

フライアッシュを用いたコンクリートの塩化物イオン浸透抑制性能について

四国電力(株) 正会員 ○井口 敬一郎
四国電力(株) 正会員 武知 隆男
(株)四国総合研究所 正会員 石井 光裕
(株)四国総合研究所 正会員 横田 優
北海道大学工学部 正会員 杉山 隆文

1. はじめに

沿岸部干満帯における屋外曝露試験結果ならびに既往文献において報告されている見かけの拡散係数より、フライアッシュ(以下「FA」)を用いたコンクリート(以下「FA コンクリート」)が普通コンクリート等と比較し、高い塩化物イオン浸透抑制性能(以下「遮塩性能」)を有することを確認した。

2. 屋外曝露試験概要

FA を細骨材補充混和材として用いたコンクリート(以下「FA 外割コンクリート」)を生コン工場の実プラントで製造し、ポンプ打設によって大型ブロック(幅1.5m×奥行1.0m×高0.5m)を作製のうえ、環境条件の厳しい屋外沿岸部干満帯において5年間ほど屋外曝露した。(写真-1)また、このブロックから採取したコアを用いて各材齢の見かけの拡散係数を求めた。

なお、コンクリートの配合は、セメント種類およびFA種類を各2種類、またFAの細骨材に対する容積置換率4ケースの組合せによる合計7種類とし、配合種別については、「FAの種類・容積置換率・セメント種類」と表記し、FAを使用しないプレーン配合については、「P・セメント種類」と表記した。(表-1)

3. 見かけの拡散係数の比較

屋外曝露試験結果における各材齢の見かけの拡散係数(表-2)と、
・コンクリート標準示方書で示されている見かけの拡散係数の予測式
・既往文献¹⁾²⁾³⁾⁴⁾で報告されているFAコンクリートの見かけの拡散係数との関係を図-1～図-4に整理した。なお、見かけの拡散係数の水結合材比に対する回帰式も算出した。(図中の回帰式の係数は、小数点以下第1位を有効とし、四捨五入した。)

図-1では、屋外曝露試験データ(15個)と既往文献データ(83個)とを、FA外割コンクリートとFA内割コンクリート(セメント代替材として、FAを結合材の内割で使用したコンクリート)とに分けて回帰式を求めたが、大きな差は認められなかった。このため、両者を区分せずに以下の整理を行った。

図-2は、屋外曝露試験および既往文献の全データ(98個)をプロットし、信頼確率95%(平均値±1.65σ[標準偏差])で異常値(はずれ値)判定を行った。

図-3は、異常値判定したデータを除外してFAコンクリートの見かけの拡散係数の回帰式を求めたものであり、FAコンクリートの見かけの拡散係数は、高炉セメントB種(以下「BS」)やシリカフェーム(以下「SF」)を使用した場合のコンクリートの示方書予測式(以下「示方書予測式」)と比較すると、同等かそれ以下となっている。

図-4は、FAコンクリートの材齢毎に回帰式を求めたものであり、FAコンクリートの見かけの拡散係数は、材齢とともに概ね減少する傾向が伺えるとともに、長期材齢(材齢5年以上)になると、示方書予測式よりも明らかに小さい。

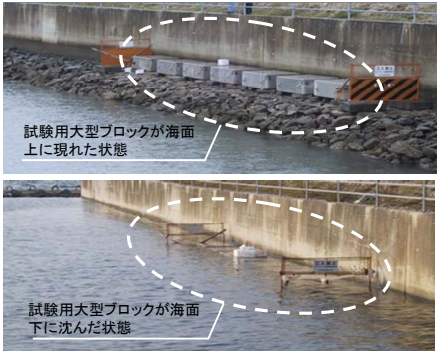


写真-1 大型ブロック曝露状況

表-1 コンクリートの配合

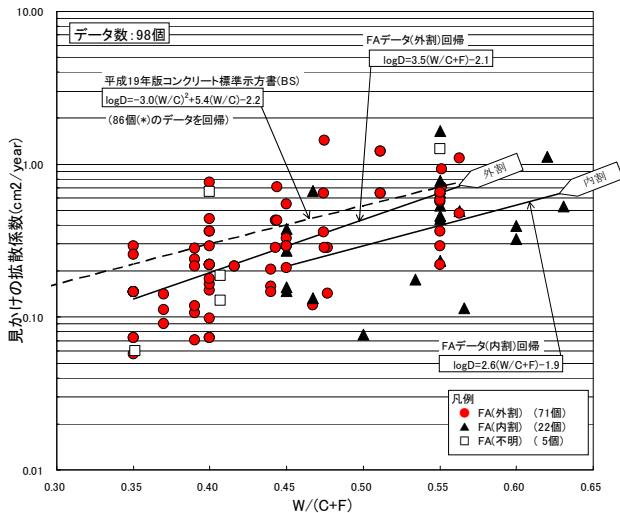
配合種別	W/C	FA種類	FA容積置換率(Vol.%)	セメント種別
P-B	0.55	IV種	0	高炉セメントB種
IV-10B			10	
IV-20B			20	
IV-30B			30	
II-20B		II種	20	普通ポルトランドセメント
P-N		-	0	
IV-20N		IV種	20	

表-2 各材齢の見かけの拡散係数

配合種別	材 齢	F A 種 類	W/C (%)	W/(C+FA) (%)	拡散係数D (cm ² /年)
P-B	1年3ヶ月	IV 種	55	-	0.568
	3年2ヶ月				0.363
	5年4ヶ月				0.359
IV10-B	1年3ヶ月			44	0.206
	3年2ヶ月				0.147
	5年4ヶ月				0.158
IV20-B	1年3ヶ月			39	0.281
	3年2ヶ月				0.118
	5年4ヶ月				0.071
IV30-B	1年3ヶ月	37	0.111		
	3年2ヶ月		0.141		
	5年4ヶ月		0.090		
II 20-B	1年3ヶ月	II 種	55	39	0.232
	3年2ヶ月				0.216
	5年4ヶ月				0.106
P-N	1年3ヶ月	-		-	2.302
	3年2ヶ月				2.318
	5年4ヶ月				1.266
IV20-N	1年3ヶ月	IV 種		40	0.765
	3年2ヶ月				0.165
	5年4ヶ月				0.150

キーワード フライアッシュ、細骨材補充混和材、塩化物イオン浸透、屋外曝露、遮塩性能

連絡先 〒760-8573 香川県高松市丸の内2番5号、TEL050-8801-4682、FAX087-825-3034



*[出典] CL108 2002年度版コンクリート標準示方書改訂資料

図-1 FA コンクリートの外割・内割別の見かけの拡散係数

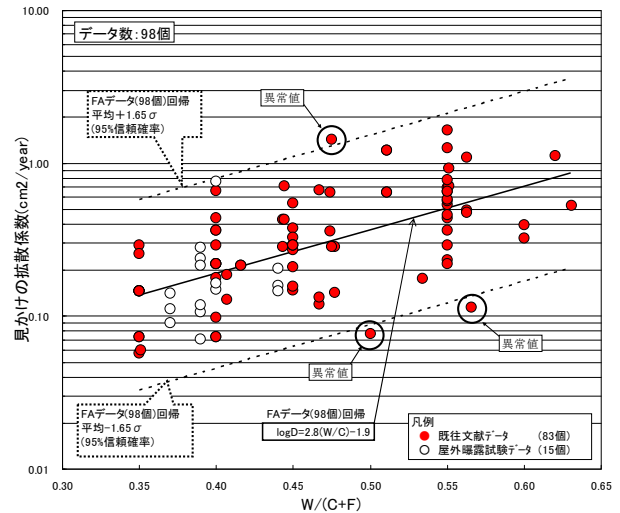


図-2 FA コンクリートの見かけの拡散係数(異常値判定)

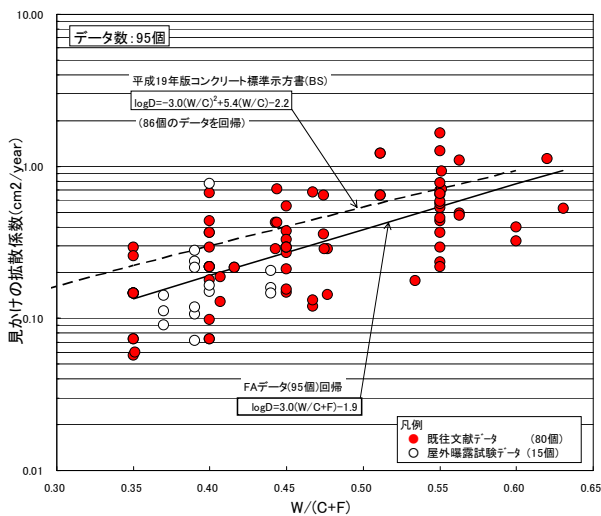


図-3 FA コンクリートの見かけの拡散係数(異常値削除後)

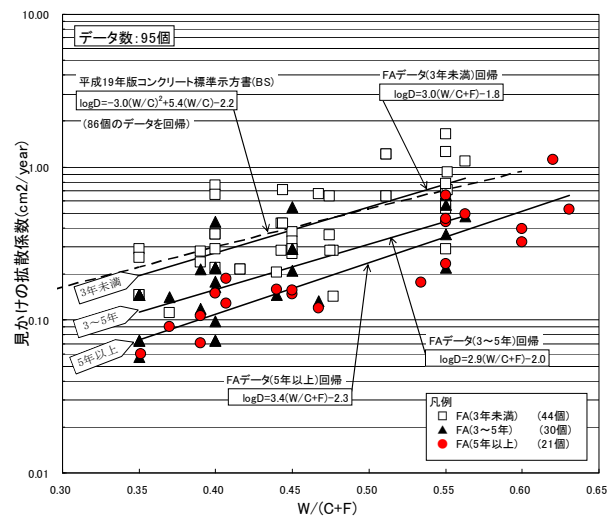


図-4 FA コンクリートの材齢別の見かけの拡散係数

4. まとめ

屋外曝露試験結果ならびに既往文献において報告されている FA コンクリートの見かけの拡散係数について、整理、検討した結果、示方書予測式(BS や SF を使用したコンクリート)に比べ、高い遮塩性能を有していることが確認できた。これは、FA の使用によるポゾラン反応の進展に伴って組織が緻密化し、ポゾラン反応生成物に取り込まれる塩化物イオンや、細孔壁に吸着、固定化される塩化物イオンが増加することによって、コンクリート内部への塩化物イオンの浸透が抑制されたことが要因と考えられる。今後、これらのメカニズムの解明にも取り組んで行きたい。

以上より、FA コンクリートは、沿岸部 RC 構造物への利用など、コンクリート構造物の延命化やライフサイクルコスト低減への活用が期待できる。なお、本屋外曝露試験は土木学会四国支部「四国における石炭灰のコンクリートへの適用性に関する調査研究委員会」(委員長:河野清徳島大学名誉教授)の活動の一環として実施した試験を、委員会終了後も継続実施したものである。最後に、本稿執筆にあたり、ご助言を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 武知隆男ほか:フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートの強度および遮塩性(5年間屋外曝露試験結果), コンクリート工学年次大会 2009 札幌(投稿中)
- 2) 岡田浩司ほか:海洋環境に暴露したコンクリート供試体中への塩化物の浸透—暴露 2 年の調査—, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.49, pp.V-221, 1994
- 3) 高柴保明ほか:コンクリートの海岸暴露試験—20 年経過した RC げたと各種補修材料について—, 開発土木研究所月報 No.422, pp.1-10, 1988
- 4) 長嶺健吾:コンクリート中への塩化物イオン浸透特性に関する研究, 琉球大学 修士論文, 平成 15 年度