

高炉スラグ超微粉末を用いたモルタルの強度および収縮特性

(株)デイ・シイ 正会員 ○藤原 了
 同上 非会員 阿部 竜也
 同上 正会員 二戸 信和

1. はじめに

高炉スラグ微粉末（以下，BFS）は，比表面積によって BFS3000，4000，6000 および 8000 の 4 種類に JIS で規格化されている．一般に，ブレン比表面積の大きい BFS を用いるほど強度発現性は良好となる．10,000 ブレンを超える JIS 規格より大きい比表面積の BFS は補修関連材料としての利用が見込まれる．しかし，BFS は粒径が細かいほど同一フローを得るための減水剤添加量が多くなり流動性に課題がある．また，比表面積の大きい BFS ほど硬化体の収縮が大きくなるとされている．そこで，JIS 規格を超える比表面積である高炉スラグ超微粉末を用いたモルタルの強度および収縮特性を検討した．

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	密度
結合材	普通ポルトランドセメント	OPC	3.16
	高炉スラグ微粉末1 (レーザーD50 3.7 μ m)	BF1	2.91
	高炉スラグ微粉末2 (レーザーD50 1.8 μ m)	BF2	
細骨材	セメント強さ試験用標準砂	S	2.64
混練水	上水道水	W	1.00
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系	SP	
消泡剤	ポリアルキレングリコール誘導体	DF	

2. 実験概要

(1) 使用材料

本実験で使用した材料を表 1 に示す．BFS 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た累積体積率 50%粒子径(D50)が，BF1 で 3.7 μ m，BF2 で 1.8 μ m であった．

(2) 実験水準および練混ぜ

本実験で比較した水準を表 2 に示す．OPC-100 を基準として，BF2 または BF1 をそれぞれ OPC に対して質量比で 30，50，70% 内割り置換した 7 水準について実験を行った．モルタルの配合および練混ぜは，JASS 5M-701:2015 を参考とした．結合材と標準砂の割合は質量比で B : S=1 : 1.4 とした．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（低速）にて行った．

表 2 実験水準

配合 No.	W/B (%)	結合材(B)割合(%)		
		OPC	BF2	BF1
OPC-100	30	100		
BF2-30		70	30	
BF1-30		70		30
BF2-50		50	50	
BF1-50		50		50
BF2-70		30	70	
BF1-70		30		70

(3) 実験項目および測定方法

本実験の実験項目を表 3 に示す．15 打フローは SP 添加量によって調整した．圧縮強度は $\phi 50 \times 100$ mm の円柱供試体とし，1 日強度は 24 時間後に脱型した時点の強度であり，材齢 7 および 28 日強度は，24 時間後の脱型から 20℃の水中で所定材齢まで養生を行った．長さ変化率は注水から 48 時間後に基長を測定した後，温度 20℃，湿度 60%の恒温恒湿室に入れ，JIS A 1129-3（ダイヤルゲージ法）に従って，乾燥期間 3，7，14，21，28 日における長さと質量を測定し，基長をベースとして，長さ変化率と質量減少率を算出した．

表 3 実験項目

項目	目標	測定方法
15打フロー	160 $\pm$ 10mm	JIS R 5201
空気量	5.0%以下	JASS 5M-701 : 2015
圧縮強度	-	JASS 5M-701 : 2015 標準養生(材齢1,7,28日)
長さ変化率	-	NEXCO試験法 432 2006 (材齢48時間を基長)

キーワード 高炉スラグ微粉末，高炉スラグ超微粉末，圧縮強度，長さ変化，モルタル

連絡先 〒210-0854 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

3. 実験結果

本実験結果を表4に示す。
15打フローを調整するためのSP添加率はBFSを置換した方が、OPC-100と比べて低減した。また、BF1よりBF2を置換した方がSP添加率は大幅に低減できた。しかし、

BF1を70%置換した水準は、流動性が低下したことによりSPの適正添加量の範囲で小型のホバートミキサ（モータ容量0.125kW）ではモータ過負荷となりモルタル化ができなかった。これは、BF2の粒径がセメントより小さいため、BF2を用いた場合に粉体の充填性が大きくなったので、同一フロー値を得るためのSP添加量が低減できたと推測される。

材齢1日の圧縮強度は、BFSを置換したときにOPC-100と比べて小さい。材齢7および28日では、BFSの種類と置換率によらずOPC-100以上の強度を示した。BFS置換率の増加とともに、強度は低下する傾向を示した。材齢1日の強度において、同じBFS置換率ではBF1よりBF2の方が高い強度を示した。特に、BF2を30%置換した水準では、OPC-100とほぼ同程度の強度を示した。これは、BF2の方がBF1より粒径が小さいため、BF2のマイクロファイラー効果がより顕著に示したと推測される。

乾燥期間と長さ変化率との関係を図1に示す。BF1を用いた水準およびOPC-100と比べるとBF2を用いた水準の方が、長さ変化率（収縮）は小さくなる傾向を示した。BF1を用いた水準では、置換率30%の場合OPC-100と同程度、置換率50%の場合OPC-100より若干大きくなっている。したがって、BF1を用いた場合は置換率の増加とともに長さ変化率は大きくなる傾向であった。BF2を用いた水準について、置換率30%より50%の方が大きい長さ変化率であり、置換率70%が50%より小さい長さ変化率であった。

長さ変化率と質量減少率との関係を図2に示す。質量減少率の増加に伴い長さ変化率は大きくなった。BF2を用いた置換率30%と50%の水準では、OPC-100とBF1と同一の長さ変化率のときの質量減少率が小さいため、OPC-100とBF1より長さ変化率が小さくなった。BF2を用いた置換率70%の水準では、質量減少率がOPC-100より大きい長さ変化率が小さい傾向となった。

4. まとめ

JIS規格外以上のシングルミクロンの領域に微粉末化した高炉スラグ超微粉末を用いた強度および収縮特性を検討した。BF2を30%置換した水準では、OPC-100とほぼ同程度の1日強度を示すことが分かった。また、BF2を用いた場合、OPC-100と比べ長さ変化率は低減できることも分かった。

表4 実験結果

配合 No.	SP/B (%)	DF/B (%)	15打フロー (mm)	空気量 (%)	圧縮強度(N/mm ²)		
					1日	7日	28日
OPC-100	1.00	0.30	167	3.3	41.6	75.7	86.1
BF2-30	0.05		153	4.0	39.7	94.3	99.9
BF1-30	0.50		155	3.6	33.3	94.6	103
BF2-50	0.25		169	4.5	33.9	93.6	97.8
BF1-50	0.60		159	3.4	25.7	93.2	100
BF2-70	0.30		160	4.7	32.0	80.7	89.0
BF1-70		練混ぜ不可					

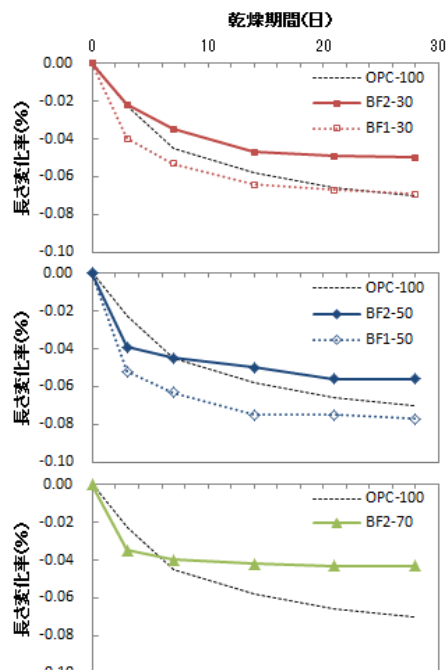


図1 乾燥期間と長さ変化率との関係

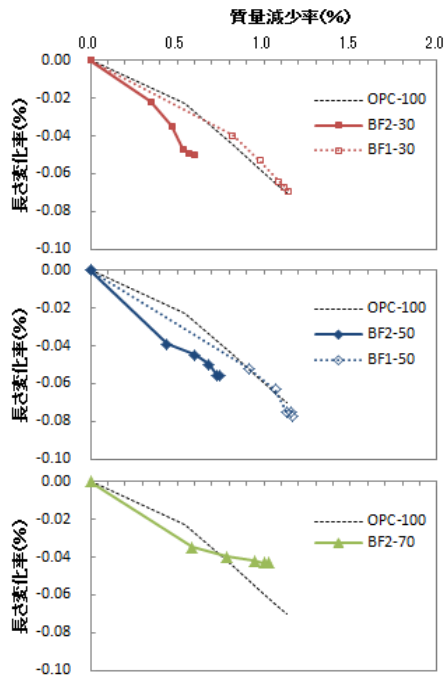


図2 長さ変化率と質量減少率との関係