

フライアッシュを外割で混入したモルタルの塩分浸透抵抗性に関する検討

九州大学工学部 学生会員 田中 瞳

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

九州大学大学院 学生会員 相馬良太

1. 背景・目的

フライアッシュの有効利用法として、フライアッシュを細骨材代替として混和したコンクリートが提案されている。本研究では、フライアッシュを外割で混入したモルタルを用い、フライアッシュの品質及びモルタルの細孔容積と塩分浸透抵抗性について検討した。

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に示す。フライアッシュは品質の異なるA, B, Cの3種類とし、これらはいずれもJISのフライアッシュIV種相当品として出荷されたものである。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、その単位水量を全ての配合に用いた。フライアッシュ置換率は、フライアッシュAで10%, 15% (細骨材に対する体積比), BおよびCで10%とした。

2.2 実験概要

2.2.1 供試体

供試体は強度・細孔径分布測定用に $4\times 4\times 16\text{cm}$ 角柱供試体、塩水浸漬試験用に $10\times 10\times 10\text{cm}$ 角柱供試体を使用した。

2.2.2 試験方法

(1)強度試験：材齢7日, 28日, 91日にそれぞれJIS R 5201に準拠し曲げ強度及び圧縮強度を求めた。

(2)細孔径分布：強度試験と同材齢において水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

(3)塩水浸漬試験：水中養生28日後にNaCl濃度10%, 温度 20°C の塩水内に供試体を浸漬する浸漬試験を行った。なお、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。試験開始より2, 4, 8, 13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。

(4)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。

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度

図-1に圧縮強度試験の結果を示す。図より初期の材齢であっても無混和のものと同等もしくはそれ以上の強度が得られていることが確認できる。外割ではセメント量が変化しないため初期強度の改善効果が見られたと考えられる。さらに、長期材齢ではフライアッシュのポゾラン反応により、無混和供試体に比べ、よ

表-1 使用材料

材料	種類
セメント	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm^3
フライアッシュ	A 表面積 $2100\text{cm}^2/\text{g}$, 密度 2.27g/cm^3 強熱減量1.0%, SiO_2 含有量44.6%
	B 表面積 $3860\text{cm}^2/\text{g}$, 密度 2.24g/cm^3 強熱減量1.6%, SiO_2 含有量47.5%
	C 表面積 $2080\text{cm}^2/\text{g}$, 密度 2.2g/cm^3 強熱減量1.8%, SiO_2 含有量49.7%
細骨材	海砂, 表乾密度 2.55g/cm^3 吸水率1.92%

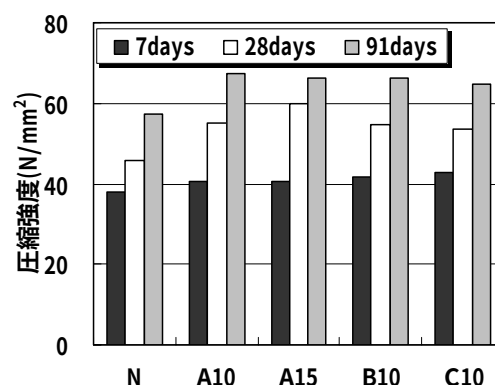


図-1 圧縮強度測定結果

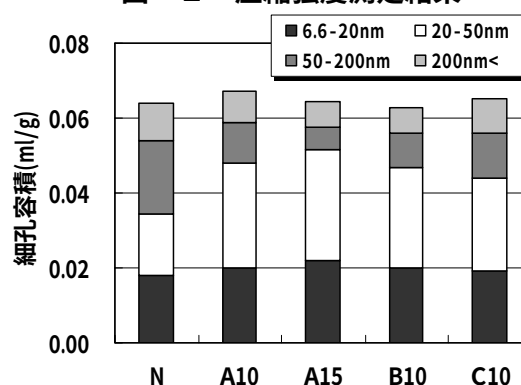


図-2 細孔容積測定結果

り強度の増進が見られた。

3. 2 細孔容積

図-2に材齢28日での細孔容積の測定結果を示す。図より、無混和のものに比べ総細孔容積は大きな差は見られないが、置換率の増大に伴い微細な空隙の割合が多くなっている。これは、細骨材として使用した海砂はその約9割を50nm以上の空隙が占める。そのため、フライアッシュを外割置換することで50nm以上の空隙が小さくなったと考えられる。

3. 3 細孔容積と曲げ・圧縮強度の関係

図-3に強度に支配的と言われている50nm～2μmの範囲の細孔容積の対数と曲げ強度の関係を、図-4に圧縮強度との関係を示す。図より、曲げ・圧縮共に細孔容積が大きくなると強度は低下し、直線関係が得られた。しかし、7日と初期材齢では直線関係が得られなかった。これは、フライアッシュの外割混入ではセメント量に変化せず、フライアッシュのポゾラン反応は材齢28日前後から発現するため、強度と細孔容積に大きな差が見られないことが原因と考えられる。

3. 4 塩分浸透深さ

図-5に置換率と塩分浸透深さの関係を示す。図より、置換率の増大とともに塩分浸透深さは減少しており、フライアッシュを外割で混入することで塩分浸透抵抗性の増大が見られる。これはフライアッシュのポゾラン反応による組織の緻密化、塩化物イオンの固定化などが考えられる。また、今回の実験では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。

3. 5 細孔容積と拡散係数の関係

図-6に塩水浸漬試験開始時の50nm～2μmの細孔容積と見かけの拡散係数の関係を示す。ここで、見かけの拡散係数は浸漬試験期間8週における全塩化物イオン濃度測定結果から算出した。図より、組織が緻密であるほど見かけの拡散係数も小さい値となっており、両者には良好な相関関係が見られる。このことから、塩化物イオンの浸透性状は50nm～2μmの細孔容積に大きく影響を受けることが確認された。

4. まとめ

- (1) フライアッシュを外割で混入することで初期及び長期強度の改善が見られた。
- (2) 50nm～2μmの細孔容積と曲げ・圧縮強度の間には直線関係が見られた。しかし、材齢7日では直線関係は得られなかったため、今後データの蓄積が必要である。
- (3) 塩化物イオンの浸透性状は50nm～2μmの範囲の細孔容積と良好な相関関係が得られた。

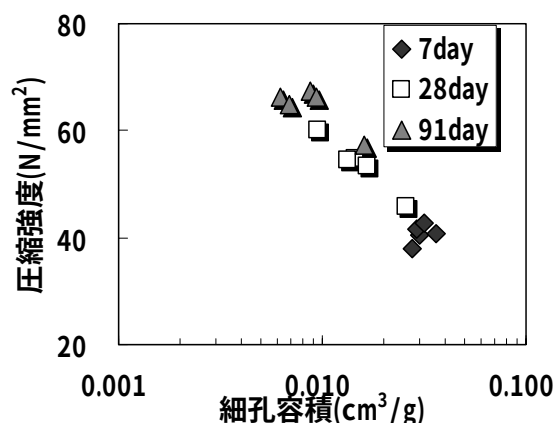


図-3 細孔容積と圧縮強度の関係

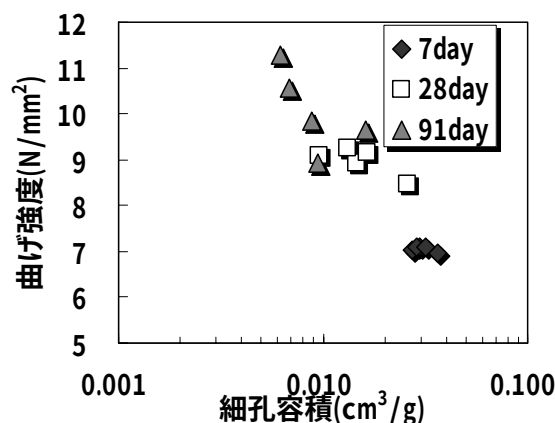


図-4 細孔容積と曲げ強度の関係

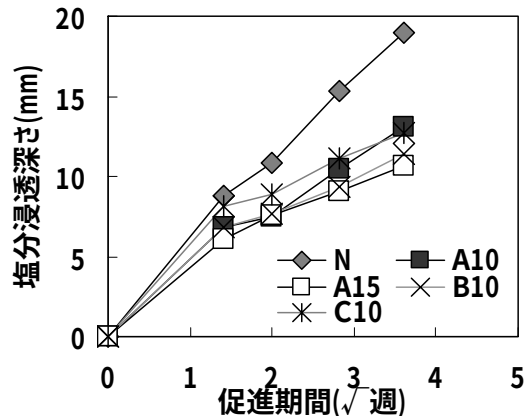


図-5 置換率と塩分浸透深さの関係

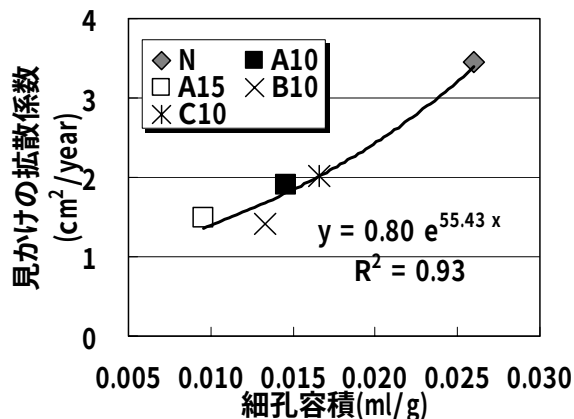


図-6 細孔容積と拡散係数の関係