

微粒珪砂の混入がフレッシュコンクリートに及ぼす影響の検討

矢作建設工業(株) 正会員 ○ 桐山和也 住友大阪セメント 滝瀬直登
丸栄コンクリート工業(株) 森 信夫 日本コンクリート(株) 森嶋和博
名古屋工業大学大学院 正会員 梅原秀哲

1. はじめに

愛知県瀬戸地区では、ガラス用製品珪砂の製造工程で年間約 20 万トンの微粒珪砂が排出され、現状ではセメント処理を施し採掘場跡地に埋立処分されている。また、土木学会編集・資源有効活用の現状と課題¹⁾では、粉体や細骨材として廃棄物を利用する場合モルタルを用いた評価を行うこととしている。そこで、本研究では、微粒珪砂をコンクリート用材料として有効活用することを目的に、微粒珪砂を混入したモルタル及びペーストを用い、微粒珪砂がフレッシュ及び硬化後の性状に及ぼす影響を検討した。

2. 使用材料

表-1 に使用材料を示す。表-2 に微粒珪砂の材料特性を示す。微粒珪砂の主成分は SiO₂ で、平均粒径 70 μm 程度である。

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	密度:3.15, 比表面積:3340cm ² /s
細骨材	山砂(豊田産)	S	密度:2.56, 吸水率:1.76%, 粗粒率:2.78
混和材	微粒珪砂(瀬戸産)	K	密度:2.65, 平均粒径 70 μm, 強熱減量:0.26%

3. モルタルの配合及び試験項目

配合は、水セメント比 50%とし、試験練りを行いフロー値 190mm 程度となる細骨材量を求め基本配合とした。微粒珪砂は含水率 14%の状態、細骨材と置換して用いた。置換率は、細骨材容積内割で 5.1、9.4、14.3、18.8%である。配合を表-3 に示す。ただし、微粒珪砂の置換率が大きくなると W/C が大きくなるため、置換率 0%の基本配合の W/C を 50、55、60%と変化させ比較した。

試験項目は、フロー試験及び材齢 1 週、4 週の圧縮強度試験である。ただし、ここで示すフロー値は、フローテーブルにより 15 回落下運動を与えたものである。

表-2 微粒珪砂の材料特性

化学組成								
成分名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
(%)	93.20	3.25	0.10	0.06	0.00	0.02	0.16	2.69
粒度分布								
ふるい目(μm)	300	150	106	75	53	32	Pan	
残留率(%)	0.1	1.2	8.3	20.5	28.6	39.3	2.0	

表-3 モルタルの配合

配合 No.	置換率 (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
			W※1	C	S	K※1
基本1	0.0	50	283	568	1371	0
基本2		55	312		1299	0
基本3		60	341		1226	0
1	5.1	51.5	293(283)		1279	71(81)
2	9.4	53.0	301(283)		1203	129(147)
3	14.3	54.5	310(283)		1118	193(220)
4	18.8	56.0	318(283)		1043	250(285)

※1 ()内は含水率 14%での値

4. モルタルの試験結果及び考察

W/C とフロー値の関係を図-1 に示す。図より基本となる無置換のものは、単位水量の増加に伴いフロー値が直線的に増加する。一方、微粒珪砂で置換したものは、置換率の増加に伴い単位水量が増加するにもかかわらずフロー値の増加が見られない。このことより、微粒珪砂の含水量は、流動性に寄与していないと考えられ、本研究ではこの流動性に寄与しない水を拘束水と定義する。

W/C と圧縮強度の関係を図-2 に示す。図より材齢 1 週における強度を見ると、微粒珪砂で置換したものと無置換の差は見られなかった。材齢 4 週では、置換率 9.4、14.3、18.8%で 5%程度の強度低下

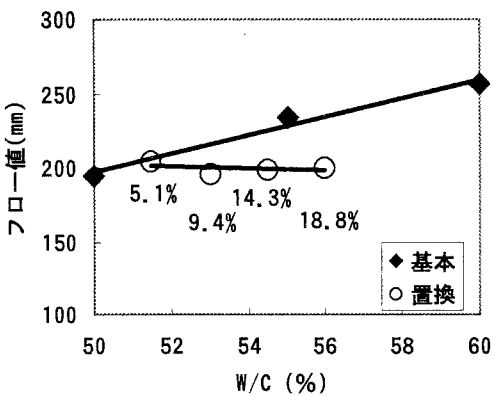


図-1 W/C とフロー値の関係

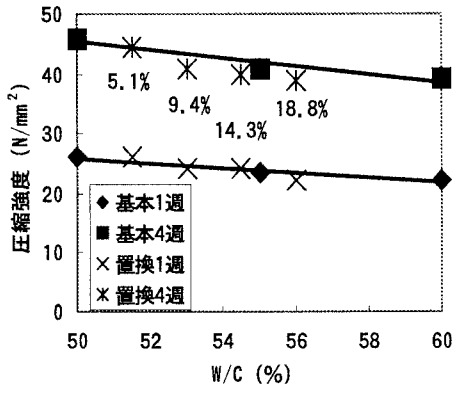


図-2 W/C と圧縮強度の関係

が見られた。また、微粒珪砂の含水量が水和に寄与しないとすると置換したものは $W/C=50\%$ となり、強度は置換率 0% の $W/C=50\%$ と同等程度の値となると予想される。しかし、置換したものの強度は、無置換の W/C と強度の関係より算定できる値とほぼ同様の値を示している。よって、微粒珪砂の含水量は、強度において単位水量の一部として加えても問題ないと考えられる。

5. ペーストによる検討

モルタルの実験で微粒珪砂が流動性に寄与しない拘束水を持つことが確認できた。そこで、ペーストの検討では微粒珪砂を粉体として扱い、ペーストのフロー値(落下運動を与えないフロー値)から得られる相対フロー面積比と水粉体容積比から、拘束水を定量的に評価することを目的に検討を行った。その基本式を表-4 に示す。

試験には、微粒珪砂とセメントの混合容積比を $V_k/(V_k+V_c)=0.20, 0.42, 0.51, 0.80, 1.00$ と 5 水準変化させた混合粉体を使用した。各混合粉体の水粉体容積比を 0.95~1.6 の範囲で変化させフロー値を測定し、式(1)により相対フロー面積比を求めた。図-3 に相対フロー面積比と混合粉体の水粉体容積比の関係を示す。図より $V_k/(V_k+V_c)$ が 0.20、0.42、0.51 のペーストは線形関係が得られたが、0.80、1.00 では水粉体容積比が 1.3 以上で混合粉体から水が分離し、先にフローする傾向が見られた。次に、微粒珪砂の拘束水比は、各 $V_k/(V_k+V_c)$ において、ペーストの拘束水比(切片の値)を求め、それを混合粉体に占める微粒珪砂の容積比を示す $V_k/(V_k+V_c)$ とペーストの拘束水比との関係で表すことにより求めることができ²⁾、その関係を図-4 に示す。図-4 において $V_k/(V_k+V_c)$ が 0 となる点はセメントペーストを意味し、1 となる点は微粒珪砂だけを意味している。微粒珪砂の拘束水比は、この直線を $V_k/(V_k+V_c)$ が 1 となる点まで外挿したときの $V_w/(V_k+V_c)$ であり、そのときの拘束水比は、0.75 となる。図-4 より、 $V_k/(V_k+V_c)$ が大きくなるにしたがい $V_w/(V_k+V_c)$ は直線的に減少し、 $V_k/(V_k+V_c)$ がある点より大きくなると直線から外れる。図-4 において $V_w/(V_k+V_c)$ が直線的に減少するのは、セメントと微粒珪砂の拘束水比の差が一定の場合であり、直線から外れるのは混合粉体に占める微粒珪砂の容積が増すことにより微粒珪砂粒子同士の接触の機会が増え、微粒珪砂が噛み合いにより変形を拘束しているためと考えられる。よって、微粒珪砂は流動性に寄与しない拘束水を持つことが確認でき、その値は容積比で $V_w/V_k=0.75$ 、含水率で示すと 28% 程度となる。

6. まとめ

本研究の範囲で得られた結論をまとめると以下の通りである。

- (1) 微粒珪砂は流動性に寄与しない拘束水を持ち、その値は容積比で $V_w/V_k=0.75$ 、含水率で示すと 28% 程度である。
- (2) 微粒珪砂を細骨材容積の内割で置換して用いたモルタルの場合、置換率 9.4、14.3、18.8% で 5% 程度の強度低下が見られたが、 W/C と強度の関係より微粒珪砂の含水量は、強度において単位水量の一部として加えても問題ないと考えられる。

表-4 ペーストフロー値の基本式

$\Gamma p=(F_p/100)^2-1$	(1)
$V_w/V_p=E_p-\Gamma p+\beta p$	(2)
ここに、	
Γp : 相対フロー面積比	
F_p : 振動を与えないペーストのフロー値	
V_w : ペースト中に占める水容積比	
V_p : ペースト中に占める粉体容積比	
E_p : 粉体の変形係数	
βp : 粉体の拘束水比	

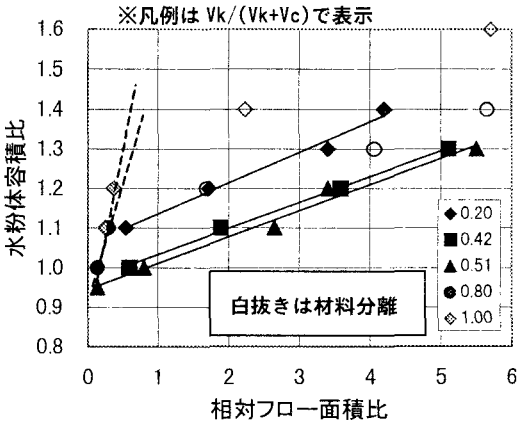


図-3 相対フロー面積比と水粉体比の関係

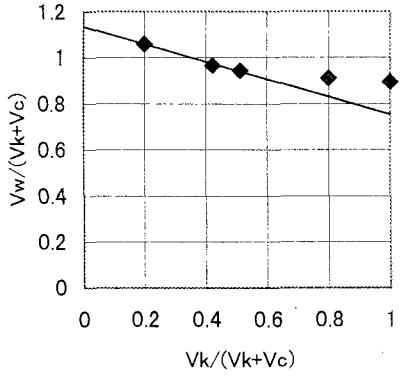


図-4 $V_k/(V_k+V_c)$ と $V_w/(V_k+V_c)$ の関係

『参考文献』 1) 土木学会：資源有効活用の現状と課題 コンクリートライブラリー 96、1999
 2) 枝松良展ほか：モルタルの変形性を表す細骨材の材料特性の定量化、土木学会論文集、1996