

排水性舗装は、水はね防止対策だけでなくその空隙構造により走行タイヤ音の低減機能も有する高機能性能から、国道・都道府県道・高速道路などの主要道路に数多く採用されてきた。排水性舗装が有する高機能性能は、従来「浸透水量」・「平坦性」・「管内法によるピーク吸音率」等で測定し評価しているが、これら調査法は、交通規制内での限られた点的評価に止まってしまいう課題があった。(以下「排水性舗装」を「高機能舗装」と記した場合、同じ意味を表す。)

このような背景を踏まえ、当社は『特殊パルス(TSP: Time Stretched Pulse)音を応用した吸音率』(以下『TSP吸音率』という。)により、高機能舗装路面を走行しながら面的に測定する技術を開発した。TSP吸音率と従来技術の各種試験(特に透水機能評価値)との比較測定の結果、高い相関関係を確認した。TSP吸音率を高速走行で多点測定することにより、交通規制を必要とせず、高機能舗装区間全体の平均的(面的)評価による品質管理や騒音低減機能評価が可能となる。また、高機能性能の維持性能確認等が簡便にできることにより、舗装の維持修繕データへの活用も図ることができると考える。

1. はじめに

国土交通省では、舗装の性能規定工事を積極展開し、透水性能評価値(浸透水量)や耐久性能(FWD測定等)とともに、騒音低減機能として路面騒音測定(RAC)車による路面騒音値(特殊タイヤ音)も性能規定値として運用してきている。^{*1}

高機能(排水性)舗装は施工後の経過に伴い、空隙詰まり・空隙つぶれが生じ、その高機能性能が失われる課題が指摘され、排水機能・騒音低減機能維持を図るために「低騒音舗装機能維持清掃車」(国土交通省関東技術事務所)が開発された。^{*2} この機能維持清掃車による適切な機能回復作業要領を検討するため、作業サイクル別調査工区を設定した追跡調査が2年間にわたり行われた。当社は、(財)道路保全技術センターとの共同研究として、TSP吸音率の走行測定で参画した。

今回、このTSP吸音率測定結果と排水性舗装の各種試験値と比較した結果、TSP吸音率の走行測定により、高機能(排水性)舗装路面の透水機能等を評価できることが確認できたので、その内容について報告する。

2. TSP吸音率の測定方法

2-1 吸音率の測定原理

TSPとは、正式にはOATSP(Optimized Aoshima Time Stretched Pulse)という「時間伸長パルス」である。図1のようにスピーカからパルス音を発射すると、

マイクに直達音と反射音 が時間差を経て観測される。この原理を応用して、マイクロフォンを通して測定された直達音と反射音を分離し、反射音のみを分析するもので、分離された反射音を基準路面(密粒度アスファルト舗装)の反射音と比較し、相対吸音率を算出する。測定車輛に搭載している測定機器構成を図2に示す。

2-2 TSP吸音率の測定

吸音率測定車は、スピーカとマイクを移動可能な「小さな無響室」(音響ボックス)内に搭載し、一定速度(一般道:30・40・50・60km/h、高速道路:70km/h)で走行測定する。(図2,3)

測定音から分離された反射音を、基準路面(密粒度アスファルト舗装)の反射音と比較し、得られた反射音比から相対吸音率(TSP吸音率)を算出する。

注) 密粒度舗装の吸音率は文献等で0.1程度であることが発表されており、密粒度舗装の吸音率を0.1として、相対吸音率(TSP吸音率)を算出している。^{*3}

3. 一般道の比較測定結果

TSP吸音率と同時期に測定された排水性舗装の各種性能試験値とを比較した。

3-1 TSP吸音率と他の試験方法による路面吸音率(レベル)との比較

(1) 測定手法の比較

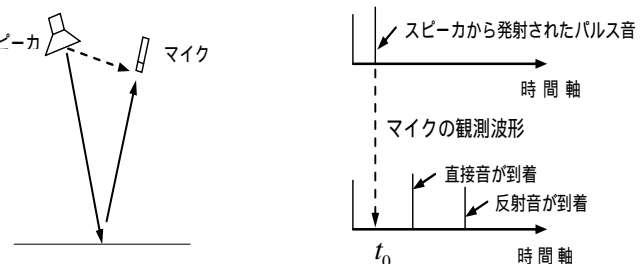


図1 反射音分離測定の概要

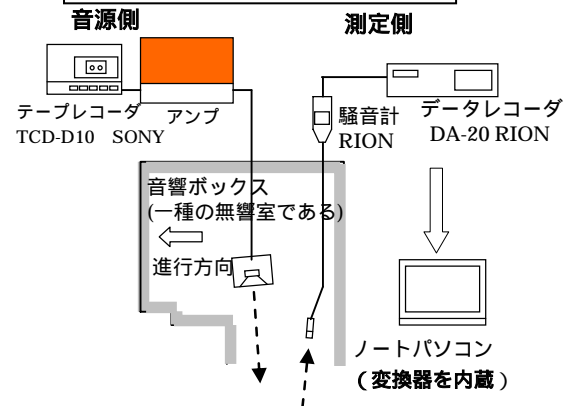


図2 音響ボックスと測定機器構成

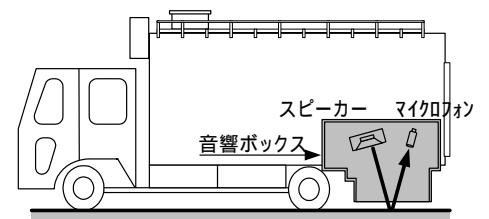


図3 TSP吸音率測定車

吸音率等を測定するデータ比較を行った。

TSP吸音率(測定速度は、40Km/h)

現場吸音レベル

垂直入射吸音率(管内法ピーク吸音率)

これらの測定手法は、いずれも反射音を測定・分析する点では類似しているが、TSP吸音率以外は交通規制内の固定測定、かつ区間(100m)内で3点程度の点的測定手

法である。

TSP吸音率の100m区間内測定は、約26サンプルで平均吸音率を算出している。

(2)測定結果の比較

TSP吸音率と現場吸音レベル及び垂直入射吸音率との相関をチェックした。(図4)

特に現場吸音レベルとは、データ構成が比較的全域に出現しており、高い相関が認められた。

垂直入射吸音率との比較データは、施工後1年以内の箇所で測定が行われ、片寄った範囲のデータ構成となっているため、若干低い相関を示す結果となっている。

TSP吸音率の走行測定結果は、固定測定である現場吸音レベルや垂直入射吸音率と同等の測定精度があったと考えることができる。TSP吸音率により、舗装区間全体を平均化した測定値が求められることを考慮すると、対象舗装区間の総合的評価には、より効果的であると判断できる。

3-2 舗装路面試験値との比較

TSP吸音率と、舗装路面の試験手法として、最も汎用されている現場透水量試験との関連性を追跡した。

現場透水量試験は、便覧法(舗装便覧の標準手法)及び大口径バルブ式が行われ、ともにTSP吸音率と高い相関関係が得られた。特に、便覧法の透水量とは、経過月数の異なるデータ(施工後1~72ヶ月後)が揃っていることから、高い相関関係となっている。(図5)

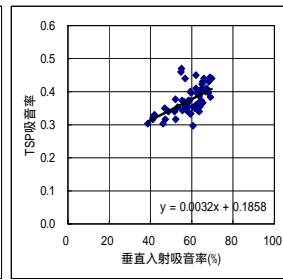
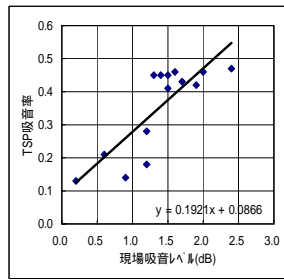
なお、大口径バルブ式は、便覧法よりも透水機能が低い場合に相違が確認しやすい測定方法とされていることから、共同研究で採用された。

3-3 その他の走行測定試験との比較

舗装路面の騒音低減機能を追跡するため、タイヤ近接音*4と特殊タイヤ音*2との比較を行った。ともに、多少関連性が認められる程度となっている。(図6、7)

3-4 比較測定結果のまとめ

TSP吸音率と他の試験手法による路面の吸音率(レベル)測定は、高い相関関係が確認された。



現場吸音レベル測定

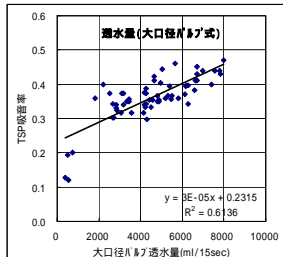
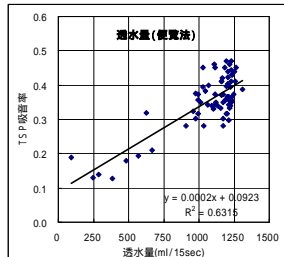
R=0.820 n=14
供用; 12~72ヶ月



(管内法) 垂直入射吸音率測定

R=0.570 n=59
供用; 1~12ヶ月

図4 TSP吸音率と他試験による路面吸音率(レベル)の比較

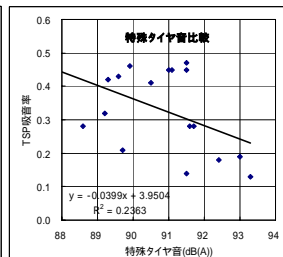
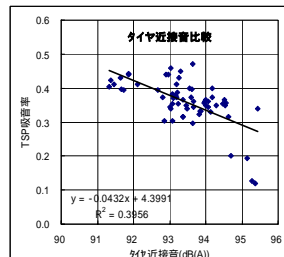


透水量(便覧法)



透水量(大口径バルブ式)

図5 TSP吸音率と透水量の比較



タイヤ近接音測定



特殊タイヤ音測定

図6 TSP吸音率とタイヤ近接音 図7 TSP吸音率と特殊タイヤ音

すなわち、走行測定手法のTSP吸音率は、規制内の固定測定と同等程度の測定精度があり、舗装区間全体を平均値で総合評価をする場合、TSP吸音率の方がより相応しい測定手法とも言える。

TSP吸音率とタイヤ近接音や特殊タイヤ音の間には、顕著な関連性は見られない。路面の吸音率とタイヤ/路面発生音とは測定対象が異なり当然とも言えるが、各測定値のバラツキ要因に関しては、今後ともデータを蓄積して、相互の関連性を明確にしていく必要があると考える。

TSP吸音率と透水量は、非常に高い相関関係が確認され、空隙を評価する排水機能と強い関連性があると言える。特に、施工後間もない排水機能の適切評価が行えるとされている大口径バルブ式透水量と高い関連性が確認され、今後のTSP吸音率測定値を評価指標への活用が図れると考える。

4. 高速道路の試験測定結果

4-1 各種試験測定との比較

東名・中央道・中国道計29箇所での

比較測定結果を示す。なお、TSP吸音率の測定速度は70km/hである。

TSP吸音率と、管内法のピーク吸音率(垂直入射吸音率)及び現場透水量との比較測定結果は、ともに高い相関関係が認められた。(図8、9)

測定速度が70Km/hの場合、100m区間あたり15測定サンプルの平均値となる。なお、今回比較した各種試験測定値は、NEXCO等の既存資料*5を参考とした。

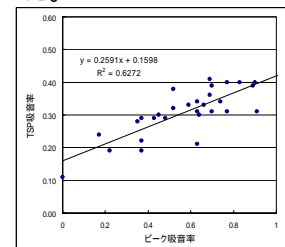


図8 ピーク吸音率とTSP吸音率

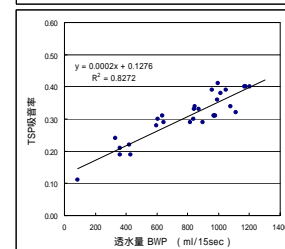


図9 透水量とTSP吸音率

4-2 縦断方向の測定・解析事例

高機能（排水性）舗装の施工履歴が異なる連続した高速道路を、TSP吸音率により走行測定し、縦断方向に解析した事例を紹介する。TSP吸音率測定速度は70km/hである。（表1、図10,11）

表1 補修歴別吸音率

舗装	補修年	吸音率
高機能	平成5	0.12
"	平成9	0.17
"	平成13	0.31
"	平成14	0.33

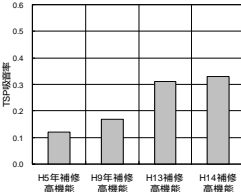


図10 吸音率の補修歴別区間平均値

平成13・14年度施工区間は、0.3以上の高い吸音率が保持されているが、平成5年度施工区間は、密粒度舗装と同程度（約0.1程度）の吸音率であり、排水機能は失われていると判断できる。

5.まとめ

一般道と高速道路の測定結果から、TSP吸音率により、舗装の透水性能（現場透水量）や吸音特性（従来技術のピーク吸音率測定や空隙率に代表され、騒音低減機能に繋がると考えられる）との関連性が高く、舗装路面の透水機能と騒音低減機能等を評価できることが確認された。

当該技術を舗装の機能性能試験に採用することで、交通規制が必要であった従来技術に対し大幅な工程短縮やコスト削減が図れ（表2）、かつ区間全体の面的評価が行えることにより、舗装の機能性能評価に大きく寄与できると考える。

また、TSP吸音率は走行測定であり、舗装路面の機能性能に関する追跡調査が容易に行えることから、排水性舗装の機能低下による補修時期の判断材料にも活用できると考える。現時点では目安であるが、TSP吸音率による高機能（排水性）舗装の健全度診断を表3,4に示す。

今後も現場透水量試験等との比較データを蓄積し、「排水性舗装の健全度判断」の有意性を確認していくとともに、TSP吸音率の縦断方向解析による舗装修繕への活用策、高速道路での測定対

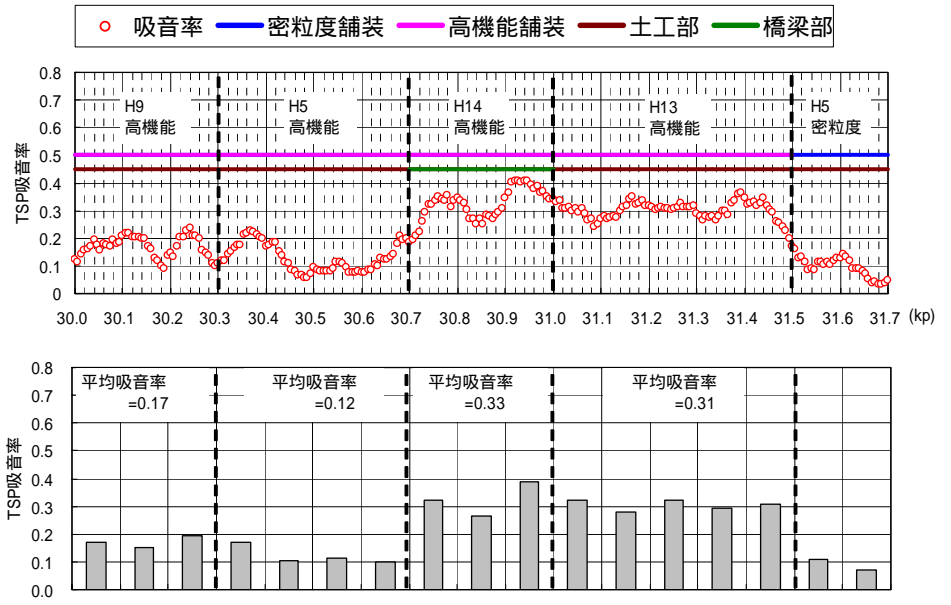


図11 吸音率測定結果(縦断分析)

表3 《参考》TSP吸音率による「高機能（排水性）舗装の健全度判断（目安）」

一般道・高速道の追跡調査データを統合し、高機能（排水性）舗装の健全度を判断可能である。（現時点は目安。データ拡充により判断の有意性確認を行う。）
判断根拠は、浸透水量の基準値*2をTSP吸音率に換算した値である。

判定	目安値	健全度診断
A	0.40以上	優秀(施工直後)
0	0.30以上	健全
1	0.20~0.29	軽度の詰まり
2	0.16~0.19	詰まり
3	0.11~0.15	重度の詰まり
4	0.10以下	修繕必要

応（測定サンプリング周期の細密度化）等による技術向上を図りつつ、多角的な適用拡大を提案していく考えである。

6.謝辞

本報告のとりまとめにあたり、共同研究を通して、一般道における調査フィールドと比較試験データを(財)道路保全技術センター舗装研究部のご協力により、提供して頂きました。また、旧日本道路公団（現 NEXCO 3 社）が管理するフィールドにおいて比較試験を行いました。各関係機関の方々

には、この場を借りまして、厚く御礼申し上げます。
*1: 「舗装性能評価法」:平成18年1月 社団法人 日本道路協会
*2: 「低騒音舗装機能維持清掃車の研究開発」(第26回日本道路会議論文集 2005.10 佐久間ら)
*3: 「排水性舗装の吸音率特性と測定手法に関する一考察」:(舗装33-11 1998年 川真田ら)

表4 施工直後の浸透水量基準値

浸透水量	空隙率	TSP吸音率換算値	備考
1000(ml/15sec)	20%	約0.35	一般地域
800(ml/15sec)	17%	約0.30	積雪寒冷地

表2 TSP吸音率と従来技術との比較

比較項目	TSP吸音率	現場透水量試験	
		走行測定	機器配置
安全性	測定条件 40Km/h走行	交通規制	
測定工程	実施規模 20工区 2Km/1夜間	2工区 200m/1夜間	
工期比較	工程比較 20工区(延長2Km)	1夜間	10夜間
品質管理	評価対象 データ数	区間平均値 約26データ	固定点測定 3地点データ

*4: 共同研究「タイヤ/路面騒音測定方法の開発」に関する成果報告(舗装40-10 2005年 寺田ら)
*5: 「音波・電磁波の反射特性を利用した高機能舗装の空隙評価に関する検討」(EXTEC, No72, 05.3 中崎ら)