

無害化した都市ごみ焼却灰の地盤改良材としての力学的・化学的安定性評価

長崎大学工学部 正会員 棚橋 由彦 長崎大学工学部 正会員 蔭 宇静
 菱電テクニカ(株) 非会員 力武 幸 菱電テクニカ(株) 非会員 松島 右児
 長崎大学工学部 学生員 〇江藤 秀治 長崎大学大学院 学生員 長野 卓

1. 研究の背景と目的

近年の生活様式の変化に伴い、家庭からのごみの排出量は増加の一途を辿っている。しかし、日本では未だに一般廃棄物の約 7 割が焼却処分され、その焼却灰は年間 600 万 t も発生している。最終処分場の残容量問題や埋立地からのダイオキシン類、重金属類の溶出による環境汚染問題が指摘されているため、都市ごみ焼却灰の無害化および再利用の実現が望まれている。一方、有明粘土などの高含水比粘土は低品質な建設発生土として処分する適地の確保が困難な状況であり、処分費用も急騰しており、その再資源化が緊急の課題となっている。

本研究は、ダイオキシン類、重金属類を取り除き無害化された都市ごみ焼却灰(以下、エコアッシュと呼ぶ)と建設発生土の混合材料の基礎試験による力学的特性と化学的安定性の評価を行い、軟弱地盤改良材としての利用可能性を検討するものである。

2. 焼却灰リサイクルシステムの処理フロー

図-1 に焼却灰リサイクルシステムの処理フローを示す。本実験は、長崎と佐賀の 2 つの異なる産地のエコアッシュを使用するが、処理工程は同様である。

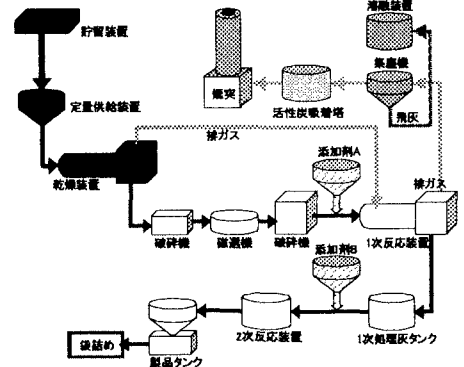


図-1 焼却灰リサイクルシステムの処理フロー

表-1 エコアッシュの物性値

		単位	長崎産(N)	佐賀産(S)
土粒子の密度	ρ_s	(g/cm ³)	2.46	2.31
粒度分布	砂	(%)	29.3	63.0
	シルト	(%)	61.7	31.0
	粘土	(%)	9.0	6.0
最適含水比	W_{opt}	(%)	20.5	28.0
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	(g/cm ³)	1.506	1.398
有効粘着力	c'	(kPa)	34.6	
有効内部摩擦角	ϕ'	(°)	23.5	

表-2 建設発生土の物性値

		単位	有明粘土(A)	蓮池粘土(H)
塩分濃度		(mg/kg)	20500	179
土粒子の密度	ρ_s	(g/cm ³)	2.5	2.6
自然含水比	W_n	(%)	139	97.2
液性限界	W_L	(%)	125	125.2
塑性限界	W_P	(%)	45.8	48.2
塑性指数	I_P	(%)	79.3	77
粒度分布	砂	(%)	38	2.3
	シルト	(%)	35	28.2
	粘土	(%)	27	69.5

表-3 配合の組み合わせ

ケース	エコアッシュ	建設発生土
NA	長崎産	有明粘土
NH	長崎産	蓮池粘土
SH	佐賀産	有明粘土
SH	佐賀産	蓮池粘土

(エコアッシュ:建設発生土=50:50、消石灰添加率5%)

3. 試料および実験概要

3.1 実験材料 本実験で用いるエコアッシュは、長崎及び佐賀の一般廃棄物処理場で生成された焼却灰を図-1 の工程で無害化したものを使用し、建設発生土は塩分濃度の異なる有明粘土と蓮池粘土を使用する。各試料の物性値は、表-1, 2 に示す。

3.2 実験概要 これまでの研究により、軟弱地盤改良材として十分な効果があり、その改良土は一般的な盛土強度を満足した。そこで、最も安定して高い強度を発揮したエコアッシュ:有明粘土=50:50、消石灰添加率5%(いずれも質量比)の配合を基に、表-3 に示す組み合わせで試料を作製し、材齢 14、28 日の一軸圧縮試験後に重金属溶出試験を行う。また、一般に海生粘土である有明粘土は塩分濃度が高く石灰による固化、強度増加が有効であるが、淡水汽水域で堆積した蓮池粘土もエコアッシュが地盤改良材として機能するかを判断する。さらに佐賀産エコアッシュの再利用を考え、地盤改良材としての適性及び長崎産エコアッシュとの成分及び品質の相違を把握する。

4.強度試験

各配合同様にエコアッシュ、粘土、消石灰を混合・攪拌した後、内径 5cm、高さ 10cm のプラスチック製のモールドに 3 層に分けて入れ突き固める。ブリーディングが生じないように振動を与えた後、温度 25℃、湿度 90% の恒温槽において養生を行う。通常は成型した翌日に脱型を行うが、本実験では、脱型時に強度が弱く崩壊する可能性があるため、すべての配合において脱型を 7 日養生時に行い、その後 7、14、28、60 日養生時に一軸圧縮試験を行う。試験時には、配合ごとに同一条件で 3 個の供試体を準備する。図-2 はその平均値を示したものである。

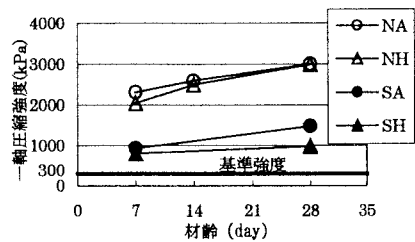


図-2 一軸圧縮試験結果

4.1 基準強度 軟弱地盤の一軸圧縮強度は約 70kPa 以下と言われているが、特に含水比の高い粘土や有機質土は軟弱で、そのままでは盛土材料として使用することは難しい。そこで、これらに改良を加え、より高い強度を持たせることで再利用を可能にする。その時に必要な一般盛土材料としての改良強さは、一軸圧縮強さで 100~300kPa と言われている。そこで、本研究での目標強度としては 300kPa を基準に定めた。

4.2 強度特性 図-2 に示すように、材齢 7 日時に長崎産エコアッシュの配合は 2MPa、佐賀産エコアッシュの配合は約 1MPa に達しており、目標強度を大きく上回っている。有明粘土の方が消石灰による固化および強度増加が有効と言われているが、蓮池粘土も十分な強度増加を示しておりエコアッシュが地盤改良材として多種の建設発生土に機能する可能性を示している。2 種類のエコアッシュを比較すると成分に砂の割合が高い佐賀産エコアッシュの強度発現が低い。

5.溶出試験

本実験では、廃棄物に含まれる重金属類で環境汚染の原因として特定される Cd、Pb、Cr⁶⁺、As、T-Hg、Se について溶出試験を行った。Cd、Cr⁶⁺、T-Hg、Se に関しては、すべての試料及び配合で溶出されず、Pb 及び As に関しては蓮池粘土に基準値を超える溶出が確認された。しかし、エコアッシュとの配合後は溶出されなかった。これは消石灰の水酸化物イオンが重金属イオンと結合して、溶解度の低い水酸化物を生成して不溶化する水酸化物の沈殿効果のためと考える。エコアッシュ、建設発生土及び長崎産エコアッシュと蓮池粘土の配合に関しては、重金属溶出試験の結果も表-4 に示す。

表-4 エコアッシュ、建設発生土及び長崎産エコアッシュ・蓮池粘土の重金属溶出試験結果 (単位:mg/l)

		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	T-Hg	Se
環境庁告示第 13 号 -イによる基準値		<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.01
長崎産エコアッシュ, N		<0.001	<0.001	0.013 (T-Cr)	<0.001	—	0.004
佐賀産エコアッシュ, S		<0.001	<0.001	<0.005 (T-Cr)	<0.001	—	<0.001
有明粘土, A		<0.001	<0.001	<0.005 (Cr ⁶⁺)	0.008	—	<0.001
蓮池粘土, H		<0.001	0.321	0.005 (Cr ⁶⁺)	0.017	—	<0.001
長崎産エコアッシュ : 蓮池粘土, NH	材齢 14	<0.001	<0.001	0.006 (T-Cr)	<0.001	—	0.001
	材齢 28	<0.001	<0.001	0.005 (T-Cr)	<0.001	—	0.002

6.おわりに

強度試験結果よりエコアッシュ産地、塩分濃度の違いにより、改良強度に影響を及ぼすことが明らかになり、28 日養生時点で全ケース基準値を満たした。また、溶出試験結果よりエコアッシュと建設発生土を消石灰とともに混合することで重金属類の溶出を抑制することが可能であり、化学的な安定性を確認することができた。今後、材齢 60 日まで一軸圧縮試験を行い、混合材料の変化に伴う力学的特性の変化を評価・検討して行く予定である。

参考文献：1)長崎三菱電テクニカ：都市ごみ焼却灰リサイクルシステム資料,1999.