

高炉スラグ細骨材を用いた高流動モルタルの流動性の改善

大分工業高等専門学校 学生会員 坂本 剛志 正会員 一宮 一夫
非会員 工藤 暢裕 非会員 秦 敏和

1. はじめに

高炉スラグ細骨材は、山砂などの粒度調整や海砂の塩化物含有量の低減などを目的に天然砂と混合使用される場合が多く、混合率が20~60%であれば普通骨材コンクリートとほぼ同等の性質を有すると見なすことができる。混合率に限度があるのは、粒子が角張っていることや材質がガラス質で表面が滑らかであるため保水性が低いことに原因がある。従って、ペーストの粘性が高い方が粒子相互の接触の影響が少なく、普通コンクリートよりも高流動コンクリートに使用する方が有利と考えた。

本研究では、高炉スラグ細骨材で高流動コンクリートを製造する際の流動性の改善方法について、高性能AE減水剤や増粘剤の使用量に着目して検討をした。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

実験は高流動コンクリートのモルタル分と同じ配合の高流動モルタルを使用し、海砂を用いた場合の静置フロー値が220mmとなるように高性能AE減水剤（以下、SPという）の使用量を調整した。表1に使用材料、表2に高炉スラグ細骨材（以下、BFS5という）置換率ごとのモルタルの配合を示す。

高流動モルタルの流動性は、ビンガム流体の流動性を表すパラメータのレオロジー定数（降伏値、塑性粘度）で評価した。

実験要因は、モルタルのレオロジー定数におよぼす(1)SP添加率、(2)BFS5置換率、(3)増粘剤添加率とし、それぞれの水準を(1)0.9、1.1、1.4%、(2)0、30、50、100%、(3)0、0.03、0.05、0.1%とした。

2.2 練り混ぜ方法

モルタル練りミキサーにセメント、高炉スラグ微粉末、細骨材を入れて低速で30秒間空練りをし、次にSPを溶解した水を加え、再び低速で180秒間練り混ぜた。

2.3 モルタルの降伏値の測定方法

モルタルの降伏値は、静置フロー値から式(1)で計算した。静置フロー値は、練り混ぜ後10分経過したモルタルをフローコーンに自重のみで充填し、コーンを取り除いた後の広がった径の最大値とその直角方向の径の平均値とした。

$$\left\{ \frac{(a+1)\tau_f\pi}{2V} \right\} \left\{ \left(\frac{R_0}{2} \right)^3 + 2\tau_f \left(\frac{R_0}{2} \right)^2 - 98 \frac{\rho V}{\pi} \right\} = 0 \dots (1)$$

α : モルタルの硬さによる変数=0、 V : フロコーン容積(cm^3)、 R_0 : 静置フロー値(cm)、 τ_f : 降伏値(Pa)
 ρ : 単位容積重量(g/cm^3)

2.4 モルタルの塑性粘度の測定方法

モルタルの塑性粘度の測定には、J14 ロート（高さ393mm、上端直径70mm、下端直径14mm）の下端直径が20mmとなる位置で短く切断したもの（以下、J20 ロートという）を用い、J20 ロート流下時間と上記の降

表1 モルタルの使用材料

記号	種類	特性
W	水	水道水
C	普通ポルトランドセメント	密度3.15g/cm ³
BFS	高炉スラグ微粉末	密度2.91g/cm ³
S	海砂	表乾密度2.51g/cm ³ 、吸水率3.70
BFS5	高炉スラグ細骨材	表乾密度2.64g/cm ³ 、吸水率2.46
SP	高性能AE減水剤	ポリアクリル酸系、密度1.05g/cm ³
	増粘剤	セルローズ系

表2 モルタルの配合

BFS5 置換率 (%)	水粉体比 (%)	1バッチ当たりの重量(g)					
		W	C	BFS	S	BFS5	SP
0	28.5	359	529	730	1658	0	17.6
30					1161	523	
50					829	872	
100					0	1744	

伏値を式(2)に代入して算出した。J20 ロート流下時間は、同じく練り混ぜ後10分経過したモルタルをロートに自己充填させ、下部の吐出口を解放し、流下開始から吐口より下方が見えた時までの時間を測定した。

$$T = \frac{\{4 \times 10^3 \eta_p H_i (R_i + 3R_s)\}}{98 \times \left[\left\{ 3 - 4 \left(r_f / R \right) + \left(r_f / R \right)^4 \right\} \rho G R_s^3 \right]} \dots (2)$$

T : 流下時間(sec)、 H_i : ロート高さ(cm)、 G : 重力加速度

ρ : 単位容積質量(g/cm^3)、 R_i : ロート上端半径(cm)、

R_s : ロート下端半径(cm)、 η_p : 塑性粘度(Pas)、

r_f : 栓流半径(cm)、 R : 管径(cm)、 $r_f/R = \beta \tau_y = 1.2 \tau_y$

3. 実験結果および考察

3.1 スラグ細骨材置換率とレオロジー定数の関係

図1にBFS5置換率とレオロジー定数の関係を示す。なお、縦軸の網掛け部分は、高流動コンクリートのモルタル部の降伏値と塑性粘度の標準値の $\tau_y = 2.2 \sim 22 \text{ Pa}$ 、 $\eta_p = 1.5 \sim 12 \text{ Pas}$ を表している。まずBFS5置換率0%は $\tau_y = 15.0 \text{ Pa}$ 、 $\eta_p = 8.0 \text{ Pas}$ で適切な流動性を有している。またBFS5置換率30%は、 $\tau_y = 5.8 \text{ Pa}$ 、 $\eta_p = 7.8 \text{ Pas}$ で高炉スラグ細骨材置換で流動性が向上した。しかし、BFS5置換率50%以上では細骨材とペーストの分離が生じた。

3.2 SP添加率とレオロジー定数の関係

図2はBFS5置換率100%でSP添加率を変化させた結果である。SP添加率1.4%では分離するが、SP添加率1.1%では良好な流動性となり、SP添加率が適切であれば、高炉スラグ細骨材を100%使用できることがわかる。

3.3 増粘剤添加率とレオロジー定数の関係

図3、図4は、BFS5置換率100%と50%に増粘剤を添加した結果である。両図より、増粘剤の添加量を調整する方法でも高い流動性を維持しながらも材料分離のない高流動コンクリートを製造できることがわかる。

4. まとめ

(1) BFS5置換率30%以下では、高炉スラグ細骨材置換で流動性が向上した。しかし、BFS5置換率50%以上では材料分離が生じた。

(2) BFS5置換率100%でも、高性能A E減水剤や増粘剤の使用量を調整することで、海砂を用いた場合と同じ単位水量で高流動コンクリートを製造できる。

【参考文献】

1) 土木学会: 高炉スラグ骨材コンクリート施工指針(コンクリートライブラリー76)

2) 藤原浩巳ほか: 高流動コンクリートにおけるモルタル部のレオロジー特性の評価方法の検討、土木学会第49回年次学術講演会、1994、9

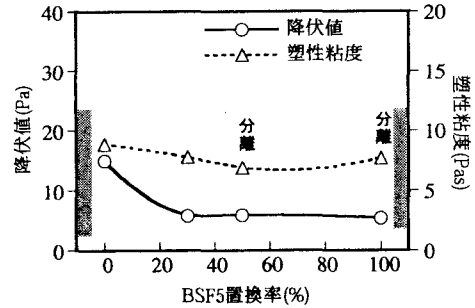


図1 スラグ細骨材置換率とレオロジー定数の関係

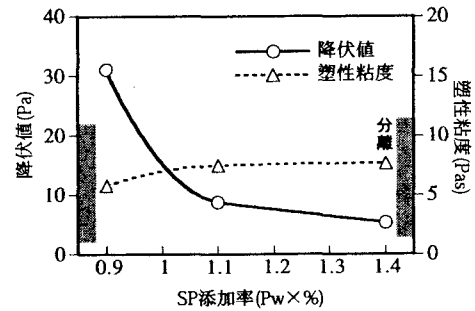


図2 SP添加率とレオロジー定数の関係 (BFS5置換率100%)

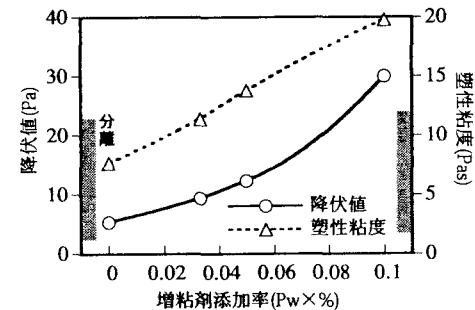


図3 増粘剤添加率とレオロジー定数の関係 (BFS5置換率100%)

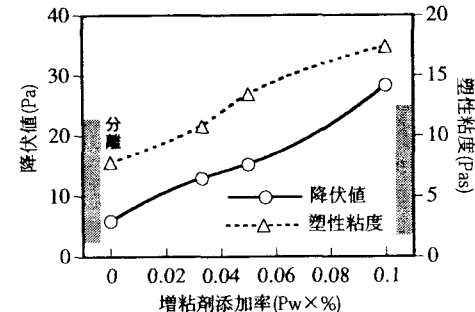


図4 増粘剤添加率とレオロジー定数の関係 (BFS5置換率50%)