

微粉碎フライアッシュを混和した低水結合材比モルタルの諸特性

宇都宮大学 正会員 ○丸岡 正知
宇都宮大学 正会員 藤原 浩巳

1. まえがき

高強度・高耐久なコンクリート硬化体を製造するために、ポゾラン質微粉末のシリカフュームを混和する手法が常用される。しかし、現時点ではコンクリート用混和材料としてのシリカフュームはほぼ輸入品である。このため、製造国・原料・製造方法等の違いにより品質にばらつきがあることが課題となっている。昨今の国際情勢から入手困難な状況になりかねないことも問題となっているため、国内で入手可能な代替品を見いだすことが必要と考える。

国内で容易に入手できるポゾラン材料としては石炭火力発電所で副産され電気集塵装置で回収されるフライアッシュが挙げられる。すでにコンクリート用フライアッシュとして JIS 規格化されているが、副産されるフライアッシュのほとんどが廃棄物扱いとなり、処理費を負担しセメント工場に委託しセメント原料として利用するため有価物扱いではない。フライアッシュは分級により高品質なⅠ種品になるが、このままでは従来のシリカフュームの性能には到底及ばない。そこで、フライアッシュをシングルミクロン程度まで微粉碎することで、シリカフュームの代替ポゾラン材料となる可能性について、モルタルレベルで検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究における使用材料を表-1に示す。微粉碎フライアッシュ(FFA)は、JISⅡ種品をビーズ

ミルによる乾式粉碎・分級処理により粒径を調整し、50%累積体積通過径 D_{50} が1.5および3.0 μm となる2種類を試製した。写真-1および写真-2にFFA30およびFFA15のSEM写真をそれぞれ示す。写真より、FFA30では球形粒子が残っているものの、FFA15では破碎されたいびつな

形状の粒子のみ含んでいる。よってFFA15ではボールベアリング効果によるフレッシュ性状改善は期待できないが、小径粒子によるマイクロフィラー効果による単位水量低減効果や強度発現性の向上が期待できる。これらを実験的に検討・確認するため、水結合材比20%の条件で、OPCに対してSFを10%体積置換したモルタルを基準とし、同水結合材比でOPCに対するFFA質量置換率を0~30%の範囲で変化させ、フレッシュ性状および硬化性状について調べた。

表-1 使用材料

材料名・物性	記号	密度 (g/cm ³)
普通ポルトランドセメント (ブレン比表面積: 3350cm ² /g)	OPC	3.16
シリカフューム (BET比表面積: 21.7 m ² /g)	SF	2.25
微粉碎フライアッシュ D_{50} =3.0 μm (BET比表面積: 2.56 m ² /g)	FFA30	2.53
微粉碎フライアッシュ D_{50} =1.5 μm (BET比表面積: 5.33 m ² /g)	FFA15	2.56
細骨材: 珪砂4号	S	2.62
練混ぜ水: 宇都宮市上水道水	W	1.00
高性能減水剤: ポリカルボン酸エーテル系	SP	1.08
消泡剤: 主成分 ポリオキシアルキレンアルキルエーテル脂肪酸エステル	DF	1.00

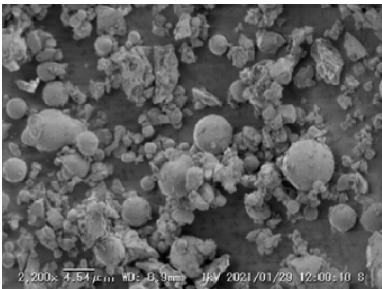


写真-1 SEM写真 FFA30

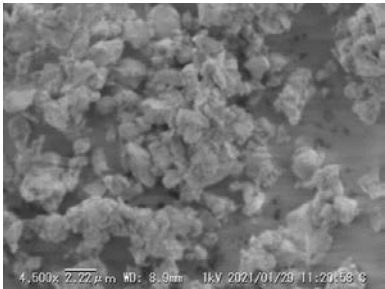


写真-2 SEM写真 FFA15

キーワード フライアッシュ シリカフューム 高強度 高耐久 微粉碎

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2

国立大学法人 宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 TEL. 028-689-6211

2.2 配合条件

表-2 にモルタルの粉体構成を示す。モルタルの配合は、水結合材比を 20%、砂結合材体積比を 1.0 とし、基準とした SF10 配合のモルタル 0 打フロー250 ±15mm、空気量 2%以下の条件を満たすように SP 添加率、消泡剤添加率を定め、全配合で統一した。

2.3 試験項目 本研究では、0 打フロー(JIS R 5201 のモルタルフロ

表-2 モルタルの粉体構成、フレッシュ性状および圧縮強度試験結果

配合名	粉体構成(質量比, %)				フレッシュ性状				圧縮強度(N/mm ²)		
	OPC	SF	FFA 15	FFA 30	0 打フロー(mm)	200mm 到達時間(sec)	空気量(%)	温度(°C)	3 日	7 日	28 日
SF10	90	10			235	5.3	0.6	24	100	115	133
FFA1510	90		10		403	1.5	1.3	24	107	133	163
FFA1520	80		20		390	0.9	0.1	22	103	131	166
FFA1530	70		30		358	0.8	0.5	24	89	118	165
FFA3010	90			10	380	1.8	0.1	22	105	122	132
FFA3020	80			20	355	2.2	0.1	21	97	115	146
FFA3030	70			30	383	1.8	1.2	21	85	112	151

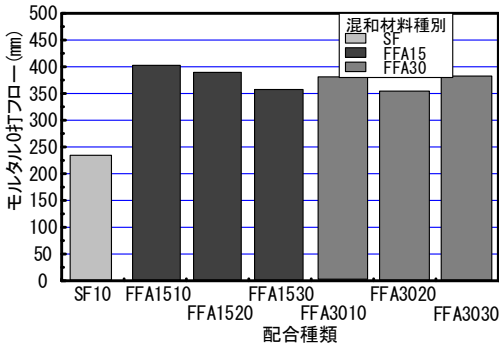


図-1 混和剤種類・置換率と 0 打フローの関係

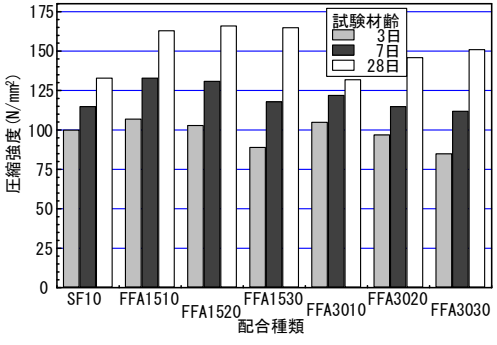


図-2 混和剤種類・置換率と圧縮強度の関係

一測定時に打撃を与えない状態の試料の広がり測定)、200mm フロー時間(0 打フロー測定時にフローコーン引き上げ開始から試料の広がり概ね 200mm に達した時点までの時間を目視測定)、空気量(JIS A 1116 を参考に、内径 50mm、高さ 100mm の容器を用い簡易的に測定)、練上がり温度(アルコール棒温度計を利用)、圧縮強度(JSCE-G505 に準拠、標準養生、材齢 3、7、28 日)を測定した。

2.4 試験結果 図-1 に混和材種類・置換率と 0 打フロー値の関係を示す。SF10 配合と同一の SP 添加率であるため、セメントの一部を FFA で置換することにより、モルタルの流動性は大幅に向上することを示している。なお、FFA15 使用配合では置換率の増加に伴い小径粒子が増加するためモルタルとしては粘度がやや増加するため、0 打フローが若干小さくなった。また、図-2 に混和材種類・置換率と圧縮強度の関係について示す。いずれの FFA であっても、材齢 3 日では置換率の増加に伴い圧縮強度は減少した。また、SF10 配合と比較すると、置換率 10、20%では両 FFA とも同程度の圧縮強度を発現した。材齢 7 日では、FFA30 では置換率が減少しても圧縮強度の減少割合は少なめであった。FFA15 使用配合ではいずれの置換率でも圧縮強度は SF10 配合より大きい。また、材齢 28 については、両 FFA のいずれの置換率であっても SF10 配合よりも圧縮強度は大きく、FFA15 使用の 3 配合ではすべて 160N/mm²を超える圧縮強度を発現し、FFA30 使用配合では置換率 10%で SF10 配合と同程度、FFA30 の置換率増加に伴い漸増した。従って微粉碎フライアッシュをセメント系硬化体の混和材料として利用する場合、若材齢を除き SF 使用配合と同等以上の圧縮強度を発現したことから、本研究で試製した FFA は SF の代替材料として利用できる可能性があることが示唆された。

3. まとめ

シリカフューム代替材料としての微粉碎フライアッシュの可能性について、低水粉体比のモルタルにおいて実験的な検討を行った結果、セメントに対してシリカフュームを置換した配合と比較して流動性は大幅に向上し、圧縮強度も若材齢を除き大幅に向上したことから、本検討で使用した 50%累積体積通過径 D₅₀ が 1.5 および 3.0μm となる微粉碎フライアッシュであれば、シリカフューム代替となる可能性を示すことができた。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP22K04256 の助成を受けたものです。

なお、実験実施においては、宇都宮大学土木材料研究室所属学生の協力をいただいた。付して御礼申し上げる。

参考文献：石川嘉崇・中山一孝：超微粉碎フライアッシュを用いたモルタルの基本的な性質，コンクリート工学年次論文集，Vol. 27, No. 1, pp. 181-186, 2005.

波多野真司，他：石炭灰の微粉碎化によるセメント混和材の開発，土木学会論文集 E Vol. 63, No. 1, pp. 42-51, 2007.