

延命効果の高い加熱薄層表面処理工法の開発

日本道路（株）技術研究所 美馬 孝之
 日本道路（株）技術研究所 常松 直志
 日本道路（株）技術部 荒尾 慶文
 日本道路（株）技術営業部 工藤 友行

1. はじめに

わが国の道路事業費は、平成10年度をピークに減少傾向¹⁾にあり、道路整備においても、限られた財源を有効に運用する方策が望まれている。舗装の維持修繕には打換え工法や切削オーバーレイ工法等が一般的に用いられているが、最近ではこのような背景からも、ライフサイクルコストの低減が期待できる予防的維持工法や、コスト縮減および環境負荷軽減が期待できる維持修繕工法が注目されている。コスト縮減が期待できる維持修繕工法には、薄層オーバーレイ工法や表面処理工法等の薄層舗装があげられるが、これらの工法を適用した場合、表-1に示すような課題が指摘されている。

以上のことを踏まえ、汎用プラントで製造できるとともに特殊な施工機械等を必要とせず、ひび割れ抵抗性の向上や既設舗装の劣化抑制に寄与する、延命効果の高い加熱アスファルト混合物を用いた表面処理工法(surface treatment: 以下、ST工法)の開発を行った。本文では、ST工法に用いる加熱アスファルト混合物(以下、ST混合物)の概要や特徴、および実路における供用性の評価結果と適用性について報告する。

表-1 薄層舗装の課題

工法名	課題
薄層オーバーレイ	混合物の温度が低下しやすく、締固め不足で必要な性状が確保できない。
表面処理	施工条件の制約(専用機械が必要、施工規模・施工時期の制限等)、耐久性に課題がある。
全般	既設舗装にひび割れがある場合、施工後早期の段階でリフレクションクラックが発生しやすい。

2. 開発目標

本研究では以下のコンセプトに基づき検討を行った。舗装の維持修繕にはライフサイクルを考慮する必要があるが、開発したST混合物を10mmから20mm程度舗設することで、従来の表面処理工法よりも高いひび割れ抑制効果による既設舗装の延命効果を狙ったものである(図-1)。また、ST工法の開発に定めた条件は以下のとおりである。

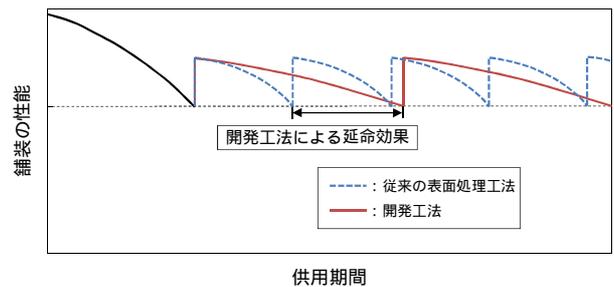


図-1 開発工法の適用効果のイメージ

(1) 混合物の品質

加熱型の薄層舗装の場合、特に冬季施工においては混合物の温度低下が早いいため、所定の締固め度を得られないことがある。このため、温度低下時にも所定の締固め度が確保できる混合物とする(中温化効果)。

また、ひび割れが発生している路面への適用を想定し、ひび割れ抵抗性と耐水性を有し、キメが細かくリフレッシュ効果のある混合物とする。

(2) 混合物の製造性

汎用的でかつ、混合物の安定した製造性を確保するには、常時アスファルトプラントにストックされている骨材およびアスファルトを使用する必要がある。これにプラントミックスタイプの特殊添加剤を加えることにより、所定の品質を確保する。

(3) 施工性

専用の機械を用いる必要がなく、汎用の機械編成で容易に施工を行うことが可能な混合物とする。

3. ST 混合物の概要

3-1 混合物概要

先に述べたコンセプトに従い開発した ST 混合物は、写真 - 1 に示す中温化剤、改質剤、植物繊維からなる特殊添加剤²⁾を使用した加熱アスファルト混合物 (5mmTop) である。なお、特殊添加剤は、混合物製造時に容易に添加できるようにパッケージ化してある。



写真 - 1 特殊添加剤

3-2 ST 混合物の配合

ST 混合物の配合決定までの流れを図 - 2 に示す。

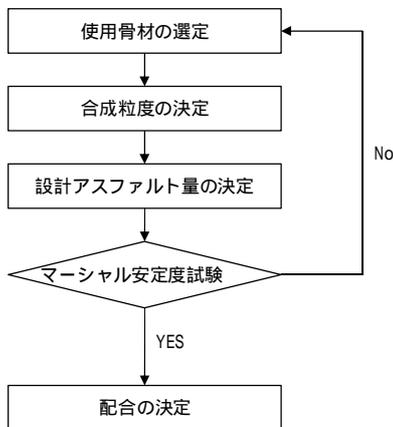


図 - 2 配合設計の流れ

(1) 合成粒度

ST 混合物の粒度範囲を表 - 2 および図 - 3 に示す。本混合物の粒度は、既設舗装のリフレッシュ効果やひび割れ抑圧効果が期待できるマイクロサーフェシング工法タイプ型の粒度範囲³⁾に準拠した。

表 - 2 粒度範囲

ふるい目 (mm)	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
粒度範囲 (%)	100	90 ~ 100	65 ~ 90	30 ~ 50	18 ~ 30	10 ~ 21	5 ~ 15

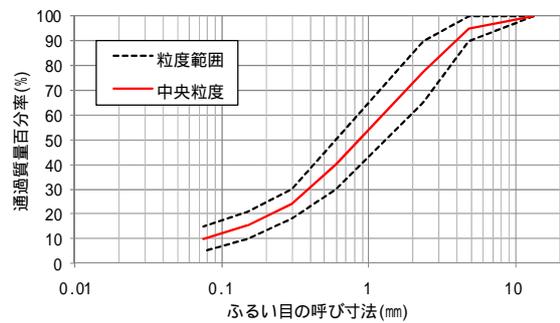


図 - 3 粒度範囲

(2) 設計アスファルト量

設計アスファルト量は、骨材の表面積から算出した暫定アスファルト量を、使用する骨材の吸水率により補正して求める方式とした。

骨材粒度と想定される吸水率を組合せてシミュレーションを行った結果、設計アスファルト量は、6.5% ~ 8.5% の範囲であった。

(3) マーシャル安定度試験

上記に従い合成粒度および設計アスファルト量を決定した後、マーシャル安定度試験により ST 混合物の強度特性値を確認する。なお、マーシャル安定度の目標値は、一般的な表層用加熱アスファルト混合物の基準値である 4.9kN とした。

3-3 混合物特性

前述の手法で配合設計を行った ST 混合物の特性は、次のとおりである。なお、リフレッシュ効果については室内では適正な評価が難しいため、追跡調査により確認を行った。

(1) 中温化効果

図 - 4 は、供試体作製温度の違いによるマーシャル密

度、安定度の比較結果を示したものである。標準の温度よりも30℃低下させて供試体を作製した場合でも、密度、安定度に大きな差は見られず、特殊添加剤による中温化効果が確認される。

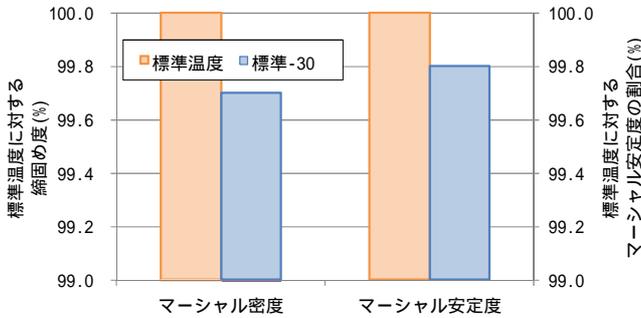


図 - 4 供試体作製温度とマーシャル特性値の比較

(2) ひび割れ抵抗性

1) たわみ追従性

図 - 5 に示すように、低温時 (-10℃) における ST 混合物の曲げ破断ひずみは、グースアスファルト混合物と比較するとやや小さいが、通常の密粒度混合物(13)よりも大きく、SMA 混合物(5)と同程度以上のたわみ追従性を有していることが確認される。

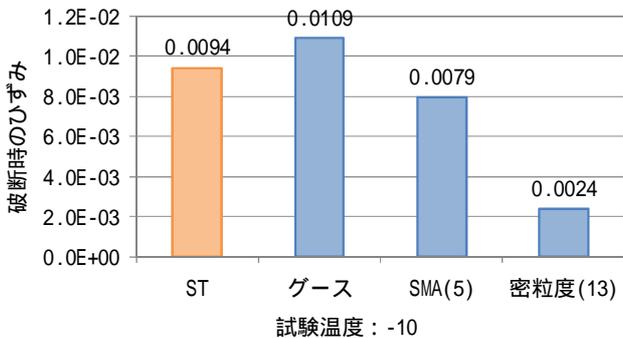


図 - 5 曲げ試験結果

2) 疲労抵抗性

図 - 6 に示す繰返し曲げ試験の結果から、ST 混合物はいずれの条件でも密粒度混合物(13)よりも疲労破壊回数が大きい値を示しており、高い疲労抵抗性を有していることが確認される。

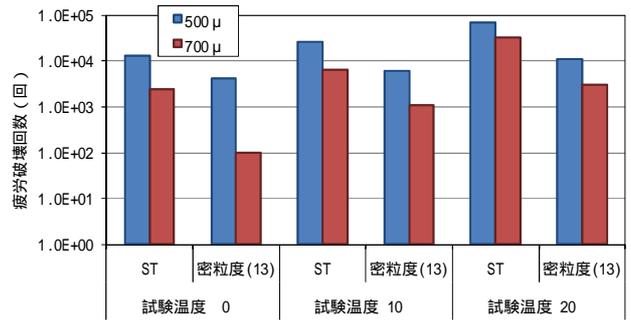


図 - 6 繰返し曲げ試験結果

(3) 耐水性

表 - 3 は、ST 混合物と密粒度混合物(13)のマーシャル特性値を比較したものである。ST 混合物は、密粒度混合物(13)よりも高い残留安定度を示している。また、水浸ホイールトラッキング試験結果では、写真 - 2 に示すように TS 混合物の骨材の飛散やはく離は見られず、良好な結果を示している。

以上のことから、ST 混合物の耐水性が高いことが確認される。

表 - 3 マーシャル安定度試験結果

混合物の種類		ST	密粒度(13)
安定度 (kN)	標準	5.96	8.30
	水浸	5.73	7.23
残留安定度 (%)		96.1	87.1
フロー値 (1/10mm)	標準	36	24
	水浸	33	27



写真 - 2 水浸ホイールトラッキング試験後の供試体

4. 実路での評価

4-1 施工の概要

ST 工法は、汎用フィニッシャ、3t コンバインドローラおよびタイヤローラの編成で施工を行う。施工状況を写真 - 3 に示す。



写真 - 3 施工の状況

4 - 2 供用性調査概要

調査を実施した箇所は、ST 工法の施工後の供用期間が異なる 3 件の事例である。調査対象箇所を表 - 4 に示す。供用期間が 1 年および 5 年の国道（事例 A、B）については、重度の亀甲状ひび割れが発生していた既設舗装に ST 工法を適用した箇所であり、ひび割れの抑制効果を確認することを目的とした。また、事例 A については、路面のキメ深さやすべり抵抗値、タイヤノ路面騒音を測定し、リフレッシュ効果の確認も行っている。

供用期間が 5 年の市道（事例 C）については、ST 工法の適用による既設アスファルト混合物の劣化の抑制効果を検証することを目的としたものである。

表 - 4 調査対象箇所

事例	適用箇所	交通量区分	施工面積 (㎡)	施工厚 (mm)	調査時の供用年数	施工時のひび割れ率 (%)
A	国道	N ₅	1,037	15	1年	60.7%
B	国道	N ₆	4,170	20	5年	43.0%
C	市道	N ₅	2,500	15	5年	10.0%

4 - 3 調査結果

(1) ひび割れ抑制効果

各事例におけるひび割れ率の経時変化を図 - 7 に示す。既設舗装が 60%以上の重度の亀甲状ひび割れを有している事例 A については、供用後にひび割れが発生しているが、ひび割れ率は 20%以下と小さく、供用 6 ヶ月後の時点からの進行も見られない。また、写真 - 4、写真 - 5 から分かるように、発生したひび割れは軽微なものであり、ひび割れ幅は最大でも 1.0mm 程度である。

また、事例 B に関しては、ST 工法の適用後 5 年が経過した箇所と既設表層のまま供用されている箇所におけるひび割れの発生状況について、調査を実施した。

それぞれの代表的な箇所を 20m ずつ選定してひび割れ

測定を行った結果、既設表層のひび割れ率が 37%に対して ST 工法区間は供用 5 年においても 0%（施工時 43%）という結果であった。写真 - 6 に示す工区の境界の路面状況からも、本工法の適用によりひび割れが抑制されていることがわかる。

以上のことから、重度なひび割れが発生している箇所においても、ST 工法を適用することでひび割れの抑制効果が期待できることが確認された。なお、既設舗装の状態や交通量等により異なるが、今回の供用性調査結果から、ST 工法の適用により 5 年程度以上のひび割れ抑制効果があることから、それ以上の延命効果を期待できるものと判断される。

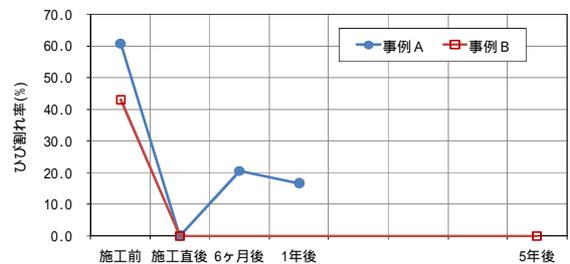


図 - 7 ひび割れ率の経時変化



写真 - 4 施工前の路面状況 (事例 A)



写真 - 5 供用 1 年後の路面状況 (事例 A)

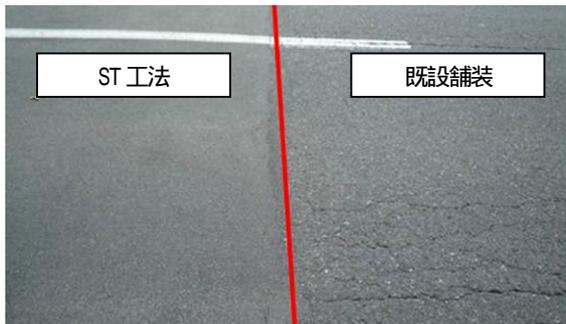


写真 - 6 工区境の路面状況 (事例B)

(2) 既設舗装の劣化遅延効果

本調査では、供用5年が経過しているST工法の施工区間と既設表層のまま供用されている区間のコアを採取し、既設表層混合物部分の回収アスファルトの針入度と軟化点による評価を行った。

図 - 8 に示す結果から、ST工法が施工された場合は既設表層のみよりも針入度の低下や軟化点の上昇が抑制されており、特に軟化点に関してはストレートアスファルト60/80の規格値内に収まっている。

一般に、アスファルト舗装は供用後に酸素や紫外線の影響などにより経年劣化し、特に酸素等の影響は深さ方向で3.5cm 程度まで及ぶことがあると言われている⁴⁾。本調査の結果では、15mm 程度のST混合物の舗設を行うことで、既設アスファルト混合物の経年劣化の進行を遅延させることが可能と判断できる。これは、ひび割れ抑制効果の高い混合物により表面処理を行うことで、一般的なアスファルト混合物を用いた場合よりも封かん効果が高くなり、アスファルトの劣化抑制に寄与できたためと考えられる。また、既設舗装の劣化抑制効果が、ST混合物のひび割れ発生の抑制にも寄与しているものと思われる。

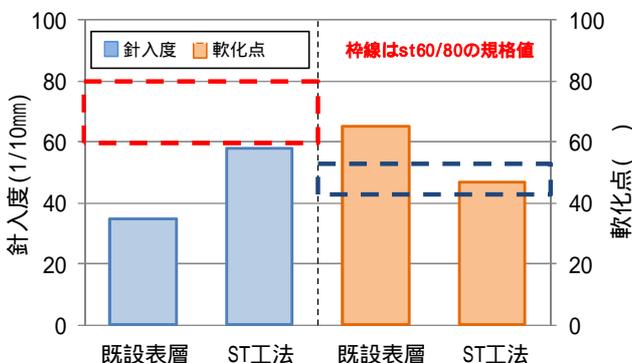


図 - 8 回収アスファルトの性状

(3) 路面のリフレッシュ効果

表面性状(キメ深さ、すべり抵抗)およびタイヤ/路面騒音の測定結果を表 - 5 に示す。結果から、ST 混合物を舗設することでキメの細かい表面形状が確保されていることがわかる。また、すべり抵抗値も問題なく、良好な性状が得られている。

簡易路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音については、施工前と比較して高い騒音低減効果が確認された。これは、供用により荒れた路面がST 混合物の舗設により、平滑でキメが細くなる効果と考えられる。

以上の結果から、ST工法を適用することで既設路面のリフレッシュ効果に大きく寄与できることが確認された。また、供用1年後においてもこれらの性状は大きな変化はなく、良好な状態を維持している。これは、ST 混合物は最大粒径が5mm であるため、供用による路面形状の変化が小さいためと考えられる。

表 - 5 表面性状とタイヤ/路面騒音の経時変化

	キメ深さ (mm)	BPN (wet)	タイヤ/路面騒音 (dB)
施工前	0.53	55	96.7
施工直後	0.17	63	90.9
1年後	0.22	66	91.4

50km/hrでの値

5. ST工法の特徴

ST工法の室内評価および実路による供用性の評価結果から確認された特徴は、以下のとおりである。

供試体の作製温度を標準よりも30 低下させた場合でもマーシャル密度、安定度ともに大きな差は見られず、特殊添加剤による中温化効果が認められる。特殊添加剤の効果により、ST 混合物は優れたひび割れ抵抗性を有している。

ST 混合物のはく離抵抗性は問題なく、耐水性にも優れた混合物である。

既設舗装が亀甲状ひび割れを有していた箇所への適用結果から、ST工法による既設舗装のひび割れ抑制効果が高い。

回収アスファルトによる評価結果から、本工法の適用により既設アスファルト混合物の経年劣化の進行を遅延させることが可能である。

供用性の調査結果から、ST工法の適用により既設路

面のひび割れを5年程度は抑制でき、それ以上の延命効果が期待できる。

ST混合物を舗設することで、路面のキメやすべり抵抗、路面騒音が回復し、高いリフレッシュ効果が期待できる。

6. ST工法の適用性

実路での評価結果から、ST工法の対象交通量については、交通量区分で N_6 （普通道路、舗装計画交通量1,000以上3,000未満）においても供用性に問題がないことが確認された。また、本工法の標準の施工厚は、10mmから20mm程度であることから、既設舗装のひび割れやわだち掘れを考慮した適用範囲は、図-9に示すような分類とすることができる。

これらを踏まえ、開発したST工法は以下の用途を目的とした適用が可能と考えられる。

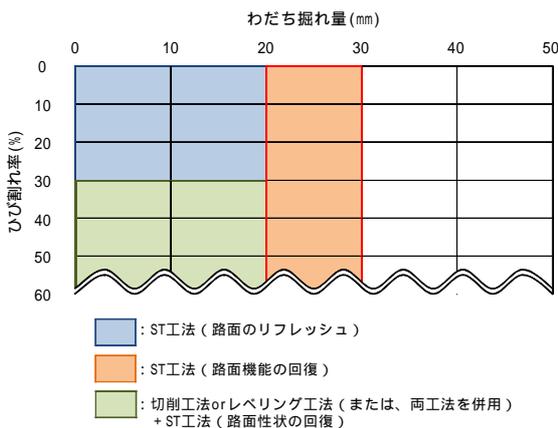


図-9 ST工法の適用の分類

(1) 路面のリフレッシュ

軽微なひび割れ(30%以下)および、軽微なわだち掘れ(20mm以下)が発生している箇所にST工法を適用することで、予防的維持工法として既設路面のリフレッシュ効果が期待できる。

(2) 路面機能の回復

中～重度(30%～60%程度)のひび割れおよび、軽微なわだち掘れ(20mm以下)が発生している箇所にST工法を適用することで、維持修繕工法としてひび割れの抑制効果と既設アスファルト混合物の延命効果が期待できる。

(3) 路面性状の回復

ひび割れ(60%程度以下)および流動によるわだち掘れ

(20mm～30mm)が発生している箇所については、事前に切削工法やレベリング等により既設舗装の事前処理を行い、その後ST工法を適用することで、維持修繕工法としてひび割れの抑制効果と既設アスファルト混合物の延命効果が期待できる。

7. おわりに

以上、開発した表面処理工法の混合物概要と実路における供用性の評価結果について報告した。本工法を適用することで、高いひび割れ抵抗性と封かん効果により既設アスファルト舗装の延命効果が期待でき、予防的維持工法やコスト縮減に寄与した幅広い補修工法への適用が可能と考えられる。

また、薄層であることから、廃材の排出量の抑制やCO₂の削減にも寄与でき、環境面にも配慮した舗装材料としても、期待が持てるものである。

現在、本混合物の特性を利用したじょく層しての適用性を試験施工により評価中であり、良好な経過を示していることが確認されている。また、今後、改質アスファルトを用いることによる施工厚30mm程度の薄層オーバーレイへの適用や明色化によるトンネル内コンクリート舗装の補修工法等、さらなる開発につなげていきたいと考える。

<参考文献>

- 1) 全国道路利用者会議：道路統計年報2009、平成21年9月
- 2) 徳光ほか：中温化施工可能な超薄層舗装の開発、第28回日本道路会議、2009年10月
- 3) (社)日本道路協会：舗装施工便覧(平成18年版)、平成18年2月
- 4) 佐藤監修、達下・川野編：舗装技術の質疑応答、第6巻