

## 電気化学的脱塩後の各種表面保護の適用が補修効果に与える影響

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

実験で用いたコンクリートの配合を表-1に示す。普通ポルトランドセメントを使用し、初期混入  $\text{Cl}^-$  量が  $8.0 \text{ kg/m}^3$  となるように練混ぜ水に  $\text{NaCl}$  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  $1.0 \text{ A/m}^2$ 、通電期間 8 週間とし、電解液は飽和  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  と  $0.1\text{N H}_3\text{BO}_3$  の混合溶液を用いた。なお、通電期間中、陽極鉄筋間電位差および電解液の pH、ならびに電解液中の  $\text{Cl}^-$  濃度を定期的に測定した。通電処理を終えた供試体は温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度 60%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-2 に示す各種表面保護材を施工した。また、通電期間中、温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度 95%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 ( $35^\circ\text{C}$ 、5%NaCl 溶液を噴霧 16 hr と乾燥 8 hr の繰り返し) で保管しながら、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。

### 3. 通電期間中および通電終了直後の測定結果

脱塩中の電解液中の  $\text{Cl}^-$  濃度と pH の経時変化を図-2 示す。通電直後からわずかに pH が低下する傾向が見られるが、pH 値は 9.6 程度を保持し、 $\text{Cl}^-$  濃度は経時的に上昇している。電解液に  $0.1\text{N LiOH}$  溶液を用いた

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	Gmax (mm)	単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )						
		C	W	S	G	NaCl	WRA	AEA
55	15	324	178	813	895	13.2	0.49	0.032

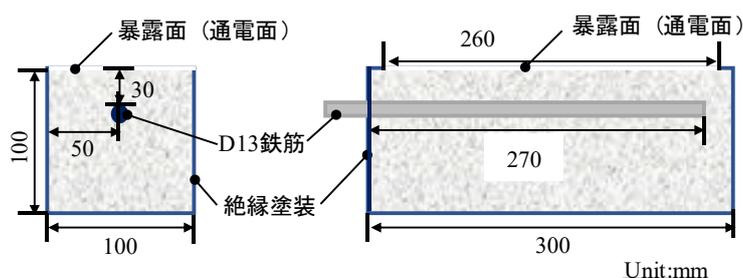


図-1 供試体の概要

表-2 表面保護材の概要

材料構成	施工仕様
耐湿潤性 エポキシ樹脂	500g/m <sup>2</sup> (1層目)
	300g/m <sup>2</sup> (2層目)
エポキシ系ポリマー セメントモルタル (下地材)	1700g/m <sup>2</sup>
シラン・シロキサン系 高性能浸透性吸収防止剤	200g/m <sup>2</sup>

場合、pH 値は 12 程度を保持状況に大きな変化は見られなかった。

通電終了直後のコンクリート中における全  $\text{Cl}^-$  濃度分布を図-3 に示す。初期混入  $\text{Cl}^-$  量が  $8.0 \text{ kg/m}^3$  であったのに対し、かぶり部分から鉄筋近傍にかけて大きな脱塩効果が得られ、鉄筋位置では  $1.7 \text{ kg/m}^3$  まで  $\text{Cl}^-$  濃度が低減され、通電前と比べて著しく腐食環境が改善されている。

過去の検討での通電後の鉄筋近傍における  $\text{Cl}^-$  量に顕著な差が見られないため、電解液に飽和  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  と  $0.1\text{N H}_3\text{BO}_3$  の混合溶液を用いた場合も、 $\text{LiOH}$  を用いた場合と同程度の脱塩効果が得られたと判断できる。

通電後のコンクリート中における総アルカリ量である  $\text{R}_2\text{O}$  量および pH 分布を図-4 に示す。通電によるカソード反応と  $\text{Na}^+$  および  $\text{K}^+$  の電気泳動により、鉄筋近傍の pH 値が最も大きい。集積したアルカリの再分布が表面保護に与える影響について今後の定期的な検討が必要である。

#### 4. 表面保護材施工後の測定結果

通電開始から表面保護材施工後の塩水噴霧試験期間中の電気化学的モニタリングによる自然電位の経時変化を図-5 に示す。通電期間は 0~56 日であり、98 日に塩水噴霧試験を開始した。通電後、表面保護材施工するまでの期間は気中乾燥で保管した。通電供試体に関しては、56 日の通電の影響で自然電位が  $-0.1\text{V}$  以下まで下がり、PCM 下地材を用いたエポキシ樹脂を塗布したもの以外は電位が  $-0.2\text{V}$  以上で、無通電の供試体に関しては、 $-0.3\text{V} \sim -0.6\text{V}$  程度であった。PCM 下地材を用いたエポキシ樹脂を塗布した供試体は、2 層の表面保護材それぞれに養生期間を要したため、早期に表面が覆われ、酸素の供給が比較的小さく、鉄筋の不働態被膜の再形成が遅れているのと考えられる。

シラン系含浸材を塗布した供試体における塩水噴霧期間中の水滴接触角とかぶり部分の電気抵抗値を図-6 に示す。一般的に含浸面の水滴接触角が  $90^\circ$  以下で撥水性が失われていると考えられ、塩水噴霧開始後 7 日で  $90^\circ$  以下となった。しかし含浸面の 4 プローブ法による電気抵抗値は脱塩処理後、シラン系含浸材を塗布した供試体は顕著に高く、コンクリート内部の表面近くの部分で保護効果が持続しているものと推察される。

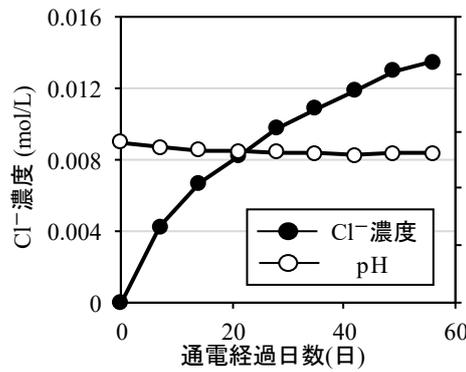


図-2 電解液中の  $\text{Cl}^-$  濃度と pH

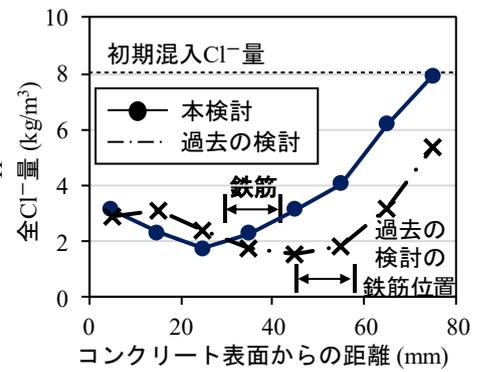


図-3 通電後のコンクリート中の全  $\text{Cl}^-$  分布

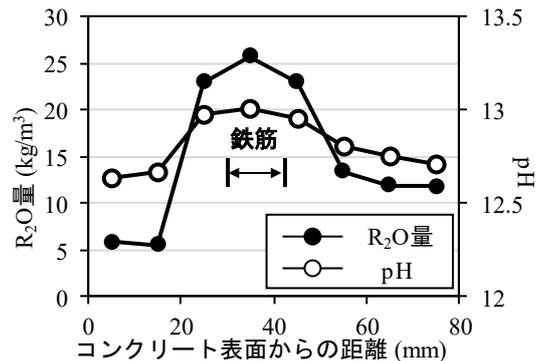


図-4 通電後のコンクリート中における  $\text{R}_2\text{O}$  量および pH 分布

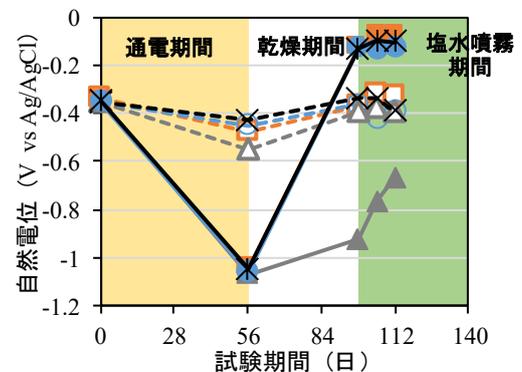
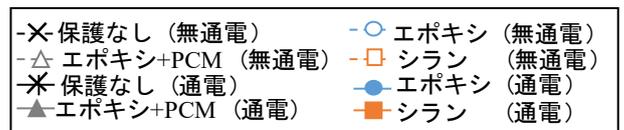


図-5 通電前からの自然電位の経時変化

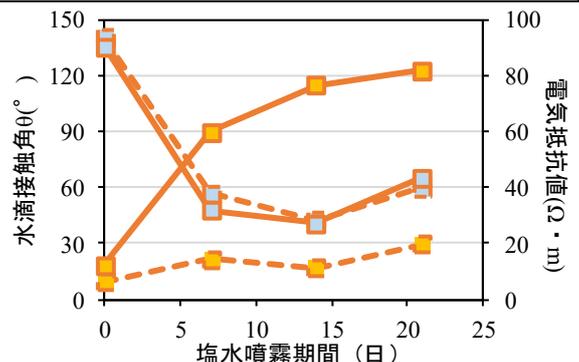
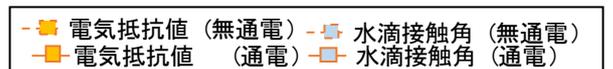


図-6 シラン系含浸材を塗布した供試体における促進劣化試験中の水滴接触角と電気抵抗値