

砕石マスチックのジャイレトリ試験機を用いた 配合設定に関する研究

根本信行¹・荒井孝雄²

¹正会員 日本舗道株式会社技術研究所（〒140 東京都品川区東品川三丁目3番34号）

²非会員 日本舗道株式会社技術研究所（〒140 東京都品川区東品川三丁目3番34号）

本研究は、従来の橋面舗装用グースアスファルトの代替として、耐流動性があり不透水性にも優れている砕石マスチックアスファルト（SMA）を適用するための配合に関する検討である。配合設計における締固めは、砕石の多いSMAでは、マーシャルよりもジャイレトリ（GTM）が適しているとの考えからその適用を検討した。その結果、2.36mmふるい通過量により、GTMの締固め回転数 N_D を求め、不透水性と耐流動性を確保できるレベルの骨材配合およびアスファルト量を設定するためのSMA用配合設計手法を求めた。さらに、実際の適用においては床版との接着強度を確保できることが必要で、その接着・防水材料の選定も検討して橋面用SMAシステムを提案した。

Key Words: splitt mastix asphalt, gyratory testing machine, mix design method, pavement applying to bridge deck, waterproofing materials

1. まえがき

砕石マスチックアスファルトは、1960年代の西ドイツで耐摩耗性に優れた混合物として開発されたもので、その後植物繊維や改質アスファルトなどの使用により流動抵抗性を高めた混合物に改善され、欧州各国や米国で耐流動混合物として利用されてきた混合物である。各国で種々の呼称があるが、本論では砕石マスチックアスファルト（Splitt Mastix asphalt；以下、SMAと称す）とした。

SMAは日本でも1980年代後半に導入され¹⁾、わが国の気象条件や交通条件に合うよう改良が加えられ、これまでに一般道を中心に、高速道路を含め10万 m^2 に及ぶ施工実績がある。

SMAは粒径2.36mm以上の粗骨材が70%程度を占めるギャップ型粒度の混合物で、基本的には締固められた骨材構造の間隙に、細骨材、フィラー、植物繊維、アスファルトからなるアスファルトモルタルをマスチックとして充填して、その骨格を長期に亘って保持させるという考え方の混合物である。粗骨材骨格間とマスチックの量や質の組合わせを適正化することによって、適用目的に応じたSMAが得られる特徴もある。

その適用として、一般の耐摩耗・耐流動舗装のほか、最近では橋面舗装（鋼床版およびRC床版）への適用が

注目されている。このうち鋼床版舗装においては、これまではグースアスファルト（以下、グースという）を下層とする2層式の舗装が標準的に施工されてきた。グースは不透水性混合物で鋼床版との密着性がよく、防錆に非常に優れている。しかし、耐流動性に欠けること、施工コストが高いこと、240℃以上の流し込みで行う高温施工とその際の発生ガス等の問題がある。

また一方では、車両の重量化対策として、鋼床版の板厚が検討されており、それに伴って舗装厚の低減化（舗装の1層化）が求められている。既往のグースでは耐流動性に問題があり、代替工法が必要である。

この対応として期待されるのがSMAである。前述の特性のほか、グースよりも低温域で、しかも通常のアスファルト舗装と同様の施工が可能であり、製造、施工の面でも容易であり、また、橋梁の熱膨張による構造への負荷や塗装の熱劣化を軽減する効果もある²⁾。

したがって、SMAが十分な不透水性を保持できれば、グース代替としての役目を果たすことが期待できる。

ここで、SMAを橋面舗装用（ここでは主に鋼床版用を対象とし、RC床版用はそれに準じて考慮する）として適用する場合に主要な二つの課題がある。

一つは、耐流動性を保持し、かつ不透水性も保証できるSMA特性の設定、もう一つは、得られたSMAと床版面との接着性の確保である。

本研究では、前者は締固められたSMAの透水係数が一定レベル以下となる空隙率の把握、かつホイールトラッキング試験で所要レベル以上の動的安定度が確保できることの検討、後者は、得られたSMAが適切な接着強度を有していることの検討を行った。

2. 橋面舗装用SMAの特性の設定

(1) 特性設定の検討

アスファルト混合物の配合設定（一般的なSMAも含めて）には、マーシャル法が経験的な方法として用いられてきたが、突固め作用とローラ転圧では締固め機構が異なり、とくにSMAのような碎石の多い混合物では、締固め法により差異が出てくると考えられる。

すなわち、マーシャル法の突固め作用では、碎石の割れが生じたり、碎石粒子の動きがモールド内で制約されるが、ニーディング作用のある締固め法では、碎石粒子の動きがスムーズで、締り具合に差異が生ずるものと推定される。したがって、SMAを橋面舗装用として配合設計する場合、不透水性の確保のために特に重要となる空隙率を評価するには、より実際の締固めに近い方法で空隙率を求めることが必要である。

そこで、本研究ではSMAに対する実験室での締固め方法として、ローラ転圧に近いとされるジャイレトリ試験機による締固め法が実際的であると判断して、SMAに必要な空隙率レベルの検討を行った。

ジャイレトリ試験機 (Gyratory Testing Machine ; 以下、GTMと称す) は、1950年代に米国で開発され、アスファルト混合物の締固めとして主に研究目的に使われたが^{3), 4)}、汎用的な配合設計用としては普及しなかった経緯がある。しかし、近年実施されたSHRPにおいて、Superpave混合物の配合設計にGTMが採用され⁵⁾、注目されていることを考えれば、GTM法がアスファルト混合物の室内締固め的手段として、再認識されたものと受けとめられるが、その適用には連続粒度混合物であることの制約がある。また、累積交通量に応じた所要の回転数も定められているが、SMAにはそのまま適用できない点がある。このような背景もあり、本研究において、SHRPのGTMを用いたSMAの配合検討も行うこととした。

次に、床版とSMAとの接着性についてであるが、SMAはグースに比較して粗骨材量が多く、そのため床版との面接触がグースより少なく、接着性能に劣ることが懸念される。そこで、各種の床版用接着・防水材料について検討し、不透水性のあるSMAの特性を生かす接着・防水材料を選定し、一つの鋼床版舗装のシステムとして提案した。

(2) 特性設定の目標値

SMAを鋼床版舗装の下層用もしくは1層用に適用する場合の混合物特性として、本研究では初めに不透水性および耐流動性レベルを以下のように設定した。

不透水性	透水係数レベル	< 1×10^{-7} cm/s
耐流動性	1層用DSレベル	≥ 3,000 回/mm
	下層用DSレベル	≥ 1,500 回/mm

透水係数 1×10^{-7} cm/s未満は、ほぼ不透水とされる密粒アスコンの透水係数 1×10^{-6} cm/sオーダーを下回り、十分に不透水性といえるレベルである。また土の透水性についての地盤工学会の表現では 1×10^{-7} cm/s未満は実質上不透水性のランクになっており⁶⁾、本研究でもこれを参考として設定した。

ホイールトラッキング試験⁷⁾ (以下、WT試験と称す) による動的安定度 (以下、DSと記す) については、1層用は一般のC、D交通並みとし、下層用については、同程度かやや低いレベルでもよいとした。

最終的にSMAがこれらの条件を満足できるように、GTM締固め混合物の空隙率をもとに、適正なアスファルト量を設定することとした。

次に、得られたSMAと床版との接着強度の目標は以下のように設定した。

鋼床版(20, -10°C)	≥ 14 kgf/cm ² (1.37 MPa)
RC床版(20°C)	≥ 6 kgf/cm ² (0.59 MPa)
(-10°C)	≥ 12 kgf/cm (1.18 MPa)

ここで鋼床版との接着強度の目標値は、供用年数とアスファルト混合物の引張り強さの関係から推定された値⁸⁾を用いた。またRC床版については、コンクリート床版防水層の品質基準の目安⁹⁾の値を用いた。

3. 特性試験によるSMA配合の検討

(1) 検討方針

既述の如く連続粒度等の制約があるために、SMA配合に対して、GTMによるアスファルト量 (以下、アス量と称す) を設定するための方法を確立するには、締固め特性がどういう傾向を示すかを見る必要がある。ここでは予備的試験として、従来のマーシャル試験法 (突固め両面50回) で求めたアス量 (OACで表す) を用いてGTMによる締固めを行い、SMAに適する設定法への基礎データを得た上で、以降の配合設定への対応法を考察することとした。その際SMAとの違いを見る目的で、参考として密粒アスコン(13)につい

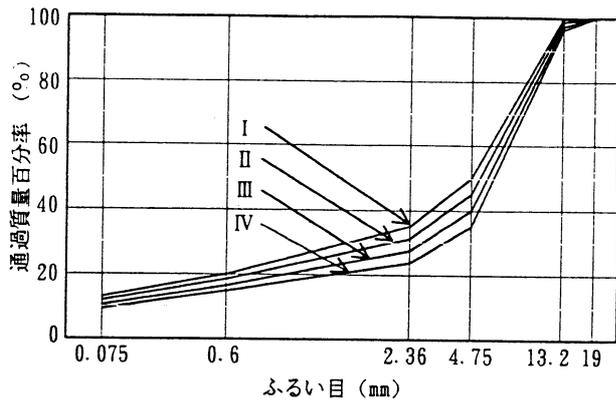


図-1 実験に適用したSMAの粒度曲線

でもGTM締固め検討に加えた。

一方、鋼床舗装用として適するSMA配合の選定については、先に設定した特性値のうち、まずWT試験によるDSが、概ね3,000回/mm以上を満足できる粒度および適用バインダー種の組合わせを選定し、次に、DS値を満足した配合について透水試験を行い、不透水レベルを保持できるSMAを求める。

(2) 使用材料とSMAの配合

橋面舗装用SMAの条件に適する骨材配合を図-1に示す標準的なSMAの粒度範囲の中から見出すため、検討した粒度は、それを5等分し、細かい粒度の方からの4粒度(配合粒度区分の記号I~IV)とした。

骨材の最大粒径は13mmとし、粒径2.36mm以下の細骨材は天然砂のみの場合と天然砂とスクリーニングスを1:1で併用した配合とした。この目的は砂の違いによるGTM締固めの差異を見るためである。なお、混合物に対して植物繊維を0.5%添加している。

アスファルトはストレートアスファルト60~80(以下、ストアスという)と改質II型アスファルト(以下、改質アスという)を用いた。これらを組合わせた16種の配合を表-1に示す。

(3) GTMによる締固め特性の検討

a) GTM実施条件

使用したGTM(米国:ライム社製)は、SHRP Superpave用混合物の設計に用いるもので、実施条件は以下のとおりである。

- ① モールド径 : 10cmφ
- ② 旋回角 : 1.25° ± 0.02°
- ③ 圧力 : 0.6MPa (約6kgf/cm²)
- ④ 回転数 : 30回/min

締固め特性の検討用混合物は、表-1のSMA配合について求めたマーシャルのOACで、マーシャル法と

表-1 SMA検討配合組合わせ

粒度区分	ふるい通過量目標			細骨材種類	アスファルト種類
	4.75mm	2.36mm	75μm		
I	50	35	13	砂のみ	スト60/80改質II
				砂 ※スクリーニングス	スト60/80改質II
II	45	31.3	11.8	砂のみ	スト60/80改質II
				砂スクリーニングス	スト60/80改質II
III	40	27.5	10.5	砂のみ	スト60/80改質II
				砂スクリーニングス	スト60/80改質II
IV	35	23.8	9.3	砂のみ	スト60/80改質II
				砂スクリーニングス	スト60/80改質II

同様の混合温度と締固め温度とし、モールドに詰めて、GTM旋回により締固めた。

GTMの回転数300回程度までは、回転数Nの対数に対して密度が直線的に変化することから⁵⁾、本研究ではN=200まで旋回を行い、その特性を締固め率で評価した。なお、この締固め率はGTM内の締固めレベルをその装置が自動的に計算して表示するもので、以下のような値である。

$$\text{締固め率(\%)} = 100 \times (\text{供試体密度} / \text{理論最大密度})$$

したがって、空隙率は以下ようになる。

$$\text{空隙率(\%)} = 100 - \text{締固め率}$$

ここで、供試体密度とはGTMにセットされた混合物のモールド内の高さおよび底面積から計算されるかさ密度である。

通常、アスファルト混合物では、空中および水中重量から求められるかさ密度(ここでは実測密度と書く)を使用することから、締固め後モールドから供試体を抜取り、実測密度とノギスによるかさ密度を測定してGTMのかさ密度と比較した。

b) GTM締固め結果と考察

図-2は、GTMが表示する締固め率(以下GTM締固め率)に対する実測密度から計算した締固め率(以下実測締固め率)およびノギス密度から計算した締固め率(以下ノギス締固め率)で示したものである。

これによると、SMAの粒度区分や使用骨材、使用アスファルトの種類およびアスファルト量に拘らず、ノギス締固め率はGTM締固め率にほぼ1:1で対応するのに対して、実測締固め率は一致せず、締固め率が低いほど差異があることが分かった。すなわちGTM締固め率はノギス締固め率と同じであり、通常使用する実測密度によるものとは異なる締固め率である。

GTM締固め率が小さいのは碎石粒子の多いSMAでは、締固め中にモールド壁と供試体間に隙間が生じ

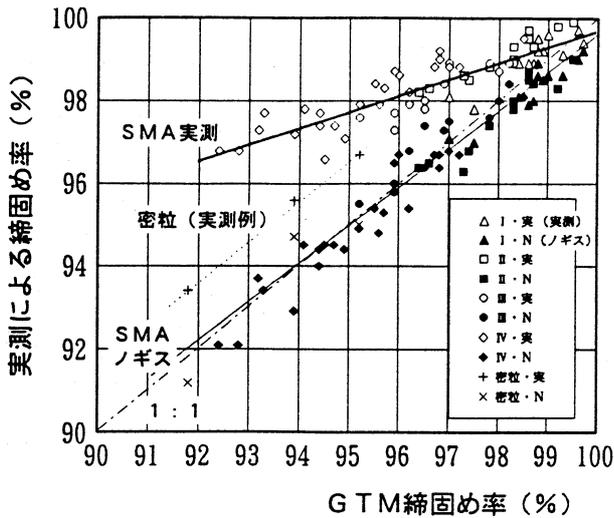


図-2 G T M締固め率と実測締固め率の関係

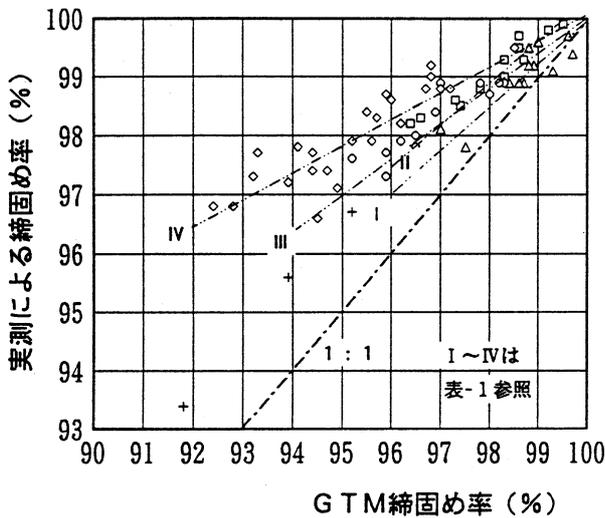


図-3 粒度区分によるG T M～実測の関係

やすく、その分が空隙となって計算されるためである。

G T M法がSMAの配合設計にとって有効との判断から導入を試みているものであるが、G T M締固め率≠実測締固め率では実用的に適用しにくい。そこで、G T M締固め率が使えるように、両者の関係を調べ、実測締固め率へ修正ができるかどうかを検討した。

図-3は、図-2の実測締固め率について粒度区分ごとに回帰線を入れたもので、多少の誤差はあるものの、何れも100%でG T Mと実測の締固め率が一致することが分る。これは粒度区分ごとに、G T M締固め率から実測締固め率へと換算できることを示している。

図-3において、各回帰直線の勾配をa、また直線の切片をbとしてそれぞれ2.36mmふるい通過量に対してプロットすれば、それぞれ図-4、図-5のようになる。aおよびbとも相関係数は0.99と極めて高く、したがって、2.36mmふるい通過量によりG T M締固め率から

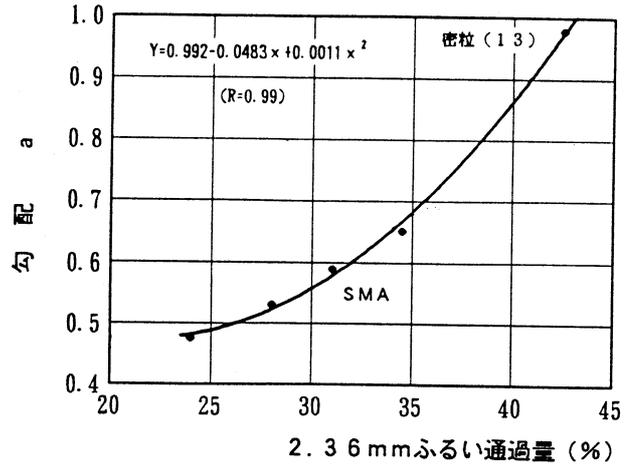


図-4 2.36mmふるい通過量と実測対G T M勾配 a との関係

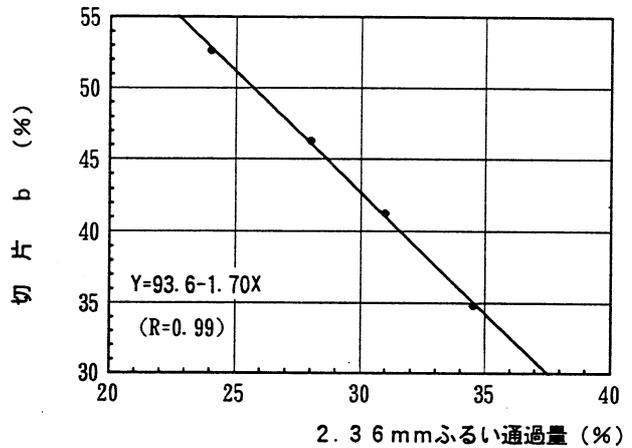


図-5 2.36mmふるい通過量と実測対G T M直線の切片 b との関係

実測締固め率への修正が可能であるといえる。

修正後の締固め率を修正締固め率（実測締固め率の推定値）と表現すれば、換算式は以下のとおりである。

$$\text{粒度 I} \quad Y = 0.65x + 34.1$$

$$\text{II} \quad Y = 0.59x + 41.3$$

$$\text{III} \quad Y = 0.53x + 46.9$$

$$\text{IV} \quad Y = 0.48x + 52.7$$

ここで、Y : 修正締固め率 (%)

X : その粒度でのG T M締固め率 (%)

式は回転数N=200回における関係から求めたものであるが、Nが300回程度まではLogNに対して締固め率が直線的に変化するので、N<200に対してもこの式は十分適用可能と考えられる。

ここで、G T Mと実測による締固め率が1 : 1に対応する（両者が一致する）混合物について述べると、図-4のように、参考として実施した密粒(13)を含めた回帰線が勾配a=1になる点から、2.36mmふるい通過量が約43%以上になる混合物であることが分る。これは密粒や細粒アスコン等の細かい混合物の場合である。

したがって、43%より粗い混合物に適用する場合には、本研究で得られたような修正が必要である。

(4) DS値によるSMA粒度の選定

表-1に示した16配合について実施したWT試験によるDSを図-6に示す。耐流動性を加味した橋面舗装用SMAのDS値は概ね3,000回/mm以上を目指しているが(ただし下層の場合は1,500回/mm以上)、その条件が満足できる配合は概略以下のとおりであった。

- ① DS \geq 3,000回/mm → 粒度Ⅱ～Ⅳで、かつ改質アス使用のもののみ
- ② DS \geq 1,500回/mm → 改質アスは粒度区分Ⅰ～Ⅳ
ストアスは粒度区分Ⅲ～Ⅳの一部

これらの結果、耐流動の目標からは橋面用SMAには適用層の如何に拘らず、バインダーは改質アスファルトを使うことが必要であると結論される。また、粒度は粗い方がDSが大きくなっているが、配合粒度については次の透水試験との絡みで選定する必要がある。

(5) 透水係数によるSMAの不不透水性確認

透水試験は、地盤工学会の土の透水試験方法⁶⁾に準拠した方法により、透水面に水圧を1.5kgf/cm²(0.152MPa)をかける定水位方法で実施した。

供試体作製には、表-1のうち先のDSの結果から選定した改質アスを使用した配合のみの8種を用いた。また、ここではマーシャルOACを用い、その空隙率にほぼ等しくなるようなGTM旋回数Nを先のN=200回のデータから算定し、これで作製したものをを用いた。

図-7は、SMAの透水係数を空隙率に対して示したものである。なお、 1×10^{-7} cm/s未満の不不透水域にあるものは途中で測定を打切っている。この結果から、GTMで空隙率が3%以下に締められたSMAは、どの配合についても不透水性が確保されることである。

これは、現場の締め固めでも3%以下が必要であることに通じ、GTMをSMAの配合設計に導入することに重要な意味を持つ。つまり、GTM締め固めで設定されたSMAの空隙率は、そのまま現場における空隙率レベルとして受入れられると考えられるからである。

4. SMA配合設計へのGTMの適用

(1) 配合設定用GTM旋回数N(N₀)の設定

本章では、GTM締め固め率から実締め固め率への修正式を取り入れ、SMAの配合設計を行う際のGTMの旋回数Nをどう決めるかを検討した。

前章で、DSや透水係数から橋面用に適するSMA

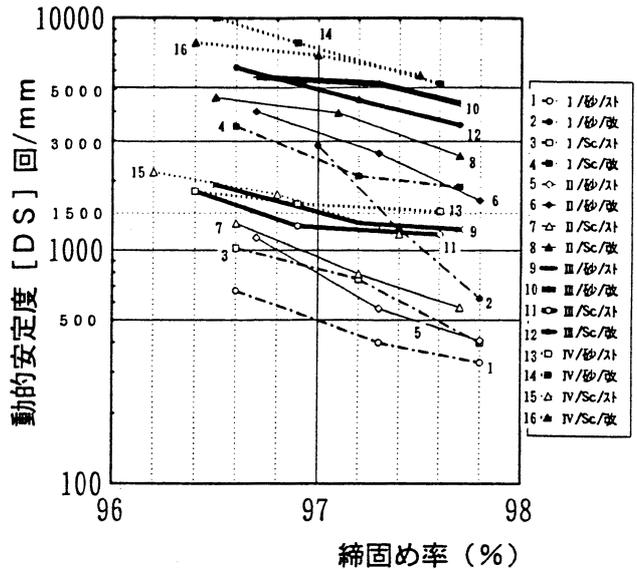


図-6 SMAの締め固め率とDS値の関係

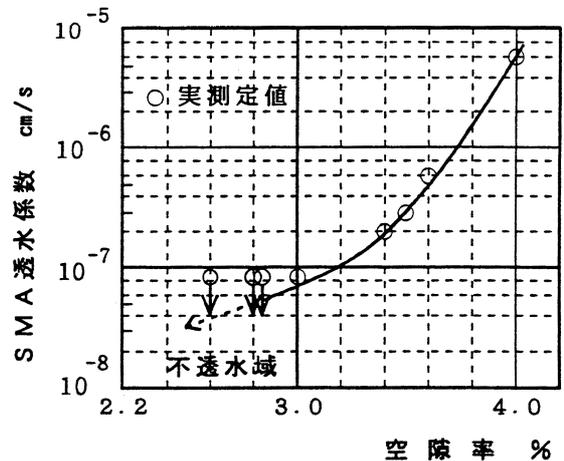


図-7 SMAの透水試験結果

の配合を検討したが、最終的に床版との接着がよい配合を得るため、表-1の配合Ⅰ～Ⅳの砂+スクリーニングスおよび改質アスの組合わせに絞った4配合に加え、図-8に示す2.36mmと75 μ mふるい通過量による組合わせ配合について検討を行った。ここでⅠ～Ⅳは2.36mm通過量の区分を表し、①～④は75 μ m通過量の区分を表している。なお波線は前章のⅠ～Ⅳと同じ配合である。

配合設計用GTM旋回数Nの検討では、締め固めに用いるSMAのアス量の取り方が問題であるが、ここはマーシャルOACを用いた。それは混合物特性として経験的に問題ない範囲と判断されるからである。

GTM締め固めはN=200まで行い、修正締め固め率式により実測締め固め率へと修正した。この修正後の結果について、Ⅲ①粒度の例をN=150までのデータで示した。

Nの対数に対する修正締め固め率はほぼ直線となっており(相関係数=0.99)、他の粒度でも同様であった。その各配合の直線式を求め整理したのが表-2である。

2.36mm通過量10%

75μm通過量10%

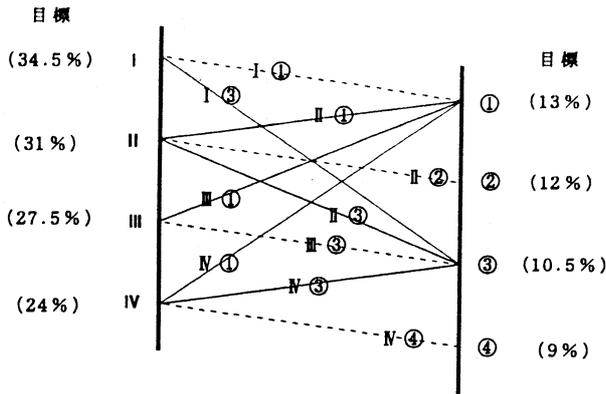


図-8 GTM配合設計検討用粒度組合わせ

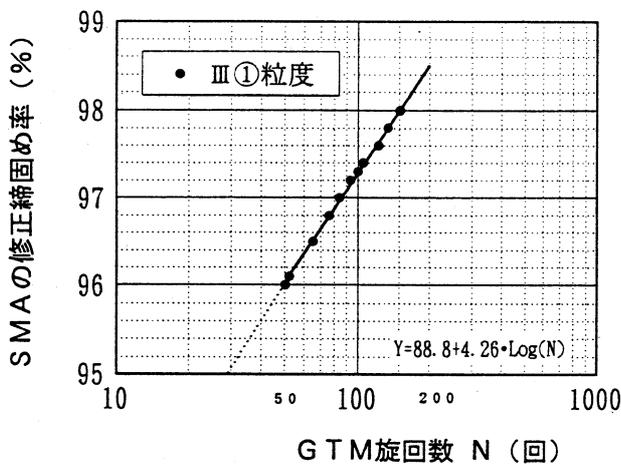


図-9 GTMによる締固め率の1例

このNに対する修正締固め率の直線勾配をc、切片をdとすると、2.36mmふるい通過量の同一グループ内では勾配cの差が小さくなっている。そこでグループごとの平均を示したのが右欄であり、図-10である。

この結果で、2.36mm粒度区分のIおよびIIの勾配cが等しいのは、GTMでの締めり方が同等、すなわち同じNで同じ密度に締まることを示唆している。

これは締固めに対してモルタル量が影響しているものと考え、その検証のため各配合の2.36mm以上の粗骨材で作られる骨材間隙量に対する2.36mm以下の細骨材、フィラー、植物繊維、アスファルトで構成されるモルタル分の割合を調べてみた。ここで、粗骨材間隙量は粗骨材をマーシャルモールドに詰め、片面50回突固めにより求め、また、モルタル容積は混合物の理論密度から計算した。そして、

モルタル占有率(%) = $100 \times (\text{モルタル容積} / \text{骨材間隙量})$ として計算し、これを2.36mm通過量に対してプロットすると図-11が得られた。この結果、モルタル占有率は粒度区分IIおよびIでほぼ等量となっており、この傾向は先の締固め率勾配cの傾向と一致する。すなわ

表-2 SMAの修正締固め率勾配

粒度区分	GTM修正締固め率の式		2.36mmPass別 勾配の平均
	2.36mm 75μm	勾配c 切片d	
I	①	$Y=4.41\text{Log}(N)+89.1$	4.55
	③	$Y=4.64\text{Log}(N)+88.3$	
II	①	$Y=4.56\text{Log}(N)+88.9$	4.55
	②	$Y=4.65\text{Log}(N)+88.7$	
III	①	$Y=4.43\text{Log}(N)+88.5$	4.23
	③	$Y=4.26\text{Log}(N)+88.8$	
IV	①	$Y=4.21\text{Log}(N)+88.6$	3.77
	③	$Y=3.87\text{Log}(N)+89.1$	
IV	③	$Y=3.73\text{Log}(N)+88.9$	3.77
	④	$Y=3.72\text{Log}(N)+89.2$	

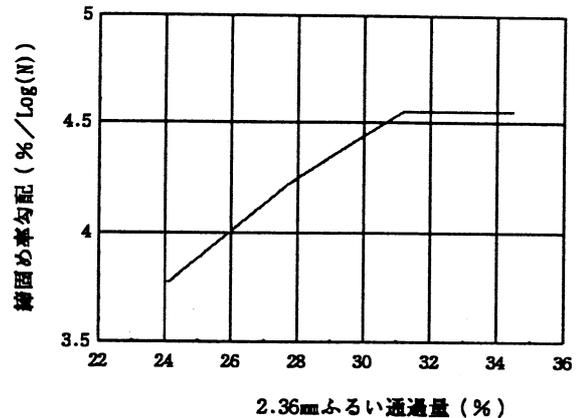


図-10 2.36mm通過量と修正締固め率勾配の関係

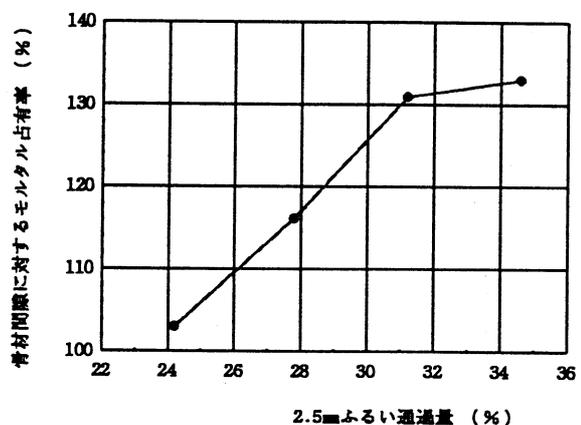


図-11 骨材間隙に対するモルタル占有率

ち2.36mmふるい通過量が概ね30%以上では、モルタル占有率が同等となっており、GTM回転数Nに対して締固めの程度が同等になるものと考えられる。

以上の結果を踏まえ配合設計にGTMを用いるときの回転数Nを以下のように定めた。

- ① 当面、NのめやすはマーシャルOACにおける空隙率に相当する回数で設定し $N_0(N_{Design})$ とする(必要なら将来データを蓄積し N_0 を見直す)。
- ② 2.36mmふるい通過量が30%を越えるSMAの回転数 N_0 は一定とする。

表-3 特性結果と配合設定用GTM回数N_Dの設定

粒度 区分	マーシャル特性		WT試験 D S (回/mm)	OAC対応 GTM数N _D (回)	配合設計 GTM 回数 N _D (回)
	OAC (%)	空隙(締固め 率)(%)			
I①	6.6	2.6(97.4)	1850	74	75
I②	6.6	2.7(97.3)	1750	87	
II①	6.6	2.8(97.2)	3150	64	
II②	6.6	2.9(97.1)	3940	61	
II③	6.6	3.0(97.0)	4200	94	
III①	6.6	2.6(97.4)	3150	93	95
III③	6.6	3.0(97.0)	4500	98	
IV①	6.5	3.2(96.8)	6300	129	140
IV③	6.5	3.6(96.4)	6300	170	
IV④	6.5	4.0(96.0)	7000	127	

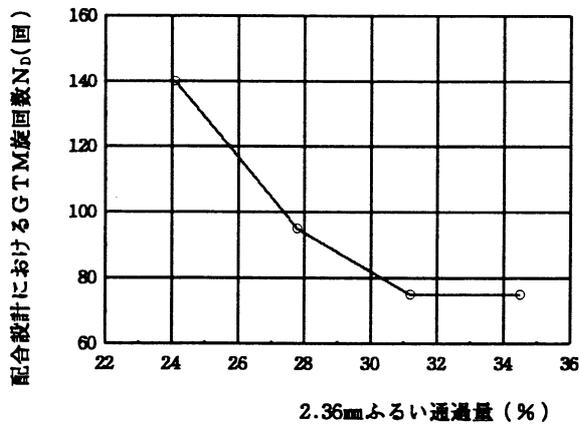


図-12 配合設定に用いるGTM回数N_D

こうして求めた配合設計におけるN_Dは、表-3のとおりであり、粒度区分に対するN_Dは図-12に示す。

(2) 橋面用SMAの粒度

10配合について求めたWT試験によるD Sは表-3に示してあるが、耐流動性のある橋面用SMAは、D S ≥ 3,000回/mmで選定し、II①粒度よりも粗い側になる。

一方、前章の透水試験から1 × 10⁻⁷ cm/s未満の不透水性を得るには、空隙率 ≤ 3%が必要で、III③粒度より細かい側になる。これらから橋面用SMA粒度は、

III③ (SMA粒度範囲の中央) ~ II① (上限側) となり、III①粒度などが最も適しているといえる。

(3) GTMを用いたSMAの配合設定手順

これまでに得られた結果を踏まえ、GTMをSMAのアス量を決定するための配合設定に導入する手順を検討した。それを簡略に示せば以下のとおりである。

- ① 適用粒度を決める (選定は前記による)。
- ② 2.36mmふるい通過量により、GTM回数N_Dを決める (図-12による)。
- ③ アス量を3点変えて、GTM締固めをN_Dまで行い空隙率を求める (修正締固め率か実測による)。

表-4 接着・防水材料と接着試験結果

材料区分	接着材 防水材料	試験 温度 °C	接着強度 kgf/cm ² (MPa)	
			鋼床版	RC床版
ゴム系	ゴム系溶剤系	20	15.0(1.47)	—
		-10	20+(1.96+)	—
ゴム系	ゴム系溶剤系 +ブロンズ系 +珪砂	20	14.8(1.45)	12.2(1.20)
		-10	20+	20+
ゴム系 乳剤系	ゴム系乳剤 +硬化剤	20	12.6(1.23)	9.2(0.90)
		-10	18.8(1.84)	15.9(1.56)
シート系	ゴム系シート系 (厚:2.4mm)	20	—	10.3(1.01)
		-10	—	20+
エポキシ系	エポキシ樹脂	20	16.4(1.61)	8.3(0.81)
		-10	20+	14.3(1.45)
エポキシ系	エポキシ系 (ドイツ製)	20	8.3(0.81)	—
		-10	12.8(1.25)	—
目標接着強度 kgf/cm ² (MPa)		20	≥14(1.37)	≥6(0.59)
		-10	≥14(1.37)	≥12(1.18)

太字は、目標値以上のもの

- ④ アス量に対して空隙率をプロットし、空隙率が3%以下(目標2.8%)になるアス量を求める。
- ⑤ そのアス量でWT試験を行いD S ≥ 3,000回/mmであることを確認する(もし、3,000未満の場合は、再検討する)。

5. 接着・防水材料の検討

接着・防水材料の良否は床版舗装にとって重要であり、グース代替としてSMAを適用するに当たり、床版との接着性の良い材料を選択するための検討を行った。

橋面用接着・防水材料は、従来より鋼床版には主に溶剤系ゴムアスが用いられ、RC床版にはシート系が用いられている。本研究でもそれらの材料を中心に検討を行ったもので、内容については表-4に示したとおりである。塗布量等については示していないが、何れも市販品の標準的な量を使用している。

材料評価は接着強度で行った。接着性試験は建設省建築研究所開発の試験機(建研式という)を用いた。試料の床版のうち、鋼床版はショットブラスト処理したもの、RC床版はサンダーによりレイタンス除去処理を行ったものを用いた。

接着性試験用供試体は、試料鋼床版およびRC床版上に接着・防水材料を設け、その上に5cm厚のSMAを締固めて作製した。試験は供試体上面よりコアカットで床版まで10cmφの切れ目を入れ、SMAの上面にエポキシ樹脂でアタッチメントヘッドを接着し、試験温度20°Cまたは-10°Cに24時間以上養生した後、1kgf/cm²・s(0.098MPa/s)の荷重で引割がした。

なお、SMAの適用配合は前章4(2)で選定した

Ⅲ①粒度を用いた.

表-4に示した接着試験結果で、目標値を満足したものは、鋼床版に対してはゴムアス系、エポキシ系であるが、後者はわが国では実績がないため今後の課題である。従来の溶剤型ゴムアス2層塗りで、接着強度は十分得られているが、防水をより重視する場合にはブローンアス系をその上に塗布するのが適切と思われる。

一方、RC床版用については、エポキシ系はやはり実績がないこと、乳剤系は残存水分がSMAの締固めに影響を与える恐れがあること等から、従来型のシートで十分であるとの結果となった。

6. まとめと結論

本研究では、橋面舗装へSMAを適用するため配合設定を含む種々の検討を行い、以下の結論を得た。

- ① SMAの配合設定にはGTM締固め法を用いるが、GTM締固め率と実測締固め率間に差異がある。そこで、両者の関係式を求め、実測締固め率に修正することで、GTM法の適用を可能とした。
- ② SMAの配合設定に用いるGTM旋回数 N_b は、2.36mmふるい通過量により変化させる値を求めた。
- ③ 橋面用SMAの配合設定は、粒度に応じた N_b 回の締固めにより、空隙率およびDSが確保できるアスファルト量を設定する方式を提案した。
- ④ SMAの不透水領域を 1×10^{-7} 未満 cm^3/s とした場合、空隙率は3%以下が必要である。
- ⑤ 不透水性を保持し、SMAの特長である耐流動性レベルを $DS \geq 3,000$ 回/mmに維持できる配合および粒度は、本文で示したⅢ③～Ⅱ①の範囲で、かつ改質アスファルトを使った配合である。
- ⑥ 橋面舗装用SMAは、床版との接着性が重要で

あり、目標とする接着強度をクリアできる接着・防水材料を設定できた。

以上、橋面用SMAを検討し、適用可能な配合およびそれを決めるための配合設計手法を得ることができた。橋面へのSMAの適用実績は未だ少ないが、グース代替工法として今後の適用が期待される。

参考文献

- 1) 井上武美, 内田精一; アスファルト混合物の流動特性と耐流動材料に関する一検討, 道路建設, P. 54(昭和62年9月)
- 2) Der Bundesminister fuer VERKEHR Abteilung Strassenbau; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien fuer die Herstellung von Brueckenbelaeagen auf Stahl. ZTV- BEL-ST 92(1992)
- 3) J. L. McRAE, A. R. McDaniel; Progress Report on the Corps of Engineer's Kneading Compactor for Bituminous Mixtures, AAPT Vol. 27, P. 357(1958)
- 4) J. L. MacRAE, C. R. Foster; Theory and Application of Gyrotory Testing Machine for Hot-Mix Bituminous Pavement, ASTM STP No. 252, P. 9(1959)
- 5) SHRP(A-407); The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlay., P. 63(1994)
- 6) 土質試験方法と解説; 土質工学会編, P. 271(1990)
- 7) 舗装試験法便覧, (社)日本道路協会編(1988)
- 8) 多田宏行; 鋼床版舗装の設計と施工, 鹿島出版, P. 50(1990)
- 9) 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料, (社)日本道路協会編, P. 13(1987)

(1996.10.14受付)

STUDY OF MIX DESIGN METHOD FOR SPLIT T MASTIX ASPHALT USING GYRATORY TESTING MACHINE

NOBUYUKI NEMOTO, TAKAO ARAI

We studied mix design method of Splitt Mastix Asphalt(SMA) applied for bridge deck pavement in stead of gussasphalt. The mix design procedure we adopted is Gyrotory Testing Machine (GTM) which simulates actual rolling. As a result of our study is follows; Gyration number N_b in mix design is given by passing percent of 2.36mm sieve size of SMA aggregate gradation. Asphalt content of SMA should be selected both to have air voids of under 3% level for having properties of impermeability and Dynamic Stability(DS) by wheeltracking test of over 3,000 pass/mm for rutting resistance.