

無害化した都市ゴミ焼却灰と低品質発生土の高機能地盤材としての利用可能性検討

長崎大学工学部 学生員 ○山下慎也 長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦
 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 長崎菱電テクニカ 非会員 野口博徳
 長崎大学大学院 学生員 日高公大 長崎大学大学院 学生員 小川一貴

1. はじめに

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が、我が国では未だ一般廃棄物の約 8 割が焼却処分され、その焼却灰は年間約 720 万 t も発生している(平成 13 年度実績)。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おり、都市ゴミ焼却灰の無害化・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であるため、処分適地の確保の困難、処分費用の急騰といった問題を抱えており、その再資源化は緊急の課題である。

本研究の目的は、ダイオキシン類、重金属類を取り除き無害化された都市ゴミ焼却灰(以下、エコアッシュ)と建設発生土の混合材料の力学特性と化学的安定性の評価を行い、高機能地盤材としての利用可能性を検討し、また、一軸圧縮試験から求められた一軸圧縮強度-養生日数関係を定量化することにある。

2. 焼却灰リサイクルシステムの概要¹⁾

このシステムは、一般廃棄物焼却灰を無害化しリサイクル資材として活用することを特徴とする環境調和型システムである。まず、焼却場から排出された焼却灰は微粉化、乾燥処理を施され、余分な鉄分などは除去される。次に、石灰を主成分とする機能向上剤を混合し、低温加熱処理することで、ダイオキシン類の分解除去を行う。その後、硫黄を含む無機の重金属固化剤を用いて、重金属類の不溶化による安定処理を図る。本研究では、佐賀産の都市ゴミ焼却灰を無害化したものを佐賀産エコアッシュと呼ぶ。

3. 力学的特性評価

3.1 実験概要

表-1 に示されている配合率(質量比)に基づき、エコアッシュ、有明粘土、消石灰を混合・攪拌し、内径 5cm、高さ 10cm のプラスチックモールドに 3 層に分けて入れ供試体を作成する。その際、ブリーディングが生じないように振動を与えて脱気した後、突き固める。作成した供試体は温度 25℃、湿度 90% の恒温槽に安置させ養生を行う。その後、表-1 に示されている材齢において一軸圧縮試験を各ケース 3 回ずつ行う。また、材齢 7 日と 60 日については三軸圧縮試験を行うが、7 日は側圧を 100kPa、200kPa、300kPa、60 日は 200kPa、300kPa、400kPa と設定し、平均一軸圧縮強度 q_u 、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ を力学的特性評価とする。本実験に使用される佐賀産エコアッシュ、有明粘土の物性値を表-2、表-3 に示す。

一般盛土材料として必要な改良強さは、一軸圧縮強さで 100～300kPa とされている。そこで、本研究での目標強度を 300kPa と定めた。

表-2 エコアッシュの物性値

項目	単位	佐賀産
土粒子の密度 ρ_s	(g/cm ³)	2.620
粒度分布	砂	(%) 31.4
	シルト	(%) 64.7
	粘土	(%) 3.9
最適含水比 W_{opt}	(%)	23.59
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	(g/cm ³)	1.448

表-3 建設発生土の物性値

項目	単位	有明粘土
塩分濃度	(mg/kg)	20500
土粒子の密度 ρ_s	(g/cm ³)	2.5
自然含水比 W_n	(%)	139
液性限界 W_L	(%)	125
塑性限界 W_P	(%)	45.8
塑性指数 I_P	(%)	79.3
粒度分布	砂	(%) 38
	シルト	(%) 35
	粘土	(%) 27

表-1 試験ケース

ケース名	エコアッシュ	建設発生土	エコアッシュ:建設発生土	消石灰添加率(R_L)	材齢 t_c (日)
SA	佐賀産	有明粘土	40:60	1%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60
			50:50	0%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60
				1%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60
			55:45	2%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60
				1%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60
			60:40	0%	1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 60

4. 試験結果

図-1 に一軸圧縮試験結果、図-2 に三軸圧縮試験結果を示す。図-1 より、養生日数の経過に伴い強度が増加していることが見てとれる。ただし、図-1(b)の 60:40 の材齢 28 日、60 日、55:45 の材齢 60 日では養生日数が増加しているにもかかわらず強度が低下している。その原因として供試体作成の際脱気が十分でなかったことや、供試体が脱型時に剥離したことが考えられる。

図-1(a)では、消石灰添加率が大きいほど強度発現が大きい。これは消石灰中のカルシウムイオンが土粒子表面のマイナスイオンに接着し、土粒子が団粒化したことによるものと考えられる。また、養生期間が延びるにしたがってポゾラン反応による強度増加に移行し、消石灰添加率による強度増加比が一定に近づいている。

図-1(b)では、エコアッシュの比率が大きいほど強度発現が大きい。これはエコアッシュに消石灰と同様の石灰系固化材としての効果があるためである。配合比が 40:60 では養生による含水比の減少が著しく、また強度発現はその含水比の減少分に大きく依存することが挙げられ、材齢 14 日において 55:45、50:50 での圧縮強度を上回っているのもそのためと考えられる。

図-2(a)は材齢 60 日、(b)は材齢 7 日で、消石灰添加率が 1% のものである。また、グラフの切片は粘着力 c 、傾きは内部摩擦角 ϕ を表す。

図-2(a)では、 c 、 ϕ 、ともほぼ同等であり、つまり、 c 、 ϕ は消石灰添加率に依存しないと考えられる。

図-2(b)では、エコアッシュの比率が大きいほど c 、 ϕ は大きい。これは、エコアッシュの比率が大きい方が固化しているためと考えられる。

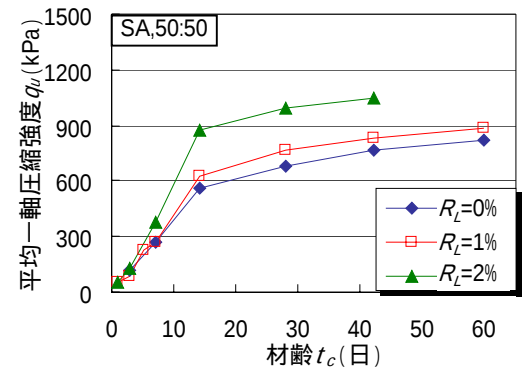
5. 化学的安定性の評価

既往研究より、本研究では、一軸圧縮試験後の供試体を用いて重金属溶出試験を行い、混合材の化学的安定性を解明した。佐賀産エコアッシュと有明粘土の混合材は、環境基準値を超える重金属類は検出されず、化学的な安定性を確認することができた。

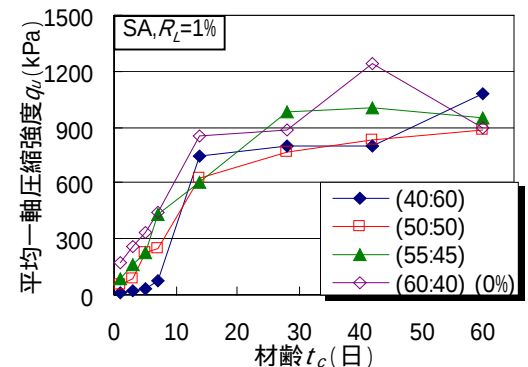
6. おわりに

試験結果よりエコアッシュ:有明粘土=55:45、60:40 なら材齢 7 日以上で、どの配合ケースでも材齢 14 日以上であれば目標強度 300kPa を満足しており、少量の消石灰を添加することにより地盤改良材として利用できることが明らかになった。また、粘着力、内部摩擦角は消石灰の添加率には依存しないことが明らかになった。今後は、一軸圧縮試験から求められた一軸圧縮強度-養生日数関係を定量化する予定である。

【参考文献】1) 小川一貴:発生土と無害化処理した都市ごみ焼却灰を用いた地盤材料の特性評価, 平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 第 1 分冊, A-346-A-347, 2004.

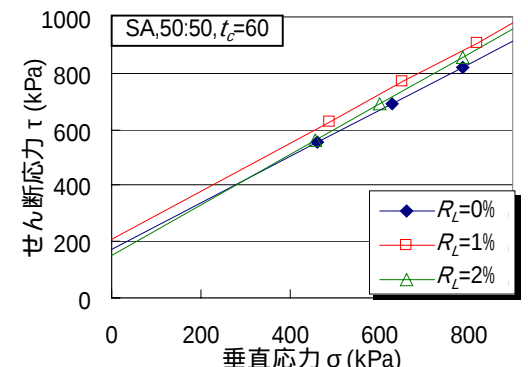


(a) 消石灰添加率(R_L)の影響

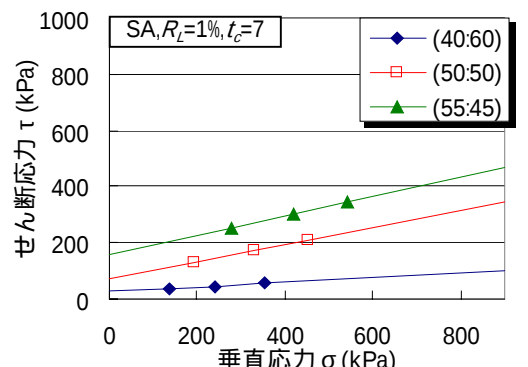


(b) 配合比の影響

図-1 一軸圧縮試験結果



(a) 消石灰添加率(R_L)の影響



(b) 配合比の影響

図-2 三軸圧縮試験結果