

## 犠牲陽極材のマクロセル腐食抑制効果および形状に関する実験的研究

鹿島技術研究所 正会員 平石 剛紀  
 鹿島技術研究所 フェロー 坂田 昇  
 鹿島技術研究所 正会員 横関 康祐  
 電気化学工業(株) 正会員 石橋 孝一

### 1. はじめに

断面修復により塩害などで劣化したコンクリート構造物を補修する場合、比較的早期に再劣化を生じることがある。これは、塩分量などの鉄筋をとりまく環境が、既設コンクリートと断面修復部で異なることにより、鉄筋に電位差が生じ、マクロセル腐食回路が形成されるためである<sup>1)</sup>。このマクロセル腐食を防止する材料として、電気防食の原理を用いた犠牲陽極材（写真-1）が海外で開発されている。これは、亜鉛を酸化防止のためのバックフィル材で包み込んだ構造となっており、鉄筋に結束することで、亜鉛と鉄のイオン化傾向の違いを利用して鉄筋を防食する材料である<sup>2)</sup>。しかしながら、その防食効果の詳細については明確にされておらず、また、海外で適用されている犠牲陽極材が大型なため、国内の構造物のかぶり部分への適用は困難である。



写真-1 犠牲陽極材（既存品）

そこで、本研究では、断面修復時におけるかぶり部分への犠牲陽極材の適用を目指し、犠牲陽極材のマクロセル腐食抑制効果を確認するとともに、形状の小型化について実験的に検討を行った。

### 2. 試験概要

実験に供した試験体形状を図-1 に示す。試験体は断面修復部を模擬して作製し、既設側および補修側には、黒皮を除去したD16鉄筋を埋設した。なお、分割した鉄筋はリード線により接続してある。既設コンクリートおよび補修材の概要を表-1 に示す。既設コンクリートには、塩害で劣化したコンクリートを想定してNaClを5kg/m<sup>3</sup>混入した。補修材には、ポリマーセメントモルタル（以下PCMと記す）と普通コンクリートの2種類を使用して検討を行った。また、使用した犠牲陽極材を表-2 に示す。試作した犠牲陽極材は、かぶり部への設置を狙い薄型形状としたものである。作製した試験体は、温度20の条件下、打設後7日間湿潤養生した後、3日間水中、11日間乾燥（RH60%）を1サイクルとする乾湿繰返し条件に供した。

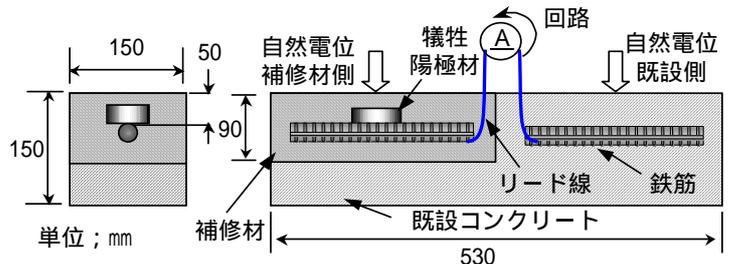


図-1 試験体形状

表-1 既設コンクリートおよび補修材の概要

材料	既設コンクリート		補修材	
	塩分混入 コンクリート	普通 コンクリート	ポリマーセメント モルタル	普通 コンクリート
配合条件	水セメント比;60% NaCl;5kg/m <sup>3</sup> 混入	水セメント比; 60%	水ブレックス材比; 20%	水セメント比; 60%
スランプ	12.2cm	10.3cm	13.3cm	
圧縮強度 (材齢28日)	32.7N/mm <sup>2</sup>	35.4N/mm <sup>2</sup>	43.1N/mm <sup>2</sup>	

表-2 犠牲陽極材の種類

犠牲 陽極	寸法(幅×長さ×高さ)		亜鉛 質量
	亜鉛	全体	
既存品 (写真-1)	40×7mm	60×35mm	62.5g
試作品 A	20×120×3mm	30×130×13mm	51.4g
試作品 B	20×120×3mm	同左	51.4g
試作品 C	20×120×3mm	30×130×8mm	51.4g
試作品 D	20×120×6mm	30×130×16mm	102.8g

測定項目は、図-1 に白抜き矢印で示す位置における自然電位と、既設部と補修部の鉄筋間を流れる電流量とし、これらのデータから鉄筋の腐食状況を把握することとした。なお、電流量は回路の矢印方向に流れる電流（防食電流）を正として測定した。

キーワード：マクロセル腐食，断面修復，補修材料，犠牲陽極材，電気防食

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL；0424-89-7071 FAX；0424-89-7073

### 3. 結果および考察

材齢 182 日における電位測定結果を図-2 に示す。図-2 に示すように、犠牲陽極材を設置しないケースおよび犠牲陽極材 B を設置したケースでは、補修側が既設側に比べて高い（貴な）電位を示した。一方、B 以外の犠牲陽極材を設置したケースでは、補修材側が既設側と比較して低い（卑な）電位を示した。なお、図には補修材として PCM を使用したケースのみ示したが、コンクリートを用いたケースも同様の結果を示した。

材齢 182 日における回路を流れる電流量の測定結果を図-3 に示す。電位測定結果と同様に、2 つの傾向に分かれた。犠牲陽極材を設置しないケースおよび犠牲陽極材 B を設置したケースでは、値は小さいもののマイナスの電流が確認され、既設側を腐食領域とするマクロセル腐食回路が形成されていることが明らかとなった。一方、B 以外の犠牲陽極材を設置したケースでは、正の値を示す電流が確認され、既設側を防食する防食回路が形成されていることが明らかとなった。なお、防食電流量は犠牲陽極材の形状・亜鉛量の違いによらずほぼ一定の値であったが、補修材料にコンクリートを用いたケースでは、PCM を用いた場合より大きい電流量を示した。

以上より、B 以外の犠牲陽極材を設置したケースでは、犠牲陽極材中の亜鉛量および形状が防食電流に及ぼす影響は小さく、薄型とした場合でも既存品と同等の防食効果を確認できることが明らかとなった。特に、一面を樹脂にてシールした試作品 C の結果より、厚さ 10mm 以下の形状も可能であることが確認された。一方、亜鉛をモルタルでカバーしていない試作品 B では、防食回路を形成することができなかったことから、バックフィル材の必要性が確認された。

さらに、補修材の違いにより、防食電流量が異なった一つの理由として、これら補修材の電気抵抗値の違いが考えられた。材齢 182 日の電位測定時における、それぞれの補修材の電気抵抗値は、コンクリートで 1.2k 程度、PCM で 5.2k 程度であった。これより、電気抵抗が大きい補修材ほど防食電流は小さくなり、犠牲陽極材に含まれる亜鉛の消耗する速度が遅くなることが明らかとなった。しかしながら、防食電流量は防食範囲にも影響を及ぼすことが考えられ、今後これら相互の影響について検討する必要があると考えられた。

図-3 に犠牲陽極材 C を用いた試験体の電位の経時変化を示す。乾湿繰返しによる影響はあるものの、測定期間中の電位は安定しており、それ以降も長期にわたり防食効果が確保される可能性が示された。

### 4. まとめ

本実験では、犠牲陽極材のマクロセル腐食抑制効果を確認するとともに、樹脂を用いるなどして薄型化した場合でも、防食効果が十分に得られることを確認した。今後は、薄型化した犠牲陽極材の影響範囲や長期的耐久性、犠牲陽極材料に最適な補修材などについて、構造物の LCC を考慮した検討を進める予定である。

### 参考文献

- 1) 長滝, 大即, 守分, 鎌田, 宮里: 鉄筋コンクリート部材の断面修復部における腐食形成に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 544, V-32, pp. 109-119, 1996.8
- 2) 平石, 坂田, 須田, 新井: 犠牲陽極材のマクロセル腐食抑制効果に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, vol. 24, No. 1, pp. 1431-1436, 2002.7

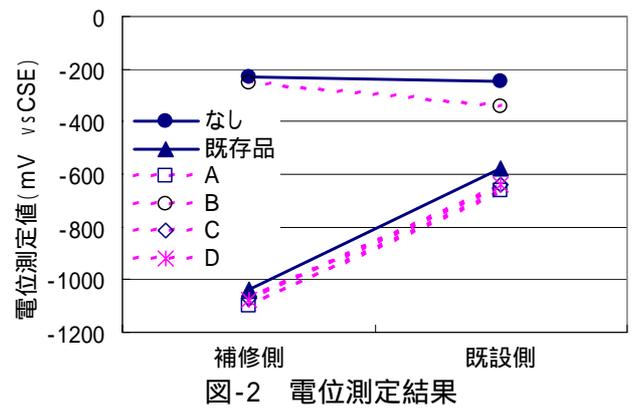


図-2 電位測定結果

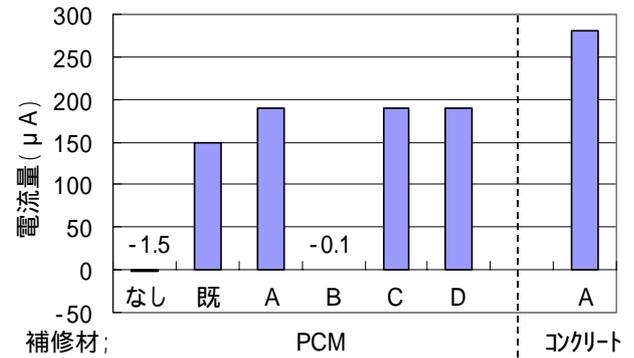


図-3 電流量測定結果

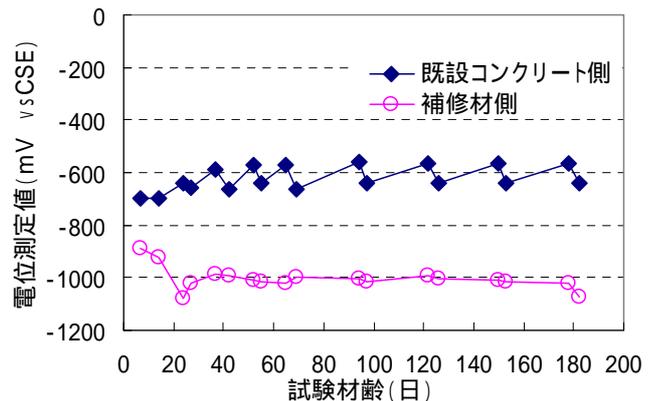


図-4 電位の経時変化（犠牲陽極材 C）