

粗面系舗装の耐久性向上に向けた取り組み —北海道横断自動車道における北海道型SMAの試験施工—

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○大江 弘希
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 上野 千草
 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 丸山 記美雄

近年、道路舗装における長寿命化・高耐久化といった社会的ニーズが非常に強くなっている。そのため、北海道開発局が管理する高規格幹線道路や一般国道に用いられる北海道型SMAについても、さらなる長寿命化・高耐久化を実現する必要がある。本報告では、積雪寒冷環境下における耐久性に優れたポリマー改質アスファルトH型-Fを用いた北海道型SMAの配合設計および試験施工を実施した結果を報告する。

キーワード：北海道型SMA、長寿命化・高耐久化、ポリマー改質アスファルト

1. はじめに

北海道開発局が管理する高規格幹線道路では、粗面系舗装の一つである排水性舗装が適用されてきた。排水性舗装は、表層に空隙率の高いポーラスアスファルト混合物を使用することで、ハイドロプレーニング現象の防止や雨天時の視認性向上、走行時の騒音低減効果などが期待される。しかし、積雪寒冷地域においては、除雪作業による骨材飛散や摩耗、融雪期のポットホール発生などが散見され、耐久性に課題があった。そこで、平成22年に設立された「積雪寒冷地における舗装技術検討委員会」の中で、北海道の高規格幹線道路に求められる性能を満足するアスファルト混合物が検討された。その成果として北海道型SMAが開発され、平成26年7月に北海道型SMAの施工の手引き（案）¹⁾が公表された。その後、平成29年からは北海道開発局道路設計要領に記載される形で本格運用が開始され、高規格幹線道路に限らず一般国道においても適用されるようになった。なお、北海道型SMAに使用するアスファルトは、ポリマー改質アスファルトII型を標準とし、大型車交通量が著しく多い箇所および交差点部はポリマー改質アスファルトH型を用いることとなっている。

近年では、道路舗装における長寿命化・高耐久化といった社会的ニーズが強くなっている。そのため、北海道型SMAについても、さらなる長寿命化・高耐久化が求められており、これまで施工技術や配合技術の観点から検討が進められてきた。既往の研究²⁾では、排水性舗装に使用するアスファルトを、ポリマー改質アスファルトH型からポリマー改質アスファルトH型-Fにすることで、長期供用時のひび割れ率が低減することが確認されており、積雪寒冷環境下における舗装の損傷抑制に有効であることが示されている（図-1）。このことから、粗面系

舗装の高耐久化には、ポリマー改質アスファルトの性能が関係していると考えられ、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型を使用する現行の北海道型SMAの耐久性を向上させる方法の一つとして、ポリマー改質アスファルトH型-Fの有効性が期待される。しかし、北海道型SMAにおいてポリマー改質アスファルトH型-Fが適用された事例は報告されておらず、施工性や長期供用時の耐久性について不明な点が多い。

そこで本研究では、北海道型SMAの耐久性向上を目的として、ポリマー改質アスファルトH型-Fを用いた配合設計および試験施工を実施し、施工性の評価および路面初期性状を測定した結果について報告する。

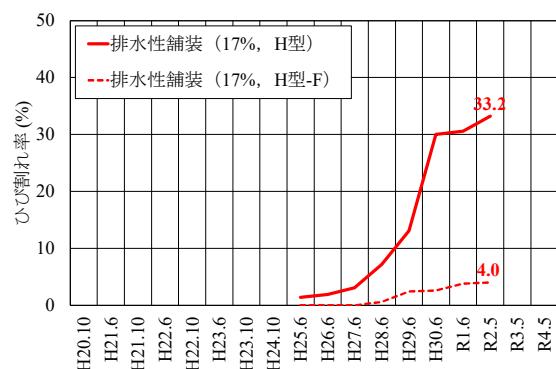


図-1 排水性舗装のひび割れ率測定結果

2. ポリマー改質アスファルトの性状

北海道型SMAの配合設計に使用するポリマー改質アスファルトは、標準使用されているポリマー改質アスファルトII型、大型車交通量が著しく多い箇所および交差点部に使用されるポリマー改質アスファルトH型および

ポリマー改質アスファルトH型-Fの3種類を選定した。それぞれの基本性状を表-1に示す。

ポリマー改質アスファルトII型は、北海道型SMAにおいては標準アスファルトとして使用されているが、一般的には大型車交通量が多く、耐流動対策が必要な道路に適用される。北海道開発局が管理する道路においては、日大型車交通量が1,000台/日・車線以上の路線区間の表層用混合物に適用される。

ポリマー改質アスファルトH型は、北海道型SMAにおいては、大型車交通量が著しく多い箇所や、タイヤの据え切り等による骨材飛散が想定される交差点部に施工する場合に適用される。一般的には排水性舗装に用いられるポーラスアスファルト混合物に適用される。ポリマー改質アスファルトII型と比較して、高い軟化点を有していることから、耐流動性の向上が期待できる。また、アスファルトが骨材を把握する力を表すタフネスの値が高く、骨材飛散抵抗性の向上が期待できる。

ポリマー改質アスファルトH型-Fは、ポリマー改質アスファルトH型の低温環境下における性能を改善させたアスファルトである。アスファルトの低温脆性を評価するフラーク脆化点が-30°C以下であることから、厳しい低温環境下においても優れた粘弾性状を有していることが伺える。また、ポリマー改質アスファルトH型よりも高い軟化点を有していることから、耐流動性の向上が期待できる。さらに、バインダ曲げ試験によって求められる曲げ仕事量および曲げスティフネスは、低温カンタブロ損失率と高い相関があることが知られており、骨材飛散抵抗性の向上が期待できる。

本研究では、これらの特徴を持つポリマー改質アスファルトH型-Fを北海道型SMAに適用することで、積雪寒冷環境下における粗面系舗装のさらなる耐久性向上を期待して、試験施工を実施した。

表-1 各種ポリマー改質アスファルトの基本性状

項目	改質II型	改質H型	改質H型-F
針入度(25°C)	1/10mm	59	62
軟化点	°C	67.5	89.0
伸度(15°C)	cm	100+	94
引火点	°C	332	340
フラーク脆化点	°C	—	-34
薄膜加熱質量変化率	%	-0.05	-0.06
薄膜加熱後の針入度残留率	%	81.4	83.9
タフネス	N・m	23.1	28.0
テナシティ	N・m	18.6	—
曲げ仕事量(-20°C)(×10 ⁻³)	kPa	—	1484
曲げスティフネス(-20°C)	kPa	—	45
密度(15°C)	g/cm ³	1.025	1.025
最適混合温度	°C	178±3	180±3
最適締固め温度	°C	163±3	160±3
			155±3

3. 北海道型SMAの配合設計

北海道型SMAの配合設計は、選定した3種類のポリマー改質アスファルトについて実施し、表-2に示すマーシ

ヤル基準値および表-3に示す混合物性状規格値をすべて満足する配合を決定した。

(1) マーシャル性状

北海道型SMAのマーシャル性状を表-4に示す。マーシャル性状はすべての基準値を満足しており、最適アスファルト量はポリマー改質アスファルトの種類にかかわらず、いずれも6.0%となった。

表-2 北海道型SMAのマーシャル基準値¹⁾

項目	基準値
アスファルト量 (%)	5.0~7.0
空隙率 (%)	3~7
飽和度 (%)	65~85
安定度 (kN)	4.9以上
フロー値 (1/100cm)	20~50

表-3 北海道型SMAの混合物性状規格値¹⁾

項目	規格値
低温カンタブロ損失率 (%)	16以下
動的安定度 (回/mm)	3000以上
きめ深さ (mm)	0.9以上

表-4 マーシャル性状

項目	改質II型	改質H型	改質H型-F
アスファルト量 %	6.0	6.0	6.0
理論最大密度 g/cm ³	2.436	2.436	2.437
密度 g/cm ³	2.303	2.303	2.301
空隙率 %	5.5	5.5	5.6
飽和度 %	71.1	71.1	70.5
安定度 kN	9.17	7.96	8.60
フロー値 1/100cm	34	32	37

(2) 低温カンタブロ損失率

低温カンタブロ損失率を図-2に示す。いずれも規格値である16%以下を満足した。特に、骨材把握力および低温環境下における粘弾性状に優れるポリマー改質アスファルトH型-Fが最もカンタブロ損失率が低くなっていること、優れた骨材飛散抵抗性を有していることが伺える。

(3) 動的安定度

動的安定度を図-3に示す。いずれも北海道型SMAの規格値である3,000回/mm以上を満足した。その中でも、高い軟化点を有するポリマー改質アスファルトH型およびH型-Fの動的安定度は、ポリマー改質アスファルトII型よりも大きい値となっており、耐流動性に優れていることが伺える。

(4) きめ深さ

きめ深さを図-4に示す。すべてのポリマー改質アスファルトにおいて規格値である0.9mm以上を満足しており、

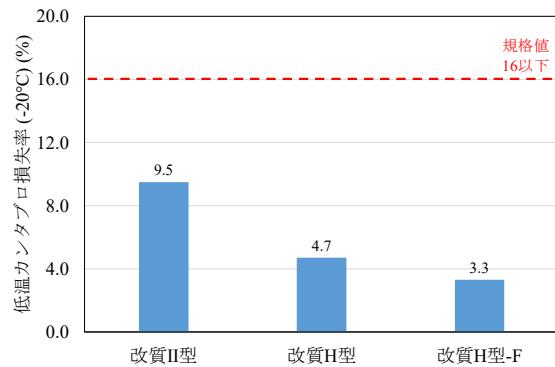


図-2 低温カンタブロ損失率

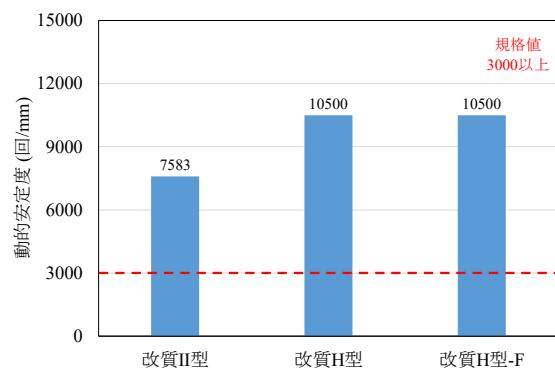


図-3 動的安定度

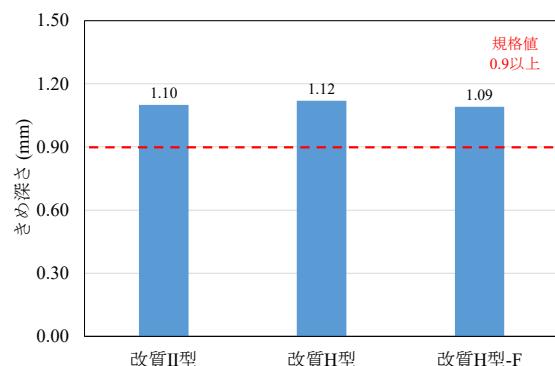


図-4 きめ深さ

走行安全性および視認性確保に必要な表面機能を有していることを確認した。

以上の結果より、北海道型SMAに用いるポリマー改質アスファルトの種類を変えることで、求められる表面きめ深さを確保しつつ骨材飛散抵抗性と耐流動性の向上が期待できることが分かった。特に、低温環境下における骨材飛散抵抗性については、ポリマー改質アスファルトH型-Fを用いることでさらなる高耐久化が期待できることが分かった。今後、摩耗抵抗性や凍結融解に対する耐久性についても室内試験を行い、性能比較を実施する予定である。

4. 試験施工

現場での試験施工は、ポリマー改質アスファルトH型-Fを使用した北海道型SMAの施工性および長期供用時の耐久性の確認を目的として実施した。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型を使用した現行の北海道型SMAについても、性能比較のため同日に施工した。以下に試験施工の概要と結果を述べる。

(1) 概要

試験施工は、2024年7月に北海道横断自動車道の新設工事区間（阿寒IC～釧路空港IC）で実施した。施工車線は釧路方面に向かう下り車線とし、3種類のポリマー改質アスファルトについて延長100mずつ隣接して施工した。表層の平たん性確保のため連続施工とし、混合物間の10m区間を材料切り替えに伴う混合区間に設定し、路面性状測定から除外した。試験施工位置図を図-5に示す。

(2) 施工条件

使用機械および転圧条件を表-5に示す。北海道型SMAの施工の手引き（案）を参考に、3工区すべて同一の施工機械を使用した。転圧温度および転圧回数については、事前に実施した試験練り結果をもとに設定した。

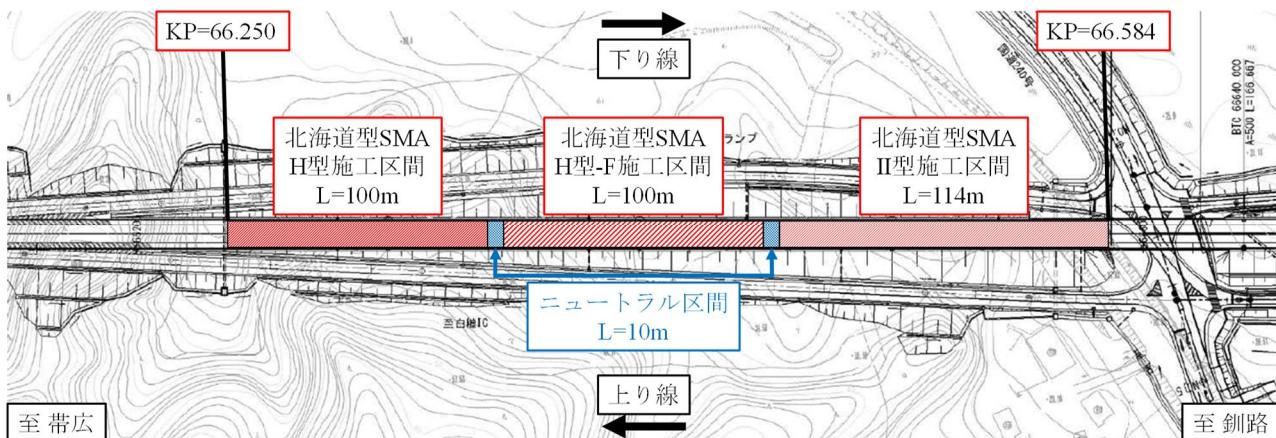


図-5 試験施工位置図

表-5 使用機械および転圧条件

転圧条件	転圧機械／転圧温度	転圧回数
初期転圧	マカダムローラ（10t級） 160±10°C	6回
二次転圧	タンデムローラ（7t級） 130±10°C	6回
仕上げ転圧	タイヤローラ（8~10t級） 70±10°C	4回

(3) 施工状況

施工状況を写真-1に示す。試験施工は設定した温度範囲および転圧回数で適切に行われた。また、北海道型SMA運搬時に懸念されるダンプ荷台へのダレの発生も見られなかった。ポリマー改質アスファルトH型-Fを使用した北海道型SMAのダレ確認状況を写真-2に示す。したがって、混合物出荷状況および施工状況は良好であった。途中、作業者へ聞き取り調査を行ったところ、ポリマー改質アスファルトの違いによる施工性に大きな差はなく、いずれも作業性は良好であるという回答を得た。



写真-1 試験施工実施状況



写真-2 ダレ確認 (ポリマー改質アスファルト H型-F)

5. 路面性状測定

(1) 測定項目および測定位置

施工直後の路面初期性状を把握するため、路面性状測定を実施した。測定項目を表-6、測定位置を図-6にそれぞれ示す。締固め度は切取コアによる密度測定によって算出し、きめ深さはCTメータによって測定した。

(2) 締固め度

切取コアによる締固め度測定結果を図-7に示す。N3平均の締固め度は、いずれも規格値である96.5%以上を満足した³⁾。この結果から、ポリマー改質アスファルトの種類が異なる場合でも、同一施工条件で締固め度の確保が可能であることを確認した。ただし、品質確保のためには事前に試験練りを実施し、転圧温度および転圧回数を選定することが望ましいと考える。

表-6 測定項目

凡例	測定項目	計測手法	計測位置
▲	締固め度	切取コア	区画線近傍
●	きめ深さ	CTメータ	IWP,BWP,OWP

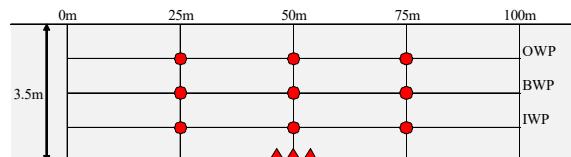


図-6 測定位置

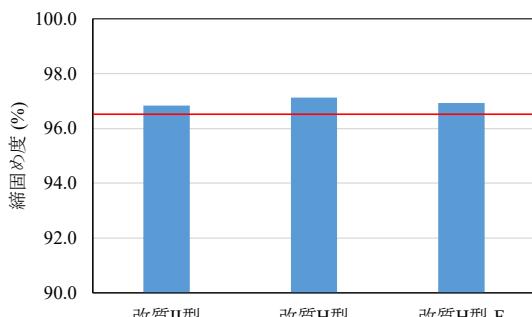


図-7 締固め度

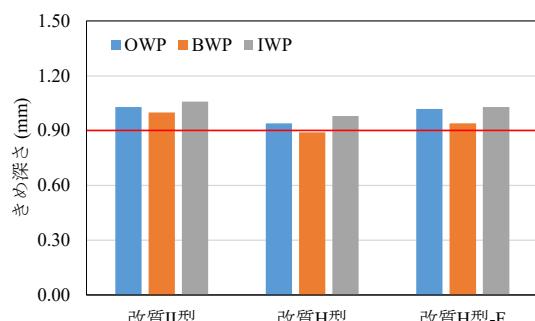


図-8 きめ深さ

(3) きめ深さ

CTメータによるきめ深さ測定結果を図-8に示す。いずれもきめ深さ規格値である0.9mm以上を満足し、北海道型SMAに求められる表面機能を有していることを確認した。

(4) 目視観察

舗設直後の路面状況をポリマー改質アスファルトごとに目視観察した。路面状況を写真-3～5に示す。いずれも骨材の割れやフラッシュなどの不具合は見られず、アスファルトの被膜状態も良好であることを確認した。

6. まとめ

ポリマー改質アスファルトH型-Fを用いた北海道型SMAの試験施工を実施した結果、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型と同等の施工性と路面初期性状を確保することができた。今後は、積雪寒冷環境下における長期供用性を把握するため、定期的な路面性状の調査を実施する予定である。

謝辞：試験施工にあたっては、北海道開発局釧路開発建設部および関係者にご尽力いただきありがとうございました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 積雪寒冷地における舗装技術検討委員会：北海道型SMAの施工の手引き（案）、2014
- 2) 布施浩司、丸山記美雄、佐藤圭洋：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、第67回北海道開発技術研究発表会、2024,02
- 3) 令和6年道路・河川工事仕様書品質管理基準及び規格値、2024,05



写真3 路面状況 (ポリマー改質アスファルトII型)



写真4 路面状況 (ポリマー改質アスファルトH型)



写真5 路面状況 (ポリマー改質アスファルトH型-F)