

第V部門

セメント系電気防食材料を用いた断面修復によるRC部材の鉄筋腐食抑制効果

京都大学 学生員○星住 哲也 西日本旅客鉄道(株) 正会員 渡辺 佳彦
 京都大学 正会員 山本 貴士 正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

塩害により劣化した鉄筋コンクリート構造物に対して断面修復などの補修を行うことが多いが、断面修復を行っても補修部近傍でマクロセル腐食による再劣化が生じることが問題となっている。そこで本研究では、断面修復によるマクロセル腐食抑制を目的に、内的塩害により劣化した鉄筋コンクリート部材に対して、亜鉛および黒鉛粉末を混入したセメント系電気防食材料（以下「防食モルタル」とする。）を用いた部分断面修復を行うことを模擬した供試体を作成し、電気化学的非破壊検査手法を用いて、鉄筋腐食抑制効果に関する検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 シリーズ A (モニタリング値の基礎データ)

亜鉛および黒鉛粉末を混入した防食モルタル中の鉄筋の自然電位・分極抵抗などの腐食モニタリング値を判断するために、図1・表1に示す、単一材料の供試体を作成した。比較のためにコンクリート供試体も作成し、同一配合で2体ずつ作成した。鉄筋にはコードをつけてモニタリングができるようにした。打設翌日に脱型し、28日間散水養生の後、100×100mm断面となる端面2面をエポキシでコーティング後、温度40℃・湿度95%で96時間、温度20℃・湿度60%で72時間を1サイクルとする乾湿繰り返し環境での促進養生を行った。

2. 2 シリーズ B (腐食抑制範囲・マクロセル腐食の調査)

防食モルタル混入による鉄筋腐食抑制範囲およびマクロセル腐食抑制効果を検証するために、図2・表2に示す供試体を3体ずつ作成した。基材部と補修材部の型枠仕切り板の基材部側に凝結遅延材を塗布し、1日目に基材部を打設、2日目に仕切り板を撤去し、打継面を粗くした後、モルタル打設時の発熱によるひび割れを防ぐために2日に分けて補修材部を打ち継いだ。なお、打継部の強度確保のために、長さ約100mmのアラミド繊維ロッドを打継部に2本挿入した。補修材部打設翌日に脱型し、その後の養生はシリーズAと同様とした。

2. 3 測定項目

シリーズAでは供試体底面中央部にて、シリーズBでは図2に示す供試体底面の★印7箇所にて、自然電位(vs. Ag/AgCl: 飽和塩化銀電極)・分極抵抗(交流法)による腐食モニタリングを約2週間ごとに行った。また、シリーズBでは基材部と補修材部中の鉄筋同士の結線を一旦解除し、無抵抗電流計を直列に接続して、安定した後の電流を測定した。さらに、材齢146日にて自然電位測定後に基材部と補修材部の結線を断線させ、24時間後に再度自然電位測定を実施し、結線時(ON電位)と断線時(OFF電位)の変化(復極量)を調査した。

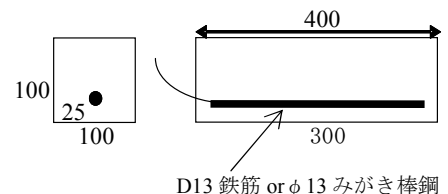


図1 シリーズ A 供試体 (単位: mm)

表1 シリーズ A 供試体一覧

名称	鉄筋	配合	
CL=0, φ13	φ13	W/C=70%	Cl ⁻ =0kg/m ³
CL=0, D13	D13		
CL=3, φ13	φ13		Cl ⁻ =3kg/m ³
CL=3, D13	D13		
CL=6, φ13	φ13		Cl ⁻ =6kg/m ³
CL=6, D13	D13		
Znモル, φ13	φ13	防食モルタル	
Znモル, D13	D13		

φ13: みがき棒鋼 (黒皮なし)

D13: 異形鉄筋 (黒皮付き)

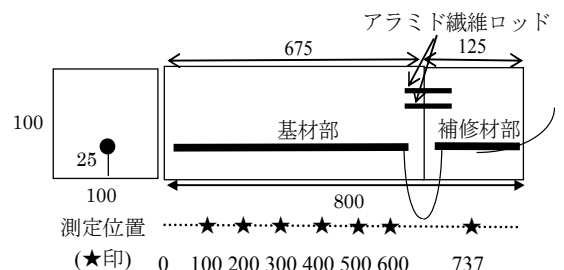


図2 シリーズ B 供試体、腐食モニタリング測定位置 (単位: mm)

表2 シリーズ B 供試体一覧

名称	鉄筋	配合（基材部）		配合（補修材部）
CL=3, φ13	φ13	W/C=70%	Cl ⁻ =3kg/m ³	防食モルタル
CL=3,D13	D13			
CL=6, φ13	φ13			
CL=6,D13	D13		Cl ⁻ =6kg/m ³	

3. 実験結果および考察

3. 1 シリーズ A

Cl混入量が異なる3種類のコンクリート (CL0、CL3、CL6) および防食モルタルの自然電位と分極抵抗から求めた腐食速度指標の経時変化を図3に示す。みがき棒鋼φ13には、異形鉄筋D13と異なり黒皮が鋼棒表面に存在しないため、腐食傾向が異なるものと想定していたが、本実験では、みがき棒鋼と異形鉄筋の差は自然電位、腐食速度指標のいずれにおいても見られないことがわかった。また、防食モルタル供試体の自然電位値はかなり貴な値を示し、材齢146日の時点において、腐食がまだ進行していないため、亜鉛は犠牲陽極材として働いていないと考えられる。また、自然電位と腐食速度指標からは腐食速度が小さく、鉄筋は不動態化していると推定される。今後、腐食が進行した時点で防食効果を確認したい。

3. 2 シリーズ B

材齢28日と材齢146日における自然電位および分極抵抗から求めた腐食速度指標の関係を図4に示す。材齢146日の自然電位が、防食モルタル中の鉄筋の多くがコンクリート中の鉄筋よりも貴であり、防食モルタル中の亜鉛が基材部中の鉄筋に対し防食効果を発揮していないと考えられる。

また基材部と補修材部の結線を断線してから24時間後の自然電位 (OFF 電位) と結線した状態での自然電位 (ON 電位) の変化 (復極量) を図5に示す。一般的に犠牲陽極としての効果が発揮されるのは復極量が100mV以上とされている¹⁾が、現時点ではいずれの供試体でもそれより小さく、復極量の面からも防食効果が認められなかった。亜鉛粉末による酸素還元雰囲気により、供試体外部からの酸素供給を遮断した可能性も考えられる。

4. まとめ

本研究より、現時点ではセメント系電気防食材料が犠牲陽極としての効果を発揮しているとはいえない結果となった。この材料はまだ開発途上であるため、今後は、長期にわたり継続して鉄筋腐食モニタリングを実施するとともに、実際に鉄筋腐食が発生した時点で、犠牲陽極としての効果が発揮できるかどうかの検証を行う必要があると考えている。

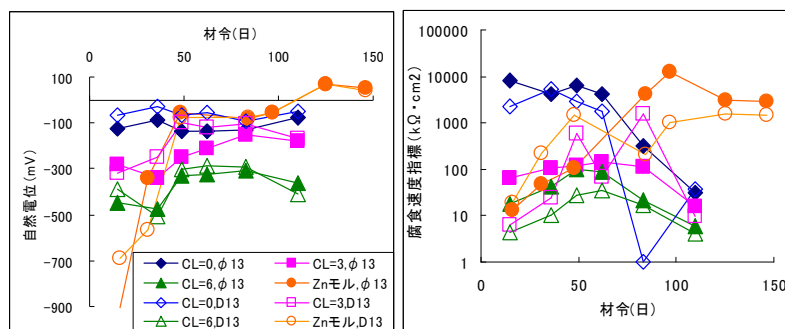


図3 シリーズ A 供試体

腐食モニタリング結果

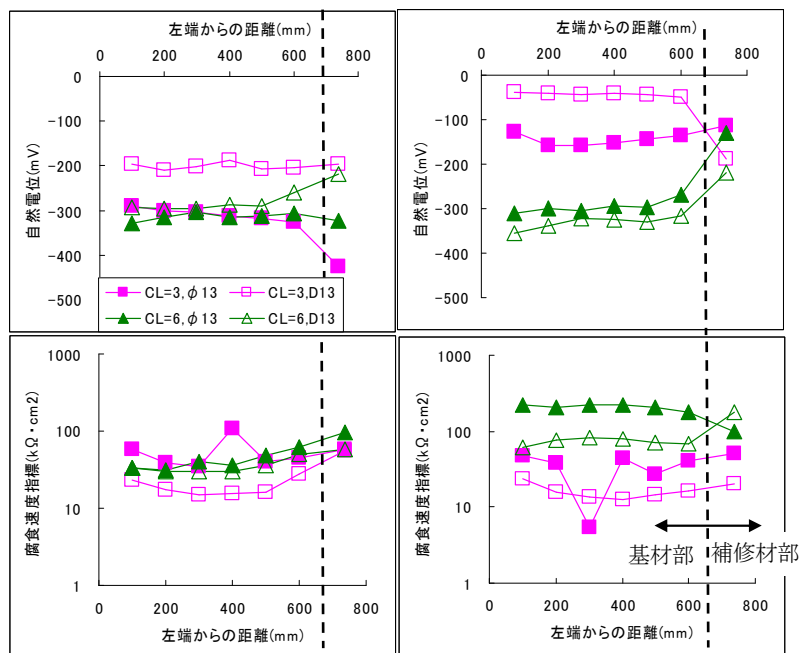


図4 シリーズ B 供試体 左端からの距離—自然電位、腐食速度指標 (左: 材令 28 日、右: 材令 146 日)

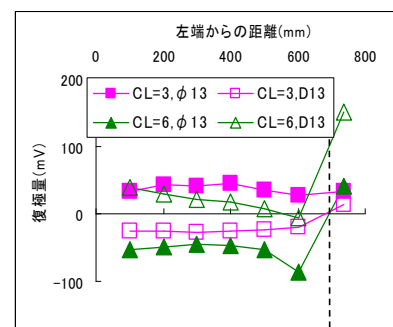


図5 復極量 (材令 147 日)