積雪寒冷地における
低騒音舗装に関する一考察

（独）土木研究所寒地土木研究所　寒地道路保全チーム　○布施　浩司
同　　上　　熊谷　政行
同　　上　　安倍　隆二

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、低空隙の排水性舗装や機能性ＳＭＡなどの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試験施工を行い、耐久性等について試験調査を行ったので、その結果について報告する。

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

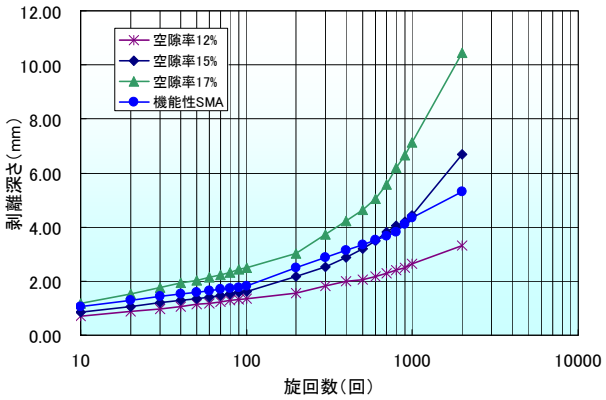
１．はじめに

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%を標準としている（平成 13 年度までは空隙率 20%が標準）。また、タイヤチェーンを装着した車両の走行等により発生する衝撃骨材飛散値を抑制するため、低温カンタブロ損失率を 20%以下に設定している。

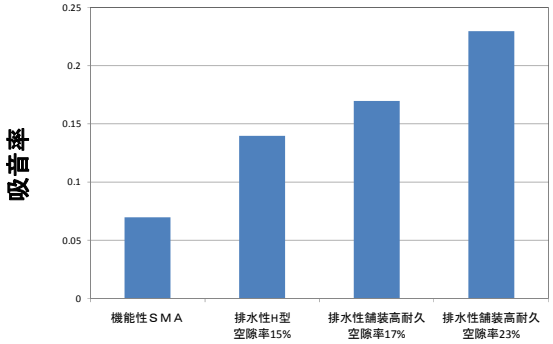
近年、特に平成 13 年度以前の施工箇所では、排水性舗装の破損が顕著に見られ（**写真－1**）、パッチング等により補修している箇所が多くみられる。また、騒音低減機能や透水機能も早期に低下していく傾向が見られ、排水性舗装の耐久性や透水性能等の長期持続性が課題となっている。一方、これまでの研究から、例えば、空隙率の異なる排水性舗装のすえきり試験結果では、空隙率を小さくすることで、剥離深さが小さく、すえきりに対する耐久性が高くなることがわかっている（**図－1**）。また、室内試験による管内法の吸音率測定によると、空隙率が大きくなると吸音効果が高くなる傾向があること、また機能性 SMA についても吸音効果があることが確認されている(**図－2**)。

写真－1　排水性舗装の破損状況

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、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ことから、北海道開発局札幌道路事務所管内において異なるアスファルト混合物の種類を用いた低騒音舗装の試験施工を行い、アスファルト混合物の耐久性等について試験調査を行ったので、その調査結果について報告する。



図－1　すえきり試験結果



図－2　吸音率の測定結果

Kohji FUSE,Masayuki KUMAGAI,Ryuji ABE

２．試験概要

(1) 施工概要

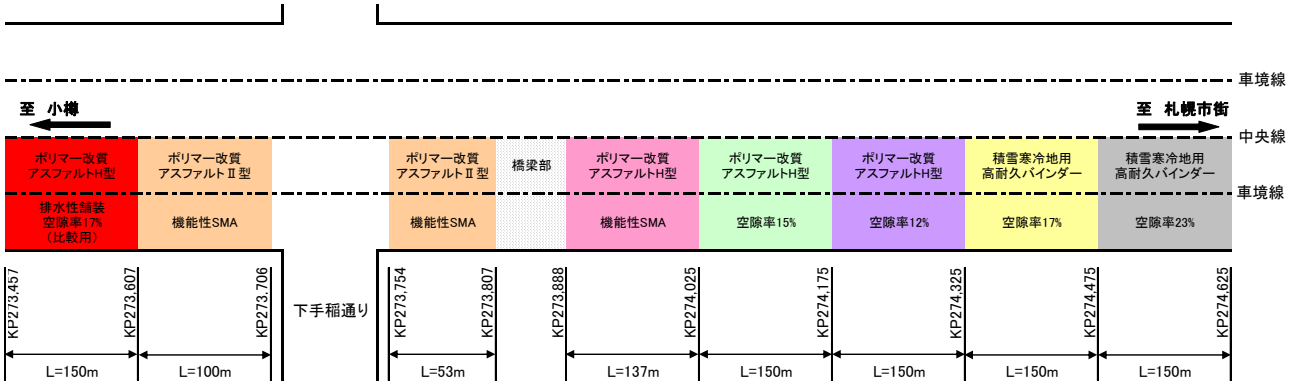
今回の試験施工は、一般国道 5 号札幌市西区八軒の 1 日通過交通量約 30,000 台の区間で、既設の表層を 5cm 切削後、新たに表層を施工した。また、施工時期は平成 20 年 10 月～12 月に行い、**図－3** に示す工区割りによる施工を行った。

試験施工に使用したアスファルト混合物は**表－1** に示すように、①比較用にポリマー改質アスファルト H 型を用いた排水性舗装（空隙率 17%）、②,③耐久性を向上させるのを目的として、異なるアスファルトバインダーを用いた機能性 SMA を 2 つ選定、④，⑤低空隙率の舗装（空隙率 12%，15%）、および⑥積雪寒冷地用の高耐久高粘度改質アスファルトを用いた排水性舗装（空隙率 17%）、さらに⑦騒音低減効果が高い空隙率 23%の積雪寒冷地用の高耐久高粘度改質アスファルトの排水性舗装を施工し、アスファルトバインダー、空隙率およびアスファルト混合物の種類による違いによる評価を行った。

また、試験調査時期としては、施工直後の平成 20 年 10 月～12 月と追跡調査として平成 21 年 6 月および 10 月に行った。

(2) 調査項目

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－2** に示す路面性状調査を行った。なお、路面性状調査は施工直後に実施した。また、室内試験においては、配合設計に必要な試験を実施しているが、本文では低温カンタブロ試験結果について報告する。



図－3　試験施工箇所平面図

表－1　混合物の種類

	混合物種別	空隙率	使用バインダー	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	排水性H型　空隙率17%	比較用
②	機能性SMA	－	ポリマー改質アスファルトⅡ型	機能性SMA　Ⅱ型	
③	機能性SMA	－	ポリマー改質アスファルトH型	機能性SMA　H型	
④	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H型　空隙率15%	
⑤	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H型　空隙率12%	
⑥	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	排水性高耐久　空隙率17%	
⑦	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	排水性高耐久　空隙率23%	繊維入

表－2　調査項目

	調査項目	調査方法
室内試験	低温カンタブロ試験	舗装試験法便覧別冊による
路面性状調査	舗装路面の平たん性測定	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
	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によるタイヤ/路面騒音測定	舗装性能評価法による
	環境騒音の測定	国土交通省 道路環境センサス調査要領

Kohji FUSE,Masayuki KUMAGAI,Ryuji ABE

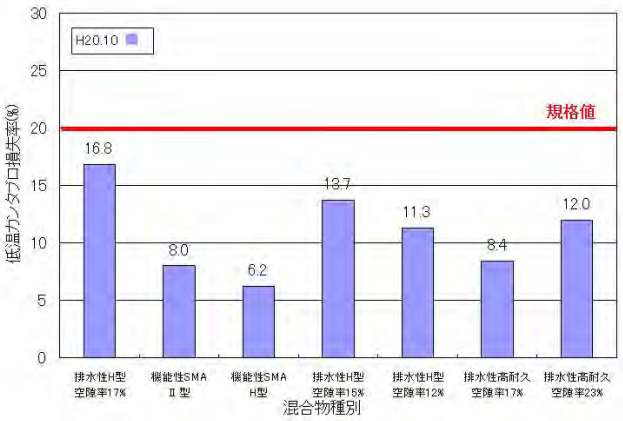
３．試験調査結果

(1)低温カンタブロ試験による衝撃骨材飛散値の評価

室内配合時の低温カンタブロ試験（室温-20℃、供試体温度-20℃）は「舗装性能評価法別冊[3]」によって実施した。なお、衝撃骨材飛散値は、低温カンタブロ損失率で評価した。試験の結果を**図－4**に示す。

機能性SMAは衝撃骨材飛散値が優れた結果となり、ポリマー改質アスファルトH型を用いた機能性SMAは、ポリマー改質アスファルトⅡ型を用いた混合物よりも衝撃骨材飛散値は小さい結果となった。

また、空隙率 12%および 15%の低空隙の排水性舗装は、比較用排水性舗装の空隙率 17%よりも、衝撃骨材飛散値が小さい傾向が見られた。積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルトを用いた空隙率 17%の混合物は、比較用排水性舗装 17%よりも、1/2 程度の衝撃骨材飛散値になり、衝撃骨材飛散値が優れている結果となった。さらに、積雪寒冷地用高耐久高粘度改質アスファルトを用いた空隙率 23%の混合物は、空隙率 12%の混合物と同程度の結果となった。



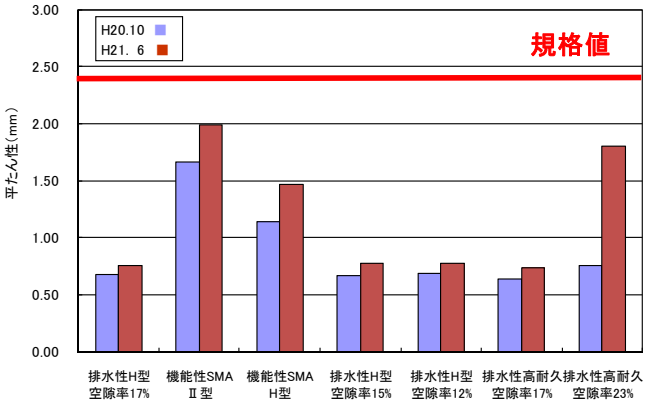
図－4　低温カンタブロ試験結果

(2)路面性状調査結果

(a)平たん性

平坦性はタイヤが振動することにより、路側騒音に影響を与える要因[4]となっている。平たん性については、平成 20 年 10 月の段階において、すべて「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 2.4mm 以下を満足している。アスファルトバインダー別では、機能性 SMA が他の混合物と比べて、やや平たん性の指標がやや大きい結果となった（**図－5**）。しかし、これは混合物の影響ではなく既設舗装が交差点付近に位置していることから停止位置が近く既設舗装の平坦性が当初から他の工区と比較し、大きかったことが要因と推察される。

また、平成 21 年 6 月の調査でも、すべてのバインダーで規格値 2.4mm 以下を示しているが、平坦性は施工時よりも大きくなる状況が見られた。なお、排水性舗装空隙率 23%のバインダーの平坦性が他のバインダーよりも変化が大きくなっているが、これは試験施工箇所が交通流入量の多い交差点による影響が大きいと考えられる。

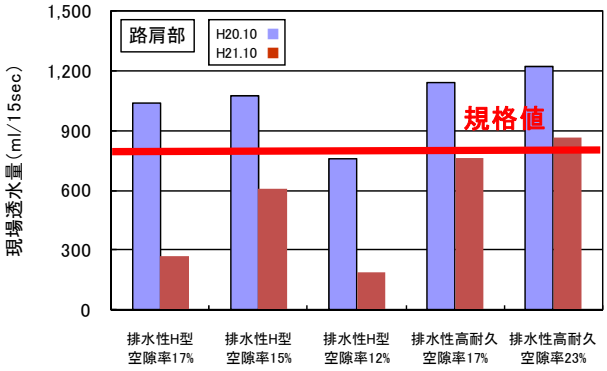


図－5　平たん性の測定

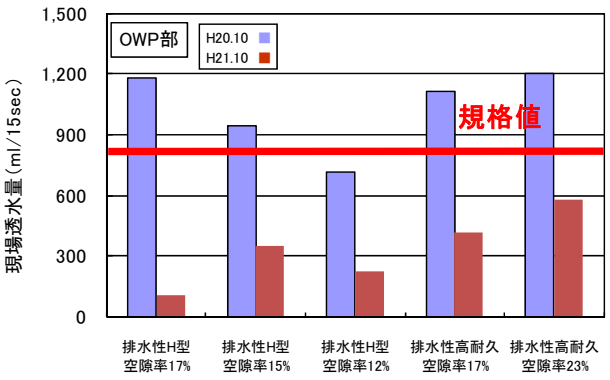
(b)現場透水量

排水性舗装の舗装体が有す空隙は、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、現場透水能力は、その効果の持続性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。

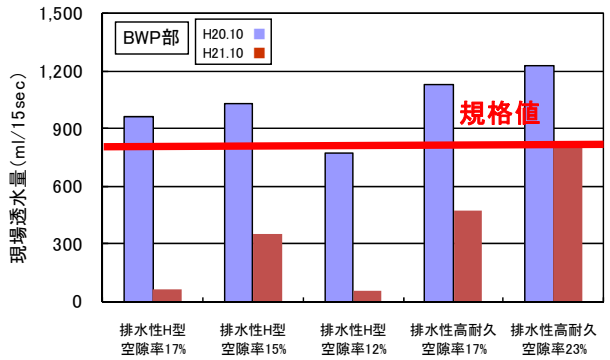
平成 20 年 10 月に行った現場透水量試験では、空隙率 15%以上の混合物は、「北海道開発局　道路河川工事仕様書」で設定している規格値 800ml/15sec を満足しているが、空隙率 12%の混合物については、空隙率の影響により路肩部、OWP(タイヤ走行箇所)、BWP(非タイヤ走行箇所)のいずれも規格値を満足していない状況となった（**図－6、図－7、図－8**）。一方、平成 21 年 10 月に行った現場透水量試験では、路肩部、OWP、BWP のいずれの箇所でも排水性 H 型空隙率 17%のバインダーと空隙率 12%のバインダーの透水量は大幅に低下していた。一方、高耐久排水性舗装の空隙率 17%のバインダーと排水性舗装空隙率 15%のバインダーは施工直後の規格値である 800ml/15sec よりは下回っているが、排水機能が残っていることが確認された。また、高耐久排水性舗装の空隙率 23%のバインダーは OWP では施工直後の規格値を下回っているものの、排水機能が維持されていることが確認できた。



図－6　現場透水量の測定結果（路肩部）



図－7　現場透水量の測定結果（OWP）

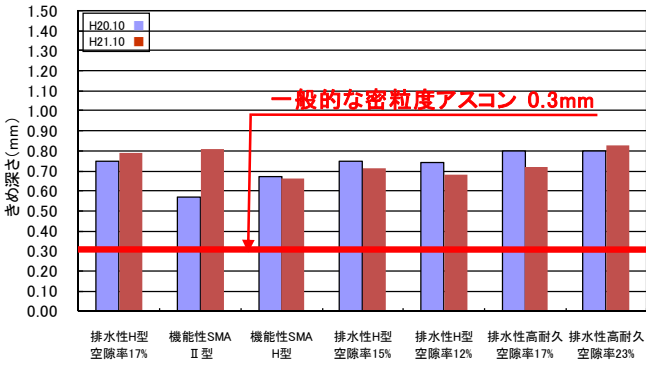


図－8　現場透水量の測定結果（BWP）

(C)きめ深さ

きめ深さを測定する根拠として、表層面のきめ深さにより騒音低減効果があることにより行っている。センサきめ深さ測定装置（MTM）により測定しており、平成20年10月の調査では排水性舗装については、空隙率およびアスファルトバインダーの違いによる差はあまり見られず、おおむね0.7mm程度のきめ深さを有していた。参考として一般的な密粒度アスコンの値は0.3mm程度[5]である。（図－9）。

また、平成21年10月の調査でも、各バインダーにより、ばらつきはあるが、おおむね0.7mm程度のきめ深さを有していることが確認された。

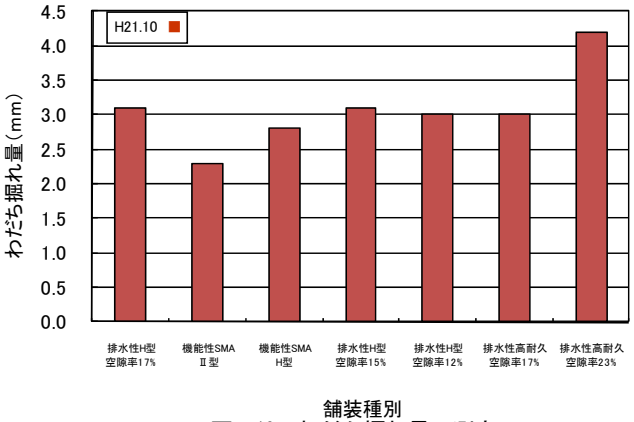


図－9　きめ深さの測定結果

(d)わだち掘れ量

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。平成21年10月の測定では、機能性SMAのⅡ型がもっともわだち掘れ量が少なく、次いで機能性SMAのH型が少なくなっていた(図－10)。

また、排水性舗装は高耐久空隙率 23%はわだち掘れ量がやや多い結果となったが、その他の空隙率のバインダーについては、今回の試験では、ほぼ同等のわだち掘れ量となった。

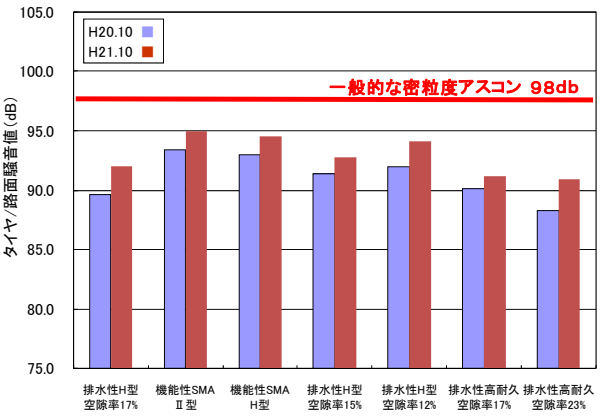


図－10　わだち掘れ量の測定

(e)舗装路面騒音測定車によるタイヤ／路面騒音の測定

平成 20 年 10 月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では、空隙率が大きくなるほど、タイヤ/路面騒音値も小さくなる傾向となった。空隙率 23%では空隙による路面騒音の吸収効果が大きく、88.3db を示し、他のアスファルト混合物よりも低い値となった。また、機能性SMAの初期値については、排水性舗装と比較して、使用したバインダーに関係なく、やや高い値を示したが、これは機能性SMAの吸音効果が低いことが原因であると考えられる（図－11）。

平成21年10月の調査でも、空隙率が大きくなるに従って、タイヤ/路面騒音値も小さくなる傾向となった。また、今回の調査でも、空隙率 23%が 90.9db と最も路面騒音の吸音効果が大きかったが、平成20年10月の調査から比べると機能低下が進行していることが確認された。この傾向は、すべての混合物で確認された。



図－11　タイヤ／路面騒音の測定

(f)環境騒音の測定について

環境騒音の測定は、「国土交通省道路環境センサス調査要領[6]」を基に、路側騒音の測定を行い評価した。

平成 20 年 10 月（試験施工前）と平成 21 年 3 月（試験施工後）、平成 21 年 10 月（経年経過後）に測定した路側騒音測定値の推移を**表－3** に示す。また、騒音低減効果の比較については**図－12** 示す。

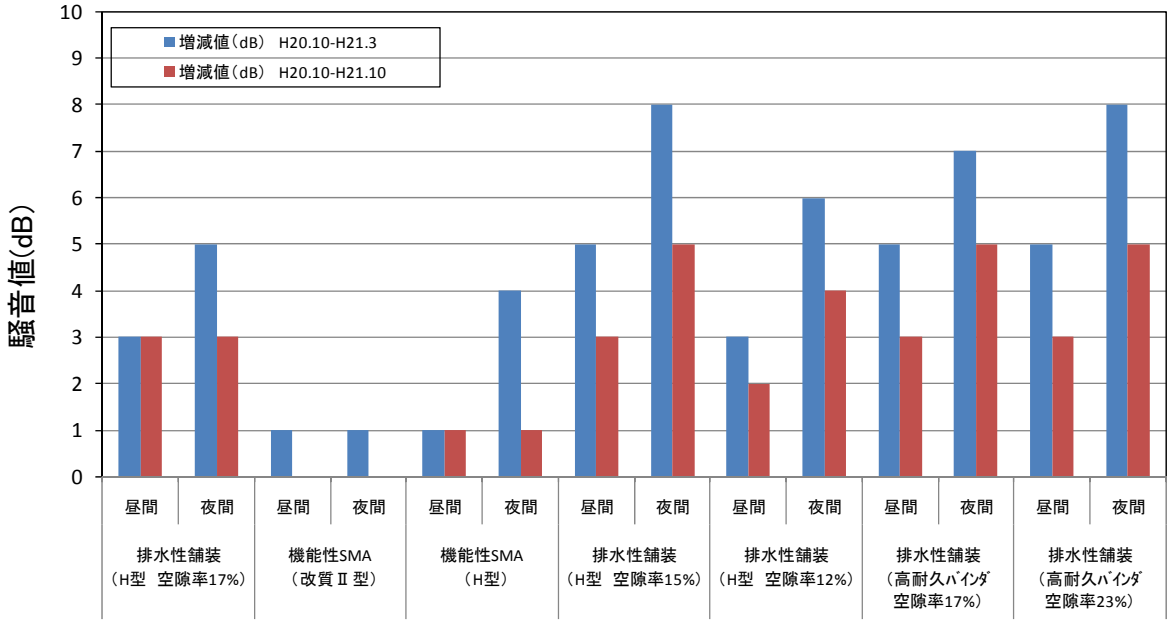
はじめに、施工前と施工後の比較として工区全体の騒音値の低減効果としては、昼間において各 1～5dB、夜間では各 1～8dB の騒音低減効果が確認された。昼間の騒音値に着目すると、舗装空隙率 17%は 3-5dB の騒音低減効果を有しており、空隙率 23%は 5 dB、空隙率 15%は 5 dB、空隙率 12%は 3 dB の騒音低減効果が確認された。一方、機能性 SMA は 1dB の騒音低減効果が確認され、比較用の排水性舗装（空隙率 17%）と比較し、騒音低減効果が少ないことが確認できた。夜間の騒音値に着目すると、空隙率 17%は 5-7 dB の騒音低減効果を有している。一方、空隙率 23%は 8 dB、空隙率 15%は 8 dB、空隙率 12%は 6 dB の騒音低減効果があり、昼間と同様に空隙率 17%と比較しても大きな差は見られなかった。機能性 SMA は 1-4dB であり、比較用の排水性舗装と比較し騒音低減効果は少ない結果となった。

つぎに、平成 21 年 10 月と平成 20 年 10 月に行った調査を比較すると昼間において各 0～3dB、夜間では各 0～5dB の騒音低減効果の低下が確認された。昼間の騒音値に着目すると、一般的に用いられている排水性舗装 H 型空隙率 17%は、3dB の騒音低減効果を有していた。高耐久バインダーを用いた空隙率 17%，23%は 3 dB の騒音低減効果、空隙率 15%は 3 dB、空隙率 12%は 2 dB の騒音低減効果を有していた。一方、機能性 SMA は 0-1dB の騒音低減効果となった。夜間の騒音値に着目すると、排水性舗装 H 型空隙率 17%は 3 dB の騒音低減効果を有していた。また、高耐久バインダーの空隙率 17%，23%は 5 dB、空隙率 15%は 5 dB、空隙率 12%は 4 dB の騒音低減効果を有していた。機能性 SMA は 0-1dB の騒音低減効果となった。

以上の結果から、空隙率 15%，12%の排水性舗装のうち 15%は空隙率 17%と同等、12%は 1dB 程度の低下となった。高耐久バインダーについても空隙率 17%，23%ともに空隙率 17%と同等程度の効果を有している。機能性 SMA については排水性舗装よりも低い結果となった。

表－3　舗装改良前と改良後の騒音値の比較

混合物種別	時間区分	騒音値(dB)			増減値(dB)	
		H20.10(施工前)	H21.3(施工後)	h21.10(1年後)	H20.10-H21.3	H20.10-H21.10
排水性舗装(H型　空隙率17%)	昼間	70	67	67	-3	-3
	夜間	64	59	61	-5	-3
機能性SMA(改質Ⅱ型)	昼間	70	69	70	-1	0
	夜間	64	63	64	-1	0
機能性SMA(H型)	昼間	72	71	71	-1	-1
	夜間	69	65	68	-4	-1
排水性舗装(H型　空隙率15%)	昼間	72	67	69	-5	-3
	夜間	69	61	64	-8	-5
排水性舗装(H型　空隙率12%)	昼間	72	69	70	-3	-2
	夜間	69	63	65	-6	-4
排水性舗装(高耐久ﾊﾞｲﾝﾀﾞ　空隙率17%)	昼間	72	67	69	-5	-3
	夜間	69	62	64	-7	-5
排水性舗装(高耐久ﾊﾞｲﾝﾀﾞ　空隙率23%)	昼間	72	67	69	-5	-3
	夜間	69	61	64	-8	-5



図－12　騒音低減効果の比較

4．まとめ

今回の結果を使用したアスファルト混合物ごとにまとめる。

(1)機能性 SMA

比較用の排水性舗装空隙率 17%と比較して、室内試験による骨材飛散抵抗性は大きい。また、わだち掘れ量もやや少なくなっていた。一方、タイヤ/路面騒音値はやや高い値となり、路側騒音についても他の排水性舗装と比較し、騒音低減効果は少なくなっている。

(2)低空隙率の舗装（空隙率 12%、15%）

室内試験による骨材飛散抵抗性は比較用の排水性舗装空隙率 17%と比較して高くなる傾向があるが、タイヤ/路面騒音値は標準のものよりは高くなった。また、排水機能については、空隙率 15%は、平成 21 年 10 月の調査においてもある程度の排水機能は有していることが確認された。一方、空隙率 12%のバインダーは、施工後に排水機能の基準は満たせず、平成 21 年 10 月の調査では排水機能は著しく低下していた。

また、路側騒音については、比較用の排水性舗装と比べて 15%は同程度、12%は 1dB 程度低い騒音低減効果となっている。

(3) 積雪寒冷地用高耐久高粘度改質ｱｽﾌｧﾙﾄ（空隙率 17%）

比較用の排水性舗装空隙率 17%と比較して、室内試験による骨材飛散抵抗性は向上している。また、排水機能の持続性は、比較用の排水性舗装と比較して、1 年経過時では、やや高いことが確認された。

その他の性能については、比較用の排水性舗装とほぼ同等であった。

(4) 積雪寒冷地用高耐久高粘度改質ｱｽﾌｧﾙﾄ（空隙率 23%）

室内試験による骨材飛散抵抗性については比較用の排水性舗装空隙率 17%よりも優れており、空隙率 12%とほぼ同等であった。排水機能は一番高い値となり、平成 21 年度の調査でも高い排水機能を示した。さらに、タイヤ/路面騒音値は、今回の試験施工を実施したアスファルト混合物の中で、最も良い値を示した。また、路側騒音でも 5～8dB 低減効果が得られ、高耐久排水性 17%と同等程度の値を示している。

5．今後の課題

今回の報告では、平成 20 年 10 月に試験施工を行った直後の調査では、耐久性重視の低空隙排水性舗装や、機能性重視の高空隙排水性舗装の試験施工箇所について、初期値としては概ね良好な結果となった。平成 21 年 10 月に行った調査では、バインダーや混合物等の違いにより耐久性、騒音低減機能、および現場透水機能の持続性等について特徴が表れていることから、今後はさらに追跡調査を行い、各バインダーおよび混合物の種類を考慮した低騒音舗装を提案していく予定である。

・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) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧第３分冊，2007.6
4) 土木学会：環境負荷軽減舗装の評価技術，2007.2
5) 安倍，田高，日色：積雪寒冷地の空港における冬期路面対策に関する一検討，舗装工学論文集第 13 巻，2008.12
6) 国土交通省：道路環境センサス調査要領，2002.9　お