

橋面舗装表層に使用する碎石マスチックアスファルトの配合設計に関する研究

交通工学研究室 島津 佑輔
指導教員 高橋 修

1. はじめに

碎石マスチックアスファルト (以下, SMA) は, 一般的な密粒度アスファルトと比較して, 耐久性と水密性に優れている¹⁾. 我が国では, 試験的および限定的に表層や基層に使用されてきたが, 内部亀裂の発生や締固め不足による強度低下といった強度面や施工面において, いくつかの問題点が指摘されている. その一方で, 橋面舗装においては, 雨水等の浸入による床版の損傷が問題となっており, より水密性の高いアスファルト混合物層の必要性が高まっている. 米国では, AASHTO で標準化されている SMA (以下, AASHTO 型 SMA) が長期に渡って運用されており, 我が国での SMA に対する問題点は特に指摘されていない. しかし, AASHTO 型 SMA は日本国内での使用実績がなく, 橋面舗装の表層としての適用性に関する知見もない.

本研究では, 我が国の一般的な資材を使用して AASHTO 型 SMA を配合し, 既往の SMA と性能を比較するとともに橋面舗装の表層への適用性について検討した. そして, AASHTO 型 SMA の配合設計法を我が国に導入する場合の留意点, 主要設計パラメータについて知見を得た. 本研究では, 北海道型 SMA を既往の SMA として比較検討した.

2. AASHTO 型 SMA (10) および (13) の配合設計

AASHTO 型 SMA の配合設計を「AASHTO M325-08」^{2) 3)}の規定に準拠して行った. 使用骨材は, 新潟県長岡市産の骨材とし, 最大骨材粒径は 9.5 mm および 13.2 mm とした. これらの合成粒度を表-1 に, 粒度曲線を図-1 に示す. 本研究では, 6 号骨材を 13.2 mm~9.5 mm および 9.5 mm~4.75 mm に分級して骨材粒度を決定した. また, 使用したアスファルトは改質アスファルト II 型, ダレを防ぐ植物性添加剤は外割で 0.3%, 最大骨材粒径は (10) および (13) と表記することとした.

表-1 SMA (10) および (13) の合成粒度 (%)

最大粒径	粒径(mm)					
	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075
9.5	—	100.0	98.8	45.3	25.1	11.0
13.2	100.0	97.9	72.5	30.0	22.7	10.6

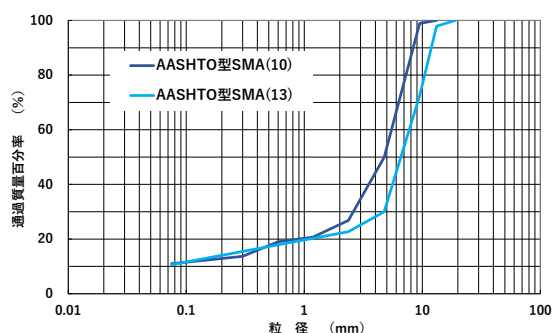


図-1 SMA (10) および (13) の粒度曲線

3. 性能評価試験

3.1 概要

従来のアスファルト舗装表層に使用されている北海道型 SMA (13) および密粒度アスファルト (13), (20) を比較対象とし, 配合設計した AASHTO 型 SMA (10), (13) の塑性流動抵抗性, 水密

表一2 性能評価試験で対象とした供試体

混合物種類	識別番号	備考
AASHTO 型 SMA (10)	A-10	研究
AASHTO 型 SMA (13)	A-13	対象
北海道型 SMA (13)	H-13	比較 対象
密粒度アスファルト (13)	D-13	
密粒度アスファルト (20)	D-20	

表一3 性能評価試験内容

試験名	評価指標	規格値
WT 試験	動的安定度	3,000 回/mm 以上
加圧透水試験	透水係数	10 ⁻⁷ cm/s 以下
きめ深さの測定	MPD	0.9mm 以上
低温 カンタブロ試験	損失率	16%以下

性、きめ深さおよび骨材飛散抵抗性を評価した。本研究の検討対象、およびその比較対象である既往混合物の供試体を表一2 に、各試験の評価指標およびその規格値を表一3 に示す。なお、比較対象に使用したアスファルトは AASHTO 型 SMA と同じ改質アスファルト II 型とし、性能の規格値は北海道型 SMA の施工の手引き⁴⁾に記載されているものである。

3.2 ホイールトラッキング試験

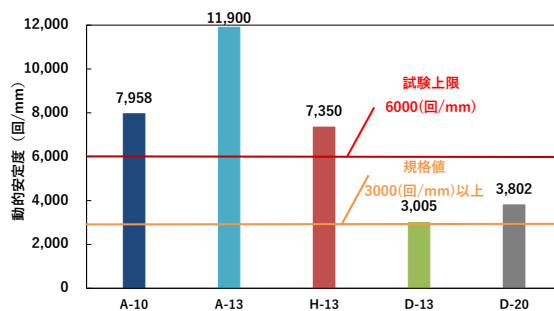
ホイールトラッキング (以下, WT) 試験による塑性流動抵抗性の評価指標は、動的安定度 DS である。各供試体に対する WT 試験の結果として DS およびわだち掘れ深さを図一2 および図一3 に示す。ここで、DS 値 3,000 回/mm は北海道型 SMA の規格値であり、6,000 回/mm は DS で評価できる限界値である。A-10, A-13 は、H-13 と同様に 6,000 回/mm を超えた結果であり、他の混合物よりも優れていると評価される。動的安定度の結果では、A-13 と H-13 の有意差は認められないが、わだち掘れ深さの結果からは、A-13 のほうが塑性流動抵抗性は優れていることが分かる。

3.3 加圧透水試験

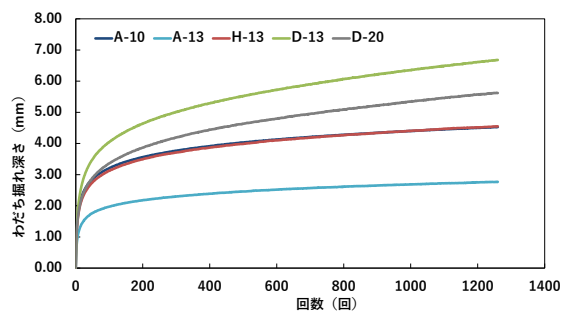
水密性を評価するため、加圧透水試験によって透水係数を測定した。その結果、全ての混合物において不透水 (=0cm/s) であった。したがって、A-10 および A-13 は、不透水性については問題ないといえる。

3.4 CT メータによるきめ深さの測定

走行安全性の機能発現がきめ深さに由来していることから、CT メータを用いて評価した。各供試体に対するきめ深さの測定結果を図一4 に示す。ここで、きめ深さ 0.9 mm 以上という規格値は北海道型 SMA のものである。なお、ここでは CT メータ測定によって得られる平均プロフィール深さ (Mean Profile Depth : MPD)をきめ深さとしている。試験結果より、A-10 および A-13 は 0.9mm 以上のきめ深さを有しており、規格値を満足していることが分かる。一般的に、きめ



図一2 各種混合物の動的安定度



図一3 各種混合物の回数-わだち掘れ深さ関係

深さが大きいと、表面水があってもすべり抵抗性が著しく低下せず、走行安全性が向上する。そのため、AASHTO 型 SMA は北海道型 SMA よりも走行安全性に優れていることがわかる。

3.5 低温カンタブロ試験

常温以下の温度域での骨材飛散は、SMA の代表的な破損形態の 1 つである。そのため、低温カンタブロ試験を行い、十分な骨材飛散抵抗性を有するかどうか評価した。各供試体に対する低温カンタブロ試験の結果を図-5 に示す。試験温度は-20°Cとし、規格値は北海道型 SMA のものである。試験結果より、A-10 は最も損失率が小さく、骨材飛散抵抗性が優れていることが分かる。これは、A-10 はアスファルト量(6.8%) が最も多く最大粒径が他の混合物と比較して小さいため、骨材間の結合力が大きいことが要因と考えられる。

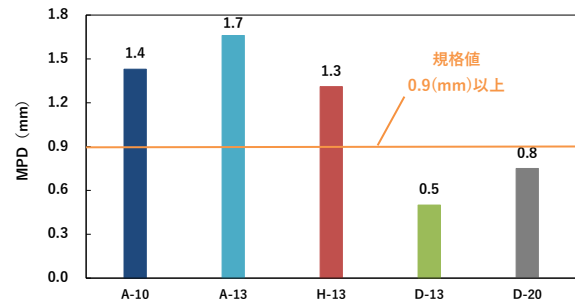


図-4 各種混合物のMPD (きめ深さ)

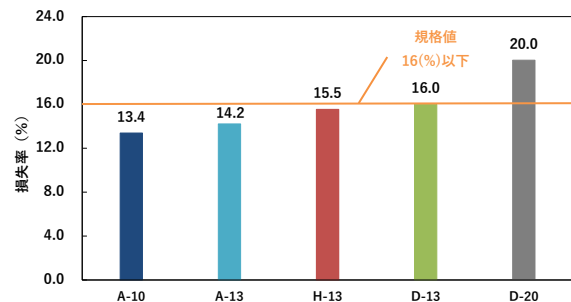


図-5 各種混合物の損失率

4. 配合設計上の留意点

4.1 概要

A-10, A-13 の配合設計における特性値を表-4 に示す。この結果から、A-13 は様々な骨材粒度を考慮しても全ての基準値を満足しなかった。その一方で、A-10 は A-13 と比較して長期的な耐用年数に影響を与える VMA (Voids in Mineral Aggregate) を満足している点で優れていることがわかる。そのため、A-10 の配合設計について詳細に考究する必要がある。A-10 は全ての基準値を満足しているが、VMA が基準値と同じであり、余裕を持たせる必要があると評される。しかし、VMA を大きくするとダレ量も増えてしまい、基準値を満足しない可能性がある。ここでの検討では、6号および7号の骨材配合比をパラメトリックに変化させて新たな全体配合比を設定し、配合設計時における VMA およびダレ量の関係性について評価した。

表-4 AASHTO 型 SMA の配合設計における特性値の結果

混合物名	As 量 (%)	空隙率 (%)	VMA (%)	VCA _{DRC} (%)	VCA _{MIX} (%)	TSR	ダレ量 (%)
A-10	6.8	4.0	17.0	40.6	32.5	1.0	0.113
A-13	6.1	4.0	16.1	41.6	40.0	0.92	0.255
AASHTO 基準	6.0 以上	4.0	17.0 以上	VCA _{DRC} > VCA _{MIX}		0.80 以上	0.3 以下

4.2 VMA とダレ量の関係

6号および7号の配合比を表-4の±10%および±3%で変化させ、VMAおよびダレ量を求めた。各配合比のVMAおよびダレ量を図-6に示す。6号+10%で7号-10%では、VMAが19.3%と大きくなり、ダレ量もAASHTO基準値を満足しなかった。しかし、6号+3%で7号-3%では、VMAが17.5%に対し、ダレ量が0.28%でどちらの基準値も満足する結果となった。

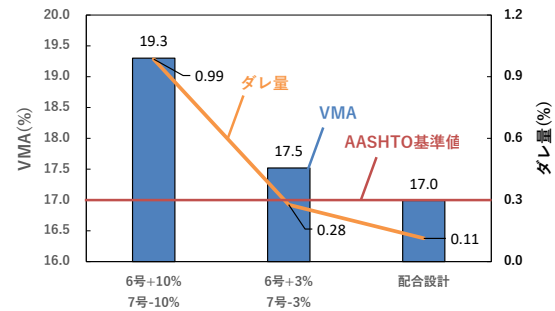


図-6 各配合比のVMAおよびダレ量

4.3 別骨材による確認

前述のとおり、長岡産の骨材を使用してA-10を配合設計することができた。ここでの検討では、産地の異なる骨材(成田産の骨材)を使用しても同様の配合設計が可能であるか否か検討した。

成田産骨材を使用した場合のVMAおよびダレ量を図-7に示す。成田産骨材は、AASHTO基準の上限粒度に沿って骨材配合比を設定した結果、VMAが22.0%と基準値と比較して大きい値となった。これは、成田産骨材の形状が粗く長岡産骨材と比較して締め固まりにくいことが原因であると考えられる。よって、VMAを抑えるために、粗砂を減らしその代わりに細砂を2.0%あるいは5.0%使用した。その結果、VMAを19.7%と小さくすることができた。また、細砂を5.0%とした場合、ダレ量を満足しており、別の骨材でも配合設計が可能であった。また、細砂によってダレを抑えられることもわかった。

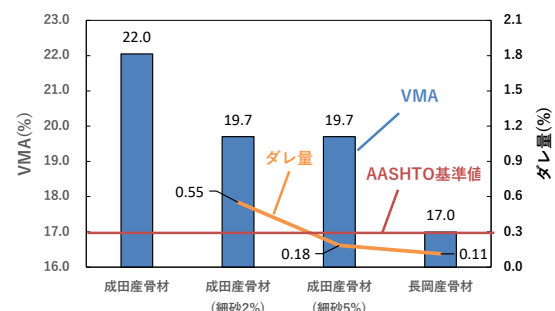


図-7 成田産骨材のVMAおよびダレ量

5. まとめ

本研究では、AASHTO型SMAについて性能評価試験を実施し、配合設計法の妥当性と適用性を評価した。以下に、検討で得られた知見をまとめる。

- 1) A-13は、H-13よりも塑性流動抵抗性が優れており、A-10はH-13とほぼ同等であった。
- 2) A-10およびA-13は、不透水性および骨材飛散抵抗性について特に問題がなかった。
- 3) A-10の配合設計は、VMAを17.0~17.5%にすることでダレが抑えられ、AASHTO基準値をすべて満足した。
- 4) 成田産骨材を使用した場合、VMAが22.0%でも細砂を入れることで、VMAおよびダレ量とともに抑えられ、AASHTO基準値を満足した。

以上の知見により、AASHTO型SMA(10)を橋面舗装の表層に適用することは問題なく、有望な選択肢として考えることができる。

研究文献

- 1) 日本建設業協会：砕石マスチックアスファルト舗装，2014.
- 2) AASHTO M325-08：Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA)，2012.
- 3) AASHTO R46-08：Standard Practice for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA)，2008.
- 4) 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，2016.