

各種岩石微粉末がコンクリートの性状におよぼす影響

名古屋工業大学 吉田弥智
豊田工業高等専門学校の中嶋清実
豊橋工業高等学校 水野晴夫

1. まえがき、これまで数種の川砂、水砕砂を用いたコンクリートに、細骨材の一部として岩石微粉末(けい酸質微粉末)を混入して用いたところ、コンクリートの諸性質を低下させずに著しく向上させる効果があることを確認した。今回は添加岩石微粉末として、けい酸質微粉末、石灰質微粉末、粘土質微粉末を用いて、それらが各種細骨材を用いたコンクリートにどのように影響するかを知らうとするものである。またペーストおよびモルタルに岩石微粉末を添加し、水和発熱速度および結合水量を測定することにより岩石微粉末が強度におよぼす原因を解明しようとするものである。

2. 実験方法 使用材料は、セメント：普通ポルトランドセメント、骨材：表-1のとおり、混和材：けい酸質微粉末(比重2.65, 比表面積 $3000\text{cm}^2/\text{g}$)

表1 骨材の物理的性質

骨材の種類	比重	吸水率 (%)	単重 (kg/m^3)	粗粒率	欠損率 (%)
長良川砂	2.57	1.73	1550	1.98	60.3
揖斐川砂	2.59	1.60	1690	3.03	65.3
矢作川砂	2.54	1.20	1619	3.08	63.7
高炉水砕砂A	2.80	1.00	1560	2.38	55.7
高炉水砕砂B	2.78	1.10	1510	2.67	54.3
高炉水砕砂C	2.69	1.78	1565	2.28	58.2
高炉水砕砂D	2.68	1.27	1540	2.39	57.5
揖斐川砂利	2.66	0.91	1619	6.88	60.9
瀬戸市山砂利	2.60	2.25	1620	6.80	62.3

表2 コンクリートの配合

記号	骨材の種類		骨材最大寸法 (mm)	スランパ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				
	細骨材	粗骨材						W	C	S	G	混和剤
R ₁	長良川砂(3)混合	イビ川砂利	25	15±2.0	20±0.5	65	45	185	285	841	1061	—
R ₂	矢作川	瀬戸市山砂利	25	7.5±1.5	1.5±0.5	55	43	186	338	751	1033	—
S ₁	水砕A							203	369	795	989	減水剤 CX0.15%
S ₂	水砕B							202	367	794	990	減水剤 CX0.15%
S ₃	水砕C							203	368	770	988	—
S ₄	水砕D							200	364	772	993	—

石灰質微粉末(比重2.71, 比表面積 $3000\text{cm}^2/\text{g}$)、粘土質微粉末(比重2.72, 比表面積 $3000\text{cm}^2/\text{g}$)である。

コンクリートの配合は表-2に示すとおりである。なお、コンクリートに岩石微粉末を

混入する方法は微粉末を骨材の粒度調整のために用いたり、骨材中に岩石粉末が混入している場合を想定して、細骨材の一部を岩石微粉末でおきかえる方法とした。おきかえ率は0%~22%である。

3. 結果および考察 図-1はけい酸質微粉末おきかえ率とスランパの関係を示す。スランパ 7.5cm および 16cm の川砂コンクリートの場合、おきかえ率12%程度まではほとんどコンシステンシーの変化は認められないが、水砕砂コンクリートの場合、12%程度まではおきかえ率が増すに従ってコンシステンシーの増加が認められた。この理由は、けい酸質微粉末が混入されたためにペースト量が増加し流動性が増すこと、骨材間においてけい酸質微粉末がコロ作用を起こすこと

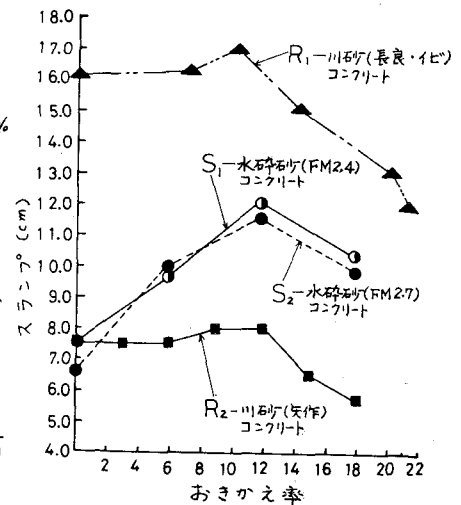


図1 けい酸質微粉末おきかえ率とスランパ

などが考えられる。

図-2は材令28日におけるけい酸質微粉末おきかえ率と圧縮強度の関係である。12%程度まではおきかえ率が増すに従い強度の伸びが認められた。ちなみにおきかえ率12%では0%と比較して15%~25%の強度増加であった。このようにけい酸質微粉末を川砂および水砕砂コンクリートに使用すれば一定単位水量のもとで強度を増加させる効果がある。この原因を解明するためにはセメントペーストとけい酸質微粉末の関係を研究する必要がある。それに加えて他の化学成分を有する岩石微粉末についても検討する必要がある。そのための日本各地で産出される代表的なものとしてけい酸質微粉末、石灰質微粉末および粘土質微粉末を選んだ。その化学成分を表-3に示す。

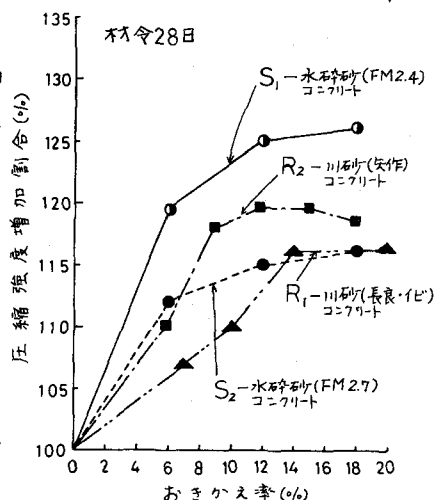


図2 けい酸質微粉末おきかえ率と圧縮強度増加割合

表3 添加した岩石微粉末の化学成分

微粉末の種類	igloss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
けい酸質微粉末	1.09	87.38	7.15	1.70	0.23	0.64	—	98.19
石灰質微粉末	4.42	40.80	0.25	0.60	53.01	0.56	—	99.64
粘土質微粉末	4.16	66.86	15.85	4.60	1.18	1.58	1.27	95.50

図-3はセメントペーストの水和速度に3種類の岩石微粉末がどの程度影響するかを調べたものである。測定には石工、無機材料工学科の双型伝導熱量計を使用した。図-3に

示すように石灰質微粉末以外はセメントの初期の水和促進に関与しているとは思われない。石灰質微粉末については溶解度が大きいので初期の水和促進に影響したと思われる。

図-4は光透過式粒度分布測定器で測定した3種の岩石微粉末の粒度分布である。表-4は材令7日、28日におけるモルタルの岩石微粉末添加の影響を調べたものである。表-4から岩石微粉末添

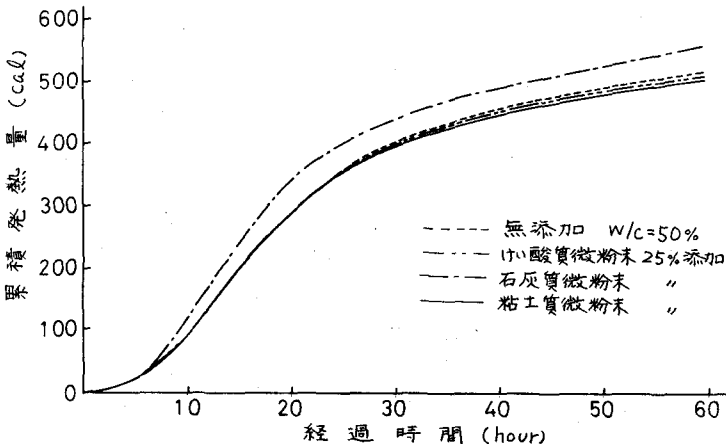


図3 岩石微粉末を加えた場合のセメントの累積発熱曲線

加モルタルは、無添加に比較して、非蒸発性水分(結合水量)が多く、強度が高くなっていることが認められる。これはモルタル中のセメントの水和促進に岩石微粉末が寄与しているという裏付けとなるものである。

表4 セメントモルタルの水和におよぼす岩石微粉末添加の影響

モルタルの種類	水セメント比 W/C (%)	70-値	非蒸発性水分		圧縮強度 (kg/cm ²)	
			7	28	7	28
無添加	50	228	0.090	0.107	299	475
石灰質微粉末 25% 添加	50	183	0.113	0.117	383	487
けい酸質微粉末 25% 添加	50	176	0.097	0.111	377	509
粘土質微粉末 25% 添加	50	165	0.104	0.115	367	520

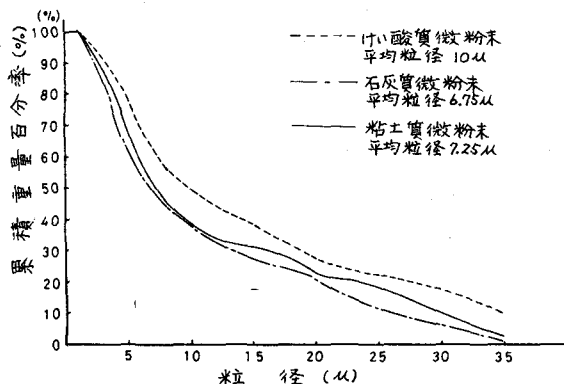


図4 岩石微粉末の粒度分布