

III-213 流動床灰の道路土工材への適用に関する研究

出光エンジニアリング㈱ 正員 山元淳史、新嶋洋明
 出光興産株式会社 大洞正量
 清水建設株式会社 正員 福元洋一
 日本道路株式会社 正員 片岡義尚

1. 緒言

流動床石炭ボイラーから発生した灰（以下、流動床灰）の有効利用に関する研究が最近進められ、従来の微粉炭燃焼灰とは異なった性質が明らかにされつつある。本報告では、流動床灰の道路土工材としての適用性について、室内試験及び現場施工による実証試験を行い検討するものである。

2. 室内試験

試験に用いた流動床灰の性状を表－1に、電顕写真を図－1に示す。流動床灰は、ボイラー、炭種、重油混焼の有無等により性状のばらつきは大きいが、微粉炭燃焼灰と比較してCaO含有量が非常に多く、加湿することにより自硬化するものである。以下に室内試験の結果を示す。

(1)一軸圧縮強さ 日本道路協会発行「アスファルト舗装要綱」の一軸圧縮試験方法に準じ、締め固特性と一軸圧縮強さを求めた。最大乾燥密度は1.048g/cm³で微粉炭燃焼灰に類似しているが、最適含水比は45.6%と微粉炭燃焼灰に比べ5～10%程度高い値となった。また、一軸圧縮強さは表－2に示すように23.0Kgf/cm²（7日）の強度発現が得られた。これは、「アスファルト舗装要綱」に示される下層路盤の材料品質（セメント安定処理（7日）10Kgf/cm²、石灰安定処理（10日）7Kgf/cm²）を十分満足するものである。尚、施工時を考慮し、加水後締め固めまでの放置時間と強度発現の関係を求めたが、6時間放置後締め固めの強度は21.8Kgf/cm²（7日）、12時間放置後締め固めの強度は18.5Kgf/cm²（7日）となり、この結果から推して、加湿混合後の使用可能時間が長く安定した材料と考えられる。

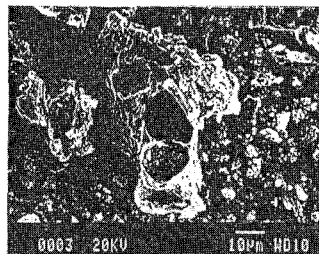
(2)CBR試験 最適含水比の状態でき固め、3日間空中4日間水浸養生を行った供試体のCBR値は、169%と大きい値が得られた。また、加水すると50～80℃の発熱があり、硬化反応に伴う膨張又は収縮が懸念されたが、測定の結果、体積変化は皆無に等しいことが分かった。

(3)土との混合 軟弱路床土の安定処理用固化材として、流動床灰の適用性について試みた。本実験に用いた軟弱土（砂質ローム状土、自然含水比33.5%、CBR値2.1%）では、流動床灰の添加率10、20、30%に対しCBR値6、62、129%と高い値が得られた。しかし、同時に行った一軸圧縮強度試験では、供試体を6日間空中養生後水浸したところ、短時間で吸水崩壊した。その後の追跡試験では、流動床灰を50%以上添加すると崩壊しないことが確認されている。

表－2 一軸圧縮試験

養生日数 (日)	一軸圧縮強度 (Kgf/cm ²)
7	23.0
14	25.5
28	30.8
92	32.7
183	34.5

図－1 電顕写真



表－1 流動床灰の性状

炭 種 商 外 炭		
LOI (wt%)		10.7
全C (wt%)		9.1
CO ₂ (wt%)		1.2
灰 組 成 (wt%)	SiO ₂	39.5
	Al ₂ O ₃	27.1
	TiO ₂	1.3
	Fe ₂ O ₃	2.4
	CaO	18.0
	MgO	0.9
	Na ₂ O	0.3
	K ₂ O	0.4
	MnO	<0.05
	P ₂ O ₅	1.4
	V ₂ O ₅	<0.05
	SO ₃	4.14
比重		2.423
最大粒径 (mm)		0.11

3. 実証試験

実証試験道路は昭和63年8月、出光興産千葉製油所内の新設道路約 2,700㎡で行った。室内試験の結果から、①軟弱土を取り除き、加湿した流動床灰を置換材料として入れる。②軟弱土と加湿しない流動床灰を混合し安定処理する。の2方法が考えられたが、②の方法では流動床灰の撒き出し及び混合作業時の粉塵発生が懸念されること、混合試験結果、並びに①に比べ作業工程が複雑化する等を考慮し、施工の容易な①を選択した。

(1)盛土試験 図-2に示すように流動床灰を、一層仕上25cm・二層仕上45cm・三層仕上65cmの3レーンに分け、層厚の異なる盤を形成した。平板載荷試験及びベンケルマンビームによるたわみ量試験の結果が図-3、4である。両結果とも固化盤の特性を現し、盛土材・路床置換材として十分適用できることを示す。

(2)試験舗装 (イ)設計 設計条件として交通量区分L、設計CBR2を与え、室内試験及び盛土試験で得られた流動床灰の特性を基に、下層路盤として適用した舗装構造図を図-5に示す。尚、流動床灰層が道路延長方向に長く用いられ施工ジョイント等にクラックの発生が懸念されるため、このクラックの吸収を図りアスファルト層へのひびわれ伝播を防ぐ目的で、上層路盤に粒度調整碎石層を設けた。

(ロ)施工 流動床灰は灰サイロに付属する加湿器により最適含水比の数%乾燥側を目標に加湿し、ダンプトラックにより運搬した。30分程度の運搬距離であったが粉塵発生もなく、特に荷台への覆いは必要としなかった。加湿直後から反応が始まり、50～80℃に発熱する。一次転圧では、敷均しと同時に行われるブルドーザのクローラによる締固めが適している。二次転圧はタイヤローラが適しており、スチールローラは灰の付着とスケーリングが起きやすいため適していない。施工翌日、降雨により流動床灰層が冠水したが、泥濘化することもなく安定していた。また、施工現場から20cm離れた地点で地下水を採取しPHを測定したが、変化はなかった。当道路は施工から1年半経過しているが、現在のところ何ら問題なく実用に供されている。

表層	密粒アスコン	5 cm
上層路盤	粒調碎石	15 cm
下層路盤	流動床灰	45 cm
遮断層	15cm	

図-5 舗装構造図

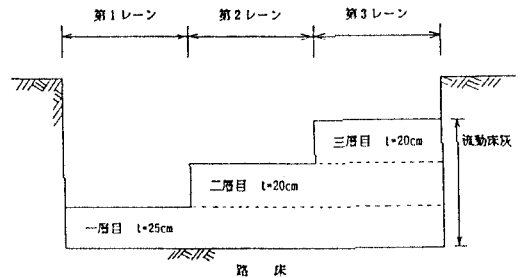


図-2 流動床灰層断面図

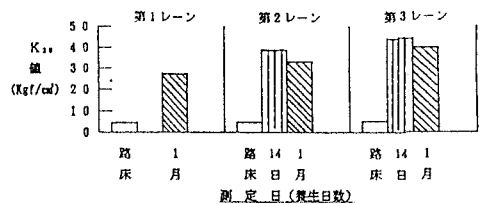


図-3 平板載荷試験結果

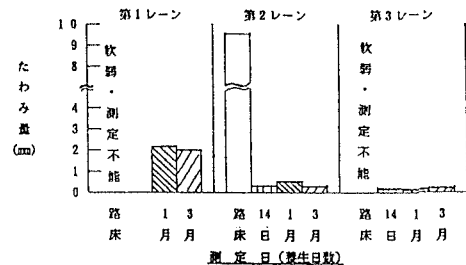


図-4 たわみ量試験結果

4. 結語

従来の微粉炭燃焼灰は、道路土工材として使用するため、セメント等の固化材との混合を必要とした。これに対して、流動床灰は加湿のみで自硬性があり、一連の実証試験で置換路床材及び下層路盤材に適用できることを示した。しかし、加湿ストックができない、加湿後の運搬距離に限られる等の問題点も残されており、遠隔地への運搬方法の開発が必要である。