高機能舗装 I 型の予防保全型補修工法の開発 — 非破壊式浸透型補修材散布・注入工 —

西日本高速道路(株)技術本部技術環境部本松資朗

- 大原 基憲
- 昭和瀝青工業(株) 技術センター 上坂 憲一
 - 足立 明良

はじめに

道路法等の一部を改正する法律が平成25年6月5日 に公布され、道路の適正な管理を図るため、予防保全の 観点も踏まえて道路の点検を行うべきことが明確化され た。これは、道路の劣化が進行してから修繕を行う「事 後対応」型ではなく、損傷が軽微なうちに修繕などの対 策を講じる「予防保全」型の補修が重要であるとの考え を踏まえたものである¹⁾。

高機能舗装 I 型の劣化進行の代表例を挙げると、路面 損傷の初期段階の事象でポンピング(写真-1)がある²。 ポンピングを放置していると次第にひび割れが顕著にな り、その後、路面の局部陥没(写真-2)へと進行する²。 この一連の事象は浸透した雨水により、基層や上層路盤 がはく離を起こすために生じる²ものであり、予防保全 型の補修としては、舗装内部への雨水浸透を防止するこ とが求められる。しかし、既存の高機能舗装 I 型に適用 できる予防保全型補修工法がなく、損傷が顕在化した段 階で舗装打換え等の事後対応を行わざるを得ないのが現 状である。

本報文は、高機能舗装 I 型の路面損傷の初期段階で効 率的かつ効果的に舗装を補修強化する「予防保全型補修 工法」として開発した「非破壊式浸透型補修材散布・注 入工」について述べるものである。

1. 開発コンセプト

非破壊式浸透型補修材散布・注入工(以下、当工法)

の開発コンセプトは、既設の高機能舗装 I 型の打換え等 をせずに、路面から浸透型補修材を散布することで舗装



写真-1 ポンピングと上層路盤切削面



写真-2 路面の局部陥没

構造を維持し延命化を図るものである。そのため、以下 に示す性能を有する材料・工法を開発した(図-1)。なお、 浸透型補修材散布工は、車線部に浸透型補修材を散布す るものであり、注入工は、車線境界の舗装打継目に浸透 型補修材を注入するものである。

①遮水性能

高機能舗装I型の排水機能を損なうことなく表層部を 浸透し、基層の上面に遮水層を形成し、雨水による基層 以深の損傷を抑制する。

②接着強化性能(ひび割れ等)

表層と基層の界面のはく離部分(粒状化した骨材)を 再接着し強化するとともに、基層のひび割れや舗装打継 目に浸透し再接着強化することにより、舗装構造を維持 する。

③骨材飛散抵抗性能

高機能舗装 I 型の骨材に被膜し、骨材と骨材の接着強度を高めることにより骨材飛散を抑制する。



2. 開発材料

1)浸透型補修材

開発コンセプトに対応すべく開発した浸透型補修材の 暫定規格を表-1に示す。浸透型補修材はカチオン型の改 質アスファルト乳剤であり、その性状は、比較的高濃度 でありながら一般的な浸透用アスファルト乳剤と同程度 の低粘度(エングラー度)とし、高機能舗装I型表層の 空隙や下層のひび割れへの浸透性を確保した。また、蒸 発残留物の曲げ試験特性やタフネス・テナシティをポリ マー改質アスファルト H 型と同等とすることで遮水層 のたわみ追随性や骨材把握力を確保した。さらに、タイ ヤへ付着しにくい性質(タイヤ付着率)も持たせて、散 布箇所外への浸透型補修材の持ち出しを抑制した。

	+6	5+8	、車ドピ	ተጥ	K +	り 出し	έŦιŀ	い ヨ い 禾	1	=
	ለብ	ᅣᇧ) 휙 귰	10,	②个/	¥⊞1	542'	72172		70-

	項目	暫定規格					
エングラ	一度(25℃)	3~7					
ふるい歿	崔留分(1.18mm)	0.3以下					
粒子の電	電荷		陽(+)				
蒸発残留	習分	質量%	60以上				
蒸発 残留物	針入度	1/10mm	80以下				
	軟化点	°C	50以上				
	タフネス	N∙m	20以上				
	テナシティ	N∙m	15以上				
	曲げ仕事量(-20℃)	kPa	100以上				
	曲げスティフネス(-20℃)	MPa	450以下				
貯蔵安定度(24hr)		質量%	1.0以下				
タイヤ付	着率(60℃)※	質量%	2以下				
※タイヤ付着率:試験方法はJEAAT-6に準じた。							

ただし、基盤は高機能舗装I型のホイールトラッキング供試体とした。

2) 分解促進剤

浸透型補修材散布後、速やかに分解硬化してその機能 を発揮するとともに、散布後の降雨や道路勾配で流出し にくいように、浸透型補修材散布後に散布する分解促進 剤を開発した。これは弱アルカリ性の無機塩水溶液 (pH8 ~10) であり、環境負荷のない材料である。

3. 散布量の設定

当工法のもっとも重要な性能は遮水性である。そこで、 加圧透水試験方法³⁾(試験条件:側圧 0.2MPa、透水圧 0.5MPa)により浸透型補修材の散布量を以下のように設 定した。

試験方法としては、高機能舗装 I 型表層(空隙率 20%) 4 cm厚と基層 1 cm厚のマーシャル供試体を作製し、それ らを重ねて周囲をテープで止水した。表層上から浸透型 補修材を散布し、分解硬化、乾燥させた後、加圧透水試 験を実施した。なお、基層厚を1 cmとしたのは、現場採 取コアの加圧透水試験の場合、基層厚が一定でないため、 厚さ条件を一定にして評価するためである。

目標の透水係数は、基層の透水性を新設時の状態まで に回復させれば舗装の寿命が延命できるという観点から、 基層用混合物に近い粒度である密粒度アスファルト混合 物と同等の10⁶ cm/s オーダー³⁾をねらいとし、その中間 値の5×10⁶ cm/s とした。なお、透水係数は供試体の厚 さが薄くなるほど大きくなる³⁾ため、薄層(1 cm)の基 層用混合物を用いた加圧透水試験で目標透水係数(5× 10⁶ cm/s)が得られれば、新設の密粒度アスファルト混 合物層と同等の透水性(透水性が非常に低い³⁾)を有す ると判断できる。

試験結果を図-2 に示す。これより、目標透水係数 5×10⁶ cm/s となる 2.10/m²を散布量に設定した。



4. 試験施工による性能検証

4-1 施工概要

試験施工は以下に示す場所で実施した。施工対象路線 は供用8年経過し、一部ポンピングやひび割れが発生し ており、補修が必要な状態であった。なお、比較区間と して浸透型補修材散布区間に隣接して無散布区間を設け た(図-3)。

施工場所:九州自動車道人吉~えびの間 走行車線 施工年月:平成23年11月

勾配:縦断2.7%、横断2.0%

舗装構成:表層4cm、基層6cm、上層路盤8cm

4-2 施工

1) 車線部の施工

①路面標示等をマスキング後、高機能舗装I型路面に、
均一に 2.10/m散布ができるように改造した特殊ディストリビュータで浸透型補修材を散布した(写真-3①)。
②路面に散布した浸透型補修材の分解硬化が進み、表面の色が茶色から黒色へと変化した後、散水車で分解促進剤を散布し(写真-3②)、施工を完了した(写真-3③)。



写真-3 車線部への散布状況

2) 舗装打継目の施工

走行車線と追越車線の境界に 位置する舗装打継目の注入作業 は、舗装打継目専用の注入機で 浸透型補修材(注入量0.70/m) を注入した。(**写真-4**)



写真-4 注入状況

4-3 開発コンセプトに対応する確認試験と結果

1) 排水機能への影響(現場透水試験)

現場透水試験の結果 を図-4に示す。散布区 間は無散布区間と比較 すると若干時間を要し ているが、高機能舗装 I型の新設時の規定値 (6秒/400ml)を満足 しており、排水機能へ の影響は小さい。







図-3 試験施工現場の平面略図

2) 遮水層の形成(コア目視観察)

現場切取りコアの遮水層形成状況を**写真-5**に示す。高機能舗装 I 型の表面から 3 cm程度までは空隙が見られ、その下に1 cm程度の厚さで浸透型補修材が遮水層を形成していることを確認した。



写真-5 散布区間の現場切取りコア

3) 遮水性能(加圧透水試験)

供試体は、現場切取りコアの基層上面から1cm下方位 置でカッター切断し、表層(4 cm厚)と基層(1 cm厚) を残した状態とした。

加圧透水試験結果を図-5 に示す。横軸の破損 Level と は、現場切取りコアのひび割れ状況により区分したもの であり、Level 数値が大きくなるほど破損程度が大きい ことを示している。浸透型補修材を散布すると透水係数 が 1.0×10⁶ cm/s 以下と無散布区間より 1 オーダー以上 低下しており、遮水層形成の効果が表れている。



4) 骨材飛散抵抗性能(カンタブロ試験)

現場切取りコアから切り出した高機能舗装Ⅰ型のカン タブロ試験(20℃)結果を図-6に示す。散布箇所の方が 無散布箇所に比べて損失率が少ないことから、浸透型補 修材が高機能舗装 I 型の骨材を接着した効果が表れている。なお、高機能舗装 I 型の配合試験基準値のカンタブロ損失率は20%以下であるが、これはマーシャル供試体を用いた試験であり、本試験は供用履歴を受けた現場切取りコアのため基準値との比較はできない。



5) 表層と基層の接着強化性能(引張試験)

現場切取りコアの基層上面か ら4cm下方位置でカッター切断 し、表層(4cm厚)+基層(4cm 厚)とした供試体の引張試験⁴ の結果、**写真-6**に示すとおり基 層混合物内で破壊を起こし、表 層と基層の界面ではなかったこ とから、表層と基層の接着効果 が表れていると考えられる。



状況

6) ひび割れ浸透接着強化性能(コア目視観察)

ひび割れが生じていた現場切取りコアを輪切りにして 切断面を目視観察した。写真-7に示すとおり、上層路盤 の巾の狭いひび割れにも浸透し、接着していた。

同様に、舗装打継目部から採取したコアを**写真-8**に示 す。浸透型補修材は舗装打継目の下部とその直下のひび 割れに浸透しており、再接着効果が期待できる。



写真-7 ひび割れへの浸透型補修材の浸透状況



写真-8 舗装打継目への浸透型補修材の浸透状況

7)舗装構造の延命効果(路面観察・FWDたわみ測定)

FWD によるたわみ測定の追跡調査を散布直後、散布 5 か月後、19 か月後および 32 か月後に行った。前述図 -3 に FWD 測定箇所を示す。各測定箇所の測点は、面的 にたわみ量を把握するために格子状に配置した。

写真-9に、無散布区間のFWD 測定箇所の19か月後 および32か月後の路面状況を示す。また、写真-10に散 布区間のFWD 測定箇所の32か月後の路面状況を示す。 無散布区間は追跡調査5か月後にはIWP にポンピング が発生し、その後局部陥没へと進行して、19か月後には 部分打換え(t=4 cm)が行われ、23か月後には全面的 に全層打換えられた。一方、散布区間の路面には32 か 月後までほとんど変化が見られなかった。



写真-9 無散布区間の路面状況(19、32か月後)



写真-10 散布区間の路面状況(散布 32 か月後)

散布 5 か月後、19 か月後および 32 か月後の FWD た わみ測定から得られるアスファルト層の損傷指標⁵(以 下、Di)と散布直後の Di との関係を図-7~9 に示す。な お、図-7~9 に示す損傷区分 A はアスファルト層全層、 B は表基層、C は表層が損傷していることを示し、Di 値で区分されている⁵。

図-7より、散布直後の時点で Di は損傷区分 B から A に分布している。これは構造的に表基層から全層が損傷 しているものである。なお、散布区間は無散布区間に比 べて全層損傷している測点が多いことがわかる。また、 散布 5 か月後は、散布区間の Di は散布直後からほとん ど変化していないが、無散布区間は散布直後の時点の Di が大きいほど大きく上昇している。つまり、無散布区 間はアスファルト層の損傷が進行しているが、浸透型補 修材を散布することで散布直後の時点のアスファルト層 の強度が維持(延命)されていると言える。

次に、図-8より、散布19か月後において、散布区間 はDiが大きい領域で散布直後よりもDiが低下する傾向 を示し、アスファルト層の強度が維持もしくは回復して いる。一方、無散布区間は部分打換えが行われている関 係で、Diが2,200を超える測点が無くなっているが、散 布直後の時点よりもDiが大きくなっており、引続き損 傷が進行している傾向にある。

さらに、図-9より、散布 32 か月後においては散布区間の Di は 19 か月後からの変化が少なく、引続きアスファルト層の強度を維持している。

次いで、下層路盤以下および路床の強度を表す D_{90} お よび D_{150} の散布直後と散布 32 か月後の関係をそれぞれ 図-10 および 11 に示す。散布 32 か月後の D_{90} および D_{150} は散布直後からの変化は大きくなく、散布区間、無散布 区間ともに下層路盤と路床の強度は維持されている。



図-7 散布直後と散布5カ月後のDiの関係



図-8 散布直後と散布 19 カ月後の Di の関係



図-9 散布直後と散布 32 カ月後の Di の関係







図-11 散布直後と散布 32 カ月後の D₁₅₀の関係

以上のように、散布区間は、32か月後まで路面状態に 変状がほとんどなく、FWD たわみ測定によりアスファ ルト層の損傷の進行が抑制され、舗装構造が延命してい ることを確認した。これにより、浸透型補修材は、先に 述べたように、基層上に遮水層を形成するとともに基層 や上層路盤のひび割れに浸透し充填して再接着すること により、基層以深を雨水から保護する性能を有している ことが検証できたものと考える。

5. 施エコスト

当工法は、主な施工機械としてはディストリビュータ および分解促進剤散布車であり、分解促進剤散布後は直 ちに交通開放して規制解除が行える。加えて、1日の施 工面積が切削オーバーレイ等の補修工法より多くできる (1km車線以上)こともあり、表層(t=4 cm)の切削オ ーバーレイエの1/3程度の施工コストとなる。

6. まとめ

以上のように、当工法を既設の高機能舗装 I 型に施す ことで、雨水の浸透による急激な損傷の進行を抑制でき ることを裏付ける結果を得た。

したがって、当工法を初期段階の損傷が生じた時点で 予防保全型補修工法として適用することで高機能舗装 I 型の LCC の最適化が図れると考えられる。

今後は、様々な現地条件で試験施工を行い、当工法の 適用性並びに耐久性を確認して基準・要領化していく予 定である。

参考文献

1)国土交通省道路局路政課:「道路法の一部を改正する法律」の概要について,道路, Vol. 868, pp29-32, 2013.7
2)本松資朗:高速道路のアスファルト舗装の破損事例とそのメカニズムから見たアスファルトへの要望,石油製品討論会, pp78-90, 2009.12

3)(社)日本道路協会:舗装調查·試験法便覧〔第3分冊〕,

B017T, pp [3] -153-165, 2007.2

4) (社) 日本アスファルト乳剤協会:アスファルト乳剤, JEAAT-5, pp95-99, 2012.2

5) 東,中,西日本高速道路(株):設計要領 第一集 舗装編, pp139, 2012.7