

循環利用を考えた廃棄物混入型流動化処理土の溶出特性

福岡大学工学部 学生会員 溝辺亮宏 篠原啓一 福岡大学大学院 学生会員 石田博揮
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗

1.はじめに 現在、循環型社会形成が推進されている中で石炭灰や建設発生土の有効利用の拡大や再利用技術の促進が求められている。このような背景の中、建設副産物や産業副産物を用いた流動化処理土に関する研究事例が多機関で行われている¹⁾。しかし、産業副産物を用いた流動化処理土を実施する場合、これら副産物には重金属が含まれているため、周辺地盤への影響を考慮しなければならない。そこで、本研究では、建設副産物及び産業副産物の有効利用を目的とし、各種副産物を用いた流動化処理土の溶出特性の把握を行う。また、流動化処理土が埋設管等の埋戻し材として実施された場合、水道管、ガス導管等といったライフラインの維持修繕に伴い、将来的に掘削された際、力学特性や処理方法などが確立されていなければ産業廃棄物として処分される可能性が高い。この掘削された土を循環利用しなければ、単なる処分場延命化のための一時的な回避にしか過ぎない。そこで、流動化処理土を再び流動化処理土として利用することを考え再生流動化処理土の溶出

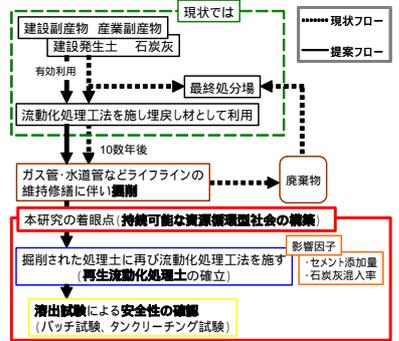


図-1 研究のフロー

表-1 試料の物理特性

	s (g/cm ³)	W (%)
石炭灰a	2.297	0.4
石炭灰b	2.251	0.4
発生土(泥土)	2.664	34.2

表-2 流動化処理土の配合表

主材	副材	セメント量 (kg/m ³)	副材混入率 (%)	発生土 (kg/m ³)	石炭灰 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	密度 (t/m ³)	W/C	フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)
泥土	石炭灰a (松浦産)	50	0	773	0	694	1.536	13.88	230	0.13
			50	447	447	621	1.565	12.42	230	1.13
			100	0	915	585	1.551	11.71	250	5.80
	石炭灰a (松浦産)	75	0	780	0	683	1.538	9.11	250	0.12
			50	421	421	635	1.552	8.47	250	2.44
			100	0	941	566	1.582	7.54	230	3.87
	石炭灰b (苓北産)	50	0	773	0	694	1.536	13.88	230	0.13
			50	468	468	600	1.586	12.00	230	3.27
			100	0	1095	498	1.649	9.96	230	11.47
	石炭灰b (苓北産)	75	0	780	0	683	1.538	9.11	250	0.12
			50	452	452	605	1.584	8.07	250	0.96
			100	0	1060	505	1.640	6.73	240	10.91

掘削処理土a
掘削処理土b

特性を検討した。今回は、図-1のフローチャートに従い、作成した流動化処理土、再生流動化処理土の溶出特性について報告する。

2. 実験概要

2-1 処理土作製法 流動化処理土の作成試料として、主材に建設発生土(泥土)、副材に炭種の異なる2種類の石炭灰を使用した(以後、石炭灰a、石炭灰bとする)。石炭灰aは松浦発電所より排出された石炭灰、石炭灰bは苓北発電所より排出された石炭灰を使用した。表-1に試料の物理特性を示す。この物理特性から、配合計算と予備練り試験を行い、流動化処理土作成の配合を決定した。配合表を表-2に示す。供試体は、決定した配合条件のもとで、モールド(h=10cm、

表-3 掘削処理土の物理特性

掘削処理土の種類	s (g/cm ³)	W (%)
掘削処理土a	2.719	76.57
掘削処理土b	2.500	67.70

φ=5cm)内に充填して作成し、室温20℃一定の状態、28日間養生させたものを検体とした。また、表-2より、埋戻し基準²⁾を満たした配合をそれぞれ掘削土a、bとし、作成した流動化処理土を容器に打設し、養生させた後、維持修繕に伴う掘削を想定して、ときほぐしを行う。ときほぐした処理土(以後、掘削処理土とする)を土と見立て、流動化処理土を作成する。この操作により作成された流動化処理土を再生流動化処理土と定義する。掘削処理土の物理特性を表-3に示す。

2-2 バッチ試験 供試体を2.0mmまたは4.75mm以下に破碎した後に風乾させ、それぞれ50gはかりとり、pHを5.8~6.3に調整した純水500mlを添加する。これを振とう機を用いて6時間連続して振とうし、その後静置する。静置後、遠心分離し上澄み液を得、減圧濾過をする。これを検液とし、重金属類の溶出濃度分析を行う。

2-3 タンクリーチング試験 塊状の供試体(h=10cm、φ=5cm)を用い、溶媒水としてpH5.8~6.3の蒸留水を使用する。供試体に所定量の溶媒水(固液比L/S=10)を充填し、供試体のすべてが水中に没するように水浸させる。容器を密封後、20℃の恒温室に静置する。水浸28、56日後に溶媒水を採取し、重金属類の溶出濃度分析を行う。

2-4 実験条件 a. 流動化処理土の溶出特性 実験では表-4に示すとおり、セメント量を50、75kg/m³の2種類とし、副材混入率を0、50、100%の3種類とした。ここでの副材混入率とは、主材+副材に対する副材の割合を表したも

のである。この条件のもとでバッチ試験、タンクリーチング試験を行い、Cr⁶⁺、Cd、Pbの溶出特性について調べた。Cd、Pbについては、ICPプラズマ発光分析、Cr⁶⁺については、ジフェニルカルバジド吸光度法をそれぞれ用いて分析を行なった。

b.再生流動化処理土の溶出特性 循環利用の検討を行なうために表-5に示す条件で再生流動化処理土の溶出試験を行った。また、粒径の違いによる溶出特性の影響を検討するため2.0mmと4.75mmふるいを通した試料をそれぞれ用いた。

3.実験結果及び考察 表-6に石炭灰単体の溶出濃度と土壌環境基準値を示す。Cr⁶⁺においては石炭灰a、bともに土壌環境基準値を上回っており、有効利用のためには重金属を抑制

する処理が必要であることがわかる。表-7に溶出試験における溶液のpHを示す。セメントを用いていることや石炭灰の緩衝能によりpHはアルカリ性を示すことがわかる。

3-1 流動化処理土の溶出特性 表-8に流動化処理土のバッチ試験結果を示す。Cd、Pbについては、定量下限値未満であった。また、図-2にCr⁶⁺の溶出挙動を示している。図中の色枠の部分は土壌環境基準値を示す。流動化処理を施すことにより溶出は抑制される傾向

にあり、石炭灰混入率50%程度までは土壌環境基準を下回ることから、適切な石炭灰混入量であれば、有効利用が可能であることがわかる。また、タンクリーチング試験を行なった結果、すべての条件で重

金属の溶出濃度は定量下限値未満であった。バッチ試験では溶出が見られたのに対しタンクリーチング試験でこのような結果が得られたのは、試料の表面積の違い

(タンクリーチング試験では塊状の供試体を用いるのに対し、バッチ試験では粉末状の試料を用いている)が影響していることが考えられる。

3-2 再生流動化処理土の溶出特性 表-9に再生流動化処理土のバッチ試験結果を示す。Cd、Pbについては、定量下限値未満であった。図-3に再生流動化処理土のCr⁶⁺の溶出挙動を示す。どの条件においても土壌環境基準を下回っており掘削土の循環利用が可能であることがわかる。また、粒径の違いによる溶出濃度を比較すると、2.0mm以下と4.75mm以下の試料ではわずかであるが2.0mm以下のほうが溶出濃度は高かった。これは試料の表面積が2.0mm以下のほうが大きいためと考えられる。

4.まとめ 1)石炭灰単体では土壌環境基準値を超える重金属の溶出が見られるが、流動化処理を施すことにより重金属の溶出は抑制される傾向にあり、適切な混入量においては溶出特性の面で流動化処理工法を用いた各種副産物の有効利用が可能である。2)循環利用の検討においては、重金属の溶出濃度は土壌環境基準を下回っており、溶出特性の面から流動化処理土の循環利用は可能である。

表-4 実験条件

セメント量 (kg/m ³)	主材	副材	副材混入率 (%)	養生日数 (日)
50	建設発生土 (泥土)	石炭灰a	0	28
75		石炭灰b	50	
			100	

表-5 実験条件 (循環利用)

セメント量 (kg/m ³)	主材	養生日数 (日)
100	掘削処理土a 掘削処理土b	28
150		
200		

表-6 石炭灰単体の溶出濃度と土壌環境基準

分析した重金属	溶出量 (mg/l)		土壌環境基準値 (mg/l)	pH	
	石炭灰a	石炭灰b		石炭灰a	石炭灰b
Cr ⁶⁺	0.188	0.078	0.05	12.67	12.25
Pb	0.020	0.010	0.01		
Cd	0.001	0.0004	0.01		

表-7 溶液のpH

セメント量 (kg/m ³)	石炭灰混入率 (%)	石炭灰の種類	pH		
			バッチ試験	タンクリーチング試験 28日	56日
50	0	石炭灰a	9.60	11.69	12.03
	50		11.07	11.87	11.95
	100		11.83	12.15	12.25
	0		9.59	11.89	11.97
	50		11.24	11.84	12.11
	100		11.87	12.15	12.41
75	0	石炭灰b	9.60	-	12.03
	50		9.81	-	11.88
	100		10.60	-	12.04
	0		9.59	-	11.97
	50		11.08	-	11.93
	100		11.07	-	11.97

表-8 バッチ試験結果 (流動化処理土)

セメント量 (kg/m ³)	石炭灰混入率 (%)	石炭灰の種類	Cr ⁶⁺	Cd	Pb
50	0	石炭灰a	ND	ND	ND
	50		0.051	ND	ND
	100		0.067	ND	0.005
	0		0.018	ND	ND
	50		0.027	ND	0.005
	100		0.065	ND	0.006
75	0	石炭灰b	ND	ND	ND
	50		0.041	ND	ND
	100		0.102	ND	ND
	0		0.018	ND	ND
	50		0.023	ND	ND
	100		0.066	ND	ND

単位はmg/l

表-9 バッチ試験結果 (再生流動化処理土)

セメント量 (kg/m ³)	掘削処理土	粒径 (mm)	Cr ⁶⁺	Cd	Pb
100	C=75 石炭灰混入率 0%	2	ND	ND	ND
		4.75	ND	ND	ND
150		2	0.021	ND	ND
		4.75	0.018	ND	ND
200	C=75 石炭灰混入率 0%	2	0.032	ND	ND
		4.75	0.025	ND	ND

単位はmg/l

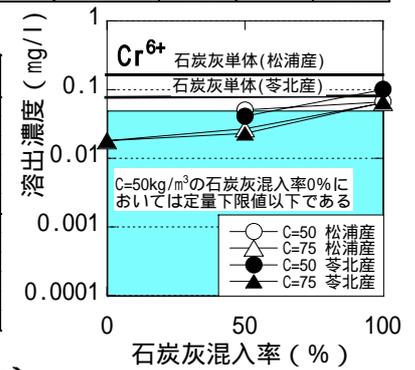


図-2 バッチ試験結果 (流動化処理土)

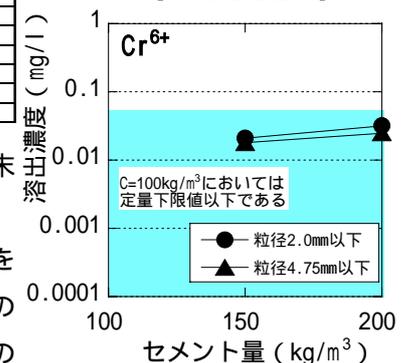


図-3 バッチ試験結果 (再生流動化処理土)

【参考文献】1)藤川ら：廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の循環利用，第42回地盤工学研究発表会，pp543~544，2007． 2)久野悟郎：「土の流動化処理工法」技報堂出版，pp.204~205，1997．