

各種結合材や水セメント比がセメント硬化体の塩分固定化に与える影響

東京理科大学 学生会員 ○堀 圭悟
東京理科大学 正会員 三田 勝也

東京理科大学大学院 学生会員 小林 荘太
東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化原因に塩害があり、この劣化は鉄筋の腐食を引き起こすとされている。鉄筋が腐食する原因は、鉄筋近傍まで塩分が浸透することであり、鉄筋コンクリート構造物を適切に維持管理する上では塩分浸透予測が重要である。

コンクリート中の塩化物イオンは、主に自由塩化物イオンと固定塩化物イオンに分類される。自由塩化物イオンは細孔溶液中に存在し、自由に移動可能な塩化物イオンである。固定塩化物イオンは、フリーデル氏塩等の水和物により取り込まれる固相塩化物イオンと、細孔壁に電氣的に拘束される吸着塩化物イオンに分類される。適切な塩分浸透予測を行うためには、セメント等結合材の持つ塩化物固定化能力を把握することが重要になる。

塩化物イオンの固定化に与える要因として、結合材の種類や水セメント比があり¹⁾、固定塩化物イオン量が異なることが明らかになっている。本実験では、水セメント比の変化が固定塩化物イオン量に与える影響、結合材が塩化物イオン量に与える影響を把握することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

結合材として普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種(粉末度 4000)、フライアッシュ II 種を使用し、水セメント比は 40、50 および 60%とした。練混ぜ水には水道水を使用した。

練混ぜ後、ブリーディング水が出なくなるまで 1 時間毎に練り返し、ブリーディング水が出なくなった時点で $\phi 10\text{mm} \times 20\text{mm}$ の型枠に打設した。1 日後に脱型し、28 日間水中養生を行った後、コンクリートカッターで厚さ 10mm 毎に切断し、さらに半円型切断した供試体を塩水に浸せきさせた。浸せきさせた

塩水の Cl^- 濃度は 10.8kg/m^3 であり、塩化物イオン量の測定材齢は 7 日、14 日である。普通ポルトランドセメントのみ 28 日、56 日の測定も行った。

2.2 塩化物イオン量の測定・変換

セメント硬化体中に含まれる塩化物イオン量の分析方法は、JCI-SC4 によって定められている方法がある。しかし、この方法で求められる塩化物イオン量は全塩化物イオン量と可溶性塩化物イオン量であるため、自由塩化物イオン量を求めることはできない。そこで既往の研究²⁾に基づき、塩化物平衡モデルを用いて自由塩化物イオン量を求めた。なお固定塩化物イオン量は、測定した全塩化物イオン量から自由塩化物イオン量を引くことで求めた。全塩化物イオン量および可溶性塩化物イオン量の測定は、JCI-SC4 「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に基づいて行った。

3. 実験結果

3.1 自由塩化物量と固定塩化物量

普通セメント単体における可溶性塩化物量から自由塩化物量への変換に関しては、既往の研究²⁾を参照した。関係式は式(1)のように与えられる。

$$C_{free} = 0.595 \cdot C_{sol} - 0.033 \quad (1)$$

ここで、 C_{free} : 自由塩化物イオン量(kg/m^3)、 C_{sol} : 可溶性塩化物イオン量(kg/m^3)である。この変換により求められた浸せき材齢 56 日における、単位セメント量あたりの自由塩化物イオン量と固定塩化物イオン量を図-1 に示す。同一セメントによる塩化物イオンの固定化能力は同等であると考えられており、浸せき材齢 56 日における単位セメント量あたりの固定塩化物イオン量は、ほぼ同等の値を示す結果となった。

キーワード：固定塩化物 自由塩化物 フライアッシュ 高炉スラグ

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 Tel 04-7124-1501 e-mail j7609096@noda.tus.ac.jp

3.2 固定塩化物イオン量の経時変化

単位セメントあたりの固定塩化物イオン量の経時変化を図-2に示す。水セメント比が小さい場合は、初期の塩化物イオン固定化速度が高く、材齢の経過とともに一定値に収束していく傾向がみられる。水セメント比が60%の場合は、初期の塩化物イオンの固定化速度は遅いが長期に渡り塩化物イオンの固定化が進む傾向にある。また、図-2の近似曲線からは今後も固定化が進行すると予想されるため、より長期の浸せき材齢における検討が必要だと思われる。

3.3 結合材の影響

図-3に浸せき材齢14日の測定結果を示す。FAおよびBBでは、全塩化物イオン量が減少していることがわかる。このことから既往の研究³⁾で報告されているように高炉スラグ、フライアッシュによる遮塩性の向上が確かめられた。結合材の種類により固定割合(固定塩化物イオン濃度/全塩化物イオン濃度)に変化がみられる。FAおよびBBの固定割合がOPCに比べ小さくなっていることから、遮塩性により塩分浸透が十分でなかったと考えられる。

4. まとめ

- (1) 浸せき材齢56日における単位セメント量あたりの固定塩化物イオン量は、水セメント比による影響はみられず、ほぼ同等であった。
- (2) 水セメント比の変化により、塩化物イオンの固定化速度に影響を与えることがわかった。

結合材の変化による塩化物イオンの固定化性状は、今後材齢の経過に伴う塩化物イオン量の変化から検討していきたい。

参考文献

- 1)竹上浩史, 石田哲也, 前川宏一: 高炉スラグ微粉末を混入したセメント硬化体中の塩分移動・平衡則, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, 2002
- 2)松崎晋一郎, 豊村恵理, 伊代田岳史: 高炉セメントの塩化物イオン固定化特性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.797~802, 2011
- 3)佐々木謙二, 佐伯竜彦: 混和材を用いたセメント硬化体における塩化物イオン固定化性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, 2005

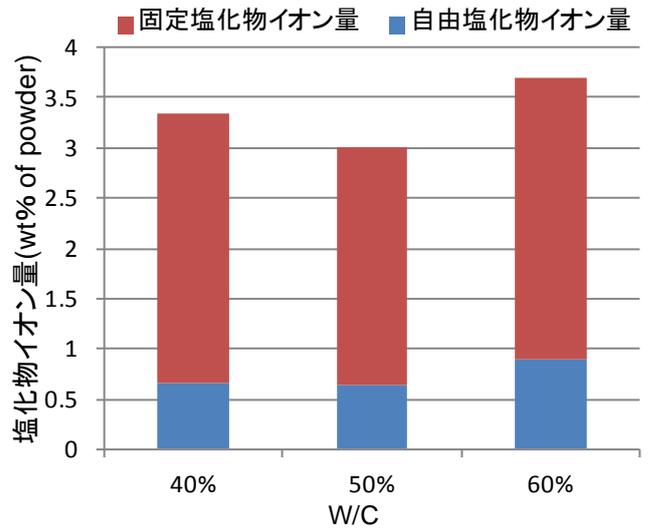


図-1 水セメント比と自由・固定塩化物イオンの関係

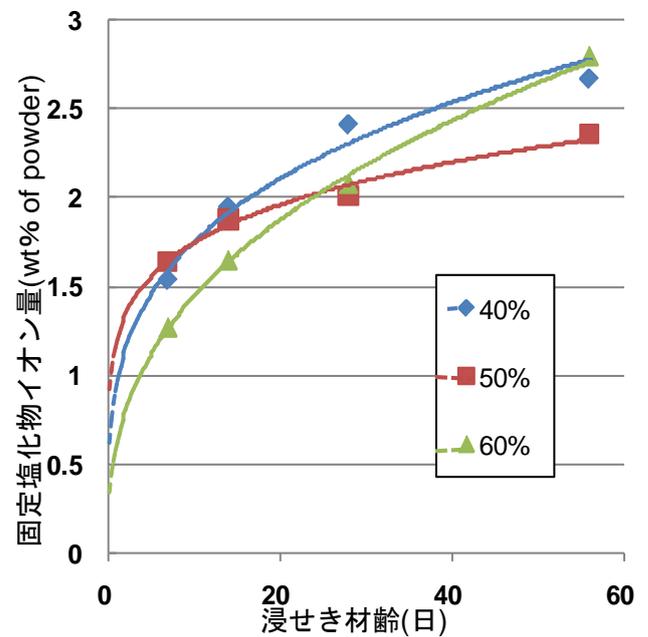


図-2 固定塩化物イオン量の経時変化

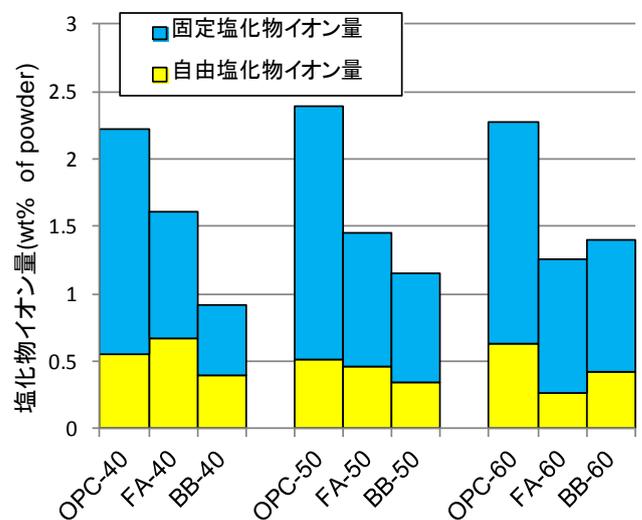


図-3 結合材による塩化物イオン量の変化