

積雪寒冷地における環境負荷低減舗装技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 20～平 23

担当チーム：寒地道路研究グループ

寒地道路保全チーム

研究担当者：熊谷政行、丸山記美雄、安倍隆二、

布施浩司

【要旨】

北海道の国道で施工される排水性舗装は、積雪寒冷な気候やタイヤチェーンなどの影響により、騒音低減機能や透水機能が早期に低下する傾向が見られる。このため、積雪寒冷地に適した耐久性が高く、騒音低減効果の持続性の高い低騒音舗装が望まれている。本研究では、積雪寒冷地に適した低騒音舗装の提案を行うことを目的として、異なる種類のアスファルト混合物を用いた低騒音舗装の室内試験や試験施工を行い、アスファルト混合物としての耐久性や騒音低減効果の持続性等について調査を行った。その結果から、積雪寒冷地に適した低騒音舗装として、空隙率の低い排水性舗装および機能性 SMA、積雪寒冷地用高耐久アスファルトバインダーを使用した混合物の低騒音舗装としての可能性についての検討し、積雪寒冷地に適した低騒音舗装を提案した。

キーワード：積雪寒冷地、低騒音舗装、排水性舗装、機能性 SMA、耐久性

1. はじめに

北海道の国道で施工される排水性舗装は、平成 14 年度より空隙率 17%を標準としている（平成 13 年度までは空隙率 20%が標準）。しかし、積雪寒冷な気候やタイヤチェーンなどの影響による、排水性舗装の破損（写真-1）や、パッチング等による補修により、騒音低減機能や透水機能が早期に低下する傾向が見られる。このため、積雪寒冷地に適した耐久性が高く、騒音低減効果の持続性の高い舗装が望まれている。

本報告では、積雪寒冷地に適した低騒音舗装の提案を行うことを目的として、空隙率の低い排水性舗装、機能性 SMA、積雪寒冷地用高耐久アスファルトバインダーを使用した混合物の室内試験および試験施工を行い、初期および経年変化後の耐久性、騒音低減効果について調査を行なった。その結果から、積雪寒冷地に適した低騒音舗装を提案した。

2. 研究方法

積雪寒冷地に適した低騒音舗装を検討するため、以下の調査を実施した。

① 現道における排水性舗装の実態調査

現況の排水性舗装の破損傾向を調査し、破損形態、耐久年数、および騒音低減効果の持続性等を確認した。

② 室内試験による評価

積雪寒冷地における低騒音舗装として可能性があるアスファルト混合物を選定し、室内試験を行い、耐久性や騒音低減効果を把握した。

③ 試験施工による評価

低騒音舗装の試験施工を実施し、耐久性や騒音低減効果を把握した。



写真-1 排水性舗装の破損状況

3. 現道における排水性舗装の実態調査

3.1 実態調査の研究方法

一般国道で施工されている排水性舗装は平成 14 年度より空隙率 17%を標準とし、低温カンタプロ損失率は 20%以下という規格値を設定している。平成 13 年度以前に施工された排水性舗装は、空隙率 20%が標準となっており、低温カンタプロ損失率については、現在の規格値 20%以下を満足していない箇所が多数みられる状況であった。近年、排水性舗装の破損が顕著に見られ、パッチング等により補修している箇所が多くみられる。そこで、札幌道路事務所管内で排水性舗装の破損状況調査を行い、破損の傾向を把握した。なお、実態調査は平成 20 年度と平成 23 年度に実施した。

3.2 路線別排水性舗装の破損傾向

札幌道路事務所管内の排水性舗装施工箇所（上下車線合計 L=約 160km）において、車内目視により破損箇所数を集計した。対象路線は、一般国道 5 号、12 号、36 号、230 号、231 号、274 号、275 号、453 号である。破損とは、パッチング、ポットホール、剥がれを示している。路線別に 100m 当たりの破損箇所数を算出した結果を図-1 に示す。230 号、231 号、274 号で比較的破損箇所数が少ない傾向となっており、路線毎に破損の箇所数が違う傾向が見られる。

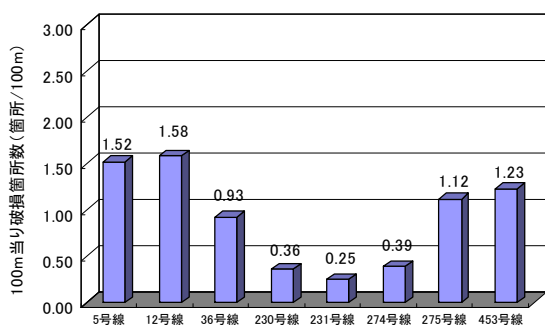


図-1 排水性舗装破損状況

3.3 路線別、施工年度別排水性舗装の破損状況

さらに詳細を把握するため、路線別、施工年度別に破損状況を集計した。集計結果を図-2~9 に示す。

排水性舗装は H14 年度から空隙率 17%を標準としているが、H13 以前は空隙率 20%が標準となっていた。比較的 H13 年度施工箇所破損が多く現れているが、これは、空隙率 20%で施工されていた箇所が多く破損しているためと考えられる。H12 年度施工箇所は破損箇所が少ないが、これは排水性舗装箇所を補修したことにより少ない値となっていると考えられる。H14 年度以降の施工

箇所においては、空隙率 17%で施工されていることもあり、比較的破損が少ない傾向となっている。

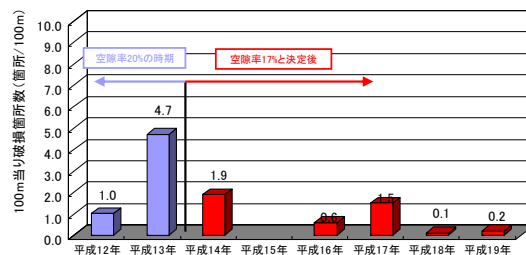


図-2 一般国道 5 号の破損状況

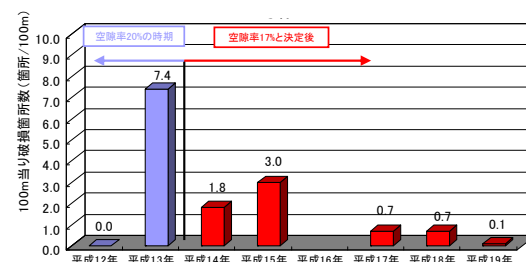


図-3 一般国道 12 号の破損状況

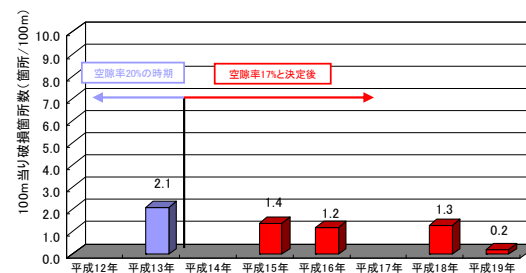


図-4 一般国道 36 号の破損状況

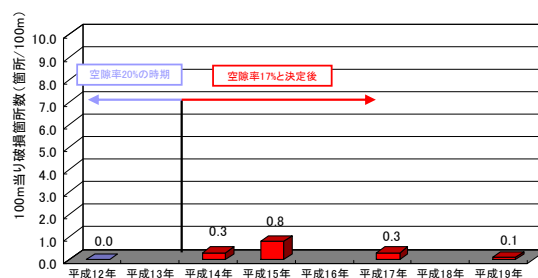


図-5 一般国道 230 号の破損状況

表-1 排水性舗装の補修時期

施工年次	施工箇所数 (工区)	補修時期			
		補修無	5年後	6年後	7年後
H12施工	6工区	2	※一部補修箇所有	4	※一部補修箇所有
H13施工	9工区	3		4	2
H14施工	9工区	4	2	3	
H15施工	8工区	7	1		

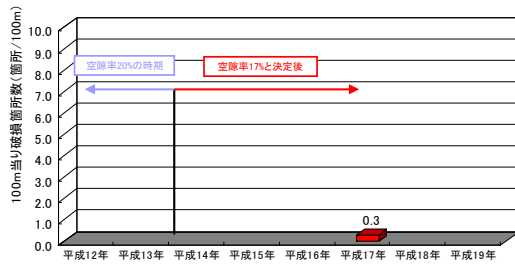


図-6 一般国道 231 号の破損状況

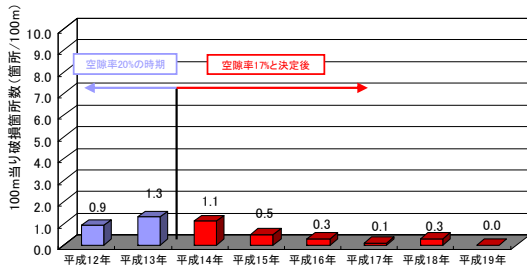


図-7 一般国道 274 号の破損状況

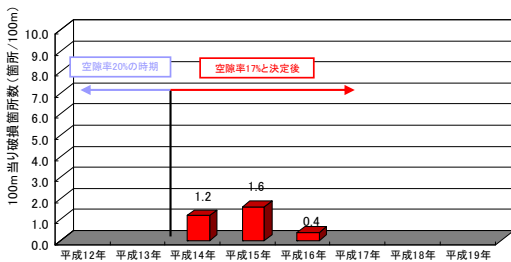


図-8 一般国道 275 号の破損状況

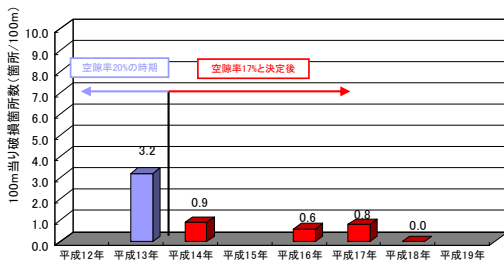


図-9 一般国道 453 号の破損状況

3.4 空隙率 17%の排水性舗装の破損状況及び補修時期

排水性舗装の補修サイクル(札幌道路事務所の施工実績より)は、概ね5~7年程度となっている(表-1)。平成13年度以前(空隙率20%が標準)に施工された箇所は施工後6年程度経過で補修している状況が多く見られる。平成14年度(空隙率17%を標準)以降に施工した箇所においても、排水性舗装の破損が著しいため、施工後6年で補修している状況も確認された。

空隙率 17%の排水性舗装の耐久年数と破損形態を更に把握するため、札幌市内の一般国道 12 号と 36 号において、パッチングによる補修箇所および剥離等の破損状況箇所の調査を行い、300m区間ごとに各路線のはく離率とパッチング率の合計(以下、破損率)を集計した。今回の調査箇所は、平成 17 年度以降に施工した空隙率 17%の箇所である。

一般国道 12 号の調査結果を図-10 に示す。施工後 4 年までの破損率は低いが、施工 5 年後以降は増加している。なお、上り線、下り線による破損傾向の差はあまり見られない。

図-11 に一般国道 36 号の破損状況を示す。施工後 5 年以降の破損率が増加していることが確認できる。この傾向は一般国道 12 号の調査結果と同じである。一般国道 36 号の上り線と下り線で破損率の差が大きい。この理由としては上り線にバスレーンがあり、カラー舗装の著しい破損が原因となっている。

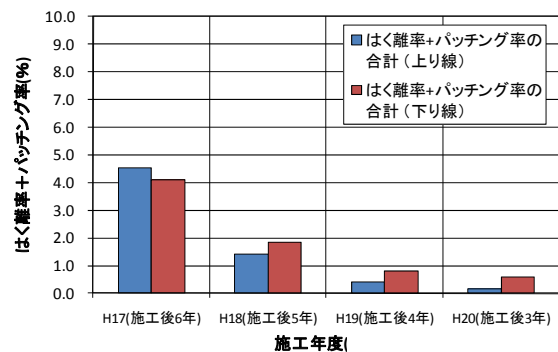


図-10 一般国道 12 号の破損状況 (空隙率 17%)

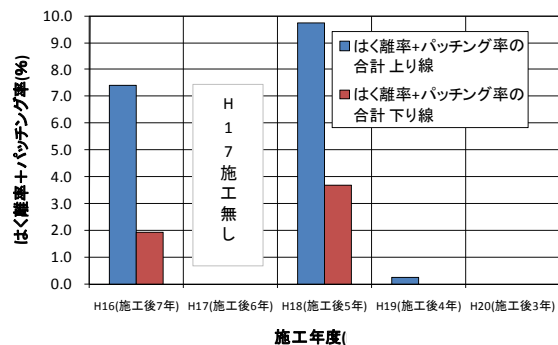


図-11 一般国道 36 号の破損状況 (空隙率 17%)

3.5 排水性舗装の破損箇所の特徴

現地調査より得られた、積雪寒冷地における排水性舗装の破損の特徴を以下に示す。

① 除雪車等による骨材飛散

写真-2 に排水性舗装箇所における骨材の飛散状況を示す。春期になるとこのような骨材飛散が多く見られる。この原因は除雪車のスチールエッジによる除雪作業の影響が大きいと推察される。

② 据えきりによる破損

排水性舗装の破損としては、車輛の据えきり作用によるはく離や補修跡が、取付道路や交差点付近に多く見られる(写真-3)。

③ 車両の発進・停止による破損

交差点付近のパッチング跡が多く見受けられる(写真-4)。破損の原因は、車輛の発進・停止の頻度が高いため、タイヤの急速な回転やブレーキによる骨材飛散と推察される。

④ 施工継ぎ目部の破損

写真-5 に示す施工継ぎ目部の破損も多く見られる。原因としては、寒暖差による温度収縮により施工継ぎ目部が開き、凍結融解作用を受け、破損したと推察される。また、施工継ぎ目部は、舗設時の転圧回数が舗設中央部と比較が少ないため、締固め度が中央部より小さいことも破損の要因と推察される。



写真-2 除雪車等による骨材飛散



写真-3 車輛の据えきりによる破損



写真-4 車両の発進・停止による破損



写真-5 施工継ぎ目部の破損

3.6 補修面積率とタイヤ/路面騒音値の関係

補修面積率の違う工区において舗装路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音の測定を実施した(写真-6)。補修面積率が高くなると、タイヤ/路面騒音値も高くなる傾向となっている。密粒度舗装の一般的なタイヤ/路面騒音値である 98dB 程度付近となり、騒音低減効果が低下している。(図-12)

ここで補修面積率とはレール状のパッチングの延長方向の長さや規模の大小に関わらず、パッチングが施されている部分を損傷が発生した部位として取り扱うこととし、評価を行う路面の全面積に対して密粒度混合物で補修が実施されている面積の割合と定義している。



写真-6 舗装路面騒音測定車

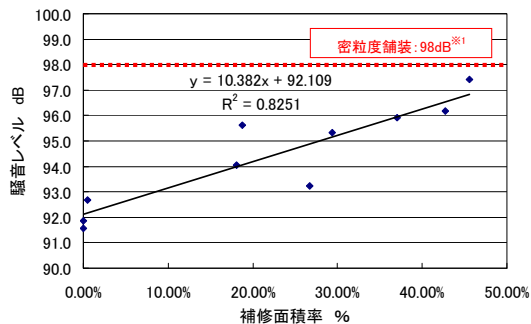


図-12 補修面積率とタイヤ/路面騒音値の関係

3.7 タイヤ/路面騒音の測定結果

過年度に施工した排水性舗装において、舗装路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音を測定している。空隙率17%で施工された排水性舗装のタイヤ/路面騒音値の経年変化を図-13に示す。図に示す通り、約5年程度でタイヤ/路面騒音値の上昇傾向が収束してきていることが確認できる。このことから、排水性舗装（空隙率17%）の騒音低減効果は、5年程度と推察される。なお、密粒度舗装のタイヤ/路面騒音値は98dB程度となっており、排水性舗装は密粒度舗装と比較して高い騒音低減効果を有していることが確認できる。

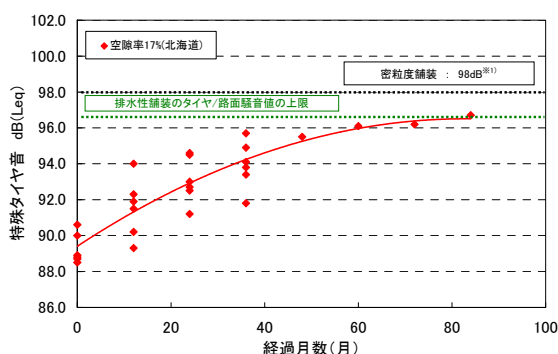


図-13 タイヤ/路面騒音値の経年変化

3.8 路側騒音の経年変化

H18年度環境センサスデータを基に、排水性舗装施工後の路側騒音経年変化を検証した。検証結果を図-14、15に示す。昼間、夜間共に要請限度を超過している箇所があるが、この箇所は、一般国道274号札幌新道の交差点付近や坂道付近であり、走行車両の加速時に発生するエンジン音により路側騒音が高くなっていると考えられる。このような箇所には、空隙率17%では路側騒音の改善効果が低いため、高空隙等、騒音低減効果の高い排水性混合物等の検討が必要と思われる。先に述べた箇所以外は、環境基準は超過しているが、要請限度は超過していない状況となっている。

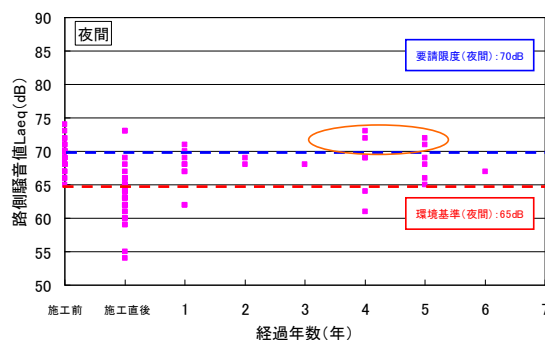


図-14 路側騒音経年変化(昼間)

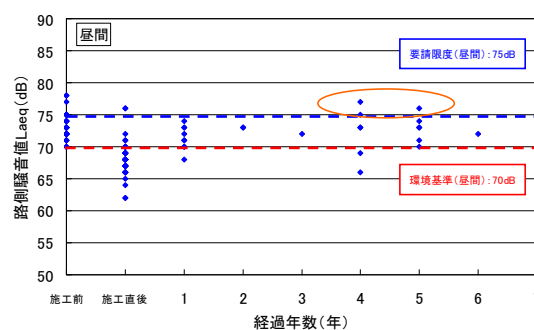


図-15 路側騒音経年変化(夜間)

3.9 排水性舗装の破損傾向と騒音低減効果のまとめ

現況の排水性舗装の実態調査の結果、以下の項目が明らかになった。

- ① 排水性舗装の耐久性は、平成13年以前に施工された空隙率20%の排水性舗装箇所では破損が大きい傾向が見られる。しかしながら、平成14年以降に施工された空隙率17%の排水性舗装箇所でも破損箇所が見られた。
- ② 排水性舗装の破損形態としては、大きく分けると4つのパターンに分類される。
- ③ 空隙率17%の排水性舗装の破損は施工5年程度経過すると、急速に増加する傾向が見られた。
- ④ 空隙率17%の排水性舗装は5～6年程度で補修されている箇所が見られた。
- ⑤ 排水性舗装のタイヤ/路面騒音経年変化から、空隙率17%の排水性舗装の騒音低減効果は5年程度と推察された。
- ⑥ 路側騒音の経年変化から、低騒音対策として実施した排水性舗装の箇所の中では、4～5年度程度で効果が失われる事例が見られた。
- ⑦ 補修面積率の違いによる、タイヤ/路面騒音測定結果から、補修（パッチング）を行うことで騒音低減効果が低下する。

3.10 研究課題の整理とその方向性

排水性舗装の実態調査結果を踏まえ、騒音低減機能を重視する箇所（要請限度超過箇所等）への適用として、高空隙排水性舗装を、耐久性を重視する箇所では、低空隙排水性舗装や機能性 SMA を適用するなど、適材適所に排水性舗装を適用する方向で検討を行った。

① 耐久性重視材料

低空隙（空隙率 12%、15%）排水性舗装、機能性 SMA

騒音低減効果は小さくとも高い耐久性を重視する箇所においては、低空隙等の耐久性重視材料を適用し、耐久性向上を目的とした混合物の適用を検討した。

② 機能性重視材料

高空隙（空隙率 23%）排水性舗装、小粒径排水性舗装（5mm_{top}, 10mm_{top}等）

要請限度超過箇所等、騒音低減効果を重視する箇所において、騒音低減効果の持続性向上を目的とした混合物の適用を検討した。

4. 室内試験による評価

4.1 室内試験の研究手法

室内試験は耐久性重視材料と機能性重視材料の評価を行うため、表-2 に示す室内試験を実施した。また、混合物種別は表-3 に示す混合物について試験を実施した。機能性 SMA は、表面の形状は排水性舗装のように見えるが、内部は緻密な混合物であり、耐久性向上が期待できる混合物である（図-16）。なお、室内試験は5章に示す試験施工で用いた材料で試験を実施した。

表-2 室内試験項目

試験項目	試験方法・試験条件	
耐久性に関する室内試験	低温カンタプロ試験	舗装調査・試験法便覧〔第3分冊による〕
	ホイールラッキング試験	舗装調査・試験法便覧〔第3分冊による〕
	繰返し表面剥奪試験	アスファルト混合物の表面を所定の接地圧、ゴム硬度を有するソリッドタイヤを旋回運動させ車輪の沈下量（剝離深さ）を測定し、混合物の骨材飛散抵抗性を評価する。
		輪荷重 : 686 ± 10N 接地圧 : 628kPa 試験温度 : 60℃ 旋回条件 : 角度90° 2,000回、周波数0.3Hz 試験輪 : 寸法 ソリッドタイヤ φ _{外径} 200 × φ _{内径} 50 × 厚さ15mm 硬度 IIS78 ± 2 (60℃)
騒音低減効果の検証	吸音率試験	垂直入射吸音率測定（管内法） IIS A1405
	連続空隙率測定	舗装調査・試験法便覧〔第3分冊による〕
	開粒度アスファルト混合物の透水試験	舗装調査・試験法便覧〔第3分冊による〕

表-3 室内試験で検討した混合物種別

混合物種別	空隙率	使用したアスファルトバインダー
排水性舗装	空隙率17%	ポリマー改質アスファルトH型
機能性SMA	-	ポリマー改質アスファルトH型
機能性SMA	-	ポリマー改質アスファルトII型
排水性舗装	空隙率15%	ポリマー改質アスファルトH型
排水性舗装	空隙率12%	ポリマー改質アスファルトH型
排水性舗装	空隙率17%	積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルト
排水性舗装	空隙率23%	積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルト

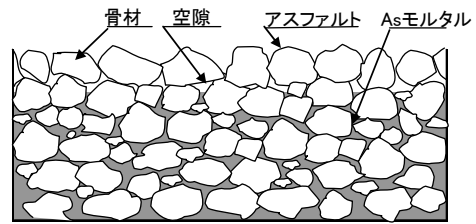


図-16 機能性 SMA の断面図

4.2 室内試験結果

4.2.1 低空隙排水性舗装（空隙率 12%、15%）、機能性 SMA の室内における評価

① 耐久性の評価

図-17 に低温カンタプロ試験結果を示す。低温カンタプロ試験は供試体養生温度-20℃、試験室温度-20℃で実施した。標準混合物である空隙率 17%の排水性舗装（H型）と比較し、低空隙率 12%、15%、機能性 SMA（ポリマーII型、H型）の低温カンタプロ損失率は低く、耐久性は向上した。

表-2、図-18、19 に繰返し表面剥奪試験方法と試験結果を示す。この試験は交差点や取付道路における車輛の据えきり作用を模した試験である。標準混合物と比較し、空隙 12%、15%、機能性 SMA（H型）の耐久性が高いことが分かった。

図-20 にホイールトラッキング試験結果を示す。低空隙率 12%、15%、および機能性 SMA（ポリマーII型、H型）は、排水性舗装の規格値の 3000 回/mm 以上を上回り、耐流動性に問題が無いことが分かった。

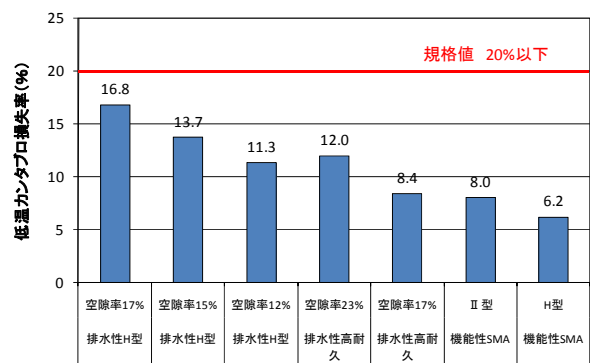


図-17 低温カンタプロ試験結果

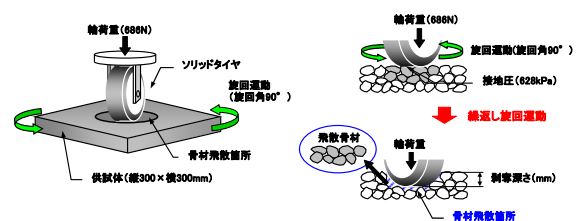


図-18 繰返し表面剥奪試験方法

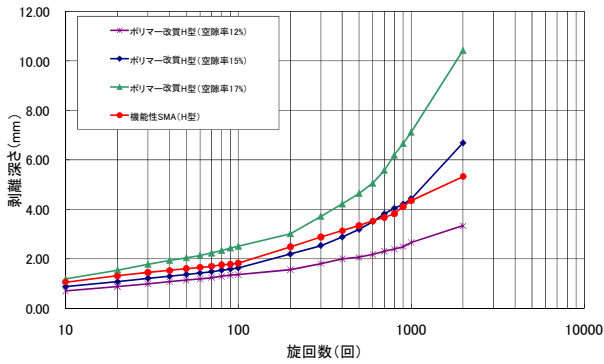


図-19 繰り返し表面剥奪試験結果

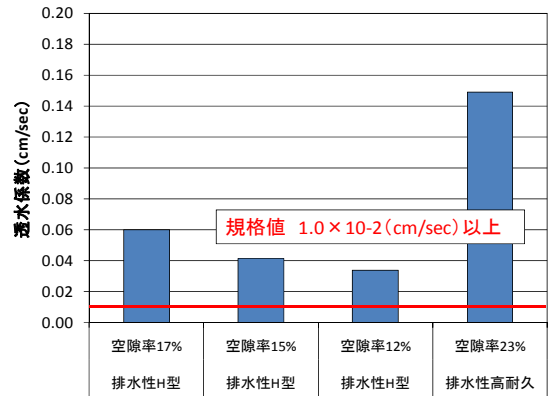


図-22 透水試験結果

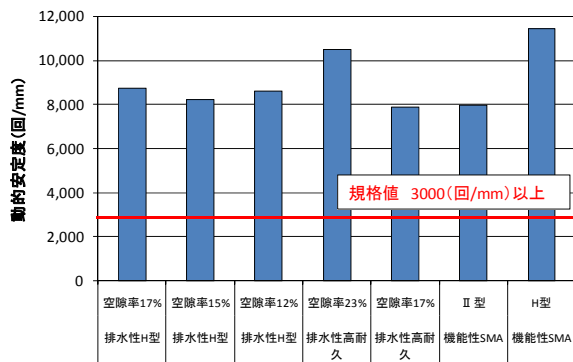


図-20 ホイールトラッキング試験結果

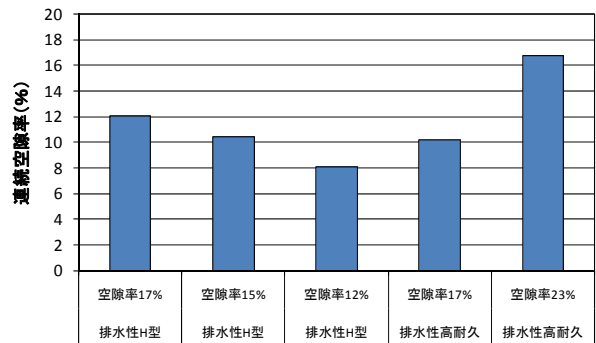


図-23 連続空隙率測定結果

② 騒音低減効果の評価

図-21 に吸音率試験結果を示す。標準混合物と比較し、低空隙率 12%、15%の吸音率は低い結果となるものの、吸音効果を有していることが確認された。機能性 SMA の吸音効果は小さい結果となった。

図-22 に透水試験結果、図-23 に連続空隙率測定結果を示す。低空隙率 12%、15%の透水試験結果は標準混合物と比較し、透水係数が小さく、連続空隙率が小さいことが確認された。そのため、騒音低減効果は標準混合物と比較し小さいことが分かった。

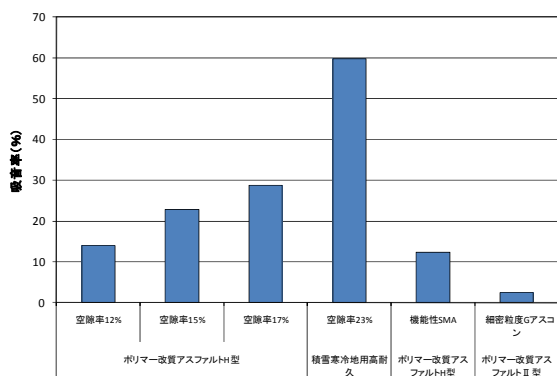


図-21 吸音率試験結果

4.2.2 高空隙排水性舗装（空隙率 23%）の室内における評価

① 耐久性の評価

図-17 の低温カンタプロ試験結果から、標準混合物と比較し、積雪寒冷地用高耐久アスファルトバインダー（以下、高耐久 As）を使用した高空隙率（空隙率 23%）の排水性舗装の低温カンタプロ損失量は小さく、耐久性の高い混合物であることが確認された。

また、耐流動性も問題無いことがホイールトラッキング試験結果から確認できた（図-20）。

② 騒音低減効果の評価

図-21 の高空隙排水性舗装（空隙率 23%）の吸音率試験結果から、標準混合物と比較し、吸音率が高いことが確認できた。また、透水係数や連続空隙率も大きく、騒音低減効果は標準混合物と比較し、大きいことが確認できた（図-22、23）。

5. 試験施工箇所における低騒音舗装の比較試験

5.1 試験概要

各種低騒音舗装の実道における効果を検証するため試験施工による比較試験を行った。

試験施工は、一般国道5号札幌市西区八軒、1日通過交通量約20,000台の区間で、既設の表層を5cm切削後、新たに表層を施工した。施工時期は平成20年10～12月である。

試験に用いた混合物の種類は表-4に示す。選定した混合物は、耐久性の高い混合物として、低空隙率の排水性舗装および機能性SMA、騒音低減効果が高い混合物として高耐久Asバインダーを使用した空隙率23%の排水性舗装を選定した。

表-4 混合物の種類

混合物種別	空隙率	使用アスファルトバインダー	本報告での略称	備考
① 排水性舗装	空隙率17%	ポリマー改質アスファルトH型	空隙率17%	比較用
② 排水性舗装	空隙率15%	ポリマー改質アスファルトH型	空隙率15%	
③ 排水性舗装	空隙率12%	ポリマー改質アスファルトH型	空隙率12%	
④ 排水性舗装	空隙率23%	積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルト	高耐久As 空隙率23%	
⑤ 排水性舗装	空隙率17%	積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルト	高耐久As 空隙率17%	
⑥ 機能性SMA	—	ポリマー改質アスファルトII型	機能性SMA II型	
⑦ 機能性SMA	—	ポリマー改質アスファルトH型	機能性SMA H型	

調査項目は、「舗装調査・試験法便覧¹⁾」および「舗装性能の評価法²⁾」による方法により、試験施工箇所において表-5に示す路面性状調査について施工直後および経年変化後の追跡調査を行った。試験調査時期としては、施工直後と追跡調査として平成21年～23年の秋期にそれぞれ行った。

表-5 調査項目

	調査項目	調査方法
路面性状調査	舗装路面の平坦性測定	舗装調査・試験法便覧による
	現場透水量試験	舗装調査・試験法便覧による
	センサきめ深さ測定装置を用いた舗装路面のきめ深さ測定	舗装調査・試験法便覧による
	サンドパッチ法による舗装路面のきめ深さ測定	舗装調査・試験法便覧による
	わだち掘れ量の測定	舗装調査・試験法便覧による
	騒音値を求めるための舗装路面騒音測定車	舗装性能評価法による
	環境騒音の測定	国土交通省 道路環境センサ調査要領

5.2 試験調査結果

5.2.1 現場透水量試験結果

排水性舗装の舗装体が有する空隙は、音を吸収する能力(吸音効果)があり、低騒音舗装に必要なもので、現場透水量は、その効果を判断する際に活用される。今回の試験では、透水効果が確認できる排水性舗装について試験調査を行った。その結果を図-24に示す。

施工直後の現場透水量試験では、空隙率15%以上の混

合物は、「北海道開発局 道路河川工事仕様書」で設定している規格値 800ml/15sec を満足しているが、空隙率12%の混合物については、規格値を満足していない状況となった。

1年経過後の追跡調査では、標準混合物である空隙率17%(H型)の透水量は大幅に低下し、高耐久Asの空隙率23%の混合物は排水機能が持続していた。また、空隙率12%と15%の混合物も同様に排水機能は低下していた。また、2年経過以降の調査では、すべての混合物において現場透水量は著しく低下しており、排水機能がほとんど無くなることを確認された。

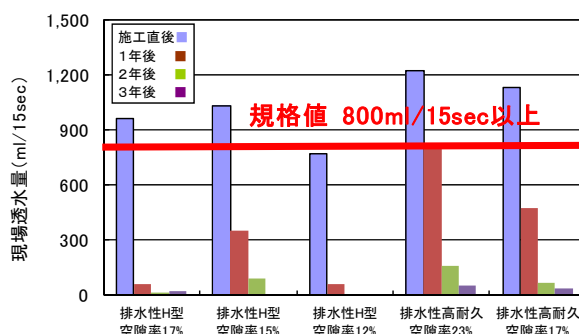


図-24 現場透水量の測定結果

5.2.2 きめ深さの測定結果

舗装表面のきめ深さは騒音低減効果に影響することからきめ深さを測定した。センサきめ深さ測定装置(MTM)を用い測定した。また、施工2年後にサンドパッチ法によるきめ深さ測定した。

MTM測定による調査では、施工直後では排水性舗装の空隙率の高い混合物はきめ深さが大きい傾向が見られる。その値はおおむね0.7～0.8mmのきめ深さを有していた。一方、機能性SMAについては、機能性SMA(H型)は約0.7mmのきめ深さを有していたが、機能性SMA(II型)については0.6mm以下となり、排水性舗装と比較し、やや小さなきめ深さとなった。なお、一般的な密粒度アスコンのきめ深さの値は0.3mm程度³⁾である(図-25)。

次に、3年経過後までの追跡調査の結果、排水性舗装について着目すると、空隙率12%、15%のきめ深さの変動が少なく、当初のきめ深さを標準混合物である空隙率17%(H型)と比較し、保持していることが確認できた。

高耐久As(空隙率23%)は調査3年目にきめ深さがやや低下している。

機能性SMA(H型)は0.7mm程度であり、きめ深さの変動は初期値と比較し変動が最も小さく、初期値のきめを保持している。II型については調査2年目からきめ

深さの変動が大きい。この影響は改質II型を使用している影響と推察される。

次に、2年経過後に行ったサンドパッチ法による測定では、空隙率の高い混合物のきめ深さが高い傾向があり、排水性舗装については1.0mm以上のきめ深さを有していた。機能性SMAについては排水性舗装と比較してやや低いきめ深さとなった。

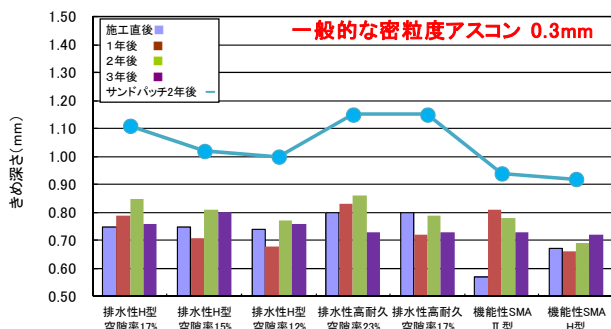


図-25 きめ深さの測定結果

5.2.3 わだち掘れ量の測定結果

アスファルト混合物の耐久性を示す指標として、わだち掘れ量の測定がある。

耐久性重視の低空隙率12%、15%に着目すると、3年経過後の測定結果では、空隙率15%は標準混合物である空隙率17%と比較し、同等程度であった。空隙率12%では、1年後は他の排水性舗装と比較し、わだち掘れ量が大きいものの、その後の変動は少なく、排水性舗装の中では最も耐久性が高い調査結果となった。

機能性SMAに着目すると、機能性SMA(H型)は標準混合物である空隙率17%と比較し、わだち掘れ量が小さい結果となった。機能性SMA(II型)については、標準混合物と同程度であった。この差は使用したアスファルトバインダーによる骨材把握力の違いの影響と考えられる。なお、試験施工で実施した混合物の中で、機能性SMA(H型)は最も耐久性が高い調査結果となった。

一方、機能性重視の高耐久Asの空隙率23%は、わだち掘れ量が最も大きくなっていったが(図-26)、試験施工の工区内では骨材等の飛散等の破損は見られない。

3年の追跡調査ではわだち掘れ量はいずれも大きな値とはなっておらず、今後の推移を見ていく必要がある。

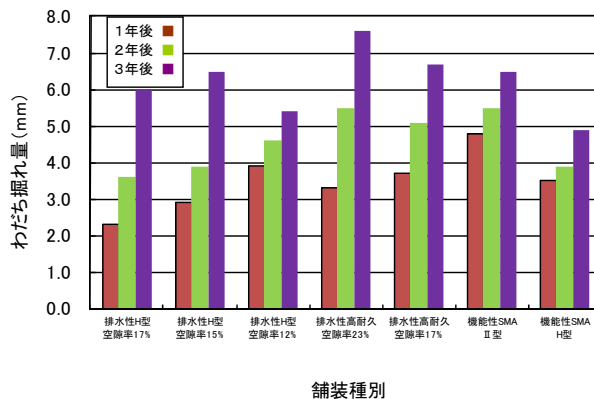


図-26 わだち掘れ量の測定結果

5.2.4 タイヤ/路面騒音の測定結果

施工直後に行った舗装路面騒音測定車(RAC車)による路面騒音の測定結果を図-27に示す。

機能性重視の空隙率23%の混合物に着目すると、施工直後、及び3年経過後のタイヤ/路面騒音の値が、他の混合物より最も小さく、かつ騒音低減効果の持続性を有し、最も騒音低減効果を有する混合物と評価できる。

一方、耐久性を重視した、低空隙排水性舗装の空隙率12%、15%に着目すると、初期値は標準混合物のタイヤ/路面騒音の値よりも大きいですが、2年経過後以降は標準混合物と同程度の騒音低減効果の持続性を有する調査結果となった。

機能性SMAについては、機能性SMA(II型)、機能性SMA(H型)の初期値は標準混合物のタイヤ/路面騒音の値よりも大きいですが、2年経過後以降は標準混合物と同程度の騒音低減効果の持続性を有する調査結果となった。

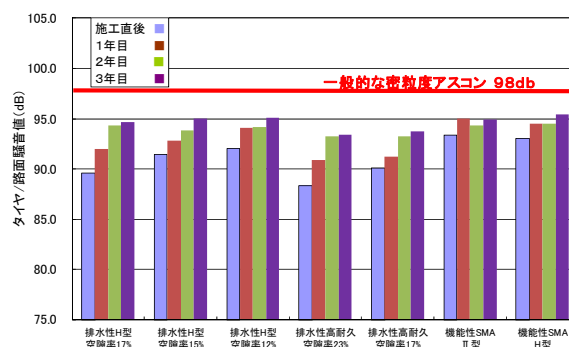


図-27 タイヤ/路面騒音の測定結果

6. 試験施工における小粒径排水性舗装の評価

6.1 試験概要

小粒径の骨材を用いることで、騒音を低減する効果が期待できることから、小粒径の骨材を用いた排水性舗装を施工した箇所での調査を行った。

小粒径排水性舗装の試験施工箇所は、一般国道5号の小樽市稲穂沢、1日通過交通24,000台の区間である。修繕工事として行ったもので既設の舗装を5cm切削後、上層25mmは最大粒径10mmの排水性舗装、下層25mmは細粒ギャップアスコン（改質II型）を施工した。

調査は、路側騒音調査と現場透水量試験を施工時および7カ月経過後に行い、騒音低減効果の持続性を確認した。また、耐久性を評価するため、5年半経過後の路面状況について目視調査を行った。

6.2 試験調査結果

6.2.1 騒音低減機能

施工直後の路側騒音は、68.9～71.5dBを示しており、密粒度舗装区間と比較して、低い値を示している。7ヶ月経過（一冬期間経過）後の路側騒音は73.5～74.2dBを示しており、密粒度舗装施工区間と比較して2～3dB程度低い値を示しているが、施工直後と比較すると、騒音低減効果が低下している状況であった（表-6）。

表-6 路側騒音調査

測点		路側騒音 (dB)	
		施工直後	7ヶ月経過
KP1,600	上り	68.9	73.5
	下り	70.9	74.0
KP2,420	上り	70.3	73.5
	下り	71.5	74.2
密粒度	上り	77.0	76.5
	下り	76.6	76.9

※マイクロフォンは歩車道境界で、1.2mの高さで計測

6.2.2 透水機能

施工直後は、1,000ml/15sec以上確保されているが、7ヶ月経過（一冬期間経過）後は、ほぼ不透水となった（表-7）。

表-7 現場透水量試験

測点		現場透水量	
		施工直後 (ml/15sec)	7ヶ月後 (ml/15sec)
1460	上り	1,154	112
	下り	1,250	202
1600	上り	1,175	259
	下り	1,224	217
2260	上り	1,111	160
	下り	1,052	21
2400	上り	1,250	33
	下り	1,071	17
2500	上り	1,132	27
	下り	1,224	110

6.2.3 耐久性

既存文献では、ホイールトラッキング試験結果から、最大粒径5mmの排水性舗装は、最大粒径13mmの排水性舗装と比較し、DS（動的安定度）が1/3程度と低い傾向であり、耐流動性に劣る傾向にあり（図-28）、また、ラベリング試験結果から、最大粒径5mmの排水性舗装は、最大粒径13mmの排水性舗装と比較して、すり減り量が多い傾向であり、耐摩耗性に劣る結果が示されている（図-29）。

本試験施工箇所の目視調査から耐久性を評価した。

施工後5年半経過時点の路面状況から、パッチングや、排水性舗装表面の剥がれが発生しており、基層部分が露出している箇所も多数確認され（写真-7）、耐久性については課題が残った。

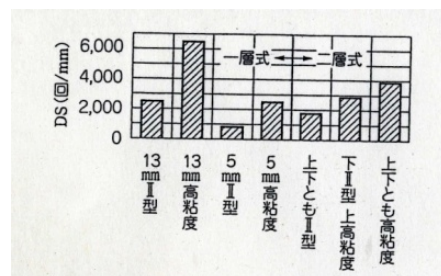


図-28 ホイールトラッキング試験結果⁴⁾

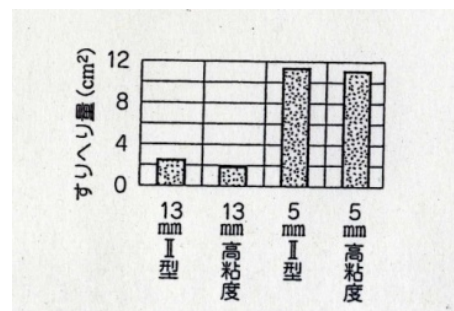


図-29 ラベリング試験結果⁴⁾



写真-7 施工後5年半経過後の破損状況

6.3 試験施工のまとめ（小粒径排水性舗装）

小粒径排水性舗装（最大粒径5mm、最大粒径10mm）は、密粒度アスコンと比較して、騒音低減効果は大きい値を示したが、耐久性（耐流動性、耐摩耗性）に課題があることがわかった。

表-8 低騒音舗装の評価

混合物種別	耐久性			騒音低減効果			その他	
	低温カンタブロ試験	すえきり試験	わだち掘れ量	きめ深さ	透水機能 (初期)	透水機能 (持続性)		騒音低減効果
排水性舗装 (空隙率17%)								1.0 (標準)
排水性舗装 (空隙率15%)		+					-	1.0
排水性舗装 (空隙率12%)	+	++	+		-		-	1.0
排水性舗装 高耐久 (空隙率23%)	+		-		+	+	+	1.4
機能性SMA(Ⅱ型)	+			-			-	1.1
機能性SMA(H型)	++	+	+	-			-	1.2
小粒径排水性舗装			(--)		+		+	1.2

※ ++:優れている +:やや優れている 空欄:同程度 -:やや劣る --:劣る

7. まとめ

7.1 各混合物の性能比較

これまでの試験結果から低騒音舗装の評価として、標準混合物である排水性舗装 (空隙率 17%) との耐久性及び騒音低減効果についての性能比較を表-8 に示す。

7.1.1 排水性舗装空隙率 15%

耐久性は空隙率 17%と比較し高い結果となった。

タイヤ/路面騒音の初期値は、空隙率 17%と比較すると低いが、2 年経過後はほぼ同程度のタイヤ/路面騒音の値になった。コストは排水性舗装の空隙率 17%とほぼ同程度である。

7.1.2 排水性舗装空隙率 12%

耐久性は空隙率 17%と比較し高く、試験施工で実施した排水性舗装の中では、最も耐久性が高い混合物であった。

タイヤ/路面騒音の初期値は、空隙率 17%と比較し低いが、2 年経過後はほぼ同程度のタイヤ/路面騒音の値になった。騒音低減効果に影響を与えるきめ深さの経年変化の推移の変動も少ない混合物である。コストは排水性舗装の空隙率 17%とほぼ同程度である。

7.1.3 排水性舗装空隙率 23% (高耐久型)

耐久性の評価として、室内試験による骨材飛散抵抗性は空隙率 17%と比較し優れていた。供用後のわだち掘れ量の推移については、空隙率 17%と比較し、やや大きくなる結果となったが、試験施工の施工区間には骨材飛散等の破損は見られなかった。

タイヤ/路面騒音の値は、空隙率 17%よりも小さく、騒音低減効果やその持続性は優れ、試験施工で実施した混合物の中では最も騒音低減効果が期待できる混合物である。コストは排水性舗装の空隙率 17%よりも高い。

7.1.4 機能性 SMA(H型)

耐久性は、室内試験や試験施工の結果から判断すると、空隙率 17%と比較して高い。この混合物は試験施工で実施した混合物種別の中で最も耐久性が高い混合物と評価できる。

騒音低減効果については、初期の効果は空隙率 17%よりも低いが、2 年経過後はほぼ同程度になる。タイヤ/路面騒音の値に影響を与えるきめ深さの値の変動は、他の混合物と比較し少なく、施工時のきめ深さを維持しやすく、騒音低減効果の持続性は高いと評価できる。コストは排水性舗装の空隙率 17%よりもやや高い。

7.1.5 機能性 SMA(Ⅱ型)

室内試験の低温カンタブロ試験の評価は、空隙率 17%と比較し耐骨材飛散性能は高いが、ポリマー改質アスファルトⅡ型を使用しているため、機能性 SMA(H型)と比較し、耐久性は劣る。

騒音低減効果については、空隙率 17%と比較し初期の効果は低いが、2 年経過後はほぼ同程度になった。コストは排水性舗装の空隙率 17%よりもやや高い。

7.1.6 小粒径排水性舗装

小粒径排水性舗装は試験施工の供用 5 年半後、はく離が多数発生した。供用後の路面性状から評価すると、耐久性に課題があると考えられる。騒音低減効果は密粒度アスコンと比べて初期には 5~7db 程度の低減効果があるが、騒音低減効果の持続性は低いと考えられる。

7.2 積雪寒冷地における低騒音舗装の提案

以上の結果から、新たな低騒音舗装についての混合物の提案を表-9に示す。従来の排水性舗装施工箇所については、耐久性を重視し、排水性舗装空隙率 12%および機能性 SMA(H 型)のいずれかにより施工するのが望ましいと考える。また、騒音が著しい要請限度超過箇所については、騒音低減効果の持続性の高い積雪寒冷地用高耐久バインダーの排水性舗装空隙率 23%を施工するのが望ましいと考えられる。

ただし、今回の評価は、3 年の追跡調査によるものであり、今後も引き続き施工箇所の推移を追跡していく必要がある。

表-9 新たな低騒音舗装の混合物 (案)

適用箇所	材料種別	アスファルト混合物の種類
標準的な箇所	耐久性重視材料	排水性舗装 空隙率12% (H型)
		機能性SMA (H型)
要請限度超過箇所	機能性重視材料	排水性舗装 空隙率23% (積雪寒冷地用高耐久型バインダー)

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧，1988.11
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装性能評価法，2006.1
- 3) 安倍，田高，日色：積雪寒冷地の空港における冬期路面对策に関する一検討，舗装工学論文集第 13 巻，2008.12
- 4) 村山：特集・質疑応答 part2 排水性舗装，舗装 Vol37、NO.12、2002.12

A STUDY ON PAVEMENT TECHNOLOGY TO REDUCE ENVIRONMENTAL BURDENS IN COLD, SNOWY REGIONS

Budget: Grants for operating expenses General account

Research Period: FY2008-2011

Research Team: Road Maintenance Research Team

Authors: KUMAGAI Masayuki

MARUYAMA Kimio

ABE Ryuji

FUSE Kohji

Abstract: The noise reduction and permeability functions of drainage pavements applied to national highways in Hokkaido tend to decrease early due to the cold, snowy climate and influences of tire chains and other factors. Therefore, it is desirable to develop a highly durable and long-lasting low-noise pavement suitable for cold, snowy regions. To develop such a pavement, test applications and laboratory tests of a low-noise pavement using different types of asphalt mixtures were conducted in this study. Durability, continuity of the noise-reduction effect and other properties of asphalt mixtures were investigated, and a low-porosity drainage pavement, using a mixture with a high-durability asphalt binder and functional stone matrix asphalt (SMA), were examined to determine their applicability for a low-noise pavement suitable for cold, snowy regions.

Keywords: cold-snowy regions, low-noise pavement, drainage pavement, functional SMA, durability