

粗面系舗装における供用性状追跡調査 結果による一考察

(国研)寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○布施 浩司
丸山 記美雄
佐藤 圭洋

平成20年度に一般国道5号西区八軒において、アスファルト混合物の空隙率や使用バインダーの異なる排水性舗装および機能性SMAによる試験施工を行っており10年以上にわたりひび割れ率などの路面性状調査を行ってきた。本報告では各粗面系舗装について、表層混合物として適用する可能性について確認することを目的とし、長期に測定した耐久性および路面性状測定の結果から検証したので、その結果を報告する。

キーワード：北海道型SMA、耐久性向上、排水性舗装

1. 背景と目的

平成20年当時の粗面系舗装の標準はポリマー改質アスファルトH型を用いた空隙率17%の排水性舗装（以下、排水性舗装(17%, H型)と呼ぶ）であり、長期の骨材飛散抵抗性向上が課題であった。当時の状況として、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キックの機能を併せ持つ機能性SMAを用いることで、骨材飛散が少なくなり、耐久性を向上させることが可能と考えられていたことから、北海道開発局札幌道路事務所管内の現道において、機能性SMA、低空隙率の排水性舗装および、改良型バインダーを使用した排水性舗装と標準型の排水性舗装(17%, H型)の比較検証を行う目的で、試験施工が実施された。

これまでに施工直後および施工3年後までの施工初期の路面性状の経過については過年度の論文¹⁾報告を行っているが、本報告では、積雪寒冷地に適した粗面系舗装の提案を行うことを目的として、試験施工箇所の経年後の路面性状等の調査について長期間行ったその結果について報告する。

2. 試験施工の概要

(1)試験施工箇所

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(参照：平成17年センサス)の区間で行い、施工時期は平成20年10月に施工した。

工区について図-1に示す。主な工区割としては、標準の排水性舗装工区として排水性舗装(17%, H型)の1種類、H型Fを用いた排水性工区として排水性舗装(17%, H型F)の1種類、機能性SMA工区として機能性SMA(Ⅱ型)と機能性SMA(H型)の2種類、低空隙排水性舗装工区として排水性舗装(15%, H型)と排水性舗装(12%, H型)の2種類、積雪寒冷地用改良バインダーを用いた排水性舗装工区として排水性舗装(17%, 改良)と排水性舗装(23%, 改良)の2種類を同一車線に隣接して設けた。標準の排水性舗装(17%, H型)1種類と、比較検証用の7種類の合計8種類の混合物で試験施工を行った。

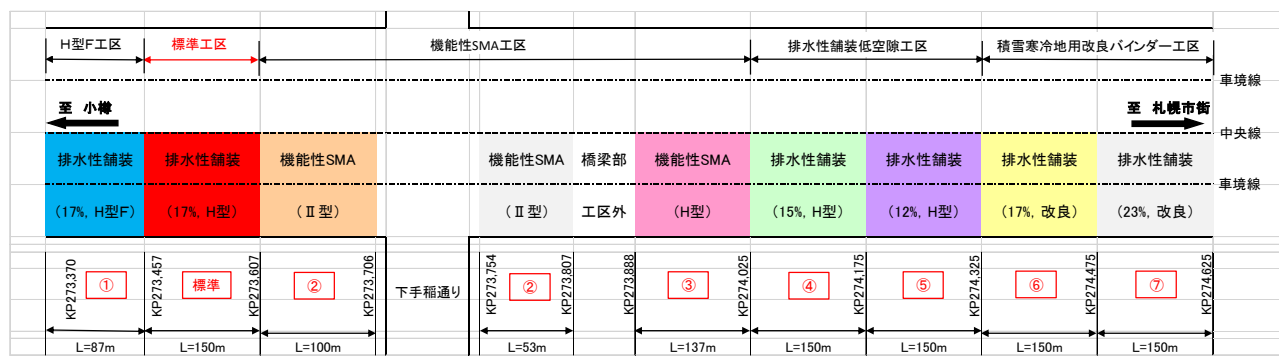


図-1 試験施工工区の概要

(2)試験施工に用いた混合物種類

試験に用いた混合物の種類の概要を表－1に示す。舗設した混合物は、耐久性の高い混合物として、ポリマー改質アスファルトH型Fの排水性舗装、ポリマー改質アスファルトII型およびポリマー改質アスファルトH型を用いた機能性SMA、空隙率を15%および12%と低くした低空隙率の排水性舗装、積雪寒冷地用の改良バインダーを用いた空隙率17%および23%の排水性舗装に当時の標準型である排水性舗装を加えた8タイプの混合物を用いて行った。

試験施工に用いた各バインダーの基本性状を表－2に示す。ポリマー改質アスファルトH型Fは、タフネスの規格値が80N・m以上でフラース脆化点の規格値が-12℃以下であり、ポリマー改質アスファルトH型に比べてタフネスが高くフラース脆化点が低いので、骨材の把握力が強く低温時の粘弾性状が良好なバインダーと言える。積雪寒冷地用改良バインダーは、フラース脆化点の規格値が-30℃以下であり、ポリマー改質アスファルトH型やポリマー改質アスファルトH型Fに比べて更にフラース脆化点が低く、低温時の粘弾性状が良好なバインダーといえる。標準型の排水性舗装に使用するポリマー改質アスファルトH型に代えてポリマー改質アスファルトH型Fや積雪寒冷地用改良バインダーを使用することで、積雪寒冷環境下における排水性舗装の損傷を改善できることを狙って試験施工している。

試験施工に用いた各混合物の性状を表－3に示す。標準型の排水性舗装は空隙率が17%程度であるが、機能性SMAは空隙率が4～6%程度と低く、排水性舗装の低空隙の混合物は空隙率が12%、15%程度に設定しており、標準型排水性舗装よりも骨材粒度が若干細かいことや空隙率が小さいことで水分や凍結融解の影響を受けにくくなり、積雪寒冷環境下における損傷を改善できることを狙って試験施工している。

表-3 各混合物の性状

混合物種別	As量	マーシャル試験		
		密度 (g/cm3)	空隙率 (%)	安定度 (kN)
排水性舗装（17%, H型 F）	5.0	2.089	17.0	6.95
排水性舗装（17%, H型）標準型	5.0	2.082	16.8	7.56
機能性SMA（II型）	6.0	2.345	4.9	8.3
機能性SMA（H型）	6.0	2.328	5.5	8.15
排水性舗装（15%, H型）	5.1	2.131	15.1	6.45
排水性舗装（12%, H型）	5.3	2.198	12.1	6.61
排水性舗装（17%, 改良）	5.0	2.082	16.8	7.56
排水性舗装（23%, 改良）	5.2	1.927	22.6	5.00
基準値	—	—	—	3.5以上

表-1 試験施工混合物の種類の概要

	混合物種類	空隙率	使用バインダー	工区区分
①	排水性舗装	17%	ポリマー改質アスファルトH型F	排水性舗装 H型F
標準	排水性舗装	17%	ポリマー改質アスファルトH型	標準型
②	機能性SMA	—	ポリマー改質アスファルトII型	機能性SMA
③	機能性SMA	—	ポリマー改質アスファルトH型	
④	排水性舗装	15%	ポリマー改質アスファルトH型	排水性舗装 低空隙
⑤	排水性舗装	12%	ポリマー改質アスファルトH型	
⑥	排水性舗装	17%	積雪寒冷地用改良バインダー	排水性舗装 積雪寒冷地用改良
⑦	排水性舗装	23%	積雪寒冷地用改良バインダー	

表-2 各バインダーの基本性状

バインダーの種類	針入度 (25℃ 1/10mm)		軟化点 (℃)		タフネス(25℃) (N・m)		テナシティ(25℃) (N・m)		フラース脆化点 (℃)		曲げ仕事量(-20℃) (kPa)		曲げスティフネス(-20℃) (kPa)	
	試験値	規格値	試験値	規格値	試験値	規格値	試験値	規格値	試験値	規格値	試験値	規格値	試験値	規格値
ポリマー改質アスファルトH型F	92	40以上	91	80以上	91	80以上	—	—	-29	-12以下	1492	400以上	41	100以下
ポリマー改質アスファルトH型（排水性舗装）	63	40以上	91	80以上	25.4	20以上	—	—	—	—	—	—	—	—
ポリマー改質アスファルトH型（SMA）	61	40以上	103.5	80以上	27.2	20以上	20.6	15以上	-26	—	—	—	—	—
ポリマー改質アスファルトII型	59	40以上	62.5	56以上	16.8	8以上	11.9	4以上	—	—	—	—	—	—
積雪寒冷地用改良バインダー	55	40以上	92.5	80以上	—	—	—	—	-35	-30以下	1355	750以上	62	80以下

(3)調査内容

調査項目は、「舗装調査・試験法便覧²⁾」による方法により、わだち掘れ量の測定、ひび割れ率の測定、きめ深さの測定を毎年行い長期比較を行った。ひび割れ率の測定に際しては、パッチング部分は全てひび割れ面積に換算してひび割れ率に算入する手法を採用している。これは、排水性舗装や機能性 SMA など粗骨材が多い混合物の場合、主な損傷形態は骨材飛散やポットホールであり、骨材飛散やポットホールが発生した部分は応急的にパッチングにて補修されるケースが多いことから、パッチング部分をひび割れ率に算入して路面の損傷状況を数値化することが妥当であると考えたためである。試験調査時期としては、わだち掘れ量の測定は平成 20 年を初年度とし、追跡調査を令和 4 年までの 14 年間行った。また、ひび割れ率については平成 25 年から令和 4 年までの期間を測定を行った。またきめ深さについては平成 24 年から令和 4 年までの期間を測定を行った。本報告では、車両の進行方向が一定している追越車線における測定結果を述べる。

なお、舗装補修工事の影響により、標準型である排水性舗装(17%, H 型)、機能性 SMA(II 型)は令和 2 年に、排水性舗装(23%, 改良)は令和元年に調査を終了した。

3. 試験調査結果

(1)低温カンタブロ試験による測定結果

施工当時の低温カンタブロ損失率の結果を図-2 に示す。いずれの混合物も、施工当時の排水性混合物の規格値である低温カンタブロ損失率20%以下を満足している。

試験用混合物の7種類はいずれも、標準型の排水性舗装(17%, H 型)よりも損失率が小さく、骨材飛散しにくいことが期待できる。

機能性SMA(II 型)および機能性SMA(H 型)のいずれも損失率は10%以下と優れた値を示しており、特に機能性SMA(H 型)が機能性SMA(II 型)よりも小さい結果となった。また、排水性舗装(17%, H 型F)と排水性舗装(17%, 改良)も各々10.5%, 8.4%の値で、標準型の排水性舗装(17%, H 型)よりも優れている結果となった。

(2) わだち掘れ量の測定結果

わだち掘れ量の測定結果について図-3 に、令和 2 年のわだち掘れ量の値について表-4 に示す。混合物の種類による若干の値の違いはあるもののどの混合物も概ね良好に推移しており大きな違いは確認されなかった。

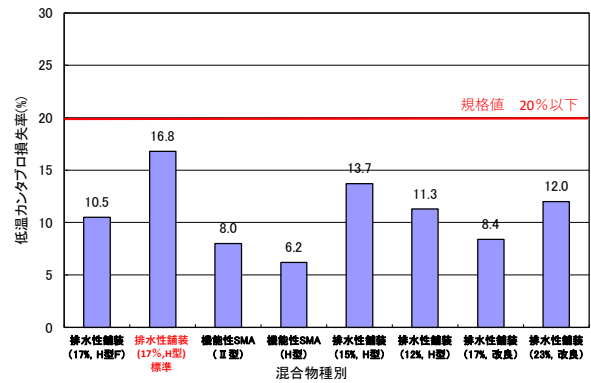


図-2 低温カンタブロ試験結果

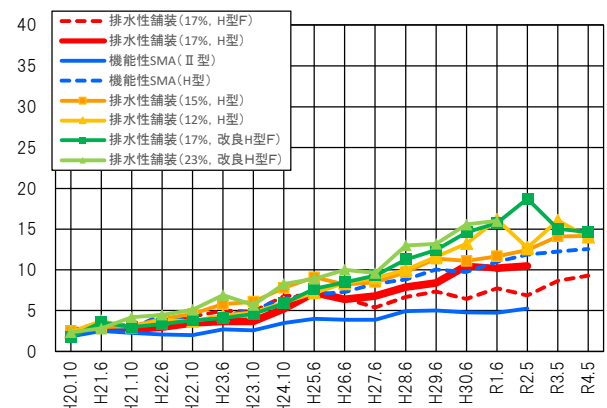


図-3 わだち掘れ量の測定結果

表-4 わだち掘れ量の測定結果 (R2抽出)

混合物種類	わだち掘れ量 (R2)
	内側 (第 2) 車線
排水性舗装 (17%, H 型 F)	6.9
排水性舗装 (17%, H 型)	10.5
機能性SMA (II 型)	5.2
機能性SMA (H 型)	11.9
排水性舗装 (15%, H 型)	12.5
排水性舗装 (12%, H 型)	12.7
排水性舗装 (17%, 改良)	18.7
排水性舗装 (23%, 改良)	16.0

※排水性舗装 (23%, 改良) はR1の調査結果

(3) ひびわれ率の測定結果

ひび割れ率の測定結果について図-4 に、令和 2 年のひび割れ率の値について表-5 に示す。

当時の粗面系舗装の標準型である排水性舗装(17%, H 型)はひび割れ率の 12 年経過後の測定結果が 33.2%となっており翌年補修を行った結果となった。また、排水性舗装(23%, 改良)の混合物工区は 11 年経過後の測定結果が、47.1%となっており、翌年補修を行った結果となった。

なお、ひび割れ率については混合物間での違いが認められたので、標準型である排水性舗装(17%, H 型)をベースラインとした比較の観点から以下に述べる。

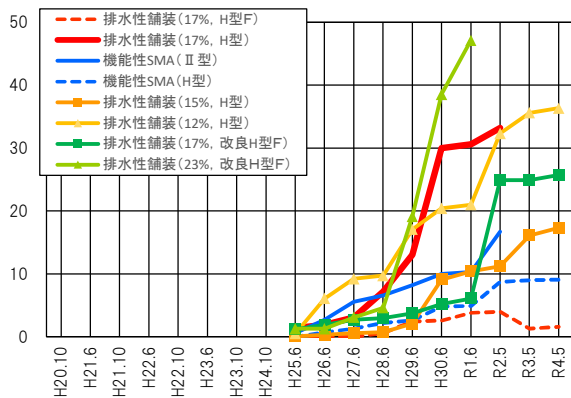


図4 ひび割れ率の測定結果

表-5 わだち掘れ量の測定結果 (R2抽出)

混合物種類	ひび割れ率 (R2)
	内側 (第2) 車線
排水性舗装 (17%, H型 F)	4.0
排水性舗装 (17%, H型)	33.2
機能性SMA (Ⅱ型)	16.7
機能性SMA (H型)	8.7
排水性舗装 (15%, H型)	11.2
排水性舗装 (12%, H型)	32.3
排水性舗装 (17%, 改良)	24.9
排水性舗装 (23%, 改良)	47.1

※排水性舗装 (23%, 改良) はR1の調査結果

a) H型F との比較

標準型排水性舗装(17%, H型)と排水性舗装(17%, H型 F)のひび割れ率比較結果について図-5に示す。

排水性舗装(17%, H型 F)のひび割れ率は12年経過後の測定結果が4.0%と小さく、路面の損傷を抑制できていたと評価できる。排水性混合物に使用するバインダーをH型からH型Fに代えることが積雪寒冷環境下における損傷抑制に有効であることが指摘できる。

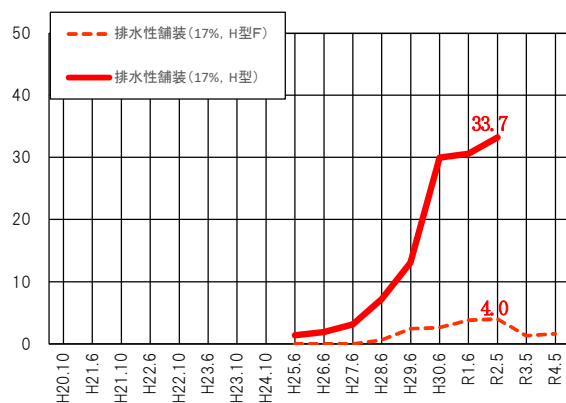


図-5 ひび割れ率の測定結果 (H型F との比較)

b) 機能性SMA との比較

標準型排水性舗装(17%, H型)と機能性SMAのひび割れ率について比較結果について図-6に示す。

機能性SMA(Ⅱ型)および機能性SMA(H型)のひび割れ率は、12年経過後の測定結果が各々16.7%、8.7%となっており、標準型排水性舗装(17%, H型)に比べひび割れ率が小さく、積雪寒冷環境下における損傷を抑制できていることが確認された。機能性SMA(Ⅱ型)と機能性SMA(H型)を比較すると、機能性SMA(H型)の方がひび割れ率が小さく、積雪寒冷環境下における損傷抑制に有効であると考えられる。排水性舗装(17%, H型)を機能性SMA(Ⅱ型)もしくは機能性SMA(H型)に代えることは、舗装損傷抑制に有効であると考えられる。

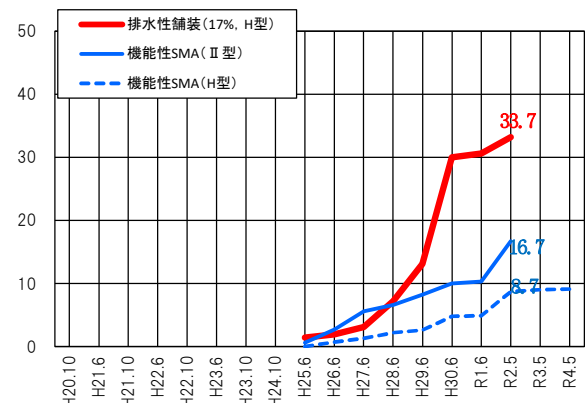


図-6 ひび割れ率の測定結果 (SMA との比較)

c) 低空隙の排水性舗装 との比較

標準型排水性舗装(17%, H型)と低空隙の排水性舗装のひび割れ率の比較結果について図-7に示す。

排水性舗装(12%, H型)のひび割れ率推移は12年経過後の測定結果が32.3%であり、標準型排水性舗装(17%, H型)と差違があまりない状況である。排水性舗装(15%, H型)は、12年経過後の測定結果が11.2%であり、標準型排水性舗装(17%, H型)に比べてひび割れ率が小さい傾向が認められる。空隙率を小さくすることがひび割れ率の低下に必ずしも繋がっていない結果と考えられ、排水性舗装の低空隙化による損傷抑制効果は安定したものではない可能性が指摘できる。

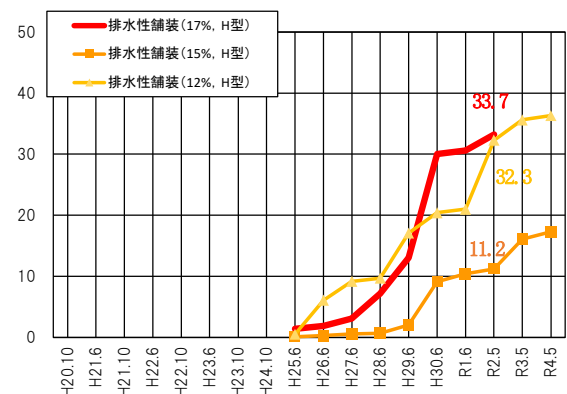


図-7 ひび割れ率の測定結果 (低空隙排水性舗装 との比較)

d) 積雪寒冷地用改良バインダーとの比較

標準型排水性舗装(17%, H型)と排水性舗装(17%, 改良)および排水性舗装(23%, 改良)のひび割れ率比較結果について図-8に示す。

排水性舗装(17%, 改良)のひび割れ率は12年経過後の測定結果が24.9%と標準型と比べてやや小さい結果となっていた。

排水性舗装(23%, 改良)のひび割れ率は11年経過後の測定結果が内側47.1%と高くなったため補修を行う結果となった。アスファルトバインダーの性能が高くて空隙率を大きくする方法は好ましくないと指摘できる。

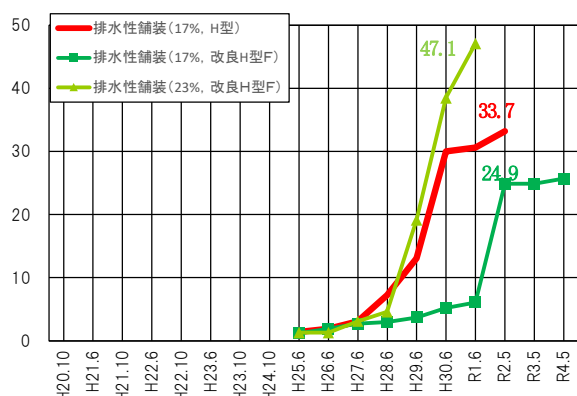


図-8 ひび割れ率の測定結果 (改良バインダーとの比較)

(3) きめ深さについての測定結果

きめ深さの測定結果について図-9に示す。

その結果、きめ深さについては、各混合物について、施工後のきめ深さをほぼ保っている状態であり、性能が大きく変化する傾向はみられなかった。

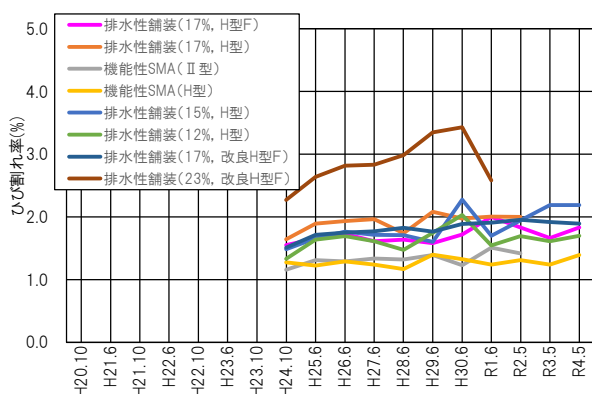


図-9 きめ深さの測定結果

4. まとめ

試験施工後約14年経過した路面に対する調査結果をまとめると以下のとおりである。

- 1)排水性舗装(17%, H型F)は、標準型の排水性舗装(17%, H型)に比べひび割れ率が小さく、路面の損傷を抑制できていたと評価できる。排水性混合物に使用するバインダーをH型からH型Fに代えることが積雪寒冷環境下における損傷抑制に有効であることが指摘できる。
- 2)機能性SMA(II型)および機能性SMA(H型)は、標準型排水性舗装(17%, H型)に比べひび割れ率が小さく、積雪寒冷環境下における損傷を抑制できていることが確認された。機能性SMA(II型)と機能性SMA(H型)を比較すると、機能性SMA(H型)の方がひび割れ率が小さく、積雪寒冷環境下における損傷抑制に有効であると考えられる。排水性舗装(17%, H型)を機能性SMA(II型)もしくは機能性SMA(H型)に代えることは、舗装損傷抑制に有効であることが確認された。
- 3)低空隙の排水性舗装である排水性舗装(12%, H型)のひび割れ率推移は標準型排水性舗装(17%, H型)と差違があまりなく、排水性舗装(15%, H型)は標準型排水性舗装(17%, H型)に比べてひび割れ率が小さい傾向が認められた。排水性舗装の低空隙化による損傷抑制効果は安定したものではない可能性が指摘できる。
- 4)積雪寒冷地用改良バインダーを用いた排水性舗装(17%, 改良)は、標準型排水性舗装(17%, H型)に比べてひび割れ率がやや小さい傾向が認められ、積雪寒冷環境下における損傷抑制に有効であると考えられる。一方、排水性舗装(23%, 改良)は標準型排水性舗装(17%, H型)に比べてひび割れ率が大きく損傷が進行しやすいため、アスファルトバインダーの性能が高くて空隙率を大きくする方法は好ましくないと指摘できる。

5. おわりに

試験施工後約14年間の長期間にわたる調査に際して、フィールド提供のご協力を頂いた北海道開発局ならびに札幌開発建設部の関係者皆様に感謝の意を表す。ポリマー改質アスファルトH型Fなどのアスファルトバインダーを使用することや、機能性SMAとすることが、積雪寒冷地における粗面系舗装の損傷改善に有効と考えられることから、今後は試験フィールドを追加して更なる検証を実施しつつ、ニーズがある箇所への適用に向けた取り組みを進めていきたい。

参考文献

- 1) 布施、熊谷、安部：積雪寒冷地における低騒音舗装に関する検討，北海道開発局技術研究発表会論文，2012.02
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧，1988.11