

下水汚泥溶融スラグのレジンコンクリート用細骨材としての有効利用に関する基礎実験

(株)アソウレジコン ○正会員 森原 寛晃
松 下 博
麻生セメント(株) 正会員 松尾 一四
正会員 堤 博文

1. はじめに

下水処理施設から発生する下水汚泥溶融スラグ(以下溶融スラグと呼ぶ)は、建設資材等に有効利用する取り組みがなされているが、一部の利用に止まっているのが現状である。また、有効利用を行う場合には事業化においての供給量と需要のバランスを考慮することが重要である。一方、樹脂を結合材としたレジンコンクリートは、高強度で耐酸性に優れていることから下水道施設のパイプやマンホールなどの製品に使用されている。

本研究では、下水処理施設から発生した廃棄物として処理されている溶融スラグを下水道施設用レジンコンクリート製品に有効利用することを目的として、耐酸性を向上させるための溶融スラグの改良を含め、溶融スラグを骨材に使用したレジンコンクリートの各種試験を実施し検討を行った。

2. 実験概要

試験に使用した材料を表1に示す。溶融スラグは、下水汚泥より生成された乾燥ケーキを1300～1500℃で溶融し、これを水で急速に冷却したものである。福岡市内の御笠川浄化センターでは、発生する溶融スラグのうち1.2mm以上はセメントコンクリートの景観ブロック材料の一部代替として既に有効利用されていることから1.2mm以下のものを使用した。また、通常の処理で発生する溶融スラグ(以下SS-A)と耐酸性向上のためにCaOの含有量を減じた溶融スラグ(SS-B)の2種類について試験した。溶融スラグの化学成分を表2に示す。

細骨材の溶融スラグ置換率を50%と固定して細骨材率を変えたフロー試験を行ない、最適細骨材率の確認を行った。

また、溶融スラグの置換率を変えて流動性と物理的性質について調べた。配合条件を表3に示す。練混ぜには強制練りミキサーを用い、フレッシュコンクリートの流動性はJISA5201に示すフロー試験において30回落下させたときの広がり値をフロー値として測定した。供試体はφ75×150mmの円柱で、打設は2層ごとテーブルバイブレーターで締固めた。打設後1時間室内に静置したのち脱型して温度80℃で4時間の温熱養生を行い、その後室内に放置して打設24時間後に圧縮強度試験および割裂による引張強度試験、耐酸性試験を行った。耐酸性試験は(社)日本下水道協会下水道用レジンコンクリート製品シリーズの規格(JSWAS K-10～12)に準じて行った。

3. 実験結果

3.1 フロー試験結果

細骨材率とフロー値との関係を図1に示す。これより細骨材率55～60%で最も流動性がよいことが確認できた。

キーワード 下水汚泥溶融スラグ レジンコンクリート 強度 耐酸性

連絡先 (株)アソウレジコン TEL(0948)82-4343 麻生セメント(株)中央研究所 TEL(094)624-1300

表1 使用材料

種類	記号	特性
樹脂	R	不飽和ポリエステル
充填材	F	クロム鉱滓／密度3.35g/cm ³
細骨材	S	珪砂／密度2.87g/cm ³ FM3.80
	SS-A	下水汚泥溶融スラグ／密度2.87g/cm ³ FM2.58
	SS-B	下水汚泥溶融スラグ／密度2.87g/cm ³ FM2.56
粗骨材	G	碎石1005／密度2.66g/cm ³

表2 試験に用いた溶融スラグの化学成分

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
SS-A	22.0	11.9	25.0	14.6	2.1	0.83	1.15	18.54
SS-B	19.9	14.1	28.7	8.9	2.5	0.84	1.41	20.33

表3 配合条件

単位樹脂量(kg/m ³)	274
単位充填材量(kg/m ³)	526

また、細骨材率 50～70%の範囲では、遠心成形製品の目標としているフロー値の 125 ±5mm を満足していることが確認できた。溶融スラグ置換率とフロー値との関係を図 2 に示す。その結果、溶融スラグ置換率が大きくなるとフロー値が小さくなり流動性が悪くなることが確認できた。顕微鏡観察による溶融スラグの粒形は角張っているものが多く、流動性が悪くなるのは溶融スラグの角張った粒形と粗粒率が小さいことによると思われる。

3.2 強度試験結果

圧縮試験結果を図 3 および図 4 に示す。溶融スラグの置換率が大きくなるにつれ圧縮強度、引張強度ともに僅かに低下するが、JSWAS K-10 および K-12 の圧縮強度規格 90N/mm² を満足しており今回の試験範囲内であれば十分満足できるとと思われる。

3.3 耐酸試験結果

【溶融スラグの耐酸性】使用材料である溶融スラグの耐酸性を確認するために、溶融スラグを 5 wt% 硫酸液に浸したところ白色沈殿が確認された。この白色の沈殿物の X 線回折結果が二水石膏 (CaSO₄・2H₂O) であったことから、溶融スラグ中のカルシウム分が硫酸と反応していると思われる。

【レジンコンクリートの耐酸性】レジンコンクリートの耐酸性試験の結果を表 4 に示す。溶融スラグ SS-A を使用した場合の質量変化率は-0.124%と JSWAS K-10～12 に規定されている規格値±0.1%を超えている。これは溶融スラグ中のカルシウム分が硫酸により溶出したものと考えられる。このことから下水処理場において下水汚泥の溶融段階で添加される石灰量を調整することにより溶融スラグ中の CaO 量を減じた溶融スラグ SS-B を試験製造し使用した。その結果、質量変化率は-0.067%と小さくなり規格値±0.1%以内を満足することが確認できた。

4. まとめ

下水汚泥溶融スラグをレジンコンクリート用骨材として使用する場合、置換率 70%程度までは流動性に与える影響は少なく、通常の骨材を使用した場合とほぼ同等の硬化性状および強度を得ることが確認できた。一般の溶融スラグの製造工程では CaO 含有量が多くなり、これを使用したレジンコンクリートの耐酸性は悪くなるが、溶融スラグの CaO 含有量を抑えて製造することにより、レジンコンクリートの耐酸性が損なわれる度合いを小さく抑えることができ、レジンコンクリート製品の耐酸性の規格値±0.1%以内を満足することが確認できた。

今後、溶融スラグを使用したレジンコンクリートの製品化に当たって、溶融スラグの使用量と CaO 含有量の限界値との関係を明らかにするとともに、CaO 含有量およびその他の物性値の季節変動などについて調査する必要がある。

【謝辞】本研究を行うにあたり、下水汚泥溶融スラグのサンプル提供および試験に協力を頂いた福岡県建築都市部下水道課ならびに財団法人福岡県下水道公社御笠川浄化センターに感謝いたします。

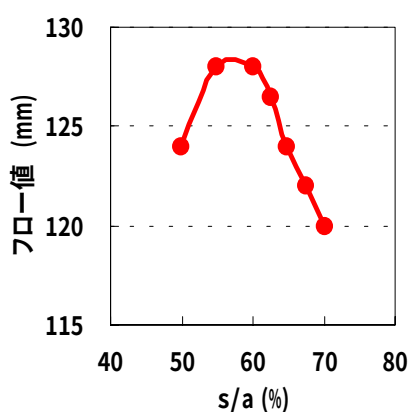


図 1 細骨材率とフロー値との関係

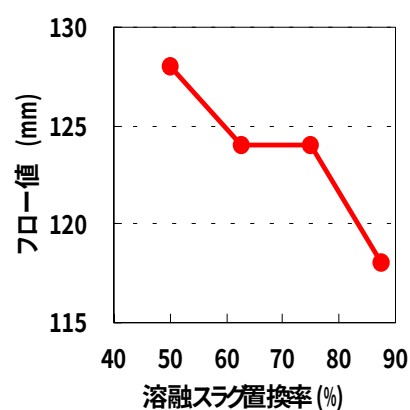


図 2 溶融スラグ置換率とフロー値との関係

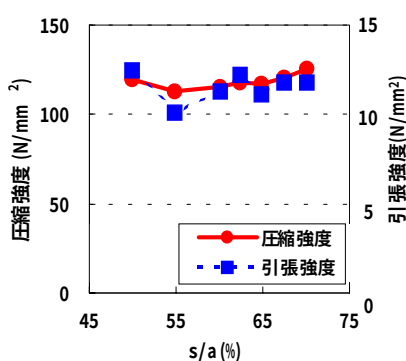


図 3 s/a と圧縮強度

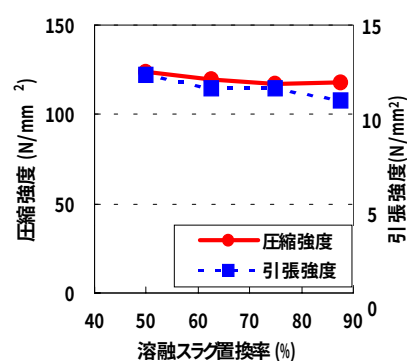


図 4 溶融スラグ置換率と圧縮強度との関係

表4 レジンコンクリートの耐酸性試験結果

溶融スラグ種	スラグ置換率 (%)	質量変化率 (%)	規格 値	合 否
—	0	-0.017	±0.1%以内	合
SS-A	50	-0.124		否
SS-B	50	-0.067		合