

二層式低騒音舗装の最適な層構成に関する検討

峰岸順一¹・竹田敏憲²

¹正会員 工修 東京都土木技術研究所(〒136-0075 東京都江東区新砂1-9-15)

²正会員 博士(工学) ニチレキ株式会社技術部(〒102-8222 東京都千代田区九段北4-3-29)

二層式低騒音舗装は、上下層に使用する混合物の種類によっていくつもの組み合わせが想定されるが、本論文は、最適な層構成を見いだすための検討を行ったものである。組み合わせのタイプは、混合物の性状、施工性、コスト等を勘案して7タイプを設定し、まず、室内試験で吸音特性、塑性変形抵抗性等を確認した。実道における試験施工は、のべ7現場で実施しており、施工後最大6年が経過している。そこで、供用期間の長い4現場を対象に、施工直後の騒音低減機能を確認したうえで、現段階における騒音低減機能の持続性、舗装としての供用性能、環境騒音低減への効果等を調べ各タイプの評価を行った。

Key Words : two layer type low noise pavement, effect of noise decrease, tire/road noise

1. まえがき

東京都が、「自動車騒音の状況の常時監視」¹⁾で実施した調査によると、環境基準の達成状況はまだまだ厳しい状況にある。環境基準超過地点の解消を図るためには、舗装によるさらなる交通騒音の低減化が必要である。

このようなことから、現在、標準として使用している低騒音舗装(以下標準型)よりさらに騒音低減効果の大きな舗装の開発を進めているが、街路における施工条件、コスト等の面から二層式低騒音舗装に着目し、試験施工を繰り返し行ってきた。二層式低騒音舗装は、上下層に使用する混合物の骨材最大粒径、空隙率、厚さ等によりいくつもの組合せが想定される。また、組み合わせは、騒音低減機能のみならず、舗装として本来有すべき機能をも考慮して決めなければならない。

これまで室内試験及び実道における試験施工を通して二層式低騒音舗装の上下層の最適な組合せを見いだすために検討を行ってきたが、本文は、平成10年に試験施工に着手してから6年を経過したことから、初期の騒音低減機能とその持続性および長期の供用性能も含めて考察したものである。

2. 検討の背景と取り組みの流れ

東京都は、平成7年度から低騒音舗装を本格実施している。とくに、環状7号線や環状8号線等の優先的対策道路区間については、平成12年度までに全線低騒音舗装化が完了し、既に2巡目に入っているところもある。図-1は、その優先的対策道路区間における環境騒音(L_{eq} , L_{50})の経年変化である。 L_{50} で見ると未対策であった平成4年度と比べて、平成9年度は平均値、最大値で若干の騒音低減がみられるものの、それ以降は目立った変化がない。 L_{eq} も変化がない。その理由として以下のようなことが考えられる。

①低騒音舗装の経年による機能低下。②低騒音舗装は、主にタイヤ/路面音を低減するものであり、車両の走行に伴う全ての騒音低減に寄与するものではない。③開発に伴う沿道建物等の変化。

しかし、いうまでもなく低騒音舗装の目的は、沿道の環境騒音を低減し、環境基準の達成、要請限度超過地点の解消に貢献することにある。そのためには、より一層の騒音低減、機能の持続性の図れる低騒音舗装の開発が求められている。このようなことから、平成10年から各種低騒音舗装を用いた試験施工を行ってきたが²⁾、この中で騒音低減機能、専用のアスファルトフィニッシャーが開発されたことによる施工の容易さ、施工コスト等の面から二層式低騒音舗装に注目した。二層式低

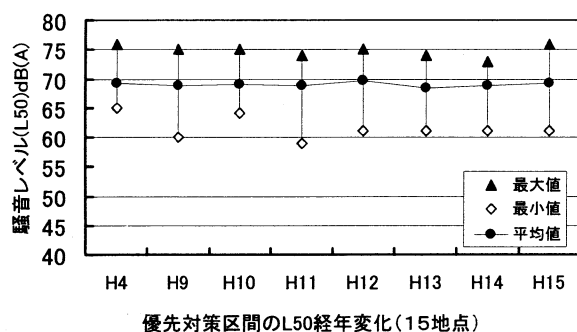
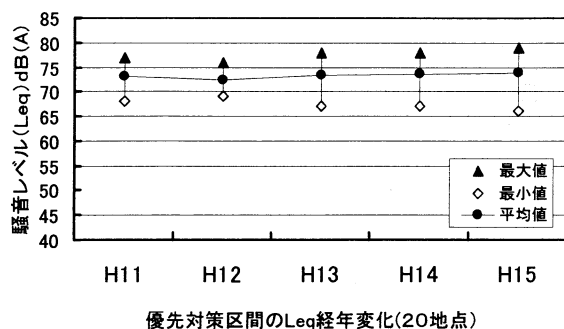


図-1 優先的対策道路区間の環境騒音の経年変化

表-1 検討対象とした試験施工

試験施工名	施工箇所	施工延長と車線数	舗装の種類	施工時期	供用月数	大型車累積交通量(万台/一方)	大型車混入率(%)
試験施工(A)	主306号 江東区	460m 2車線	標準型 二層式(type4)	H 10. 2	73ヶ月	550	35
試験施工(B)	主14号 三鷹市	400m 2車線	標準型 二層式(type1, 7)	H 10. 2	73ヶ月	70	17
試験施工(C)	主14号 三鷹市	560m 3車線	標準型 二層式(type1, 4, 5, 6)	H 11. 10	65ヶ月	240	17
試験施工(D)	都245号 西東京市	300m 2車線	標準型 二層式(type1, 2, 3, 4)	H 14. 1	38ヶ月	50	15

騒音舗装は、上下層に用いる混合物によって様々な組み合わせが生ずるため、騒音低減機能とその持続性および舗装としての耐久性を勘案して、最適な層構成を見いだすための検討が必要となった。

試験施工は、延べ7現場で実施してきたが、そのうち、今回検討の対象とした試験施工は施工後3年以上経過した4例であり、その一覧を表-1に示す。各試験施工では二層式以外のタイプの低騒音舗装も同時に行っているが、ここでは、二層式の7タイプと、比較として標準型(目標空隙率20%の開粒度混合物、骨材最大粒径13mm、厚さ5cm、高粘度改質アスファルト使用)をとりあげた。試験施工は、同一の現場条件下で組み合わせを変えて同時に実施するのが望ましいが、現場条件や施工コストの面から困難であるため、段階的に実施した。

したがって、表に示すように各試験施工区間の供用月数は異なる。

表-2 上下層の組み合わせ

	上層			下層			総厚 (cm)
	最大骨材 粒径(mm)	目標空隙 率(%)	厚さ (cm)	最大骨材 粒径(mm)	目標空隙 率(%)	厚さ (cm)	
type1	5	24	2	13	20	5	7
type2	5	24	2	13	24	5	7
type3	5	24	2	13	20	3	5
type4	5	24	2	13	24	3	5
type5	5	24	2	20	24	5	7
type6	8	24	2	13	20	3	5
type7	13	20	3	20	24	4	7

表-3 評価方法

評価項目	評価方法	
	室内試験	現場調査
騒音低減効果	管内法による建築材料の垂直入射吸音率試験:①ピーク吸音率 ②等価吸音率	路面騒音測定車:特殊タイヤ音
塑性変形抵抗性	ホイールトラッキング試験:動的安定度	路面性状測定車:わだち揺れ量
疲労破壊抵抗性	—	路面性状測定車:ひび割れ率
平坦性	—	路面性状測定車:平坦性

3. 二層式の組合せの考え方

(1) 組み合わせの要素

組み合わせを考える場合の要素として①表層の総厚及び上下層厚、②上下層の空隙率、③上下層の骨材最大粒径が考えられる。単一の層では、骨材最大粒径が小さく、空隙率が大きく、層厚が厚いものが騒音低減効果が大きいたことが確認されている³⁾。しかし、舗装(表層)の耐久性(とくに塑性変形抵抗性)の面からは、相反する傾向になることが考えられるため、二層式は、その弱点を補うために下層に粒径の大きな骨材を用いている。すなわち、二層式の層構成は、騒音低減効果と塑性変形抵抗性のバランスによって決める必要がある。上層厚は、骨材最大粒径が5mm又は8mmであるので通常舗装の施工厚さが最大粒径の2.5倍程度とされていることから最小値20mmを設定した。下層厚についても同様に施工性及びコストの面から3cm又は5cmのどちらが妥当かを検討した。組み合わせの一覧を表-2に示す。

以下では、二層式の各組み合わせをtype1, type2, type3・・・と表示する。

(2) 評価方法

二層式の評価は、室内試験と実道における試験施工により行った。評価項目は、騒音低減効果、塑性変形抵抗性とした。室内試験と現場調査で対応する試験方法を表-3に示す。室内試験は施工時のみ行い、施工直後及び供用後は現場調査を主体に行った。

路面騒音測定車による騒音値はタイヤ音にのみ

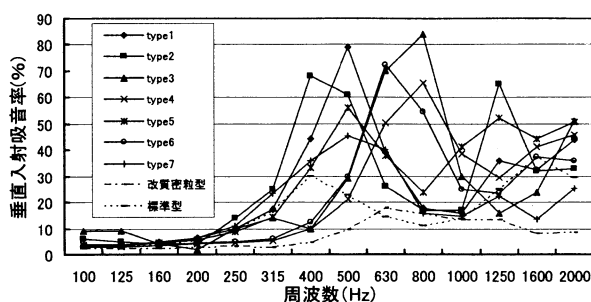


図-2 垂直入射吸音率試験結果

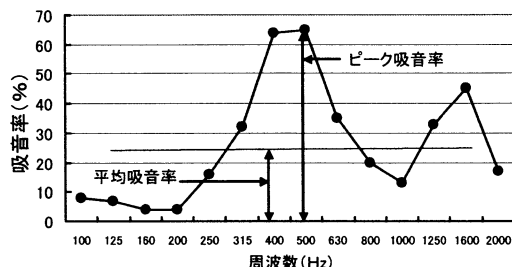


図-3 ピーク吸音率と平均吸音率の考え方

着目し、特殊タイヤ音で評価した。

4. 室内試験による検討

(1) 二層式の周波数特性

二層式は総厚、上下層の骨材最大粒径や層構成、空隙率等によって吸音特性が異なる。図-2は、舗装の垂直入射吸音率(JIS A 1405:1998 定在波比法)の測定結果を示したものである。図には、比較として標準型、改質密粒型(密粒度混合物、骨材最大粒径 13mm、厚さ 5cm、改質アスファルトⅡ型使用)も併記した。上下層の組み合わせの違いによる吸音特性の詳細については既に報告済みである⁴⁾。

全体的な特徴として低騒音舗装は、ピークが 500 ～ 800Hz と 1000Hz 以上の 2 箇所が生ずる。このことから低騒音舗装は、多孔質型と共鳴器型の吸音特性を有した複合型の吸音材料とみなせる⁵⁾。

(2) 垂直入射吸音率による評価

舗装の吸音特性を表す指標として、吸音率の最大値(以下本文では、ピーク吸音率と呼ぶ)が一般的であるが、ここでは新たに平均吸音率による方法を導入した。各々の考え方を表した概念図を図-3に示す。ピーク吸音率は、周波数領域の如何に関わらず、値が同じであれば同等と評価されることになる。そこで 200Hz 以上の周波数領域全てを考慮し、これを平均化した吸音率として平均吸音率

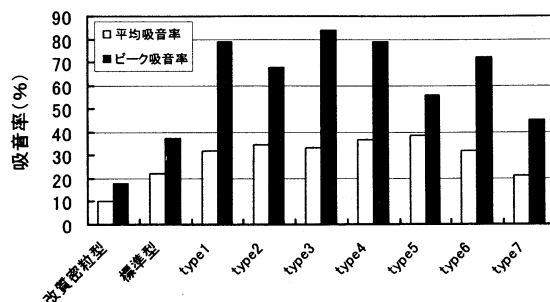


図-4 垂直入射吸音率試験結果

の考えを導入した。すなわち、ピーク吸音率は、人間の聴覚に影響を与える 500 ～ 1000Hz 間で生じたピーク値であるが、平均吸音率は、200 ～ 2000Hz 間の吸音率の平均値であり、全周波数領域を考慮したものである。

低騒音舗装用混合物を吸音材料として見た場合、その吸音程度は、垂直入射吸音率試験により測定・計算される周波数別吸音率で表すことができるが、その中のピーク吸音率という 1 周波数に対する吸音率により評価することが一般的である。しかし、本研究では、測定値が吸音率の周波数特性として得られることから、吸音率全体の周波数特性の情報をできるだけ活かした指標を作成し、その指標により吸音材料を評価することを試みた。垂直入射吸音率試験は実道へ適用していく前段としての室内評価試験による目安として位置づけたものである。その結果、特殊タイヤ音との関連を把握することを目的とした今回の解析には、吸音率を平均化した平均吸音率が妥当であると判断した。

各タイプのピーク吸音率及び平均吸音率を図-4に示す。ピーク吸音率は、二層式の type1 及び type3, type4 すなわち骨材最大粒径が 5mm と 13mm で厚さ 5, 7cm のタイプが大きい。しかし、平均吸音率で type1 ～ type6 は 30 % 程度とほぼ同様である。

平均吸音率の考え方を導入すると、二層式の上層の骨材最大粒径の組み合わせ(5mm と 8mm)、下層の骨材最大粒径の組み合わせ(13mm と 20mm)、下層の厚さの組み合わせ(3cm と 5cm)においては、吸音特性はほぼ同程度と評価された。

(3) ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験結果を図-5に示す。図には、比較タイプとして標準型と改質密粒型を併記した。動的安定度は「舗装の構造に関する技術基準(社)日本道路協会」に定める 3000 回/mm

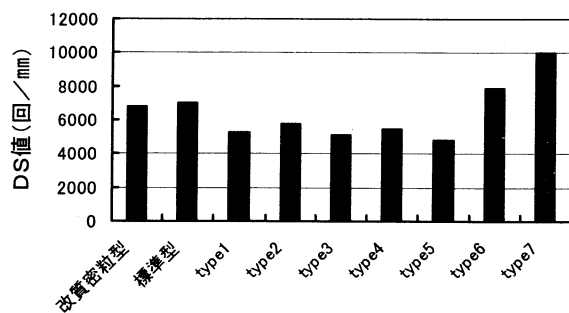


図-5 ホイールトラッキング試験結果

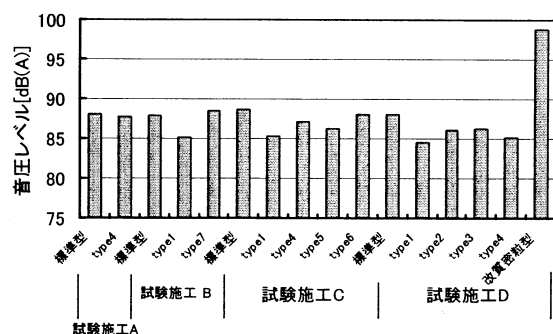


図-6 特殊タイヤ音(施工直後)

以上を大きく超えており、いずれも問題がない。

type1 ～ type5 は、いずれも上層が 5mm トップであり下層の粒径、空隙率の違いはあるがほとんど DS 値(動的安定度)は変わらない。type6, type7 は、上層の粒径を大きくしたもので、それに伴い DS 値も大きくなる。このことから、二層式は上層の骨材最大粒径が DS 値に大きく影響すると考えられる。上層の骨材最大粒径を大きくすることで耐流動性が増加する、すなわち、さらに交通量が増大した箇所での適用を考える場合は、骨材最大粒径に留意する必要がある。

5. 実道の施工直後の機能に関する検討

(1) 施工直後の特殊タイヤ音⁶⁾

今まで、路面騒音測定車により舗装自体の騒音低減効果を評価してきた。今回は、沿道騒音の等価騒音レベルと比較して両者の関係を明らかにしようと試みたものである。既存の研究の自動車の通過騒音あるいは沿道で測定された等価騒音レベルと路面騒音測定車による測定値の相関が低いとの指摘も、確立されたものではない。測定場所毎にその評価は異なり一律に相関が低いとは言えないと考えられる。施工直後における特殊タイヤ音

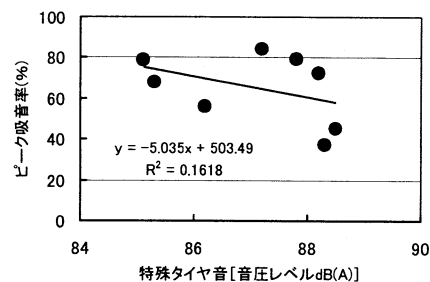


図-7 特殊タイヤ音とピーク吸音率の関係

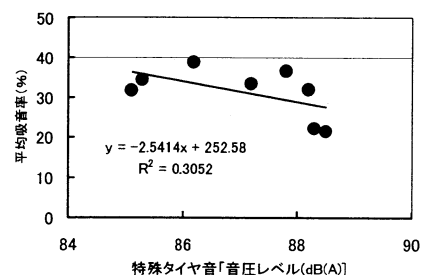


図-8 特殊タイヤ音と平均吸音率の関係

を図-6に示す。特殊タイヤ音を測定する試験車は、車両後部に試験用特殊ラグタイヤ(特殊タイヤと呼ぶ、溝の深さ 10mm、空気圧 245kPa)、測定用マイクロホンを搭載したものである。測定するタイヤ発生音は、一定速度(50km/h)で走行しているときの一定荷重(2.5kN/輪)をかけた特殊タイヤから発生するエアポンピング音である。特殊タイヤ音は、特殊タイヤの近接に設置したマイクロホン(単一指向性マイク)により測定した。各タイプの特殊タイヤ音の特徴は次の通りである。

①二層式は、全ての試験施工で標準型と同等以上の騒音低減効果を上げている。② type1 の 5mm と 13mm の厚さ 7cm が全ての試験施工区間で低減効果が大きい。③上下層の骨材最大粒径 5, 13mm と同じであっても、総厚が 5cm より 7cm が低減効果が大きい。④上層の骨材最大粒径が 8, 13mm トップの type6, type7 は、標準型とほとんど変わらない。⑤上層の骨材最大粒径が 5mm のタイプが総じて低減効果が大きい、下層の骨材粒径を 13mm から 20mm と大きくすると効果は低下する。

(2) 垂直入射吸音率と特殊タイヤ音の関係

室内試験で供試体により測定した垂直入射吸音率と実道で路面騒音測定車により測定した特殊タイヤ音の関係は、図-7, 8の通りである。ここで、

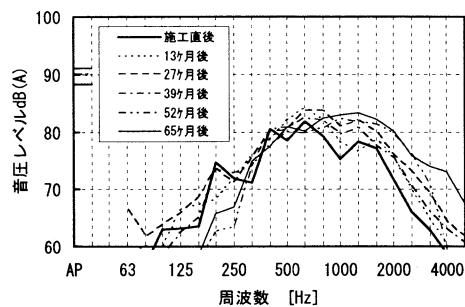


図-9 試験施工 C: type6 の特殊タイヤ音経年変化

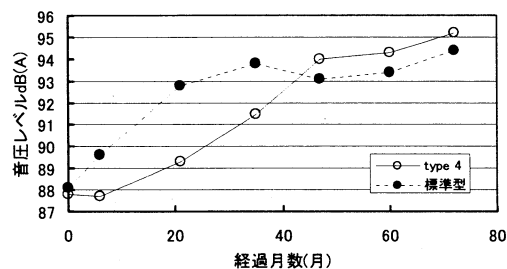


図-10 特殊タイヤ音の経年変化(試験施工A)

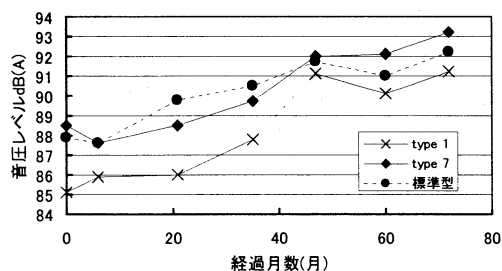


図-11 特殊タイヤ音の経年変化(試験施工B)

両者の関係を条件をそろえて詳細に比較するためには垂直入射吸音率の A 補正が必要とも考えられるが、本研究では垂直入射吸音率試験を実道へ適用していく前段としての室内評価試験による目安として位置づけたものであり、JIS A 1405 に従って垂直入射吸音率の A 補正を行わずに求めている。平均吸音率は、特殊タイヤ音の AP 値(オルパス)との相関がピーク吸音率よりやや高い。この結果から吸音率は、舗装の騒音低減効果を推定する尺度になりうる可能性があると考えられる。

6. 供用後の機能の持続性に関する検討

試験施工 A ～ D において、騒音低減および路面性状の面から機能の持続性の検討を行った。検討に当たっては標準型との比較も行った。

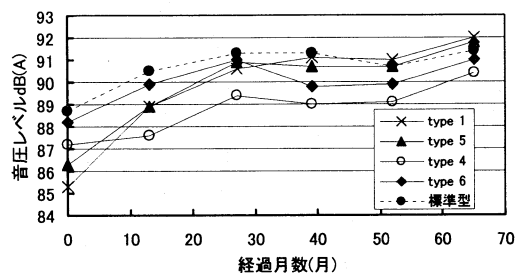


図-12 特殊タイヤ音の経年変化(試験施工C)

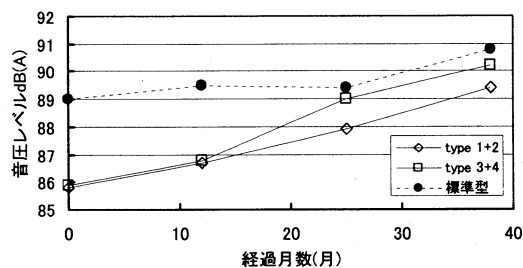


図-13 特殊タイヤ音の経年変化(試験施工D)

(1) 特殊タイヤ音の経年変化

図-9は、特殊タイヤ音の周波数特性の経年変化である。図は、試験施工 C における type6 を一例として示したものである。経年とともに 500Hz 以上の周波数領域で音圧レベルが大きくなり、逆に 300Hz 以下の周波数領域では、小さくなる傾向にある。他のタイプも同様な傾向であった。図-10～13 は、試験施工毎の特殊タイヤ音の AP 値の経年変化である。試験施工 A は、他の試験施工より交通量が大きいため、低騒音舗装全体の 73 ヶ月後の音圧レベルは 94 ～ 95dB(A)であり、騒音低減機能の低下が早い。これに対し試験施工 B は同じ 73 ヶ月後の音圧レベルは 91 ～ 93dB(A)であり、試験施工 C は 65 ヶ月後で 90 ～ 92dB(A)である。試験施工 D は、38 ヶ月後で 89 ～ 91dB(A)と良好な状態である。

なお改質密粒型の特殊タイヤ音は、経年により低下する傾向にあり、おおむね 97 ～ 102dB(A)の範囲で推移して、平均的には 99.3dB(A)となる。

(2) 特殊タイヤ音の低減量と機能低下率

図-14は、各試験施工区間毎、各タイプ毎の施工直後の騒音低減効果と供用後の低減効果および機能低下率(機能低下率=(施工直後の特殊タイヤ音低減量-供用後の特殊タイヤ音低減量)×100/施工直後の特殊タイヤ音低減量%)を示したものである。低減効果とは、施工前の改質密粒型との差である。機能低下率は、供用月数が長くなるほど

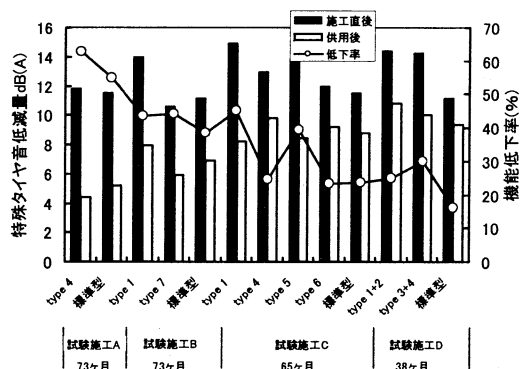


図-14 特殊タイヤ音の低減量と機能低下率

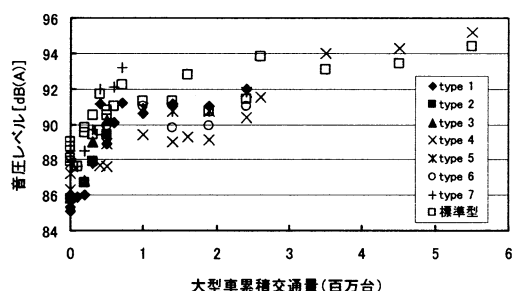


図-15 特殊タイヤ音の大型車累積交通量による経年変化

表-4 特殊タイヤ音と大型車累積交通量

X: 大型車累積交通量, Y: 特殊タイヤ音

type1	$Y=2.64X+87.00$	0.60
type2	$Y=7.38X+85.60$	0.97
type3	$Y=9.12X+85.70$	0.92
type4	$Y=1.55X+87.18$	0.95
type5	$Y=1.98X+87.50$	0.78
type6	$Y=0.79X+89.02$	0.47
type7	$Y=7.97X+87.61$	0.88
標準型	$Y=1.02X+89.55$	0.67

ど大きくなる。試験施工区間別にみると、いずれの区間でも二層式は、標準型よりやや機能低下率は大きいが明瞭な差ではない。この間機能回復を行っていないものの、供用後3～6年では、ある程度の騒音低減機能を維持している。

なお、type1+2は、type1とtype2の平均値である。

(3) 大型車累積交通量による機能の持続性の検討

以上では、路面騒音測定車の測定結果を経年変化により整理してきたが、試験施工区間により交通特性に大きな差異があり、供用後の騒音低減機能の持続性にも影響を与えていると考えられる。そこで、既存の大型車交通量データ⁷⁾を用いて、低騒音舗装の機能の持続性を大型車累積交通量との関係で検討した。

特殊タイヤ音と大型車累積交通量の関係は、図-

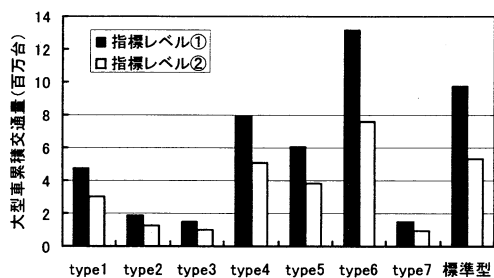


図-16 指標レベル到達までの大型車累積交通量

15の通りである。また、各タイプの回帰式と相関係数を表-4に示す。この結果次のことがいえる。

①特殊タイヤ音と大型車累積交通量に有意な関係がある。

②各タイプとも100万台以下の初期段階でバラツキがみられる。

③type4以外は二層式の240万台以上の実績がなく、回帰直線を外挿して推定したものである。したがって、今後は大型車交通量の多い路線で検証する必要がある。

(4) 指標レベル到達時の大型車交通量との関係

表-4の回帰式に、特殊タイヤ音の劣化指標レベルを設定し、そのレベルに到達するまでの大型車累積交通量の推定を試みた。図-12に示したように初期に急激に音圧レベルが上昇し、その後均衡状態となる。表-4では、図-16に示す指標到達レベル（均衡状態の時にこのレベルに達する）を推定するための回帰式を求めたものである。他の曲線回帰や対数回帰を検討したが、本文では、指標到達レベルを推定するためには直線回帰が妥当であると判断した。

目標とする指標レベルは今回の試験施工の結果から以下の通り設定した。

指標①：改質密粒型における平均特殊タイヤ音レベル【99.3dB(A)】とした。

指標②：低騒音舗装の供用後の特殊タイヤ音レベル増加の収束値を沿道騒音に配慮すべき特殊タイヤ音レベル【95.0dB(A)】とした。

図-16は、各舗装タイプ毎の指標レベルに到達するまでの大型車累積交通量を示したものである。

この結果、機能維持性能については、初期の低減効果と異なり、type7を除き総じて骨材粒径の大きなタイプが良好な結果となった。中でもtype6の上層骨材粒径が8mmのタイプが最も指標レベルに達する大型車累積交通量が大きかった。しかし上

表-5 環境騒音(Leq)と交通量の関係

X: 交通量(台/10min), Y: 環境騒音Leq

試験施工	舗装タイプ	測定時期	相関式	相関係数
試験施工B	標準型	施工直後	$Y=1.23X+41.96$	0.49
		73ヶ月後	$Y=0.53X+56.54$	0.80
	type1	施工直後	$Y=1.13X+42.08$	0.44
		73ヶ月後	$Y=0.63X+55.26$	0.82
試験施工C	標準型	施工直後	$Y=1.86X+31.79$	0.63
		73ヶ月後	$Y=0.73X+54.42$	0.90
	type1	施工直後	$Y=0.68X+49.82$	0.74
		65ヶ月後	$Y=0.54X+57.41$	0.73
	type4	施工直後	$Y=1.23X+41.96$	0.49
		65ヶ月後	$Y=0.22X+62.82$	0.28
	type5	施工直後	$Y=0.94X+44.21$	0.56
		65ヶ月後	$Y=1.23X+41.96$	0.98
	type6	施工直後	$Y=0.67X+51.44$	0.72
		65ヶ月後	$Y=0.63X+54.80$	0.79
試験施工D	標準型	施工直後	$Y=0.64X+50.57$	0.50
		65ヶ月後	$Y=0.75X+49.79$	0.66
	type1	施工直後	$Y=0.46X+57.57$	0.34
		38ヶ月後	$Y=0.78X+54.23$	0.52
	type2	施工直後	$Y=0.93X+49.25$	0.58
		38ヶ月後	$Y=0.49X+61.14$	0.38
	type3	施工直後	$Y=0.32X+61.10$	0.27
		38ヶ月後	$Y=0.50X+57.78$	0.61
	type4	施工直後	$Y=0.28X+60.11$	0.19
		38ヶ月後	$Y=0.54X+56.94$	0.74

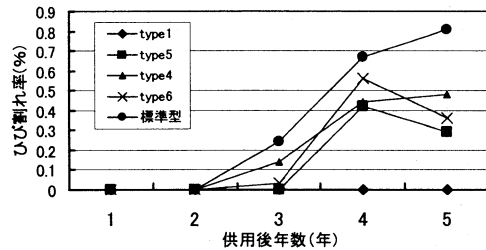


図-17 ひび割れ率の経年変化(試験施工C)

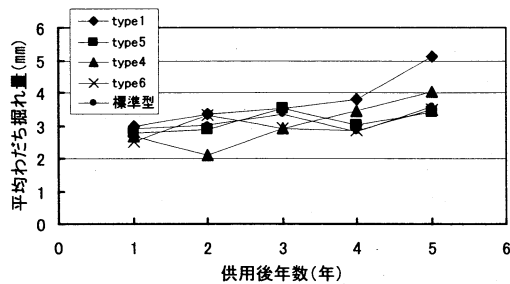


図-18 平たん性の経年変化(試験施工C)

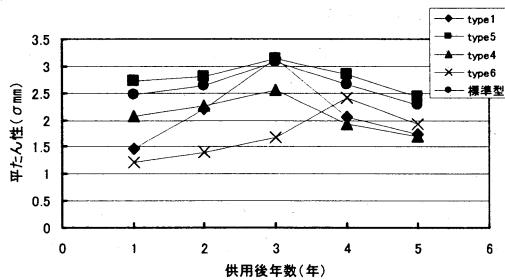


図-19 わだち掘れ量の経年変化(試験施工C)

層 5mm タイプは、ほとんどが大型車累積交通量が 240 万台以下であり、今回は、回帰式をそのまま直線的にのびていくと想定して、求めたものであるが、今後実測で確認していく必要がある。

7. 路面性状の経年変化

低騒音舗装は、交通騒音を低減するために開発されたものであるが、舗装の本来有すべき性能である疲労破壊抵抗、塑性変形抵抗、平たん性を満足することも必要である。また、これらの性能が低下すれば騒音低減性能も低下することが考えられる。図-17~19は、試験施工Cにおける路面性状の経年変化である。調査は、車線毎に実施しているが、図は各車線の平均で表した。

(1) ひび割れ率

type1 は、5 年経過後もひび割れは発生していない。その他はいずれも施工 2 年後からひび割れが

発生し始めており、この中では、標準型が最も大きく、その他の二層式各タイプは、類似した傾向を示している。

(2) 平たん性

全体的に 1 ~ 3mm の範囲で推移しており、施工直後からほぼ一定の値を維持している。

(3) わだち掘れ量

わだち掘れ量は、各タイプ毎区間の平均わだち掘れ量である。

骨材最大粒径の小さな type1 が最も大きなわだち掘れ量を生じており、骨材最大粒径が大きな標準型および上層の骨材粒径が 8mm の type6 が小さな値を示している。しかし、5 年後で 3 ~ 5mm 程度であり、供用にはほとんど問題がない。

8. 環境騒音の低減に関する検討

各試験施工区間において、供用後 73, 65, 38 ヶ月の時点で環境騒音を測定し、施工直後に対する騒音低減機能低下率を求めた。低減機能は、6. (2) の特殊タイヤ音の場合と同様、施工前の改質密粒型との差である。なお、騒音レベルの測定は、JIS C 1502 に定められた性能を有する積分機能付き普通騒音計により JIS Z 8731 に準じて測定した。マイクロホンの設置位置は、歩車道境界の地上 1.2m の高さとした。測定は、9, 13, 17, 21, 1, 5 時からの毎正時 10 分間測定を 6 回行った。

(1) 環境騒音の交通量補正

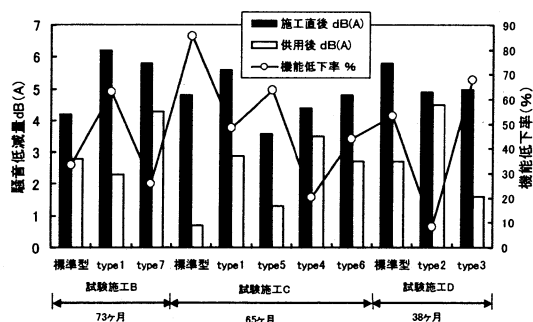


図-20 施工直後と供用後の騒音低減量と機能低下率

環境騒音は、施工直後と供用後では交通量が異なることから、まず測定時の交通条件を一定にするための補正を行った。表-5は、各試験施工における舗装種別毎の環境騒音と交通量(台/10min)との関係である。環境騒音と交通量には相関の高いものが多く、この結果を用いて騒音値補正を行った。

(2) 環境騒音の機能低下率

上記の補正後の騒音値を用いて施工直後に対する供用後の騒音低減量と機能低下率を求めた。結果を図-20に示す。機能低下率は特殊タイヤ音と異なり各区分、各舗装タイプにより大きくばらついている。また、経過月数による違いも明らかではない。全体平均で 55 %低下しているが、全体的にみて二層式低騒音舗装の type2, type4, type7 が機能低下率が小さい。

9. 結論

室内試験及び実道における試験施工、追跡調査を通して二層式低騒音舗装の最適な層構成の検討を行った。結果をまとめると以下の通りである。

①垂直入射吸音率試験の評価方法として平均吸音率は、特殊タイヤ音との相関がやや高く、舗装の騒音低減効果を推定する指標として有力である。

②垂直入射吸音率試験のピーク吸音率の結果では、type1, type3, type4 つまり 5mm と 13mm, 厚さ 5cm, 7cm の組み合わせが最も吸音率が高い。

③動的安定度は、上層の骨材最大粒径が大きいものが大きくなる傾向にあるが、いずれの組み合わせも $DS = 3,000$ 回 mm 以上あり、問題ない。

④施工直後の特殊タイヤ音が小さいのは、type1 であり、総厚 5cm の type3, type4 はやや低減効果が落ちる。また、上層の骨材最大粒径が大きい type6, type7 は標準型とほとんど変わらない。

⑤供用年数でみた場合、特殊タイヤ音による騒音低減効果は、いずれのタイプも施工後 4 年まで大きく低下し、その後はほぼ一定の数値に収束する。試験区間により交通量が異なるが、交通量の多い区間では、type6, 標準型の効果が持続しており、交通量の少ないところでは、type1, type2 が良好である。

⑥二層式の厚さ 7cm のタイプは、大型車 240 万台以上の実績がなく、240 万台までの回帰直線を外挿すると機能低下が大きいと推測されるが、今後実測による確認が必要である。

⑦特殊タイヤ音の劣化指標レベルを、改質密粒型における 99.3dB(A)、沿道環境に配慮すべきレベルを 95dB(A)と設定すると、そこへ到達するまでの大型車累積交通量の最も大きなタイプは、上層 8mm トップの二層式 type6 である。

⑧以上②～⑦から、二層式低騒音舗装の最適な層構成は、各選定条件で傾向が異なり、上層の最大粒径 5mm 又は 8mm で厚さ 2cm, 下層は骨材最大粒径 13mm の二層構造が期待できる。総厚については現段階では言及できないので、今後の課題と考えている。

⑨路面性状は、平たん性、わだち掘れとも経年とともに悪化するが、5 年経過した段階では、東京都における舗装の要補修判断の目安(基準値)として平たん性 6mm 以上、ひび割れ率(パッチング+クラック)15%以上、わだち掘れ(最大値)25mm 以上としているので、管理上の問題となる数値となっていない。

10. あとがき

今回、各種低騒音舗装の中から施工性や施工コストの面から二層式低騒音舗装が最も現実的なタイプであると考え、詳細な検討を行った。その結果、施工後初期の段階及び供用後の性能を把握することができた。さらに目標として設定した指標レベルまでの大型車累積交通量を推測することもできた。これらの検討結果を踏まえ、上層 5mm および 8mm のタイプに、さらにバインダーに改良を加えることにより、環状 7 号線、環状 8 号線など「騒音の優先対策道路区間」等の重交通道路への適用が可能と考え、平成 17 年度から本格実施に踏み切った。今後は、これらの検証を行うとともに、環境騒音との関係も明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) 東京都環境局(2000～2002)：平成12年度～14年度
道路交通騒音振動調査報告書, 2003.
- 2) 峰岸順一, 田中輝栄, 阿部忠行：低騒音舗装の機能
改善に関する検討, 平11. 都土木技研年報, 1999.
- 3) 竹田敏憲, 阿部忠行, 峰岸順一, 田中輝栄：低騒音
舗装の機能改善と街路への適用性に関する検討, 第4
回舗装工学講演会講演論文集, 1999.
- 4) 竹田敏憲, 安田等, 牧野靖史, 峰岸順一：機能向上
を指向した各種低騒音舗装の街路への適用性, 舗装,
2000.
- 5) (財)建設物価調査会：低騒音舗装の概説, 1998.
- 6) 阿部忠行, 田中輝栄：低騒音舗装におけるタイヤ発
生音と吸音率, 平10. 都土木技研年報, 1998.
- 7) 東京都建設局道路建設部：平成11年度全国道路交通
情勢調査(交通センサス)交通量調査報告書, 2000.

EXAMINATION CONCERNING THE BEST LAYER COMPOSITION TO TWO LAYER TYPE LOW NOISE PAVEMENTS

Junichi MINEGISHI and Toshinori TAKEDA

Two layer type low noise pavement has many combinations depending on the kind of the compound used for an upper and lower layer. In this thesis, it was examined to find the best layer composition. The examination construction on a real road is executed by the combination by seven kinds of, and six years have passed at most. Each combination was evaluated from the effect on the durability of the noise decrease function at the present stage, the endurance performance, and the environmental noise decrease. As a result, it came to execute two layer type low noise pavements in full scale in Tokyo.