

高炉スラグ細骨材高置換コンクリートの流動性の改善に関する研究

大分工業高等専門学校 学生会員 中村 祐 正会員 一宮 一夫
非会員 秦 敏和 非会員 追崎 文洋

1. はじめに

高炉スラグ細骨材(BFS5)は、天然砂の粒度調整や塩化物量の低減などを目的に、天然砂への混合使用が認められているが、粒子形状や保水性が悪いために混合率には上限がある¹⁾。そのためコンクリート製造後に混合率の確認ができないなどの問題があり、品質管理上はBFS5の全置換使用が望まれている。

本研究は、ペーストの粘性が高いほど骨材の付着ペースト厚が大きくなり、モルタルの流動性や材料分離が改善されるとの考えのもとで、一般にペーストの粘性が高水準となる高流動コンクリートを対象に、BFS5を高置換率で使用するための配合方法について検討した。

2. 実験概要

2.1 実験計画

ペーストの粘性付与方法として、増粘剤(VMA)を添加する方法を実験Ⅰ、フライアッシュコンクリートの粘ちゅう性が高いことに着目し、フライアッシュ(FA)を粉体の一部に置換する方法を実験Ⅱとし、それぞれの配合条件ごとのモルタルの流動性や材料分離性状を比較する。

2.2 使用材料と配合

使用材料、目標フローの一覧を表1に、実験Ⅰのモルタルの配合を表2に示す。なお、実験Ⅰ、Ⅱの実施年度は異なり、材料の貯蔵の都合からBFS5の物性やSPの銘柄も相違する。

2.3 練り混ぜ方法

モルタル練りミキサーに粉体と細骨材を入れて低速で30秒間の空練りをし、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。

2.4 モルタルの流動性の評価方法

モルタルの流動性はレオロジー定数(降伏値 τ_y 、塑性粘度 η_p)で評価した。 τ_y は静置フロー値(R_0)から式(1)で計算し、 η_p はJ20ロート(J14ロートの下端部直径が20mmとなる位置で切断)の流下時間(T)から式(2)で計算した²⁾。なお、両者ともモルタルは練り混ぜ後10分経過したものを使用した。

表1 使用材料、目標フロー、材料分離評価方法

	実験Ⅰ		実験Ⅱ
	使用材料		
C	NP、密度3.15g/cm ³		同左
BFS	密度2.91g/cm ³ 粉末度6000cm ² /g		同左
FA	該当なし		密度2.18g/cm ³ 粉末度4052cm ² /g
S	表乾密度2.51g/cm ³ 吸水率3.70%, FM2.54		同左
BFS5	表乾密度2.64g/cm ³ 吸水率2.46%, FM2.56		表乾密度2.76g/cm ³ 吸水率0.85%, FM2.99
SP	ポリカルボン酸系		同左(改良型)
VMA	セルロース系		該当なし
目標フロー	220mm		250mm、290mm
材料分離 評価方法	目視		JSCE-F 522-1999 プレバットコンクリートの注入モルタルのブリーディング率試験方法

C:セメント, BFS:高炉スラグ微粉末, FA:フライアッシュ, S:海砂,
BFS5:高炉スラグ細骨材, SP:高性能AE減水剤, VMA:増粘剤

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	

$$\left\{ \frac{(\alpha+1)\tau_y\pi}{2V} \right\} \left(\frac{R_0}{2} \right)^5 + 2\tau_y \left(\frac{R_0}{2} \right)^2 - 98 \frac{\rho V}{\pi} = 0 \quad (1)$$

α : モルタルの硬さによる変数=0

V : フローコーン容積 (cm³)

R_0 : 静置フロー値 (cm)

τ_y : 降伏値 (Pa)

ρ : 単位容積重量 (g/cm³)

$$T = \frac{\{4 \times 10^3 \eta_p H_i (R_r + 3R_B)\}}{98 \times \left[3 - 4 \left(\frac{r_y}{R} \right) + \left(\frac{r_y}{R} \right)^4 \right] \rho G R_B^3} \quad (2)$$

T : 流下時間 (s)

H_i : ロート高さ (cm)

R_r : ロート上端半径 (cm)

R_B : ロート下端半径 (cm)

r_y : 栓流半径 (cm)

R : 管径 (cm)

η_p : 塑性粘度 (Pas)

$r_y/R = \beta \tau_y = 1.2 \tau_y$

2.5 材料分離の評価方法

材料分離の評価は、実験Ⅰでは目視で行い、実験Ⅱでは土木学会規準に準拠した。後者の具体的な方

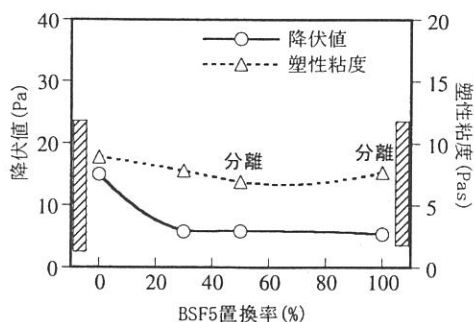


図1 BFS5置換率とレオロジー定数

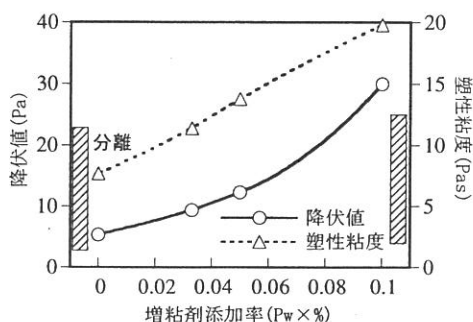


図2 増粘剤添加率とレオロジー定数 (BFS5=100%, BFS=100%, SP=1.4%)

法は、ポリエチレン袋(直径5cm、モルタル深さ20cm)にモルタルを充填し、3時間と22時間経過後に測定したブリーディング水量からブリーディング率を計算した。

3. 実験結果および考察

3.1 実験I

図1にBFS5置換率とレオロジー定数との関係を示す。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分の τ_y と η_p の標準値($\tau_y=2.2\sim22\text{Pa}$ 、 $\eta_p=1.5\sim12\text{Pas}$)である。まずBFS5=0%は、 τ_y 、 η_p ともに標準値の範囲であり適切な流動性を有している。BFS5=30%では、 $\tau_y=5.8\text{Pa}$ 、 $\eta_p=7.8\text{Pas}$ となりBFS5置換で流動性が向上した。更にBFS置換率を高くするとBFS5=50%以上で細骨材とペーストの分離が生じた。

図2は、BFS5=100%に増粘剤を添加した結果である。増粘剤添加率0.03%は自己充填可能な流動性を有しながらも材料分離が生じていないことから、適量の増粘剤添加でBFS5=100%でも高流動コンクリートを製造できると考えられる。

3.2 実験II

図3にFA置換率と流動性との関係を、図4に同じくブリーディング率との関係を示す。まず図3で

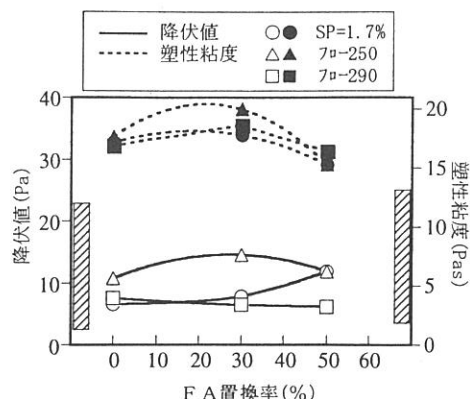


図3 FA置換率とレオロジー定数 (BFS5=100%)

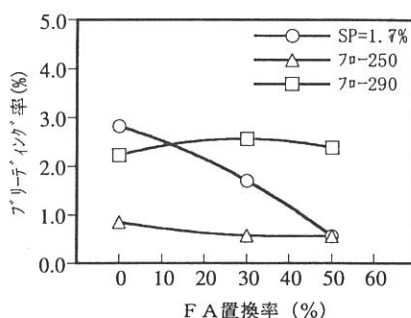


図4 FA置換率とブリーディング率 (BFS5=100%)

は、流動性はFA置換率でわずかに変化するものの、図2の増粘剤を添加した場合ほどの影響はない。

一方、ブリーディング率は、SP一定でFA置換率を高くした場合や目標フローが小さい場合で小さい。しかし、静置フロー値一定条件ではFA置換率を増加させてもブリーディング率の低下はなく、FAの材料分離抑制効果は見受けられない

4. まとめ

- (1) 適量の増粘剤を添加すれば、BFS5=100%でも自己充填性と材料分離抵抗性を同時に有する高流動コンクリートを製造できると考えられる。
- (2) 粉体の一部をフライアッシュで置換してもモルタルの粘性は増加しない。
- (3) モルタルの静置フロー値が250以下であればブリーディングは極めて少ない。

【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) 藤原浩已ほか：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