

微粒珪砂の粒度分布の相違が高流動コンクリートに及ぼす影響

日本コンクリート(株) ○ 山田智詔 矢作建設工業(株) 正会員 服部啓二
住友大阪セメント(株) 滝瀬直登 丸栄コンクリート工業(株) 森 信夫
名古屋工業大学大学院 正会員 梅原秀哲

1. はじめに

微粒珪砂とは、ガラス用製品珪砂の製造工程で発生する産業副産物であり、年間 20 万トン排出されている。現在、瀬戸地区では 22 企業が製品珪砂の製造活動を行っており、13 企業が微粒珪砂と低級水簾粘土に分けて排出している。本研究では、微粒珪砂の材料調査を実施し、粒度分布の異なる代表的な 2 種類の微粒珪砂を選定し、粒度分布の相違が高流動コンクリートに及ぼす影響について実験的検討を行った。

2. 微粒珪砂の材料調査及び使用材料

今回の調査では、微粒珪砂を排出する企業のうち、7 社を選定し調査を行った。調査項目は、月間排出量、脱水方法ならびに保管方法である。調査結果を表-1 に示す。実施した試験は、粒度試験、密度試験であり、結果を表-2 に示す。表より微粒珪砂の平均粒径は、約 80~210 μm の範囲であった。使用材料を表-3 に示す。微粒珪砂は粒径の最も小さいもの(表-2 の No.1、平均粒径約 80 μm)、なら

表-1 調査結果

No	排出量(t/月)	脱水方法	保管方法
1	1000~2000	遠心・真空	屋内・屋外
2	1000~2000	遠心	屋内
3	1000~2000	真空	屋内
4	500~1000	真空	屋内
5	500~1000	自然放置	屋外
6	500~1000	自然放置	屋外
7	500~1000	自然放置	屋外

びに粒径の最も大きいもの(表-2 の No.2、平均粒径 210 μm)を使用した。

表-2 材料試験結果

No	各ふるい残留率 (%)								平均粒径 (μm)	比表面積 (㎡/ml)	密度 (g/cm³)
	600 μm	300 μm	150 μm	106 μm	75 μm	53 μm	32 μm	Pan			
1	0.2	0.7	3.4	12.4	22.6	31.4	27.7	1.7	81	0.094	2.65
2	0.0	20.5	26.0	26.3	17.9	7.9	1.5	0.0	206	0.039	2.65
3	0.5	13.3	33.6	32.0	11.8	5.4	3.3	0.2	196	0.042	2.64
4	2.0	3.3	5.0	15.9	24.3	25.5	21.2	2.9	112	0.081	2.63
5	0.2	1.8	19.1	26.2	18.9	17.8	14.0	1.9	121	0.077	2.61
6	0.3	20.6	22.3	28.4	17.1	7.0	3.2	1.2	203	0.039	2.75
7	0.1	5.0	16.3	23.0	17.2	16.0	17.6	4.7	124	0.120	2.59

3. 配合・試験項目

配合を表-4 に示す。シリーズ1は平均粒径約 80 μm(K1)の微粒珪砂を、シリーズ2では平均粒径約 210 μm (K2)を使用した。配合は、水セメント比 50%一定、単位セメント量 380kg/m³一定、単位粗骨材絶対容積 0.314m³/m³一定とし、単位微粒珪砂量は、シリーズ1では100、150、200、250kg/m³の4水準、シリーズ2では150、200、250、300、350kg/m³の5水準とした。目標スランプフローを 680±50 mm とし、高性能 AE 減水剤の添加量を適宜決定した。試験項目は、フレッシュではスランプフロー試験、空気量試

表-3 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	密度:3.15g/cm³, 比表面積:3290cm²/g
細骨材	山砂(木曾川水系)	S	密度:2.58g/cm³, 吸水率:1.80%, 粗粒率:2.85
粗骨材	碎石(外ノ原産) <最大寸法:20mm>	G1	密度:2.68g/cm³, 吸水率:0.61%, 粗粒率:6.80
		G2	密度:2.65g/cm³, 吸水率:0.58%, 粗粒率:6.81
混和材	微粒珪砂(瀬戸産)	K1	密度:2.65g/cm³, 平均粒径:約 80 μm
		K2	密度:2.65g/cm³, 平均粒径:約 210 μm
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

記号 G1 はシリーズ1で使用、記号 G2 はシリーズ2で使用

表-4 高流動コンクリートの配合

シ ー ズ	配 合 No	W/C (%)	s/a (%)	W/V _c +V _k	単位量(kg/m³)					
					W	C	K	S	G	SP(C×%)
1	1	50.0	48.2	1.20	190	380	100	755	841	6.46(1.70)
	2		46.6	1.07			150	706		6.84(1.80)
	3		44.8	0.97			200	658		7.79(2.05)
	4		42.9	0.88			250	609		9.88(2.60)
2	1	50.0	46.6	1.07	190	380	150	706	832	5.51(1.45)
	2		44.8	0.97			200	658		6.27(1.65)
	3		42.9	0.88			250	609		6.84(1.80)
	4		40.3	0.81			300	561		7.60(2.00)
	5		38.1	0.75			350	512		8.74(2.30)

験、U 形充填試験(障害 R2)、硬化後は材齢 1 週、4 週での圧縮強度試験である。

4. 実験結果および考察

実験結果一覧を表-5に示す。単位微粒珪砂量とスランプフローの関係を図-1に示す。図より、平均粒径が約 80μm である K1 は、単位微粒珪砂量 100~250kg/m³ の範囲で、また、平均粒径が約 210μm の K2

は、単位微粒珪砂量 200~350kg/m³ の範囲で目標としたスランプフローを得ることができた。SP 添加率に着目し同一微粒珪砂量で比較すると、平均粒径の大きい K2 が K1 より少ない SP 添加率で目標スランプフローの範囲となった。

単位微粒珪砂量と U 形充てん装置による充てん高さの関係を図-2に示す。図より K1 は単位微粒珪砂量 100~250kg/m³ の範囲で、K2 は単位微粒珪砂量 200~300kg/m³ で充てん高さ 300mm 以上となり、自己充てん性を有していると判定される。よって、微粒珪砂の粒度分布が異なっても、SP 添加率の調整によりスランプフローが 680±50mm となる自己充てん性を有する高流動コンクリートが製造可能であると考えられる。

配合における細骨材と微粒珪砂の合成粒度を表-6に示す。自己充てん性を有する配合の合成粒度における 0.15mm 通過量の最小値は、K1(単位量 100kg/m³)で 14.6%、K2(単位量 200kg/m³)で 15.4%であった。

単位微粒珪砂量と材齢 4 週における圧縮強度の関係を図-3に示す。図より今回検討を行った範囲では単位微粒珪砂量の相違による明確な傾向は見られず、空気量の相違による影響の方が大きく現れた。

5. まとめ

粒度分布の異なる微粒珪砂が高流動コンクリートに及ぼす影響を検討した結果、微粒珪砂の粒度分布が異なっても、SP 添加率の調整によりフレッシュ及び硬化後の性状が所要の範囲を満たす自己充てん性を有する高流動コンクリートが製造可能であることが分かった。

なお、自己充てん性を有する単位微粒珪砂量の範囲は、平均粒径 80μm 程度の場合 100~250kg/m³、平均粒径 210μm 程度の場合 200~300kg/m³であった。またこの時、材齢 4 週における圧縮強度は 40~50N/mm² の範囲であった。

表-5 実験結果一覧

*1 種別	スランプフロー			間げき通過性試験		空気量 (%)	圧縮強度(N/mm ²)	
	(mm×mm)	500mm 到達(s)	停止 (s)	充てん 高さ(mm)	充てん 時間(s)		1 週	4 週
1-1	635×630	4.6	42.0	304	46.0	5.3	41.2	45.1
1-2	650×650	4.6	43.0	319	49.0	4.3	38.2	47.4
1-3	660×635	4.7	56.0	334	50.0	5.6	39.6	48.3
1-4	710×705	6.9	71.0	346	43.0	3.6	42.0	47.6
2-1	610×565	4.7	29.0	231	18.2	1.5	44.7	53.9
2-2	680×680	4.5	57.0	328	48.0	5.7	36.5	41.9
2-3	705×650	5.9	49.0	344	37.0	1.5	38.4	45.7
2-4	680×665	7.8	67.9	338	54.0	1.8	37.7	45.0
2-5	660×650	13.6	76.0	194	89.0	2.6	33.9	38.2

*1：種別は「ス」-配合 No で表示

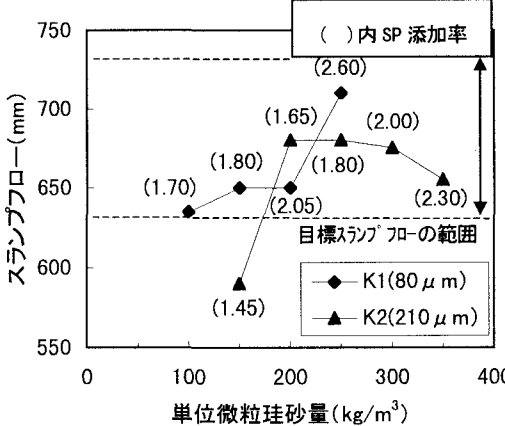


図-1 単位微粒珪砂量とスランプフローの関係

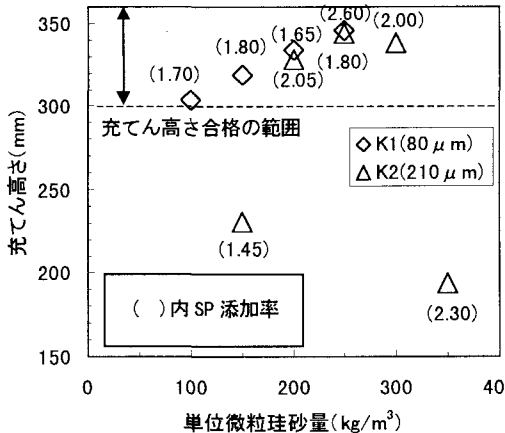


図-2 単位微粒珪砂量と充てん高さの関係

表-6 配合における細骨材と微粒珪砂の合成粒度

種類	充てん性	単位量 (kg/m ³)	通過質量百分率(%), ふるい目(mm)						
			4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
K1	○	100	100	83.3	68.2	51.3	30.9	14.6	6.7
	○	250	100	86.5	74.4	60.8	44.2	30.5	16.7
K2	×	150	100	84.3	70.2	54.5	31.9	12.5	1.6
	○	200	100	85.5	72.3	57.7	35.2	15.4	2.2
	○	300	100	87.7	76.5	64.0	41.8	21.0	3.2

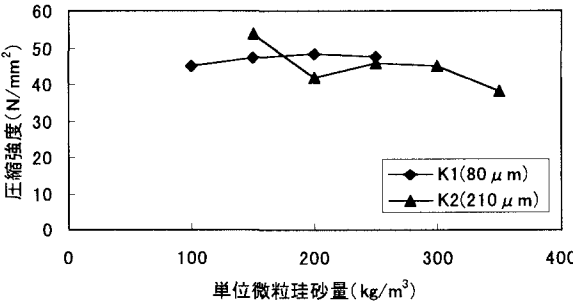


図-3 単位微粒珪砂量と圧縮強度の関係