

空港舗装用の碎石マスティックアスファルトの配合設計に関する基礎的研究

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 ○倉石 航
長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 高橋 修

1. はじめに

わが国では、空港アスファルト舗装において、滑走路表面にグルーピングを施工することで要求水準のすべり抵抗性と表面排水性を確保している。しかしながら、グルーピングの施工には時間と費用を要する上に、目つぶれや角欠けが生じて性能が低下するという管理上の問題も指摘されている。

本研究では、グルーピングを施工しない空港表層用のアスファルトコンクリート（アスコン）の一つの有望な候補として、碎石マスティックアスファルト（Stone Mastic Asphalt. 以下 SMA）に着目した。SMA は、通常のアスファルト混合物と比較して、粗骨材量とフィラー量の割合が多い骨材配合である。現在、諸外国では空港舗装への SMA の適用に向けた研究が進んでいるが、わが国では未だ知見が乏しい。国内で表層用 SMA として先導的に運用されているのは北海道型 SMA であるが、規定強度が実現しない、骨材飛散が発生するといった報告があり、今なお改善の検討が行われている段階である。

一方、アスファルト舗装の先進国である米国に目を向けてみると、AASHTO で表層用 SMA が基準化されており、道路舗装では一般的に運用されている。またいくつかの空港でも試験的に施工されており、供用性や耐久性の調査が行われている。

本研究では、空港舗装への適用を前提とした表層用 SMA の配合設計上の基礎的知見を得ることを目的に、わが国の北海道型 SMA と AASHTO で基準化されている SMA（以下 AASHTO 型 SMA）をそれぞれの仕様に基づいて配合設計を行い、設計した SMA の基本的物性について評価、比較した。そして、それぞれの配合設計における設計パラメータやその基準値について考察し、空港表層用 SMA を配合設計する場合の着目点や改善事項について検討した。

2. 北海道型 SMA と AASHTO 型 SMA の配合設計法

2.1 北海道型 SMA の配合設計要領

北海道型 SMA の配合設計は、「北海道型 SMA の施工の手引き（案）」¹⁾の記述に準拠して実施した。骨材粒度は表-1 に示す。粒度範囲の中央値を目標粒度とした SMA（13）で、アスファルトバインダは一般的なストレートアスファルト 60/80 を使用した。通常のマーシャル安定度試験に基づく配合設計を行い、共通範囲法によって設計アスファルト量を決定した。配合設計の結果を図-1 および表-2 に示す。

表-1 北海道型 SMA 最大粒径 13mm の粒度範囲

ふるい目呼び寸法	粒度範囲	決定粒度
通過質量百分率 (%)	19.0 (mm)	100
	13.2 (mm)	95~100
	4.75 (mm)	25~45
	2.36 (mm)	20~30
	0.075 (mm)	8~13

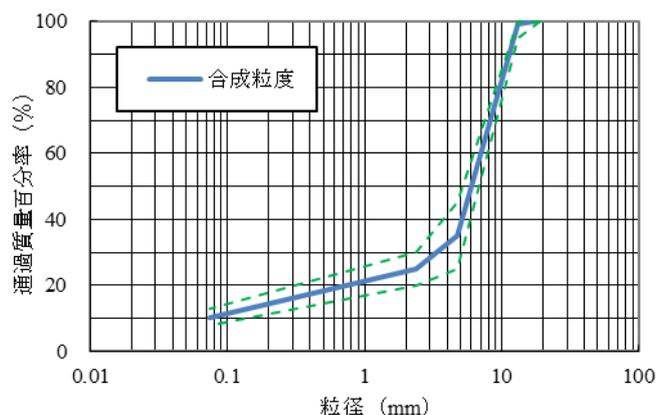


図-1 北海道型 SMA の合成粒度

表-2 北海道型 SMA の配合比

項目	アスファルト	石粉	スクリーニングス	粗砂	7号砕石	6号砕石	植物繊維
配合率 (%)	6.2	10.5	7.25	7.25	10.0	65.0	0.3 (外割)

2.2 AASHTO 型 SMA の配合設計要領

2.2.1 配合設計法の概要

AASHTO 型 SMA の配合設計は「AASHTO M325-08」²⁾ の記述に準拠した。その実施フローを図-2 に示す。AASHTO の基準では、6号骨材は9.5 mm を境界として分級しているため、分級後の骨材で13.2 mm～9.5 mm のものを6号砕石上、9.5 mm～4.75 mm のものを6号砕石下とここでは表記する。SMA の最大骨材粒径は13mm とし、表-3 に示す粒度範囲の下方値、中央値、上方値の3とおりの粒度を検討した。図-3 にそれぞれの合成粒度を示す。アスファルトバインダは一般的なストレートアスファルト 60/80 を使用した。

配合設計に使用する供試体は、Superpave Gyratory Compactor (以下 SGC) よって締固めを行う。SGC の設計回転数は100回とし、アスファルト量をいくつか変化させて試料を締固めた場合に、高さが115±5 mm となるように試料の投入量を調整した。

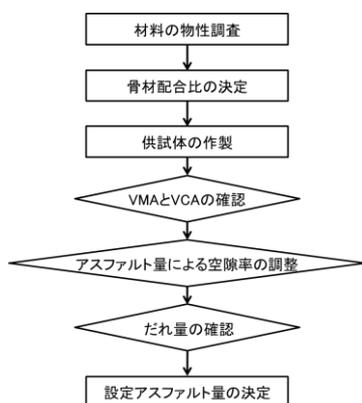


図-2 AASHTO 型 SMA の配合設計フロー

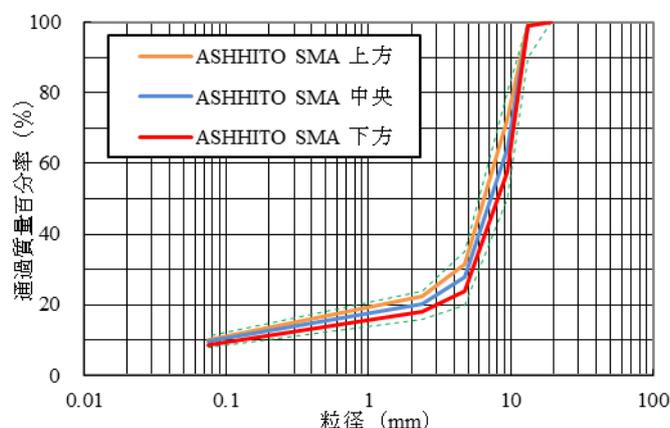


図-3 AASHTO 型 SMA の合成粒度

表-3 AASHTO 型 SMA 最大粒径 13mm の粒度範囲

ふるい目呼び寸法	粒度範囲	決定粒度 (上方)	決定粒度 (中央)	決定粒度 (下方)
通過質量百分率 (%)	19.0 (mm)	100	100.0	100.0
	13.2 (mm)	90~100	99.3	98.9
	9.5 (mm)	50~80	72.5	64.0
	4.75 (mm)	20~35	31.3	27.8
	2.36 (mm)	16~24	22.5	20.1
	0.075 (mm)	8~11	10.2	9.6

2.2.2 VMA と VCA の確認

3とおりの粒度から最適な粒度を決定するため、アスコンの粗骨材間隙率 (VCA_{MIX}) と骨材間隙率 (VMA) を、それぞれの配合で作製した SGC 供試体から求めた。また、粗骨材単体の粗骨材間隙率 (VCA_{DRC}) を Dry rodded 試験より、理論最大密度を Rice 法より求めた。これらの VCA と VMA の結果を表-4 に示す。粒度決定の指標として、VMA が 17.0 % より大きく、かつ $VCA_{DRC} > VCA_{MIX}$ の条件を満足する必要がある。照査の結果から、3とおりの粒度で両方の規格を満足し、VMA の値が小さい中央粒度が最適な粒度であった。

表-4 VCA と VMA の結果の照査

骨材粒度	VCA 基準			VMA 基準	
	VCA _{DRC} (%)	VCA _{MIX} (%)	基準○×	VMA(%)	基準○×
上方粒度	44.4	39.3	○	21.0	○
中央粒度	44.1	38.8	○	18.3	○
下方粒度	44.0	39.4	○	16.5	×

2.2.3 設計アスファルト量の決定

AASHTO 基準では、SGC 供試体の空隙率が 4 % となるときのアスファルト量を、設計アスファルト量として定めている。0.5 % ごとにアスファルト量を変化させ、各供試体における空隙率の推移を測定した。その結果を表-5 に示す。この結果からは設計アスファルト量を 7.38 % と算出できるが、AASHTO では 6.0～7.0 % の範囲内という条件があることから、ここでは 7.0 % と定めた。

表-5 アスファルト量の変化による空隙率の変化

アスファルト量 (%)	理論最大密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)
6.5	2.435	5.3
7.0	2.418	4.4
7.5	2.401	3.9

表-6 ダレ試験の結果

温度 (°C)	155	170
ダレ量 (%)	0.026	0.030

2.2.4 ダレ量の確認

アスファルト量が適正であることを確かめるため、ダレ試験を行った。AASHTO が定めるダレ量の規格値は 0.3 % 未満である。表-6 に示した試験の結果から、規格値を満足していることが確認できた。

以上の結果をもとに、AASHTO 型 SMA の配合比を表-7 に示す。

表-7 AASHTO 型 SMA の配合比

項目	アスファルト	石粉	スクリーニングス	粗砂	7号砕石	6号砕石上	6号砕石下	植物繊維
配合率 (%)	7.0	10.0	5.0	5.0	8.0	36.0	36.0	0.3 (外割)

3. 北海道型 SMA と AASHTO 型 SMA のアスコン物性の比較

3.1 ホイールトラッキング試験による塑性変形抵抗性の評価

舗装調査・試験法便覧 [第3分冊 B003]³⁾ の記述に準拠し、各 SMA の塑性変形抵抗性を評価した。バインダとしてストレートアスファルト 60/80 を使用したが、アスコン物性の評価では改質Ⅱ型を使用した。ホイールトラッキング試験の結果を表-8 に示す。動的安定度がほぼ 6000 回/mm 以上であるため、どちらかの優位性を論ずることはできないが、両者の SMA とも十分な塑性変形抵抗性を有することが確認できた。

表-8 動的安定度の測定結果

SMA 種類	動的安定度 (回/mm)			
	①	②	③	平均
北海道型	7875	6300	7875	7350
AASHTO 型	7875	5727	6300	6634

3.2 CTメータによるきめ深さの評価

舗装調査・試験法便覧 [第1分冊 S022-3T]⁴⁾の記述に準拠し、表面のきめ深さを評価した。供試体の寸法は400×400×50 mmとし、各SMAに対するMPDの結果を図-4に示す。どちらのSMAも規格値を満足するきめ深さを有することが確認される。北海道型SMAとAASHTO型SMAを比較すると、AASHTO型SMAの値がきめ深さは大きいことが確認できる。どちらも規格値を満足するきめ深さを有することが確認される。

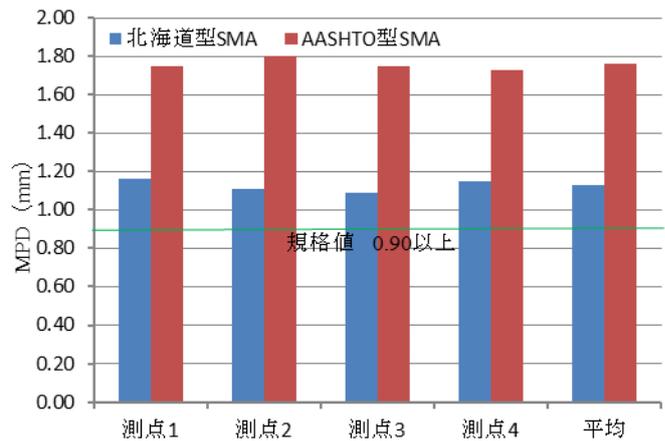


図-4 きめ深さの測定結果

3.3 DFテストによるすべり摩擦係数の評価

舗装調査・試験法便覧 [第1分冊 S021-3]⁵⁾の記述に準拠し、SMAの表面におけるすべり摩擦係数を評価した。供試体はきめ深さの評価で使用したものとした。すべり摩擦係数の結果を図-5に示す。両SMA供試体においてすべり摩擦係数に大きな差異は見られず、どちらかの優位性は特に認められない。また、いずれの試験速度においても、規格値を十分に満足しなかった。この規格値は、グルーピングを施工した場合の空港舗装における評価基準値である。そのため、グルーピングを施工しない表層用SMAの実現に向けて、現状のSMAの配合設計法について検討し、改善する必要があるといえる。

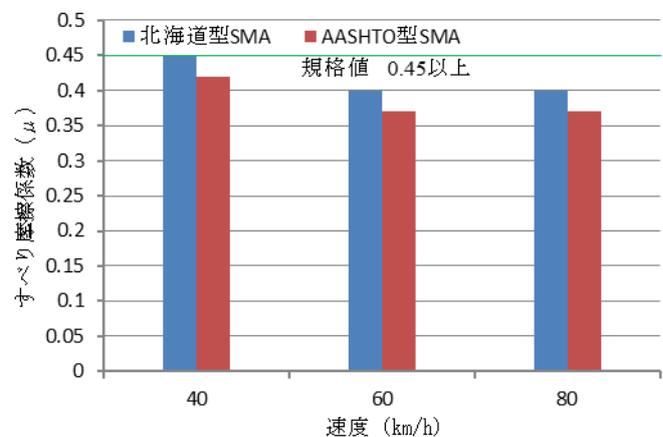


図-5 すべり摩擦係数の測定結果

4. まとめ

本研究によって得られた知見を以下にまとめる。

(1) 各評価試験による比較を行った結果、北海道型およびAASHTO型のSMA供試体における明確な差は、きめ深さの値のみに見られた。したがって、表面排水の面ではAASHTO基準によるSMAの配合設計法が有効であるといえる。

(2) 本研究で規格値を満足できなかったすべり摩擦係数を向上させるためには、骨材粒度やアスファルト量の決定方法に加えて、各骨材の要求性能についても検討する必要がある。

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,平成28年3月改訂版, pp.1-26. 2016.
- 2) AASHTO M325-08: Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA), pp1-6, 2012.
- 3) 社団法人 日本道路協会:舗装調査・試験法便覧 [第3分冊], pp39-56, 2007.
- 4) 社団法人 日本道路協会:舗装調査・試験法便覧 [第1分冊], pp110-116, 2007.
- 5) 社団法人 日本道路協会:舗装調査・試験法便覧 [第1分冊], pp98-103, 2007.