

気泡混合処理した一般廃棄物焼却灰の力学特性

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 福岡大学工学部 学生員○後藤 勇樹
福岡大学大学院 学生員 本村 明教 麻生セメント (株) 大神 年彦

1.はじめに 一般廃棄物焼却灰は、年間 700 万 t 以上排出されているにも関わらず、現在ほとんど埋立処分¹⁾されている。一般廃棄物焼却灰の建設材料としての有効利用は、資源循環型社会の構築の面から見て今後重要な課題^{2) 3)}と考えられる。そこで本研究では、一般廃棄物焼却灰を土木材料として有効利用する 1 つの手段として、容易に強度設定が可能であり、軽量性といった特徴を持つ気泡混合処理工法に着目した。実験では、特に焼却灰の混入率に着目し、一軸圧縮試験から、力学特性の把握を行った結果について報告する。



写真-1 焼却灰

2.実験概要 実験では、まずセメント、水、気泡、主材に有明粘土及び海砂、副材に 2mm 以下焼却灰及び 13mm 以下焼却灰を混ぜ合わせ、気泡混合処理土の作成を行った。写真-1 に焼却灰の走査型電子顕微鏡 (SEM) の画像を示す。表-1 に試料の物理特性を示す。処理土の作成条件は、土セメント比 (S/C) 1.0、目標湿潤密度 1.0g/cm^3 の一定とし、目標フロー値 $180\pm 20\text{mm}$ になるように水及び気泡などで調整を行った。実験で用いた配合を表-2 に示す。なお、調整含水比とは、主材の元の含水量と配合上加えられた水量から求められるモルタル分の含水比のことを示す。セメントは高炉セメント (B 種) を用い、供試体は $\phi 5\times h10\text{cm}$ を基本とし、13mm 以下のみ $\phi 10\times h20\text{cm}$ とした。供試体は打設 2 日後に脱型を行い、脱型後、各養生方法で養生を行った。

表-1 試料の物理特性

試料名	有明粘土	海砂	2mm以下焼却灰	13mm以下焼却灰
土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.55	2.65	2.47	2.54
初期含水比 $w(\%)$	119.4	2.70	12.8	8.80
10%粒径	—	0.15	0.11	0.17
50%粒径	0.0055	0.50	0.60	1.80
均等係数 U_c	—	4.13	7.64	14.1
曲率係数 U_c	—	0.97	1.33	1.07

表-2 配合表

主材	副材	副材混入率(%)	調整含水比(%)	セメント (kg/m ³)	主材 (kg/m ³)	副材 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	気泡 (l/m ³)	水セメント比 W/C	セメント空隙比 C_v/V
有明粘土	2mm以下焼却灰	0%	389	168	369	0	453	224.9	3.89	0.063
		50%	215	237	261	134	353	317.3	2.15	0.094
		75%	155	276	151	233	320	370.8	1.55	0.113
		100%	85	343	0	387	248	456.6	0.85	0.150
海砂	13mm以下焼却灰	75%	155	277	151	225	328	373	1.55	0.113
		0%	87	365	375	0	235	497.7	0.67	0.161
		50%	77	352	181	199	243	475.9	0.77	0.154
		75%	82	346	89	294	249	464.1	0.82	0.152
海砂	2mm以下焼却灰	100%	85	343	0	387	248	456.6	0.85	0.150

実験では、主材、副材の混入率、副材粒径、養生日数、養生方法が力学特性に及ぼす影響を調べた。ここで、主材は 2 種類、副材混入率 R_r を 0、50、75、100% の 4 種類、副材粒径を 2mm 以下、13mm 以下の 2 種類、養生日数は 7、28 日とした。養生方法を主材粘土の場合には恒温、恒湿の空气中養生 (以下気中養生と示す)、水中養生の 2 種類とし、主材海砂の場合には気中養生のみとした。力学特性の把握は、一軸圧縮試験により行った。

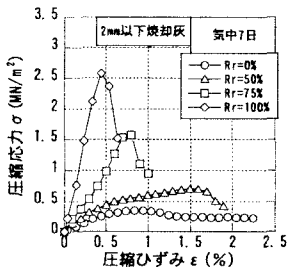


図-2 一軸圧縮試験結果 (7 日)

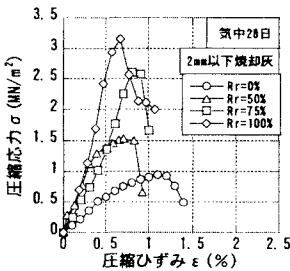


図-3 一軸圧縮試験結果 (28 日)

3.実験結果及び考察

3.1 焼却灰を用いた処理土の基本特性

図-2、図-3 に主材有明粘土、副材 2mm 以下焼却灰の気中 7 日及び 28 日養生後の各混入率における一軸圧縮試験結果を示す。気中 7 日、28 日ともに副材混入率の増加に伴い、一軸圧縮強さ (以下 q_0 と示す) が増加している。また、全ての混入率においても養生に伴って強度が増加している。混入率増加に伴う強度増加の要因としては、水セメント比 W/C とセメント空隙比 C_v/V (C_v :セメントの絶対容積、 V :単位水量の容積と気泡混合土 1m^3 中の空気容積との和) が考えられる。図-4 に主材粘土における水セメント比と q_0 との関係を示す。図-5

に主材粘土におけるセメント空隙比と q_0 との関係を示す。これらの図より、水セメント比が減少すると、またセメント空隙比が増加すると、 q_0 は増加している。このことは表-2 より混入率の増加に伴い、水セメント比は減少、セメント空隙比は増加し空隙に対するセメント量が多くなっている事が影響している。一般的な軽量盛土工法で設定される一軸圧縮強さは、 $0.3 \sim 1.0 \text{ MN/m}^2$ 程度⁴⁾である。今回行った焼却灰混入型の全ての条件においてその値を満たしており、強度面では問題なく利用可能である事が示された。

3.2 主材の違いによる影響 図-6 に主材に有明粘土と海砂、副材に2mm以下焼却灰での混入率と q_0 との関係を示す。図-6より海砂を主材とした場合が粘土を用いたものより強度が大きい。これは、表-2より海砂の方が有明粘土を用いたものよりも、水セメント比が小さく、セメント空隙比が大きいことが理由として考えられる。また、焼却灰を75%混入することにより、主材の違いによる強度差が小さくなる事がわかる。また、焼却灰100%においても高い q_0 を示していることが分かる。このことは焼却灰のみを気泡混合処理し、有効利用が可能である事を示唆している。

3.3 養生方法の違いによる影響 図-7 に主材粘土における副材混入率と q_0 との関係を示す。この図より処理土の強度に養生の違いが見られないことが分かる。したがって打設後の水の影響は、さほどないと考えられる。図-8 に変形係数 E_{50} と副材混入率 R_r との関係を示す。焼却灰混入型では、気中、水中養生ともにばらつきはあるものの、混入率の増加に伴って、 E_{50} が増加傾向にある。また、混入率100%では剛性が大きいことが分かる。

3.4 粒径の違いによる影響 図-9 に主材粘土、副材混入率75%における養生日数と q_0 との関係を示す。2mm以下焼却灰を副材として用いた方が、13mm以下を用いたものより強度が大きく、また、7日と28日での強度差は2mm以下では 1.2 MN/m^2 であり、13mm以下では 0.9 MN/m^2 であり、強度増加はほぼ等しかった。密度が軽い気泡混合処理土の中にあつて粗粒で相対的に密度が大きい13mm以下焼却灰は、高さ10cmの供試体の中で若干沈降するなどして、供試体の高さ方向に密度差などが生じている可能性がある。また、13mm以下でも、28日において十分な q_0 を有していることが分かる。

4. まとめ ①主材に有明粘土を用いた場合、焼却灰混入率の増加に伴い、 q_0 が大きくなる。また、主材においては海砂を用いた方が強度が大きくなる。②一軸圧縮強さにおいて養生の違いによる影響は見られなかった。③焼却灰100%の気泡混合処理土は強度及び剛性が大きく、十分に有効利用可能な材料であることが示唆された。また、この材料を利用する際には、環境影響負荷について十分に検討を行う必要がある。

参考文献) 1) 平成9年版 環境省環境白書より抜粋 2) 平尾、島岡、花嶋ら「物理選別法による都市ごみ焼却灰の有効利用に関する研究」、平成11年地盤工学会第3回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、pp.143~148 3) 島岡、花嶋、宮脇ら「一般廃棄物の力学特性に及ぼす地盤環境の影響」、平成13年地盤工学会第4回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、pp.55~58 4) 日本道路公団「気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針」

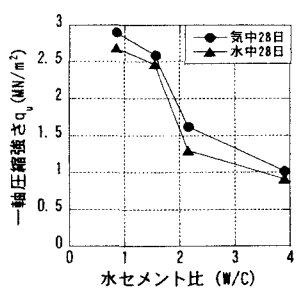


図-4 水セメント比と q_0 の関係

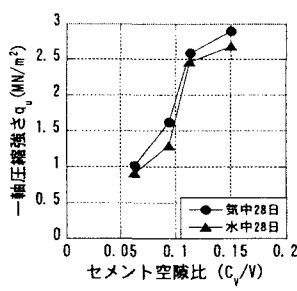


図-5 セメント空隙比と q_0 の関係

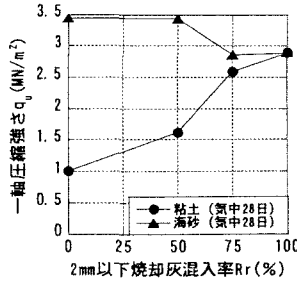


図-6 主材の違いによる影響

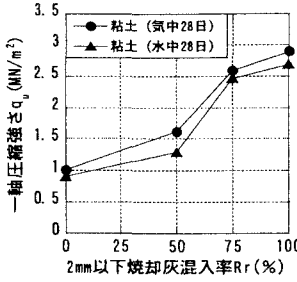


図-7 養生方法の違いによる影響

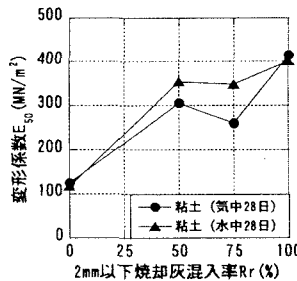


図-8 E_{50} と混入率 R_r との関係

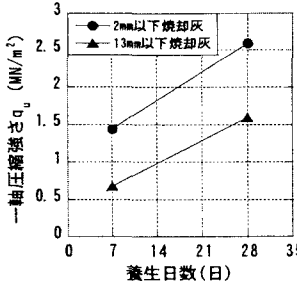


図-9 粒径の違いによる影響