

低騒音舗装の機能改善と街路への適用性に関する検討

竹田敏憲¹・阿部忠行²・峰岸順一³・田中輝栄⁴

¹正会員 東京都建設局北多摩南部建設事務所（〒183-0006 東京都府中市緑町1-27-1）

²正会員 工博（財）道路保全技術センター（〒103-0005 東京都文京区後楽2-3-21）

³正会員 工修 東京都土木技術研究所（〒167-0053 東京都江東区新砂1-9-15）

⁴正会員 工修 東京都土木技術研究所（〒167-0053 東京都江東区新砂1-9-15）

本研究は、低騒音舗装の機能改善を目的に行ったものである。まず路面性状の良否が騒音値に与える影響について検討を行った。そのうえで、現在開発が進められているいくつかのタイプの低騒音舗装を用いた試験施工を実施し、その調査結果をもとに街路における適用性について検討した。その結果、都道においては、 L_{50} で6dB(A)低減することによって約90%まで低騒音舗装で要請限度超過箇所を解消することが可能で、残りの10%については、他の対策を併用する必要がある。また、今回試験施工に用いた各種低騒音舗装は、各々の特徴を生かした使い方をすることによりいずれも街路への適用が可能であること等がわかった。

Key Words: low noise pavements, RAC car, road traffic noise, porous asphalt for noise prevention

1. はじめに

東京都の幹線道路における道路交通騒音を低減させることは火急の行政課題となっている。都内約400地点における都道沿道の定点観測結果によると、環境基準の騒音環境基準を満足している地点は、僅か14%にすぎず、夜間要請限度を満足している箇所さえ59%である¹⁾。この解消を目指して東京都では低騒音舗装を開発し、舗設面積を平成10年度末現在で約100万 m^2 以上と拡大してきている。

現在の低騒音舗装は、平均値で5dB(A) (L_{50}) 程度の騒音低減を期待できるが、これでは、環状七号線などの幹線道路では、要請限度以下にすることは難しい。また、騒音低減機能が3年程度で半減するため、より一層機能の持続性を延長する必要がある。さらに、交差点においては、車両が左右折する際に生じる水平方向のせん断力により骨材が飛散することが多く、このような破損が生じない舗装を開発する必要がある。

本研究は、低騒音舗装の機能改善を目的に行ったものであるが、まず表層材料の改善を進めるにあたって、路面性状の良否が騒音値に与える影響について検討を行った。そのうえで、現在開発が進められているいくつかのタイプの低騒音舗装を用いた試験施工を実施し、その調査結果をもとに街路における適用性について検討した。

2. 研究の内容

(1) 従来より騒音低減効果の大きな舗装を開発するにあたり、まず、路面性状の良否が騒音値にあたえる影響についての検討を行った。

(2) 低騒音舗装の騒音低減効果と材料性状との関係について、これまでに得られた知見を整理した。そして、現在開発が進められている各種低騒音舗装の性能を室内試験等により確認し、街路における施工性や、コスト等を勘案しながらその実用性を検討した。

(3) 上記で検討した各種低騒音舗装を用いた試験施工を、供用中の幹線道路2路線で実施し、騒音低減効果等を検証した。

(4) 都道における騒音の実態をしらべ、各種低騒音舗装の街路への適用性についての検討を行った。

3. 騒音値に与える路面性状の影響

路面性状の良否が道路交通騒音に与える影響について検討するために、わだち掘れ、ひびわれ、平坦性との関係を調べた。

使用データは、環状七号線及び青梅街道における4年間の測定結果であり、全て密粒度舗装である。各データは、騒音の観測地点を中心とした100m区間の平均値で、各測定地点におけるわだち掘れ、ひびわれ、平坦性等の路面性状値を、大きい順にグルー

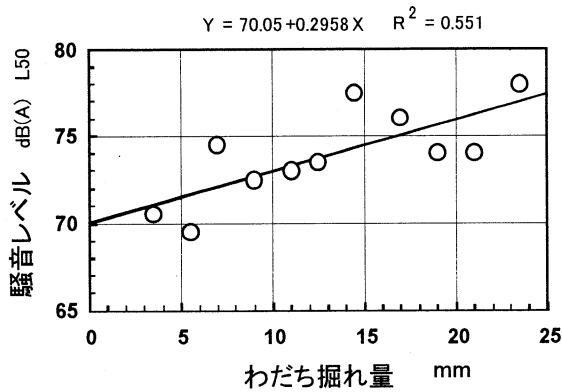


図-1 わだち掘れ量と騒音レベルの関係

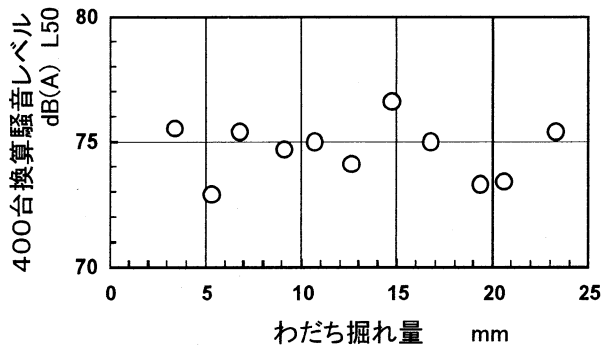


図-2 わだち掘れ量と400台換算騒音レベルの関係

ブ分けして平均値を算出し、各々に対応する騒音値との関係を求めた。

(1) 騒音値とわだち掘れの関係

図-1は、わだち掘れと騒音値の関係であり、両者には相関が認められる。しかし、わだち掘れ深さは、交通量が多い路線ほどその進行が早いなど相関性があるため、図は、交通量との関係が反映している可能性がある。そこで、交通量による影響を取り除くために、交通量を一定にし、同条件にして両者の関係を調べた。

交通量は、400台/10min交通量に換算し、交通量を一定にしてそれに対応する騒音値を算出した。400台換算としたのは、使用データの平均交通量がおおよそ400台/10minであったためである。

計算には日本音響学会による(1)式を用いた。ここでは、 L_{50} = 400台/10min換算騒音レベル(dB(A))への換算過程は省略する。

$$L_{50} = Lw - 8 - 20 \cdot \log_{10} I + 10 \cdot \log_{10} \{ \pi \cdot (3qI/500v) \cdot \tanh \cdot 2\pi \cdot (3qI/500V) \} + \alpha_d + \alpha_i \dots (1)$$

L_{50} : 騒音レベル(dB(A))

Lw : 1台の車から発生する騒音の平均パワーレベル(dB(A))

I : 音源から受音点までの距離(m)

q : 交通量(台/10min)

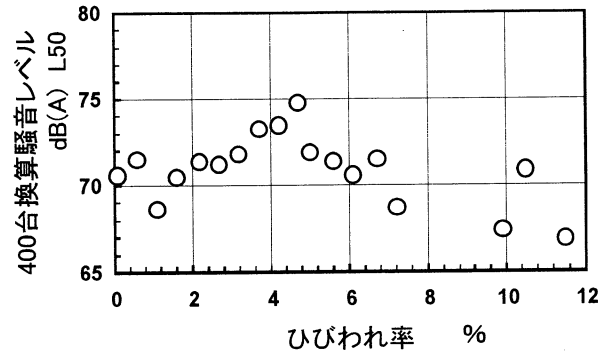


図-3 ひびわれ率と400台換算騒音レベルの関係

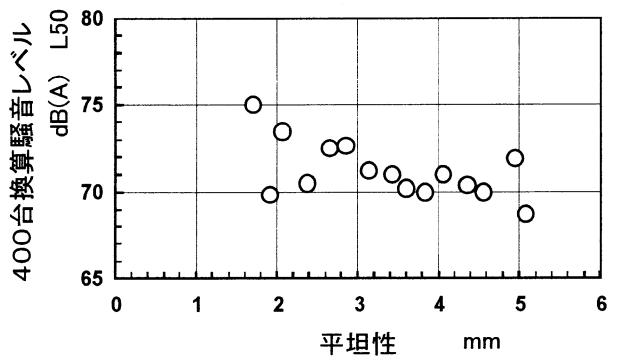


図-4 平坦性と400台換算騒音レベルの関係

V : 平均走行速度(km/h)

α_d : 回折減衰による補正值(dB(A))

α_i : 沿道、地表条件など種々原因の補正值(dB(A))

その結果は、図-2となり、わだち掘れの大きさは、騒音値には影響を与えていないことがわかった。

(2) 騒音値とひびわれ率および平坦性との関係

同様の手法によりひびわれ率、平坦性との関係を求めると、図-3、4のようになる。

図に示すようにひびわれ率、平坦性についても騒音値には影響を与えていない。

今回の検討結果では、路面性状は騒音の大きさには寄与していないことがわかった。以下では舗装が騒音値に影響を及ぼす要因の主要部分は、アスファルト混合物の性状および層構成としてとらえて検討を進め、混合物の改善によりどこまで騒音の低減が可能であるかの検討を行った。

4. 低騒音舗装の機能改善について

低騒音舗装については、既に排水性舗装技術指針(案)により基準が定められており、これに基づく施工実績も積み重ねられているが、前述したように機能向上を目指してさらに改善をはかっていく必要がある。最近各種の低騒音舗装が開発されているが、低騒音舗装の機能改善を進めるために、まず

騒音値と低騒音アスファルト混合物層の特性との関係について、これまでの研究²⁾で得られた知見を整理した。

次に、最近開発されつつある各種低騒音舗装の特徴を示す³⁾。

(1) 材料特性と騒音値

低騒音アスファルト混合物と騒音低減の効果との関係を整理すると以下のとおりである。

a) 最大骨材粒径

最大骨材粒径は、小さいほど騒音値は小さくなる。大型車に比べ小型車の方が、最大骨材粒径の影響が大きく表れる。これは、騒音パワーレベルに占めるタイヤ音の寄与が、小型車の方が大きいためとされている。耐久性との関係は、確認出来ていない。

b) 空隙率

空隙率が大きいほど吸音率は高い。また、空隙率が16%以下では、吸音率と1/3オクターブ周波数分析の関係において明確なピークをもたないが、20%を越えると特別の周波数に対して大きな吸音性を示す。ピーク周波数は空隙率が大きくなると高い周波数へ移行する。空隙率が大きくなると騒音低減率は大きくなるが20%を越えると差がなくなる。

c) 舗装厚

厚さの増加にしたがって騒音低減効果は増大する傾向にある。また、厚さの増加にしたがって吸音率ピークが低周波数に移行し、広い周波数領域の音を吸音する。

(2) 各種低騒音舗装の特徴

a) エポキシ型

混合物のバインダーにエポキシ樹脂を混入し、混合物の耐荷力を増加させたもので、交差点部での耐久性向上を前提として適用が検討されている。交差点ではタイヤによる水平方向のせん断力が作用し、骨材飛散による損傷が発生することが多いが、室内試験でそれを想定したねじれに対する抵抗性試験として回転ホイールトラッキング試験⁴⁾を用い実施した(図-5)。

エポキシ型は高粘度改質アスファルトよりねじれに対する抵抗性が大きく、交差点でも十分適用が可能であることが確認された。

b) 弾性モルタル型

高粘度改質アスファルトを用いた最大粒径13mm、厚さ5cmの通常の低騒音舗装の表面空隙部分に1~2mmのゴムチップを骨材とした多孔質弾性モルタルで埋めたものである。路面のマクロテクスチャーを改善し、空隙による吸音効果、ゴムチップの弾性によりタイヤ衝撃エネルギーを吸収することで低騒音化を図ることを期待した表面処理工法である。

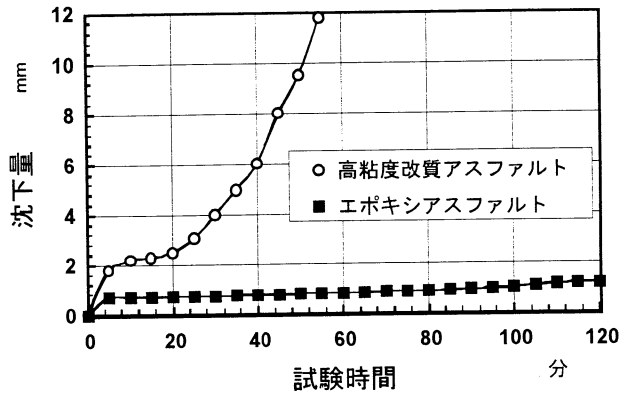


図-5 回転ホイールトラッキング試験結果

c) 二層式

二層式は、表層の厚さ（4~7cm）の中で、骨材粒径の小さな開粒混合物を上部に、骨材粒径の大きな開粒混合物を下部に設け、二層同時に舗装するもので、従来の低騒音舗装より大きな騒音低減効果が得られている⁵⁾。

二層式の低騒音舗装は、上部の骨材粒径を小さくすることで、タイヤ発音そのものを低減するとともに、上部に比べ、下部の空隙容積が大きいことにより、騒音低減効果が大きくなると考えられている。

しかし、上、下層に用いる混合物の粒度、各層の厚さ、総厚等多くの組み合わせがあり、騒音低減効果のみならず耐久性、コスト等を総合的に勘案し最適な二層構造を選ぶ必要がある。

d) 薄層式

高粘度改質アスファルトを用い13mmトップの粒度で厚さ3cm以下の薄層で仕上げるもので、コスト縮減を主目的としている。しかし、単に舗装厚さを薄くするだけでは層間剥離の問題が生じるため、付着力を高めるための方策が必要である。そこで乳剤の質および散布量を工夫し、専用の敷均し機械が開発されている。

5. 各種低騒音舗装を用いた試験施工

(1) 試験施工の概要

試験施工箇所は、主要地方道第306号（通称名明治通り）および主要地方道第14号（通称名東八道路）である。試験施工箇所および各工区の配置を図-6に、試験施工の内容と目的を表-1に示す。

試験施工Ⅰ（明治通り）は、現在開発中の低騒音舗装の中から、街路において適用が可能と思われるものを選択し実施した。採用の基準はコスト、機能、耐久性、施工性等である。試験施工Ⅱ（東八道路）では、試験施工Ⅰをもとに、二層式と薄層式に着目し、さらに詳細な検討を加えるために実施した。

表-1 試験施工の内容と目的

工区	使用アスファルト	工法	骨材トップ粒径	厚さ	目的
明治通り第一工区(明治エポキシ型)	エポキシアスファルト	通常工法	13mm	5cm	騒音低減機能の向上、耐久性・機能持続性の向上
明治通り第二工区(明治弾性モルタル型)	高粘度改質アスファルト	多孔質弾性モルタルによる表面処理工法	13mm	5cm	騒音低減機能の向上、機能の持続性向上
明治通り第三工区(明治二層式)	高粘度改質アスファルト	二層同時施工法	5mm 13mm	2cm 3cm	騒音低減機能の向上、コスト削減
明治通り第四工区(明治通常型)	高粘度改質アスファルト	通常工法	13mm	5cm	比較工区
明治通り第五工区(明治薄層式)	高粘度改質アスファルト	薄層工法	13mm	2.5cm	騒音低減機能の向上、コスト削減
東八道路第一工区(東八通常型)	高粘度改質アスファルト	通常工法	13mm	5cm	比較工区
東八道路第二工区(東八二層式5mm)	高粘度改質アスファルト	二層同時施工法	5mm 13mm	2cm 5cm	騒音低減機能の向上、コスト削減
東八道路第三工区(東八二層式13mm)	高粘度改質アスファルト	二層同時施工法	13mm 20mm	3cm 4cm	騒音低減機能の向上、コスト削減
東八道路第四工区(東八薄層式)	高粘度改質アスファルト	薄層工法	13mm	3cm	騒音低減機能の向上、コスト削減

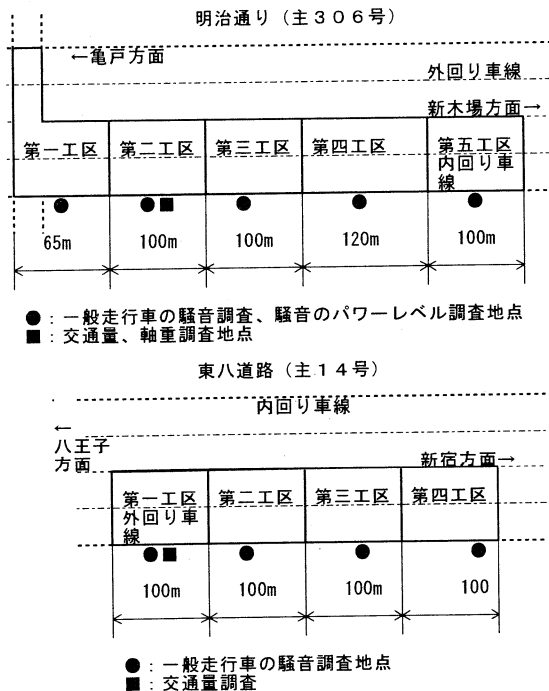


図-6 試験施工工区割り

（２）使用材料の性状

使用材料の性状および配合試験結果は、表-2に示すとおりである。試験施工ⅠとⅡの大きな違いは、空隙率を試験施工Ⅱの方が大きめに設定した。

エポキシアスファルト混合物の配合設計は、排水性舗装技術指針（案）および排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引き⁶⁾に準じて行い、他のものは東京都建設局土木材料仕様書および排水性舗装技術指針（案）に従った。

特にエポキシアスファルトについては、可使時間の検討が重要である。従来のエポキシアスファルト混合物は、可使時間が90分程度であったが、今回の施工では交差点部での分割施工となることから120分を目標にした。

（３）施工状況

a) エポキシ型

舗設は、通常の低騒音舗装と同様に行った。施工は、4分割で行い、混合物の作業性、転圧時のおさまりは、通常の低騒音舗装用混合物と同様であった。目視では、艶がよくさらさらした状況であった。また、手引き施工がないようにレーン割りをし、レーン替わり時には、フィニッシャのホoppa内に残った混合物の温度低下が生じないように留意した。

b) 弾性モルタル型

弾性モルタル型は、通常の低騒音舗装を舗設後、直径約1mmの鋼球によるショットブラスト（接着性向上のため表面の骨材を皮膜しているアスファル

トを除去するため路面研掃）→清掃工→プライマー塗布（0.2kg/m²）→多孔質弾性モルタルを加熱コテで人力すり込み（標準すり込み量1.2kg/m²）→すべり止め工（鉱物質細骨材をスプレーガンで0.2kg/m²散布）→ビニールシート養生（3～4時間）→水を噴霧湿潤養生にて硬化させる（1時間）の手順で行った。延べ施工日数4日、延べ施工時間38.5時間を要した。

c) 二層式

舗設には、2層同時に敷き均す専用のフィニッシャ（マルチアスファルトペーパー）を用いた。下層用の混合物をまずホoppaに搬入し、次に上層用の混合物を搬入し、2層同時に舗設を行なった。通常よりも積込みに時間を要するので、下層用混合物の温度管理が重要であった。

d) 薄層式

舗設には、乳剤散布装置付きの専用のアスファルトフィニッシャを用い、タックコートと敷均しを同時に行なった。施工速度は、5m/minであり、通常のフィニッシャより速い。敷均しは、通常の場合と同様であるが、薄層であるため温度低下が早く、速やかに施工する必要があった。

（４）温度管理および品質管理

a) 温度管理

二層式は、ホoppaへの投入が2種の混合物になる

表-2 使用材料の性状

工区	明治第一工区	明治第二工区	明治第三工区	明治第四工区	明治第五工区	東八第一・三・四工区	東八第二工区	東八第三工区	東八第四工区
工法	工ホキシ型	弾性モルタル型	二層式(上層)	二層式(下層)	通常型・薄層式	通常型・薄層式・二層式(上層)	二層式(上層)	二層式(上層)	二層式(下層)
骨材最大粒径(mm)	13.2	13.2	4.75	13.2	13.2	13.2	4.75	13.2	19.0
アスファルト量(%)	5.3	4.8	4.9	4.9	4.8	4.8	5.2	4.5	4.5
安定度(N)	8970	6150	5540	8020	6592	6978	5900	6007	6586
フロー値(1/100mm)	33	34	26	29	30	28	28	30	33
基準密度(g/cm ³)	1.976	2.019	1.936	1.989	1.971	1.978	1.886	1.898	1.894
空隙率(%)	19.9	19.0	22.6	20.1	20.9	20.6	23.9	24.2	24.3
透水係数($\times 10^{-2}$ cm/sec)	17.4	17.0	-	-	19.2	21.5	15.4	43.4	34.8
動的安定度(回/mm)	15750	6014	3316	7000	7880	7000	5250	5730	7000

ことから時間を要し、舗設時の温度が他の混合物と比較してやや低くなっていた。他の混合物については、所定の温度であった。

交通解放時の温度は、明治通りが26～45℃、東八道路が36～38℃であった。

b) 品質管理

各混合物の透水試験、舗装厚、密度、空隙率等は、定められた所定の基準を確保している。

(5) 調査内容

調査内容は、RAC車（Road Acoustic Checker）による騒音調査⁷⁾⁸⁾と路面凹凸調査、一般走行車の騒音調査と交通量・車両速度調査、一般走行車の騒音パワーレベル調査（明治通りのみ）を行った。また、交通荷重の実態把握のために軸重測定（明治通りのみ）を行った。

a) 試験車による騒音調査

試験車による騒音調査として、スピーカーと騒音測定用のマイクロホンを搭載したRAC車を用い、特殊タイヤ音と路面反射音の調査を行った。特殊タイヤ音の測定は、RAC車後部に搭載した試験用特殊タイヤに荷重250kgをかけて路面に降下させ、このタイヤから発生する音をタイヤ近接の単一指向性のマイクロホンで計測した。

路面反射音の測定は、RAC車に搭載したスピーカーから一定パワーの音波を路面に向けて放射し、路面とシャーシ間で反射させた後、拡散音場に設置したマイクロホンで計測した。両測定の音圧レベルの解析条件は、走行速度50km/h、サンプリング間隔0.1秒、サンプリング個数約70個、周波数補正回路は風切り音の影響を考慮してA特性、音圧レベルの統計値はLeqとした。

b) 路面凹凸

路面凹凸は、RAC車に搭載されているレーザ変位センサを用い、路面方向に向けて走行中にレーザを発し路面表面までの距離を計測した。路面凹凸は、90%の凹凸深さで表した。90%の凹凸深さとは、凹凸深さの累積度数曲線から5%と95%の各値（90%レンジの上下端値と呼ぶ）を求め、両者の差分量と

定義した。

c) 一般走行車の騒音調査

一般走行車の騒音調査は、JIS・Z・8731に準拠した。また、騒音測定と同時に方向別・車線別・大型車と小型車の2車種分類で交通状況（交通量、大型車混入率、速度）調査を行った。また、走行速度は、ビデオ撮影により一定区間の車両の通過時間から調査時間10分間の代表的な10台を選定した。

d) 騒音のパワーレベル調査

騒音のパワーレベル調査として一般走行車の騒音のパワーレベルと交通状況調査を実施した。騒音のパワーレベルは、各調査区間を単独で走行する一般車両が測定地点を通過する時点のピーク騒音レベルについて測定した。

測定地点は、騒音規制法の自動車騒音測定方法に準拠し、中央分離帯側の第一車線の車両走行中心線から7.5m離れた地点とした。調査対象車両は、各調査箇所ごとに小型車・大型車I（大型車類のうちナンバープレートが大で速度表示灯を装着した車両）各10台とした。基準走行速度は60km/hとした。測定方法は、JIS・Z・8731に準拠した。なお、測定周波数補正回路はA特性、動特性はFastとした。

交通状況調査は、測定対象車両をビデオ撮影し、車両の通過位置の確認、走行速度の確認を行った。測定対象車両は、測定地点から7.5m離れた地点を単独走行している車両とした。そして、所定の条件に合うもののみを解析の対象とした。

e) 軸重調査

軸重調査は、マット式軸重計を用いて、対象車線2車線について測定した。同時に交通量調査も両方向について行った。

(6) 調査結果と考察

a) 特殊タイヤ音

特殊タイヤ音の騒音レベル（AP：オールパス）の結果は、図-7に示すとおりである。

施工前の密粒度アスファルト舗装区間の特殊タイヤ音 L_{eq} =99.6dB(A)（明治通り）、95.2dB(A)（東八道路）と比較して、低騒音舗装区間は85.1～92.3

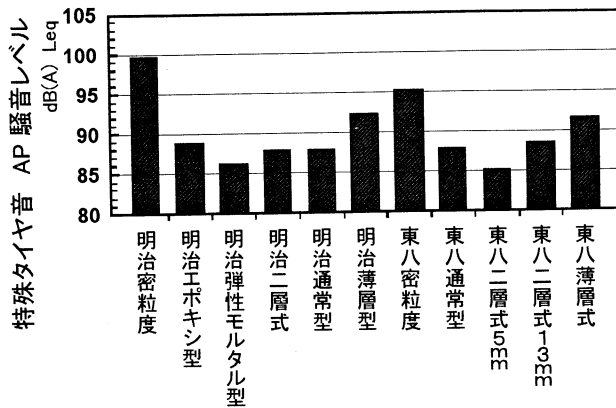


図-7 特殊タイヤ音 (AP) の騒音レベル

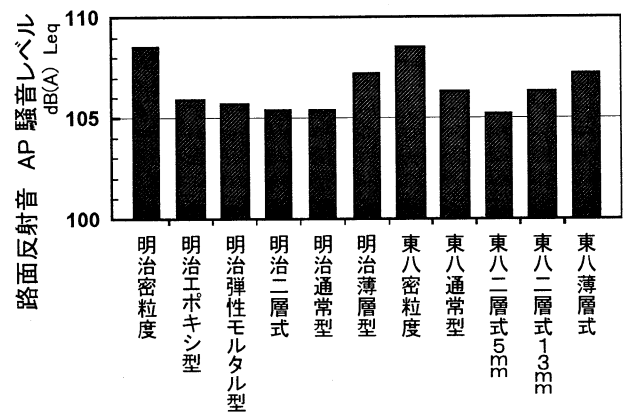


図-9 路面反射音 (AP) の騒音レベル

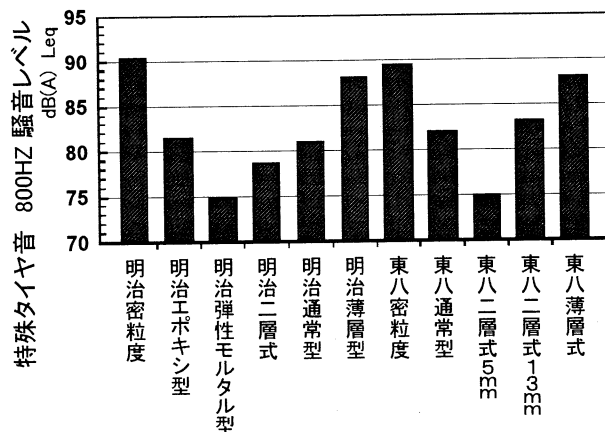


図-8 特殊タイヤ音 (800Hz) の騒音レベル

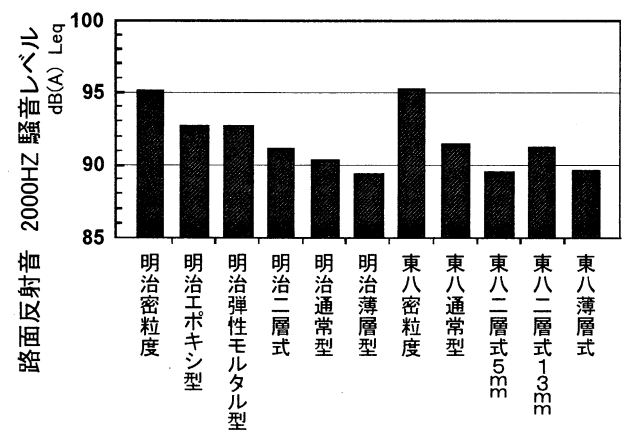


図-10 路面反射音 (2000Hz) の騒音レベル

dB(A) とレベルは明らかに低減していた。低減量は、3.5～13.5dB(A)である。東八道路の二層式5mmが最も騒音レベルが低く、次いで明治通りの弾性モルタル型であった。薄層式は最も騒音レベルが高かった。

また、特殊タイヤ音の騒音レベル (周波数特性) において、低騒音舗装は、500Hz以上の周波数帯域で明確な騒音レベルの低下がみられ、図-8に800Hzの騒音レベルを示した。周波数特性からみても二層式5mmと弾性モルタル型の騒音レベルの低減が大きかった。

b) 路面反射音

路面反射音の騒音レベル (AP) の結果は、図-9に示すとおりである。施工前の密粒度アスファルト舗装区間の路面反射音 L_{eq} =108.5dB(A) (基準値)と比較して、低騒音舗装区間は105.2～107.2dB(A)と騒音レベルが低減していた。低減量は1.3～3.3dB(A)であった。東八道路の二層式5mmのものが最も騒音レベルが低く、薄層式が最も騒音レベルが高かった。

路面反射音の騒音レベル (周波数特性) は、図-10に示すとおりである。2000Hzの周波数帯域で騒音レベルを比較すると、明治通りの薄層式、東八道

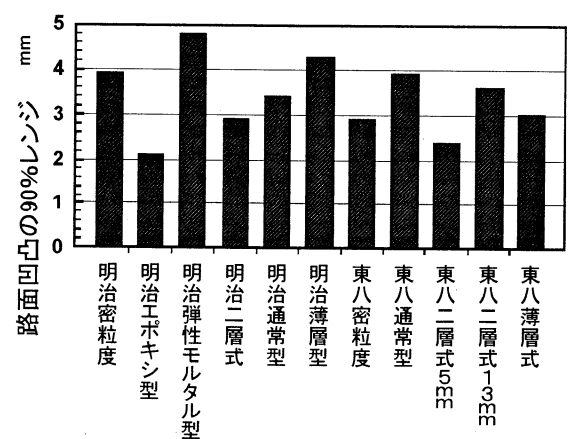


図-11 路面凹凸の90%レンジ

路の二層式5mmの騒音レベルが低かった。

c) 路面凹凸

路面凹凸の90%レンジは、図-11に示すように明治通り弾性モルタル型が最も大きく、エポキシ型が最も小さかった。

d) 一般走行車の騒音レベル

一般走行車の L_{50} (中央値) および L_{eq} (等価騒音レベル) の騒音低減量は、図-12、13に示すとおりである。 L_{50} で密粒度舗装と比較すると低騒音舗装区

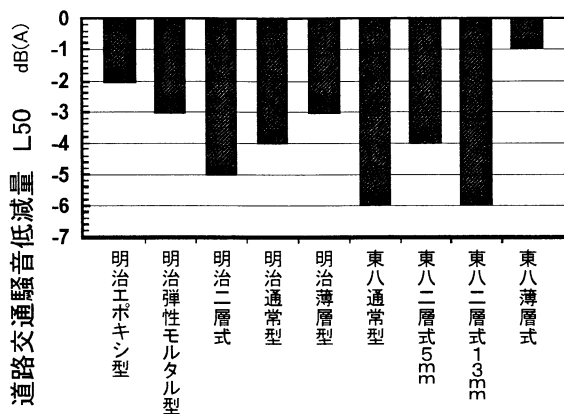


図-12 道路交通騒音低減量 (L₅₀)

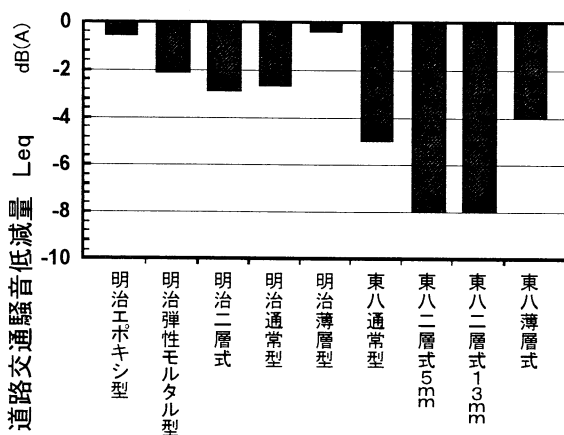


図-13 道路交通騒音低減量 (L_{eq})

間の低減量は、1～6dB(A)であり、二層式の騒音レベルの低減が最も大きかった。

L_{eq}で比較すると0.5～8dB(A)の低減量であった。東八道路の二層式5mmの騒音レベルの低減が最も大きかった。明治通りと東八道路では、騒音低減量に差がみられ、交通量の多い明治通りの低減量が小さかった。これは、沿道の空間の多少も影響していると考えられるが、今回は検討していない。

施工前後、各工区とも、交通量、走行車両の速度はともにほぼ同一であった。

e) 騒音のパワーレベル

車種別騒音のパワーレベルは(2)式で算出した。

$$Lw = Lp + 20 \cdot \log I + 8 \quad \cdots (2)$$

ここで、L_p：単独走行車両のピーク騒音レベル

I：音源と測定地点間の距離7.5m

調査結果は、表-3に示すとおりである。単独走行の騒音のピークレベルは、小型車の場合、密粒度のアスファルト舗装が73.2dB(A)、低騒音舗装が65.4～74.2dB(A)であり中でも弾性モルタル型が7.8dB(A)と低減が大きかった。大型車の場合、密粒度舗装が82.1dB(A)、低騒音舗装が75.8～81.8dB(A)であり通常型が6.3dB(A)と低減が大きかった。

騒音のパワーレベルは、小型車の場合、密粒度舗

表-3 騒音パワーレベル調査結果

項目	第一工区	第二工区	第三工区	第四工区	第五工区	密粒(基準値)
小型車のピーク騒音レベル dB(A)	71.1	65.4	67.5	68.3	74.2	73.2
小型車の騒音のパワーレベル dB(A)	96.6	90.9	93	93.8	99.7	98.7
小型車速度 km/h	61.9	61.1	59.5	61.1	58.4	60.4
大型車のピーク騒音レベル dB(A)	78.4	76.6	78	75.8	81.8	82.1
大型車の騒音のパワーレベル dB(A)	104	102	104	101	107	107.6
大型車速度 km/h	52.5	58.9	52.1	59.1	56.6	59.7

表-4 交通量・軸重調査結果

項目	通過軸数(軸/日)	大型車Ⅰ交通量(台/日)	大型車Ⅱ交通量(台/日)	大型車交通量(台/日)
第一車線	13,402	1,813	1,903	3,716
第二車線	7,487	649	1,114	1,763
一方向合計	20,889	2,462	3,017	5,479
項目	普通車交通量(台/日)	総交通量(台/日)	大型車混入率%	5トン換算輪数(輪/日)
第一車線	6,708	9,424	39.4	880
第二車線	4,898	6,661	26.5	302
一方向合計	10,606	16,085	34.1	1,182

装が98.7dB(A)、低騒音舗装が90.9～99.7dB(A)であり、弾性モルタル型が7.8dB(A)と低減が大きかった。大型車の場合、密粒度舗装が107.6dB(A)、低騒音舗装が101.3～107.3dB(A)と通常型が6.3dB(A)の低減であった。

騒音のパワーレベルは、小型車の場合、弾性モルタル型<二層式<通常型<エポキシ型<薄層式であり、大型車の場合、通常型<弾性モルタル型<二層式<エポキシ型<薄層式の順で高かった。薄層式が最もピーク騒音レベル、騒音のパワーレベルとも高く、小型車では密粒度より高かった。

大型車のピーク騒音レベル、騒音のパワーレベルは、通常型が最も騒音レベルが低く、今回の試験舗装の効果が小さいものとなった。

f) 交通量および軸重調査

交通量調査と軸重調査は、明治通りのみ実施した。結果は表-4に示すとおりである。試験舗装区間の1日1方向大型車交通量は5,479台で交通量の区分Dである。大型車混入率は34.1%で都内の他の測定地点と比較して高い。5トン換算輪数は第一車線が880輪、第二車線が302輪、午前中の10時にピークがあった。

設計期間を10年、10年後の交通量の伸び率を1.0

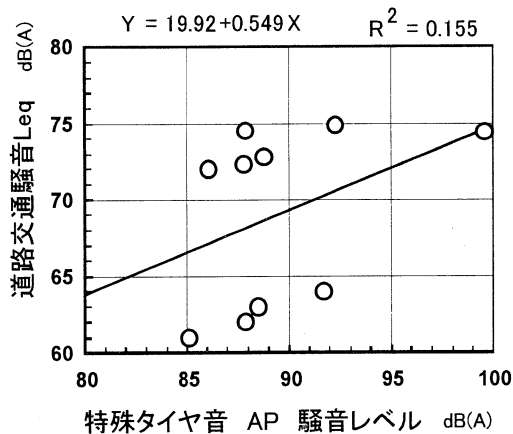


図-14 特殊タイヤ音 (AP) と道路交通騒音 (L_{eq}) の関係

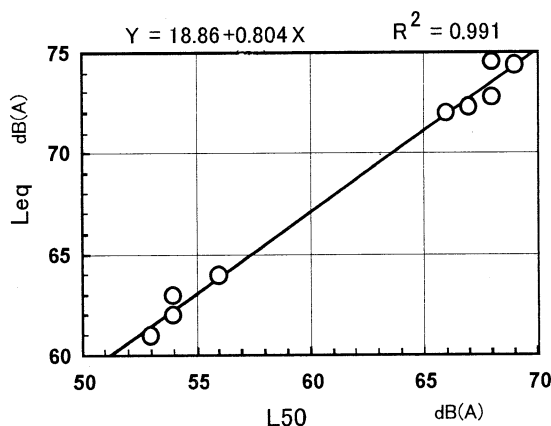


図-15 L_{50} と L_{eq} の関係

と仮定すると、累積5トン換算輪数は、4,314,300輪であり交通量の区分C相当であった。

g) 各調査結果の相関

特殊タイヤ音と一般走行騒音レベルとは、図-14に示すように相関は低かった。

一般走行騒音レベルの L_{50} と L_{eq} は、図-15に示すように高い相関があり、これまでの環境基準と新環境基準とを関連づけられることが把握できた(平成11年4月より環境基準が L_{50} から L_{eq} による評価に改正された)。

図-16に示すように特殊タイヤ音と騒音のパワーレベルとは高い相関を示した。また、一般走行騒音レベルの L_{eq} と各車両のピーク騒音レベルおよび騒音のパワーレベルとは $r=0.73$ 以上の相関を示すことがわかった。このことから、車両の騒音測定と環境基準とを結びつけられる可能性を把握できた。

図-17は、路面凹凸の90%レンジと特殊タイヤ音の関係である。図に示す通り、両者には明確な相関はない。

h) 舗設直後の路面状況

施工直後の試験舗装区間の平坦性は1.51mmで、2.4 mm以下であり所定の値であった。

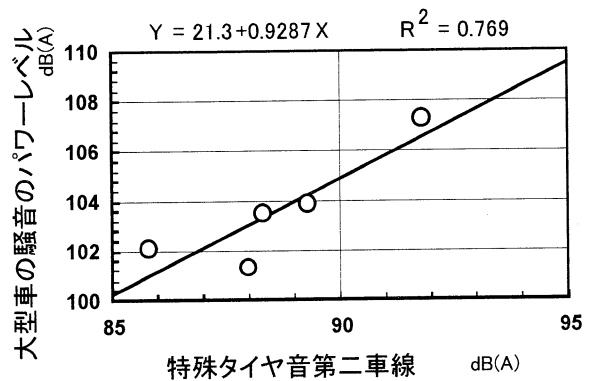


図-16 特殊タイヤ音と騒音のパワーレベルの関係

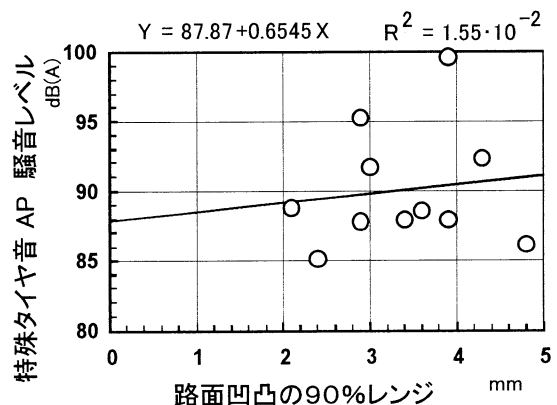


図-17 路面凹凸と特殊タイヤ音 (AP) の関係

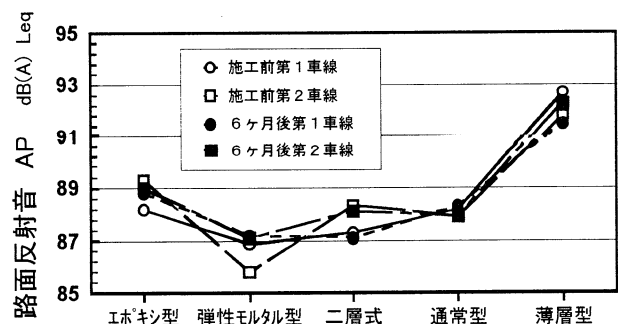


図-18 施工直後と6ヶ月後の路面反射音比較

エポキシ型の路面状況は、艶があり、路面のきめもほぼ一様であった。舗設直後の骨材の飛散も見られなかった。弾性モルタル型は、刷り込んだゴムが均一に刷り込まれておらずまだらな状況であった。

(7) 供用6か月後の騒音調査

施工直後と供用6か月後の路面反射音の比較を図-18に示す。現段階では各タイプとも騒音低減効果の低下はみられず、おおむね騒音低減機能が維持されている。他のタイプの6か月後の路面状況も、良好である。

6. 各種低騒音舗装の街路への適用性

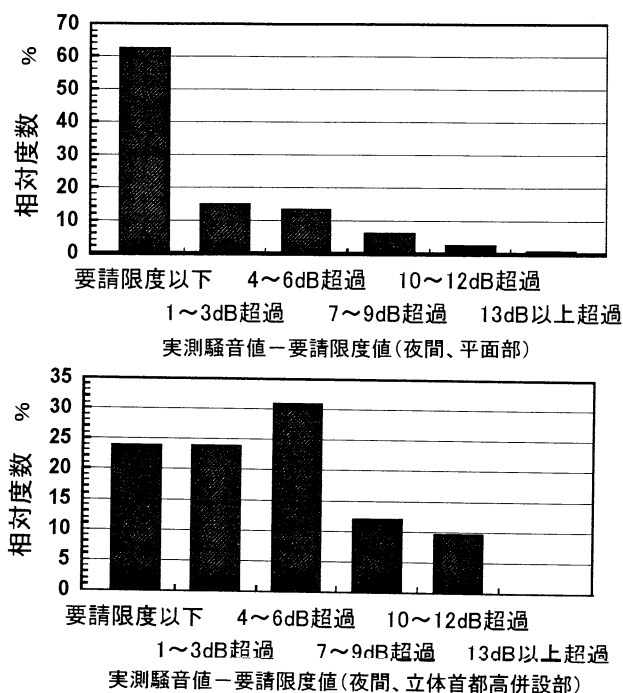


図-19 都道における騒音夜間要請限度超過の分布

前章までで、各種低騒音舗装の騒音低減効果、施工性等を確認した。本章では都道における騒音の実態を調べ、コスト等も勘案しながらその適用性について検討した。

(1) 都内交通騒音の実態

毎年実施している道路交通騒音振動調査報告書¹⁾の調査データ約500点のうち、都道沿いで観測した約400地点のデータを用い、騒音の夜間要請限度値超過の分布を表すと図-19のようになる。平面部の要請限度値超過地点は37%であるのに対し、立体交差部等二層構造地点の超過地点は76%になる。これら各地点の騒音レベルのうち、超過地点を全て解消するのが当面の目標となる。

低騒音舗装により解消できるのは、今回の試験施工によると、 L_{50} で6dB(A)程度の超過までである。これは、都道全体の90%となる。したがって残りの10%については、遮音壁など他の対策と併用して実施する必要がある。

(2) 各種低騒音舗装の適用性に関する検討

以下では、各種低騒音舗装の街路への適用性について検討した。

a) 各種低騒音舗装の時間施工量

明治通りは夜間施工、東八道路は昼間施工と条件が異なるが、交通規制時間、交通開放までの時間も含めて1時間あたりの施工面積で比較すると、図-20に示すように、通常型を1とした場合、薄層が1.24~1.29倍の施工量であった。弾性モルタルの場合は、約1/4の施工量であった。

b) 各種低騒音舗装の施工コスト

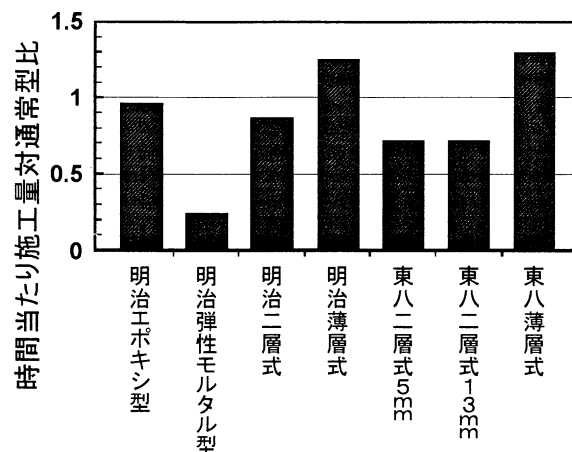


図-20 各タイプの時間あたり施工量比較

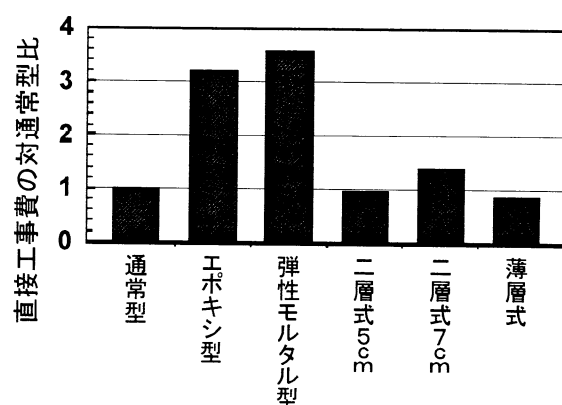


図-21 各タイプのコスト比較

施工コストの比較を図-21に示す。通常型を1とすると、弾性モルタルが3.56倍と最もコスト高である。二層式(5cmの場合)、薄層式は、それぞれ0.95、0.85倍とコスト面では優れている。

c) 適用の選択基準(案)

街路において低騒音舗装を適用する場合、どの種類を選択するかは、

- ①道路状況：単路部か交差点部か
- ②騒音低減の目標値：要請限度超過値
- ③施工条件：夜間施工即日交通解放が可能か
- ④施工時期：補修時期に合わせ実施するか、補修時期に達する前に実施か等が選択基準となる。

これらの要件を勘案しながら適用性を検討することになる。表-5は、選択基準(案)である。

7. 結論

今回の研究で得られた主な結論は次のとおりである。

(1) 路面性状は、騒音の大きさに寄与していない。舗装の騒音値に影響を及ぼす主要な部分は、アスファルト混合物の粒度、厚さ、層構成などである。

(2) 二層式は、初期の騒音低減効果が大きく、上下層の厚さや組合せを工夫することにより、さらに

表-5 各種低騒音舗装の選択基準（案）

要 件		選択区分			
(1)道路状況	交差点部	単路部			
(2)施工条件	10時間施工（可）			（否）	
(3)目標低減L50	4～6dB	1～3dB	4～6dB	7dB以上	
(4)施工時期	補修時期にあわせ実施	補修時期前に実施	補修時期にあわせ実施		
低騒音舗装の種別	エポキシ型	薄層式	通常型	二層式	弾性モルタル型

機能の向上が期待できる。また専用の施工機械の開発により、コストや施工性が改善され、街路において十分適用が可能となっている。

（３）エポキシ型はコストは高いものの、耐久性に優れており、交差点やＵターン路、右左折レーンなどタイヤのねじれが伴うところでは有効である。

（４）薄層式は、騒音低減効果は小さいが、コストが安く、専用の施工機械を用いることにより施工スピードも上がり、早期に騒音対策が求められる箇所や路面が比較的良好な箇所では有効である。

（５）弾性モルタル型は、騒音低減効果は大きいが施工やコストに難があり、適用箇所が限定される。

（６）騒音レベルの L_{50} と L_{eq} は高い相関があり、環境基準と新環境基準との関連付けが可能である。

（７）一般走行騒音レベルと騒音のパワーレベルとは、高い相関を示し、RAC車の騒音測定と環境基準とを結びつける可能性を得た。

（８）都道における実態を把握し、舗装による対策を検討した結果、低騒音舗装により L_{50} で6dB(A)低減することによって要請限度超過箇所の90%まで解消することが可能で、残りの10%については、他の対策を併用する必要がある。

（９）今回試験施工に用いた各種低騒音舗装は、各々の特徴を生かした使い方をすることによりいずれも街路への適用が可能である。

8. おわりに

低騒音舗装は、街路における騒音対策の有力な手段として定着しつつある。都道約2,200kmのうち、夜間要請限度を超過している地点が約40%あり、今後もさらに低騒音化を図っていくべき路線が多く、コスト削減、路上工事期間の短縮等の施策に基づいた、よりきめ細かな使い分けが求められる。

今回の研究により、初期の騒音低減効果と街路への適用の適否について把握できた。今後は、機能の持続性、回復性、舗装としての耐久性等を含めたトータルな評価を行っていく予定である。

なお、この研究では、騒音に関するデータ解析については、日本大学理工学部阿部研究室に多大なる協力を得た。また、室内試験や試験施工では、ニチレキ㈱、東亜道路工業㈱等多くの企業の支援があった。関係各位に対し心から謝意を表したい。

参考文献

- 1) 東京都環境保全局：平成9年度道路交通騒音振動調査報告書、1998.
- 2) (財)建設物価調査会：低騒音舗装の概説、1996
- 3) 池田拓哉：低騒音舗装の現状、アスファルトvol. 40、No 195、1998.
- 4) 上野貞治、羽生昭吉、保莉昭仁：排水性舗装用エポキシアスファルトに関する一検討、第22回日本道路会議一般論文集、1997.
- 5) 佐野正典、西勝、久利良夫、平塚仁、廣津栄三郎：二層構造を有した排水性舗装に関する基礎的研究、第2回舗装工学講演会講演論文集、1997.
- 6) (社)アスファルト協会：排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引き、1997.
- 7) 峰岸順一、阿部忠行：低騒音舗装の供用性評価、第2回舗装工学講演会講演論文集、1997.
- 8) 阿部忠行、田中輝栄、岩田行夫：試験車走行による低騒音舗装の効率の評価、第22回日本道路会議一般論文集、1997.

(1999. 8. 23受付)

An examination about the function improvement of the low noise pavements and the application to the street

Tosinori TAKEDA, Tadayuki ABE, Junichi MINEGISHI, Terue TANAKA

This research aimed at the improvement of the function of the low noise pavements. Material and thickness of the pavements were changed and a lot of examination was executed on the actual road. Various noise measurements were carried out and the noise decrease function was evaluated. According to these estimations, the application of the low noise pavements to the street of Tokyo Metropolis was examined.