

名古屋工業大学 学員 竹内 正信
 名古屋工業大学 正員 吉田 邦智
 名古屋工業大学 正員 赤井 登

1. まえがき

水砕砂は枯渇化している天然細骨材の代用として期待されているが、天然砂を用いたコンクリートに比べワーカビリティ等に劣っている。そこで本研究は砕石工場で廃棄されている微粉末(岩粉)を利用して細骨材として水砕砂だけを用いたコンクリートの諸性質(ワーカビリティ, 空気量, フリージング, 圧縮強度, 付着強度, 乾燥収縮)を改善することを目的としている。

2. 使用材料

セメント, 骨材, 混和材(岩粉: 千景アトリッシュコンパウンダー)の物理的性質を表-1に示す。混和剤としてAE-200を用い、天然砂のF.M.2.5は、揖斐川砂と木曾川砂を重量比で5:5に混ぜ合わせて作った。岩粉は骨材プラントより洗浄廃棄された微粒子をアトリッシュマシンとボールミル等で微粉末状にしたものである。粗骨材(最大粒径25mm)は水洗1桁から5mmのふるいでふるった。(以下 P: 岩粉, S: 水砕砂, N: 天然砂と記す)

3. コンクリートの配合

岩粉の混入による影響を調べやすくするために、セメント濃度の低いW/C75%を使った。水砕砂は粒形が悪いのでワーカビリティ等で天然砂コンクリートに劣るため細骨材率を3%大きく定めた。岩粉は細骨材に対して重量比(P/S)で0,10,20,30%を添加し、スランパは 18 ± 1.5 cm, 空気量は天然砂コンクリート 4 ± 1 %, 水砕砂コンクリート 5 ± 1 %とした。配合表を表-2に示す。

4. まだ固まらないコンクリートの性質

岩粉の混入量の増加に従って、ワーカブルなコンクリートが観察された。これは、セメントペーストを考えると、W/C75%のような水セメント比が大きいものは、ペーストの濃度が低い。そこで岩粉が混入することによりペーストの粘性が増加し、水砕砂のようなガラス質の骨材でも強くつなぎとめられるからだと思う。

空気量については、岩粉混入量増加にともなって減少していく傾向にあり(図-1)、P/S0%からP/S30%で約1.5%減少した。この減少した空気量の多くはエントラップトエアではないかと思われる。その理由は、ひとつにはフレンコンクリートでP/S0%のとき空気量は2.0%, P/S20%で0.7%という試験結果を以前に得たことと、今回の実験でセメントに対するAE剤の量を変化さ

表-1 使用材料の物理的性質

種類	項目	粗さ率	比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (t/m ³)	実積率 (%)	洗い (%)	有機不純物
天竜川砂利		6.96	2.65	1.08	1.73	66.0	0.0	—
水砕砂(F.M.2.5)		2.48	2.69	1.62	1.48	56.6	4.0	合格
揖斐川砂		3.19	2.59	1.66	1.76	69.1	2.2	合格
木曾川砂		1.77	2.55	2.17	1.46	58.5	0.3	合格

種類	項目	比重	約末度 比表面積 (cm ² /g)	圧縮強度 (kg/cm ²)				安定性
				3日	7日	28日	91日	
普通ポルトランドセメント		3.15	3300	147	246	432	502	良
岩粉		2.65	3000	—	—	—	—	—

表-2 配合表

F.M.2.5			(AE200 100倍希釈)									
W/C	種類	細骨材率	コンクリート (m ³)に用いた材料 (kg/m ³)								試験値	
(%)	(%)	(%)	セメント	水	細骨材	岩粉	岩粉	水和剤	スランパ	空気量	乾燥収縮係数	
			W	W	G	G	P	C = m	(cm)	(%)	(%)	
75	P/S	0	42.0	254	191	767	1043	0	3.5	17.0	5.9	2.2/8
		10	42.0	251	188	743	1010	74	3.5	19.0	5.5	2.2/8
		20	42.0	253	190	708	963	142	3.5	19.0	4.9	2.2/69
		30	42.0	268	201	665	905	200	3.5	19.3	4.3	2.2/90
	P/N	0	39.0	246	184	608	1102	0	2.0	18.5	4.2	2.3/60

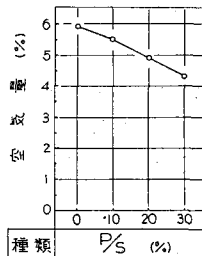


図-1 岩粉の増加による空気量の変化

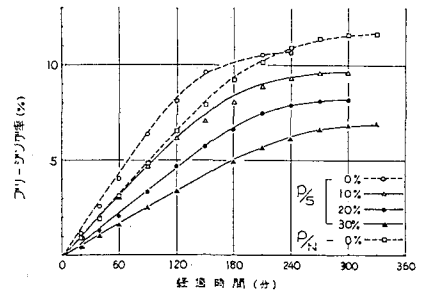


図-2 岩粉を用いた場合のフリージング率の経時変化

せ別に得られたことから考えられる。

フリージング率については、図-2に示されるように岩粉の増加により減少傾向がみられる。特にP/S30%のフリージング率はP/S0%に比べ打設後の経過時間にかかわらず約半分であった。これは岩粉の保水効果によるものと思われる。

5. 硬化コンクリートの性質

圧縮強度試験結果を表-3に示す。まず岩粉の混入による強度の変化を調べるために、P/S0%の各試令の値を1とした場合の強度増加比を求めた(表-4)。岩粉の混入量が増加するに従って強度は増し、特に3日及び7日では5割増しである。この初期強度の増進は、岩粉がセメントのフロック中に進入し、水和を促進させるためと思われる。次に表-5は各試令間(3~7, 7~28, 28~91日)における強度の増加量を示したものである。3~7日, 7~28日強度では、天然砂に対し7割増し, 8割増しであった。これは、水砕砂粒子の表面がガラス質でセメントペーストの付着が悪いためであろう。28~91日の強度増加は、水砕砂の方が3割増し~7割増しであった。これは骨材表面におけるセメントの水和物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ によるアルカリ刺激によって水砕砂の水硬性作用による水和物が生成され、セメントペーストと骨材との結びつきが強くなるためと思われる。

付着強度試験は横打ちのみについておこなった。付着強度は平均付着応力度を用いて表わした。試験結果を図-3に示す。下端筋では岩粉の増加による強度の増減はみられなかった。上端筋ではP/S10%の場合、P/S0%に比べ強度は3割増した。しかしP/S20,30%と増加するに従ってP/S0%に比べ4割減した。フリージング率(図-2)が減少したのにもかかわらず、付着強度が減少したのは、セメント粒子と完全に混り合わない岩粉のフリージング水にレイタンスとして含まれる量が増加し、鉄筋下面の付着をさまたげたものと思われる。

乾燥収縮の試験結果を図-4に示す。岩粉の増加による収縮の変化は、はっきりとみられなかった。天然砂コンクリートに比べ13週間、歪は2~3割ほど少なくなった。そして逸散重量についてみると(図-5)、ほとんど天然砂コンクリートと同じであった。このことから水砕砂を使用したコンクリートの収縮量が少ないのは、水砕砂特有の水硬性作用によって生じた水和生成物によるものと思われる。

6. まとめ

水砕砂を細骨材として用いた貧配合コンクリート(W/C75%)に岩粉を加えることによりワーカブルなコンクリートが得られた。また初期圧縮強度が増加した。しかし岩粉を加えることにより、フリージング率が減少したにもかかわらず、上端筋での付着強度が落ちた。従って岩粉の使用に際しては、留意する必要がある。なお乾燥収縮に関しては、岩粉による影響はほとんどみられなかった。

表-3 圧 縮 強 度

W/C	種類	圧縮強度 (kg/cm ²)			
		3日	7日	28日	91日
75	0	58.3	88.0	131.9	182.9
	10	64.0	91.0	133.6	189.2
	20	73.4	99.9	156.1	207.5
	30	87.6	136.2	188.8	254.2
	P _N	66.4	115.0	185.4	223.6

表-4 圧縮強度増加比

W/C	種類	圧縮強度増加比			
		3日	7日	28日	91日
75	0	1.000	1.000	1.000	1.000
	10	1.097	1.034	1.013	1.034
	20	1.259	1.135	1.183	1.135
	30	1.503	1.548	1.430	1.390
	P _N				

表-5

各試令間における圧縮強度の増加量

W/C	種類	圧縮強度増加量 (kg/cm ²)		
		3~7日	7~28日	28~91日
75	0	29.7	43.9	51.0
	10	27.0	42.6	55.6
	20	26.5	56.2	51.4
	30	48.6	52.6	65.4
	P _N	48.6	70.4	38.2

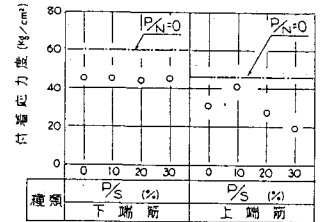


図-3 岩粉の増加による付着応力度の変化

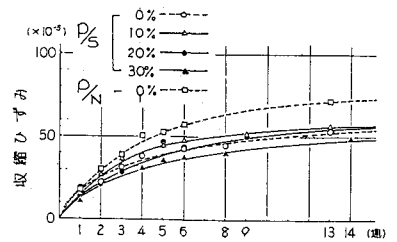


図-4 岩粉を用いた場合の乾燥収縮量の経時変化

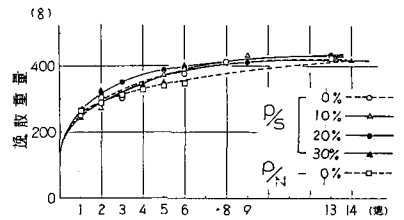


図-5 岩粉を用いた場合の逸散重量の経時変化