

(V-21) 電位差を利用したコンクリートの塩分浸透試験の一考察

群馬大学工学部 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 親典

1. はじめに

コンクリートの塩化物イオン透過性を調べる試験方法として、これまでに、2種類の試験方法が提案されている。一つは、濃度勾配によって薄くスライスした試験体の厚さ方向に拡散した塩化物イオン量を測定する拡散セル法であり、もう一つは、コンクリート表面から内部にかけて浸透した塩化物イオンの濃度をある深さごとに測定して見掛けの拡散係数を算定する方法である。しかし、両試験方法とも拡散係数を求めるために、数カ月を要することが欠点とされている。また、拡散セル法は、セメントペーストの塩化物イオン透過性を調べるために使われており、コンクリートに適用することは困難である。最近、電位差を利用して、比較的短時間にコンクリートの塩化物イオン透過性を調べる試験方法が提案されている。その代表的な試験方法の一つは、AASHTO T-277で規定されている、急速塩化物イオン浸透試験方法である。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との関係について問題点が指摘されている。

本研究は、前途のAASHTO T-277の試験に基づいた促進試験であるが、実際に、電位差によってコンクリート中を移動した塩化物イオン量を測定し、コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数を算定することを目的とした。そのために、まず試験方法の確立を目指して、印加直流電圧を変化させて実験を行い、本研究の範囲で最適であると思われる試験条件で、実際にコンクリート試験体を透過した塩化物イオン量を測定した。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
20	18.0	2.0	55.0	44.2	20.7	37.6	75.1	96.8

2. 1 試験体の製作

本研究で用いたコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリート円柱供試体 ($\phi=10\text{cm}$) は、27日間水中養生後、厚さが5.0cm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、塩化物イオンの浸透方向を1次元で考えるために、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、真空中水中養生を行った。始めに、供試体を真空デシケータ内にセットして、真空ポンプで3時間真空脱気し、真空状態を保ちながら注水した後、さらに1時間脱気してからポンプの電源を切り、真空状態のまま約18時間供試体を水中に浸漬し吸水させた。

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。真空中水中養生を終了した供試体は、ただちに実験装置にセットした。実験は、短期試験と長期試験に分けて行った。短期試験では試験時間を3時間とし、I側のpHの変化とII側の温度変化を調べるために、印加電圧を15, 30, 60 V (電位勾配はそれぞれ3, 6, 12 V/cm)に変化させて試験した。また、各試験で試験開始から3時間に流れる電流を測定した。長期試験では、室温が25℃の恒温室で試験を行い、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、塩分濃度の変化を自動電位差滴定装置を用いて測定した。また、同時に電流と温度の経時変化も調べた。

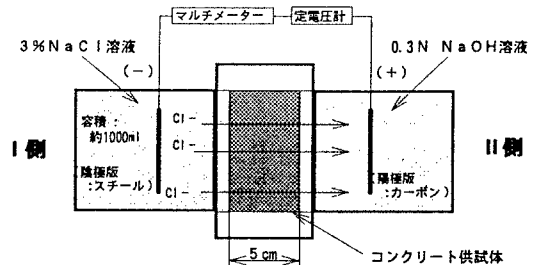


図-1 塩分浸透実験装置概略

3. 実験結果および考察

3.1 短期試験

図-2にNaOH溶液(Ⅱ側)の温度の経時変化を示す。60, 30, 15 V印加した場合の3時間後の温度上昇はそれぞれ13.5, 5.1, 2.7℃であった。図-3に電流の経時変化を示す。60 Vの場合には電流が262 mAから411 mAへ増加したが、30, 15 Vの場合、電流はあまり変化していなかった。60 Vの場合に見られるように、電流が時間と共に増加しているのは、温度上昇による影響だと考えられる。図-4にpHの経時変化を示す。すべての電圧において30分後には、NaCl溶液(Ⅰ側)のpHは既に11~12のアルカリ性を示していた。これは、電極で起こる還元反応によって水素イオンが消費されたためだと考えられる。また、コンクリートから水酸化カルシウムイオンが溶出した影響も考えられる。

3.2 長期試験

短期試験の結果を参考に、印加電圧を30 V(電位勾配は6 V/cm)と一定とした。

図-5は温度の経時変化を示している。試験開始から約1日後、温度は約12℃上昇しているが、その後おおよそ一定の温度(35℃)となっている。図-6は電流の経時変化を示している。試験開始より若干上昇しているが、5日以降おおよそ一定値になっている。図-7は、Ⅱ側における塩化物イオン濃度の経時変化を示している。試験開始より2~3日でCl⁻が検出され、5日以降その濃度の増加は時間に対しておおよそ一定となっている。5日以降に得られたデータを基に回帰直線式を求め、その傾きを用いて塩化物イオンの拡散係数を求めた。拡散係数を求めるために、ネルンスト-プランクの式を参考にした¹⁾。拡散係数は $1.074 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ になり既往のデータ²⁾と比較するとおおよそ妥当な値となった。

4. 結論

本研究で得られた結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 印加電圧を60 Vとした場合、3時間で溶液の温度が13.5℃上昇した。また、電流も262 mAから411 mAへ増加した。
- (2) 印加電圧15, 30, 60 Vのすべての場合で、NaCl溶液は30分後に既にアルカリ性に変化していた。
- (3) 印加電圧30 Vでは、試験開始後およそ5日以降に塩化物イオン透過量は時間に対して一定に増加した。また、その結果より求めた拡散係数は $1.074 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。

なお、本研究は平成5年度科学研究費補助金(試験研究(B)(2))0555119、研究代表:橋本親典)の一部を受けて行った。

(参考文献)

- 1) 杉山 隆文ほか: Chloride Permeability of Lightweight Concrete, 第49回土木学会年次学術講演会、V-219, pp. 438-439, 1994
- 2) The Concrete Society: Permeability Testing of Site Concrete, Technical Report, No. 31, 1987

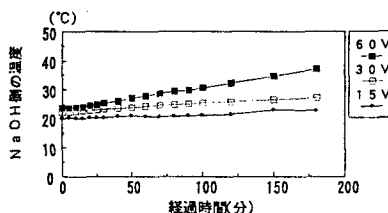


図-2 温度の経時変化(W/C = 5.5%)

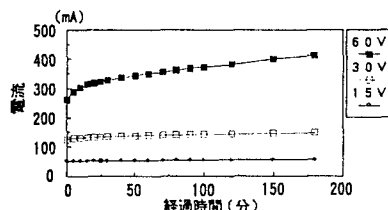


図-3 電流の経時変化(W/C = 5.5%)

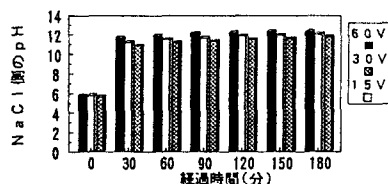


図-4 pHの経時変化(W/C = 5.5%)

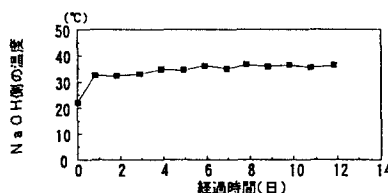


図-5 温度の経時変化(W/C = 5.5%)

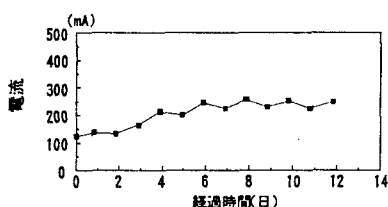


図-6 電流の経時変化(W/C = 5.5%)

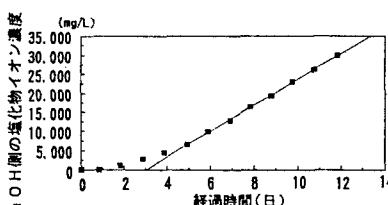


図-7 塩分濃度の経時変化(W/C = 5.5%)