

高炉スラグ微粉末の置換率および水結合材比が塩化物イオンの拡散性状に与える影響

東海旅客鉄道株式会社 (元芝浦工業大学院) 正会員 ○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。本研究では深さ方向に対す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

配合は単位セメント量を一定として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。予め塩水に浸漬させた供試体を浸漬面から8.0mm間隔で切断し、図-2に示すようにセルに設置した。その後、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(JCI 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分物イオン量を、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)。その結果、両塩化物イオン量の和は全塩化物量と同等の値を示した。また、近年固定塩化物イオンの一部を含む可能性がある指摘されている可溶性塩化物イオン量に比べて自由塩化物イオン量の方が少ないため、本試験で各塩化物イオンを分離できる可能性を示唆した。

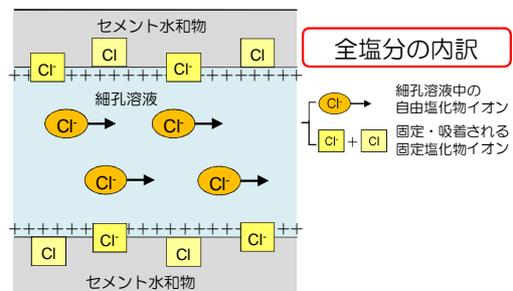


図-1 コンクリート内部の塩化物イオンの性状

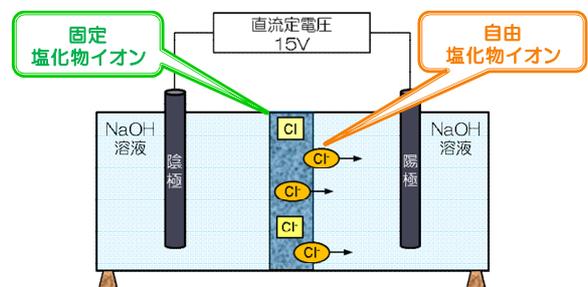


図-2 自由塩化物イオン測定方法の概念図

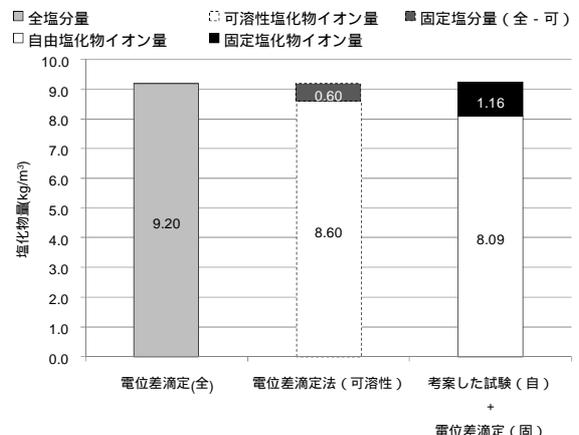


図-3 各試験方法による塩化物の比較

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固定塩化物イオン量は増加し、全塩分量は減少する傾向を示した。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いため、自由塩化物イオンが濃度勾配により内部に浸透した。一方、高炉セメント (B30) では、深さ 1.2cm において自由塩化物イオンは検出されないが、固定塩化物イオンが検出された。つまり、高炉セメントでは内部に浸透した塩化物イオンはまず固定化され、その領域 (深さ) で固定できる限界量に達すると普通ポルトランドセメントと同様に濃度勾配によって内部に浸透すると考えられる。ちなみに、置換率 50% (B50:W/B50), 70% (B70:W/B50) では固定化により二層目以降の領域で両塩化物イオンとも検出されなかったため、今後長期浸漬材齢で検証する予定である。

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、固定化できる空隙の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、拡散に対する両パラメータの影響程度を比較するために B50:W/B50(91d)を基準に水結合材比を増加させた B50:W/C60(91d)と置換率を減少させた B30:W/B50(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)の方が二層目に浸入した塩化物イオンが多いことから、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

1) 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し、全塩分量が減少する傾向を

示した。また、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濃度勾配により浸透し、高炉セメントでは浸入した自由塩化物イオンはまず固定化されることを確認した。

2) 水結合材比シリーズにおいて、単位セメント量・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。また拡散速度に関しては置換率に比べ水結合材比の影響が卓越することを確認した。

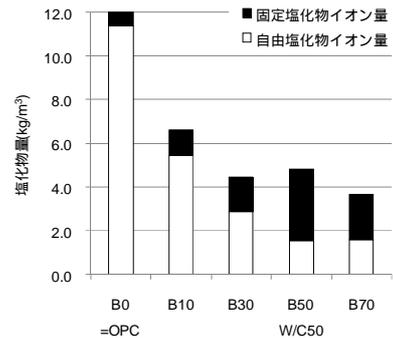


図-4 置換率と自由・固定塩化物イオンの関係

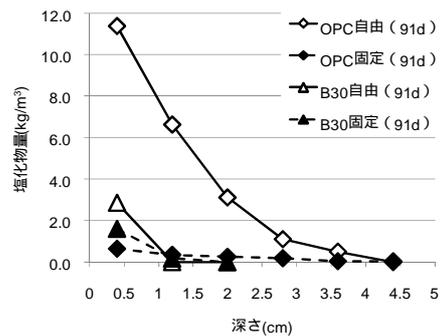


図-5 深さ方向の各塩化物イオン量の分布

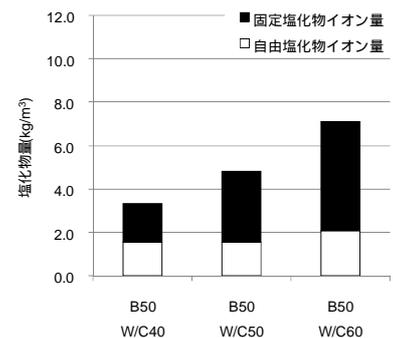


図-6 W/C と自由・固定塩化物イオンの関係

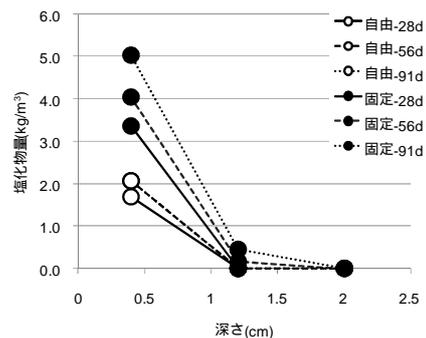


図-7 深さ方向の各イオン量の分布 (B50:W/C=60)