

微粒珪砂を混入したコンクリートのフレッシュ性状に関する研究

名古屋工業大学工学部 ○ 正会員 上原 匠 正会員 平原英樹
 名古屋工業大学大学院 学生員 佐藤 貢 正会員 梅原秀哲
 矢作建設工業株式会社 正会員 桐山和也

1. まえがき

現在、瀬戸地区では年間約 20 万トンもの微粒珪砂が珪砂副産物として排出され、一部が再利用されている。しかし、その約 70%は埋戻し処分されており、資源としての有効利用が重要な課題となっている。そこで、産業副産物である微粒珪砂を粉体系高流動コンクリートに有効利用することを目的に、微粒珪砂を混入したコンクリートのフレッシュ性状について実験により検討を行った。

2. 使用材料

表-1に使用材料を示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材および粗骨材は名古屋近郊の生コン工場で使用されている材料を用いた。微粒珪砂の比重は 2.65、主成分は SiO_2 (93.2%)、Ig-Loss は 0.26%、平均粒径は $70\mu\text{m}$ 程度である。

また、粉末度は $1000\text{cm}^2/\text{g}$ と高炉スラグ微粉末、石灰石微粉末、フライアッシュ等よりも低く、常温で不活性な材料である^[1]。ところで、珪砂製品が湿式方式で生産されることから、副産物も湿润状態で排出される。混和材料として用いるには、品質管理の上で気乾または絶乾状態が望ましいが、経済性や環境への配慮から、排出された状態のままで用いることとした。今回用いた微粒珪砂の含水率は 14%程度である。高性能 AE 減水剤にはポリカルボン酸系を用いた。

3. 配合および実験項目

表-2に配合を示す。今回目標強度は設定せず、水セメント比を 50%とし、単位水量、単位粗骨材量を一定として、微粒珪砂は細骨材と置換して用いた。置換率は容積で 0、10、20、30%である。粉体量はそれぞれ、340、433、519、599 kg/m^3 となる。目標とするスランプフローは 60cm とした。予備実験より微粒珪砂に含まれる水が、練混ぜに関与しないことが確認されたことから、単位水量に対する微粒珪砂の含水量の補正は行わないこととした。配合表での単位微粒珪砂量は含水状態で値を示す。高性能

AE 減水剤の添加率は、微粒珪砂の置換率 10%に対する予備実験から、セメント質量に対して 1.0、1.1、1.3、1.5%とし、目標空気量は 4.0%として AE 助剤を適宜使用した。練混ぜは強制練りミキサを使用し、練混ぜ時間は 3分とした。微粒珪砂は砂と同様に取り扱った。

試験項目は、スランプフロー試験、空気量試験、および S I 試験である。なお、S I 試験とは、5mm のふるいによる粗骨材とモルタルとの分離抵抗性評価試験をさし、SI 値はバイブレータによって 60 秒間振動を与えた場合、 SI_0 値は無振動で 5 分間静置した場合の（落下したモルタル質量）／（全モルタル質量）の百分率である。

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	比重:3.15,比表面積:3340 cm^2/g
細骨材	山砂(豊田産)	S	比重:2.56,吸水率:1.76%,粗粒率:2.78
粗骨材	碎石(春日井産)	G	比重:2.69,吸水率:0.79%,粗粒率:6.78,最大寸法:20mm
混和材	微粒珪砂	K	比重:2.65,比表面積:1000 cm^2/g
混和剤	高性能AE減水剤	SP	主成分:ポリカルボン酸系
	AE剤(AE助剤)	AE	主成分:樹脂塩酸系陰イオン界面活性剤

表-2 配合表

シリーズ	W/C (%)	置換率 (%)	SP添加率 (%)	W	C	S	G	K
				(kg/m ³)				
0-0.7		0	0.70	170	340	841	848	0
10-1.00			1.00					
10-1.10		10	1.10	170	340	812	848	108
10-1.30			1.30					
10-1.50			1.50					
20-1.00			1.00					
20-1.10		20	1.10	170	340	693	848	208
20-1.30			1.30					
20-1.50			1.50					
30-1.00			1.00					
30-1.10		30	1.10	170	340	583	848	301
30-1.30			1.30					
30-1.50			1.50					

※シリーズ名は置換率-SP添加率で表示

4. 実験結果および考察

表-3にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。微粒珪砂の置換率が0%の場合、高性能AE減水剤の添加率が0.7%のとき、材料分離が見られず最大スランプ値16cmが得られた。微粒珪砂で置換することにより、スランプフローが大きくなり、流動性が改善されていることがわかる。なお、材料分離の有無はスランプフローの状態を目視で判断して行った。高性能AE減水剤の添加率が増えるにしたがってスランプフローは大きくなるが、しだいに材料分離の傾向が見られ、空気量も極端に減少することがわかった。これは、モルタルの粘性が低くなり空気の連行能力がおちたためと考えられる。SI試験については、高性能AE減水剤の添加率が1.5%では目視により明らかに材料分離が生じていることより試験対象から除外した。

図-1に置換率とスランプフローの関係を示す。微粒珪砂の置換率が同じ場合、高性能AE減水剤の添加率が1.3%のスランプフロー値と1.1%の値と比べると、15cm以上の差が生じている。また、高性能AE減水剤の添加率の違いにより、微粒珪砂の置換率の増加に伴うスランプフローの現れ方が異なることがわかる。すなわち、高性能AE減水剤の添加率が低い領域では、微粒珪砂の置換率が大きくなるにしたがって、スランプフローが小さくなる。逆に添加率が大きい領域では、置換率が大きくなるにしたがって、スランプフローが大きくなり、かつ、材料分離の傾向が見られる。これより、水セメント比50%で単位水量 $170\text{kg}/\text{m}^3$ の場合に安定して得られるスランプフローは50cm程度であり、その時の微粒珪砂の置換率および高性能AE減水剤の添加率は、20%および1.1%程度との結果が得られた。微粒珪砂の置換率と混和剤の添加率を調整することで、微粒珪砂の粉体系高流動コンクリートへの適用が可能であると言えよう。

図-2にSI試験結果を示す。図より微粒珪砂の置換率による差はあまり見られず、高性能AE減水剤の添加量1.3%の場合に他との差が見られる。SI値と SI_0 値の比較から、高流動コンクリートを対象とした場合のSI試験による分離抵抗性の評価は SI_0 値で検討する方がよいと判断される。今回の試験結果からは、静置した場合の SI_0 値が20%を越えると材料分離の可能性があるとの結果となった。

5. 結論

微粒珪砂を粉体として使用することにより、流動性が改善されることから、微粒珪砂の粉体系高流動コンクリートへの適用が可能であると言えよう。なお、水セメント比50%、単位水量 $170\text{kg}/\text{m}^3$ の場合に安定して得られるスランプフローは50cm程度である。

参考文献 [1] 森野奎二：産業廃棄物のオートクレープ処理、愛知工業大学研究報告No.8 (1973)

表-3 実験結果

シリーズ	スランプ (cm)	スランプフロー (mm)	Air (%)	SI値		状態
				SI	SI_0	
0-0.7	16.0	310×300	3.5	—	—	良好
10-1.00	23.0	505×500	5.1	76.9	4.4	良好
10-1.10	23.5	480×450	5.3	70.8	6.5	良好
10-1.30	25.0	670×660	6.5	69.2	23.3	やや分離
10-1.50	23.5	690×675	2.1	—	—	分離
20-1.00	22.5	465×445	3.9	76.3	11.7	良好
20-1.10	23.5	490×515	4.8	78.3	13.7	良好
20-1.30	24.5	705×645	5.0	71.2	29.2	やや分離
20-1.50	23.0	760×675	2.1	—	—	分離
30-1.00	21.0	390×390	4.3	71.7	10.1	良好
30-1.10	21.5	385×365	3.4	77.7	2.9	良好
30-1.30	25.5	705×690	5.6	80.4	37.8	やや分離
30-1.50	23.0	705×710	1.8	—	—	分離

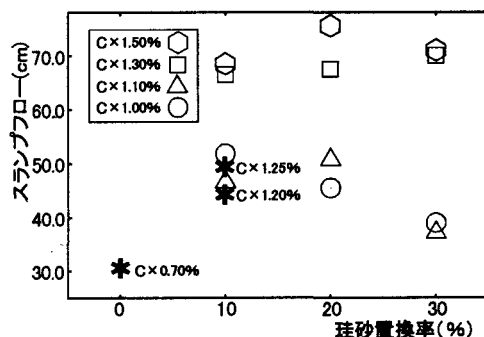


図-1 置換率とスランプフローの関係

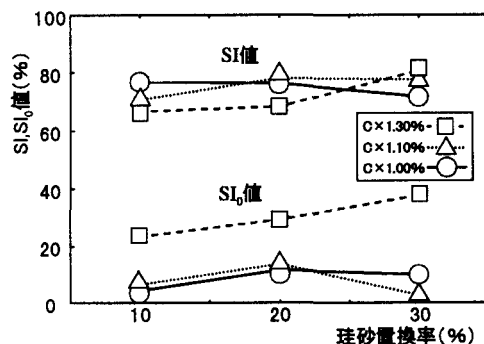


図-2 SI試験結果