

NAPA推奨のSMAの配合設計法のVMA計算法による検証

ニッポメックス(株)代表 正会員 郡 司 保 雄*
 日本舗道(株)技術研究所所長 正会員 井 上 武 美**
 早稲田大学理工学部土木工学科教授 正会員 赤 木 寛 一***

1. はじめに

SMA (Stone Matrix Asphalt) はたわみ性、安定性および耐わだち掘れに優れたAs混合物として、米国では欧州に比べ比較的新しいタイプの混合物として、1991年からすでに300万 t以上の施工実績がある。その耐久性は碎石間の噛み合わせで得た骨格の間隙をマスチックモルタルで充填するようにして、28州、100件余のプロジェクトに適用され、重交通区間の耐わだち掘れでその有効性を示してきている。この実績からNAPA (米国アスファルト舗装協会) ではFHWA (米連邦道路局) の調査結果を基にSMAの配合設計のガイドラインを纏めている^{1), 2)}。一方、SMAはSHRPが進めるSUPERPAVE³⁾では不連続粒度となるため扱わないこととしている。しかし、加熱アスファルト混合物 (以下、As混合物) の骨材間隙率 (以下、VMA) は、As混合物の耐久性を考慮すると重要な特性値であることには、混合物の種類が変化しても変わりがない。この点をNAPAのSMAの配合設計においては、VMAをSUPERPAVE同様に重要な要因と捉えて実施するようにしている。ここで、NAPAがSMAの配合設計で推奨しているVMAに関連する各特性項と、筆者らが提案している計算VMAから算出した特性値との関係を検討した結果、計算VMAが適切に活用できることが確認できたので報告する。

表-1 NAPA使用骨材と粒度

粒径mm	#78	#810	M.F	粒度	粒度範囲	粗粒材	細粒材
25.000	100.0	-	-	100.0	100	100.0	-
19.000	96.7	-	-	97.2	90-100	96.4	-
12.700	61.2	100.0	-	67.3	50-74	58.1	-
9.500	44.0	99.8	-	52.8	25-60	39.6	-
4.750	9.0	76.0	-	21.8	20-28	0.0	100.0
2.360	5.0	65.0	-	17.8	16-24	-	81.5
1.180	3.0	50.2	100.0	15.2	13-21	-	69.7
0.600	2.0	37.6	98.8	13.5	12-18	-	61.9
0.300	2.0	27.5	88.6	11.9	12-15	-	54.6
0.075	1.0	10.0	77.6	9.0	8-10	-	41.0
比 重	2.704	2.711	2.803	2.715	-	2.704	2.749
混合比率%	84	6	10	100	-	78.2	21.8

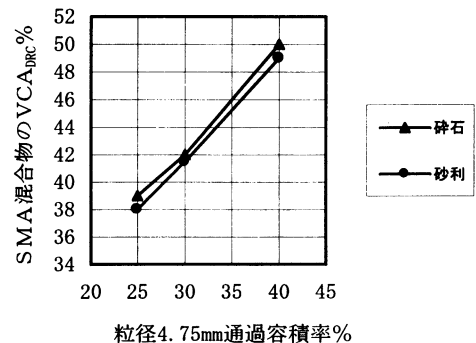


図-1 4.75mm通過容積率とVMA_{DRC}の関係

2. NAPA法によるSMAの配合設計

NAPAが示している配合設計方法の要点は、

- 1) 硬質な碎石を用い適正粒度における石と石の噛み合わせを確保すること。
 - 2) 設計As量は6%以上にし、空隙率は4%を確保すること。
 - 3) 粗骨材だけの骨材間隙率 (VMA_{DRC}) が、細粒側As混合物による充填量より、SMAにおいても同じか大きいこと。
 - 4) VMAは17%以上とすること。(混合物製造時の空隙率の低下を考慮して17.5~18%を目標とする)
- としている。ここで、VMA、As量および空隙率の相互関係から、SMAにおいてはVMAの確保が重要な要件となっていることが解る。そして、これらの条件を満たす最良の配合設計 (20年の設計期間、ESALsが2000万台) としてNAPAが例示したものは以下のようにになっている。この実験結果の例に対して、筆者らが提案しているVMA計算法⁴⁾で検証することとした。

使用した骨材、粒度および設計粒度を表-1に示した。これら骨材から作成した合成粒度を、最大骨材寸法 (呼び径) の約30%に相当する粒径の位置で、大粒径部分と小粒径部分に分割し (この場合、4.75mm以上を粗骨材、

キーワード : アスファルト混合物, VMA, SUPERPAVE, SMA, NAPA

連絡先 : * 〒331-0052 埼玉県大宮市三橋6-70 ニッポメックス(株) TEL048-622-9631 FAX048-622-9632

** 〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34 日本舗道(株)技術研究所 TEL03-3471-8541 FAX03-3450-8806

*** 〒168-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 58号館205 早稲田大学理工学部土木工学科 TEL03-5286-3405 FAX03-5272-0695

以下を細骨材として扱う), これを表-1の右欄に示した。これは、基本的なSMAの配合設計として、細粒部分にアスファルトを添加したAs混合物と、混合物全体の空隙を加算した体積が粗骨材の有する間隙量より小さい場合(上記3)の事項)が必須であるとしている。ここで、粗骨材の有する間隙量は軽く棒つきした状態の間隙率(VCA_{DRC})としている。骨材の材質と混合割合を定めた合成骨材において、粒径4.75mm通過容積率が多くなると、VCA_{DRC}はほぼ直線的に大きくなる傾向にあることを図-1として示している²⁾。ここで、VCA_{DRC}の計算値は表-2の下段に示すとおり細粒材容積、As容積および計算空隙率を加算したものとして求めた。表-1に示した骨材配合と粒度からAs量を6.4%とし、NAPAの実験した結果を実験値として表-2に示した。そこで、筆者らが提案した間隙率計算式を用い、NAPAと同配合にAs量6.4%とした計算結果を表-2の計算値として併記した。尚、間隙率計算プログラムによる計算表を表-3に示した。

3. NAPA法と計算VMAの考察

表-2の実験値と計算値を比較すると、NAPAが実験で求めたSMAの各特性値と、計算式から求めた特性値とは殆ど同一と見なせる。このことからNAPAが示した配合設計において、その合成骨材の最終VMAを計算により求め、As量を差し引いて最終の計算空隙率を推定できることとなる。これは、最適As量の設計において必要な空隙率を確保し、かつ所要のAs量設定を可能にしたことであり、NAPAが示した各特性値に対しそれらを計算で求めることができることを説明したことになる。

4. 結果とあとがき

NAPAが推奨しているSMAの設計法は、既往実績を踏まえたSMAの耐久性を保証するガイドラインであることおよび別途検討結果⁵⁾から、筆者らの計算VMAが耐久的なAs混合物の配合設計において有効であることが解った。

SMAの耐久性に関する特性値として、わだち掘れ抑制は粗骨材の骨格構造を形成することにより、また、ひびわれ発生防止には多量のAs量としたマスチックモルタルの充填によるとし、この両者を達成するSMAの配合には適切なVMAを要求している。このVMAが骨材粒度から計算により求めることができることは、As混合物の配合設計をより理論的な方向に進展させ得ると考えられるので、今後さらに検討を進めたい。

表-2 実験値 (NAPA) と計算値の比較表

項目	実験値	計算値	差
骨材比重	2.715	2.714	0.001
理論密度g/cm ³	2.468	2.462	0.006
As量(重量%)	6.4	6.4	0
As量(容積%)	15.1	15.1	0
フライン-%	0.3	--	--
空隙率%	4.0	3.8	0.2
VMA%	18.1	18.9	-0.8
VCA%	35.7	35.6	0.1
VCA _{DRC} %	40.8	40.7	0.1

・骨材粒度の4.75mm通過容積率=21.8%
 ・計算値のVCA_{DRC}=21.8 + 15.1 + 3.8=40.7%

表-3 間隙率計算プログラム (NAPA推奨配合設計例)

(入力画面) DATA SMA.Napa.Blend 4

粒径	使用材料				粒度		合成		間隙比	係数
	#78	#180	Filler	Coarse	Fine	重量	容積	固有		
25.000	100.0			100.0		100.0	100.0			
19.000	96.7			96.4		97.2	97.2	70.0	1.05	
12.700	61.2	100.0		58.1		67.4	67.3	70.0	1.05	
9.500	44.0	99.8		39.6		52.9	52.8	70.0	1.05	
4.750	9.0	76.0		0.0	100.0	22.1	21.8	70.0	1.05	
2.360	5.0	65.0			81.5	18.1	17.8	70.0	1.05	
1.180	3.0	50.2	100.0		69.7	15.5	15.2	70.0	1.05	
0.600	2.0	37.6	98.8		61.9	13.8	13.5	80.0	1.10	
0.300	2.0	27.5	88.6		54.6	12.2	11.9	85.0	1.20	
0.075	1.0	10.0	77.6		41.0	9.2	9.0	100.0	1.40	
0.001	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	120.0	1.50	
比重	2.704	2.711	2.803	2.704	2.749	2.714				
重量	84.0	6.0	10.0			100.0				
配合%	84.0	6.0	10.0			100.0				

(計算画面)

粒径	容積		粒径	混合		計算間隙比					
	粒度	残留		代表	累積	細粒率	粗粒率	粒径間	減量値	基本値	計算値
25.000	100.0										
19.000	97.2	2.8	21.79	4.09	97.2	2.8	0.1	1.9	25.2	23.3	
12.700	67.3	29.9	15.53	3.90	69.2	30.8	65.8	13.2	37.1	23.9	
9.500	52.8	14.5	10.98	2.11	78.4	21.6	67.0	10.3	32.8	22.5	
4.750	21.8	30.9	6.72	1.34	41.4	58.6	62.8	29.6	52.2	22.5	
2.360	17.8	4.0	3.35	0.14	81.5	18.5	62.8	18.1	45.1	26.9	
1.180	15.2	2.6	1.67	0.07	85.5	14.5	63.0	15.8	55.2	39.4	
0.600	13.5	1.7	0.84	0.04	88.7	11.3	73.6	12.9	65.6	52.7	
0.300	11.9	1.6	0.42	0.03	88.2	11.8	79.3	11.0	74.9	63.8	
0.075	9.0	3.0	0.15	0.02	75.2	24.8	89.8	18.0	91.5	73.5	
0.001	0.0	9.0	0.01	0.01	0.0	100.0	88.7	31.3	120.0	88.7	

骨材	平均比重	2.714
	代表粒径	4.09
	間隙比%	23.3
	VMA%	18.9

As混合	比重	1.045
	As量(外割%)	6.4
	As容積	15.1
	飽和度%	79.9
	理論密度	2.462
空隙率%	3.8	

参考文献

- 1) National Asphalt Pavement Association : *Designing and Constructing SMA Mixtures-State-of-the-Practice*. Quality Improvement Series 122. (1999)
- 2) National Cooperative Highway Research Program Report 425 : *Designing Stone Matrix Asphalt Mixtures for Rut-Resistant Pavements*, Transportation Research Board, National Research Council (1999)
- 3) R.J.Cominsky 他: *The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays*, SHRP-A-407, National Research Council(1994)
- 4) 郡司, 井上, 赤木 : 骨材粒度に基づく加熱アスファルト混合物の骨材間隙率推定法に関する研究 土木学会論文集 (2000. 5月号掲載予定)
- 5) 郡司, 井上, 赤木 : SMA混合物のVMAと力学特性に関する一考察, 第55回年次学術講演会, (投稿中)