

# コンクリートの電氣的泳動試験における 電極反応により生成・消費される水酸化物イオンの影響

群馬大学大学院 学生会員 大畑 公嗣  
群馬大学工学部 正 会 員 杉山 隆文  
群馬大学工学部 フェロー 辻 幸和

## 1. はじめに

コンクリート中の塩化物イオンの浸透性を迅速に評価するために、ASTM C1202 や AASHTO T277 から発展した電氣的泳動試験が開発されている。しかし、試験期間中に起こる電極反応により生成・消費される水酸化物イオンの影響についての研究は、ほとんどなされていない。

本研究では、水酸化物イオンの生成量および消費量を計算して、各試験溶液の電気伝導率に与える影響について検討し、電氣的泳動試験について考察を加えた。

## 2. 実験概要

実験装置の概略図を図 - 1 に示す。本実験で使用した供試体の形状寸法は、直径が 10cm、厚さが 5cm で、W/C が 65% の普通コンクリートである。養生は約 1 年間水中で行った。なお、本試験では、ASTM および AASHTO に準じて、デシケータ内で真空抜気を行い、その後試験に供した。陽極側には 0.30mol/L の NaOH

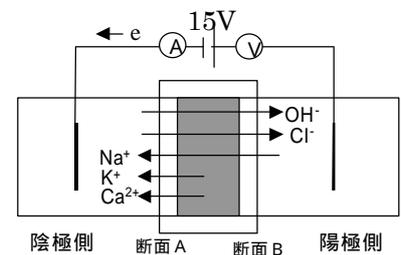


図 - 1 促進試験装置

溶液を用い、陰極側には 0.51mol/L の NaCl 溶液を用いて電氣的泳動試験を行った。また、直流定電圧 15V を印加して実験を行った。塩化物イオンは選択性電極を用いた電位差滴定法、水酸化物イオンを除くその他のイオンはイオンクロマト法により各溶液の濃度を測定した。計測値のばらつきを比較するため同一条件下において 3 つの供試体について実験を行い、代表的なものを考察に用いることとした。

## 3. 水酸化物イオン生成量・消費量および電気伝導率の計算

電氣的泳動試験において、陰極の電極の表面では水分子が電子を受け取り水素ガスと水酸化物イオンを生成し、陽極の電極の表面では水酸化物イオンが電子を失い水と酸素ガスを生成する化学反応が起こっていると考えられる。

そこで、次式を用いて、経過時間  $t=(t_2 - t_1)$  (sec) において流れる総電子量から、陰極側および陽極側の電極でそれぞれ発生および消費する水酸化物イオンの総量を求める。

$$[\text{OH}^-]_{\text{el}} = \frac{Q}{F} = \frac{1}{2F} (I_1 + I_2)(t_2 - t_1) \quad (\text{mol}) \quad (1)$$

ここに、F をファラデー定数、 $I_1$ 、 $I_2$  をそれぞれ  $t_1$ 、 $t_2$  の時の電流値とする。

また、測定された溶液の pH より、次式を用いて溶液中に存在する水酸化物イオンの濃度を求めた。

$$[\text{OH}^-] = 10^{(\text{pH} - 14)} \quad (\text{mol/L}) \quad (2)$$

ここに、補正係数を  $\alpha$  とし、既知の水酸化物イオン濃度の溶液を用いた予備実験により求めた。

実験により求められた溶液中の各イオン濃度により、次式を用いて溶液の電気伝導率を求めた。

$$\kappa = F \sum z_i u_i c_i \quad (3)$$

ここに、 $u_i$  を表 - 1 に示した各イオンの移動度、 $c_i$  を各イオンの溶液中の濃度、 $\alpha$  を濃厚溶液に対する補正係数とした。

キーワード：電氣的泳動試験，電極反応，水酸化物イオン，電気伝導率，

連絡先：〒376-0034 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

表 - 1 移動度 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
5.192	7.618	6.167	-20.55	-7.913

希薄溶液の移動度

#### 4. 実験結果

実験で得られた電流と電圧の経時変化を図 - 2 に示す。電圧値は、初期では若干減少してはいるが、試験開始後 1 日以降からほぼ一定の値を示している。しかし、電流値は増加傾向を示している。これは、コンクリート硬化体中にイオンが浸透し、コンクリートの比抵抗値が低下したためであると考えられる。

実験で得られた pH の経時変化を図 - 3 に示す。陰極側では pH 値の急激な増加が見られ、陽極側では pH 値の緩やかな減少がみられる。これは、陰極側の電極で水酸化物イオンが発生し、陽極側の電極で溶液中の水酸化物イオンが消費される電極反応が起きているためであると考えられる。

#### 5. 実験結果の考察

電極反応での生成、消費による水酸化物イオンの変化量と、溶液中に存在する水酸化物イオンの変化量を図 - 4 に示す。図において陰極側では生成、陽極側では消費を示している。また、各曲線の差が陰極側、陽極側各溶液とコンクリートとの界面における水酸化物イオンの移動量を表していることになる。図により、陰極側では溶液中に存在する水酸化物イオン量より電極反応により生成される量の方が大きいことから、電極反応により生成された一部の水酸化物イオンがコンクリートへと移動していることがわかる。また、陽極側では溶液中の水酸化物イオンの減少量より電極で消費される量の方が大きいため、コンクリートから移動する水酸化物イオン量より電極反応で消費される水酸化物イオン量の方が大きいことがわかる。

ここで、陰極側、および陽極側において測定された各イオンの濃度から、陰極、陽極各溶液の電気伝導率を計算し、この経時変化を図 - 5 に示す。ここで、実験値と計算値とが近い値を示していることから、各イオン濃度により電気伝導率が算出できることが確認できる。また、陰極においては単調な増加傾向を示し、陽極側においては単調な減少傾向を示しているのがわかる。これは、陰極側では当量伝導率の大きい水酸化物イオンが溶液中に蓄積されていくため、溶液の電気伝導性が向上し電気伝導率が大きくなったと考えられ、陽極側では水酸化物イオンが溶液中から減少していくため溶液の電気伝導性が低下し電気伝導率が小さくなったと考えられる。

つまり、電極反応で水酸化物イオンの生成および消費が起こり、溶液中の各イオンがコンクリート中へ移動するため、溶液の電気伝導率が変化したことがわかる。

#### 6. まとめ

電氣的泳動試験において、電極反応により水酸化物イオンが生成、消費されるため、溶液中の水酸化物イオンの濃度が大きく変化することがわかる。そのため、溶液中に存在する水酸化物イオンの影響を受けて、溶液の電気伝導性は経時的に変化する。このことから、コンクリートへ移動する水酸化物イオンの影響を受けて、塩化物イオンの移動が変化していると考えられる。

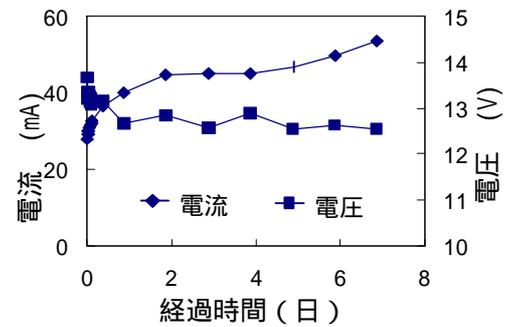


図 - 2 電流と電圧の経時変化

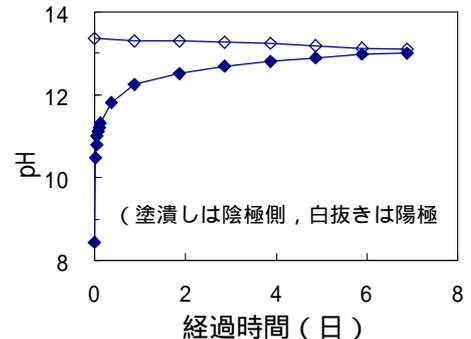


図 - 3 pH の経時変化

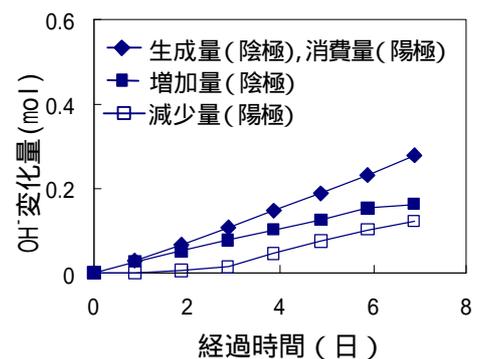


図 - 4 溶液中の OH<sup>-</sup> の変化量

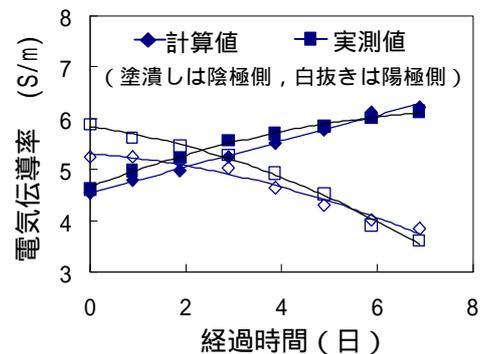


図 - 5 溶液の電気伝導率