微粉砕セメントによる初期圧縮強度の改善効果

日本大学大学院理工学研究科　学生会員　○野口尭世
株式会社 E-マテリアル　正会員　入江正明
日本大学理工学部　正会員　梅村靖弘

1.　まえがき

プレキャストコンクリート製品は工場で製造するため，多量廉価かつ一定高品質なコンクリートである。また昨今の成熟社会においては，原材料や混和材料として様々な産業廃棄物を有効にリサイクルするグリーンマネージメントが求められている。しかし，配合上，セメントの一部を混和材料で内割り置換した場合，一般的に混和材料は若材齢時の水和に寄与しないことから，初期強度が減少し製造サイクルが長くなり，プレキャストコンクリートのメリットを活かすことができない。したがって，製造サイクルのうち若材齢時，特に脱型強度を何らかの手法で増加させることができれば，材料費削減および製造サイクルの短縮の両面からコスト縮減が可能となる。

本研究は，プレキャストコンクリートの製造サイクル短縮のための脱型強度(材齢数時間～1 日時)の強度増加材として，微粉砕セメントの利用[1)]を検討したものである。

2.　実験概要

2.1　使用材料

使用した微粉砕セメントは，普通ポルトランドセメントを特殊ジェットミルにより乾式で粉砕したものである。それぞれの特性を表 1 および 2 に示す。

2.2　試験項目および方法

(1)圧縮強度試験：JIS A1108 に準拠し，φ50x100mm のセメントペースト供試体を用い，試験材齢まで温度 20℃，相対湿度 60%一定環境下で封緘養生した。

(2)乾燥収縮試験：JIS A 1129 に準拠し，40x40x160mm の供試体を用いた。打設後，材齢 1 日で脱型，その後は試験材齢まで温度 20℃，相対湿度 60%の雰囲気下で気中養生し，長さ変化率と重量変化率を測定した。

(3)水和発熱速度試験：双子型伝熱微小熱量計により，水セメント比 150%として測定した。

3.　結果および考察

3.1　材料特性

微粉砕セメントは，表 1 および 2 に示されるように粒度および比表面積が異なっても，原料となった普通ポルトランドの化学組成とは同じであった。図 1 に各セメントの粒度分布，図 2 に普通セメントと微粉砕セメントの SEM 写真を示す。

3.2　圧縮強度特性

セメントペーストの圧縮強度試験は，普通セメント(PL)に対して 3 水準の微粉砕セメントを 5～40%内割置

表 1　使用したセメントの比表面積と粒度

種類	記号	比表面積(cm^2/g)	粒径範囲(μm)
普通セメント	PL	3,440	0.01-100
微粉砕セメント	FG5	5,487	0.01-50
	FG7	7,676	0.01-20
	FG10	10,359	0.01-10
(参考)早強セメント	RHPC	4,490	-

表 2　使用したセメントの化学組成

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O
PL	21.11	5.37	2.77	64.70	1.62	1.94	0.28
FG7	20.76	5.26	2.72	63.71	1.60	1.93	0.30
FG10	19.59	4.86	2.46	61.71	1.50	3.37	0.31

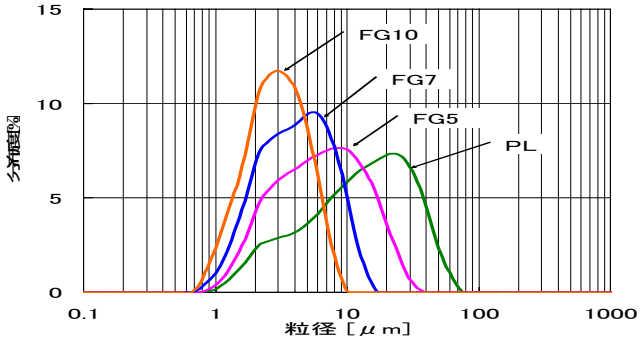

図 1　セメントの粒径分布

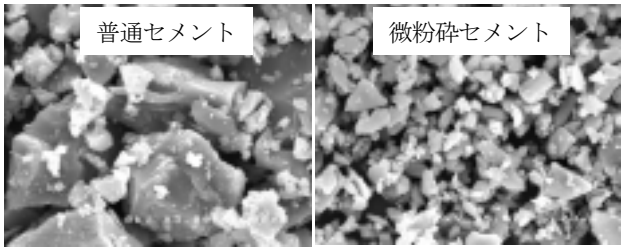

図 2　セメントの SEM 写真(x5,000)

キーワード　プレキャストコンクリート　微粉砕セメント　初期強度　乾燥収縮　水和発熱
連絡先　〒101-8308　東京都千代田区神田駿河台 1-18-14　理工学部土木工学科 TEL/FAX　03-3259-0682

換し，水結合材比 50%一定で行った。これらの試験結果を図 3 に示す。いずれの微粉砕セメントおよび置換率の場合でも普通セメントより強度増加があり，特に材齢 1 日では，FG5 を 5%置換した場合でも 1.7 倍の強度増加があった。しかし，FG10 の場合は，置換率が大きくなるにつれて強度増加率が小さい傾向になった。これは，微粉砕セメントの比表面積が大きいため水和過程におけるセメントからのカルシウムイオン溶出が多く，反応水中のカルシウムイオン濃度が早期に飽和状態になり，普通セメントの水和反応に影響を及ぼしたと推察される。微粉砕セメントの比表面積とその置換率でカルシウムイオン溶出の程度も変化し材齢による強度発現が変わってきたと考えられる。

3.3 乾燥収縮および重量変化特性

乾燥収縮率および重量変化率を図 4 および図 5 に示す。これらの結果より，FG5 はすべての置換率で PL と同等な乾燥収縮率となった。FG7，FG10 は，すべての置換率で PL より増加し，置換率の増加と共に乾燥収縮が大きくなる傾向となった。重量変化率の結果から FG5 の置換率 10%以上では，PL よりも水の逸散が少ないことが認められた。しかし，FG7，FG10 の重量変化率は材齢 7 日まで PL と同程度であったことから，微粉砕セメント粒子の凝集作用による保水効果だけでは説明できず，今後，さらに検証が必要である。

3.4 水和発熱特性

図 6 は FG5，FG7，FG10 の置換率 5%の場合の水和発熱速度である。この図からピーク時間は同じであるが，積算熱量の差が強度発現に寄与したと考えられる。

4. まとめ

以上の実験よりつぎのことが明らかになった。

(1)圧縮強度増加は，微粉砕セメントの比表面積および置換率により変化するが，材齢 1 日強度は微粉砕セメントを使用することで普通セメントの 1.5～1.9 倍の強度増加が得られる。

(2)乾燥収縮特性は，微粉砕セメントの比表面積および置換率により変化し，若材齢時は比表面積が大きいまたは置換率が高いほど収縮が大きい。

(3)材齢 1 日での強度増加材としては，普通セメントより少し比表面積が大きい 5000cm^2/g ブレーン(FG5)で十分に対応できる。

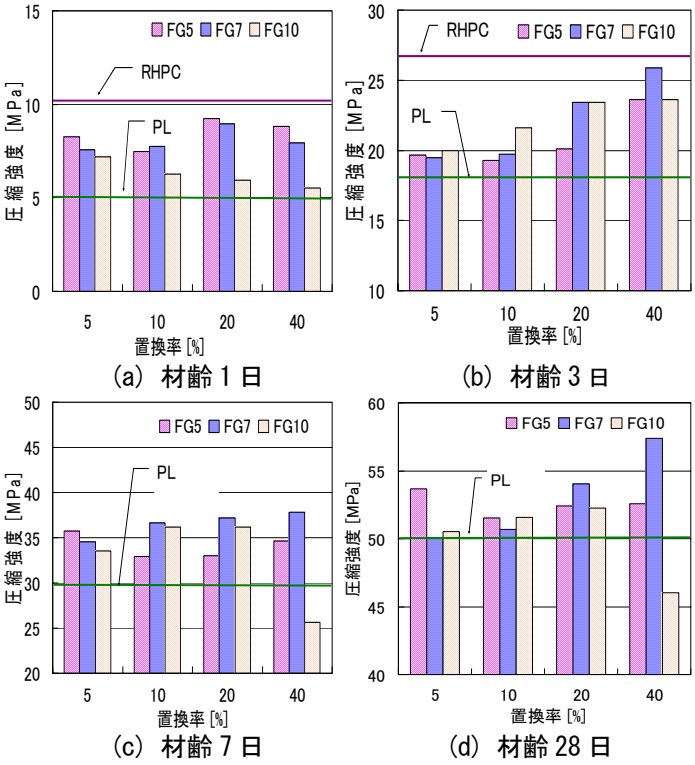

図 3 セメントペーストの圧縮強度

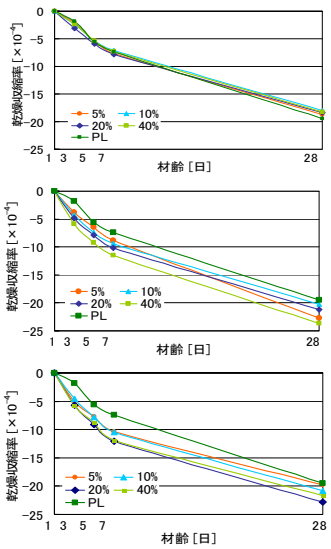

図 4 長さ変化

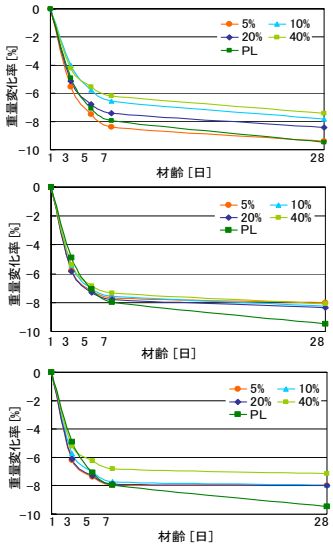

図 5 重量変化

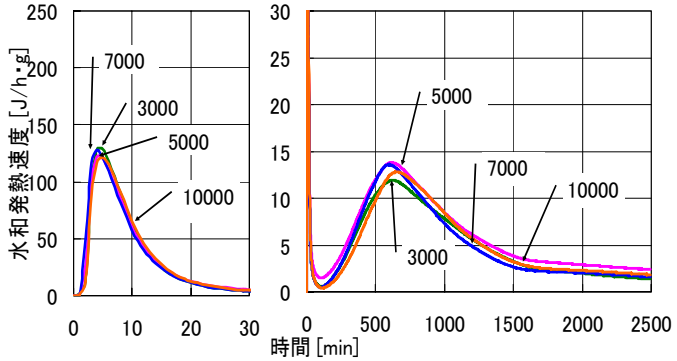

図 6 微粉砕セメント 5%添加の水和発熱速度

【参考文献】1)入江正明ほか：フライアッシュコンクリート製品の強度発現に及ぼす促進養生の影響，第 62 回土木学会年次学術講演会，Vol.62nd No.Disk 2 Page.ROMBUNNO.5-234 (2007.09.01)