

V-19 下水汚泥溶融球形灰の建設材料への利用法に関する一検討

徳島大学大学院 学生員 ○楠田 匡彦
徳島大学工学部 フェロー 水口 裕之
徳島大学工学部 正会員 上月 康則
徳島大学工学部 正会員 上田 隆雄

1. はじめに

近年、我が国では下水道の普及率の向上や下水処理の高度化に伴い、発生する下水汚泥の量は増加の一途をたどっている。下水汚泥の大部分は埋め立てられ、大都市などでは埋め立て地が不足しており¹⁾、その有効利用が課題となっている。ところが、下水汚泥は複雑かつ有害性を増してきており、減容・減量・安定無害化する目的で、溶融処理が行われている。その結果として、下水汚泥溶融スラグ（以下、溶融スラグと呼ぶ）が生成される。本研究では溶融スラグのうちの溶融球形灰（以下、球形灰と呼ぶ）をより多く建設材料へ利用することを目的として硬化体を作製し、その強度および鉛、カドミウム、水銀、ヒ素、セレン、6 価クロムなどの重金属の溶出量を調査した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料としては比重 3.16 の普通ポルトランドセメント、比表面積 3,962cm²/g で比重 2.69 の球形灰、比重 2.56 の標準砂およびナフタレン系高性能 AE 減水剤を用いた。

2.2 実験方法

球形灰を多量に使用する方法として、球形灰をセメントで固化させ砂状の粒状体を作製し、その作製砂を用いてモルタル状の硬化体を作製することとした。作製砂 As は、表-1 に示す割合で混合し、3 日間 20 ±2℃ の恒温槽で湿布養生した後、5mm ふるいでふるったものの 3 種を作製した。作製砂の粒度、比重、吸水率、表面水率、単位容積質量および実積率を JIS に従って測定した。

モルタル状の硬化体は、表-2 に示す配合で、JIS R 5201 に準じて作製した。フロー値、硬化体の材齢 7 日および 28 日の圧縮および曲げ強度を測定した。硬化体から重金属すなわち鉛、カドミウム、水銀、ヒ素、セレンおよび 6 価クロムの溶出量を、環境庁告示第 13 号「産業廃棄物に含まれる重金属などの検定方法」に従って調査した。

表-1 球形灰を用いた作製砂（細骨材）の混合割合

作製砂 番号	セメント 球形灰比	水セメン ト比 (%)	水粉体 比 (%)	単位体積重量 (kg/cm ³)		
				水	セメント	球形灰
AsA	1/1.0	86	43	555	645	645
AsB	1/1.5	120	48	578	482	723
AsC	1/2.0	163	54	606	372	744

表-2 モルタルの配合

配合番号	細骨材 の種類	セメント 砂比	水セメント 比(%)	単位量(kg/m ³)				高性能AE減 水剤(%)
				水	セメント	作製砂	標準砂	
AsA 1/1,40,0	作製砂 A	1/1	40	317	792	792	0	0
AsA 1/2,40,0		1/2		221	553	1105		
AsA 1/3,40,0		1/3		172	430	1290		
AsA 1/3,45,1		45	187	416	1247	1		
AsA 1/3,50,0		50	204	407	1222	0		
AsA 1/3,60,0		60	235	391	1174			
AsB 1/3,40,0	作製砂 B	1/3	40	165	411	1234		1
AsB 1/3,45,1			45	181	403	1209		
AsB 1/3,50,0			50	198	395	1185		0
AsB 1/3,60,0			60	228	380	1140		
AsC 1/3,40,0	作製砂 C	1/3	40	161	403	1209	1020	1
AsC 1/3,45,1			45	178	395	1185		
AsC 1/3,50,0			50	194	387	1162		0
AsC 1/3,60,0			60	224	373	1119		
SS 1/2,65,0	標準砂	1/2	65	510	332	0		

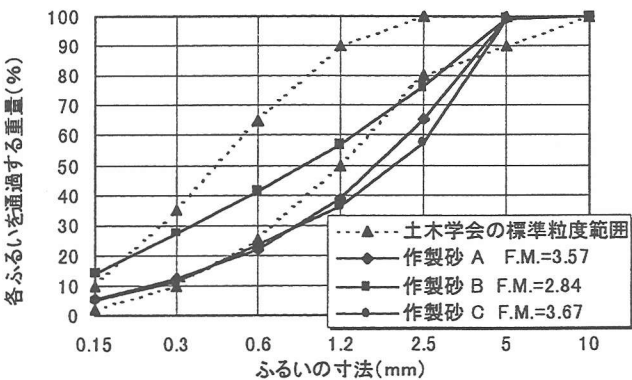


図-1 作製砂の粒度分布

3. 実験結果および考察

3.1 作製砂の物理的特性

作製砂の粒度分布は図-1 に示されているように、土木学会の標準粒度範囲内には入っていないが、作製砂 B の粗粒率は 2.84 と比較的標準粒度範囲に近いものとなっている。しかし、作製砂 A および C は粗粒率がそれぞれ 3.57, 3.67 で粗めの粒度となっている。

作製砂の比重、吸水率、表面水率、単位容積質量および実績率の試験結果を表-3 に示す。作製砂は表乾比重が 1.75 程度であり普通砂に比べ軽くなっている。表面水率は 3%前後となっているが、練混ぜ時には、作製砂を養生後そのまま使用することとした。粒径が悪く、表面に凹凸があり、表面部分の空隙が多いことから実績率は 40%強となっている。

3.2 圧縮強度および曲げ強度

1 例として、セメント砂比 1/3、材齢 28 日の水セメント比と圧縮強度との関係を図-2 に示す。図に見られるように、作製砂の種類によって強度は異なり、作製砂のセメント量が減少し球形灰が増加するにつれて、強度は減少している。作製砂の種類が同じ場合では、水セメント比が変化しても強度はほぼ同じか若干小さい程度である。圧縮強度そのものは、10~30MPa 程度であり建設材料として使用できる可能性が考えられる。曲げ強度は図-3 に示すように圧縮強度と同様の傾向となっている。

3.3 重金属の溶出量

鉛、カドミウム、水銀、セレン、ヒ素および6価クロムの試験結果を表-4 に示す。表に示されているように若干溶出したものもあるが、全て基準値以下となっている。

4. まとめ

(1) モルタル状の硬化体の強度は、作製砂の強度により強度は異なり、作製砂が同一の場合でも、水セメント比と強度との相関関係は得られていなかった。しかし、その強度は 10~30MPa 程度となった。

(2) モルタルからの重金属の溶出は環境庁告示第 13 号の基準値以下となった。

(3) 以上の結果から、球形灰とセメントを用いて作製した硬化体は、建設材料に使用できる可能性がある。

謝辞 球形灰をご提供下さいました(株)クボタにお礼申し上げます。

参考文献

1) 久保忠雄, 尾崎正明: 下水汚泥を原料とする微粉末のモルタルおよびコンクリート用混和材としての利用, コンクリートと資源の有効利用, シンポジウム論文集, 土木学会, 1998, pp.57~64.

表-3 作製砂の物理的特性

作製砂の種類	作製砂A	作製砂B	作製砂C
表乾比重	1.83	1.75	1.7
吸水率(%)	39	44	51
表面水率(%)	3.2	2.9	3.4
実績率(%)	42.7	43.4	41.8

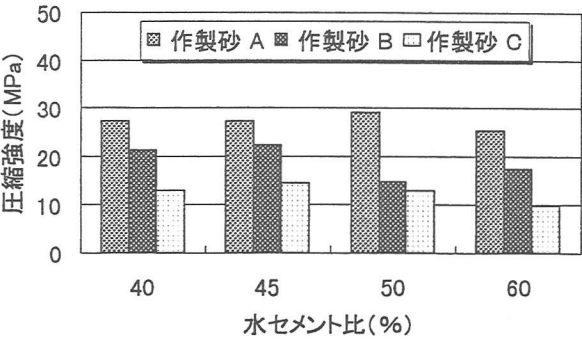


図-2 材齢 28 日の圧縮強度と水セメント比の関係

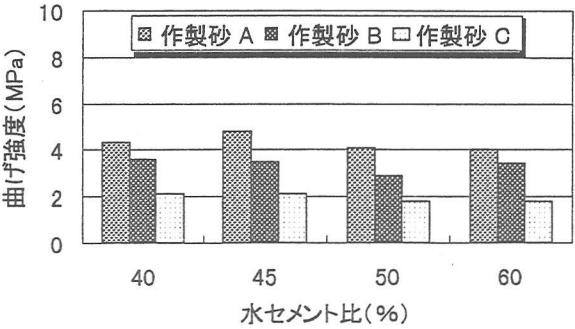


図-3 材齢 28 日の曲げ強度と水セメント比の関係

表-4 硬化体の重金属の試験結果

配合種類	鉛	カドミウム	水銀	セレン	ヒ素	6価クロム
AsA 1/1,40,0	0.090	N.D	79×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsA 1/2,40,0	0.050	0.001	58×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsA 1/3,40,0	0.030	0.001	45×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsA 1/3,45,1	0.020	0.001	40×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsA 1/3,50,0	0.020	0.001	35×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsA 1/3,60,0	0.010	N.D	40×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsB 1/3,40,0	0.010	0.001	43×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsB 1/3,45,1	0.010	N.D	38×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsB 1/3,50,0	N.D	N.D	38×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsB 1/3,60,0	N.D	0.001	33×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsC 1/3,40,0	N.D	N.D	32×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsC 1/3,45,1	N.D	N.D	33×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsC 1/3,50,0	N.D	0.001	32×10 ⁻⁶	N.D	N.D	N.D
AsC 1/3,60,0	N.D	N.D	34×10 ⁻⁶	N.D	N.D	0.075
SS 1/2,65,0	0.010	N.D	34×10 ⁻⁶	N.D	N.D	0.050
基準値	0.3	0.3	5000×10 ⁻⁶	0.3	0.3	1.5

(mg/l)