

高炉スラグ超微粉末を用いた低水結合材比ペーストのダイラタンシー性改善に関する一考察

(株)デイ・シイ 正会員 ○藤原 了
 同上 正会員 二戸 信和
 同上 久保田 賢
 宇都宮大学 地域デザイン科学部 正会員 藤原 浩已

1. はじめに

鉄筋コンクリート造構造物の高層化に伴い、現在では高強度コンクリートが幅広く使用されている。高強度コンクリートの配合は、極めて低い水結合材比であるため、練混ぜ時間が長くなり、ポンプなどによる施工が困難になる場合が多く、練混ぜ時間、作業性および施工性の改善が求められている。これら問題は、コンクリートやモルタルにおけるダイラタンシー性状に起因するものと考えられているが、研究例は少ない。また、高炉スラグ微粉末では低水結合材比でダイラタンシーが生じやすく、超微粒子であるシリカフュームを結合材の一部に使用される。今回は、高炉スラグ微粉末をシングルミクロンからサブミクロン領域にまで超微粉末化し、数水準の粒度分布の異なる高炉スラグ超微粉末を試作した。これら高炉スラグ超微粉末を用いて、低水結合材比のダイラタンシー性状の改善効果を確認することとした。

表1 使用材料

名称	材料名	記号	ブレーン (BET) 比表面積 (cm^2/g)	D ₅₀ (μm)	密度 (g/cm^3)
セメント	普通ポルトランドセメント	OPC	3,260	17.6	3.16
混和材	高炉スラグ超微粉末1	BF3.8	10,860	3.8	2.91
	高炉スラグ超微粉末2	BF1.8	21,600	1.8	
	高炉スラグ超微粉末3	BF1.0	-	1.0	
	高炉スラグ超微粉末4	BF0.5	-	0.5	
	シリカフューム	SF0.4	(19.7)	0.4	2.25
混練水	上水道水	W	-	-	1.00
高性能減水剤	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。混和材の粒度は、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(D₅₀)で、3.8, 1.8, 1.0および0.5 μm の4種類の高炉スラグ超微粉末を使用した。比較としてシリカフュームを用いた。

(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。高炉スラグ超微粉末を置換した水準は、OPCに対して質量比で10, 30, 50%内割り置換とした。比較のシリカフュームは、10, 20, 30%内割り置換とした。なお、今回は粉体としてのダイラタンシー性状を確認するため、骨材の影響因子を除外し、水結合材比18.0%のペースト配合、消泡剤添加率は結合材に対して0.06%とした。ペーストの練混ぜは、空練10秒→注水→ペースト化時間+2分練混ぜ→3分静置→30秒練混ぜとし、回転数160rpmのモルタルミキサにて行い、練混ぜ量は2Lとした。ここで、「ペースト化時間」とは、練混ぜ開始から目視により水と結合材が一体化し、その後一体化の状態がほとんど変化しないと判断される時間である。

(3) 実験項目および測定方法

0打フローの測定はJASS 5M-701に準拠し、SP添加量によって270±20mmに調整した。ダイラタンシー性状の測定は、回転型レオメータ(Malvern Panalytical Kinexus pro)を用いた。測定には、長さ21mm、羽根の直径25mmのVaneプレートを使用した。

表2 実験水準

混和材 の種類	置換率(%)			
	10	20	30	50
BF3.8	○		○	○
BF1.8	○		○	○
BF1.0	○		○	○
BF0.5	○		○	○
SF0.4	○	○	○	

キーワード 高炉スラグ微粉末, ダイラタンシー, サブミクロン, シングルミクロン

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

3. 実験結果

実験結果を表3に、各混和材を置換した水準の回転型レオメータ測定結果とダイラタンシー性状の大きさの目安を図1に示す。SF0.4-30のみSPを上限使用量まで添加してもフロー値を目標範囲内とすることができなかった。

ペースト化時間は、高炉スラグ超微粉末のD₅₀が小さくなるほど短くなり、練混ぜ時間を改善できる傾向にあることが分かった。BF3.8とBF1.8では置換率30%が一番短く、BF1.0以下の水準では置換率が高くなるほど、ペースト化時間は短くなった。また、SFと同程度のD₅₀であるBF0.5のペースト化時間は、SF0.4と同程度となることが分かった。

ダイラタンシー性状の大きさは、高炉スラグ超微粉末のD₅₀が小さくなるほど、ダイラタンシー性状の発生の大きさは改善される傾向となった。BF3.8からBF1.0までは、置換率50%においてダイラタンシー性状が顕著に確認された。置換率50%では、セメントのまわりを充填する微粒分が多すぎて、粒子同士の引っ掛かりや摩擦による抵抗が大きくなったと考えられる。また、すべての高炉スラグ超微粉末において、置換率30%がダイラタンシー性状の改善効果が大きい。BF0.5とSF0.4はほぼ同程度の測定結果となった。高炉スラグ超微粉末を製造する際の粉碎動力を考慮すると、BF1.8-30の使用で十分と考えられる。今回は、粒度分布のみに着目して評価を行ったが、ダイラタンシー性状の発生の要因と考えられる円形度や濡れ性に着目し、練混ぜ時のミキサーの電流を考慮して、ダイラタンシー性状の改善効果を総合的に評価することが今後の課題である。

表3 実験結果

配合No.	AD/B (%)	SP/B (%)	0打フロー (mm)	ペースト化時間	ダイラタンシー発生の大きさ
BF3.8-10	10	1.40	254	5m30s	中
BF3.8-30	30	1.05	283	6m	中
BF3.8-50	50	1.00	290	10m	大
BF1.8-10	10	1.00	257	3m30s	小
BF1.8-30	30	0.55	260	2m	無
BF1.8-50	50	0.70	276	3m	中
BF1.0-10	10	0.90	255	2m	小
BF1.0-30	30	0.60	257	40s	無
BF1.0-50	50	0.80	255	30s	中
BF0.5-10	10	1.05	277	90s	小
BF0.5-30	30	0.80	265	25s	無
BF0.5-50	50	1.10	254	20s	無
SF0.4-10	10	2.10	274	50s	小
SF0.4-20	20	3.10	255	30s	無
SF0.4-30	30	5.00	206	35s	無

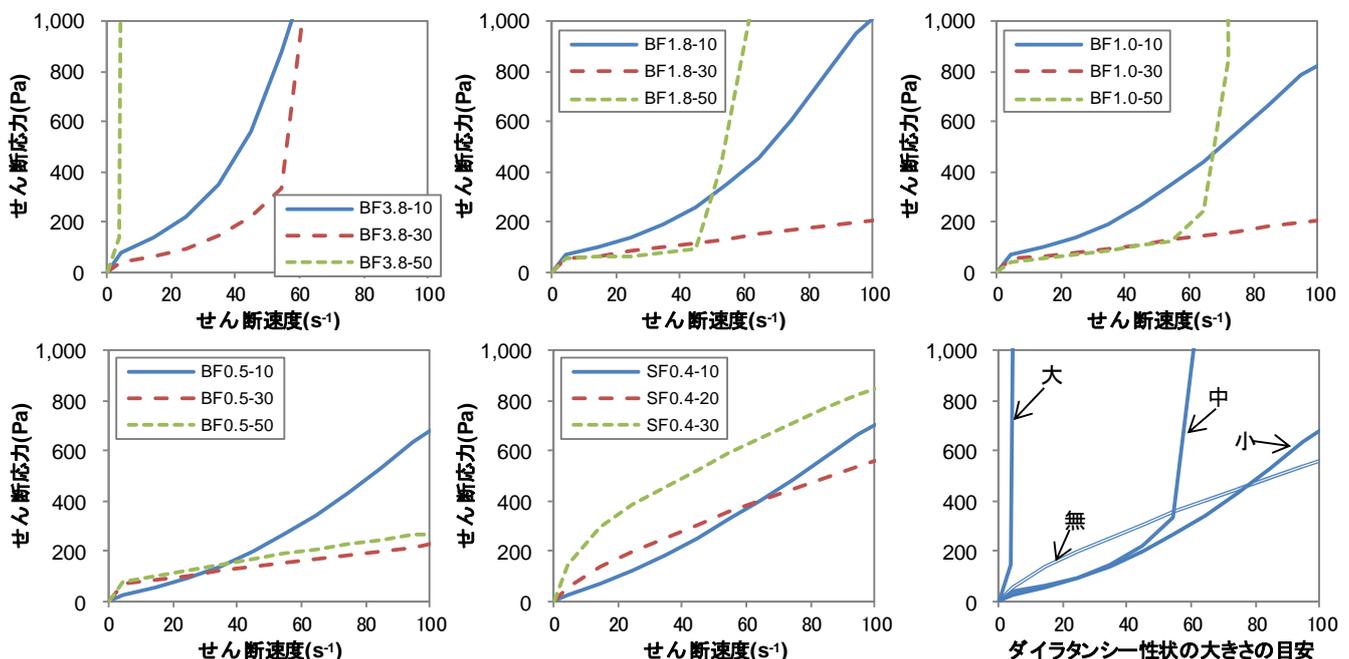


図1 各混和材を置換した水準の回転型レオメータ測定結果とダイラタンシー性状の大きさの目安

4. まとめ

D₅₀が3.8, 1.8, 1.0および0.5μmの4種類の高炉スラグ超微粉末による低水結合材比のペーストのダイラタンシー性状の改善効果をシリカフェームと比較した結果、以下の知見を得た。

高炉スラグ超微粉末のD₅₀が小さくなるほど、ダイラタンシー性状は改善される。とくに、置換率では30%の場合、改善効果が大きい。高炉スラグ超微粉末をシリカフェームと同程度のD₅₀とした場合、ほぼ同程度の流動性を示す可能性がある。