

シリカフューム添加モルタルの強度発現と微細構造

愛知工業大学 正会員 森野奎二

鈴中工業株式会社 山口典良

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の大型化・施工の省力化・景観への配慮などにより、コンクリートに高い性能が求められるようになった。高性能化するために、強度・流動性・耐久性を向上させることに努力が払われているが、なかでもコンクリートの高強度化は最も基本的な課題となっている。

コンクリートの高強度化には、結合材ペーストの強度改善、高品質骨材の選定、ペーストと骨材の界面の改良が重要である。結合材はセメント、シリカフューム、高性能AE減水剤などの使用により比較的容易に改善がなされる。骨材については天然の岩石でありその使用量も多いことから、最適のものを選定した上で改良するという方向で対処される。従来の普通強度のコンクリートではセメントペーストよりも骨材強度が常に上回るので骨材が問題になることはなかったが、高強度コンクリートにおいてはこれが逆転することが多く、骨材の選定が重要になっている。この場合対象とされるのは粗骨材であって、細骨材についてはあまり検討がなされていない。細骨材については通常川砂、山砂、海砂などの天然砂が使われているが、これらの資源は有限であり、人工砂である砕砂が今後さらに増加する趨勢にある。この観点からも川砂と砕砂を比較した検討が必要である。これらの諸点を踏まえて高強度用の富配合から普通配合までのモルタルの基礎実験を行った。

2. 実験概要

細骨材は、表1に示す5種類の砂を用いた。川砂は代表的な上質のものである。砕砂は岩石学的にいわゆる酸性岩の代表である花崗岩砕砂と塩基性岩の代表であるかんらん岩砕砂を用いた。比較用に珪砂と球状化装置（風砕）によって球形になっているスラグ骨材を用いた。骨材はふるい分けて一定粒度（FM2.70）で用いた。

結合材として、普通ポルトランドセメント（記号：C）とシリカフューム（以下、SFと記す）を用い、結合材ペーストの水結合材比 $[W/(C+SF)]$ は表3に

示すように20～60%とし、SFの添加をセメントの内割で $SF/(C+SF)=0, 10, 20\%$ とした。SFは外国製粉末状で、平均粒径約 $0.1\mu m$ 、 SiO_2 92.7%のものである。混和剤には高性能AE減水剤（主成分：アルキルアリルスルホン酸塩高縮合物）を用いた。砂結合材比 $[S/(C+SF)]$ は容積比で3及び4とした。供試体は $4X4X16cm$ とし、曲げと圧縮強度を材齢7、28、91日で求めた。強度試験後の供試体から試料を採取し顕微鏡観察を行った。

3. 結果および考察

材齢28日の圧縮強度試験結果を図1、図2に示す。図1には $S/(C+SF)=3$ で、 $W/(C+SF)=20\sim50\%$ 、 $SF/(C+SF)=0, 10, 20\%$ を、図2には $S/(C+SF)=4$ で、 $W/(C+SF)=40\sim60\%$ 、 $SF/(C+SF)=0, 10, 20\%$ をそれぞれ骨材岩種別に示した。両図の

表1 細骨材の性質

種 類	産 地	比重	吸水率(%)	構 成 鉱 物
大井川川砂	静岡県	2.61	1.24	石英、長石、雲母、粘土鉱物
花崗岩砕砂	愛知県	2.57	1.62	石英、長石、雲母
かんらん岩砕砂	三重県	2.86	1.52	かんらん石、蛇紋石、緑泥石
珪 砂	愛知県	2.63	0.83	石英、長石
風砕スラグ	副産物	2.65	0.45	ウスタイト、マグネタイト

表2 細骨材の粒度

ふるいの 呼び寸法 (mm)	粒径別 百分率 (%)
5 ～2.5	10
2.5～1.2	20
1.2～0.6	25
0.6～0.3	25
0.3～0.15	15
0.15以下	5

表3 配合の概略

S C+SF 容積比	W C+SF 質量%	SF C+SF 質量%
3	20	0 10 20
	25	
	30	
	40	
	50	
4	40	
	50	
	60	

特徴は、ほとんどすべての配合においてSFの添加によって強度が増加していることである。この増加量は水結合材比20%に近い富配合になるほど顕著である。SF10%添加と20%添加の比較では、両添加比にピークがみられ最適量は明瞭ではないが、概して富配合にはSF20%のほうに高強度を示すものが多く、貧配合になるほどSF10%が適量である傾向を示している。なお、紙面の都合で図示していないが、7日材齢では多くの配合がSF10%でピークを示し、SF20%添加では無添加よりも強度が低くなる例がかなりみられ、7日では反応時間が不足で未反応粒子が多いことをわかる。

骨材種類別の比較では、どの配合でも岩種間で大差は認められなく、川砂と砕砂、酸性岩と塩基性岩、などの違いにおいてもほとんど差は認められないという結果となった。このように強度においては差は認められなかったが、流動性においてかなりの差が生じており、一定のフロー値を得るためには、混和剤の使用量を増減しなければならなかった。最も流動性の良かったのは電気炉酸化スラグで、次いで川砂、珪砂、花崗岩、かんらん岩の順であった。これには骨材の粒子形状、表面組織、鉱物化学的な性質などが関与していることが骨材やモルタルの微細構造の観察結果から認められた。たとえば、花崗岩は石英、長石の粒状鉱物を主とし、かんらん岩は蛇紋石鉱物の繊維状であり、また化学成分も異っているなどである。

4. まとめ

実験に使用した骨材の範囲については次のことがいえる。①SFを添加したモルタル強度は、骨材岩種に関わりなく無添加よりも高く、その効果は富配合ほど顕著になる。②骨材岩種間でモルタル強度差はほとんど生じないが、流動性あるいは混和剤使用量にかなりの差が認められる。

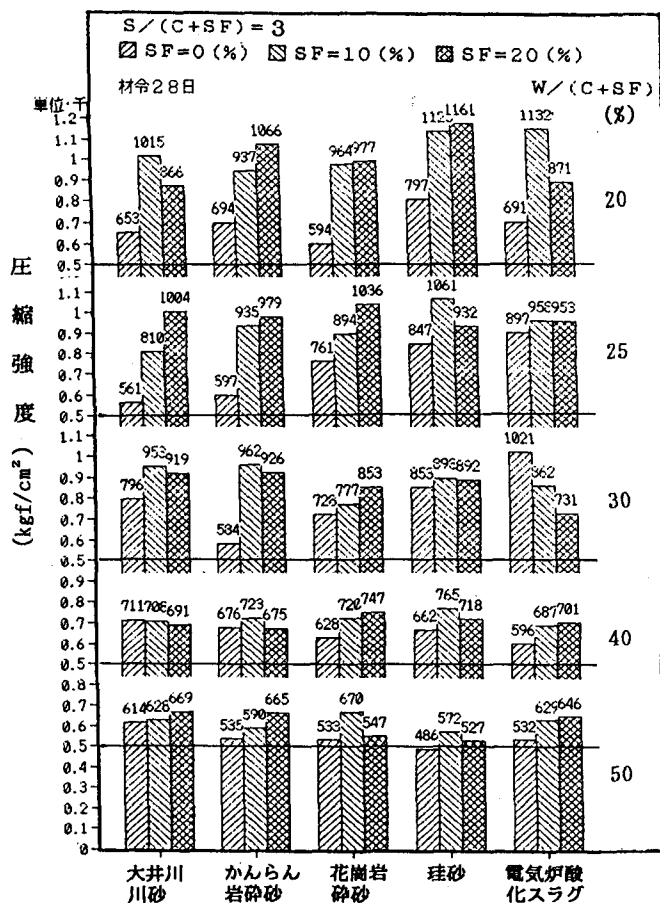


図1 骨材岩種別、配合別のモルタル強度試験結果

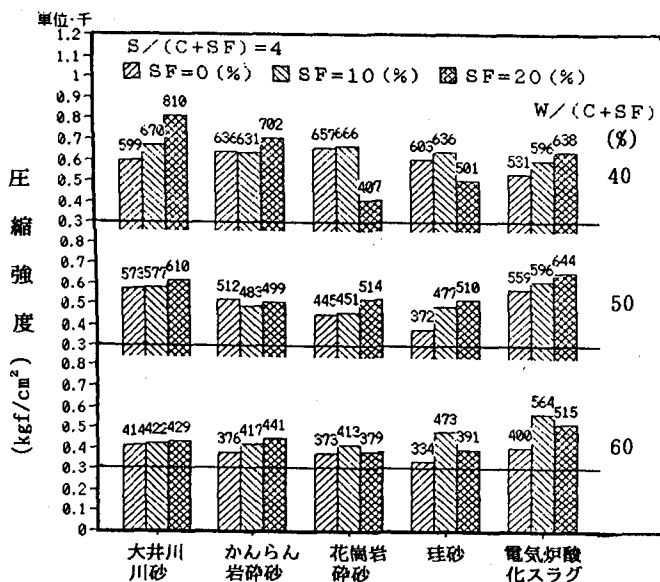


図2 骨材岩種別、配合別のモルタル強度試験結果