

新技術開発探訪

路面反射音による排水性舗装の排水機能評価手法の開発

1. はじめに

排水性舗装は、空隙率の高い多孔質な構造により水や空気といった流体を通すことから、雨水を浸透させる排水機能、交通騒音を低減させる吸音機能を兼ね備えているが、その機能も空隙の詰まりによりおおむね2～4年後には失われてしまうため、機能を維持するには排水性舗装清掃車による清掃が必要となる（写真 1）。

清掃時期や清掃効果の評価においては、清掃前と清掃後に現場透水量を測定し評価を行うが、清掃区間を閉鎖する交通規制が必要なことや現場透水量の測定が多いことなど、これら時間がかかる一連の作業に対する効率化が求められている（写真 2）。

2. 概要

1 清掃区間の片側車線における現場透水量の測定は図 1 に示すとおり、横断方向3カ所（OWP：外側車輪位置，BWP：外側車輪位置と内側車輪位置の間，IWP：内側車輪位置），縦断方向3カ所の合計9カ所，1カ所当たり3回測定の平均値を採用するので，清掃前と清掃後を合わせ合計54回の測定が必要となる。



写真 1 排水性舗装清掃作業



写真 2 現場透水量の測定



図 1 測定個所の例

本稿では、清掃作業の効率化を目的として、非接触型で交通規制を伴わない路面反射音を利用した評価手法について検討を行った。

3. 路面反射音の計測・評価システムの開発

排水性舗装の機能の一つである吸音機能に着目し装置の開発を行った。

開発コンセプトは以下のとおり。

- ① 必要な時にパトロールカーへ容易に取り付けが可能であること。
- ② 巡回等でパトロールカーに乗車する人が容易に操作できること。
- ③ 路面反射音を自動計測し、計測・評価結果を速やかに確認できること。

(1) 音源・受信装置の選定

装置の原理は、音源装置（スピーカー）から音を放射し、排水性舗装面に当たって反射した反射音を受音装置（マイク）で拾い騒音計で測定、「測定路面」となる排水性舗装の反射音と「基準路面」となる密粒舗装の反射音との差で排水性舗装の空隙状態を判別するものである。各装置の選定は、音源装置の出力、安定性、再現性、指向性と車への搭載性を目的に検討を行った（表 1、写真 3）。

音源・受信装置は、図 2 に示すとおり、エンジン停止時、アイドリング時、密粒舗装走行時（10km/h～50km/h）において、中心周波数帯域（500Hz～2kHz）での変化がほぼ一致していることから、車体本体から発生する騒音（タイヤ音、マフラー音、エンジン音、風雑音等）の影響を受けないことを確認した。

表 1 音源・受信装置の仕様

音源装置：ホーンスピーカ（TOA SC 715）
・試験音：ピンクノイズ（200Hz～5kHz）
・入力電圧：2V（RMS）、入力電力：0.5W（8Ω）
受信装置：ホーン内埋め込み型 （TOA SC 715 + RION NL 06マイク）
ホーンの設定高さ：22cm
ホーンの設定間隔：50cm
ホーンの設定角度：鉛直下向き（0°）
架台材料：鉄・アルミ



写真 3 音源・受信装置

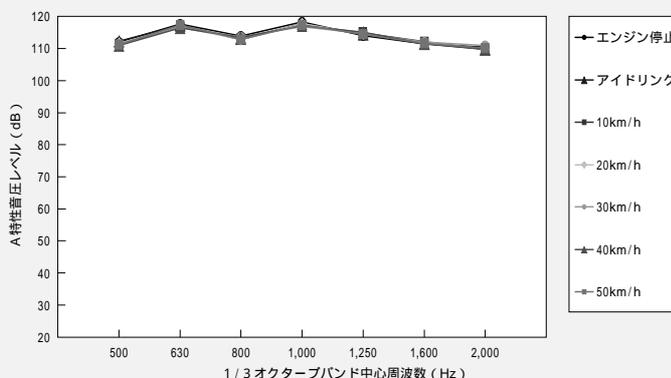


図 2 音源・受信装置の反射音測定

(2) 計測・評価装置（ハードウェア）の開発 システムの機器構成は、図 3 に示すとおり

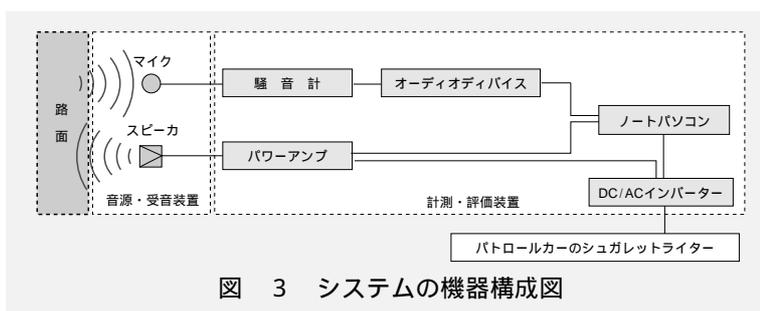


図 3 システムの機器構成図

で、各機器はジュラルミンケースに収納しておき、必要な時にパトロールカーの後部および座席に設置するようにした（写真 4）。



写真 4 設置状況

(3) 計測・評価装置プログラム（ソフトウェア）の開発

① ソフトウェアの概要

計測・評価プログラムは、排水性舗装の吸音効果を表す「吸音率」を計測・評価するものとした。一般的に入射した音に対する反射しない音のエネルギーの割合を「吸音率」とされているが、現場における正確な入射音の測定が困難であるた

め、本手法では、密粒舗装を「基準路面」として測定した反射音に対する排水性舗装を「測定路面」として測定した反射音のエネルギーの割合を「吸音率」と定義することとした。

図 4 は、空隙率の異なる排水性舗装（測定路面）の反射音エネルギーから密粒舗装（基準路面）の反射音エネルギーを差し引いた相対レベルを、1/3 オクターブバンド周波数帯分析を行った結果をグラフ化したものである。そこから分かるように中心周波数ごとに相対レベルが異なることが分かる。例えば、排水性舗装（5mm、23%）では、1,000Hz 帯で 3 dB、1,250Hz 帯で 4 dB、1,600Hz 帯で 2 dB となる。そのため、吸音率の算出は、中心周波数ごとの相対レベルのエネルギー平均値により求めることとした（式 1）。

② 操作手順と CRT 画面

計測・評価装置プログラムの操作手順は図 5 のとおり。計測場所情報（地先名、路線番号、距離標、車線、その他）・計測条件（測定者、走行速度、実測予定時間）を入力後に「計測開始」ボタンをクリックすると計測が開始され、設定した

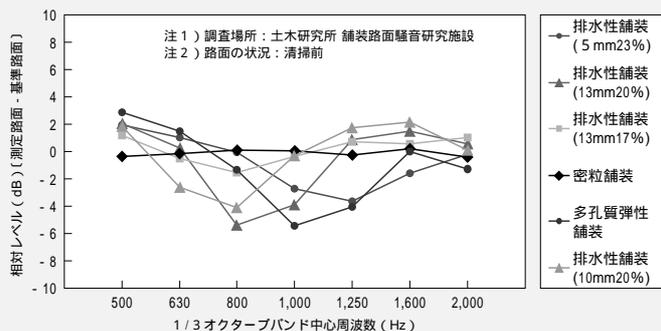


図 4 舗装構造別の吸音効果

$$= \{ 1 - 10^{-\Delta L / 10} \} \times 100 \dots \text{式 1}$$

$$\Delta L = -10 \log_{10} \left[\frac{10^{-\Delta L_1 / 10} + \dots + 10^{-\Delta L_n / 10}}{n} \right]$$

：吸音率 (%)

ΔL : 計算対象周波数範囲 ($f_1 \sim f_n$ Hz) の相対レベルのエネルギー平均値 (dB)

音の「エネルギー平均」の算出方法を利用

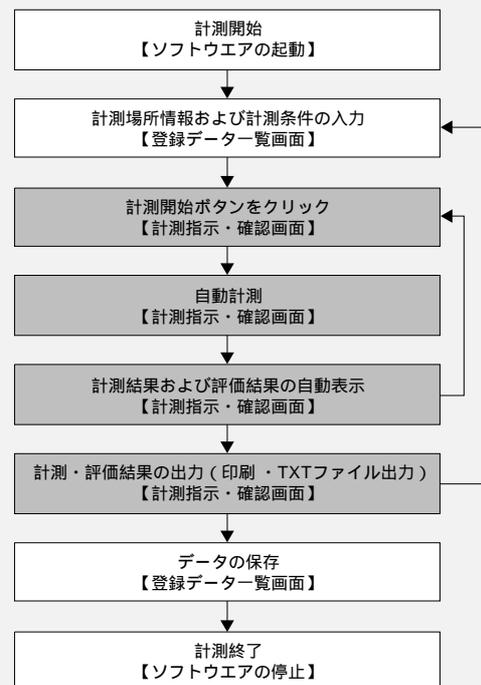


図 5 ソフトウェアの操作手順

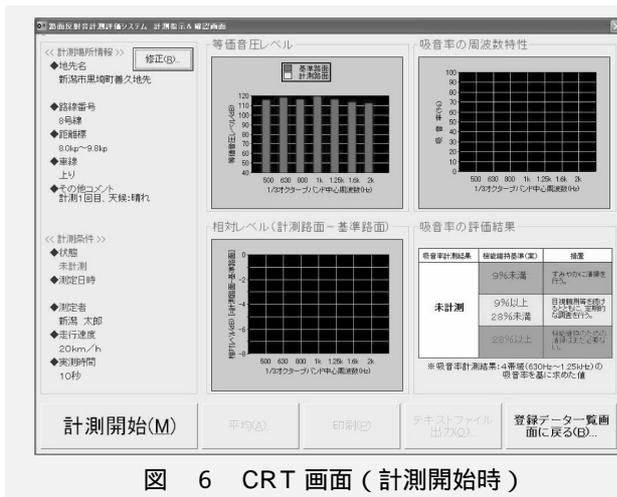


図 6 CRT画面(計測開始時)

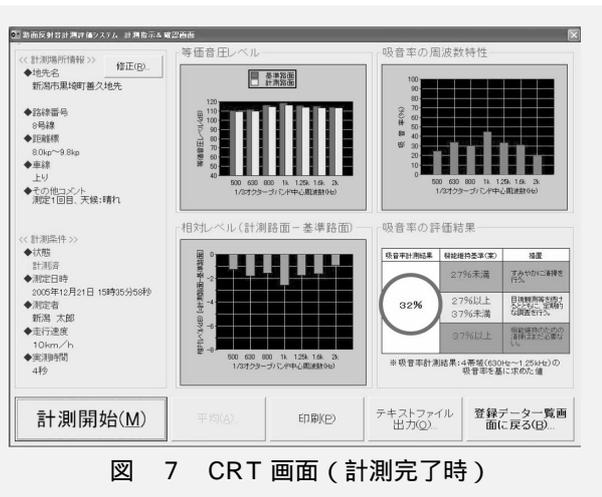


図 7 CRT画面(計測完了時)

測定時間が経過の後、自動的に計測が終了し、「吸音率測定結果」が算出、表示される。CRT画面は図 6 と図 7 のとおり。1画面内で等価音圧レベル(基準路面・計測路面)、相対レベル(計測路面-基準路面)、吸音率の周波数特性、吸音率の評価結果が確認できる。

4. 機能維持評価基準値の検討

排水性舗装清掃実施の判断基準となる機能維持評価基準値を「透水量」から「吸音率」に変更するに当たり、平成15~17年度の現場透水量試験と路面反射音測定とのデータにより、透水量と吸音率の相関確認、機能維持評価基準値の算出を行った。

(1) 計算対象周波数範囲の特定

吸音率を算出する周波数範囲のパターンを変え、透水量と吸音率の相関について確認した。方法は、現場透水量試験と路面反射音測定を同じ地点で実施した地点的評価の『地点評価』と、清掃区間内の地点データを平均した区間的評価の『区間評価』について、それぞれ透水量と吸音率の一次回帰分析による相関係数を求め比較した。その結果、相関係数が「0.9」と一番高くなった4帯域(630~1,250Hz)を計算対象周波数範囲に特

定できたとともに、吸音率により排水性舗装の空隙状態を評価できることが確認できた(図 8)

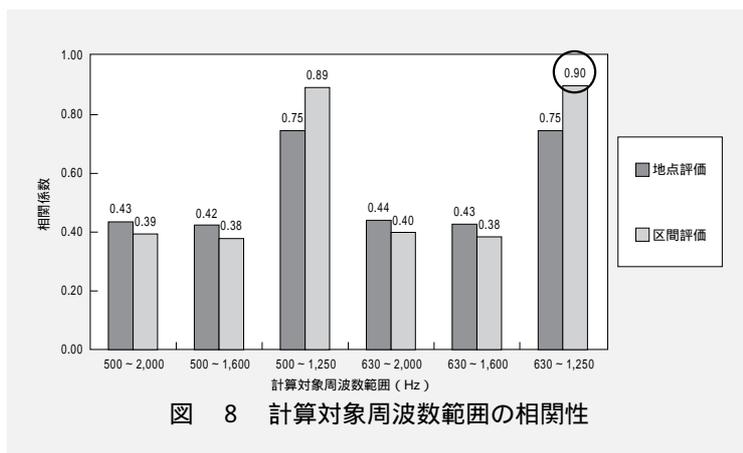


図 8 計算対象周波数範囲の相関性

(2) 機能維持評価基準値(案)の設定

地点評価と区間評価で求めた1次回帰式と2次回帰式を比較した結果、傾き・縦軸との接点が2次回帰式の方が近似することから、吸音率による機能維持評価基準値の算出は区間評価の2次回帰式から求めることとした。基準値(案)の設定に当たっては、現行基準の透水量200(ml/15s)に対する吸音率は0%以下(図 9)であるため、透水量600(ml/15s)に対する吸音率8%未満で清掃することを提案した(表 2)。

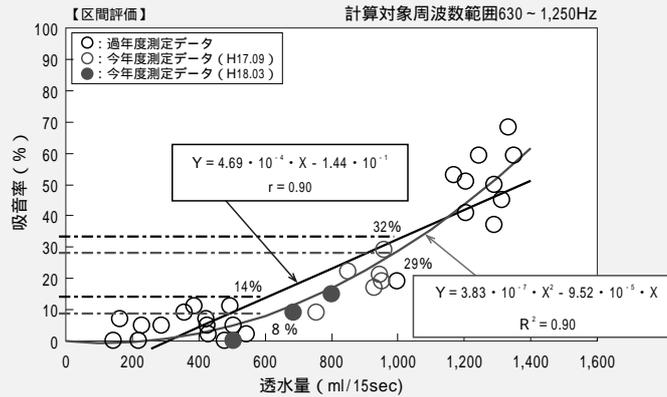


図 9 透水量と吸音率の関係 (区間評価)

表 2 排水性舗装の機能維持評価基準値 (案)

現行基準 (案)	措 置	改訂基準 (案)
透水量 (ml/15s)		吸音率 (%)
200未満	速やかに清掃を行う。 空隙つぶれ等, 状況を判断して清掃による機能回復の見込みがあれば繰り返し行う。	8 未満 (透水量600ml/15s 未満に該当)
200以上600未満		
600以上	目視観察等を続けるとともに, 定期的に透水量試験を行う。	8 以上 (透水量600ml/15s 以上に該当)

5. まとめ

路面反射音の計測・評価システムにより排水性舗装の空隙状態を評価することが可能となったことから, 現状の交通規制区間内における人力作業での現場透水試験が, 交通規制を必要としない走行車両による移動計測 (30km/h) が可能となり, 清掃作業自体の交通規制は残るものの, 排水性舗装清掃作業の効率化およびコスト縮減, 交通渋滞緩和が図られると期待される。

現場における聞き取り調査の結果では, 1 清掃

区間 (測定回数54回) における現場透水試験に要する時間は現場条件により異なるものの, 現場透水試験器 1 ~ 3 台で測定した場合, 約6.5~3.5時間程度かかっていたものが, 路面反射音測定 (清掃区間500m, 移動速度30km/h, 横断方向3回計測) で約3分程度と大幅な改善となった。

6. あとがき

今後は, 「排水性舗装の機能維持評価基準値」の精度を高め, 「排水性舗装清掃要領 (試案)・同資料編」の改訂に反映させる必要がある。

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所機械課 機械設計係長 小林 弘朗
 機械課長 本間 政幸
 機械設計係主任 齋藤 剛