

V-141

コンクリート中の塩素イオンの電氣的泳動を利用した急速塩分浸透試験

群馬大学大学院 学生会員 長岡 覚
 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
 群馬大学工学部 正 会 員 橋本 典親

1. はじめに

電位差を利用して促進的にコンクリートの塩素イオン透過性を調べる試験方法として、AASHTO T-277がある。しかし、この急速試験は複雑な電気化学に関連した実験であり、これまでに、その試験方法や測定値である電気量と実際の塩分浸透の関係について、問題点および疑問点が指摘されている。また、この急速試験の結果から、コンクリートの塩分拡散係数を求めることは困難であると思われる。

本研究では、塩素イオンが電位勾配によって、実際にコンクリート中で電氣的泳動をすることに着目して、そのフラックスを測定し、コンクリートの塩分拡散係数を算定する。今回は、試験方法の確立を目指して、印加する直流電圧を変化させて実験を行い、塩分拡散係数に及ぼす電位勾配の影響を調べた。

2. 実験概要

2. 1 試験体の作製

コンクリートの配合は、表-1に示すように、水セメント比が55%と40%の2水準とし、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。フレッシュコンクリートの性状を表-1に示す。コンクリート円柱供試体（ $\phi=10\text{ cm}$ ）は、27日間の水中養生後、厚さが5.0 cmとなるようにダイヤモンドカッターでスライスした。そして、その円周面をエポキシ樹脂系の塗料でコーティングした。コンクリート供試体の試験時における湿潤状態は、試験の結果に大きな影響を及ぼすと考えられるので、塗料が乾いた後、AASHTO T-277に準拠して、真空中養生を行った。なお、円柱供試体の28日強度を表-1に示す。

2. 2 実験手順

本実験で使用した実験装置の概略を図-1に示す。真空中養生を終了した供試体を、直ちに実験装置にセットし、印加する直流電圧を15, 23, 30 Vに変化させて、それぞれの直流電圧を試験終了まで一定に保持して試験を行った。ただし、水セメント比40%の供試体は、15 Vと30 Vで試験を行った。ここで、電位勾配（V/cm）は、コンクリート供試体の厚さ方向に一次直線で表せるとみなして、印加した直流電圧の大きさを供試体の厚さ（5 cm）で除した値とした。

コンクリート中で陰極から陽極へ電氣的泳動をする塩素イオンのフラックスを求めるために、試験開始より約24時間毎にII側溶液をサンプリングして、塩素イオンの濃度を自動電位差滴定装置を用いて測定した。また、同時に電流の経時変化も調べた。さらに、試験終了まで定期的にI側のNaCl溶液を交換し、塩素イオン濃度をほぼ一定に保持した。II側のNaOH溶液も適宜交換したが、これはpHを12以上のアルカリ性に保つことにより、II側に透過した塩素イオンが塩素ガスに変化することを防ぐためである。両溶液の交換が試験結果に及ぼす影響は、コンクリートの比抵抗が溶液よりも数オーダー高いことから無視できると考えられる。なお試験は、室温が25℃（ $\pm 1^\circ\text{C}$ ）の恒温室で行った。

表-1 コンクリートの配合表およびフレッシュコンクリートと硬化コンクリートの性状

粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
			水	セメント	細骨材	粗骨材			
20	55.0	44.2	207	376	751	968	19.5	1.1	445
20	40.0	58.9	223	556	845	736	7.0	1.9	691

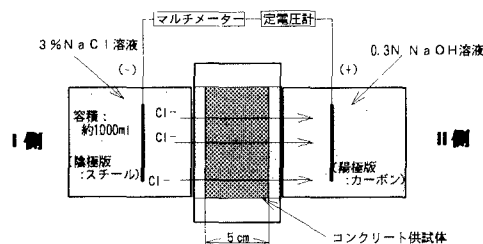


図-1 塩分浸透実験装置概略

3. 実験結果および考察

3.1 電流と塩素イオンの濃度の経時変化

図-2, 3は、それぞれ水セメント比が5.5%および4.0%について、電流の経時変化を各直流電圧の大きさごとに示している。両水セメント比で、試験開始より数日は多少増加または減少する傾向にあるが、5日～10日以降はほぼ一定になっている。図-4, 5は、それぞれ水セメント比が5.5%および4.0%におけるII側溶液の塩素イオン濃度の経時変化を示している。それぞれ試験開始より5日～10日経過した後、塩素イオン濃度の増分値は、時間に対してほぼ一定になっており、コンクリート中の塩素イオンの電氣的泳動は定常状態に達したと考えられる。また、印加した直流電圧が高いほど定常状態になるまでの期間が短く、定常状態における塩素イオン濃度の増分値は大きい。さらに、定常状態になるまでの期間は、電流の大きさが一定になるまでの期間とほぼ等しい。

3.2 塩分拡散係数と電位勾配の関係

定常状態に達したと判断される期間以降のデータを用いて、それぞれの印加した直流電圧の場合で、回帰直線式を求め、その傾きからコンクリート中で電氣的泳動をした塩素イオンのフラックスを算定した。そして、ネルンスト-プランクの式を参考にして⁽¹⁾、各電位勾配の大きさに対する塩分拡散係数を算定した。図-6は、各水セメント比における塩分拡散係数と電位勾配の関係を示している。電位勾配を6 V/cmとしたとき、両水セメント比で、塩分拡散係数は若干大きくなっている。これは、印加した直流電圧が30 Vの場合、ジュール熱の影響で、溶液の温度が試験開始より上昇し、ほぼ5日以降40℃近くに達していたことが原因である。つまり、比較的高温な状態で、コンクリートの比抵抗が減少したこと、コンクリート中の塩素イオンの移動が活性化されたこと、が関係している。電位勾配が小さくなると、塩分拡散係数はほぼ一定値に近づく傾向があり、この場合試験条件に左右されず、コンクリートの塩分拡散係数を決定できる。また、算定された塩分拡散係数は、ほぼ妥当な値と考えられる。

4. 結論

本試験方法を用いて、コンクリートの塩分拡散係数を算定する場合、定常状態に達するまでの時間は多少長くなるが、電位勾配を3 V/cm（印加する直流電圧は15 V）程度とすることで、比較的精度良く塩分拡散係数を算定できると考えられる。

参考文献

(1) Sugiyama, T. et al. : 第49回土木学会年次学術講演会講演概要集 V pp. 438-439、1994

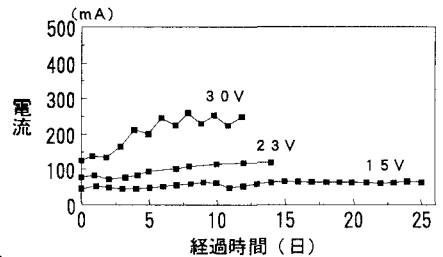


図-2 電流の経時変化 (W/C = 5.5%)

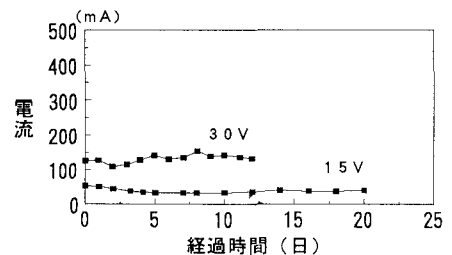


図-3 電流の経時変化 (W/C = 4.0%)

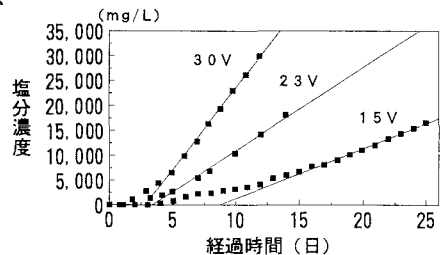


図-4 塩分濃度の経時変化 (W/C = 5.5%)

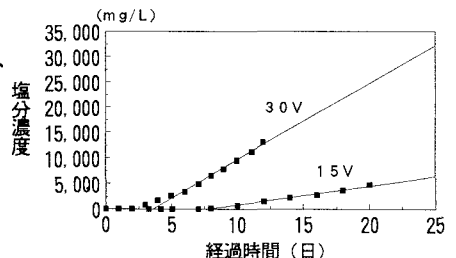


図-5 塩分濃度の経時変化 (W/C = 4.0%)

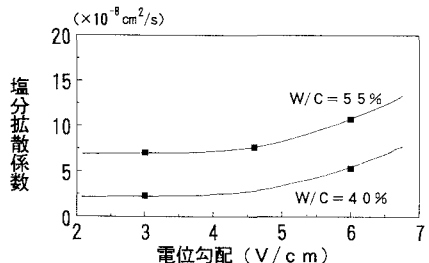


図-6 塩分拡散係数と電位勾配の関係