

高炉セメント及びフライアッシュを使用したコンクリートの遮塩性能に関する研究

JR 東日本 正会員 小林 寿子 塩田 彩夏 ○上浦 健司

1. はじめに

製鉄副産物である高炉スラグ微粉末を用いた高炉セメントや、火力発電の副産物である石炭灰（フライアッシュ）をコンクリートに添加することで、表層付近のコンクリートが緻密化されることが定性的に知られている。一方で新潟地区での当社工事において、アルカリ骨材反応対策としてフライアッシュ配合コンクリートの使用実績があり、遮塩性が確認できれば、アルカリ骨材反応に加え、塩害対策としても適用できる。本研究では、これら各材料の添加による塩化物イオンの浸透抑制効果を把握するために供試体を製作し、塩水に浸漬及び塩水による乾湿繰り返し試験を行い、暴露面からの深さ方向の含有塩分量を測定した。試験の一部は長期間に及ぶため現在も試験中であるが、本報告では90日時点での結果について報告する。なお本研究は、飛来塩分による塩害が問題となっている海岸沿いのコンクリート構造物への適用を目的としている。

2. 実験概要

(1) 使用材料と形状

配合は普通セメント(密度: 3.16g/cm^3 , 比表面積: $3320\text{cm}^2/\text{g}$), 高炉セメント B 種(同 3.04g/cm^3 , $3870\text{cm}^2/\text{g}$), フライアッシュ(同 2.37g/cm^3 , $4420\text{cm}^2/\text{g}$)のほか、フライアッシュ配合に水密性を期待し、ポリマー混和剤を添加したものを加えた4種類とした。細骨材は砕砂(表乾密度 2.72g/cm^3 , 吸水率 1.44%), 粗骨材は6号単粒度碎石(同 2.72g/cm^3 , 1.44%及び最大寸法 20mm)を使用した。また、各配合の混和剤にはポリエーテル系高性能減水剤、及び AE 剤を使用した。供試体の形状は $\phi 100 \times H200$ の円柱形とし、JIS A 1132:2006 の「コンクリート強度試験用供試体の作り方」に準じて作成した。尚、供試体は暴露面を除き、エポキシ樹脂系接着剤にて防水塗装を行い、打設4週以降順次暴露を開始した。配合、及び形状をそれぞれ表-1、図-1に示す。

表-1 コンクリート配合

配合名	W/C	s/a	空気量	スランブ	単位量(kg/m^3)					ポリマー 混和剤
					W	C	FA	S	G	
普通	35	48.5	4.5 ± 1.5	20 $\pm$ 5	160	457	-	858	891	-
高炉					160	457	-	850	883	-
フライアッシュ					160	366	91	845	877	-
フライアッシュ+ポリマー					160	366	91	845	877	ポリマー

(2) 塩水浸漬試験

塩水浸漬試験は、10%食塩水に試験体を水没させる方法で行った¹⁾。暴露期間は30日、90日とした。

(3) 乾湿繰り返し試験

乾湿繰り返し試験は塩害促進試験機にて、乾燥4時間、浸漬4時間の1日3サイクルにて行った。暴露期間は90日、及び365日(予定)とした。図-2に試験状況を示す。

(4) 分析

コンクリート中の含有塩分量測定には、蛍光 X 線分析装置を使用した。分析で使用している試料は圧縮割裂させた供試体よりセメントペースト部分を選び、表面(0~1mm)と、10mm毎にドリル削孔し切粉を得た。(図-3)

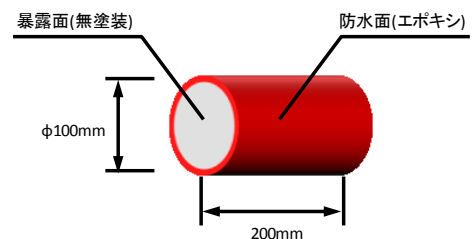


図-1 試験体形状

キーワード 高炉スラグ、フライアッシュ、塩害、塩化物イオン

連絡先 : 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6-26 東日本旅客鉄道株式会社 TEL 027-324-9369



図-2 試験状況(左:浸漬 右:乾湿)

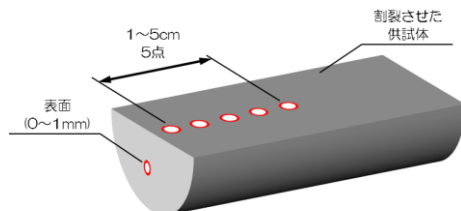


図-3 試料採取位置

3. 試験結果と考察

図-4 に浸漬 30 日, 図-5 に浸漬 90 日, 図-6 に乾湿繰り返し 90 日暴露の, それぞれ蛍光 X 線分析結果を示す. 本試験結果からは, ①高炉セメントを用いた配合は全体的に含有塩分量が少ないこと, ②フライアッシュ配合は 30 日時点では普通配合よりも塩分量が多いが, 90 日時点では少ないこと, ③ポリマー系混和剤を添加したフライアッシュ配合の含有塩分量は, 添加しなかった元の配合に比べ含有塩分量が多いこと, ④乾湿繰り返し試験では, 全体的に表面塩分量が多いこと⑤全ての配合で, 浸漬及び乾湿繰り返し 90 日では塩分が 20mm 深さに達していないこと, が明らかとなった.

フライアッシュの含有塩分量は, 30 日時点で普通配合よりも多く, 90 日では少ない結果となった. フライアッシュを配合したコンクリートは, 普通セメントだけの配合に比べポズラン反応が長期間持続するため, 長期強度が増進し緻密化する事が知られている, フライアッシュのポズラン反応は浸漬 30 日に相当する打設後 1 ヶ月程度ではまだ進行が少なく, 材齢 91 日以降に活発化するとの報告もある²⁾. このことから, フライアッシュ配合は 30 日時点では普通配合よりも塩分量が多く, 90 日で少ない結果になったのではないかと推察される.

4. まとめ

今回行った試験により普通セメントを使用した配合に比べ, 高炉セメントを用いた配合の遮塩性能が高いことを確認できたが, フライアッシュとフライアッシュにポリマー系混和剤を添加した配合では遮塩効果は確認できなかった. なお, 浸漬, 及び乾湿繰り返し暴露 90 日では塩分の浸透が 10-20mm に留まっていると推察され, 今後も実験を継続し, 塩化物イオンの浸透抑制効果の定量的な把握を行う.

【参考文献】 1) JSCE-G-572: 浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法(案)

2) 山本 武志, 金津 努: フライアッシュのポズラン反応に伴う組織緻密化と強度発現のメカニズムの実験的考察 土木学会論文集 Vol.63

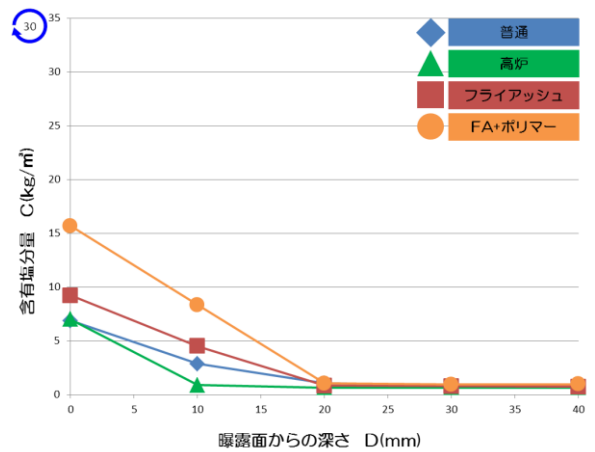


図-4 30 日浸漬における含有塩分量

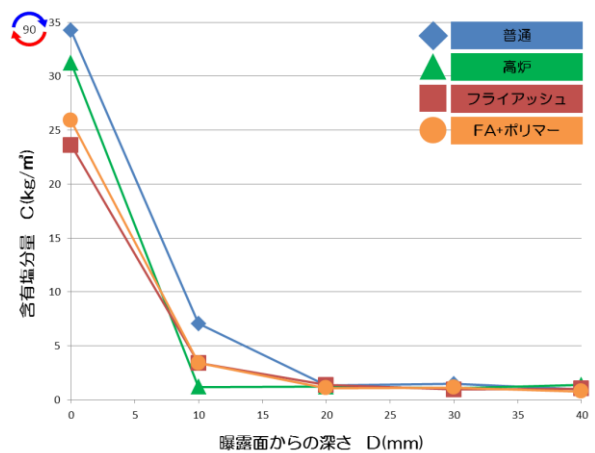


図-5 30 日浸漬における含有塩分量

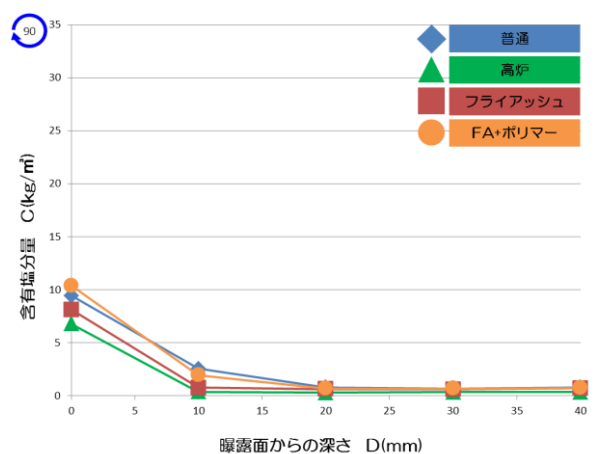


図-6 30 日浸漬における含有塩分量