

養生条件および材齢の相違が塩化物イオンの電気泳動特性に及ぼす影響

シアテック 正会員 ○高市茂

愛媛大学大学院 正会員 河合慶有 正会員 氏家勲

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物の塩害による早期劣化が深刻な問題となっている。塩害に対する耐久性の照査を行うには、コンクリート中の塩化物イオンの拡散係数を把握することが必要である。土木学会規準では、短期間で塩化物イオンの拡散係数を求める方法として電気泳動を用いた促進試験法が確立されてきている。しかし、材齢初期に乾燥の影響を受けたコンクリート供試体では、材齢によって実効拡散係数が変動することが報告されている¹⁾。そこで本研究では、養生条件および材齢の異なるコンクリート供試体を用いて電気泳動試験及び浸せき試験を行い、塩化物イオンの実効拡散係数に影響を及ぼす因子を把握することを目的として検討を行った。

2. 実験概要

本研究では普通ポルトランドセメントを使用し、 $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ の円柱供試体および $10 \times 10 \times 40 \text{cm}$ の角柱供試体を作製した。水セメント比は40, 50および65%の3水準とした。示方配合を表1に示す。また、供試体の養生方法、曝露環境および試験材齢を表2に示す。ケース①～③では、試験材齢まで 20°C に設定された恒温室内で屋内曝露とした。またケース⑤、⑥では、材齢28日まで屋内曝露とし、その後 40°C に設定された環境試験槽に曝露した。電気泳動試験は図1のような装置を用いてJSCE-G 571-2007に準じて実施し、塩化物イオンの実効拡散係数を推定した。なお、角柱供試体の養生方法はケース①～③とし、養生期間は材齢28日までとした。養生終了後、各供試体を濃度3%の塩水に90日間浸せきし、浸透面から5, 15, 30mmの深さ位置において電動ドリルを用いてモルタル部の粉体試料を採取した。得られた試料を用いて塩化物イオン含有量をデジタル塩分測定機SALMATE-100/Ws（中研コンサルタント）で測定し、Fickの拡散方程式に基づき見掛けの拡散係数を算出した。

3. 実験結果及び考察

図2に材齢28日の実効拡散係数と各試験材齢における実効拡散係数の比較を示す。この図より、電気泳動試験による実効拡散係数は、材齢の影響を受けて変動することが分かる。しかし、水セメント比が50%の

表1 示方配合

水セメント比(%)	粗骨材の最大寸法(mm)	スランブ(cm)	空気量(%)	細骨材率(%)	kg/m^3				g/m^3		
					水	セメント	細骨材		粗骨材	混和剤	
							砕砂	石灰砂		AE減水剤	AE剤
40	20	8	3	46	175	438	382	394	912	2628	1752
50	20	8	3	46	175	350	395	412	957	2800	700
65	20	8	3	46	175	269	415	428	994	1614	1076

表2 検討ケース

	養生方法	曝露環境	試験材齢
ケース①	1日脱型28日水中養生	20°C 恒温室内	28日, 3ヵ月, 6ヵ月
ケース②	3日脱型気中養生		
ケース③	7日脱型気中養生		
ケース④	1日脱型28日水中養生	40°C の環境試験槽	84日
ケース⑤	3日脱型材齢28日まで気中養生		
ケース⑥	7日脱型材齢28日まで気中養生		

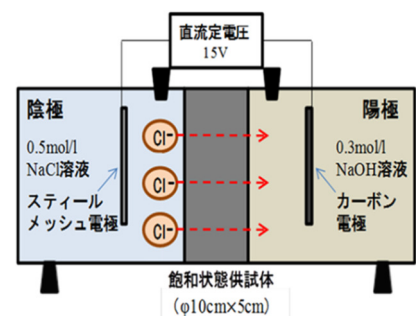


図1 電気泳動試験装置

水中養生を施した供試体においては、材齢3ヵ月から6ヵ月の間で変動倍率の差が小さいことが確認された。

また、40℃の環境試験槽に56日間曝露した供試体における実効拡散係数は、いずれの水セメント比及び養生方法においても材齢に伴う変動より大きい値となることが確認された。したがって、電気泳動試験により評価される実効拡散係数は材齢に伴う乾燥の影響を受けていると推察される。

次に、電気泳動試験によって推定した実効拡散係数と浸せき試験によって求めた見掛けの拡散係数の比較について図3に示す。この図より、いずれの水セメント比及び養生方法の供試体においても、見掛けの拡散係数は実効拡散係数よりも低い値になっているのが分かる。次に、既報²⁾を参考にして見掛けの拡散係数と実効拡散係数の関係を式(1)に示す。

$$D_{ae} = k_1 \cdot k_2 \cdot D_e \quad (1)$$

ここで、 D_{ae} ：電気泳動試験による実効拡散係数から換算した見掛けの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)、 D_e ：電気泳動試験による実効拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)、 k_1 、 k_2 ：係数である。本研究で測定された見掛けの拡散係数と実効拡散係数を用いて、係数 $k_1 \cdot k_2$ を求めた結果を図4に示す。この図より、係数 $k_1 \cdot k_2$ は水セメント比が高くなるほど養生方法の違いによる差が大きくなることが確認できる。しかしながら、電気泳動試験あるいは浸せき試験の結果において、気中養生を行った供試体が水中養生のものと異なる傾向を示す要因を特定することはできなかったため、さらに検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究により、電気泳動試験によって評価される塩化物イオンの実効拡散係数は、特に気中養生を行った供試体において材齢に伴い変動することが確認された。また、水セメント比が高くなるほど、特に気中養生を行った供試体において係数 $k_1 \cdot k_2$ は大きくなることが分かった。

参考文献

- 1) 河合慶有、氏家勲、國方翔太：コンクリートの初期養生及び材齢が電気泳動試験に及ぼす影響，土木学会第69回年次学術講演会，V-171，pp.341-342，2014
- 2) コンクリート委員会・規準関連小委員会：土木学会規準（JSCE-G 571-2003）の制定，土木学会論文集，No.767，V-64，pp.1-9，2004

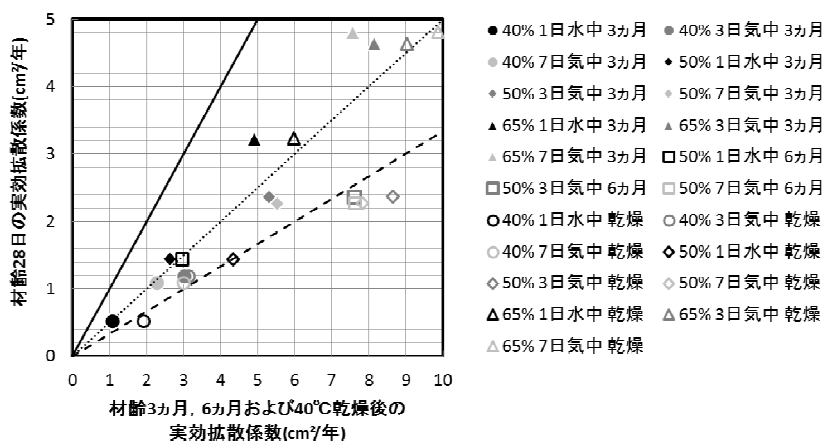


図2 実効拡散係数の結果

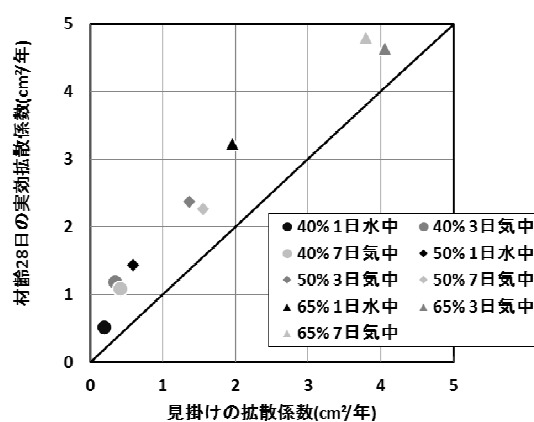


図3 材齢28日の実効拡散係数と見掛けの拡散係数の関係

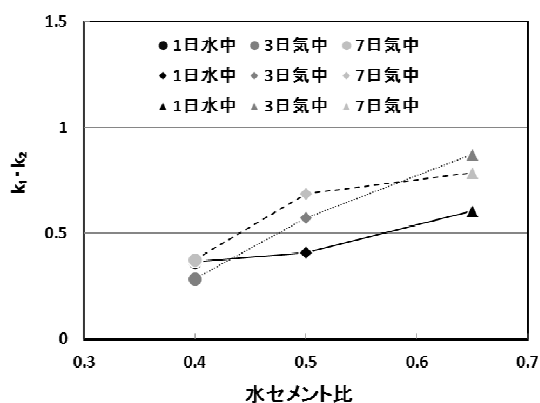


図4 係数 $k_1 \cdot k_2$ と水セメント比