

資料

不燃物を利用した排水性舗装の諸特性

大塚 定男, 安田 憲二*, 堀江 裕一**
(大気環境部, *環境工学部, **企画調整部)

Technical Report

Characteristics of drainage pavement utilized noncombustible residue in municipal incinerator

Sadao Otsuka, Kenji Yasuda*, Yuichi Horie**

(Air Quality Division, *Environmental Engineering Division, **Planning and Coordination Division)

キーワード：不燃物, 排水性舗装, 垂直入射吸音率

1. はじめに

平成7年7月に国道43号・阪神高速神戸線公害訴訟の最高裁判決があり、道路騒音に関する行政の取り組みの緊急性が改めて明らかになってきた。環境庁では平成7年8月30日、「道路交通公害対策省庁連絡会議（構成：警察庁、環境庁、通商産業省、運輸省及び建設省）」において「国道43号及び阪神高速神戸線に係る道路交通騒音対策」をとりまとめた。このとりまとめの中にいくつかの道路構造対策が挙げられている。

これら道路交通騒音対策は、この国道43号及び阪神高速神戸線だけでなく、同様の騒音レベルにあるその他の道路に対しても適用するとしていることから、今後該当する沿道に対してこれらの対策が必要かつ緊急な課題となるのは必至である。

一方、廃棄物の処分場問題もますます深刻になってきている。多くの自治体では最終処分場の残余容量が少なくなってきており、新しい処分場は地域住民の反対で建設が難しくなっている。そこで、ごみの減量化を進め、最終処分場の延命化を図らなければならなくなっている。

現在交通安全及び騒音の減少を目的に敷設されている排水性舗装は、減音効果が大きいことが分かっている^{1) 2) 3) 4)}。今回の研究では、焼却残渣の中でも安全性の面で最も取り扱いが容易と考えられる不燃物を取り上げ、これを排水性舗装の骨材として利用することの妥当性を検討した。（ここでは、一般廃棄物の焼却場から出る焼却残渣のうち、大粒径の固形物を「不燃物」とした。）

焼却残渣を排水性舗装の骨材として利用する理由は以下のとおりである。

1) 一般的に防音材は騒音防止対策等のため、長期間特定の場所に設置する。そこで、廃棄物を再資源化して防音材として利用することができれば、資源の効率的な活用の面から見てメリットが大きい。

2) 防音材は通常施工するに当たって不燃性、あるいは難燃性を要求されるが、もともと焼却残渣は不燃性であるので都合がよい。

3) 道路周辺環境は今後防音対策を今以上に要求されることから、継続的かつ大量に防音材を必要とし、防音材開発の意義が大きい。

2. 調査手順及び方法

本調査は「コーティング骨材等の物性」「不燃物コーティング骨材の吸音性能」「既存排水性舗装の吸音性能」の3点を重点調査項目として、平成8年4月から平成9年3月まで行った。

今回の調査では、流動床炉を持つ一般廃棄物の焼却場から出た焼却残渣のうち、不燃物だけを選んで実験用サンプルとした。一般廃棄物からの焼却残渣の中で取り扱いがもっとも容易である不燃物を有効利用するためには、化学的安全性・物理的安定性を強化することが望ましい。そこで、この不燃物にコーティング処理することを考えた。

今回、コーティング剤に用いたものは、(株) コーミクスが開発した難燃化剤「リキッドセラミックスPHN」である。この難燃剤は、対象品を変色させず、また燃焼しても有毒ガスを発生しない。また、骨材等の固化接着剤ともなる。主原料はホウ酸化合物で、これ

が結晶化することで難燃物質のセラミックス塗膜になる仕組みである。

本調査では、このコーティング剤を不燃物に塗布し、電気炉（約800℃）で焼き固め、コーティング骨材として実験に用いた。

コーティング骨材については、化学的安全性を調べるため溶出試験を行い、基準と比較した。溶出試験は、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和48年総理府令第5号）に従い、環境庁告示第13号にもとづく方法で行った。金属類の分析については、JIS K 0102にもとづく原子吸光法及びジフェニルアルハジド吸光光度法（6価クロム）により行った。

また、コーティング骨材の物理的強度を調べるため、圧縮強度試験を行った。土木の用途に関する骨材の強度試験については、圧縮試験等多くの項目がJIS（日本工業規格）で定められている。

今回実施したものはパイロット的な実験であり、より簡易に一般骨材と比較するため、簡単な圧縮強度試験を行った。使用した試験装置は、島津オートグラフ製AG-5000型圧縮強度試験装置である。

試験対象としたサンプルは下記の3種である。

- (1) 6号砕石
- (2) 不燃物
 - 6号砕石とサイズを合わせるため、篩（ふるい）にかけたもの。
- (3) コーティング骨材
 - 上記不燃物をセラミックコーティング処理したもの。

試験では、試料により形状や組成が異なっているため、1ロット当たり10個の試料について試験を行い、平均値及び標準偏差値を求めた。また、圧縮速度は10mm/min、負荷レンジは1,000kgfであった。

不燃物を用いた排水性舗装については、鹿島道路（株）に依頼して、300mm×300mm×50mm、空隙率20%のサンプルを作成し、これから上記コアサンプルを4個抜き取った。

排水性舗装の吸音性能を調べるために、垂直入射吸音率の測定を行った^{5) 6)}。

測定は、JIS A 1405「管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法」に準拠して行った。JISでは、100Hz～5kHzの広帯域で測定を行うことが定められているが、今回の調査においては250Hz～1.8kHzまでの低中波音域の測定のみを行った。これは、一般道路及び高速道路の交通騒音における周波数構成を見ると、

どちらも主として500Hz以下の騒音レベルが高くなっている⁷⁾。任意の周波数帯域において、ピークレベルから10dB下がれば全体のレベル増加に対しての影響がなくなる。交通騒音の周波数構成において、ピークから10dB低いレベルまでの周波数範囲は63Hz～2kHzである。また、既存文献⁸⁾では、250Hz未満の吸音率が低いことため250Hz以上のデータのみを考慮していることから、今回の測定においては周波数範囲を250Hz～1.8kHzとした。

使用した機器は以下の通りである。（図1参照）

- 1) 垂直入射吸音率測定装置 B&K社 4002型 1台
- 2) ヘテロダイナ分析器 B&K社 2010型 1台

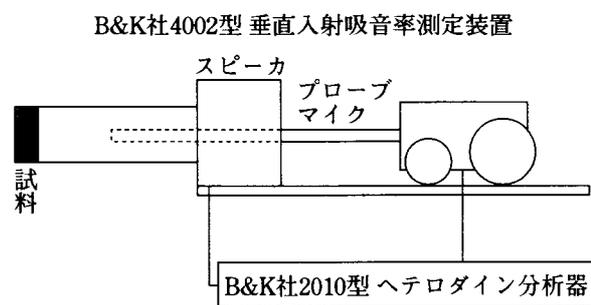


図1 垂直入射吸音率測定装置及び測定ブロック図

同時に、砂利等の骨材を利用した排水性舗装の騒音状況について調査を行った。これは、不燃物を骨材として利用した場合の騒音低減効果について、既存排水性舗装の測定から推測をすることを目的とした。

測定場所、測定日時、測定使用機器及び測定方法は以下の通りである。

- 1) 測定場所
 - 厚木市関口414（国道246号線）
 - 片側2車線の直線道路で、上り方向のみが排水性舗装を敷設してある。
- 2) 測定日時
 - 平成8年8月より平成9年3月まで 毎月1回
- 3) 測定使用機器

騒音暴露計	リオン（株）	NB-13	3台
暴露計読取器	〃	SV-12	1台
数取り器（通過車両数測定用）			4個
- 4) 測定方法
 - 測定は、JIS Z 8731「騒音レベル測定方法」に準拠した。
 - 騒音暴露計を三脚に取り付け、上り側道路端より1mと10m、下り側道路端より1mの地点に設置し、連続2時間の測定を行い、その間のLAeq(10min)とL50(10min)を求めた。
 - 測定の間、上り・下り方向別、大型・小型別に車

両数のカウントを行った。

3. 結果

3.1 溶出試験結果

不燃物骨材とコーティング骨材の2つの試料について溶出試験を行った。コーティング骨材における鉛及び6価クロムの試験結果は2回とも土壤の汚染に係る環境基準を超えていた(表1参照)。また、砒素についても、第1回目の試験で基準オーバーであった。水銀に関しては、不燃物骨材、コーティング骨材のいずれでも不検出であった。

表1 溶出試験結果

	不燃物骨材	コーティング骨材 (第1回目)	コーティング骨材 (第2回目)	土壤の環境基準
測定日	96.9.26	96.9.26	97.2.20	
Cd	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下
Pb	0.024	0.036	0.054	0.01以下
Cr(6+)	—	0.567	1.142	0.05以下
As	0.002	0.07	0.007	0.01以下
Hg	—	—	—	0.0005以下

注)「—」は不検出

(単位:mg/l)

鉛については、コーティングする前の不燃物の状態でも土壤の環境基準を既にオーバーしていることから、もともと基準を超えていてコーティングでも溶出を抑えられなかったと考えられる。

6価クロムと砒素は、コーティング骨材の材料として使用した不燃物では土壤の環境基準以下となっており、また、コーティング剤として使用した「リキッドセラミックスPHN」の固形分組成比を表2に示したが、このコーティング剤にも含まれていない。なお、この成分分析において、微量成分としても6価クロム及び砒素は検出されなかったことを確認している。今回の溶出試験で6価クロムと砒素が検出されたことについてその理由を特定することは出来ないが、コーティング骨材の製造過程で混入したことが考えられる。

表2 コーティング材の組成

組成	固形分組成比(%)
SiO ₂	60.27
Na ₂ O	21.92
B ₂ O ₄	16.44
CaF ₂	1.37

3.2 硬さ試験

6号砕石、不燃物、セラミックコーティング不燃物に

ついて行った圧縮強度試験の結果を表3に示す。

表3 圧縮強度試験測定結果

測定対象	6号砕石	不燃物	セラミックコーティング 不燃物
測定値	500 490 290	520 140 130	200 90 200
	400 240 270	170 40 90 40	130 300 60
	340 260 350	180 98 170	200 240 130
	250		70
平均	339	158	162
標準偏差	91.5	130	74.5

(単位:kgf)

測定値はかなりばらついてはいたが、平均値で見ると不燃物、セラミックコーティング不燃物とも6号砕石の半分程度の圧縮強度しかなかった。

不燃物には石やガラス製品、陶器の破片等も混入しているため測定値がばらついたものと考えられるが、6号砕石もかなりばらつきが大きく、標準偏差で比較すればコーティング不燃物の方がばらつきが小さかった。

3.3 不燃物による排水性舗装の吸音特性

不燃物による排水性舗装の垂直入射吸音率測定結果を図2に示す。対象とした排水性舗装のコアサンプルの数は4個である。

ピーク周波数は355、500、710Hz及び1.25kHz付近となっており、355、500Hz付近では吸音率が0.5程度、710Hz付近では0.65程度、1.25kHz付近では0.4程度と、4サンプルともほぼ同様の結果になった。

通常骨材による既存排水性舗装の吸音率測定結果の一例として、1997年3月4日に相模原市田名の国道129号線で抜き取った排水性舗装コア4個の垂直入射吸音率の測定結果を図3に示す。

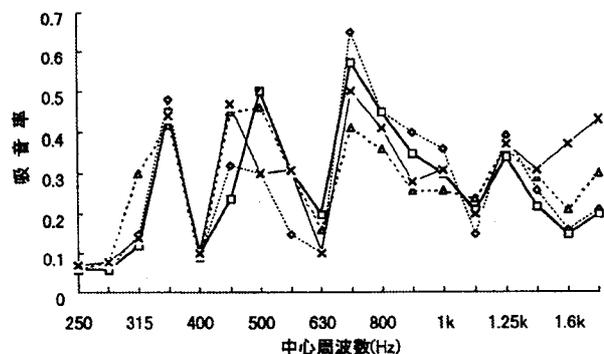


図2 垂直入射吸音率測定結果
(セラミックコーティング不燃物、サンプル数4)

既存排水性舗装では、ピーク周波数が355、500及び

1.25kHzとなっており、これらの周波数における吸音率は4つのサンプルの平均値で見ればほぼ同程度であった。

不燃物による排水性舗装と既存の排水性舗装の吸音率を比較すると、不燃物の方に710Hz付近で大きなピークが認められた以外はほぼ同程度となっていた。

既存排水性舗装では、施工時に空隙率にかなりののぼらつきが発生すること、その後の道路の運用において(サンプルを抜き取った時期は道路運用開始から1ヶ月後)土埃等の原因により、空隙詰まりが発生し、吸音率が低下することが推測された。

不燃物による排水性舗装の吸音性能は既存排水性舗装と同等またはそれ以上であることが示唆される。

3.4 既存排水性舗装の定期測定

既存排水性舗装の定期測定は3地点で同時に行ったが、いずれの地点においても10分毎の測定データでは明確な経時変化は認められなかった。そこで、各測定場所において1か月毎の測定値を算術平均し、測定月毎の騒音レベル変化を見た。結果を図4に示す。上り1m地点と下り1m地点では、騒音レベルはわずかずつではあるが増加する傾向にあったが、上り10m地点では傾向がはっきりしなかった。これは道路からやや離れたため、騒音レベルのわずかな変化が他の変動要因に吸収されてしまったものと考えられる。

他の要因、例えば車両の通過台数や、季節的な変動要因も考慮に入れた場合、この騒音レベルの増加傾向が有意であるかどうか確認するために、回帰分析を行った。結果を表4に示す。

ここで取り上げた要因は、「日時」(月毎の経時変化)、「方向」(上り・下り)、「距離」(1m・10m)、「大型」(大型自動車通過車両数の影響)、「小型」(小型自動車

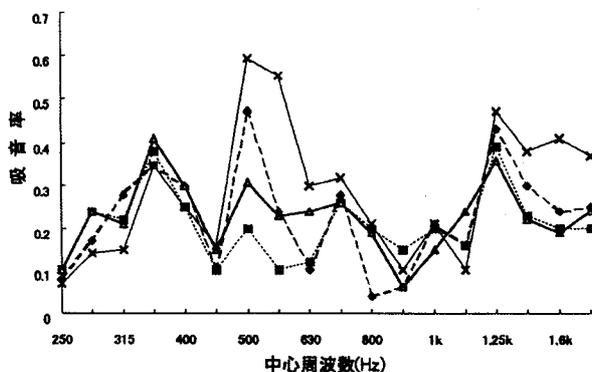


図3 垂直入射吸音率測定結果 (既存排水性舗装、サンプル数4)

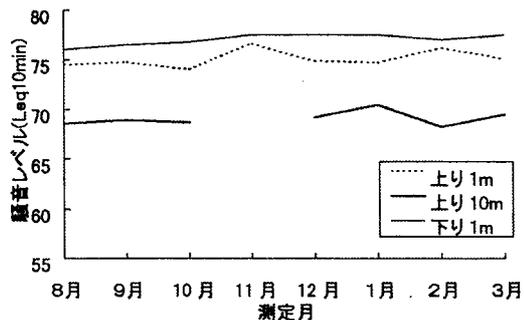


図4 測定月毎の騒音レベル変化

表4 既存排水性舗装における騒音レベル変動要因に関する回帰分析

	非標準化係数		標準化係数	t	有意差
	B	標準誤差	ベータ		
(定数)	74.348	0.780		95.345	—
日時	0.109	0.029	0.073	3.821	**
方向	-2.201	0.166	-2.299	-13.263	**
距離	-0.627	0.018	-0.741	-34.13	**
大型	0.024	0.005	0.900	4.492	**
小型	0.004	0.004	0.019	0.965	

注)「有意差」中、**は有意水準1%で有意。無印は有意差無し。「—」は対象外。表中「B」は偏回帰係数。

通過車両数の影響)の5要因である。

得られた結果によれば、月毎の経時変化は係数0.109で、騒音レベルの増加方向への影響が見られた。数値は小さいものの、有意水準1%で有意差が認められた。これは、わずかずつではあるが、排水性舗装の効果が低下してきていることを示している。

また、上り・下りの別、距離の違い、大型自動車通過車両数の影響も有意水準1%で有意差が認められた。上り・下りの別では上り側の騒音レベルが大きく、下り側が小さいという傾向が得られた。距離の違いでは、道路端から1mの方が10m地点よりもレベルが高くなる結果となった。大型自動車通過車両数の影響では、通過車両数が増加すると騒音レベルも増加する傾向が認められた。

小型自動車通過車両数の影響では、有意な差が認められなかった。これは小型自動車が騒音レベルの増加に対して、あまり影響がないことを示している。

5. 考察

今回の実験では、少量のサンプルを試験的に電気炉で焼き固めてセラミックコーティング骨材としたため、不燃物の周りに十分な厚さのセラミック膜を得ることが出来なかった。本格的な施設で製造すれば(ベルトコンベア上でコーティング剤を不燃物に吹き付けて、そのまま不燃物を転がしながら焼き固める形式が望ま

しい)、重金属等の溶出に関して土壌の環境基準を超えることはないと思われ。

不燃物の排水性舗装への利用については、圧縮強度試験の結果で見たように、このままの強度では一般の車道に敷設する骨材として利用することはできない。また、この強度では歩道に敷設することも避けた方がよいと考えられる。しかし、今後コーティング剤・コーティング方法の改良や焼き固める温度を高くすることにより強度を増すように工夫すれば利用可能性が出てくると思われる。

以上のことから、当面の利用方法としては公園の樹木の周辺等、歩行上安全でかつ排水性・吸音性を要求される場所への設置が最適であると考えられる。今後、コーティング剤の強度増強等の改良を待って、徐々に一般の道路に使用していく方策が望ましい。

6. まとめ

一般廃棄物の焼却場、特に流動床炉から出る焼却残渣のうち、不燃物を対象として排水性舗装に利用することの可能性について調査を行った。骨材として利用するため、不燃物にセラミックコーティング加工を施した上で舗装用骨材とした。

実用化する上で、安全性、物理的特性、吸音効果等が問題点としてあげられるが、今回の研究ではこれら諸点に関して検討を行った。結果は以下の通り。

1) 化学的安全性については、鉛以外の金属で土壌の環境基準を満足するものと推定されるが、今回の結果

では確認できなかった。

- 2) コーティング骨材の物理的特性については圧縮強度試験を行ったが、通常使用される骨材(6号碎石)の約1/2の強度であった。従って、道路舗装用には不十分な面があるが、今後強度を増す工夫や敷設場所を考慮することにより、用途が開けるものとする。
- 3) 吸音性能に関しては、通常骨材において得られるものと同程度の吸音効果が得られた。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：排水性舗装の現状と今後の課題シンポジウム, 13-21(1993).
- 2) 島, 富田：排水性舗装の騒音低減効果, 舗装, 28(10), 10-15(1993).
- 3) 菅原, 岡部：排水性舗装の騒音低減効果, 舗装, 29(8), 20-25(1994).
- 4) 中村, 桐山, 久保：舗装の計画・設計面からの環境への取り組み, アスファルト, 37(180), 5-12(1994).
- 5) 笠原, 下田：講座・舗装に関する新しい試験法(12)排水性舗装に関する試験(その2), 舗装, 28(12), 29-33(1993).
- 6) 帆苺, 丸山, 大川, 小山：排水性舗装の空隙構造に関する実験的研究, 土木学会論文集(484), 69-76(1994).
- 7) (社)日本音響材料協会編：騒音・振動防止対策ハンドブック, 技報堂, 514(1982).