

フライアッシュを外割混入したモルタル及びコンクリートの塩分浸透抵抗性に関する検討

○九州大学大学院 学生会員 相馬良太
九州大学大学院 正会員 濱田秀則

九州大学大学院 フェロー 松下博通
九州大学大学院 学生会員 川端雄一郎

1. はじめに

フライアッシュを外割混入することで、コンクリートの塩分浸透抵抗性が増大するが、その要因および効果については十分明らかにされていない。そこで、本研究ではフライアッシュの品質、単位水量、使用セメントがフライアッシュを外割で混入したモルタルおよびコンクリートの塩分浸透性状に与える影響についての知見を得ることを目的とし、フライアッシュを外割で混入したモルタル及びコンクリートを作製し検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究で用いた使用材料を表-1、表-2に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(OPC)と高炉セメント B 種(BB)を使用した。フライアッシュは品質の異なる3種類を使用した。フライアッシュ A, CはJISのIV種灰に相当するもので、フライアッシュ BはII種灰に相当する。モルタルの配合を表-3に、コンクリートの配合を表-4に示す。モルタルの配合は水セメント比を50%とし、単位水量は、フライアッシュ無混和供試体でフロー値190となる単位水量 270kg/m^3 で一定とした。フライアッシュは細骨材に対してフライアッシュ Aで10, 15%, BおよびCで10%容積置換した。また、コンクリートの配合は水セメント比50, 60%とし、スランプ $8\pm 1\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 0.5\%$ を目標として求めた。混和剤はAE減水剤およびAE剤(フライアッシュ無混入)、フライアッシュ用AE剤(フライアッシュ混入)を使用した。フライアッシュは、細骨材に対してフライアッシュ Bを10, 20%容積置換した。

2.2 供試体

供試体は細孔径分布測定用に $40\times 40\times 160\text{mm}$ 角柱供試体、塩水浸漬試験用に $100\times 100\times 100\text{mm}$ 角柱供試体を使用した。供試体は所定の材齢まで水中養生を行った。

2.3 試験方法

(1) 細孔径分布：材齢7, 28, 91日において水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

(2) 塩水浸漬試験：材齢35日にNaCl濃度10%、温度 20°C の塩水に供試体を浸漬した。打設時の2側面を浸透面とし、それ以外をエポキシ樹脂によりシールした。試験開始後2, 4, 8, 13, 26週に供試体を割裂し、0.1N硝酸銀溶液を噴霧して白色部を塩分浸透部とし、その深さ20点の平均を塩分浸透深さとした。

(3) 全塩化物イオン量：塩分浸透深さを測定した供試体を10mmの厚さにカットし、JIS A 1154に準じて電位差滴定法により全塩化物イオン量を測定した。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
	密度 3.16g/cm^3
細骨材	高炉セメント, 密度 3.02g/cm^3
	海砂, 表乾密度 2.55g/cm^3 , 吸水率1.92%

表-2 フライアッシュの品質

フライアッシュ	プレーン比表面積(cm^2/g)	密度(g/cm^3)	Ig.loss (%)	SiO ₂ (%)
A	2100	2.27	1.0	55.7
B	3860	2.24	1.6	60.4
C	2080	2.20	1.8	58.1

表-3 モルタルの配合

記号	セメント	W/C	置換率 (%)	単位量(kg/m^3)			
				W	C	FA	S
N	OPC	50	0	270	540	—	1426
N-A10			10			127	1283
N-A15			15			190	1212
N-B10			10			125	1283
N-C10			10			123	1283
BB	BB	50	0	270	540	—	1406
BB-A10			10			125	1265
BB-A15			15			188	1195

表-4 コンクリートの配合

記号	W/C	置換率 (%)	単位量(kg/m^3)					AE減水剤(g/m^3)	AE剤(C+FA)×%
			W	C	FA	S	G		
50-0	50	0	165	330	—	691	1200	1031	0.002
50-B10		10	167	334	55	564	1263	1216	0.060
50-B20		20	177	354	113	516	1182	1461	0.120
60-0	60	0	160	267	—	680	1285	833	0.004
60-B10		10	160	267	65	669	1200	1037	0.060
60-B20		20	172	287	124	565	1188	1284	0.120

キーワード：フライアッシュ, 塩分浸透抵抗性, 細孔容積, 拡散係数

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎6丁目10-1 TEL:092-642-3271

3. 試験結果および考察

3.1 塩化物イオン浸透深さ(モルタル)

図-1 にフライアッシュを混入したモルタルの塩化物イオン浸透深さの経時変化を示す。図より、同じフライアッシュであれば、フライアッシュ置換率が增大すると伴に塩分浸透抵抗性が增大していることが分かる。また、フライアッシュの品質の違いによる影響はほとんど見られなかった。また、高炉セメントを使用した場合には、普通セメントを使用したものと比較して塩分浸透抵抗性が增大している。高炉セメントの場合はフライアッシュ混入による影響は少なかった。

3.2 細孔容積と拡散係数の関係

図-2 に試験開始時の 50nm~2μm の細孔容積と拡散係数の関係を示す。ここで、拡散係数は電位差滴定法から得られた全塩化物イオン濃度を最小二乗法によりフィッティングして算出した値である。図より、両者の間には細孔容積が小さい、即ち組織が緻密であるほど拡散係数は小さくなるという関係が得られた。このことから、フライアッシュを混入することでポズラン反応によってモルタル中の組織が緻密化し、塩化物イオンの浸透を阻害することで塩分浸透抵抗性が增大すると考えられる。

高炉セメントを使用した場合も同様の傾向が見られた。普通セメントを使用したものに比べさらに細孔容積が小さくなっているが、これはフライアッシュと高炉スラグ微粉末の併用効果によるものと考えられる。

3.3 塩化物イオン浸透深さ(コンクリート)

図-3 にフライアッシュを外割で混入したコンクリートの塩化物イオン浸透深さを示す。水セメント比 50, 60%いずれにおいてもフライアッシュを混入することで塩分浸透深さは減少しており、モルタルと同様の傾向が見られた。ここで、表-4 からフライアッシュを 20%混入すると単位水量が増加していることが分かる。一般的に単位水量が大きくなると塩分浸透抵抗性は低下するが、20%混入した場合が最も塩化物イオンの浸透を抑制している。これは、単位水量による影響よりフライアッシュを混入することによる緻密化の影響が卓越したためと考えられる。

4. まとめ

- (1)フライアッシュを外割混入したモルタルはフライアッシュ置換率の増加と共に塩分浸透抵抗性は増大する。フライアッシュの品質による大きな差は見られなかった。さらに、高炉セメントにフライアッシュを外割混入することで高い塩分浸透抵抗性を発揮した。
- (2)フライアッシュを外割混入したコンクリートは、粉体量が増加するため単位水量は増加するが、フライアッシュ混入による組織の緻密化等によって十分な塩分浸透抵抗性を有する。

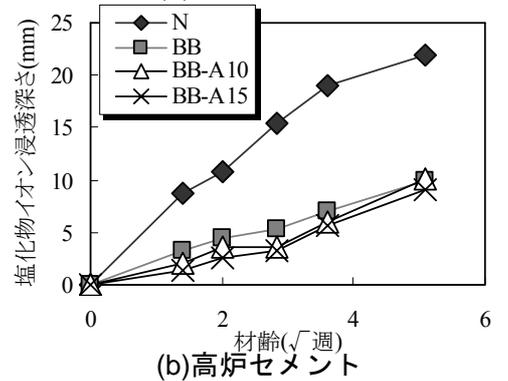
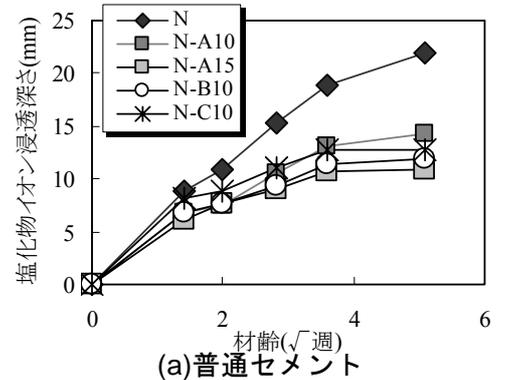


図-1 塩化物イオン浸透深さ(モルタル)

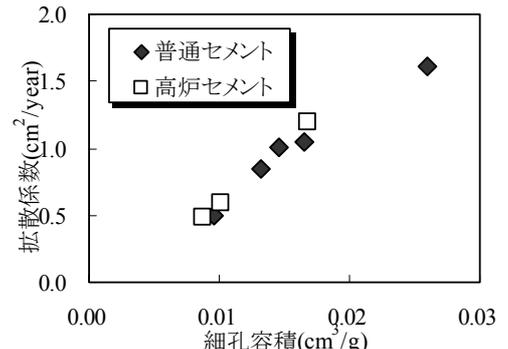


図-2 50nm~2μm の細孔容積と拡散係数の関係

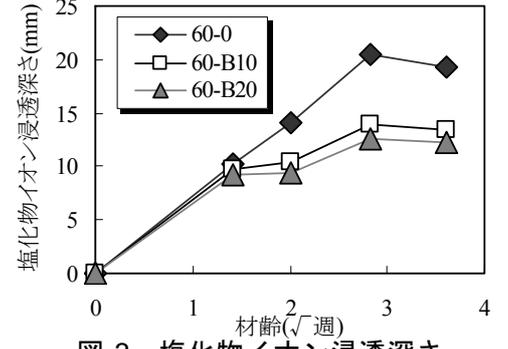
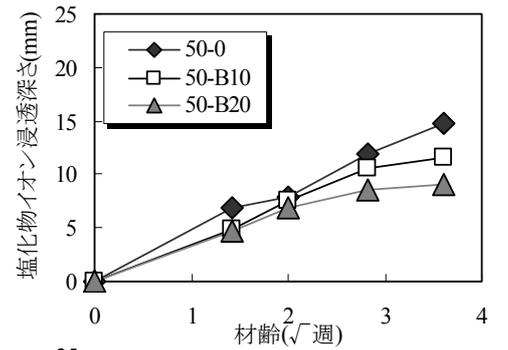


図-3 塩化物イオン浸透深さ(コンクリート)