

空港舗装用砕石マスチックアスファルトの配合設計に関する基礎的研究

環境社会基盤工学専攻 交通工学研究室 倉石航

1. はじめに

わが国の空港アスファルト舗装においては、横断方向に勾配を設けるとともに表面にグルーピングを施工することが原則となっている¹⁾。しかし、グルーピングには目つぶれや角欠けが発生したり、ゴム除去等のメンテナンスに時間や費用が必要になったりして、管理上の問題点が指摘されている。

本研究では、グルーピングを必要と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、砕石マスチックアスファルト（Stone Mastic Asphalt. 以下 SMA）に着目した。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。したがって、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、米国 American Association of State Highway and Transportation Officials（以下 AASHTO）²⁾での SMA 基準を参考にして検討を行った。AASHTO 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室内試験によって評価した。

2. 配合設計

性状試験の結果をもとに AASHTO SMA の合成粒度を作成し、AASHTO の示方書の手順に沿って設計を行った。本研究室における既往の研究³⁾から、AASHTO 型 SMA はすべり抵抗性が空港舗装基準⁴⁾を満たさないことがわかっている。すべり抵抗性を改善するための知見を得ることを目的に、AASHTO 型 SMA の最大骨材粒径 20mm と 13mm の 2 種類を検討することとした。また、使用する骨材は国内の空港で実績のあるものとし、アスファルト種類は改質II型アスファルトを使用して配合設計を行った。

2.1 AASHTO 型 SMA の作製フロー

下記の図-1 に AASHTO 型 SMA の作製フローを示す。なお、2 種の SMA は同じ手順で設計を行う。

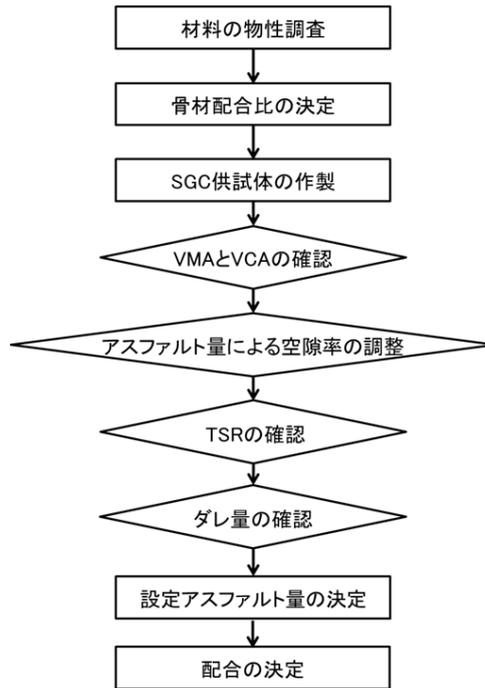


図-1 AASHTO 型 SMA 作製のフロー

2.2 合成粒度

2.2.1 AASHTO 型 SMA (20) の合成粒度

AASHTO の規定の粒度範囲から 3 種類の合成粒度を作成した。3 種類の合成粒度から配合設計の過程において VMA, VCA の値が最も適切なものを選択する。各種試験の結果, AASHTO 型 SMA (20) ② が適切であるとわかった。合成粒度を図-2 に示す。また, AASHTO 型 SMA (20) の最適アスファルト量は 7.0% となった。

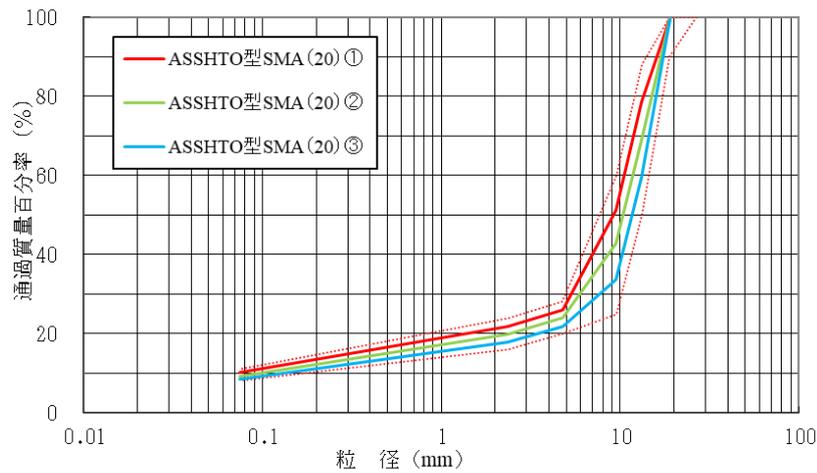


図-2 AASHTO 型 SMA (20) の合成粒度

2.2.2 AASHTO 型 SMA (13) の合成粒度

AASHTO 型 SMA (20) と同様に, AASHTO の規定の粒度範囲から 3 種類の合成粒度を作成した. 各種試験の結果, AASHTO 型 SMA (13) ①が適切であるとわかった. 合成粒度を図-3 に示す. また, AASHTO 型 SMA (13) の最適アスファルト量は 7.0% となった.

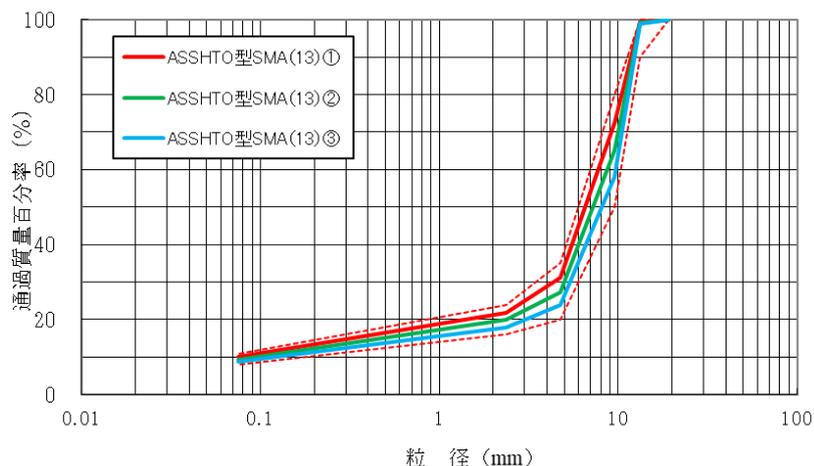


図-3 AASHTO 型 SMA (13) の合成粒度

2.2.3 ダレ試験

アスコンにおいてダレ量が多い場合, 想定した性能が発揮できないといった問題が生じるため, ダレ量を評価した. 一般にダレ量は 0.3% 未満が望ましいとされる. AASHTO 型 SMA (20) のダレ試験の結果を表-1 に, AASHTO 型 SMA (13) のダレ試験の結果を表-2 に示す. これらの結果から, AASHTO 型 SMA (20) は非常にダレ量が多く表層材料として適していないことがわかった. 一方, AASHTO 型 SMA (13) はアスファルト量を 5.5% まで減らすことでダレにくくなることがわかったが, AASHTO が推奨するアスファルト量である 6~7% を外れており, 耐久性等の低下が懸念される. そこで, アスファルト量の調整に関して知見を得るために, ダレ量が多いアスファルト量 6% の AASHTO 仕様の SMA (以下, SMA I) とアスファルト量を減らしてアスファルト量 5.5% のダレ量を抑えた SMA (以下, SMA II) の 2 種類を配合し, 性能の評価, 比較を行うこととした.

表-1 AASHTO 型 SMA (20) のダレ試験の結果

	No.1	No.2	No.3
アスファルト量 (%)	6.0	6.5	7.0
温度 (°C)	170	170	170
容器の重さ (g)	394.6	394.8	394.5
試験前の容器の重さ+試料 (g)	1553.9	1554.4	1517.2
試験後の容器の重さ+試料 (g)	1497.3	1484.2	1424.0
ダレ量 (%)	5.0	6.2	8.3
基準○×	×	×	×

表-2 AASHTO 型 SMA (13) のダレ試験の結果

	No.1	No.2	No.3	No.4
アスファルト量 (%)	5.5	6.0	6.5	7.0
温度 (°C)	170	170	170	170
容器の重さ (g)	461.8	414.6	405.6	370.2
試験前の容器の重さ+試料 (g)	1614.5	1551.0	1554.0	1515.6
試験後の容器の重さ+試料 (g)	1611.4	1540.2	1522.0	1472
ダレ量 (%)	0.27	0.95	2.79	3.81
基準○×	○	×	×	×

3. 性能評価試験

作製した SMA の性能を評価し、各指標における影響を考察する。本研究では SMA I と SMA II の比較試験にホイールトラッキング試験、きめ深さ測定試験、すべり摩擦係数測定試験、すえ切り試験、現場透水試験による評価を行った。

3.1 高接地圧ホイールトラッキング試験

高接地圧ホイールトラッキング試験は塑性変形抵抗性の指標となる動的安定度を測定する試験である。試験結果を図-7 に示す。

試験の結果を参照すると、SMA II がやや動的安定度の面では優れている。これは、アスファルト量が少ないためであると考えられる。また、双方ともに動的安定度が 3000 (回/mm) 以上であるため、空港舗装基準を満たしていることが確認できた。

表-3 高接地圧ホイールトラッキング試験の結果

SMA種類	No.	動的安定度 (回/mm)
SMAI	1	4500
	2	4845
	3	5250
SMAII	4	7000
	5	5727
	6	5000

3.2 きめ深さ測定試験

きめ深さ試験は CT メータを用いて行った。試験結果を表-4 に示す。

試験の結果を参照すると、アスファルト量が多い SMA I の方がきめ深さに優れていることがわかる。また、双方ともにきめ深さが 1.0 (mm) 以上であり、空港舗装基準を満たしていることが確認できた。

表-4 きめ深さ試験の結果

	供試体No.	きめ深さ (mm)					総平均
		測点1	測点2	測点3	測点4	平均	
SMAI	1	1.60	1.56	1.51	1.58	1.56	1.68
	2	1.84	1.77	1.79	1.71	1.77	
	3	1.69	1.65	1.56	1.63	1.63	
	4	1.68	1.63	1.74	1.93	1.74	
SMAII	5	1.38	1.34	1.41	1.33	1.36	1.45
	6	1.66	1.57	1.72	1.62	1.64	
	7	1.17	1.22	1.34	1.26	1.25	
	8	1.56	1.50	1.60	1.53	1.55	

3.3 すべり摩擦係数測定試験

すべり摩擦係数測定試験は DF テスタを用いて行った。試験結果を表-5 に示す。

試験の結果を参照するとアスファルト量が多い SMA I の方がすべり抵抗性に優れていることがわかる。また、双方ともに試験速度を上昇させた際の摩擦係数の推移は同程度である。しかし、双方ともにすべり摩擦係数が 0.45 以下であり、空港舗装基準を満たさなかった。

表-5 すべり摩擦係数測定試験の結果

	供試体No.	すべり摩擦係数		
		試験速度 (km/mm)		
		40	60	80
SMAI	1	0.38	0.37	0.39
	2	0.38	0.37	0.40
	3	0.39	0.4	0.43
	4	0.37	0.37	0.41
	平均	0.38	0.38	0.41
SMAII	5	0.31	0.3	0.31
	6	0.36	0.34	0.37
	7	0.36	0.35	0.37
	8	0.34	0.33	0.33
	平均	0.34	0.33	0.35

3.4 すえ切り試験

すえ切り試験は骨材飛散抵抗性を評価する試験である。SMA I の試験結果を図-4 に、SMA II の試験結果を図-5 に示す。

試験の結果を参照すると、SMA I の方が骨材飛散率が低いとわかる。しかし、双方ともに通常のルーピング舗装よりも骨材飛散量が多かった。

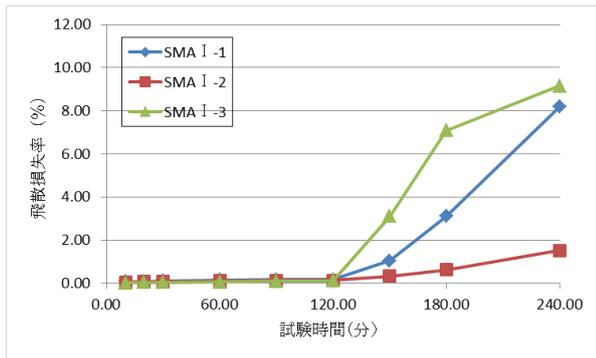


図-4 SMA I のすえ切り試験の結果

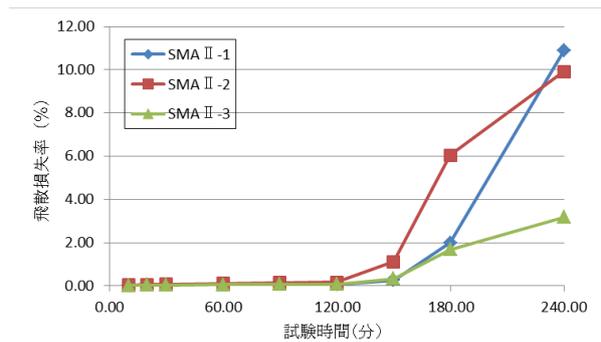


図-5 SMA II のすえ切り試験の結果

3.5 現場透水試験

現場透水試験は流水時間を測定する試験であり、降雨時に路面上の雨水を速やかに排除できることを確認する。試験結果を表-6 に示す

道路舗装において、わが国では 1000 (ml/15sec) 以上を規格とすることが多い。試験結果より、十分な透水性を持つことが確認できた。2種の SMA を比較すると、双方にはあまり差はないが、やや SMA I の方が優位な結果となった。

表-5 現場透水試験の結果

	供試体No.	透水量 (ml/15sec)	透水量平均 (ml/15sec)
SMAI	1	1151.6	1106.8
	2	1045.3	
	3	1123.6	
SMAII	4	1077.2	1093.5
	5	1145.0	
	6	1058.2	

4. 結論

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、米国 AASHTO での SMA 基準を参考にして検討を行った。本研究で得られた知見及び考察を以下に示す。

1. AASHTO の仕様に基づいた配合設計

本研究では、最大骨材粒径を 20mm とした AASHTO 型 SMA と最大骨材粒径を 13mm とした AASHTO 型 SMA の 2 種について配合設計を行った。

- 最大骨材粒径を 20mm とした AASHTO 型 SMA を配合設計した場合、ダレ量が非常に多くなることがわかった。さらに、アスファルト量を減らしてもダレやすいため、表層材料として運用することは難しいと考えられる。
- 最大骨材粒径を 13mm とした AASHTO 型 SMA を配合設計した場合においてもダレ量が多くなることがわかった。AASHTO ではアスファルト量を 6~7%とすることを推奨しているが、この基準より

アスファルト量を減らすことでダレ量を抑えることができる。

2. AASHTO 型 SMA の室内試験による評価

本研究では最大骨材粒径を 13mm とした AASHTO 型 SMA について、ダレ量を抑えるためにアスファルト量を基準以下の 5.5% とした SMA とダレ量が多いが AASHTO が推奨する通りアスファルト量を 6% とした SMA の 2 種を配合し、それぞれの供試体について塑性変形抵抗性、きめ深さ、すべり抵抗性、骨材飛散抵抗性、排水量を評価した。

- 2 種の SMA はどちらも塑性変形抵抗性、きめ深さ、排水量について、空港舗装基準を満足する値が得られた。しかし、すべり抵抗性、骨材飛散抵抗性については空港舗装基準を満足する値が得られなかった。
- 2 種の SMA を比較すると、塑性変形抵抗性を除いてアスファルト量を AASHTO が推奨する 6% とした方が優位であった。このことから、ダレによって施工性が悪化することが懸念されるが、SMA はダレが生じたとしてもアスファルト量が多い方が機能性に優れているとわかった。
- 空港舗装基準をすべて満足する SMA ができなかった原因として、アスファルト量が不十分であったことが挙げられる。AASHTO 仕様での配合設計では設計アスファルト量が 7.6% であったが、ダレ量が多かったためにアスファルト量を減らす調整を行った。アスファルト量を減らしたことで十分にアスファルトモルタルが充填されず、すべり抵抗性と骨材飛散抵抗性が低くなってしまったと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局：空港土木施設設計要領（舗装設計編），平成 31 年 4 月改訂版，2019.
- 2) AASHTO：M325-08 Standard Specification for Stone Matrix Asphalt（SMA），pp1-6，2012.
- 3) 鍛冶健伍，高橋修：表層用碎石マスチックアスファルトの配合設計に関する基礎的研究，pp53-55，2019.
- 4) 国土交通省航空局：空港舗装維持管理マニュアル（案），2017.