

技術開発報告書概要版

助成事業名称：焼却灰を焼成・造粒した人工砂の道路構築実験による用途開発

助成事業者名：東京舗装工業株式会社

助成年度：2003（平成15）年度

1．技術開発担当・照会先

1.1 技術開発担当

	氏名	職名	所属	分担事項
研究責任者	花木 和文	所長	工務本部 技術研究所	企画、統括
主任研究者	佐々木昌実	副所長	工務本部 技術研究所	調査、試験
施工研究者	田中 秀和	次長	工務本部 工務部	実証施工
施工研究者	安田 雅一	主任研究員	工務本部 技術研究所	実証施工

1.2 照会先

照会先：東京舗装工業株式会社 技術研究所

連絡先：Tel. (027)346-7961 Fax. (027)346-7495

1.3 共同技術開発者

	氏名	職名	所属	
(NPO)リサイクル技術振興会	下村 嘉平衛	理事長	(株)間組	顧問
(NPO)リサイクル技術振興会	草深 守人	技術委員	法政大学 工学部	教授
(NPO)リサイクル技術振興会	今泉 繁良	技術委員	宇都宮大学 工学研究科	教授

2．技術開発の目的と開発内容

2.1 達成すべき目標

本開発は、焼却灰を焼成・粉碎・造粒した安全で低コストのリサイクル材の道路構築適用性を確認する為の実路の実証施工を行い、焼却灰リサイクル材の安全かつ有効な利用と用途拡大を促進する技術を開発するものである。平成15年度は、リサイクル材の安定生産、特性調査、実路の実証施工を行い、次について検討、確認をする。

リサイクル材の安定生産と環境に対する安全性

リサイクル材の土木資材としての土質工学的性状

リサイクル材の道路舗装材としての力学的特性と安定処理効果

道路舗装材としての材料管理、施工管理、品質管理手法

道路構造体の長期供用性

保水性舗装、透水性舗装、景観舗装など環境舗装への

貢献度合

2.2 実証施設

焼却灰資源化施設（写真1）

長時間連続稼働によりリサイクル材の安定生産を確認

施設規模：焼成キルン（35kg/h x 1基）

実路の実証施工（写真2）



写真1 焼却灰資源化施設



写真2 実路の実証施工

2.3 試験条件

(1) 焼却灰リサイクル材の安定生産 (図1)

当開発事業にご理解の3自治体より提供を受けた一般焼却灰95tを破碎選別して、ロータリーキルンで焼成(1000~1050)した後、粉碎・造粒をして人工砂(アークサンド)60tを実証施工用に、7.2tを予備用に生産した。

(2) リサイクル材の特性調査

リサイクル材の環境に対する安全性確認

分析対象を原灰、焼成灰、粉碎灰、造粒品(アークサンド)、減温器灰、飛灰として、重金属類溶出試験、重金属類含有量試験、ダイオキシン類濃度測定試験及び、排ガス測定試験を行った。

リサイクル材の土木資材としての土質工学的性状

ふるい分け、単位容積質量、比重、吸水率、含水比、突固め試験、CBR試験を行った。

リサイクル材を道路構築に適用する場合の力学的特性と安定処理効果道路の路床・路盤への活用を目的に突固め試験、修正CBR試験、一軸圧縮試験を行った。

(3) リサイクル材活用の実路の実証施工 (図2.3)

実路的な延長40m、幅員6m、面積240m²に4工区

アークサンドのセメント安定処理路盤 アークサンドとクラッシュラン混合路盤 アークサンド混合路床 クラッシュラン路盤の4種舗装構造を施工、材料管理、施工管理、品質管理手法の把握及び長期耐久性を確認する。なお、試験施工区は用地の通路確保の都合と実荷重車による走行試験の利便性を考え、当初計画より延長を2倍、幅員を1/2と変更したが、面積は当初設計を確保した。



図1 生産フロー



図2 実証施工のフロー

				①アークサンのセメント処理	②アークサンド+クラッシュラン	③アークサンド路床構造	④クラッシュラン	厚さ
								(cm)
表層	表層	表層	表層	表層	表層	表層	表層	5
基層	基層	基層	基層	基層	基層	基層	基層	5
粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	粒度調整砕石	10
アークサンドセメント安定処理	アークサンド+クラッシュラン(2:8)	クラッシュラン	クラッシュラン	アークサンド	アークサンド	アークサンド	アークサンド	30
アークサンドを用いない構築路床	アークサンドを用いない構築路床	アークサンド:路床(3:7)	アークサンドを用いない構築路床	アークサンド	アークサンド	アークサンド	アークサンド	50
路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	路床(現地盤)	50
設計TA=21cm								

図3 舗装断面構成

3. 技術開発の成果

3.1 焼却灰リサイクル材の安定生産

焼成作業日数連続88日間でアークサンド67.2tを生産、事前の試験材料の生産日数を合わせると100日以上プラント運転を実施して、焼却灰リサイクル材の安定生産を確認した。

3.2 リサイクル材の環境に対する安全性

重金属類溶出試験: 土壌環境基準全項目につき、土壌汚染対策法の溶出基準値以下であった。

重金属類含有量試験：7項目の試験結果は、熱の影響を受けない銅、亜鉛は原灰の数値を上回ったが、農地利用は検討外なので問題は無い。

ダイオキシン類濃度測定試験：原灰 0.95ng-TEQ/g に比べて、アークサンドは 0.0000050ng-TEQ/g と激減していた。

排ガス測定試験：ばいじん、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素、ダイオキシンのいずれも廃棄物焼却炉の排出基準を適用しても基準値以下であった。

3.3 リサイクル材の土質工学的性状

表1．含水比、ふるい分け、比重・吸水試験結果

含水比 (%)	粒度「通過重量百分率」(%)									比重			吸水率 (%)
	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	.075	表乾	かさ	見掛	
22.0	100	99.3	96.2	81.7	54.2	11.1	6.5	5.5	2.1	2.16	1.81	1.80	19.5

表2．単容量、液性・塑性限界、突固め、設計 C B R 試験結果

単位容積 重量 (g/cm ³)	液性・塑性限界			突固め(A-b)		設計 C B R		
	L (%)	P (%)	I p	d max (g/cm ³)	W opt (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	CBR 値 (%)
1.128	NP	NP	NP	1.299	32.5	1.716	1.406	31.7

3.4 リサイクル材の力学特性と安定処理効果

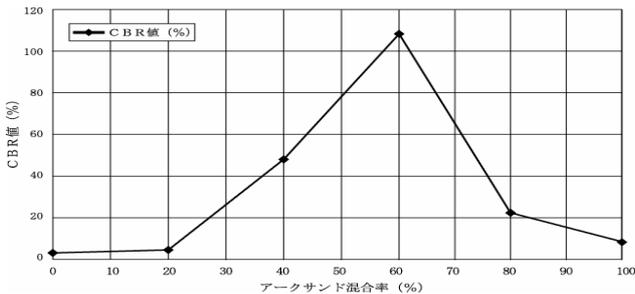


図4．アークサンドの混合率と C B R 値の関係（路床）

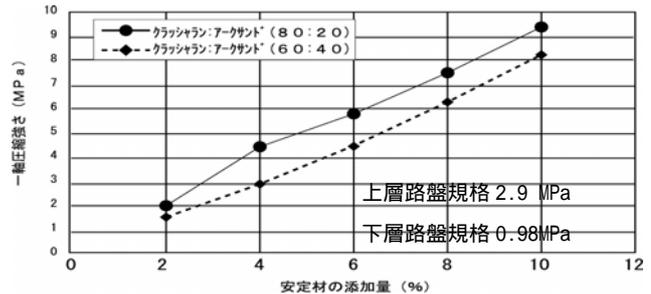


図5．安定材の添加量と一軸圧縮強さの関係（路盤）

3.5 構築路床、路盤の実証施工

構築路床

構築路床は、a.セメント安定処理路床（セメント系固化材添加量 = 160 kg/m³）、b.アークサンド混合路床（現状土：アークサンド = 70：30%）の2種類を比較した。

a.軟弱な現状土をセメント系固化材で安定処理した効果は良好であり、締固め度101%、現場 C B R 値 45%、たわみ量 1.5 mm、K₃₀ 値は 192 MN/mm³と高い支持力を有する結果となった。

b.アークサンド混合路床では、現場 C B R 値 38%、K₃₀ 値は 166 MN/mm³とセメント安定処理路床よりわずかに小さい値となり、たわみ量は 3 mm 程度と幾分大きい値となった。しかし、路床としては C B R 値も K₃₀ 値も十分な値であり、たわみ量も 5 mm 以下であることからアークサンドを軟弱な路床構築の安定材として利用できることが分かった。ちなみに、たわみ量がやや大きくなったことについては、路床土の含水比が設計時より低かったため混合土が低含水状態になり締まりにくかったためと考えられる。

下層路盤

下層路盤材は、a.クラッシュラン単体、b.クラッシュラン：アークサンド混合材（80：20%）、c.アークサンドのセメント安定処理材（高炉セメント = 63 kg/m³）の3種類を比較した。施工厚さは 30 cm であるが施工は 2 層に分けて振動ローラーとタイヤローラーで十分な転圧を行った。

a.クラッシュラン路盤は、セメント安定処理路床上、アークサンド混合路床上に施工した。その双方の施工

後の締固め度、現場 CBR 値、たわみ量、 K_{30} 値には大差はなく、支持力特性の平均値は、締固め度 9.8%、現場 CBR 値 4.1%、たわみ量 2.17mm、 K_{30} 値は 24.8 MN/mm³ である。路床が堅牢に仕上がっていることもあってクラッシュラン路盤の支持力は確保されている。

b. クラッシュラン：アークサンド混合路盤は、クラッシュランとアークサンドの噛合わせが良くローラー転圧時の着き状態も良い。セメント安定処理路床上という相乗効果も寄与され、締固め度 9.9%、現場 CBR 値 8.5%、 K_{30} 値に 44.0 MN/mm³、たわみ量 1mm 以下と高支持力を有している。

c. アークサンドのセメント安定処理路盤も b. 同様にセメント安定処理路床上に施工した。一週間の養生後には均等質な固結状態になっており極めて強固な路盤に仕上がった。試験値は、締固め度 11.0%、現場 CBR 値 13.5%、たわみ量 1mm、 K_{30} 値に 33.5 MN/mm³ と良好な結果が得られた。

4. まとめ

4.1 自己評価結果

一般焼却灰を安定的に焼成、造粒する事ができ、リサイクル材のダイオキシン類及び重金属類に関する無害化性能と実証施設の排ガスが排出基準値以下であることが実証された。

材料・施工・品質管理について、各種の試験項目を取り入れて検討したが出来形・品質管理手法などについては、(社)日本道路協会「舗装設計施工指針」及び「舗装施工便覧」を適用できることを確認できた。

表 3 . 路床・路盤の施工管理の合格判定値

項目	規格値・その他
路床	締固め度 93.5%以上(日本道路協会、舗装設計施工指針)
路盤	締固め度 96.5%以上(日本道路協会、舗装設計施工指針)
備考	現場 CBR、 K_{30} 値、たわみ量は参考試験として行ったものである。

今回のクラッシュランのほかにもコンクリート再生骨材などのリサイクル材を混合、適宜な配合比を求めて路盤材代替としてリサイクル材同士を複合利用できる可能性がある。

アークサンド単体のセメント安定処理に限定せず、各地域産の低品質材料にアークサンドを補足材的に加えたものに数パーセントのセメントを添加混合して上層路盤等にも適用できる可能性がある。

4.2 生じた課題

本試験では3市の焼却灰で実証したが、複数排出元の焼却灰を同時処理する場合は、焼却灰の組成変動を前提にした無害化の安定性やリサイクル材の品質を確保する処理工程の十分な検討が必要である。

長期供用性については、実証施工の完了路面上に実荷重車を走行させた後、舗装構造の支持力(たわみ量)をFWD(たわみ量測定車)で年2回(8・3月)測定する。同時に路面形状の経時変化も測定するが、その測定期間は3年間継続を目処に行なう。

保水性、透水性については、実証施工構造体に埋設した温度センサを用い、平成16年度から主に夏季のヒートアイランド抑制効果を3年間継続して確認する。景観舗装への活用法については、今後、土系舗装を追加施工して、機能や自然感の持続性を確認する。

4.3 廃棄物処理全体へのメリット

埋立処分場の延命を維持する都市清掃実現の為に、一般廃棄物の焼却灰は、減容・無害化・資源化する技術が開発・実用化されているが、処理施設の建設・運営費用やリサイクル資材の利用先に関する不安等が課題で、処分方法に苦慮する市町村が多くある。

本提案技術では、建設・運営の費用負担が他に比べ軽い焼成施設を用いて資材を生産し、焼却灰リサイクル材の大量有効利用を道路構築適用で確認したので、従来型焼却炉を持ち灰処理予算の肥大化を押さえたい市町村のリサイクル推進に寄与し、ひいては資源循環促進による環境負荷低減効果を生じる。