

## 高炉スラグ微粉末を混入したPCグラウトの流動性および充填性

技術本部 開発技術部  
技術研究所

桐川 潔  
鈴木雅博

## 1. はじめに

PCグラウトはPC鋼材を腐食から守り、コンクリート部材との一体化を図るため極めて重要な役割を果たしている。そのため、PCグラウトが確実に充填される材料や施工システムの開発が必要となっている。特にシース曲げ下がり部においては、グラウトの先流れによる空隙が発生しやすいため、真空ポンプの併用による施工方法なども検討されているが、現状では粘性の高いグラウトを用いて施工するが多い。しかし、粘性が高いグラウトの場合、注入区間が長いと、注入圧力がポンプやホースの許容圧力を超えてしまい、シース内でグラウトが閉塞したりグラウトの漏れが発生することも考えられる。

ブレン値が  $10,000\text{cm}^2/\text{g}$  を超える高炉スラグ微粉末をセメントと置換したグラウトは、ブリーディングを減少させ、先流れを抑制し、流動状態では見掛け粘度が低下する性質を有している。本稿では、この性質を応用すれば、先流れを抑制でき注入圧力の低いグラウト材を開発できると考え、高炉スラグ微粉末を混入したグラウトの流動性、充填性および注入圧力を測定したので報告する。

## 2. 実験概要

## (1) 使用材料

普通ポルトランドセメント(密度  $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ 、ブレン値  $3,290\text{cm}^2/\text{g}$ )、高炉スラグ微粉末(密度  $2.90\text{g}/\text{cm}^3$ 、ブレン値  $12,400\text{cm}^2/\text{g}$ )、ポリカルボン酸系の粉末状高性能減水剤、増粘剤および既往の高粘性型と低粘性型混和剤を使用した。

## (2) 配合

グラウト配合を表-1に示す。粘性特性の違いや高炉スラグ微粉末の置換量が流動性および充填性に与える影響を調べるため、高粘性型グラウト、低粘性型グラウト、スラグ置換型グラウト(置換率 40, 50, 60%)の5種類のグラウトを製造した。

## (3) 練混ぜ方法

グラウトの練混ぜは、回転数  $1,000\text{rpm}$ 、練混ぜ容量  $100\text{l}$  のグラウトミキサーを使用して行った。

## (4) 実験装置および測定項目

本試験に使用した実験装置を図-1に示す。透明な塩化ビニルパイプを用いて、直線部および下り勾配部からなる実験装置を製作し、管底面にはPC鋼線を配置した。この実験装置に連続的にグラウトが注入できるスネーク式グラウトポンプ(約  $13\text{l}/\text{分}$ )でグラウトを注入し、グラウトの先端角度、ポンプの注入圧力およびグラウトの充填状況を測定した。また、グラウトのフレッシュ性状を明らかにするため、JP漏斗流下時間(JSCE-F 531-1999)、フロー値および回転粘度計による粘度を測定した。

## (5) 実験パラメータ

グラウトタイプ、スラグ置換率、傾斜角およびシース径を実験パラメータとした。曲げ下がり部での流動状況および充填状況の違いがより明確となるよう、傾斜角は、PC橋の中で最も曲げ下がり角度が大きいと考えられる斜版橋やフィンバック橋の傾斜角を想定し、 $20^\circ$  および  $30^\circ$  とした。また、シース径は、使用頻度の高い  $12\text{T}12.7$  用シースと、空隙率は同等であるがより先流れの発生しやすい  $12\text{T}15.2$  用シースの2水準とした。

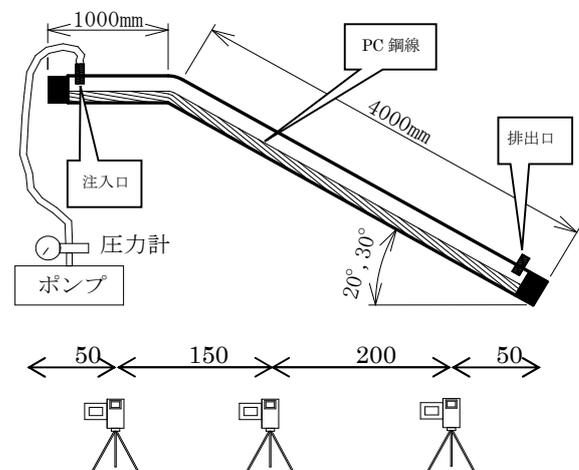


図-1 実験装置概要図

表-1 グラウト配合

試験体 記号	グラウト タイプ	水粉体比 (%)	置換率 (%)	単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )					
				C	BS	W	SP	SF	Ad
B-40	スラグ 置換型	43	40	792	528	567	0.0	26.4	—
B-50		43	50	657	657	565	5.3	19.7	—
B-60		43	60	524	786	563	10.5	13.1	—
HG	高粘性型	42.5	—	1349	—	573	—	—	13.5
LG	低粘性型	44	—	1322	—	582	—	—	13.2

※C:普通ポルトランドセメント, BS:高炉スラグ微粉末, W:水道水, SP:高性能減水剤, SF:増粘剤, Ad:混和剤

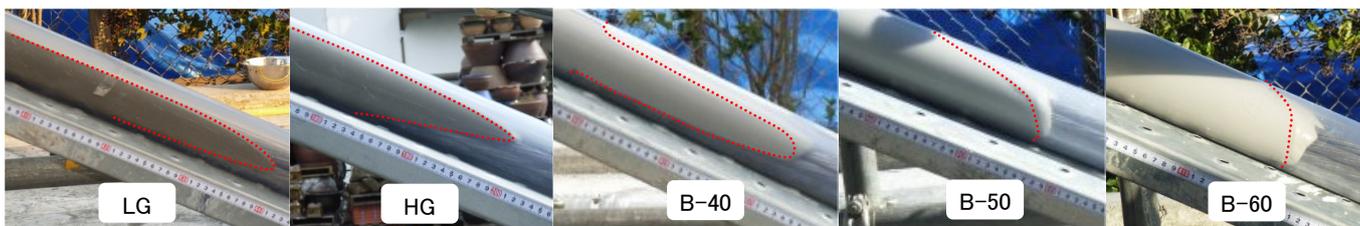


写真-2 先端部 (LG, HG, B-40, B-50, B-60)



写真-1 グラウトのフロー状況

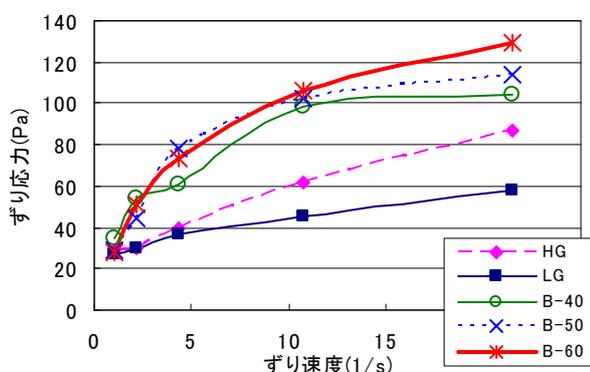


図-2 ずり応力-ずり速度の関係

### 3. 実験結果および考察

#### (1) フレッシュ性状

各種グラウトのフロー状況を写真-1に示す。スラグ置換型グラウトの場合、グラウトが閉塞してJP漏斗流下時間は計測できなかった。また、見掛け粘度も、高粘性型グラウトより高い値を示した。しかし、図-2に示すようにずり速度とずり応力との関係からは、スラグ置換型グラウトは高粘性型グラウトや低粘性型グラウトと違い、ずり速度とずり応力とが直線関係ではないことが判る。すなわち、スラグ置換型グラウトの場合、見掛け粘度は一定ではなく、ずり速度の上昇に伴い見掛け粘度が低下することが判った。

#### (2) 充填状況

実験における各種グラウトの代表的な流動状況を写真-2に示す。スラグの置換率が高くなるほど、先端角度が大きくなる傾向が認められた。また、粘性の違いに着目すると、スラグ置換型>高粘性型>低粘性型の順に先端角度が大きい傾向が認められた。空隙については、高粘性型グラウトで傾斜角20度の場合を除き、高粘性型および低粘性型グラウトで先流れが発生し、管内に空隙が生じた。スラグ置換型グラウトでは、すべてのケースにおいて先流れは発生せず、空隙も生じなかった。これは、スラグ置換型グラウトは、傾斜部の先端角度が高粘性型グラウトおよび低粘性型グラウトに比べて大きかったため、全断面流下となり、管内に空隙が生じず充填できたものと考えられる。

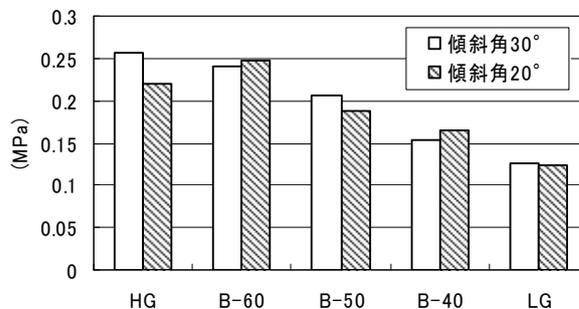


図-3 ポンプ注入時最大圧力

#### (3) 注入圧力

注入試験時におけるグラウトポンプの注入圧力を図-3に示す。高炉スラグ微粉末の置換率が高くなるに従い、注入圧力が上昇する傾向が認められた。これは、スラグ置換率が高くなるに従い、見掛け粘度が上昇するためであると考えられる。また、スラグ置換型グラウトは、傾斜角度20度における置換率60%のタイプを除けば、高粘性型グラウトより注入圧力が低かった。これは、スラグ置換型グラウトは、ずり速度の上昇に伴い見掛け粘度が低下する性質があるため、管内面をグラウトが流動することによって見掛け粘度が高粘性型グラウトの塑性粘度より小さくなり、注入圧力も高粘性型グラウトと同等以下になったと考えられる。

### 4. まとめ

グラウト注入を模擬した下り勾配部からなる実験装置を用いて実験を行い、高炉スラグ微粉末を用いたグラウトの、流動性および充填性について検討を行った。本実験により、以下のことが結論として得られた。

- (1) ブレーン値 12,000cm<sup>2</sup>/g 程度の高炉スラグ微粉末を用いたグラウトは、スラグ置換率の上昇に伴い、粘度が上昇する傾向が認められ、30度の下り勾配においても先流れすることなくグラウトを充填することができる。
- (2) ブレーン値 12,000cm<sup>2</sup>/g 程度の高炉スラグ微粉末を用いたグラウトは、スラグ置換率を高くすると、グラウトポンプの注入圧力が増加する傾向が認められた。
- (3) スラグ置換率 60%以下であれば、高粘性型グラウトと同等以下の注入圧力で、グラウトを注入することができる。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、グラウト材料に関しては、三菱マテリアル(株)よりご協力を賜りました。また、実験に際しては、関東学院大学の出雲淳一教授に多大なご助力を受けました。ここに記し、感謝の意を表します。

**Key words** : 高炉スラグ微粉末, 曲げ下がり角度, 注入圧力