

V-21 砕石スラッジを有効利用するための一考察

大阪ガス（株） 正会員○前田紗代香
高知高専 正会員 横井 克則
関西砕石（株） 上田 浩永

1. はじめに

現在日本では毎年4億トンにのぼる産業廃棄物が排出されている。この内の8割程は、中間処理により減量化されたり、コンクリートに用いるスラグや石灰石のように再利用されている。しかし、残りの8千万トンはそのまま最終処分されているのが現状で、これらの中には未利用資源としてコンクリートに有効利用できるものも多くあるはずである。そこで本研究では、高知県工業技術センターによる廃棄物の調査結果¹⁾のなかで、排出量が突出している砕石スラッジについて、コンクリート用材料としての有効利用について検討した。

2. 実験方法

2.1 凝集剤の効果に関する試験

高分子凝集剤（ノニオン・アニオン）を用いたスラッジケーキは凝集効果が高く、コンクリート用材料として用いる場合、コンクリート中で分散して混ざらない欠点がある。そのため、スラッジケーキのままコンクリートへ添加するためには凝集効果を弱める必要がある。そこで本研究ではまず、凝集剤の効果について高分子凝集剤と同様に凝集効果のある硫酸アルミニウムとの比較を行った。ビーカーに水1リットル、砕石スラッジ（粉）100g、硫酸アルミニウム（1%、0.1%）または高分子凝集剤を入れ、混ぜ合わせた後、沈殿の様子を観察した。

2.2 セメントの強さ試験²⁾

セメントの強さ試験に使用するモルタルの配合は、早強ポルトランドセメント520g、標準砂1040g、水338gを標準とした。本実験での、標準砂の25%および50%を砕石スラッジに代用した配合を表-1に示す。また、使用したA E剤は、高性能A E減水剤①としてアルギルアリルスルホン酸系、高性能A E減水剤②としてポルカルボン酸系とした。モルタルの作製、フロー試験、強度試験は、土木材料実験指導書²⁾に従って行った。

3. 実験結果

3.1 凝集剤の効果

高分子凝集剤（ノニオン・アニオン）と硫酸アルミニウムの凝集効果の差は明らかで、高分子凝集剤の効果は強力であった。また、硫酸アルミニウムの凝集効果は水溶液中のアルカリ濃度によって左右されていた。硫酸アルミだけで凝集させるのであれば1%濃度より0.1%濃度が適していると思われる。写真-1、2は硫酸アルミを入れた直後と1時間後の様子である。

3.2 セメントの強さ試験

3.2.1 フロー試験 表-2に実験結果を示す。この結果から、スラッジを使ったモルタルは配合8以外どれも標準配合のモルタルよりフロー値は小さく、配合1

1や12はスラッジ量が2倍のためさらに小さかった。粉や高分子凝集剤を使ったときよりも、硫酸アルミだけを使って凝集させたスラッジを使ったモルタルの方がフロー値は小さく、流動性はなかった。配合

表-1 配合内容

	スラッジ (g)	W/C (%)	単位 (g)				
			スラッジ 固形分	セメント	水	標準砂	減水剤
配合1	0	65	0	520	338	1040	0
配合2	260	65	260	520	338	780	0
配合3	260	65	322	520	276	780	0
配合4	260	65	364	520	234	780	0
配合5	260	65	364	520	234	780	0
配合6	260	65	364	520	234	780	0
配合7	260	65	364	520	227	780	8
配合8	260	65	364	520	222	780	12
配合9	260	65	364	520	227	780	8
配合10	260	65	364	520	222	780	12
配合11	520	65	644	520	214	520	0
配合12	520	65	727	520	131	520	0

配合1 標準配合
配合2 粉砕石スラッジを用いた配合（標準砂の25%）
配合3 砕石スラッジケーキを用いた配合（標準砂の25%）
配合4 硫酸アルミニウム（1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（標準砂の25%）
配合5 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（標準砂の25%）
配合6 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（標準砂の25%）
配合7 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（高性能A E減水剤①（標準砂の25%））
配合8 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（高性能A E減水剤②（標準砂の25%））
配合9 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（アルカリ水溶液（標準砂の25%））
配合10 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（アルカリ水溶液（高性能A E減水剤①（標準砂の25%）））
配合11 砕石スラッジケーキを用いた配合（標準砂の50%）
配合12 硫酸アルミニウム（0.1%濃度）で凝集させた砕石スラッジを用いた配合（標準砂の50%）

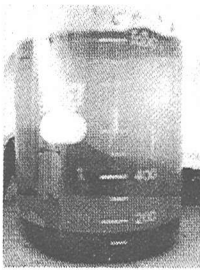


写真-1 混入直後 写真-2 1時間後

5, 6から、強アルカリの方がフロー値は大きくなっている。これは配合7, 9からも同様のことがいえる。また、配合7～10より、高分子凝集剤のスラッジケーキには流動性がでないとされる減水剤①¹⁾は、硫酸アルミのスラッジケーキにも流動性は見られなかった。しかし、減水剤②はどちらのスラッジにも流動性が見られた。

3.2.2 曲げ試験 表-2に実験結果を示す。全体的に硫酸アルミニウムを使ったモルタルの強度にはばらつきがなく、粉スラッジ、スラッジケーキを使ったモルタルより強度は大きくなっていた。配合5, 6から、若干強アルカリの配合の方が強度は大きくなっている。図-1、表-2で、配合9, 10と配合7, 8を比較すると、高性能AE減水剤は①より②を使った方の強度が大きくなっている。これはフロー試験と同じ結果となっている。また、配合7～10を比較してみると、高性能AE減水剤①はほぼ値が変わらないことからアルカリ性の影響は少ないと考えられるが、高性能AE減水剤②に関しては曲げ強度、フロー値からアルカリ性の影響があると考えられる。配合3, 5, 11, 12から、スラッジ量が増えると強度も増すことがわかる。このことを利用して、モルタル中のスラッジ量を増やすことができればそれだけ有効的に廃棄物を使える。

3.2.3 圧縮試験 表-2に実験結果を示す。碎石スラッジを使用したものはどれも、標準配合のモルタルより強度が大きくなっている。粉スラッジと高分子凝集剤のケーキはほぼ同じ強度であるが、硫酸アルミを使ったモルタルは若干強度が大きくなっている。硫酸アルミの中では0.1%で強アルカリのモルタル強度が一番大きくなっている。硫酸アルミだけで凝集させたモルタルは高性能AE減水剤の効果が2つともはっきりとでているのに対し、強アルカリにしたものは逆に強度は低下している。図-2から、配合9, 10を比較すると、高性能AE減水剤①と②の強度の差は大きい。また、配合9に関しては、高性能AE減水剤を使用していないものよりも強度がかなり低下している。配合10も強度は変わらない。フロー値、曲げ強度からも、アルカリ分が与える影響は大きいといえる。また、スラッジの量を2倍に増やしたモルタルのほうが強度は大きくなっている。碎石スラッジを使ったコンクリートに関する資料²⁾では、同じセメント量で細骨材とスラッジの量を変化させ、圧縮、曲げ試験を行った結果、スラッジが増すと強度は低下する傾向にあるとされている。しかし、モルタル試験からはその逆の結果がでていることから、碎石スラッジはモルタルの材料として有効利用する可能性があると考えられる。

4. まとめ

(1) 硫酸アルミニウムの凝集効果は高分子凝集剤(ノニオン・アニオン)よりかなり弱かった。

(2) 高分子凝集剤スラッジのモルタルに流動性を与える減水剤②は硫酸アルミでもその性質がみられ、逆に高分子凝集剤では流動性がでなかった減水剤①は硫酸アルミでも同様であった。

(3) 凝集剤を高分子凝集剤から硫酸アルミニウムに変えても強度の点での問題はなく、ケーキのままでも十分有効利用できる可能性があると思われる。

参考文献 1)高知県工業技術センター：碎石スラッジのセメント製品への適用

2) 土木学会：土木材料実験指導書(基礎編)[平成6年版]

表-2 実験結果

	フロー値 (mm)	曲げ強度 (kgf/cm ²)			圧縮強度 (kgf/cm ²)		
		1日	3日	7日	1日	3日	7日
配合1	209	19.8	36.2	43.6	65	257	280
配合2	152	29.7	45.6	59.9	106	273	393
配合3	136	31.8	53.8	54.2	131	325	391
配合4	111	27.3	50.5	63.8	111	316	428
配合5	119	30.4	55.5	62.3	120	336	437
配合6	136	33.3	55.5	65.9	168	403	469
配合7	148	31.3	50.6	62.4	127	352	469
配合8	212	41.3	60.4	63.8	153	393	481
配合9	167	31.5	50.0	61.9	137	339	408
配合10	176	40.6	59.0	71.1	163	391	465
配合11	118	38.4	55.0	63.0	185	371	474
配合12	104	41.7	57.2	65.0	188	354	454

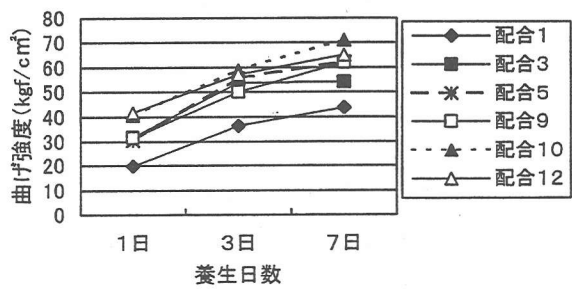


図-1 曲げ強度

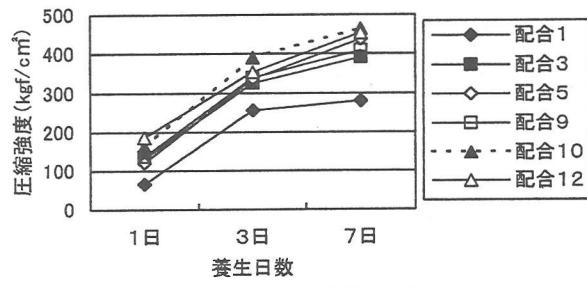


図-2 圧縮強度