

高塩分環境下における既補修耐候性鋼橋梁の経年調査結果とその後の対処法

日鉄防食 正会員 ○今井篤実, 落部圭史, 松本洋明
松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠, 武邊勝道, 広瀬 望

1. はじめに

耐候性鋼橋梁について、事前の腐食環境調査、詳細調査、補修設計、補修施工の実施および補修施工後経年調査を一貫して行った事例は少ない。そこで、島根県益田市の架設後 35 年経過した耐候性鋼橋梁を対象として、産官学一体となり補修設計、補修(本補修、一部試験施工)実施および補修施工後から約 5 年間の経年調査を一貫して実施した。当該対象橋梁は、図 1 に示すように、山陰の日本海側から約 800m の位置に架設された無塗装耐候性鋼橋梁で、その架設環境は、2011.9 から実施した 1 年間の飛来塩分調査で、桁内平均 0.60mdd、最大 1.50mdd にもおよぶ高飛来塩分環境であることが確認されている。詳細調査では、イオン透過抵抗法を用いて、そのさび・被膜状態を定量的に判定し、腐食マップ(さび・被膜状態)を作成し、補修設計を実施するための資料とした。当該橋梁の補修設計は、耐候性鋼材としての防食機能をできる限り残すことを考慮した上で補修仕様を決定することが発注者の意向として求められた。腐食マップから得たさび・被膜状態に対応した本補修の補修箇所、本補修仕様およびその特徴を図 2、表 1 に示した。また、本補修(257m²)【水洗工法¹⁾(耐候性鋼橋梁用 Rc-I 塗装系:128m², 50%), 延命化処理²⁾(43m², 17%), 無補修(84m², 33%)】に加え、当該橋梁の腐食の厳しい部位の小面積を用いて水洗レス工法(約 1m²)、チタン箔工法(約 1m²)の試験施工も実施した^{3),4)}。補修施工後の経年調査は、初期(本補修:4 ヶ月目, 試験施工:1 ヶ月目), 1 年目, 2 年目, 3 年目, 4 年目および 5 年目に実施した。

そこで、高飛来塩分環境下で補修(本補修、試験施工)した 5 年間の経年調査結果とその結果に応じた対処法(案)を検討したので報告する。

2. 経年調査結果

本補修、試験施工箇所における付着塩分量の推移を図 3 に示す。この付着塩分量の推移より、補修



図 1 対象橋梁位置と橋梁外観

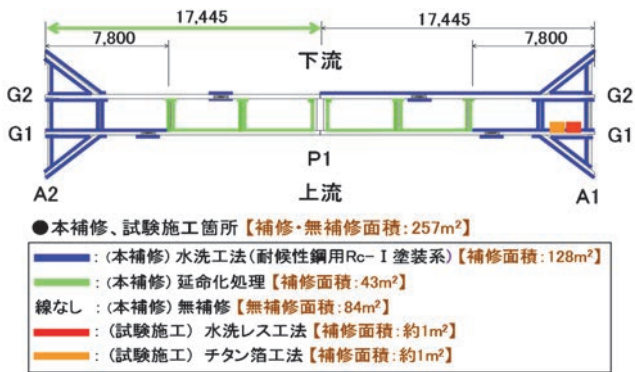


図 2 本補修、試験施工箇所と仕様

表 1 補修仕様とその特徴

補修仕様		補修仕様の特徴
本補修	水洗工法 (耐候性鋼用Rc-I 塗装系)	◆水洗工法は、鋼道路橋防食便覧(2014年)の補修要求事項を満足した工法 ①ダイヤモンド工具による固着さびの除去。 ②水洗処理とプラスト処理を繰り返し、残存塩分量を50mg/m ² 以下とする ③耐塩分に強い特殊有機ジンクリッチペイントの適用。 ※当該本補修では、特殊有機ジンクリッチペイントを用いたが、残存塩分量が50mg/m ² 以下とするため従来ジンクリッチペイントの適用で可。
	延命化処理	◆延命処理は、本補修実施までの延命を狙った工法 ①ダイヤモンド工具による固着さびの除去。 ②塩分抑制剤塗布(炭酸ナトリウム溶液)し、塩分抑制材をカップワイヤ処理で除去。
	無補修	◆2014.1の詳細補修設計時のさび・被膜の状態で補修等の対処実施不可(＝無補修)判断 ①イオン透過抵抗法の診断で橋梁点検のみ実施でよいとした箇所。 ②さび・被膜厚でおおよそ300～500μmの範囲あり。
試験施工	水洗レス工法	◆水洗レス工法は、環境負荷(水洗処理なし)低減、且つ水洗工法とほぼ同等の性能を有する工法 ①ダイヤモンド工具による固着さびの除去。 ②腐食抑制剤とプラスト処理によるさび、素地面の残存塩分の除去。 ③耐塩分に強い特殊有機ジンクリッチペイントの適用。
	チタン箔工法	◆チタン箔工法は、チタン箔シート貼り付けと塗装併用し、部材端部の防食性能に優れた工法 ①プラスト処理後、凹凸がない場合は、チタン箔シート(0.1mmチタン+0.75mm両面テープで張り付け。 ②プラスト処理後、凹凸があれば、パテ等で不陸処理し、チタン箔シート(0.1mmチタン+0.75mm両面テープで張り付け。 ③チタン箔シート上に、チタンでも付着するチタン用プライマー塗布後、中塗、上塗塗装を実施。

キーワード 耐候性鋼橋梁, 水洗レス工法, 水洗工法, 延命化処理, チタン箔工法, 対処法
連絡先 〒299-1141 千葉県君津市君津 1 番地 (日本製鉄株式会社東日本製鉄所君津地区)
日鉄防食(株)エンジニアリング事業部技術部 ENG 技術開発グループ TEL 0439-57-0985

塗装面の1～5年目の平均付着塩分量は、782mg/m²、最大付着塩分は、>1,999mg/m²と高付着塩分下の置かれていたことが確認された。このような高付着塩分環境下であっても、水洗工法、水洗レス工法およびチタン箔工法塗装面の一般部は、外観上特に変状は見られず、図4の補修塗膜のRST(イオン透過抵抗)値は、全測定点が10GΩと健全性の基準値である2GΩ以上の値⁵⁾を示し、補修塗膜には防食機能の劣化は見られず、健全な状態にあることが確認された。しかしながら、本補修(水洗工法)の内、4箇所ある添接部の内1箇所所で補修塗膜が剥離し、補修塗膜部からさびの発生が確認された。4年目経過時点頃から本補修(水洗工法)のフランジのエッジ部からさびの発生がみられ、そのさびの発生は、4年から5年目で徐々に増加傾向にある。延命化処理部は、さび厚が徐々に増加し、約5年経過した時点のさび厚は、平均で約250μm、最大で500μm弱に至っていた。異常さびを800μmとした場合、あと約4年から約10年程度で異常さびに至ると推定された。無補修部は、1～2年目はさび・被膜厚は微増であったが、2～4年目でさびが増加し、約5年経過した時点でのさび・被膜厚は、平均で約500μm、最大で約1,000μm弱に至っていた。異常さびを1,000μmとした場合、1年以内から約5年程度で異常さびに至ると推定された。延命化処理面、無補修面の想定外のさび厚の増加は、近年発生が多発した爆弾低気圧による影響も考えられる。

3. まとめ

各補修仕様の5年間の経年調査結果とその後の対処法(案)を表2に示す。この対処法(案)を参考として維持管理計画を策定していく。

謝辞

本研究は、益田市建設部土木課による産学官共同によって実施された業務の一部を纏めさせて頂いたものです。

参考文献

1) 空谷ら：炭酸ナトリウムによる耐候性鋼材の腐食制御に関する検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，2014.

2) 落部ら：耐候性鋼橋梁の維持管理に関する補修工法の開発，構造工学論文集 Vol. 66A，2020.

3) 大屋ら：耐候性鋼橋梁の適切な維持管理（点検・補修等）に関する技術開発，2016.

4) 今井ら：耐候性鋼橋梁の防食補修塗装法の実施に関する一考察，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol. 68, No.2, 2012.

5) 今井ら：イオン透過抵抗法を用いた鋼構造物の診断(2)塗装鋼構造物への適用検討，第28回鉄構塗装技術討論会発表予稿集，2005.

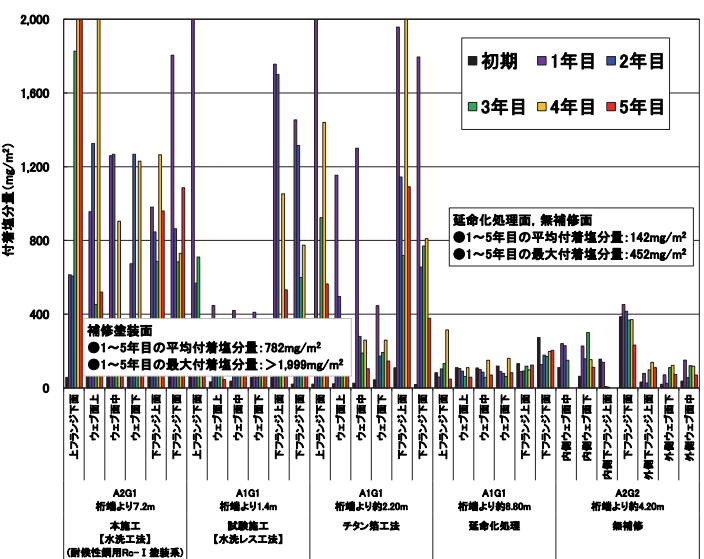


図3 本補修，試験施工箇所における付着塩分量推移

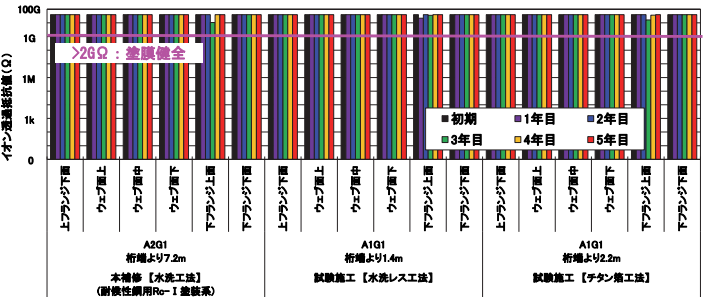


図4 本補修，試験施工箇所補修塗膜のRST値の推移

表2 各補修仕様の5年間の経年調査結果とその後の対処法(案)

補修仕様		各補修仕様の5年間の経年調査結果(★印)	今後の対処法(案)(■印)
本補修	水洗工法 (耐候性鋼用Rc-I塗装系)	★一般部では、外観、膜厚、イオン透過抵抗値の推移から補修塗膜は、防食機能の劣化は見られないことから良好な防食状態にあった。 ★4箇所ある添接部の内1箇所所で補修塗膜が剥離し、補修塗膜部からさびの発生が見られた。 ★4年目経過時点頃から本補修(水洗工法)のフランジのエッジ部等からさびの発生がみられ、そのさびの発生は、4年から5年目で徐々に増加傾向にある。	■一般部は、定期点検での経過観察の実施。 ■添接部は、本補修時の素地調整不足が原因と推察されるため、塗装補修(例、水洗レス工法、水洗工法、Rc-I工法等)の実施を推奨。
	延命化処理	★延命化処理後、さび厚が徐々に増加し、約5年経過した時点のさび厚は、平均で約250μm、最大で500μm弱に至っていた。異常さびを800μmとした場合、あと約4年から約10年程度で異常さびに至ると推定された。	■エッジC加工後、Rc-II工法での補修の実施(素地調整程度Ⅱ程では、残存塩分量が多く軽減できない可能性があるため、防食下地には、特殊有機ジンクリッチペイントを推奨)。 ■5年程度経過時点で、再度、延命化処理を実施を推奨。
	無補修	★無補修部は、1～2年目はさび・被膜厚は微増であったが、2～4年目でさびが増加し、約5年経過した時点でのさび・被膜厚は、平均で約500μm、最大で約1,000μm弱に至っていた。異常さびを1,000μmとした場合、約1年以内から約5年程度で異常さびに至ると推定された。	■延命化処理を実施を推奨。
試験施工	水洗レス工法	★外観、膜厚、イオン透過抵抗値の推移から補修塗膜は、防食機能の劣化は見られないことから良好な防食状態にあった。	■一般部は、定期点検での経過観察の実施。
	チタン箔工法	★チタン箔を覆っている塗膜の膜厚、イオン透過の推移から補修塗膜は、防食機能の劣化は見られない。また、チタン箔端部からのチタン箔の剥がれ、浮き等は、見られないことから良好な防食状態にあった。	■一般部は、定期点検での経過観察の実施。 但し、チタン箔工法は、チタン箔端部からのチタン箔シートの剥がれ、浮きを確認する。