

# 沖縄地区鋼橋塗装マニュアルの今後の課題に対する技術検討

平良博孝・新垣博愛

## 1. はじめに

沖縄県内は、厳しい塩害環境下において他府県より腐食劣化の進行が速いことから、沖縄総合事務局では、全国で使用されている鋼道路橋防食便覧<sup>1)</sup>の他、沖縄地区鋼橋塗装マニュアル（平成20年8月）<sup>2)</sup>（以下「マニュアル」という。）を併用している。そこでは、鋼道路橋防食便覧よりも下塗りの塗膜厚を厚くした塗装仕様（一般部）を規定している。また、防せい防食に配慮した構造設計上の留意点、製作・施工上の留意点、維持管理上の取り組みを規定している。さらに、鋼橋塗装寿命の延命化を図るため、今後の課題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検討を記載している（図-1）。技術検討にあたって、平成21年度から、学識経験者や道路管理者から構成される沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会を開催し、議論を重ねてきた。本稿では、沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会で検討してきた事項の中から重要と考えられる知見を紹介する。

## 2. 構造設計上の留意点に関する技術的検討

### 2.1 飛来塩分防護構造

マニュアルでは、飛来塩分付着を避ける防食構造の選定を規定している。例えば、二次部材の多い鉸桁に対して箱桁構造にすることが挙げられる。

防食構造には、腐食促進の要因となる飛来塩分の付着を避ける構造として、遮塩版（以下「多機能防食デッキ」という。）が例として挙げられており、検討委員会ではその性能評価を以下の様に行っている。

図-2、図-3に一例として桁間に多機能防食デッキを設置したタイプの概念図を示す。図-2より、桁間の桁外面は、飛来塩分が付着し腐食劣化要因となる。図-3で示すように、桁間に多機能防食デッキを設置することで、飛来塩分の浸入を防止することができる。その他、多機能防食デッキは検査路として併用でき、桁間の外面塗装を内面塗

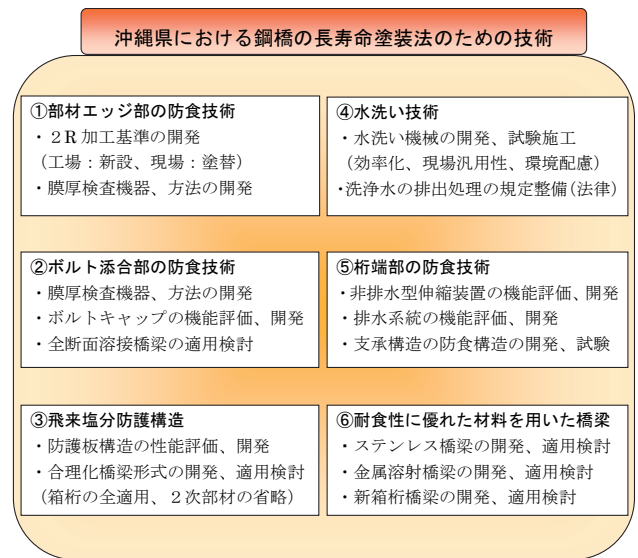


図-1 鋼橋の長寿命塗装法のための技術

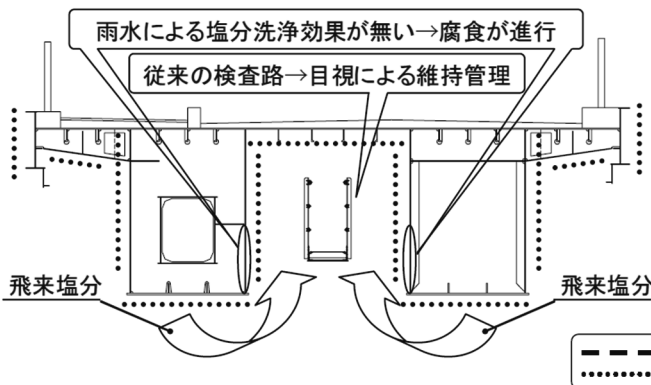


図-2 概念図（その1）

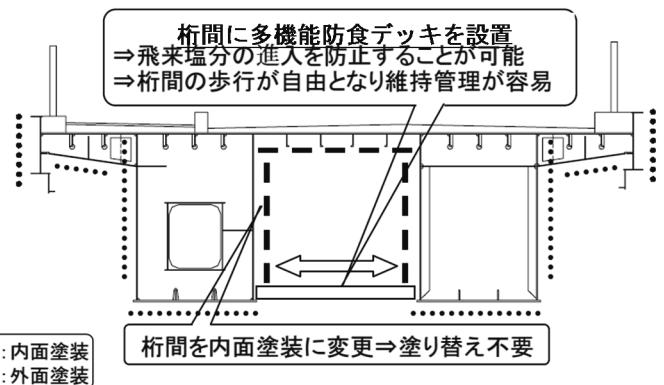


図-3 概念図（その2）

装に変更することが可能である。

写真-1に、多機能防食デッキ設置状況と桁間と多機能防食デッキに囲まれた内部状況を示す。鋼箱桁間の桁外面は、内面塗装を施している。

図-4に、主桁外、主桁内及び鋼桁内側における腐食環境調査器具の設置概要を示す。平均湿度は、8月～12月において、主桁外が83.9%、主桁内が78.8%、鋼桁内側が73.5%となった。ワッペン試験片（1年）は、主桁外でさび厚213.1 $\mu$ m、鋼桁内側で16.8 $\mu$ mであった。図-5に、5月～12月までの飛来塩分量結果を示す。図に鋼桁内側において桁端部から0m、10m、30mの地点、主桁内、主桁外の飛来塩分量を示す。主桁外に比べて飛来塩分量が遮断されていることがわかる。8月に桁端部を閉塞した結果、鋼桁内側の塩分量は、主桁内と同程度となっている。これより、多機能防食デッキは、鋼桁内側における腐食環境の改善に効果があると考えられる。

## 2.2 支承の防食

桁端部は、伸縮装置からの漏水や飛来塩分の付着により支間中央部に比べ腐食しやすい部位である。特に、海岸沿いの橋梁の場合、支承部の鋼部材は腐食損傷が激しい。これは、過酷な腐食環境下であることや、雨水やほこりがたまりやすいことが原因と考えられる<sup>1)</sup>。マニュアルでは支承の防食を課題として挙げている。検討委員会では、支承の防食について、下記のような検討を行っている。

写真-2に支承部の腐食状況を示す。鋼部材には溶融亜鉛めっきが施されている。

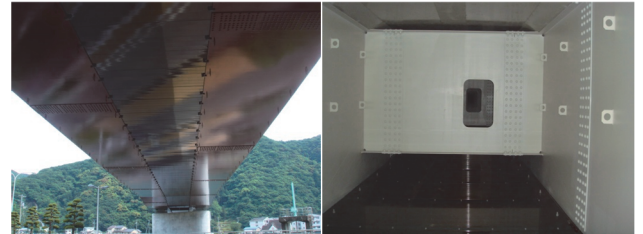
腐食耐久性を発揮すると期待できる材料として、表-1に示すような支承部の塗装系（一例）を検討している。防食下地には溶融亜鉛めっきより防食性の高い溶融亜鉛アルミニウム合金めっきを採用している。また、上塗りには粉体塗装を採用し、複合皮膜として高い防食性を確保している。

写真-3に沖縄県内の海岸沿いに設置された歩道橋において、表-1に示す防食仕様で防食した支承

表-1 支承部の塗装系

工程 (工場塗装)	塗料	標準使用量 (g/m <sup>2</sup> )	標準膜厚 ( $\mu$ m)
防食下地	溶融亜鉛アルミニウム合金めっき(5%Al-1%Mg-94%Zn)	350 以上	50 以上
上塗り	ナイロン 12 粉体塗装	—	200 以上

の状況写真を示す。12年経過しているが、鋼部材エッジ部には腐食が生じている（写真-3赤矢印）ものの、支承部に腐食劣化は見られない（青矢印）。



a) 桁下 b) 鋼箱桁間

写真-1 多機能防食デッキを設置した鋼箱桁橋

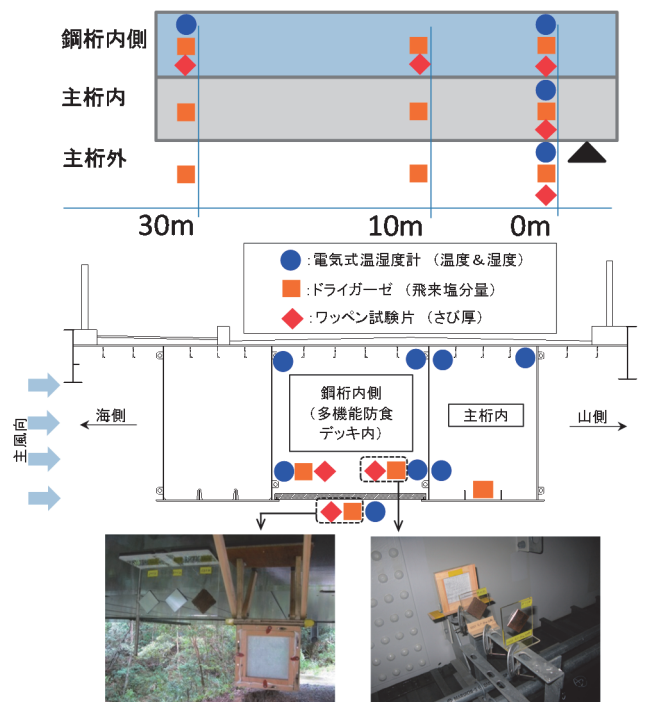


図-4 計測場所概要図

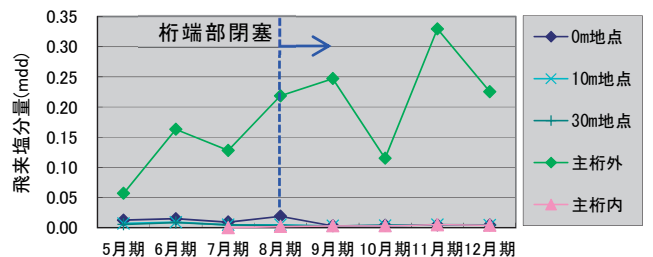


図-5 飛来塩分量



写真-2 支承部の腐食状況

### 2.3 維持管理時の水洗

検討委員会では効率的な洗浄手法について、以下のような検討を行っている。

写真-4、写真-5に、鋼桁において、試行的に実施したときの洗浄状況を示す。写真-4は、高圧洗浄機を用いている。写真-5は、モップ拭き（乾拭き）による洗浄である。どちらも、付着塩分量が $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下となるように実施した。モップ拭きでも付着塩分量を十分に低減できたことから、洗浄時に発生する濁水処理が問題となる箇所において有効な対策と考えられる。また、鋼桁の早期腐食発生部位は、一般部に比べてエッジ部や桁端部が挙げられる。そのため、維持管理費用低減を考慮し、洗浄範囲は、桁端部、下フランジ部（腹板との接合部を含む）、ボルト添接部、水平補剛材や垂直補剛材及び横構や支承部とし、一般部を除くことも検討している。

### 2.4 ボルト部の防食

ボルト部は、一般部に比べて凹凸があるため、膜厚確保が難しくなる（図-6）。また、重防食塗装系でないことから（防食下地がない）、腐食進行が一般部に比べて早いと考えられる（写真-6）。マニュアルでは、高力ボルトの塗装寿命の延命化のために、犠牲防食性能、環境遮断性能などによる高耐食性の発揮が期待される防食方法を課題として挙げている。



a) 高力ボルト添接部

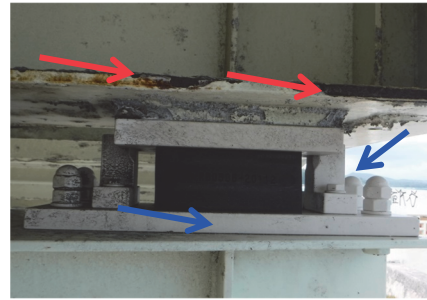


b) 一般部

写真-6 鋼I桁の腐食状況



a) 2005年施工当初



b) 2017年現在（12年経過）

写真-3 支承の経過観察結果



写真-4 高圧洗浄



写真-5 乾拭き

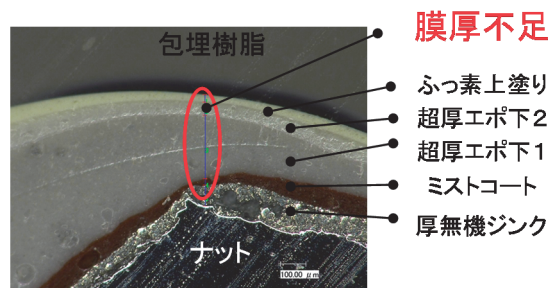


図-6 ナット部塗装の断面

下記に、検討委員会における犠牲防食性能の検討事例を示す。

塗装塗替え時に、高力ボルトに犠牲防食機能を有する防食下地を付与する方法の一つとして、比較的新しい技術であるコールドスプレー法による亜鉛皮膜の形成が挙げられる<sup>3)~5)</sup>。図-7に、コールドスプレー法の概要を示す。コールドスプレー法とは、金属粉体の融点・軟化温度より低温のガスを専用ノズルで加速させ、溶融させることなく固相状態のまま超音速で基材面に衝突させ、その金属粉体を塑性変形させることで基材面に密着・積層させる技術である。金属溶射の現場適用は、品質確保のために素地調整が重要だが、高力ボルト部の素地調整は凹凸があるため難しい。コールドスプレー法は、ある程度の残存さびを許容するため、現場施工に適している<sup>4),5)</sup>。写真-7には、実橋で腐食した高力ボルトに対して、コールドスプレー法を適用したときの試験施工状況を示す。試験施工では、施工性や品質について確認を行った。今後の課題として、実環境におけるコールドスプレー法の長期防食性能を把握するために、外観モニタリング調査を継続して行う予定である。

### 3. まとめ

道路橋示方書<sup>6)</sup>では、防せいに対する要求性能の一つとして、鋼材の防せい防食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、部材の形状及び経済性を考慮しなければならないとある。沖縄地区鋼橋塗装マニュアルでは、沖縄地区の厳しい腐食環境条件を考慮して、今後も技術的検討を重ねつつ、耐候性に優れた防せい防食の規定を検討していきたいと考えている。

### 謝 辞

本稿を執筆するにあたり、沖縄地区鋼橋塗装マニュアル検討委員会（委員長：矢吹哲哉）の各委員の方々には多くの助言や多大な協力を頂きました。ここに記して、深謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 公益社団法人日本道路協会：鋼道路橋防食便覧、2014.3
- 2) 沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部監修：沖縄地区鋼橋塗装マニュアル、2008.8

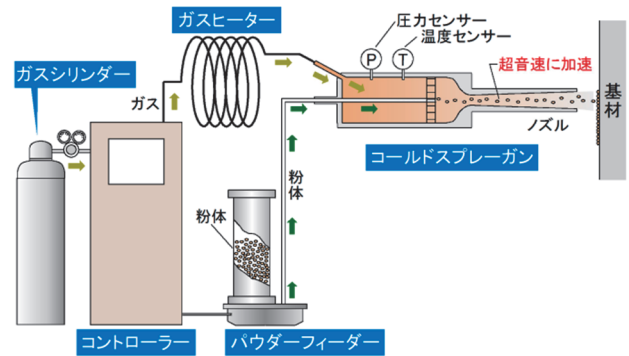


図-7 コールドスプレー法の概要



a) 施工状況①

b) 施工状況②

写真-7 コールドスプレー法試験施工

- 3) 清川昇悟、井口進、木村雅昭、下里哲弘：コールドスプレー技術で生成する金属皮膜を適用した高力ボルトの防食性能と機械的性質、日本鋼構造協会、鋼構造論文集、Vol.22、No.85、pp.133~141、2015.3
- 4) 下里哲弘、日和裕介、有住康則、山城慶：さび鋼板面に対するコールドスプレー法の防食皮膜形成に関する実験的研究、日本鋼構造協会、鋼構造論文集、Vol.24、No.93、pp.65~72、2017.3
- 5) 下里哲弘、有住康則、小野修一：表面処理技術を応用した腐食鋼桁端部の性能回復に関する研究、新道路技術会議、道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート、No.26-4
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編、2017.11

平良博孝



内閣府沖縄総合事務局  
開発建設部道路管理課  
道路保全企画官  
Hirohisa TAIRA

新垣博愛



内閣府沖縄総合事務局  
開発建設部道路管理課  
構造物保全係長  
Hiroyoshi ARAKAKI