

再生骨材モルタルの初期強度に影響を与える 混和材のフィラー効果及びポゾラン反応に関する検討

徳島大学 学生会員 ○永野 哲平 徳島大学 正会員 橋本 親典
徳島大学 正会員 渡辺 健 徳島大学 学生会員 青井 洋規

1. はじめに

従来からシリカフューム（以降、SF と称す）は、セメントペーストと骨材表面に形成される遷移帯に SF の超微粒子が充填される、いわゆるマイクロフィラー効果によって初期強度を増大させる効果があるとされている。著者らの既往の研究¹⁾において、廃品コンクリートポールを原コンクリートとする再生骨材モルタルにフライアッシュ（以降、FA と称す）を外割置換することによって、FA 無混入のモルタルと比較して材齢 7 日程度で強度増進することが明らかになった。著者らは、この強度増進が SF のマイクロフィラー効果と同様、FA の微粒子が遷移帯に充填されたことによるものとした。本研究では、このセメント粒子と同程度の微粒子による物理的強度増進をフィラー効果と定義する。本稿では、再生骨材と FA の有効利用を目的とし、比較検討用に SF と石灰石微粉末を用いることによって、これらの微粒子及び超微粒子が再生骨材モルタルの初期強度発現に与える影響を検討した。

2. 実験概要

2. 1 概要

本研究は 2 シリーズから構成する。シリーズ 1 は再生骨材モルタルに対して、FA、石灰石微粉末及び SF を置換率 10%と 20%でそれぞれ外割置換し、その強度発現性状を検討した。シリーズ 2 では、再生骨材モルタルと普通骨材モルタルのフィラー効果の違いを検討するために、普通骨材モルタルに対して同様に置換率 20%で外割置換し、シリーズ 1 の再生骨材モルタルの同置換率 20%配合と比較検討を行った。

2. 2 使用材料及び配合

再生細骨材（密度 2.32g/cm³、吸水率 10.71%）は廃品コンクリートポールを原コンクリートとする再生骨材 L を使用し、普通細骨材（密度 2.57g/cm³、吸水率 1.57%）といずれも絶乾状態で用いた。セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³、比表面積 3300cm²/g）である。また、表-1 に本研究で使用した FA、SF 及び石灰石微粉末の物理特性を示す。FA は I 種、II 種、IV 種に適合するものと、FA の未燃カーボンを 1%以下に抑えた高品質 FA（以降、CfFA と称す）を用いた。石灰石微粉末は、比表面積が 6540cm²/g（以降、LP と称す）と 3420 cm²/g（試薬特級炭酸カルシウム：以降、CaCO₃ と称す）の 2 種類を用いた。

表-2 に、モルタルの 1 回の練混ぜに必要な材料の重量を配合として示す。W/P（水粉体比）を 50%，（S+微粉末重量）/C を 3.0 で一定とした。置換率を増加するに伴い、水量を増加させることで化学混和剤の過剰投入を防いだ。そのため、置換率によって W/C（水セメント比）が異なる。表中の R は再生骨材、N は普通骨材を示し、その後続く数字は置換率を表す。圧縮強度試験は φ50×100mm の円柱供試体を用い、材齢 3 日、7 日及び 28 日の 3 材齢で試験を実施した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 シリーズ 1

R10%の材齢と強度比率の関係を図-1 に、同様に R20%を図-2 に示す。ここで、強度比率とは、微粉末無混入モルタルの圧縮強度に対する微粉末混入モルタルの強度の割合を表す。なお、R10%では LP は実験に供しなかった。

表-1 微粉末の物理特性

種別	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
FA I 種	2.40	5520
FA II 種	2.29	3890
FA IV 種	2.20	1900
CfFA	2.25	3342
SF	2.32	19100
LP	2.72	6540
CaCO ₃	2.72	3420

表-2 配合

シリーズ	種別	置換率 (%)	W/C (%)	W (g)	C (g)	S (g)	置換微粉末 (g)
1	R10%	10	65	1404	2160	6480	0
						5832	648
1, 2	R20%	20	80	1728	2160	6480	0
						5184	1296
2	N20%	20	80	1728	2160	6480	0
						5184	1296

キーワード 再生骨材、フライアッシュ、フィラー効果、ポゾラン反応

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 TEL 088-656-7321

R10%ではSFを除く全ての置換微粉末で強度比率が100%程度、もしくはそれを下回っている。すなわち、微粉末を置換したことによる強度増進はない。一方で、R20%では全ての置換微粉末に対して強度比率が100%を上回っている。すなわち、無混入モルタルに対して強度が増大した。本研究では、置換率10%では微粉末のフィラー効果は確認できなかった。R20%で特徴的であるのは、材齢3日の初期材齢で最も高い値を示していることである。一般的に、FAのポズラン活性は材齢28日以降の長期材齢に対して考えられる。したがって、この材齢3日程度に対する強度増進がフィラー効果であると考えられる。特に、硬化活性を有さない石灰石微粉末であるLP、CaCO₃は材齢が進むにつれて、強度比率は減少傾向にある。これは遠藤ら²⁾の普通骨材モルタルのフィラー効果と一致する。以上のことから、再生骨材モルタルのフィラー効果は材齢3日までの初期材齢に最も効果を発揮し、その後の強度発現に対する寄与率は小さくなるといえる。

3. 2 シリーズ2

図-3にN20%の材齢と強度比率関係を示す。なお、N20%ではCaCO₃は実験に供しなかった。再生骨材モルタルの同置換率配合であるR20%と同様、N20%でも材齢3日に最も高い効果が発揮されるフィラー効果の傾向が確認できる。

一方で、FAに関しては材齢28日の強度比率に対して再生骨材と普通骨材による違いが確認された。N20%では硬化活性のないLP同様、材齢28日は減少傾向にあるものの、R20%では4種類のFAの全てで材齢28日にかけて再び強度比率が増加した。これは、再生骨材に付着する旧セメントガラに含まれる水酸化カルシウムの影響を受けて、FAのポズラン反応発生時期に違いをもたらしたと考えられる。

図-4に同一材齢時のN20%とR20%の強度比率の相関を示す。45度の直線は両配合の強度比率が一致することを意味する。SFを除く微粉末5種類は、R20%の方が強度比率が大きく、フィラー効果が高いことが明らかになった。SFのマイクロフィラー効果は、R20%では材齢3日の強度比率が180%程度であるのに対して、N20%では300%を上回る。SFのマイクロフィラー効果は、普通骨材モルタルの方が高い効果を示した。

4. まとめ

- (1) SFの超微粒子混和材を除く石灰石微粉末やFA等の微粒子混和材の再生骨材モルタルに対するフィラー効果は、普通骨材モルタルより大きい。ただし、このフィラー効果は混和材の置換率に依存する。
- (2) 再生骨材モルタルに対するFAのポズラン反応発生時期は普通骨材モルタルよりも早期になる。

参考文献

- 1) 橋本親典, 青井洋視, 渡辺健, 石丸啓輔: (論文) フライアッシュモルタルの早期強度発現に影響を及ぼす再生骨材に関する実験的検討, 第40回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp.15-20, 2013.11
- 2) 遠藤崇司, 山本泰彦: モルタルの強度発現に及ぼす鉱物質微粉末の影響に関する研究(V-163), 土木学会第58回年次学術講演会第V部門, pp.325-326, 2003.10

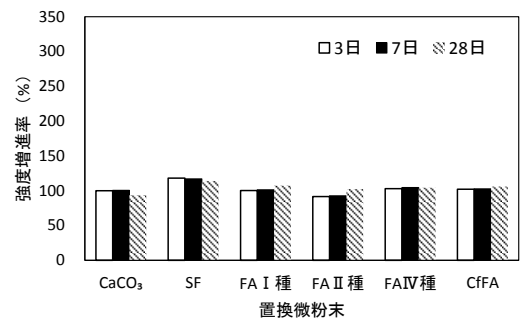


図-1 R10%の材齢と強度比率関係

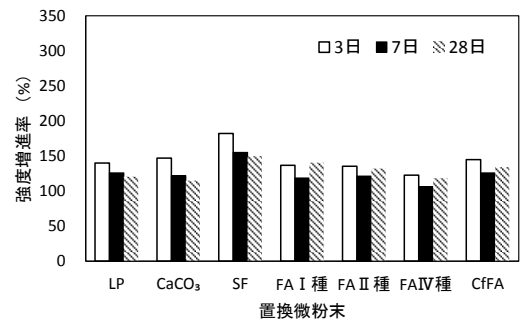


図-2 R20%の材齢と強度比率関係

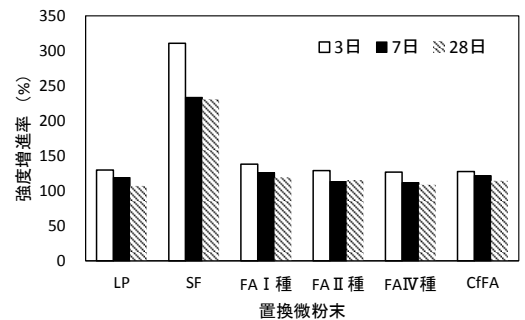


図-3 N20%の材齢と強度比率関係

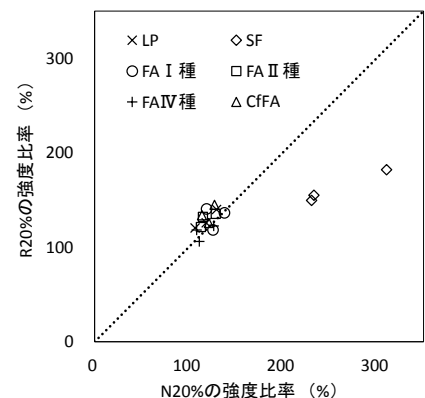


図-4 N20%とR20%の強度比率の相関