

電気化学的補修適用後の表面保護効果に関する検討

徳島大学大学院 学生会員○中山一秀 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
電気化学工業 正会員 七澤 章 徳島大学大学院 正会員 塚越雅幸

1. はじめに

電気化学的防食工法である再アルカリ化工法や脱塩工法は、RC 構造物に電気を流すことで中性化や塩害によって低下した構造物の性能改善を図るものである。これらは、電気防食工法のような供用期間を通じた通電は不要であり通電期間終了後は陽極システムを除去して供用できる点が利点となっている。一方で、通電終了後の外部からの劣化因子浸入防止を目的として、表面保護材を施工した場合、通電後のコンクリートの高含水、高アルカリ環境の影響で表面保護工が比較的早期に劣化する場合があることが指摘されている。そこで本研究では、脱塩や再アルカリ化工法適用後のコンクリート表面に各種表面保護工法を施工した時の、表面保護効果とそれに伴うコンクリート中鉄筋防食性能について検討を行った。

2. 実験方法

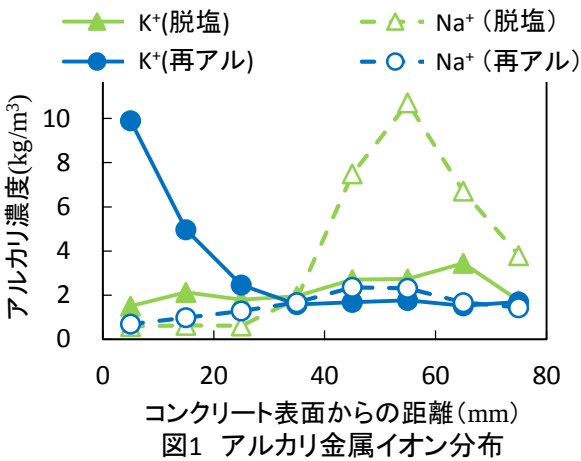
本研究では、鉄筋 D13 を正方形断面中央に配した 100×100×250 mmの角柱供試体を用いた。コンクリートの水セメント比は60%とした。再アルカリ化工法を適用したコンクリート中には、発錆限界濃度程度の 2.0kg/m³、脱塩工法を適用したコンクリートには厳しい鉄筋腐食環境を想定し 8.0 kg/m³の Cl⁻量となるように NaCl を練混ぜ水に溶解して混入した。28日間の封緘養生後、再アルカリ化供試体は電解液に 1.5N の K₂CO₃溶液を用い 1A/m²で 2 週間、脱塩供試体は電解液に 0.1N の Li₂BO₃溶液を用い 1A/m²で 8 週間、通電処理を行った。通電面は、側面 1 面とし、通電面以外をエポキシ樹脂で絶縁塗装した。通電終了後、表面含水率が 8%程度となった時点で、表 1 に示す 3 種類の表面保護を施工し、保護を行わない供試体も別途設けた。また、通電終了後、化学分析用の供試体を用い、通電面から 10mm 間隔で供試体を切断し、切り出したコンクリートを分析した。表面保護施工後、再アルカリ化検討用供試体は促進中性化試験を 20℃、60%R. H.、CO₂ 濃度 5%環境で 2 ヶ月間実施した。脱塩検討用供試体は塩水噴霧試験を行い、35℃環境下で 5%NaCl 溶液を噴霧 21hr と乾燥 3hr の繰返しを 1 ヶ月間実施した。促進中は、保護面裏面に設けた測定窓より定期的に電気モニタリングを行った。また、含浸材を塗布した供試体については、接触角を測定し撥水作用の経時変化を観察し、保護面から測定したコンクリート抵抗と比較した。

3. 通電によるイオンの移動

通電処理終了後のコンクリート中におけるアルカリ金属イオン分布を図 1 に示す。脱塩供試体は通電に伴って Na⁺のピークが鉄筋近傍に形成され、再アルカリ化供試体はコンクリート表面から内部に向かって多量の K⁺が浸透していることがわかる。脱塩供試体は初期混入塩分として 13.2 kg/m³の NaCl を添加しているため、コンクリート中に存在していた Na⁺が電気泳動で陰極である鉄筋近傍に集積しており、再アルカリ化供試体は、電解液から電気浸透によって導入された K⁺が検出されているものの、鉄筋近傍へのアルカリの集積は小さくなっている。通電後に施工する表面保護材の劣化の一因として、このような通電に伴うコンクリート中の高アルカリ状態が指摘されているが、適用する工法によって変化するアルカリ濃度分布も考慮した耐久性評価が必要と考えられる。

表 1 表面保護材の内訳

種類	材料構成
有機系	耐湿潤性エポキシ樹脂
無機系	アクリル樹脂系ポリマーセメントモルタル
含浸系	シラン・シロキサン系高性能浸透性吸水防止材



4. シラン系含浸材塗布供試体の保護効果

シラン系含浸材を塗布した供試体について、通電後促進期間中における含浸面に落とした水滴（直径約 2 mm）の接触角の測定結果と保護面のコンクリート抵抗（以後 IR）を図 2、及び図 3 に示す。これより、無通電供試体に比べて通電供試体は接触角が小さく、撥水効果が弱いことがわかる。特に再アルカリ化工法施工直後の接触角が小さくなっており、電解液による高アルカリ濃度環境が含浸材の撥水効果を低下させたものと推定される。なお、塩供試体については、通電に伴って若干接触角が低下しているものの、再アルカリ化の場合のような低下は認められない。これは、図 1 に示されるように、脱塩工法の場合には、コンクリート表面付近に電解液から供給されるアルカリ金属イオン濃度が再アルカリ化の場合よりも低いことが一因と考えられる。一方、IR は通電の有無に関わらず、シラン含浸供試体は保護なし供試体より大きな値を示している。保護なし供試体とシラン含浸供試体の IR の差がシラン系含浸材による保護効果を表していると考えられる。再アルカリ化後、この差は無通電の場合よりも通電の場合の方が小さくなっている。一方、脱塩後は再アルカリ後より、シラン系含浸材による表面保護効果の通電による低下幅が減少している。この結果は、接触角測定結果と整合しており、現時点ではシラン系含浸材の適用は再アルカリ化後よりは脱塩後の方が適しているようである。

5. 通電終了後の鉄筋防食効果

再アルカリ化供試体に関して、表面保護施工後の促進中性化期間中における分極抵抗の経時変化を図 4 に示す。これらのデータは測定窓から測定したものである。分極抵抗は通電によるカソード分極の影響が大きく、通電供試体は全体的に小さい値を示しているが、無通電供試体の中でも保護なし供試体は高い分極抵抗を示している。これは促進中性化に伴うコンクリート乾燥の影響で鉄筋腐食速度が抑制されたものと推定される。促進中性化 4 週時点の供試体中鉄筋のカソード分極曲線を図 5 に示す。一般にカソード分極曲線は、鉄筋近傍の酸素供給状況に依存し、酸素供給量が大きくなると、曲線は電流値の大きい右側にシフトし、曲線の変曲点より右側の直線部分の傾きがカソード分極抵抗に相当する。図 5 より、通電供試体はすべて無通電の場合よりも曲線が右側にシフトしているが、これは、酸素供給量増大ではなく、通電に伴う大きなカソード分極の影響を示している。無通電供試体の中では、保護なし供試体が各種表面保護供試体よりカソード分極抵抗が小さくなっている。これは、表面保護による酸素供給抑制効果が表れているものと考えられる。

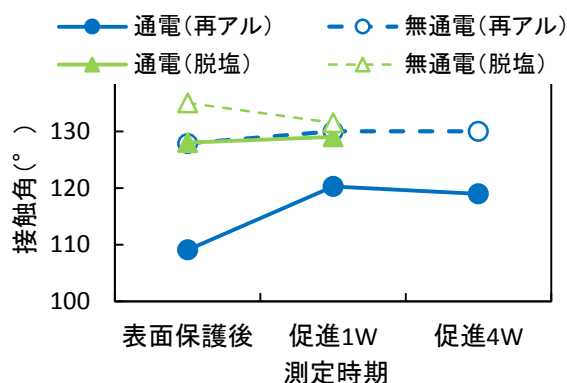


図2 接触角の変化

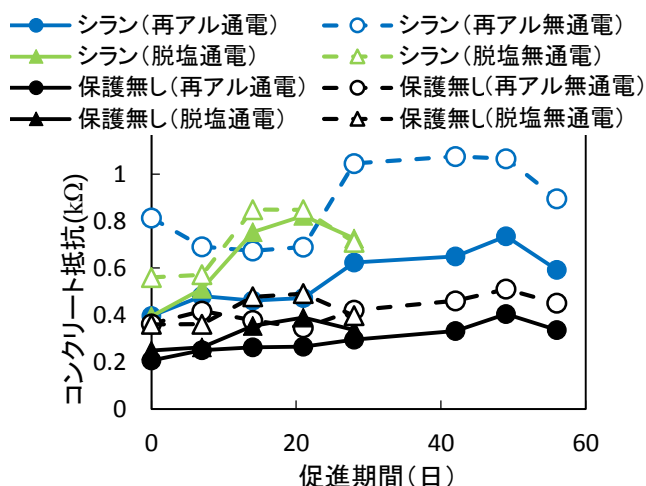


図3 促進期間中におけるIR(保護面測定)

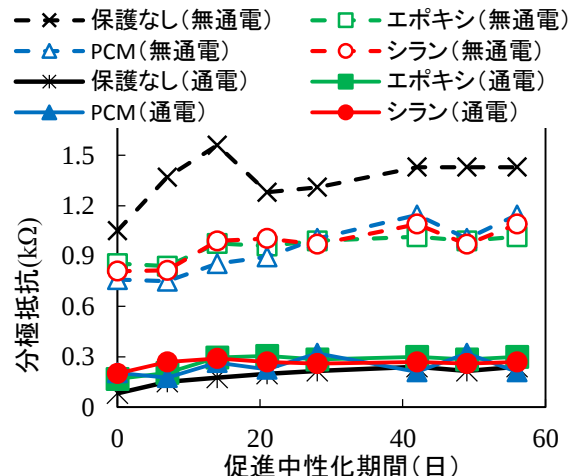


図4 分極抵抗の経時変化(測定窓測定)

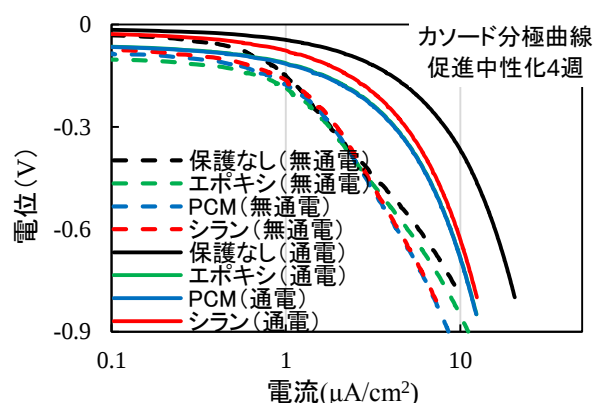


図5 カソード分極曲線