

インパルス騒音測定に関する研究

道路研究室 鈴木 大輔
指導教官 丸山 暉彦

【研究の背景】

排水性舗装は連続した空隙が水や空気といった流体を通すため、雨水の排水性能を持ち、また、空隙が吸音性を持っていると考えられることから、その特性により路面騒音を低減させる性能を持っている。

しかし、これらの性能は空隙詰まりや空隙つぶれが生じると性能が低下することになる。このため、空隙と関連する排水性舗装の初期性能や現況性能を測定するための装置が必要とされており、国土交通省における性能規定として次の値が定義されている。

- ・ RAC 車 (Road Acoustic Checker) と呼ばれる測定車の特殊タイヤによるタイヤ/路面騒音値(初期 89dB 以下、1 年後 90dB 以下)
- ・ 浸透水量(1000ml/15sec 以上)

これらの性能規定を評価する測定車の不足が課題となっており、今後、増加されると予想されるこれら規定値の測定ニーズに対応するために、インパルス騒音を用いた測定車を開発した。

【研究目的】

排水性舗装の空隙度合いを音の反射率で測定できることを確認する。このために、各種の特性試験及び試験測定を行い、インパルス騒音測定の特性を把握するとともに、空隙や空隙と関連する既存指標との関係を調べた。

【インパルス法の測定原理】

音波を対象物に発射、その反射率の程度で対象物の状況を把握する。測定値として「吸音特性値」と名付けた路面の吸音程度を示す値を測定する。この吸音特性値はある基準面での入射波と反射波の比率と、対象路面での入射波と反射波の比率を比較した値である。

吸音特性値は下式のように定義した。基準面はコンクリート面としている。

- ・ $R_0(f)$: ある基準面での入射波と反射波の比率
$$= \text{反射波のエネルギー}(f) / \text{入射波のエネルギー}(f)$$
- ・ $R_x(f)$: 吸音面(対象測定路面)での入射波と反射波の比率
$$= \text{反射波のエネルギー}(f) / \text{入射波のエネルギー}(f)$$
- ・ α : 求める対象路面の吸音特性値
$$= 1 - R_x(f) / R_0(f)$$

【研究内容】

静止特性の把握

音は経路と値が見えないため、室内実験にて静止特性の把握を行った。静止試験は、空隙測定に最適な周波数の確認、路面粗さと測定値の関係、測定結果に影響を及ぼす要因とその影響度合いを調べることが目的として行った。具体的には次のとおりである。

高域スピークを用いた試験

- ・ 表面温度変動試験
- ・ 高さ変動試験

- ・横風変動試験
- ・表面粗さ変動試験
- ・含水試験
- ・内部空隙の把握可能性試験
- ・空隙と浸透水量の関係
- ・繰り返し特性試験
- ・周波数特性

低域スピーカを用いた試験

- ・空隙との関係
- ・温度変動試験

走行特性の把握

走行測定データの安定性や再現性の向上を図るために、実車両における走行特性を把握した。主に静止試験の結果より、その検証を行い、走行測定時の誤差要因を調べた。

- ・速度変動試験
- ・温度変動試験
- ・キャリブレーション値の変動試験
- ・高さ変動試験
- ・空気揺らぎ試験

既存指標との関係

既存指標との関係を明確にするために、供用中の道路において既存指標の測定と同時にしくは同等の時期に測定を実施した。測定結果より、低騒音機能と排水機能の既存指標と吸音特性値とを比較し、どのような関係が見られるかを調査した。具体的には、低騒音機能の評価ではRAC車による路面騒音値と、また排水機能の評価では現場透水試験による浸透水量があり、これらとの関係を調査した。

【研究結果】

- ・特性把握試験

静止試験を行ったことにより、いくつか

の静止特性が明らかとなった。その中でもっとも測定データに対する影響が大きいのが、高さ変動による影響である。基準高さ(570mm)から2mmずつ±20mm変化させて反射率を測定した結果、高さが低くなるからといって反射率が強くなるのではなく、ある周期性を持ったゆらぎとなることが確認された。(図1)これは音響ボックス内での音波同士の干渉によるものであると考えられる。

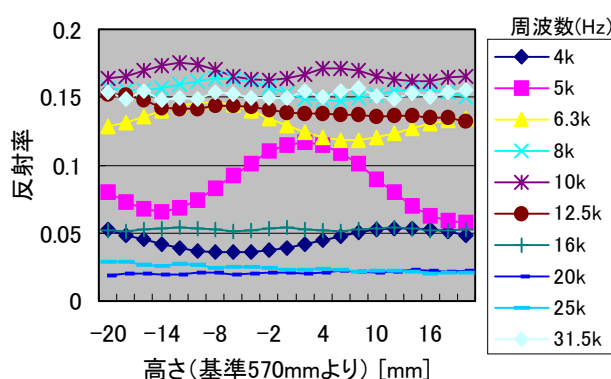


図1 高さ変動±20mmによる反射率の変化

次に、走行特性として測定結果に影響する要因を調べた。走行測定速度を70 km/h ~ 100 km/h の範囲で10 km/h ずつ変化させて測定を行ったところ、図2及び図3のような結果となった。

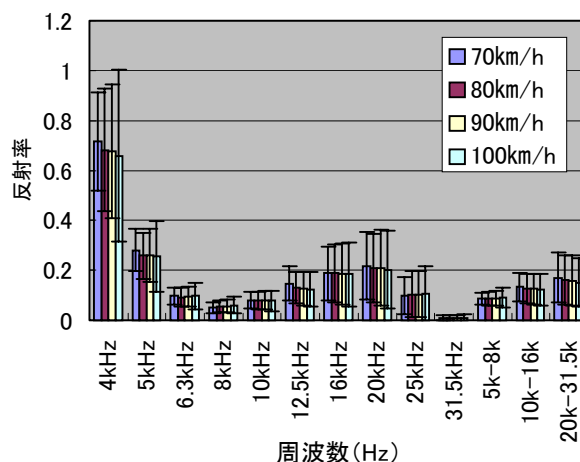


図2 速度変動による反射率の変化

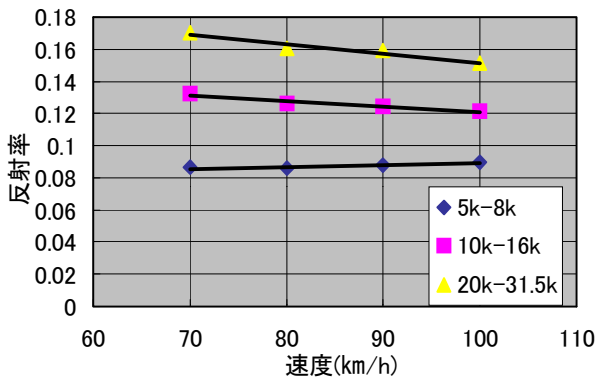


図3 反射率と速度の関係

70km/h 以上では 10km/h 変わるとともに反射率が 5kHz~8kHz の帯域で 1%高くなること確認された。これは、速度の増加に伴い受ける風の影響も強くなることから、風による変化ではないかと考えられる。また、周波数が高いほど速度の影響を受け、周波数が低くなるほどあまり影響を受けない傾向が見られる。今後、70km/h 以下の速度でもさらに測定を行い、本研究で得られたような相関関係が見られるのか、更なる走行試験を行う必要があると考えられる。なお、周波数ごとの特性もあわせて試験を行う。

・内部空隙の把握可能性

内部空隙の状態を把握するため、対象物となる供試体の空隙率のみを変化させて反射率の測定を行った。その結果を図4に示す。

図4よりどの周波数帯域においても空隙率と明確な関係は見られない。これはほとんどの音波が舗装体の表面付近で反射しており、供試体内部に進入していないためであると考えられる。

そこで、高域スピーカの周波数帯域では内部空隙の状態を把握できないため、4kHz以下のさらに低域のスピーカを開発して測定を行った。その結果を図5に示す。

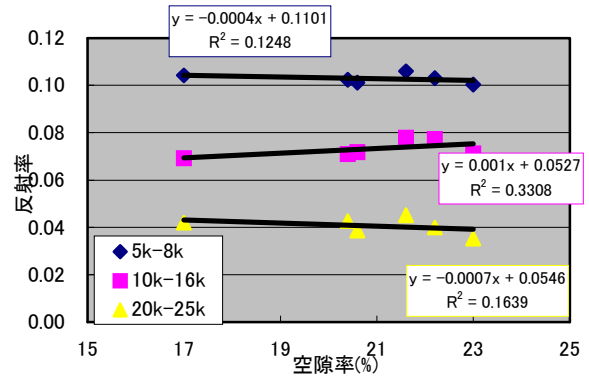


図4 高域スピーカの時の空隙率と反射率の関係

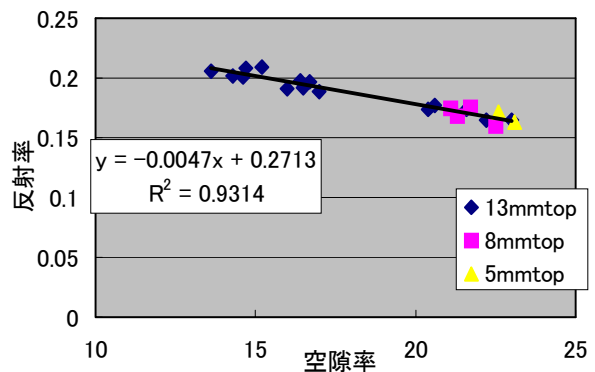


図5 低域スピーカのときの空隙率と反射率の関係 (2.5kHz-4kHz)

低域スピーカを用いて反射率と空隙率の関係を調べた結果、2kHz~4kHzの周波数において、両者に粒径によらず高い相関関係が確認された。これは5kHz以上の高い周波数帯域では音波の進入深さが浅く、空隙率の変化による影響を受けないが、4kHz以下の低い周波数帯域では音の進入深さが深くなるため、空隙率の変化による影響を受けたと考えることができる。したがって音波は周波数が低いほど、進入深さが深くなる傾向があるという仮定が実証されたと同時に、低域スピーカによる測定を行えば、舗装体内部の空隙状態を把握できるのではないかと考えられる。また、反射率と空隙率に相関関係があるということは、浸透水量とも関係があると考えられるため、今後の

実験により検証する。

・既存指標と関係

RAC 車による測定と同時もしくは同等の時期に測定を行ったところ、図 6 のような結果となった。測定時の周波数帯域は高域スピーカの 5kHz~8kHz である。

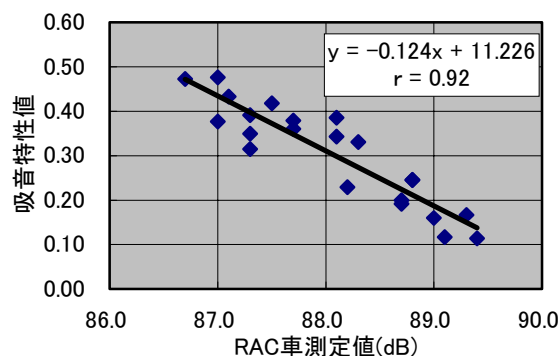


図6 RAC車のタイヤ/路面騒音測定値と吸音特性値の関係

図6よりRAC車の路面騒音値と相関関係があることが確認できる。しかし、吸音特性値が同じ値でも路面騒音値が1dBも異なる箇所があるなど吸音特性値にバラツキも見られる。この原因としては、測定時の高さ変動や風といった走行特性の誤差要因の影響を受けているものと考えられる。一方、RAC車の路面騒音値との相関が高いのは、路面騒音値の測定が表面との接触音がほとんどであるのに対し、吸音特性値の測定周波数も5kHz~8kHzで表面反射がほとんどであるため、どちらの測定も表面付近のみの空隙状況に大きく影響を受けることが最も大きな要因として考えられる。

【本研究の結論】

本研究では、インパルス騒音測定車による測定手法の仮定の実証と特性を把握すること、さらに既存指標との関係について研究することを目的としてきた。これまでの

研究結果により、路面の劣化状態を評価できることが確認できたが、内部空隙の状態を判断できるような結果は得られなかった。しかし、周波数が低域スピーカにより周波数が低いほど音の進入深さが深くなることが明らかとなり、内部空隙の状態を把握できる可能性があることが確認できた。

また、走行測定時の誤差要因として高さ変動と速度変動による影響があることが確認された。高さ変動では、ある周期性を持ったゆらぎの波形となることが確認された。また、速度変動は周波数によりその傾向が異なることが確認された。以上のような特性があることが確認された。

既存指標との関係を調べた結果、RAC車による路面騒音値と吸音特性値には高い相関関係が確認された。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧別冊（暫定試験方法）平成8年10月
- 2) 川真田 智：多孔質舗装の音響特性と音響シミュレーション手法に関する研究
- 3) 加納 広志：道路舗装の吸音特性に関する研究