

## FA-GGBS 併用系ジオポリマーの粘性の経時変化特性

大分工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○竹宮 齋季  
大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫

### 1. はじめに

フライアッシュ (以下, FA) と高炉スラグ微粉末 (GGBS) を活性フィラーに用いる FA-GGBS 併用系ジオポリマー (以下, GP) は, 低炭素, 産業副産物の全量使用, 耐酸性や耐高温性などの点でポルトランドセメント (以下, OPC) よりも優れており, 次世代型バインダーとして世界各国で開発が進められている。

他方, 水ガラスを主材料とするアルカリ溶液を用いるために, 粘度が高く作業性に劣ることや, 活性フィラーに占める GGBS の割合 (以下, BS 置換率) が増えるほど可使用時間が短くなるなど, 施工性改善が大きな課題のひとつである。

本研究では, GP の配合と回転粘度計で測定される粘度との関係から, GP のフレッシュ性状に関する基礎的特性を調べた。

### 2. 実験概要

チクソトロピーは, 流体がせん断応力を受けると粘度が下がり, また静止すると粘度が次第に上昇する性質である (図 1)。ペンキでは同特性により塗布後のだれを抑制できる。一方, GP ペーストにおけるチクソトロピー性は可使用時間の短縮につながる可能性もある。GP ペーストとペンキの流動特性は類似点があることから, GP ペーストのチクソトロピー性を評価した。

粘性評価には, B 型回転粘度計 (使用ローターは図 2(a) の右端のもの) ならびに同装置専用の T バーと T バーステージを用いた。T バーステージでは試料を垂直移動することで, T 形スピンドル (T バー) が螺旋状の軌跡を描きながら, 常に試料の新しい部分と接触し, 滑りやチクソトロピックな破壊を伴うことなく測定を行う。

表 1 に評価対象流体を示す。

### 3. 実験結果

#### 3.1 ローターと T バーの測定結果の比較

図 3 に標準液のローターと T バーの粘度の経時変化を示す。チクソトロピー性を有しない同液では, ローターと T バーの測定値が同等になることの確認を目的に行った。測定の結果, 両者はほぼ同値であることから, ローターと T バーを併用することでチクソトロピー性の有無ならびにその特徴を評価できることがわかる。

#### 3.2 GP 溶液

GP 溶液の場合の標準液と同様な傾向を有している (ローターが 22mPas, T バーが 28mPa)。この結果より, 後述するペーストやモルタルのチクソトロピー性は, 粉体や骨材などの固体が存在することで生じる現象であ

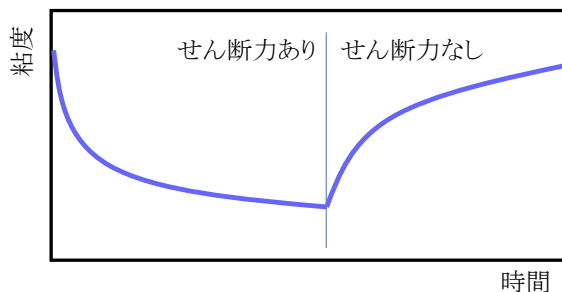


図 1 チクソトロピー性のイメージ



図 2 粘度の経時変化の測定装置

表 1 評価対象流体

名称	配合ならびに諸特性
標準液	JS2000 (20°Cにおける粘度 1.8Pa・s)
GP 溶液	水ガラス, 苛性ソーダ, 水の混合物 (A/W=0.125, Si/A=0.7, いずれもモル比) ・水ガラス: 旧 JIS 1 号 (日本化学工業 J 珪酸ソーダ 1 号) ・苛性ソーダ (試薬, ペレット)
GP ペースト	活性フィラー中の GGBS 置換率 0, 10, 15, 20% (BS0, BS10, BS15, BS20 と表記)
GP モルタル	BS0, BS10, BS15, BS20
OPC ペースト	W/C=50% (材料分離抑制のため増粘剤を添加)
OPC モルタル	JIS A 5201: セメントの強さ試験用配合と材料 (W/C=50%, 標準砂)

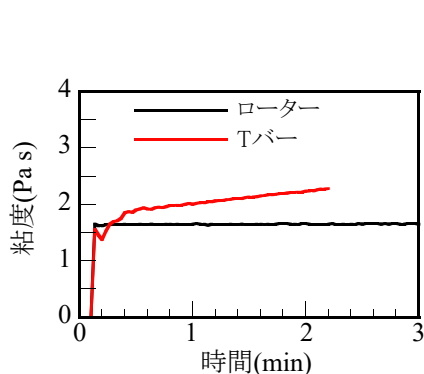


図3 ローターとTバーの測定結果の比較 (標準液)

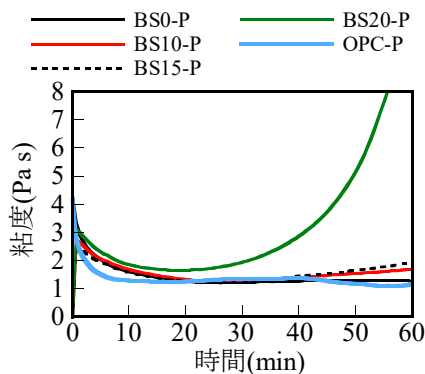


図4 ペーストの粘度

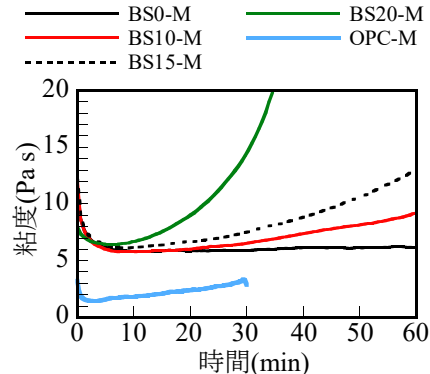


図5 モルタルの粘度

ることが明らかとなった。

### 3.3 GP ペーストならびに GP モルタル

図4, 図5にペーストとモルタルの粘度の経時変化を示す。ペーストの場合は BS20-P を除く4配合はほぼ同じ変化を示しており、測定開始時の粘度 (3~4Pa s) が徐々に低下し、およそ10分後には1.5Pa s程度で一定値に収束する。他方、BS20-Pの粘度は、25分頃から徐々に上昇し、40分で初期値以上となっている。粘度の時間経過による上昇は GGBS からの Ca の溶出が主な原因と推察される。モルタルの場合は BS10 や BS20 も粘度の上昇が認められ、ペーストのわずかの粘度変化が骨材間のインタラクションに影響を及ぼした結果といえる。

### 3.4 間欠測定ならびに Tバー測定の結果

練混ぜ後の時間経過に伴う流動特性を把握する目的で20, 40分後にローターの回転を5分間止め、再始動させた場合の粘性を調べた(図6)。その結果、図1のような粘度の上昇は認められなかった。また、図7のTバーによる測定結果から、GP ペーストにおいても回転粘度計の最大粘度とTバーによる安定値は一致することを確認した。

## 4. まとめ

GP ペーストならびに GP モルタルはチクソトロピー性を有すること、BS 置換率が高くなるほど粘性も高くなり、BS 置換率15%以上で粘性の上昇が著しいことが明らかとなった。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 22H00230 の助成を受けたものです。

**参考文献** 1) 赤嶺糸織, 伊波咲子, 山田義智, 細川佳史: 凝集や水和によるセメントペーストの粘度変化に関する基礎的研究, Cement Science and Concrete Technology, Vol.66, 2012, pp.653-660, 2012

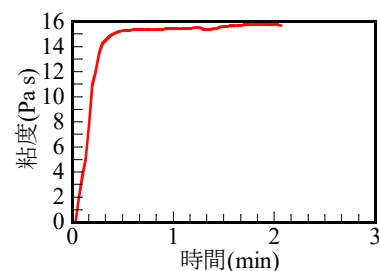
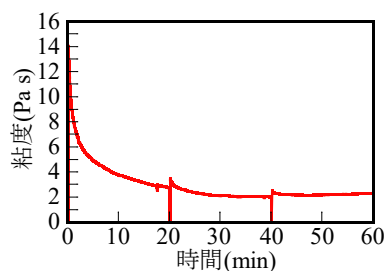
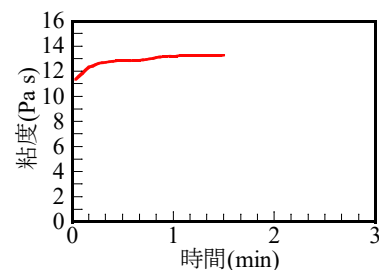
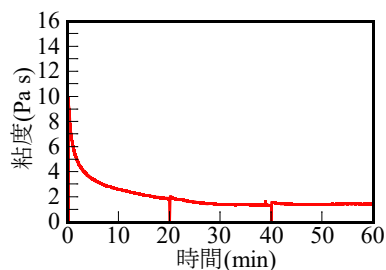
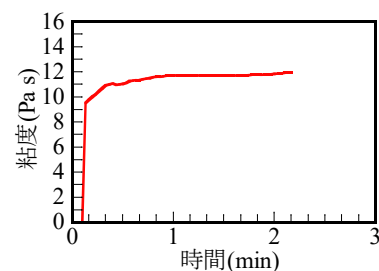
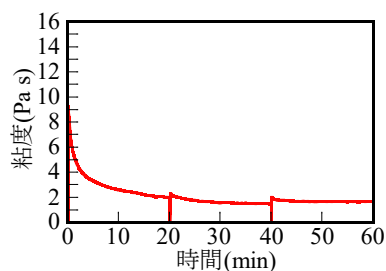
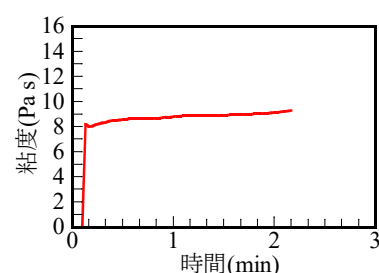
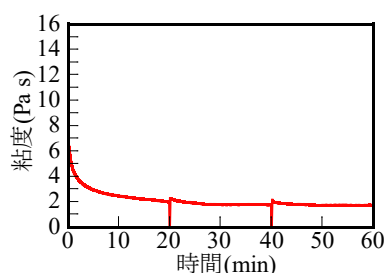


図6 間欠測定の結果 (上から BS0, 10, 15, 20)

図7 Tバー測定の結果 (上から BS0, 10, 15, 20)