

騒音試験用路面の路面テクスチャの特性と タイヤ／路面騒音について

井原 務¹・井上 武美²

¹正会員 株式会社 NIPPO コーポレーション技術研究所（〒140-0002 東京都品川区東品川 3-32-34）

²フェロー 博(工) 株式会社 NIPPO コーポレーション技術研究所（〒140-0002 東京都品川区東品川 3-32-34）

自動車の騒音試験用路面として規格化されている ISO 10844 の表層は、ストレートアスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物となっており、きめ深さの経年変化が騒音に対して影響を及ぼすことが懸念された。本研究では、これまでに得られたきめ深さの経時変化と路面テクスチャの評価値と考えるパワースペクトル密度の比較を行い、その舗装種の路面テクスチャから評価した特性について示した。また、きめ深さとタイヤ／路面騒音との関連性についても検討し、排水性舗装と同様のいくつかの知見が得られた。

Key Word : dense graded asphalt pavement , surface texture , power spectral density, tire /road noise

1. はじめに

自動車の騒音試験用路面として規格化されている ISO 10844¹⁾（以下、ISO 路面）は、試験場所による騒音値の差異を最小にすることを目的に、表層の材料と路面の設計および性能が規定されている。この路面での性能規格には路面のきめ深さの他、空隙率と吸音率があり、きめ深さについては毎年規格値を満足しているか確認するようになっている。また、表層はストレートアスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物となっている。このような規定から大型車や一般車が多く走行する箇所に舗設された騒音試験用路面では、きめ深さの経年変化等が騒音に対して影響を及ぼすことが懸念される。一方、この路面テクスチャとタイヤ／路面騒音との関連性について排水性舗装においては、ある程度明らかにできた²⁾と考えている。

そこで本研究は、交通量の異なる構内道路での ISO 路面の試験舗装において、これまでに得られたきめ深さの経時変化と路面テクスチャ評価値のひとつであるパワースペクトル密度 PSD²⁾に着目して、その特性とタイヤ／路面騒音との関連性について検討した。また、その検討では ISO 10844 に準拠していない一般的な密粒度アスファルト舗装や排水性舗装とも比較した。さらに、ISO 路面も含めた密粒度アスファルト舗装における路面テクスチャのきめ深さとタイヤ／路面騒音の関係について検討した結果、いくつかの知見が得られたのでここに報告する。

2. 研究概要

(1) 試験舗装

ISO 路面は、自動車やタイヤの製造に関連したテストコース等の構内道路に多く施工され、通行する車両の交通実態が一般道路とかなり異なっている。この現状を考慮して、試験舗装は交通量の異なる 2 箇所の構内道路に約 8 年前に施工した。施工直後の表層の品質を表-1 に示す。表には ISO 10844 の規格¹⁾も併記した。2 箇所の試験舗装の施工直後の ISO 路面は規格値を満足する結果であった。ここで、ISO 路面 A は大型車交通量が 100 台／日程度通行する箇所で、ISO 路面 B は大型車がほとんど通行しない箇所に施工している。

(2) 路面テクスチャの測定

ISO 路面 A と B のきめ深さは、ガラスビーズによるサンドパッチング法により測定し、おおよそ 12 ヶ月毎に 1 箇所 10 点測定した平均値で評価した。また、今回の測定では、路面の凹凸を特殊なパテを用いて型取りによって採取し²⁾、テクスチャ測定装置²⁾で

表-1 試験舗装の施工直後の表層の品質

項目	ISO路面A	ISO路面B	ISO 10844の表層の品質規格
最大粒径(mm)	8	8	8mm(許容範囲は6.3~10mm)
表層厚(mm)	40	42	表層の厚さは30mm以上
きめ深さ(mm)	0.49	0.47	0.4mm以上(走路10点の測定値の平均)
空隙率(%)	7.5	7.5	8%以下(コア供試体4個の平均)
吸音率	0.06	0.07	0.1以下(コア供試体4個の最大値の平均)

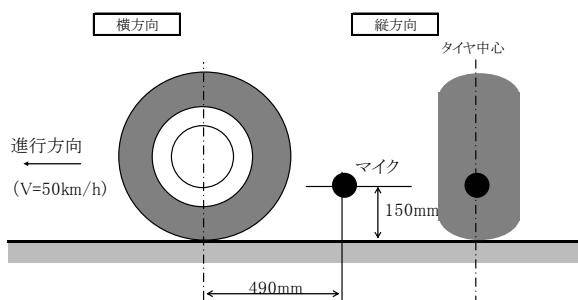


図-1 マイクロホンの設置位置

表-2 試験舗装路面の測定結果（最終年）

項目	車輪通過位置		非車輪通過位置	
	ISO路面A	ISO路面B	ISO路面A	ISO路面B
きめ深さ(mm)	0.59	0.50	0.51	0.46
MPD(mm)	0.56	0.45	0.49	0.48
騒音レベルdB	91.7	90.5	90.8	90.6

その凹凸波形を測定した。その凹凸波形からの路面テクスチャの評価値は、MPD(Mean Profile Depth)³⁾とパワースペクトル密度 PSD(Power Spectral Density)⁴⁾とした。なお、その PSD は、プログラムソフトのロードラフ⁵⁾によって解析した。

(3) タイヤ／路面騒音の測定

騒音測定に関して、ISO の自動車の走行騒音を測定する方法には、加速騒音 (ISO 362) や定常走行騒音 (ISO 7188) の測定方法があるが、これらは、自動車の騒音特性を評価するための方法⁶⁾であり、舗装路面の騒音特性を評価する方法となっていない。このようなことから本研究では、舗装路面の騒音特性の評価に用いられ⁶⁾、これまでの研究成果⁷⁾との関連性も考慮して、タイヤ近接騒音のタイヤ／路面騒音を測定することとした。

タイヤ／路面騒音は、市販の一般タイヤ（トレッドパターン：リブ型）を測定タイヤとして、普通乗用車の左後輪にマイクロホンを図-1 のように設置して走行速度 50km/h で測定した。その評価は等価騒音レベルとし、気温による温度補正⁷⁾を行った。

また、その騒音レベルの結果も含めて、既往の密粒度アスファルト混合物を表層とした舗装の結果⁷⁾も含めて、密粒度アスファルト舗装におけるきめ深さとタイヤ／路面騒音の関係についても検討した。

3. 測定結果

(1) きめ深さとタイヤ／路面騒音

本研究で測定した最終年の試験舗装路面のきめ深さとタイヤ／路面騒音の測定結果を表-2 に示す。ま

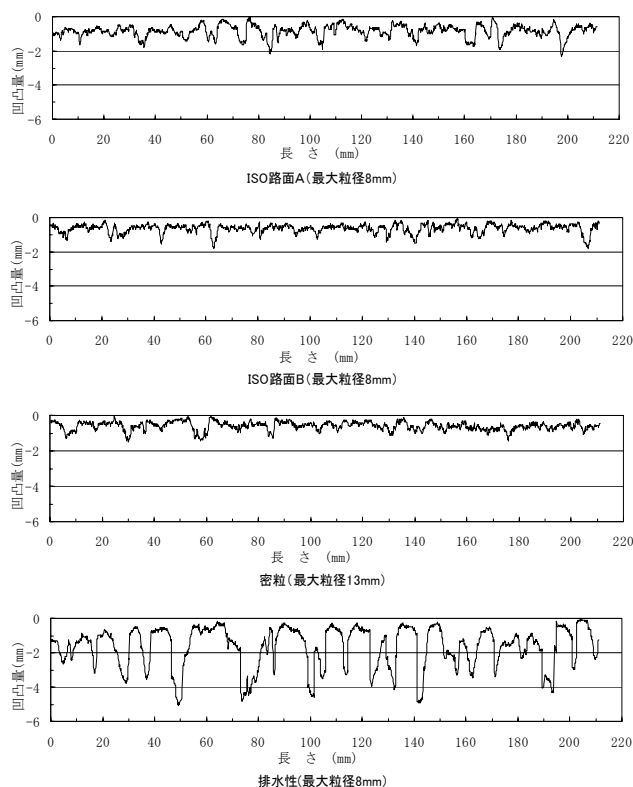


図-2 路面の凹凸波形の比較

た、表にはきめ深さの他に路面の凹凸波形から計算した MPD も併記した。

大型車が通行する ISO 路面 A の車輪通過位置でのきめ深さは、それがほとんど通行しない ISO 路面 B に比べて、大きな値であり、施工直後のきめ深さに対しても大きく変化していた。また、MPD でみた結果からも、ISO 路面 A の車輪走行位置の値は、車輪の通過しない箇所を含めた値よりも大きな値であった。

タイヤ／路面騒音の結果もきめ深さが大きく変化した ISO 路面 A の車輪走行位置の騒音レベルは、他の箇所の騒音レベルよりも大きい結果が測定された。

(2) 凹凸波形

図-2 は、型取りによって採取した路面の凹凸波形を ISO 10844 の品質規格に準拠しない一般の密粒度アスファルトおよび混合物の最大粒径が同じ排水性舗装の凹凸波形と併せて示したものである。なお、いずれの凹凸波形も車輪走行位置のものである。また、密粒（最大粒径 13mm）と排水性（最大粒径 8mm）は、供用直後の結果である。ISO 路面 A の凹凸波形は、きめ深さの結果からもわかるように、凹凸量の最小値が -2.3mm で ISO 路面 B のその最小値 -1.7mm に比べて大きく、凹凸量の変化の幅も大きくなっている。ISO 路面 B の凹凸量の最小値は、最大粒径 13mm の密粒度アスファルト舗装のその最小値 -1.5mm とほぼ同じ値となっており、凹凸量の変化の

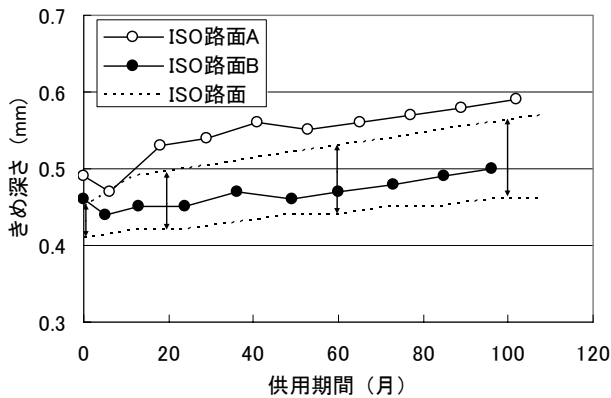


図-3 試験舗装路面のきめ深さの経時変化

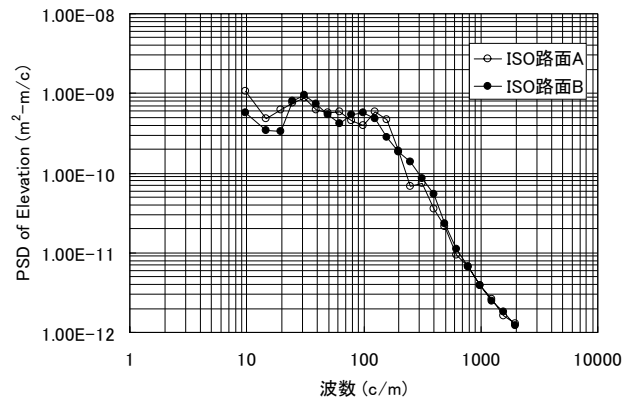


図-5 非車輪走行位置の凹凸波形の PSD の結果

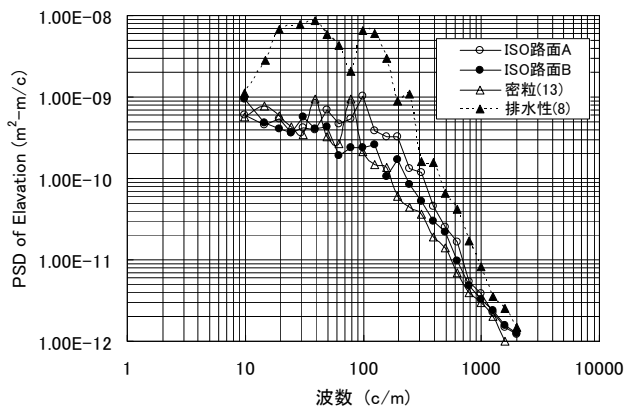


図-4 車輪走行位置の凹凸波形の PSD の結果

幅も同じ程度にみられる。一方、それらの波形は、最大粒径が同じ排水性舗装の波形と比較すると骨材配合の違いと同様に大きく異なる波形となっている。

4. 考察

(1) きめ深さの経時変化

図-3 は、ISO 路面 A と ISO 路面 B の車輪走行位置のきめ深さの経時変化を示したものである。図には、大型車走行のほとんどない他の 7 箇所の ISO 路面のきめ深さの範囲も併せて示した。ISO 路面 A は、供用後 6 ヶ月から 18 ヶ月において、きめ深さが大きく変化したものの、以降は ISO 路面 B と同程度のきめ深さの増加となっている。ISO 路面 A の供用初期での大きな変化は、前掲の図-2 の ISO 路面 A と ISO 路面 B の凹凸波形の結果も考慮すると、ISO 路面 A は表面のアスファルトモルタル分が大型車の走行により剥奪したことが大きな変化の要因のひとつと考えられる。なお、他の箇所の ISO 路面のきめ深さは、6～7 年後に 0.05mm～0.1mm 程度の増加となっていたが、

ISO 10844 の規格は満足する結果となっている。

(2) PSD の特性

図-4 は、ISO 路面 A と ISO 路面 B の車輪走行位置の凹凸波形の PSD の結果を示したものである。図には、最大粒径 13mm の密粒度アスファルト舗装と最大粒径 8mm の排水性舗装の結果も併せて示した。図より ISO 路面 A と ISO 路面 B の PSD は、波数 60c/m～200c/m の波数域で PSD の差が認められ、ISO 路面 A の PSD が大きな値であった。それ以外の波数域では両者の PSD の差は前述のその差に比べて小さい結果となった。また、図-5 に示す非車輪走行位置での ISO 路面 A と ISO 路面 B の PSD は、全波数域でほとんど差のない結果であることが解った。これらの結果から、ISO 路面 A と ISO 路面 B の車輪走行位置でのタイヤ／路面騒音の相違は、その PSD の差が要因になっているとみなせた。この結果は、低騒音化に関して、波長域 10mm～50mm(波数域 100～20c/m)の振幅を小さくすることが有効とされる⁹⁾ことに対して、若干高波数域となっている。

ここで、図-4 における密粒(最大粒径 13mm)と ISO 路面 A,B を比較すると、密粒(最大粒径 13mm)の PSD は、波数 40c/m と 80c/m で ISO 路面 A の PSD より大きな値となっているが、それ以外の波数における PSD は ISO 路面 B の PSD と同等以下の値となっている。また、PSD の最大値をみると、その最大値となる波数は異なるが、ISO 路面 A の PSD の最大値とほぼ同じ値である。また、図-4 における ISO 路面 A, B の密粒度アスファルト舗装と排水性舗装とを比較すると、排水性舗装の PSD は、密粒度アスファルト舗装の PSD より波数 250c/m 以下で 1 オーダ程度大きい値となっている。一方、既往の結果⁷⁾では、排水性舗装のタイヤ／路面騒音は密粒度アスファルト舗装よりも小さい結果となっていた。相違する混合

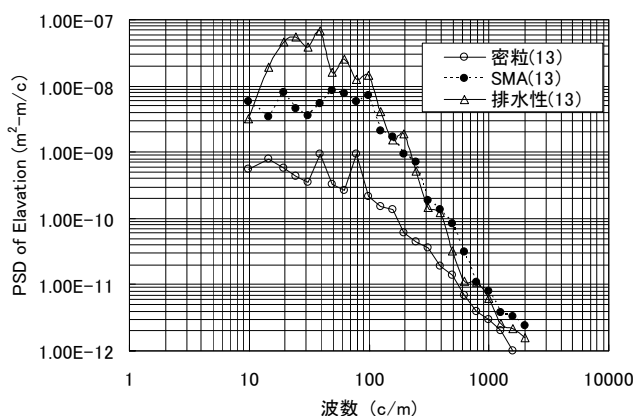


図-6 各種アスファルト混合物の PSD の例

物種類間での PSD とタイヤ／路面騒音との関係は、同一の混合物種類における関係と同じ傾向にならないことが解った。図-6 は、最大粒径 13mm の密粒度アスファルト舗装と砕石マスチック(SMA)および排水性舗装の PSD を示したものである。タイヤ／路面騒音の低騒音の順番⁷⁾は、排水性舗装、SMA、密粒度アスファルト舗装の順となっている。PSD は、タイヤ／路面騒音との関係を検討する場合、路面とタイヤとの接触による加振音等に関する評価ができるものの、他の低騒音に寄与するエアポンピング音の抑制や吸音といった関係については評価が難しいと考えられる。

(3) きめ深さとタイヤ／路面騒音の関係

図-7 は、既往の密粒度アスファルト舗装のタイヤ／路面騒音⁷⁾も含めて、きめ深さと騒音レベルの関係を示したものである。ISO 路面 A と ISO 路面 B の ISO 路面のきめ深さと騒音レベルの関係は、既往の密粒度アスファルト舗装における関係とほぼ同じと判断して、図には、全データにおける回帰直線を示した。きめ深さが大きくなると騒音レベルも大きくなり、およそきめ深さが 0.1mm 大きくなると騒音レベルは 0.9dB 程度大きくなる関係となった。この騒音レベルの増加は、既往の排水性舗装ではきめ深さが 0.1mm 大きくなると騒音レベルは 0.7 dB 程度大きくなる結果²⁾とほぼ同じ関係となっている。また、混合物の最大粒径に着目すると密粒度アスファルト舗装においても最大粒径を小さくすることでタイヤ／路面騒音は低減するが、きめ深さが大きくなるとその低減効果は、維持されないのではと推察される。

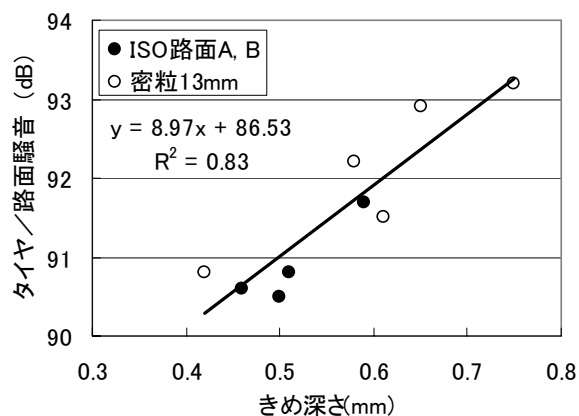


図-7 きめ深さとタイヤ／路面騒音の関係

5. まとめ

本検討で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) 騒音試験用路面のきめ深さは、供用とともに増加する。
- (2) 大型車が走行する箇所の騒音試験用路面は、それが走行しない箇所の路面に比べて、きめ深さが供用初期に大きく変化する。
- (3) タイヤ／路面騒音は、その路面の凹凸波形の特定の波数(60c/m～200c/m)の PSD を小さくすることが騒音レベルを小さくする。
- (4) 路面の凹凸波形の PSD は、路面とタイヤとの加振音等に関して検討できる評価特性である。
- (5) 騒音試験用路面は、一般の密粒度アスファルト舗装と同様に、きめ深さが大きくなるとタイヤ／路面騒音が増大する。

6. おわりに

本研究では、騒音試験用路面の路面テクスチャについて、きめ深さの経時変化と PSD の特性を評価し、タイヤ／路面騒音との関連についても検討した。密粒度アスファルト舗装においても、路面のテクスチャに着目してある程度の低騒音化の検討も可能と考えられる。今後は、これまでに得られている路面テクスチャの評価値、空隙量、混合物の最大粒径とタイヤ／路面騒音の関係から各種アスファルト舗装の騒音特性について総括的な検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) ISO 10844 : *Acoustic- Test surface for road vehicle noise measurement*, ISO, 1994.
- 2) 井原務, 石垣勉, 井上武美 : 排水性舗装の路面テクスチャとタイヤ/路面騒音についての検討, 舗装, Vol.39, No.2, pp.3-8, 2004.
- 3) ISO 13473-1 : *Characterization of Pavement Texture by Use of Surface Profiles – Part1:Determination of Mean Profile Depth*, ISO, 1997.
- 4) 秋本隆, 姫野賢治, 川村彰, 福原敏彦 : 舗装路面の絶対プロフィールデータ収集システムの開発, 土木学会論文集, No.606/V-41, pp.13-20, 1998.
- 5) RoadRuf User Reference Manual, The 1997 RPUG Annual Meeting, 1997.
- 6) タイヤ/路面騒音の測定方法の開発に関する共同研究委員会 : 車両走行騒音の測定に関する海外の動向, 舗装, Vol.37, No.4, pp.4-10, 2002.
- 7) 井原務, 井上武美 : アスファルト舗装のタイヤ/路面騒音に関する検討, 土木学会舗装工学論文集, 第8巻, pp.93-98, 2003.
- 8) Sandberg,U : *Design and Maintenance of Low Noise Road Surfacing*, Proceedings of the 3rd International Symposium on Pavement Surface Characteristics, pp.335-350, 1996.

A STUDY ON THE PROPERTIES OF SURFACE TEXTURE OF TEST SURFACE FOR ROAD VEHICLE NOISE MEASUREMENT

Tsutomu IHARA and Takemi INOUE

Test surface for road vehicle noise has been standardized as ISO 10844. The surface course has to be paved with dense graded asphalt concrete using straight asphalt. There exists a need to obtain the effect on noise measured value due to change of the surface texture depth during usage of the surface. This paper presents evaluated characteristics of the surface texture, comparing change of the surface texture depth with evaluated value of power spectral density of surface texture. This study also discusses the relation between surface texture depth and tire/road noise, and same knowledge as porous asphalt is obtained.