

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

四国電力株式会社 ○(正) 竹中 佳, (正) 武知 隆男, 高橋 利昌
 (株)四国総合研究所 (正) 石井 光裕

1. はじめに

5年間屋外曝露試験結果¹⁾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. 5年間屋外曝露試験概要

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年間屋外曝露した。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。

(写真-1、図-1、表-1)

3. 見かけの拡散係数の比較

5年間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-1)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

(以下「示方書予測式」)

・既往文献で報告されているFAコンクリートの見かけの拡散係数(表-2)

との関係を図-2に示す。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-2から次のことが確認できる。

- ・FA外割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している。
- ・FA外割コンクリートの見かけの拡散係数は、普通ポルトランドセメント(以下「OPC」)および高炉セメントB種(以下「BB」)を使用した場合のコンクリートの示方書予測式と比較すると、同等かそれ以下である。
- ・FA外割コンクリートの材齢1年および3年は、見かけの拡散係数のバラツキが大きく、回帰式の相関係数は低い。材齢5年では見かけの拡散係数のバラツキが少なくなり、回帰式の相関係数が高い。
- ・FA外割コンクリートの見かけの拡散係数は、長期材齢(材齢5年以上)になると、BBよりも明らかに小さい。

ここで、長期材齢(材齢5年以上)のFAコンクリートの見かけの拡散係数がOPCやBBと比較して小さいのは、FAの使用によりポゾラン反応が時間経過とともに進展してコンクリート組織が緻密化するなどし、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。

4. FAコンクリートの遮塩性能に関する考察

見かけの拡散係数の変化が比較的緩慢になると考えられる長期材齢(5年以上)を対象として、FA外割コンクリート(表-1)およびFAコンクリート(表-2)の見かけの拡散係数と水結合材比との関係を図-3に示した。

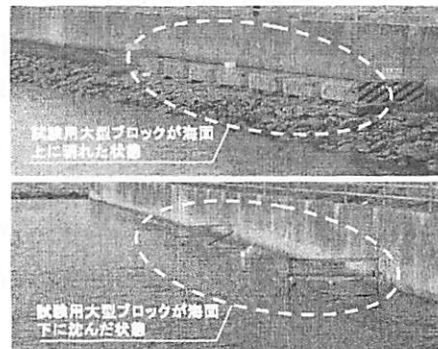


写真-1 大型ブロック曝露状況

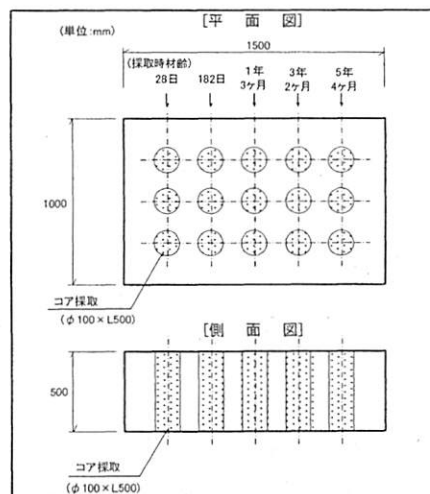


図-1 コンクリートコア採取位置

表-1 各材齢の見かけの拡散係数

材 齢	FA 種類	FAの 配合用途	W/C (%)	W/(C+FA) (%)	拡散係数 (cm ² /年)
1年3ヶ月	IV種	外割	44	44	0.206
3年2ヶ月					0.147
5年4ヶ月					0.158
1年3ヶ月			39	39	0.281
3年2ヶ月					0.118
5年4ヶ月					0.071
1年3ヶ月			37	37	0.111
3年2ヶ月					0.141
5年4ヶ月					0.090
1年3ヶ月			39	39	0.232
3年2ヶ月					0.216
5年4ヶ月					0.106
1年3ヶ月	IV種	外割	40	40	0.165
3年2ヶ月					0.165
5年4ヶ月					0.150

表-2 既往文献の見かけの拡散係数

既往文献	材 齢	F A 種類	FAの 配合用途	W/C (%)	W/(C+FA) (%)	拡散係数 (cm ² /年)	
杉山ほか (2008) ⁶⁾	6年6ヶ月	Ⅱ種	内割	53	45	0.148	
				64	45	0.156	
				64	55	0.233	
				79	55	0.437	
	6年9ヶ月	Ⅲ種	外割	70	56.3	0.492	
59	46.7	0.120					
笹谷ほか (1997) ⁷⁾	7年	Ⅱ種	内割	—	55	0.650	
酒井ほか(2008) ⁸⁾	10年	—		50	35.1	0.060	
				—	—	0.322	
佐々木ほか (2006) ⁹⁾	15年	Ⅰ種		86	60	0.397	
				71	50	0.077	
				—	—	0.530	
佐藤ほか (2002) ¹⁰⁾	20年	FA+ポゾ B種		—	—	56.6	0.114
				—	—	62	1.126
				—	—	53.4	0.177
太田ほか(1991) ¹¹⁾	20年	—	—	40.7	0.129		

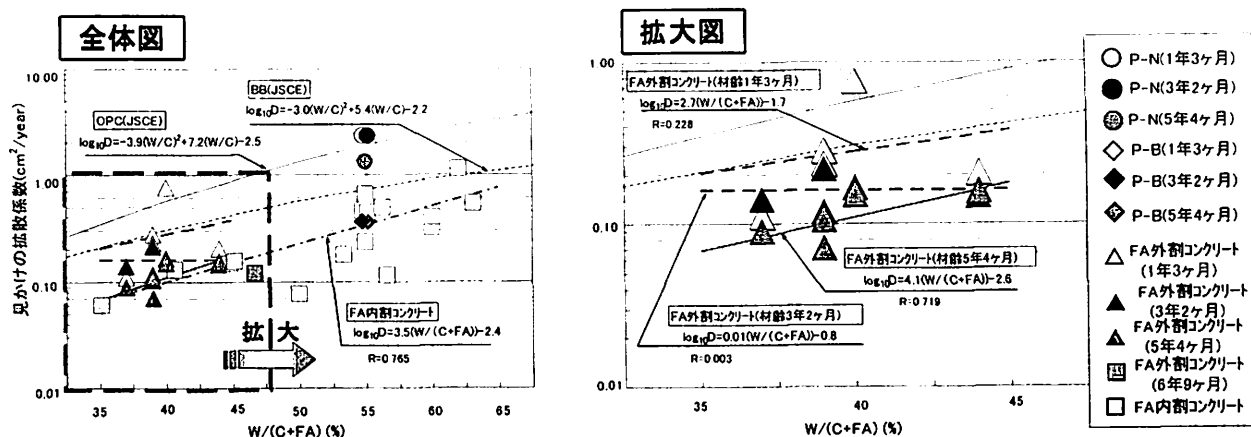


図-2 見かけの拡散係数と水結合材比の関係(左:全体図, 右:拡大図)

また、信頼確率 85% (1.0 σ [標準偏差]) および信頼確率 95% (1.65 σ [標準偏差]) の回帰式も併せて示した。

図-3 から次のことが確認できる。

- ・FA コンクリートの見かけの拡散係数の回帰式および信頼確率 85% の回帰式は、OPC ならびに BB よりも小さい。
- ・FA コンクリートの見かけの拡散係数の信頼確率 95% の回帰式は、OPC より小さく、BB とほぼ同等である。

これらより、FA コンクリートの見かけの拡散係数は、FA 使用による内割・外割の配合に係わらず、コンクリート組織の緻密化等が時間経過とともに進展し、コンクリート内部への塩化物イオンの浸透が抑制されていると考えられる。

5. まとめ

以上のとおり、OPC、BB に比べ、高い遮塩性能を有していることが確認できた。このことから、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。

5 ヶ年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、データの提供ならびに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) 竹中佳ほか: フライアッシュを細骨材補充混和材として使用したコンクリートの強度および耐久性について～5 年間曝露試験結果～, 土木学会四国支部, 第 14 回技術研究発表会講演概要集, pp.306-307, 2008
- 2) 土木学会: 2007 制定コンクリート標準示方書[維持管理編], pp.101-120, 2007
- 3) 土木学会: コンクリートライフライン標準示方書[改訂資料], pp.83-88, 2002
- 4) 杉山隆文ほか: フライアッシュコンクリートの塩分浸透性に関する実験的考察, コンクリート工学年次学術論文誌, Vol.30, No.1, pp.849-854, 2008
- 5) 笹谷輝彦ほか: 海洋環境下におけるコンクリートへの塩化物イオン浸透性の評価に関する研究, 土木学会論文誌, No.571, V-36, pp.91-104, 1997
- 6) 酒井隆行ほか: 高流動コンクリートにより構築された海洋構造物の長期物性, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.57, pp.V-314, 2008
- 7) 佐々木勝教ほか: 苛酷塩害環境下に長期間曝露したフライアッシュ使用コンクリートの特性, 電力土木, No.321, pp.82-86, 2006
- 8) 佐藤道生ほか: フライアッシュを用いた既設コンクリート構造物の遮塩性, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.57, pp.V-746, 2002
- 9) 太田利隆ほか: 海岸に曝露したコンクリートへの塩分浸透について, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.13, No.1, pp.589-594, 1991