

高炉セメントにフライアッシュを混合したコンクリートの耐久性に関する基礎的検討

長崎大学 学生会員 中山 大誠
 長崎大学大学院 正会員 佐々木 謙二
 長崎大学大学院 正会員 原田 哲夫

1. はじめに

現在、我が国では高度経済成長期に造られたコンクリート構造物の老朽化が問題となっており、それらの構造物の維持管理が必要で多大な費用、労力が負担となっている。そのような状況も踏まえて、構造物の新設や更新においては、高品質で高耐久なものが求められている。

長崎県内ではコンクリートへのフライアッシュの有効利用に向けた取組みが 2008 年以降活発に行われており、その結果、2015 年 1 月に長崎県における指針（以下、長崎県 FA コンクリート指針と呼称）が発刊された[1]。長崎県 FA コンクリート指針において、ベースセメントとして高炉セメント B 種を原則としているが、高炉セメント B 種(BB)とフライアッシュ(FA)を混合したコンクリート(以下、BB-FA コンクリート)の諸性状に関する検討は少なく[2]、長期的な性状についてはほとんど明らかになっていない。

そこで本研究では、BB-FA コンクリートの試験施工箇所から採取したコア試験体を用いて、4.5~7.5 年供用後の長期特性に及ぼす結合材種類（FA 置換率）の影響について検討した。

2. 調査・試験概要

2.1 対象コンクリート

図-1 に BB-FA コンクリートのコア採取構造物および配合を示す。φ100×300mm 程度のコアを 2017 年 3 月および 11 月に採取し、下記の試験を行った。

2.2 採取コア調査項目

(1) 中性化深さ測定

中性化深さは、コア側面のノロを洗い流し、フェノールフタレイン溶液を噴霧した後 24 時間経過後に測定した。

(2) 全塩化物イオン濃度分布

全塩化物イオン濃度分布は、コア表面から 5mm の深さごとに試料を採取し、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠し、塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法により測定した。



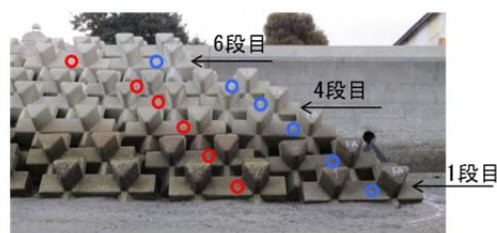
18-8-40BB(Air4.5%)
 18-8-40BB(Air3.5%)
 18-8-40BB(FA内割20%, Air3.5%)
 18-8-40BB(FA外割10%, Air3.5%)
 施工日:2009年10月

(a) シリーズ A 重力式擁壁



18-8-40BB(Air4.5%)
 18-8-40BB(FA内割20%, Air3.5%)
 18-8-40BB(FA外割10%, Air3.5%)
 施工日:2011年1月

(b) シリーズ B 波返工



21-8-40BB(Air4.5%)
 21-8-40BB(FA内割10%, Air4.5%)
 設置日:2012年8月

(c) シリーズ C 消波ブロック

図-1 BB-FA コンクリートのコア採取構造物および配合

3. 調査・試験結果

3.1 採取コアの中性化

図-2 に、採取コアの中性化深さ測定結果より算出した中性化速度係数を示す。シリーズ A, B それぞれにおいて、フライアッシュの置換の有無に関わらず水結合材比が同一であることから、内割 20%置換の場合には、中性化速度係数が無置換の場合に比べて大きい結果となった。外割 10%置換の場合には、無置換とほぼ

同程度の中性化速度係数となった, シリーズ A と B の結果を比較すると, 呼び強度は 18N/mm^2 で同じであるが, 水結合材比がシリーズ A の方が 5% 程小さいために, 中性化速度係数も小さくなったと考えられる。一方, シリーズ C においては内割 10% 置換の場合の方が中性化速度係数が小さくなる結果となった。これは, 材齢 28 日強度がほぼ同一となるように, 内割 10% 置換のコンクリートの水結合材比を 3% 小さくしているためであると考えられる。

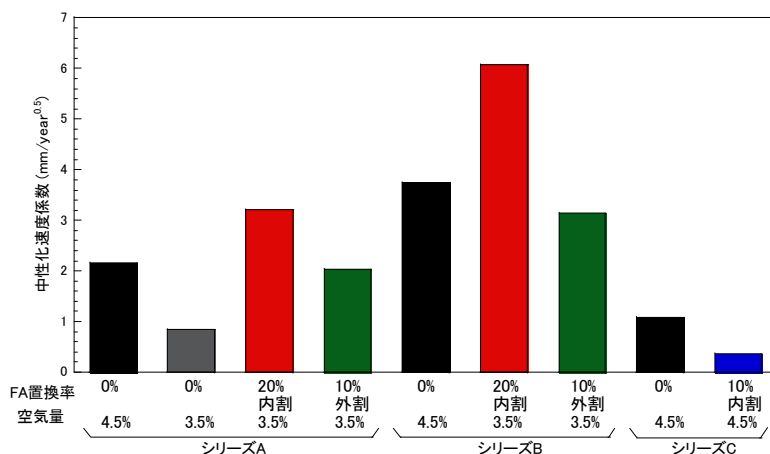


図-2 採取コアの中性化速度係数

3.2 採取コアの塩分浸透性状

シリーズ C の消波ブロックより採取したコアの全塩化物イオン濃度分布を図-3 に示す。コア採取時の材齢は 5.3 年であり, コア採取位置は, 海面からの距離を無置換と内割 10% 置換とで同一にし, さらに海面からの距離を複数変化させた。無置換, 内割 10% 置換それぞれにおいて 1 段目は干満部, 4 段目は飛沫部, 6 段目は海上大気部である。無置換, 内割 10% 置換の全塩化物イオン濃度分布を比較すると, いずれにおいても内割 10% 置換の方が塩分浸透が少ない結果となった。これは, フライアッシュによるポゾラン反応により組織が密実になったため塩分浸透を抑制できたからと考えられる。また, 無置換においては最も大きいもので深さ 3.5cm 程度まで(1 段目), 最も小さいもので深さ 2cm 程度まで(4 段目)塩分浸透しており差が見られた。一方, 内割 10% 置換ではいずれにおいても深さ 2cm 程度までしか塩分が浸透していないことが確認されたことから, 高炉セメント B 種にフライアッシュを 10% 混合することで, 環境条件に関わらず, フライアッシュ無置換の場合に比べて塩分浸透を抑制できていると言える。

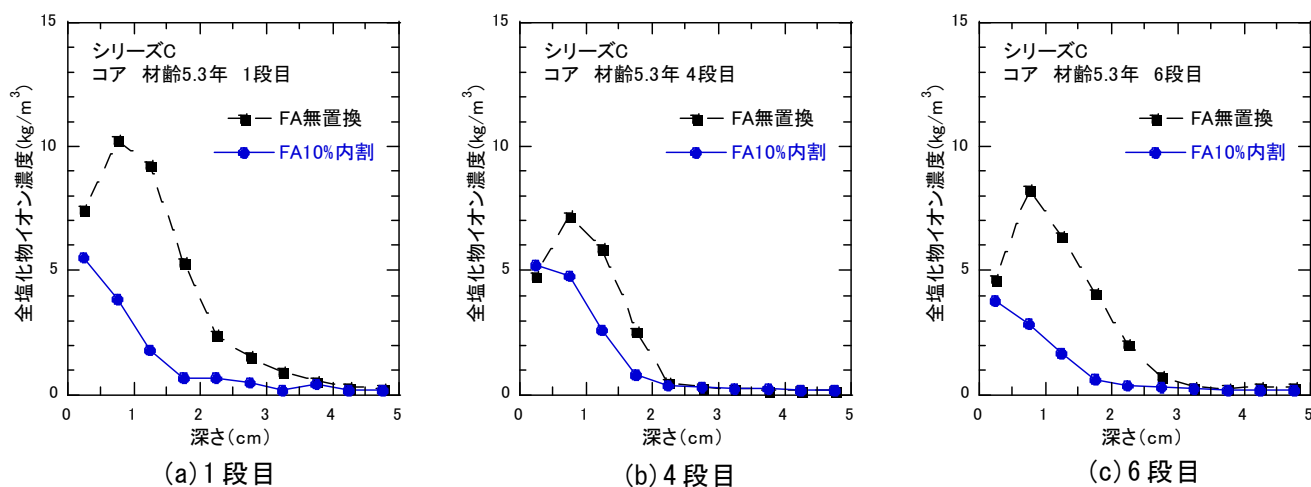


図-3 シリーズ C コアの全塩化物イオン濃度分布

4. まとめ

本研究では, 高炉セメントにフライアッシュを混合したコンクリートの試験施工の追跡調査をし, 中性化や塩分浸透抵抗性に及ぼすフライアッシュの影響を実構造物に用いたコンクリートの調査結果より示した。今後も継続的に追跡調査を実施し, 高炉セメントにフライアッシュを混合したコンクリートの長期特性についてデータを蓄積していく予定である。

参考文献

- [1] 長崎県土木部: 長崎県におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針, 2015.1
- [2] 樋原弘貴, 添田政司, 大和竹史, 橋本紳一郎: 高炉セメントとフライアッシュを使用したコンクリートの乾燥収縮および諸特性に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.65, pp340-345, 2011