

粗骨材種類に起因する Cl⁻実効拡散係数の変動要因に関する考察

愛媛大学大学院 ○越智訓平

愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 正会員 河合慶有

1. はじめに

海洋環境下に置かれる RC 構造物が必然的に多くなる日本では、経年的に外部からの塩化物イオンの浸入を防ぐことは困難であり、塩害による構造物の性能低下が懸念される。近年ではコンクリート中の拡散係数を短時間で測定する方法として、電気泳動現象を利用し、塩化物イオンの実効拡散係数を推定する手法が提案されている¹⁾。既往の研究によると水セメント比が 40% から 65% の範囲においては、水セメント比が高く、気中養生を施した供試体において実効拡散係数は大きくなること、また気中養生を行ったコンクリート供試体においては、材齢によって塩化物イオンの実効拡散係数が大きくなることが報告されている²⁾。これは、粗骨材種類に起因する乾燥収縮特性によって材齢に伴い塩化物イオンの電気泳動特性が変動するためと考えられている。しかし、粗骨材種類が塩化物イオンの実効拡散係数に及ぼす影響は明確になっていない。したがって本研究では 3 種類の異なる粗骨材を用いたコンクリート供試体を対象として、塩化物イオンの実効拡散係数の変動要因について検討した。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

本研究における供試体は、粗骨材に安山岩を用いた供試体 A、砂岩骨材を用いた供試体 S、及び C の 3 種類を用いた。なお、骨材種類 C は、コンクリートの乾燥収縮ひずみの増大を引き起こす砂岩骨材である。粗骨材種類に起因する乾燥収縮特性の影響を検討するため、細骨材にはすべて砂岩砕砂と石灰砂を容積比 1:1 で混合したものをを用いた。また水セメント比は 55% で一定とした。養生方法は 3 日脱型 28 日気中養生及び 1 日脱型 28 日気中養生の 2 種類とした。各骨材の物性を表 1、配合を表 2 に示す。

表 1 各骨材の物性

骨材			物性
細骨材	S1	愛媛県東温市山之内産砕砂	表乾密度2.61g/cm ³ , F.M2.88, 吸水率1.06%
	S2	福岡県北九州市東谷鉱山産石灰石砕砂	表乾密度2.66g/cm ³ , F.M2.47, 吸水率0.58%
粗骨材	G1	愛媛県東温市山之内産砕石	表乾密度2.63g/cm ³ , 吸水率1.15%
	G2	香川県普通寺市産安山岩砕石(大)	表乾密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.97%
	G3	香川県普通寺市産安山岩砕石(小)	表乾密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.98%
	G4	愛媛県西予市城川町嘉喜尾産砕石5号	表乾密度2.71g/cm ³ , 吸水率0.66%
	G5	愛媛県西予市城川町嘉喜尾産砕石6号	表乾密度2.70g/cm ³ , 吸水率0.94%

表 2 配合表

配合	W/C (%)	単位量 kg/m ³									g/m ³	
		W	C	細骨材		粗骨材					混和剤	
				S1	S2	G1	G2	G3	G4	G5	AE減水剤	AE剤
供試体S	55	175	318	425	433	929	-	-	-	-	3180	12.72
供試体A		175				-	369	553	-	-	1272	2.544
供試体C		175				-	-	-	393	588	1272.8	2.543

(2) 電気泳動試験概要

電気泳動試験(定常法)は、飽水状態としたコンクリート供試体に通電を行い、陽極側セルへの塩化物イオンの移動流速が一定に達した状態を定常状態とみなし、この定常状態における塩化物イオンの移動流速を測定して、塩化物イオンの実効拡散係数を算出する試験方法である。本研究では、JSCE-G 571-2007 に準じて電気泳動試験を実施し、図 1 のような実験器具を用いた。電気泳動試験に用いた供試体は、φ100mm×200mm の円柱供試体より打設面から 50mm 下の位置から厚さ 50mm に切り出した円盤型供試体とした。供試体によるばらつきを考慮するため各配合について 2 体ずつ作製した。陽極側溶液中の塩化物イオン濃度が経時的に変化し、経時変化が一定の傾きをもって変化しているとみなされる状態を定常状態と判断した。定常状態のときの濃度勾配から塩化物イオンの実効拡散係数を算出するために必要な塩化物イオン流束を算出した。

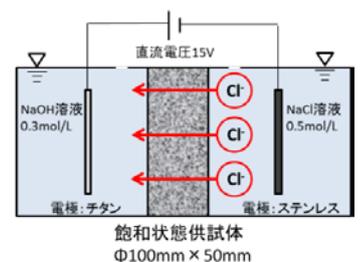


図 1 電気泳動試験機

(3) 浸せき試験概要

浸せき試験は、コンクリート供試体を塩水に所定の期間浸せきさせることによって、コンクリート中の非定常状態にある塩化物イオンの見掛けの拡散係数を求める試験方法である。浸せき試験の供試体にはS、A、Cの3種類の配合を用いた。100mm×100mm×400mmの角柱供試体を2体ずつ計6体作製し、2体作製したうちの1体は1日脱型28日水中養生とし、1体は3日脱型気中養生を行った。打設面の1面を浸透面として残し、それ以外の面を防水テープで被覆し、濃度3%の塩水に浸せきした。浸せき期間は90日間および180日間とした。

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度が電気泳動特性に与える影響

図2に材齢28日における圧縮強度と塩化物イオンの実効拡散係数の関係を示す。同一の骨材で見ると供試体Aでは約15.6%，供試体Sでは約40.3%，供試体Cでは約5.8%，圧縮強度の増加に伴い塩化物イオンの実効拡散係数は小さくなっている。これは水中養生を施すことで、水和反応が促進され、コンクリート内の組織が緻密化され塩化物イオンが移動しにくくなったためと考えられる。

(2) 材齢が電気泳動特性に与える影響

図3に材齢28日の実効拡散係数を基準として材齢6ヵ月との関係を示す。既往の研究²⁾において材齢の経過に伴い実効拡散係数は大きくなることが報告されている。しかし今回の実験では既往の研究と相反する結果となった。この要因として、陰極側の塩化物イオン濃度の増加の開始が既往の研究より1～2日遅く、また電気泳動試験時の電流値が材齢28日の供試体測定時に比べ材齢6ヵ月では小さくなっていたことが考えられる。今後は、結果の再現性を確認するため再実験を行う予定である。

(3) 実効拡散係数と見掛けの拡散係数の関係

図4に各供試体の実効拡散係数から見掛けの拡散係数を算出する際に用いる塩化物イオンの固定化などに関する係数 $k_1 \cdot k_2$ を示す。図より気中養生とした供試体における $k_1 \cdot k_2$ は同程度となっている。また、水中養生とした供試体における $k_1 \cdot k_2$ は供試体Sを除き同程度であることが分かる。このことから異なる粗骨材を使用した供試体においては、初期養生の違いに起因する水和反応の程度の違いが両者の関係に及ぼす影響は小さいと考えられる。

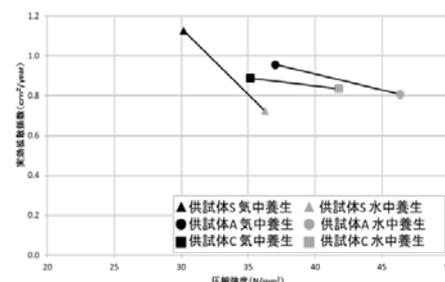


図2 圧縮強度と実効拡散係数

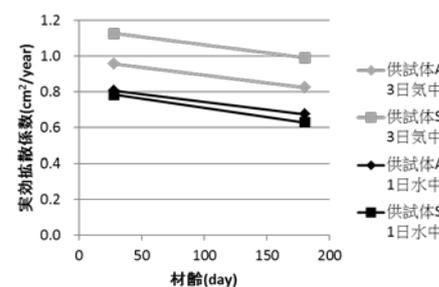


図3 材齢と実効拡散係数

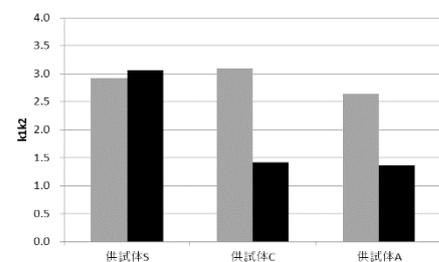


図4 各骨材における $k_1 \cdot k_2$

4. まとめ

同一の骨材を用いた供試体では初期養生の相違により圧縮強度の大きいものほど実効拡散係数は小さくなることが確認できた。また、異なる粗骨材を使用した供試体の初期養生の違いが塩化物イオンの実効拡散係数と見掛けの拡散係数の関係に及ぼす影響は小さいと考えられる。しかし材齢の経過に伴う実効拡散係数の変動要因については不明確な結果となったためさらなる検討を要する。

参考文献

- 1) 武若耕司, 杉山隆文, 丸屋剛, 山田一夫: コンクリート中の塩化物イオンの拡散係数試験方法に関する規準化の現状と今後の動向, コンクリート工学, Vol.43, No.2, 2005.
- 2) 國方翔太: 現場透気試験による構造体コンクリートの耐久性指標の検討, 愛媛大学大学院修士論文, 2013.