

積雪寒冷地における粗面系舗装の耐久性に関する一考察

(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粗面系舗装は排水性舗装が多く用いられているが、タイヤ走行部や橋梁ジョイント接続部に破損が発生し、走行性や透水機能が低下している箇所が多く見られている。このため耐久性が高く、機能の持続性が高い粗面系舗装が望まれている。本報告では、北海道に適した粗面系表層混合物の提案を行うことを目的とし、機能性 SMA など耐久性の高い表層混合物の適用について検討したので、その結果を報告する。

キーワード：排水性舗装、機能性SMA、耐久性、安全性

1. はじめに

北海道の国道で騒音対策などの安全対策などの目的で施工される粗面系舗装は、排水性舗装（空隙率 17%）が多く用いられているが、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）が発生し、パッチング等による補修が行われ、走行性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、機能の持続性が高い舗装が望まれている。これまでの研究から、例えば、排水性舗装の空隙率を小さくすることや排水性舗装と砕石マスタックの機能を併せ持つ機能性 SMA を用いることで、剥離深さが小さく、耐久性が高くなることがわかっている。

本報告では、積雪寒冷地に適した耐久性の高い粗面系舗装の提案を行うことを目的として、北海道開発局の現道における排水性舗装の現状調査結果および粗面系舗装の代表例である機能性 SMA、空隙率の低い排水性舗装、耐久性の高いアスファルトバインダーなどを用いた混合物の室内試験および試験施工の結果をもとに積雪寒冷地における粗面系舗装について検討したものを報告する。



写真-1 排水性舗装の破損状況

2. 現道における実態調査

(1) 排水性舗装の補修時期について

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、低温カンタブロ損失率は 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%が標準となっていた。

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。

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		

※平成 20 年、23 年調査に基づく

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-1 に示す。施工後 4 年までの破損率は低い、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-2 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。

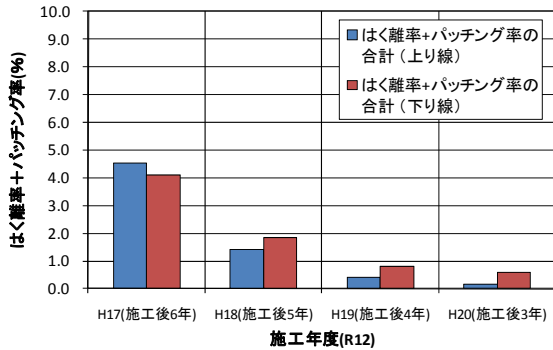


図-1 一般国道 12 号の破損状況 (空隙率 17%)

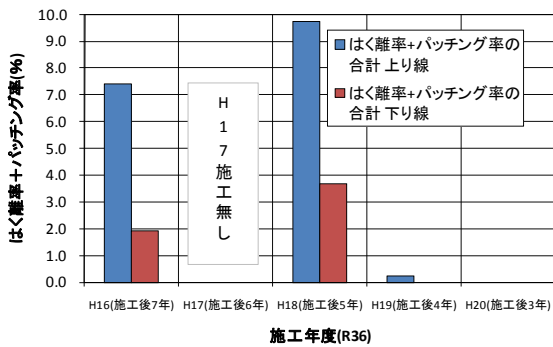


図-2 一般国道 36 号の破損状況 (空隙率 17%)

(2) 排水性舗装の破損箇所の状況

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状況を以下に示す。

① 除雪車等による骨材飛散

排水性舗装箇所における骨材の飛散状況を示す (写真-2)。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などの影響によるものと推察される。

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)。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り、骨材飛散が発生したと推察される。

④ 施工継ぎ目部の破損

施工継ぎ目部の破損も多く見られる (写真-5)。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し少ないため、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) 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。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-3)。

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。

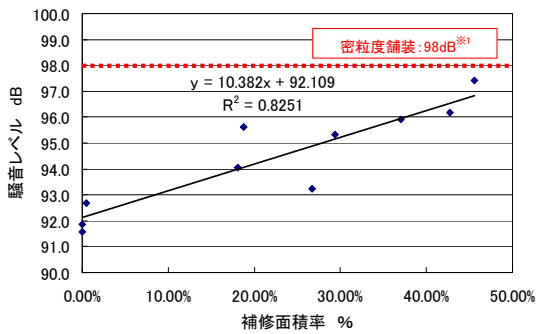


図-3 補修面積率とタイヤ/路面騒音値の関係

(4) 経年変化とタイヤ/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-4 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。

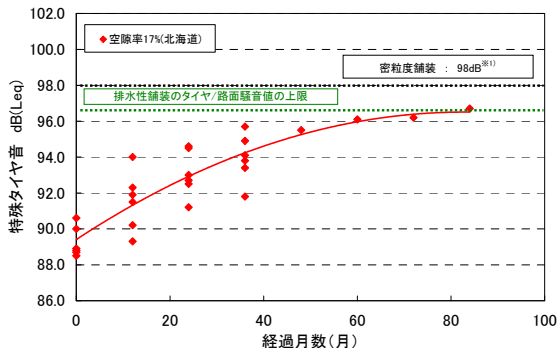


図-4 タイヤ/路面騒音値の経年変化

3. 室内試験における評価

室内試験は耐久性の評価を行うため、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。選定した混合物は、標準の排水性舗装空隙率 17% (以下、排水性空隙率 17%)、ポリマー改質アスファルト H 型および II 型を用いた機能性 SMA (以下、機能性 SMA(H 型)、機能性 SMA(II 型))、空隙率 12%および 15%の低空隙の排水性舗装 (以下、排水性空隙率 12%、排水性空隙率 15%)、積雪寒冷地用の高耐久ポリマー改質アスファルト H 型を用いた空隙率 17%および空隙率 23% (以下、高耐久空隙率 17%、高耐久空隙率 23%) の排水性舗装により、バインダーおよび空隙率の違いによる評価を行った。

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 繰返し表面剥奪試験
騒音低減効果	吸音率試験

表-3 室内試験で用いた混合物

混合物種別	空隙率	使用したアスファルトバインダー	本論文の略称
排水性舗装	空隙率17%	ポリマー改質アスファルトH型	排水性空隙率17%
機能性SMA	-	ポリマー改質アスファルトH型	機能性SMA (H型)
機能性SMA	-	ポリマー改質アスファルトII型	機能性SMA (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	排水性空隙率15%
排水性舗装	空隙率12%	ポリマー改質アスファルトH型	排水性空隙率12%
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	高耐久空隙率17%
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	高耐久空隙率23%

①低温カンタプロ試験結果

図-5 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。標準混合物である排水性空隙率 17%と比較し、排水性空隙率 12%、15%、機能性 SMA (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。

②繰返し表面剥奪試験結果

図-6、図-7 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、排水性空隙率 12%、15%、機能性 SMA (H 型)の耐久性が高いことが分かった。

③騒音低減効果の評価

図-8 に吸音率試験結果を示す。標準混合物と比較し、排水性空隙率 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 (H 型)の吸音効果は小さい結果となった。

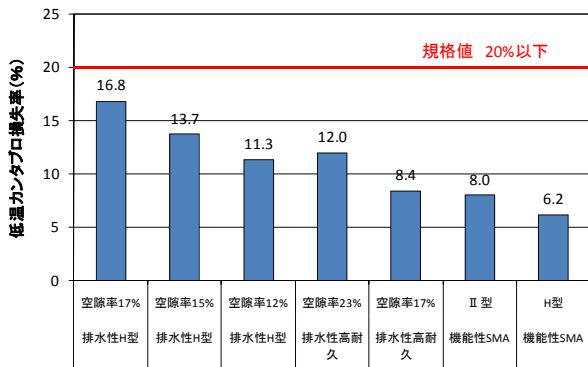


図-5 低温カンタブロ試験結果

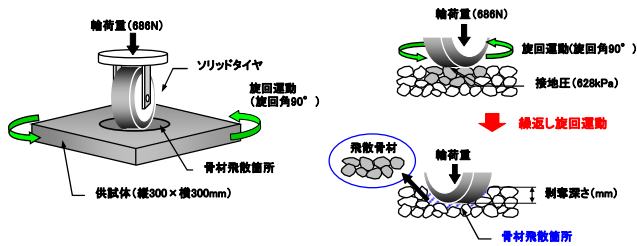


図-6 繰返し表面剥離試験方法

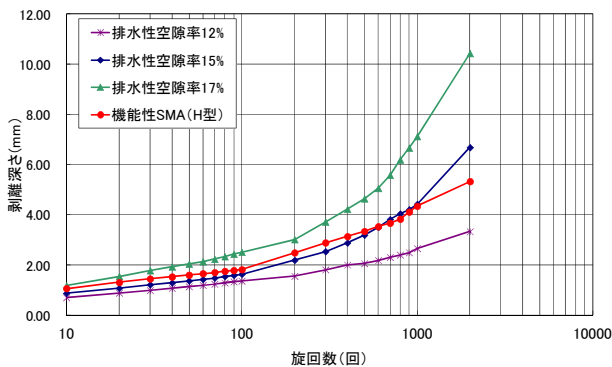


図-7 繰返し表面剥離試験結果

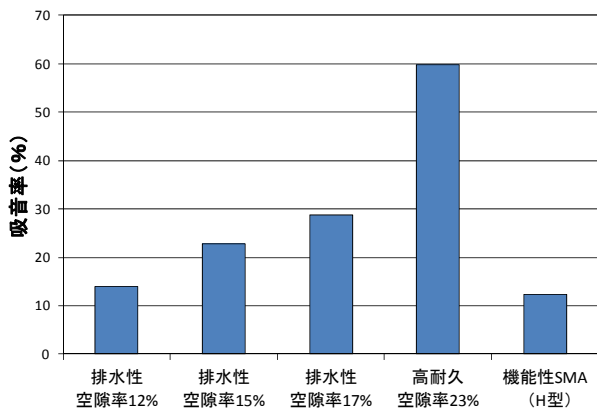


図-8 吸音率測定結果

4. 試験施工箇所における追跡結果

(1) 各種粗面系舗装試験施工箇所の評価

試験施工は、一般国道 5 号札幌市西区八軒で実施し、1 日通過交通量は約 30,000 台の区間、施工時期は平成 20 年 10 月～12 月であった。試験方法を表-4 に示す。選定した混合物は、室内試験で使用した混合物を用いて評価を行った。

表-4 調査項目

	調査項目	調査方法
路面性状調査	現場透水量試験	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によるタイヤ/路面騒音測定	舗装性能評価法による

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、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。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。

施工直後の現場透水量試験では、排水性空隙率 15% 以上の排水性舗装は、「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、排水性空隙率 12%の混合物については、規格値を満足していない状況であった

1 年経過後の追跡調査では、排水性空隙率 17%の透水量は大幅に低下していたが、高耐久空隙率 17%および 23%、排水性空隙率 15%は、排水機能が残っていることが確認された。また、2 年経過以降の調査では、すべての排水性舗装において現場透水量は著しく低下していた。（図-9）

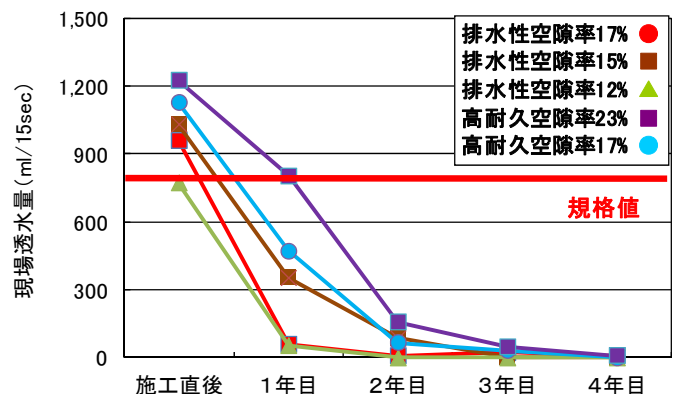


図-9 現場透水量の測定結果

②わだち掘れ量測定結果

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。4年経過後の測定では、いずれも大きなわだち掘れ量は生じておらず、特に空隙率12%の排水性舗装および機能性 SMA (II型、H型) のわだち掘れ量が少なくなっていた(図-10)。

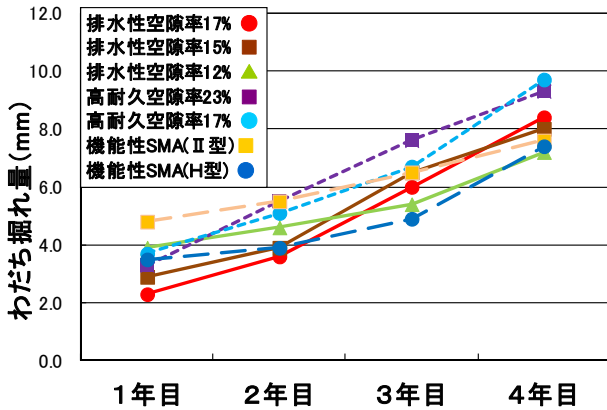


図-10 わだち掘れ量の測定

③きめ深さの測定結果

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-11)。

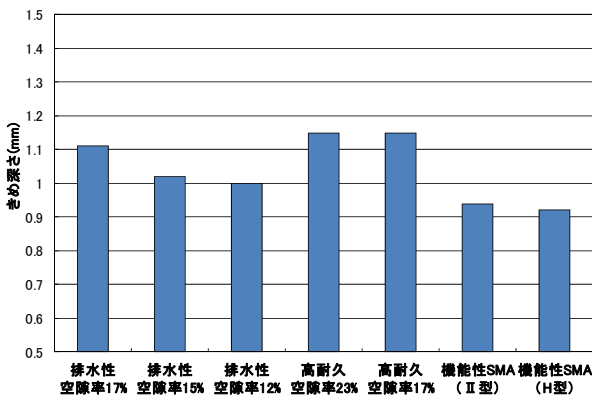


図-11 きめ深さの測定

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-12 に示す。

機能性重視の高耐久空隙率 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、排水性空隙率 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。

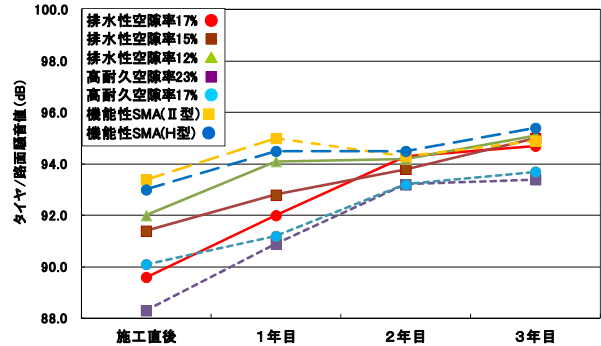


図-12 タイヤ/路面騒音の測定結果

(2)機能性SMAの施工事例箇所の長期供用性評価

一般国道 36 号苫小牧市有明、1 日通過交通量約 35,000 台の区間で平成 14 年に試験施工した機能性 SMA の損傷状況を目視によって確認したが、目立った損傷は発生しておらず、供用後 10 年経過した現在でも健全な状態を保っていることが確認された(写真-6)。

また、その他の 10 年以上経過した機能性 SMA 箇所について平成 24 年度に調査した結果、表-5 に示す箇所に示すように北海道内の多くの国道で機能性 SMA が健全な状態で現存していることが確認できた。



写真-6 10年経過後の機能性SMA箇所状況

表-5 機能性 SMA 箇所における 10 年経過現存箇所例

路線名	開発建設部	施工箇所	施工年度	施工延長
一般国道38号	帯広	帯広市石狩通り	平成12年	1300m
一般国道5号	小樽	小樽市張雄	平成12年	200m
一般国道236号	帯広	帯広市市街	平成13年	200m
一般国道12号	旭川	旭川市大町	平成13年	1000m
一般国道36号	室蘭	苫小牧市本幸町	平成13年	600m
一般国道38号	帯広	帯広市石狩通り	平成13年	1000m
一般国道36号	室蘭	苫小牧市元町	平成13年	1800m
一般国道38号	帯広	帯広市依田	平成14年	1100m
一般国道39号	旭川	旭川市大雪通	平成14年	1400m
一般国道12号	旭川	旭川市春志内	平成14年	1800m
一般国道12号	旭川	旭川市末広	平成14年	4800m
一般国道36号	室蘭	苫小牧市日吉町	平成14年	1600m

5. 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た結果を各混合物ごとに示す。

(1)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、排水性空隙率 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、初期の効果は排水性空隙率 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。

(2)機能性 SMA(II型)

室内試験の低温カンタブロ試験の評価は、排水性空隙率 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、排水性空隙率 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。

(3)排水性空隙率 12%

耐久性は排水性空隙率 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、排水性空隙率 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。

(4)排水性空隙率 15%

耐久性は排水性空隙率 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、排水性空隙率 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。

(5)高耐久空隙率 23%

耐久性の評価として、室内試験による骨材飛散抵抗性は排水性空隙率 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、排水性空隙率 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、排水性空隙率 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。

(6)高耐久空隙率 17%

排水性空隙率 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が、わだち掘れ量は 4 年経過後はほかの混合物に比べてやや多い結果となった。また、排水機能の持続性は、排水性空隙率 17%と比較して、1 年経過後では、やや高かったが、2 年経過後は比較用の物と同様に排水機能は著しく低下していた。

6. 今後の課題

今回の試験結果からは、耐久性の高い粗面系舗装として、機能性 SMA や空隙率バインダを変えた排水性舗装についてその効果を確認できた。今後はコストなどを考慮してアスファルトバインダー (H 型、II 型など) や配合設計の違いによる耐久性を検証し、使用目的や周辺環境、選定方法について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) 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