

遮水型排水性舗装に適用する 新たな乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャの開発

伊藤 春彦・戸川 裕文・白井 滋夫

我が国での厳しい財政事情の下、道路予算が年々削減されていく中で、効率的な建設・更新の実施が強く求められている。特に、維持修繕といった更新時には、コスト縮減に留まらず、環境保全への配慮に加え、費用対効果の高い優れた技術が望まれる。近年、ポーラスアスファルト舗装においては表・基層界面や基層での剥離が生じ、急速に基層以下が脆弱化し舗装破壊に至る事例が多数報告されており、施工時間の短縮や経済性で優位な一層施工に着目した遮水型排水性舗装に大きな期待が寄せられている。本報では、遮水型排水性舗装の概要と特徴を紹介するとともに、本技術を適用すべく乳剤散布式アスファルトフィニッシャの機構、新たに開発した乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャについて報告する。

キーワード：遮水型排水性舗装，乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ，遮水性，強制分解，経済性

1. はじめに

ポーラスアスファルト舗装の施工量が拡大していく中で、側方流動やポットホールといった早期破損事例が多数報告されるようになってきた。これは、ポーラスアスファルト舗装の表基層間での付着性や基層の遮水性が乏しい場合に、基層以下に雨水が浸透し急速に脆弱化することが主因と考えられている。^{1)~4)}

こうしたポーラスアスファルト舗装特有の破損に対しては、直下層に基層として水密性の高い碎石マッシュ混合物(SMA)等を採用し排水性舗装を二層で構築する等の対策が講じられている。しかし、施工時間の短縮や施工コストの縮減が求められている修繕工事においては、一概に基層を含めた修繕を実施するのではなく、既設舗装の健全度に応じた効率的な修繕工法の確立が望ましい。こうした背景により、従来のポーラスアスファルト舗装の持つ機能を維持し、新たに遮水性能等を一層に持たせることで基層を保護する工法として遮水型排水性舗装を共同開発し、その普及と技術の向上等に努めている。本文では、ポーラスアスファルト舗装の耐久性向上に寄与する遮水型排水性舗装の概要と特徴を紹介するとともに、新たに開発した乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャについて報告するものである。

2. 遮水型排水性舗装

(1) 遮水型排水性舗装の概要

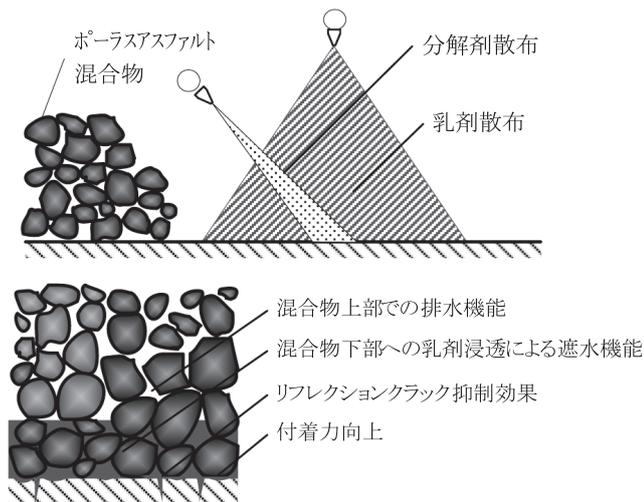
遮水型排水性舗装は、乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ(SPAF: Self Priming Asphalt Finisher)を用いて高濃度改質アスファルト乳剤を多量(1.2 L/m²以上)に均一散布し、即時分解させると同時にポーラスアスファルト混合物を敷きならし、締め固めて構築するポーラスアスファルト舗装である。多量散布された乳剤は老化した既設路面の微細なクラックの処理や基層との接着といったタックコート本来の目的に加え、表層下部の空隙へも浸透・充填する。これにより、基層への遮水性能が向上すると共に、表基層間での付着性能が改善され、舗装体としての耐久性が向上するといった新しい効果を持たせている。さらに、この部分は応力緩和層として働き、既設路面からのリフレクシオンクラックの抑制効果も期待できる。

(2) 遮水型排水性舗装の特徴

遮水型排水性舗装(図-1)の性能と施工技術に関する特徴を以下に示す。

〈性能に関する特徴〉

- ①通常のポーラスアスファルト舗装と同様な機能の確保
- ②多量散布された乳剤の表層下部への浸透・充填による基層に対する遮水機能の増強



図一 遮水型排水性舗装

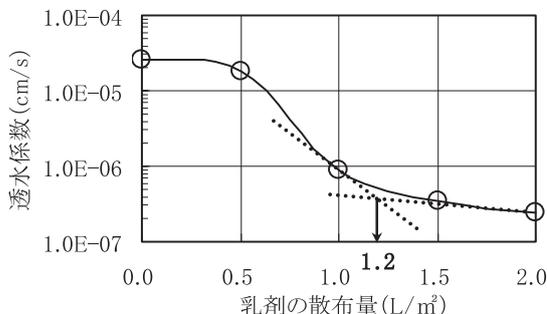
表一 高濃度改質アスファルト乳剤の性状

項目		品質	
エングレー度 (25℃)		15 以下	
ふるい残留分 (1.18mm)		%	0.3 以下
粒子の電荷		陽 (+)	
蒸発残留分		%	65 以上
蒸発残留物	針入度 (25℃)	1/10 mm	60 ~ 100
	軟化点	℃	48 以上
	タフネス (25℃)	N・m	4.0 以上
	テナシティー (25℃)	N・m	2.0 以上
貯蔵安定度 (24h)		%	1.0 以下

(4) 遮水性能を改善する乳剤散布量

遮水型排水性舗装混合物と粗粒度アスファルト混合物の二層構造とした供試体により、高濃度改質アスファルト乳剤の散布量に対する加圧透水試験結果を図一2に示す。なお、遮水型排水性舗装混合物は、高濃度改質アスファルト乳剤を多量散布(1.2 L/m²以上)し、即時分解させると同時にポラスアスファルト混合物を敷きならし、締め固めて仕上げた混合物をいう。

遮水性能の改善効果が平衡状態となる高濃度改質アスファルト乳剤の散布量は、変曲点(最小値)である1.2 L/m²となる。



図一2 乳剤散布量に対する改善効果

- ③高濃度改質アスファルト乳剤の採用による基層との付着機能の改善
- ④既設舗装路面からのリフレクションクラックの抑制効果

◀施工技術に関する特徴▶

- ①多量の乳剤を散布するために高精度で散布量をコントロールできる SPAF の使用
- ②乳剤の流出防止のため、散布と同時に分解剤を散布する強制的な分解機構
- ③通常のポラスアスファルト舗装と変わらぬ良好な施工性
- ④乳剤散布から敷きならしまでを一工程で実施

(3) 主な使用材料

遮水型排水性舗装で使用する主な材料を以下に示す。

(a) ポラスアスファルト混合物

母体となるポラスアスファルト混合物には、通常のポラスアスファルト舗装に用いられるものを使用する。

(b) 高濃度改質アスファルト乳剤

遮水型排水性舗装で使用する高濃度改質アスファルト乳剤の性状を表一に示す。この乳剤は、遮水性能と分解性能を向上させるため蒸発残留分を65%以上の高濃度としており、さらに均一な散布を可能とするため機械安定性に優れたものとなっている。

(c) 分解剤

遮水型排水性舗装で使用する分解剤には、食品添加物にも使用される材料(NaHCO₃を主成分)を用いた水溶液を使用し、散布量は乳剤散布量の10%程度を標準とする。

3. 乳剤散装置付アスファルトフィニッシャー (図一3~5)

(1) 従来使用する SPAF

遮水型排水性舗装で使用するアスファルトフィニッシャーには、所定の乳剤量を散布した直後にアスファルト混合物を敷きならし・締め固める機構を有するSPAFを採用する。さらに、SPAFには改良を加えて、多量散布される乳剤を即時分解させるための分解剤散布機構を装備している。

(a) 乳剤散布機構

乳剤散装置は、乳剤タンク、乳剤ポンプ及びスプレーヤーと呼ばれる散布ノズルから構成され、乳剤

タンクに貯蔵された乳剤はポンプによりスプレーバーに送られ路面に散布される。また、本工法で使用するSPAFは、走行パルス（移動距離）検出式の散布制御システムにより舗設速度に関係なく、常に所定の散布量を高い精度で均一に散布することが可能である。

(b) 強制分解機構（分解剤散布機構）

本工法では乳剤を多量散布するため、舗設中の乳剤の膜厚を一定にすることや、舗設後の降雨による流出を回避する必要がある。乳剤を早期に分解させることが要求される。舗設後に分解剤を散布して乳剤の分解を図る方法では、混合物の連続空隙等の問題から乳剤表面まで均一に浸透しないことや、未分解の乳剤が長時間残存することなど問題が多く、混合物の敷きならし直前で、かつ乳剤散布と同時に分解剤を散布する強

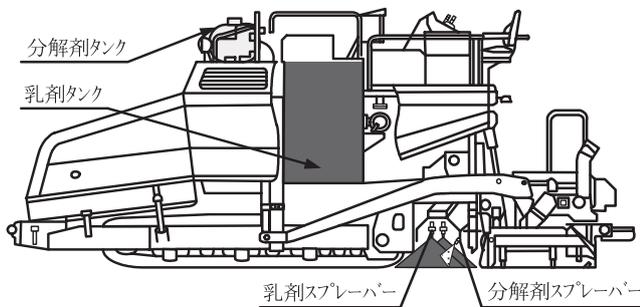


図-3 SPAFの構造例

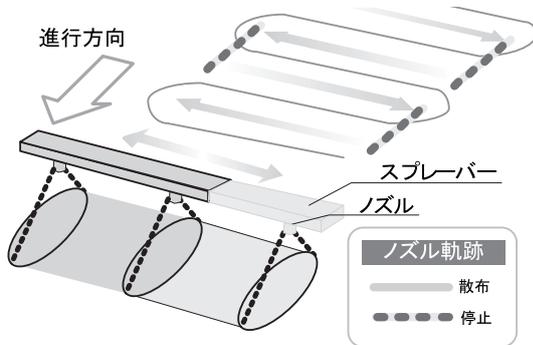


図-4 乳剤散布方法（間欠散布）

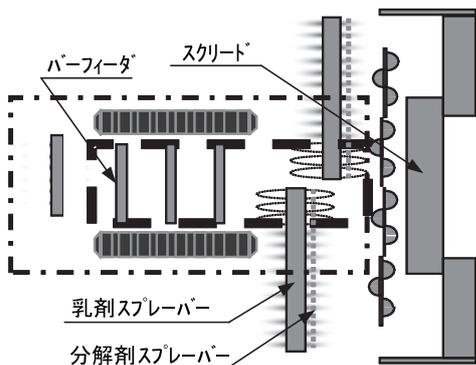


図-5 乳剤・分解剤散布機構

制分解機構を採用している。

(c) 品質確保に向けた改良

本工法で得られる性能を確実に施工現場にて再現するため、品質確保の観点よりSPAFに対して幾つかの改良を実施している。

①ノズル監視システム

乳剤散布ノズル内のジェットバルブスプール位置を検出することで、施工中に正常に乳剤ノズル先端により乳剤が散布されていることを自動感知し、ランプ点滅による視覚感知を容易とする。

②乳剤タンク残量のデジタル表示

ポテンションメータを取り付け、乳剤タンク内の残存量をデジタル表示とすることで、乳剤使用量の視覚認識を明確とする。

(2) 新たに開発したSPAF（写真-1）

本工法の急激な普及と所有するSPAFの老朽化に伴い、新たなSPAFの供給が急務となるが、所有するSPAFの生産中止を受け、新たな遮水型排水性舗装専用フィニッシャ（Spray Jet+）の共同開発に着手した。

なお、新たに開発する遮水型排水性舗装用フィニッシャに対しては、多くの施工実績で得られた知見や要望を踏まえ、以下に示す装備を標準仕様とした。

《従来も装備する機械仕様》

- ①舗設速度に左右されない均一な乳剤散布制御
（開発目標：横断方向での乳剤散布量の変動係数10%以内）
- ②施工時での乳剤ノズルの散布監視システム
（開発目標：操作画面上においてノズル詰まり箇所を色識別 [緑→赤]）
- ③乳剤散布ノズルの詰まり防止のための乳剤ノズルヒータ装備
- ④乳剤タンク残量のデジタル表示

《新たに装備する機械仕様》

- ①分解剤散布の自動制御



写真-1 新たなSPAF（Spray Jet+）

- ②分解剤タンクの標準装備
- ③分解剤タンク内への攪拌装置設置
- ④各乳剤散布ノズルの開閉制御
(操作画面上でのタッチパネル方式)
- ⑤起終点での乳剤散布位置の自動認識
(機械前部の乳剤スプレーバーでの散布開始・終了位置を後方のスプレーバーが認識)

(a) 乳剤散布機構

新たな SPAF も移動距離検出式の散布制御システムとなるが、設定した移動距離（標準 5 cm）で乳剤を散布することで、舗設速度に関係なく、常に所定の散布量を高い精度で均一に散布することが可能となる（図-6）。

また、乳剤散布量の横断方向での均一性を確保するため、乳剤散布経路（本体右側、本体部、本体左側）毎に、ノズル開閉時間を 1% 刻みで調整する指標入力を可能とした（図-7）。

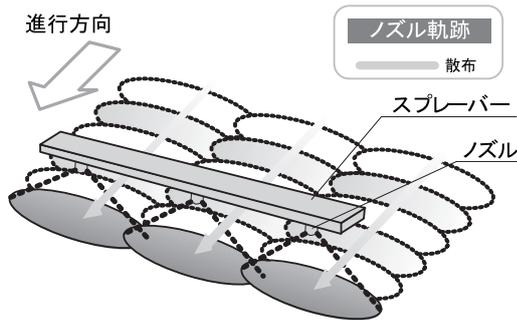


図-6 乳剤散布方法

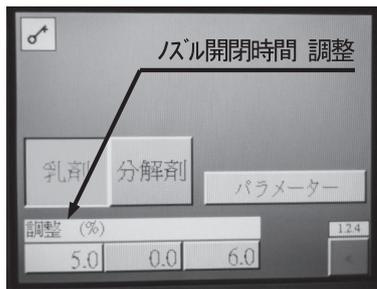


図-7 指標入力画面例（ノズル開閉時間調整）

(b) 強制分解機構（分解剤散布機構）（図-8）

乳剤・分解剤の散布は、施工幅員に対して 5 箇所でも同時散布される。なお、本体幅の外側での散布は、施工幅員（スクリーン幅）に連動して散布ノズルの開閉箇所を自動制御する。

(c) 乳剤散布量の照査

新たな SPAF の仕様・性能については、製造直後でのドイツ、日本での受け入れ検査時に照査を実施した。

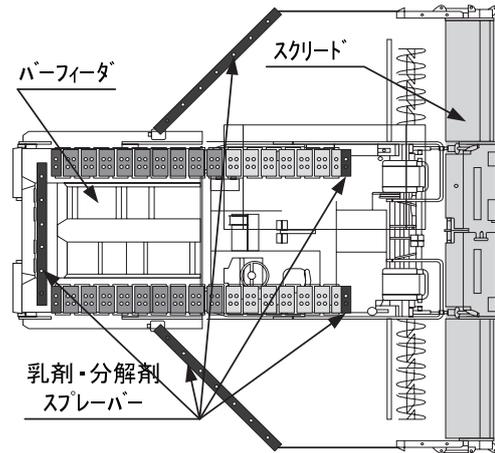


図-8 乳剤・分解剤散布機構



写真-2 乳剤・分解剤散布状況

乳剤のキャリブレーション結果例を表-2に示すが、要求性能であった変動係数 10% 以内を十分に満足する。

(d) 分解剤散布量の照査

分解剤のキャリブレーション結果例を表-3に示すが、分解剤の散布量に関しても高い精度で制御が可能である。

表-2 乳剤キャリブレーション結果例

照査場所	目標散布量 (L/m ²)	施工速度 (m/min)	散布幅員 (m)	乳剤散布量 (L/m ²)	変動係数 (%)
ドイツ	1.2	4.0	6.0	1.25	3.9
	1.2	4.0	5.0	1.25	3.3
	1.2	4.0	4.0	1.20	1.9
	1.2	3.0	4.0	1.20	1.8
	0.6	4.0	4.0	0.62	1.6
	1.6	4.0	4.0	1.60	2.8
日本	1.2	4.0	6.0	1.22	5.9
	1.2	2.0	6.0	1.19	2.9
	1.2	4.0	4.0	1.17	3.7
	1.2	3.0	5.0	1.20	1.8
	0.6	4.0	4.0	0.65	7.7
	1.6	4.0	4.0	1.58	3.1

表-3 分解剤キャリブレーション結果例

照査場所	目標散布量 (L/m ²)	施工速度 (m/min)	散布幅員 (m)	分解剤散布量 (L/m ²)
ドイツ	0.12	4.0	4.0	0.13
	0.24	4.0	4.0	0.26
	0.12	4.0	6.0	0.13
日本	0.12	4.0	4.0	0.12
	0.12	4.0	6.0	0.13
	0.12	3.0	4.0	0.13

4. 経済性

遮水型排水性舗装の適用は、修繕工事での切削オーバーレイ（一層）による施工事例が大部分を占めている。以下では、遮水型排水性舗装の経済性を、切削オーバーレイ工による直接工事費（廃材運搬・処理費を含む）により検証する。

排水性舗装を二層で構築する場合（排水性5cm、粗粒度5cm）を基準（100）とし、一層構築となる遮水型排水性舗装（厚さ5cm）と比較した結果を図-9に示す。遮水型排水性舗装は二層で構築する場合と比較して33%程度のコスト低減を可能とする。

[積算条件]

- ・即日開放（昼間施工）
- ・運搬距離5.0km以下（DID区間有り）

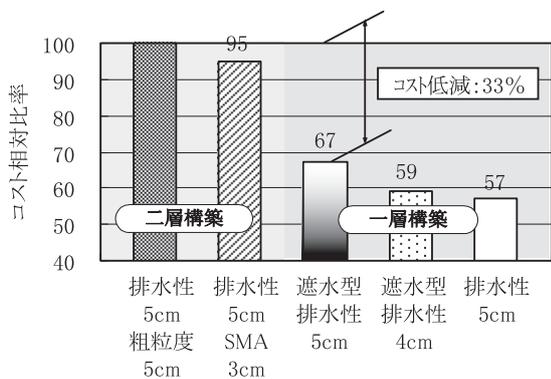


図-9 経済性の比較例

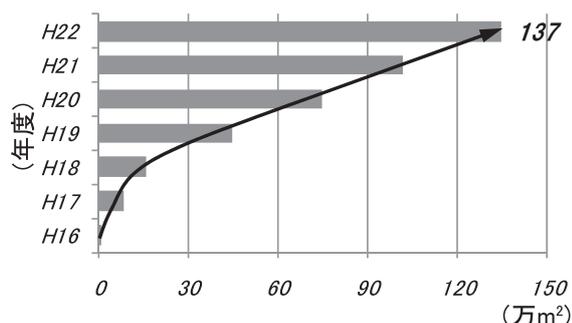


図-10 累積施工実績

5. 施工実績

遮水型排水性舗装は、既に137万m²程度の施工実績（遮水型排水性舗装工法研究会 実績参照）があり（図-10）、主に切削オーバーレイ（厚さ3.5～6cm）による適用となっている。

6. おわりに

遮水型排水性舗装は、排水性舗装特有の早期破損に対して有効な対応策の1つであると同時に、経済性に優れた工法として施工実績を伸ばしている。一方で、急激な工法の普及に伴いSPAFの供給が急務となる中で、本工法の適用により得られる性能を、施工現場において確実に実現する新たな遮水型排水性舗装（POSMAC：Porous Surface Mastic Asphalt Course）専用フィニッシャの完成に至った。

今後は顧客の要求を満足する新型機を積極的に活用することで、さらなる品質確保と普及活動に努めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 鎌田修ほか：排水性舗装の側方流動破壊の発生要因と対応策に関する研究、土木学会舗装工学論文集、第11巻、pp.99～106、2006
- 2) 東滋夫ほか：アスファルト混合部のはく離抵抗性評価方法に関する研究、道路建設、672巻、pp.32～38、2004.1
- 3) 松本資朗ほか：既設基層混合物のはく離抵抗の評価方法に関する研究、土木学会舗装工学論文集、第9巻、pp.73～79、2004
- 4) (株)日本アスファルト乳剤協会 技術委員会 JH 共同研究分科会：高機能舗装の予防的維持補修工法に関する共同研究-基層保護工法(その4)-、あすふあるとにゆうざい、No.172、pp.3～8、2008.7

【筆者紹介】



伊藤 春彦（いとう はるひこ）
東亜道路工業(株)
技術本部 技術部
技術部長



戸川 裕文（とがわ ひろふみ）
東亜道路工業(株)
工務本部
機械部長



白井 滋夫（しろい しげお）
ヴィルトゲン・ジャパン(株)
カスタマーサポート部
テクニカルマネージャー