

粒度調整した都市ゴミ焼却灰の強度特性

九州大学大学院 ○学 藤井 照郎 F 落合 英俊
九州大学大学院 正 安福 規之 正 大嶺 聖

1.はじめに

地盤工学の分野において環境保全の立場から海砂の採取が規制されつつある。このためサンドコンパクションパイル（SCP）工法で中詰め材として使用されている良質な海砂の不足が指摘されている。

一方、都市ゴミ焼却灰（以下、MSW 灰）は年間 600 万 t 排出されている。MSW 灰には重金属が含まれることがあるが、焼却炉の性能によっては土壤環境基準値を満足する場合も見られる。しかしながら、地盤材料としての MSW 灰の有効利用は進んでないのが現状である¹⁾。

このような背景から、安定供給可能な MSW 灰を SCP 工法の中詰め材として再利用することは、最終処分場の延命化、MSW 灰の再資源化、良質な砂の資源保護、コスト削減など多くのメリットが考えられる。中詰め材として MSW 灰を利用するには、中詰め材に要求される強度、透水、溶出について検討する必要がある。重金属は MSW 灰の細粒分に多く含有していると考えられることをふまえ、本報告では粒度調整した MSW 灰を対象に強度特性および溶出特性について検討した。

2. 締固め試験

試験に用いた試料の粒径加積曲線を図-1 に示す。三軸試験機の供試体が直径 15cm、高さ 30cm であるため 19 mm 以下の通過分を試料とした。A 灰は 19 mm 以下の通過分とし、B 灰は A 灰のうち 2 mm 以下の細粒分を除去したものとする。

A 灰、B 灰を用いてランマー重量 2.5kg、モールド内径 10cm、3 層突き固め回数 25 回で締固め試験を行った結果を図-2 に示す。A 灰は最適含水比 24%、最大乾燥密度 1.365g/cm³、B 灰は最適含水比 20%、最大乾燥密度 1.300g/cm³ が得られた。

3. 実験結果と考察

3.1 溶出試験

溶出試験は環境庁告示第 46 号法に準拠し、重金属（鉛、カドミウム）の測定には ICP 質量分析装置(ICP-MS)を用いた。表-1 に溶出試験の概要を示す。試料状態は A 灰、B 灰ともに破碎せず有姿のままで試験を実施した。溶出試験の分析結果を表-2 に示す。表-2 に示す値は 6 時間振とう後の検液の pH、電気伝導率である。A 灰、B 灰の pH はともに 11.3 程度であり、粒度の違いが pH に与える影響はないことが分かる。また、重金属の溶出濃度においても、どちらの灰も鉛、カドミウムの土壤環境基準値を下回り、pH と同様に粒度の違いが溶出濃度に与える影響はない²⁾。

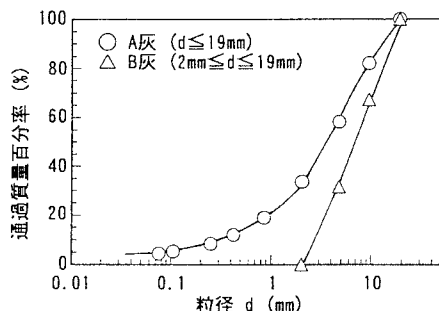


図-1 粒径加積曲線

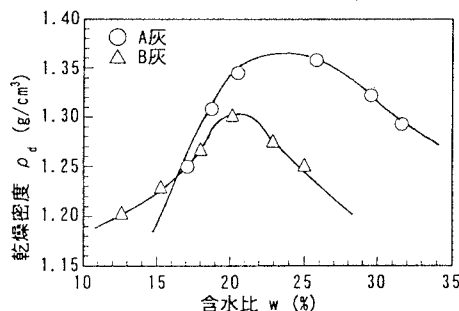


図-2 締固め曲線

表-1 溶出試験の概要

試験名称	環告 46 号試験
試料状態	有姿のまま
試料重量	100g
溶媒	蒸留水 pH5.8~6.3
液固比	10
抽出容器	2L ポリボトル
抽出・攪拌方法	平行振とう
抽出時間	6h
固液分離	0.45 μm MF

3.2 排水三軸圧縮試験 (CD試験)

強度特性は試料の粒度組成を考慮して直径 15cm、高さ 30cm の供試体を作製し、温度可変型中型三軸圧縮試験 (CD) で評価した。今回の実験は室温 25℃で実施した。供試体は最適含水比に調整し、締固め試験より得られた最大乾燥密度の 90% ($0.9\rho_{dmax}$: A 灰 1.229g/cm³、B 灰 1.170g/cm³) になるようにランマーによる突き固めで作製し、締固め度一定の条件で試験を行った。

拘束圧は深さ 5, 10, 15m 程度を想定し、68, 137, 206 kPa の 3 種類で排水三軸圧縮試験を行った。試験結果を図-3, 4, 5 に示す。図-3, 4 は拘束圧 68, 206 kPa 下で実施した試験の軸ひずみ ε_1 -軸差応力 q ($=\sigma_1-\sigma_3$)、軸ひずみ ε_1 -体積ひずみ ν 関係である。拘束圧の増加に伴い、いずれの灰も体積ひずみは圧縮側に生じる傾向にある。また、拘束圧が同じであれば A 灰、B 灰の残留強度はほぼ同程度であり、細粒分の影響は大きく現れなかった。図-5 はピーク強度より求めた $(\sigma_1+\sigma_3)/2-(\sigma_1-\sigma_3)/2$ の関係である。A 灰は内部摩擦角 38.9°、粘着力 23 kPa、B 灰は内部摩擦角 35.7°、粘着力 32 kPa が得られ、強度に大きな差が見受けられなかった。

図-3, 4 から分かるように A 灰、B 灰の力学的挙動は同じではないものの、SCP 工法の中詰め材として要求される内部摩擦角 35° 程度をいずれも満足している結果となり、90%程度の締固め度であれば強度的には A 灰、B 灰ともに中詰め材の代替材として利用可能なことが分かった。代替材として力学的に評価するには強度特性だけでなく、透水性についても検討する必要がある、今後の課題である。

4.まとめ

- 1) 今回用いた試料では細粒分の除去は振とう後の pH、重金属 (鉛、カドミウム) の溶出濃度に有意な違いを与えなかった。
- 2) 少なくとも 90%程度の締固め度であれば、今回用いた都市ゴミ焼却灰は強度的にサンドコンパクションパイル工法の中詰め材の代替材として利用可能であることが分かった。

【参考文献】1)長坂・坂井・大森・平田(1997):産業廃棄物の地盤工学的有効利用 (その 1)、土と基礎、Vol.45、No.5、pp.55~60 2)嘉門・勝見・乾(1999):固体系廃棄物の地盤工学的利用に伴う環境影響要因の溶出特性とその評価、第 3 回環境地盤工学シンポジウム、pp.169~174

表-2 溶出試験の結果

	土壌環境基準値	A 灰	B 灰
電気伝導率 (mS/cm)	—	1.63	1.28
pH	—	11.28	11.27
鉛	0.010	0.0064	0.0067
カドミウム	0.010	0.0071	0.0073

注 (溶出濃度の単位: mg/L)

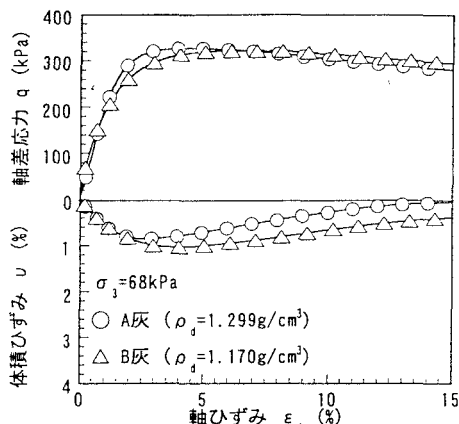


図-3 応力-ひずみ関係 ($\sigma_3=68\text{kPa}$)

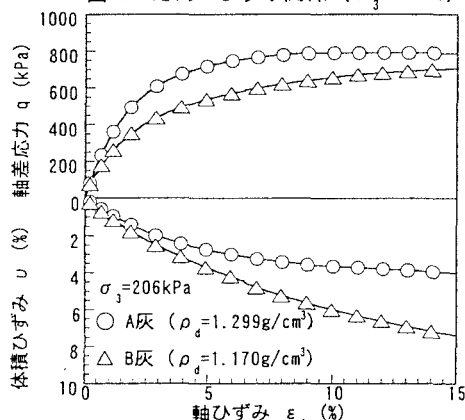


図-4 応力-ひずみ関係 ($\sigma_3=206\text{kPa}$)

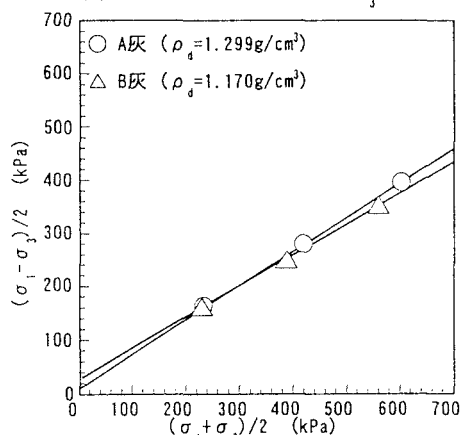


図-5 $(\sigma_1 + \sigma_3)/2 - (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ の関係