

シングルミクロン高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの初期養生条件の異なる収縮特性の検討

(株)デイ・シイ 正会員 ○藤原 了

同上 小菅 太朗

同上 正会員 二戸 信和

宇都宮大学 地域デザイン科学部 正会員 藤原 浩巳

1. はじめに

高炉スラグ微粉末(以下, BFS)は, プレーン比表面積によって 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, 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り, 10,000 プレーンを超える JIS 規格より大きい比表面積の BFS は初期強度改善目的などで補修関連材料としての利用が見込まれる. しかし, 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おり¹⁾, 収縮特性に課題がある. また, 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る傾向にある. そこで, JIS 規格を超える比表面積のシングルミクロン BFS を用いたモルタルの長さ変化および自己収縮を確認した.

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(Microtrac MT3300EX II)によって測定し, 50%累積体積通過径(D_{50})が, BF1 で 3.7 μ m, BF2 で 1.8 μ m を使用した.

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 (プレーン比表面積11,500cm ² /g)	BF1	2.91
	高炉スラグ微粉末2 (プレーン比表面積21,600cm ² /g)	BF2	
細骨材	珪砂 3号:6号=7:3 (質量比)	S	2.63
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, 基準モルタルに対し, 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. 結合材と珪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. 0 打フローは SP 添加量によって調整した. 長さ変化率(NEXCO 法)は練混ぜ時の注水から 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 1, 3, 7, 14, 21, 28, 56 および 91 日における長さを測定し, 基長をベースとして, 長さ変化率を算出した. 長さ変化率(JIS 法)は練

表 3 実験項目

項目	目標	測定方法
0打フロー	260±10mm	JASS 5M-701 : 2015
空気量	3.0%以下	JASS 5M-701 : 2015
長さ変化 (NEXCO法)	-	NEXCO試験法 432 2006
長さ変化 (JIS法)	-	JIS付属書A(参考)
自己収縮	-	JCI-SAS2

混ぜ時の注水から 24 時間後に脱型し, 20℃の水中で材齢が 7 日になるまで養生を行い, 材齢 7 日で基長を測定した後, 温度 20℃、湿度 60%の恒温恒湿室に入れ, 長さ変化率(NEXCO 法)と同様な方法と期間で長さ変化率を測定し, 長さ変化率を算出した. 自己収縮は JCI 自己収縮委員会試験方法(JCI-SAS2「セメントペースト・モルタルおよびコ

キーワード 高炉スラグ微粉末, シングルミクロン高炉スラグ微粉末, 長さ変化, 自己収縮, 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 TEL044-333-0618

ンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法(案)」を参考に埋め込みひずみゲージを使用し、凝結の始発を基長として材齢 30 日まで測定した。熱膨張係数は 10 としてひずみの温度補正を行った。

3. 実験結果

フレッシュ性状の結果を表 4 に示す。0 打フローを調整するための SP 添加率は BF1 より BF2 を置換した方が低減できる傾向であった。これは、BF2 の粒径が BF1 より小さいため、BF2 を用いた場合の方が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。

乾燥期間と長さ変化率(NEXCO 法)との関係を図 1 に、乾燥期間と長さ変化率(JIS 法)との関係を図 2 に示す。図 1 および図 2 ともに BF1 を用いた水準と比べると BF2 を用いた水準の方が、長さ変化率は小さくなる傾向を示した。また BF 置換率の増加とともに長さ変化率は大きくなる傾向を示した。特に図 1 より、BF1 を用いた水準(注水から 48 時間を基長)で、その変化率は大きい傾向であり、置換率 30%の場合 OPC-100 と同程度、置換率 50, 70%の場合 OPC-100 より大幅に大きくなった。ここで、図 1 は注水から 48 時間を基長として測定を行った結果で、図 2 は注水から 24 時間後に脱型し、6 日間の 20℃水中養生を行い、材齢 7 日時点を経過として測定した結果である。図 2 の結果の方が水中養生を行っているため、初期に水和反応が進んでいると推測される。そのため、水和反応が進んだ状態を基長とすることで BF1 を用いた場合でも長さ変化率は低減できることが示唆できる。しかし、BF1 より BF2 を用いた方が初期の養生条件に関わらず長さ変化率は小さくなることが分かった。

材齢と自己収縮との関係を図 3 に示す。自己収縮も長さ変化率と同様に BF1 より BF2 を用いた水準の方が自己収縮は小さくなった。また、BF2 を 30%置換した水準は OPC-100 と比べて、材齢 2 日程度までの初期の傾きは緩やかな傾向を示し、長期的にはほぼ OPC-100 と同様な自己収縮特性を示すことが分かった。

4. まとめ

JIS 規格より大きいシングルミクロン領域に微粉末化した高炉スラグ微粉末を用いた収縮特性を確認した。長さ変化率については、初期の養生条件に関わらず BF2 を用いた場合、OPC-100 および BF1 と比べ BFS 置換率に関係なく低減できることが分かった。また、補修関連材料の長さ変化率試験に用いられることが多い測定法(NEXCO 法)においても BF2 を用いた場合、BF1 を用いた場合より大幅に長さ変化率を低減できることが分かった。自己収縮については、長さ変化と同様な傾向であり、BF2 を 30%置換した水準は OPC-100 とほぼ同様の収縮特性を示すことも分かった。

【参考文献】

- 1) 李長江ほか:高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの細孔構造と乾燥収縮,コンクリート工学年次論文集, Vol.20, No.2, pp.187-192(1998)

表 4 フレッシュ性状の実験結果

配合No.	SP/B (%)	DF/B (%)	0打フロー (mm)	空気量 (%)
OPC-100	2.00	0.06	258	2.7
BF2-30	0.90		260	1.7
BF1-30	1.10		254	1.4
BF2-50	0.85		260	1.5
BF1-50	1.00		260	1.9
BF2-70	1.00		254	3.0
BF1-70	0.95		259	3.0

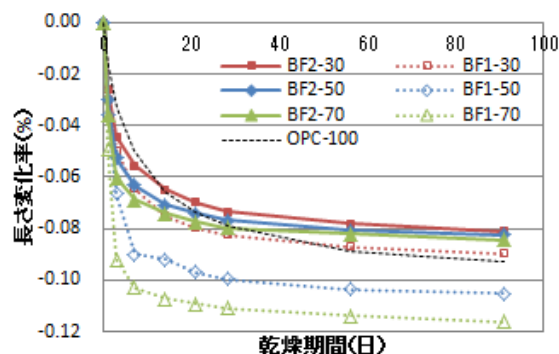


図 1 乾燥期間と長さ変化率(NEXCO 法)

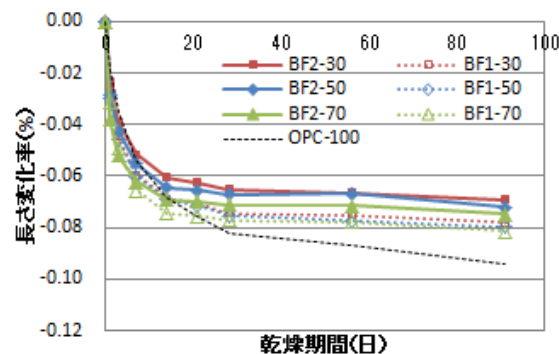


図 2 乾燥期間と長さ変化率(JIS 法)

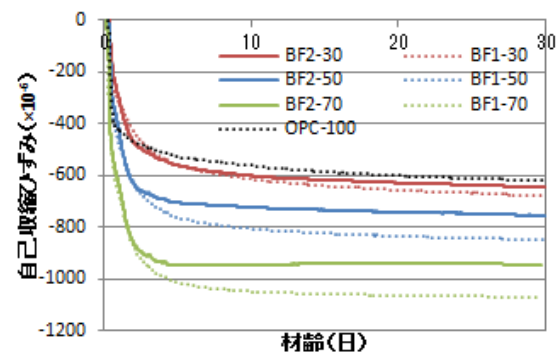


図 3 材齢と自己収縮ひずみ