

(V-40) コンクリート中の塩化物イオンの移動に関する直流定電圧方式および直流定電流方式の比較

群馬大学工学部 学生会員 橋本 知明
 群馬大学大学院 学生会員 長岡 寛
 群馬大学工学部 正 会 員 杉山 隆文
 群馬大学工学部 正 会 員 辻 幸和

1. はじめに

コンクリート中の塩化物イオンの拡散性を迅速に判断するために、電気的にイオンを移動させる促進試験方法の開発が盛んに行われるようになってきた。しかし、コンクリート中の塩化物イオンの移動における、駆動力として用いる直流電圧の影響に関して、まだ解明しなければならない基本的な事項が残っている。

本研究では、コンクリートに印加する直流電圧を、定電流方式または定電圧方式の2種類について、それぞれ定電流または定電圧の大きさを変えて、試験した結果を報告する。一般にこの二つの方式は、電極反応をコントロールする目的で区別される場合が多いが、コンクリート中を電気泳動する塩化物イオンに対する影響については明確ではないので、このことを実験的に調べてみた。

2. 実験概要

2. 1 供試体の作製

本実験に用いたコンクリ

表-1 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状

W/C (%)	スランプ (cm)	Gmax (mm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				圧縮強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)
				水	セメント	細骨材	粗骨材			
55	10	25	2.0	189	344	878	920	46.1	8.5	2.0

ートの配合およびフレッシュコンクリートの性状を、表-1に示す。粗骨材および細骨材は、ともに渡良瀬川産の川砂利（表乾比重：2.64、吸水率：1.22%、粗粒率：6.51、実積率 60.4%）および川砂（表乾比重：2.61、吸水率：2.65%、粗粒率：2.37）をそれぞれ用いた。普通ポルトランドセメント単味を用いた普通コンクリートを、標準の円柱型枠（直径：100 mm、高さ：200 mm）を用いて作製し、540 日間の水中養生後、ダイヤモンドカッターで厚さが 50 mm の円盤状に切断した。円周面をエポキシ樹脂系の塗料でコーティングした後、AASHTO T-227 に準拠して、真空デシケータを使用した真空中で養生を行った。

2. 2 促進試験の概要

本実験で使用した実験装置の概略図を図-1に示す。電位勾配がコンクリートの両端面に作用すると、負電荷を持つ塩化物イオンは、コンクリートの細孔溶液中を通過して陽極側に向かって電気的泳動を起こすと考えた。本実験では、直流定電流として、脱塩工法の研究で用いられる 1A/m² およびそれより大きい 5A/m²、直流定電圧として通常の促進試験で用いる 15V で実験を行った。陽極側の塩化物イオン濃度は、試験開始後ある時間経過した後に増加すると考えた。そして、単位時間当たりの塩化物イオン濃度の増加が一定に達した段階でコンクリート中の塩化物イオンの移動は定常状態に達したと判断し、そのフラックスを求めた。なお、陰極側および陽極側の溶液は適宜新しい溶液と交換した。実験は、恒温室内（温度：25℃）で行った。

2. 3 コンクリートの塩化物イオン拡散係数の算定

コンクリートの塩化物イオン拡散係数は、定常状態に達したときの塩化物イオンのフラックス (J_{Cl}) を用いて、(1) 式で示したネルンスト-プランク式より算出した。

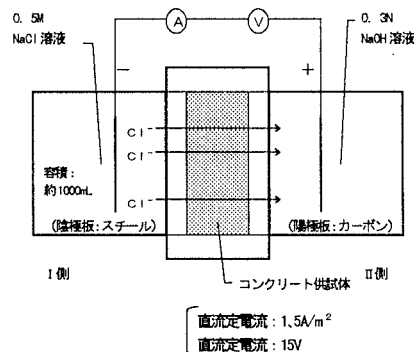


図-1 塩分浸透促進実験装置の概略図

$$D_{cl} = \frac{J_{cl} RTI}{Z_{cl} F C_{cl} (\Delta E - \Delta E_e)} \quad (1)$$

ただし、 D_{cl} ：塩化物イオン拡散係数 (cm^2/s)、 J_{cl} ：定常状態における塩化物イオンのフラックス ($\text{mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$)、 R ：気体定数、 T ：絶対温度、 Z_{cl} ：塩化物イオンの電荷、 F ：ファラデー定数、 C_{cl} ：I側の塩化物イオン濃度 (0.5M)、 ΔE ：電位差、 ΔE_e ：電極における接触電位、 l ：供試体厚さ (5cm)

3. 実験結果および考察

3. 1 コンクリート中を泳動する塩化物イオン

図-2は、コンクリート供試体両端面に対する通電方式 (定電流、定電圧) を変化させた場合に得られた、陽極側の塩化物イオン濃度の経時変化である。定常状態における陽極側の塩化物イオン濃度の増加割合は、回帰直線式より求めた。

3. 2 塩化物イオン拡散係数に対する検討

各促進試験から塩化物イオンのフラックス (J_{cl}) を求め、(1) 式を用いて塩化物イオン拡散係数 (D_{cl}) を算定した。その際には、電位差は一定であることが望ましいが、図-3 より定電流方式において、接触電位を考慮した場合には一定ではないために、塩化物イオンの移動が定常状態にあるときの電位差の平均値を用いて D_{cl} を算定した。算定結果を図-4 に示す。同一条件で作製した供試体にもかかわらず D_{cl} が異なっている。これは、定電流方式においては電位差が一定にはならず、(1) 式を用いた拡散係数の算定に影響を及ぼしたものと考えられる。したがって、定電流方式によって塩化物イオン拡散係数を算定する場合には、電位差の変動に対する影響を考慮する必要があると考えられる。

3. 3 塩化物イオンの移動と単位電気量の関係

図-5は、単位電気量に対する塩化物イオンの移動量 (陽極側の塩化物イオン濃度の累加値) を示している。ここで単位電気量とは、コンクリート供試体を通過した単位断面積あたりの電気量のことである。図-2より電流密度あるいは電位差が大きいほど、単位時間当たりの塩化物イオンの移動量 (回帰直線の傾き) が大きくなることは明らかである。しかし、図-5より直流定電圧・定電流方式や電流密度の大小によらず、単位電気量が同じであれば塩化物イオンの移動量は等しくなっている。

4. まとめ

- (1) 定電流方式で促進試験を行った場合、電位差が変動していたために、(1) 式を用いて算定した拡散係数は、定電圧方式から得られた値とは一致しなかった。
- (2) 直流定電圧・定電流方式や電流密度の大小によらず、塩化物イオンの移動量は単位電気量に支配される。

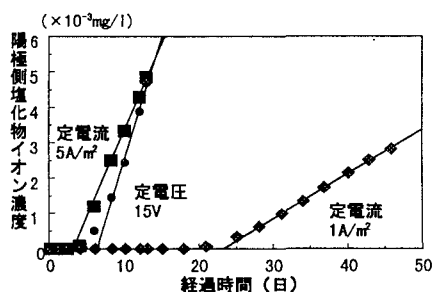


図-2 陽極側の塩化物イオン濃度の経時的変化

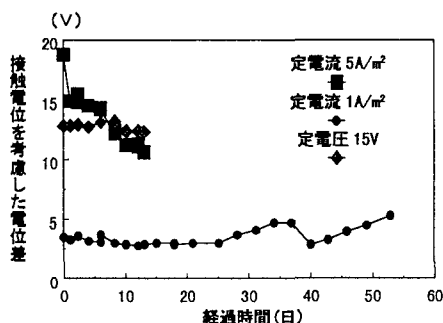


図-3 接触電位を考慮した電位差の経時変化

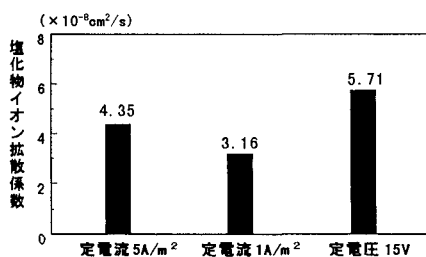


図-4 各促進試験における塩化物イオン拡散係数

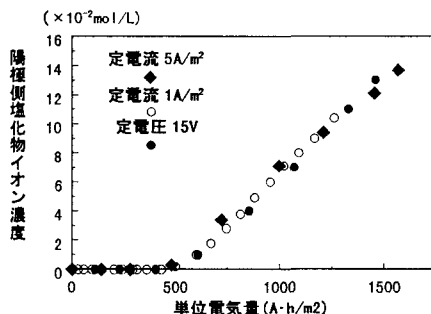


図-5 塩化物イオン移動量と単位電気量の関係