

## 複合防食工法における亜鉛線の効果に対するモニタリング手法の検討

金沢工業大学大学院 学生会員 ○藤田 竜輔 正会員 宮里 心一  
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 有馬 直秀 正会員 橋 吉宏 フェロー 青山 實伸

### 1. はじめに

著者らは、塩害の劣化過程期が加速期から劣化期にある RC 部材の補修工法として、高濃度の防錆剤(LiNO<sub>2</sub>)と犠牲陽極材(亜鉛線)とを組み合わせた複合防食工法を考案した<sup>1)</sup>。この工法は、塩害劣化コンクリートを内部鉄筋表面の深さまで除去し、亜鉛線を取付けた鉄筋を内部鉄筋にスポット溶接して配置し、高濃度の防錆剤を混入したポリマーセメントモルタル(以下、PCM)を用いて断面修復する構造である(図1参照)。塩分環境下にある内部鉄筋は、補修直後は亜鉛線で防食し、亜鉛線が消失した後は浸透した防錆剤で防食して、防食機能が長期間持続する特徴を有する。

本研究は、モニタリング用の亜鉛線取付け鉄筋を設置して断面修復する RC 部材を模擬した供試体を作製して、亜鉛線、取付け鉄筋、内部鉄筋の相互間の電流の流れ方を測定し、複合防食工法のモニタリング方法を検討するものである。

### 2. 供試体概要および測定方法

供試体概要を図2に示す。母材側および断面修復材側は各200×200×50mmとした。長さが200mmのD10の鉄筋を、母材側に1本(以下、内部鉄筋)、断面修復材側に1本(取付け鉄筋)配置した。特に取付け鉄筋には、図2に示す通り、犠牲陽極材として、長さが200mmの亜鉛線を取付け鉄筋に沿って配置した(以下、亜鉛線取付け鉄筋)。また亜鉛線と取付け鉄筋を沿わせる際、絶縁させるために、取付け鉄筋表面を線上にエポキシ樹脂で被覆をし、その上に亜鉛線を配置し、ナイロンテグスで結束した。

母材側および断面修復材側の材料概要を表1に示す。母材側コンクリートを打設した2日後に断面修復材を打ち継ぎ、その直後にリード線3本を結束した。1ヶ月間の養生および3ヶ月間の暴露は、湿潤気中(湿度90%、温度20℃)で行った。

測定状況を図3に示す。測定には、無抵抗電流計(測定範囲:±1.0nA~±10mA)を用い、測定時期は母材の

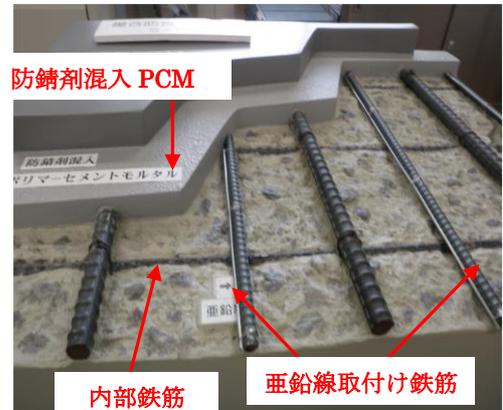


図1 複合防食工法の構造

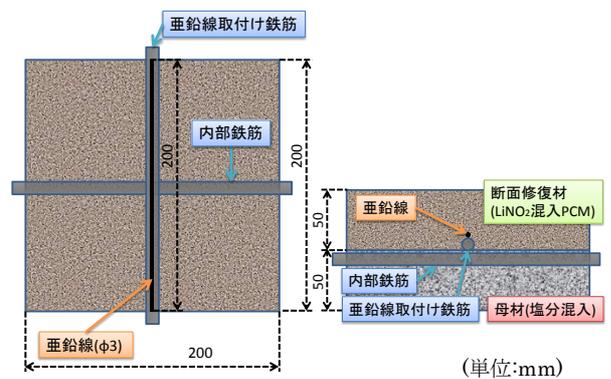


図2 供試体概要(左:平面図, 右:断面図)

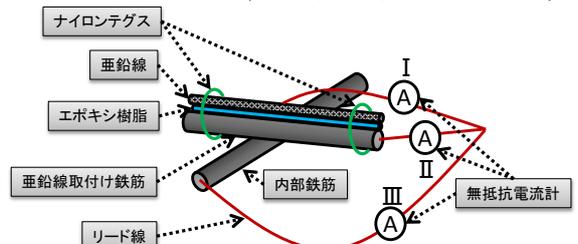


図3 亜鉛線の取付け方法および測定概要

表1 母材および断面修復材の材料概要

側	配合	W/C(%)	LiNO <sub>2</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	NaCl (kg/m <sup>3</sup> )
母材(コンクリート)		55	-	15
断面修復材(PCM)		-	55	-

打設前と、暴露開始から1・2・3ヶ月経過後とした。電流の測定は、図3に示すI・II・IIIの位置で30cmのリード線を用いて行い、他に、現場でのモニタリングを想定して200mのリード線も用いた測定を行った。

キーワード：塩害、複合防食工法、亜鉛線、亜硝酸リチウム、モニタリング

連絡先：〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1 金沢工業大学 地域防災環境科学研究所 TEL076-274-7733

### 3. 測定された電流の評価

各測定位置の電流値と共に、Ⅰ位置で測定した電流を亜鉛線の表面積で除した値と、ⅡおよびⅢ位置で測定した電流を鉄筋の表面積で除した値を評価に用いた。評価値は、対象の亜鉛線または鉄筋がアノードの場合を+、カソードの場合を-として表記した。ここで、**表 2**にて母材側鉄筋の防食効果の有無を説明する。

すなわち、亜鉛は、犠牲陽極材になるとアノード電流が流れる。取付け鉄筋は、腐食環境下には無いためカソード電流が流れる。一方、母材側は塩化物イオンを混入し、内部鉄筋は腐食しやすい環境となっていて、内部鉄筋がアノードとカソードの何れになるかで防食効果が分かれる。すなわち、内部鉄筋がカソードになる場合を「防食効果有り」、逆に内部鉄筋がアノードになる場合を「防食効果無し」と判断する。

### 4. 実験結果とその評価

暴露後の亜鉛線・取付け鉄筋・内部鉄筋の測定結果を**表 3**と**図 4**に示す。なお、母材コンクリート打設前には、電流は流れていなかった。前述より、複合防食工法における亜鉛線の犠牲陽極効果を確認するためには、本研究におけるⅢの測定値が-であることを確認できれば良いことになり、測定結果から劣化環境にある内部鉄筋は「防食効果有り」と判断される。また、亜鉛線から流れる防食電流を内部鉄筋の表面積で除した値は、 $0.2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度となる。ところで、現場では内部鉄筋と亜鉛線取付け鉄筋が接しているため、モニタリングは亜鉛線と内部鉄筋間の電流、すなわち本研究におけるⅠ位置で電流を測定すればよいと考える。また、200mのリード線を介在させた場合(**表 3**:Ⅲ)の比較では、暴露2ヶ月および3ヶ月の測定値は同等であり、暴露1ヶ月の測定値も大きな差は無いことから、配線によって離れた位置での計測が可能であることを確認した。

### 5. モニタリング方法

桁端部や床版下面でのモニタリングのイメージを**図 5**に示す。亜鉛線取付け鉄筋(L=200m程度)を内部鉄筋にスポット溶接する。そして、亜鉛線と内部鉄筋間の電流を測定するためにリード線で接続した系を1対のモニタリングポイントとし、複数個所に設置する。各モニタリングポイントからスイッチボックスまで配線し、さらに、スイッチボックスから無抵抗電流計による測定箇所まで配線する。このシステムにより、定期的に電流を測定し、その値を管理者に送信する。

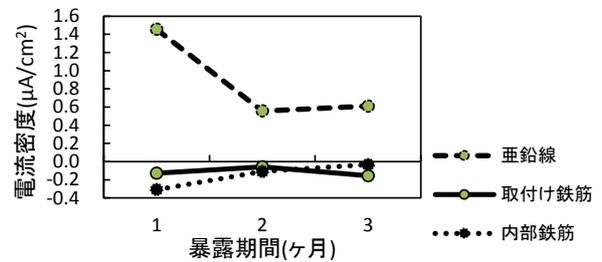
**表 2 母材側鉄筋の防食効果の有無**

防食効果	有り	無し
図		
亜鉛線	アノード	
取付け鉄筋	カソード	
内部鉄筋	カソード	アノード

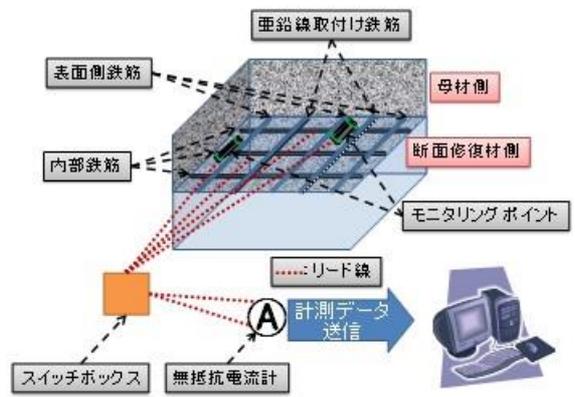
**表 3 電流の電流密度の測定結果**

暴露期間(ヶ月)	電流( $\mu\text{A}$ )				電流密度( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )			
	リード線30cm		リード線200m		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	※
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ				
1	27.43	-7.98	-19.36	-16.50	1.46	-0.13	-0.31	0.44
2	10.48	-3.58	-6.84	-6.83	0.56	-0.06	-0.11	0.17
3	11.50	-9.71	-2.10	-2.10	0.61	-0.15	-0.03	0.18

※：Ⅰ位置で測定した電流を内部鉄筋表面積で除した値



**図 4 実験結果**



**図 5 現場でのモニタリング方法**

### 6. おわりに

複合防食工法における亜鉛線の犠牲陽極効果の有無をモニタリングする手法を提案できた。今後、亜鉛線の表面積と  $\text{LiNO}_2$  の浸透速さの関係を明らかにしていくことによって、より効率的な補修方法を実現する。

### 参考文献

1) 青山實伸ほか：塩害損傷を受けたコンクリート構造物の効率的補修法の考案，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.1179-1184，2008