

犠牲陽極材による鉄筋防食効果の検証

JR 西日本	正会員	○野村	倫一
JR 西日本	正会員	垣尾	徹
電気化学工業		小出	剛

1. はじめに

JR 西日本では、平成 11 年度に鉄筋コンクリート高架橋の鉄筋腐食抑制を目的として犠牲陽極材を試験的に施工している。犠牲陽極工法とは、異なったイオン化傾向を示す異種金属間を電気化学的に接続させた状態にすると電流が流れる原理を応用して、イオン化傾向の大きい亜鉛を腐食側、イオン化傾向の小さい鉄すなわち鉄筋を防食側として電氣的に接続し、接続箇所周辺の鉄筋腐食を抑制する工法である。犠牲陽極材施工後、約 4 年（47 ヶ月）経過した時点で追跡調査実施し、犠牲陽極工法の防食効果について検証を行ったので、その内容について紹介する。



写真-1 犠牲陽極材の設置状況

2. 調査概要

鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋腐食によるコンクリートの劣化に対しては、一般的に、剥離したかぶりコンクリートだけでなく、マクロセル腐食による再劣化を防ぐために、鉄筋背面のコンクリートまで除去し、腐食した鉄筋をケレンした後にポリマーセメントモルタル等の断面修復材を用いて修復する。しかしながら、鉄筋背面のコンクリートは、狭隘な箇所であるためにはつり作業が困難であり、また、鉄筋腐食による影響が少なく、いわゆる健全なコンクリートであることが多いために作業効率が低下するだけでなく、はつり作業により目に見えにくい微細なひび割れを新規に発生させ、かえってコンクリートを劣化させる懸念がある。そこで、犠牲陽極工法により、上記のような断面修復を施さなくともマクロセル腐食を抑制する方法を確立するために試験施工を実施することとした。

犠牲陽極工法の試験施工箇所は、広島地区の鉄筋コンクリートラーメン高架橋の張出し床版部である。試験施工時のコンクリートの状況は、中性化深さ 20～25mm、塩化物イオン量は表面から 100mm の位置で 1.2kg/m^3 、中性化移動濃縮域で $2\sim 3\text{kg/m}^3$ 、最大鉄筋腐食度は、部分的に断面欠損が認められる IIb（JR 西日本評価基準）であり、部分的にコンクリートの剥離が見受けられた。写真-1 に犠牲陽極材の設置状況の一部を示す。

3. 過去の追跡調査結果

犠牲陽極工法施工 3 ヶ月後と 10 ヶ月後に防食電流（犠牲電流）が流れているかを確認するために、電流量や自然電位の測定を実施した。調査結果の概要について以下に列挙する。

(1) 施工 3 ヶ月後の調査結果

- ①犠牲陽極材設置 3 ヶ月後、微弱ながら防食電流が流れている状況が確認された。
- ②接続回路を 24 時間以上開放して犠牲陽極材設置箇所付近の自然電位を測定した結果、電位が概ね 50mV 貴側に移動していることがわかった。
- ③自然電位の等高線から 1 個の犠牲陽極材が受持つ範囲は 75cm 程度と推定される。
- ④ 1m^2 あたりの設置個数と防食電流には比例的な相関はなかった。

キーワード 犠牲陽極材, 鉄筋腐食, 防食電流, E PMA, 補修

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目 4 番 24 号 西日本旅客鉄道（株） Tel 06-6375-8841

(2) 施工10ヵ月後の調査結果¹⁾

- ①試験施工で回路解放後、鉄筋の電位が貴側に移動していることが確認された。
 ②防錆電流は修復部鉄筋表面積あたり $5\text{mA}/\text{m}^2$ 流れていることが確認された。

4. 今回の追跡調査結果

平成15年度に実施した追跡調査では、過去に実施した電流量測定や自然電位測定に加え、一部の犠牲陽極材を取り出し、腐食進行度合いを確認するために鉄筋の目視調査を行い、取り出した犠牲陽極材は、防食電流が流れることによって発生する生成物や陽極材（亜鉛）の溶出を確認するためにEPMAやX線回折を用いて化学分析を実施した。

(1) 自然電位

回路接続中と回路解放後24時間の電位を測定し、電位マップにより復極を確認した。電位マップ（図-1）を比較すると、犠牲陽極近傍と補修部周辺で回路解放後に電位が貴側に移動しており、回路接続中の鉄筋は防錆側に電位が移動していることが確認された。

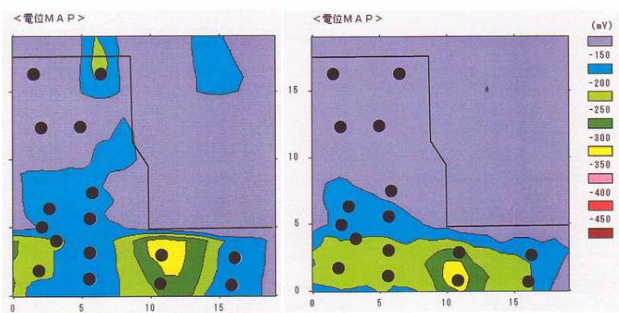


図-1 施工後47ヶ月の自然電位
 （左：回路接続中，右：回路解放24時間後）

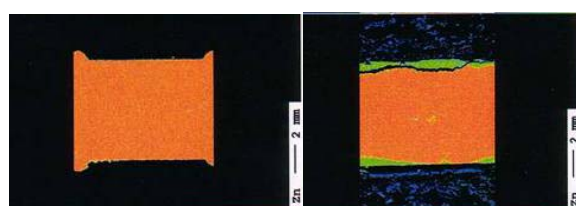


写真-2 犠牲陽極材のEPMA分析画像
 （左：未施工，右：47ヶ月施工後）

(2) 電流量

犠牲陽極材と鉄筋との間に無抵抗電流計を接続し、防食電流を測定した。その結果、全ての設置箇所において犠牲陽極材から鉄筋に向けて防食電流が流れていることが確認された。また、犠牲陽極材の設置個数が多い箇所は、その他の箇所と比較して非常に多くの防食電流が流れていることがわかったが、個数と電流量に比例的な相関はなかった。

(3) 外観調査

補修部と未補修部との界面付近について外観調査と打音検査を実施したが、顕著な変状は確認されなかった。

(4) 化学分析

試験施工箇所から犠牲陽極材を取り出し、陽極材（亜鉛）部分には、EPMAによる元素分析、保護モルタル部分には粉末X線回折による腐食化合物の同定を行った。分析の結果、EPMAによる元素分析の測定では施工後取り出した犠牲陽極材の亜鉛（Zn）が減少し、保護モルタルへ溶出していることが確認された（写真-2）。また、モルタル部の生成物を粉末X線回折により同定したところ、①ZnO、② $\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等の生成物が確認された。一方、未使用の犠牲陽極材は、いずれの分析においても、上記化合物が確認されていないことから、試験施工実施箇所の犠牲陽極材の検出された化合物は、防食電流が流れたことによって生成されたものと推測される。

5. まとめ

追跡調査の結果、犠牲陽極工法は、明らかに防食電流が流れており、鉄筋腐食抑制に有効であることが確認された。今後は、犠牲陽極材の防錆範囲を把握して、鉄筋のマクロセル腐食抑制効果について定量的に確認し、現在実施している部分断面修復と併用することで、部分断面修復部周辺の変状発生を抑制するとともにはつり深さやはつり面積低減について検討する次第である。

参考文献

- 1) 小出ら：電気化学的犠牲陽極の基礎実験と実橋への適用，土木学会第56回年次学術講演会論文集，VI-188，pp376-377，2001. 10