

海浜地区に用いたさび安定化補助処理を施した無塗装耐候性鋼橋梁の追跡調査

新日本製鐵株式会社
(株) REC (勤務・鉄道運輸機構)
新日本製鐵株式会社
新日本製鐵株式会社

正会員 ○西部和生*
正会員 保坂鉄矢
正会員 田中睦人
正会員 藤井康盛

1. はじめに

現在、耐候性鋼を用いた無塗装橋梁の防食法の信頼性向上と適用可能性の拡大検討が進められ、鉄道橋においても当該橋が積極的に用いられている。今回、一般に無塗装桁が適用できない環境（飛来塩分量が多い海浜地区）に採用した無塗装橋梁（平成10年に世界に先駆けてニッケル系高耐候性鋼を用いた北陸新幹線北陸道架道橋¹⁾）の経時的橋梁機能の追跡を目的に実橋の調査を行うこととした。尚、これまでは、近接地に設置した模擬橋梁試験体及び曝露試験片の調査²⁾を実施してきた。

今回の調査対象橋梁は、離岸距離が600mと比較的厳しい飛来塩分環境下にあることから、橋脚および上部工に3%ニッケル高耐候性鋼を用い、表面にはさび安定化補助処理[以下 N 処理という]が施されているが、通気性と滞水抑制に配慮した閉塞型の桁構造形状（4径間連続GC[以下 船型桁という]、3径間連続複合CFT桁[以下 CFT 桁という]）が適用されている。

本投稿は、7年目に実施した本橋の追跡調査に基づき、判明した事項を報告するものである。

2. 実橋調査の目的

今回の調査では以下を目的に、付着塩分量の分布、N 処理部の遷移過程を調査した。

- ① 当該橋梁の桁形状の配慮による耐食性効果の把握。
- ② 当該橋梁において飛来塩分が付着し易い箇所の把握。
- ③ N 処理部の塗膜の健全性及び下層保護性さびの生成状態の確認。

①②の課題に対しては、FEM を用いた桁近傍での飛来塩分解析を実施し、桁形状により塩分が飛来し易い箇所を特定した上でモニタリング点の絞込みを行った。

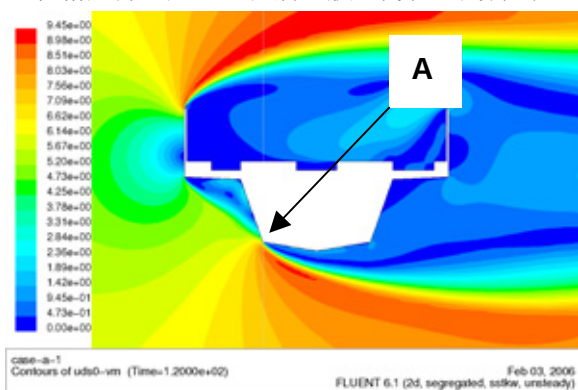
③の課題に対しては、塗膜の健全性及び下層の保護性さびの生成状態を評価できるイオン透過抵抗測定法を用いることとした。

3. 付着塩分量の分布

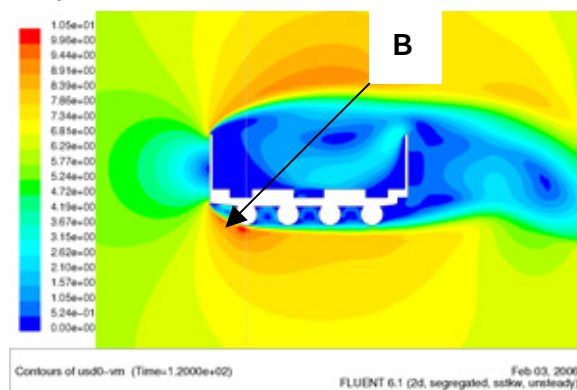
実橋調査に先立ち、塩分が桁近傍に対しどのように飛来するかを推定した。

解析においては、汎用流体ソフト FLUENTver6.1 を用い、塩分の沈降（空気の流れ、重力）と損失（森林のフィルター効果、桁表面での付着）を考慮するためUDF（User-Defined-Function）機能を追加し、橋桁2次元断面で非定常の乱流、濃度計算を行った後、飛来塩分量を風速と桁近傍の塩分濃度の積にて評価した。

図-2は各桁近傍の風源に対する飛来塩分量の比を示したものである。飛来塩分量は、風速との相関が特に大きく、飛来塩分量が最も多い箇所は、船型桁では風上側の図-2（a）A点付近から底面部分、鋼管桁では風上側の図-2（b）B点付近及びその他の管底部と予想された。外観調査では、さびの発生は殆どなかったが、桁底部 N 処理の表層塗膜の劣化が局部的にみられた。



(a) 船型桁近傍の飛来塩分量比



(b) CFT 桁近傍の飛来塩分量比

図-2 桁近傍における飛来塩分量比の分布と桁底部の局部腐食

実測した付着塩分量を表-1に示すが、船型桁・CFT 桁とも底面の方が側面より高い値を示した。

事前の飛来塩分解析手法は、未だ雨洗効果と湿度効果を反映できない手法ではあるが、橋桁が晒される塩分環境分布をある一定の傾向で捉えることができると考える。

表-1 付着塩分量実測結果

	付着塩分量 (mg/m ²)			
	海側側面	海側底面	陸側底面	陸側側面
船型桁	795~887	2000超	2000超	528~740
CFT桁	311~718	2000超	2000超	267~2000

キーワード：耐候性鋼橋梁 ニッケル系高耐候性鋼 さび安定化補助処理 イオン透過抵抗測定法

* 〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南 2-13-18

052-581-2152

4. N処理部の塗膜及びその下層さびの生成状態

4.1 N処理部の評価

N処理は、表層の環境緩和機能（T機能）と下層の保護性さび生成補助機能（P機能）を併せもつが、今回、船型桁について、表層塗膜の健全性及び下層の保護性さびの生成状態をイオン透過抵抗測定法により評価した。

イオン透過抵抗測定法³⁾とは、電気化学インピーダンス法により塗膜劣化及び保護性さび生成過程をイオン透過抵抗値の変化により評価する手法であり、N処理の表層塗膜が健全な場合は、高い抵抗値を示す。また、N処理がない裸使用の場合は、抵抗値は当初低い、保護性さびの生成に伴い数十kΩ程度まで抵抗値が上昇する。その関係は図-3及び図-4で表現される。

図-3で、今回の橋梁での実測値（表-2）を評価すれば、海側側面部（A）と陸側側面部（D）はIII部（T機能がまだ未劣化）にあり、海側底面部（B）及び陸側底面部（C）がIII部からII部（塗膜下で保護性さび生成）への遷移過程にあると推定される。

4.2 さび発生部の評価

支承受近に若干発生したさび部の評価も試みた。

塗膜を含むさび厚平均値は79μm、イオン透過抵抗値は143kΩであった。これを図-3で評価すれば、▲の位置にありN処理膜の環境遮断性が少し落ちつつあるが鋼さび単独での抵抗値（数十kΩ程度）よりもまだ高い位置にあると言える。

5. 実橋と模擬橋梁試験体におけるさび生成状況観察との関係

実橋の海側の隣接地では、模擬橋梁試験体及び曝露試験片にて腐食の遷移状況を1・3・5年目に追跡調査²⁾している。

模擬橋梁試験体²⁾は、3%ニッケル高耐候性鋼及び普通耐候性鋼を使用し、裸使用部とN処理部を有している。

図-5は、桁概要と5年目の3%ニッケル高耐候性鋼（裸使用部）のさび生成状況の写真である。海側の桁の下フランジ下面（写真①部）と桁内側の下フランジ上面（写真②部）のさびはうろこ状もしくは層状を呈していない。この①②部位に隣接したN処理部での付着塩分量は、両方とも2000mg/m²超と高い値を示した。

平均さび厚は、下フランジ下面で153μm、桁内部下フランジ上面で233μmであった。

またその際の、イオン透過抵抗値は、下フランジ下面で

64.6Ω（★）、桁内部下フランジ上面で0.69kΩ（●）であった。

この関係を図-4で評価すれば、下フランジ下面のさびは未成長さびの領域、桁内部下フランジ上面さびは保護性さびの生成過程領域にあると推定できる³⁾。

このさび厚とイオン透過抵抗値の差は、桁内部を持つ構造から、通気性と滞水抑制に配慮した閉塞の桁形状とした場合に、最も腐食し易い部位が桁内部上向き部材から桁底部に移行し、腐食し難い構造となる可能性を示唆している。

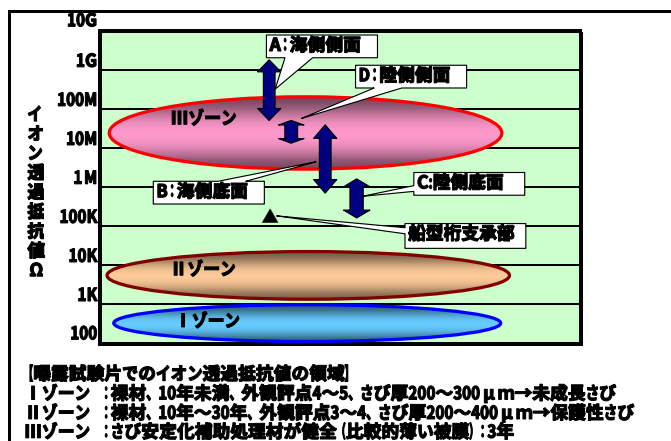


図-3¹⁾ トップコートの劣化推定図

表-2 イオン透過抵抗値実測結果

イオン透過抵抗値			
A:海側側面部	B:海側底面部	C:陸側底面部	D:陸側側面部
70MΩ～2GΩ超	1MΩ～13MΩ	143KΩ～1.2MΩ	9.1MΩ～26MΩ

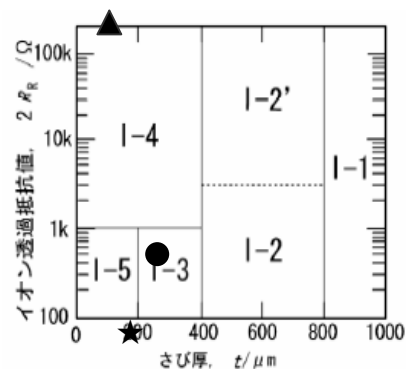


図-4¹⁾ さびの環境遮断機能判定目安図

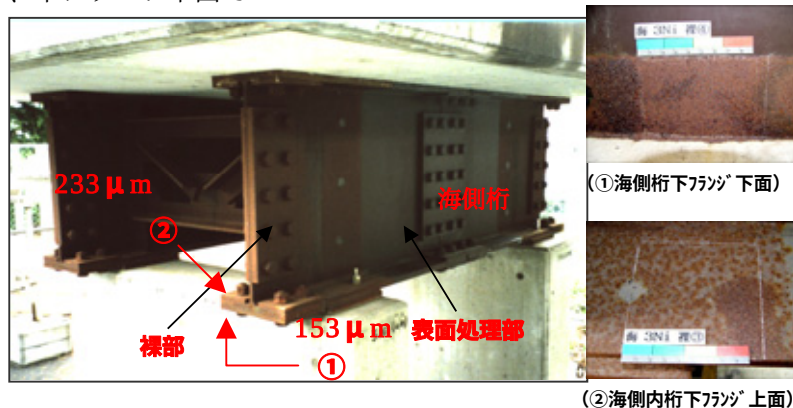


図-5 模擬試験橋梁とさび生成状況

6. まとめ

今回の調査にて、以下の可能性のあることが判明した。

- 1) 耐候性無塗装橋梁は、飛来塩分量が多い海浜環境下でも通気性と滞水抑制に配慮した形状等の構造の工夫により防食性を向上できる可能性がある。
- 2) 付着塩分量は、桁近傍の飛来塩分濃度解析により、ある程度の分布の傾向を推測することができる。
- 3) 新しいイオン透過抵抗測定法により、さび安定化補助処理及び下層さびの遷移状態を評価できる。

今後の引き続きの調査検証が必要かと考える。

参考文献

- 1) 保坂、加藤、楠：高耐候性鋼の開発と無塗装橋梁への適用、橋梁と基礎、2002-6、Pp31-38
- 2) 保坂 田中ら：3%ニッケル高耐候性鋼模擬橋梁試験体による海浜地区暴露試験（第5報）土木学会 61 回年次学術講演会
- 3) 紀平 今井ら：「さびのイオン透過抵抗」（社）腐食防食協会 第149 回腐食防食シンポジウム資料 2004.12