

# アスファルト

第41巻 第197号 平成10年10月発行

# 197

## 特集・予防的維持補修

今、なぜ予防的維持補修か	笠原 篤	1
日本の維持補修の現状と課題	鈴木 克宗	4
ひび割れに対する維持補修	丸山 晉彦	10
散布式表面処理について	成田 守男	16
マイクロサーフェシングおよびスラリーシール	溝渕 優	21
薄層オーバーレイ工法	遠藤 桂	27
その他の維持工法	宮澤 和裕	31

## <第9回論文賞入選佳作>

### アスファルトの接着性に関する一研究

高橋 章・半田伸夫・田中 豪 35

## <アスファルト舗装技術研究グループ・第30回報告>

峰岸 順一 45

## 第3回舗装のリフレクティブクラッキングに関する国際会議の論文抄録

### <用語の解説>

FWD調査 小島 逸平 57

パフォーマンスグレード 青木 秀樹 60

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料 63

# ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会  
THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

# 今、なぜ予防的維持補修か

(Why is a preventive maintenance needed now?)

笠原 篤

北海道工業大学土木工学科教授・工博

## 1. はじめに

舗装の損傷原因は、交通荷重と気象の2つに大別される。交通荷重に関しては、荷重の大きさ・頻度・集中度が問題となり、気象に関しては、水（雨水と地下水）・温度・紫外線などが大きく関係している。特に、舗装の支持力低下の最大原因は、舗装体に進入する水の影響であることは、道路技術者には周知事実となっている。

舗装のサービス性能は新設時に最大であり、その後、累積交通荷重の増大（もしくは時間の経過）と共に低下し、許容限界に達したときにオーバーレイや打換えなどの修繕が施されるのが常である。しかしながら、舗装のサービス性能が徐々に低下していく過程において、ひび割れの発生・段差の発生・混合物の劣化などの現象が見受けられたとき、何らかの対策を取ることなしに許容限界に達するまで放置しオーバーレイや打換えなどの修繕を行う方策と、何らかの対策を取り許容限界に達するまでの期間を延ばす方策（これを予防的維持行為と呼んでいる）がある。どちらの方策が【舗装のライフサイクルコスト】を少なくするかを検討することにより、二者

択一が決定されるはずである。

## 2. 予防的維持工法

予防的維持に関する初期の研究は、米国のユタ州運輸局によって1977年に行われた。そこでは、舗装の寿命の初期段階での予防的維持費用の1ドルは、後で行われる主要な修繕費用を3ドル節約することに繋がるとしている。これらの成果を受けて、予防的維持は以下のように定義されている。予防的維持行為は、舗装のライフサイクルコストを最小にするために、舗装の全寿命にわたって一連の予防的維持工法を適用するにあたっての組織的なあるいは系統的なプロセスである。なお、予防的維持行為は自動的に行われるものではなく、舗装の状態調査を毎年行い、その結果に基づき予防的維持行為を直ちに実施するか、または次年度に実施するかが決定される性質のものである。また、予防的維持の有用性は、①修繕までの時間の延長、②維持工事に費やす時間の減少、③維持工事費の減少、④舗装のサービス性能の増加、などにあるとされている。表-1は、予防的維持工法を、舗装の種別と破損形態ごとに対比

表-1 予防的維持

舗装のタイプ	舗装の破損	予防的維持
アスファルト舗装	ポットホール 端部クラック 車線部と路肩の段差 エイジング 温度応力クラック	排水 クラックシール スラリーシール マイクロサーフェイシング チップシールまたは薄層オーバーレイ
コンクリート舗装	ブローアップ ポンピング 目地部の沈下	排水 目地シールとクラックシール 荷重伝達装置の再設置
コンポジット舗装	ポットホール 端部クラック 車線部と路肩の段差 エイジング リフレクティブクラック 温度応力クラック	排水 クラックシール スラリーシール マイクロサーフェイシング チップシール 薄層オーバーレイまたは再シール

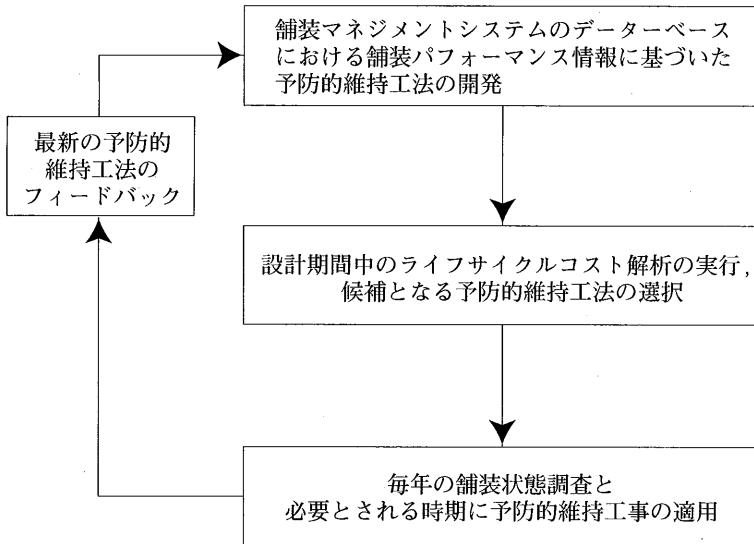


図-1 予防的維持行為と舗装マネジメントシステムとの関係

させたものである。

### 3. 舗装マネジメントシステムとの関係

予防的維持は舗装マネジメントシステム（PMS）を稼働させるときの重要な要素の1つとなる。図-1はPMSとの関係を示したものであり、その手順は以下のようになる。PMSの中核をなすデータベースの中に蓄積している舗装パフォーマンス情報に基づいて、予防的維持工法を開発する。そして、設計期間中のライフサイクルコストを解析し、候補となる予防的維持工法を選択する。毎年、舗装の状態調査を実施し、必要とされる時に予防的維持工法を適用する。そして、最新の予防的維持工法をフィードバックする。

ステップ1 PMSのデータベースによって与えられる情報を基に、行政機関は予防的維持から得られた舗装のサービス寿命の増加を確認し、舗装種別ごとに1つ以上の予防的維持工法を開発し加える。もし、行政機関が舗装パフォーマンス情報のデータベースを持っていないならば、予防的維持工法は、技術スタッフの経験とその他の機関の報告に基づいた経験を採用することにより開発可能となる。

ステップ2 ライフサイクルコスト解析を行う時に、行政機関の設計者は、予防的維持工法と過去に実施した舗装のサービス寿命を増加させることができた工法の双方を対象とする。しかし、一般には、予防的維持はライフサイクルコストを最小にする工法であることから、舗装が建設されたのち、予防的維持工事を将来実施するための財源を最初から取り除いておく必要がある。

ステップ3 行政機関はPMSデータベースを更新するために舗装の状態調査を毎年実施する。舗装の実際の状態は、その年に予防的維持を適用するための意志決定に利用される。予防的維持処理が計画されている年において、舗装状態が良い場合には、処理は必要な時まで延期される。もし、道路のある区間について舗装状態が、その計画された以前に予防的維持処理が必要とされる場合、処理はそれが必要とされる年に実施されるべきである。

ステップ4 新しい舗装の状態情報は、舗装のサービス寿命を更新し、ステップ1で初期に確立された予防的維持工事を改良するために用いられる。

#### 4. 予防的維持の費用効果

舗装マネジメントシステムの開発・稼働・制度化には、非常に長い年数を要するものである。米国では国レベルにおけるPMSの導入の時期は、1970年代後期から1980年代前期であった。ほとんどの州運輸局では、予防的維持による舗装のパフォーマンスを求めるためには、PMSよりは、技術者の経験の方を信頼していた。すなわち、予防的維持による舗装のパフォーマンスは、維持工法・使用材料・舗装技術者の観測経験に基づいて推定されたものであった。さらに、経済解析の手段（ライフサイクルコスト、費用対効果解析、等値年間費用など）は、予防的維持の費用効果を求めるのに非常に有用であった。これらの手段は、舗装のパフォーマンスカーブなしで利用できるし、サービスライフの増加の確認もしくは適切な推定に利用できる。それゆえ、行政機関の中でPMSが十分発達していなくとも、観測経験と経済解析手段によって、予防的維持の費用効果の優位性を検証することができる。

#### 5. まとめ

予防的維持について米国で得られている知見をまとめると以下のようなになる。

- ・舗装供用中の適切な時期に、予防的維持に1\$投資すると、将来の修繕費は3～4\$の節約になる。
- ・最も費用効果のよい戦略は、よい舗装を最初舗

装し予防的維持行為を実施することであり、その次は、悪い舗装の修繕に投資することである。最悪優先の投資戦略（すなわち壊れたところから直す）は費用効果を最小にする。

- ・予防的維持を採用している行政機関の観測経験に基づけば、舗装を修繕するまでの年数の增加は、コンクリート舗装で9～10年、アスファルト舗装およびコンポジット舗装では5～6年である。
- ・従来の必要型の維持工事に対して、予防的維持工事による費用と工期の節約は、コンクリート舗装およびアスファルト舗装で5～10%，コンポジット舗装で16～20%にもなる。

#### あとがき

舗装の予防的維持は別に難しいテーマではない。すなわち、個人レベルで考えてみれば、自宅の家屋のモルタル壁にひび割れが発生したなら、コーリング材によるシールを施し雨水の進入を防止し壁が脱落しないように対策を取るはずである。それは、壁が脱落してから修繕すると費用が膨大になることを知っているからである。

わが国の取り巻く環境を考えてみれば、費用効果を最小にする従来型の壊れたところから直す方法（最悪優先の投資戦略）から、予防的維持戦略に必然的に転換するはずであると考える。

# 日本の維持補修の現状と課題

(Current conditions and issues of maintenance in Japan)

鈴木克宗\*

我が国は道路ストックの増加と交通需要の増加に伴って、道路の維持補修の道路投資にしめる割合や社会的役割はますます増大し、橋梁等の構造物の非破壊検査等の調査技術、補修・補強技術、監視技術、取り替え基準などの技術体系の整備が急がれるとともに、維持修繕費用の相当部分をしめる舗装の効率的実施、コスト削減が大きな課題となつておる、より一層の効率性の向上が求められる。

## はじめに

1954年度に第1次計画が策定されて、以来43年が経過した道路整備五箇年計画は11次の計画期間を終了し、1998年度からは新道路整備五箇年計画がスタートしている。高規格幹線道路は整備が未だ道半ばではあるが青森から鹿児島まで一応直結したことごとく、我が国は一定の道路ストックを持つつある。これからは訪れるであろう本格的な道路管理の時代にむけ、充分な備えをしておく必要がある。これまでの11次の計画期間内で名目で239兆6,100億円の道路投資が行われ戦後の高度経済成長時代を支えた。この間の自動車の交通機関分担率は1955年に貨物輸送トンキロで11.6%，旅客輸送人キロで16.6%であったものが、40年後の1994年にはそれぞれ51.5%，65.9%と拡大し、欧米先進諸国と同様に貨物と旅客の過半の交通需要を道路が受け持つにいたった。このように道路ストックの増加と交通需要の増加に伴って、道路の維持補修の道路投資にしめる割合、社会的役割はますます増大し、橋梁等の構造物の非破壊検査等の調査技術、補修・補強技術、監視技術、取り替え基準などの技術体系の整備が急がれるとともに、維持修繕費用の相当部分をしめる舗装の効率的実施、コスト削減が大きな課題となっている。橋梁の落橋は困るが多少舗装は壊れても我慢すればよいというのが一般的認識であるが、アメリカが舗装補修を怠ったことがインター州の物資の輸送効率を著しく損なったことも事実である。要は建設と維持のバランスを保つことが必要であり、特集の「予防的維持補修」というテーマは、特に舗装分野においてはラ

イフサイクルコストのみで議論するのではなく、建設分野での投資機会を代替してもなお社会的に必要、との分析、提言が不可欠である。

## 1. 交通需要の量的拡大、質的拡大

我が国の戦後の自動車交通需要は急速に増大し、自動車保有台数は1955年に92万台であったものが1995年には6,700万台となって、実に73倍の増加を示している。一方、1970年代には乗用車保有台数と貨物車保有台数が逆転し、物の移動から物と人の移動に、業務交通とプライベート交通双方の時代にと変化している。今後は人口や経済の伸び率が低下することが予想されるが、物流とGNPはほぼ相関すること、国民のモビリティーが今後も増大することが予想されることから、少なくとも21世紀初頭までは交通の増加が続くと予想され、道路に対する負荷も増大するものと思われる。物の移動にも内容の変化がみられ、例えば最大積載重量5トン以上の貨物車の内、8トン以上のシェアは

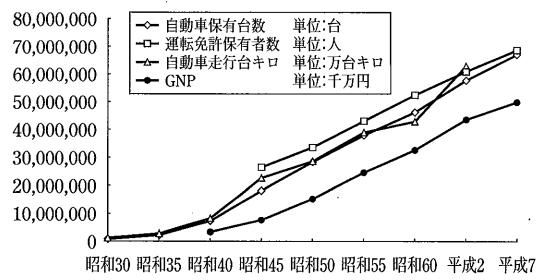


図-1 自動車保有台数、運転免許保有者数、自動車走行台キロ、GNPの推移

\*すずき かつむね 建設省道路局道路保全対策官

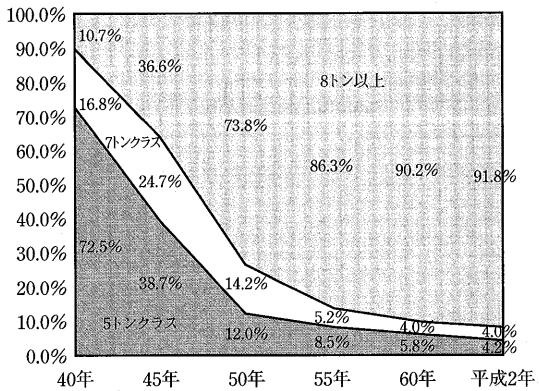


図-2 積載量別 トラックのシェアの推移

1965年に10.7%であったものが、1990年には91.8%にも達している。一般に、路面の損傷は軸重の4乗に比例すると言われており、車両の大型化は交通量の増加とともに着実に橋梁や舗装への負荷を大きくしている。さらに物の移動は広域化しており、その交通は一般国道を中心とする幹線道路が受け持つこととなり、一般国道の車線あたりの交通負荷は確実に増大している。

## 2. 道路ストックの増大と維持管理費用

道路の一般的な構造基準である道路構造令の改正の経緯を見ると、1958年に道路構造令が制定され、それ

までの橋梁や舗装の設計の基礎となる車両の設計荷重が7.9トンであったのを20トンに引き上げている。さらにその後の車両の大型化の変化に対応して1993年には25トンに引き上げている。設計速度についても1958年の道路構造令に設計速度の概念を初めて導入し、1990年には施行通達により第二東名等の設計速度を140km相当にまで拡大した。道路の幅員についても、多車線化、歩道幅員の拡大、環境施設帯の要素の導入など徐々に社会の変化に対応してきている。このように、舗装に対するニーズも高速化、大型化、環境、コスト削減の配慮、徹底など大きな変化が生じている。対する道路施設は1975年と比較すると約20年後の1994年（平成6年）には道路の実延長は1.06倍であるのに対して、植栽、防護柵延長は3倍以上、舗装延長、トンネル延長、道路照明数、道路標識数は2倍以上、橋梁延長は1.5倍となっている。このような道路ストックの増大と道路利用者のニーズの増大、多様化により、道路の維持的経費は増大している。道路投資全体からみればその構成比は建設的経費が増加しているため大きな変化はないが、投資額は確実に増大してきている。直轄国道の維持修繕費の推移をみれば、ここ数年は厳しい財政状況から横這いであるものの昭和55年度（1980年）から平成7年（1995年）の15年間で約1.7倍に増加している。しかしながらその内訳を見ると路面

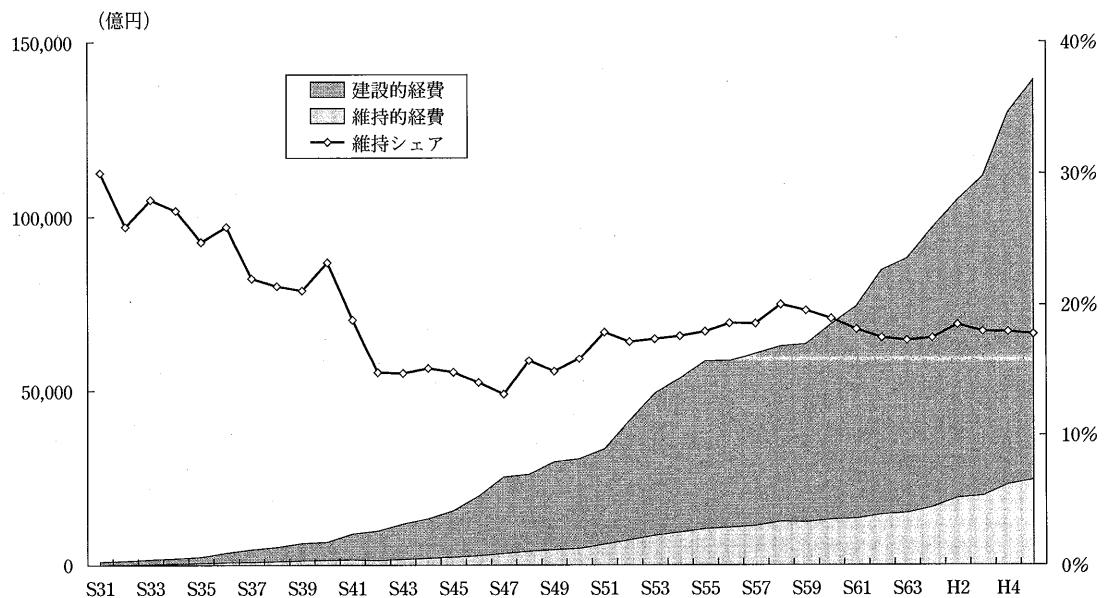


図-3 維持的経費の道路投資全体に占める割合の推移

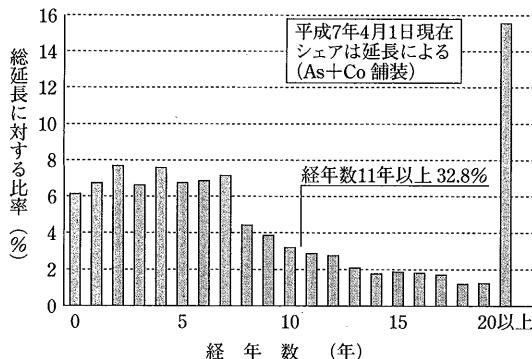
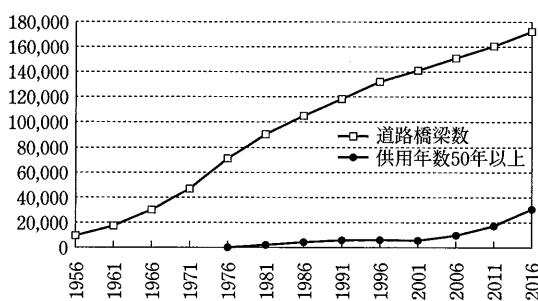


図-4 直轄国道における路面の経年数(全国、全域)



注) 「社会資本の維持管理・機能向上技術の開発」資料を参考に作成。1995年以降は年間2000橋ずつ増加するものとして推計

図-5 供用年次別橋梁数

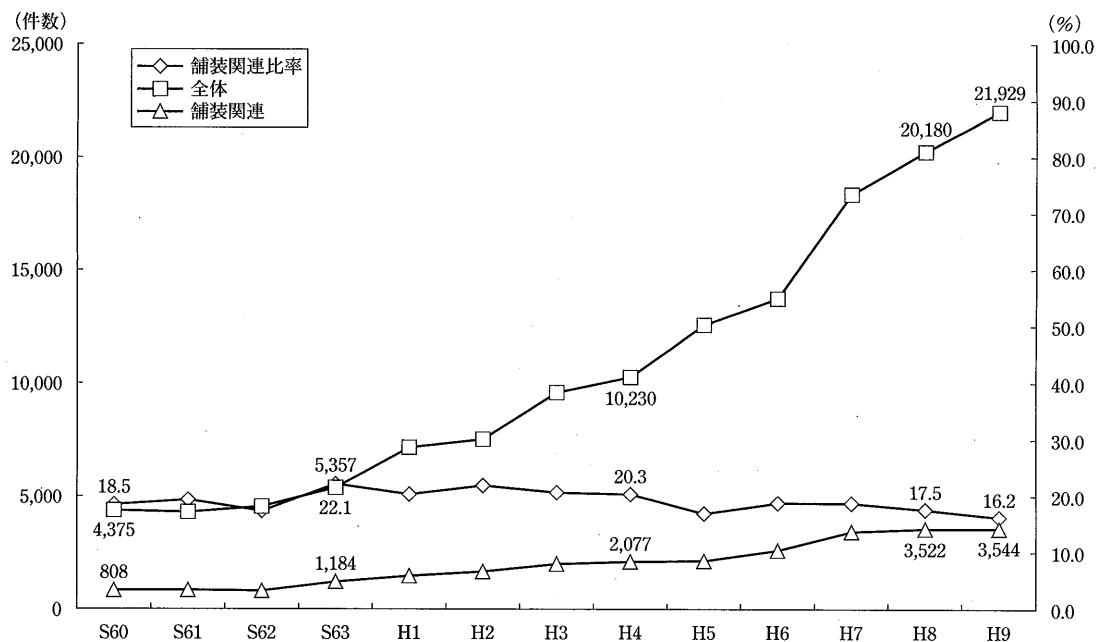


図-6 舗装に関する苦情件数の推移(直轄国道)

表-1 維持費と修繕費の内訳(一般国道直轄)

		S55(1980)		H7(1995)		H7/S55 伸び
		費用 (億円)	割合 (%)	費用 (億円)	割合 (%)	
維持費	巡回	57	9.0	194	18.5	3.40
	道路清掃	87	13.8	120	11.5	1.38
	街路樹等	28	4.4	87	8.3	3.11
	路肩整正	50	7.9	79	7.6	1.58
	道路照明	52	8.3	77	7.4	1.48
	交通安全	54	8.6	67	6.4	1.24
	橋梁	52	8.3	101	9.7	1.94
	橋梁塗料	38	6.0	34	3.3	0.89
	路面維持	212	33.7	287	27.4	1.35
	維持費計	630	100.0	1,046	100.0	1.66
修繕費	路面修繕	411	64.4	465	44.0	1.13
	橋梁防災	122	19.1	359	33.9	2.94
	局	96	15.0	213	20.1	2.22
	修繕合計	638	100.0	1,058	100.0	1.66

維持や路面修繕はあまり伸びがなく、防災や橋梁の修繕費用の割合が大きい。橋梁修繕費は3倍近い増加を示しており修繕費全体の1/3を占めている。交通量の増加、車両の重量化が進み橋梁震災対策も必要となっており、さらには供用50年以上的橋梁数も2000年以降急速に増加して橋梁の老朽化も進む。また、道路防災の面でも北海道豊浜トンネル事故を契機とした岩盤崩落対策等の防災対策も急務となっている。

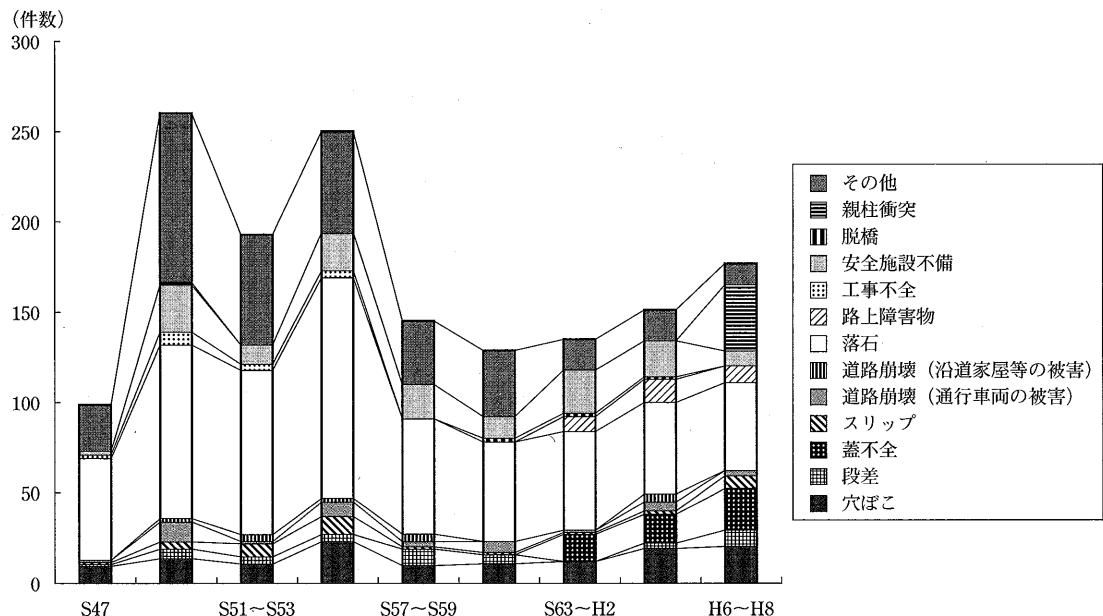


図-7 道路管理瑕疵事故件数の推移（直轄国道）

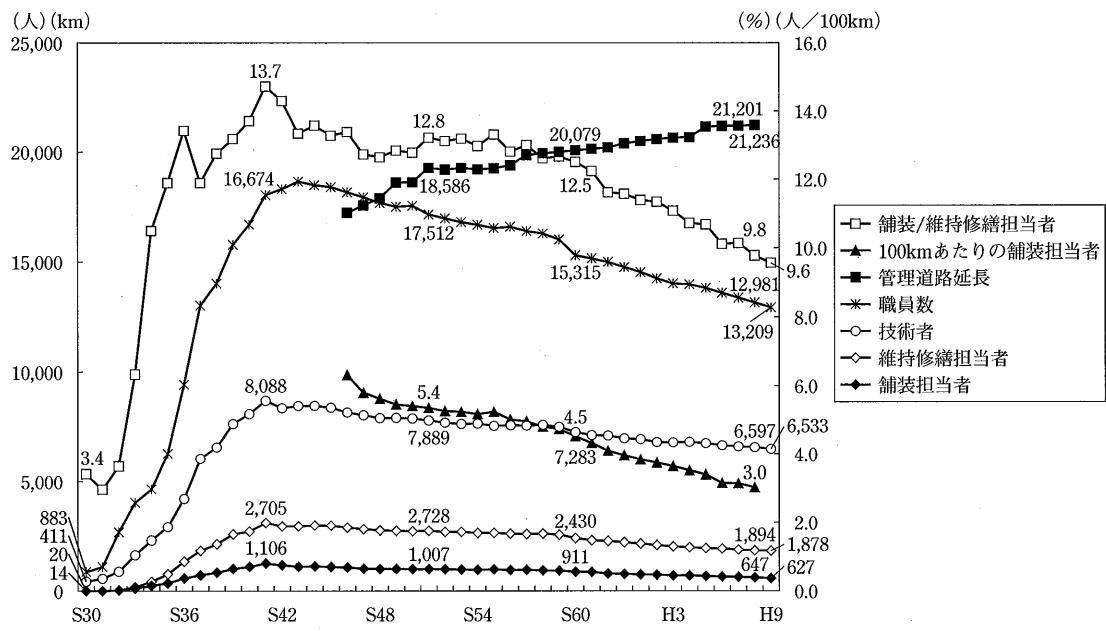
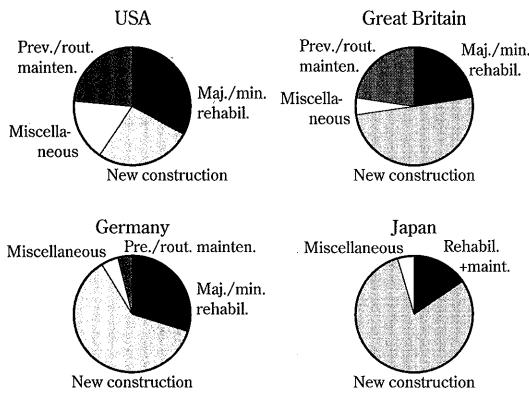


図-8 鋸装担当者数の推移（直轄国道）

### 3. 求められる鋸装維持補修の効率化、システム化

苦情の件数も鋸装関連のものは増えつつあるものの苦情全体に占める割合は1／6程度である。管理瑕疵の割合も件数で約1割、額で約1%程度となっており、落石による瑕疵が件数、額ともに突出している。このような道路管理のニーズの変化に組織も対応し、直轄

国道の鋸装分野に携わる職員も現在は維持修繕担当の職員の約1割弱となっている。道路先進国である米国では、1970年代に維持管理の時代に入っていた。しかしながら道路の維持修繕を怠り、路面や橋梁の荒廃が進んでインダーステートさえも速度を落として走行せざるをえないなど道路の機能が大幅に低下した。さ



注) OECD調査により各國の比較を行うため維持管理費用の算出方法が日本の道路統計年報と異なり低い率となっている。

図-9 各国の道路投資の内訳 (1994OECD調査)

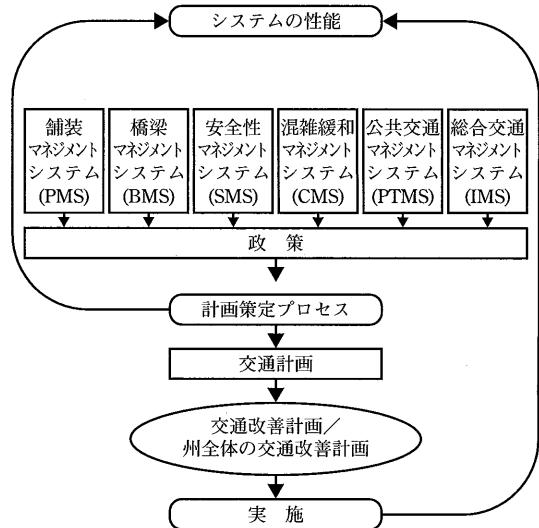


図-10 ISTEAとマネジメントシステム

#### 舗装状態調査

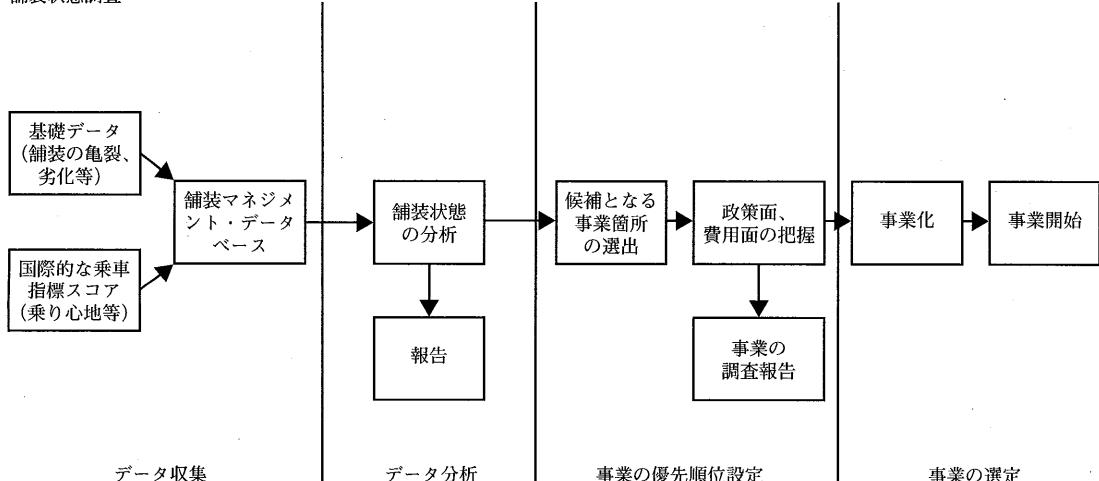


図-11 カリフォルニア州の舗装マネジメントシステム

らには北米自由貿易協定の締結によりメキシコ、アメリカ、カナダを結ぶ南北の物流量の増大に対応する幹線道路網などの整備の必要性も新たに生じた。このため、1991年の複合陸上交通効率化法(ISTEA)においては、新たなNHS(ナショナルハイウェイシステム)の整備とともに、4Eと称した道路施設の維持、補修、補強、更新の事業が数多くスタートした。同時に各州および都市圏計画機構(MPO)は6つのマネジメント・システムの開発が義務づけられた。6つのマネジメントシステムの一つとして舗装マネジメントシステムがあり、カリフォルニア州では、道路種類別

交通量状況別のスコア、乗り心地のスコア、構造的なスコアから舗装を実施する優先順位を定めるシステムを作成して試行している。我が国もMCI等の指標が活用されてはいるものの、橋梁等の維持管理と比較しても老朽化がなかなか把握しにくく、「落橋」しない舗装分野において「予防的維持補修」は、その意識、認識が国民一般のみならず、舗装技術者以外の専門家、財政当局者などとも共有できない状況である。しかし、手をこまねいていればアメリカの二の舞になるかもしれない。舗装の予防的維持補修は設計体系の再編というテーマとともに論じられる必要がある。

#### 4. 補装設計体系の再編

補装に対し、社会は何を求めているのだろうか。共通事項としては大幅な低コスト化、地球環境問題からのリサイクル、省資源、CO<sub>2</sub>問題としての加熱から常温舗装への移行等の省エネルギー対策、路面性状が事故に直結し、補修工事が著しい交通渋滞を引き起こす高規格幹線道路等には平坦性、耐久性、安全性、さらには交通安全確保のための排水性舗装の標準工法化等々が求められている。まさに高規格幹線道路等には予防的維持補修が求められている。一方、都市内道路は多くのライフラインを収容しており、路上工事が交通渋滞の大きな原因となっている。ライフラインは都市の活動、成長に不可欠なものであり、その工事は途絶えることがない。都市内の幹線道路は共同溝が整備された道路を除く多くの道路はほぼ5~10年間で一度は必ず掘り返される。このような道路の舗装は予防的というよりは掘り返し期間に一定の耐久性が確保されれば充分である。また、占用物件を収容するという都

市内道路の大きな役割からすれば、舗装厚は薄く、路床の強度にかかわらず一定の厚さとすることが求められている。また、環境対策から低騒音舗装が標準となるが、今の排水性舗装では耐久性、機能低下など解決すべき問題が非常に多い。さらに都市内の住区内道路は、都市のヒートアイランドを押さえるためにも透水性舗装を車道部も含め標準とし、都市の下水負荷量の低減に寄与することも検討する必要があるが、ここでは度が過ぎた耐久性よりも被覆という機能さえ満足すれば良いのではないか。戦後の高度成長を支える必要があった時代には画一的な現在の舗装基準が不可欠であったものの、舗装に対する社会的ニーズが多様化、高度化する現在、舗装体系の再編は急務となっている。また、民間等の技術開発意欲を喚起することも必要であることから、必要な性能を示し民間の技術力が発揮できる性能基準化、性能発注制度にも取り組んでいく必要がある。今年度中には再編の骨子の策定、性能発注の試行を行うことを目標として取り組んでいる。

### 砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B5版・64ページ・実費領価 500円（送料実費）

目 次		
1. 総 説	3. 路 盤	5. 維持修繕
1 - 1 はじめに	3 - 1 概 説	5 - 1 概 説
1 - 2 歴青路面処理の対象となる道路の条件	3 - 2 在来砂利層の利用	5 - 2 維持修繕の手順
2. 構造設計	3 - 3 補強路盤の工法	5 - 3 巡 回
2 - 1 概 説	4. 表 層	5 - 4 維持修繕工法
2 - 2 調 査	4 - 1 概 説	付録1. 総合評価別標準設計例一覧
2 - 3 設計の方法	4 - 2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2 - 4 設計例	4 - 3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例（D-2工法）
2 - 5 排 水	4 - 4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認

# ひび割れに対する維持補修

(Maintenance for Cracking)

丸山暉彦\*

ひび割れの予防的維持修繕とは、ひび割れ発生以前に患部を発見し手当てすることで、現状はその段階に達しておらず、ひび割れをシールして発達を防ぐくらいである。ひび割れの種類は多様で、それらに応じた補修方法を選択しなければならない。また、オーバーレイのリフレクション防止工法も様々である。ここではひび割れの種類を整理し、適切な補修工法の選択をState-of-the-Art Report of RILEM (1997)に基づいて述べる。

## 1. はじめに

本稿ではひび割れの補修について述べる。ひび割れの予防的維持修繕となると、FWDなどの構造評価により、ひび割れ発生以前に患部を発見し手当てすることであろう。しかし、現状はまだその段階に達しておらず、せいぜい路面にひび割れが現れたときに、直ちにシールして防水するとともに、それ以上のひび割れの発達を防ぐくらいである。それでも、ひび割れの種類やその発生原因は多様で、これらに対する認識が十分でないと、正しい補修方法の選択をしているとはいえない。また、ひび割れた路面の補修としてオーバーレイを行うとき、既存のひび割れに対する手当てが十分でないと、リフレクションクラックが発生することはよく知られている。リフレクションクラック防止工法には、既存ひび割れの種類によって様々なものがあり、あるところでは有効であった工法が、別のところではそうでなかったというケースもある。したがって、ここでは、ひび割れの種類と発生原因を整理し、それに応じた補修工法の選択を、State-of-the-Art Report of RILEM Technical Committee 157 PRC<sup>b</sup>に基づいて述べる。本書は1996年10月、オランダのデルフト大学で開催された「第3回舗装のリフレクティブクラッキングに関するRILEM国際会議」に発表されたリフレクション防止工法に関する最新の知見を取りまとめたものである。なお、第2回目のこの会議の内容については本誌No.187, 188にまとめられている<sup>2,3</sup>。

## 2. ひび割れの原因

以下にひび割れの原因として考えられるものを挙げる。

### (1) 疲 労 (fatigue)

設計寿命を超える交通荷重を受けることによって、舗装に疲労ひび割れが発生する。疲労ひび割れは、表層だけに生じる場合と、舗装構造全体に生じる場合がある。

セメント安定処理路盤が強度不足であったり、設計寿命を過ぎているような場合には、疲労ひび割れが生じる。安定処理路盤の強度や弾性係数によって、大きなブロック状ひび割れが成長して、小さな版を形成するか、またはアリゲータークラックとなる。

アスファルト舗装には路盤の疲労によるひび割れが生じやすい。このひび割れは交通荷重によって上方へ伝播する。最初は車輪通過位置に現れるが、成長してブロックひび割れとなる。

### (2) 収 縮 (shrinkage)

セメント系材料はセメント自体の水和反応によって収縮する。また、温度が極端に低下すると温度収縮が生じる。下層との摩擦によって収縮が拘束されると、層内に引張り応力が発生し、これが材料の強度を超えるとひび割れが発生する。収縮ひび割れはセメント系材料を有する舗装に多く見られるが、気象条件の厳しい場合にはアスファルト層にも発生する。

収縮ひび割れは横方向が普通で、直線状である。ひび割れ幅とひび割れ間隔は様々である。セメント安定処理路盤の横方向収縮ひび割れが上方に伝播して、ア

\*まるやま てるひこ 長岡技術科学大学環境・建設系教授

アスファルト表層の表面に達したとき、横方向ひび割れは、ほとんどの場合、5~15m間隔になる。ひび割れ幅は温度によって変動し、10分の数mmから数mmの間である。収縮ひび割れは1本の線状クラックであることが多く、交通荷重によって2重ひび割れや、枝状ひび割れに成長する。

アスファルト舗装の温度ひび割れも同様である。

#### (3) 路床土の動き (movements of the subgrade soil)

路床の支持力が変動するか、部分的に失われてひび割れの発生があることがある。このひび割れは下記の現象に起因する。

- ・排水の不十分な路床において路床土の含水量が増加する。
- ・圧縮性または締固め不十分な路床土が、舗装の自重や交通荷重によって沈下する。
- ・片切り片盛りの境界に沿って路床土が滑る。この場合、表面に現れるひび割れは幅が大きい。
- ・粘土質の路床土が、乾燥期に水分を失って収縮する。
- ・断熱が不十分なために、路床土まで凍結が進んで凍上が生じる。

路床支持力の低下および沈下は、コンクリート舗装においては版を破壊させ、縦方向または横方向の線状ひび割れを生じさせる。ひび割れ幅は細いか、中程度である。セメント安定処理路盤を有する舗装では上記と同様なひび割れか、縦横方向のブロックパターンを示す。アスファルト舗装においては沈下した範囲の端部で細かいひび焼き状になる。

#### (4) 施工不良 (construction defects)

設計が不十分あるいは施工不良が原因でひび割れを生じることもある。

- ・拡幅時に横断方向の支持力が変化することがある。古い舗装の縁部に縦ひび割れがよく見られる。接続部が車輪通過位置の間にまたがるとひび割れが生じやすい。
- ・隣接する車線間の縦目地や横断方向の施工継目は、処置が不十分だと弱点となってひび割れが発生する。
- ・表層とそのすぐ下の層との間の接着が不十分だと、交通荷重によって急速にひび割れの生じることがある。

#### (5) 老化 (aging)

寒冷期に、舗装の温度収縮と反りの相乗効果によって、表面からひび割れの発生がある。アスフ

アルト材料が老化すると、温度収縮によるひずみに耐えられない。

#### (6) 上から入るひび割れ (surface initiated cracking)

疲労理論によれば、交通荷重によるひび割れは舗装版の底部から発生し上方へ伝播していく。理論的には、このひび割れは車輪通過位置に発生し、方向は横ひび割れである。しかしながら、かなりの量の縦ひび割れが車輪通過位置に観測され、それらは上から始まっている。40~50mmの深さにまで伝わっていくと考えられる。この種のひび割れの原因はまだよく理解されていないが、タイヤと舗装の接触面における垂直応力分布が均一でないために、横断方向に水平せん断力が生じるからであろうと考えられている。姫野はホイールトラッキング試験中の供試体表面のひずみを測定して水平引張りひずみの生じることを見出し、疲労破壊包絡線理論から、わだち部に生じる縦方向ひび割れを高温時の疲労破壊であると結論している<sup>9)</sup>。

### 3. 既存ひび割れのオーバーレイ中へのリフレクション

オーバーレイ中に既設舗装のひび割れがリフレクトするのは、ひび割れの縁部が動き、オーバーレイの底部に集中応力を生じさせることから生じる。ひび割れ縁部の動きの原因となる荷重を分類し、その性質を考察することが必要である。ひび割れ縁部の動きを引き起こす荷重は、交通荷重、温度変化、路床土の含水量変動の3つである。

ひび割れ縁部の動きに関して、その性質、方向、速度、振幅などは、舗装構造、既存ひび割れの性質や形状、荷重の種類によって様々である。

ひび割れ部の動きは、図-1に示すように(1)開き、(2)せん断、(3)引き裂きの3つのモードに分類される。温度収縮あるいは乾燥収縮はひび割れの開きを引き起こし、交通荷重は載荷位置とひび割れ位置との相対的関係によってすべてのモードの原因になる。

- ・横方向ひび割れに近づいてくる車は開きとせん断の原因となる。軸がひび割れの直上にあるときは開きの動きをとる。
- ・車輪通過位置が縦ひび割れをまたぐときは開きの動きを行う。
- ・縦方向ひび割れのそばを通る車はせん断の動きの原因となる。同じひび割れの先端では引き裂きの動きの原因となる。

交通荷重によるひび割れの動きの振幅は、その上を通過する軸荷重に比例する。この振幅は、舗装構造の

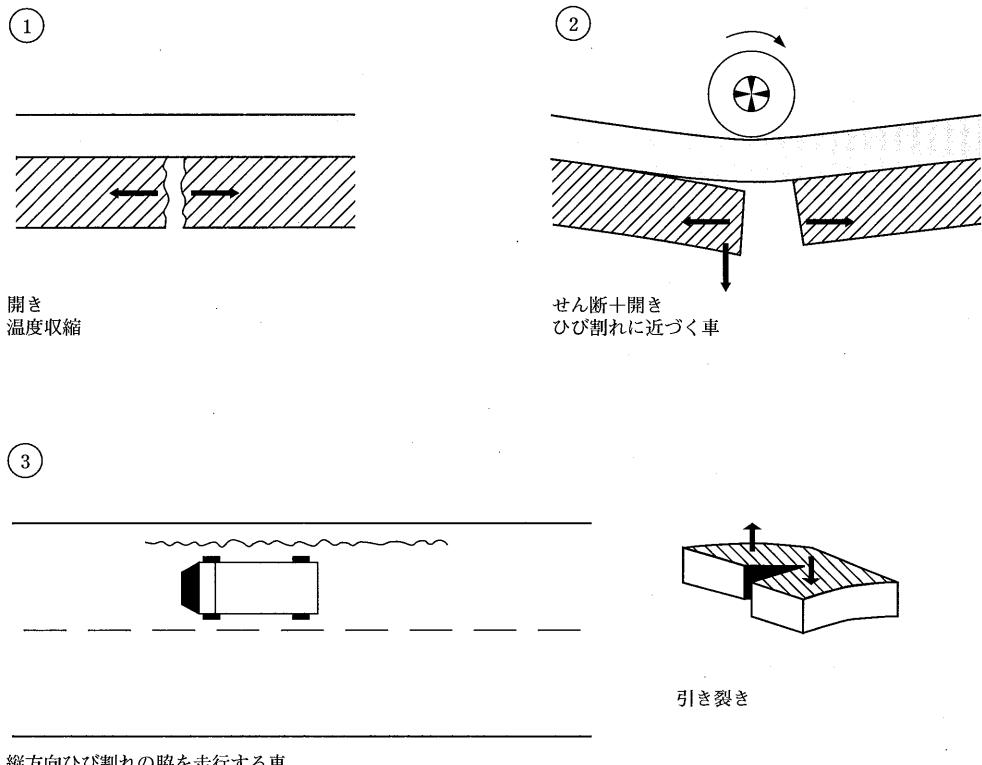


図-1 ひび割れの動き

今後の変形のしやすさにも直接関係している。ひび割れ近傍の構造的な変形は舗装全体の支持力の関数であり、また、ひび割れ部分の荷重伝達能力の有効性にも依存する。これらはたわみ測定によって求めることができる。

温度収縮に対しては、ひび割れ縁部間の動きの振幅は、温度変化の直接の関数であるばかりでなく、材料の熱膨張係数の関数でもある（たとえばある種の石灰岩の熱膨張係数は珪素系骨材の半分しかない）。温度変化によるひび割れ縁部の動きの振幅は、ひび割れ間隔と層の間の付着力にも依存する。

#### 4. 表面に達したひび割れの害

道路技術者は舗装表面に現れるひび割れを、破壊のきざしであると考える。それは舗装の性状および耐久性に有害だからである。

- (1) 防水性の喪失：表面に現れるどんなひび割れも水を舗装内に浸入させ、路床土にまで到達させる可能性をもつ。
- (2) 路床の応力：ひび割れによって舗装の連続性が

失われ、交通荷重によるひび割れ部の変形を増大させる。その結果、その地点の路床土に大きな応力を生じさせる。

(3) 舗装中で増大する応力とひずみ：上述のひび割れ部における変形の増大は、道路基礎自体、とくに路盤層に厳しい応力を発生させ、交通荷重によってこれらの層の寿命は短くなる。

(4) ひび割れに沿った表層の破壊：車、水などの複合作用によって、表層は、遅かれ早かれ、骨材のはく離、あるいはひび割れに沿ったアスファルトの小さなブロック状の破壊に至ることが多い。

舗装表面のひび割れを修理する方法はあるが、これらの技術は、ひび割れの力学的影響を取り除くものではない。この影響を取り除くものでなければ、修理の効果は現れない。それゆえ、アクティブなひび割れのリフレクションを抑制し、ひび割れが表層にまで上がってこれない技術を開発することが重要である。

舗装表面にひび割れが現れるのを減らす方法は、大きく2つに分類される。すなわち、

- ・ひび割れ防止工法、オーバーレイ前のひび割れ処

## 置

- ・オーバーレイシステム
- である。以下、これらについて述べる。

## 5. 新設時の処置

ひび割れ発生を防ぐには、舗装新設時に、路盤材の正しい選択、舗装構造の適切な設計、丁寧な施工の3つを実施することが重要である。

- ・材料の選択：バインダーは混合物の種類と気象条件に応じて選ばなければならない。セメント安定処理の場合は熱膨張係数の小さい骨材を用いる。アスファルト混合物の場合は、ある種のポリマーや添加剤を用いるとひび割れ抵抗性が増す。
- ・構造設計：構造設計は交通量と温度条件を考慮して行う。層厚不足など不十分な支持力は疲労ひび割れの発生を早める。セメント安定処理路盤の場合、制御できないひび割れを最小に抑えるために、ひび割れを所定の位置に誘導するプレクラック工法を、打設時に施す。プレクラック工法の目的は、まっすぐで等間隔（一般には2～3mごと）なひび割れを発生させ、自然にできるひび割れより幅を細く、動きを小さくすることである<sup>23)</sup>。
- ・施工の良否：層と層との接着が不十分だったり、縦目地または施工目地が不良だと容易にひび割れが発生する。

## 6. オーバーレイの前処理

ひび割れた路面に対しオーバーレイを施工する場合、既存ひび割れの原因が明確であれば、その対策を検討する。技術的、経済的に可能ならこの方法はもっとも効果がある。いくつか例をあげる。

- ・路床土の含水量増加による支持力低下が原因の場合、排水施設を改善し、表面をシールして防水する。
- ・一般的な疲労ひび割れが原因の場合、構造を強化する。
- ・表層の疲労ひび割れが下層との接着不足に起因する場合、表層を取り除き、付着が良好な新しい層で置き換える。

技術的、経済的理由で既存ひび割れを消去できない場合、オーバーレイの前に前処理を行う。いくつか例を示す。

コンクリート舗装で版の上下動が大きい場合（相対的動きが0.5mm以上）、版を2～6ピースに碎いてしま

い、ローラーをかけて路盤中に安定させる。簡便にはカッターで半分に切る。上下動が0.25～0.5mmの場合、版下の空洞を充てんするか、横目地を補強する。スリップバーの位置にカッターを入れ、新しい鉄筋を挿入して、樹脂系材料で埋める。

古い舗装は削り取り除き、粗面化し、清掃する。幅が5mm以上のひび割れはシールする。ひび割れ縁部が欠けていれば、両側50cmをカットして補修する。

## 7. オーバーレイシステム

ひび割れた道路を、薄いアスファルト混合物層でオーバーレイするだけでは、耐久性のある補修とならない。対策は図-2に示すように、古い舗装と新しいオーバーレイとの間にレベリング層と中間層を設けてオーバーレイをシステム化することである。

レベリング層は数cm厚のアスファルト混合物層で、凹凸のある路面上に用いて平らな面とし、その上に中間層を置く。レベリング層は、一般に、最大骨材粒径7mmの密粒度アスファルト混合物が用いられる。

中間層は工場製品（中間層プロダクトと呼ぶ）でできており、特殊な方法で下層に固定する。中間層プロダクトはいろいろな種類のものが商品化されているが、いくつかのカテゴリーに分類できる。よく用いられるのはサンドアスファルト、SAMI、不織布、グリッド、スチール強化ネットである。

・サンドアスファルトはアスファルト量の多い砂混合物で、厚さは10～20mmである。砂の粒径は2～6mm、アスファルトはストレート（Pen80/100または180/200）が用いられることがあるが、通常

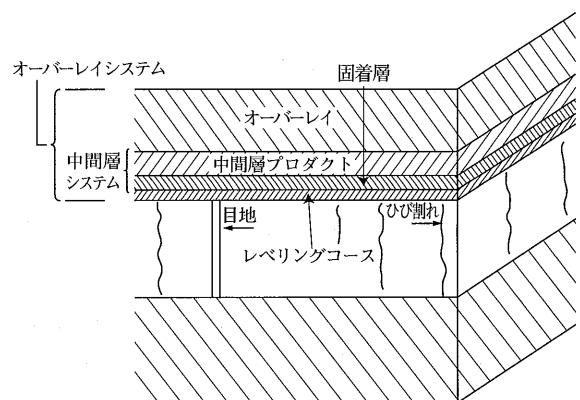


図-2 オーバーレイシステム

常は改質アスファルトを使用する。改質材はSBS, EVA, 網状スチレンブタジエン, ゴム粉など様々である。フィラー量10~15%, バインダー量8~12%が普通である。

- ・SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayers) はアスファルト（一般的には改質アスファルト）を多量に（平均2.5kg/m<sup>2</sup>）敷いて、普通は単粒のチッピングを圧入する。
- ・厚さ数mm以下の不織布（ポリプロピレンまたはポリエステル）を既設舗装の上に敷き、アスファルトまたは改質アスファルトを十分に染込ませる。
- ・スチール強化ネットは亜鉛メッキされたスチールワイヤのネットで、横方向に等間隔に針金を撲つて補強されている。
- ・格子パネルは30mm厚の六角形要素が集合したもので、横断方向に細い鉄筋で補強され、既設舗装には釘留めする。パネルの中はアスファルト混合物で充てんする。
- ・グリッドはポリプロピレン、ポリエチレン、ポリエステル、グラスファイバーなどで作られた格子で、交点は全体が、あるいは、ほとんど全体が固定されている。

以上の中間層プロダクトの2つを組み合わせて用いるものもある。たとえば、不織布の上にグリッドを固定するものなどがある。

中間層プロダクトを下層にしっかりと付着させるために、タックコート、バインダーコート、スラリーシール、釘留めなど、いろいろな固定法が用いられる。どれを選ぶかは中間層プロダクトの種類による。

- ・タックコートは、サンドアスファルトおよびグリッドを下層と上層に固定するために用いる。これはアスファルト乳剤であるが、エラストマー添加が望ましい。散布量は下層のテクスチャに応じて300~500g/m<sup>2</sup>の間で変化する。中間層プロダクトを設置する前に散布する。
- ・バインダーコートはゴム入りアスファルトで、不織布と一緒に用いる。この役割は3つある。不織布を上、下層に固定すること、不織布に染込ませて飽和させることで、ひび割れ防止機能と防水機能を持たせることである。バインダー量は不織布によって700~1400g/m<sup>2</sup>の間を変化する。場合によって乳剤を用いることもある。
- ・スラリーシールは砂、セメント、乳剤の混合物で、乳剤はゴム入りが望ましい。これはスチール強化

ネットと組み合わせて用いられ、中間層プロダクト設置後に散布される。

・釘留めは、グリッドとスチール強化ネットを固定するのに用いられるが、作業に時間がかかり、その効果は下層の性質に依存する。他のプロダクトと組み合わせて、ロールの始点、終点や重ね合わせ位地のような特殊なところで用いられることが多い。

・いくつかの中間層プロダクトは自己接着能力を有しており、他の方法で固定する必要がない。これは大変実用的であるが、道路がぬれていたりして、部分的に接着力を失っているケースも見られる。

中間層システムの役割は中間層プロダクトによって異なる。その役割は以下のとおりである。

・ひび割れ近傍の集中応力を取り除き、ひび割れの上にあるアスファルトオーバーレイ中の応力を低減する。この場合のプロダクトは補強プロダクトとして機能する。グリッドとスチール強化ネットがこれに対応する。

・水平方向に変形することのできるフレキシブルな層を形成し、ひび割れ近傍に生じる大きな動きを許容する。これはアスファルトで飽和させた不織布、SAMI、サンドアスファルトが相当する。これは層間の付着を制御する技術であるが、接着不良は避けなければならない。でなければ、修理直後に疲労ひび割れが発生する。

・防水機能を与える、路面にひび割れが現れてからであっても、道路構造に防水性を持たせる。これは不織布とSAMIの役割である。

プロダクトの全体的なスティフネスがアスファルトオーバーレイのそれよりも大きければ、補強プロダクトとして機能する。アスファルトオーバーレイのスティフネスは温度依存性が大きいために、あるプロダクトは夏は補強プロダクトとなり、冬はそうではない。また、オーバーレイ全体のスティフネスは、ひび割れが成長するに従って減少する。すなわち、あるプロダクトの補強機能はオーバーレイにひび割れが発生してから発揮されることになる。

アスファルトオーバーレイ自体の厚さと配合は、リフレクティブクラックに対する抵抗性に影響する重要な因子である。

ひび割れた層の上のアスファルトオーバーレイ厚を大きくすることは、舗装表面にひび割れが再び現れるのを遅らせるのに有効である。なぜなら厚いオーバー

レイは、交通荷重を分散し、既存ひび割れに与える応力を小さくするからである。厚いオーバーレイはまた、新しいひび割れが舗装表面までたどっていく経路を長くする。路盤の温度による動きに関していえば、厚さの大きいことは温度変化を減少させることで舗装を保護することになり、ひび割れの動きを小さくする。

オーバーレイ厚は、リフレクションクラックが現れるまでの時間に大きな影響を与えるが、厚いオーバーレイの場合、ひび割れがアスファルト層の上から発生し、下方へ伝播して、下層のひび割れとつながることもある。

配合については、アスファルト材料のひび割れに対する抵抗力は、主に、バインダーの性質、バインダー量、骨材の性質に依存する。骨材の性質は熱膨張率とバインダーとの接着性が重要である。しかし、これらのファクターの影響は、バインダーの性質、バインダー量よりも小さい。バインダーの影響は以下のとおりである。

- ・圧縮引張り双方に対応する弾性的変形能力は、とくに低温においてひび割れ近傍の集中応力を吸収する。
- ・自己癒着能力、すなわち夏の交通荷重のもとで、ひび割れが閉じてくっついてしまう可能性。

- ・老化に対する抵抗性、すなわち長期間にわたって上記2つの特性を保持する能力。
- ・寒い気象条件の下で大きな温度変化を受けるとき、構造中に応力が残留するのを緩和する。

これらの性質を達成するためには、ある程度粘度の大きいバインダーがよく、バインダー量は多い方がよい。しかし、バインダー量は、わだち掘れとすべり抵抗を考慮すると、選択の自由度が制限される。これらの問題に対する解決法として、ポリマー、ゴム粉、繊維などの添加が行われている。

#### — 参考文献 —

- 1) A. Vanelstraete and L. Francken: Prevention of Reflective Cracking in Pavements, RILEM Report 18, E & FN SPON (1997)
- 2) アスファルト舗装技術研究グループ・第24回報告、アスファルト、Vol.39, No.187, (1996)
- 3) アスファルト舗装技術研究グループ・第25回報告、アスファルト、Vol.39, No.188, (1996)
- 4) 姫野賢治、渡辺隆、丸山暉彦：低スティフネス状態におけるアスファルト混合物の疲労破壊特性に関する研究、土木学会論文集、No.366, V-4, pp.143-151 (1986.2)

## 石油アスファルト統計月報

B5:16ページ ¥500(送料は実費)毎月1日発行

アスファルトに関する統計  
資料を網羅し、月毎に発行  
する統計月報です。

広くご利用いただけるよ  
う編纂致しました。

ハガキにてお申し込みください。

申込先

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目21番8号  
秀和第3虎ノ門ビル7階  
社団法人 日本アスファルト協会

一目 次一

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

## 散布式表面処理について

(General Description of Surface Dressing with Asphalt Emulsion)

成田 守男\*

わが国は、現在膨大な道路ストックを抱え、道路維持管理の効率化が極めて深刻かつ重要な課題となっている。ここに紹介する散布式表面処理は、施工が簡易でかつ経済性に優れる工法であり、海外において最も多く施工されている表面処理工法であるが、わが国では積極的に採用されていないのが現状である。

本報では、散布式表面処理の概略を述べるとともに、わが国の現状および海外の事例を紹介し、予防的維持工法としてわが国においても十分適用可能であることを示唆するものである。

### 1.はじめに

昭和29年から始まった道路整備5箇年計画を通じ本格的な道路整備を行ってきた結果、わが国の道路整備水準は飛躍的に向上してきている。一方、道路整備が進むということは、膨大な道路ストックを抱えることになり、良好な供用水準を維持していくために維持的費用の増加は避けられない。これからは、従来にも増して合理的な維持管理手法の研究、維持修繕工法の開発および選択など、道路維持管理の効率化が極めて重要な課題となっている。こうした傾向は、欧米の道路先進国でも同様であり、むしろわが国より深刻な状況にあると言える。

舗装の維持管理手法には、供用後パッキングや切削オーバーレイなど様々な維持修繕工法がある。軽微な破損のうちは維持工法で対処できるが、破損が進行すればするほど本格的な修繕が必要となることは自明の理である。

舗装の寿命を延長する方法のひとつに、まだわが国ではあまり馴染みの薄い言葉ではあるが、Preventive Maintenanceと言う概念があり、欧米では既に実践されている。

予防的維持とは、軽微な破損のうちに舗装の維持を行うことにより舗装本体を保護し、舗装の寿命を伸ばそうと言うものである。すなわち、壊れることを予想して壊れる前にあるいは軽微な損傷のうちに早めの手当を実施する積極的な維持を行うことであり、舗装が破損してから修繕する方法に比較し大幅なコスト削

減が可能とされ、限られた予算で最も効果をあげる手法として注目されている。

このような認識は、わが国でも古くから唱えられてきたが、なかなか実践されずじまいであり、現実には後手後手の維持補修が行われてきた。

ここで紹介する散布式表面処理工法は、道路整備が進んだ道路先進国においては予防的維持補修に資する工法として、また道路整備が立ち遅れている後進国においては道路整備水準を上げる簡易な工法として採用されており、世界的に見ると表面処理の大半が本工法と言っても過言ではない。

ここでは、アスファルト乳剤を使用した常温の散布式表面処理工法（サーフェストレッシング）の概要を述べるとともに、海外の事例についても紹介する。

### 2.表面処理 (Surface Treatment) とサーフェストレッシング (Surface Dressing)

表面処理と言うとシールコートあるいはチップシールのようによく言われるが、ここで表面処理について整理してみたい。

表面処理という言葉はかなり広い範囲に使用されており、砂利道の上に瀝青材を散布し防塵処理するもの、古い舗装に施すもの、新規な舗装に施すもの全てが表面処理に分類されているようである。<sup>1)</sup>

すなわち、シールコート、アーマーコート、スラリーシール、マイクロサーフェシング、ケープシール、ドラグシール、サンドシール、スプリットシール、ブ

\*なりた もりお 東亜道路工業(株)技術研究所第一研究室長

ラックシール、プライムコート、ダストレイング、コードオイリング、タックコートが表面処理として分類されている。<sup>2)</sup>

これらは、瀝青材の厚さがほとんどないものから25mm程度までの表層を構築するものを表面処理としている。

このうち、シールコートとアーマーコートが散布式表面処理にあたり、これらは数ある表面処理のうちの一工法である。また、散布式表面処理はチップシール、サーフェスドレッシングとも呼ばれることがある。これは瀝青材と骨材チップをもって路面をカバーする工法全般を指したものであり、例えばシールコートはSingle chip seals<sup>3)</sup>、Single surface treatment<sup>4)</sup>、Single-layer surface dressing<sup>5)</sup>などという名称で使用されており、海外でも明確な使い分けはされていない。

### 3. 散布式表面処理工法（サーフェスドレッシング）とは

本工法は、在来砂利層あるいは瀝青安定処理路盤上に用いるケースと舗装路面上の維持あるいは舗装寿命を延ばすために行う予防的な処置として適用するケースに分けられ、幅広い範囲の施工を対象としている。

56)

以下、アスファルト乳剤を使用し、主として舗装路面上に施すケースについて述べるものとする。

本工法は、舗装表面にアスファルト乳剤を散布し、その上を骨材で被覆する工法であり、在来舗装の状態によっては、この工法を何回も繰り返し、2回繰り返すときは2層式、3回繰り返すときは3層式と言う。1層式の散布式表面処理工法をシールコート、2層式以上の散布式表面処理工法をアーマーコートと呼んでいる。<sup>6)</sup>

施工はいたって簡単（厳密にはそれほど簡単でもない）であり、碎石あるいは砂とアスファルト乳剤を交互にサンドイッチ状に散布し締固めるものである。施工機械は、アスファルト乳剤散布用のデストリビュータおよび骨材散布用のチップスレッダを用いるが、簡易なアスファルトスプレヤおよび人力による骨材散布でも間に合うため、簡易な施工とともに表面処理工法の中で最も安価な工法である。

アーマーコート3層式のイメージを図-1に示す。

#### 3.1 散布式表面処理の効果<sup>8,9)</sup>

- ・瀝青分が少なくて老化してきたアスファルト舗装にアスファルトを補給して舗装を若返らせる。

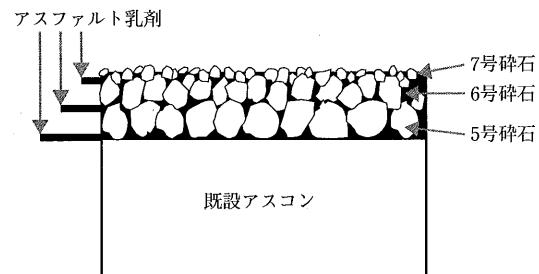


図-1 アーマーコート3層式のイメージ

#### (老化防止層)

- ・在来舗装に発生した亀裂を封緘充填して舗装体に水や空気の浸透を防ぎ舗装の寿命を伸ばす。（耐水層）
- ・凹凸の発生した在来舗装の不陸を修正し、平坦な乗り心地の良い道路にする。（平坦性回復）
- ・滑り易くなった舗装表面に対して、硬質骨材を用いることにより舗装のすべり抵抗を増加する。（すべり止め層）
- ・摩耗層としての役割

#### 3.2 従来より指摘されている問題点

- ・瀝青材料、骨材散布量のバラツキによる骨材のはく離や夏季にフラッシュが生じやすいこと。
- ・浮き石による車輌のフロントガラスの破損
- ・施工直後が埃っぽいこと
- ・不十分な維持管理による耐久性の欠如

わが国における散布式表面処理は、上記の問題点からか地方においても施工実績は少なく散布式表面処理用乳剤の出荷量は、(社)日本アスファルト乳剤協会の調べによると19,000t（1996年実績）となっている。適用先は、舗装路面上よりも在来砂利層上の防塵処理的な意味合いや安定処理路盤のシールコートに使われるケースが多いようである。

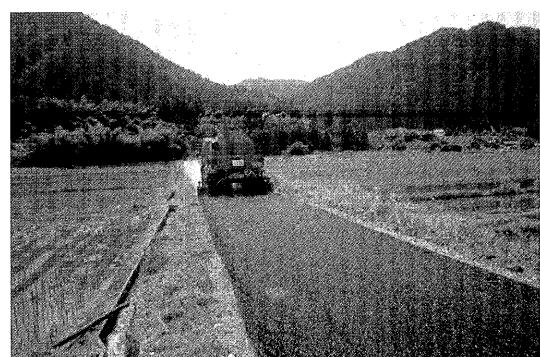


写真-1 施工中のアーマーコート（2層式、1998.6）

#### 4. 海外における散布式表面処理の新たな流れ

アスファルト乳剤が道路用材料として市場に出たのは1915年（大正4年）頃、コールドスプレーと呼ばれて、イギリスで砂利道の瀝青路面処理に用いられたのが最初と言われている。わが国では、1927年（昭和2年）にアスファルト乳剤による浸透式マカダム工法として東京府板橋町で試験施工が行われている。<sup>10)</sup>

このように、アスファルト乳剤の登場とともに散布式表面処理の歴史が始まったと言っても過言ではなかろう。

散布式表面処理用乳剤使用量の多い国は、米国を除くとフランス、メキシコ、スペインの順であるが、乳剤生産量に占める割合の高い国はイギリスの75%を筆頭にニュージーランド、フランス、ドイツ、スペインとなっている。わが国は、乳剤生産量の6%がこれに使用されているのみである。

##### 4.1 改質アスファルト乳剤

散布式表面処理工法に使用するアスファルト乳剤は、わが国では一般にJIS規格のPK-1, 2, (社)日本アスファルト乳剤協会規格 (JEAAS) のPK-H, PKR-S-1, 2が使用されている。PKR-S-1, 2はゴム入りアスファルト乳剤であるが、海外ではSBSなどの改質剤で改質したアスファルト乳剤が使用されるようになってきている。これは、乳剤中の水分が蒸発しアスファルト皮膜化した時の物性を大幅に向上させる目的で行っており、骨材の把握力を高め骨材飛散を軽減すると共に、表面処理層の耐久性を向上させ、重交

表-1 各国の散布式表面処理用乳剤使用状況<sup>11)</sup>

国名	乳剤生産量 (t) T	散布式表面処理用 乳剤使用量 (t) S	比率 (%) S/T	順位
フランス	1,010,000	600,000	59.4	3
メキシコ	515,000	206,000	40.0	8
ブラジル	405,000	160,000	39.5	9
スペイン	350,000	196,000	56.0	5
日本	361,160	19,000	6.0	13
イギリス	160,000	120,000	75.0	1
ドイツ	130,000	76,700	59.0	4
イタリヤ	100,000	5,000	5.0	14
ポルトガル	86,000	8,840	10.3	12
オーストラリア	67,000	10,080	15.0	11
トルコ	40,000	16,850	42.1	7
オランダ	29,500	15,000	50.8	6
ニュージーランド	20,000	13,500	67.5	2
ベルギー	20,000	5,000	25.0	10

注) 1996年実績。表中の値は、在来砂利層や舗装路面上に適用した全てのケースを含む。

通路線への適用も可能にするものである。<sup>12)13)</sup>

##### 4.2 新たな散布式表面処理工法

フランスにおいては、重交通路線への適用工法として施工方法に工夫を凝らしたラックド・イン表面処理工法 (Racked-in surface dressings), これを更に改良したサンドイッチ表面処理 (Sandwich surface dressing) など新たな散布式表面処理工法が開発され、フランス乳剤協会のアスファルト乳剤マニュアルにも記載されている。<sup>4)14)15)</sup>

また、スペインやフランス、スウェーデンでは、分解剤併用型散布式表面処理工法を開発している。これは、アスファルト乳剤散布時に分解剤を同時に噴霧する、あるいは乳剤散布直前に分解剤を乳剤に添加してアスファルト乳剤の分解を促進させる工法である。

散布式表面処理の最大の欠点である交通開放時の骨材飛散を押さえると共に作業期間の延長、施工直後の降雨に対する抵抗性、傾斜地でのスリップによる危険の軽減、早期交通開放を可能にするものと言われている。また、使用乳剤は重交通に対応した改質アスファルト乳剤も開発されている。<sup>12)16)</sup>

スペインで行われているアスファルト乳剤と分解剤の散布装置を写真-2に、スウェーデンで行われているシステムのイメージを図-2に示す。

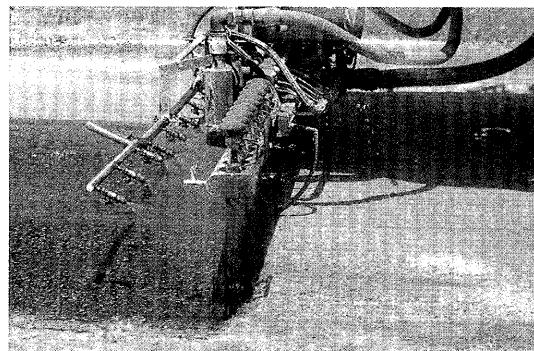


写真-2 アスファルト乳剤と分解剤の散布装置  
(ELSAMEX社; スペイン)

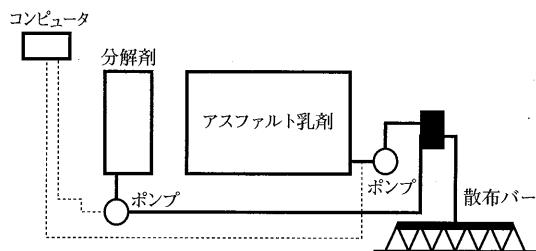


図-2 乳剤散布直前に分解剤を混合するシステム  
(Nynäs社; スウェーデン)

ハンガリーでは、アスファルト皮膜をグラスファイバーで補強した工法を実施している。これは特殊な散布機械を用い、2本のアスファルト乳剤散布バーの中間にファイバーの散布装置を設けたもので、一度に乳剤、グラスファイバー、乳剤とサンドイッチ状に仕上げることが出来る。

ファイバーの裁断は、スプレー中の回転歯により行い繊維長は3~6cmである。散布後は軽いローラーで転圧する。

本工法は、リフレクションクラック抑制のためのSAMI層として、また散布式表面処理としても使用されている。高耐久性を有するため、維持補修の期間を長くとれるなど維持管理費の縮減が可能としている。既に約60万m<sup>2</sup>を施工しており、内訳は散布式表面処理とSAMIとしての用途がほぼ半々とのことである。<sup>17)</sup>

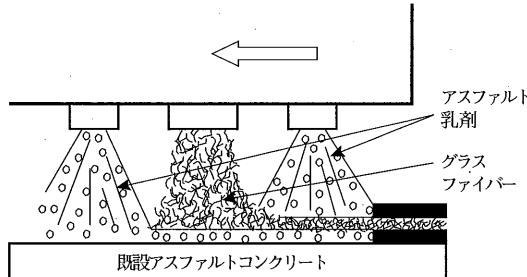


図-3 アスファルト乳剤とグラスファイバーの散布装置 (Betonútepitő社; ハンガリー)

#### 4.3 施工

骨材の選定、使用アスファルト乳剤の選定および骨材、アスファルト乳剤量をどの位にするか、一層式にするか二層式、三層式にするなどは、在来舗装の状態、交通量、気象条件などによって決めなければならない。これらの諸事項を決めるにはかなりの経験を必要とするので経験豊富な技術者の判断に従うか、あるいは十分な予備施工によって確かめた上で決定しなければならない。<sup>18)</sup>

参考までに、標準的な材料使用量を表-2に示す。<sup>9)</sup>

表-2 敷式表面処理の標準的な材料使用量 (100m<sup>2</sup>当たり)

アスファルト乳剤の種類		PK-1, PK-2, PKR-S-1, PKR-S-2			PK-H		
層 数		1	2	3	1	2	3
アスファルト乳剤 碎石5号	ℓ m <sup>2</sup>				80~100 1.8		80~100 1.8
アスファルト乳剤 碎石6号	ℓ m <sup>2</sup>		80~100 1.0	170~190 0.8	110~130 0.9	80~100 1.0	130~150 0.8
アスファルト乳剤 碎石7号	ℓ m <sup>2</sup>	80~100 0.5	120~140 0.6	120~140 0.6		100~120 0.6	100~120 0.6

海外においては、施工の機動性、正確な使用材料量を確保するために多くの改良が行われている。例えば、フランスではアスファルト乳剤の散布装置と骨材のチップスプレッダが一体化しているものやチップスプレッダについても前進しながら骨材を散布するタイプや、これとは逆に後進しながら散布していくものなどが開発されており、散布式表面処理の適用範囲の拡大に意欲的である。<sup>4)14)</sup>

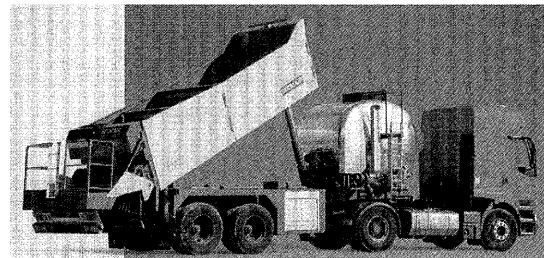


写真-3 乳剤散布装置とチップスプレッダが一体化したマシン (SECMAIR社; フランス)

#### 5. おわりに

どんな舗装にも寿命があり、メンテナンスフリーの舗装はまだ出現していない。これは、重交通対応の高級舗装も簡易舗装もメンテナンスは必要不可欠ということである。

例えば、簡易舗装は正しく構造設計され入念に施工されたとしても、その維持補修を怠ったならば2~3年をまたずに破壊されてしまう。破損や欠陥を処置するだけでなく、このような破損や欠陥を生じさせないように予防的な維持を定期的に行えば耐用年数は10年を越えることも可能と言われている。<sup>19)</sup>この考えをより交通量の多い舗装にまで広げて考えることは、無理のない合理的な考え方ではなかろうか。

従来、わが国において散布式表面処理は十年一日のごとく進歩のない代表例のように言われてきた。一方、海外においては新たな改質アスファルト乳剤の開発、工夫された施工、施工機械の開発などを通じ、確実に

散布式表面処理工法を発展させている。

簡易な施工とともに経費も安価かつ常温施工であることから省エネルギー、CO<sub>2</sub>の抑制にもつながるなど数多くの長所を有する本工法をもう一度見直す時期に来ているのではなかろうか。

今年5月には、ハンガリーで第一回表面処理世界会議が開催されるなど海外においても表面処理の重要性が叫ばれている。

#### — 参考文献 —

- 1) 藤原 武：アスファルト舗装の表面処理入門，あすふあるとにゅうざい，No.15 (1964)
- 2) Surface Treatment Manual : Chevron USA. Inc
- 3) ASPHALT INSTITUTE Manual Series No.19 (Second Edition), A Basic Asphalt Emulsion Manual
- 4) SFERB : BITUMEN EMULSIONS - general information applications - (1991)
- 5) (社)日本道路協会：簡易舗装要綱 (1971)
- 6) 鈴木康一：散布式表面処理（サーフェスドレッシング）のバインダー量と散布量を求める方法例，あすふあるとにゅうざい，No.17 (1965)
- 7) 藤原 武監修：道路維持修繕ハンドブック (1976)，鹿島出版会
- 8) 佐藤正八：表面処理と加熱混合式薄層舗装について（上），舗装，Vol. 2 (1967)
- 9) 檜垣一彦：アスファルト乳剤による表面処理，あすふあるとにゅうざい，No.36 (1974)
- 10) (社)アスファルト乳剤協会・編集委員会：アスファルト乳剤技術の変遷（その一），あすふあるとにゅうざい，No.119 (1995)
- 11) Symposium of world road bitumen emulsion producers, Sferb資料 (1997)
- 12) ELSAMEX III International Congress, Madrid (1995)
- 13) Serfass Jean-Pierre, Joly André : SBS-MODIFIED BITUMEN EMULSIONS FOR SURFACE DRESSING PROPERTIES AND BEHAVIOUR : First World Congress on Emulsion, Bordeaux Sept (1993)
- 14) 植村 正：ヨーロッパ特にフランスにおけるアスファルト乳剤舗装技術の現状，あすふあるとにゅうざい，No.116 (1994)
- 15) 植村 正：国内外のアスファルト乳剤舗装の現状と課題，舗装Vol.30 (1995)
- 16) Hortlund Kjell et al : Surface Dressing Using Polymer Modified Bitumen Emulsion and Breaking Additive, Second World Congress on Emulsion, Bordeaux Sept (1997)
- 17) Zoltán VÖRÖS : FIBREDEC as a glass fibre reinforced surface dressing technology, 1st World Conference on Highway Surfacing, May, Hungary (1998)
- 18) 高橋国一郎：アスファルトの簡易舗装について(3)，アスファルト，Vol. 7，No.39 (1964)



# マイクロサーフェシングおよびスラリーシール

(Micro-surfacing and Slurry seal)

溝 渕 優\*

予防的維持補修が将来行われるようになるためのコンセプトのあり方、マイクロサーフェシングやスラリーシール工法が予防的維持補修に資する工法の一つとして有用であること、およびマイクロサーフェシング工法などの歴史、特徴、材料、配合設計、施工、供用性能、施工実績、今後の動向などについて述べた。

## 1. 概 説

道路の維持補修（本特集号に趣旨に添って“維持補修”とする）が、昨今のやむを得ざる対症療法的な対応ではなく、PMMS（Pavement Maintenance Management System）的見地から予防的に行われるようになるためには、時代の認識を敷衍した一連の“明日のグランドビジョン<sup>1), 2), 3)</sup>”の解釈次第といった感がある。

個人的な解釈としては、適切な時期に適切な維持補修が行われなければ、公共施設の機能は極端に低下することを強烈に印象づけた彼の『荒廃するアメリカ<sup>4)</sup>』による指摘を底流に、PI方式、地方の自己責任と選択、社会実験制度、評価システムなどの大胆かつ具体的な変革の実行を提言した『道路政策変革への提言<sup>5)</sup>』の趣旨を踏まえ、可及的速やかに政策的な面と技術（品質保証）的な面の両面から、前出のグランドビジョンを“止揚”していく時代であると考える。

もとより、新道路整備五箇年計画で明らかとなっている、“人中心の安全で活力に満ちた社会・経済・生活の実現に向けて、道路整備を緊急かつ計画的に推進する”という方向性（政策的な面）は、前述の“止揚”をより具体的に表現したものと理解し得るが、その実施の困難さは、“財政の健全性の確保に留意しつつ、その促進に努めることとし、各種事業の整合性の確保を図り、建設コストの縮減、事業の評価等により効果的・効率的な整備に努める。また、今後の社会・経済の動向、財政事情等を勘案しつつ、弾力的に本計画の実施を図るとともに、必要に応じ、その見直しにつき検討するものとする（同計画より）”と言うやや晦渋

な文言の中に読み取ることができる。

また、技術（品質保証）的な面においては、現行の仕様規定方式を改め、性能規定による基準体系やその検証（評価）方式で発注がなされようとしている今、予防的維持補修に資するであろう工法が、当該性能規定に係る新たな基準、すなわち設計・施工から検査・維持管理にわたる総合的品質管理体系に対応し得るか否かは、論を待たずとも高いハードルと認識せざるを得ない。これらについては、本特集号の第1～3章でもほぼ同様のことが述べられていることと推察される。

しかしながら、これから道づくりは、予防的維持補修こそが、建設コストの縮減などと整合しつつ効果的・効率的な道路整備を果たし得る数少ない方策の一つと考えるべきであり、かつその定着化に積極的に取り組んで行くことが肝要であると考える。幸いなのが偶々の符号か、アスファルト舗装要綱の第10章（補修）においても、舗装の供用性能を一定水準以上に保つためには、常に路面の走行性、安全性あるいは快適性などを適切かつ計画的に把握し、経済性などを考慮した適切な補修を適切な時期（できれば軽微なうち？）に行うことが重要であると記されている。

したがって本節では、近い将来に予防的維持補修といった考え方が政策的に受け入れられ、技術的にはマイクロサーフェシングやスラリーシール工法が予防的維持補修に資する工法の一つとして重用されることを期待して、それらの(1)歴史、(2)特長、(3)材料、(4)配合設計、(5)施工、(6)供用性能、(7)施工実績、(8)今後の動向などについて述べるものとする。

\*みぞぶち まさる 日本舗道株技術研究所・工博

## 2. 歴 史

マイクロサーフェシングおよびスラリーシール工法の歴史は、アスファルト乳剤の歴史でもあり、同時に常温舗装技術の歴史でもある。以下にその歴史の梗概を記す。

1902年（明治35年）：石油アスファルトの本格的な生産が開始された（米国）。

1906年（明治39年）：アスファルト乳剤の製法に関する最初の特許が成立した（米国）。

1918年（大正7年）：第一次世界大戦後の道路復旧のため、アスファルト乳剤が道路の表面処理用材料として大々的に使用され始めた（英國）。

1926年（大正15年）：日本初の常温舗装が実施された。

1927年（昭和2年）：アスファルト乳剤が初めて国内生産された。

1940年代：スラリーシール工法（アニオン系のアスファルト乳剤を使用）が開発された（独國）。ただし、実用化は1950年代末。

1960年代：スラリーシール工法は、歐州からアメリカ、南アフリカへと普及したが、仏國や独國では下火となった。

1961年（昭和36年）：アスファルト舗装要綱が制定され、アスファルト乳剤を用いた浸透式ならびに混合式工法の技術基準が示された。

1964年（昭和39年）：砂利道の舗装化を推進する特殊改良第四種事業が採択され、また簡易舗装要綱が発刊されたため、アスファルト乳剤を用いた浸透式ならびに混合式の舗装が日本全国で展開された（歐州各國も、第二次世界大戦以降砂利道の舗装化を積極的に進めたようである）。

1970年（昭和45年）：わが国のアスファルト乳剤生産量が史上最高の71万トンとなった。仏國でも史上最高の140万トンとなつた。しかしその後、①自動車交通の急速な増加と車両の大型化、②常温舗装の前提である良好な維持管理がなされなくなった、③加熱混合物のプラントが全国的に整備されたなどといったことから、常温舗装から加

熱舗装へと転換していった（歐州各國もほぼ同様）。

1970年代：カチオン系の改質アスファルト乳剤を使用したマイクロサーフェシング工法が開発された（独、西、仏國）。

1980年代中頃：マイクロサーフェシング工法の実用化が始まり（独、西國）、歐州各國に普及した。しかし米国へは1990年代になつて普及した。

1990年代中頃：歐州各國では積極的な技術開発が進められ、さらに耐久性の高い纖維入りのマイクロサーフェシング工法などが開発された。これらの技術開発を支える政策的背景には、予防的維持補修がPMMS上有利であるといった判断があるようである。

## 3. 特 徴

マイクロサーフェシング工法は、予防的維持補修に資する工法の中では最右翼の新技術と見なされる工法である。すなわち、混合物としての原型はスラリーシールであるが、その供用性能において近年格段の進歩を遂げたものであり、高濃度のカチオン系改質アスファルト乳剤と、良質で前述乳剤と馴染みの良い骨材、フィラー、水などからなる流動性の高い急硬性の常温混合物を、専用の混合・敷きならし機を用いて、薄層で迅速に敷きならす工法である。

適用場所としては、アスファルト舗装およびコンクリート舗装を問わず、①地方道から高速道路までの各種道路、②空港のショルダーパークや管理用道路、③構内道路や駐車場などがあり、適用目的としては、①環境対策、②老朽化路面のリフレッシュ、③わだち掘れの補修（安全対策）、④すべり抵抗性の向上や騒音の低減、⑤コンポジット舗装の表層材、⑥明色化による車線区分、⑦予防的維持補修などに用いることができる舗装工法である。

これらの特長を整理すると、マイクロサーフェシングは、地方道から高速道路までのみならず構内道路や空港の管理用道路に至るまで、路面のリフレッシュに貢献し得る工法と言え、以下のような特長を有する工法と言える。

### a) 環境にやさしい

常温施工であるため、加熱型の混合物よりもCO<sub>2</sub>の削減や施工環境（高温）の改善に貢献する。

### b) すばやい施工と交通開放

薄層舗装であるため、短時間で大規模な施工ができ、施工後1~2時間程度で交通開放ができる。

### c) 十分な耐久性

高品質な急硬性改質アスファルト乳剤を使用しているため、高耐久性で重交通路にも適用できる。

### d) 信頼できる安全性

すべり抵抗性に優れた舗装表面となり、交通安全面からも有効である。また騒音低減にも効果があり、道路周辺の環境保全にも寄与する。また、路面高さへの影響が少ない。

### e) 優れた経済性

補修時の舗装発生材を抑制するので省資源化法となる。また、軽微な破損のうちに適用すれば舗装本体の寿命を延長でき、トータルコストの低減になる。

一方、スラリーシール工法は、マイクロサーフェシング工法の原型として現在もなお受け継がれているが、カチオン系のストレートアスファルト乳剤と、スクリーニングスもしくは砂と石粉、フィラー、水から成る流動性の高い混合物を、専用の混合・敷きならし機で薄く敷きならし、主にひびわれ部などに浸透させて補修する舗装工法である。

したがって、スラリーシール工法の適用場所、目的および性能などは、前出のマイクロサーフェシング工法とはかなり異なり、例えば1層の施工厚、耐久性、交通開放までの時間などで大きく異なっている。両工法の比較を表-1に示す。

## 4. 材 料

マイクロサーフェシングに用いる混合物には、一層の敷きならし厚さによって最大粒径が異なり、タイプI, タイプII, タイプIII（最大粒径：I < II < III）の3種類があるが<sup>④</sup>、わが国で実績のあるのはタイプIとタイプIIの2種類である。いずれのタイプも、環境対策、老朽化路面のリフレッシュ、わだち掘れの補修（安全対策）、すべり抵抗性の向上や騒音の低減、嵩上げ制限がある所、予防的維持補修などに用いることができるが、適用の目的に応じて使い分けている。

材料としては、表-1にも示したように、高濃度のカチオン系改質アスファルト乳剤、骨材（碎石、スクリーニングス）、フィラー、水などがあるが、それらの品質は（社）日本アスファルト乳剤協会で規定している<sup>⑤</sup>。なお、骨材については、使用する改質アスファルト乳剤との相性が極めて重要であるので、その混合性、付着性（これらの一連の作業を適合性試験と言うことがある）などをチェックし、確認しておくことが必要とされている。

また、スラリーシールに用いる混合物にも、骨材の粒径に応じた種類があるが、使用する材料の品質は国際スラリー協会（ISSA）で規定している<sup>⑥</sup>。

## 5. 配合設計

ここでは、主として、品質の保証がスラリーシールの場合より厳しい、マイクロサーフェシング用混合物のわが国における配合設計手順について述べる。

配合設計の手順については種々の方法が考えられて

表-1 マイクロサーフェシングとスラリーシール工法の比較（現行）

項目	工種	マイクロサーフェシング工法	スラリーシール工法
開発された年代		1970年代	1940年代
材料	骨材	スクリーニングス（Sc）単体あるいはScと粗骨材の混合骨材	主としてScもしくは砂と石粉
	品質	乳剤と馴染みの良い厳選した骨材	—
	乳剤（カチオン系）	高濃度の改質アスファルト乳剤	ストレートアスファルト乳剤
	繊維の使用	なし（欧州では実用段階）	なし
	フィラー	セメントなどを使用	—
製造直後の状態		常温で高流動性（≤スラリー）	常温で高流動性（≥マイクロ）
1層の施工厚さ		通常10mm以下（2層施工は可）	通常5mm以下（2層施工は可）
施工方法		専用の混合・敷きならし機を使用	—
交通開放時間		1~2時間	気象条件による
共用性能		共用年数≥5年（実績のある欧州で）	その都度維持
適用路線		重交通道路にも適用可。ただし、道路の構造、交通条件、既設路面の破損状況、気象条件その他を調査してから適用すること	軽交通道路のみ

\*マイクロサーフェシングでは（改質アスファルト乳剤の）分解時間調整剤を使用することがある

いるが、基本的にはほぼ同様で、通常、①タイプIあるいはIIの選定、②骨材の選定、③使用する改質アスファルト乳剤と骨材との適合性試験（混合性、付着性など）、④品質判定試験、⑤アスファルト乳剤量の決定の順に行われる。

また、配合設計に当たり、各材料の配合量の目安は表-2によって、また品質の判定はウェットトラック摩耗試験（WTAT）などによって行い、その場合の目標値は表-3に示す第1方法か第2方法のどちらかによって決定することが多い。ただし、品質のダブルチェックや長期供用性能の判定を目的として、WTAT以外の試験法も各種検討されており<sup>9</sup>、その実用性についての幾つかの報告がある。

表-2 各材料の配合量の目安

	タイプI	タイプII	
骨材	100部	100部	
乳剤	12~15	11~14	
セメント	0~3	0~3	
水	7~13	6~12	
粒度 (%)	9.50 4.75 2.36 0.6 0.3 0.015 0.075	100 100 90~100 40~65 25~42 15~30 10~20	100 90~100 65~90 30~50 18~30 10~21 5~15

\*水：骨材の含水比を含む

表-3 WTATによる品質目標値

	試験条件	品質目標値
第1方法	60°Cで乾燥した後 25°Cで1時間水浸	540 g/m <sup>2</sup> 以下
第2方法	60°Cで乾燥した後 25°Cで6時間水浸	810 g/m <sup>2</sup> 以下
試験概要 (ISSA/TB100)	①摩耗抵抗性を評価する試験 ②6mm厚×直径280mmの供試体表面を 2.3kgfのゴムホース付き荷重で5分間摩耗させ、その損失量を測定する試験	

## 6. 施工

ここでは、マイクロサーフェシングとスラリーシール工法の施工手順はほぼ同様であるので、主として前者の施工手順について述べる。

施工の手順は、現場条件は実に多種多様ではあるものの、通常、①施工計画、②準備工、③混合物の製造、④敷きならし、⑤養生（転圧を含む）、⑥交通開放の順に行われる。

これらの工程における要諦は以下に述べるとおりである。すなわち、①の施工計画に関しては、施工の時

期（時間帯）、材料供給場所、作業標準などを確定し、②の準備工に関しては、既設路面の処理（破損箇所の補修、路面表示物の除去、路面の清掃、既設構造物の保護）、タックコートの撒布、専用ペーパの走行用ガイドラインのマーキング、前出専用ペーパの点検、特に混合物の敷きならし部であるスプレッダボックスや乳剤配管周りなどの清掃の実施、③の混合物の製造および④の敷きならしに関しては、所定の配合か否かの確認とその微調整（現場配合）、施工厚さの確認（できれば試験施工による）、継ぎ目部の施工要領、⑤の養生（転圧を含む）および⑥の交通開放に関しては、舗設し終わった混合物の硬化度の確認などを行うことがポイントとされている。

写真-1に、マイクロサーフェシングの施工状況を示す。

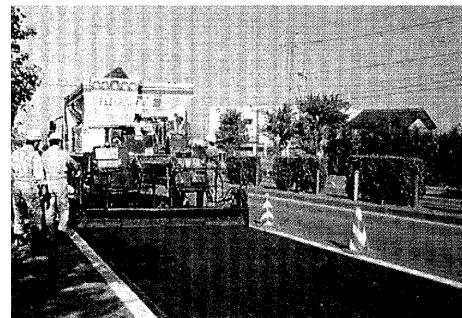


写真-1 施工状況 (福島)

## 7. 供用性能

### (1) マイクロサーフェシング

国内におけるマイクロサーフェシングの供用性能の評価については、過去幾つかの報告があるが、施工実績が10~20万m<sup>2</sup>程度であることおよび評価に関する報告がほとんどないことなどもあって、未だ評価が定まっているとは言えないようである。しかし、1993年5月に実施された福島県内の国道4号での報告によれば、D交通の積寒地域における道路でありながら、前出タイプIIの2層構造で4カ年程度は供用し続けたこと<sup>9</sup>、また建設省パイロット工事報告（試験施工）によれば、供用性については問題のない結果となっている<sup>10</sup>、などと報告されている。

したがって、適正な配合および施工であれば、マイクロサーフェシングは、予防的維持補修工法として最右翼の有用な技術の一つと評価し得る工法であると判断できよう。

一方、海外における評価では、マイクロサーフェシングは、薄層の加熱工法マカダムや超薄層アスファルトコンクリートなどと十分競合できる工法であり、実績の多寡、交通量、気象条件などでやや異なるが、その供用年数は概ね5年以上であると評価されている<sup>11)</sup>。このことは、各国が所有している専用ペーパーの台数に現れており、例えばスペイン38台、フランスは2社で31台、ブラジル57台、アルゼンチン25台、メキシコ20台などとなっている（1996年現在）<sup>12)</sup>。

したがって、世界的にマイクロサーフェシングの施工実績が増加してきていることは次項で述べるとおりであるが、フランスやスペインなどではさらなる高機能化を目指して、ポリアクリル系、ガラス系、ポリエチレン系の纖維を混入した高耐久性マイクロサーフェシングの開発を進めている。

## （2）スラリーシール

スラリーシールについての供用性能については、道路の維持管理工法の一つとして評価は定まっているので、本節では割愛することとする。

## 8. 施工実績

近年におけるマイクロサーフェシングおよびスラリーシール工法の施工実績は、表-4に示すとおりである<sup>13)</sup>。

表-4 マイクロサーフェシングおよびスラリーシール工法の施工実績

（×100万m<sup>3</sup>）

年度と工種 地域と国名		1992年			1996年		
		マイクロサーフェシング	スラリーシール	計	マイクロサーフェシング	スラリーシール	計
北アメリカ	USA & カナダ	28.9	120.0	148.9	37.0	95.0	132.0
	(小計)			148.9			132.0
南アメリカ	アルゼンチン ブラジル メキシコ		2.5 10.0 4.5	2.5 10.0 4.5	3.5	3.5 6.5 2.0	7.0 6.5 2.0
	(小計)			18.0			17.1
ヨーロッパ	スペイン フランス ドイツ ベルギー イギリス イタリー	10.0 7.0 12.0 3.3 3.5	6.0 7.0+ 12.0 1.5 1.5	16.0 7.0+ 12.0 4.8 3.5	6.25 11.0 6.4 3.5 3.5	6.25 12.5 6.4 5.0 4.7 3.5	12.5 11.0+ 6.4 5.0 4.7 3.5
	(小計)			50.7+			55.4+
オーストラリア	オーストラリア				29.4	8.9	38.3
	(小計)						38.3
アフリカ	南アフリカ	5.2	7.7	12.9	6.0	5.5	11.5
	(小計)			14.7			13.1
アジア	中国 タイ 日本		0.01	14.1 0.2	14.1 0.21	0.02	
	(小計)			14.3			10.0
合 計		75.9	171.5	246.6+	113.6	135.1	265.9+

\* ( ) 内の小計は当該地域における他の国の施工実績を含む(日本の実績は極めて少ない)

同表より、マイクロサーフェシング工法は、表層用の常温アスファルト混合物として世界的に伸びてきている工法であることが明らかである。しかも、近4カ年の増加率は特に目覚ましく、1992年の施工実績の累計が7,590万m<sup>3</sup>であったのに対し、1996年には同1億1,360万m<sup>3</sup>となっていることから、約50%にもなっている。

一方、スラリーシール工法については、マイクロサーフェシング工法が伸びてきた分だけ減少した傾向が認められる。

## 9. 今後の動向

日交通量（両方向）が約10万台であるスペインのある国道では、新設の約5年後にマイクロサーフェシング（纖維なし）を行い、その後はほとんど無補修で供用15年目に入っていると言う<sup>14)</sup>。

この方式は、言わば予防的維持補修の典型的な形と言えようが、わが国においても、マイクロサーフェシング工法が舗装の予防的維持補修工法として新たな展望を与え始めている昨今、その一層の高度化（纖維入りによる高耐久化）と普及を図るため、例えば改質アスファルト乳剤の性能や価格、合理的な品質管理法、供用性の評価法などに関して、官学民の機能的

なパートナーシップのもとに解決を図ることが出きれば、予防的維持補修工法ともども大いなる飛躍が期待できよう。

### — 参考文献 —

- 1) 国土審議会計画部会：計画部会調査検討報告，1996.12
- 2) 行政改革委員会：行政関与のあり方に関する基準，1996.12
- 3) 道路審議会：道路政策変革への提言，1997.6
- 4) P.CHOATE et al., 荒廃するアメリカ，1971
- 5) (社)日本アスファルト乳剤協会，マイクロサーフェシング技術マニュアル（案），1998.10
- 6) ISSA A 143, Recommended Performance Guidelines for Micro-Surfacing, 1991.1
- 7) ISSA A 105, Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal, 1991.10
- 8) ISSA TB 109, Loaded Wheel Test
- 9) 尾本 et al., 常温マイクロサーフェシングによる迅速補修工法の開発研究, 道路建設, 1995.6
- 10) 寺田 et al., 常温舗装技術, アスファルト, No.195, 1998.10
- 11) B.Y.SICARD, 仏／マイクロサーフェシングの供用性評価とその適用分野, Rev Gen Routes, No. 749, 1997
- 12) F.D.CAMPO, イベリア半島&ラテンアメリカ／マイクロサーフェシング工法の市場, 文献11)に同じ
- 13) ISSA Report, May/June, 1997を加工
- 14) (社)日本アスファルト乳剤協会, 欧州における常温舗装事情, 1998.1

### フルデブス・アスファルト舗装設計施工指針（案）

B5版 42ページ 実費頒価 800円（送料は実費）・申込先（社）日本アスファルト協会  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-21-8  
秀和第3虎ノ門ビル7階

路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いたフルデブス・アスファルト舗装は、昭和40年代半ばから積極的な試みとして市街地道路を中心にシックリフト工法により施工され、実施例は数十例に及んでいます。

フルデブス舗装は、舗装厚が薄く、工種が单一化されることから、工期が非常に制約される箇所等に適用して有効であるが、またアスファルト舗装の修繕に伴って発生する舗装廃材の利用方法の一つとして、フルデブス舗装の路盤への再生加熱アスファルト混合物の利用が考えられ、省資源の観点から今後普及する可能性も大きい。

本指針（案）を、フルデブス舗装の設計施工に従事する関係者必読の書としておすすめします。

### 目次

1. 総 説	3 - 4 アスファルト混合物
1 - 1 フルデブス・アスファルト舗装の定義	4. 路床および路盤
1 - 2 適用範囲	4 - 1 概 説
2. 構造の設計	4 - 2 路 床
2 - 1 舗装の構造	4 - 3 路 盤
2 - 2 設計の方法	5. 表層および基層
2 - 3 排 水	6. 品質管理および検査
3. 材 料	6 - 1 概 説
3 - 1 概 説	6 - 2 出来形および品質の管理
3 - 2 歴青材料	6 - 3 檢 查
3 - 3 骨 材	7. 記 錄

# 薄層オーバーレイ工法

(Paver Laid Thin Hot Mix Asphalt Overlay)

遠 藤 桂\*

薄層オーバーレイは、3cm未満のアスファルト混合物をオーバーレイする維持工法である。薄層オーバーレイ工法を適用することによって、既設路面の低下した機能を回復する、新たな機能を付加するなどが可能である。加えてその施工厚ゆえに、比較的安価である、早目の交通開放が可能であるなどの特徴もある。

予防的維持としての薄層オーバーレイの性能は高く、今日的な期待も大きい。今後いつそうの採用が望まれる。

## 1. はじめに

薄層舗装は、1960年代に主に橋面舗装、すべり止め舗装、高架橋舗装、着色舗装などとして施工された<sup>1)</sup>。この時期は、自動車の保有台数が急激に増加し、新しく道路を整備するとともに、既設舗装の補修と強化をかねたオーバーレイ工法が盛んな時期と言える。

オーバーレイを重ねてくると、道路のフォーメーションが上がって種々の不都合が生じるようになり、1970年代からは、切削オーバーレイ工法が主流になった。

一方、薄層オーバーレイ工法は、現アスファルト舗装要綱<sup>2)</sup>では独立した工法として分類されているが、広くとらえれば、舗装表面の性状を改善する表面処理工法の一つと考えられ、舗装構造の強化をするものはとらえられていない。しかし、薄層オーバーレイは、薄いながらも加熱混合物を施工するものであり、他の表面処理工法にない特徴も備えている。例えば、供用性能が優れている<sup>3)</sup>、舗装の平坦性もある程度改善できる、適当な混合物を使用することにより新たな機能を付加できる、などがあげられる。

さらに、混合物が少なくコストを縮減でき、施工後の温度が低下しやすく短時間で交通開放が可能であるなど今日的なニーズにもマッチしており、有用な工法の一つと考えられる。

舗装の寿命を延伸させるための予防的維持の重要性が再認識されているが、その対処法の一つとして、薄層オーバーレイ工法を見直す必要がある。

本報告では、以上のような状況を踏まえて、薄層オーバーレイ工法の概要についてまとめ、機能性を付加

する薄層オーバーレイ工法をいくつか紹介するものである。

## 2. 薄層オーバーレイ工法の概要

### 2.1 定義

アスファルト舗装の補修工法の一つである薄層オーバーレイ工法は、維持工法に分類される。アスファルト舗装要綱には、「薄層オーバーレイ工法は、既設舗装の上に厚さ3cm未満の加熱アスファルト混合物を舗設する工法である」と定義されている<sup>3)</sup>。通常のオーバーレイ工法と比較すると、使用材料が同等である一方で厚さが異なり、表面処理とは、施工厚さが同等である一方で適用材料が異なる(表-1)。すなわち、オーバーレイ工法と表面処理工法の中間的な位置づけとなる。

表-1 薄層オーバーレイの定義

工法	使用材料	施工厚さ
オーバーレイ	加熱アスファルト混合物	$t \geq 3\text{cm}$
薄層オーバーレイ	加熱アスファルト混合物	$t < 3\text{cm}$
表面処理	加熱アスファルト混合物以外	$t < 3\text{cm}$

### 2.2 特徴

薄層オーバーレイ工法は、主に路面の機能回復や機能付加のために用い、構造的強化を目的としない。適用材料としては、通常の密粒、開粒、ギャップ混合物などを用いることができる。薄層オーバーレイは、維持工法としての特徴、機能舗装としての特徴、そして薄層舗装としての特徴を併せ持っている。これらを以

\*えんどう かつら 日本道路株技術研究所

下にまとめる。

1. 維持工法（オーバーレイ）としての主な特徴
  - ・老朽化した路面の復旧
  - ・平坦性やすべり抵抗の回復
  - ・水はねや騒音の低減
  - ・嵩上げ高が低い
2. 機能舗装としての主な特徴
  - ・排水性能
  - ・すべり止め
  - ・騒音低減
  - ・明色化
3. 薄層舗装としての主な特徴
  - ・施工単価が比較的安価になる
  - ・舗設後の温度低下が比較的早く、早期交通開放が可能

薄層オーバーレイを含む維持工法は、舗装が破壊する前の適切な時期に適用すると、舗装の寿命を延ばすことができる（予防的維持）。アメリカ合衆国では、SHRP計画で予防的維持工法の効果と最適な適用時期を決めるため、アスファルト舗装についての実験（SPS-3）を行っている。薄層オーバーレイ、チップシール、スラリーシール、クラックシールという4つの維持工法のパフォーマンスを検討したところ、適用5年後の性状は、薄層オーバーレイが最もよい結果を示したという報告がある<sup>3)</sup>。

### 2.3 適用条件

一般に、薄層オーバーレイが適るのは、ひび割れがないか、ひび割れがあってもそれが老化や劣化による軽微なものであるかへアクラック程度の場合、あるいは骨材が研磨された状態（ポリッキング）のときなどである。ひどい亀甲状ひび割れや路面の沈下などがあったり、数多くのリフレクションクラックが入っていたりするような、既設舗装に構造的対策を施す必要がある場合は、一般に薄層オーバーレイ工法は適さない。しかしながら、後述するように、混合物の粒度などを工夫することで、これらの場合にも適用できる例が検討されている。

維持修繕工法の選定方法については、アスファルト舗装要綱（図-1）や道路維持修繕要綱に例が示されている。その他の例として、海外で報告されている予防的維持工法選定フローの例（図-2と図-3）を示す<sup>4)</sup>。この例では、日交通量が5,000台を越える様な重交通路線へ薄層オーバーレイが適用されているのが特徴である。

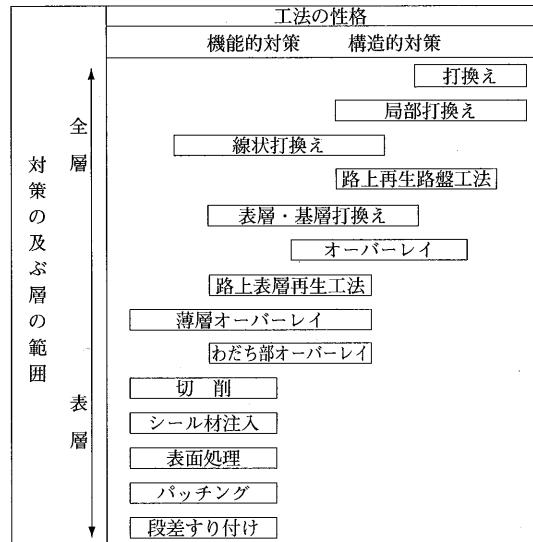


図-1 アスファルト舗装の補修工法（アスファルト舗装要綱）<sup>2)</sup>

### 3. 各種薄層オーバーレイ工法

以下に、機能を付加する薄層オーバーレイ工法の例をいくつかあげる。

#### 3.1 すべり止め舗装

降雨時のスリップ対策、急坂路や曲線部などで特にすべり抵抗を高める必要のある場合に、すべり止め舗装が適用される。

すべりやすくなつた既設路面に薄層のオーバーレイを施すことによってすべり抵抗の回復を図れる他に、骨材やバインダーを工夫することですべり止め舗装としても適用できる<sup>5)</sup>。

骨材に関しては、開粒あるいはギャップ粒度を用いることで、骨材を多く路面に露出させてすべり抵抗を確保する他、摩耗しにくいあるいは摩耗しても十分なすべり抵抗が得られる良質な骨材を用いる方法などがある。バインダーの工夫として、ゴム入りアスファルトやエポキシ樹脂等の材料を用いて骨材の接着力を高め、すべり止め舗装としての効果を十分発揮させる方法などがある。

#### 3.2 5 mm Top排水性舗装

空隙の多い開粒混合物を用いた排水性舗装は、雨天時の排水機能を持つほか、車両の走行時に発生する騒音を低減する能力も持っている。使用骨材を小粒径化することでその騒音低減効果の増大を期待し、通常の排水性舗装適用時に問題となる骨材分級による余剰骨材を有効利用するなどの観点から、最大粒径が13mmあ

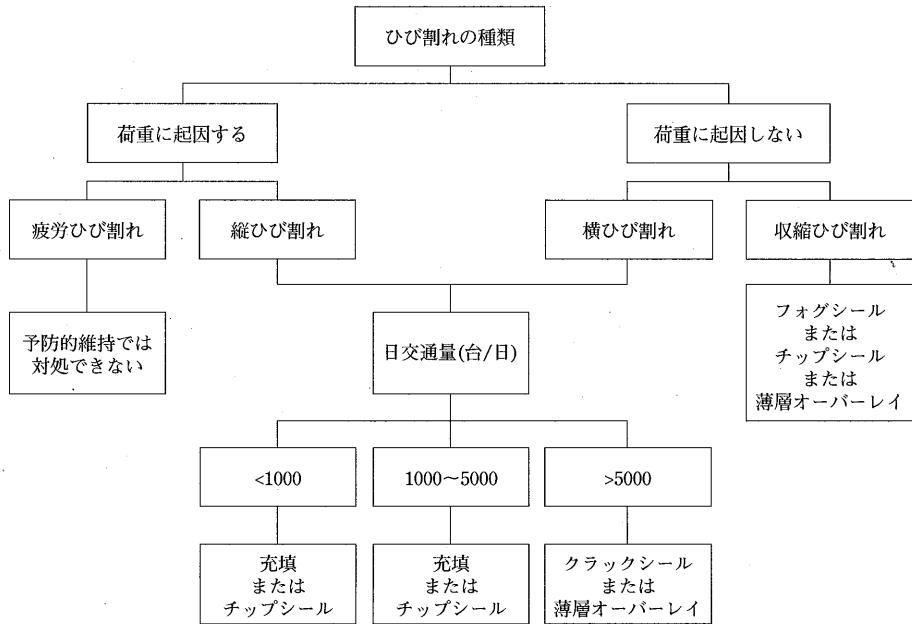


図-2 予防的維持工法選定フロー例（対ひび割れ）<sup>4)</sup>

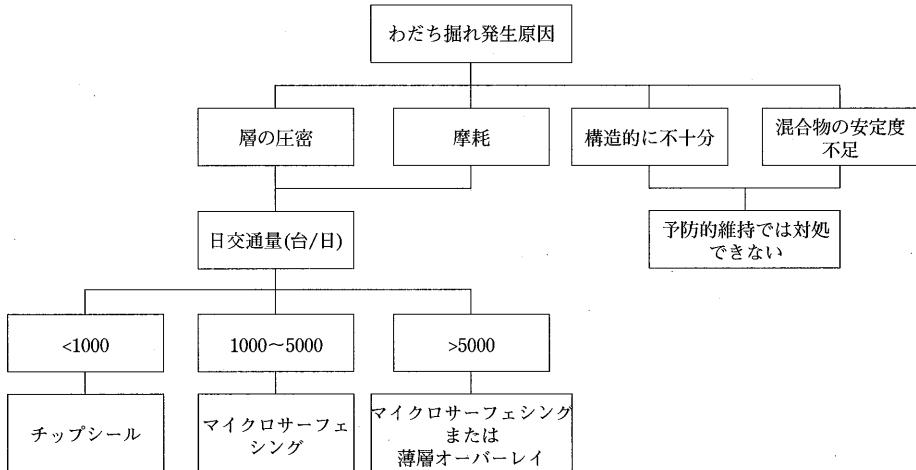


図-3 予防的維持工法選定フロー図（対わだち掘れ）<sup>4)</sup>

るいは20mmの薄層排水性舗装の上に、最大粒径が5mmの排水性舗装を薄層オーバーレイする工法が検討されている<sup>9)</sup>。

上層を小粒径化することにより懸念される諸問題も二層施工にすることで解決でき、排水性能の低下もなく、十分な騒音低減効果が得られる。層間にタックコートが望まれるが、タックコート散布による排水機能等の低下もないため、既設の排水性舗装上への薄層オーバーレイといった適用方法も想定される。

### 3.3 碎石マスチックアスファルト

碎石マスチックアスファルト（SMA）は、耐流動性や耐摩耗性にすぐれたドイツで開発された混合物である。SMAの基本的な考え方は、骨材間隙をモルタルで充填するというものであるが、最近は、鋼床版舗装や薄層オーバーレイとしても用いられるようになっている<sup>10)</sup>。

SMAの薄層オーバーレイは、薄層化によるコスト面の有利さ、マスチックの充填効果による高たわみ性および高水密性の確保、既設路面の切削が不要であり工期短縮などが可能であることなどの特色がある。そ

れらの特色を生かして、単にひび割れた既設路面のオーバーレイとしてだけでなく、ひび割れ路面からのリフレクションクラック抑制のための中間層や、路面の凹凸のレベリングや防水層として利用することもできる。

### 3.4 OGFC（開粒度摩耗層）

OGFC（開粒度摩耗層）は、すべり抵抗の改善が主な目的の薄層開粒度混合物である。アメリカ合衆国の例では、FHWAは最大粒度1／2インチ(13mm)を推奨しているが、各州での実績は、3／8インチ(10mm)が多い。施工厚さは3／4インチ(19mm)以下が一般的である。OGFCは摩耗層として扱われて構造的強度を期待しないので、施工後の供用性能は、既設舗装あるいは基層の状態に左右される。

OGFCの特徴として、

- ・雨の中でハイドロプレーニングの可能性、水はねや水しぶきを抑える
- ・湿潤路面の高速走行時のすべり抵抗を確保する
- ・走行騒音が小さい
- ・夜間走行時のライトの乱反射が少なく、路面表示の識別がしやすい
- ・経済的である

などが挙げられる一方で、OGFCの適用にある程度の限界があることを認識する必要がある。例えば、施工や維持に注意を払う必要があること、使用骨材が耐摩耗性の高いことが望まれること、下層の構造的強度が小さい場合にはふさわしくないことなどが指摘されている<sup>9)</sup>。

### 3.5 その他

薄層オーバーレイは、既設舗装が老化した場合、損傷がある場合などに施工するだけでなく、当該区間に新たな機能を付加するために施工されることもある。例えば、既述の排水性舗装や明色骨材を用いて路面の明色化を図る明色舗装などが該当する。明色舗装については、一般に高価な人工骨材を用いるので、薄層化できることは、明色舗装の施工においてコスト面で有

利となる。

## 4. おわりに

以上、薄層オーバーレイ工法について簡単にまとめた。

予防的維持に関する最も重要な課題の一つとして、舗装の損傷がどの程度進行した時点で適用するかということが挙げられる。薄層オーバーレイ工法は、舗装の構造的な強化も実際のところ多少期待できることから、適用する時期の決定は、他の予防的維持工法と比較すると容易であると思われる。

また、新たな機能を低コストで付加できることを合わせて考えれば、薄層オーバーレイ工法が、予防的維持工法としてのみならず、今日望まれている舗装に対する多様なニーズに応えることのできる工法として検討されることを望む。

## — 参考文献 —

- 1) 藤井治芳：「薄層舗装および材料の問題点とわが国における実状」、土木技術資料Vol.7, No.9, 1965年9月
- 2) 社団法人日本道路協会：「アスファルト舗装要綱」
- 3) FHWA : Long Term Pavement Performance Status Report, Vol.1, No.2, 1997年1月
- 4) R.G. Hicksら : Framework for Selecting Effective Preventive Maintenance Treatments for Flexible Pavements, TRR 1597
- 5) 市原薰：「すべり止め舗装の考え方」、土木技術資料, Vol.14, No. 6, 1972年6月
- 6) 岡本信人ら：「二層式低騒音舗装の性状について」、道路建設, No.607, 1998年8月
- 7) 荒井孝雄ら：「碎石マスチックアスファルト混合物の利用技術の進展」、第7回北陸道路舗装会議, 1997年6月
- 8) 財団法人高速道路調査会：「排水性舗装に関する米国調査報告書」、平成4年3月

# その他の維持工法

(Other Maintenance Methods)

宮澤和裕\*

## 要旨

予防的な維持補修には表面処理のような広範囲にわたる工法の他に、ひびわれやポットホールなどの局部的な破損に用いるシール材注入やパッチングといった工法がある。局部的な破損も放置すると大きな欠陥になることから予防的に早めの補修が必要である。ここでは、ひびわれにシール材を充填するシール材注入工法、ポットホールなどを舗装材料で応急的に充填するパッチング工法、騒音・振動の原因となる段差の対策としての段差すり付け工法、平坦性を回復させる切削工法、および近年施工実績が増大している排水性舗装の機能回復方法について述べる。

## 1. はじめに

予防的な維持補修には表面処理のような広範囲にわたる工法の他に、ひびわれやポットホールなどの局部的な破損に用いるシール材注入やパッチングといった工法がある。局部的な破損も放置すると大きな欠陥になることから予防的に早めの補修が必要である。

本文ではそのような局部的な維持として、ひびわれにシール材を充填し修繕時期を少しでも遅らすシール材注入工法、安全かつ円滑な交通に支障をきたすおそれのあるポットホールや段差などを補修するパッチング工法および段差すり付け工法、路面の凸部等を切削除去し不陸や段差を解消して平坦性を回復させる切削工法について述べる。

さらに、近年着実に施工実績を伸ばしている排水性舗装は、交通安全や環境保全対策の面で多くの優れた機能を有する舗装として注目されているが、骨材の飛散や空隙づまり等による機能的破損が起こりやすい。そのような場合にも早期に維持補修を行うことによってその機能回復は可能である。予防的な維持工法の一つとして、骨材飛散や透水機能の低下に対する機能回復方法についても併せて説明する。

## 2. シール材注入工法

シール材注入工法は、比較的幅の広いひびわれあるいはセメントコンクリート舗装上のアスファルト層に

見られるリフレクションクラックなどにシール材を充填する工法である。

ひびわれを放置すると雨水等が舗装体内部に浸透して大きな破損に至り、切削オーバーレイや打換えにつながる。そのような修繕に至る前にひびわれのシールを行って少しでも修繕時期を遅らすことが必要である。

シール材としては従来よりコンクリート目地注入材が主として用いられていたが、近年は専用のひびわれシール材が多く使用されるようになってきた。

ひびわれシール材は、一般的に加熱注入型と常温注入型とに大別される。

加熱注入型の材料としてはブローンアスファルトや樹脂・ゴムを添加した改質アスファルトなどがあり、溶解釜等で溶融した材料をひびわれ部に注入するもので、温度が常温まで低下すれば交通開放ができる。ただし、注入時にシール材の温度が下がり粘性が高くなると、ひびわれ幅の狭い箇所では十分に浸透しないこともあるので注意が必要である。

常温注入型というのは加熱せずに常温でひびわれをシールできるもので、一般的に粘度が低いためひびわれ幅の狭い箇所にも浸透しやすい。常温注入型の材料としてはエポキシ樹脂やアクリル樹脂などの樹脂系のものと、改質アスファルト乳剤系のものがある。ただし、化学反応で硬化させるものは気温や路面温度により反応速度が影響を受けるため、硬化速度の調整が必

\*みやざわ かずひろ ニチレキ(株)技術研究所 研究第四課主任研究員



写真-1 加熱注入型シール材を注入した路面状況



写真-2 常温注入型シール材の注入状況

要となる。

シール材の供用性を調べた高速道路における例<sup>1)</sup>では、施工後17ヶ月経過後における剥脱率（剥脱延長／施工延長）は、常温注入型で20～30%，加熱注入型で70～100%となり、加熱型の剥脱率は常温型の約3倍であり耐久性に劣るという報告がある。

しかし、常温注入型は加熱注入型に比べて一般に高価であるため、ひびわれ幅等の現場状況を考慮して両者を使い分ける必要があろう。

### 3. パッキング工法

パッキング工法とはアスファルト舗装においては、ポットホール、くぼみなどを応急的に充填する工法であり、一方、セメントコンクリート舗装においては、目地縁部あるいはひびわれからの角欠けなどを充填する工法である。

ポットホールは騒音、振動、水はねの原因となるだけでなく、車両の走行安全性が損なわれるため、緊急に補修を行う必要がある。

この工法には破損部分に舗装材料を直接埋め込むよなきわめて暫定的で簡易な方法と、周りの部分を切り取り補修する方法（図-1）とがある。前者は特に

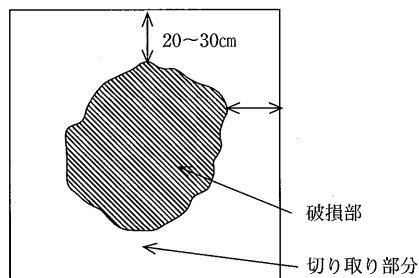


図-1 周りの部分を切り取り補修する  
パッキング方法

緊急性を必要とした場合の補修に用いられているが、補修した部分が再破損しやすいため、後者のような補修方法が望ましい。

パッキング材料は、図-2に示すような加熱混合物と常温混合物に大別される。



図-2 パッキング材料の分類

加熱混合物としては一般に加熱プラントで手に入りやすい通常の密粒度アスファルト混合物が用いられる。施工性は混合物の温度に左右されるので、混合物の運搬には保温装置やシートを用いて、混合物の温度低下を防止する配慮が必要である。

常温混合物は常温で取り扱えるのが特長で、運搬および舗設に便利である。その中のアスファルト系常温材料は瀝青材料の種類によっては長期貯蔵が可能である。しかし、加熱混合物と比較すると、初期の安定性和耐久性に劣り、一般的に養生時間が必要であるが、大型車交通量の多い道路であっても緊急性を要する場合は暫定的に使用される。

セメント系材料は取り扱いが容易で任意の強度を出すことができ、コンクリート版の補修用材料として適した材料であるが、養生が必要なこと、すり付け部分は破損しやすいことなどの短所がある。

樹脂系材料は養生時間が比較的短いので、パッチング材料として適しているが、工費のかさむ工法である。

つぎに、近年施工実績が増えている排水性舗装は、非常に粗い骨材粒度で、空隙も大きいことから、車両走行により骨材がはく奪・飛散しやすく、特に車両の制動やねじり作用の大きな交差点部等ではフレッティングやポットホールを発生する場合がある。

排水性舗装は一般の舗装に比べて路面の初期破損が大きな欠陥につながりやすく、供用性や機能性に影響を与えるため、早期に補修を行うことが大切である<sup>2)</sup>。

その場合は排水性舗装本来の機能を維持するために排水性混合物で行う必要がある。しかし、排水性混合物は通常高粘度改質アスファルトを使用した特殊粒度の加熱混合物であるため、プラントでの少量製造に適さず小面積の補修は困難とされていた。近年、加熱型の高粘度改質アスファルト混合物と同等以上の性状を有するパック化された常温型の排水性混合物が開発され、様々な箇所で使用されている<sup>3)</sup>。



写真-3 常温排水性混合物による補修方法

#### 4. 段差すり付け工法

段差とは、構造物との取り付け部、地下埋設物等に沿って生じる凹凸やセメントコンクリート舗装の目地部またはひびわれ部におけるコンクリート版の段違い、橋面舗装の伸縮縫手付近に生じる凹凸などをいう。

段差は通行車両に大きな衝撃を与え、二輪車などは往々にして転倒等大きな事故の原因となる。車の衝撃力は、舗装はもちろん、橋梁など構造物にも作用して破損を招き、騒音・振動の発生源となる。また、その際に生じた地盤振動が周辺に伝播して道路に起因する環境悪化をもたらす。

ちなみに、路面の段差と振動との関係については、図-3に示すように人工段差を使って調査した結果、

段差が3mmを越えるとその振動による影響が大きくなり、20mmの段差の場合は、1mmの段差に比べて約10dB振動が増加するという報告がある<sup>4)</sup>。

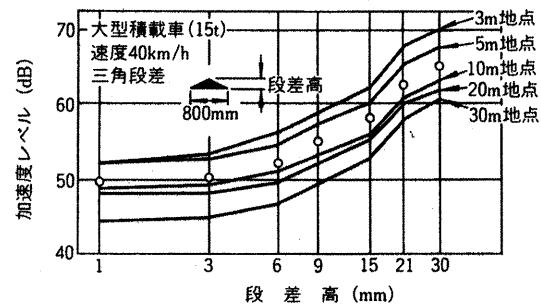


図-3 段差高と道路交通振動  
(東京都江戸川地区)<sup>4)</sup>

段差すり付けに用いる材料の大半は常温混合物で、アスファルト乳剤系と樹脂系とがある。これらの混合物は通常骨材とバインダがパック化され、現場にて両者を混合するものでコテ等で簡単に薄く敷きならすことができる。また施工後すみやかに硬化反応するため、早期に交通開放が可能である。

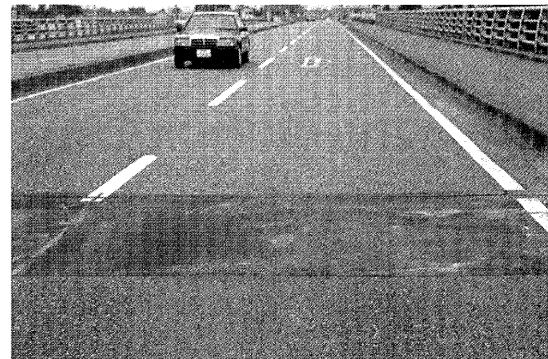


写真-4 橋梁ジョイント部の段差すり付け

#### 5. 切削工法

切削工法とは、アスファルト舗装の表面に流動わだち掘れや寄りが生じて混合物が押し出された部分や交差点の手前などの流動により発生した連続的あるいは断続的な凹凸により平坦性が極端に悪くなった場合に、その部分のみを機械によって削り取り、路面の平坦性を応急的に回復させる工法である。

路面の切削には切削機（コールドプレーナ）が用いられ、それには積込み装置を装備したものと、別途積込み機を用いるものがある。一般に切削幅0.3～2.1mの機械が主流である。

## 6. 排水性舗装の機能回復方法

排水性舗装は、骨材を被覆するアスファルトが夏期の高温時に流動を起こしたり、走行車両のタイヤによってアスファルトモルタルがひきずられることにより空隙をふさぐ「空隙つぶれ」と、排水性舗装の空隙に砂、泥、塵埃等が充填することで、空隙がふさがれる「空隙づまり」によって、透水機能の低下が生じる。

空隙つぶれによる透水機能の低下はバインダに起因するものであるため、その機能を回復させることは非常に困難であるが、一方空隙づまりについては空隙に詰まった砂、泥、塵埃等（空隙づまり物）を除去することによって機能を回復させることができる。ここで述べる排水性舗装の機能回復方法は切削オーバーレイ等の修繕による方法ではなく、洗浄等の手段により空隙づまり物を除去し、機能の低下を予防したり回復させるものである。

現在試みられている方法には、大別すると物理的手法と化学的手法とがある。前者には高圧水による空隙づまり物の洗浄、圧縮空気による空隙づまり物の除去、バキュームによる空隙づまり物の吸引および高圧水とバキュームの併用等があり、後者には過酸化水素水を用いた事例がある。

機能回復機器のなかには洗浄を促進するために高圧水とバキュームの作業に加えて図-4に示すような路面に振動をかけて作業を行うタイプもある。

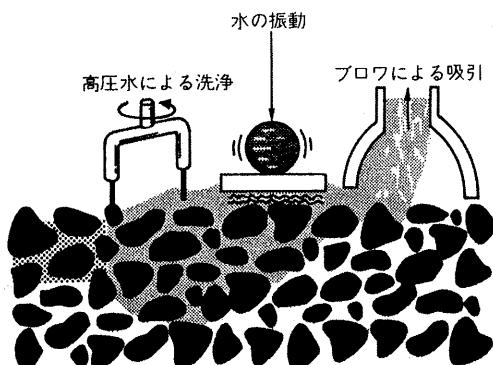


図-4 機能回復の概念図<sup>5)</sup>

なお、機能回復については、機能低下の原因が空隙づまりか空隙つぶれかを判断しなければならないことやどの程度まで機能が低下した時点で回復作業を実施すべきであるかを検討する必要がある。

## 7. おわりに

本文ではシール材注入などの予防的な維持補修を行うことにより、局部的な破損による供用性能の低下を極力抑え、修繕間隔をできるだけ長くする工法について紹介した。

現在、我が国においても舗装ストックの増大に伴い、本格的な補修の時代を迎えている。一方、舗装に対するニーズはより高度化、多様化してきており、現在排水性舗装に代表されるような機能性舗装が脚光を浴びている。今後はさらに特殊な機能や構造を持つ舗装が出現し、それに伴い新たな破損形態も生じてくることが推察される。

したがって、今回紹介したような維持補修工法においても、より一層の改善を図るとともに、新たな舗装にも対処できるように補修材料・施工面からのさらなる検討が必要と考える。

## 参考文献

- 1) 金田, 天野, 久下: 高速道路におけるひびわれシール材の試験施工, 舗装, Vol.25, No.10, 1990.10
- 2) (社)日本道路協会: 排水性舗装技術指針(案), 1996.11
- 3) 伊藤, 鈴木, 安藤, 安久: 排水性舗装補修用高性能常温混合物の開発, 舗装, Vol.31, No.9, 1996.9
- 4) 道路交通振動防止対策委員会: 道路交通振動防止策についての報告, 東京都建設局道路管理部保全課, 1977.6
- 5) 増山, 草刈, 福井, 岡藤: 排水性舗装の機能回復の現状, 道路建設, No.581, 1996.6

# アスファルトの接着性に関する一研究

(A study on adhesion to asphalt)

高 橋 章\*・半 田 伸 夫\*\*・田 中 豪\*\*\*

一般廃棄物の焼却不燃物（焼却灰等）の処理は、大部分が最終処分場へ埋立て処分されている。現在、最終処分場の確保は、環境問題への関心が高まり、非常に困難な状況にあることから各自治体は、早い時期からごみの減量化・再資源化に取り組んでいる。

最近では、廃ガラス等をアスファルト混合物用骨材として試験的に実施されている。しかし、石英系骨材と同様にアスファルトとの接着性（剥離抵抗性）が問題とされている。

本報文は、アスファルトとガラス系不燃物（焼却残渣）との接着性を改善する目的からアルコキシラン類（カップリング剤等）を用い、その改善効果を室内検討試験および試験舗装により検証したものである。

## はじめに

一般廃棄物の焼却不燃物（焼却灰等）の処理は、その大部分が最終処分場へ埋立て処分されている。最終処分場の確保は、土地の高度利用化や土地価格の高騰等の理由により非常に困難な状況にある。各自治体でも早い時期からごみの減量化、再利用化に取り組み始めている中で、平成3年「リサイクル法」が制定され、また「廃棄物処理法」も抜本的な改正がなされ、事業者等への責務も強化されてきた。

船橋市内の焼却プラントにおいても、平成6年3月に既存設備を改良して、焼却残渣リサイクルプラントを建造した。この焼却残渣リサイクルプラントから得られた骨材（ガラス系不燃物）をコンクリート二次製品等の骨材として活用に努めている。

廃ガラスの利用についても、国内で既に試験的に実施されているが、追跡調査による供用性評価の段階で、普及するまでには至っていない。

本報文は、ガラス系不燃物の新たな用途として、アスファルト混合物用骨材としての再利用について検討を行った。骨材としての適用に際し、アスファルトとガラス系不燃物（焼却残渣）との接着性（剥離抵抗性）を改善することを目的として、アルコキシラン類（カップリング剤等）を使用し、その改善効果について室内検討試験および試験舗装を実施したので、ここに紹介するものである。

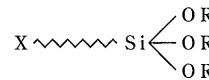
## 1. アルコキシラン類

### 1.1 アルコキシラン類とは

アルコキシラン類とは、化学分野で有機質材料と無機質材料の結合を助ける材料として利用されている。

メカニズムとしては、図-1に示すように1分子中に少なくとも2種類の反応性の異なる反応基をもつものの（カップリング剤）と1種類の反応基をもつもの（シラン化合物）とがあり、これらが化学的に結合するものである。

#### 1) カップリング剤



#### 2) シラン化合物



X：有機質材料と化学結合する反応基  
OR：無機質材料と化学結合する反応基

図-1 メカニズム

一般的な用途は、以下に示すとおりである。

#### 1) ガラス繊維の処理

F R P (Fiber Reinforced Plastic) の製造でガラス繊維を表面処理することで、プラスチックとの付着性を改善させる。

\*たかはし あきら 日新舗道建設㈱

\*\*はんだ のぶお 日新舗道建設㈱

\*\*\*たなか たけし 日新舗道建設㈱

## 2) 無機質および金属材料の表面処理

接着剤と各種の接着材質との接着性を向上させる下処理剤として使用する。  
などがあげられる。

### 1.2 アルコキシラン類の処理方法

アルコキシラン類の一般的な処理方法は、インテグラルブレンド法と前処理法がある。

#### 1) インテグラルブレンド法

無機質材料を混合する時にアルコキシラン類を同時に添加・混合する方法で、製造工程に組み込みやすく作業性に優れている。しかし、この方法は無機質表面への直接処理に比較して効果がにくいため、使用量は樹脂等に対して1.0~3.0wt%必要とされる。

#### 2) 前処理法

無機材料をあらかじめアルコキシラン類で表面処理しておく方法で、乾式処理法と湿式処理法の2つの方法がある。

アルコキシラン類の効果が得やすく、現在主流となりつつある方法である。

##### ①乾式処理方法

無機質材料を攪拌しながら、アルコキシラン類を添加し、均一になるように攪拌した後、乾燥させ

る方法である。

##### ②湿式処理法

最適な濃度に調整したアルコキシラン類水溶液に無機質材料を浸漬し、引き上げた後、過剰な溶液を絞り、乾燥させる方法である。

## 2. 実験概要

### 2.1 焼却残渣

#### 2.1.1 焼却残渣の粉碎・加工

焼却残渣は、船橋市の焼却残渣リサイクルプラント（リサイクルプラント）から生み出されるものを使用した。これは、可燃ゴミを焼却した際に発生するもので、大半はガラス系が多く含まれており、陶磁器等も混入している。これらをリサイクルプラントによって破碎・研磨・分級したものである。リサイクルプランクトのフローシートを図-2に示す。

焼却残渣は、12.0~5.0mm（6号碎石相当：残渣A）、5.0~2.0mm（7号碎石相当：残渣B）および2.0~0.3mm（砂相当：残渣C）の3種類である。残渣A、B、Cの拡大写真を写真-1、写真-2、写真-3に示す。

#### 2.1.2 焼却残渣の性状評価

分級された焼却残渣のアスファルト混合物用骨材としての材料試験結果を表-1に、分類した組成混入率

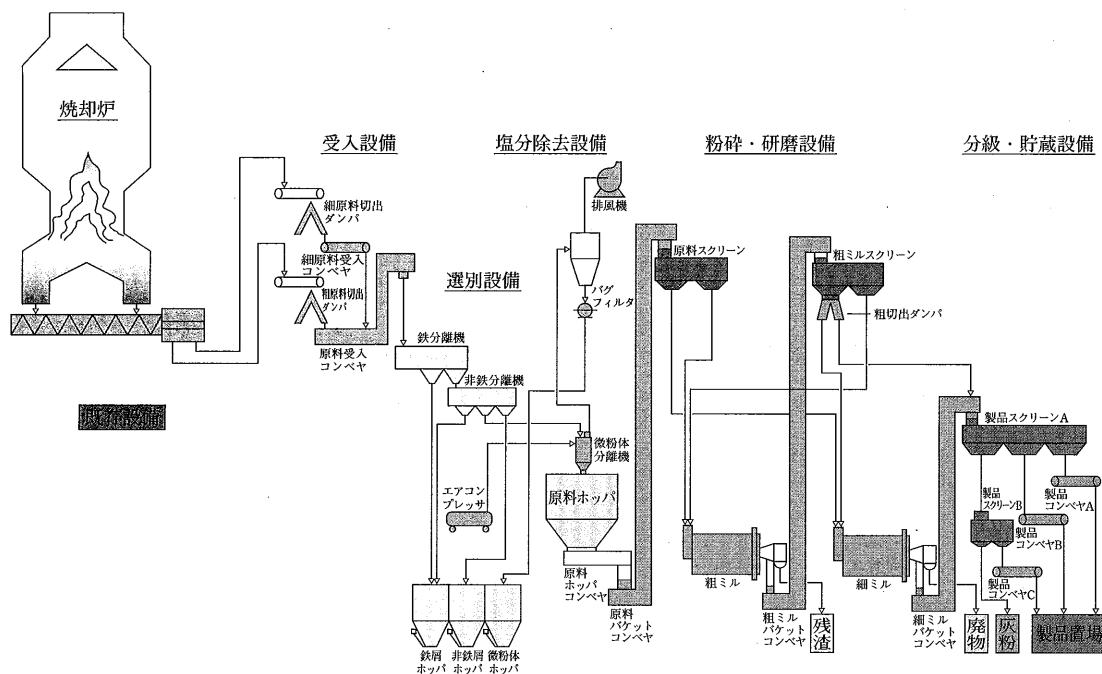


図-2 焼却残渣リサイクルプラントフローシート

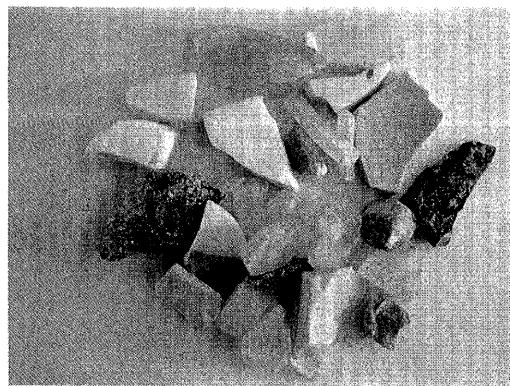


写真-1 焼却残渣A

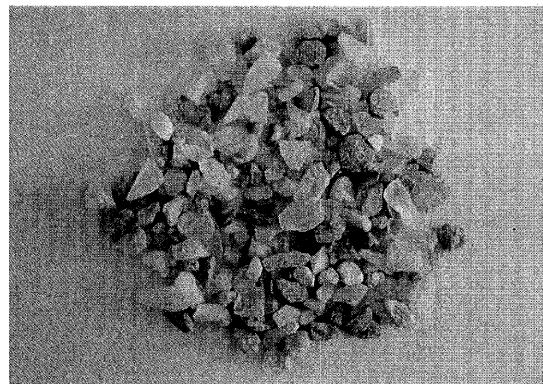


写真-2 焼却残渣B

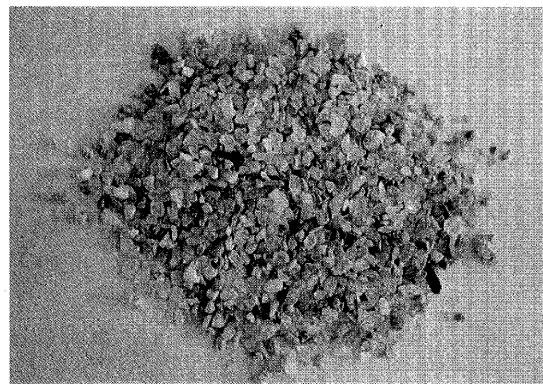


写真-3 焼却残渣C

表-1 焼却残渣材料試験結果

項目		残渣A	残渣B	残渣C	骨材目標値
比重	表乾	2.435	2.399	2.413	2.45以上
	かさ	2.393	2.327	2.488	
	見掛け	2.499	2.508	2.505	
吸水率(%)		1.77	3.10	2.59	3.0%以下
すり減り量(%)		31.1	27.0	—	30%以下
通過重量百分率 (%)	13.2	100.0			
	9.5	84.0	100.0		
	4.75	9.5	93.4	100.0	
	2.36	0.5	28.4	99.4	
	1.18		0.7	42.5	
	0.6			1.2	
	0.3			0.3	
	0.15				
	0.075				

表-2 焼却残渣の組成

分類	ガラス系	陶磁器系	金属系
混入率	72~87%	13~27%	0~1%

※各種残渣においても同様な比率である

比重の平均値により2.45~2.47で、同上品質目標値をわずかながら上まわっている。

・ロサンゼルスすり減り減量は、残渣Aが同上品質目標値(30%以下)をわずかながら越えている。

### 2.1.3 環境に関する安全性

船橋市では、現時点における関連法令的基準項目および基準値についてもっとも関連があり、かつ厳しい基準値である「土壤の汚染に係わる環境基準について」を採用している<sup>1)</sup>。

溶出基準は、表-3に示す。使用した焼却残渣は基準値を満足している。ただし、アスファルト混合物としての溶出試験は行っていない。

### 2.2 アルコキシラン類の処理方法

室内検討試験においては前処理法とし、その手順は以下のとおりである。

・アルコキシラン類を希釈液(水または0.5%酢酸水)で溶解させたアルコキシラン類水溶液を

表-3 焼却残渣の溶出基準

項目	溶出基準値	
カドミウム	0.01	mg/l 以下
鉛	0.01	mg/l 以下
六価クロム	0.05	mg/l 以下
ヒ素	0.01	mg/l 以下
総水銀	0.0005	mg/l 以下
セレン	0.01	mg/l 以下

を表-2に示す。

- 粒度はリサイクルプラントにおいて分級されたもので、残渣Aは6号碎石相当、残渣Bは7号碎石相当、残渣Cは砂相当の粒度範囲である。
- 吸水率は、残渣Bが3.1%で混合物用骨材の目標値(3.0%以下)から、わずかながらはずれてい る。
- 比重は上記吸水率を考慮すると、見掛け比重と表乾

作製する。処理する濃度は、重量比で行うこととする。

希釈液：アルコキシラン類=99:1(1%水溶液)

希釈液：アルコキシラン類=97:3(3%水溶液)

希釈液：アルコキシラン類=95:5(5%水溶液)

・乾燥させた骨材を水溶液に浸漬させる。

・骨材を水溶液から上げ、十分に水を切った後、110℃の乾燥機で乾燥させる。乾燥後の骨材は通常の骨材と同様に取り扱う。

### 2.3 アスファルト混合物

検討試験に使用するアスファルト混合物の種類は、代表的な密粒度アスファルト混合物（密粒<sup>(13)</sup>）とする。混合物の粒度は、アスファルト舗装要綱の粒度範囲の中央値とした。使用するアスファルトはストレートアスファルト60~80である。ただし、焼却残渣の使用は単粒骨材として取り扱うことにした。

焼却残渣以外の材料については、アスファルト舗装要綱の表層および基層における材料品質目標値を満足するものを使用した<sup>2)</sup>。

### 2.4 検討方法

従来から剥離の評価方法には様々な検討がなされているが、ここでは、剥離抵抗性の評価手法について室内における検討試験は、アルコキシラン類の処理によるアスファルト混合物物性をマーシャル安定度試験（安定度）および圧裂試験（圧裂強度）により評価する。試験方法は、舗装試験法便覧に準拠した。

アスファルト混合物の耐水性評価については、水浸マーシャル試験（残留安定度）および水浸圧裂試験（残留圧裂強度）を実施した。ただし、試験養生時間を30分後（標準）、48時間後（48h）、96時間後（96h）とした。また、各条件の供試体は、密度による棄却判定を行い、各条件の密度が等しくなるように設定した。なお、供試体は、各条件で5個作製した。

## 3. アルコキシラン類の改善効果の比較と選定

### 3.1 概要

アルコキシラン類の製造メーカに使用する目的（剥離抵抗性の改善）を示したところ、4種類のアルコキシラン類が推奨された。それらは、アミノシラン、エポキシランおよびメルカプトシランがカップリング剤、アルキルシランがシラン化合物である。

水溶液の濃度は5%とし、処理する骨材は試験後供試体を割って目視判断が行えるように7号碎石で行った。

## 3.2 検討結果

### 3.2.1 締固めへの影響

アルコキシラン類未処理（未処理）における混合物の密度を基準として、アルコキシラン類処理（処理）の締固め度を算出したものを表-4に示す。

水溶液の濃度を5%にして処理をした混合物は、基準密度の100±1%の範囲内になり、処理における締固めへの影響はほとんどないと判断した。

表-4 締固め度

アルコキシラン類の種別	締固め度(%)
アミノシラン	99.7
エポキシラン	99.7
メルカプトシラン	100.1
アルキルシラン	100.0

### 3.2.2 残留安定度試験

残留安定度試験結果は、図-3に示す。

未処理と処理を比較すると、処理したものは水浸養生時間の増加に伴う安定度の低下率が小さくなる傾向にある。これは、処理することにより、耐水性が改善された結果と判断できる。特にアルキルシランは、その改善効果が大きい傾向にある。

密粒<sup>(13)</sup>（9.81kN程度）の標準安定度を基準としたものを図-4に示す。これより、処理を行っても、未処理とほぼ同等であり、安定度が増加する傾向は見られなかった。

### 3.2.3 残留圧裂試験

残留圧裂強度試験結果は、各養生時間における圧裂強度が小さく、明確な傾向が見られなかった。

7号碎石処理

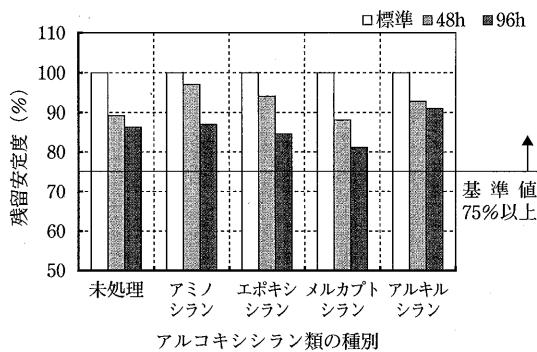


図-3 残留安定度試験結果

## 7号碎石処理

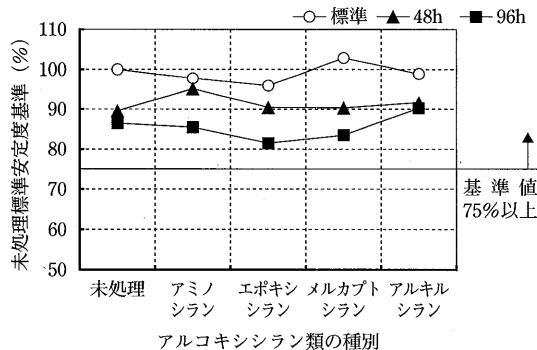


図-4 密粒(13)標準安定度を基準

### 4. 焼却残渣の種別におけるアルキルシランの改善効果

#### 4.1 概要

改善効果の大きかったアルキルシランを用いて、残渣A、残渣Bおよび残渣Cへ処理を行った。

アルキルシランで処理した各焼却残渣を用いてアスファルト混合物供試体を作製し、各種試験を実施した。混合物の粒度を統一することから、密粒(13)配合率の10%を焼却残渣とし、水溶液の濃度を5%に設定して試験を行った。

#### 4.2 検討結果

##### 4.2.1 残留安定度試験

密粒(13)の標準安定度との比で表したものは図-5に示す。

図-5より、密粒(13)と比較すると未処理焼却残渣を混入させると安定度が低下する傾向にある。また、水浸養生時間の増加に伴う安定度の低下率も大きくなり、耐水性が小さくなる傾向にある。

残留安定度試験結果は、図-6、図-7、図-8に示す。

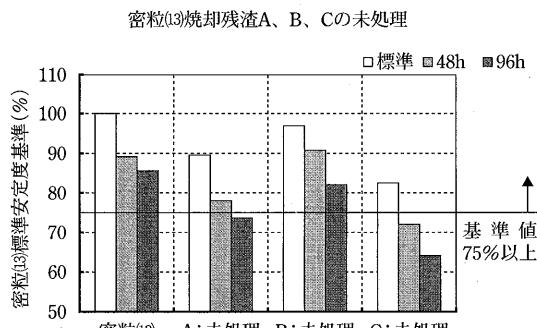


図-5 密粒(13)標準安定度を基準

### 焼却残渣A: 配合割合10%

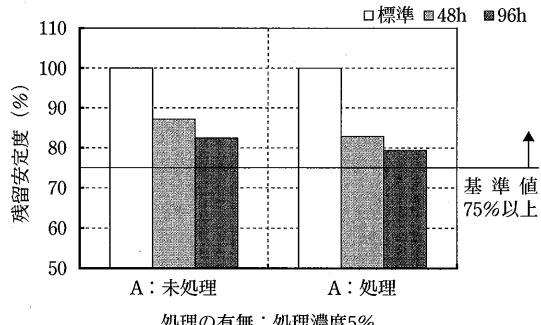


図-6 残渣A残留安定度試験結果

### 焼却残渣B: 配合割合10%

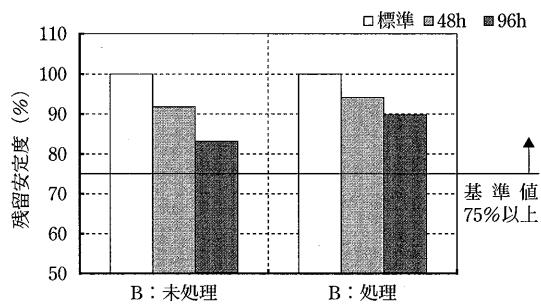


図-7 残渣B残留安定度試験結果

### 焼却残渣C: 配合割合10%

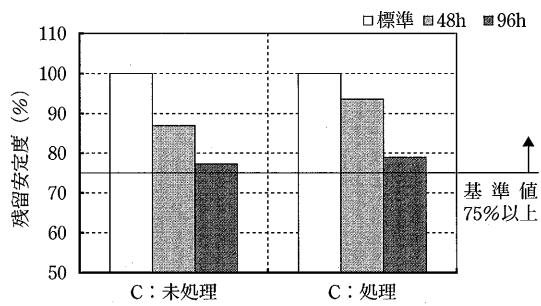


図-8 残渣C残留安定度試験結果

図-6より、残渣Aは未処理と処理を比較しても明確な差は確認することができなかった。原因としては、

- ①アルキルシランによる効果の発現が得にくい。
  - ②改善効果を得るまでの処理濃度ではなかった。
  - ③細長あるいは偏平による影響。
- の3点が考えられる。

図-7より、残渣Bは未処理と処理を比較すると、処理を行ったものは水浸養生時間の増加に伴う安定度の低下率が小さくなっている。これは、明らかにアルキルシランによる効果の影響と考えられる。

図-8より、残渣Cは、残渣Bと同様に効果が確認された。ただし、水浸養生96時間後については、未処理とほぼ同等な結果となった。

これらの結果から、アルキルシラン処理による効果の発現の大きな焼却残渣は、残渣B > 残渣C > 残渣Aの順であった。

よって、残渣Bが処理による効果の発現が得られやすいと判断される。

#### 4.2.2 圧裂試験

圧裂試験結果は、「3. アルコキシラン類の改善効果の比較と選定」で実施した結果と同様に、明確な傾向が見られなかった。

よって、圧裂試験により剥離抵抗を評価することは困難と考えられ、以後の検討試験から削除することにした。

### 5. 焼却残渣配合率におけるアルキルシラン処理濃度の改善効果

#### 5.1 概要

処理による改善効果の大きかった残渣Bについて、配合率を10%、20%および30%とし、アルキルシランの処理濃度を1%，3%，5%と変化させて検討試験を行った。

#### 5.2 検討結果

残渣Bの配合率の増加に伴い標準安定度が低下することが考えられるので、各標準安定度の低下も考慮して、密粒(13)の標準安定度との比で表したものを図-9に示す。

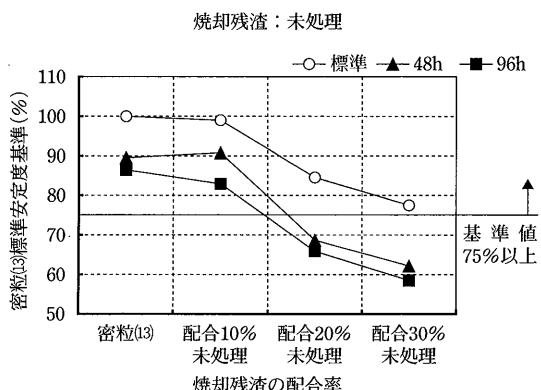


図-9 密粒(13)標準安定度を基準

図-9より、焼却残渣の配合率20%と30%の残留安定度が基準値75%以下になっているが、各配合における残留安定度（図-10、図-11および図-12）は基準値を満足している。密粒(13)と比較すると焼却残渣の混入率を増加させると安定度が低下する傾向にある。また、水浸養生時間の増加に伴う安定度の低下率も大きくなり、耐水性が小さくなる傾向にある。

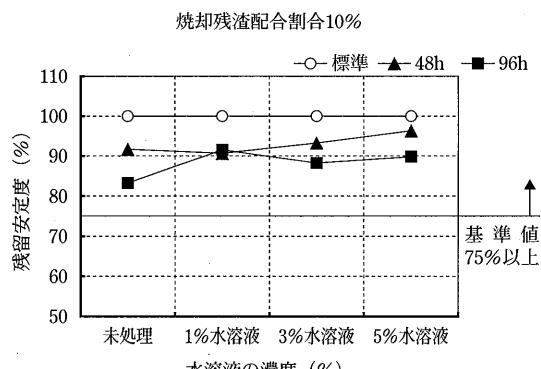


図-10 残留安定度試験結果（残渣10%）

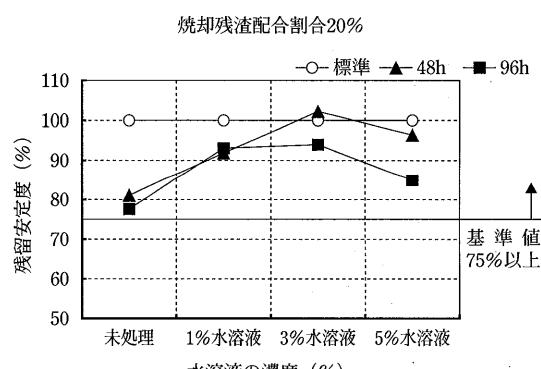


図-11 残留安定度試験結果（残渣20%）

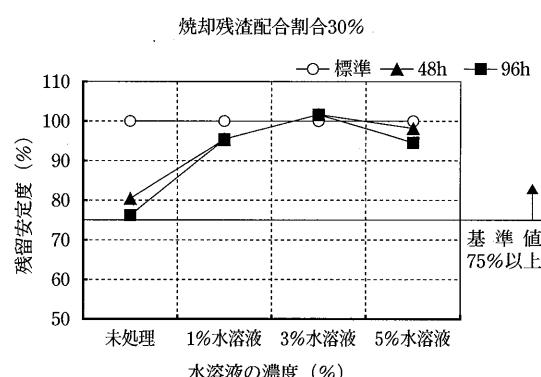


図-12 残留安定度試験結果（残渣30%）

残留安定度試験結果は、図-10、図-11および図-12、アルキルシランの濃度における改善効果としては、未処理の標準安定度との比で表したものと図-13、図-14および図-15に示す。

配合割合10%については図-10より、処理による効果については、水浸養生時間の増加に伴い、安定度の低下率が若干小さくなる傾向にある。図-13から、安定度が未処理と顕著な差がない結果となった。この

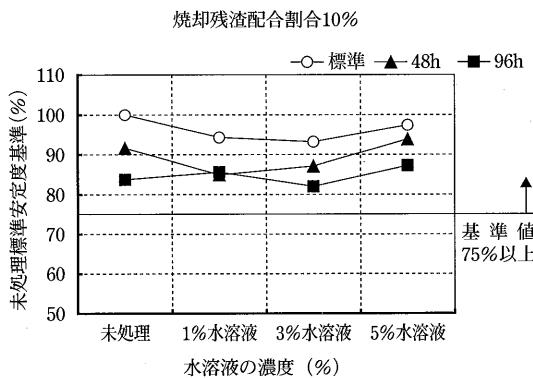


図-13 未処理表運安定度を基準（残渣10%）

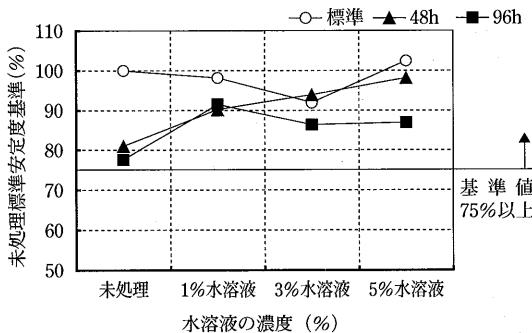


図-14 未処理表運安定度を基準（残渣20%）

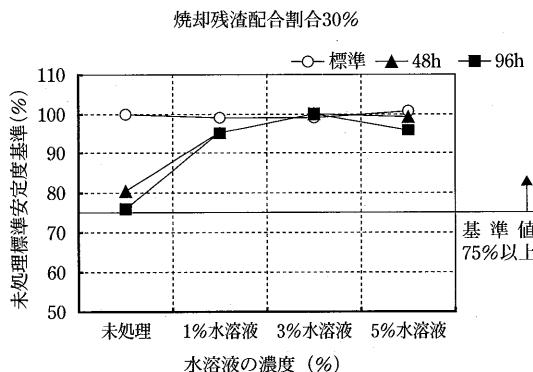


図-15 未処理表運安定度を基準（残渣30%）

ことから、配合割合10%程度では処理を実施してもあまり大きな改善効果は得られないと考えられる。

配合割合20%については図-11より、水溶液の濃度が1%付近から処理による効果が顕著に確認された。また、水溶液の濃度が3%を越えると改善効果が低下した。これは、ある一定の濃度以上になるとアルキルシランの反応が、無機質材料だけでなくアルキルシランの分子同士でも反応し、この反応した分子の層が剥離したと考えられる。図-14より、未処理は水浸養生の増加とともに安定度の低下率が大きくなるのに対して、処理をしたものは低下率が顕著に小さくなる傾向にある。

配合割合30%（図-12および図-15）についても配合割合20%と同様な傾向を示している。

したがって、アルキルシランによる改善効果は、配合割合20%以上から明確に確認され、その効果の変曲点は処理濃度3%付近にある。また、処理する水溶液濃度が1%においても十分な改善効果が確認された。

焼却残渣に付着する水溶液量は、1kg当たり67gであり、水溶液濃度の変化に対してもほぼ同一であった。

## 6. 試験舗装

### 6.1 試験舗装概要

試験舗装は、船橋市にある北部清掃工場敷地内の廃棄物運搬車搬入通路にて行った。アスファルト混合物は、標準混合物の密粒(13)と焼却残渣B入り密粒度アスファルト混合物13（残渣密粒）とした。焼却残渣入り混合物は、未処理と処理したものとし、その配合率を30%，処理する水溶液の濃度は、1%に設定して行った（図-16）。

- 1) 施工場所：船橋市大神保町地内
- 2) 施工時期：平成9年12月15日
- 3) 施工面積：94.8m<sup>2</sup> (t = 5 cm)

使用した骨材の材料試験結果、骨材の配合率および常温骨材の合成粒度は表-5、表-6、表-7に示す。

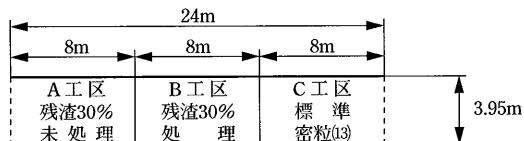


図-16 試験混合物割付図

表-5 使用骨材材料試験結果

項目	6号碎石	7号碎石	碎砂	粗砂	細砂	石粉	品質目標値
通過質量百分率(%)	19.0	100.0					
	13.2	96.1	100.0				
	4.75	12.3	92.6	100.0	100.0		
	2.36	2.1	16.4	93.4	92.9	97.1	
	0.60		4.7	29.5	64.2	74.2	100.0
	0.30		1.9	18.9	30.8	34.1	99.2
	0.15			12.6	11.5	13.8	94.1
	0.075			4.9	3.6	4.3	82.3
見掛け比重	2.778	2.791	2.696	2.657	2.670	2.710	—
表乾比重	2.743	2.741	2.646	2.575	2.550	—	2.45≤
かさ比重	2.718	2.712	2.617	2.525	2.477	—	—
吸水率(%)	0.93	1.04	1.12	1.96	2.71	—	3.0≥
すり減り減量(%)	22.6	—	—	—	—	—	30≥
安定性(%)	4.4	5.9	2.4	5.9	3.8	—	12≥

表-6 骨材配合割

項目	残渣密粒(13)	密粒(13)
残渣B	30.0	—
6号碎石	35.0	40.0
7号碎石	—	19.0
碎砂	8.1	10.0
粗砂	15.0	18.0
細砂	7.0	8.0
石粉	4.9	5.0
アスファルト量	5.5	5.5

表-7 常温骨材合成粒度

項目	残渣密粒(13)	密粒(13)
通過質量百分率(%)	19.0	100.0
	13.2	98.6
	4.75	67.3
	2.36	42.4
	0.60	22.1
	0.30	13.4
	0.15	8.3
	0.075	5.2

## 6.2 混合物製造

混合物の製造は、2,000kg/バッチの新規合材・再生合材兼用プラント（2ドライヤータイプ）を用いた。

残渣の投入は、再生骨材ホッパーからベルトコンベヤで新規骨材とは別に再生骨材専用ドライヤーへ送り、一旦サージビンに貯蔵した後、残渣を計量してミキサーに投入した。

処理方法は、室内検討試験と同様に前処理法とし、

再生コールドピンと傾斜ベルトコンベヤの2箇所で行った（写真-4、写真-5）。ミキサー混合時に処理をする方法も考えられるが、水溶液（1%濃度）が1バッチ当たり37kgと多く、残存した水分や混合物の

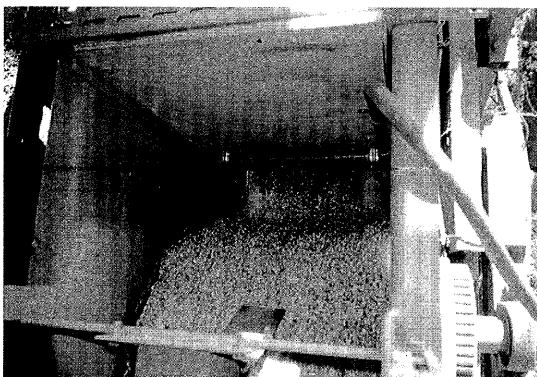


写真-4 処理状況

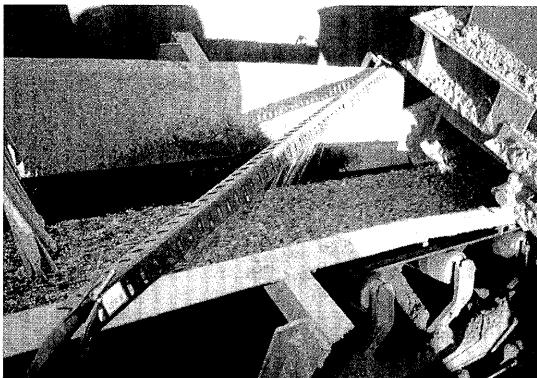


写真-5 処理状況

温度低下が懸念されるため、今回は見送ることにした。しかし、この方法については、水溶液の水分割合を低減させ、その改善効果の影響等についての検討が必要であり、今後の検討課題である。

プラントで混合物を製造するにあたり、ミキサーによる残渣の粉碎および細粒化が懸念されたため、事前に残渣のみで1分30秒間の混合を行ったところ、残渣の粉碎や細粒化は確認されなかった。

以上の製造方式により、焼却残渣を使用した場合、アスファルトプラントの製造能力等に影響を生じるかを検証した。

連続運転した際の処理は、散布装置能力に大きく依存する。今回は簡易水中ポンプで散布したことから、ポンプの能力に合わせた骨材の供給（通常の半分の回転数）となり製造能力は低下した。これは散布装置の能力を高めることにより解消されると考えられる。

混合時間についてはドライ5秒、ウェット35秒としたが、アスファルトは残渣を確実に被膜しており、材料分離も確認されず良好な状態であった。

プラント管理試験項目として温度、粒度、アスファルト量の各項目については、設定どおりの品質であった。

### 6.3 混合物の施工

施工は、アスファルトフィニッシャー、コンバインドローラの組合せで実施した。施工状況は通常のアスファルト混合物と変わりなく、材料分離や引きずり、転圧時の混合物の落ち着きも特に問題はなく、間近で見るとアスファルトでコーティングされたガラスや陶器類が観察された。また、仕上がり面も良好であった。

### 6.4 混合物性状

標準安定度は、残渣密粒が8.50kN程度、密粒(13)が9.10kN程度となり、焼却残渣を混入させると安定度が低下した。残渣密粒の未処理と処理の標準安定度はほぼ同様な値となった。

残留安定度試験結果は、図-17に示す。処理による効果は、室内検討試験と同様に未処理と処理を比較すると水浸養生時間の増加による安定度の低下率が小さくなる結果となった。

### 6.5 追跡調査

追跡調査は、わだち掘れ測定、すべり抵抗測定、路面の粗さ測定および目視観察と路面性状を中心に行う。調査回数は、施工後、3ヶ月後、6ヶ月後、1年後および2年後の計5回を予定している。

本調査施工箇所は、清掃工場内廃棄物運搬車（4t

## 試験舗装

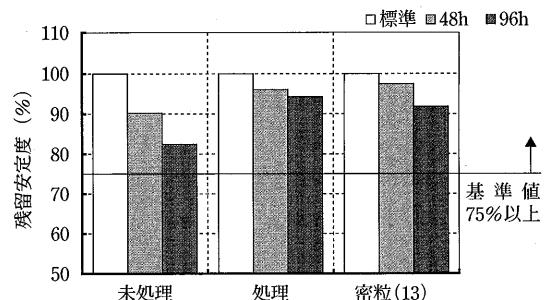


図-17 残留安定度試験結果

車両が中心）の搬入路であるため、その車両重量と台数が明確なことから、交通量と路面性状との関係を評価する予定である。調査項目および試験方法は、表-8、施工直後の調査結果を表-9に示す。

表-8 調査項目および試験方法

調査項目	試験方法
横断形状測定	横断プロフィルメータによる
すべり抵抗測定	BPN法、DF法
粗さ測定	サンドパッキング法

表-9 施工直後の調査結果

調査項目	未処理 A工区	処理 B工区	密粒 C工区	目標値
わだち掘れ量	mm	0	0	0
BP	—	69	70	69
すべり 抵抗	40km/h	0.42	0.50	0.58
	50km/h	0.38	0.45	0.55
	60km/h	0.36	0.42	0.53
きめ深さ	mm	0.41	0.42	0.36

※ 目標値は、BPNが日本道路公団施工管理要領基準集、摩擦係数が日本道路協会道路維持修繕要綱。

表-9より、残渣密粒と密粒(13)を比較すると、BPNについては同様な値であるが、動的摩擦係数については、残渣密粒の方が小さくなっている。きめ深さについては、残渣密粒の方が粗くなっている。

残渣密粒の未処理と処理では、処理をした方が動的摩擦係数が大きくなかった。

## 7.まとめ

アルコキシラン類で処理を行った焼却残渣を用いた混合物の室内検討試験および試験舗装により得られた結果は、以下に示すとおりである。

- 1) 焼却残渣の混入率の増加とともに、マーシャル安定度は低下する傾向にあった。
- 2) アルコキシラン類により処理を行うと、水浸養生後のマーシャル安定度の低下率が小さくなることから、耐水性を改善させる効果があった。
- 3) 改善効果の大きかったアルコキシラン類は、1種類の反応基もつアルキルシラン(シラン化合物)であった。
- 4) アルキルシランによる改善効果の大きかった焼却残渣は、残渣B > 残渣C > 残渣Aの順であった。
- 5) アルキルシランを用いた場合、残渣Bの改善効果が得られる配合率は20%以上であった。
- 6) アルキルシランによって改善効果があった水溶液濃度は、3%付近に変曲点がある。しかし、1%濃度でも十分な改善効果があった。
- 7) 施工性について、残渣密粒は通常の密粒<sup>(13)</sup>と変わらない仕上がりであったことから、問題のない混合物と判断された。

## 8. あとがき

焼却残渣の再利用と減量化の目的から、ガラス系不燃物をアスファルト混合物用骨材として、利用できる可能性を見ることができた。それは、室内検討試験および試験舗装により、

- ・アルコキシラン類による改善効果
- ・アスファルトの接着性の改善効果
- ・アスファルト混合物用骨材としての再利用

である。

しかし、実路における供用性については、試験舗装の今後の追跡調査による評価を待たなければならない。

今後の検討課題としては、環境に対する安全評価、

実用化だけでなく今後の再生へ向けての配合量の検討、製造時における水溶液の水分低減による低エネルギー化、そして処理方法について更なる検討を行う必要がある。

最後に本報文をまとめるにあたり、焼却残渣の提供と試験舗装ヤードの協力をしていただいた船橋市環境部北部清掃工場の方々に謝意を表する次第である。

## — 参考文献 —

- 1) 船橋市：焼却灰再生品利用技術指針（案），1996.3
- 2) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱，1992.12
- 3) 古川等：廃ガラス骨材入りアスファルト混合物の性状、第21回日本道路会議論文集、1995.10
- 4) 安部等：破碎ガラスを利用したアスファルト舗装施工事例、第21回日本道路会議論文集、1995.10
- 5) 島村等：最終処分場におけるガラス廃材のアスファルト舗装への適用例、第21回日本道路会議論文集、1995.10
- 6) 湯川等：ガラスピンカレットのアスファルト舗装への再利用、舗装 Vol.32 No.4, 1997.4
- 7) 大道等：ガラス系リサイクル骨材を用いた加熱混合物についての一考察、第22回日本道路会議論文集、1997.12
- 8) 市川等：ガラス廃材混入アスコンの性状について、第22回日本道路会議論文集、1997.12
- 9) 今井等：ガラス粒混入アスファルト混合物に関する2, 3の検討、第22回日本道路会議論文集、1997.12

## 「第3回舗装のリフレクティブクラッキングに関する国際会議」の論文抄録

1997年オランダのマーストリヒトで第3回のリフレクティブクラッキングの国際会議が行われました。会議は、パート1：リフレクティブクラッキングの発生原因と防止策、パート2：アスファルトオーバーレイ層のひびわれ抵抗性、パート3：中間層（応力緩和層）の試験方法、パート4：設計、パート5：維持管理の5テーマからなっています。論文集は、論文数59編、561ページから構成されています。

本報告では、その中からパート1～3までの論文抄

録を報告します。リフレクティブクラッキングの発生原因について室内や実道での検討、その評価試験と理論的な検討及び各種応力緩和層の性能評価試験についての報告です。今までよりも耐久性のあるリフレクティブクラッキングの補修工法や長寿命化舗装の応力緩和層等への適用に参考になるものが多いと言えます。

(研究グループ代表幹事：峰岸順一)

### アスファルト舗装技術研究グループ名簿

\* は班長 \*\* は副班長

峰岸順一 東京都建設局道路管理部保全課

\*阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所  
飯田健一 鹿島道路(株)技術部  
伊藤達也 ニチレキ(株)技術研究所  
岡藤博国 世紀東急工業(株)技術部  
鎌田孝行 常盤工業(株)技術研究所  
小笠幸雄 (財)道路保全技術センター  
風林克也 日本道路(株)技術部技術開発課  
小林正利 福田道路(株)技術研究所  
\*\*金井利浩 鹿島道路(株)技術研究所  
北澤弘明 ニチレキ(株)情報システム部  
黒田 智 日本鋪道(株)技術研究所  
越健太郎 前田道路(株)技術研究所  
\*小関裕二 大林道路(株)技術研究所  
\*佐々木巖 建設省土木研究所材料施工部化学研究室  
佐藤雅規 世紀東急工業(株)技術研究所  
清水浩昭 世紀東急工業(株)技術研究所  
菅野伸一 常盤工業(株)技術研究所  
鈴木秀輔 大成ロテック(株)技術研究所  
鈴木康豊 (株)パスコ道路技術センター  
鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所  
\*\*関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手

高橋光彦 大成ロテック(株)技術研究所  
高田祥子 日本道路(株)技術本部技術研究所  
谷口 聰 建設省土木研究所舗装研究室  
立石大作 日本石油(株)中央技術研究所  
手塚朗子 東亜道路工業(株)技術研究所  
東本 崇 大林道路(株)技術研究所  
玉木琢雄 大成ロテック(株)技術部  
浜田幸二 日本道路(株)技術本部技術研究所  
早川洋子 (株)パスコ道路技術センター  
林 信也 鹿島道路(株)技術研究所  
\*\*深沢邦彦 大成ロテック(株)技術研究所  
藤谷 篤 昭和シェル石油(株)中央研究所  
舟根 穀 常盤工業(株)技術研究所  
牧田哲也 ニチレキ(株)技術研究所  
\*増山幸衛 世紀東急工業(株)技術部技術一課  
水口浩明 前田道路(株)技術研究所  
水野卓哉 福田道路(株)技術研究所  
村田信之 日本鋪道(株)企画部  
山脇宏成 (株)ガイアトクマガイ技術研究所  
吉村啓之 前田道路(株)技術研究所

計42名

# Part one Origin and prevention of reflective cracking

## 第1章 リフレクティブクラッキングの発生原因と防止策

(1)著者名 (2)原文題名 (3)ページ (4)和文題名 (抄訳者名) (5)論文概要

(1) LEFORT, M. (フランス)

(2) Technique for Limiting the Consequences of Shrinkage in Hydraulic-Binder-Treated Bases

(3) pp.3~8

(4) 水和反応で固化する路盤の収縮を抑制するための技術

(阿部長門)

(5) 近年、セメント安定処理路盤の収縮によるクラックやコンクリート版の目地から誘発されたクラックがアスファルト混合物のオーバーレイ層に見受けられる。これらの対策工法として、ここでは、凹状のくぼみをつける3種類のプレクラッキング工法の特徴を紹介している。

また、セメント安定処理路盤にプレクラッキングを施した場合とプレクラッキングがない状態をFWDで比較した。FWDのたわみ差から、プレクラッキングを施したセメント安定処理路盤の方が変形が少なく強度が高いとしている。100mあたりの横断クラックの発生本数の比較では、3m間隔で50mm程度の深さのプレクラッキングに8cmのオーバーレイを行った場合はオーバーレイ厚さ14cmに相当するとしており、プレクラッキングによってセメント安定処理路盤に縦横無尽にクラックが発生することがなくなり、舗装表面に発生するクラックが遅延でき、供用性の高い舗装になるとしている。

本研究は、パリの交通運輸研究所が中心となって試験施工を進めた結果である。日本においては、セメント系安定処理路盤やローラ転圧コンクリート（基盤）を用いた長寿命化舗装が検討されている。このようなプレクラッキング技術を、日本においても適用した試験施工などを行うことも必要と考えられる。

(1) Halim, A.O.A.E., Nabi, R.M.A., Aleem, A.A., Easa, S.M., Haas, R. (カナダ)

(2) Effect of Highway Geometry and Construction Equipment on the Problem of Reflection Cracks

(3) pp.9~17

(4) リフレクティブクラッキングに対する道路断面と舗設の影響

(伊藤達也)

(5) アスファルト舗装において、直線部や曲線部といった、線形の違いが横断ひびわれの発生状況に影響を及ぼすか否かを現場調査と有限要素法による解析より検討している。現場調査は、冬場-30℃を下回るカナダのオタワと、氷点以下にならないエジプトのカイロと地理条件、交通条件などの諸条件も異なる2ヶ国で行われた。

道路断面として、曲線部、スロープ部、橋梁が選ばれ、比較としてそれら前後の直線部も含まれている。調査結果より、両国とも、横断ひびわれの間隔は、直線部が最も長く、曲線部、スロープ部、橋梁部の順に短くなっている。道路断面の影響を受けていることが認められた。また、有限要素法による解析からも同様な結果が得られている。

本論文は、横断ひびわれの発生状況が道路断面により異なることを示したものであり、今後、道路断面を考慮した設計方法や施工方法など検討していく必要があろうと問題提起している。

なお、基層以下の材料がコンクリートなのかアスファルトなのか、またその状態がどの程度であったかなどの記述はなく、我が国でいうリフレクティブクラッキングというよりも、温度ひびわれに関する内容に近いものである。

(1) Engbers, G. and Smallegange, J.P. (オランダ)

(2) The development of Emulsification : a Base Material with a Future

(3) pp.18~29

(4) 乳化セメントの開発：将来性のある基本材料

(風林 克也)

(5) アスファルト混合物が修繕維持のため再生を必要とする場合、再加熱による再生方式では加熱時に有害な蒸気を発生し環境に悪影響を与えることが指摘されてきた。

そこで本研究は常温でおかつタール分の土中の流出の無い再生技術の確立を目的として行われた。

タール分を含んだ混合物は、現地より採集した後、粒径0.25mmまでクラッキングし、砂15%，セメント3%，乳剤3%を添加し、ジャイレトリー試験器により締め固め、密度、圧縮強度、スティフネス係数、引張り強度、動的クリープ試験が行われ、混合物の特性が求められた。

更に環境保護の目的でタル分の混合物中への固定を確認する濾過試験が行われた。

これらの試験結果を踏まえて、路盤材として再利用する場合の交通量区分別標準舗装断面が求められるとともに、有害物質の混合物中への固定が確認され、乳化セメントが常温の再生においても高い価値を生む基本材料として将来性のあることが確認された。

我が国でも環境の保全に対する建設業者の努力が要求されており、参考となる文献である。

(1) SHALABY, A., ABD DE HALIM, A.O. and EASA, A., (カナダ)

(2) Influence of Thermal Stresses on Constructions-Induced Cracks

(3) pp.30~39

(4) 建設時に挿入した誘発クラックの温度応力の影響

(阿部長門)

(5) 近年建設された舗装表面に発生するヘーケラックのパターンは、古い舗装の影響によるものが多い。

ここでは、温度荷重によるクラックの伝播を測定すること場所と幾何学特性に基づく横断クラックの分類を行った。解析にはFEMを用い、荷重サイクルによるクラック伝播の定義と応力度ファクターを計算する手法の2種類のそれぞれ独立した破壊力学を利用した。

温度応力をシミュレートする繰返し引張り試験結果より、アスファルト混合物に発生する表面からのクラックと下からのクラックを比較すると、下からのクラックの方が応力度が大きく、両者のクラックがアスファルト混合物を貫通する寿命は約2倍の差がある。また、3次元解析から、水平方向のクラックの成長は、下層にクラックがない場合は増加しないが、下層にクラックが存在することで加速的に増大する。

室内実験とFEM解析の結果はほぼ一致しており、荷重と温度や下層の条件などにより発生する位置やクラックがアスファルト混合物層を貫通する時期が予測できる。

本研究は、クラックのメカニズムを解明するために検討がなされており、さらに現場の状況によってクラックを抑制するための切り欠き（誘発目地）をどこに入れればよいか検討されている。日本においても、クラックの抑制や補修方法などの検討だけでなく、このようなクラックの発生や成長などに関する基礎的な検討も必要と思われる。

(1) Gschwendt L., Medelsky V., and Polakovic L. (スロバキア)

(2) Prevention of Cracking in Semirigid Pavement Base by Slow Setting Binder

(3) pp.40~46

(4) 緩結性結合材を用いた半剛性路盤のひびわれ防止について

(岡藤博国)

(5) 本文は、リフレクティブクラッキングを抑制するために、高炉スラグから成る水硬性の緩結性結合材を用いて路盤安定処理を行った場合の力学特性や拳動について述べたものである。

まず、クラックの形態や発生原因、対処法について簡単に述べている。

その対処法の一つとして、筆者らは緩結性結合材を用いた半剛性路盤を挙げており、力学特性を調べるために圧縮試験と曲げ試験を行っている。試験は、ポルトランドセメントを用いた場合と緩結性結合材を用いた場合について、所定の養生時間が経過した時点で行われている。緩結性結合材を用いた混合物は、ポルトランドセメントを用いたものと比べ、強度の発現がかなり遅い事が示されている。

また、緩結性結合材を用いた混合物については、3種類の骨材配合で試験されており、配合の違いにより強度特性が異なることを示している。試験結果は経過日数と圧縮強度および曲げ強度の関係として整理され、強度発現の予測式を作成している。

さらに、円形試験走行路において、この路盤材料を用いた3種類の舗装構造で舗装を構築し、載荷によって発生するひびわれについて調査している。その結果、設計時の予想を2倍程度上回る載荷数までひびわれは発生せず、この路盤上に新たにアスファルト舗装を施工した場合、ひびわれ防止に有効であることが示されている。

(1) Shahid M.A., and Thom N.H. (イギリス)

(2) Performance of Cement Bound Bases with Controlled Cracking

(3) pp.55~64

(4) ひびわれ誘導目地を設けたセメント処理路盤のパフォーマンス

(岡藤博国)

(5) 本文は、セメント処理路盤にひびわれ誘導目地を設けることにより、不規則なひびわれの発達を抑制する手法および供用性調査について述べたものである。

2種類のセメント処理材料を用いた試験施工を行い、ひびわれ等の目視調査、FWDによるたわみ測定および抜

取り供試体による室内試験を行っている。

施工2ヶ月後の目視調査では、誘導目地を設けた箇所でのひびわれを発見できなかった。抜き取り供試体によって概ね幅0.25mm以下のひびわれの発生を確認したが、非施工箇所に比べわめて小さいことが示されている。

FWDによる調査では、主にひびわれ箇所の荷重伝達効果について述べられており、誘導目地によって発生したひびわれは、非施工箇所に発生したひびわれに比べ荷重伝達効果が大きいことが示されている。

温度変化とひびわれの幅の増分についても調査され、誘導目地の適切な施工間隔について述べられている。

オーバーレイ後のアスファルト層のひびわれについては、フランスでの例を引用し、誘導目地を設けることによりリフレクティブクラッキングの発生個数を抑制できるとしている。それにより、オーバーレイ厚さを減少させることが可能としている。

- (1) Alexander, W. S. (オーストラリア)  
(2) Controlling Shrinkage Cracking from Expansive Clay Sub-grades  
(3) pp.65~71

- (4) **膨張性の路床土上に構築される舗装のリフレクティブクラッキング防止対策** (小笠幸雄)  
(5) 膨張性の路床土上に構築される舗装では、年間の湿润期や乾燥期を通して、路床の体積変化の影響を受け、路盤やアスファルトコンクリート層が完全であっても、舗装表面にひびわれが生じることが多い。

本論文は、路床上面にジオテキスタイルやジオグリッドを設置したり、舗装端部に水を遮断する施設を設置することにより、リフレクティブクラッキングを防止する工法について、その設計、施工、問題点について紹介したものである。

路床上面に各種のジオテキスタイルやジオグリッドを設置し、さらに舗装端部に舗装外部および内部からの水を抜き取ることのできる垂直フィルター壁（水遮断施設）を設置した試験施工を行い、追跡調査により、リフレクティブクラッキング防止効果を評価している。

現地の舗装では、膨張性土の含水比が非常に大きく変化する季節を経た後にもかかわらず、舗装表面には全くひびわれが生じていないことが分かり、ジオテキスタイルやジオグリッドの設置と舗装端部の水遮断施設の設置が、膨張性の路床土上に構築される舗装の供用性の維持に大きく貢献することが分かった。

リフレクティブクラッキング防止対策として、ジオテキスタイルやジオグリッドによる手法は、日本国内でも多くの実績があるが、舗装端部に水遮断施設を設置してさらにリフレクティブクラッキングを抑制する対策は興味深い。

- (1) Jofre, C and Vaquero, J. (スペイン)  
(2) Performance of Precracked Cement Treated Layers in Spain  
(3) pp.72~81

- (4) **プレクラッキング技術により良好な供用性を得たセメント系材料の舗装** (小笠幸雄)  
(5) プレクラッキング技術は、転圧コンクリート舗装において、主にスペインで開発され、スペインの主要道路では1984年から1995年末までに、2車線道路換算で250km以上で使用されている。この技術は、転圧前の材料をバイプレーションプレードでカットするものであり、リーンコンクリート路盤やセメント再生舗装やセメント安定処理路盤にも適用できる。

本論文は、プレクラッキング技術が採用された幾つかの区間の供用性を調査し、その結果としてジョイント間隔の重要性とそのジョイント間隔が、2.5m~4mのものがもっとも効果的であることを論じたものである。

10m~15mのジョイント間隔のものは供用性が悪く、7mのジョイントのものは、供用性の低下は少ないものの、リフレクティブクラッキングが見られる。2.5m~4mのジョイント間隔のものは、転圧コンクリートやセメント安定処理路盤で問題なく、それは将来に渡って保証できる結果であった。

施工された転圧コンクリートは、設計時の要因や実際の通過交通が様々であり、明確な結論は得づらいものの、ジョイント間隔は、転圧コンクリートおよびセメント安定処理路盤において、プレクラッキング技術の効果に最も大きい影響を与え、また、セメント再生舗装は品質に大きい変動があるが、プレクラッキング技術は、この舗装でも高い推薦を得ている。

- (1) Scarpas, A., De Bondt, A.H., Molenaar, A.A.A., and Gaarkeuken, G. (オランダ)  
(2) Finite Elements Modelling of Cracking in Pavements  
(3) pp.82~91

#### (4) 有限要素を用いた舗装内のひびわれのモデル化

(金井利浩)

- (5) ひびわれの入った舗装にオーバーレイを施工すると、リフレクティブクラックが発生して、補修後の舗装が設計寿命より早期に破壊に至ることがある。

本報は、デルフト工科大学で開発されたCAPAという有限要素プログラムにより、そのような舗装においてひびわれがオーバーレイ層を貫通するのに必要な繰り返し荷重載荷回数を求める方法について述べたものである。

ひびわれのタイプは、既設舗装のひびわれがそのままの位置で直上にオーバーレイ層を貫通するタイプAと層界面にはがれが生じ、既存のひびわれからわずかにずれた位置から直上に進行していくタイプBに分類される。

解析は、有限要素プログラムCAPAを用いて行われる。

ケーススタディとして、オランダの高速道路舗装を例にとり、界面の接着状態を変化させるなどして解析した結果からの知見を示している。

CAPAは載荷荷重の移動が考慮できること、ひびわれの進行に伴って自動的に要素メッシュが再構築されるなど、優れた機能を有している。さらに詳細について興味のある方には、巻末の参考文献を参照することをお薦めしたい。

- (1) Radovsky, B.S., Mozhgovoy, V.V., Gamelyak, I.P., Sabo, H, and Shevchuk, V.R. (ウクライナ) Merzlikin, A.E. and Babak, O.G (ロシア)

- (2) Forecasting the Formation of Reflective Cracking in Asphalt Pavements Reinforced with Glass Fiber Mesh

- (3) pp.92~99

#### (4) グラスファイバーメッシュで補強されたアスファルト舗装のリフレクティブクラッキングの形態について

(小林正利)

- (5) 本研究では、リフレクティブクラッキングの形態を予測する方法を提案するとともに、補強グリッドを用いたアスファルト舗装の補強の評価を可能としている。この補強方法はアスファルトコンクリートの熱レオロジー特性の計算に基づいている。クラックの形態における交通作用と温度の影響が考慮されている。

アスファルトコンクリート舗装は無限の長さ、幅、厚さを持つ下層スラブをベースとし、その上にある有限の長さ、幅、厚さを持つスラブの多層構造を想定している。この内、一つの層は補強グリッドによる中間層を仮定している。このモデルに対して、応力状態、及びクラックの形態を仮定し、有限要素法に基づき補強グリッドの効果を予測する。材料の物性に関する常数は室内試験により決定される。

結果として、所定のライフサイクルを確保するために必要とされる舗装厚さは、補強グリッドによる中間層の適用により22~25%程度減少できる。

リフレクティブクラッキング、およびその抑制効果等に関する論文は世界各国で数多く見られる。極寒の地、ロシア、ウクライナにおいてもリフレクティブクラッキングは舗装の破壊形態の主要なもの一つと考えられる。

しかし、研究の背景や詳細な条件が示されていないことが残念である。

## Part two Crack resistance of asphalt overlays

### 第2章 アスファルトオーバーレイ層のひびわれ抵抗性

- (1) Sousa, J.B., Shatnawi, S., Cox, J. (ポルトガル)

- (2) An Approach for Investigating Reflective Fatigue Cracking in Asphalt-Aggregate Overlays

- (3) pp.103~112

#### (4) リフレクティブ疲労ひびわれ調査へのアプローチ

(伊藤達也)

- (5) SHRPで混合物試験機として開発されたせん断試験機を利用した、リフレクティブ疲労ひびわれ試験装置と試験方法の概要を紹介している。

試験に用いる供試体の形状は円形か長方形であり、その大きさは、縦、横が最大175mm、厚さが最大70mmである。供試体はひびわれを想定した隙間が水平方向に、試験機に接続される。そして、コンクリート版の温度収縮を想定した水平変位と交通荷重を想定したせん断変位が供試体に与えられる。水平変位は試験機のアクチュエータの動きで、せん断変位は水平に設置された空気圧制御によるピストンの動きで与えられる。

評価は、ひびわれ部の軸スティフネスとせん断スティフネスが初期スティフネスの50%となるまでの繰り返し回数で行われる。

ストレートアスファルトとゴム入りアスファルトを使用した混合物の疲労ひびわれ抵抗性を、比較した結果、後者が優れている結果となった。

本論文で紹介している試験装置は、コンクリート舗装上におけるアスファルト混合物のリフレクティブクラッキング抵抗性を評価するためのものであり、2つの変位（水平、せん断）を供試体に与えられる点が今までと大きく異なる。

- (1) Terlouw, E., Valkering, C.P. and Vonk, W.C. (オランダ)  
(2) on the Failure Strain of Asphalt Mixes Produced with SBS-modified Binders  
(3) pp.113~122

- (4) **SBS改質アスファルト混合物の破壊ひずみ** (小関裕二)  
(5) クラックの発生した舗装上のオーバーレイや鋼床版上の舗装などでは、アスファルト混合物の耐久性の向上と破壊ひずみを増大させるために、ポリマー改質アスファルトが適用されている。本論文は、SBS改質アスファルトを用いた各種混合物の破壊ひずみの試験結果を報告している。

改質アスファルトのSBSポリマー量とベースアスファルトの針入度の違いによる混合物の破壊ひずみを比較するため、単純曲げ試験、圧裂試験、繰返し間接引張試験、クラック進行試験を実施し、また、ポリマー量の増加により改質アスファルトの針入度が変わるので、さらに添加剤を加えて改質アスファルトの針入度を一定にして作製した混合物の試験も行っている。試験に用いた混合物は、ストーンマスチックアスファルト混合物を中心開粒度アスファルト混合物、密粒度アスファルト混合物である。

軟らかいベースアスファルトを使用し、SBSポリマーを5%以上添加することにより、破壊ひずみの増大が顕著となり、ポリマー改質アスファルトの使用により、クラックの進行を抑制することが可能であると述べている。

本論文では、実際のリフレクティブクラッキングに対する効果について言及されていないので、今後、実際の舗装での適用とその効果の検証に期待したい。

- (1) Krans R.L., Tolman F. and Ven M.F.C. van de (オランダ)  
(2) Semi-circular Bending Twst: A Practical Crack Growth Test Using Asphalt Concrete Cores  
(3) pp.123~132

- (4) **半円形供試体の曲げ試験：コアを用いたクラック進行試験** (佐々木巖)  
(5) アスファルト混合物のひびわれに関しては、様々な評価試験方法（直接引張り、間接引張り、3点曲げ、4点曲げ、初期ひびわれの有無等）が試みられてきている。本報は、既存の試験法について種々の検討を行った上で、半円形供試体によるアスファルト混合物の曲げ試験(SCB)について述べている。

SCBは、通常のマーシャルコアを直徑方向に2等分した半円形試験体を、弦部の両端で2点支持し円形部分の頂点から載荷するように、3点曲げの試験装置を用いて静的及び動的試験する方法である。供試体下面中央にクラック誘発のための溝を入れることもある。FEMによる供試体内部の応力状態の解析が行われている。供試体サイズとしては直徑10cmのコアを2分したもののが用いられ、載荷試験は主に0°Cで行われた。疲労試験は1,10,30Hzの条件で実施された。

本試験法検討の結論として、ひびわれ抵抗性評価の実用性が述べられている。また、現場採取コアを使用でき試験装置も簡易、荷重が十分に小さければ載荷点付近での破壊は起こらない、安定したクラック進行が得られるなどの利点が強調されている。

また、SCBによるクラック評価の可能性や試験方法の改良点について触れられている。

簡易かつ信頼性の高い品質管理試験方法の提案であり、我が国においてよく実施されている曲げ試験に加える一つの評価手法として一考に値しよう。

- (1) Tschech, E.K., Tschech-Stanzl, S.E. and Litzka, J. (オーストリア)  
(2) Fracture Behaviour and Bond Strength of Bituminous Layers  
(3) pp.133~142

- (4) **アスファルト混合物層の破断挙動と接着強度** (菅野伸一)  
(5) アスファルト混合物層の接着強度は、主に引張試験やせん断試験によって評価されている。しかし、これらの試験では、混合物の破断、リフレクティブクラッキングの成長過程、永久変形等の予測モデルの作成は困難である。本報告は、切取供試体を用いた特殊なさび間接引張試験方法および解析結果を紹介するとともに、引張試験やせん断試験との関連について述べたものである。

試験は、室内作製、現場切取どちらの供試体でも可能である。

試験結果は、荷重-変位曲線で囲まれた面積に比例する破断面に吸収されるエネルギーを、破断面積で除した基準破断エネルギー $G_0$ と最大荷重 $F_{max}$ から求められるV字載荷面の引張応力 $\sigma_{ns}$ とで評価される。室内供試体と現場採取供試体を比較すると、交通荷重にさらされた後者の接着強度の方が大きく、実施工において接着強度を高めるには接着面を超高压ウォータージェットで目荒らしした後に清浄にすることが重要であるとしている。さらに、通常の引張試験は試験温度0℃、10℃で行われる場合が多く、本試験においても特に温度管理が重要であるとしている。

本報告では試験頻度も少なく、簡便かつ精度の高い試験方法の紹介にとどまっており、今後の研究に期待したい。

(1) J.Rosier, CH.Petit, E.Ahmiedi, A.Millien (フランス)

(2) Mixed Mode Fatigue Crack Propagation in Pavement Structures under Traffic Load

(3) pp.143~152

(4) 交通荷重下における舗装構造中に伝搬する疲労クラックの混合モード

(鈴木秀輔)

(5) 本報告は、交通条件に起因する疲労クラックの混合モード(mixed mode)について述べている。

下層から伝搬する疲労クラックの補修に最も多額の維持費用がかかることから、クラックの伝搬速度を予測し、これを抑制することが最も重要な課題である。

本研究の最終目標は、舗装構造のライフタイムを予測するためパリ則のパラメータを予測することにある。

限定された要素モデルは、変位、ひずみ等の決定を行うために用いられている。

本報告では、まず、疲労クラックの伝搬のメカニズムを示し、次に経験的な課程として、いくつかの試験法および結果を示している。

これらの結果から、結論として、疲労クラックを評価する上で、混合モードでの検討が重要なことを示している。

本報告は、今後のリフレクティブクラッキングの解析に有効な論文であると考える。

(1) Attoh-Okine, N.O. (アメリカ)

(2) Predicting Cracking Index in Flexible Pavements: Artificial Neural Network Approach

(3) pp.153~160

(4) たわみ性舗装におけるひびわれ指標予測：ニューラルネットワークアプローチ

(金井利浩)

(5) ひびわれは、舗装の供用性を急激に低下させる。このため、PMSにおけるパフォーマンス予測で用いられる重要な因子の一つとなっている。

本報では、従来用いられてきた統計的な手法に代わって、ニューラルネットワークを用いてひびわれの予測を行い、信頼性の高い結果を得たと述べている。

ニューラルネットワークにおける入力値は、構造指数、舗装材令、ESALおよび環境係数などであり、解析結果としてひびわれの範囲と幅に重み付けを施した測定値であるひびわれ指標が得られる。

100箇所の観察データに関して、年間等価標準軸数、表層打換え以後の経過年数(年)、ラベリングおよびポットホールの程度(%)、平均わだち掘れ量(mm)、パッチング率(%)、環境係数ならびに厚さ(mm)の8因子を入力データとしてひびわれ指標を求めたところ、次の結果を得た。

①ひびわれ指標に大きく影響を及ぼすのは、経過年数、ポットホール、パッチング、舗装厚さの4つである。

②実測値と、本手法による予測値とはよく一致しており、ニューラルネットワーク手法の有効性が確認された。

本手法は、たわみ性舗装に限らず剛性舗装においても利用可能であり、今後益々その適用が拡大していくものと思われる。

(1) Merzlikin, A.E. (ロシア)

(2) The Stress-strain Condition in Road Pavements with a Cracked Roadbase

(3) pp.161~167

(4) クラックの発生した路盤上の舗装における応力の状態

(小関裕二)

(5) 剛性舗装上のオーバーレイの解析に多層弹性理論を用いることは、解析条件が制限されているため問題がある。このような問題に対しては、有限要素法が使用されている。本研究は、クラックの発生した路盤上の表層に発生

する水平応力の状態を有限要素法（ARMOGRプログラム）を用いて解析を行ったものである。

解析の方法は、クラックの発生した路盤をブロック状とすることで行い、このブロックの長さと表層に発生する水平応力の関係を載荷重位置別に計算している。また、季節変動などの問題も考慮し、路盤や表層の弾性係数が変化した場合の解析も行っている。解析結果は、多様な条件をデータベースにインプットし、オーバーレイの設計などに使用している。

クラックの発生した路盤上の舗装においては、路盤の弾性係数を軽視せずにブロックの弾性係数から表層の最大水平応力を導くことができ、解析結果のデータベースから表層の応力集中の度合いや実際の引張応力を計算することができるとして述べている。これらの結果を用いることで、舗装の設計が現実的なものになるとまとめている。

リフレクティブクラッキングの解析を行う場合、本研究のように有限要素法を用いる必要があると思われる。加えて、コンポジット舗装の設計に関連して、その解析方法は参考となる論文である。

- (1) Ye G. (中国)  
(2) Fatigue Shear and Fracture Behavior of Rubber Bituminous Pavement  
(3) pp.168~175  
(4) リフレクティブクラッキング対策に用いる改質アスファルト混合物の疲労破壊挙動 (佐々木 巍)  
(5) 中国のGuangdong Provinceではコンクリートによる剛性舗装の施工実績が12,000km以上に達している。そして、ジオテキスタイル、応力緩和層、改質アスファルトによるリフレクティブクラッキング対策工法の研究が実施されている。本報では、混合物のせん断疲労性状を試験評価し、特に改質アスファルト混合物に注目したせん断疲労評価が行われている。

せん断疲労破壊を評価するために、円柱試験体（直径高さとも70mm）を縦割りに2分するせん断載荷 ( $0.5^{-4}$ kN,  $4^{-6}$ Hz) を行う疲労試験装置が採用された。試験材料は、通常混合物と改質混合物の計2種類のみ、試験温度は $20, 0, -10^{\circ}\text{C}$ である。更に、15cm厚の試験体に $0.3^{-5}$ kNの載荷輪を走行させる（WT試験のような）スラブ疲労試験が実施された。

せん断疲労試験結果からせん断破壊に関する係数が示され、改質アスファルト混合物は通常の混合物に比べ約9倍の疲労寿命を示すとしている。またスラブ疲労試験からクラック進行速度比が50~150%低減すると記されている。更にせん断疲労を考慮する際の応力の算出、並びに疲労破壊に関する設計法の提案について触れられている。

改質アスファルト混合物は、通常の混合物に比べ約8~10倍の疲労寿命を示し、リフレクティブクラッキング対策に効果的であるとし、耐流動性や低温性状、剛性舗装に比べた快適性の面からもその効果を絶賛している。

- (1) Wright, J.D. and Guild, G.R. (スコットランド)  
(2) Retarding Reflective Cracking by Use of a Woven Polypropylene Fabric Interlayer  
(3) pp.183~192  
(4) 中間層にポリプロピレン織布を使用したリフレクティブクラッキングの防止 (鈴木康豊)  
(5) アスファルト舗装の維持管理において、問題となっているものにリフレクティブクラッキングがある。このリフレクティブクラッキングを防止するため、中間層にジオテキスタイルを使用することが最近の流行になっている。ジオテキスタイルを中間層に用いることで舗装のライフタイムを延ばすこととなるが、当然それに費やすコストがかかることとなる。本論では、リフレクティブクラッキングの防止策やそれに伴う費用について述べている。

リフレクティブクラッキングの防止策として、不織布、ジオグリッド、ポリプロピレン織布を中間層に用い、舗装の補強や応力緩和の状況について調査を行っている。さらに、舗装のライフタイムとコストの関係について検討を行っている。なお、中間層に用いている材料試験には、各材料別に引張り強度試験を実施し、引張り強度と伸びの関係を求めていている。

各材料の試験結果やコスト面から、中間層にポリプロピレン織布を使用したものが、リフレクティブクラッキング防止システムとして成功したとしている。さらに、本論で使用した材料以外のものについても舗装のライフタイムとコストの関係について検討を進めている。

今後、中間層に用いる材料、舗装のライフタイム、コストの関係が明らかになるとすれば、舗装の維持管理において有効な情報になるであろう。

- (1) Valtonen.J and Vehmas.H (フィンランド)

- (2) Application of Grids to Prevent Longitudinal Cracking Caused by an Old Concrete Slab  
 (3) pp.193~198  
 (4) グリッドによるコンクリート舗装版上のアスコン層に発生した縦クラック防止方法 (菅野伸一)  
 (5) アスファルト舗装のリフレクティブクラッキング防止工法として、一般にジオグリッド、ジオテキスタイル等のシート類の敷設が行われている。本報告は、古いコンクリート舗装版端部から外側へ1m粒状材で盛土拡幅し、その上にアスファルトコンクリート層をオーバーレイした後に、コンクリート版と盛土部との境界上に発生した多数の縦クラックを補修するために、各種クラック防止シートを用いて実施した試験施工結果について述べたものである。

試験施工は2種類のスチールグリッドおよび異なる特性を有する5種類のグラスファイバーグリッドを用い、縦断線形や勾配およびクラックの発生状況・発生率が同程度の8工区について実施されている。

この試験施工では、施工の難易度や乳剤散布量、乳剤分解速度による既設舗装との接着の良否、アスコン層舗設時のシートのねじれ等について検証している。その結果、スチールグリッド(#50X50)以外は施工性に特に問題はなく、乳剤の分解速度もさほど速くないものが適しており、完全に分解する前に敷設したものは接着性も良好であるとしている。また、施工面積が広い場合には機械施工が必要であるとしている。

敷設半年後(1冬経過後)ではクラックの発生は見られないとしているが、施工区間の交通量、路床・路盤等のデータも欲しいところである。

## Part three Test methods for interlayers

### 第3章 中間層(応力緩和層)の試験方法

- (1) Vanelstraete, A. and Francken, L. (ベルギー)  
 (2) Laboratory Testing and Numerical Modelling of Overlay Systems on Cement Concrete Slabs  
 (3) pp.211~220  
 (4) セメントコンクリートスラブ上に敷設されるオーバーレイシステムの室内試験と数値モデル化 (関口英輔)  
 (5) 本論文は、セメントコンクリートスラブ上のオーバーレイにインターフェイスシステムを適用した場合のリフレクティブクラッキングの防止効果について調査することを目的としている。

研究方法は、温度変化によるスラブの収縮・膨張が原因で生じる温度クラックの防止効果を調べるための室内試験と、交通荷重によるスラブの振動が原因で発生するクラックの防止効果を調べるための数値モデルによるミュレーションである。

温度クラック試験の結果、インターフェイスシステムのタイプ(本研究で用いたのは、SAMI、不織布、織布、グリッド、スチール補強ネット)とセメントコンクリートスラブへの接着方法がリフレクティブクラッキングの防止効果に大きく影響していることが分かった。数値モデルによるミュレーションからは、スラブの振動が土のタイプと状態、上層路盤・下層路盤の耐力によって決定されること、インターフェイスシステムがスラブ振動を減少させるとともにクラックを防止する効果もあることが分かった。

いろいろな条件下で、インターフェイスシステムのリフレクティブクラッキングに対する効果を検討する上では参考になる論文であろう。

- (1) Bondt, A.H.De , Scarpas, A. , Steenvoorden, M.P. (オランダ)  
 (2) Effect of Reinforcement on Crack Response  
 (3) pp.221~230  
 (4) クラックの動きに対する補強材の効果 (谷口豊明)  
 (5) リフレクティブクラッキングのメカニズムや補強材に関する研究プロジェクトをデルフト工科大学では1989年から行っている。その目的は、リフレクティブクラッキングに対するアスファルト・オーバーレイ設計の手法を確立するためである。

本論文は、その研究プロジェクトの中で、補強材に関するものを簡単にまとめたものである。グリッド、ネット、織布を補強材としてクラックとオーバーレイの間に設置し、クラックのせん断強度に焦点を置いた数値解析を行い、そのメカニズムを明確にした。また、デルフト工科大学が開発したせん断試験機を用いて室内試験評価を行い、数値解析結果の妥当性を示している。

数値解析及び室内試験結果から補強材によって補強されたクラックは、せん断力を伝達する能力があり、よく接着した補強材はクラックの開きを減少させることを明らかにした。

オーバーレイの前に織布など敷設することでリフレクティブクラッキングを抑制する効果が期待できることをせん断力に注目して数値解析と室内試験結果から明らかにしており、興味深い内容である。本文の中に研究プロジェクトの成果の一部であることから他の研究結果にも期待したい。

(1) Dondi, G (イタリア)

(2) Laboratory Test on Bituminous Mixes Reinforced by Geosynthetics.

(3) pp.231~240

(4) 応力緩和層により補強されたアスファルト混合物の室内試験

(遠西智次)

(5) アスファルト舗装の補強は、重交通箇所を中心にかなり普及しており、その補強として応力緩和層の設置などが挙げられる。応力緩和層に用いる舗装用シートは、低モデュラスの不織布から高強度ポリエステルジオグリッドまで様々である。本実験は、いくつかの応力緩和層を中間層として設置した供試体を作製し、静的および動的試験を行い、応力緩和層を使用しない供試体との差を比較したものである。

供試体は①静的曲げ試験用の小型のもの、②動的試験用のフルスケールのもので、それぞれについて応力緩和層を使用しないもの、不織布を使用したものの、およびポリエステルジオグリッドを用いたもの、を作製した。静的試験は3点曲げ試験である。動的試験は、油圧ジャッキによって載荷を行った。

静的曲げ試験の結果、応力緩和層の使用により表面までクラックが達する時間が伸びたこと、アスコンの延性を増加させることができたことが確認された。また、フルスケール供試体の動的試験の結果、不織布を設置した場合応力緩和層がないものと比較して、クラック長さも短く舗装体寿命を延長させた。よって応力緩和層の設置はアスコン補強に有効であるものと考えられる。

本報は中間報告であるため、PET-CGを使用したフルスケール供試体での動的載荷試験結果が報告されていないが、実験方法等は参考になると考えられる。

(1) Fujie Zhou,Lijun Sun (中国)

(2) The Laboratory Evaluation of Geogrid,APP and Special Steel Grid for Asphalt Overlays on Existing Concrete Pavements.

(3) pp.241~249

(4) 既存のコンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイのためのジオグリッド、APP、特殊なスチールグリッドの試験室での評価

(鈴木秀輔)

(5) 中国では、アスファルト舗装のリフレクティブクラッキングの抑制を目的に、SAMIやジオテキスタイルなど様々な検討がなされたが、有効な手段とはならなかった。ここでは、上海の環境・交通条件を基に研究所内で実施されたポリエチレン製のジオグリッド、APPおよび特殊な鋼製のグリッド（3種）によるリフレクティブクラッキングの抑制評価について述べている。

リフレクティブクラッキングの発生要因には、水、酸素や繰り返し荷重等が影響している。

本研究では、上海の環境を基に-3℃（最低温度）、15℃（一般温度）および60℃（最高温度）の温度条件で試験を実施している。なお、評価には、針入度62軟化点48.3℃のアスファルトをバインダーに用いたもので、トップサイズ15mm、2.5mm通過量42%、0.074mm通過量7%の粒度の混合物が用いられている。

30cm×30cm×5cmの供試体による曲げ試験を行い、荷重と変位により評価している。

試験結果の解析から、特殊な鋼製のグリッドが、リフレクティブクラッキングの発生を抑制する上で、最も有効と考えられる結果を得た。

評価に用いた材料、粒度等、我が国と類似しており、評価方法も容易であることから、比較資料として有効なものと考える。

(1) F. Perz-Jimenz., R. Miro-Recasens., C. H. Fonseca-Rodriguez. and J. M, Cancer. (スペイン)

(2) Reflective Cracking: A New Direct tensile test and Using Computerized Programme of Finite Elements with a Model of Continuous Damege.

(3) pp.250~259

(4) リフレクティブクラッキング：新しい直接引張り試験と連続的な負荷を有する場合の有限要素法によるコンピューター解析

(浜田幸二)

- (5) リフレクティブクラッキングを減少することができる表層材料に要求される性状の主な特徴は、ひびわれに対する高いタフネス、柔軟性、高い変形性である。半剛性舗装の上層に単独の層として用いた場合、長いシンセチック繊維(10mm以上)で補強したアスファルト混合物や改質アスファルトを用いたアスファルト混合物の供用性能は、従来の抑制層を加えたアスファルトオーバーレイ工法と比べるとより効果的である。

本研究は、OMEGAとしてよく知られている有限要素法プログラムを用いて、引張りに関する連続的な負荷が発生するモデルおよび表層に発生する2つの破壊メカニズム(一つは垂直応力と温度応力、もう一方はせん断応力と交通荷重)による非線形弾性解析を行っている。また、室内試験ではBTB試験と呼ばれる新しい直接引張り試験を行っており、種々のアスファルト混合物のテナシティを評価している。

結果は、テナシティの高い材料を用いることが重要であり、そのような材料を用いた場合はSAMIを用いる場合よりも層厚を低減することができる。また、アクリル繊維(900/16, 940/24)は確実に材料の引張り強度、たわみ性、ひびわれするまでの変形量を増すことができ、層厚を低減することができる。

- (1) Alexander, W.S. (オーストラリア)  
(2) Geogrid Reinforcement of Asphalt Overlays on Australian Airport Pavement  
(3) pp.260~267  
(4) オーストラリアの空港舗装におけるジオグリッドを使用したアスファルトオーバーレイによる補強 (鈴木康豊)  
(5) 空港舗装において、コンクリート舗装上のアスファルト混合物によるオーバーレイ層に多くのリフレクティブクラッキングが発生する問題が生じている。そのため、本報告ではオーストラリア南部の3空港においてリフレクティブクラッキングを抑制するために、ジオグリッドを使用した試験施工および追跡調査を行い、その有効性について検討したものである。

本試験施工では、舗装のサービス性能が低下した箇所にジオグリッドを用い、アスファルト混合物によるオーバーレイを実施している。また、追跡調査ではリフレクティブクラッキングの抑制効果について検討している。

追跡調査による最終的な結論は得られていないが、リフレクティブクラッキングを抑制するためにジオグリッドを使用することは、すべての舗装に対し必ずしも効果があるとはいえないとしており、今後も調査が必要であるとしている。さらに、ジオグリッドを使用する際にはメーカーのアドバイスを受けるべきであり、長期的な供用性はその施工精度に大きく影響される。そのため、施工は専門業者が行うことを推奨している。

ジオグリッドを使用したリフレクティブクラッキングの抑制効果については継続調査中であり、今後の調査結果に注目したい。

- (1) Jaecklin.F.P. (スイス), Scherer.J. (スイス)  
(2) Asphalt Reinforcing Using Glass Fiber Grid "Glasphalt"  
(3) pp.268~277  
(4) ガラスファイバーグリッドを用いたアスファルト補強材「グラスファルト」 (深沢邦彦)  
(5) ガラス繊維を使用したガラスファイバーグリッドは、一般的なジオグリッドと比較して温度応力、動的荷重、繰返し荷重に対し優れ、舗装構成層への追従性が高いと報告している。本文では、ヨーロッパの各種機関で実施した、当該ガラスファイバーグリッドと、ポリエステルグリッドおよびポリプロピレンジオテキスタイル不織布と比較実験結果の評価を行い、その優位性について報告している。  
・動的試験(オランダ舗装コンサルタント試験所)：2層から成る供試体の中間にジオグリッドを設置し、2点支持2点載荷の繰り返し荷重で破壊回数を比較。  
・引抜き試験(デルフト大学およびシェアラー・アンド・パートナー試験所)：2層から成る供試体の上層部にジオグリッドを設置し、その端部からジオグリッドの引き抜き強度を測定  
・繰返し温度載荷試験(ベルギー道路リサーチセンター)：2層から成る供試体の上層部にジオグリッドを設置。下層部分中央部にカッター目地を設置し、繰り返し温度応力による目地幅の変化を測定。  
試験結果は、いずれもガラスファイバーグリッドが耐久性に優れ、一般的なジオグリッドと比較して、アスファルトオーバーレイ層の寿命を7~8倍にしたと報告している。本文は、ジオグリッドの評価試験を詳細(試験装置、供試体寸法、荷重載荷方法、等)に紹介していることから、容易に試験を再現できることが興味深い。

- (1) Gilchrist.A.J.T and Austin.R.A. (イギリス)  
(2) The Development of a Grid/Geotextile Composite for Bituminous Pavement Reinforcement

- (3) pp.288~297
- (4) ジオグリットとジオテキスタイルを合わせて使用したアスファルト舗装強化対策の進歩 (増山幸衛)
- (5) アスファルト舗装において、基層が弱い場合、わだちが発生したり、疲労寿命が短くなったりする。その為、ジオグリッドとジオテキスタイルを組み合わせた補強の取り組みがなされてきている。
- 当初の試験は、ノッキンガム大学により、ポリマグリッドを用いて1981年に行われ、追跡調査によってデータが収集された。その後、ジオグリッドとジオテキスタイルとの組み合わせの効果について評価された。密粒度混合物については、80mm厚の中間部及び底部に補強層を設けた場合と、設けない場合について、760KPaの接地圧でホイールを走行させ、通過回数による各工区の評価を行ったところ、底部に補強層を接地するのが良いという結果を得た。
- 1991年に、ハンブシャのB3004において、ホットロールドアスファルトのオーバーレイに対し、補強した区間としない区間の比較が行われたが、補強区間では5年経過でもクラックが生じないものの、非補強区間では4ヶ月でクラックが生じているなど、その成果が示されている。
- 本論文は、ジオグリッドとジオテキスタイルの組み合わせ効果について、室内実験から現道での試験およびその結果報告と的確にまとめた報告である。

- (1) Duijn, H. V. and Nijland, M. (オランダ)
- (2) Jointless Asphalt Overlay on Bridge Decks.
- (3) pp.298~307
- (4) 橋梁床版上のアスファルトオーバーレイにおけるノージョイント化 (黒田智)
- (5) 現在、車両の円滑化、騒音・振動の低減等を目的として、橋梁伸縮部におけるノージョイント化が進められている。本研究では、オランダでの実際の道路橋で行われたノージョイント工法の試験施工ならびに調査と、それに先立って行われた室内検討試験の結果について述べている。
- まず、床版上のジョイント部の水平方向の挙動をシュミレートする室内試験が実施された。試験は、供試体の伸縮方向への引張り試験、疲労試験であり、せん断層に普通のSAMIと補強されたSAMIを用いたものの2タイプ、温度条件として0°Cと20°Cについての試験結果が述べられている。
- また、全長292mの道路橋において、材料を変えた6種のジョイントについての試験施工が行われ、目視によるクラックの発生ならびに伸縮量の測定調査が実施された。
- その結果、全てのジョイントでクラックが発生したが、舗装体の下に設置するせん断層に長さ60cmのLatexfalt Samtapeを用い、舗装体の層間にGlasgrid 8501を補強材として設置したものが最も優れているという結果が得られている。
- 日本でも橋梁のノージョイント工法として伸縮装置をなくし、路面の連続性を持たせるような様々な手法が開発されており、海外の事例として参考になる論文である。

**FWD調査**

FWD (Falling Weight Deflectometer) を用いて、主として舗装の構造的な評価・解析を行うことを、FWD調査という。

1980年代に我が国に導入されたFWDは、現在国内で23台を越える測定車が運用されている。

FWD解析は、初期には舗装体を多層弾性体ととらえ、Chevron N-Layer, BISAR, ELSA等の電算プログラムと、逆解析手法、および破壊基準の設定等を駆使して、①たわみ量、②弾性係数、③疲労度等の評価が行われていた。この一例として、表-1がある。

ここでは、建設当時の舗装構成を基本に、次のような解析手順を用いて、既設舗装の構造評価と補修工法の提案を行い、実際の補修を行い、追跡調査によってデータベース化を図っている。

**a) 測定区間の設定**

調査区間の、イ) 設計データ、ロ) 交通量データ、ハ) 土木・構造物データ、ニ) 現在の路面性状データ、ホ) 補修履歴データ等の資料分析から、舗装要因が近似している区間を設定する。

**b) FWD測定数の最適化**

総測定数、日測定数を考慮し、測定区間毎に確率・統計的に必要十分な数のデータが確保できるように測定数の最適化を図る。

**c) 解析区間の設定**

FWD測定後、路面の部分的な劣化によるたわみ量のバラツキを排除するために、BWPのD<sub>0</sub>とD<sub>150</sub>について累積作法を用いて、たわみ量が均質とみなせる区間を設定する。

**d) ひびわれ等の大・小区間のD<sub>0</sub>の母平均による評価**

FWD測定と同時に実施した路面のひびわれ率の全データを小さい順に整理し、全体の1/3を補足できる値を「小」、大きい順に1/3補足できる値を「大」と判定し、それぞれの区間のOWPのD<sub>0</sub>の母平均との比較による「大」「中」「小」の判定を行う。

**e) 疲労度の評価**

A I 破壊基準式による、アスファルトコンクリート層の破壊回数と設計回数の比が1.0以上を「大」、1.0未満を「中」、「小」とする評価を行う。

**f) ひびわれ深さの評価**

コアー調査によるひびわれの進行の評価を行う。

**g) 評価項目の判定の総合化**

d) ~ f)までの総合評価によって補修工法を提案する。

最近では、(財)道路保全技術センターから出された「FWD運用マニュアル(案) 平成8年3月」を参考にD<sub>0</sub>の表面たわみ量、残存TA、路床土のCBRの評価など、直接的な評価が主体になりつつある。

一方コンクリート舗装では、版中央部のデータから各層の弾性係数、目地・ひびわれ部のデータから荷重伝達率、アンダーシーリングの要否判定などを行っている。

[小島 逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所]

調査区間	解析区間	切盛土 <sup>2)</sup> 区分	解析区間延長(m)	ひび割れ状況			たわみ量(温度補正有り)						
				率(%)	多少 <sup>1)</sup>	状況	OWP(μm)			BWP(μm)			OWP判定 <sup>3)</sup>
				測点数	D 0	D 5 <sup>2)</sup>	測点数	D 0	D 5				
1 (上り)	No. 1	切	272	4.0	中	線状	7	251	74	8	232	68	中
	No. 2	切	178	11.5	大	亀甲状	4	345	81	8	318	86	大
	No. 3	切	650	7.7	中	線状	10	276	75	10	257	73	中
	No. 4	盛	100	6.2	中	線状	7	233	50	8	178	46	中
2 (上り)	No. 5	切	90	9.0	中	線状	4	134	33	4	145	38	小
	No. 6	盛	130	12.0	大	線状	4	166	46	5	156	47	中
	(No. 5')	切	90	11.7	大	亀甲状	5	386	82	5	145	72	大
	No. 6'	盛	79	10.8	中	線状	2	267	45	3	206	65	中
	No. 7	切	157	11.8	大	亀甲状	5	171	45	5	148	45	中
	No. 7'	切	94	1.7	小	線状	3	123	36	3	127	36	中
	No. 8	切	178	11.8	大	亀甲状	4	156	38	9	162	40	中
	No. 9	盛	132	17.2	大	線状	4	324	43	7	250	49	大
	No. 10	切	66	27.2	大	亀甲状	3	425	52	3	207	39	大
3 (上り)	No. 11	盛	274	10.6	中	線状	10	187	41	11	155	40	中
	No. 12	切	1210	7.4	中	線状	10	203	47	12	194	53	中
	No. 13	盛	147	1.2	小	線状	5	156	38	6	157	43	中
4 (下り)	No. 14	切	50	0.0	小	線状	3	107	27	3	98	30	中
	No. 15	切	324	3.8	小	線状	8	190	48	10	173	48	中
	No. 16	切	79	13.1	大	亀甲状	2	259	76	6	258	68	中
	(No. 17)	盛	80	3.6	小	線状	4	227	56	4	207	58	中
	(No. 16)	切	100	0.4	小	亀甲状	2	146	32	2	137	30	中
	No. 17'	盛	50	1.6	小	線状	3	169	40	3	148	43	中
	No. 16"	切	70	0.0	小	線状	3	103	31	3	110	29	小

1) 大：11.5%以上  
中：3.81～11.49%  
小：3.8%以下

4) Ni/700万：設計交通量700万輪数に対する  
現在までの累積5t換算輪数比  
(累積10t換算軸数)

2) OWPのD5に対する判定結果  
□：60μm以上

5) 大：1.0以上  
中：Ni/700万以上1.0未満  
小：Ni/700万未満

3) OWPのD0に対する判定結果  
大：281μm以上  
中：153～280μm  
小：152μm以下

※中の分類は当初の設計交通量に達する以前に  
疲労度が1.0以上になることを意味する。

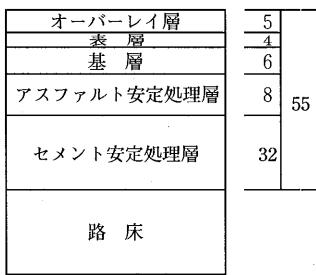
たわみ量 (μm)	ひび割れ多い(11.5%以上)		ひび割れ少い(11.5%以上)		
	推定範囲	母平均	推定範囲	母平均	
D <sub>1</sub>	OWP	225.2～337.6	281.4	95.6～208.0	151.8
	BWP	155.6～219.2	206.5	106.2～169.8	144.6
D <sub>3</sub>	OWP	48.9～71.3	60.1	28.6～51.0	39.8
	BWP	45.0～66.6	55.8	28.8～50.4	39.6

Ni/ 700万	表基層	疲労度		平成6年11月現在			補修部含む ひび割れの 最深深さ	補修方法 <sup>5)</sup>	解析区間	開削箇所
		判定 <sup>5)</sup>	ABa	判定 <sup>5)</sup>	路床	判定 <sup>5)</sup>				
0.423	0.018	小	0.543	中	0.053	小	OL, ABaのみ	B2	No. 1	○
0.423	0.028	小	2.041	大	0.159	小		A	No. 2	
0.423	0.007	小	1.526	大	0.047	小		B1	No. 3	
0.423	0.009	小	0.954	中	0.011	小		B2	No. 4	
0.654	0.004	小	0.106	小	0.006	小	OL下面	C2	No. 5	
0.654	0.012	小	0.136	小	0.013	小		C1	No. 6	
0.654	0.019	小	2.181	大	0.304	小		A	(No. 5)	
0.654	0.036	小	0.768	中	0.097	小	OL下面	B2	No. 6'	
0.654	0.003	小	0.171	小	0.016	小	OL下面	C1	No. 7	
0.654	0.002	小	0.044	小	0.004	小	OL下面	D	No. 7'	
0.654	0.003	小	0.189	小	0.007	小		C1	No. 8	
0.654	0.628	小	1.171	大	0.038	小		A	No. 9	
0.654	0.012	小	6.274	大	0.331	小	OL下面	A	No. 10	○
0.654	0.005	小	0.588	小	0.011	小	OL下面	C1	No. 11	○
0.654	0.006	小	0.655	中	0.012	小	ABA下面	B2	No. 12	
0.287	0.012	小	0.09	小	0.005	小		C2	No. 13	
0.287	0.001	小	0.028	小	0.001	小		D	No. 14	
0.287	0.001	小	0.221	小	0.007	小		C2	No. 15	
0.287	0.005	小	0.341	中	0.022	小		B1	No. 16	
0.287	0.007	小	0.348	中	0.009	小		B2	(No. 17)	
0.287	0.003	小	0.054	小	0.004	小		D	(No. 16')	
0.287	0.001	小	0.158	小	0.006	小		C2	No. 17	
0.287	0.001	小	0.025	小	0.001	小		D	No. 16"	

6)

- A : アスコン層の全層打換え  
 B 1 : アスコン層の 9 cm の切削オーバーレイ (クラックシール必要)  
 B 2 : アスコン層の 9 cm の切削オーバーレイ  
 C 1 : アスコン層の 5 cm の切削オーバーレイ (クラックシール必要)  
 C 2 : アスコン層の 5 cm の切削オーバーレイ  
 D : クラックシール

	延長(m)	%	面積(m <sup>2</sup> )	%
	466	10.1	1398	8.8
	729	15.8	2552	16.1
	1741	37.8	6094	38.4
	739	16.1	2587	16.3
	611	13.3	2139	13.5
	314	6.8	1099	6.9
計	4600	100	15867	100



H=55

設計CBR=8%

舗装構成(cm)

### パフォーマンスグレード (Performance Grade : PG)

SHAP (Strategic Highway Research Program:新道路研究計画) の「Superpave」ではアスファルトの分類について、現行の針入度による分類に替えて、アスファルトの供用が可能な温度範囲という考え方を基に分類を行っている。パフォーマンスグレード (PG) とは、アスファルトを分類する指標であり、そのアスファルトの供用可能な最高温度 ( $m^{\circ}\text{C}$ ) と最低温度 ( $n^{\circ}\text{C}$ ) を $\text{PG}_{m-n}$ で表す。例えば、パフォーマンスグレードが $\text{PG}70-16$ で表されるアスファルトであれば、供用最高温度が $70^{\circ}\text{C}$ 以下で最低温度が $-16^{\circ}\text{C}$ 以上の場所で供用されることを意味する。

表-1には、「Superpave」におけるパフォーマンスグレードの供用可能最高温度と最低温度を示す。

表-1 「Superpave」の供用可能最高温度及び最低温度

供用可能最高温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	供用可能最低温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
PG46	-34, -40, -46
PG52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG58	-16, -22, -28, -34, -40
PG64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG76	-10, -16, -22, -28, -34
PG82	-10, -16, -22, -28, -34

「Superpave」では、1) 天候あるいは政策によって、その地域に指定されたパフォーマンスグレード 2) 供用する地域の舗装温度 3) 供用する地域の気温によって、その地域で使用するアスファルトのパフォーマンスグレードを決定する。気温による選択の場合は、その地域の気温と緯度から舗装温度を導く実験式を用いて決定される。

パフォーマンスグレードを決定するため、「Superpave」では、これまでアスファルトに適用されていなかった新しい評価方法を採用しており、レオロジー学的な試験方法と長期供用性を考慮した促進劣化法を組み合わせてアスファルトを評価する。すなわち、図-1に示すフローに従って、アスファルトのオリジナルな状態から施行直後の性状及び5~10年の長期供用後の性状が室内で評価され、その結果を表-2に示す「Superpave」のバインダー仕様と照らし合わせてパフォーマンスグレードが決定される。従って、

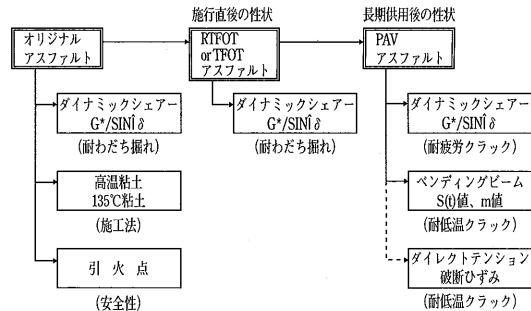


図-1 「Superpave」バインダー評価フロー

パフォーマンスグレードを知ることによって、従来のオリジナルアスファルトの針入度、軟化点等の性状に基づくグレード分類に比べ、より適切なアスファルトを選択することができるとも言われている。又、米国で開発された「Superpave」のアスファルト仕様は、我が国においても、アスファルトを分類するのに有効な手段であることが示唆されている<sup>1)</sup> 文献も紹介されている。

又、ここで採用されているレオロジー学的な試験方法であるDSR (Dynamic Shear Rheometer) 試験に関しては、アスファルト混合物試験であるホイールトラッキング試験との相関が確認された文献<sup>2)</sup>もあり、注目されている。

このパフォーマンスグレード分類に基づく我が国の各種アスファルトの供用可能最高温度は、おおよそ $58^{\circ}\text{C}$ から $88^{\circ}\text{C}$ までの広い範囲に分布し、一般的にストレートアスファルト、改質アスファルト (I型及びII型)、セミブローンアスファルト、高粘度改質アスファルトの順に高くなる傾向にある。

一方、パフォーマンスグレード分類に基づく供用可能最低温度に関しては、国内の各種アスファルトはおおよそ $-16^{\circ}\text{C}$ から $-30^{\circ}\text{C}$ 付近に分布し、アスファルトの種類による差は、供用可能最高温度に比べると小さい。

又、最近ヨーロッパ、カナダ及びオーストラリアでは、これまでに無い広範囲な供用可能温度を有するパフォーマンスグレードの優れたアスファルト (マルチファスト) が開発され、特に耐流動及び耐クラック性能に優れていることから、実績を上げているとの情報も紹介されている。

表-2 「Superpave」バインダー仕様（一部）

パフォーマンスグレード (PC)	PG52							PG58							PG64							PG70																
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28																	
7日間平均の舗装体最高設計温度 (℃)	<52							<58							<64							<70																
舗装体の最小設計温度 (℃以下)	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28																	
オリジナルアスファルト																																						
引火点最小温度 (AASHTO D 48)	230℃																																					
粘度 (ASTM D 4402) <sup>b)</sup> 最大粘度 $\leq 3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 試験温度 (℃)	135℃																																					
動的せん断試験 (SHRP B-003) : <sup>c)</sup> $G^*/\sin \delta \geq 1.0 \text{ kPa}$	52							58							64							70																
周波数10 rad/sec 試験温度 (℃)																																						
物理硬化指数 <sup>d)</sup>	報告																																					
RTFOT アスファルト (AASHTO T240:ASTM D 2872)																																						
重量損失率 (%)	1.00																																					
動的せん断試験 (SHRP B-003) : $G^*/\sin \delta \geq 2.2 \text{ kPa}$	52							58							64							70																
周波数10 rad/sec 試験温度 (℃)																																						
PAV アスファルト (SHRP B-005)																																						
促進加圧劣化試験 試験温度 (℃)	90							100							100							100/(110) <sup>e)</sup>																
動的せん断試験 (SHRP B-003) : $G^*/\sin \delta \geq 5.000 \text{ kPa}$	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	28	25	22	19	16	34	31	28	25																	
周波数10 rad/sec 試験温度 (℃)																																						
クリープスティフィネス (SHRP B-002) : <sup>f)</sup> $S(t) \leq 300,000 \text{ kPa}, m \text{ 値} \geq 0.30$	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18																	
60秒載荷 試験温度 (℃)																																						
直接引張試験 (SHRP B-006) : <sup>g)</sup> 破断ひずみ $\geq 1.0 \%$	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18																	
速度1.0 mm/min 試験温度 (℃)																																						

- 注) a) 舗装体温度は、SUPERPAVEソフトウェアの演算式を使って気温から推定するか、制定機関の値を使用する。  
 b) 製造元は、すべての安全基準を満たす温度で、バインダーを十分に管送・混合できることを保証すれば、この条件は削除できる。  
 c) ストレートアスファルトの製造の品質管理のために、アスファルトがニュートン流体となる試験温度（一般に55℃以上）における $G^*/\sin \delta$ 値を測定する代わりに、バージンアスファルトの粘度を測定してもよい：粘度測定の適当な標準法（キャビラリーまたは回転粘度計を含む）であればよい。  
 d) 物理硬化指数 $h$ は、物理硬化を説明するもので、 $h = (S_{24}/S_0)^{m/m_{24}}$ で計算する（ここに、1と24はバージンアスファルトのコンディショニング時間を示す）、コンディショニングおよび試験は、指定した試験温度で行う。計算値を報告する。  
 S<sub>t</sub>値は60秒間載荷のクリープスティフィネス値であり、m値は“logS”と“log時間”曲線上の60秒間載荷時における勾配を示す。  
 e) PAV（促進加圧劣化試験）のエージング温度は、砂漠気候の110℃を除いて100℃である。  
 f) クリープスティフィネス値が300,000kPa以下なら、直接引張試験は必要ない。クリープスティフィネス値が300,000～600,000kPaの間であれば、クリープスティフィネスの代わりに破断ひずみの規定によることができる。いずれの場合も、m値は一定である。

図-2には、各種アスファルトのパフォーマンスグレード (PG) による分布を示す。

現行のストレートアスファルトの規格については、JISで針入度、軟化点等の性状に基づくグレード分類が実施されているが、ストアス60/80でも「Superpave」のパフォーマンスグレード分類では PG64-22, PG64-16, PG58-16, PG58-22と4分類となり、改質アスファルトII型については改質アスファルト協会の規格内でも、パフォーマンスグレード分類ではPG64-22, PG70-16, PG70-22と3分類となっている。

ここで注目すべきことは、ストレートアスファルトも改質アスファルトも「Superpave」のPG分類では供

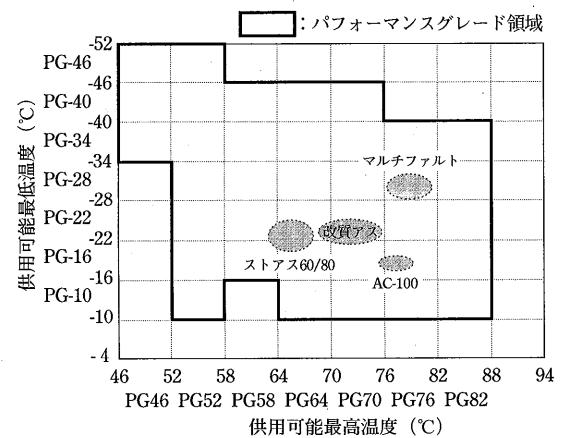


図-2 各アスファルトのパフォーマンスグレード

用性に基づいて、同一の座標軸で捉えることができる  
ことである。

各分野におけるグローバルスタンダード化の流れの中で、アスファルトにおいても「Superpave」の考え方方が日本に導入されるかということに関しては、様々な論議があるところではあるが、「Superpave」の新しい考え方方に注目すべき点が多いのも事実である。

#### — 参考文献 —

- 1) 遠西智次, 新田弘之, 坂本浩行, 片脇 清, アスファルトバインダーの劣化試験方法に関する研究, 補装, Vol.30, No. 6, June1995, pp. 3 - 7.
- 2) 遠西智次, 富塚庸次, 青木啓至, SHRPレオロジー試験と混合物試験との関係について, 第22回日本道路会議一般論文集(補装部会, pp.290 - 291)

[青木 秀樹 昭和シェル石油(株)中央研究所]

### '98年度石油製品討論会プログラム 「石油製品の品質と環境」

協賛 日本化学会, 日本機械学会, 日本トライボロジー学会, 日本分析化学会, 自動車技術会,  
日本アスファルト協会, 日本エネルギー学会

日 時 平成10年11月19日(木), 20日(金)

場 所 コクヨホール(東京都港区港南1-8-35 JR品川駅南口)

参加費 正会員11,000円, 維持会員会社の非正会員17,000円, 学生会員3,000円, 非会員23,000円。

申込締切日を過ぎますと, 一律1,000円を加算いたしますのでお早めにお申し込み下さい。

問合先: 〒102-0093 東京都千代田区平河町1-3-14

社団法人 石油学会 ☎03-3221-7301

<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績(総括表)

(単位:千t)

項目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	( 95.2)	0	6,282	5,944	( 95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年度上期	244	2,910	( 98.0)	1	3,155	2,803	( 96.9)	26	2,829	329	3,158
5 年度下期	329	3,209	(101.8)	1	3,539	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	( 98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年度上期	238	2,954	(101.5)	1	3,193	2,761	( 98.5)	60	2,821	377	3,198
6 年度下期	377	3,070	( 95.7)	0	3,447	3,073	( 95.1)	112	3,185	272	3,457
6 年 度	238	6,024	( 98.4)	1	6,263	5,834	( 96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年度上期	272	2,814	( 95.3)	0	3,086	2,620	( 94.9)	175	2,795	300	3,095
7 年度下期	300	3,211	(104.6)	1	3,512	3,077	(100.1)	168	3,245	271	3,516
7 年 度	272	6,025	(100.0)	1	6,298	5,697	( 97.7)	343	6,040	271	6,311
8 年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,735	(104.4)	158	2,892	338	3,230
9. 1月	289	411	( 96.7)	0	700	357	(102.9)	10	367	335	702
2 月	335	445	( 95.7)	0	780	430	( 98.6)	10	440	341	781
3 月	341	673	(103.1)	0	1,014	731	(107.3)	19	750	268	1,018
1～3月	289	1,529	( 99.1)	0	1,818	1,518	(103.7)	39	1,557	268	1,825
8 年度下期	338	3,129	( 97.4)	1	3,468	3,082	(100.2)	131	3,213	268	3,481
8 年 度	271	6,072	(100.8)	1	6,344	5,817	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9. 4月	268	551	( 97.7)	0	819	428	( 86.3)	27	455	365	820
5 月	365	353	( 79.1)	0	718	341	( 80.8)	22	363	357	720
6 月	357	374	( 91.4)	0	731	402	(105.5)	25	427	305	732
4～6月	268	1,278	( 90.1)	0	1,546	1,171	( 90.1)	74	1,245	305	1,550
7 月	305	534	(110.8)	1	840	467	(116.2)	38	505	337	842
8 月	337	478	( 91.2)	1	816	453	(100.4)	31	484	333	817
9 月	333	501	( 96.7)	1	835	495	(100.4)	24	519	318	837
7～9月	305	1,513	( 99.3)	3	1,821	1,415	( 98.6)	93	1,508	318	1,826
9 年度上期	268	2,791	( 94.8)	3	3,062	2,586	( 94.6)	167	2,753	318	3,071
10月	318	514	(104.3)	0	832	505	( 97.5)	37	542	293	835
11月	293	561	(103.2)	0	854	502	( 95.3)	29	531	325	856
12月	325	501	( 91.4)	0	826	529	(101.9)	10	539	290	829
10～12月	318	1,576	( 98.5)	0	1,894	1,536	( 98.2)	76	1,612	290	1,902
10. 1月	290	376	( 91.5)	0	666	335	( 93.8)	0	335	332	667
2 月	332	459	(103.1)	1	792	454	(105.6)	4	458	336	794
3 月	336	673	(100.0)	0	1,009	721	( 98.6)	9	730	283	1,013
1～3月	290	1,508	( 98.6)	1	1,799	1,510	( 99.5)	13	1,523	283	1,806
9 年度下期	318	3,084	( 98.6)	1	3,403	3,046	( 98.8)	89	3,135	283	3,418
9 年 度	268	5,875	( 96.8)	4	6,147	5,632	( 96.8)	256	5,888	283	6,171
10. 4月	283	503	( 91.3)	0	786	418	( 97.7)	12	430	357	787
5 月	357	379	(107.4)	0	736	347	(101.8)	16	363	368	731

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 10年5月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績(品種別明細)

(単位:千t)

項目 年 度	内 需 量				対 前 年 度 比				合 計			
	ストレート・アスファルト			プローン アスファルト	合 計	ストレート・アスファルト						
	道路用	工業用	燃焼用			道路用	工業用	燃焼用				
62年 度	4,252	360	995	5,607	255	5,862	106.9	149.4	80.4	102.7	107.6	102.9
63年 度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2	101.6	101.2	101.6
元年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5年度上期	2,022	265	404	2,691	112	2,803	93.9	104.7	108.6	96.9	97.4	96.9
5年度下期	2,315	336	456	3,107	126	3,233	96.2	106.7	123.6	100.6	100.0	100.5
5年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6年度上期	1,939	257	455	2,651	110	2,761	95.9	97.0	112.6	98.5	98.2	98.5
6年度下期	2,190	249	513	2,952	121	3,073	94.6	74.1	112.5	95.0	96.0	95.1
6年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7年度上期	1,838	212	468	2,518	102	2,620	94.8	82.5	102.9	95.0	92.7	94.9
7年度下期	2,173	264	510	2,947	130	3,077	99.2	106.0	99.4	99.8	107.4	100.1
7年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
9. 1月	205	41	92	338	19	357	101.5	80.4	122.7	103.0	100.0	102.9
2月	269	41	100	410	20	430	91.2	97.6	129.9	99.0	90.9	98.6
3月	570	47	93	710	21	731	104.0	180.8	109.4	107.7	95.5	107.3
1～3月	1,044	129	285	1,458	60	1,518	99.9	108.4	120.3	104.1	95.2	103.7
8年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9	100.5	93.1	100.2
8年 度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2	102.3	97.8	102.1
9. 4月	323	14	76	413	15	428	83.5	107.7	95.0	86.0	93.8	86.3
5月	238	8	79	325	16	341	84.7	17.4	103.9	80.6	84.2	80.8
6月	278	20	78	385	17	402	113.4	52.6	106.8	105.8	100.0	105.5
4～6月	848	42	233	1,123	48	1,171	92.1	43.3	101.7	90.1	92.3	90.1
7月	308	57	85	450	17	467	90.1	118.8	102.4	95.1	94.4	116.2
8月	290	47	100	437	16	453	97.6	127.0	100.0	100.7	94.1	100.4
9月	311	73	93	477	18	495	94.5	149.0	96.9	100.6	94.7	100.4
7～9月	909	177	278	1,364	51	1,415	93.9	132.1	99.6	98.8	94.4	98.6
9年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6	94.6	93.4	94.6
10月	365	52	67	484	21	505	101.4	98.1	79.8	97.4	100.0	97.5
11月	348	52	84	484	18	502	89.2	126.8	110.5	95.5	90.0	95.3
12月	381	26	104	511	18	529	105.5	60.5	108.3	102.2	94.7	101.9
10～12月	1,094	130	255	1,479	57	1,536	98.5	94.9	99.6	98.3	95.0	98.2
10. 1月	182	50	86	318	17	335	88.8	122.0	93.5	94.1	89.5	93.8
2月	294	52	90	436	18	454	109.3	126.8	90.0	106.3	90.0	105.6
3月	582	43	77	702	19	721	102.1	91.5	82.8	98.9	90.5	98.6
1～3月	1,058	145	253	1,456	54	1,510	101.3	112.4	88.8	99.9	90.0	99.5
9年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1	99.1	91.7	98.8
9年 度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2	97.0	92.5	96.8
10. 4月	283	45	77	405	13	418	87.6	321.4	101.3	98.1	86.7	97.7
5月	210	37	86	333	14	347	88.2	462.5	108.9	102.5	87.5	101.8

- [注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 10年5月確報  
 (2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、プローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。  
 (3) 道路用ストレート・アスファルト=内需量合計-(プローンアスファルト+燃焼用アスファルト+工業用ストレート・アスファルト)  
 (4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

# 排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引

A5版・26ページ・実費額価 ￥300（送料実費）

申込先（社）日本アスファルト協会  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-21-8  
秀和第3虎ノ門ビル7階

エポキシアスファルトは強度や骨材との付着性において優れた物性を有するので、これを使用した排水性舗装用混合物は、高粘度アスファルト等を使用した従来の排水性舗装用混合物より耐久性の向上、機能の持続性などが期待されるものである。

しかし、エポキシアスファルトは熱硬化性のエポキシ樹脂を含む反応性バインダであるため、使用にあたってはその機能が十分に発揮できるよう、混合物の製造や施工については細心の注意を払わなければならない。

本手引きは、このようなエポキシアスファルトをバインダとする排水性舗装の設計、施工、管理についてとりまとめたものであり、関係者必読の書としておすすめします。

## 目 次

第1章 総 則	第5章 施 工
1.1 概 説	5.1 施工計画
1.2 適用にあたっての注意	5.2 製 造
第2章 材 料	5.3 タックコート
2.1 材 料	5.4 舗 設
2.2 エポキシアスファルト	5.5 繼 目
2.3 骨 材	第6章 品質管理および検査
2.4 その他の材料	第7章 調 査
第3章 配合設計	付録-1 エポキシ樹脂について
第4章 試験練り	付録-2 エポキシアスファルトの構成、混合方法、 代表的性状

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
<b>[メーカー]</b>		
出光興産株式会社	(100-8321) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3135
鹿島石油株式会社	(102-0094) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
九州石油株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
極東石油工業株式会社	(104-0031) 中央区京橋1-8-7	03 (5250) 2681
興亜石油株式会社	(108-8514) 港区芝浦3-4-1	03 (5441) 2516
コスモ石油株式会社	(105-8528) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3874
三共油化工業株式会社	(105-0004) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社ジャパンエナジー	(105-0001) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(135-0091) 港区台場2-3-2	03 (5531) 5765
昭和四日市石油株式会社	(510-0851) 四日市市塙浜町1	0593 (45) 2111
西部石油株式会社	(105-0003) 港区西新橋2-1-1	03 (5512) 3417
東燃株式会社	(150-8411) 渋谷区広尾1-1-39	03 (5778) 5179
東北石油株式会社	(985-0901) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日本石油株式会社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
日本石油精製株式会社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
富士興産株式会社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
富士石油株式会社	(104-0044) 中央区明石町8-1	03 (3547) 0011
三菱石油株式会社	(105-8457) 港区虎ノ門1-2-6	03 (5521) 2068
モービル石油株式会社	(108-8005) 港区港南1-8-15	03 (5495) 6700

**[ディーラー]**

● 北海道

コスモアスファルト(株)北海道支店 株式会社ロード資材	(060-0042) 札幌市中央区大通り西10-4 (060-0001) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3906 011 (281) 3976	コスモ
--------------------------------	---	----------------------------------	-----

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
<b>● 東北</b>			
株式会社男鹿興業社	(010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (23) 3293	J O M O
カマイ株式会社	(980-0803) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111	日 石
コスマスアスファルト(株)東北支店	(980-0021) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101	コスマス
正興産業株式会社仙台営業所	(982-0032) 仙台市太白区富沢1-3-31	022 (244) 9586	三 石
竹中産業株式会社新潟営業所	(950-0087) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770	昭和シェル
常盤商事株式会社仙台支店	(980-0011) 仙台市青葉区上杉1-8-19	022 (224) 1151	三 石
ミヤセキ株式会社	(983-0852) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231	三 石
<b>● 関東</b>			
朝日産業株式会社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コスマス
株式会社アスカ	(104-0032) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001	出 光
伊藤忠商事株式会社	(107-8077) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548	九 石
伊藤忠燃料株式会社	(153-8655) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	J O M O
梅本石油株式会社	(162-0824) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541	コスマス
エムシー・エネルギー株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1-2-2	03 (5251) 0961	三 石
株式会社JOMOサンエナジー	(104-0032) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191	J O M O
株式会社ケイエム商運	(103-0028) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1626	三 石
コスマスアスファルト株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コスマス
国光商事株式会社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
澤田商行株式会社関東支店	(104-0032) 中央区八丁堀2-21-2	03 (3551) 7131	コスマス
昭石商事株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511	昭和シェル
新日本商事株式会社	(170-0005) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105-0013) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9521	出 光
竹中産業株式会社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中央石油株式会社	(160-0022) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061	モービル
東京富士興産販売株式会社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401	富士興産
東光商事株式会社	(104-0031) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751	三 石
東新エナジー株式会社	(103-0027) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石
東洋国際石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138	コスマス
中西瀧青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日 石
株式会社南部商会	(100-0005) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871	日 石
日石丸紅株式会社	(105-0003) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777	日 石
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
パンフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211	富士興産
富士鉱油株式会社	(105-0004) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891	コスマス

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
富士油業株式会社東京支店	(106-0031) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501	富士興産
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モービル
三井石油株式会社	(164-0012) 中野区本町1-32-2	03 (5334) 0730	極東石油
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
菱油販売株式会社	(182-0024) 調布市布田4-6-1	0424 (41) 7611	三石
瀧青販売株式会社	(103-0027) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出光
<b>● 中部</b>			
コスモアスファルト(株)中部支店	(460-0003) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711	コスモ
澤田商行株式会社	(466-0015) 名古屋市昭和区御器所通1-6-1	052 (883) 1881	コスモ
鈴与商事株式会社静岡第一支店	(424-0037) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195	モービル
竹中産業株式会社福井営業所	(918-8015) 福井市花堂南1-11-29	0766 (33) 0001	昭和シェル
株式会社田中石油店	(918-8003) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭和シェル
富安産業株式会社	(939-8181) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭和シェル
松村物産株式会社	(920-0031) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	三石
丸福石油産業株式会社	(933-0954) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭和シェル
<b>● 近畿・中国</b>			
赤馬アスファルト工業株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271	モービル
大阪アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031	出光
木曾通産株式会社大阪支店	(530-0047) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212	コスモ
共和産業株式会社	(700-0816) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	JOMO
コスモアスファルト(株)関西支店	(550-0005) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731	コスモ
コスモアスファルト(株)中国支店	(730-0022) 広島市中区銀山町3-1	0822 (44) 6262	コスモ
三徳商事株式会社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551	昭和シェル
昭和瀧青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	JOMO
信和興業株式会社	(700-0927) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532-0011) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510	昭和シェル
正興産業株式会社	(650-0024) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301	三石
中国富士アスファルト株式会社	(712-8063) 倉敷市水島南幸町3-39	086 (448) 9988	富士興産
千代田瀧青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531	三石
ド一口商事株式会社	(542-0083) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856	富士興産
富士アスファルト販売株式会社	(550-0003) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195	富士興産
富士商株式会社	(756-8501) 小野田市稻荷町10-23	0836 (81) 1111	昭和シェル
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭和シェル
横田瀧青興業株式会社	(672-8064) 姫路市飾磨区細江995	0792 (33) 0555	JOMO
株式会社菱芳磁産	(671-1103) 姫路市広畠区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	JOMO

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
<b>● 四国・九州</b>			
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851	J O M O
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	J O M O
株式会社 カンダ	(892-0823) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111	昭和シェル
株式会社 九菱	(805-0017) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868	三石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810-0041) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436	コスモ
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131	富士興産
サンヨウ株式会社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	富士興産
西岡商事株式会社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001	三石
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255	昭和シェル
丸菱株式会社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561	昭和シェル

編集顧問

多田宏行  
藤井治芳  
松野三朗

委員長:	河野 宏	副委員長:	真柴 和昌
阿部忠行	菅野善朗	鈴木明憲	半野久光
荒井孝雄	栗谷川裕造	田井文夫	姫野賢治
安崎 裕	小島逸平	遠西智次	三谷治郎
池田拓哉	七五三野茂	野村敏明	吉兼秀典

アスファルト 第197号

平成10年10月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-21-8 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104-0061 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシスム株式会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.41 No.197 OCTOBER 1998

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**