部、フランジ角部等から腐食が生じて  
おり、季節風や台風によって運ばれる塩分によって腐食が促進



◆桁端部の腐食①



◆桁端部の腐食②



◆桁端部の腐食③



◆下フランジ角部の腐食



◆鋼支承部の腐食

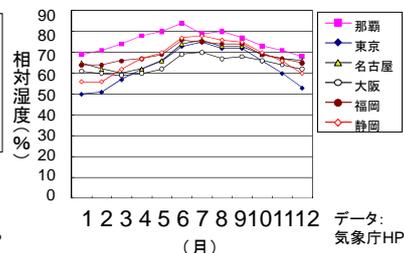
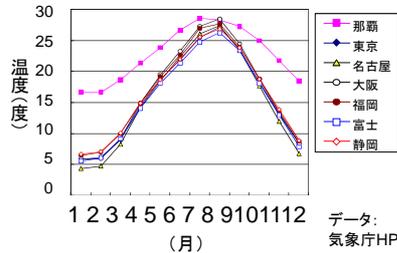


◆ボルト継手部の腐食

6

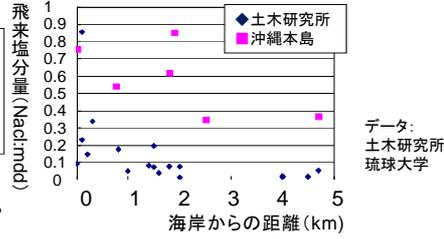
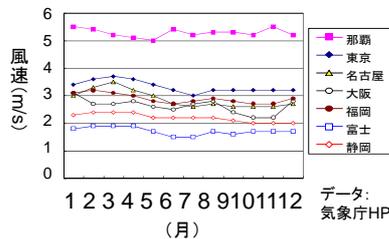
## 第1章 総則

- ・他の地域に比べて、腐食を促進する温度、湿度が高い
- ・風速は1年を通して速く、飛来塩分が内陸まで飛来



◆気温(他地域より高い)

◆湿度(他地域より高い)



◆風速(他地域より速い)

◆飛来塩分(内陸まで飛来する塩分)

## 第3章 新設鋼橋の塗装

- ①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
- ②膜厚は330 $\mu$ mとし、他の仕様より厚い膜厚  
\* 防食便覧、NEXCO、本四連絡高速道路の膜厚は250 $\mu$ m

塗装工程	一般部(工場塗装)( $\mu$ m)			ボルト・ナット( $\mu$ m)		
	新沖縄版	旧沖縄版	防食便覧	新沖縄版	旧沖縄版	防食便覧
①無機ジंकリッチ	75	75	75	-	-	-
②超厚膜型エポキシ下塗1層	100	100	120	300	300	300
③超厚膜型エポキシ下塗2層	100	100	-	300	300	-
④ふっ素中塗	30	30	30	30	30	30
⑤ふっ素上塗	25	25	25	25	25	25
合計	330	330	250	655	655	355

◆ポリウレタン樹脂から  
ふっ素樹脂へ変更

◆防食便覧より厚い塗装仕様

\* 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、色相や光沢の保持率の大きい塗料である

## 第4章 構造上の留意点

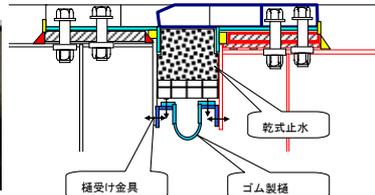
①検査路は設置することを原則とし、点検や作業時の利便性、耐久性に優れた材料・構造を選定する。



◆点検通路(海岸沿い) ◆点検通路(海岸から250m) ◆アルミ検査路(海岸沿い)

②伸縮装置は非排水構造を原則とする

③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



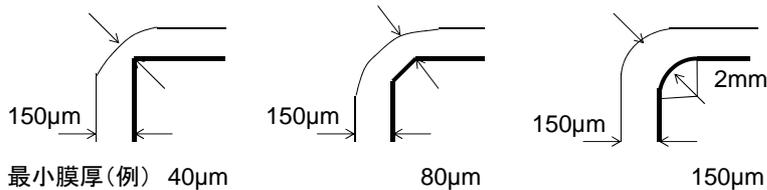
◆排水式伸縮装置

◆直下の鋼支承の腐食

◆非排水式伸縮装置の構造

## 第5章 製作・施工上の留意点

①部材端部は2mmR以上の曲面加工を行う



◆角部の膜厚(例)

②部材端部はスプレ塗装に先立ち、先行はけ塗りを行う

注) 先行はけ塗り: 塗装前に塗膜が確保しにくい角部に対して、事前にはけで増塗りを実施すること



◆先行ハケ塗り状況

③高力ボルトは、防錆処理ボルトを使用する



注) 防錆処理ボルト: ボルト締め付け後から塗装までの短期間の防錆を目的とする

④ボルトキャップの有効性



## 第6章 施工

### ①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者でなければならない

\* 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)  
(沖縄のみ規定)

### ②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

### ③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

### ④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以上を塗装作業禁止とする

### ⑤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

### ⑥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 塗装前に、付着塩分量が50mg/m<sup>2</sup>以下であることを確認する

11

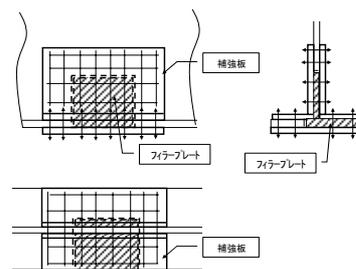
## 第7章 維持管理

沖縄のみ規定

### ①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



◆主桁溶接部の腐食 ◆補強材取り付け状況



◆欠損部の一部除去後あて板補強(例)

### ②付着塩分の除去は水洗で行う



◆水洗状況



◆鋼主桁内面の水洗

12

- ①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
- ②膜厚は310 $\mu$ mとし、防食便覧の膜厚（250 $\mu$ m）より厚い塗装

塗装工程 (1種ケレンの場合)	一般部 ( $\mu$ m)			ボルト・ナット ( $\mu$ m)		
	新沖縄版	旧沖縄版	防食便覧	新沖縄版	旧沖縄版	防食便覧
①有機ジンクリッチ	75	30	75	75	15	75
②変性エポキシ下塗り1層	60	60	60	60	300	60
③変性エポキシ下塗り2層	60	60	60	60	300	60
④変性エポキシ下塗り3層	60	-	-	60	-	-
⑤ふっ素中塗り	30	30	30	30	-	30
⑥ふっ素上塗り	25	25	25	25	25	25
合計	310	205	250	310	640	250

◆ポリウレタン樹脂から  
ふっ素樹脂へ変更

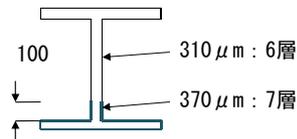
◆防食便覧より厚い塗装仕様

- ③下塗りの弱溶剤形変性 $\text{I}^{\circ}$ 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

- ・ハイビルドは変性エポキシが90 $\mu$ m/層となるため、310 $\mu$ mを塗装するのに、5層でよい経済的となる（標準タイプに比べて1層減）
- ・単価差として、標準の塗料に比べてハイビルド塗料が1.5倍高い。  
（沖縄のみ規定）

- ④下フランジ及び腹板立ち上げ10cmは、弱溶剤形変性 $\text{I}^{\circ}$ 樹脂塗料下塗りを1回増塗りとする

（沖縄及びNEXCOのみ規定）



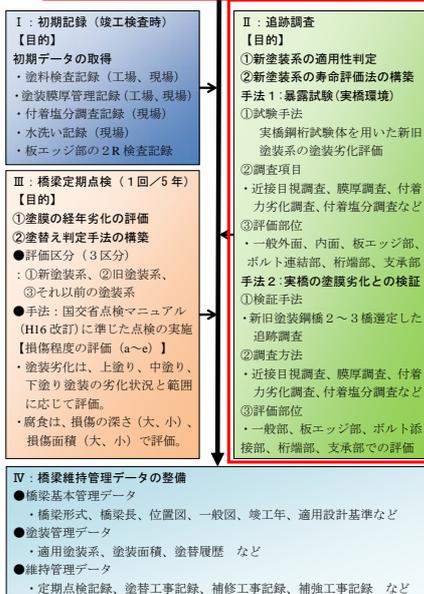
◆塗り分け区分

- ⑤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

### 沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの課題

項目	該当する基準書		課題
新設鋼橋の塗装 (一般部、ボルト・ナット)	新沖縄版	旧沖縄版	ポリウレタン樹脂からふっ素に変更しているが、効果があるのか
新設鋼橋の塗装 (一般部)	新沖縄版	防食便覧	防食便覧(120μm)に比べ新沖縄版(200μm)は80μm下塗を厚くしているが、効果があるのか
新設鋼橋の塗装 (ボルト・ナット)	新沖縄版	防食便覧	防食便覧に比べ新沖縄版は300μm下塗を厚くしているが、効果があるのか
維持管理	新沖縄版	—	水洗が有効と記載しているが、どの程度の効果があるのか
塗替え塗装 (一般部、ボルト・ナット)	新沖縄版	旧沖縄版	ポリウレタン樹脂からふっ素に変更しているが、効果があるのか
塗替え塗装 (一般部)	新沖縄版	防食便覧	防食便覧に比べ新沖縄版は60μm下塗を厚くしているが、効果があるのか
塗替え塗装 (ボルト・ナット)	新沖縄版	旧沖縄版	旧沖縄版に比べ新沖縄版は420μm下塗を薄くしたが、良かったのか

### 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～



### 塗装仕様の劣化評価を行い、さらに塗装寿命の延命化を図ります

- ①試験体を使った大気暴露試験
- ②実橋の塗装劣化の検証
- ③水洗技術の検討

#### 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 ・水洗い機械の開発、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ボルト適合部の防食技術 ・膜厚検査機器、方法の開発 ・ボルトキャップの機能評価 ・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	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

は現在取り組んでいる項目

①試験体を使った大気暴露試験

\* H22年から開始し10年間実施予定

新旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアルや防食便覧の新設用、塗替用の塗装仕様を試験体に塗装し、大気暴露

塗装仕様や塗装箇所の違いによる塗装劣化を評価

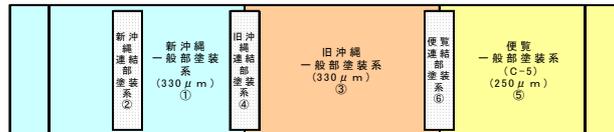


新設塗装用試験体の外観

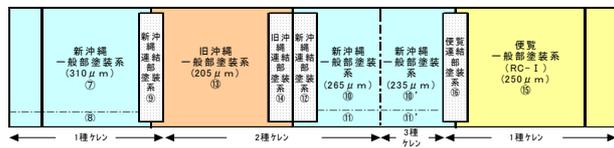


塗替塗装用試験体の外観

◆新設塗装用試験体の塗装区分



◆塗替塗装用試験体の塗装区分



17

①試験体を使った大気暴露試験(ボルト・ナット)

試験体の暴露試験から浮かび上がってきた課題

腐食劣化しやすいボルト添接部は膜厚が薄くなりやすい

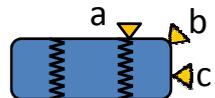


ナットの採取



切断

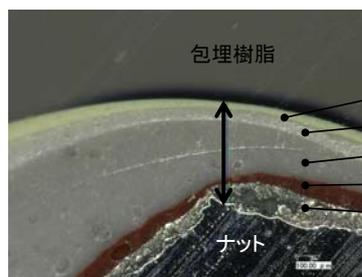
ナットの膜厚計測位置



新設塗装 新沖縄版	膜厚(μm)	膜厚(μm)		
		実際	目標	差
1	上	30	25	5
2	中	—	30	-30
3	下2	52	300	-248
4	下1	250	300	-30
5	ミスト	25	—	25
6	ジンク	81	75	6
合計		438	730	-292

(例: b部)

角部の膜厚が薄い



●ふっ素上塗り  
●超厚エポ下2  
●超厚エポ下1  
●ミストコート  
●厚無機ジンク

18

①試験体を使った大気暴露試験(ボルト・ナット)

膜厚を確保できるような塗装方法を検討

- ・ 基準に従いハケ塗りを行う (下塗り塗装回数を2回)
- ・ ハケ塗りで薄く塗り重ねる (下塗り塗装回数を4回に増やす)
- ・ ボルトキャップ注入方式

● 塗装仕様

工程	塗料	標準使用量	塗装間隔	標準膜厚
下塗り第1層	超厚膜型エポキシ樹脂塗料	500×2 g/m <sup>2</sup>	1~10日	300μm
下塗り第2層	超厚膜型エポキシ樹脂塗料	500×2 g/m <sup>2</sup>		300μm
中塗り	ふっ素樹脂塗料中塗り	140 g/m <sup>2</sup>	1~10日	30μm
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り	140 g/m <sup>2</sup>	1~10日	25μm



◆ハケ塗り



・注入状況



・注入ガン

◆ボルトキャップ注入方式

②実橋の塗装劣化を検証

\* H22年から随時開始

実際の橋の腐食状況から塗装劣化を評価

桁端部やボルト添接部等の腐食状況から実際の弱点部を検証



◆本島5箇所を調査



名護市の県道に架かる橋

◆旧沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの仕様で施工



南城市の国道に架かる橋

◆新沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの仕様で施工



◆ボルト添接部の状況

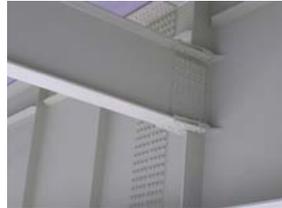


◆桁内部の状況

②実橋の塗装劣化を検証

新沖縄地区鋼橋塗装マニュアルを仕様した鋼橋のモニタリングの例

現在の状況を初期値として、今後の経時変化を観察する



◆腹板や横桁の腐食状況を観察する



◆色差の測定



◆光沢値の測定



◆付着塩分の測定



←鋼板ワッペン

◆ガーゼ法による飛来塩分の測定(毎月)と鋼板ワッペンによる腐食減耗量を測定し腐食環境を判定

21

③水洗技術の検討

\* H22年から開始

鋼桁に付着した塩分を除去し腐食の進行を抑制

適切な洗浄方法や洗浄回数を検討



通常の洗浄方法(水洗)

◆高圧洗浄機による桁内部の洗浄



◆モップによる桁内部の洗浄

環境保全が重要なヤンバルでの使用を想定



・ガーゼ法

◆飛来する塩分を測定



・付着塩分計

◆鋼桁に付着した塩分を測定



2回/年 1回/年

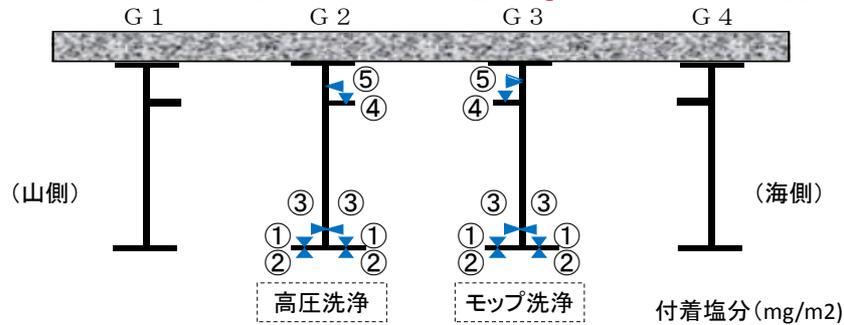
◆洗浄回数を鋼板の腐食速度から適切な回数を検討

22

③水洗技術の検討

水平面「①と④」には高濃度の塩分が付着

高圧洗浄機やモップにより規定値50mg/m<sup>2</sup>まで洗浄できた。



	①	②	③	④	⑤
G2山側	1999→32	730→23	122→18	—	—
G2海側	1920→14	585→48	706→48	1999→16	380→15
G3山側	1999→21	623→33	1036→24	1999→25	652→16
G3海側	1999→31	409→31	672→13	—	—

(洗浄前→洗浄後)

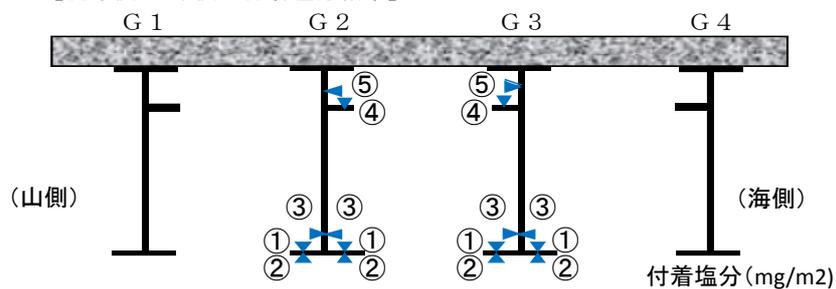
23

③水洗技術の検討

水平面「①と④」に塩分は付着しやすい。

水平部は、塩分が付着しやすい

【洗浄後 1年後の付着塩分結果】



	①	②	③	④	⑤
G2山側	827	358	130	—	—
G2海側	772	280	332	1516	395
G3山側	900	294	316	1053	237
G3海側	994	230	461	—	—

24

③水洗技術の検討

鋼板センサー試験結果より洗浄間隔による腐食の違いは明確でない

今後も継続的にモニタリングを続け洗浄間隔を検討する

	洗浄/月	洗浄/3月	洗浄/6月	洗浄なし
設置前				
3ヶ月目				
6ヶ月目				
12ヶ月目				

25

今後の展開

モニタリングを数年間にわたり継続し、そこで得られる有効な成果を次回の沖縄地区鋼橋塗装マニュアル改訂で反映

沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会

塗装の幅広い知見を提示

学識経験者

主導的な立場で検証を継続

沖縄総合事務局

沖縄県

モニタリングの実施

- ・次回の沖縄地区鋼橋塗装マニュアル改訂に向けた提案
- ・現場サイドへの有効な施工方法や維持管理方法を提案

沖縄県全体の鋼橋の長寿命化！

26