

電気化学的ひび割れ補修（電着）工法における電着条件の選定

戸田建設(株) 正会員 田中 徹 FII-会員 倉林 清
 東京工業大学 正会員 大即信明 正会員 宮里心一 西田孝弘
 電気化学工業(株) 正会員 宇田川秀行

1. はじめに

近年、劣化した鉄筋コンクリート構造物の機能回復を目的とした補修工法の一つとして、電気化学的手法（脱塩、再アルカリ化、電着工法等）が適用されるようになった。電気化学的手法の一つである電着工法は、構造物表面に電着生成物を析出させひび割れ補修や表面の改質を行うものである。従来海洋構造物を対象にコンクリート内部の鉄筋を陰極とし、また外部に陽極を設置し、電解質水溶液（海水）を介して通電を行っていた。さらに筆者らは現在、陸上鉄筋コンクリート構造物を対象に電着工法によるひび割れ補修工法の研究開発を行っている。

本文は電着工法を用いた陸上鉄筋コンクリート構造物のひび割れ補修工法の実用化を目的とした、電着条件（電解質水溶液の濃度、電流密度）の選定を行った結果について報告する。

2. 試験の概要

2.1 電解質水溶液の選定

電解質水溶液の種類は事前に以下の条件等によって選定した。この結果、本試験に用いる電解質水溶液は緩衝作用を有する酢酸マグネシウム ($Mg(CH_3COO)_2$ ・以下 Mg-ace とする) 水溶液、および比較用として硝酸マグネシウム ($Mg(NO_3)_2$) 水溶液とした。

表-1 供試体の配合

(1)電解質水溶液中には Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} のいずれかを有すること。

(2)電解質は水溶性で電解質水溶液が強酸性を示さないこと。

(3)電解質水溶液は通電によって、pHが低下しないこと。

| Gmax (mm) | スラン プ (cm) | 水セ ト 比 (%) | 空気 量 (%) | 細骨 材 率 (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | |
|--------------|------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | 水 W | セ ト C | 細骨 材 S | 粗骨 材 G | 混和 剤 A |
| 20 | 12 | 44 | 4.0 | 41.5 | 160 | 364 | 747 | 1046 | 4.02 |

2.2 供試体の概要

表-1 に供試体の配合、図-1 に供試体の形状寸法、図-2 に電着方法の概要を示す。供試体は普通ポルトランドセメントを用いたプレキャスト板とした。内部鉄筋（D6・SD295）は溶接によって接合し端部にリード線を圧着した。供試体は3点曲げ载荷により短辺方向に残留ひび割れ（0.3mm）を導入し、暴露面以外はエポキシ樹脂により被覆した。1回の試験に用いた電解質水溶液は6.0%とした。

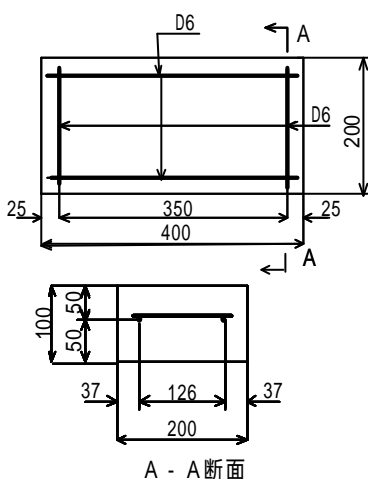


図-1 供試体の形状寸法(mm)

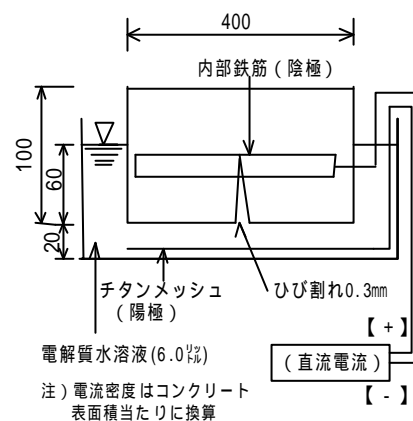


図-2 電着方法の概要

表-2 電着試験条件

2.3 試験条件

表-2 に試験条件を示す。通電期間は7日間とした。

| | Mg-ace | $Mg(NO_3)_2$ |
|-------------------------|---------------------------|--------------|
| 電解質濃度(mol/l) | 0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0 | 0.1、0.5、1.0 |
| 電流密度(A/m ²) | 0.25、1.0、2.0 | 0.25、1.0、2.0 |

2.4 電着効果の評価項目

電着効果の評価は、1)電解質水溶液のpH経時変化、2)ひび割れ閉塞率、3)閉塞深さ、4)物質透過抑制効果とした。ここで、ひび割れ閉塞率とは供試体表面で観察されるひび割れの全長に対する、電着物により閉塞された長さの百分率である。また、閉塞深さはひび割れ中に析出した電着物の厚さであり、物質透過抑制効果は電着後の供試体に促進中性化（CO₂濃度 10%、温度 40℃、湿度 70%、暴露期間 14日間）を施し、ひび割れ部における中性化深さで評価した。

3. 試験結果と考察

3.1 電解質水溶液濃度の影響

図-3、4、5、6 に電解質水溶液の濃度（電流密度 1.0A/m²）と pH 経時変化、ひび割れ閉塞率、閉塞深さ、中性化深さの関係を示す。pH の経時変化は Mg(NO₃)₂ 水溶液が通電 1 日で大きく低下したとことと比較して、Mg-ace 水溶液では小さく抑えることができ、酢酸塩の緩衝作用を確認することができたと考えられる。ひび割れ閉塞率は水溶液濃度の上昇に伴って低下する傾向となった。これは水溶液中のイオンの輸率等が異なるためと考えられる。また閉塞深さは水溶液濃度の上昇に伴って深くなる傾向となるが、0.1~0.2mol/l を超えるとほぼ一定となった。中性化深さでは 0.1mol/l のときが最も小さくなった。これは閉塞率と閉塞深さの関係から、閉塞率が高く、閉塞深さが大きい場合に中性化抑制効果が高いことを示している。

3.2 電流密度の影響

図-7、8、9 に電流密度（電解質水溶液の濃度 0.1mol/l）とひび割れ閉塞率、閉塞深さ、中性化深さの関係を示す。ひび割れ閉塞率は電流密度の変化に影響を受けないものの、閉塞深さは電流密度の上昇に伴って深くなる傾向となった。中性化深さは電流密度が 1.0A/m² のとき最も小さな値となった。この理由としては、電流密度が 0.25A/m² の場合は閉塞深さが小さいこと、逆に電流密度が大きくなった場合は電着物の結晶が粗くなるなどの析出状況の差異が影響していることが考えられる。

4. まとめ

陸上鉄筋コンクリート構造物のひび割れ補修を目的として、電解質水溶液に Mg-ace 水溶液を用いた場合の最も効果的な電着条件（電解質水溶液濃度と電流密度）の選定を行った。本試験の範囲において、Mg-ace 水溶液は通電による pH の低下が小さく、水溶液濃度 0.1mol/l、電流密度 1.0A/m² のとき最も電着効果が高いことがわかった。今後はその他種々の電着条件の選定や実施工を目的とした電気化学的ひび割れ補修システムの構築を行う予定である。

[参考文献] 大即ほか：コンクリート構造物の機能回復に対する電着工法の適用性の検討、コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集、pp.81～86、1998

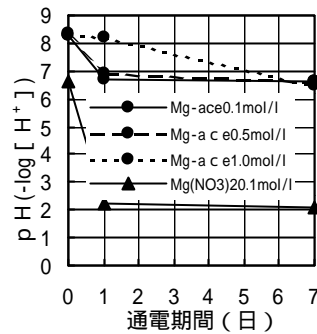


図-3 pH の経時変化

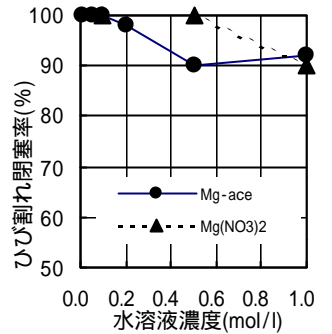


図-4 水溶液濃度と閉塞率

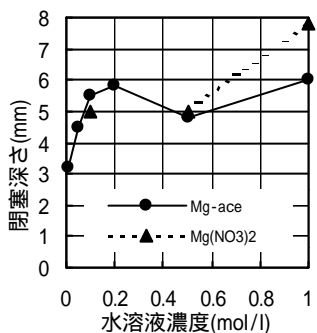


図-5 水溶液濃度と閉塞深さ

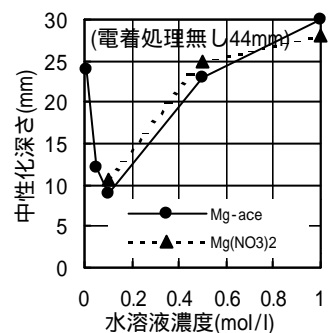


図-6 水溶液濃度と中性化

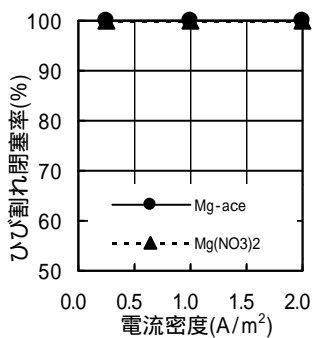


図-7 電流密度と閉塞率

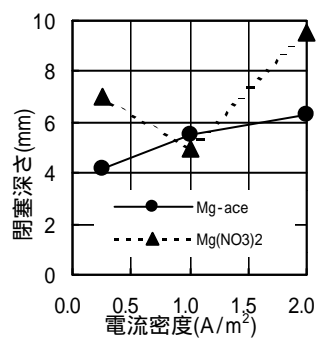


図-8 電流密度と閉塞深さ

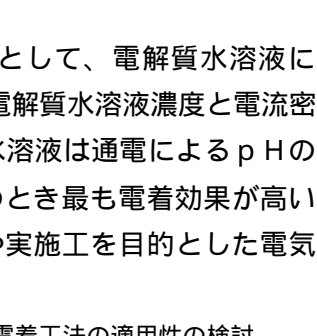


図-9 電流密度と中性化深さ