

粒度分布の異なる高炉スラグ微粉末 6000 のフレッシュ性状および圧縮強度

(株)デイ・シイ 正会員 ○小菅 太朗
 同上 正会員 三石 歩
 同上 正会員 藤原 了
 同上 正会員 二戸 信和

1. はじめに

高炉スラグ微粉末は、コンクリート構造物の耐久性向上などの観点から、コンクリート用混和材として活用されている。JIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」における粉末度の規格は、ブレン比表面積の規格のみであり、粒度分布などの規格はない。そのため、高炉スラグ微粉末の粒度分布の違いによるフレッシュ性状や強度発現性に与える影響は不明点が多い。そこで本研究では、ブレン比表面積は同等でも、粒度分布の違いによるモルタル特性を把握することを目的とし、粒度分布の異なる高炉スラグ微粉末 6000 を試作し、フレッシュ性状、および圧縮強度の確認を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料

使用材料を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント (OPC) を使用し、細骨材には、乾燥珪砂 (絶乾密度:2.63g/cm³, 吸水率:1.22%, 粗粒率:2.95) を使用した。高炉スラグ微粉末 6000 (セッコウなし) の試製は、ブレン比表面積の異なる 4 種類の高炉スラグ微粉末を用い、表 2 の混合割合で混合し、図 1 に示す粒度分布の異なる 3 種類高炉スラグ微粉末 6000 を試製した。表 2 のブレン比表面積の「理論値」は、ブレン比表面積の異なる 4 種類の高炉スラグ微粉末と混合割合から計算した値であり、「実測値」は、空隙率に依存しない方法¹⁾で測定した値である。

表 2、および図 1 より、3 水準の高炉スラグ微粉末 6000 は、ブレン比表面積は同等であり、粒度分布は異なる高炉スラグ微粉末である。なお、粒度分布、および 50% 累積体積通過径である D₅₀ は、レーザー回折式粒度分布測定器によって測定を行った。

(2) 実験水準および練混ぜ

モルタルの配合、および練混ぜは、JASS 5M-701 2015 を参考とした。結合材と砂の割合はそれぞれ質量比で B:S=1:1.4、水結合材比は 30% とした。ただし、結合材であるセメント、

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	密度 (g/cm ³)	D ₅₀ (μm)	ブレン比表面積 (cm ² /g)	
水	上水道水	W	1.00	-	-	
セメント	普通ポルトランドセメント	OPC	3.16	-	-	
混和材	高炉スラグ微粉末3000	B AD	BF24	2.90	24.3	3,340
	高炉スラグ微粉末4000		BF15	2.90	14.9	4,460
	高炉スラグ微粉末8000		BF5	2.91	5.2	9,140
	高炉スラグ超微粉末		BF2	2.91	1.8	18,610
細骨材	乾燥珪砂	S	2.63			
混和剤	高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系			
	消泡剤	AE	ポリアルキレングリコール誘導体			

表 2 比較する高炉スラグ微粉末 6000

高炉スラグ 6000 No.	混合割合 (%)				ブレン比表面積 (cm ² /g)		D ₅₀ (μm)
	BF24	BF15	BF5	BF2	理論値	測定値	
A		55.0	45.0		6,570	6,380	7.7
B	78.9			21.1	6,560	6,200	19.7
C		85.1		14.9	6,570	6,370	12.3

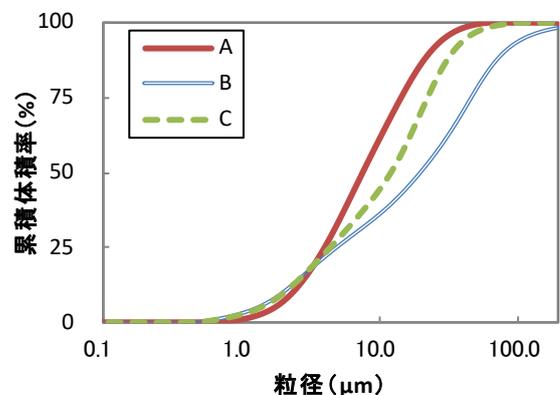


図 1 高炉スラグ微粉末 6000 の粒度分布

キーワード 高炉スラグ微粉末、粒度分布、圧縮強度、流動性、ブレン比表面積

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 TEL044-333-0618 FAX 044-355-4010

高炉スラグ微粉末 6000 は、質量比で 1 : 1 とし、練混ぜ時に別々に計量した。練混ぜは、空練 30 秒→注水→2 分練混ぜ→掻き落とし→2 分 40 秒練混ぜ→5 分静置→30 秒練混ぜとし、回転数 139rpm のモルタルミキサーを用いた。

(3) 実験項目および測定方法

0 打フローと空気量は、JASS 5M-701 2015 に準拠して測定を行った。0 打フローは $260 \pm 10\text{mm}$ となるように SP 添加量によって調整した。空気量は 3.0% 以下を目標とし、すべての水準において $AE/B=0.2\%$ とした。

圧縮強度は JIS A 1108 に準拠し、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の円柱供試体とした。24 時間後に脱型を行い、養生は 20°C 水中養生とし、材齢 7 および 28 日で圧縮試験を実施した。

3. 実験結果

実験結果を表 3 に示す。表 3 より、0 打フローを調整するための SP 添加率は、高炉スラグ微粉末 6000 の D_{50} が小さいほど多くなるのが分かった。これは、図 1 より、高炉スラグ微粉末 6000 の水準 A の粒度分布が一番シャープ（単一粒径に近い）であり、粉体としての充填性が他の水準と比べて低減し、流動性を得るための SP 添加率が多く必要となったと考えられる。そのため、流動性を得るための SP 添加率の低減には、粒度分布がブロード（大小の粒径が存在している）な高炉スラグ微粉末の方が良好となるのが分かった。

つぎに、高炉スラグ微粉末 6000 の D_{50} と圧縮強度との関係を図 2 に示す。図 2 より、圧縮強度は、材齢 7 日、および 28 日ともに、 D_{50} が小さくなるほど大きくなるのが分かった。そのため、ブレーン比表面積が同等でも、粒度分布が異なることで、圧縮強度の発現性が大きく異なるのが分かった。

ここで、図 1 より、高炉スラグ微粉末 6000 の水準 B、および水準 C の方が $5\mu\text{m}$ より小さい領域の微粒子の割合が若干多いが、圧縮強度発現性にはほとんど影響を与えていないのが分かった。よって、今回の実験では、 D_{50} 、あるいは平均粒径が小さいほど圧縮強度は向上することが分かった。

既往の研究によると、粒径が小さくなるほど高炉スラグ微粉末のスラグ反応率が向上し、圧縮強度が向上している。今回の実験においても高炉スラグ微粉末のスラグ反応率が向上していると推測できるが、スラグ反応率の定量評価が今後の課題である。

4. まとめ

ブレーン比表面積が同等でも、粒度分布の異なる高炉スラグ微粉末 6000 を試作し、フレッシュ性状、および圧縮強度の確認を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 高炉スラグ微粉末の D_{50} が小さい、または粒度分布が単一粒径になるほど、同一フローを得るための SP 添加率は多くなる。
- (2) ブレーン比表面積が同等でも、高炉スラグ微粉末の D_{50} または平均粒径が小さいほど、圧縮強度は向上する。

【参考文献】

- 1) 近松竜一ほか：高炉スラグ微粉末の粉末度評価法に関する研究，土木学会論文集，第 420 号/V-13，pp.71-80，1990.8
- 2) 藤原了ほか：シングルミクロン高炉スラグ微粉末の細孔構造が硬化体の収縮に及ぼす影響，セメント・コンクリート論文集，Vol.74，pp.98-104，2020

表 3 実験結果

配合No.	SP/B (%)	フロー (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	
				7日	28日
A	0.62	261	1.4	80.5	115
B	0.45	267	1.4	66.7	103
C	0.49	264	1.5	74.4	113

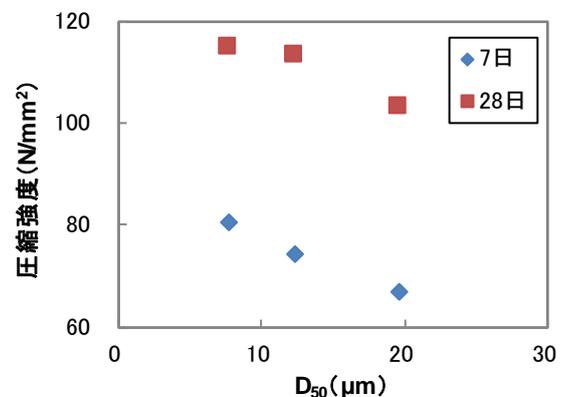


図 2 D_{50} と圧縮強度との関係