

(株)フジタ 正会員 ○田中 知樹 斉藤 悦郎

望月美登志 吉野 広司

茶園 裕二

1. はじめに

近年、産業廃棄物が増大しつつある中で、その減量化および資源の有効利用のためのリサイクル促進が必要となってきた。筆者らはこれまで製紙スラッジ (P S) 焼却灰の有効利用法に関して研究開発を行い、特に親水性に優れ、高い吸水能力を有する再焼成 P S 灰が地盤改良材に適することを確認してきた。本研究では再焼成 P S 灰以外の灰についても工学的特性に応じた有効利用方法が考えられることを確認し、灰単体でも強度を発揮する P S 灰の適用対象として道路材料を考え、その適用性について検討、考察を行った。

2. 試験方法

2-1. P S 灰の特性

今回は流動床炉・ストーカー炉により焼成した P S 灰である流動床灰・ストーカー灰を試験に供した。ここで用いた P S 灰は土壌環境基準である環告第 46 号の溶出基準を満たすものである。物理特性を表 1 に、粒度分布を図 1 に示す。図 1 から試験に供した流動床灰は細砂分が、ストーカー灰はシルト分が卓越しているのがわかる。図 2 に締固め試験結果を示す。試験のエネルギーは E 法 (3 層 92 回) とした。

ただし今回の試料はオーバーコンパクションを起こしやすいため、3 層 67 回でも試験を行っている。さらに灰という特殊な材料であることを考慮して、突固めは含水調整後 2 時間以上放置した後に行っている。図 2 に示すように締固め曲線は鋭角であり、最適含水比よりも湿潤側ではいずれもオーバーコンパクションを起こしている。流動床灰とストーカー灰では、流動床灰の方が最適含水比は小さく、最大乾燥密度が大きい。これは流動床灰のほうが、やや粒径が大きいことに起因すると考えられる。突固めエネルギーの違いによる締固め特性に大きな違いはなく、落下回数 92 回と 67 回はおぼろげな曲線を描く。ただし最適含水比以下の領域での乾燥密度は 92 回 > 67 回となっているが、最適含水比以上では両者に有意の差はなく、一部逆転も起こしている。これは、最適含水比は締固めエネルギーによらずほぼ一定であり、最適含水比を越える含水をあたえると締固めエネルギーによらずオーバーコンパクションを起こすことを示している。さらに最適含水比付近でも 92 回と 67 回の最大乾燥密度が近い値を示しており 92 回ではオーバーコンパクションを起こしている可能性がある。よってこの試料を材料として使用する際には、含水調整が最も重要となることがわかる。

表 1 流動床・ストーカー灰の物性値

試験名	単位	流動床灰	ストーカー灰
含水比	%	1.5	44.7
土粒子の密度	g/cm ³	2.356	2.473
粒度	全分	0	0
	砂分	67	24
	シルト分	21	53
	粘土分	12	22
液性限界	%		37.5
塑性限界	%	NP	33.9
塑性指数			3.6

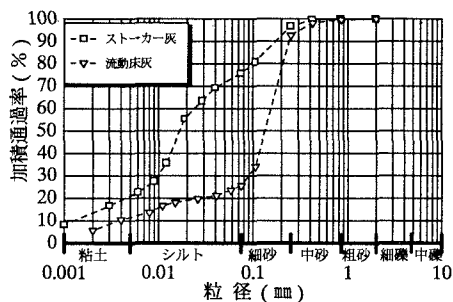


図 1 流動床灰の粒度分布

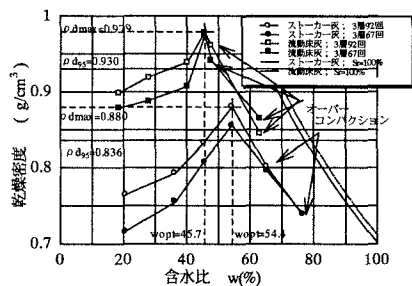


図 2 流動床灰の締固め曲線

キーワード: CBR 含水比 路盤

連絡先: 〒243-0125 厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター TEL 046-250-7095 FAX 046-250-7139

2-2. 試験方法

それぞれのPS灰の道路材料としての適性を確認するためにCBR試験を行った。同時にPS灰の一般的な力学特性を把握するために含水比や締固めエネルギーを変えてCBR試験に供した。また流動床灰に関して乾湿繰返し状態を与えた場合の強度変化の確認を行った。試験方法は設計CBR試験と同様の締固めを行った供試体を、3日間水浸の後35℃で4日間気乾し、それを4度繰り返し、水浸養生の後CBR試験を行うというものである。

3. 試験結果

3-1. CBR試験結果

表2、図3、4にCBR試験結果を示す。CBR値はそれぞれ55.7、41.6と路床材としては十分な強度（ $CBR > 3$ ）を有している。しかし図3、4から明らかなように、最適含水比よりも湿潤側ではCBRが急激に低下し、最適含水比においてもすでにCBRが低下していることがわかる。その最高値は最適含水比よりも20%近く乾燥側で生じている。以上の点からみて実際の施工に用いることを考えると、慎重な含水比管理が最も重要であることがわかる。湿潤側での施工はオーバーコンパクションを生じやすいので、施工時の目標含水比は最適含水比よりも乾燥側に設定するのが、安全かつ現実的であると考えられる。

3-2. 乾湿繰返しCBR試験結果

表3に乾湿繰返しCBRと設計CBRの試験結果を比較する。試験結果を比較すると養生後の含水比や膨張比はほぼ同じであり、乾湿繰返しを行っても吸水膨張は発生しないといえる。またCBR値は乾湿繰返しCBR値の方が大きい。今回の試験結果からは乾湿繰返しによる強度低下はおこらないと考えられる。

4. 考 察

以上の室内試験結果より、いずれの灰もアスファルト舗装要綱による路床の規格を十分に満たす事が確認できた。また同要綱の下部路盤の規格を満足することも確認できている。流動床灰は乾湿繰返しによる強度低下もなく良質の材料であると判断できる。一方上部路盤材として灰単体での使用は規格を満足させることができないので、一考の余地がある。

5. まとめ

今回の試験結果からPS灰の道路材料への有効利用促進のためには、比較的需要の多い、路床および下部路盤材料としての適用が妥当であると考えられる。但し実施工時は慎重な含水比管理が必要である。また室内試験レベルが実施工にどの程度合致するのか確認を行わなければならない。我々は道路材料としてのPS灰の有効利用実現に向けて、現在試験施工を計画中である。

【参考文献】・PS灰を利用した路盤材の検討：第56回土木学会年次学術講演会，2001

・アスファルト舗装要綱：社団法人 日本道路協会

表2 CBR試験結果

項目 単位	突固めエネルギー 3層/92回			3層/67回		
	含水比 %	乾燥密度 g/cm ³	CBR %	乾燥密度 g/cm ³	CBR %	
流動床灰	18.5	0.898	59.6	0.865	58.2	
	27.9	0.919	63.9	0.888	62	
	40.2	0.939	63.1	0.907	58.8	
	45.7	0.979	49.2	0.975	55.7	
	47.8	0.96	42.3	0.941	40	
	63.3	0.844	17.9	0.864	15.1	
ストーカー灰	20.5	0.744	56.3	0.716	28.6	
	36.5	0.793	58.9	0.755	38.3	
	45.3	0.832	66.9	0.808	41.9	
	54.4	0.88	62.3	0.856	41.6	
	65.1	0.801	5.5	0.796	20.9	
	76.5	0.738	1.6	0.74	1.8	

※ 網掛けは最大値、太字は設計CBR

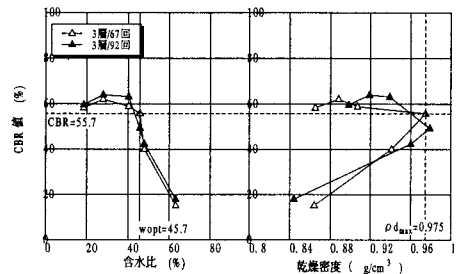


図3 流動床灰CBR試験結果

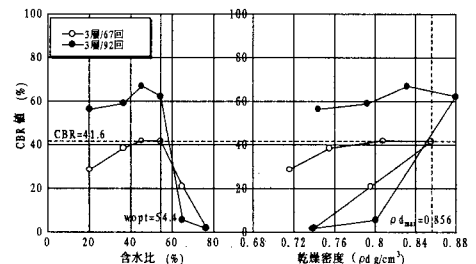


図4 ストーカー灰CBR試験結果

表3 乾湿繰返し試験結果

	乾湿繰返し CBR	設計 CBR
養生後含水比 %	46.9	49.5
膨張比 %	0.012	0.002
CBR	60.3	55.7