

## 断面修復部に生じるマクロセル腐食に対するモニタリング手法の提案

日本工営（株） 正会員 ○高地 透, 中野雅章, 松山公年  
金沢工業大学 正会員 花岡大伸

## 1. 目的

塩害が生じた鉄筋コンクリート部材に対して、補修工法として断面修復を施した際に、断面修復部と既設部の界面付近にマクロセル腐食を生じる事例が多く報告されている<sup>1)</sup>。本研究では、塩害補修後の鉄筋コンクリート部材に生じるマクロセル腐食に対してのモニタリング手法を検討することを目的として、模擬供試体を使用した室内試験を実施した。

## 2. 実験概要

## 2. 1 供試体概要

本実験では、マクロセル腐食を模擬するために、塩化物イオン ( $7\text{kg}/\text{m}^3$ ) を混入したコンクリートを打設し、その後断面修復材を打ち継いで供試体を作製した。母材コンクリートの配合及び寸法を表-1に示す。なお、断面修復材には、ポリマーセメントモルタルを使用した。供試体内部の鉄筋は、供試体の中央（芯かぶり  $50\text{mm}$ ）に配置し、実際の状況を考慮して、予め人工的に腐食錆を生成させた鉄筋を用い、断面修復部の鉄筋はワイヤブラシで錆を除去して防錆処理を施した。

## 2. 2 モニタリング概要

モニタリングには、コンクリート中の鉄筋の自然電位を測定することができる、小型照合電極 ( $\phi 13\text{mm} \times 7\text{mm}$ ) と鉛式照合電極 ( $\phi 22 \times 133\text{mm}$ ) をセンサとして使用した<sup>2)</sup>。各センサは1供試体に対して5ヶ所（母材コンクリート部3ヶ所、断面修復部2ヶ所）、 $50\text{mm}$  間隔で配置した（図-1 a）参照）。

また、マクロセル腐食の発生を定量的に判断するために、センサを埋設した供試体とは別に、分割鉄筋を用いて腐食電流を直接的に測定した。分割鉄筋は各  $50\text{mm}$  とし、分割鉄筋同士をエポキシ樹脂で連結し、リード線を用いて短絡させている（図-1 b））。腐食電流の計測は供試体外部に出したリード線に電流計を接続して行った。計測した電流値を鉄筋の表面積で除することでマクロセル腐食電流密度を求めた。腐食電流密度の測定結果とセンサの計測値を比較し、適切なセンサの配置を検討することとした。

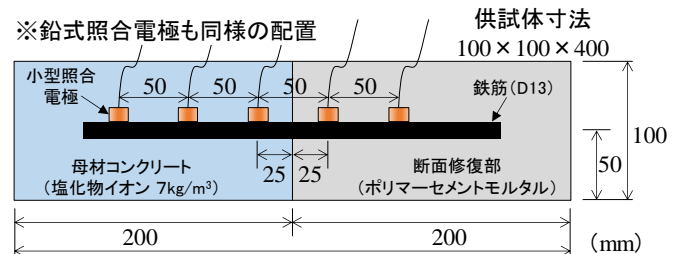
## 2. 3 養生及び曝露環境

本実験では、腐食反応を促進することを目的として、断面補修部の打設後2日間までは封緘養生したのち、材齢3日以降は温度  $40^\circ\text{C}$ 、湿度  $90\%$  の環境で曝露して経時的な変化を測定した。

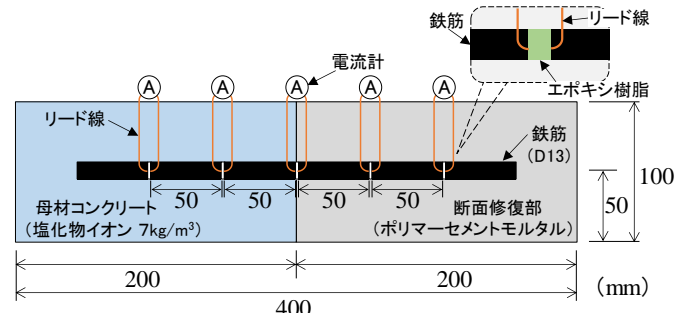
表-1 母材コンクリートの配合

$G_{\text{max}}$ (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )				
			W	C	S	G	Ad
25	60	43	174	290	770	1034	1.45

※塩化物イオンは練り混ぜ水にNaClとして混入



a) 小型照合電極供試体



b) 分割鉄筋供試体

図-1 供試体概要

キーワード 塩害, マクロセル腐食, モニタリング, 自然電位, 腐食電流, 照合電極

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 TEL 03-3238-8113

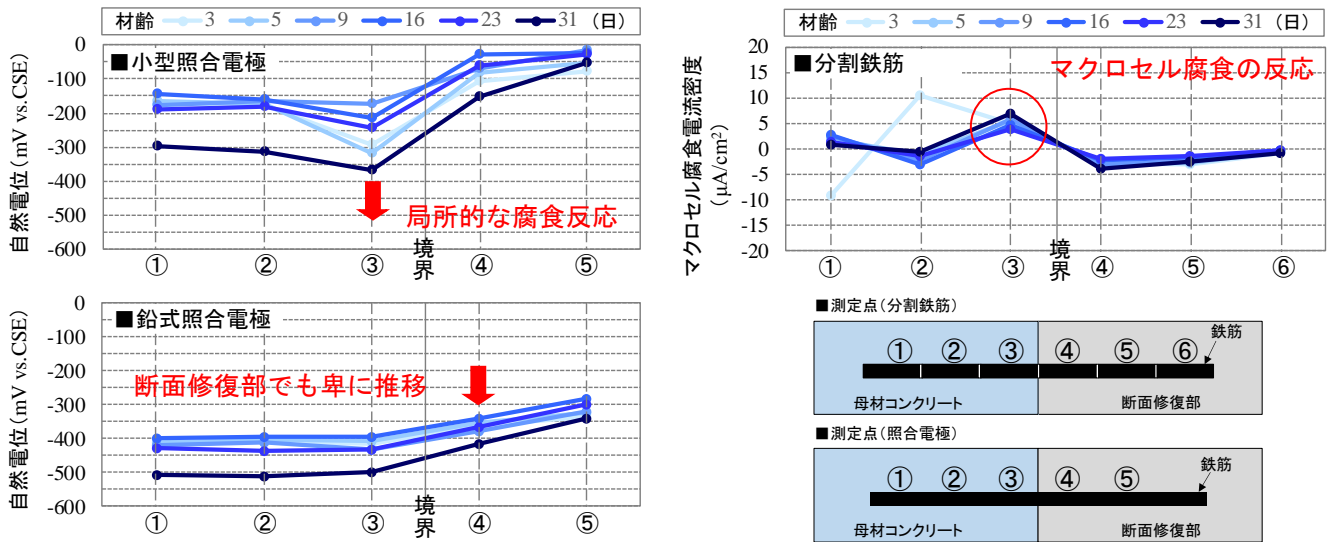


図-2 自然電位及び腐食電流の測定結果

3. 実験結果

各センサで測定した自然電位及び腐食電流の経時変化を図-2に示す. なお, 自然電位は飽和硫酸銅電極 (CSE) に換算した値である. 分割鉄筋での腐食電流の測定結果では, 材齢5日の時点で母材コンクリートの境界部付近に局所的な腐食電流が認められる. また, 断面修復部では腐食電流は認められないことから, この時点でマクロセル腐食が生じ始めていることが分かる. 各センサの自然電位を見ると, 小型照合電極の場合は, 分割鉄筋で腐食電流が認められた位置で局所的な腐食反応が見られ, マクロセル腐食を捉えていることが分かる. 一方で, 鉛式照合電極の場合は, 分割鉄筋では腐食電流が認められない断面修復部でも, 境界部に近い位置 (図中④) では自然電位が卑に推移している. また, 母材コンクリート部は全箇所同様に卑に推移していることから, 小型照合電極に比べて広い範囲で腐食反応を捉えていると推察できる. これらの結果より, 小型照合電極は局所的な範囲で腐食を捉えることに優れており, 鉛式照合電極は設置位置から数 cm 離れた腐食に対しても反応できることが分かった.

4. マクロセル腐食に対するモニタリング手法の提案

各センサの測定結果の傾向から, マクロセル腐食に対するモニタリング手法を図-3のように提案する. 鉛式照合電極は, 測定範囲の特徴から, 補修時に母材と断面修復部の境界近くに埋設することでモニタリングが可能となる. また, 既に断面修復が施されている場合は, 鉛式照合電極または小型照合電極を境界部付近の母材中に1ヶ所, 腐食反応が局所的なものかを確認するために断面修復部から離れた場所にもう1ヶ所, 計2ヶ所配置することが有効である.

5. まとめ

本研究では, マクロセル腐食のモニタリングに対する照合電極の有効性を室内実験で検証を行い, マクロセル腐食のモニタリング手法を提案した. 今後は, 提案手法の実証を進めていく予定である.

**謝辞** 本研究は, モニタリングシステム技術研究組合 (RAIMS) が実施した研究であり, 内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリングシステム技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である. また, 本実験にあたり, 金沢工業大学・宮里一心教授ならびに2018年度卒業生の三宅晃平氏に多大なご助力を頂きました. ここに謝意を表します.

参考文献

- 1) 長瀧ほか: 断面修復部における打継目の物質透過性が鉄筋のマクロセル腐食に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.578, V-37, pp.31-42, 1997.
- 2) 高地ほか: コンクリートの塩害モニタリングに資する鉄筋腐食促進試験, 土木学会第71回年次学術講演概要集, 2016.

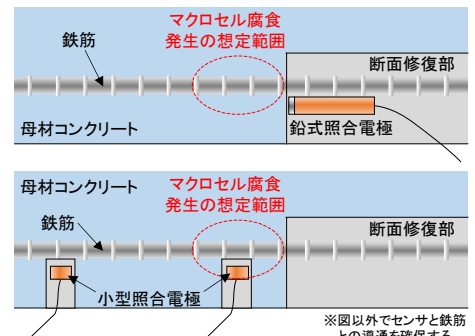


図-3 マクロセル腐食に対するモニタリング手法案