

粉体の違いがフレッシュモルタルのレオロジー特性に及ぼす影響に関する一考察

BASF ジャパン
東京大学生産技術研究所

正会員
フェロー会員

○大野 誠彦
岸 利治

1. はじめに

フレッシュコンクリートの流動特性は材料、配合や温度条件などの様々な要因が複雑に作用することで変化する。通常、コンクリートの製造では化学混和剤が使用されており、特に高強度領域ではポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤 (SP) が不可欠である。この SP もフレッシュコンクリートの流動特性に大きな影響を及ぼす。フレッシュコンクリートにおける SP の流動性向上効果は、主にスランptest試験やスランptestフロー試験によって評価される。また、レオロジー的な性質の一つであり、一般的に「粘性」と呼ばれる性質はスランptestフローの 50cm 到達時間や停止時間、各種漏斗の流下時間などで評価されることが多い。施工実務上では熟練の技術者や打設現場の作業員がハンドリングした際の「感覚的な粘性」の大小も重要である。第一著者らは、状態改良型 SP を用いたフレッシュモルタルのレオロジーパラメータの測定から、塑性粘度と「感覚的な粘性」の間にはある程度の相関が認められることを報告している¹⁾が、「感覚的な粘性」をレオロジー的な観点からどのように定量化できるかは未だ明らかになっていない課題である。本研究は、レオロジーパラメータである塑性粘度と降伏値に対する理解を深めることを目的に、2 種類の異なる粉体を用いたフレッシュモルタルを対象として、SP 使用量がレオロジー特性に与える影響について検討したものである。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。粉体に普通ポルトランドセメント (OPC) あるいはこれと同程度の比表面積を持つ石灰石微粉末 (LSP) を使用し、混和剤には市販の高性能 AE 減水剤を用いた。表-2 にモルタルの配合を示す。配合はいずれの粉体を用いた場合でも $V_w/V_p=1.17$, $V_s/V_p=1.47$ とした。レオロジーパラメータの取得は、ブルックフィールド型回転粘度計を用い、上りパスのローター回転数を 5, 10, 15, 20, 25, 30 および下りパスのローター回転数を 25, 20, 15, 10, 5rpm とし、各ステップの測定時間を 120 秒とプログラムし、ローター回転数と粘度計指示値を 1 秒間隔で接続したパソコンに記録した。図-1 に粘度計および装置の外観を示す。

結果の処理に際しては粘度計指示値が安定している上りパスの 20rpm までのデータを採用し、10 秒刻みで回転数から見掛けのせん断速度、粘度計指示値から見掛けのせん断応力を算出した。これらの値を用いてビンガム流体として近似し、塑性粘度 η_B と降伏値 p_y を算出した。

3. 結果および考察

3. 1. OPC 配合

図-2 に OPC 配合での PCA 使用量とモルタルフローの関係を示す。モルタルフローは PCA 使用量の増加に伴って増大した。

図-3 に PCA 使用量と塑性粘度 η_B 、図-4 に PCA 使用量と降伏値 p_y の関係を示す。データ取得時間 10 秒近傍は粘度測定の応答の遅れなどを包含しており指示値が安定していないため処理

表-1 使用材料

水 (W)		上水道水
粉体 (P)	OPC	普通ポルトランドセメント (密度: 3.16g/cm ³ , 比表面積: 3300cm ² /g)
	LSP	石灰石微粉末 (密度: 2.70g/cm ³ , 比表面積: 3000cm ² /g)
細骨材 (S)	NS	大井川水系陸砂 (表乾密度: 2.58g/cm ³ , 吸水率: 2.15%, 実積率: 68.1%, F.M.: 2.68)
高性能AE減水剤 (SP)	PCA	主成分: ポリカルボン酸エーテル系化合物

表-2 モルタルの配合

配合記号	V_w/V_p	V_s/V_p	W/P (%)	S/P	単位量 (kg/m ³)			
					W	OPC	LSP	NS
OPC	1.17	1.47	27.0	1.20	249	924	-	1109
LSP	1.17	1.47	31.6	1.40	249	-	789	1109

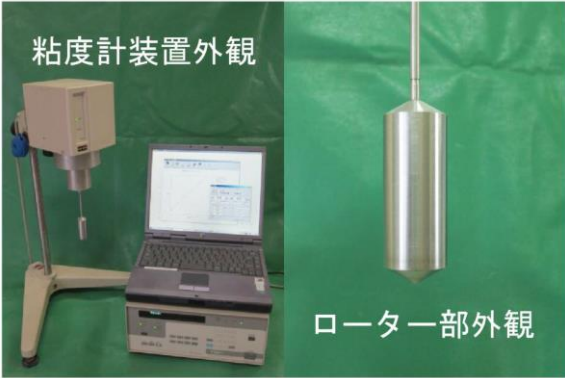


図-1 粘度計およびローターの外観

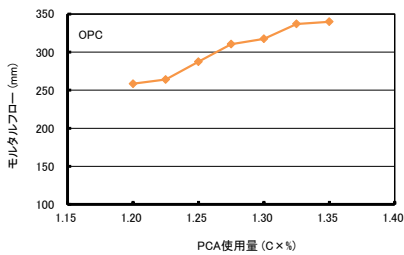


図-2 PCA 使用量とモルタルフローの関係

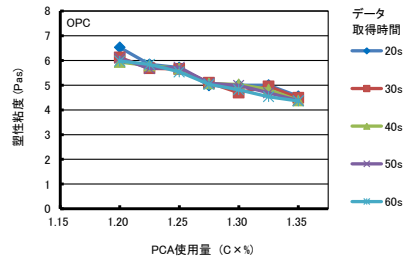
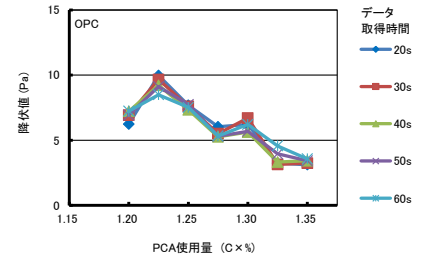
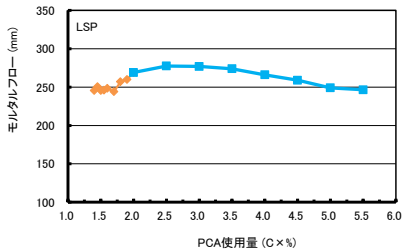
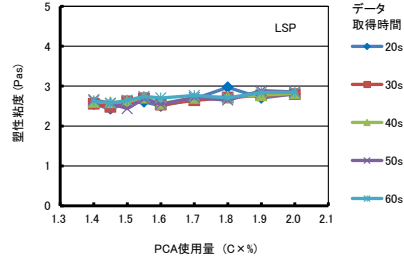
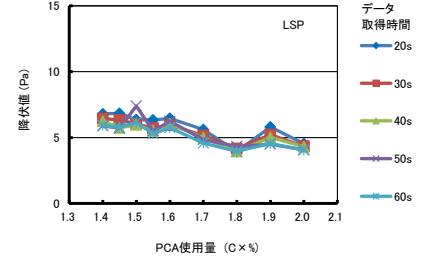
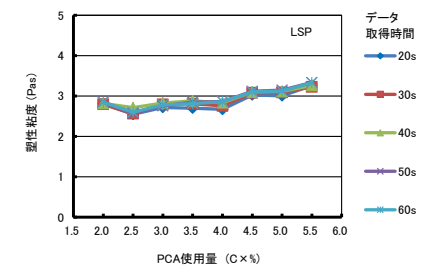
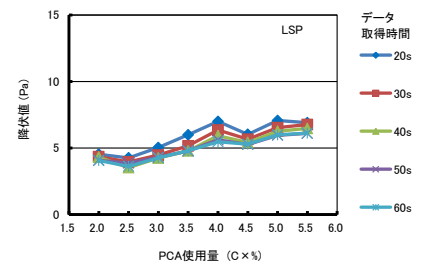
図-3 PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係図-4 PCA 使用量と降伏値 p_y の関係

図-5 PCA 使用量とモルタルフローの関係

図-6 PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係図-7 PCA 使用量と降伏値 p_y の関係

から除き、データ取得時間 70 秒以降は指示値が安定しており、取得時間 60 秒の結果と同様であったことから図には 60 秒までの結果を示した。塑性粘度 η_B 、降伏値 p_y は PCA 使用量の増加に伴って概ね一様に低下していることが分かる。

図-8 PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係図-9 PCA 使用量と降伏値 p_y の関係

3. 2. LSP 配合

図-5 に PCA 使用量とモルタルフローの関係を示す。モルタルフローは PCA 使用量が C×2.5%までは PCA 使用量の増加に伴って増大し、PCA 使用量が C×2.5%以上になるとモルタルフローは減少に転じた。この現象は坂井ら²⁾も指摘しているように PCA の余剰ポリマー同士やポリマーと粉体との相互作用によって流動性が低下したものと推察される。図-6 に LSP 配合での PCA 使用量 C×2.0%までの PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係を、図-7 に PCA 使用量と降伏値 p_y の関係を示す。塑性粘度 η_B はモルタルフローが増加しているのにも拘らず、ごく僅かに上昇している。この傾向は図-3 に示した OPC の塑性粘度 η_B の低下傾向とは顕著に異なるものである。図-8 に PCA 使用量 C×2.0%以上の PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係を、また、図-9 に PCA 使用量と降伏値 p_y の関係を示す。塑性粘度 η_B は、図-6 に示した PCA 使用量 C×2.0%までの範囲での上昇傾向と同様に、PCA 使用量が増加するのに伴って大よそ一貫して上昇している。

高性能 AE 減水剤量の増加に伴うモルタルの塑性粘度の変化に関して、OPC と LSP で全く異なる傾向を示す理由については現時点で明らかではないが、両者の傾向の相違は SP の作用機構とレオロジーパラメータに対する理解を深める上で極めて興味深いものと思われる。

4. まとめ

- (1) 降伏値 p_y はいずれの配合でもモルタルフローが大きいかほど小さくなった。
- (2) 塑性粘度 η_B は OPC 配合では PCA 使用量増加に伴って低下したが、LSP 配合では PCA 使用量増加に伴って上昇し、PCA 使用量と塑性粘度 η_B の関係が粉体によって異なることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 大野誠彦, 大島正記, 杉山知巳: 回転粘度計を用いた高強度コンクリートのハンドリングの簡易評価方法に関する一考察, 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, Vol.62, V-0538, pp.1075-1076, 2007
- 2) 坂井悦郎, 山田貴之, 新大軌, 大門正機: シリカフェームを混和した超高強度セメントの流動特性, Cement Science and Concrete Technology, No.60, pp.32-38, 2006