

高チキソトロピー性を有する PC グラウト材への高炉スラグ超微粉末の適用

(株)デイ・シイ	正会員	○帖佐	智行
同上		富山	悟
同上	正会員	藤原	了
同上	正会員	二戸	信和

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。これらの他に、非ニュートン流体の一種であるチキソトロピー性を有する PC グラウト材(高チキソ型)も開発¹⁾されている。高チキソ型のグラウト材は、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。これらの特性により、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。一般的に、チキソトロピー性を得るために粘土鉱物の一種であるベントナイトや超微粉末材料であるシリカフュームを用いている。これまでに筆者らは、高チキソ型グラウトへ粒径の異なる各種高炉スラグ超微粉末の適用の可能性について検討し、その結果、0.5~2 μm 程度の高炉スラグ超微粉末を 30%置換することで、シリカフュームと同様に高いチキソトロピー性が得られることを報告²⁾している。本研究では、市販されている高チキソ型グラウト材の混和材の一部に高炉スラグ超微粉末を混和した場合のフレッシュ性状と分離抵抗性を確認した。

2. 実験概要

(1) 使用材料

使用した PC グラウト材は、チキソトロピー性を付与するためにベントナイトや各種微粉末材料により構成されている市販品である「高チキソ型 A」を基準として使用した。「高チキソ型 SF」は、高チキソ型 A のチキソトロピー性を付与する材料からシリカフュームに変更し、セメントの 10%内割置換した。「高チキソ型 BF10」は、50%累積体積通過径(D_{50})で 1.8 μm の高炉スラグ超微粉末を 10%置換し、「高チキソ型 BF20」は、1.8 μm の高炉スラグ超微粉末を 20%置換した。練混ぜ水は上水道水とし、フローの調整のため粉末タイプのポリカルボン酸系の高性能減水剤(SP)を使用した。

(2) 実験水準および練混ぜ

実験水準は、使用材料に示した高チキソ型グラウトを使用した 4 水準とし、水粉体比は 35.0%とした。練混ぜは、回転数 1,300rpm のハンドミキサにて行い、3 分間練混ぜを実施した。

(3) 実験項目および測定方法

フローの測定は、JASS 15M-103 に準拠し、先流れが発生しないとされているフロー値 70~90mm となるように、SP 添加量により調整した。

チキソトロピー性の測定は、回転型レオメータを用い、長さ 21mm、羽根の直径 25mm の Vane プレートを使用した。定性的な評価ではあるが、高チキソ型 A と比較して、せん断ひずみ速度の増加に伴うせん断応力の関係が同程度の曲線を示した場合、高チキソ型 A と同様なチキソトロピー性が付与され、高チキ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して評価した。

実際の PC グラウト材は、グラウトポンプにより加圧注入されるため、加圧ブリーディングが発生しないことが求められる。土木学会のコンクリート標準示方書(JSCE-F534, JSCE-F535)に規定されている分離抵抗性試験は大掛かりな試験である。そのため、加圧時のブリーディングを室内レベルで簡易的に評価するために、遠心分離により

キーワード 高炉スラグ微粉末, チキソトロピー性, PC グラウト, ブリーディング

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

試料の加圧状態を簡易的に模擬することとした。加圧ブリーディング率の測定は、練上がった 60g の試料を遠沈管に入れ、回転数 3,000rpm の遠心分離を 3 分実施し、遠心分離後のブリーディング水量を測定した。そのブリーディング水量を遠沈管に入れた 60g で除してブリーディング率を算出した。測定は、2 本の平均とし、高チキソ型 A のブリーディング率と同等以下となった場合、高チキソ型 PC グラウトと同等の分離抵抗性が得られると評価した。

表 1 実験結果

配合No.	SP/P (%)	フロー (mm)	ブリーディング率(%)
高チキソ型BF20	0.08	85	0.48
高チキソ型BF10	0.07	89	3.43
高チキソ型SF	0.20	86	0.27
高チキソ型A	0.20	71	0.50

3. 実験結果

実験結果を表 1 に、せん断ひずみ速度とせん断応力との関係を図 1 に示す。高炉スラグ超微粉末を用いた水準の目標範囲とするための SP 添加率は、市販品である高チキソ型 A やシリカフュームを用いた水準の半分以下の添加量で調整できることが分かった。

図 1 より、せん断ひずみ速度が $40 \sim 100 \text{ s}^{-1}$ までのせん断応力は、すべての水準で同程度の曲線となった。そのため、高チキソ型 PC グラウト材として必要なチキソトロピー性はすべての水準で満足できると考えられた。ここで、高チキソ型 A のせん断ひずみ速度が $0 \sim 20 \text{ s}^{-1}$ までのせん断応力が大きな値となっている。これは、フロー値が他の水準より 15mm 程度小さいためであり、フロー値が 85mm 程度であればその他の水準と同等の値となると考えられた。

遠心分離によるブリーディング率は、高チキソ型 BF10 の水準を除き、高チキソ型 A よりブリーディング率は小さくなり、高チキソ型 PC グラウトと同等の分離抵抗性が得られることが予測された。 $D_{50}=1.8\mu\text{m}$ の高炉スラグ超微粉末を用いる場合、10%の置換率では充填性が足りず、20%の混和が必要であることが分かった。

以上のことより、 $D_{50}=1.8\mu\text{m}$ の高炉スラグ超微粉末を用いる場合、20%混和することで、市販品よりフロー値を調整するための SP 添加量を低減でき、市販品と同等の高いチキソトロピー性と分離抵抗性の両立が可能であることが考えられた。今後は、実現場で使用される練混ぜ機材を用いた練混ぜ性能やポンプ圧送性、分離抵抗性を総合的に評価することが課題である。

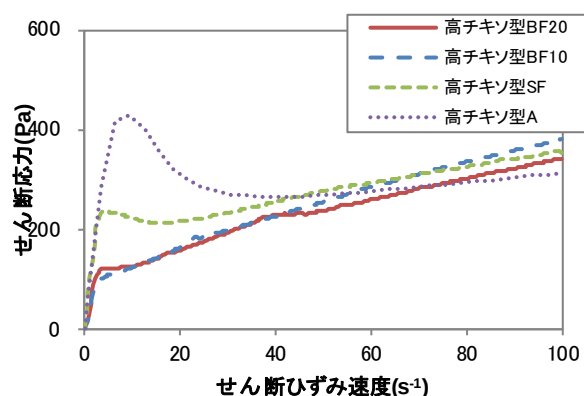


図 1 せん断ひずみ速度とせん断応力

4. まとめ

市販されている PC グラウト材の混和材の一部にシリカフュームや D_{50} が $1.8\mu\text{m}$ の高炉スラグ超微粉末を混和し、市販の PC グラウト材とフレッシュ性状と分離抵抗性を比較した結果、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、市販品やシリカフュームを用いた水準と比べて、高炉スラグ超微粉末を用いた水準は、半分以下の添加量で調整することができる。
- (2) すべての水準において高チキ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。
- (3) 高炉スラグ超微粉末の置換率 10%の場合、ブリーディング率は市販品より多くなるが、20%置換することで市販品と同等の分離抵抗性が得られることが予測された。

【参考文献】

- 1) 藤原浩已ほか：高チクソトロピー性を有するグラウト材の開発，コンクリート工学，Vol.42，No.6，pp.33-40，2004
- 2) 藤原了ほか：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，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，V-396，2022