

スチールファイバを用いた グースアスファルトの特性に関する研究

西川隆晴¹・西田一彦²・西形達明³

¹正会員 大成ロテック株式会社 東京支社 (〒135-0043東京都江東区塩浜2丁目7-20)

²正会員 工博 関西大学 教授 工学部土木工学科 (〒564-0073大阪府吹田市山手町3丁目3-1)

³正会員 工博 関西大学 助教授 工学部土木工学科 (〒564-0073大阪府吹田市山手町3丁目3-1)

グースアスファルトは、1948年にドイツからその技術が導入されて以来、鋼床版用舗装材として広く用いられてきた。しかしながら、交通量の増大、車両の重量化、また、橋梁建設技術の向上から、流動わだち掘れの発生、床版構造に起因するひびわれの発生、急勾配区間での施工、等種々な問題が発生している。本研究では、グースアスファルトにスチールファイバを添加することにより機械的に粘性を高めた混合物について研究を行い、耐流動性およびひびわれ抵抗性が改善されることを確認した。本論文では、その基本特性と施工特性について、従来のトリニダッドレークアスファルトを用いたグースアスファルトと比較し報告するものである。

Key Words: steel deck pavement, guss asphalt, steel fiber, lake asphalt

1. はじめに

道路交通の増大、大型化、維持管理費率の増加から、道路舗装においてライフサイクル、トータルコストの概念が設計に組み込まれつつある。建設省の道路技術5カ年計画の中でも「長寿命化舗装」が取り上げられ、実用化に向けた研究^{1),2),3)}が実施されている。橋面舗装の多くは、交通の要所にあり、迂回路の確保が困難等の特殊性から、「長寿命化」がより一層求められている⁴⁾。

橋面舗装については、コンクリート床版舗装と鋼床版舗装に大きく分類される。

コンクリート床版舗装は、表層とレベリング層からなり、重交通路線においては改質アスファルト混合物を使用するのが一般的である。また、鋼床版舗装は、表層に改質アスファルト混合物、基層に防水層をかねたグースアスファルトを使用するのが一般的である。

表層の改質アスファルト混合物については、従来の改質Ⅱ型アスファルトをさらに改良し、高機能化を図った改質アスファルトが開発され、流動抵抗性や離抵抗性、ひびわれ抵抗性を向上させたアス

ファルト混合物の開発が試みられている^{5),6),7)}。

基層のグースアスファルトについては、昭和58年に本州四国連絡橋の施工に当たって同公団での大規模な調査研究⁸⁾によりまとめられた「橋面舗装基準(案)」⁹⁾(以下、本四基準(案)と記す)が指針となっている。

しかしながら、橋面舗装では、舗装厚さが薄く温度変化が大きい、車輪の走行位置が一定の箇所に集中しがちであることから、一般舗装部に比べわだち掘れが発生しやすい。また、鋼床版構造に起因したひびわれの発生も問題視され、関西国際空港の連絡橋の建設においてはひびわれ防止目地の設置も検討された¹⁰⁾。その上、橋梁建設技術の向上、および、用地取得の関係から10%以上の勾配を持った橋梁の建設等も増加しつつある。

このように、鋼床版舗装の長寿命化を考えた場合、表層のみでなく、基層グースアスファルトの改良は不可欠である。筆者らは、グースアスファルトにスチールファイバ(以下、SFと記す)を添加し、グースアスファルトの流動抵抗性およびひびわれ抵抗性を向上させたグースアスファルト(以下、SFグースアスファルトと記す)の開発を目指し、その可能性

表-1 関係機関のグースアスファルトの規格値

項	目	本四基準(案) ⁹⁾	アス要綱 ¹¹⁾	阪神高速 ¹²⁾	試験法
硬質 ア ス フ ア ル ト	素材アスファルト等級	ストレート20-40	ストレート20-40	ストレート20-40	JIS K 2207
	針入度 (25℃, 100g) (1/10mm)	15~30	15~30	15~30	〃
	軟化点 (℃)	58~68	58~68	58~68	〃
	伸度 (25℃) (cm)	10以上	10以上	10以上	〃
	蒸発質量変化率 (%)	0.5以下	0.5以下	0.5以下	〃
	三塩化エタン可溶分 (%)	86~91	86~91	86~91	〃
	引火点 (℃)	240以上	240以上	240以上	JIS K 2274
混 合 物	比重 (25℃/25℃)	1.07~1.13	1.07~1.13	1.07~1.13	JIS K 2249
	リュエル流動性 (240℃) (sec)	20以下	3~20	20以下	舗装試験法便覧 ¹³⁾
	貫入量 (40℃, 30min) (mm)	1~4	表層 1~4 基層 1~6	表層 --- 基層 1~6	舗装試験法便覧 ¹³⁾
	動的安定度 (回/mm)	300以上		500以上	舗装試験法便覧 ¹³⁾
	破断ひずみ (-10℃) (50mm/min)	8.0×10 ³ 以上		8.0×10 ³ 以上	舗装試験法便覧 ¹³⁾

※1 硬質アスファルト：素材アスファルトにトリニダッドレークアスファルトを混合したバインダ

※2 アス要綱：アスファルト舗装要綱（日本道路協会）

について種々の観点から実験的研究を行った。

本論文においては、SFグースアスファルトの基本特性と施工特性について、従来のトリニダッドレイクアスファルト（以下、TLAと記す）を混合したグースアスファルト（以下、TLAグースアスファルトと記す）と比較して記述するものである。

2. グースアスファルトの現状と問題点

現在使用されているグースアスファルトの主な関係機関の規格を表-1に示す^{9), 11), 12)}。一般的にグースアスファルトには、ストレートアスファルト20-40（以下、ST20-40と記す）にTLAを20~30%混合したバインダを使用している¹¹⁾。しかし、耐流動性を示す指標である動的安定度は本四基準(案)で300回/mm以上、阪神高速道路公団で500回/mm以上とアスファルト舗装要綱に示す重交通道路の動的安定度の目標値1500回/mm以上に比べると低く、流動安定性に問題を含んでいる。

現在行われているグースアスファルトの改良は、主に流動抵抗性の向上を目的として改良されたものであり、以下のような方法が採られている¹⁴⁾。

- ①TLA混合量の増加¹⁴⁾
- ②熱可塑性樹脂等改質材の添加^{12), 15)}
- ③プレコート碎石の転圧圧入^{16), 17), 18)}

TLAの混合量を増加させることにより、バインダ粘度が上がり、グースアスファルトの動的安定度は向上する。しかし、現実には、TLAの増加により最適バインダ量が増え、そのため、動的安定度の改善効果は低くなる。一方で、バインダ粘度が上がるこ

とによるバインダの硬質化が破断ひずみの低下につながる。

グースアスファルトは製造時、アスファルト合材工場で骨材とアスファルトを混練りした後、クッカー車で再練り（以下、クッキングと記す）され、混合物を240℃程度の高温に加熱し流動状態になった時点で施工に供される。

バインダの改質剤に樹脂、ゴム等を使用した場合、クッキング時の高温により変質し、所要の改質状態を確保することが困難であり、材料によっては改質効果がなくなったり、または、クッキング時間によりグースアスファルトの性状が大きく変化したりして、安定した改質は難しい。

プレコート碎石の転圧圧入により、骨材のかみ合わせを向上させ、流動抵抗性の向上を図る試みも行われている。しかし、転圧温度が高すぎると、ローラにグースアスファルトが付着し、路面の均一性を保つことができない。また、転圧圧入温度が低いと、プレコート碎石の転圧圧入が不十分となり、浮き石となって表層との接着性に支障を来す。プレコート碎石の散布量が少ないと骨材のかみ合わせが不十分となり、十分な流動抵抗性の増加を期待できない。また反面、散布量が多すぎると、余剰骨材となり、上層との接着に悪影響を及ぼす。これらのことから、プレコート碎石の施工に際しては散布量管理、転圧圧入時の温度管理が重要な管理ポイントとなり、施工状況により品質は左右される。

筆者らは、第三の改良方法としてバインダ自体の物性は変化させず、グースアスファルトに繊維を混入させることにより機械的に粘性を高め、流動抵抗性の向上をはかり、ひびわれに対して靱性（タフネ

表-2 合成粒度

フルイ目(mm)	19	13.2	4.75	2.36	600 μ	300 μ	150 μ	75 μ
合成粒度(%)	100	98.9	77	53	42.1	36.2	28.6	23.1
粒度範囲(%)	100	95-100	65-85	45-62	35-50	28-42	25-34	20-27

表-3 使用アスファルトの性状

品名	ストリートアスファルト 20-40	トリナットレーク アスファルト
密度 (15°C) g/cm ³	1.03	1.392
針入度 (1/10mm)	27	3
軟化点 (°C)	56	95
伸度 (cm)	100+	—
引火点 (°C)	340	252
三塩化エタン可溶分 (%)	99.99	54.1

表-4 スチールファイバの性状

素材	JIS G 3532 SWM
引張強度 (N/mm ²)	10以上
寸法 (mm)	0.5 ϕ ×30
製造方法	鋼線切断法
外観	インデント型

ス)をもたせることによりひびわれ抵抗性の向上を図るグースアスファルトの改良を目指した。

グースアスファルトに繊維を用い改良する場合、化学繊維ではクッキング時の高温により変質する可能性が高い。また、鉱物やガラス繊維ではクッキング時に骨材との摩擦により、その形状を維持することが困難である。

このようなことから、温度および機械的摩擦力に対して材料的に安定なスチールファイバによるグースアスファルトの改質を試みたものである。

3. 実験概要

本研究においては、TLAグースアスファルトの基本性状を把握するためにTLAの混合量を20~35%まで5%きざみで変化させ、基本物性実験として表-1に併記しているリュエル流動性試験¹³⁾、動的安定度試験¹³⁾、貫入試験¹³⁾、および、曲げ試験¹³⁾を行った。また、SFグースアスファルトについては、TLA混合量25%のグースアスファルトにSFを容積率で0.5vol%から2.0vol%まで添加混合し、同様の基本物性実験を行った。

施工特性については、勾配区間への適用を目的に実験をおこなった。グースアスファルトは流し込み工法で施工する関係上、施工厚さ3cm程度で勾配が6~8%を越えるとダレが生じ成形が困難であり施工に苦慮している¹⁹⁾。したがって、本実験においては、機械施工時のグース用アスファルトフィニシャ・バ

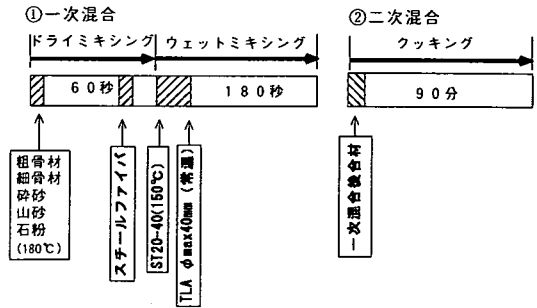


図-1 グースアスファルト製造のフロー図

イブレータの影響による流動変形性、舗設後のダレ、および、低温施工における鋼床版とグースアスファルトの接着性を把握するために、振動フロー試験、ダレ試験、接着性試験を行った。

(1) 実験材料

実験に使用した骨材は硬質砂岩の6号砕石、7号砕石、砕砂、山砂の細砂、および石灰石のフィラーを用いた。骨材配合は、アスファルト舗装要綱に示す骨材粒度範囲の中心粒度を目標とした。実験に用いた骨材合成粒度を表-2に示す。また、使用したアスファルトは、以下、ST20-40とTLAであり、その物理性状を表-3に示す。スチールファイバには、汎用化を目的にセメントコンクリートで使用されている材料を使用した。その性状を表-4に示す。

また、SFグースアスファルトは、最も一般に使用されているTLAを25%混合したTLAグースアスファルト²⁰⁾に、SFを容積率で0.5vol%~2.0vol%の範囲で添加したものをを用いた。

(2) 実験手順

a) グースアスファルトの供試体作成

グースアスファルトの供試体作成フローを図-1に示す。

① 一次混合

所定量計量した各骨材を180°Cに加熱し、30l室内ミキサ(ホットオイル加熱式)に投入し60秒間混合する(以下、ドライミキシングと記す)。骨材の混合が十分できたのを確認後、150°Cに加熱したST20-40と解砕したTLA(ϕ 40mm以下、常温)を所定量投入し、180秒間混合した(以下、ウエットミキシングと記す)。また、SFグースアスファルトの製造においては、SFや植物性繊維を混入させる場合、ファイバーボールが出来て問題となる。ファイバーボールの形成を防ぐためには、混合時、材料の粘性は

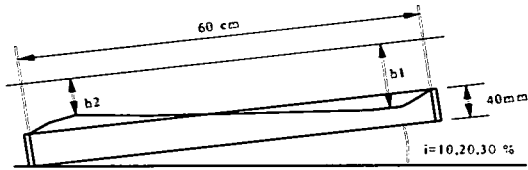


図-2 ダレ試験方法

出きるだけ少ないことが望ましい。また、混合時のミキサ攪拌速度は、出きるだけ早い方が分散がよい。このことから、ドライミキシング時にSFを混入させることとし、60秒間の骨材ドライミキシングが完了後、所定量のSFを投入した。骨材との混合、分散を確認後、150℃に加熱したST20-40を投入し、骨材およびSFにアスファルトが被膜されるまで180秒間ウェットミキシングした。

② 二次混合

一次混合後の混合物を80l 縦型クッカ (LPG加熱式) に投入、その後、約90分間クッキングを行い、実験に供した。

b) 実験方法

基本特性を把握するために実施したリュエル流動性試験、貫入試験、ホイールトラック試験、および、曲げ試験は「舗装試験法便覧」¹³⁾にしたがった。また、施工特性を検討するために行った振動フロー試験、ダレ試験、および、接着性試験については以下の通りである。

振動フロー試験は、石粉のフロー試験¹³⁾を参考にし、実験時フローコーンを200℃に加熱しておき、グースアスファルトを所定量フローコーンに詰め、15回落下させたときの広がり径を、フロー値とした。

ダレ試験は、マッシュアスファルトのスロープフロー試験および井上らの方法²¹⁾を参考にした。型枠を10%、20%、30%の勾配に傾斜させ、自然冷却後の出来形を計測し、図-2の $h=h_1-h_2$ をダレ量とした。

接着性試験は、コンクリート床版防水工の引張接着試験方法¹³⁾を参考に、グースアスファルトと鋼板との接着力を測定した²³⁾。

4. 実験結果と考察

(1) 基本特性

a) TLA混合率と針入度・軟化点

ST20-40にTLAを混合した時の針入度、軟化点の関係を図-3に示す。

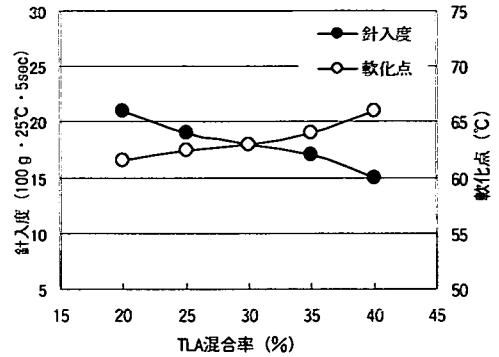


図-3 TLA混合率と針入度・軟化点

TLA混合率を増加させると、針入度は低下し、軟化点は上昇しており、感温性が小さくなっている。

井上らにより阪神高速道路の調査結果として、現場から切り取りコアを採取しグースアスファルトの物性と路面状況が報告されている²²⁾。グースアスファルトの動的安定度200回/mm以下では早期にわだち掘れが生じ、動的安定度700回/mm以上ではわだち掘れは生じないがひびわれが発生しており、この時のグースアスファルトの望ましいバインダ性状として軟化点を取り上げ、軟化点65℃以下を流動わだち掘れの限界値、軟化点75℃をひびわれに対する限界値としている。この値を今回の実験値に適用すると、軟化点65℃を確保するには、TLAを40%以上混合する必要がある、グースアスファルトの製造時の熱劣化を考慮しても、軟化点が70℃以上になるほどの熱劣化は期待できず、バインダの改質のみによって流動抵抗性の高い材料を作ることは困難であることが予想できる。

b) リュエル流動性

TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトのリュエル流動性試験結果を図-4、5に示す。

TLAの混合率が増加するに従い、同一バインダ量におけるリュエル流動性(240℃時の重錘落下時間)は増加しており、流動性は低下している。SFについても同様である。

リュエル流動性20秒以下を目標に配合を考えた場合、TLAグースアスファルトでは、TLA混合率20%でバインダ量7.7%以上、25%でバインダ量8.0%以上、30%でバインダ量8.3%、35%でバインダ量8.6%以上必要であるという結果であった。SFを添加した場合は、添加率1.5vol%程度までは殆ど変化せず、バインダ量8.2%程度でリュエル流動性は20秒以下であり、SF量増加による流動性低下の影響は少ない。

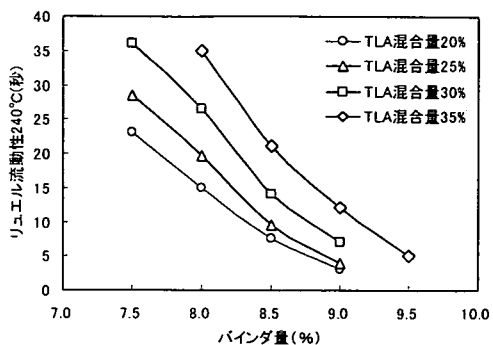


図-4 TLGグースアスファルトのバインダ量とリュエル流動性の関係

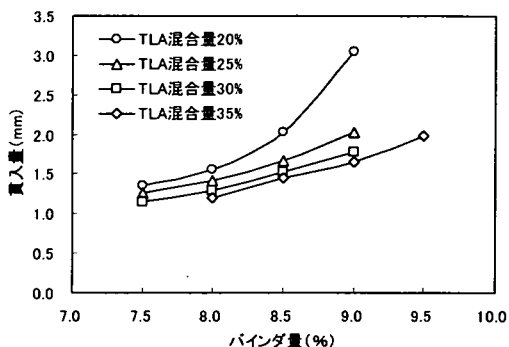


図-7 TLGグースアスファルトの貫入試験結果

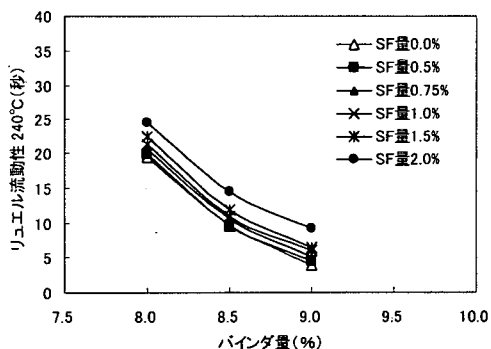


図-5 SFグースアスファルトのバインダ量とリュエル流動性の関係

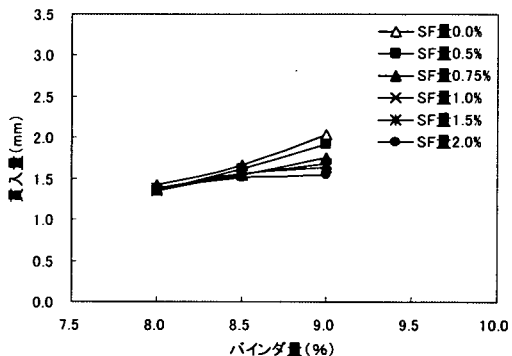


図-8 SFグースアスファルトの貫入試験結果

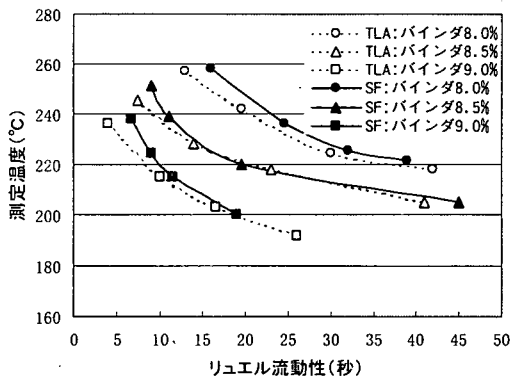


図-6 TLGグースアスファルトとSFグースアスファルトのリュエル流動性試験結果

図-6にTLA混合量25%, SF添加率1.5vol%でのTLAグースアスファルトとSFグースアスファルトの測定温度・リュエル流動性の関係を示す。

グースアスファルトの施工性と高温クッキングによる熱劣化という点から考え、リュエル流動性20秒以内、温度240℃以下での施工を基本とすると、SFグースアスファルトもTLAグースアスファルトも殆ど同程度の流動性を示しており、その意味では、SF

添加率1.5vol%程度であれば、施工性にあまり影響は与えない。また、適正なバインダ量を設定すれば、現実の作業性において、SFを添加しても問題なく施工できることが推測できる。

c) 貫入量

TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトの貫入量試験結果を図-7, 8に示す。

TLA混合量が増加すると貫入量は減少している。SFについても添加量が増えると貫入量は減少するが、その変化の度合いは小さく、バインダ量8.5%以下では殆どSFの影響はなく、9.0%においてSFの影響がみられる。貫入試験は、グースアスファルトの静的な高温安定性をみるものであり、今回の実験結果から、バインダ量が多くなりグースアスファルトの高温安定性が低くなるとSFの効果が現れ、高温安定性が高い領域においてはSFの影響はあまりないという結果であった。

d) 動的安定度

重交通路線においてアスファルト混合物に要求される動的安定度は、本州四国連絡橋公団=850回/mm, 日本道路公団=1200回/mm, アスファルト舗装要綱

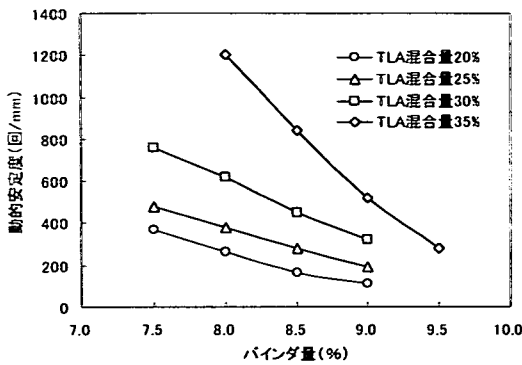


図-9 TLAグースアスファルトの動的安定度試験結果

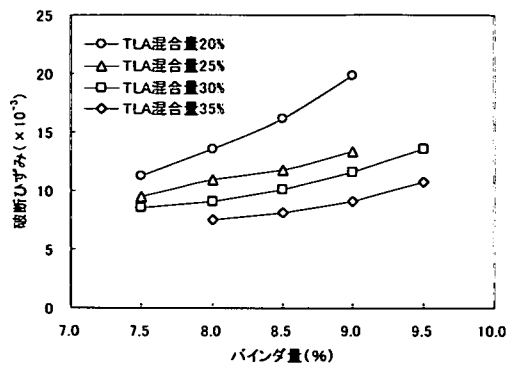


図-11 TLAグースアスファルトの破断ひずみ (-10°C)

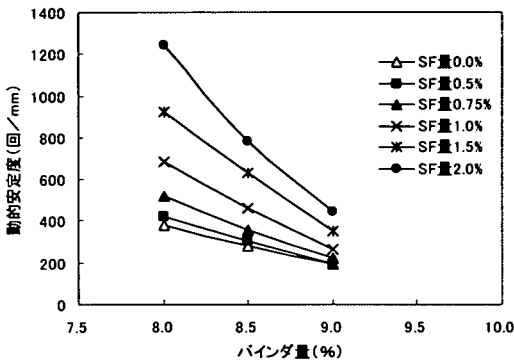


図-10 SFグースアスファルトの動的安定度試験結果

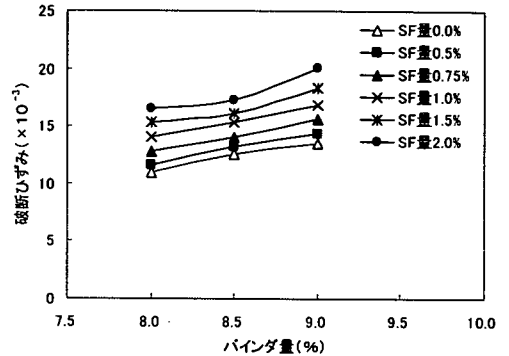


図-12 SFグースアスファルトの破断ひずみ (-10°C)

=1500回/mm, 東京都=2000回/mm以上とされている。また、阪神高速道路における基層グースアスファルトの調査で動的安定度が200回/mm以下では早期にわだち掘れが発生する可能性が高いが700回/mm以上の箇所では殆ど流動わだち掘れが認められていないことが報告²²⁾されている。これらのことから基層に用いるグースアスファルトの望ましい耐流動性としては、表層に比べ温度上昇が少ないこと、また、一般のアスファルト混合物に比べグースアスファルトの剥離抵抗性が大きいことから、動的安定度=500~1000回/mm程度が必要であろうと考える。

TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトの動的安定度試験結果を図-9, 10に示す。

TLA混合量, および, SF添加量が増加すると, 動的安定度は大きくなっている。

図-9についてみるとTLA混合量が多いほど動的安定度はバインダ量に敏感であり, バインダ量の変化が動的安定度に大きく影響を及ぼすという結果となった。また, 動的安定度のみでは, 適正配合を決めることはできないが, 目標値を300回/mm以上とすると, TLA混合量は25%以上, 500回/mm~1000回/mmと

した場合, TLA混合量は35%以上とする必要がある。SFグースアスファルトについて見ると, SF添加率0.5vol%程度ではあまり変化が無く, 0.75vol%程度の添加から動的安定度の伸びは大きく, SFの効果を得るには0.75vol%以上必要であることがうかがえる。SFを1~2%混入することにより, 動的安定度は2~3倍大きくなる。また, SF添加量1.5~2.0 vol%添加することにより動的安定度を500回/mm~1000回/mmを確保することが出来る。

e) 破断ひずみ量

TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトの曲げ試験における破断ひずみ量試験結果を図-11, 12に示す。

TLAグースアスファルトにおいては, TLA混合量が増加する毎に破断ひずみ量は小さくなっており, TLAの増加は, ひびわれの発生に結びつきやすいことが理解できる。一方, SFグースアスファルトにおいては, SF添加量を増加させると破断ひずみ量が増加しており, ひびわれ抵抗性が高くなっていることが理解できる。

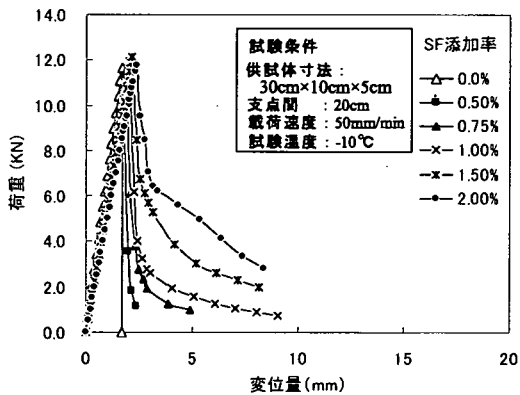


図-13 SFグースアスファルトの曲げ試験結果 (-10°C)

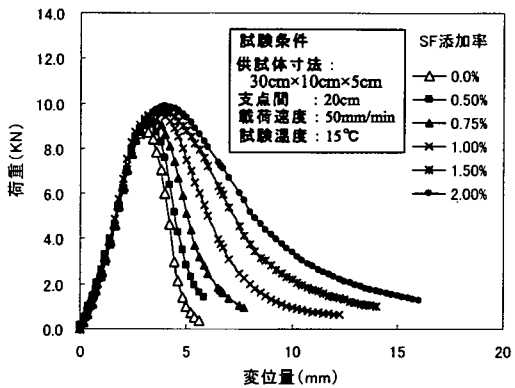


図-14 SFグースアスファルトの曲げ試験結果 (15°C)

図-13, 14にSFグースアスファルトの曲げ試験での荷重・変位量曲線を示す。SFを混入していないもの(TLAグースアスファルト)は、供試体がせん断されると急激に破壊に至るが、SF添加した供試体は、破壊後も靱性(タフネス)を示しSFの効果を示している。靱性は、SFの添加率0.5vol%程度ではあまり顕著な変化を見せないが0.75vol%を超えると、SFが多いほど、大きな値を示している。また、-10°Cの試験条件では、SFの添加量と破断時荷重は殆ど変化を示していない。

図-14は、試験方法は同様であるが温度条件を15°Cにした場合の荷重・変位量曲線を示す。-10°C時の単純曲げ試験では、破断時の荷重に殆ど変化無かったが、常温状態である15°Cでは、SF添加量が多くなると破断時荷重は増加傾向にあり、変位量も大きくなっている。TLAグースアスファルトに比較したわみ追従性が高くなり、ひびわれ抵抗性の改善が認められる。

f) グースアスファルトの規格共通範囲

本四基準(案)のグースアスファルト規格に適合す

TLA混合率	実験項目	バインダ量(%)					
		7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
20%	リュエル流動性	[]					
	貫入量	[]					
	動的安定度	[]					
	破断ひずみ	[]					
共通範囲(中央値)		7.7-7.8 (7.75)					
25%	リュエル流動性	[]					
	貫入量	[]					
	動的安定度	[]					
	破断ひずみ	[]					
共通範囲(中央値)		8.0-8.4 (8.2)					
30%	リュエル流動性	[]					
	貫入量	[]					
	動的安定度	[]					
	破断ひずみ	[]					
共通範囲(中央値)		8.3-9.1 (8.7)					
35%	リュエル流動性	[]					
	貫入量	[]					
	動的安定度	[]					
	破断ひずみ	[]					
共通範囲(中央値)		8.6-9.4 (9.0)					

図-15 TLAグースアスファルトの本四規格値共通範囲

SF添加率	実験項目	バインダ量(%)				
		7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
0%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.0-8.4 (8.2)				
0.50%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.0-8.5 (8.25)				
0.75%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.0-8.7 (8.35)				
1.00%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.05-8.9 (8.5)				
1.50%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.1-9.1 (8.6)				
2.00%	リュエル流動性	[]				
	貫入量	[]				
	動的安定度	[]				
	破断ひずみ	[]				
共通範囲(中央値)		8.2-9.35 (8.7)				

図-16 SFグースアスファルトの本四規格値共通範囲

るグースアスファルトの規格共通範囲を図-15, 16に示す。

TLAグースアスファルトにおけるバインダ量の規格共通範囲は、TLA混合量20%で0.2%程度しかなく、混合物製造時の許容範囲は狭い。アスファルト混合物を製造する場合、計量誤差、および、材料のバラツキから最低でも±0.3%以上の共通範囲を確保したい。TLA混合量が増加するに従って共通範囲が広

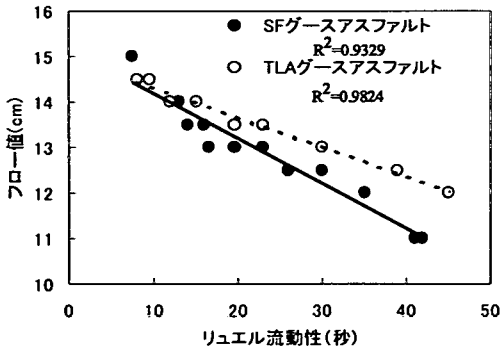


図-17 振動フロー試験結果

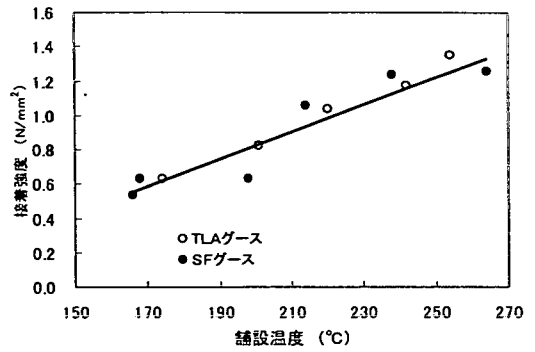


図-19 接着性試験結果²³⁾

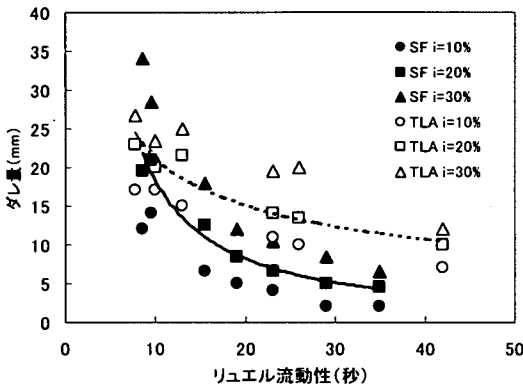


図-18 ダレ試験結果

くなっているものの、TLA混合量が増加すると、必要バインダ量も増加していき、硬いバインダを多量に必要とし、破断ひずみ量が小さくなり、ひびわれ抵抗性の少ないものとなっている。また、動的安定度500回/mm以上を目標とするとTLA混合量は30%以上となり、製造時の許容範囲を考えると35%以上の混合量が必要となる。

SFグースアスファルトについてみると、バインダ量共通範囲は、SF添加率0.5vol%ではTLAグースアスファルトとほとんど変化していないが、SF添加率0.75vol%から徐々に広くなり、SF添加率1.0vol%では、共通範囲が約1%ありSFによる改善効果が認められる。また、規格共通範囲の上下限は、リュエル流動性と動的安定度で定まっている。SFを添加することで、リュエル流動性による下限値は余り変化しないが、動的安定度の改善による影響で上限値が大きく伸び、規格共通範囲に余裕を持たせている。

動的安定度の規格を500回/mm以上とするとSF添加率は0.75vol%から可能であり、施工時の許容範囲を考えると1.5vol%混合することで対応が可能であ

る。また、SFの添加量を施工性から2.0%を上限に考えるなら動的安定度を800回/mmまで向上させることができる。

(2) 施工特性実験

a) 振動フロー試験結果

実験結果を図-17に示す。フロー値はリュエル流動性とよく相関している。また、TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトでは、リュエル流動性が10秒以下ではほとんど同程度のフロー値を示しているが、10秒を越える頃からTLAグースアスファルトとSFグースアスファルトに差異が認められ、20秒以上では明らかにSFグースアスファルトのフロー値は小さくなっている。

このことは、SFグースアスファルトは機械施工時グース用アスファルトフィニッシャ・パイプレタによる振動の影響を受けにくく、勾配区間においても通常の機械施工に適していることが示されている。

b) ダレ試験結果

勾配区間ではグースアスファルト施工時のダレが施工の支障となるため、勾配区間舗設時のダレを評価するためにダレ試験を行った。

この実験結果を図-18に示す。リュエル流動性が10秒以下では、TLAグースアスファルト、SFグースアスファルトとも同程度のダレ量を示したが、20%勾配、リュエル流動性20秒では、SFグースアスファルトのダレ量7mm程度、TLAグースアスファルトのダレ量15mm程度とSFグースアスファルトのダレ量は約2分の1程度の値となっている。

リュエル流動性を施工性のパラメータと考えるならば、SFグースアスファルトは、TLAグースアスファルトに比較し、同一の施工性を持ちながらダレ量は非常に低く押さえることが出来る材料であるとい

える。仮にTLAグースアスファルトでは、8%勾配が限界であり、リュエル流動性30秒程度で施工しなければならないとすると、SFグースアスファルトではリュエル流動性10秒程度の材料でも施工が可能である。また、同程度のダレ量に押さえ、かつ、リュエル流動性20秒の範囲の中での施工を考えると20%程度の勾配まで施工が可能と考えられる。

c) 接着性試験結果²³⁾

TLAグースアスファルトとSFグースアスファルトについて接着性試験を行った結果を図-19に示す。

SFグースアスファルト、TLAグースアスファルトとも鋼板との接着強度はほぼ同程度であり、数均し温度が低下すると接着強度が低下している。

鋼床版とグースアスファルトとの接着強度に関して明確な規定はないが、コンクリート版と防水層の接着強度について20℃で0.6N/mm²以上を目標とした規定²⁴⁾がある。この規定を参考にすると、グースアスファルトは170℃以上の温度で舗設すれば接着強度0.6N/mm²を確保できる。

5. まとめ

(1) 基本特性

①SF添加率を上げると、グースアスファルトのリュエル流動性試験における流動性は若干低下するが、施工温度240℃以下、リュエル流動性20秒以下という条件では、SF添加量1.5vol%程度では、TLAグースアスファルトと施工性においては大差ない。

②SFによる動的安定度の改善は添加率0.75vol%以上から効果が認められる。SFを1~2%添加することで、動的安定度は2~3倍程度大きくすることが出来る。動的安定度を500回/mm以上確保しようとするTLAのみでは混合量が35%以上必要となる。しかし、SFグースアスファルトではSFを1.5vol%添加することで可能である。また、SFグースアスファルトにおいて動的安定度の改善は施工性から考えると800回/mm程度までは可能である。

③TLAの混合率を上げると破断ひずみが小さくなるが、SFの添加率を上げると破断ひずみが大きくなる。また、低温状態においては、SF混入による破断応力の向上はあまり認められないが、常温状態では、破断ひずみの向上と破断応力の向上が認められる。曲げ試験結果より、SFグースアスファルトは、破断後も韌性(タフネス)があり、ひびわれ発生後のひびわれ拡大を抑制することが出来る。

(2) 施工特性

①振動フロー試験の結果、SFグースアスファルトは、振動等による変形抵抗性がTLAグースに比べ大きく、勾配区間の機械施工に適している。

②ダレ試験の結果、リュエル流動性20秒で、SFグースアスファルトはTLAグースアスファルトに比べダレ量が2分の1程度に減少しており、勾配区間でのグースアスファルトの施工に有効である。

③接着性試験の結果から、SFグースアスファルトとTLAグースアスファルトの接着性は、舗設温度が同程度ならば、ほぼ同程度の接着性を得ることが出来る。鋼床版との接着強度の目標値を0.6N/mm²と考えると、グースアスファルトの施工温度は170℃以上を確保すればよい。勾配区間の施工において、SFグースアスファルトの施工温度を下げることによって、TLAグースアスファルトに比べ勾配区間の施工でダレ量を少なく施工することが出来る。

6. あとがき

グースアスファルトにSFを添加することにより、TLAグースアスファルトの流動抵抗性を動的安定度を800回/mm程度にまで引き上げることが可能となり、しかも、ひびわれ抵抗性を増加させることができる。また、グースアスファルトの弱点である急勾配区間の施工においてもダレ量が少なく、適用範囲を広げることが可能となる。グースアスファルトは鋼床版用舗装材として防水性の面で他のアスファルト混合物にない特徴を持っており、グースアスファルトの品質レベルを上げることは、鋼床版舗装の長寿命化を可能にするものとする。鋼床版舗装は一般に、交通の要所であるため、その維持補修は困難であり長期耐久性のある材料の適用が必要であり、SFグースアスファルトがその目的に適しているものとする。

参考文献

- 1) 建設省道路局土木研究所：長寿命化舗装の開発，建設省技術研究会報告，Vol. 39，pp.1-22，1996。
- 2) 服部利周，秋田修，牧戸由美：長寿命化舗装の開発，第22回日本道路会議論文集，pp.280-284，1997。
- 3) 河田久儀，江向俊文：長寿命化舗装材料としての高性能バインダと混合物の特性，道路建設，No.572，pp.34-46，1995。
- 4) 池田拓哉：橋面舗装の概要，アスファルト，Vol.38，

- No. 187, pp. 3-7, 1996.
- 5) 阿部忠行, 峰岸順一: 耐剥離性を向上したアスファルトの橋面舗装への適用, 道路建設, No. 511, pp. 57-61, 1990.
 - 6) 細貝晃一・大下隆生・北井進: 付着性を改良した橋面舗装用改質アスファルトに関する一考察, 第20回日本道路会議論文集, pp. 454-455, 1993.
 - 7) 羽入昭吉・田中正義: 橋面舗装用付着性改善改質アスファルト, アスファルト, Vol. 39, No. 189, p. 19, 1996.
 - 8) (財)海洋架橋調査会: 本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書, 1979~1989.
 - 9) 本州四国連絡橋公団: 本州四国連絡橋橋面舗装基準(案), 1983.
 - 10) 関西国際空港(株), (財)土木研究センター: 関西国際空港連絡橋鋼床版舗装に係わる検討(その3)(委託)業務報告書, 1992.
 - 11) (社)日本道路協会: アスファルト舗装要綱, 1992.
 - 12) 阪神高速道路公団: 設計基準第3部第4編舗装, 1992.
 - 13) (社)日本道路協会: 舗装試験法便覧, 1988.
 - 14) 多田宏行: 橋面舗装の設計と施工, 鹿島出版会, pp. 69-73, 1996.
 - 15) 溝口孝芳, 井上隆: 熱可塑性樹脂(TR100)を用いた硬グースアスファルト, 道路建設, No. 366, pp. 51-57, 1978.
 - 16) 福土裕一, 井田悦啓: 橋面舗装におけるロールドグースアスファルト, 道路建設, No. 414, pp. 52-57, 1982.
 - 17) 宮洋光, 松田謙次: グースアスファルトの耐流動性, 道路建設, No. 412, pp. 60-63, 1982.
 - 18) 関西国際空港(株), (財)土木研究センター: 関西国際空港連絡橋鋼床版舗装に係わる検討(その2)(委託)業務報告書, 1991.
 - 19) 田島優, 東村安則, 安西健一: 鋼床版舗装におけるグースアスファルトの急勾配箇所舗装の施工例, 道路建設, No. 408, pp. 56-61, 1982.
 - 20) 村上憲司, 山岸一彦: 本四連絡橋の鋼床版舗装の設計基準, 舗装, Vol. 19, No. 6, pp. 3-10, 1984.
 - 21) 井上章, 宮内博良, 他: グースアスファルト舗装の急勾配施工における一検討, 舗装, Vol. 21, No. 1, pp. 20-25, 1990.
 - 22) 井上隆, 西川隆晴, 瀧口高: グースアスファルトに要求される性状とスチールファイバ混入グースの検討, 道路建設, No. 457, pp. 57-65, 1986.
 - 23) 川田成彦, 西川隆晴, 藤田広志: 急勾配鋼床版部の舗装材の検討と施工, 道路建設, No. 555, pp. 47-53, 1994.
 - 24) (社)日本道路協会: 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料, p. 13, 1987.
- (2001. 2. 15受付)

PHYSICAL PROPERTIES OF STEEL-FIBER GUSS-ASPHALT FOR STEEL DECK PAVEMENT

Takaharu NISHIKAWA, Kazuhiko NISHIDA and Tatuaki NISHIGATA

The technology of guss asphalt has been introduced from Germany since 1948 and has been used widely as a paving material in steel deck of bridges. Problems due to the heavy duty traffic are occurred such as rutting, cracking, and construction technology in steep slope of the bridge as well. In the study, the guss asphalt is added with steel fiber aiming at improving the structural viscosity, and thus the resistance ability of the mixtures to rutting and cracking. In the paper, the basic physical properties and construction characteristics of the guss asphalt added with steel fiber are reported, compared with those of Trinidad Lake Asphalt.