

SAP と LiNO<sub>2</sub> を添加したモルタル系断面修復材の修復直後の鉄筋の防食効果

徳島大学大学院 賛助会員 ○渡邊真織 徳島大学大学院 正会員 塚越雅幸  
 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄 東京工業大学大学院 正会員 中山一秀

## 1. はじめに

断面修復工法を適用後の修復箇所とその周辺部材の早期劣化の抑制を目的に亜硝酸塩を添加した断面修復材についての研究が進められている。本研究では、亜硝酸リチウムに加え SAP を混和することで、施工性を確保しつつ保水性を高め、内部養生効果による水和反応と FA のポズラン反応の促進を期待した、無機系材料に近い修復材の可能性について検討を行った。

## 2. 試験概要

本実験で用いた母材コンクリートは水セメント比を 60% とし、初期混入 Cl<sup>-</sup> 量が 8.0 kg/m<sup>3</sup> となるように NaCl を練混ぜ水に溶解させて混入した。断面修復材は表-1 に示す 7 調合とした。調合名の SAP は高吸水性高分子(Super Absorbent Polymer)を添加した普通モルタルで、変性アクリル系架橋重合体の SAP<sub>1</sub> と、アクリル酸重合体ナトリウム塩架橋物の SAP<sub>2</sub> を使用し、セメント重量の 0.3% 添加した。W/B は 40% とし SAP を

添加している試験体では、あらかじめティーバック法により求めた SAP の吸水率から、SAP の吸水量相当の水を練混ぜ水に加えた調合とした。なお、表-1 に示す W' /B とは、練混ぜ水と予備試験で求めた SAP の吸水量分の水を加えたものを W' としたときの水セメント比を表している。P は断面修復用の PAE 系ポリマーセメントを使用しており、FA はフライアッシュを混和した普通モルタルに、セメント代替で 20% 混和したものを表している。調合名の最後に Li がつくものは LiNO<sub>2</sub> を添加した調合で、40%LiNO<sub>2</sub> 溶液を練混ぜ水置換で混入した。添加量は、母材コンクリートの Cl<sup>-</sup> 濃度に対して、練混ぜた NO<sub>2</sub><sup>-</sup> の 70% がコンクリートに浸透して NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> モル比が 1.5 となるように決定した。

本研究で作製した鉄筋コンクリート供試体を図-1 に示す。塩害劣化した鉄筋コンクリートの母材コンクリートと修復材の部分断面修復を模擬した供試体で、修復材の打設面からかぶり 30 mm の位置に長さ 390 mm の異形鉄筋 D13 を 1 本配置したものとし、全水準 2 体ずつ作製した。母材コンクリートは、脱型後 20℃ の恒温室中で 2 週間封緘養生した後、20℃、60%RH の恒温室中で 2 週間乾燥させてから修復材で埋め戻し、さらに 28 日間の封緘養生を行った。養生が終了した打継供試体は、湿布で包み、鉄筋の厳しい腐食環境とするためにジップ付きのビニール袋に入れて 40℃ 恒温環境で保管した。暴露期間中、電気化学的鉄筋腐食評価指標（自然電位、分極抵抗）の測定を定期的実施した。なお測定は、測定の前日に供試体を 20℃ 恒温室に移動してから行った。

あわせて、母材コンクリートと修復材の付着強度測定用に建研式接着強度試験を準拠した、100×100×400 mm 角柱供試体の打設面に対して厚さ 5 mm の修復材を打ち継いだ試験体も別途作製した。

表-1 補修材の調合

配合名	W/B	W'/B	ベース材料	FA	SAP	40% LiNO <sub>2</sub> 溶液
P	42%	42%	PCM	無し	無し	無し
PLi				無し	無し	有り
SAP <sub>1</sub> Li	40%	45%	普通モルタル	無し	1	有り
SAP <sub>2</sub> Li		47%		無し	2	有り
FASAP <sub>1</sub> Li		44%		有り	1	有り
FASAP <sub>2</sub> Li		46%		有り	2	有り
FALi		40%		有り	無し	有り

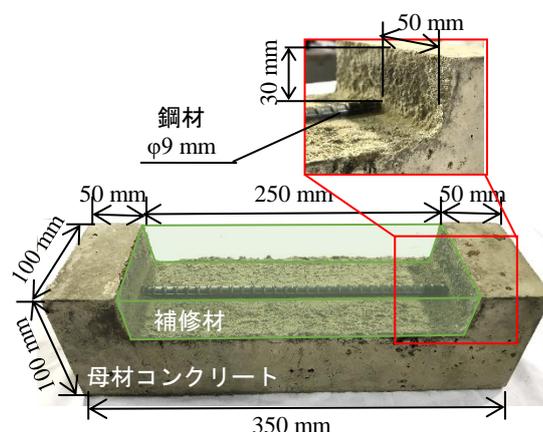


図-1 試験体の形状と寸法

### 3. 実験結果

#### 3.2 付着強度試験

各種修復材と母材コンクリートの付着強度の測定結果および修復材の圧縮強度試験結果を図-2に示す。LiNO<sub>2</sub>を混和した供試体において付着強度の増加が確認された。LiNO<sub>2</sub>の添加による、セメントのC-S-Hの結晶構造の変化や組織の緻密化の効果が特に付着性能の向上に寄与したものと思われる。さらにSAPの添加の有無で比較した場合、圧縮強度と比べ付着強度においては強度の低下は見られなかった。これは、SAPの内部養生効果により、ドライアウト現象を抑制したためであると思われる。その結果、付着強度の値は、一般的に断面修復材に求められる1.0 N/mm<sup>2</sup>を上回った。

#### 3.1 電気化学的モニタリング

腐食促進試験 88日時点の母材コンクリート表面から修復材表面で測定した自然電位の供試体内での分布結果を図-3に示す。すべての調合で、-0.23Vより卑な値となっているものの、母材コンクリートと修復材間で大きな電位差はなく、マクロセル腐食は生じていないとも思われる。なお、自然電位はLiNO<sub>2</sub>を含む調合では徐々に貴な値へと変化しており、厳しい腐食環境にあっても、LiNO<sub>2</sub>の鉄筋腐食の抑制効果が発揮されているものと推測される。

打継供試体の、修復材表面で測定した鉄筋の分極抵抗の経時変化を図-4(a)に、修復材裏面のコンクリート部分で測定した結果を図-4(b)示す。修復材表面ではFALi, FASAP<sub>1</sub>Li, FASAP<sub>2</sub>Liで特に、分極抵抗の増加傾向がみられ、鉄筋の腐食速度は分極抵抗の逆数に比例することから、鉄筋の腐食が抑制傾向にあることが分かる。これは、LiNO<sub>2</sub>により不動態皮膜の再形成が生じているためであると推測される。さらに、FA混和による、修復材の緻密化が劣化因子などの物質移動抵抗性の低下に寄与したと考えられる。また、図-4(b)でも、わずかではあるがLiNO<sub>2</sub>を含む調合の方が、分極抵抗が大きな値となる傾向にあり、徐々に修復材から母材コンクリート側にLiNO<sub>2</sub>が溶出・拡散していることがうかがえる。

#### 4. まとめ

SAPとLiを併用すること、付着強度の改善がみられ、SAPの保水した水分が界面部分の一体化に寄与したものと思われる。SAPとFAを添加した供試体で、暴露期間88日の範囲での分極抵抗はPCM系修復材の4倍程度、電気抵抗も2倍程度の値を示しており、高い鉄筋腐食の抑制効果が示された。さらに、鉄筋の自然電位は、母材コンクリートと修復材間で同程度の値を示しており、マクロセル腐食の発生の危険性もないものと思われる。

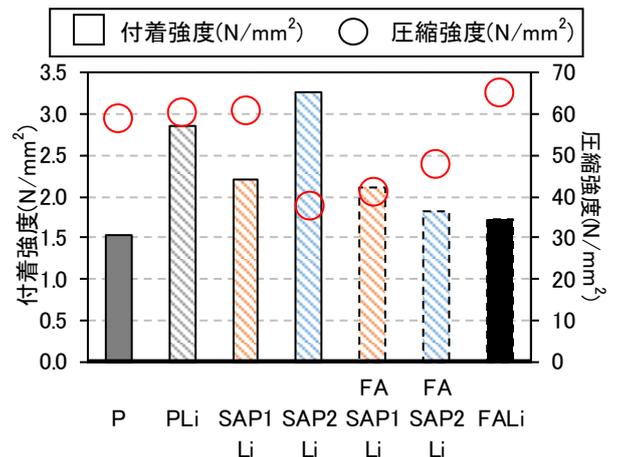


図-2 補修材の付着強度および圧縮強度

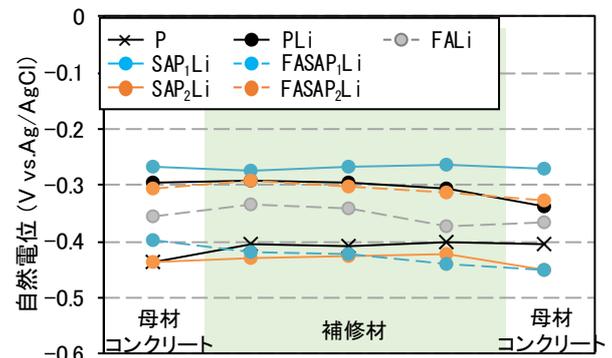
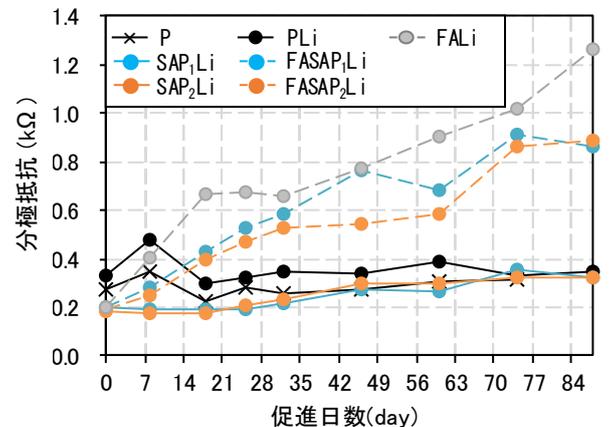
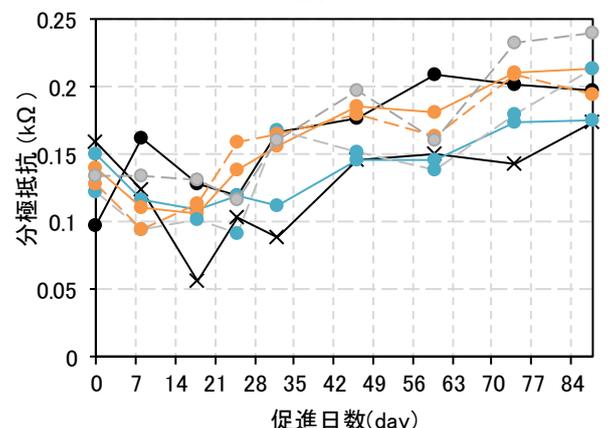


図-3 供試体内での鉄筋の自然電位の分布 (促進暴露88日目)



(a) 補修材表面



(b) 補修材位置の裏面コンクリート

図-4 打継供試体の鉄筋分極抵抗経時変化