

第V部門

亜鉛を用いた流電陽極方式の電気防食工法による鉄筋裏はつり深さ軽減について

京都大学大学院 学生員 星住 哲也 西日本旅客鉄道(株) 正会員 渡辺 佳彦
 京都大学大学院 正会員 高谷 哲 正会員 山本 貴士 フェロー会員 宮川 豊章

1. 序論

塩害により劣化したコンクリート構造物に対して補修を施す際、断面修復工法や電気防食工法など各種補修工法が構造物の状況に応じてとられている。RC構造物に対して断面修復を行う場合、劣化した部分をはつり落とし、鉄筋のケレンおよび防錆処理を行った後、断面修復材で断面を復旧するが、補修した箇所と未補修部の境界部付近で発生するマクロセル腐食による再劣化の懸念がある。再劣化を抑制するために断面修復を行う際に電気防食方法を併用することが検討されているが、その効果については未解明な部分が多い。また断面修復の際に、再腐食防止のため、鉄筋の裏側まではつり取りを行うが、はつり作業にかかる労力が大きく作業員の負担が大きい。そこで本研究では、塩害劣化を模擬し、鉄筋裏側のはつり深さを変化させた供試体に対し、断面修復工法に2種類の犠牲陽極材を用いた流電陽極方式の電気防食工法を併用した補修を行うことで、はつり作業が犠牲陽極材を用いて軽減できるかどうかの検証を行った。

2. 実験概要

本研究では、亜鉛および黒鉛粉末を混入した補修材料(以下、Zシリーズ、材料を「防食モルタル」とする)と亜鉛を犠牲陽極材として設置した補修材料(以下、Gシリーズとする)について以下の実験を行った。

2.1 供試体概要

図1のように、100×100×400mmの角柱供試体に長さ300mmのみがき棒鋼13を埋め込み、基材部と補修材部の2配合に分けたものを作製した。

基材部は、W/C=70%(腐食しやすくするため標準より大きい値とした。)のコンクリートとし、塩化物イオン(以下Cl⁻とする)を3、6kg/m³混入した2種類の配合を用いた。補修材部は、Zシリーズを防食モルタルの1種類、GシリーズをSBR系ポリマーセメントモルタルのポリマーセメント比の水準を変えた3種類とした。鉄筋裏のはつり深さを-6.5mm(鉄筋

中心位置)、0mm(鉄筋裏位置)、20mm(現在の一般的なはつり深さ)の3段階に設定した。打設は、1日目に基材部、2日目に補修材部を行い、7日目に脱型後、材齢28日まで湿布養生を行った。その後、100×100mm断面の端面2面をエポキシでコーティングした後、内的塩害による劣化を模擬した乾湿繰返し環境(温度40℃・湿度95%で96時間、温度20℃・湿度40%で72時間を1サイクル【Z・Gシリーズ】)、内的塩害および外的塩害による劣化を模擬した塩水散布環境(Cl⁻=3.0kg/m³の塩水を1日1回散布【Gシリーズのみ】)の2条件で暴露を行った。

2.2 実験項目

図1の供試体中央部(補修材部側、基材部側)において、自然電位(vs. Ag/AgCl:飽和塩化銀電極)を測定した。また、Gシリーズでは、測定後に犠牲陽極材-鉄筋間の結線を断線させ、24時間後に再度自然電位を測定し、結線時(ON電位)と断線時(OFF電位)の自然電位の変化量(復極量)を調査した。さらに、材齢約1年9ヵ月(塩水散布環境)および約2年4ヵ月(乾湿繰返し環境)においてコンクリートから鉄筋をはつり出し、鉄筋の目視観察および腐食量調査を行った。

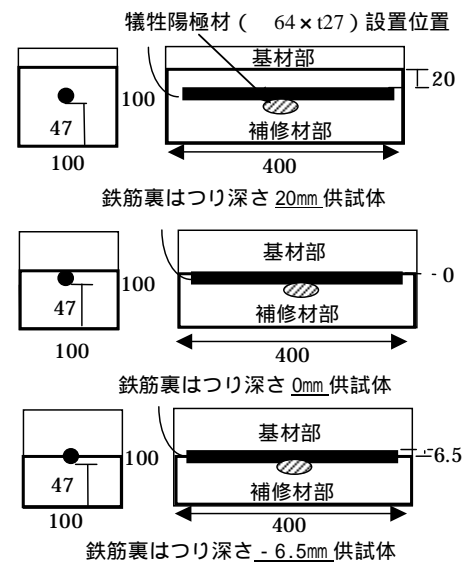


図1 供試体図(単位:mm)

3. 実験結果および考察

a) Zシリーズ

材齢約1年8ヶ月における電位(乾湿繰返し環境)を表1に、腐食量・腐食面積率を図2に示す。一般的に犠牲陽極材が機能している場合の電位は-720mVより卑とされているが¹⁾、いずれの供試体においてもその値よりも大きく貴な値となっており、実際の鉄筋も腐食が生じている供試体が存在することが推定された。はつり出した鉄筋を観察すると、はつり深さを軽減したすべての供試体で腐食が確認され、特に塩化物イオン混入量6kg/m³のものでは大きな腐食が見られた。確認された腐食が基材部側で卓越しており、このことから鉄筋の表裏の環境差によるマクロセル腐食が発生したと考えられる。その結果から、本材料を使用した場合には、鉄筋裏はつり深さが軽減できる可能性が見られないと考えられる。

b) Gシリーズ

Gシリーズの材齢約1年8ヶ月における復極量を表2に示す。一般的に犠牲陽極材が機能している場合の復極量は100mV以上とされているが²⁾、いずれの供試体においても復極量100mVの目安を十分満足しており、防食効果が発揮されていると推定された。はつり出した鉄筋を観察すると、図3のようにすべての供試体でほとんど腐食が見られないまたは軽微であった。このことから犠牲陽極材を設置した本シリーズでは裏はつり深さの軽減が可能であると考えられる。

表1 Zシリーズ 電位 (mV)

塩化物イオン混入量 (kg/m ³)	裏はつり深さ (mm)	材齢約1年8ヶ月	
		基材部	補修材部
3	20	-93.7	-237.3
	0	-178.8	-61.0
	-6.5	-106.2	-148.3
	単体	-246.5	
6	20	-140.4	-26.8
	0	-158.5	-202.6
	-6.5	-233.3	-172.0
	単体	-312.9	

単体：同配合のコンクリートで補修材部を打継いでいない供試体

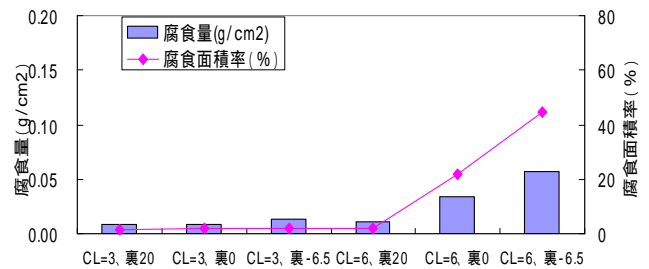


図2 Zシリーズ 腐食量、腐食面積率

表2 Gシリーズ 復極量 (mV)

塩化物イオン混入量 (kg/m ³)	P/C (%)	裏はつり深さ (mm)	塩水散布環境		乾湿繰返し環境	
			基材部	補修材部	基材部	補修材部
3	0	20	469.1	467.2	312.2	381.4
		0	536.7	534.5	269.8	463.2
		-6.5	518.6	512.3	302.4	242.4
	6.5	20	570.6	582.0	564.2	681.8
		0	565.4	602.4	448.8	580.2
		-6.5	477.6	472.4	717.0	551.6
	9.9	20	588.2	670.6	334.6	490.4
		0	528.4	592.6	387.2	388.8
		-6.5	627.5	656.3	269.9	357.4
6	6.5	20	564.6	621.8	317.5	452.4
		0	559.2	570.9	369.0	393.3
		-6.5	610.5	604.3	379.8	480.4

4. 結論

本研究の範囲内で得られた結論を以下に示す。

- (1) 防食モルタルを断面修復に用いた場合、電位が防食域に達しておらず、基材部側での腐食も確認されたことから、鉄筋裏はつり深さを軽減できる可能性が見られないと考えられる。
- (2) 犠牲陽極材を設置することで、断面修復時の鉄筋裏はつり深さを軽減することが可能である。ただし、本実験の対象とした鋼材は 13、長さ 30cm と小さく、材齢も約1年8ヶ月程度と短いことから、今後は、防食対象とする鉄筋の径、断面修復範囲および長期耐久性による影響を検討する必要がある。

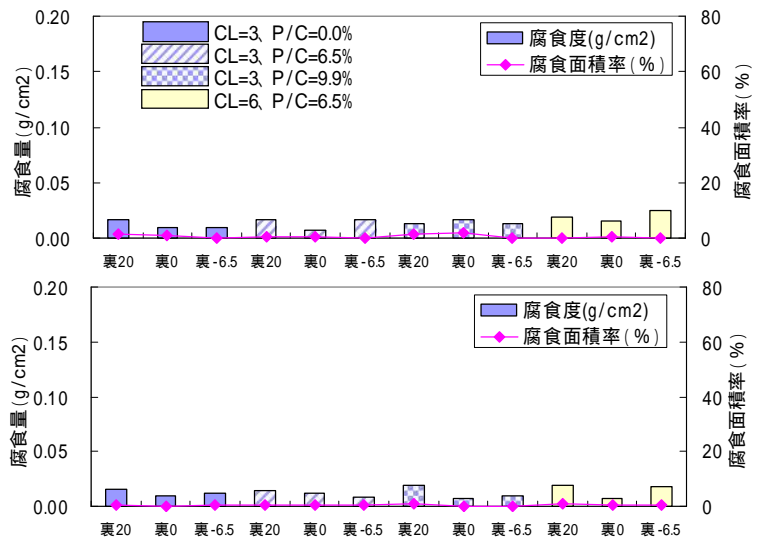


図3 Gシリーズ 腐食量、腐食面積率

(上：塩水散布環境 下：乾湿繰返し環境)

参考文献

- 1) EN 12696：2005 Cathodic protection of steel in concrete，2005
- 2)(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107，2001.11