

ごみ焼却灰焙焼灰の土工材料としての利用に関する一考察

大林組土木技術本部 正会員 ○日笠山 徹巳
 三菱重工業横浜研究所 非会員 本多 裕姫
 三菱重工業横浜研究所 非会員 仙波 範明
 大林道路技術研究所 正会員 光谷 修平

1. まえがき

我が国では廃棄物最終処分場事情が逼迫しており、処分量低減のためごみ焼却灰の再利用や資源化技術の開発が求められている。ごみ焼却灰の代表的な資源化技術¹⁾が挙げられるが、三菱重工業では、より安価でメンテナンスに優れた焼却灰の焼成（融点以下に加熱，いわゆる焙焼）技術の開発²⁾を行っている。本文は、この技術による「焙焼灰」を土工材料として利用可能か否かを検討するために行った、各種材料試験を報告するものである。

2. ごみ焼却灰焙焼灰の概要

ごみ焼却灰焙焼灰とは、キルンに投入した焼却灰を融点以下に加熱（1,000～1,100）し、いわゆる焙焼状態にすることによって、Pb等の重金属を揮発させ、ダイオキシン類を分解させた材料である。実証実験で用いた施設の概要を図-1に示す。

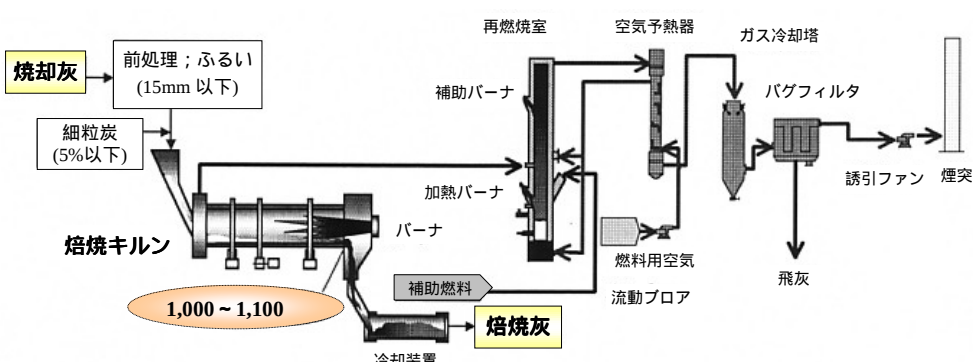


図-1 ごみ焼却灰焙焼灰の製造装置

表-1 試験項目および試験方法

区分	試験項目	試験方法	特 記
物理性状	土粒子の密度試験	JGS 0111	ρ_s
	土の含水比試験	JGS 0121	w_n
	土の粒度試験	JGS 0131	分布, D_{50}, F_c
	土の液・塑性試験	JGS 0141	w_L, w_p, I_p
力学性状	土の締固め試験	JGS 0711	C-c法; ρ_{dmax}, w_{opt}
	CBR試験	JGS 0721	修正CBR値
	土の一軸圧縮試験	JCAS L-01 JGS 0511	$\phi 5cm \times h10cm$ 材令7日

3. 試験内容

焙焼灰の土工材料としての利用を検討するため、表-1に示す室内試験を行った。なお、用いた焙焼灰を土壌環境基準（環告46号）に基づき重金属類の溶出試験を実施した結果、全項目において基準を満たした。また、ダイオキシンについても、分析の結果0.1pg-TEQ/g以下であり、土壌基準（環告68号1,000pg-TEQ/g）を満足した。

4. 試験結果

4.1 物理的性状 表-2に物理試験結果を、図-2に粒径加積曲線（原粒度は実線）を示す。今回の試料は、ほぼ風乾状態であり、シルト・粘土分（細粒分）を20%程度含有する「シルト質砂」に分類される。

4.2 力学的性状

(1) 締固めおよび CBR 特性 力学性状を確認するために行った、締固めおよび CBR 試験の結果を表-3に示す。締固め試験では、最適含水比において、突固め時供試体表面に水分の浮出しが認められた。また、本文には示さないが、乾燥密度～含水比曲線とゼロ空気間隙曲線との関係では両線の

表-2 物理試験結果

項目	試験値
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.734
自然含水比 (%)	0.1
礫含有率 (%)	25.6
砂含有率 (%)	54.8
シルト・粘土 (%)	19.6
均等係数	122
工学的分類	シルト質砂
液性限界 (%)	NP
塑性限界 (%)	-

キーワード 廃棄物，焼却灰，焙焼，土工材料，材料試験，室内 CBR，突固め，粒子破碎

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322 FAX03-5769-1978

開きが一般の土質と比べて大きかった．これらは，焙焼灰にポーラスな粒子が多く，吸水したり，突固めにより破碎したためと考えられる．

CBR 試験では，修正 CBR が 114%と，上層路盤材としての基準値（80%）をも満たす良好な結果を得た．

(2) 突固めによる破碎性状 前項の結果，突固め時にポーラスな粒子が破碎されることにより，細粒分が増加し，加水により泥濘化することが懸念される．そこで，最適含水比の焙焼灰を対象に，突固め仕事量(突固め回数)を変化させた締固めを行い，粒度の変化を確認した．その結果として，粒径加績曲線の変化を図-2 に，突固め仕事量と粒径区分の変化および締固め密度の関係を図-3 に示す．

これらより，突固め仕事量の増加に伴い，減少した礫分は砂分に変化するに止まり，細粒分はほとんど増加していない．したがって，泥濘化の懸念は不要と考えられる．

(3) 自硬性 焙焼灰の自硬性を確認するために，表-4 に示す仕様により供試体を作製し，一軸圧縮試験を行った．その結果を表-5 に示す．

この結果より，焙焼灰を最適含水比で締固めた場合，材令 7 日で 550kN/m² 程度の一軸強度を発現している．

しかし，供試体状況を勘案すると，作製時の含水状態が強度発現に大きく影響すると思われ，今後，含水状態をパラメータとした試験が必要と思われる．

5. まとめ

ごみ焼却灰の資源化技術として開発された焙焼灰の土工材料としての利用を検討するために各種室内試験を行った．その結果は，次のとおりである．

- 1) 細粒分を 20%程度含有する「シルト質砂」に分類される．
- 2) 修正 CBR 試験は，路盤材としての強度規定も十分満足する．
- 3) 締固め時に礫分の分割による砂分化は進行するが，細粒分の増加に至らない．したがって，泥濘化の懸念は少ないものと考えられる．
- 4) 最適含水比で締固めた場合，材令 7 日で 550kN/m² 程度の一軸強度を発現する．配合量や施工法等について課題はあるものの，この自硬性を利用した地盤改良材としての利用が提案できるのではないかと考える．

《参考文献》1)百瀬,保田ら:「ごみ焼却灰資源化技術としての飛灰混合溶解」,第 9 回廃棄物学会講演論文集,p449 ~ 451,(1998), 2)三菱重工業:「廃棄物焼却灰焙焼技術の開発」,平成 12 年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業成果報告書,p15 ~ 44,(2001)

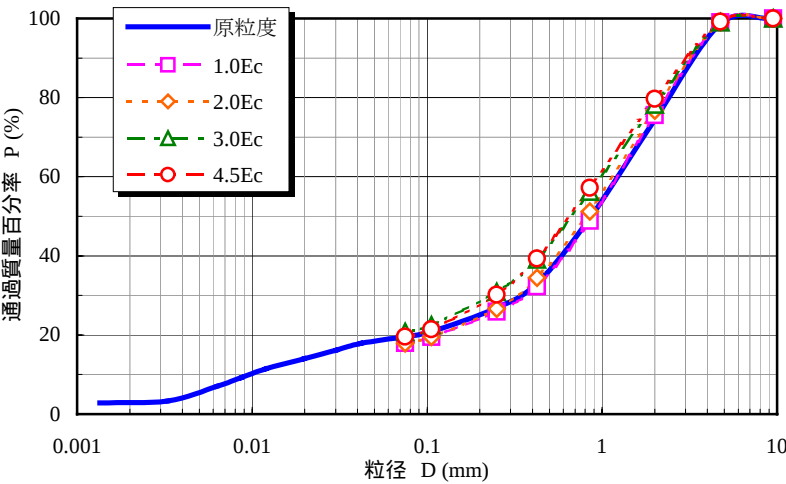


図-2 焙焼灰の原粒度および突固め後の粒径加績曲線

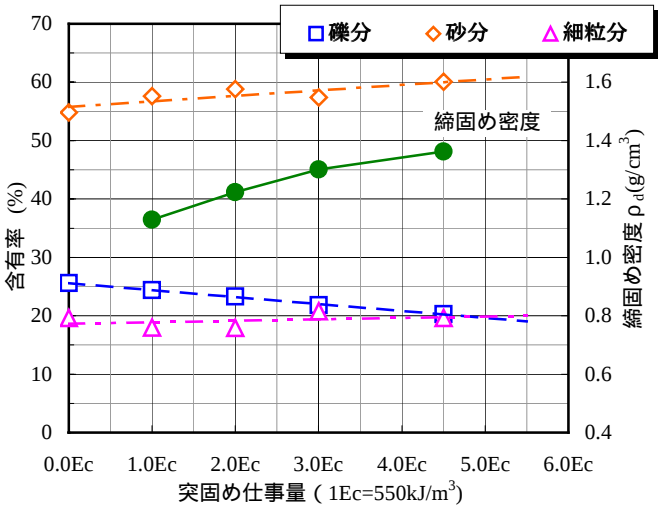


図-3 突固め仕事量と各成分の含有率および密度
表-3 力学試験の結果

項目	試験値
最適含水比 (%)	22.2
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.410
修正CBR値 (%)	114

表-4 自硬性確認試験の緒言

項目	緒言
試料	焙焼灰
試験含水比	最適含水比
混合方法	ソイルミキサー
供試体寸法	φ 5cm×h10cm
作成法	突固め法
試験材令	7day
載荷速度	1.0%/min

表-5 一軸試験の結果

試料	含水比 w(%)	乾燥密度 ρ _d (g/cm ³)	一軸強度 q _u (kN/m ²)	破壊歪み ε _f (%)
焙焼灰	24.5	1.235	567.6	0.6
	24.4	1.239	526.0	0.8
	24.4	1.232	543.4	0.7
平均	24.4	1.235	545.7	0.7