

1. 東京都車道舗装体系に取り込んだ二層式低騒音舗装の性能

Performance of Two Layer Type Low Noise Pavement taken into Tokyo Roadway Pavement System

技術支援課 田中 輝栄

1. はじめに

東京都（以下、都という）は、1995年度から本格導入している13mmtop低騒音舗装の騒音低減性能を上回る低騒音舗装の技術を構築するため、1998年度から実道での試験施工を実施し検証を行ってきた。結果、「今後の道路舗装整備（車道）の進め方—車道舗装体系—」に取り込み、2005年3月に道路工事設計基準¹⁾において基準化し、翌4月から環状七号線や環状八号線など優先的対策道路区間に導入した。それが、二層式低騒音舗装であり、道路交通騒音対策の一施策として実績を上げてきている。

本格適用後の二層式低騒音舗装の施工直後の性能については、2005～2008年度の施工管理データを整理した結果を2010年度の当センターの年報²⁾において報告している。本文では、二層式低騒音舗装に対する路面性状3要素とタイヤ/路面騒音の2010年度までの追跡調査データ、および新たに収集した2008～2010年度の施工管理データを加えた2005～2010年度の施工管理データを整理した結果に基づき、二層式低騒音舗装の、①舗装としての基本的性能である耐塑性流動性能、耐ひびわれ性能、平坦性、②低騒音舗装としての固有の性能である騒音低減性能について報告する。

2. 導入の経緯と実績

(1) 導入経緯

都における騒音低減性能を有する舗装に関する導入経緯は図-1のとおりであり、13mmtop低騒音舗装は1995年度本格導入後16年経過し、二層式低騒音舗装は2005年度本格導入後6年経過している。

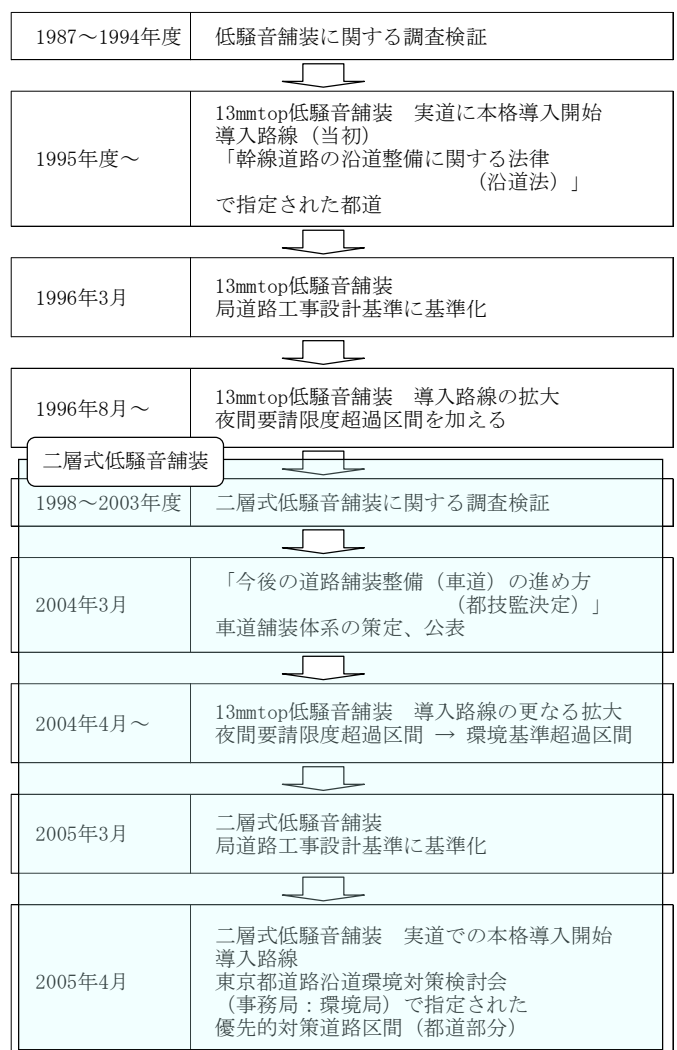


図-1 都における騒音低減性能をもつ舗装の導入経緯

(2) 導入実績

二層式低騒音舗装の本格導入を開始した2005年度から2010年度までの6年間の施工実績は、施工延長が

図-2、施工面積が図-3 に示すとおりである。なお、表-1 は、二層式低騒音舗装の適用対象としている優先的対策道路区間の対象路線と対策延長である。

① 施工延長は、2010 年度までの 6 年間で、累計 40

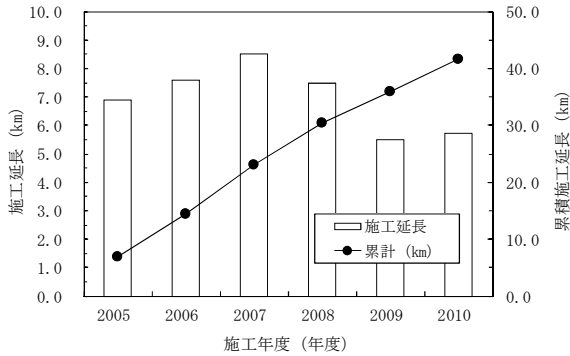


図-2 二層式低騒音舗装の施工延長

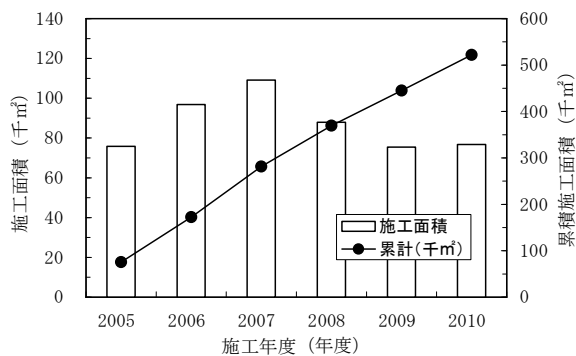


図-3 二層式低騒音舗装の施工面積

表-1 都知事管理道路の優先的対策道路区間

対象路線	対策延長 (km)
環状七号線	55.0
環状八号線	25.7
笹目通り	3.7
目白通り・新目白通り	9.8
中原街道	5.0
目黒通り	5.4
甲州街道	8.9
計	113.5

km 余りである。

② 施工面積は、2010 年度までの 6 年間で、累計 500 千㎡余りである。

3. 構造と材料仕様

(1) 構造

騒音低減性能をもつ舗装と通常の舗装の構造比較を、図-4 に示す。

13mmtop 低騒音舗装のタイヤ/路面騒音を低減する層 (以下、タイヤ/路面騒音低減機能層という) が 20% 程度の高空隙率を有するポーラスアスファルト混合物の層が一層であるのに対し、二層式低騒音舗装は 20%

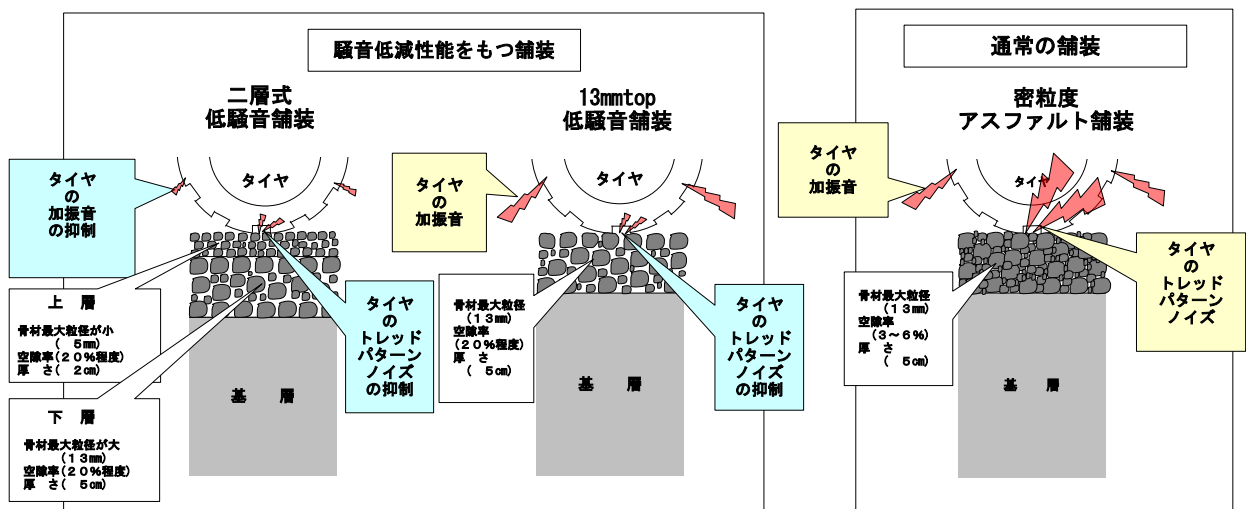


図-4 騒音低減性能をもつ舗装と通常の舗装の構造比較

程度の高空隙率を有するポーラスアスファルト混合物の層を二層にした構造である。二層のうち上層アスファルト混合物層は、下層アスファルト混合物層に使用するポーラスアスファルト混合物の最大粒径より小さい最大粒径の骨材を使用している。この構造により、タイヤ/路面騒音であるトレッドパターンによるエアポンピング音とタイヤ加振音が抑制され、13mmtop 低騒音舗装より大きな低減効果が発揮される。

その基本構造は図-4 に示すとおり、タイヤ/路面騒音低減機能層が表層の役割を兼ね、それ以外は、通常の舗装と同一の構造をなすものである。以下は、各種構造の試験施工に対する検証の結果、確立した都の二層式低騒音舗装の構造である。

- ① タイヤ/路面騒音低減機能層の厚さは、7cm を標準としている。
- ② タイヤ/路面騒音低減機能層の厚さ 7cm は、上層部 2cm、下層部 5cm の構成としている。
 - ・ 上層部 2cm に適用するアスファルト混合物は、骨材の最大粒径 5mm、目標空隙率 18~25% のポーラスアスファルト混合物を標準としている。
 - ・ 下層部 5cm に適用するアスファルト混合物は、骨材の最大粒径 13mm、目標空隙率 16~22% のポーラスアスファルト混合物を標準としている。このアスファルト混合物は、都の 13mmtop 低騒音舗装と同一仕様である。

表-2 高耐久性ポリマー改質アスファルト H 型の物理性状

項目	単位	物理性状
針入度(25℃)	1/10 mm	40 以上
軟化点	℃	80 以上
フラス脆化点	℃	-20 以下
引火点	℃	280 以上
薄膜加熱質量変化率	%	0.2 以下
薄膜加熱針入度残留率	%	65 以上
60℃粘度	(1×10 ⁴) Pa·s	4 以上
粗骨材のはく離面積	%	5 以下
バインダ曲げ試験		報告事項
DSRによる試験		報告事項
密度(15℃)	g/cm ³	報告事項

- ③ 使用するバインダは、上層アスファルト混合物には高耐久性ポリマー改質アスファルト H 型、下層アスファルト混合物にはポリマー改質アスファルト H 型としている。
- ④ 下層および上層アスファルト混合物層の二層は、同時施工としている。
- ⑤ タイヤ/路面騒音低減機能層を支持する基層は、粗粒度アスファルト混合物で、バインダはポリマー改質アスファルト II 型としている。
- ⑥ 表層を構成するタイヤ/路面騒音低減機能層のポーラスアスファルト混合物の等値換算係数は 1.00 としている。
- ⑦ 構造は、①~⑥を標準としているが、技術の発展を考慮し、より合理的な方法があれば積極的に採用を検討することとしている。

(2) 材料仕様

1) 下層アスファルト混合物

下層アスファルト混合物の材料仕様は、13mmtop 低騒音舗装の各材料の仕様と同等であり、土木材料仕様書³⁾に準じている。

2) 上層アスファルト混合物

上層アスファルト混合物の材料仕様は、以下のとおりとしている。

(i) バインダ

上層アスファルト混合物に使用するバインダは、高耐久性ポリマー改質アスファルト H 型であり、その物理性状は表-2 に示す性状を参考とし、適用にあたっては製造会社の技術資料などにより品質や性能を確認し選定することとしている⁴⁾。

(ii) 骨材、石粉

二層式低騒音舗装のタイヤ/路面騒音低減機能層用のアスファルト混合物に用いる粗骨材、細骨材、石粉の物理性状は、土木材料仕様書³⁾に準じている。

(iii) アスファルト混合物

二層式低騒音舗装のタイヤ/路面騒音低減機能層用に使用する上層アスファルト混合物は、表-3 に示す配合組成と表-4 に示す物理性状のポーラスアスファルト混合物としている⁴⁾。

(iv) タックコート用アスファルト乳剤

タイヤ/路面騒音低減機能層のアスファルト混合物

表-3 上層アスファルト混合物の配合組成

項目	上層アスファルト混合物 最大粒径 (5mm)	
	フルイ目 (mm)	通過質量百分率 (%)
骨材のふるい通過質量百分率	26.5	—
	19	—
	13.2	100
	4.75	90 ~ 100
	2.36	10 ~ 25
	0.6	—
	0.3	—
	0.15	—
	0.075	3 ~ 7
アスファルト量 (%)	4.5 ~ 6.5	

表-4 上層アスファルト混合物の物理性状

項目		物理性状	摘要
安定度	kN	目標値 4.0 以上	
フロー値	1×10^{-2} cm	—	報告事項
密度	g/cm^3	—	報告事項
空隙率	%	目標空隙率 最大粒径 5mm 18 ~ 25	真空バック、 空隙充填法、 ノギス法
透水係数	cm/s	1×10^{-2} 以上	
マーシャル 試験用 供試体	突固め回数	表裏、各50回	
	突固め温度	バインダ製造会社の推奨の突固め温度	
動的安定度	回/mm	目標値 3000 以上	
ホイール トラッキング 試験供試体	締固め	マーシャル試験用供試体の 密度に対して100±1%の締固め度	
	締固め温度	マーシャル試験用供試体の 突固め温度と同じ温度	
繰返し曲げ試験	—	—	報告事項
水浸 ホイールトラッキング試験	—	—	報告事項 試験方法は土木材 料仕様書による
骨材飛散抵抗性 (ねじれ抵抗性試験)	—	—	報告事項
低温カンタブロ試験	—	—	報告事項

を施工するときの基層面へのタックコートは改質アスファルト乳剤 PKR-T を用い、品質規格は、土木材料仕様書²⁾によっている。

4. 舗装としての基本的性能

供用開始直後 (施工直後) の性能については、2010年度の当センターの年報²⁾において報告している。本文では、本格施工を開始した2005年度に施工した二層式低騒音舗装の供用を開始してからの舗装としての基本的性能である①耐塑性流動性能、②耐ひびわれ性能、③平坦性の3種類に対して、2010年度まで追跡調査してきた結果を報告する。

なお、追跡調査は、環七通り施工箇所から土地条件による地域性を考慮し、表-5 に示す二層式低騒音舗装3箇所、比較舗装(密粒度改質II型)1箇所を選出して行ってきた。表-5におけるサンプルは、1車線×20mの1区間をいう。したがって、①耐塑性流動性能1サンプルは1区間測定値の平均値、②耐ひびわれ性能1サンプルは1区間の面積に対する測定値、③平坦性1サンプルは1区間の延長に対する測定値である。また、2005年度交通量調査結果⁵⁾を、表-6に示す。

(1) 耐塑性流動性能 (わだち掘れ量)

耐塑性流動性能の指標は、平均わだち掘れ量であり、舗装路面に対する路面性状測定車により測定した⁶⁾。

概ね、供用開始1年後の2007年1月から2011年2月までの平均わだち掘れ量の推移は、図-5、6に示すとおりである。

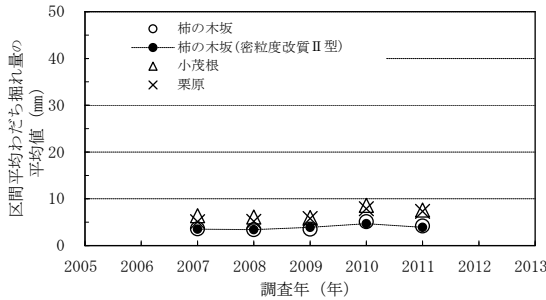
なお、図-5は、縦軸が表-5に示す各調査年サンプル数の“平均わだち掘れ量の平均値 (以下、区間平均わだち掘れ量の平均値という)”、横軸が調査年を表している。また、図-6は、縦軸が“区間平均わだち掘れ量の平均値+3×標準偏差”、横軸が調査年を表している。

表-5 舗装の基本的性能の追跡調査箇所

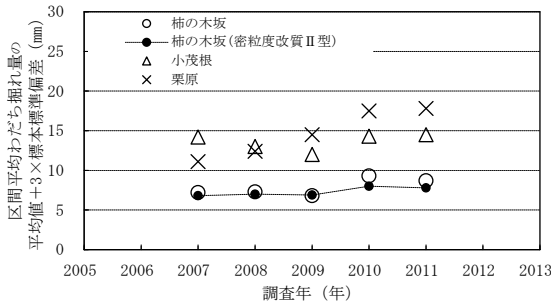
箇所名	舗装種類	路線名	施工年月	各調査年のサンプル数				
				調査年月				
				2007年1月	2008年1月	2009年2月	2010年2月	2011年2月
目黒区柿の木坂	二層式低騒音舗装	環七通り	2005年10月	61	61	60	64	63
	比較舗装 (密粒度改質II型)			28	28	29	30	27
板橋区小茂根	二層式低騒音舗装		2005年9月	28	27	27	28	28
足立区栗原	二層式低騒音舗装		2006年2月	71	71	71	73	73

表一六 追跡調査箇所での 2005 年度交通量

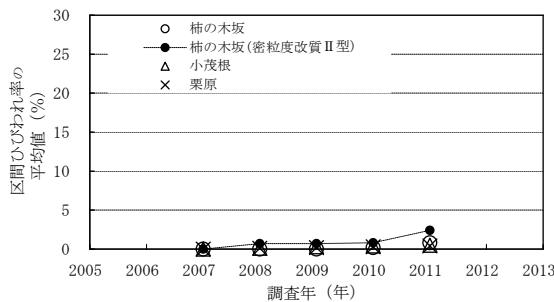
箇所名	舗装種類	路線名	12時間 合計 断面交通量	12時間 大型車 断面交通量	大型車 混入率	昼夜率	伸び率 2005年/1999年	車線数
			台/12h	台/12h	%	%	%	車線
目黒区柿の木坂	二層式低騒音舗装	環状七号線	40642	8905	21.9	—	0.96	4
	比較舗装 (密粒度改質Ⅱ型)							4
板橋区小茂根	二層式低騒音舗装	環状七号線	39566	7342	18.6	1.58	1.05	4
足立区栗原	二層式低騒音舗装	王子金町江戸川線	37183	8504	22.9	1.59	1.08	4



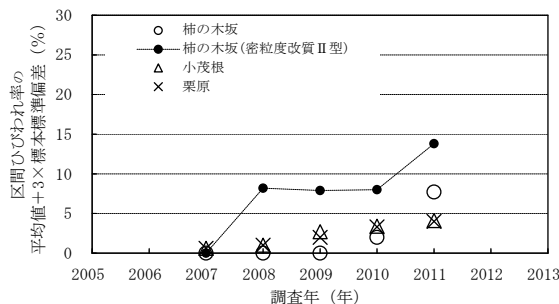
図一五 各施工箇所の“区間平均わだち掘れ量の平均値”



図一六 各施工箇所の“区間平均わだち量の平均値+3×標準標準偏差”



図一七 各施工箇所の“区間ひびわれ率の平均値”



図一八 各施工箇所の“区間ひびわれ率の平均値+3×標準標準偏差”

① 区間平均わだち掘れ量の平均値は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、10mm 以下である。

② 区間平均わだち掘れ量の平均値+3×標本標準偏差は、概ね 5 年経過後においては、比較舗装を含めて、20mm 以下である。

③ ①、②および、都の舗装管理上の平均わだち掘れ量の目安である 25mm 以下であることより、耐塑性流動性能は、評価できるものである。

(2) 耐ひびわれ性能 (ひびわれ率)

耐ひびわれ性能の指標は、ひびわれ率であり、舗装路面に対する路面性状測定車により測定した⁶⁾。

概ね、供用開始 1 年後の 2007 年 1 月から 2011 年 2 月までのひびわれ率の推移は、図一七、八に示すとおりである。

なお、図一七は、縦軸が表一五に示す各調査年サンプル数の“ひびわれ率の平均値 (以下、区間ひびわれ率の平均値という)”，横軸が調査年を表している。また、図一八は、縦軸が“区間ひびわれ率の平均値+3×標本標準偏差”，横軸が調査年を表している。

① 区間ひびわれ率の平均値は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、5%以下である。

② 区間ひびわれ率の平均値+3×標本標準偏差は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、15%以下である。

③ ①、②および、都の舗装管理上のひびわれ率の目安である 15%以下であることより、耐ひびわれ性能は、評価できるものである。

(3) 平たん性 (縦断凹凸量の標本標準偏差σ)

平たん性の指標は、縦断凹凸量の標本標準偏差であり、舗装路面に対する路面性状測定車により測定した⁶⁾。ただし、測定した縦断凹凸量の標本標準偏差は、延長 20m に対するものである。

概ね、供用開始1年後の2007年1月から2011年2月までのひびわれ率の推移は、図-9、10に示すとおりである。

なお、図-9は、縦軸が表-5に示す各調査年サンプル数の“縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値（以下、区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値という）”、横軸が調査年を表している。また、図-10は、縦軸が“区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値+3×標本標準偏差”、横軸が調査年を表している。

- ① 区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値は、概ね5年経過後においても、比較舗装を含めて、2.5mm以下である。
- ② 区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値+3×標本標準偏差は、概ね5年経過後においても、比較舗装を含めて、6.0mm以下である。
- ③ ①と②、および都の舗装管理上の縦断凹凸量の標本標準偏差の目安である6mm以下であること、区間縦断凹凸量の標本標準偏差の測定延長が20mであることを考慮し、平たん性は、評価できるものである。

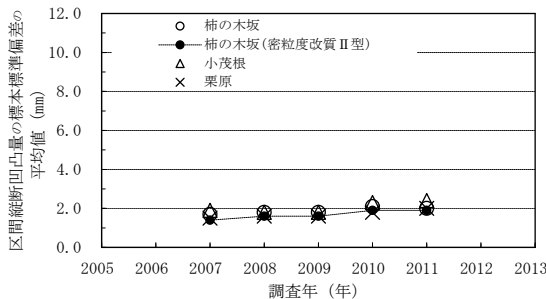


図-9 各施工箇所の
“区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値”

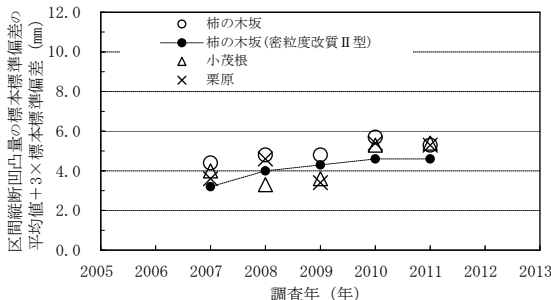


図-10 各施工箇所の“区間縦断凹凸量の
標本標準偏差の平均値+3×標本標準偏差”

5. 低騒音舗装としての固有の性能

供用開始直後（施工直後）の性能については、2010年度の当センターの年報²⁾において報告している。本文では、二層式低騒音舗装に対するタイヤ/路面騒音⁷⁾の2010年度までの追跡調査データ、および新たに収集した2008～2010年度の施工管理データを加えた2005～2010年度の施工管理データを整理し、低騒音舗装としての固有の性能である騒音低減性能について報告する。

なお、タイヤ/路面騒音は、A特性で重み付けした音圧レベルである。

(1) 施工直後のタイヤ/路面騒音

2005～2010年度に施工した二層式低騒音舗装施工箇所の中で施工直後タイヤ/路面騒音を計測している42か所について整理した。施工直後タイヤ/路面騒音のオールパスレベルの度数分布を図-11に示す。なお、比較のため、図中下側に、13mmtop低騒音舗装の施工直後におけるタイヤ/路面騒音の度数分布を示す。

横軸はタイヤ/路面騒音を単位とする度数分布の階級、縦軸左は相対度数（実測度数/全度数）、縦軸右は累積相対度数を表す。なお、図に示す横軸の数値は、階級下限値である。

- ① 二層式低騒音舗装42か所の施工直後のタイヤ/路面騒音は、平均値87.9dB、標本標準偏差1.2dB、最小値85.2dB、最大値90.6dBである。
- ② 13mmtop低騒音舗装の施工直後のタイヤ/路面騒音は、当センターの既存調査データより、平均値89.2dB、標本標準偏差1.0dB、最小値87.7dB、最大値91.5dBである⁸⁾。
- ③ 施工直後のタイヤ/路面騒音は、平均値で、二層式低騒音舗装が13mmtop低騒音舗装より1.3dB小さい。
- ④ モードは、二層式低騒音舗装、13mmtop低騒音舗装とも、88dB以上89dB未満の範囲である。
- ⑤ モードの範囲は同一であるが、相対度数は、二層式低騒音舗装0.36、13mmtop低騒音舗装0.44と二層式低騒音舗装が小さい。
- ⑥ 88dB未満までの累積相対度数は、二層式低騒音舗装0.48、13mmtop低騒音舗装0.06であり、二層式低騒音舗装は13mmtop低騒音舗装の約8倍である。
- ⑦ 89dB未満までの累積相対度数は、二層式低騒音舗

装 0.83、13mmtop 低騒音舗装 0.50 である。

- ⑧ 89 dB 以上の相対度数は、二層式低騒音舗装 0.17、13mmtop 低騒音舗装 0.50 であり、二層式低騒音舗装

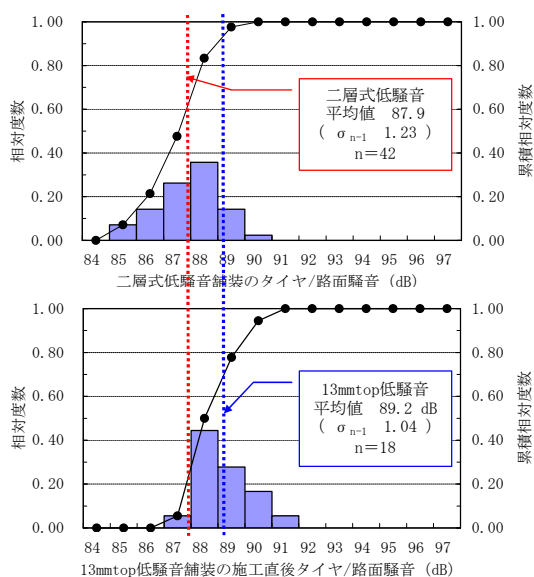


図-11 二層式低騒音舗装(計測した全箇所)と 13mmtop 低騒音舗装の施工直後タイヤ/路面騒音の度数分布

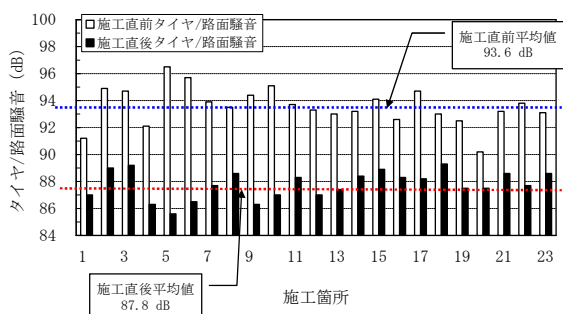


図-12 施工の直前・直後のタイヤ/路面騒音の比較

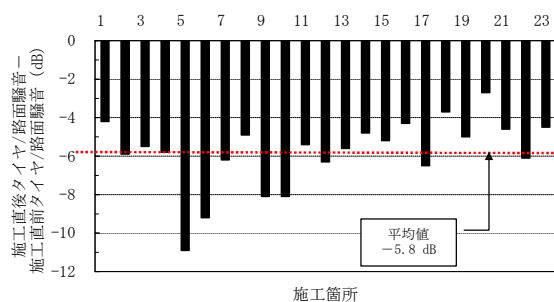


図-13 施工の直前・直後のタイヤ/路面騒音の差

は、13mmtop 低騒音舗装の約 1/3 である。

- ⑨ 90 dB 未満までの累積相対度数は、二層式低騒音舗装 0.98、13mmtop 低騒音舗装 0.78 である。
 ⑩ ③~⑨より、施工直後タイヤ/路面騒音は、二層式低騒音舗装が 13mmtop 低騒音舗装より小さいと評価できる。

(2) 施工の直前・直後のタイヤ/路面騒音の比較

二層式低騒音舗装の施工直前・直後に計測したタイヤ/路面騒音のオールパスレベルを図-12 に示す。

施工の直前・直後を計測している箇所は、23 か所である。横軸は施工箇所番号、縦軸は各施工箇所のタイヤ/路面騒音である。図-13 には、施工直後タイヤ/路面騒音と施工直前タイヤ/路面騒音の差を示す。横軸は施工箇所番号、縦軸は各施工箇所のタイヤ/路面騒音の差(施工直後タイヤ/路面騒音-施工直前タイヤ/路面騒音)である。また、図-14、15、16 には、施工直前タイヤ/路面騒音、施工直後タイヤ/路面騒音、施工直前直後タイヤ/路面騒音差の度数分布を示す。

なお、施工前の舗装は、13mmtop 低騒音舗装である。すなわち、13mmtop 低騒音舗装から二層式低騒音舗装への打換えである。

- ① 施工直前タイヤ/路面騒音の平均値は 93.6 dB、標準偏差は 1.4 dB、最大値は 96.5 dB、最小値は 90.2 dB である。
 ② 施工直後タイヤ/路面騒音の平均値は 87.8 dB、標準偏差は 1.0 dB、最大値は 89.3 dB、最小値は 85.6 dB である。
 ③ タイヤ/路面騒音の差(施工直後タイヤ/路面騒音-施工直前タイヤ/路面騒音)の平均値は -5.8 dB、標準偏差は 1.8 dB、最大値は -2.7 dB、最小値は -10.9 dB である。

上記した施工直前・直後のタイヤ/路面騒音を異なる視点で整理したものを図-17 に示す。図-17 は、横軸を施工直後タイヤ/路面騒音のオールパスレベル、縦軸を施工直前タイヤ/路面騒音のオールパスレベルとしたタイヤ/路面騒音の施工直前・直後を比較した図である。図-17 中の 3 組の直行直線は、密粒度アスファルト舗装、13mmtop 低騒音舗装、二層式低騒音舗装の各路面の施工直後タイヤ/路面騒音の平均値である。

- ① 二層式低騒音舗装の施工直前の 13mmtop 低騒音舗

装の路面においては、当然であるが全ての施工箇所
で 13mmtop 低騒音舗装路面のタイヤ/路面騒音の平均
値 89.2 dB を上回っており、密粒度アスファルト舗
装路面における施工直後のタイヤ/路面騒音の平均
値 95.5 dB 側にある。

- ② ①のうち、2 施工箇所では、密粒度アスファルト
舗装路面における施工直後のタイヤ/路面騒音の平
均値 95.5 dB を上回っている。

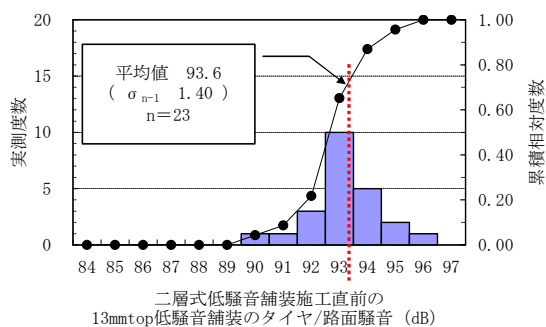


図-14 二層式低騒音舗装施工直前の 13mmtop 低騒音
舗装のタイヤ/路面騒音の度数分布

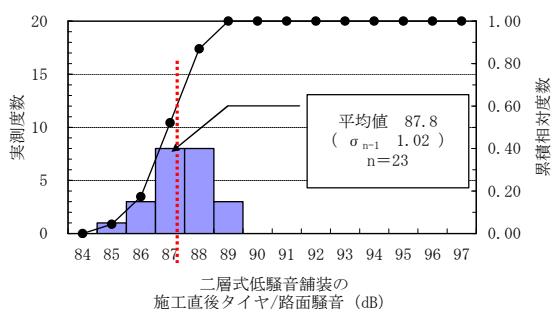


図-15 二層式低騒音舗装の
施工直後タイヤ/路面騒音の度数分布

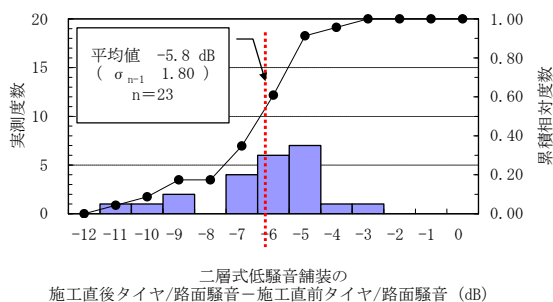


図-16 二層式低騒音舗装の 施工直後タイヤ/路面騒音
ー施工直前タイヤ/路面騒音 の度数分布

③ 施工直後の二層式低騒音舗装の路面においては、
全ての施工箇所では 13mmtop 低騒音舗装路面のタイヤ
/路面騒音の平均値 89.2 dB を下回っている。

- ④ 現在の低騒音舗装に対する路面補修工事の要因は
路面性状の劣化であるが、このときの騒音低減性能
の低下状況は、図-14 に示すとおり、タイヤ/路面騒
音で、平均値 93.6 dB、標本標準偏差 1.4 dB、最大値
96.5 dB、最小値 90.2 dB である。

(3) タイヤ/路面騒音の推移

1) 測定箇所

二層式低騒音舗装および 13mmtop 低騒音舗装に対す
るタイヤ/路面騒音の追跡調査行った箇所をそれぞれ
表-7、8 に示す。

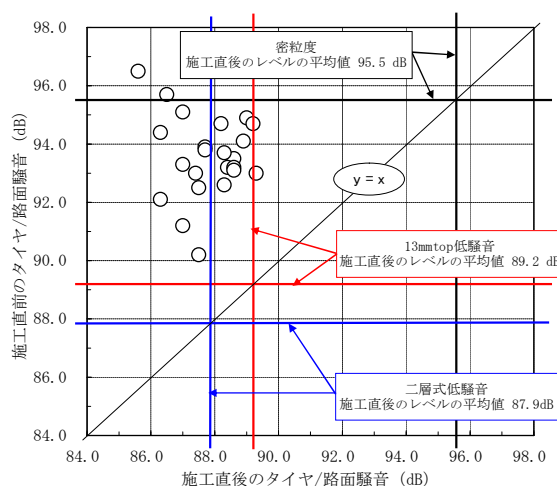


図-17 施工直後タイヤ/路面騒音と
施工直前タイヤ/路面騒音

表-7 二層式低騒音舗装のタイヤ/路面騒音調査箇所

番号 No.	道路名		施行箇所			建設 事務所
	路線名	番号	通称	区市町村名	町名 丁目(字)	
1	主 環状七号線	318	環七通り	目黒区	柿の木坂1~碑文谷5	二建
2	主 環状七号線	318	環七通り	大田区	南馬込1~上池台4	
3	主 環状七号線	318	環七通り	大田区	北千束1~目黒区南1	
4	主 環状七号線	318	環七通り	大田区	大森西2~大森北6	
5	主 環状七号線	318	環七通り	中野区	野方6~丸山1	三建
6	主 環状七号線	318	環七通り	板橋区	小茂根3	四建
7	主 環状七号線	318	環七通り	板橋区	富士見町~大和町	
8	主 環状七号線	318	環七通り	江戸川区	一之江1~西一之江2	五建
9	主 環状七号線	318	環七通り	葛飾区	高砂1~奥戸7	
10	主 環状七号線	318	環七通り	江戸川区	春江4~西瑞江5	
11	主 王子金町江戸川線	307	環七通り	足立区	栗原3~西新井栄町2	六建

表-8 13mmtop 低騒音舗装のタイヤ/路面騒音調査箇所

番号 No.	道路名			施行箇所			建設事務所
	路線名	番号	通称	区市町村名	町名	丁目(字)	
1	主 環状七号線	318	環七通り	目黒区	柿の木坂3~世田谷区野沢2		二建
2	主 環状七号線	318	環七通り	目黒区	柿の木坂2		
3	主 環状七号線	318	環七通り	目黒区	南3		
4	主 環状七号線	318	環七通り	目黒区	南1		
5	主 環状七号線	318	環七通り	世田谷区	野沢4~上馬2		
6	主 環状七号線	318	環七通り	世田谷区	若林5~代田1		
7	主 環状七号線	318	環七通り	世田谷区	代田3~代田5		
8	特 南田中町旭町線	443	世目通り	練馬区	高野台3~高野台4		四建
9	特 赤羽西台線	447	高島通り	板橋区	高島平		
10	特 長後赤塚線	446	高島通り	板橋区	坂下		
11	主 環状七号線	318	環七通り	江東区	新砂1		五建

2) 供用月数に対するタイヤ/路面騒音の推移

二層式低騒音舗装および13mmtop 低騒音舗装の供用月数（横軸）に対するタイヤ/路面騒音のオールパスレベル（縦軸）の推移を図-18 に示す。図-18 において、13mmtop 低騒音舗装は ○、二層式低騒音舗装は ● である。

① 図-18 は、66 か月（6年弱程度）供用した時点でも、二層式低騒音舗装が、供用開始直後のタイヤ/路面騒音の差 1~2 dB を維持し、下回っていることを示している。

3) 累積交通量に対するタイヤ/路面騒音の推移

供用月数に対する推移を、断面交通量^{5), 9)}の一車線換算累積交通量で表したものが図-19、20 である。なお、図-19 は一車線換算の累積合計交通量、図-20 は一車線換算の累積大型車交通量に対するタイヤ/路面騒音のオールパスレベルの推移である。

① 図-19 は、一車線換算の累積合計交通量が 29 百万台/車線 程度供用した時点でも、二層式低騒音舗装が、供用開始直後のタイヤ/路面騒音の差 1~2 dB を維持し、下回っていることを示している。

② 図-20 は、一車線換算の累積大型車交通量が 6.5 百万台/車線 程度供用した時点でも、二層式低騒音舗装が、供用開始直後のタイヤ/路面騒音の差 1~2 dB を維持し、下回っていることを示している。

4) タイヤ/路面騒音の周波数特性の経年推移

2005~2010 年度まで追跡調査した二層式低騒音舗装のタイヤ/路面騒音に対する 1/3 オクターブバンド分析

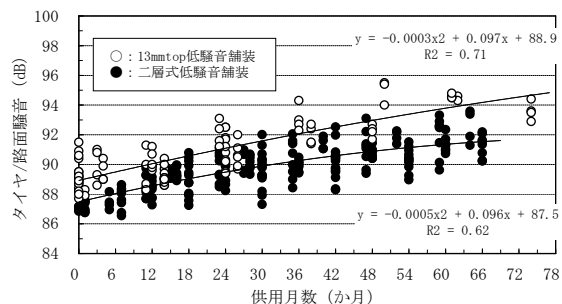


図-18 供用月数に対するタイヤ/路面騒音の推移

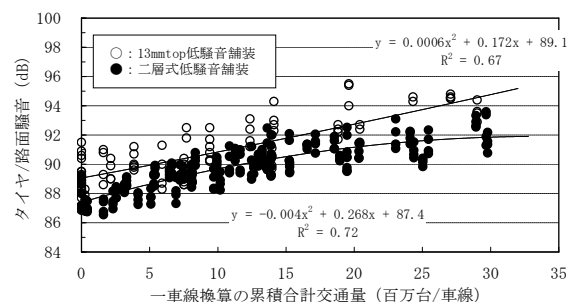


図-19 一車線換算の累積合計交通量に対するタイヤ/路面騒音の推移

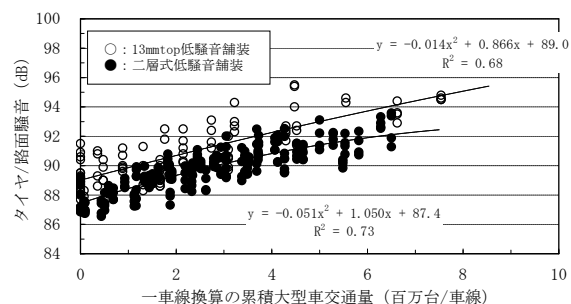


図-20 一車線換算の累積大型車交通量に対するタイヤ/路面騒音の推移

による周波数特性の経年推移を図-21 に示す。また、図-21 に、比較として、2010 年度に調査した密粒度アスファルト舗装のタイヤ/路面騒音に対する 1/3 オクターブバンド分析による周波数特性を示す。横軸は、1/3 オクターブバンド周波数帯、縦軸はタイヤ/路面騒音のバンドパスの音圧レベルである。横軸である周波数帯の左端に示す ap は、各調査年度のタイヤ/路面騒音のオールパスの音圧レベルである。なお、図-21 に示す

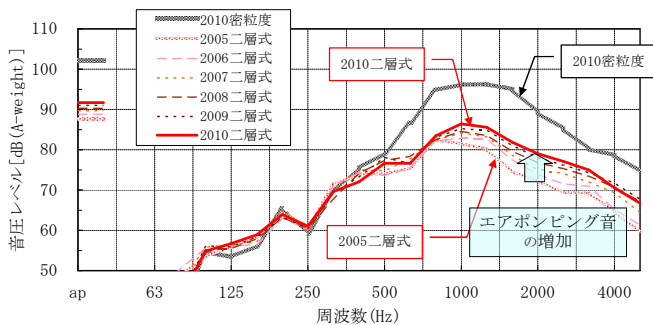


図-21 二層式低騒音舗装の周波数特性の経年推移

周波数特性は、各調査年度とも、二層式低騒音舗装 11 か所の周波数特性のエネルギー平均値である。

- ① 1000Hz 以上の周波数帯で音圧レベルが増加している。
- ② 目視では舗装の路面性状に大きな変化は見られない箇所が多いことから、路面の粗さによって引き起こされるタイヤの振動ノイズが増加していることは考えにくい。
- ③ この音圧レベルの増加は、空隙の減少により引き起こされたエアポンピング音によるものと推測する。

6. まとめと考察

(1) 舗装としての基本的性能

1) 耐塑性流動性能（わだち掘れ量）

- ① 区間平均わだち掘れ量の平均値は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、10mm 以下である。
- ② 区間平均わだち掘れ量の平均値+3×標準偏差は、概ね 5 年経過後においては、比較舗装を含めて、20mm 以下である。
- ③ ①、②および、都の舗装管理上の平均わだち掘れ量の目安である 25mm 以下であることより、耐塑性流動性能は、評価できるものである。

2) 耐ひびわれ性能（ひびわれ率）

- ① 区間ひびわれ率の平均値は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、5%以下である。
- ② 区間ひびわれ率の平均値+3×標準偏差は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、15%以下である。

- ③ ①、②および、都の舗装管理上のひびわれ率の目安である 15%以下であることより、耐ひびわれ性能は、評価できるものである。

3) 平坦性（縦断凹凸量の標本標準偏差 σ ）

- ① 区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、2.5mm 以下である。
- ② 区間縦断凹凸量の標本標準偏差の平均値+3×標本標準偏差は、概ね 5 年経過後においても、比較舗装を含めて、6.0mm 以下である。
- ③ ①と②、および都の舗装管理上の縦断凹凸量の標本標準偏差の目安である 6mm 以下であること、区間縦断凹凸量の標本標準偏差の測定延長が 20m であることを考慮し、平坦性は、評価できるものである。

(2) 低騒音舗装としての性能

1) 施工の直前・直後のタイヤ/路面騒音

- ① 二層式低騒音舗装 42 か所の施工直後のタイヤ/路面騒音は、平均値 87.9 dB、標本標準偏差 1.2 dB、最小値 85.2 dB、最大値 90.6 dB である。
 - ② 13mmtop 低騒音舗装の施工直後のタイヤ/路面騒音は、当センターの既存調査データより、平均値 89.2 dB、標本標準偏差 1.0 dB、最小値 87.7 dB、最大値 91.5 dB である。
 - ③ 施工直後の供用開始時のタイヤ/路面騒音は、1998～2003 年度に実施した試験施工 7 か所において平均値 86.1 dB、標本標準偏差 1.4 dB、最小値 85.1dB、最大値 89.1dB であった。それに対して、2005 年度本格導入開始以降 2010 年度までの本格施工 42 か所におけるタイヤ/路面騒音は、平均値 87.9 dB、標本標準偏差 1.2 dB、最小値 85.2 dB、最大値 90.6 dB である。13mmtop 低騒音舗装より優れた騒音低減性能を有しているが、試験施工のそれより平均値で 1.8 dB 上回る結果となっている。
 - ④ 現在の低騒音舗装に対する路面補修工事の要因は路面性状の劣化であるが、このときの騒音低減性能の低下状況は、タイヤ/路面騒音で、平均値 93.6 dB、標本標準偏差 1.4 dB、最大値 96.5 dB、最小値 90.2 dB である。
- #### 2) タイヤ/路面騒音の推移
- ① 供用月数で 66 か月（6 年弱程度）、一車線換算の

累積合計交通量で 29 百万台/車線、一車線換算の累積大型車交通量で 6.5 百万台/車線、供用した時点でも、二層式低騒音舗装が、供用開始直後のタイヤ/路面騒音のオールパスの音圧レベルの差 1~2 dB を維持し、下回っている。

- ② 1000Hz 以上の周波数帯で音圧レベルが増加している。目視では舗装の路面性状に大きな変化は見られない箇所が多いことから、路面の粗さによって引き起こされるタイヤの振動ノイズが増加していることは考えにくい。このため、音圧レベルの増加は、舗装空隙の詰まりや潰れによる舗装の空隙減少で引き起こされるエアポンピング音によるものと推測する。

(3) 今後の課題

- ① 低騒音舗装を管理していく上で必要な騒音低減効果を評価する方法として有効な“試験車走行によるタイヤ/路面騒音”と“道路交通騒音の指標である沿道における環境騒音”との関係が未解明である。データ数が多くないため本文では示していないが、各種舗装路面におけるタイヤ/路面騒音とその舗装に対応する走行車の騒音パワーレベルを計測し、タイヤ/路面騒音と沿道における環境騒音とを関係づけるための検討を行っている。結果、大型車および小型車に対する 2 種類の工学的に有意な相関を有する騒音パワーレベルの予測式 $L_{wA} = f(\text{タイヤ/路面騒音, 走行速度})$ を得ている。

今後、このような調査を継続し、より高い説明力を有する予測式の確立を進めていく。

- ② 本調査において、供用後の二層式低騒音舗装、13mmtop 低騒音舗装のタイヤ/路面騒音は、密粒度アスファルト舗装のそれを超過している箇所はない。一般的に騒音低減性能をもつ舗装は、密粒度アスファルト舗装と比較すると、舗装表面のテクスチャが粗く、そのため舗装表面での空気の圧縮膨張が妨げられエアポンピング音が小さくなり、結果、タイヤ/路面騒音の増加が抑制される。しかし、二層式低騒音舗装、13mmtop 低騒音舗装のように舗装内部に空隙が確保されている場合、元々のエアポンピング音は小さいために、舗装表面のテクスチャが粗くなることによるエアポンピング音の低減効果はなく、逆

にタイヤ加振音の増加により、タイヤ/路面騒音は増加する。

このように深さ方向も含めた舗装表面の形状は、タイヤ/路面騒音に影響を与えているものと考えられるが、舗装内部の空隙の質(連続性)と量(割合)、テクスチャ、併せて硬さにより、タイヤ/路面騒音に与える影響は異なるものと考えられる。

今後、空隙、テクスチャ、硬さを表す指標を設定し、タイヤ/路面騒音と同時に調査することにより、タイヤ/路面騒音のより詳細な発生メカニズムをつかむことが期待される。

7. おわりに

本文は、騒音低減性能をもつ舗装の性能維持向上のための調査・開発を目的として実施している継続的なタイヤ/路面騒音調査および実施工事の施工管理データにより蓄積してきた騒音データや路面性能について分析、整理したものである。その結果、二層式低騒音舗装は一車線換算の累積合計交通量 29 百万台/車線程度、累積大型車交通量 6.5 百万台/車線程度、供用月数にして 66 か月(環状七号線、6 年弱)供用した時点でも 13mmtop 低騒音舗装よりタイヤ/路面騒音という指標で 1~2 dB の低減性能を有していることを確認した。

13mmtop 低騒音舗装は、1987 年度検証開始、1995 年度本格施工開始し沿道整備道路に適用、同年度に夜間要請限度超過区間に適用拡大、2004 年度より夜間環境基準超過区間に拡大適用している。本格施工の適用実績は 16 年、試験施工追跡調査期間を加えれば 24 年に及んでいる。二層式低騒音舗装は、1998 年度検証開始、2005 年度より本格施工開始し優先的対策道路区間に適用している。本格施工の適用実績はまだ 6 年と浅いが、優れた騒音低減性能をもつ舗装として適用している。

道路敷地内での沿道環境騒音低減の技術として防音壁や環境緑地帯などがあるが、現在、構築しやすい低減技術としては本文で取り上げた騒音低減性能をもつ舗装である。しかし、空隙を有する舗装であるがゆえに発生しやすい混合物のはく脱飛散、性能維持のための方法、舗装修繕時に発生する混合物廃材の再生な

ど克服すべき問題点を残したまま社会の要請に応える形で導入するにいたっている。また、環境影響評価において適用している(社)日本音響学会の道路交通騒音予測式 ASJ RTN-Model 2008 には、舗装路面として 13mmtop 低騒音舗装が考慮されているが、二層式低騒音舗装は適用実績が浅いため考慮されていない。道路交通騒音予測に二層式低騒音舗装が適用されるべくその性能の追及に努めていく。

以上の認識の下に、今後も引き続き騒音低減性能をもつ舗装の性能維持向上のため調査検討を実施していく。

最後に、この調査に関する当土木技術支援・人材育成センターとの合同検証者として多大なるご協力をいただいた東京都建設局道路管理部保全課の各位に対して、深甚なる感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 東京都建設局(2010)：平成 22 年度道路工事設計基準、平 22
- 2) 田中輝栄(2010)：本格施工による二層式低騒音舗装の性能の評価、平 22 都土木技術支援・人材育成センター年報、27-39
- 3) 東京都建設局(2011)：平成 23 年 土木材料仕様書、平成 23 年 4 月
- 4) 東京都建設局道路管理部(2008)：二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)、平成 20 年 4 月
- 5) 東京都建設局道路建設部(2006)：平成 17 年度全国道路・街路交通情勢調査(道路交通センサス)一般交通量調査 交通量調査報告書、平成 18 年 10 月
- 6) (社)日本道路協会(2007)：舗装調査・試験法便覧(第 1 分冊)、147-176、平成 19 年 6 月、丸善(株)
- 7) (社)日本道路協会(2006)：舗装性能評価法―必須および主要な性能指標の評価法編一、54-62、平成 18 年 1 月、丸善(株)
- 8) 田中輝栄(2008)：騒音低減性能をもつ舗装のタイヤ/路面騒音、平 20 都土木技術センター年報、51-62
- 9) 東京都建設局道路建設部(1998)：平成 9 年度全国道路交通情勢調査(道路交通センサス) 交通量調査報告書、平成 10 年 12 月