

コンクリート中の塩化物イオンの泳動に及ぼす骨材の影響

鹿児島大学大学院 学生会員 ○北畠 裕之 鹿児島大学大学院 学生会員 前田 聡
 鹿児島大学工学部 正会員 武若 耕司 鹿児島大学工学部 正会員 山口 明伸

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害劣化現象を定量的に評価するためには、コンクリート中の塩化物イオン拡散性状を把握することは重要である。しかし、コンクリートの配合、特に単位粗骨材量が塩化物イオンの拡散性状に及ぼす影響については、未だ明らかにされていない。そこで本実験では、W/C一定の条件でにおいて単位粗骨材量のみを変化させた配合でコンクリート供試体を作製し、現在塩化物イオン拡散係数試験方法の1つとなっている電気泳動試験によって、単位粗骨材量が拡散係数の測定結果に及ぼす影響について検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

電気泳動試験用供試体は、普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比として40%~70%のうちの4水準を選んで、表-1に示す配合でそれぞれ3体ずつ作製したφ10×20cmのコンクリート円柱供試体である。コンクリートの配合の設定にあたっては、単位粗骨材量の影響について検討するため、水セメント比ごとに、モルタル部の配合割合を同じとし(W:C:Sは一定)、単位粗骨材量のみを、増減させ作製した。供試体は、水中養生14日後、厚さ5cmに切断し、試験面以外の円周面をエポキシ樹脂によりコーティングしたものを電気泳動試験に供した。なお、供試体は、試験開始前に真空飽和処理を行なっている。

表-1 供試体配合

名称	W/C (%)	s/a (%)	S/C	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
多	40	34	1.49	166	416	619	1177
基準		43		195	488	724	942
少		54		223	558	831	706
多	50	36	2.04	166	332	677	1191
基準		45		195	390	794	952
少		56		224	447	913	714
多	60	38	2.65	166	276	731	1185
基準		47		194	323	857	948
少		57		222	370	981	711
多	70	43	3.49	169	241	842	1096
基準		52		194	277	968	877
少		62		220	314	1094	658

2.2 電気泳動試験概要²⁾

電気泳動試験装置の概要を図-1に示す。試験は、JSCE-G571-2003(2003年9月制定)に準拠して行なった。なお通電中は、毎日、陽極側、陰極側より溶液をサンプリングし、自動電位差滴定装置により、各溶液槽の塩化物イオン濃度を測定した。またpHメーターにより各溶液槽のpHおよび溶液温度、供試体への印加電圧、電流密度も測定した。さらに、陽極側では塩素ガスの発生を防ぐために、また陰極側では溶液中の塩化物イオン濃度を一定に保つために、それぞれ適宜、新しい溶液に交換した。

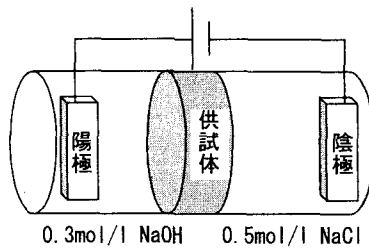


図-1 試験装置概要

2.3 電気泳動試験による実効拡散係数の算出方法²⁾

電気泳動試験により算出される拡散係数は、示方書で示しているような「見掛け」の拡散係数ではなく、コンクリートの細孔溶液中における塩化物イオンの移動のし易さを表す「実効」拡散係数である。その算出方法は、陰極側から陽極側へ泳動する塩化物イオン量が単位時間あたりに一定となった時点で定常状態と判断し、その時求めたフラックスからネルンスト-プランク式を応用した式(1)を用いた。

$$D_{cl} = \frac{RTL}{Z_{cl}FC_{cl}(\Delta E - \Delta E_c)} J_{cl} \quad (1)$$

D_{cl} : 実効拡散係数 (cm²/year)

J_{cl} : 塩化物イオンの流束 (mol/cm²/year)

C_{cl} : 陰極側の塩化物イオン濃度 (mol/l)

R : 気体定数 (J/mol/K)

T : 絶対温度 (K) Z_{cl} : 塩化物イオンの電荷

L : 供試体厚さ (cm) ΔE : 電位差 (V)

ΔE_c : 電極における接触電位 (V)

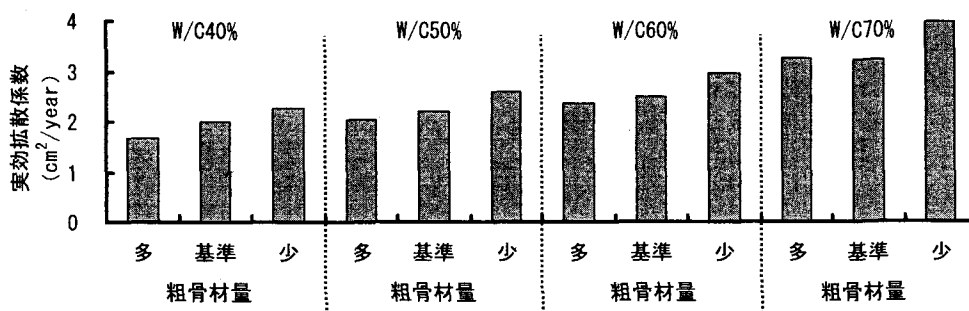


図-2 各水セメント比における実効拡散係数

3. 結果及び考察

図-2 には、配合ごとに 3 体の供試体の試験結果を平均した実効拡散係数を示す。基準配合の供試体における結果を水セメント比ごとに比較すると、水セメント比の増加に伴い、実効拡散係数も大きくなる傾向を示している。また、各水セメント比において、単位粗骨材量の違う配合パターンで比較してみると、いずれの水セメント比においても、単位粗骨材量が少なくなるにしたがって、実効拡散係数は大きくなる傾向を示した。また、その傾向は、低水セメント比になるにつれ、顕著となった。水セメント比が同一である場合、モルタル部の配合も同じであるため、少なくともモルタル部の実効拡散係数は、同じと仮定できる。しかし、単位粗骨材量が少ない場合には、塩化物イオンの浸透経路は比較的直線的であるのに対して、単位粗骨材量が増加すると、粗骨材により塩化物イオンは、その浸透経路を遮断されて骨材表面を迂回することになるため、実質の塩化物イオンの移動経路が長くなる。その結果として、単位粗骨材量が多くなると、実効拡散係数は見かけ上小さくなっていくと考えられる。

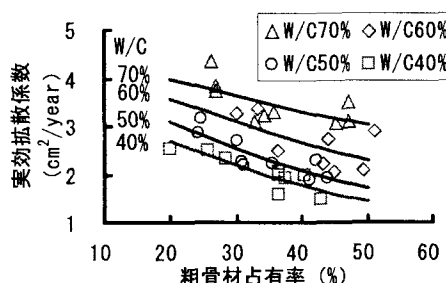


図-3 粗骨材占有率と実効拡散係数の関係



図-4 試験供試体のトレース
の一例

図-3 に、試験に使用した全供試体の粗骨材占有率と塩化物イオン拡散係数の関係を水セメント比ごとに示す。なお、図中の直線はその回帰式である。ここで、粗骨材占有率とは、図-4 に示すように、実験に使用した供試体の試験面について、粗骨材部分をトレースした後、白黒判定機により試験面内の粗骨材の総面積を算出し、それを試験面全体で除したものである。この結果から、粗骨材占有率の増加に伴う、実効拡散係数の低下割合は、いずれの水セメント比においても、ほぼ同程度であることが確認できる。

4. まとめ

いずれの水セメント比においても、単位粗骨材量が多くなるに従い、塩化物イオン拡散係数は小さくなる傾向を示した。これは、粗骨材の遮断効果により、塩化物イオンの移動経路が屈曲的になり、実質の移動距離が長くなるためであると考えられる。またそのコンクリート中の粗骨材占有率の増加に伴う実効拡散係数の低下割合は、水セメント比のいかんにかかわらず、同程度であることが確認された。

参考文献

- 1) 久田 真, 大即 信明, N.B. Diola, 桐山 和晃: コンクリート中の塩化物イオンの電気泳動に及ぼす骨材の影響, 土木学会論文集, No597/V-40, pp71-80, 1998. 8
- 2) 土木学会: コンクリートの塩化物イオン拡散係数試験方法の制定と基準化が望まれる試験方法の動向, 2003. 9 制定