

廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の力学的特性に関する研究

福岡大学工学部 学生員 ○大坪孝弘 福丸雄大
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1.はじめに 現在、石炭火力発電所などの電気事業や一般産業から年間 987 万トン(平成 15 年度)の石炭灰が発生しており、全体の 85%が有効利用され、残りは埋立処分されている。主な有効利用分野は、セメント分野であり、7 割を占めている¹⁾。一方、排出されたごみを処理し、最終的に処分された一般廃棄物焼却灰の量は 809 万トン(平成 16 年度)に上る²⁾。各種リサイクル法の制定に伴い、廃棄物の最終処分量は継続的に減少しているが、依然として最終処分場の残余年数は逼迫した状況にある。また、石炭灰発生量の増加や近年は建設需要の低迷によりセメント生産量が減少してきていることから、セメント製造における石炭灰の利用可能量の増加は見込めない。したがって、焼却灰の排出量抑制や減容化とともに、石炭灰及び焼却灰の新たな再利用技術の促進が求められている。そこで、本研究では、地下鉄等の地中構造物や地山との狭い空間の埋戻し材料などとしての使用用途が広く、大量の石炭灰と焼却灰利用を見込める流動化処理工法を用いて、**図-1**に示す研究のフローチャートに従い、廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の評価を行っていく。今回は、配合条件及び力学特性について検討した結果について報告する。

2.実験概要 流動化処理土の作製試料として、主材に九州電力松浦発電所 1 号機産の石炭灰、副材に有明粘土及び A 市焼却処理施設より排出された一般廃棄物焼却灰を使用した。**表-1**に各試料の物理試験結果を示す。この結果から配合計算と予備練り試験を行い、流動化処理土作製の配合を決定した。**表-2**に示す実験条件に従って、影響因子として、セメント添加量を 50, 75, 100kg/m³、副材混入率を 0, 25, 50, 75, 100%と変化させ、養生日数を 7, 28 日、フロー値を 250±20mm に設定し、供試体を作製した。

ここでの副材混入率とは、主材+副材(有明粘土または一般廃棄物焼却灰)に対する副材の割合を表したものである。**表-3**に流動化処理土の埋戻し品質規定³⁾を示し、**表-4**に予備練り試験より決定した副材に有明粘土を用いた場合の配合表を、**表-5**に副材に焼却灰を用いた場合の配合表を示す。供試体の作製にはこの配合をもとに試料、高炉セメント B 種、水を混合攪拌した処理土のフロー値、湿潤密度を測定した後、ブリーディング試験を行い、処理土をモールドに打設、翌日に整形、翌々日に脱形を行いラップで包み、20℃一定の恒温槽で養生させた。打設 7 日後、28 日後に一軸圧縮試験を行い、力学特性を把握した。

3.実験結果及び考察

3-1 流動化処理土の品質について **図-2**に作製した処理土の湿潤密度と副材混入率の関係に示す。副材に有明粘土を用いた場合は、有明粘土混入率が増えるにつれ、湿潤密度は小さくなっている事が分かる。一方、副材に焼却灰を用いた場合も同様に、焼却灰混入率の増加に伴い、湿潤密度は減少する傾向を示し、全ての条件において埋戻し品質規定を満たす値となった。**図-3**にブリーディング率と副材混入率の関係を示す。有明粘土混入率 0%においては、ブリーディング率が流動化処理土の品質規定を超える結果となり、この配合での実施工は難しい結果となった。つまり、石炭灰を単体で使用した場合、材料分離を起こしやすいと考えられるため、粒度分布の良い材料や吸水性のよい材料

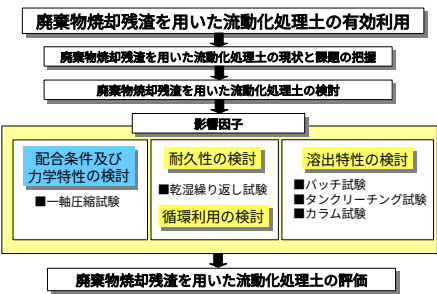


図-1 研究のフローチャート

表-1 試料の物理試験結果

試料名	密度 ρ _s (g/cm ³)	含水比w(%)
石炭灰	2.297	0.4
有明粘土	2.593	97.8
焼却灰	2.455	34.7

表-2 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	石炭灰	有明粘土 または 2mm以下 焼却灰	0	7, 28
75			25	
100			50	
			75	
			100	

表-3 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 ² 以上500kN/m ² 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 ³ 以上

表-4 配合表 (副材に有明粘土を用いた場合)

セメント量 (kg/m ³)	有明粘土混入率 (%)	石炭灰 (kg/m ³)	有明粘土 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	密度 (kg/m ³)	フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)	水セメント比 W/C
50	0	945	0	572	1.587	270	5.62	11.44
	25	522	174	690	1.456	250	2.21	13.80
	50	265	265	767	1.367	230	1.03	15.34
	75	100	300	824	1.293	240	0.69	16.48
	100	0	325	858	1.253	250	0.36	17.16
75	0	941	0	566	1.596	240	5.74	7.55
	25	520	173	682	1.471	240	1.46	9.09
	50	260	260	762	1.377	240	0.87	10.16
	75	100	300	815	1.310	240	0.60	10.87
	100	0	320	852	1.267	255	0.33	11.36
100	0	916	0	568	1.601	265	6.60	5.68
	25	510	170	679	1.479	230	1.75	6.79
	50	252	252	760	1.384	255	1.25	7.60
	75	98	294	811	1.323	240	0.52	8.11
	100	0	310	848	1.278	250	0.58	8.46

表-5 配合表 (副材に焼却灰を用いた場合)

セメント量 (kg/m ³)	焼却灰混入率 (%)	石炭灰 (kg/m ³)	焼却灰 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	密度 (kg/m ³)	フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)	水セメント比 W/C
50	0	945	0	572	1.587	270	5.62	11.44
	25	735	245	564	1.592	245	3.86	11.28
	50	487	487	574	1.595	260	3.03	11.48
	75	223	669	614	1.554	260	3.63	12.28
	100	0	790	662	1.482	230	1.54	13.24
75	0	941	0	566	1.596	240	5.74	7.55
	25	707	236	571	1.609	270	3.76	7.61
	50	478	478	572	1.603	270	5.28	7.63
	75	220	660	610	1.546	265	2.81	8.13
	100	0	700	690	1.484	270	4.97	9.20
100	0	916	0	568	1.601	265	6.60	5.68
	25	706	235	564	1.608	250	3.40	5.64
	50	473	473	568	1.598	270	3.16	5.68
	75	219	657	604	1.568	260	3.44	6.04
	100	0	683	689	1.492	270	7.11	6.89

と混ぜ合わせる等の対策が必要である。また、有明粘土混入率を増加させるとブリーディング率は減少する傾向にあり、有明粘土混入率が20%を越えるとブリーディング率は、品質規定を満たす事が分かる。一方、副材に焼却灰を混入した場合は、混入率の変化に関係なくブリーディング率にばらつきがみられる。これは、一般廃棄物焼却灰の品質が一樣でない事が原因であると考えられる。

3-2 流動化処理土の力学特性

①副材に有明粘土を用いた場合 図-4 に副材に有明粘土を用いた処理土の28日養生における応力ひずみの関係を示す ($C=100\text{kg/m}^3$)。図中の色枠部分は、一般的な流動化処理土の埋戻し基準範囲を示したものである。図より、有明粘土混入率0%においては、埋戻し基準値を上回る強度を示すとともに、脆性的な破壊形態が見られた。一方、有明粘土混入率25~100%においては、明確なピークを示さず延性的な破壊形態となった。

図-5 に一軸圧縮強さと混入率の関係を示す。図より、7日養生と28日養生の処理土の強度を比較した場合、有明粘土混入率0%においては、いずれの条件においても、セメント量の増加に伴い一軸圧縮強さが増加する結果となった。しかしながら、有明粘土混入率25~100%においては、セメント添加による強度増加の影響がほとんど見られない結果となった。これらの事から、実験に用いた有明粘土のような高有機質な材料を用いる場合、流動化処理土に用いる一般的なセメント添加量においては、あまりセメンテーション効果が期待出来ないと考えられる。そのため、 1m^3 当りのセメント添加量を増やす等の対策が必要であると考えられる。図-6 に変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さの関係を示す。図より、変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さの相関性が良い事が分かる。

②副材に焼却灰を用いた場合 図-7 に副材に焼却灰を用いた処理土の28日養生における応力ひずみの関係を示す ($C=100\text{kg/m}^3$)。いずれの条件においても有明粘土を混入させた場合と比べ高い圧縮強度を有する事が分かる。図-8 に副材に焼却灰を用いた処理土の一軸圧縮強さと混入率の関係を示す。図より、いずれの条件においても養生日数の経過に伴い一軸圧縮強さは増加する結果となった。特に、 $C=50\text{kg/m}^3$ ・焼却灰混入率50%、 $C=75\text{kg/m}^3$ ・焼却灰混入率75%の配合条件においては、処理土の埋戻し品質管理値、品質基準強度ともに基準値を満足する結果となった。図-9 に副材に焼却灰を用いた処理土の変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さの関係を示す。図より、副材に焼却灰を用いた場合も同様に、変形係数 E_{50} と一軸圧縮強さの相関性が良いことが分かる。また、有明粘土を混入した処理土と比べ、変形係数 E_{50} は10倍以上の強度を有することから、剛性の高い材料であることが分かる。

4.まとめ ①有明粘土のような高有機質な材料と石炭灰を混入させて作製した流動化処理土は、埋戻し材に用いる流動化処理土の一般的なセメント添加量においてセメンテーション効果は見られない結果となった。②本研究で検討した配合条件の中で、 $C=50\text{kg/m}^3$ ・焼却灰混入率50%、 $C=75\text{kg/m}^3$ ・焼却灰混入率75%の条件において、流動化処理土の埋戻し基準を満たす結果を得ることができた。よって、この配合条件をもとに今後、地盤環境影響と併せて評価することで、石炭灰及び焼却灰の埋立て処分量を減容化することができると考えられる。

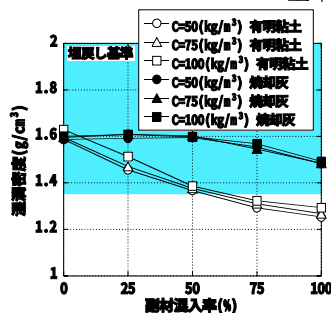


図-2 湿潤密度と副材混入率の関係

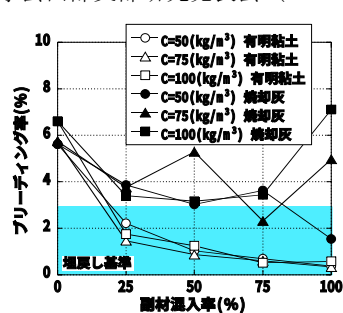


図-3 ブリーディング率と副材混入率の関係

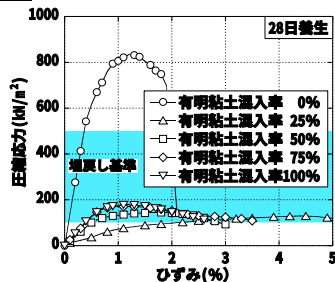


図-4 圧縮応力とひずみの関係 (副材：有明粘土 $C=100\text{kg/m}^3$)

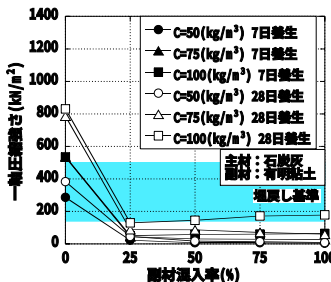


図-5 混入率の違いによる影響 (副材：有明粘土)

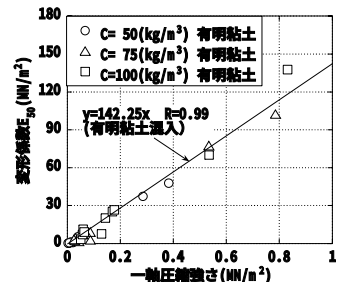


図-6 変形係数と一軸圧縮強さの関係 (副材：有明粘土)

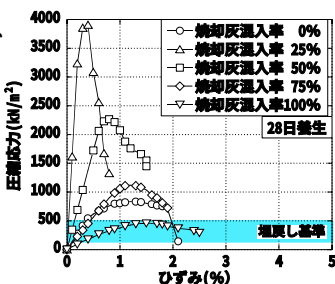


図-7 圧縮応力とひずみの関係 (副材：焼却灰 $C=100\text{kg/m}^3$)

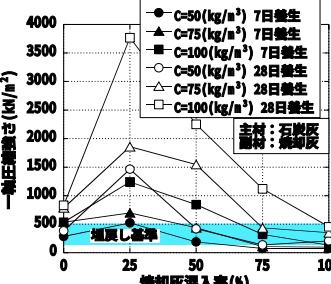


図-8 混入率の違いによる影響 (副材：焼却灰)

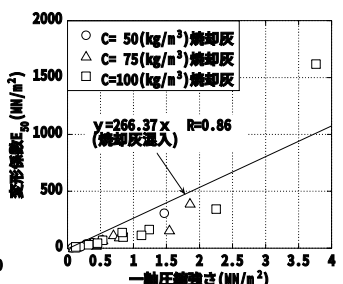


図-9 変形係数と一軸圧縮強さの関係 (副材：焼却灰)