

海岸構造物用フライアッシュコンクリートの塩分浸透性

群馬大学工学部 学生会員 井上 大輔
 群馬大学工学部 正 会 員 杉山 隆文
 (財)沖縄県建設技術センター 島袋 浩明
 (株)中研コンサルタント 正 会 員 野尻 拓男

1.はじめに

石炭火力発電所から排出される石炭灰の処理に関する環境面からの対応やその有効利用を目的に、石炭灰をコンクリートの混和材や細骨材の一部代替として利用する研究が盛んである。JIS A6201 では I～IV 種のフライアッシュの品質が規格化されているが、JIS に該当しないフライアッシュの有効利用も今後進める必要がある。

本研究では、比表面積において JIS IV 種を満足するが、III 種の規格を満足せず、強熱減量においてはその逆の品質を有するフライアッシュ（以下、FA）を、海岸用コンクリートの混和材として、多量に有効利用することを目的とした。本論文では、特にコンクリートの塩分浸透性を電気的泳動試験から調べた結果を報告する。

2.実験概要

2-1 供試体作製

本試験で用いた FA の品質は、JIS III 種および IV 種の間であり、III 種と比べると若干粗い灰である（表-1）。コンクリートの配合を表-2 に示す。FA を 175kg/m^3 と比較的多量に使用して、単位セメント量を $213\sim 250\text{kg/m}^3$ と 3 水準に変化させた。FA の多量使用による中性化が懸念されたが、これまでの実験で中性化を抑制できる単位セメント量の最小値が 210kg/m^3 程度であることを確認している。また、高性能 AE 減水剤の添加量をできるだけ少なくして、所要のワーカビリティを確保するために、単位水量を上限値の 175kg/m^3 とした。なお、高性能 AE 減水剤は、FA 用として開発されたものを使用した。

2-2 圧縮強度試験

圧縮強度試験用供試体は、寸法が $\phi 12.5 \times 25\text{cm}$ の供試体である。14, 28, 91 日間の 20°C 水中養生後についてそれぞれ圧縮強度試験を行った。

2-3 電気的泳動試験

試験は、図-1 に示すように、厚さ 5cm、直径 10cm のコンクリートに対して、直流定電圧を 15V として行った。なお、供試体は、圧縮試験用供試体作成後に 25mm のふるいによるウェットスクリーニングを行い作製した。水中養生は、圧縮強度試験と同様に 3 段階として、所定の養生日数の 2 日前に供試体を取り出して、その側面をエポキシ系樹脂でコーティングした。さらに、乾燥後に減圧吸水を行い、供試体を飽和状態として、試験セルへセットした。電位勾配によって、陰極側（NaCl 溶液）の塩化物イオンが、コンクリートの細孔溶液を電気的泳動して、数日後に陽極側（NaOH 溶液）に移動してくる。この陽極側の塩化物イオン濃度を経時的に測定して、その濃度割合が一定となるまで試験を行った。その後、ネルンストプランク式により塩化物イオン拡散係数（以下、拡散係数と称す）を算出した。

キーワード：フライアッシュ、塩化物イオン拡散係数、電気的泳動試験

連絡先：〒376-0034 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

表-1 フライアッシュの品質の比較

項目	種類	使用した FA	JIS A6201	
			Ⅲ種	Ⅳ種
二酸化けい素 (%)		59.2	45.0 以上	
強熱減量 (%)		7.8	8.0 以下	5.0 以下
密度 (g/cm^3)		2.19	1.95 以上	
比表面積 (ブレン方法: cm^2/g)		2040	2500 以上	1500 以上
フロー値比 (%)		93	85 以上	75 以上
活性度指数 (%)	材齢 28 日	77	80 以上	60 以上
	材齢 91 日	87	90 以上	70 以上

表-2 使用したコンクリートの配合

配合	W/C (%)	W/(C+F) (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)						
				W	C	F	S	G(4020)	G(2005)	混和剤
PL	60	60	45.0	175	292	-	851	424	635	0.0*
C213F08	82	45	35.5	175	213	175	620	459	686	1.9*
C250F07	70	41	33.0	175	250	175	567	467	702	2.1*
C292F06	60	38	34.8	175	292	175	585	446	667	2.8*

*: 高性能 AE 減水剤 (主成分: 末端スルホン酸基を有するポリカルボン酸基含有多元ポリマー)

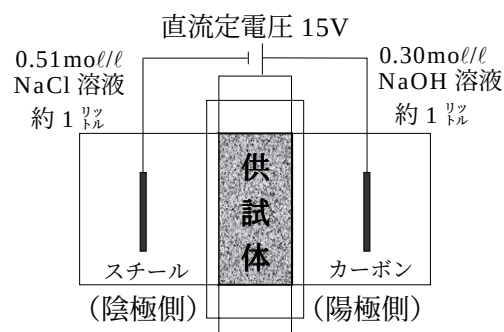


図-1 電気的泳動試験の概略図

3. 実験結果と考察

3-1 陽極側の塩化物イオン濃度変化

電氣的泳動試験の結果を養生日数別に図-2に示す。各グラフの直線部分が定常状態であり、その傾きが塩化物イオンの移動速度である。養生日数の増加によって、特にフライアッシュコンクリートにおいて、無混和であるプレーンコンクリート（PL）と比較して、大幅な移動速度の低下が認められる。また、定常状態に達する試験期間も増加している。これは、塩化物イオンの移動が抑制されていることを示しているが、フライアッシュのポゾラン反応によって、細孔構造が緻密化したことが、この理由として考えられる。

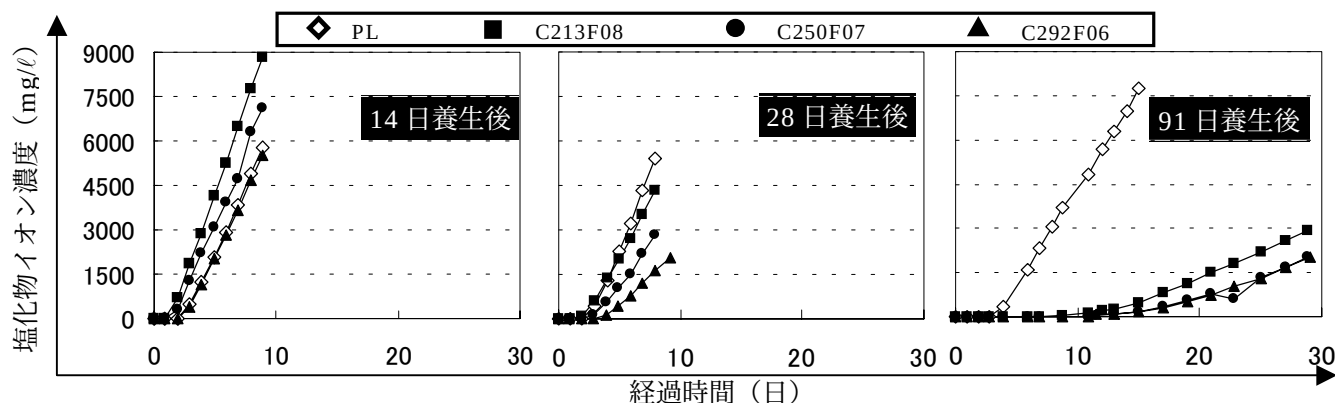


図-2 陽極側溶液の塩化物イオン濃度の経時変化

3-2 塩化物イオン拡散係数

拡散係数の算出結果を図-3に示す。14日養生では、単位セメント量が小さいほど拡散係数が大きい、PLと同一にしたC292F06では、PLと同程度である。28日養生では、フライアッシュコンクリートの拡散係数が小さく、単位セメント量の多いC292F06が最も小さい。91日養生では、PLも減少しているが、フライアッシュコンクリートでその減少は著しく大きい。しかし、各フライアッシュコンクリートの拡散係数の差異はほとんど認められない。

FAの品質が、特に比表面積や強熱減量においてJIS III種とIV種の間位置して、かつ 175kg/m^3 と多量に使用したフライアッシュコンクリートにおいても、単位セメント量を適切に確保することによって、比較的養生日数が短くても拡散係数は大きくなり、その後の養生日数の増加でさらに拡散係数は減少することが明らかになった。

3-3 圧縮強度と拡散係数

拡散係数は、圧縮強度が増加すると減少している（図-4）。また、養生日数による圧縮強度の増加とも対応している。しかし、特に91日養生では、C292F06の圧縮強度が 58.4N/mm^2 と最も大きい、拡散係数の差異は、他のフライアッシュコンクリートと同程度である。つまり、物理的な要因で拡散係数は減少するが、細孔溶液の化学組成などの化学的な要因にも影響されることを示唆している。

4. まとめ

JIS III種とIV種の中間の品質を有するフライアッシュを 175kg/m^3 と多量に使用したフライアッシュコンクリートの塩分浸透性は、プレーンコンクリートと比較して小さく、養生日数の増加で著しく減少した。

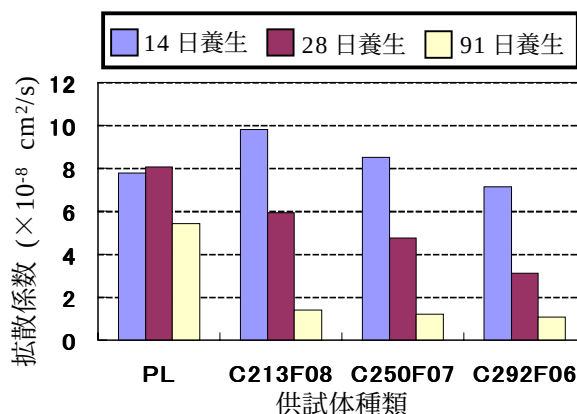


図-3 養生別各種コンクリートの拡散係数

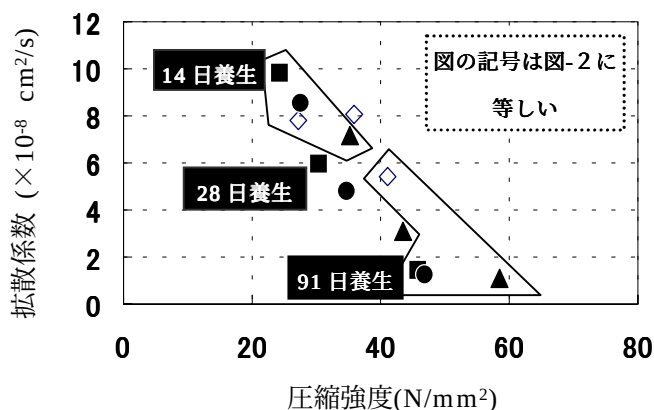


図-4 圧縮強度と拡散係数の関係