

異なる試験方法で得られる塩化物イオン拡散係数の差異に及ぼす配合の影響

東北大学 学生会員 ○高橋 広平

東北大学大学院 正会員 皆川 浩 宮本 慎太郎 久田 真

電力中央研究所 正会員 蔵重 勲

1. はじめに

コンクリートの遮塩性の評価法として、電気抵抗率から求める推計拡散係数は、塩化物イオンの見掛けの拡散係数や実効拡散係数と相関関係があり、比較的簡便かつ非破壊で算出できることから注目されている。しかしながら、その相関の強さは配合などにより異なることも明らかになっており、複数の異なる試験で得られた拡散係数の差異に及ぼす配合の影響を明らかにすることが、推計拡散係数を用いた見掛けの拡散係数の予測式を構築するために重要と考えられる。

本研究では、配合の異なるセメントペースト供試体を用いて種々の塩化物イオン拡散係数を算出し、それらの相関性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本研究では、普通ポルトランドセメント（密度：3.16 g/cm³, 以下 OPC）、高炉スラグ微粉末（密度：2.89 g/cm³, 以下 GGBS）、フライアッシュ（密度：2.19 g/cm³, 以下 FA）を用いて、水結合材比が 45 % のセメントペースト供試体を作製した。

供試体は、結合材として OPC のみを用いたもの（N）、OPC の質量の 25, 45, 65 % を GGBS で置換したもの（B25, B45, B65）、OPC の質量の 10, 20, 30 % を FA で置換したもの（F10, F20, F30）の 7 水準を用意した。

また、材料分離を防ぐ目的で 2 液混合型増粘剤（A 剤：アルキルアリルスルホン酸塩、B 剤アルキルアンモニウム塩）および消泡剤（シリコーン系）を単位水量に対してそれぞれ 2.0 %, 0.5 % 置換した。

2.2 供試体の概要

本実験では、JIS R 5201 に準拠してセメントペーストの練混ぜを行い、φ50×100 mm の円柱供試体および 20×20×80 mm の角柱供試体を作製した。打込みから 24 ± 2 時間後に脱型を行い、材齢 91 日まで 20 °C 飽和水酸化カルシウム溶液中で養生した。円柱供試体は、電気

抵抗率および塩水浸せき試験に用いた。浸せき試験用供試体は、打込み面両端部を 10 mm 程度切断し、一面を残し、残りをエポキシ樹脂塗料で被覆した。

養生後のセメントペーストから 20×20×5 mm の試験片を切出し、エポキシ樹脂により円盤型に成型した試料に、24 時間純水で吸水処理を行い、電気泳動試験用供試体とした。

2.3 測定項目

(1) 電気抵抗率（四電極法）

JSCE K-562-2008 に準拠し、四電極法により電気抵抗率（以下、 ρ ）を測定した。また、材齢による変化を見るために、材齢 3, 7, 14, 28, 56, 91 日で測定した。

(2) 電気抵抗率から推計される塩化物イオン拡散係数

既往の研究¹⁾に準じて、電気抵抗率から推計される塩化物イオン拡散係数（以下、 D_{cl} ）を算出した。測定は 91 日養生後の供試体に対して行った。

(3) 塩化物イオン実効拡散係数（電気泳動試験）

電気泳動試験により塩化物イオン実効拡散係数（以下、 D_e ）を評価した。91 日養生後の供試体の断面積に対し、1.0 A/m² となるように電流を制御して行い、電極には RC 電気防食用陽極材のチタンメッシュを使用した。供給側セルには、NaCl 3 % 水溶液を、検出側セルには飽和 Ca(OH)₂ 水溶液をそれぞれ 200 mL 封入した。 D_e の算出は、JSCE-G571-2010 に準拠した。試験期間は 2 週間程度とした。

(4) 塩化物イオン見掛けの拡散係数（塩水浸せき試験）

(3) の電気泳動試験の塩化物イオンの供給側セルと条件を合わせて、塩水浸せき試験の浸せき溶液は NaCl 3% 水溶液とし、91 日養生後 84 日間浸せきした。その後、開放面から深さ方向に約 8 mm ずつ供試体を切断して分析用試料を採取し、分析用試料中の塩化物イオン濃度を JIS A 1154 に準拠して測定し、見掛けの拡散係数（以下、 D_{ap} ）を算出した。

キーワード 電気抵抗率 塩化物イオン見掛けの拡散係数 塩化物イオン実効拡散係数 空隙構造

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 Tel 022-795-7427

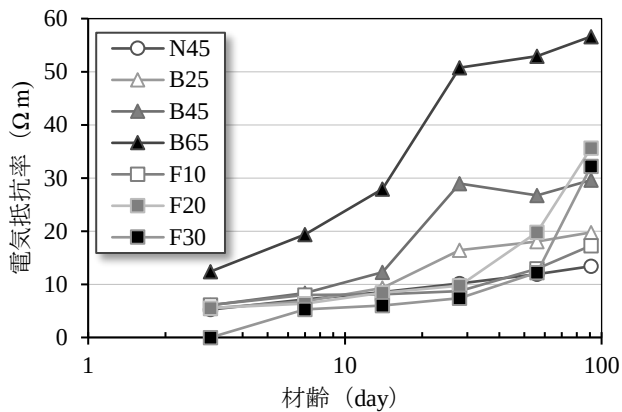


図-1 電気抵抗率の経時変化

3. 実験結果と考察

図-1 に電気抵抗率 ρ の経時変化を示す。GGBS・FA 置換とともに置換率の増加に伴い ρ も増加した。とくに、GGBS 置換では材齢 14～28 日において急激な ρ の増加が確認され、その傾向は置換率の増加とともに顕著になった。一方、FA 置換では、材齢 56 日までは N と同程度の電気抵抗率であった。しかし、材齢 56 日以降では、置換率が 20 % と 30 % のケースにおいて、 ρ が急激に増加する傾向が認められた。

図-2 に D_{cl} 、図-3 に D_e 、 D_{ap} の測定結果を示す。全ての種類の拡散係数において、N と比較して GGBS や FA を置換した方が拡散係数は小さくなった。混和材の置換率に着目すると、GGBS、FA 置換のどちらにおいても、置換率の増加に伴い、 D_{cl} は明確に減少傾向を示した。一方、 D_e については GGBS 置換では B45、FA 置換では F20 が最も小さく、 D_{ap} については、それぞれ B65、F20 が最も小さくなった。 D_{ap} は固定化の影響を考慮した指標であり、 D_e は固定化の影響を排除した指標であることなどから、一般的に D_{ap} のほうが D_e よりも小さく算出される傾向にあるとされるが、本研究では逆の傾向を示し、配合による D_{ap} の差異は小さかった。本研究では塩水浸せき試験の浸せき期間を 84 日としたが、 $D_{ap} < D_e$ となったケースでは、浸せき試験後の Cl⁻ の浸透深さは表面 1cm 程度であった。この場合、Cl⁻ 濃度分布のフィッティングによって D_{ap} を求めると、 C_0 が大きくなり、結果として D_{ap} が過大評価される。このことが配合による D_{ap} の差異を小さくした原因と考えられる。

図-4 に D_{ap} と D_{cl} 、 D_e の関係を示す。セメントペーストで行った本試験の範囲においては、 D_{cl} は D_e のおよそ 8 倍から 31 倍程度、 D_{ap} のおよそ 6 倍から 19 倍程度となった。

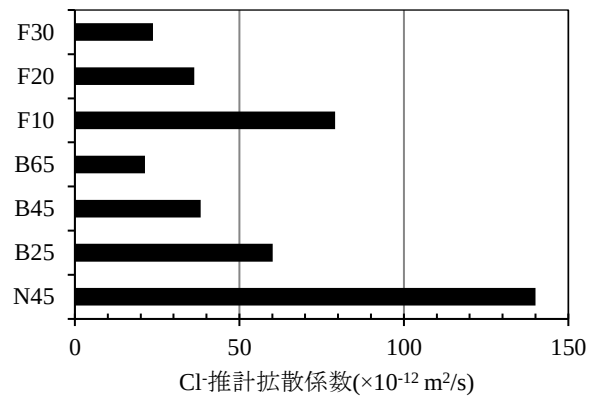
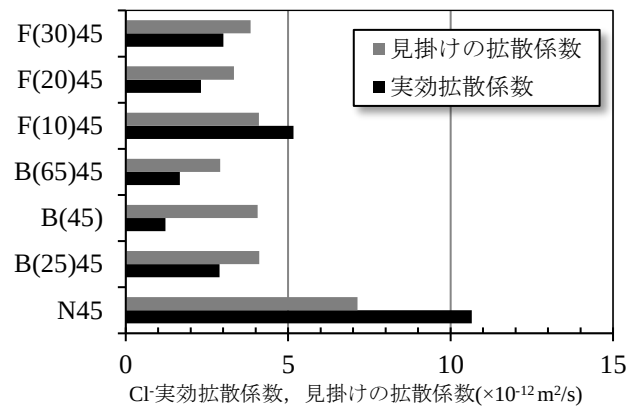
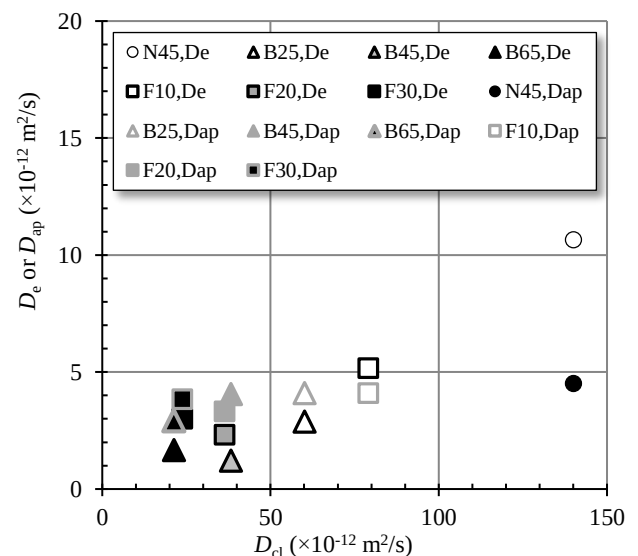
図-2 Cl⁻推計拡散係数図-3 Cl⁻実効拡散係数と Cl⁻見掛けの拡散係数

図-4 各種拡散係数の比較結果

4. 結論

混和材と置換率の異なるセメントペースト供試体について、電気抵抗率から推計される D_{cl} と電気泳動試験から算出される D_e 、浸せき試験から算出される D_{ap} を比較・検討し、その差異を把握した。

参考文献

- 1) 皆川ら：コンクリートの電気抵抗率と塩化物イオンの見掛けの拡散係数との関係に関する基礎的研究，土木学会論文集 E, Vol.66, No.1, pp.119-131, 2010.3