

高炉スラグ微粉末の置換率が塩化物イオンの拡散性状に与える影響

芝浦工業大学院 学生会員 ○松崎 晋一郎
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 背景

高炉セメントを用いたコンクリートは普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べて硬化体の緻密性や塩化物イオンの固定化能力により高い防食性を持つ。しかしながら、高炉セメントによる塩化物イオンの拡散性状に関しては諸説あり、正確な拡散予測が困難である。これら拡散性状を把握するためにコンクリート内部の塩化物イオンを分類すると、一般的に図-1のように自由塩化物イオンと固定化塩化物イオンに分類され、拡散過程における両塩化物イオンの影響を把握することが重要である。本研究では深さ位置における両塩化物イオンを分離する方法を考案した。また上記の試験を用い、高炉スラグ微粉末の置換率および水結合材比が拡散性状に与える影響の定量化を目的とした。

2. 供試体諸元

配合は高炉スラグ微粉末の置換率（置換率シリーズ：W/B50%）と水結合材比（水結合材比シリーズ：置換率 50%）を変動させた円柱のモルタル供試体（φ100×90mm）を作製した。水和過程での塩分固定化を考慮するため水中養生を28日間行い、その後側面にエポキシ樹脂を塗布し、供試体底面を濃度3.0%の塩水に浸漬させ、浸漬材齢28日、56日、91日にて試験に供した。

3. 実験方法

本研究では電気泳動法を基に、自由塩化物イオンと固定塩化物イオンを分離する試験を考案した。図-2に示すように予め塩水に浸漬させた供試体をセルに設置し、両セルにNaOH水溶液を注ぎ、電圧をかけることで供試体内部の自由塩化物イオンを抽出し、陽極側の濃度が一定になった時の溶液の塩分量を自由塩化物イオン量とした。さらに、電位差滴定法（JIS CS4）により供試体に留まっている固定塩化物イオン量を求め、その和から全塩化物イオン量を算出する方法を考案した。試験精度を確認するために同条件の供試体を二つ作製し、片方は電位差滴定法で全塩分量と可溶性塩化

物イオン量を、もう一方は上記した手法を用いて自由塩化物イオン量と固定塩化物イオン量を測定し、比較を行った（図-3）。両塩化物イオン量の和は全塩化物量と同等の値を示し、自由塩化物イオン量は可溶性塩化物イオン量に比べて少ない傾向を示すため、本試験は各塩化物イオンを分離できる可能性を示唆した。

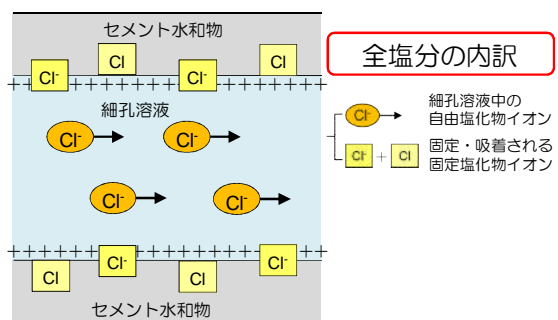


図-1 コンクリート内部の塩化物イオンの性状

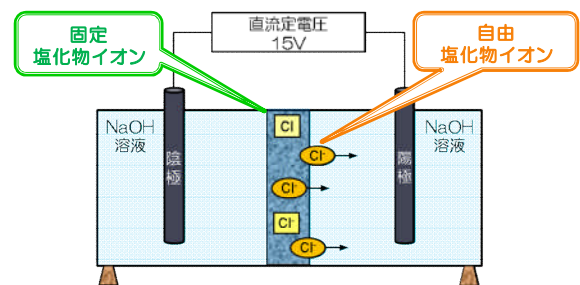


図-2 自由塩化物イオン測定方法の概念図

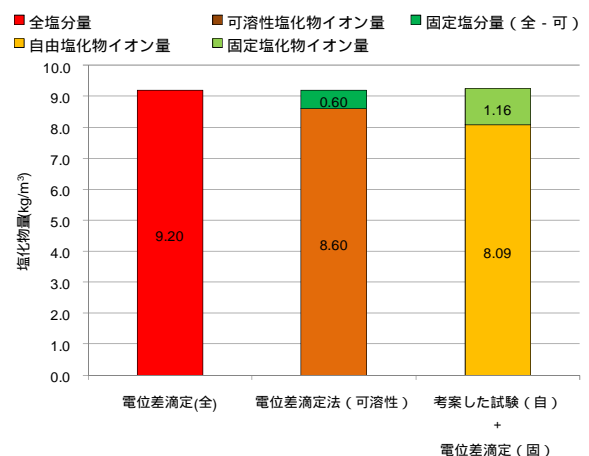


図-3 各試験方法による塩化物の比較

キーワード 自由塩化物イオン, 固定塩化物イオン, 塩化物イオン拡散性状

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:m509090@sic.shibaura-it.ac.jp

4. 実験結果

a) 置換率シリーズ

置換率を変動させた供試体の自由塩化物イオン量と固定塩化物イオン量の関係を図-4 に示す。置換率の増加に伴い自由塩化物イオン量は減少し、固定塩化物イオン量は増加する傾向を示した。

次に図-5 に各塩化物イオンと深さの関係を示す。普通ポルトランドセメント (OPC) は固定塩化物イオンが少なく、自由塩化物イオンが先に浸透した。一方、高炉セメント (B30) を用いると固定塩化物イオンが先に浸透した。高炉セメントは固定化能力が高く、塩化物イオンは固定化され、その位置での固定限界量に達すると内部に浸透すると考えられる。

b) 水結合材比シリーズ

水結合材比を変動させた供試体の自由塩化物イオン量と固定塩化物イオン量の関係を図-6 に示す。水結合材比の増加に伴い固定塩化物イオン量は顕著に増加するのに対して、自由塩化物イオンは増加しない傾向を示した。これは水結合材比の増加で自由塩化物イオンの移動できる領域が増加したことに伴い、固定化できる表面積も増加したためだと考えられる。

次に、水結合材比 60%における各イオンの深さ方向での分布を図-7 に示す。一層目 (0.0-8.0mm) の自由塩化物イオンは材齢に関わらず増加しないのに対して、固定塩化物イオン量は増加する傾向を示した。次に、B50:W/C60(91d)と B30(91d) (図-5) の二層目 (8.0-1.6mm) の固定塩化物イオン量を比較すると、B50:W/C60(91d) の方が高い値を示すことから、塩化物イオンの拡散速度は置換率より水結合材比の影響が卓越すると考えられる。

5. まとめ

本研究で以下の結果が得られた。

- 置換率シリーズにおいて、置換率の増加に伴い固定塩化物イオンが増加する傾向を示した。拡散性状は普通ポルトランドセメントでは自由塩化物イオンが先に浸透し、高炉セメントでは自由塩化物イオンは先に固定化された。
- 水結合材比シリーズにおいて、置換率が同一の高炉セメントでは水結合材比の増加に伴い固定化塩化物イオンが増加した。置換率に比べ水結合材比の影響が卓越することが分かった。

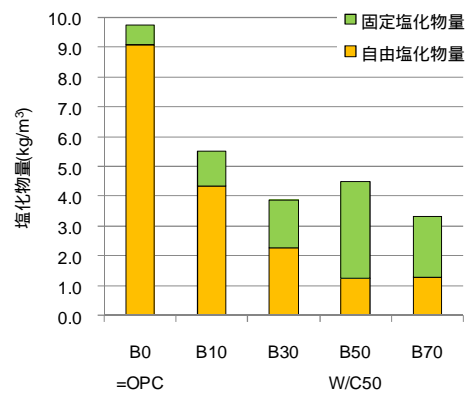


図-4 置換率と自由・固定塩化物イオンの関係

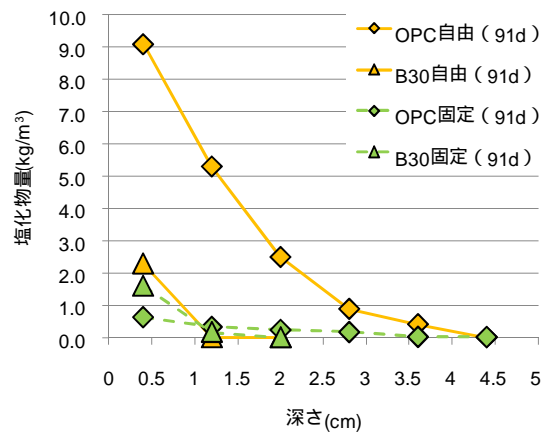


図-5 深さ方向の各塩化物イオン量の分布

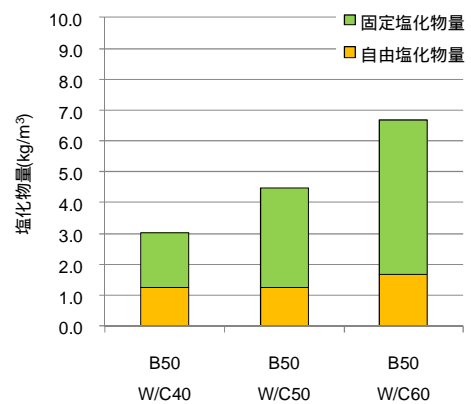


図-6 W/C と自由・固定塩化物イオンの関係

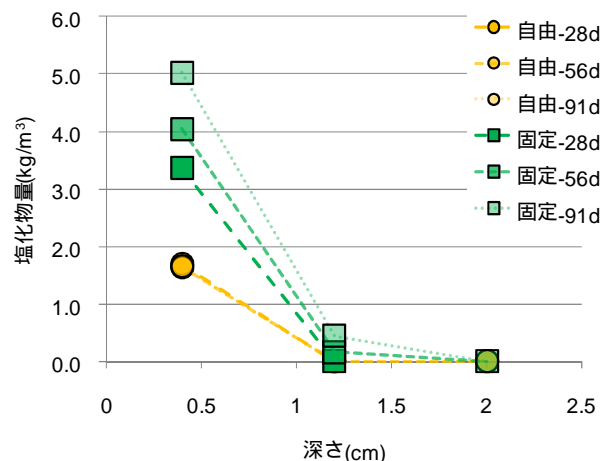


図-7 深さ方向の各イオン量の分布 (B50:W/C=60)