

鉄道コンクリート橋梁における電気防食工法の耐久性評価について

J R 東日本 正会員 ○狩野 周
 J R 東日本 正会員 伊藤 大輔
 J R 東日本 正会員 堀川 高好
 J R 東日本 正会員 松田 芳範

1. はじめに

近年コンクリート構造物の長期耐久性の向上が社会的にますます求められている。コンクリート構造物の耐久性低下につながる損傷は、使用材料やかぶり不足など施工に起因するものと、水や飛来塩分など周辺環境に起因するものがある。特に日本海沿岸のコンクリート構造物は季節風などによる飛来塩分の影響によって、厳しい塩害環境条件にある。

コンクリート中の含有塩化物イオン量の多少に関わらず防食効果が期待できる有効な塩害対策工法のひとつとして電気防食工法がある。本稿は日本海沿岸の鉄道 PC 橋梁における電気防食工法について、適用 10 年後の評価を報告するものである。

2. 橋梁と電気防食工法の概要

①橋梁の概要

塩害環境における鉄道 PC 橋梁の長期耐久性向上を目的に、日本海沿岸の単線 PC 橋梁にて 1998 年から電気防食工法を適用している。橋梁の諸元を表 1 に示す。本橋梁は日本海岸から約 150m に位置し、海岸線との間には単独の鉄道橋と道路橋が架設されているほかは、海岸からの風を遮るものは何もないため、飛来塩分の影響を多分に受ける環境条件にある。

表 1 橋梁緒元

橋長	151.5m
建設年	1974年
軌道種別	バラスト軌道
線形	直線
勾配	7.6‰
構造形式	1～5連目 PCI型3主桁 (スパン:19.0m)
	6連目 PCI型4主桁 (31.3m)
	7連目 PCボロー桁 (12.9m)

②電気防食工法の概要

塩害に対する予防保全的な取り組みとして、1998 年から試験的に適用してきた 6 種類の電気防食工法を表 2 に示す。なお電気防食工法を施工する前は、鉄筋の腐食にともなう露出や、コンクリートの浮き

が主桁下フランジの角部で一部発生していたため、劣化部をはつり、断面修復を施した後に、各種工法を施工した。

電気防食工法への溶射の適用は、溶射膜厚など施工管理が難しい工法ではあるが、コンクリート表面に溶射皮膜を形成するのみで陽極体を形成できることから死荷重の増加が少なく、下フランジなど複雑な形状の構造部材に対しても施工が容易な工法として採用した。表 3 に溶射工法の仕様を、写真 1 にチタン溶射施工の様子を示す。

表 2 連ごとの適用電気防食工法

	電気防食工法	外部電源or犠牲陽極	適用年
1連目	亜鉛パネル工法	犠牲陽極	1998年
2連目	チタングリッド工法	外部電源	1998年
3連目	チタン溶射工法	外部電源	1998年
4連目	チタンメッシュ工法	外部電源	1998年
5連目	チタンロッド工法	外部電源	1998年
6連目	チタン亜鉛溶射工法	外部電源	1999年

表 3 溶射工法の仕様

溶射方式	チタン溶射工法	チタン亜鉛溶射工法
溶射膜厚	Ti: 100 μ m	Ti: 60 μ m + Zn: 100 μ m
溶射材使用量	Ti: 1.0kg/m ²	Ti: 0.8kg/m ² + Zn: 1.5kg/m ²
溶射パス数	4パス	Ti: 2パス + Zn: 2パス
電気伝導度	Ti: 6.0×10^6 S/m Zn: 16.8×10^6 S/m (Cu: 59.0×10^6 S/m) S=1/Ω、S値が大きいかほど電気が流れ易い	



写真 1 下フランジへのチタン溶射の様子

3. 長期耐久性の評価

各種電気防食工法の長期耐久性の把握を目的に、継続的に現地調査および電位・電流の経時変化分析を実施してきた。適用後おおむね 10 年間の結果を報告する。

キーワード コンクリート、電気防食工法、耐久性

連絡先 〒950-0086 新潟県新潟市中央区花園 1-1-4 東日本旅客鉄道株式会社 新潟土木技術センター

①現地詳細調査

現地詳細調査として、目視調査および打音調査を継続的に実施している。

2004年の調査において、1連目から5連目においては、顕著な変状は発生していなかったものの、6連目主桁の山側の下フランジに橋軸方向のひび割れ、および周辺のコンクリートの浮きが確認された。詳細調査の結果、ひび割れや浮きは断面修復部の打ち継ぎ界面付近に生じており、はつり後に用いた断面修復材の収縮によりひび割れが生じたと思われる。また、ひび割れが生じたことにより電流分布が不均一となり一部に鋼材の腐食が認められたため補修を行った。その後の調査においては、変状は生じておらず良好な防食効果が確認された。

②電位・電流の経時変化

電気防食工法は、安定した電位で電流供給を継続してこそ防食効果が発揮される工法である。そこで電位・電流の経時変化分析を実施している。主な評価および判定の基準¹⁾は、以下3点である。

- ・ インスタントオフ電位が-1000mV よりプラス側であること
- ・ 復極量が 100mV よりプラス側であること
- ・ 電流密度が $1\text{mA/m}^2 \sim 30\text{mA/m}^2$ であること

図1に各種工法のインスタントオフ電位の経時変化を示す。経過おおむね10年で電位はほぼ安定しており、全工法において基準値の-1000mV以上を保持している。

図2に各種工法の復極量の経時変化を示す。全工法において、基準値の100mV以上を保持している。

図3に各種工法の電流密度の経時変化を示す。電流密度は経過2年目あたりから安定し、全工法において基準値の $1\text{mA/m}^2 \sim 30\text{mA/m}^2$ を保持している。

③その他の評価

鋼材電位については、コンクリート中に埋設した照合電極を用いた測定を実施しているが、各種工法ともにPC鋼材が水素脆化を引き起こすような過防食電位(vsCSE基準で-1000mV以下)には達していない。また電源装置・陽極システム・配線などにも劣化や損傷がないことを確認している。なお溶射方式による陽極体を用いた電気防食工法においては、断面修復材の収縮ひび割れの発生などによって、部分的に防食電流分布が不均一となることがあり、導電

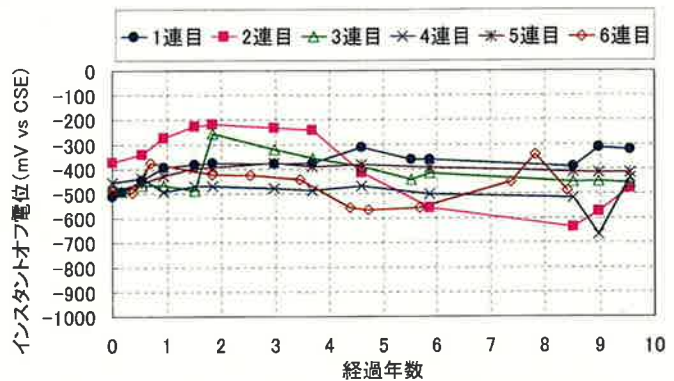


図1 インスタントオフ電位の経時変化

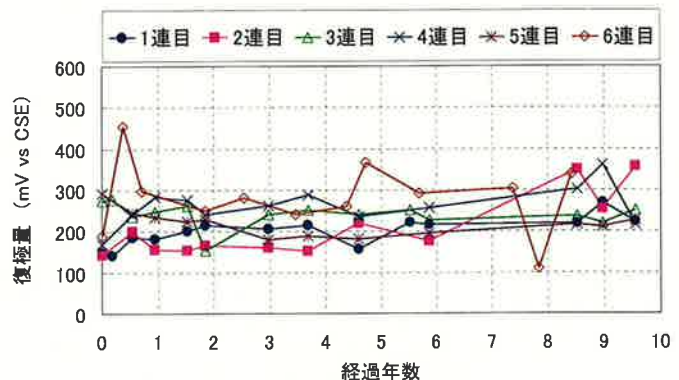


図2 復極量の経時変化

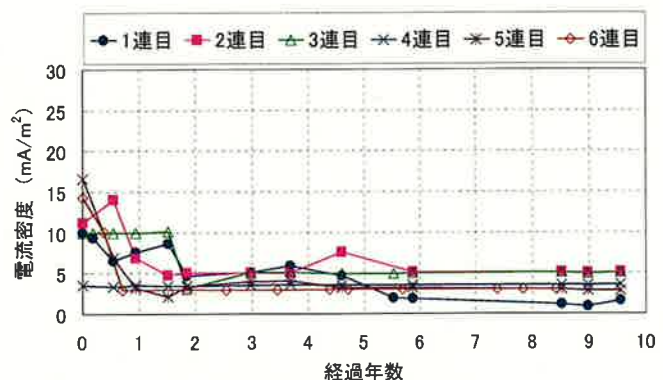


図3 電流密度の経時変化

材等の配置により機能を確保する必要がある。

4. おわりに

本橋梁の経過おおむね10年までは、各種電気防食工法の良好な塩害対策効果を確認することができた。

一方で電気防食工法は長期耐久性の塩害対策工法とされるものの、実構造物への適用実績や適用年数が従来工法に比べ少なく、正確な耐久性については不明確な部分がある。今後もこのような調査・分析を継続することで、電気防食工法を用いた構造物維持管理のさらなる信頼性向上に寄与することができると考える。

参考文献

- 1) 電気化学的防食工法設計施工指針(案), 土木学会, コンクリートライブラリー107.