

高チクソトロピー性を有する PC グラウト材への高炉スラグ微粉末の適用の可能性

(株)デイ・シイ 正会員 ○藤原 了
 同上 加藤 教弘
 同上 正会員 二戸 信和
 ドーピー建設工業(株) 伊藤 拓

1. はじめに

現在 PC 構造物に用いられている PC グラウト材は、粘性により高粘性、低粘性、超低粘性の 3 種類に分類されている。本研究では、これらのレオロジー特性とは異なり、非ニュートン特性の一種であるチクソトロピー性を有する PC グラウト材へ粒径の異なる各種高炉スラグ微粉末の適用の可能性について検討した。ここで、本研究の「チクソトロピー性」とは、せん断速度の増加とともに塑性粘度が低下する現象と定義する。チクソトロピー性を有する PC グラウト材は、ポンプ注入圧により粘性が低下し圧力を除荷すると粘性が増加する特性であり、注入先端では圧力が作用しないことから先流れ現象による残留空隙の発生リスクが減少し、ポンプ圧送中には圧送圧力が高粘性材料ほど上昇しない。これにより、延長距離の長いグラウトの一括注入も期待できる材料である。

2. 実験概要

(1) 使用材料

使用材料を表 1 に示す。高チクソトロピー性を有する PC グラウト材は市販品を用いた。混和材の粒度は、レーザー回折式粒度分布測定器によって測定し、50%累積体積通過径(D₅₀)で、3.8, 1.8, 1.0 および 0.5 μ m の 4 種類の高炉スラグ超微粉末と超微粉末材の比較としてシリカフェームを使用した。

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	ブレーン (BET) 比表面積 (cm ² /g)	D ₅₀ (μ m)	密度 (g/cm ³)
グラウト材	高チクソトロピー性グラウト	G	-	-	2.99
セメント	普通ポルトランドセメント	OPC	3,260	17.6	3.16
混和材	高炉スラグ超微粉末1	BF3.8	10,860	3.8	2.91
	高炉スラグ超微粉末2	BF1.8	21,600	1.8	
	高炉スラグ超微粉末3	BF1.0	-	1.0	
	高炉スラグ超微粉末4	BF0.5	-	0.5	
	シリカフェーム	SF0.4	(19.7)	0.4	2.25
混和剤	高性能減水剤	SP	-	-	-
混練水	上水道水	W	-	-	1.00

(2) 実験水準および練混ぜ

実験水準は、各種混和材を OPC に対して質量比で 10, 30%内割り置換した 10 水準と、PC グラウト材 1 種類の合計 11 水準とし、水結合材比は 35.0%とした。練混ぜは、空練 10 秒→注水→3 分とし、回転数 160rpm のモルタルミキサにて行い、練混ぜ量は 1L とした。

(3) 実験項目および測定方法

各種混和材を用いた水準のフローの測定は JASS 5M-701 に準拠し、SP 添加率によって 270 \pm 20mm に調整した。PC グラウト材のフローの測定は JASS 15M-103 に準拠し、メーカーの推奨値を参考に 75mm 以下を目標とした。各種混和材を用いた水準は、粒径の異なる各種混和材の分散性を比較する目的で、SP 添加率の差を大きくするためにフロー値の目標を大きく設定した。なお、予備実験により水結合材比が同等であれば、SP 添加率の違いにより、せん断応力は異なるが、塑性粘度は同等であることを確認している。

チクソトロピー性の測定は、回転型レオメータを用い、PC グラウト材のせん断速度 100s⁻¹ の塑性粘度より小さい値となった場合、高いチクソトロピー性が付与され、高チクソトロピー性を有する PC グラウトに適用の可能性があると評価した。測定には、長さ 21mm、羽根の直径 25mm の Vane プレートを使用した。

キーワード 高炉スラグ微粉末、チクソトロピー性、PC グラウト、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

3. 実験結果

実験結果を表 2 に、各種混和材を置換した水準の回転型レオメータ測定結果とチクソトロピー性の大きさの目安を図 1 に示す。SF0.4-30 のみ SP 添加率を推奨上限まで添加してもフロー値を目標範囲内とすることができなかった。高炉スラグ微粉末は、粒径が小さくなるほど、また置換率が大きくなるほど同一フローとするための SP 添加率は低減できることが分かり、BF1.8-30 の水準の SP 添加率が一番少なかった。

チクソトロピー性は、BF3.8 を用いた水準を除いて付与できることが分かり、置換率が高くなるほどその程度は大きくなることが分かった。

表 2 実験結果

配合No.	AD/B (%)	SP/B (%)	フロー (mm)	塑性粘度 (Pa·s)	チクソトロピー性の大きさ
BF3.8-10	10	1.40	254	35	無
BF3.8-30	30	1.05	283	45	無
BF1.8-10	10	1.00	257	10	小
BF1.8-30	30	0.55	260	2.1	大
BF1.0-10	10	0.90	255	8.3	小
BF1.0-30	30	0.60	257	2.1	大
BF0.5-10	10	1.05	277	6.8	小
BF0.5-30	30	0.80	265	2.3	大
SF0.4-10	10	2.10	274	7.0	小
SF0.4-30	30	5.00	206	8.5	大
G	-	-	73	3.1	大

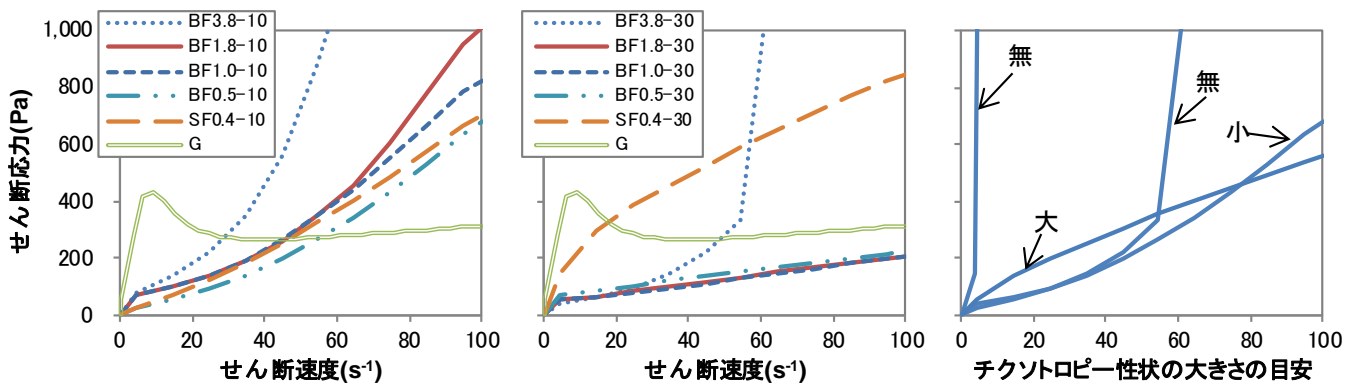


図 1 各種混和材を置換した水準の回転型レオメータ測定結果とチクソトロピー性状の大きさの目安

置換率 10%におけるせん断速度 100s^{-1} の塑性粘度は、高炉スラグ超微粉末の D_{50} が小さくなるほど低減されるが、PC グラウト材より大きくなり、高チクソトロピー性を有する PC グラウトの適用の可能性は確認できなかった。つぎに、置換率 30%では、BF1.8, BF1.0, BF0.5 の水準が PC グラウト材より小さい塑性粘度となり、高チクソトロピー性を有する PC グラウトの適用の可能性が確認された。これは、 $1\mu\text{m}$ 程度の微粉末を混和することで、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。また、高炉スラグ微粉末を製造する際の粉砕動力を考慮すると、BF1.8-30 の水準が最適であると考えられた。シリカフェームを用いた水準のチクソトロピー性は確認されたが、塑性粘度は PC グラウト材より大きくなることが分かった。

本研究では、混和材の粒径に着目して高チクソトロピー性を有する PC グラウト材への適用の可能性の確認を実施したが、実際の PC グラウト材には分離抵抗性である加圧ブリーディングなどが求められるため、その他の要求性能を含め各種混和材を総合的に評価することが今後の課題である。

4. まとめ

D_{50} が 3.8, 1.8, 1.0 および $0.5\mu\text{m}$ の 4 種類の高炉スラグ微粉末、またはシリカフェームによる高チクソトロピー性を有する PC グラウト材への適用の可能性について市販の PC グラウト材と比較した結果、以下の知見を得た。

- (1) 同一フローとするための SP 添加率はシリカフェームより高炉スラグ微粉末の方が低減できる。また、高炉スラグ微粉末の粒径が小さくなるほど、その置換率が大きくなるほど SP 添加率は低減でき、BF1.8-30 の水準の SP 添加率が一番少ない。
- (2) 置換率 30%の BF1.8, BF1.0, BF0.5 の高チクソトロピー性を有する PC グラウトへの適用の可能性が確認できた。また、高炉スラグ超微粉末を製造する際の粉砕動力を考慮すると、BF1.8-30 の水準が最適である。