

形状または粒径の異なるフライアッシュ超微粉末を用いた超高強度モルタルのフレッシュ性状

(株)デイ・シイ 正会員 ○築地 優
同上 小堀 智輝
同上 正会員 藤原 了
同上 正会員 二戸 信和

1. はじめに

一般的に、超高強度領域のコンクリートやモルタルのダイラタンシー性状を低減させるため、セメント粒子の間に充填できるサブミクロン領域のシリカフュームを混和し、練混ぜ性能や作業性を改善している。既往の研究 により、ダイラタンシー性状の低減には、円形度などの形状に関わらず、1μm より小さい粒径の粒子を混和することが重要であるとの報告がある。そのため、本研究では、ダイラタンシー性状に粒子形状の影響があると考えられる 50%累積体積通過径(D₅₀)で、2μm 程度に調整した形状の異なるフライアッシュ超微粉末と、粒径の異なるフライアッシュ超微粉末を用いて、モルタルのレオロジー特性などのフレッシュ性状を確認した。

2. 実験概要

(1) 使用材料

本研究で使用した材料を表 1 に、混和材の粒度分布を図 1 に、形状の異なる走査型電子顕微鏡 2 次電子像(SEM 画像)を写真 1 に示す。D₅₀ は、レーザー回折式粒度分布測定器によって測定を行った。セメントは、JIS R 5210 に準拠した普通ポルトランドセメント(ブレン比表面積：3,350cm²/g)とした。各種フライアッシュ超微粉末は、JIS A 6201 に準拠したフライアッシュⅡ種を原料とし、表 1 の備考に示す手法により製造した。

ここで、G-FA2.0、1.5、0.9 は、異なる粒径の評価

のために使用し、G-FA2.0 と S-FA2.0 は、形状の異なる影響の評価のために使用した。写真 1 より G-FA2.0 は凸凹、S-FA2.0 は球状が判断できるため、円形度など定量的な測定は実施しなかった。また、比較として、一般的に用いられる JIS A 6207 に準拠したシリカフューム(BET 比表面積：16.7m²/g)も使用した。

(2) 実験水準および練混ぜ

実験水準は、各種フライアッシュ超微粉末を OPC に対して質量比で 15%内割り置換した 4 水準と、シリカフュームを 10%内割り置換した合計 5 水準とし、水結合材比は 17.5%、結合材:細骨材=1:0.7 とした。練混ぜは、空練 30 秒→注水→モルタル一体化時間+2 分練混ぜ→5 分静置→30 秒練混ぜとし、モルタルミキサを用い、練混ぜ容量 2L とし、回転数 216rpm にて行った。ここで、「モルタル一体化時間」とは、練混ぜ開始から目視により水と結合

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	D ₅₀ (μm)	密度 (g/cm ³)	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	OPC	17.6	3.16	-
混和材	フライアッシュ超微粉末1	S-FA2.0	2.19	2.64	分級
	フライアッシュ超微粉末2	G-FA2.0	2.14	2.56	粉碎
	フライアッシュ超微粉末3	G-FA1.5	1.52	2.59	粉碎
	フライアッシュ超微粉末4	G-FA0.9	0.94	2.63	粉碎+分級
	シリカフューム	SF0.4	0.39	2.25	-
細骨材	安山岩砕砂	S	-	2.62	-
混和剤	高性能減水剤	SP	-	-	-
	消泡剤	DF	-	-	-
混練水	上水道水	W	-	1.00	-

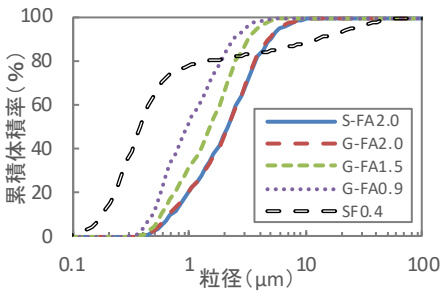


図 1 混和材の粒度分布

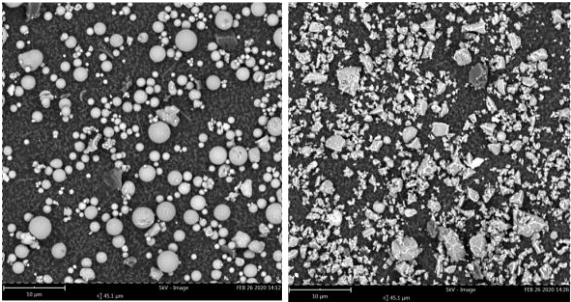


写真 1 SEM 画像(左:S-FA2.0, 右:G-FA2.0)

キーワード フライアッシュ、シリカフューム、ダイラタンシー、高強度モルタル、塑性粘度

連絡先 神奈川県川崎市川崎区浅野町 1-17 (株) デイ・シイ 技術センター TEL 044-333-0618 FAX 044-355-4010

材が一体化し、その後一体化の状態がほとんど変化しないと判断される時間とした。

(3) 実験項目および測定方法

フローの測定は、JASS 5M-701 に準拠し、SP 添加率によって 260±10mm に調整し、200mm 通過時間も測定した。SP の固形分 30%は水量に加えて補正した。空気量は 2.0±1.0%の範囲とし、すべての水準で DF/B=0.03%とした。

ダイラタンシー性状の測定は、長さ 21mm、羽根の直径 25mm の Vane プレートを設置した回転型レオメータを用い、0.6mm 篩を通過した試料を用いた。既往の研究²⁾では、実際のコンクリートの練返しなどの作業員による作業性の定性評価と回転粘度計を用いた作業性の定量評価について比較を行っている。せん断速度 50~100s⁻¹ の塑性粘度と実際のコンクリートの練返しなどの作業員による作業性との間に相関が得られ、コンクリートの作業性の定量評価の可能性を示唆している。本研究においても、せん断ひずみ速度が 50~100s⁻¹ の塑性粘度で評価を行った。

3. 実験結果

実験結果を表 2 に、せん断ひずみ速度とせん断応力の関係を図 2 に示す。200mm 通過時間は、G-FA2.0 の水準が一番遅く、粒径が小さいほど通過時間は早くなった。

粒径が異なる場合、粒径が小さいほど一体化時間が短くなるため、練混ぜ効率改善には、形状よりも粒径の大小の寄与が大きいと推測された。既往の研究¹⁾と同様に、粒径が小さくなるほど、塑性粘度は小さくなり、作業性は粒径が小さくなるほど改善できることが分かった。

粒子形状が異なる場合、200mm 通過時間から、形状が球状である方が流動性は向上できることが分かった。しかし、練混ぜ時のモルタル一体化時間は球状の方が遅くなった。塑性粘度は、粒子の形状が球状に近い S-FA2.0 の方が、レオロジー曲線は SF の水準に近く、塑性粘度も小さいことから、形状の違いによる作業性の改善効果があることが分かった。

ここで、形状が凸凹でも、1μm より小さい微粉末を混和することで、粒子形状に関わらず粉体としての充填性が向上し、せん断速度の増加に伴う粒子同士の引っ掛かりや摩擦による抵抗が小さくなったと考えられる。一方で 2μm 程度の微粉末でも形状が球状に近い場合は、ボールベアリング作用により抵抗が小さくなったと推測される。

4. まとめ

形状や粒径の異なるフライアッシュ超微粉末を用いてモルタルのレオロジー特性などのフレッシュ性状をシリカフュームと比較した結果、以下の知見を得た。

- (1) 粒径が小さくなるほど、ダイラタンシー性状の改善効果が大きく、1μm より小さい粒径の粒子を混和することで SF と同等の特性が得られる。
- (2) 球形の粒子形状の場合、練混ぜ時間は長くなるが、ダイラタンシー性状は改善できた。球形のフライアッシュでは、2μm 程度の大きさで SF と同等の特性が得られる。

【参考文献】

1) 藤原了ほか：超微粉末による高強度コンクリートのダイラタンシー性状の改善に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp.851-856，2021

2) 藤原了ほか：フライアッシュ超微粉末を用いた高強度コンクリートの流動性および収縮特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.1181-1186，2019

表 2 実験結果

配合No.	AD/B (%)	SP/B (%)	フロー (mm)	200mm通過時間(s)	塑性粘度 (Pa・s)	一体化時間 (s)
S-FA2.0	15	1.76	255	4.6	14.5	260
G-FA2.0	15	1.70	253	6.1	26.7	210
G-FA1.5	15	1.70	264	4.7	21.7	120
G-FA0.9	15	1.50	254	4.4	11.9	90
SF	10	2.30	265	4.7	13.7	80

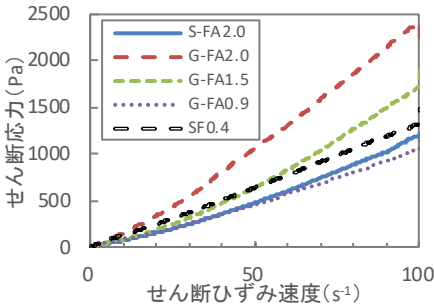


図 2 せん断ひずみ速度とせん断応力