

橋面舗装の切削残存層上に使用する レベリング用アスファルト混合物に関する研究

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学分野 ○大谷 捷人
(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 橋本 雅行
長岡技術科学大学 環境社会基盤系 高橋 修

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版の劣化・損傷は、その多くが車両の繰返し荷重による疲労現象に起因している。疲労進展のプロセスで床版表面に水が存在する場合、床版の劣化の促進やひび割れの進行、舗装への損傷を加速させることが明らかとなっている。そのため、橋面舗装と床版の境界面には、床版内部への雨水や塩化物イオンの侵入防止を目的とした床版防水層が設けられている。

近年運用が多くなってきている高耐久型の床版防水層は、橋面舗装よりも耐用年数が高いことから、床版防水層が耐用年数未満であっても橋面舗装の打換えと同時に再施工されており、工費拡大や施工長期化に繋がることが問題となっている。また、橋面舗装や床版防水層の撤去作業では、バックホウを用いた剥ぎ取りが行われており、床版のかぶりコンクリート表面に損傷を与えることも懸念されている。

大西らは、橋面舗装打換え時の切削工事に於いて、アスファルトコンクリート（以下、アスコン）層を約 20 mm の薄層で残存させ、これに乳剤を浸透させて防水中間層として再利用することで、既設床版及び床版防水層への損傷を防止することについて検討を行った¹⁾。この場合の防水中間層を構築するイメージを図-1 に示す。また、和田らは、切削残存層に乳剤を塗布して防水中間層とした場合の不透水性と力学的性能を評価し、防水中間層を構築することの妥当性や適用性について考察した²⁾。その結果、改質アスファルト乳剤（以下、改質乳剤）を塗布することで、不透水性と力学的性能を回復した防水中間層として活用できることを確認した。和田らの検討では、標準量の 2 倍の改質乳剤を散布することで、最大粒径 13 mm の密粒度アスファルト（以下、新規アスコン）と同等以上の不透水性が得られることを確認したが、現場における施工性の観点から標準量とすることが望ましいと考察している。

そこで、本研究では、既設床版と床版防水層が健全である場合、改質乳剤によって性能回復させた切削残存層の上に、さらに不透水性の高いレベリング層を施工することによって、切削残存層

とレベリング層の複合体で基層を構成し、この複合体に新規アスコンと同等の性能を持たせることについて検討した。このような複合体の層が構築できれば、舗装打換え工事として作業効率が向上し、工費削減及び工期短縮、さらに床版の保護といった効果が期待される。

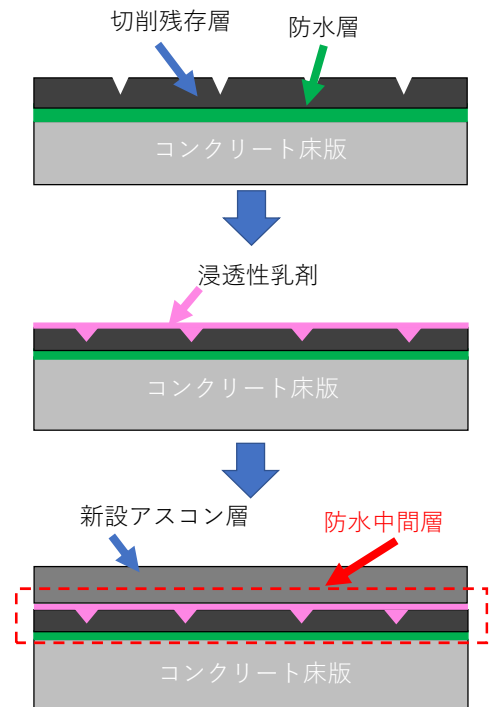


図-1 防水中間層の構築過程イメージ

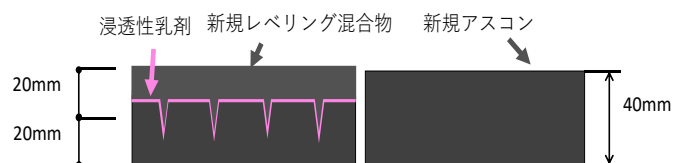


図-2 橋面舗装の構成

2. レベリング用アスファルト混合物の検討

本研究で想定している橋面舗装の構成を図-2 に示す。橋面舗装の基層は厚さが約 40 mm であり、切削残存層の厚さを約 20 mm とするためには、レベリング層の厚さは約 20 mm としなければならない。また、このレベリング層は切削残存層と改質乳

剤では不十分であった不透水性を補う必要がある。さらに複合体とした場合でも通常の基層と同等以上の塑性流動抵抗性も求められる。これらのことから、レベリング用アスファルト混合物に求められる性能としては、①最大骨材粒径が小さいこと、②不透水性が高いこと、③ある程度の塑性流動抵抗性を有することが挙げられる。上記①の条件を考えた場合、我が国の骨材事情より、最大骨材粒径は 5 mm ということになる。最大骨材粒径が 5 mm で、②及び③の性能を満足する混合物としては、砕石マスタックアスファルト混合物（以下、SMA）が適当と考えられる。これらを踏まえて最大骨材粒径 5 mm の SMA（以下、SMA5 mm）の配合設計を行ったが、ストレートアスファルト（以下、ストアス）を使用した場合、水浸マーシャル残留安定度が表-1 に示す NEXCO 基準を満たすことができなかった。そのため、本研究では改質アスファルト II 型（以下、改質 II 型）を使用した SMA5 mm についても検討を行った。

表-1 SMA5mm の NEXCO の基準値³⁾

項目	基準値	
	I 型 又は II 型	II 型
マーシャル安定度 KN	6 以上	
空隙率 %	2~3	
水浸マーシャル残留安定度 60℃ 48 時間 %	75 以上	
骨材間隙率 %	17 以上 (望ましい値)	14 以上 (望ましい値)

3. ホイールトラッキング試験による塑性流動抵抗性の評価

3.1 試験概要

SMA5 mm の塑性流動抵抗性は、ホイールトラッキング試験（以下、WT 試験）を行って動的安定度（以下、DS）の値で評価した。WT 試験の供試体作製や载荷試験は、舗装調査・試験法便覧⁴⁾に基づいて実施した。供試体としては、改質 II 型を使用した SMA5 mm、及び比較検討のための混合物としてストアスを使用した SMA5 mm、新規基層に相当する最大骨材粒径 13 mm の密粒度アスファルト混合物（以下、密粒 13）、残存層を想定した空隙率が 7.5 % の密粒 13 の 4 種類とした。厚さは全て 50 mm とした。

3.2 試験結果及び考察

WT 試験で得られた DS の結果を図-3 に、わだち掘れ深さとトラバース回数の関係を図-4 に示す。DS の値は改質 II 型を使用した SMA5 mm が突出して大きく、ストアスを使用した新規密粒 13、残存層密粒 13、SMA5 mm の値は同程度で、400 回/mm を下回っている。ストアス使用の新規密粒 13、残存層密粒 13、SMA5 mm については、DS の値にあまり差がないが、図-4 に示したわだち掘れ深さの推移は新規密粒 13、残存層密粒 13、SMA5 mm の順で値が小さい。改質 II 型の SMA5 mm は全体的にかなり小さく、トラバース 200 回程度で約 3 mm に進展し、その後はわずかに増加している。

以上のことから、改質 II 型を使用した SMA5 mm をレベリング層としても、塑性流動抵抗性に悪影響を与

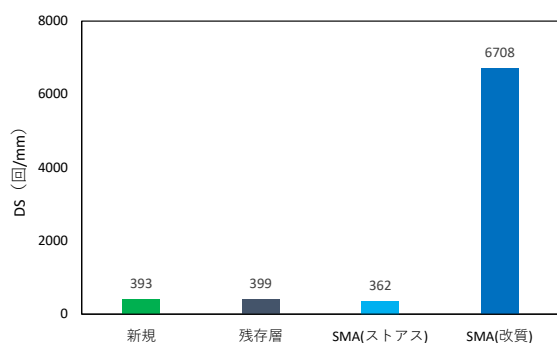


図-3 各アスコン供試体の DS

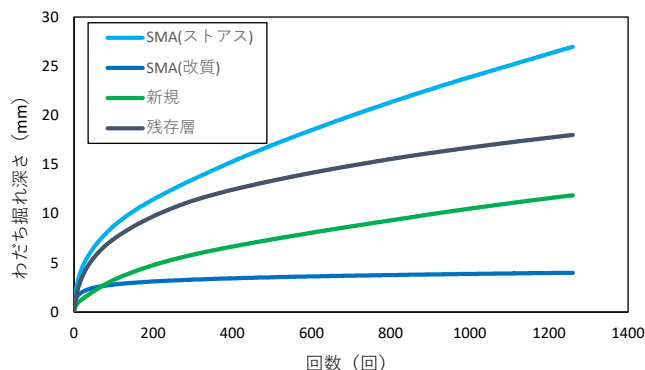


図-4 各アスコン供試体のわだち掘れ深さ

えることはないと判断される。むしろ、低下した切削残存層の塑性変形抵抗性を補って、複合体した場合は塑性変形抵抗性を向上させる効果が期待できる。この確認については、今後の課題としたい。

4. 曲げ試験による低温時たわみ追従性の評価

4.1 試験概要

アスコン層としての基本物性として、低温時のたわみ追従性を静的曲げ試験によって評価した。試験方法は舗装調査・試験法便覧⁴⁾に遵守し、評価値として曲げ強度と破断時ひずみを求めて比較した。試験温度は-10℃とし、供試体は上記 WT 試験の供試体と同様に作製して、ダイヤモンドカッターで 300×100×20 mm に成形した。供試体の種類も WT 試験と同じとし、計 4 種類について比較を行った。

4.2 試験結果及び考察

各供試体の破壊時ひずみの結果を図-5 に、曲げ強度の結果を図-6 に示す。残存層は空隙率が新規よりも大きいため、破壊時ひずみ及び曲げ強度とも小さい。また、SMA5 mm の結果が新規と比較しても、破壊時ひずみ及び曲げ強度が高くなっている。これは、SMA はフィラー分とアスファルト量が多く、空隙率が小さいことに起因している。これらのことから、レベリング層に SMA5 mm を用いた場合、曲げ作用に対しても切削残存層への補強効果が期待される。また、改質Ⅱ型の SMA はストアスを用いた場合よりも、高いたわみ追従性及び曲げ強度が得られていることから、改質アスファルトの有効性が確認される。

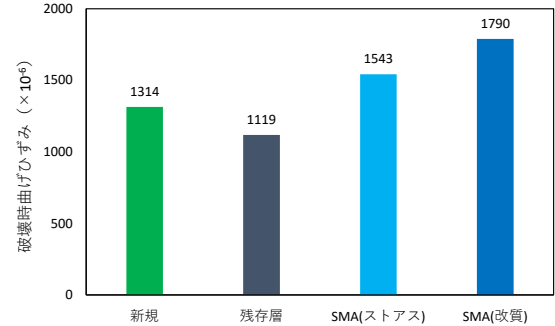


図-5 破壊時曲げひずみ

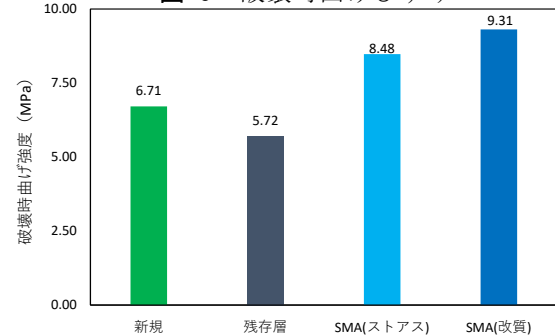


図-6 曲げ強度

5. 加圧透水試験による不透水性の評価

5.1 試験概要

厚さ 20 mm の SMA5 mm の不透水性について、加圧透水試験を実施して評価した。試験方法は舗装調査・試験法便覧⁴⁾に遵守し、試験で求められる透水係数によって不透水性を確認する。供試体はマーシャル安定度試験の供試体と同様に作製し、それを厚さ 20 mm にカットした。供試体の種類としては、バインダーにストアスと改質Ⅱ型を使用した SMA5 mm の 2 種とした。

5.2 試験結果及び考察

供試体の厚さが 20 mm で通常よりも薄いことから、試験結果のばらつきが大きいため、本試験は 6 体ずつ試験を行った。その中で上位 3 つの結果を図-7 に示す。全般的に、ストアスを用いた SMA5 mm の方が改質Ⅱ型を使用したものよりも透水係数は低い値である。改質Ⅱ型を使用した SMA5 mm であっても透水係数は 10^{-9} のレベルであり、一般的に 10^{-7} 以下は不透水と評価できるため不透水性としては十分な性能と評価される。

6. 引張接着試験及びせん断試験による引張およびせん断の接着性の評価

6.1 試験概要

残存層密粒 13 に乳剤を塗布し、その上に SMA5 mm を打設した複合体（以後、基層複合体）において、層間の接着性を引張接着試験及びせん断試験によって評価した。試験方法は道路橋床版防水便覧⁵⁾に遵守し、

表-7 透水係数

	透水係数	
	ストアス	改質Ⅱ型
No.1	不透水	2.56×10^9
No.2	不透水	2.72×10^9
No.3	2.31×10^9	6.27×10^9

引張強度とせん断強度，及びせん断変位を求めて基準値と比較した．試験温度は-10℃，23℃，50℃とし，供試体は WT 試験の供試体と同様に作製し，それを引張試験の場合は直径 100 mm の円柱状に，せん断試験の場合は一辺 100 mm の角柱状に成形した．各層の厚さは，残存層 30mm，SMA5 mm を 20 mm とした．供試体は，乳剤に改質乳剤 C と一般的なタックコート用乳剤である PK-4 を使用した 2 種類を作製した．

表-2 引張せん断試験の結果

項目	試験温度	乳剤C	PK-4	基準値
引張強度 (N/mm ²)	-10℃	3.41	3.42	1.2以上
	23℃	1.23	1.30	0.6以上
	50℃	0.124	0.145	-
せん断強度 (N/mm ²)	-10℃	3.56	3.03	0.7以上
	23℃	0.583	0.491	0.15以上
	50℃	0.205	0.211	-
せん断変位 (mm)	-10℃	2.57	2.71	0.5mm以上
	23℃	5.40	4.90	1.0mm以上
	50℃	5.36	5.21	-

6.2 試験結果及び考察

引張接着試験およびせん断試験の結果を表-2 に示す．改質乳剤 C と PK-4 のどちらも，すべての試験温度で引張強度，せん断強度，及びせん断変位の基準値を大きく上回っている．このことから，残存層，乳剤，SMA5 mm の接着性は充分であり，一体化した一つの層と見なしても問題ないと考えられる．引張接着試験では，層間ではなく残存層部分での破壊によって試験が終了していた．そのため，改質乳剤 C と PK-4 であり差が生じていない．乳剤の接着効果については，別の供試体で性能を確認しておく必要があると言える．

7. まとめ

本研究では，橋面舗装の切削残存層に乳剤浸透工法を施して中間層として再利用する場合に，残存層上に施工するレベリング用アスファルト混合物 SMA5 mm の性能を評価し，その適用性について検討した．その結果，以下の知見を得ることができた．

- ① ここで検討した SMA5 mm は，新規基層用の密粒 13 と同等以上の塑性流動抵抗性，及び低温時たわみ追従性を有する．
- ② SMA5 mm は充分な不透水性を有しており，性能回復した切削残存層上に施工するレベリング用アスファルト混合物として活用できる．
- ③ 残存層，改質乳剤，SMA5 mm の基層複合体は，充分な引張せん断抵抗性を有しており，一体化した一つの層と見なしても問題ない．
- ④ 残留安定度を除いてストアスの SMA5 mm は基準値を満たしているためレベリング層の配合には検討の余地がある．

今後は複合体による塑性流動抵抗性，低温時たわみ追従性について評価，検討することが求められる．

参考文献

- 1) 大西純太，橋本雅行，高橋修：橋面アスファルト舗装切削残存層の不透水性を改善する工法に関する研究，第 15 回北陸道路舗装会議技術報文集 五，⑧1-4，2022．
- 2) 和田悠太，橋本雅行，高橋修：橋面舗装の切削残存層を再利用する乳剤浸透工法の最適仕様に関する研究，第 42 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会セッション別プログラム，V-103，2025．
- 3) 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：設計要領・第一集・舗装編 pp.53-57，2013．
- 4) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第 3 冊分〕2019．
- 5) (公社)日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007．