

電気泳動試験による塩化物イオン固定化能力を有するコンクリートの遮塩性能評価の一考察

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○宮崎 幹太
デンカ株式会社 伊藤 慎也
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリートの遮塩性の評価には塩化物イオンの拡散係数や塩化物イオンの浸漬深さが用いられる。一般的にこれらの評価には、塩水浸漬試験が用いられる。これらの試験は、実環境に近い結果を得られる一方で試験結果を求めるために非常に長い期間を必要とする。そこで、JSCE-G571-2013 では電気駆動力として、塩化物イオンを強制的に浸透させる電気泳動試験が提案されている。しかし、電気泳動試験は、強制的に塩化物イオンを移動させるため、濃度勾配により塩化物イオンの浸透する実環境とは結果が乖離することが考えられる。

本研究では、遮塩性能は塩化物イオンの固定化等の化学的要素と塩化物イオンの拡散等の物理的要素の両者を対象とした。この二つを変化させたコンクリートを作製し、塩水浸漬試験と、二種類の電気泳動試験を実施しその結果を比較することで電気泳動試験による遮塩性能の評価の妥当性を検討した。

2. 試験概要

本研究におけるコンクリートの計画配合を表-1に示す。本研究では、空隙構造を変化させるために実際に塩害対策に用いられる膨張材を、塩化物イオンの固定化に寄与するために塩素固定化能力を有する材料として $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (CA_2) を使用した。またコンクリートを緻密化させるとされる、高炉スラグ微粉末を用いた。これらの材料を用いることでコンクリートの遮塩性能を変化させて実験を行った。

コンクリートの塩分遮蔽性能を評価するため、以下の実験を実施した。

1) 塩水浸漬試験

塩水浸漬試験は、100×100×400mm の角柱供試体を材齢 28 日まで水中養生した後、1 面曝露とした状態で 20℃10%濃度の NaCl 水溶液に 48 週間浸漬した。材齢毎に供試体を割裂し、割裂面に硝酸銀溶液 (0.1N) を噴霧することで、曝露表面から呈色部の深さを測定した。

2) 電気泳動試験

定常電気泳動試験と非定常電気泳動試験の 2 種類の試験を既往の研究¹⁾を参考に実施した。試験実施条件を表-2に示す。100×50mm の円柱供試体を材齢 28 日まで水中養生を施した後、各溶液を用いて真空飽水处理を行ったものを使用した。定常電気泳動試験では、通電開始後 360 時間まで 24 時間ごとに陽極側の塩化物イオンの濃度測定を行った。非定常電気泳動試験では、通電開始後所定時間で試験体を割裂し、塩水浸漬試験と同様の方法で塩化物イオン浸透深さの測定を実施した。

表-2 試験条件

	電気泳動法	
	定常電気泳動	非定常電気泳動
飽和处理溶液	水道水	飽和水酸化カルシウム水溶液
使用溶液	陽極：NaOH水溶液 (0.3mol/L)	陽極：NaOH溶液 (0.3N)
	陰極：NaCl水溶液 (0.5mol/L)	陰極：NaCl水溶液 (3%)
印加電圧	15V	3 0 V

表-1 コンクリートの計画配合

	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	OPC	BFS	CA ₂	Ex	S	G
N	55	48	170	309	-	-	-	871	968
N+CA ₂				289	-	20	-	870	968
N+CA ₂ +EX				267	-	20	22	870	968
B50				155	155	-	-	865	962

キーワード 非定常電気泳動試験,定常電気泳動試験,塩害,CA₂

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-5859-8356 E-mail:me19089@shibaura-it.ac.jp

3. 試験結果および考察

図- 1 に塩水浸漬試験の結果を示す。N で塩化物イオン浸透深さが最も大きくなり、その他の配合については塩分抵抗性が高い結果となった。図- 2 に定常電気泳動試験の結果を示す。N を用いた配合と比較し BB の塩化物イオン濃度が小さいことがわかる。図- 3 に非定常電気泳動試験の結果を示す。CA₂を添加したものは EX を添加することにより遮塩性能が向上した。N と CA₂を添加したしたもの、BB ではいずれも異なる傾向を示した。いずれの試験結果においても N が最も塩分抵抗性が低く、BB が最も高い結果となった。また、CA₂を含む配合はいずれも N と BB の間に位置したが、試験による差が異なった。それぞれの試験において N の塩分抵抗性を基準にした時の他の配合の結果を比率で整理した結果を表- 3 に示す。なお、定常電気泳動試験は通電時間 360 時間の塩化物イオン濃度、非定常電気泳動試験は通電時間 48 時間の浸漬深さ値を用いた。塩水浸漬試験と比較を行った場合、CA₂を用いた配合では、非定常電気泳動試験の評価値が同程度となった一方、定常電気泳動試験では過小評価された。また BB の場合は、定常電気泳動試験の評価が同程度となった。非定常電気泳動試験の結果は過大評価となる結果となった。

定常電気泳動試験は、イオンを完全に貫通させることから、空隙由来のイオンの通りやすさのみを評価していると考えられる。そのため、緻密な空隙を形成するとされる BB の評価が可能であったが、塩化物イオンを固定化させる CA₂の評価には適さないと考えられる。非定常電気泳動試験は、塩化物イオンが完全通過する前までの通電時間における、塩化物イオンの浸透深さを計測するため、空隙構造による塩化物イオンの通りやすさと固定化の両方を評価することが可能であることが示唆された。BB が異なる結果を示したことについては今後の課題としたい。

4. まとめ

- 1) 定常電気泳動試験は、空隙構造の違いを評価するため、塩化物イオンの固定化能力が大きいコンクリートの場合は評価に適さない。
- 2) 非定常電気泳動試験は、通電時間ごとのイオン浸透深さを求めるため、空隙構造と塩化物イオンの吸着、固定化の両方を評価できることが示唆された。

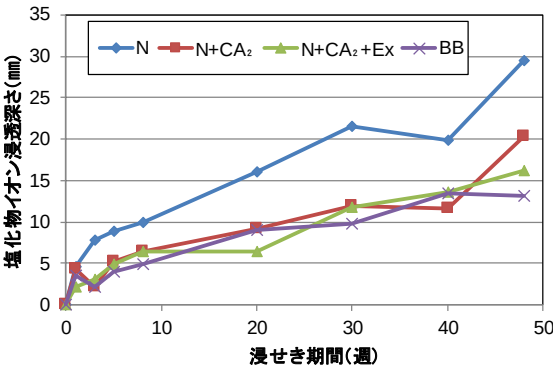


図- 1 塩水浸漬試験結果

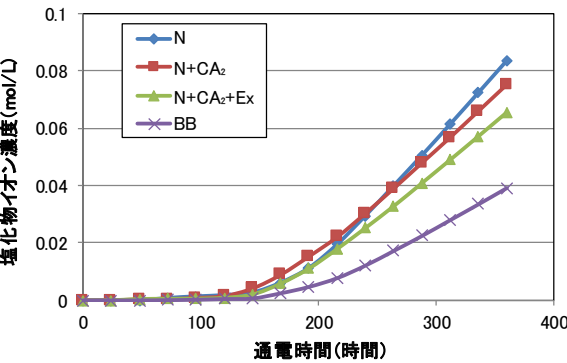


図- 2 定常電気泳動試験結果

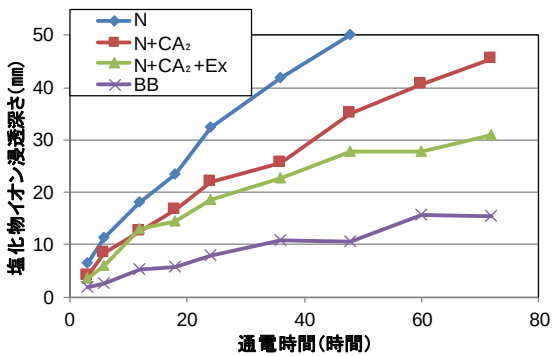


図- 3 非定常電気泳動試験結果

表- 3 各試験方法による遮塩性能評価一覧

	塩水浸漬	定常	非定常
N	1	1	1
N+CA2	0.69	0.90	0.70
N+CA2+Ex	0.55	0.79	0.56
BB	0.45	0.47	0.21

謝辞：本研究は芝浦工業大学卒業生の秋元勇人氏の研究成果を取りまとめた。厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 伊代田岳史ほか：非定常状態電気泳動試験を用いた 高炉コンクリートの養生影響評価，セメント・コンクリート論文集，No.68，pp.275-282(2014)