

# 循環利用を考えた廃棄物混入型流動化処理土の力学特性

福岡大学工学部 学生会員 篠原啓一 溝辺亮宏 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** 近年、火力発電所では消費電力の増加による設備増加に伴い、石炭の消費も増加傾向にある<sup>1)</sup>。そのため燃焼に伴い副次的に発生する石炭灰の更なる有効利用の技術開発が要求されている。また建設工事などで発生した建設発生土は、排出量こそ若干減少しているものの、最終処分場の残余年数が不足している現在、建設発生土の有効利用を進めていかななくてはならない。本研究では、建設副産物や産業副産物の有効利用を目的に流動化処理工法を適用した。また、現場に打設された流動化処理土が維持修繕のために将来的に掘削された際、力学特性や処理方法が確立されていなければ、廃棄物と判断される可能性が高く、建設副産物の一時的な回避にしかならない。循環型社会形成を目的とする本研究では、作成された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力学特性及び溶出特性を検討した。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力学特性について報告する。

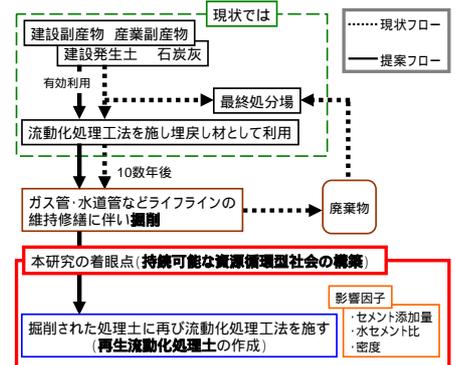


図-1 研究のフローチャート

表-1 流動化処理土の品質規定

用途	適用対象	試験項目	基準値
埋設管の埋戻し	ガス管 上下水道管 など	一軸圧縮強さ	130kN/m <sup>2</sup> 以上500kN/m <sup>2</sup> 以下
		フロー値	160mm
		ブリーディング率	3%未満
		湿潤密度	1.35g/cm <sup>3</sup> 以上

表-2 試料の物理特性

試料名	s (g/cm <sup>3</sup> )	w (%)	液性限界 $l_L$ (%)	塑性限界 $l_P$ (%)
発生土(泥土)	2.664	34.2	56.36	31.11
石炭灰a	2.297	0.4	-	-
石炭灰b	2.251	0.4	-	-

## 2.実験概要

**2-1 流動化処理土について** 流動化処理土の品質規定<sup>2)</sup>は表-1に従う。流動化処理土の作成に使用した試料は、石炭灰 a(松浦産 マッセルブルック(70)/アダロ(30))、石炭灰 b(苓北産 ドレイトン(40)/ハンターバレー(60))の2種類、建設発生土は泥土に土質区分されるものを用いた。使用した試料の粒径加積曲線を**図-2**に、各試料の物理特性は表-2に示す。セメントは高炉セメントB種を用いた。

**2-2 実験条件(流動化処理土)** 配合表を表-3に示す。流動化処理土の配合条件は、セメント量(C)を 50, 75kg/m<sup>3</sup>の2パターン、主材を泥土、副材を石炭灰として、副材混入率を 0, 25, 50, 75, 100%の5パターンとして、配合設計を行った。ここでいう副材混入率とは、主材+副材に対する副材の割合(質量比)を表したものである。

**2-3 再生流動化処理土について** 埋戻し基準を満たした配合をそれぞれ掘削処理土 a~d とし(表-3 参照)、作製した流動化処理土を容器に打設し、所定の日数養生させた後、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(以降、掘削処理土と定義する)を土と見立て、再びセメントと水を加え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

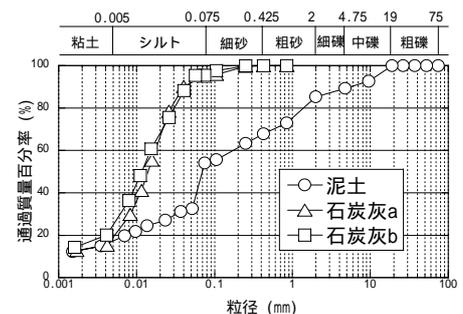


図-2 泥土の粒径加積曲線

表-3 流動化処理土の配合表

化処理土のこと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-4に示す。

**2-4 実験条件(再生流動化処理土)** 再生流動化処理土の配合条件は、これまでの研究成果<sup>3)</sup>をふまえてセメント量(C)を 100, 150, 200kg/m<sup>3</sup>の3パターンとし、得

主材	副材	セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	副材混入率 (%)	発生土 (kg/m <sup>3</sup> )	石炭灰 (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )	密度 (t/m <sup>3</sup> )	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	掘削処理土a 掘削処理土b 掘削処理土c		
			25	615	205	664	1.534	13.28	270	0.61			
			50	447	447	621	1.565	12.42	230	1.13			
			75	225	676	605	1.556	12.10	250	4.50			
			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			
			25	615	205	656	1.551	8.75	250	0.22			
			50	421	421	635	1.552	8.47	250	2.44			
			75	222	666	603	1.566	8.04	230	2.92			
			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
					25	627	209	656	1.542	13.12		260	1.00
50	468	468			600	1.586	12.00	230	3.27				
75	251	752			556	1.608	11.12	250	11.10				
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				
		25	612	204	655	1.546	8.73	260	1.58				
		50	452	452	605	1.584	8.07	250	0.96				
		75	249	748	550	1.623	7.33	240	9.02				
		100	0	1060	505	1.640	6.73	240	10.91				

られた配合表を表-5に示す。供試体の作成方法は、水、掘削処理土、高炉セメントを混合攪拌し、作製した試料のフロー値、湿潤密度、ブリージング率を測定後、5×h10cmのモールドに打設する。翌日整形、翌々日に脱型し、ラップに包み20一定の恒温室で養生させた。養生日数は7、28日とし、養生後に一軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果

3-1 流動化処理土の品質規定 表-3より石炭灰を混入させるといずれの条件においてもブリージング率は著しく増加する傾向にある。石炭灰混入率が75%を超えるあたりから基準を超えたことから、過度な石炭灰の混入は、材料分離を招く原因と考えられる。セメント量の違いによる一軸圧縮応力

強さの影響を図-3に示す。いずれの条件においても、適切な石炭灰混入率の範囲(0~50%)であれば、埋戻し規準を十分満足する材料であることが分かる。

3-2 再生流動化処理土の力学特性 表-5に再生流動化処理土の湿潤密度、ブリージング率を示す。表より、掘削処理土に再び流動化処理を施した場合においても、品質基準を満足することがわかる。再生流動化処理土の一軸

圧縮強度に及ぼすセメント量の影響を図-4に示し、水セメント比と一軸圧縮強度の関係を図-5に示す。図-4から、再生流動化処理土が品質基準を満足するには、流動化処理土を作成時に用いたセメント量よりも2倍以上のセメントが必要であることが分かる。また、図-5より、再生流動化処理土が流動化処理土と同等の一軸圧縮強度を得るためには水セメント比を減少させる必要があることが分かる。これは、再生流動化処理土の作成において、一度固化させた処理土を再び解泥しフロー値を満足させるために単位水量が増加するためだと考えられる。そのため、再生流動化処理土において固結効果を得るために、セメント量を増やさなければならないことが分かる。次に、再生流動化処理土と流動化処理土の密度とセメント量の関係を図-6に示す。図より、セメント量の増加に伴い再生流動化処理土の密度増加がみられる。また、再生流動化処理土を作成する際の単位水量の増加により再生流動化処理土は流動化処理土よりも密度が小さくなる

ことが分かる。4.まとめ 1)廃棄物を混入した流動化処理土は石炭灰混入率の増加に伴い、一軸圧縮強度は増加する。しかし、過度な石炭灰の混入は材料分離を招く原因となる。2)再生流動化処理土は、湿潤密度、ブリージング率ともに品質基準を満たした。しかしながら、一軸圧縮強度の強度基準を満足させるには、解泥に伴い単位水量を増やす必要があるためセメント添加量を流動化処理土作成時よりも増やさなくてはならないことが分かった。

表-4 掘削土の物理特性

掘削処理土の種類	s (g/cm <sup>3</sup> )	w (%)	液性限界 (L) (%)	塑性限界 (P) (%)
掘削処理土a	2.719	76.57	84.41	68.74
掘削処理土b	2.560	69.88	73.51	54.20
掘削処理土c	2.500	67.70	68.75	45.20
掘削処理土d	2.585	68.50	69.99	54.20

表-5 再生流動化処理土の配合表

掘削処理土の種類	セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	処理土 (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )	密度 (t/m <sup>3</sup> )	W/C	フロー値 (mm)	ブリージング率 (%)
掘削処理土a	100	547	767	1.413	7.67	250	0.214
	150	525	759	1.433	5.05	250	0.187
	200	491	755	1.456	3.78	250	0.111
掘削処理土b	100	579	742	1.420	7.42	250	0.513
	150	553	736	1.438	4.91	250	0.436
	200	545	723	1.467	3.62	250	0.376
掘削処理土c	100	585	734	1.418	7.34	250	0.630
	150	565	726	1.440	4.84	250	0.183
	200	565	710	1.473	3.55	250	0.540
掘削処理土d	100	595	738	1.430	7.38	250	0.322
	150	570	731	1.450	4.87	260	0.237
	200	560	719	1.478	3.60	250	0.369

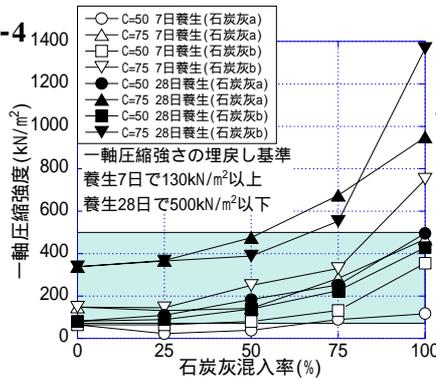


図-3 一軸圧縮強度(流動化処理土)

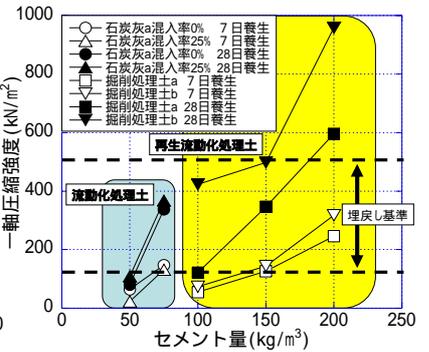


図-4 一軸圧縮強度の比較 (流動化処理土と再生流動化処理土)

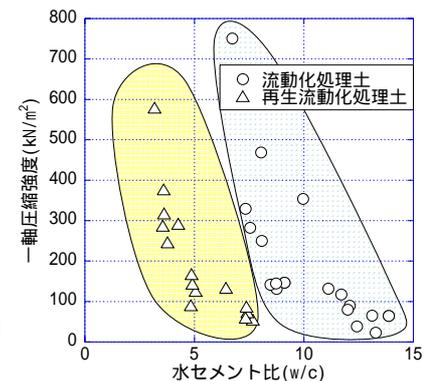


図-5 水セメント比と一軸圧縮強度の関係

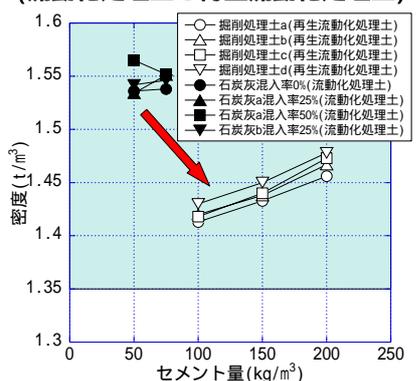


図-6 再生流動化処理土の密度比較

【参考文献】1)環境負担低減技術: [http://www.brain-c-jcoal.info/cctin-japan-files/japan/2\\_5C1.pdf](http://www.brain-c-jcoal.info/cctin-japan-files/japan/2_5C1.pdf) 2)久野悟郎: 土の流動化処理工法, 技報堂出版, pp204-205, 1997.3)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 第 部門, pp543~544, 2007.