

フライアッシュを細骨材の一部に代替使用したコンクリートの塩分浸透性評価

群馬大学大学院 学生会員 高見 満
 群馬大学工学部 正会員 杉山 隆文
 琉球大学大学院 学生会員 Sorn Vira
 琉球大学工学部 山田 義智

1. はじめに

本研究はフライアッシュ（以下 FA と称す）を細骨材の一部代替材として混和するコンクリートについて、電気泳動試験および比抵抗測定を行い、水セメント比と FA 混和量が塩分浸透性に与える影響を把握することを目的としている。また、実験結果より算出した塩化物イオン拡散係数、クーロンおよび比抵抗による塩分浸透抵抗性についてのランキングを行い、各パラメーターの有効性について考察した。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

供試体	W/B (%)	s/a (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 ((C+F)×%)		SL (cm)	Air (%)	圧縮強度 (N/mm ²)		
				W	C	FA	S		G	No.70	SP-85			14日	28日	91日
							海砂	砕砂								
45FB	—	45.5	45	171	380	0	400	400	977	0.25	—	12 ± 2.5	4.5 ± 1.5	43.4	47.5	51.4
55FB	—	48.0	55	170	309	0	437	437	964	0.25	—			36.6	38.9	43.7
55F50	47.4	45.6				50	401	401	975	0.25	—			38.9	43.1	55.2
55F75	44.3	41.1				75	355	355	1040	0.375	—			38.4	44.5	56.7
55F100	41.6	40.0				100	341	341	1040	—	0.7			40.4	46.7	56.9
60FB	—	49.0				60	170	283	0	452	452	956	0.25	—	29.2	34.6
60F50	51.1	46.6	50	415	415				969	0.25	—	34.8	39.3	48.6		
60F75	47.5	42.6	75	374	374				1023	0.375	—	36.9	41.7	53.0		
60F100	44.4	41.5	100	358	358				1026	—	0.7	37.4	44.7	54.6		
65FB	—	50.5	65	179	275				0	461	461	921	0.25	—	27.5	29.9
65F50	55.1	48.5				50	427	427	929	0.25	—	31.2	36.2	44.4		
65F75	51.1	44.3				75	384	384	986	0.375	—	33.2	37.6	50.2		
65F100	47.7	43.3				100	368	368	988	0.35	—	32.9	40.4	50.7		

(1) 供試体

コンクリートの配合を表-1 に示す。本配合では W/C = 55,60,65 を基本とし、FA 量 50、75、100(kg/m³)を細骨材の一部代替材として配合した。なお、FA は JIS A6201 II 種に

分類される。細骨材は海砂（比重 2.63、除塩済み）と石灰石砕砂（比重 2.67）を 1 : 1 の比率で用いた。粗骨材は石灰石砕石（比重 2.70、最大寸法 20mm）を用いた。また、各養生日数における圧縮強度も表-1 に示した。

(2) 電気泳動試験

実験装置の概要を図-1 に示す。本試験では 14、28、91 日と水中養生させ、減圧吸水を行った円盤状の供試体（φ 10cm × 5cm）を使用した。直流電圧 15V を印加後、経時的に電流および陽極側の塩化物イオン濃度を測定した。また、実験開始後 24 時間における電流の値を積算してクーロン (A・s) を求めた。単位時間あたりに陽極側に移動する塩化物イオン量が一定となった状態で試験を終了した。

(3) 比抵抗測定

図-2 のように供試体を交流電源（950Hz）とつなぎ、交流電圧 15V を印加させた時、計測された電圧および電流から比抵抗を求めた。なお、比抵抗測定は電気泳動試験前の各供試体について行った。

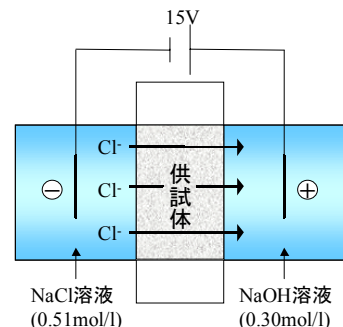


図-1 電気泳動試験装置

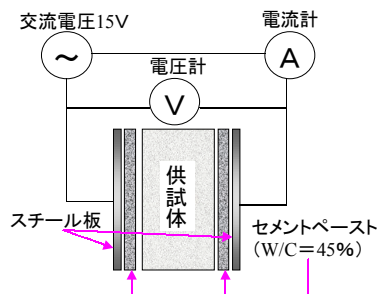


図-2 比抵抗測定

3. 結果と考察

(1) 拡散係数

陽極側の塩化物イオン濃度変化から算出した拡散係数を値が小さい順に表-2 に示す。普通コンクリート

キーワード：フライアッシュ 塩化物イオン 比抵抗 クーロン 拡散係数

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

では養生日数の増加による影響は小さいものの W/C の増加は拡散係数の増加と密接に関連している。FA 混和コンクリートでは養生日数や FA 混和量が増加すると、拡散係数は著しく減少している。91 日養生の場合、W/C が最も小さい

表-2 拡散係数(×10⁻⁸cm²/s)

14日		28日		91日	
45FB	6.0	55F100	4.3	55F100	2.1
55F100	6.4	60F100	5.4	60F100	2.4
60F75	7.0	65F100	6.2	65F100	2.8
65F100	7.3	45FB	6.4	60F75	2.9
60F100	7.8	55F50	6.5	55F75	3.1
55F50	8.0	60F75	6.7	65F75	3.5
55F75	8.1	55F75	7.3	55F50	3.9
60F50	8.5	65F75	7.9	60F50	4.0
60FB	8.9	60F50	8.2	65F50	5.5
65F75	9.3	65F50	10.2	45FB	6.5
65F50	9.3	60FB	10.4	55FB	9.7
55FB	9.5	55FB	10.5	60FB	9.9
65FB	11.1	65FB	12.6	65FB	11.7

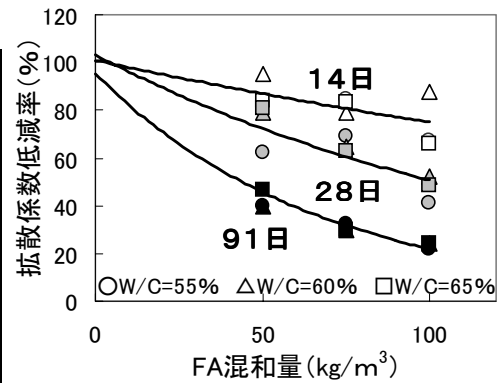


図-3 拡散係数低減率と FA 混和量の関係

45FB であっても、FA を混和することで最も W/C が大きい 65F50～65F100 よりも拡散係数は大きい。次に、FA 混和コンクリートの拡散係数を無混和コンクリートの値で除した値を低減率とし図-3に示す¹⁾。同一の FA 混和量において W/C の変化が拡散係数の低減率に与える影響は小さかった。一方、FA 混和量の増加が拡散係数の低減率に与える影響は顕著であり、養生日数の増加でさらに低減率は小さくなった。

(2) 塩分浸透抵抗性ランキング

養生 91 日における供試体の塩分浸透抵抗性のランクを拡散係数、クーロンおよび比抵抗から判断し、表-3に示す。上位 1～3 は全指標で同じであり FA 混和量が 100kg/m³ でかつ W/C が低いほど上位である。しかし、下位 11～13 は FA 無混和の普通コンクリートであるが明らかにランクが異なっており、クーロンおよび比抵抗においては W/C が適切に評価されていない。これはクーロンや比抵抗は、結合材や骨材の種類、セメントペーストと骨材の含有割合(体積比)にも影響を受けるためと思われる。

表-3 養生 91 日の塩分浸透抵抗性ランキング

塩分浸透抵抗性ランク	拡散係数(×10 ⁻⁸ cm ² /s)	クーロン(A・s)	比抵抗(Ω・cm)
1	55F100 2.1	55F100 711	55F100 21747
2	60F100 2.4	60F100 759	60F100 21476
3	65F100 2.8	65F100 827	65F100 19236
4	60F75 2.9	55F75 1079	55F75 16487
5	55F75 3.1	60F75 1083	65F75 16210
6	65F75 3.5	65F75 1142	60F75 15421
7	55F50 3.9	60F50 1221	60F50 13344
8	60F50 4.0	55F50 1354	55F50 12966
9	65F50 5.5	65F50 1667	65F50 11405
10	45FB 6.5	45FB 2673	45FB 5756
11	55FB 9.7	60FB 3345	65FB 5189
12	60FB 9.9	65FB 3783	60FB 4844
13	65FB 11.7	55FB 3808	55FB 4751

(3) クーロンと比抵抗の関係

養生 91 日の供試体におけるクーロンと比抵抗の関係を図-4に示す。また両者の関係を式(1)より求め、実線で示した。

$$\rho = \frac{\Delta E}{C} \times \frac{A}{L} \times \Delta t \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

ρ : 比抵抗 (Ω・cm)、ΔE : 電位差 (V)、C : クーロン (A・s)
A : 断面積 (cm²)、L : 供試体の長さ (cm)、Δt : 経過時間 (s)

クーロンは比抵抗と密接に関連しており塩化物イオンの電気泳動とは無関係であった。

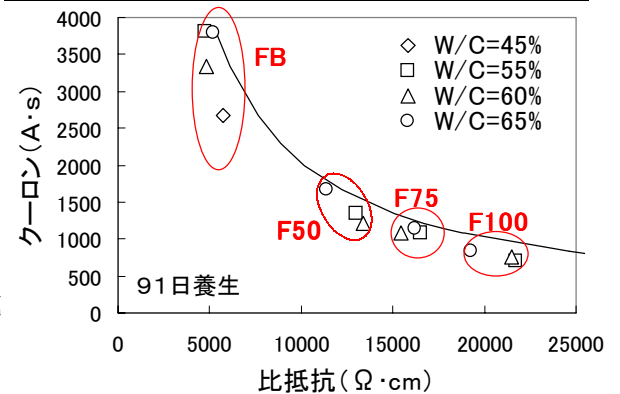


図-4 クーロンと比抵抗の関係

4. まとめ

細骨材の一部をフライアッシュで代替使用した FA 混和コンクリートの拡散係数は、W/C が 65% の場合でも W/C が 45% の普通コンクリートよりも小さい。塩分浸透抵抗性ランクでは、各指標によるランクは概ね同一であるが、クーロンおよび比抵抗では W/C が適切に評価されない場合もあった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、琉球大学大城 武教授（現沖縄職業能力開発大学校長）にご教授頂きここに感謝致します。

参考文献 1) Sorn Vira 他：フライアッシュコンクリート中への塩化物イオン浸透性状に関する研究
コンクリート工学年次論文集（2002）に投稿中