

電気防食実施橋りょうでのひび割れ再発の原因推定と改善案の検討

東日本旅客鉄道（株） 非会員 ○西村 信之輔
東日本旅客鉄道（株） 非会員 木原 竜
東日本旅客鉄道（株） 非会員 畠中 優

1.はじめに

当社では海岸線から概ね 1km に位置するコンクリート橋りょうで飛来塩分の影響を大きく受けており、塩害に起因する変状が多く発生している。その中で塩害対策として電気防食工法と塩化物イオン吸着剤添加モルタルによる補修を実施しているが、電気防食実施橋りょうにおいてひび割れの発生が何度も確認された。本稿では今後の再発防止に向けて実施した原因推定と改善案の検討について報告する。

2.橋りょう諸元

当該橋りょうの諸元は表 1 の通りである。

表 1. 橋りょうの諸元

連数	複線 3連
取得年（経年）	1968年（57年）
構造種別	下り線 3連目 ポストテンション PCI桁 4主桁
海岸からの距離	100m

3.変状履歴

当該橋りょうでは供用開始わずか 2 年で主桁にひび割れが発生し、その後注入材や断面修復材により補修を実施したが、ひび割れの再発は防げなかった。そこで抜本的な対策として下り線 3 連目で 2003 年に電気防食（チタン亜鉛溶射）を実施し、ひび割れが再発したため 2013 年に電気防食（チタン溶射）に改良した（写真 1）。

しかしその後 2020 年にひび割れが再発した。



写真 1. 下フランジ側面のひび割れ状況（左：1995 年 右：2023 年）

電気防食施工後もひび割れが再発していることから電気防食設備に問題があると考え、復極量を確認したが、チタン溶射施工後では防食管理指標である復極量の基準値 100mV を上回っており、復極量の推移（図 1）は良好であった。

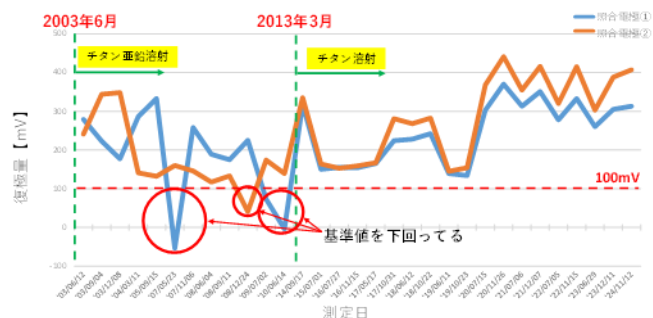


図 1. 復極量（防食管理指標）の推移

4.ひび割れ再発原因の推定

4.1 調査

ひび割れの再発原因として、「塩化物イオンの影響による鉄筋腐食」と「断面修復時の影響」の2つの仮説を立てたうえで、①目視・打音調査、②塩化物イオン量測定、③はつり調査・中性化試験の調査を実施した。

①の目的は、変状の有無や変状規模等の把握である。結果は G1, G4（図 2）で健全度 A ランクのひび割れが桁側面や隅角部で発生していた。海側 G1, G2（図 2）では変状が多く発生し、各変状箇所において部分的に浮きが見られたが、錆汁は見られなかった。



図 2. 変状概略図

②はドリル法にて箇所・深さを変更し 24 箇所を試料採取を行い、蛍光 X 線分析計を用いて実施した。結果は全箇所で塩化物イオン量が腐食発生限界値

($1.2\text{kg}/\text{m}^2$) を超過し、鉄筋付近においても腐食発生限界値を超過していた (図 3)。

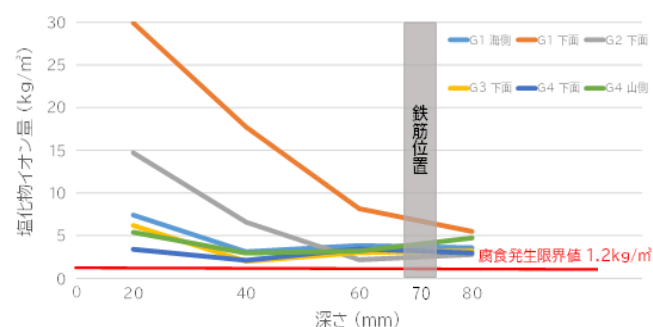


図 3. 塩化物イオン量測定結果

③の目的は鉄筋の腐食状況やコンクリート界面の状況確認である。①②の調査結果から塩化物イオン量やひび割れが多く確認された G1、G2 で実施した。

変状箇所 (写真 2) では、鉄筋腐食による著しい膨張や減肉は確認されなかったが、断面修復部にて断面修復材と母材の間に界面剥離が見られ、水染みや空洞も見られた。



写真 2. 変状箇所のはつり断面状況

健全部 (写真 3) では、鉄筋の腐食膨張や減肉は確認されず断面修復材と母材の間に界面剥離や空洞も見られず十分に密着していた。



写真 3. 健全部のはつり断面状況

4.2 ひび割れ再発原因

①～③の調査結果から、ひび割れの再発原因は鉄筋の腐食膨張に起因したものではなく、断面修復材の水分が母材に吸水され、付着力が十分に発揮されず界面剥離したことであり、その背景には断面修復時の配慮不足があると推定した。

5.改善案の検討

配慮不足が生じた背景には、電気防食箇所での断面修復時の留意点 (施工・材料選定) の指標が定まっていなかったことや、施工者が何に注意を払うべきかを把握できていなかったことが考えられる。

そこで、今後配慮不足を無くし付着力低下を防止するために、断面修復時の留意点の抽出を行った。

5.1 施工の留意点

当社の工事標準仕様書に記載のない留意点も抽出し監督者・施工者が共通認識を持ち確実に履行することが重要である。そこで今回付着力低下防止のため「水湿しを基本とし、施工環境によりプライマーを使用する吸水防止の徹底」(写真 4) という配慮すべき留意点を検討した。

5.2 材料選定の留意点

電気防食箇所で一般的な補修材料を使用すると防食電流が流れにくくなり防食効果が低下してしまう。

電気防食箇所での材料選定では防食効果維持のため「電気抵抗率の規格値 (封緘養生環境下材齢 28 日時点で $50\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下) を満たす材料を選定する」という基準が重要である。そこで電気防食箇所に適した補修材料を選定した (表 2)。

表 2. 電気防食箇所での使用材料

材料名	材料種別	電気抵抗率
A材料	注入材	$14.5\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$
B材料	充填材 断面修復材	$9.9\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$
C材料	プライマー	$12\text{k}\Omega \cdot \text{cm}/\text{層}$
D材料	防錆剤	$3.5\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$

写真 4. 水湿し状況

6.今後の取組み

ひび割れの再発防止に向け、電気防食施工桁の断面修復範囲やその周辺の変状の有無を示した展開図付きのカルテの作成や、監督者・施工者がすべきことを確実に履行できるように留意点をまとめた「電気防食箇所の補修工法資料」の作成を行い共有することで断面修復に伴うひび割れ再発ゼロを実現する。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所 編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編) —コンクリート構造物 発行：2007 年 1 月
- 2) 土木学会 コンクリートライブラリー157 「電気化学的防食工法指針」 発行：2020 年 9 月