

論文 使用材料の粒度分布が高流動コンクリートのフレッシュ時の品質に及ぼす影響

相良健一*1・魚本健人*2

要旨：高炉スラグ微粉末を用いた粉体系高流動コンクリートにおいて、様々な要因がフレッシュ時の品質に及ぼす影響を把握し、その理由を粉体材料の粒度分布の測定から比表面積、全表面積、比表面積球相当径などを算出し考察を行った。その結果、高流動コンクリートのフレッシュ時に生じる自由水超過による材料分離、自由水不足による流動性低下の理由を粉体粒子に拘束される水量との関連で説明することが可能であった。またニューラルネットワークおよび感度解析を用い粉体粒子の推奨粒度分布の提案を行った。

キーワード：粒度分布、比表面積、表面積、拘束水、推奨粒度分布

1. はじめに

高流動コンクリートは、高流動性、高材料分離抵抗性という性質を有し締固め作業を行うことなく型枠の隅々まで自己充填することが要求されるものである。これらの要求性能を全て満足するためには、使用材料の選定及び配合設計を行うことが重要であるが、高流動コンクリートは普通コンクリートと比較して構成材料の種類が多く、フレッシュ時の性質がその使用材料の種類や特性により大きく異なり所要の品質を確保できない場合がある。

本研究では、混和材として高炉スラグ微粉末を用いた粉体系高流動コンクリートにおいて、高炉スラグ微粉末、細骨材、粗骨材、高性能 AE 減水剤などの各構成材料が変形性や材料分離抵抗性などのフレッシュ時の品質に及ぼす影響の把握を実験により行った。またフレッシュコンクリートは水と粒子の集合体という考えのもと使用材料の粒度分布に着目した考察を行い、粉体粒子の推奨粒度分布の提案を試みた。

2. 使用材料特性

実験に用いた高流動コンクリート構成材料及びその物性を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、混和材として高炉スラグ微粉末(4種類)を用いた。細骨材は2種類用い、それらの混合割合の変化、粗骨材は最大寸法を20mmとし、G小(5~13mm)、G大(13~20mm)の混合割合の変化により粒度分布を調整し用いた。

表-1 使用材料及び物性

材 料	記 号	材 料 物 性
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度 3150(kg/m ³),比表面積 3260(cm ² /g)
混和材	BS40	高炉スラグ微粉末,密度 2900(kg/m ³),比表面積 4110(cm ² /g)
	BS60	高炉スラグ微粉末,密度 2900(kg/m ³),比表面積 5810(cm ² /g)
	BS80	高炉スラグ微粉末,密度 2900(kg/m ³),比表面積 7960(cm ² /g)
	BS100	高炉スラグ微粉末,密度 2900(kg/m ³),比表面積 9800(cm ² /g)
細骨材	S1	富士川産川砂,密度 2630(kg/m ³),吸水率 1.89(%),実積率 65.8(%)
	S2	富士川産川砂,密度 2660(kg/m ³),吸水率 1.47(%),実積率 65.5(%)
粗骨材	G小	両神産碎石 5~13mm,密度 2700(kg/m ³),実積率 57.1(%)
	G大	両神産碎石 13~20mm,密度 2700(kg/m ³),実積率 58.2(%)
混和剤	SP	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)
	AE	AE助剤(ロジン系界面活性剤)

*1 東京大学大学院、工学系研究科社会基盤工学専攻 (正会員)

*2 東京大学教授、生産技術研究所、工博 (正会員)

3. 実験概要および実験結果

まず練混ぜ時間、水粉体比、細骨材容積比、細骨材率などを変化させることで表-2 に示す基準配合を決定した。この基準配合に対し、粉体(C+BS)、高性能 AE 減水剤を以下の各項目別に示す変化項目、水準で変化させ、フレッシュ時の品質に及ぼす影響を表-3 に示す性能評価試験を用いて評価を行った。なおその際の目標値は表-4 に示すように設定した。

3.1 粉体の粒度分布変化時の影響

粉体の粒度分布変化時の影響を把握するために、表-5 に示すようにスラグ比表面積、スラグ置換率、粉体量を4~6水準変化させた。

3.1.1 スラグ比表面積の影響

今回用いた高炉スラグ微粉末(4種類)をレーザー回折式粒度分布測定装置により測定した粒度分布を図-1、スラグ比表面積変化時の実験結果を図-2~4 に示す。スランプフローはスラグ比表面積約 8000(cm^2/g)、V 漏斗流下時間は約 7000(cm^2/g)を境に傾向が変わり品質が悪化していることが分かる。この理由を説明するために粒度分布より各粒径の個数を式(1)より、またその得られた個数より各スラグの比表面積(以後実測比表面積)、全表面積、比表面積球相当径[1]を算出した。なお式(1)の粒度分布とはレーザー回折式粒度分布測定装置において測定された体積分布であり、比表面積球相当径とは同じ比表面積の球の直径である。

表-2 基準配合

W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					添加率 (P×%)	
		W	C	BS	S	G	SP	AE
35	55	175	150	350	863	725	0.8	0.4

表-3 性能評価試験及び測定項目

試験名	測定項目
空気量	空気量(圧力法)
スランプフロー	フロー幅・50cm到達時間・フロー停止時間
V漏斗流下試験	流下時間(練上がり直後・5分静置後)
ボックス試験	充填高さ

表-4 各測定項目目標値

試験名	目標値
空気量	4.0~7.0 (%)
スランプフロー	65±5 (cm)
50cm到達時間	5 (sec) 以内
フロー停止時間	15~30 (sec)
V漏斗流下試験	直後・5分静置後共に 5~15 (sec) 以内
ボックス試験	30 (cm) 以上

表-5 粉体変化項目及び変化水準

変化項目	水準	変化させた材料
スラグ比表面積(cm^2/g)	4000・6000・8000・10000	BS40,60,80,100
スラグ置換率 (%)	30・40・50・60・70・80	C,BS60,S
粉体量 (kg/m^3)	400・450・500・550・600	C,BS

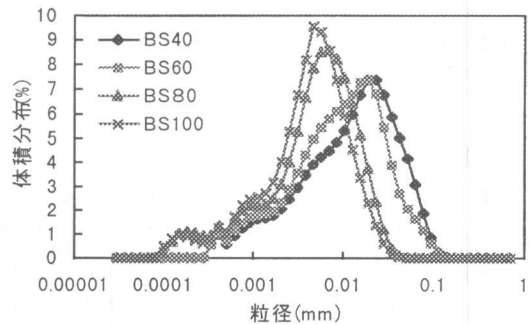


図-1 スラグ比表面積別の粒度分布

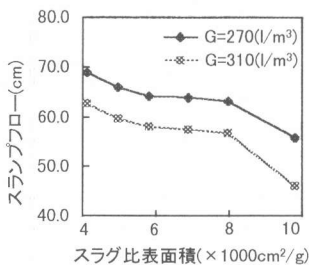


図-2 比表面積とスランプフローの関係

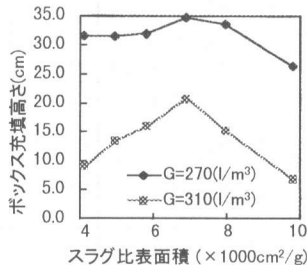


図-3 比表面積とボックス充填高さの関係

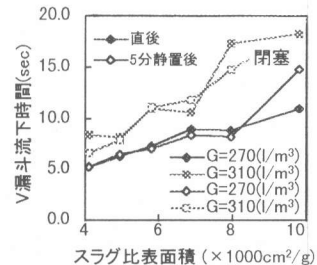


図-4 比表面積とV漏斗流下時間の関係