

電気化学的脱塩後に適用した各種表面保護材の性能評価と補修効果持続性の検討

徳島大学 学生会員 ○辻悠弥 徳島大学 正会員 上田隆雄
東京工業大学 正会員 中山一秀 デンカ(株) 正会員 七澤章

1. 目的

電気化学的防食工法である脱塩工法適用後に、外部からの劣化因子の侵入を抑制することを目的とし、表面保護工法を適用した場合の補修・防食効果について不明な点が多い。特に脱塩後のコンクリート内部からの高アルカリ性電解液の影響などにより表面保護材料が比較的早期に劣化する場合もあることから、表面保護材の耐久性の把握も課題となっている。そこで本研究では、通電後の鉄筋コンクリートを模擬した供試体に各種表面保護工法を適用し、これらの表面保護材料の耐久性とコンクリート中の鉄筋防食効果持続性について実験的に検討した。

2. 実験方法

実験で用いた供試体は W/C=55% で、普通ポルトランドセメントを使用し、初期混入 Cl^- 量が 8.0 kg/m^3 となるように練混ぜ水に NaCl を溶解させ混入した。本検討で作製した供試体は、D13 鉄筋を通電面からかぶり 30 mm 位置に一本配置した $100 \times 100 \times 300 \text{ mm}$ の RC 供試体（図-1 参照）とし、28 日間の封緘養生後、通電面 1 面以外の 5 面にエポキシ樹脂を塗布して絶縁処理を行った。また、通電面の側面に電気化学的鉄筋腐食指標測定用の 20 mm 角の測定窓を設けた。絶縁処理後に行った通電処理は、陽極材にチタンメッシュ、陰極をコンクリート内部の鉄筋とし直流電流を供給した。電流密度 1.0 A/m^2 、通電期間 8 週間とし、電解液は飽和 Li_2CO_3 と 0.1N H_3BO_3 の混合溶液を用いた。通電処理を終えた供試体は温度 20°C 、湿度 $60\%\text{R.H.}$ の室内でコンクリート表面含水率が高周波式水分計で 8% 程度になるまで保管した後、表-1 に示す各種表面保護材を施工した。また、通電期間中、温度 20°C 、湿度 $95\%\text{R.H.}$ で保管した無通電の RC 供試体も同様に施工した。さらに、表面保護材を施工しない RC 供試体も併せて作製した。

表面保護材施工後、RC 供試体を塩水噴霧環境（ 35°C 、 $5\%\text{NaCl}$ 溶液を噴霧 16 hr と乾燥 8 hr の繰返し）で 7 ヶ月間保管しながら、供試体側面に設けた測定窓から、電気化学的鉄筋腐食指標（自然電位、分極抵抗、コンクリート抵抗）の測定を行った。さらに、塩水噴霧環境保管後、コンクリート中の Cl^- 濃度分布および、内部鉄筋の腐食減量率の測定を行った。

3. 電気化学的指標による供試体中の鉄筋腐食評価

通電開始から表面保護材施工後の促進劣化期間中の電気化学的鉄筋腐食指標の経時変化を図-2 および 3 に示す。なお、図中の凡例において N は無通電、D は通電供試体を表し、続いて各種両面保護材の種類として N は保護なし、E はエポキシ被覆、UE はエポキシ被覆（PCM 下地）、S はシラン系含浸材を表している。シラン系含浸材を塗布した供試体は通電の有無にかかわらず、水滴接触角は早期に大きく低下していることがわかる。一方でコンクリート抵抗は増大する傾向を示していることから、水滴接触角に表れるようなコンクリート表面のはっ水効果は短期間で失われても、内部のはっ水層は比較的長期間効果を発揮するものと考えられる。

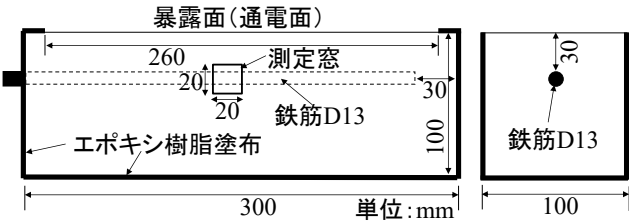


図-1 RC 供試体概要図

表-1 表面保護材の概要

表面保護工名	材料構成	施工仕様
エポキシ被覆	耐湿潤性エポキシ樹脂	800 g/m ² (2層合計)
エポキシ被覆 (PCM下地)	耐湿潤性エポキシ樹脂	800 g/m ² (2層合計)
	エポキシ樹脂系PCM	1700 g/m ²
シラン系含浸	シラン・シロキサン系高性能浸透性吸水防止材	200 g/m ²

自然電位の測定結果より、無通電供試体は、 8.0 kg/m^3 の初期混入の影響で、塩水噴霧実施前からコンクリート中鉄筋は腐食状態にあると考えられる。ただし、シラン系含浸材を塗布した供試体は、塩水噴霧と乾燥の繰返し期間中に

電位の貴変が見られることから、供試体の乾燥進行に伴って鉄筋腐食環境が緩和されているものと推定される。また、塩水噴霧試験中において、無通電供試体は表面保護なしの場合には鉄筋腐食に起因すると考えられる明確な腐食ひび割れが認められ、エポキシ塗布の場合にも、被覆材の下部で腐食ひび割れが進展していると思われる変状が観察された。以上より、無通電供試体は、初期混入 Cl^- によって鉄筋腐食が進行し、通電供試体は通電処理による防食効果が持続しているものと考えられる。

4. 塩水噴霧期間終了後のコンクリート中の Cl^- 濃度分布

塩水噴霧期間終了後のコンクリート中の Cl^- 濃度分布を図-4に示す。無通電供試体において腐食ひび割れが確認できた表面保護なし、エポキシ樹脂塗布に関しては、コンクリート表面から内部鉄筋まで初期混入 Cl^- 量から大幅に上昇していることがわかる。シラン系含浸材塗布の場合は、コンクリート表面においてエポキシ樹脂塗布の場合と同様、多量の Cl^- 量であるが、鉄筋近傍では初期混入 Cl^- 量から変化していないことがわかる。これは供試体の乾燥進行に伴って塩水が供試体表面で遮断されていたためと考えられる。通電供試体において、通電後に表面保護を適用しない場合は多量の Cl^- が浸透していることがわかる。しかし表面保護を適用した場合、 Cl^- 量は鉄筋近傍をはじめ各部分で通電直後と同程度であり、各表面保護材が外来する Cl^- を遮断していることがわかる。また通電の有無に関わらず、PCM下地材とエポキシ被覆を行った供試体については腐食によるひび割れも見受けられず、外部からの侵入因子遮断能力が高いことがわかった。よって、通電後に表面保護を併用することで内部鉄筋腐食環境が改善された効果が持続することがわかった。

5. 塩水噴霧期間終了後の内部鉄筋の腐食減量率

塩水噴霧期間終了後の内部鉄筋の腐食減量率を図-5に示す。通電供試体は無通電供試体と比較して腐食減量率が低く、さらに表面保護材を併用した場合は、併用しない場合と比較しても低いことがわかる。これより腐食減量率において、通電の影響により約2%の腐食減量率が脱塩工法により低減され、表面保護材を併用することによりさらに約1%の腐食減量率が低減される結果となった。

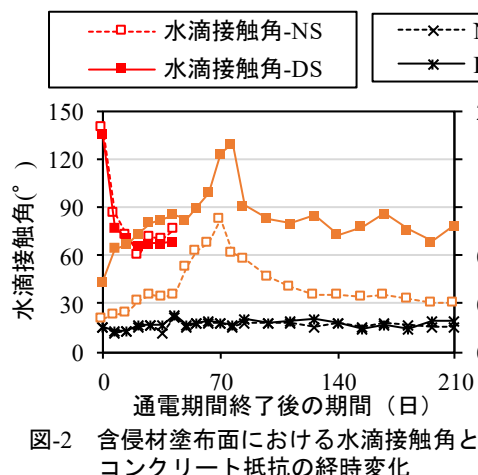


図-2 含浸材塗布面における水滴接触角とコンクリート抵抗の経時変化

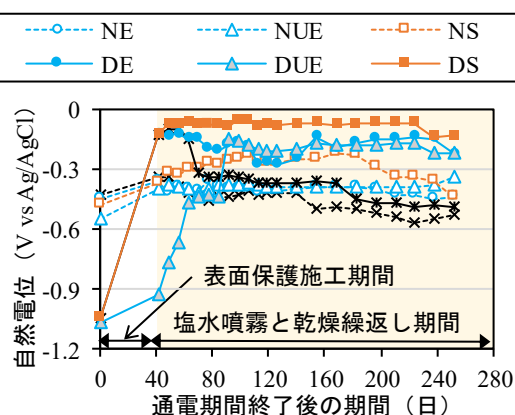


図-3 表面保護施工後の塩水噴霧期間中における電気化学的腐食指標の経時変化

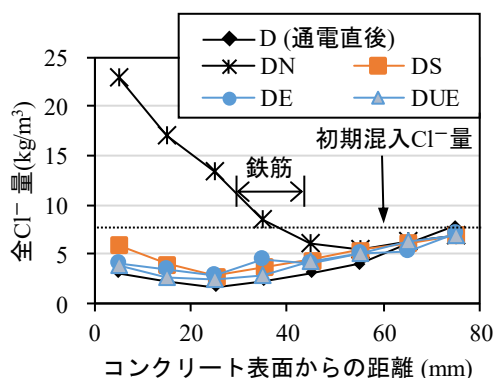
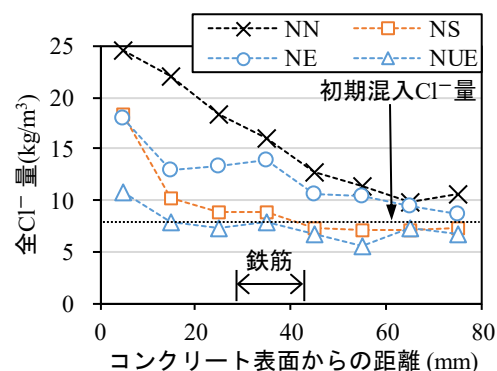


図-4 塩水噴霧期間終了後のコンクリート中の全 Cl^- 濃度分布

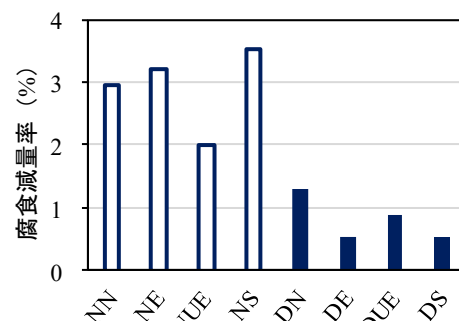


図-5 塩水噴霧期間終了後の内部鉄筋の腐食減量率