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の検証

京都大学　学生員○星住　哲也　西日本旅客鉄道㈱　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一般的に断面修復などの補修を行うが、断面修復部近傍でマクロセル腐食が生じ、再劣化することが問題となっている。そこで本研究では、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．概要

２．１　シリーズ１(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の腐食モニタリング値を評価するために、**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返し環境での促進養生を行った。

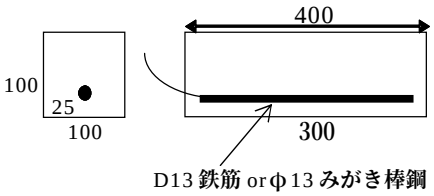

図１　シリーズ１供試体（単位：㎜）

表１　シリーズ１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）

２．２　シリーズ２(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１と同様とした。

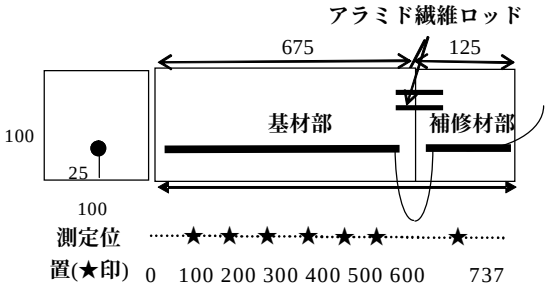

図２　シリーズ２供試体、腐食モニタリング測定位置（単位：㎜）

表２　シリーズ２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^-=6kg/m^3	
CL=6,D13	D13			

２．３　測定項目

シリーズ１では供試体底面中央部にて、シリーズ２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)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２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

キーワード　マクロセル腐食、断面修復、犠牲陽極、亜鉛粉末
連絡先　　〒615-8540　京都市西京区京都大学桂　TEL: 075-383-3173　FAX: 075-383-3177

極量）を調査した。

3．結果および考察

3．1　シリーズ1

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の経時変化を**図 3** に示す。黒皮が鋼材表面に存在しないみがき棒鋼φ13 は、腐食傾向が異形鉄筋 D13 と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において見られないことがわかった。また、亜鉛が犠牲陽極として作用している環境下での鉄筋の自然電位は一般的に－1000mV 程度とされている [1] が、防食モルタル供試体の自然電位はかなり貴な値を示し、材齢 146 日現在では防食モルタル中の亜鉛が犠牲陽極としての効果を発揮していないと考えられる。この原因としては、モルタル中の保水性が通常のモルタルに比べて小さいことにより、亜鉛がほとんど消費されていないなどが考えられる。今後、腐食が進行した時点で防食効果を確認したい。

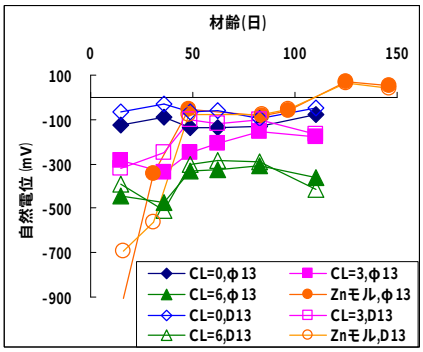

図 3　シリーズ 1 供試体　材齢―自然電位

3．2　シリーズ2

材齢 28 日と 146 日における自然電位の関係を**図 4** に示す。材齢 146 日の自然電位は、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。

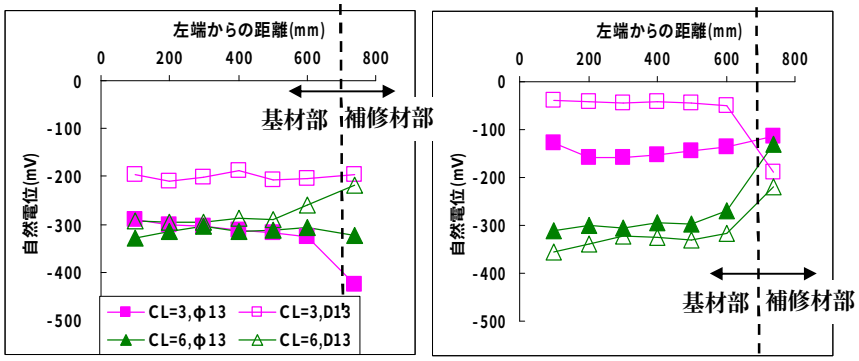

図 4　シリーズ 2 供試体　左端からの距離―自然電位
（左：材齢 28 日、右：材齢 146 日）

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が遮断された可能性も考えられる。

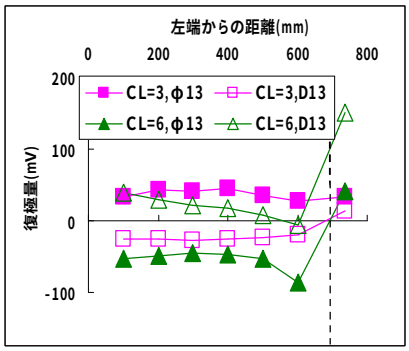

図 5　復極量（材齢 147 日）

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い難い結果となった。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、腐食をより促進させるような環境条件を設定して、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。

参考文献　1）(社)土木学会：電気化学的防食工法設計施工指針（案）、コンクリートライブラリー107、2001