

線状流電陽極方式電気防食工法の小規模補修部への適用に関する基礎的検討

東日本旅客鉄道（株）正会員 ○松本 拓末
東日本旅客鉄道（株）正会員 堀澤 誠

（株）ナカボーテック 非会員 蝦名晋太郎
（株）ナカボーテック 非会員 宇山 真介
（株）ナカボーテック 非会員 山口 千晶

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害補修対策として電気防食工法が広く採用されている。本工法は、腐食している内部鋼材に対し直流電源装置を用いて防食電流を供給する外部電源方式が主流であるが、近年は直流電源装置が不要で維持管理が容易な流電陽極方式が注目されている。流電陽極方式は、通常、防食対象面の全面を覆う面状流電陽極方式（以下、面状方式）が採用されるが、施工性と維持管理性を大幅に向上させた線状流電陽極方式（以下、線状方式）を開発し、実際の鉄道コンクリート構造物において検証試験をすることとなった。線状方式のメリットは、躯体コンクリート表面の目視観察が可能となるだけでなく、小規模の補修部に対しても容易に電気防食が施工できるようになったことである。しかし、小規模の補修部に対しては、防食対象外に流れるロス電流や補修部と未補修部の境界近傍で生じるマクロセル腐食を考慮して陽極の設置間隔と範囲を決定する必要がある。本報告は、小規模補修部における線状方式の施工性と電気防食効果を確認することを目的として実施した実構造物試験の結果についてまとめたものである。

2. 線状流電陽極方式の概要

線状方式の陽極ユニットの断面を図1に示す。犠牲陽極材には亜鉛合金、バックフィル材には陽極活性を得るための電解質溶液を含浸させた吸水シートを用いている。これらをFRP製のトラフに収納して陽極ユニットとした。陽極ユニットは、軽量、高強度、単純形状であるため、現場での取扱いが容易である。また、

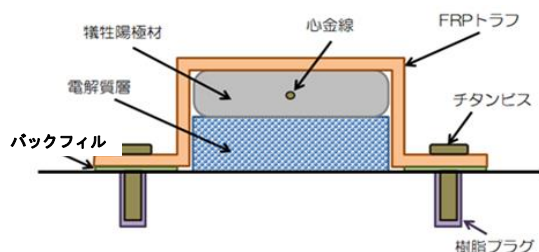


図1 線状方式陽極ユニットの断面図

ビスによる固定や陽極ユニット同士の圧着スリーブによる連結により、陽極ユニットの設置や配線配管などの施工時間が大幅に短縮した。さらに、陽極ユニットの追加や更新などに対しても容易に対応できるなどのメリットを有している。

3. 対象構造物の概要

線状方式の電気防食を適用した構造物は、日本海沿岸に位置する鉄道橋でRC単純床版橋（桁長 6.59m、幅員 4.80m）2連である。海岸線より20m程度の距離に位置しており、海からの飛来塩分が橋りょうに供給される環境にある。電気防食適用前の塩化物イオン量は 20kg/m^2 程度と厳しい塩害環境であり、2009年に変状が多い海側部分に断面修復と面状方式を施工している。その後、電気防食システムの修復および更新を行い、2020年に開発した線状方式（約 23m^2 ）に更新した。その際、山側部分に小面積（約 0.5m^2 ）ではあるが、新たにコンクリートの浮きやひび割れなどの劣化が確認されたため、断面修復を行い、新たに線状流電陽極を設置した。設置状況を図2に示す。

4. 試験方法

4.1 数値解析

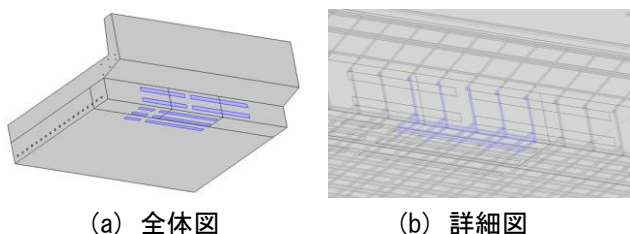
未補修部の境界近傍のマクロセル腐食が生じないように陽極ユニットの設置間隔と範囲を数値解析により検討した。数値解析ソフトにはCOMSOL Multiphysicsを用いた。数値解析の入力パラメータを得るため、予



図2 小規模補修部への適用状況

キーワード 電気防食工法、線状流電陽極方式、断面修復、電流分布

連絡先 〒950-0086 新潟市中央区花園 1-1-4 東日本旅客鉄道（株）新潟土木技術センター TEL 025-248-5262



(a) 全体図

(b) 詳細図

図3 3次元解析モデル

め現地で仮通電試験を実施した。図3に示すように解析対象となる小規模補修部の3次元解析モデルを作成し、実測によって得られた入力パラメータを用いて解析した。解析結果の評価については、補修部の周囲（未補修部）に生じるマクロアノードを全て解消し、補修部近傍の未補修部の鋼材の分極量が後述の数値を満足する陽極ユニットの設置間隔と範囲を決定した。

4.2 補修部の電気防食効果の判定

補修部の電気防食効果の判定基準には「電位変化量（分極量）100mV以上^[1]」を適用した。分極量の分布を評価するため、可搬式の照合電極を用い、図4に示す測点の表面においてインスタントオフ電位（計測誤差を除いた電位）とオフ電位（通電停止時の電位）を測定した。なお、分極量はインスタントオフ電位からオフ電位を差し引いて算出した。

5. 試験結果

5.1 数値解析結果

防食対象範囲の電流密度分布を図5に示す。なお、補修部は黒色太破線の内側となっている。陽極設置前の分布では、未補修部にマクロアノード（マイナス部分、電流流出）が生じていた、その範囲は補修部との境界から500mmの位置まで及んでいた、とくに補修部近傍でマクロアノード電流が最大値を示し2mA/m²程度であった。この数値は、一般的な塩害環境下のコンクリート中鋼材の腐食速度に相当することから、少なくとも防食するためには100mV以上のカソード分極が必要と考えられる。したがって、未補修部のマクロアノードを解消し、100mV以上のカソード分極が得られるような配置を検討した結果、基本設置間隔は150mmとなった（図6参照）。現地では、陽極ユニットの設置範囲に対して設置間隔が均等になるよう配置した。

5.2 防食効果の確認

分極量の測定結果を図4に示す。なお、補修部は斜線で示した。小規模補修部に適用した線状方式は、補修部の一部に分極量の未達部分が見られるものの、未補

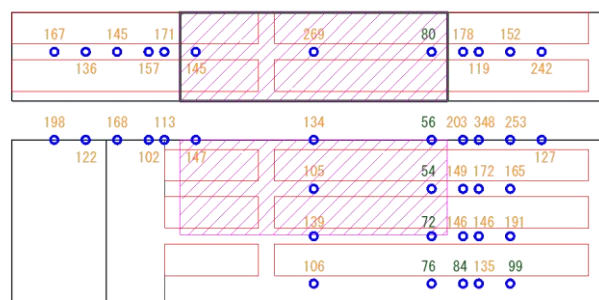


図4 分極量算出結果(A1-P1間 山側 拡大)

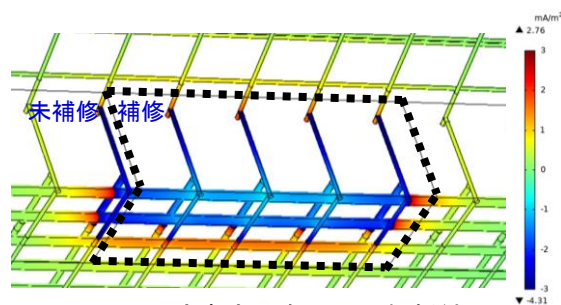


図5 電流密度分布のFEM解析結果

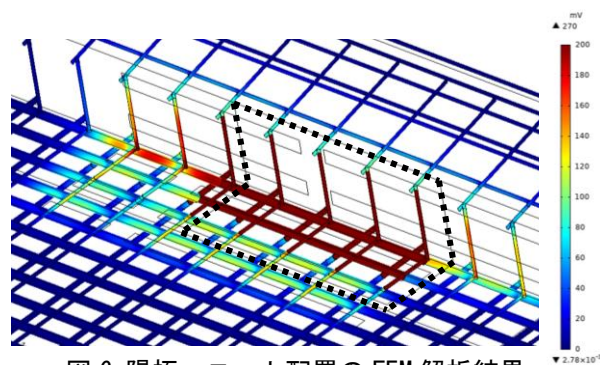


図6 陽極ユニット配置のFEM解析結果

修部は100mV以上の分極量が得られ、補修によって生じたマクロセルは解消されたと判断される。

以上の結果から、数値解析により求めた陽極ユニットの基本設置間隔は妥当であり、小規模補修部に対しても線状方式は有効であることを確認した。小規模補修部の陽極配置設計に数値解析を使用することにより、適正な陽極配置設計が可能となる。

6. まとめ

- 1) 塩害環境下の鉄道コンクリート構造物の補修対策として線状流電陽極方式は有効であることが分かった。
- 2) 小規模補修部の陽極配置設計に数値解析を適用した結果、実構造物の試験では未補修部のマクロセルが解消されており、設計の妥当性を確認できた。
- 3) 今後も定期的に経過観察を行い、小規模補修部への流電陽極方式の電気防食の有効性を確認していく。

【参考文献】

[1] 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，pp.51-54，2020.9