

アスファルト

第39巻 第188号 平成8年7月発行

188

特集・舗装の維持修繕

| | | |
|---------------------|--------------------|----|
| 特集にあたって | 鈴木克宗 | 1 |
| 舗装の維持管理 | 久保和幸 | 4 |
| 北海道の国道における舗装の維持修繕 | 島多昭典 | 10 |
| 近畿地方建設局の舗装の維持修繕について | 山下良男 | 15 |
| 高速道路における舗装修繕の現状について | | |
| | 明石達雄・佐藤正和 | 21 |
| 首都高速道路における舗装補修 | | |
| | 首都高速道路公団保全施設部保全技術課 | 26 |
| 東京都における道路舗装の維持補修の現状 | 竹田敏憲 | 30 |

| | | |
|-------------------|------|----|
| インターネットと舗装工学（第1回） | 姫野賢治 | 36 |
|-------------------|------|----|

| | | |
|--------------------|--|----|
| 第8回日本アスファルト協会論文賞発表 | | 40 |
|--------------------|--|----|

<第8回論文賞入選第2席>

| | | |
|--------------------------------|-----------------|----|
| アスファルト混合物用細骨材の粒形評価手法に関する研究 | | |
| | 七五三野茂・神谷恵三・竹田豪文 | 42 |
| <シリーズ石油ミニ知識> | | |
| ～環境問題～ | 長谷川宏 | 52 |
| <アスファルト舗装技術研究グループ・第25回報告> | | |
| 第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（その2） | 峰岸順一 | 55 |
| パート4：舗装のリフレクションクラックに関する抑制対策 | | |
| | 関口英輔・村田信之・山脇宏成 | 56 |
| パート5：事例紹介 | 北澤弘明・鈴木康豊・浜田幸二 | 64 |
| <新刊書紹介> | | |
| 橋面舗装の設計と施工 | 阿部頼政 | 73 |
| <用語の解説> | | |
| カンタプロ試験 | 小島逸平 | 74 |
| コロイドとアスファルト乳剤 | 青木秀樹 | 76 |
| <統計資料>石油アスファルト需給統計資料 | | 78 |
| 主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況 | | 80 |

ASPHALT

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

訂正のお願い

アスファルト誌187号表紙中のタイトル及び48頁図-8に
下記の間違いがありましたので、御手数ですが、訂正並びに
ミシン目を切ってノリ付けにて差替をお願い致します。

表 紙

誤

- パート2：舗装のリフレッシュクラックに関する設計モデル
パート3：舗装のリフレッシュクラックに関する評価方法

正

- パート2：舗装のリフレクションクラックに関する設計モデル
パート3：舗装のリフレクションクラックに関する評価方法

48頁図-8

誤

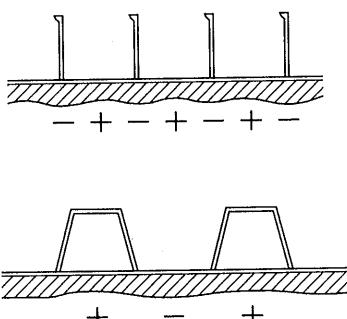


図-8 鋼床版舗装の変状(2)

正

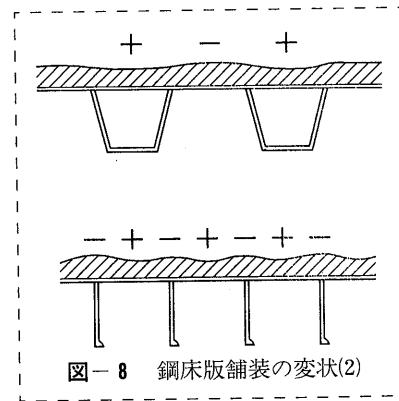


図-8 鋼床版舗装の変状(2)

~~~ 路上ウォッチング ~~~

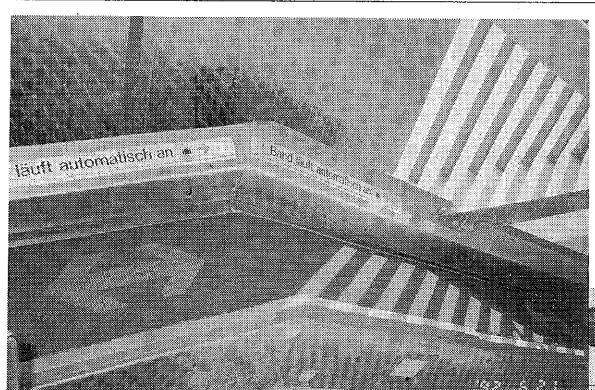
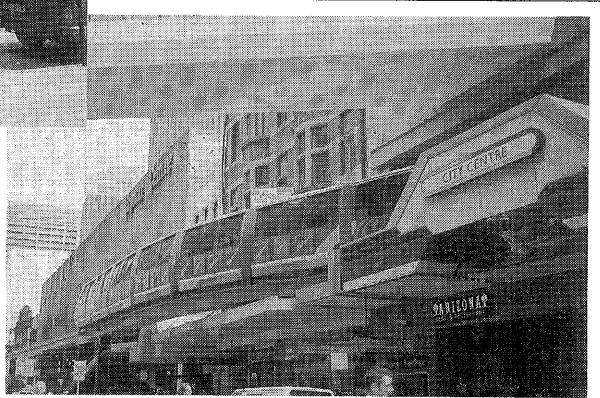
外国で見つけたもの（その2）



◀ レッカー移動のようですが、車ごと持上げてトラックで移動しています。もちろん違法駐車対策。

(パリ)

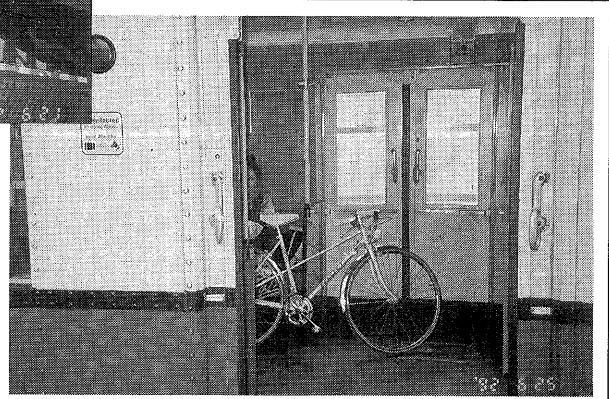
狭いビルの間をぬうように走るモノレー ▶
ル。カーブを直角に曲がれないので建物の
中へ入っていきます。
(シドニー)



◀ 階段の傍に設けられた荷物用のベルトコンベイラー。荷物を置くと自動的に動き始めます。海外出張中には助かります。
(ブレーメン)

自転車をそのまま電車へ持ち込みます。 ▶
日本では分解して袋に入れないと違法です。

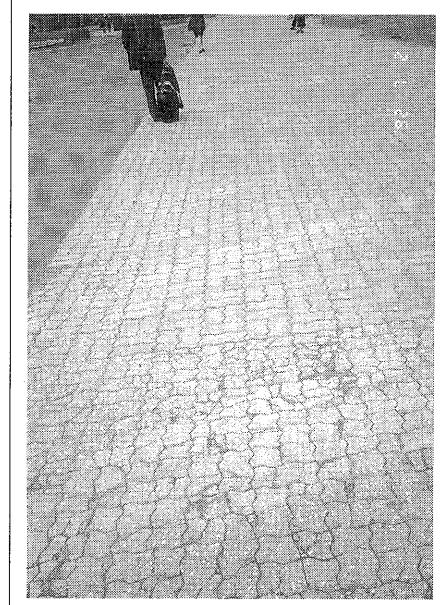
(ベルリン)





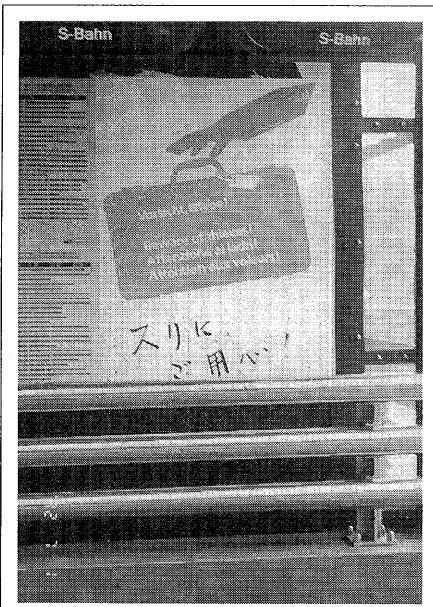
▲ お店の入口に貼ってあったペット持込み不可のサイン。「僕は入れないんだよ」という感じの暖さを感じます。

(ミュンヘン)



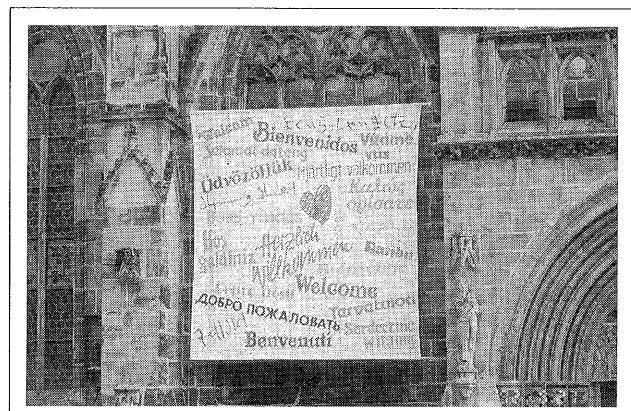
▲ ブロック舗装のブロックにひびわれが.... ブロック舗装は初めからひびわれた舗装とも言われていますが。

(リヨン)



▲ 日本人はよほどスリに狙われるのでしょうか?

(ベルリン)



▲ 外国で日本語を見るとホッとします。北海道弁のようにも思えます。

(ベルリン)

特集にあたって

鈴木克宗

建設省道路局国道課道路保全対策官

日本の道路整備の幕開けとなった第1次道路整備五箇年計画の初年度であった昭和29年、1954年4月の舗装率は都道府県道以上で5.9%であった。以来道路の改良・舗装が急ピッチで行われ、40年後の平成6年、1994年4月の舗装率は95%（簡易舗装を含む）となり、現状で、舗装率をもって道路の整備状況を表すことはなくなった。

一方、第一線の道路を管理する人達（特に舗装を専門とする人々）は95%の数字に不満を漏らす。それは簡易舗装が後々の維持修繕に多くの問題を残すと考えられ、簡易舗装を除く舗装率が61.5%にとどまっているからである。しかし、一般の人達はできあがりの舗装を見て簡易舗装かどうかは区別つかない。簡易舗装の道路を多くの大型車が日常的に使えば舗装は直ぐに破損するが、乗用車中心なら相当の寿命が期待できる。多少なら傷んでもかまわないし、いつのこと破損してから直せば良いとまで考える。

このことには多くの問題が含まれている。イ

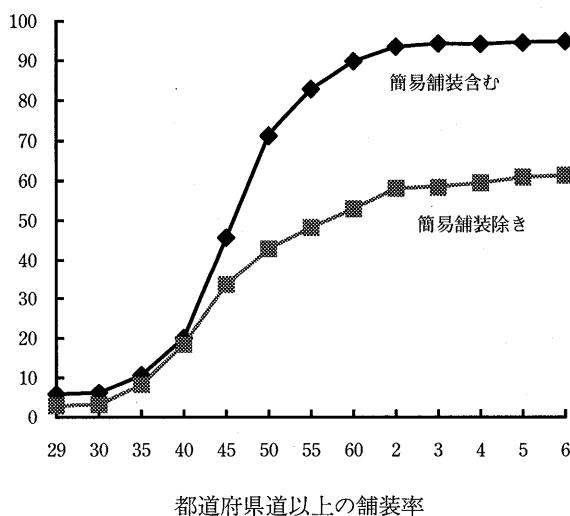
ニシャルコストとランニングコストを併せたトータルコストで舗装の維持修繕を考えた場合、当初の舗装にはどの程度コストをかけるべきか。評価は、単純にコスト比較だけではよいのか、当初の低成本による社会に与えた効用を考えなくともよいのか。計画交通、特に大型車の予測は得てしてはざれるもの、多少維持修繕で高いコストを払っても、実態にあわせてその後の対応をした方がよいのではないか。

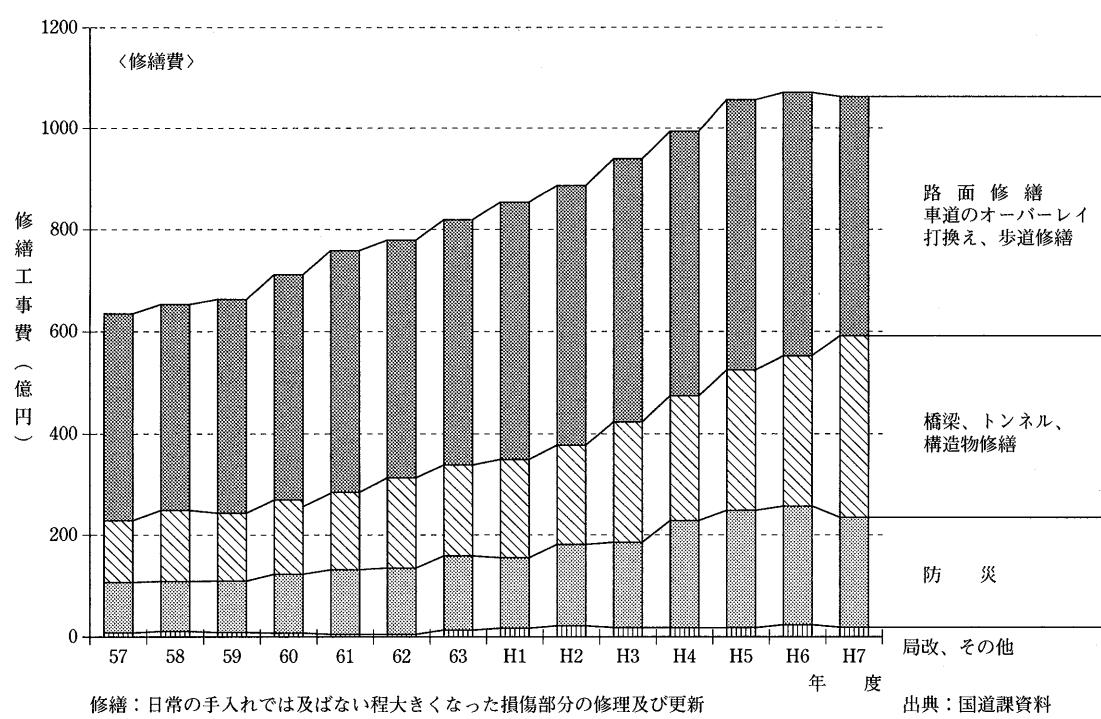
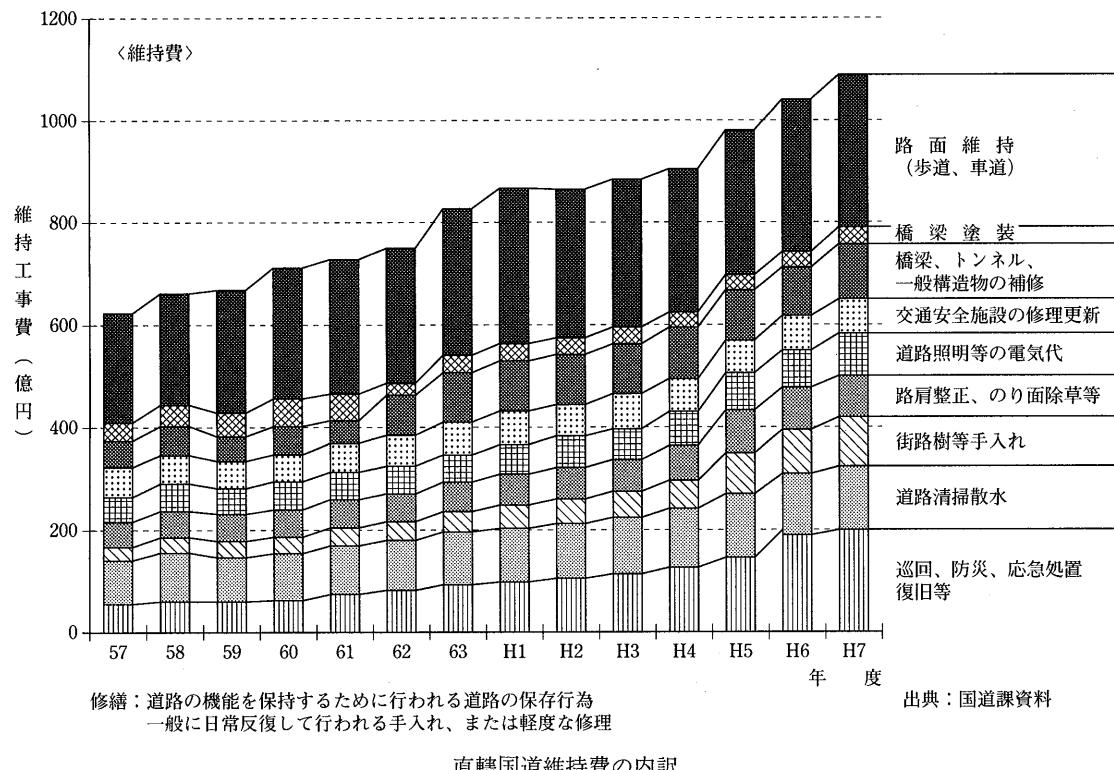
道路の予算の推移は、残念ながら先に述べた考え方で結果的に沿ったものとなっている。平成8年度の道路事業費は当初予算で84,175億円（対前年度比1.01）であったが、一般道路の維持修繕費（直轄・補助計）は対前年度比1.00となっている。ここ10年来の直轄国道の維持費のうちの路面維持は約300億円弱程度で推移しており、修繕費のうちの路面修繕も約500億円前後にとどまっている。

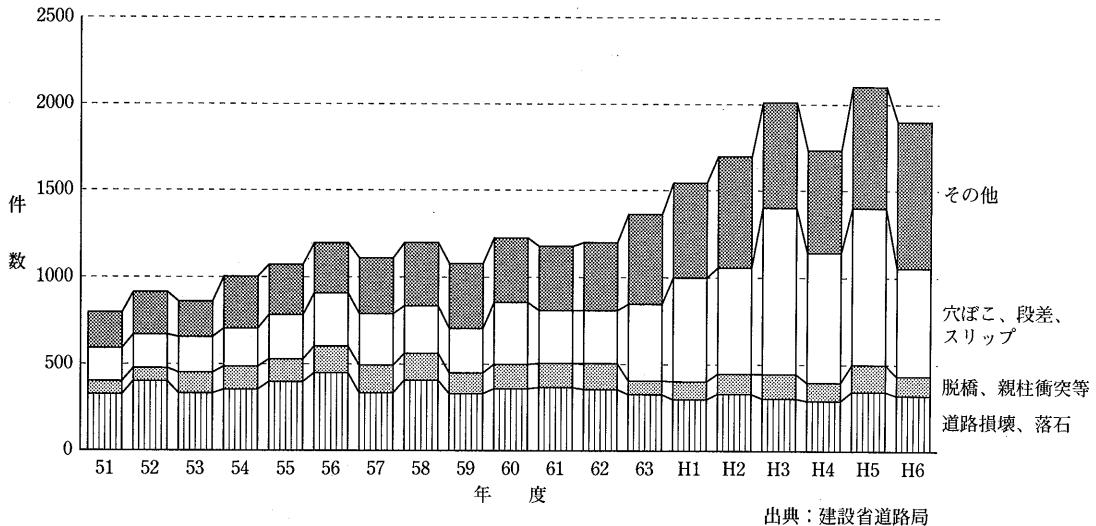
ところが、最近では、一般国道43号の最高裁判決等を契機に、環境対策として高質な舗装整備も求められてきている。例えば排水性舗装は一般の舗装と比べ、条件により数デシベルの騒音低減効果があると言われているが、数年で目詰まりを起すため、機能の回復が必要となる。

また、一方では、特に都心部では、電気やガス、水道等の占用工事により掘り返された後、数時間の間に供用しなければならないなど、過酷な施工条件になっている。さらに、廃材を出さないよう路上再生工法も多く求められており、理想の状況での舗装の維持修繕が難しくなっている。

このように、全体としては道路の建設的投資に押されて維持的投資がそう伸びない状況下で、







出典：建設省道路局

道路管理に関する訴訟・示談件数の推移

高質な維持管理を求められる局面が多くなっている。最近30年間の維持的経費のシェアはほぼ10~20%で推移しており、ここ10年間は低減傾向にある。この結果、維持管理で最大分野である通常の路面の維持修繕分野が圧縮される状況になっている。

1991年、アメリカ合衆国は総合陸上輸送効率化法を施行した。1992年度から1997年度までの6年間に総額1,550億ドル（国費）を支出する計画であり、そのうちの3/4を道路投資が占め、アメリカの今後の道路投資を方向づけるものであった。テーマは「経済的に効率的で、環境を考慮した地球規模での経済市場で競争力を国へ与え、そして人と物を省エネルギーで運ぶ全国総合輸送システムを開発すること」であり、その主たる目的は、新たに打ち出した高度道路交通システム（IVHS）や州際道路であるインターチェンジの3倍の規模のナショナルハイウェイシステム（NHS）と喧伝されているが、深刻な問題は老朽化した道路のリフレッシュであった。同時に北米自由貿易協定（NAFTA）が締結され、今まで東海岸と西海岸を結ぶ東西のイン

ターステートが中心であった物流が南北の道路にも集まるようになったが、州際道路や1級州道のいたるところでメンテナンスが悪く、トラックは徐行して走らざるを得ない状況が多々あった。これに対応するため、財源としてガソリン税を引き上げて、道路施設の4R（再改築、再舗装、再補修、再修繕）を行うとともに、さらには無料橋梁の架け替えを行つての有料化、無料道路を改築しての有料化など新たな資金調達を行つて、主要道路の修繕に取り組んでいる。

アメリカのような状況になってから道路の再改築に取り組むのは非効率であるし、日本の政策決定はアメリカのようにドラスティックなものとはなっていない。そうなってからでは取り返しがつかない。したがって、限られた予算のなかで如何に最大効用を發揮させるか、新たな施策に対してどのような投資をすべきか、後世に悪しき資産を残さない維持修繕レベルはどのようなものか等、本号のテーマである「舗装の維持修繕」は道路の基本理念を論ずると同じくらい大変なテーマなのである。

舗装の維持管理

久保和幸*

1. はじめに

舗装を合理的に管理するシステムとしては舗装管理システムが挙げられる。ここでは、舗装管理システムの概要とその課題、さらに今後の展望について記述する。

2. 舗装管理システム（PMMS）^{1),2)}

建設省における舗装管理システムは、舗装の供用性の推移を明らかにし、舗装の供用性予測手法および補修の時期、工法、経済性等を考慮した補修のマネジメントシステムとして研究に着手された。1982年度には舗装データバンクが開発され、建設省の各地方建設局本局で大型計算機を使用して運用され始めた。また、1985年度には長期補修システムが、1987年度には短期補修システムおよび事務所等でパソコンを用いてデー

タバンクが運用できる舗装データバンクシステムが開発され、建設省における舗装管理システムの基本構成が完成している。後に、各地方建設局のモニタリング事務所における試験的な運用などにより、より実用的なシステムとなるように改良が施されている。PMMSの基本フローは図-1のとおりである。

(1) 舗装データバンク

舗装データバンクは、路面性状データ、維持管理データ、舗装構成データなどを効率的に管理し、加工したデータを図表などに出力するシステムで、PMMSの中核をなすものである。図-2には舗装データバンクの概念図を示す。

舗装データバンクでは、管理する路線を100mごとの区間に分け、区間ごとの路面性状データ（わだち掘れ量、ひび割れ率、平坦性）、道路管理データ、道路設計

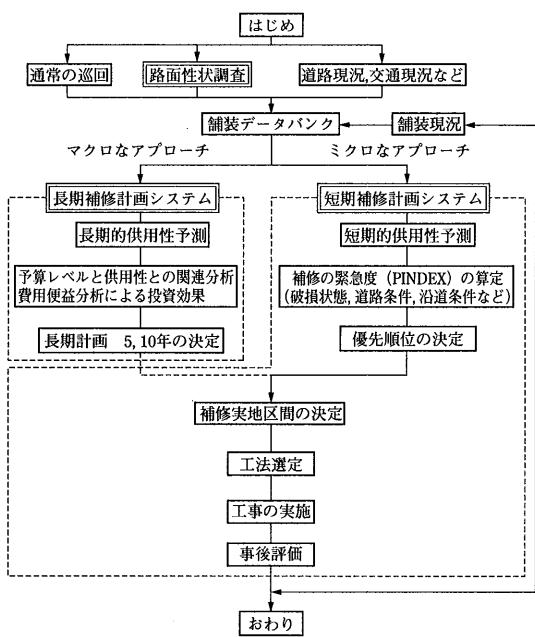


図-1 PMMSの基本フロー

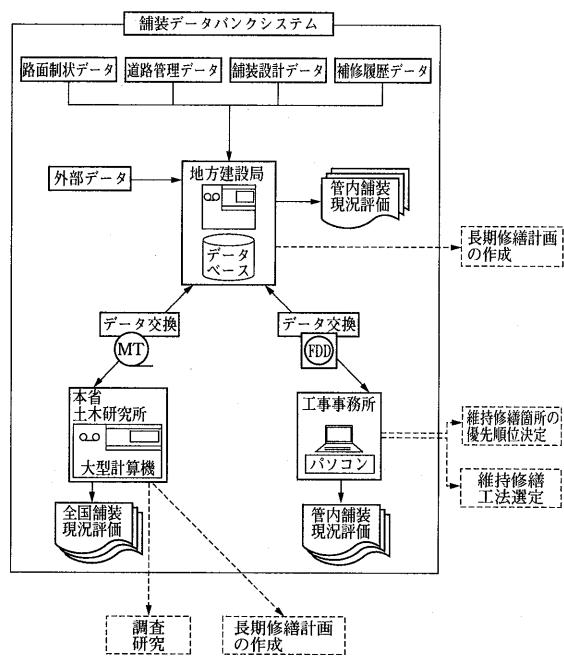


図-2 舗装データバンクの概念図

*くば かずゆき 建設省土木研究所道路部舗装研究室研究員

データ、補修履歴データなどを建設省各地方建設局の大型計算機に蓄積しておき、管内道路の舗装の現況評価や修繕計画の作成などに利用されている。

(2) 短期補修計画システム

短期補修計画システムは、従来道路管理者の経験に基づいて行われていた補修箇所および工法等の判断を舗装データバンクからの情報に基づき行うシステムである。短期補修計画システムの基本フローを図-3に示す。

優先順位決定システムにおいては、まず上位計画等により修繕が決定している区間を除き、残りの区間にについて路面性状データなどからPINDEX (Priority Index、補修の緊急度) を計算し、その点数の大きい順に優先度1から3までの分類を決定する。

工法選定システムでは、優先順位決定システムにおいて補修が必要と認められた箇所について、既設舗装の路面性状、舗装構成、供用履歴、交通条件などから舗装の残存価値を評価し、維持的対応か修繕的対応かを選別する。続いて、路面性状データや嵩上げの可否などから詳細な工法を選定する。ただし、残存価値が算出できないような箇所は、経年数およびMCI(Maintenance Control Index、舗装の維持管理指標)を用いて維持・修繕の判断を行い、さらに経済性、施工性の検討を行って、最適な工法、区間を選定する。

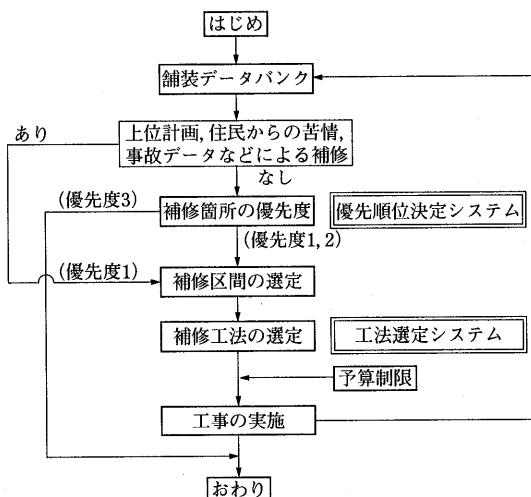


図-3 短期補修計画システムの基本フロー

(3) 長期補修計画システム

長期補修計画システムは、舗装の管理水準、MCIで評価した舗装の供用性、補修費用、MCIに応じた利用者の便益などを有機的に結合して最適な補修計画を導

くシステムであり、補修の需要予測、投資効果の算定(マクロ評価)から、補修の箇所、工法、実施時期の選定(ミクロ評価)までを行うことができる。図-4には長期補修計画システムの基本フローを示す。

供用性予測モデルでは、2つの地域区分(一般・雪寒)および3つの修繕工法(打換え・オーバーレイ・表面処理)に対して6つの式が示されており、経年数、車線あたりの交通量および大型車混入率からMCIを予測する。

補修費用モデルは、維持修繕を行うことで掛かる費用を計算するモデルである。修繕費用については工法ごとの単位面積当たりの費用を地方建設局ごとに設定している。また、維持費用については既設舗装路面のMCIに対応して単位面積当たり一定の費用が掛かるとしている。

便益算定モデルは、MCIが3以上の場合の車両走行費用を基準として、MCIが3以上の場合の車両走行費用の節約額を利用者便益として算出するモデルである。車両走行費用は、燃料費、オイル費、タイヤ消耗費、車両の修理費、減価償却費の合計であり、車種、走行速度別に舗装の供用状況(MCI)によって定められる。

時間損失費用モデルは、修繕工事にともなう渋滞や迂回のために、利用者が被る損失を走行タイムの遅れから算出するモデルである。時間損失は当該道路の車線数、大型車混入率、24時間交通量、修繕工法をパラメータとして求められる。

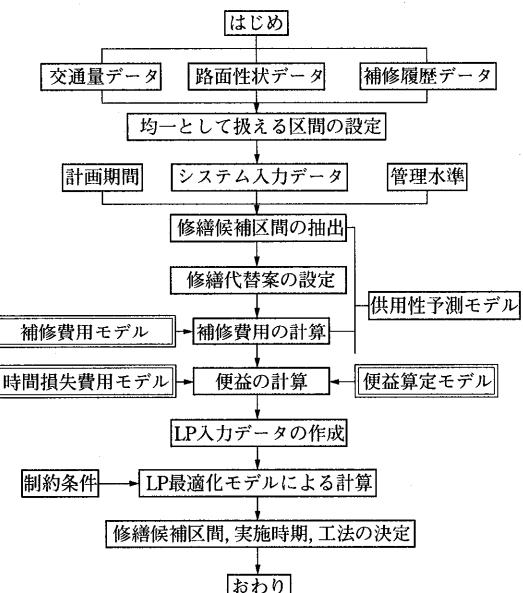


図-4 長期補修計画システム

3. PMMSの運用例²⁾

建設省では、平成3年度に一般国道指定区間の長期補修計画の基礎資料を得るために、以下の運用条件の下で、長期補修計画システムを運用した。対象とした地域は、東北、関東、北陸、中部、近畿、中国、四国および九州の8地方建設局である。

(1) システムの運用方法

交通量データには平成2年度全国交通情勢調査（センサス）のデータを用い、路面性状データ、舗装補修履歴データには平成2年度舗装データバンクのデータを用い、均一として扱える区間を設定し、システム入力データを作成した。ただし、舗装はアスファルト舗装に限定した。

計画期間および管理水準については以下のとおり設定した。

①計画期間の設定

平成3年度から10年間とした。ただし、10年間を前半と後半に分割し、5年間のシミュレーション終了時の状態をあらためて初期状態として後半の5年間のシミュレーションを行った。

②管理水準の設定

道路利用者および沿道住民への影響を考慮して、2種類の管理水準を設定した。すなわち、D交通区間およびDID (Densely Inhabited District, 人口集中地区) を水準2とし、MCIの管理水準を5.5とした。また、その他の一般的な地域を水準1とし、MCIの管理水準を4.5とした。

先に作成したシステム入力データをもとに、供用性予測モデルから求めた各年度のMCIの予測値を用いて、任意に設定した計画期間および管理水準の下での修繕候補区間を抽出した。

それぞれの修繕候補区間にに対して、工法と実施時期の組み合わせを設定し、その組み合わせごとに補修費用モデル、便益算定モデル、時間損失費用モデルによって補修費用と便益の計算を行った。なお、打換えは修繕費用が大きく、そのままでは修繕工法として採択されにくいことから、実態にあわせて地建ごとの採択基準を設定し、価格はすべて平成3年度価格を用いた。

線形計画法により、予算制約下で純便益が最大となるような、修繕区間、実施時期、工法が決定されるように運用を行った。

図-5には、予算伸び率別の全国の平均MCIの推移を示す。伸び率1.06の場合でも一時的なMCIの低下が生じ、それ未満の伸び率ではMCIは低下し続ける傾向

にある。

図-6(a)～(c)には予算伸び率別のMCIクラス別延長比の推移を示す。MCIが3以下の早急に補修が必要な

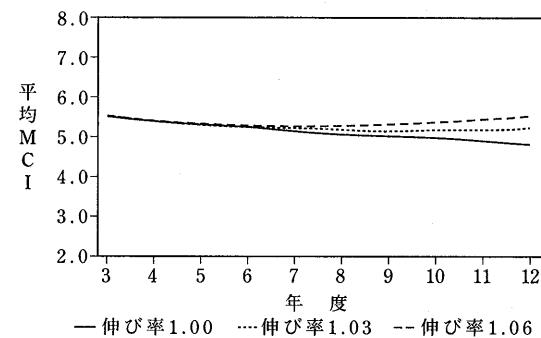
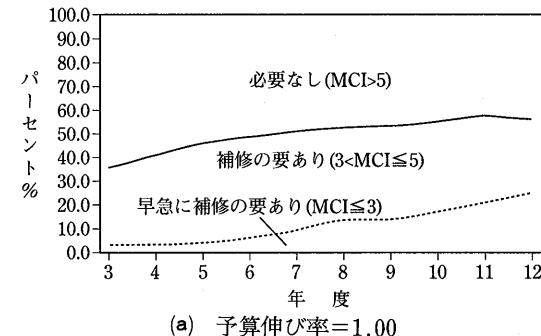
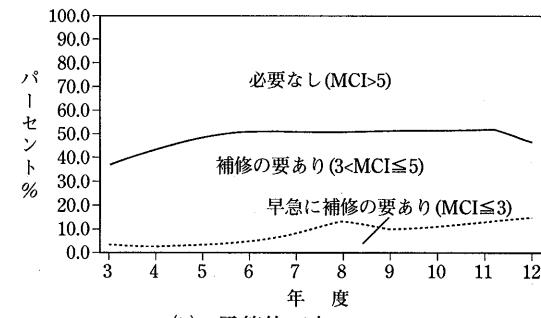


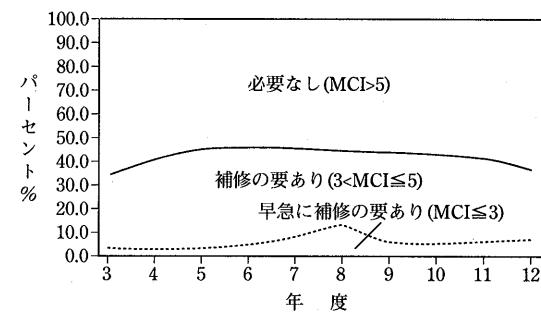
図-5 予算伸び率別の全国の平均MCIの推移



(a) 予算伸び率=1.00



(b) 予算伸び率=1.03



(c) 予算伸び率=1.06

図-6 MCIクラス別延長比の推移

延長比に着目すると、予算伸び率を1.06とするとほぼ現状を維持できるが、それ未満であると増加が見られる。

予算伸び率別の補修費用と各種便益の関係を表-1に示す。各欄の下段の数値は、予算伸び率1.00のケースとの差を示したものである。車両1台あたりの便益は小さいものの、走行台数が膨大であることから、全体での便益は補修費用をはるかに上回っており、予算額の増加にともない、便益も増大している。

表-1 補修費用と各種便益の関係

(単位：億円)

| 予算伸び率 | 1.00 | 1.03 | 1.06 |
|-------------|--------|--------|--------|
| ① 補修費用 | 5,021 | 5,752 | 6,612 |
| | 0 | 731 | 1,591 |
| ② 利用者便益 | 28,118 | 29,546 | 30,542 |
| | 0 | 1,428 | 2,424 |
| ③ 時間損失費用 | 951 | 1,071 | 1,192 |
| | 0 | 120 | 241 |
| ④ 純便益 ②-③ | 27,167 | 28,475 | 29,350 |
| | 0 | 1,308 | 2,183 |
| ⑤ 社会的便益 ④-① | 22,146 | 22,723 | 22,738 |
| | 0 | 577 | 592 |

4. PMMSの課題

以上、PMMSの運用方法と出力例を紹介したが、まだ実際の舗装管理との間にはかい離が見られるようである。PMMSの実用化を図る場合、以下の項目が課題として挙げられる。

(1) 供用性の予測

現在、補修の第一要因としてわだち掘れ量の増加が挙げられることが多い。そこで、的確な補修計画が立てられるように、このわだち掘れ量を早期にかつより高い精度で予測する手法の確立が必要である。

(2) 便益算定

現在、便益算定に用いられている車両走行費用はFHWA (Federal Highway Administration, 米国連邦道路庁)によるものを日本の交通事情に合わせて修正したものである。今後は、日本独自の調査を基に車両走行費用の算定精度を向上させるとともに、他の影響要因も考慮した時間損失費用の算定精度の向上を図る必要がある。また、便益の算定にあたっては、道路利用のみならず沿道住民への影響（騒音・振動や通行止めなど）も考慮していく必要がある。

(3) ユーザーフレンドリー

現在のシステムでは、事務所用のシステムも開発されているが、機能性・操作性などの問題からあまり使

用されていない。今後は、事務所などでの試用結果も踏まえて、事務所のニーズにあったシステムに改良し、普及に努めていく必要がある。

5. 今後の展望

舗装に対するニーズの多様化・高度化にともない、排水性舗装やコンポジット舗装など従来の舗装に対して付加価値を有した舗装技術が開発されてきている。こうした背景を踏まえて、より合理的な舗装管理のために必要となってくると思われる項目を列記すると以下のとおりである。

(1) ライフサイクルコストの概念の確立

従来の便益の算定には道路管理者および道路利用者に関するコストが主な対象であったが、今後、沿道住民や地域社会に与える影響についても考慮していく必要があると考えられる。例えば、排水性舗装の便益を算定するにあたっては、道路利用者に対しては走行安全性の向上、走行快適性の向上などが便益として考えられるが、沿道住民にとっては騒音低減効果が便益の対象として挙げられる。また、地球規模で考えると大気汚染への影響や舗装発生材等の処分問題も考慮していかなければならない。図-7にはライフサイクルコストの構成の概念図を示す。

騒音低減効果や環境保全機能などの環境に関わる費用の算定は、舗装の新技術を評価する上でも不可欠なものであり、対象となる舗装技術に関連する事象をすべて経済的・定量的に評価できれば、新技術の妥当性を評価することにもつながる。

ライフサイクルコストによって評価が検討されている舗装技術としてはコンポジット舗装などの長寿命化舗装が挙げられる。これは、排水性舗装などの評価が困難な便益に比べて、長寿命化舗装の便益がとりあえ

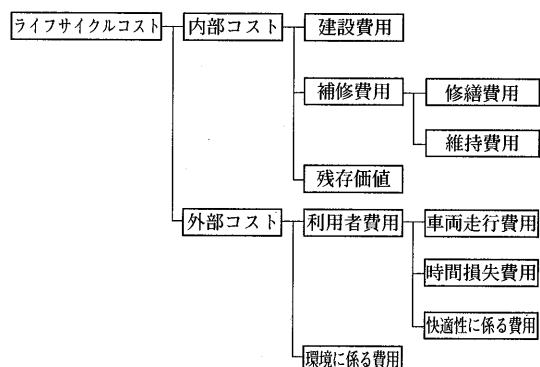


図-7 ライフサイクルコストの構成の概念図²⁾

ずは工事費だけの比較で行えることによる。長寿命化舗装のライフサイクルコスト（工事費のみ）の概念図を図-8に示す。あくまでも概念的な比較図であり、実際にコンポジット舗装の累積工事費がアスファルト舗装を下回るかどうかは定かではないが、走行快適性などの項目を経済的に定量化できればコンポジット舗装のメリットはより明確となるはずである。

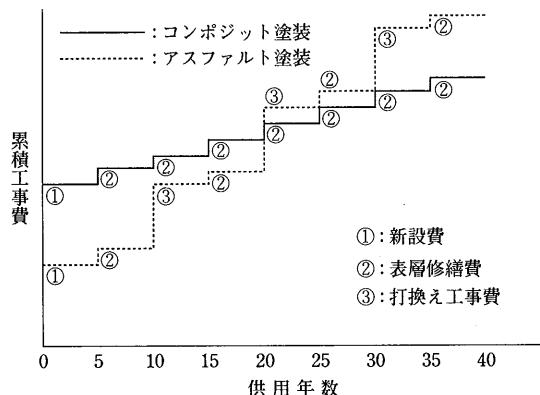


図-8 ライフサイクルコストの比較の概念図

(2) 新たな既設舗装評価手法の提案

ライフサイクルコストの概念をソフト面での課題とすると、ハード面では新たな修繕工法の開発と既設舗装の評価手法の確立が挙げられる。特に既設舗装の評価手法としては、既存の項目としてはわだち掘れ量、平坦性、ひび割れ率といった路面性状が主であり、舗装の残存価値を評価するためには、こうした路面性状から推定する方法が採られるのが一般的である。例えば、「道路維持修繕要綱」(社)日本道路協会、昭和53年7月)には、アスファルト舗装の修繕工法としてオーバーレイを行いう場合のオーバーレイ厚の算出方法として必要となるアスファルト舗装の等値換算厚(T_{AO})から既設舗装の等値換算厚(T_{AO})を示しているが、この T_{AO} の計算に用いられる係数は既設舗装のひび割れ率より推定して求められることとなっている。表-2には「道路維持修繕要綱」に示されている T_{AO} の計算に用いる換算係数を示す。

「アスファルト舗装要綱」(社)日本道路協会、平成4年12月)においては、舗装の破損原因をより詳細に調査する場合には、コア抜きやたわみ量の測定、開削調

表-2 T_{AO} の計算に用いる換算係数

| | 在来舗装の構成材料 | 各層の状態 | 係数 | 摘要 |
|-------|-----------------------|-------------------------------|-----------|--|
| 表層・基層 | 加熱混合式 アスファルトコンクリート | 破損の状態が水準1で水準2の状態に進行するおそれのある場合 | 0.9 | 破損の状態が水準1に近い場合を最大値水準3に近い場合を最小値に考え、中間は破損の状況に応じて適当な係数を定める。 |
| | | 破損の状態が水準2で水準3の状態に進行するおそれのある場合 | 0.85~0.6 | |
| | | 破損の状態が水準3の場合 | 0.5 | |
| 上層路盤 | 加熱アスファルト安定処理 | | 0.8~0.4 | 新設時と同程度の強度をもつと認められるものを最大値にとり、破損の状況に応じて係数を定める。 |
| | セメント安定処理 | | 0.55~0.3 | |
| | 石灰安定処理 | | 0.45~0.25 | |
| | 水硬性粒度調整スラグ | | 0.55~0.3 | |
| | 粒度調整碎石 | | 0.35~0.2 | |
| 下層路盤 | 切込砂利および切込碎石 | | 0.25~0.15 | |
| | セメント安定処理 および石灰安定処理 | | 0.25~0.15 | |
| コリント版 | セメントコンクリート | 破損の状態が水準1または水準2の場合 | 0.9 | |
| | | 破損の状態が水準3の場合 | 0.85~0.5 | |

(注) 舗装破損の状態の基準

水準1：ほぼ完全な供用性を有しており、当面の維持修繕は不要であって日常の維持を行えばよいもの
(おおむねひびわれ率が15%以下のもの)

水準2：ほぼ完全な供用性を有しているが、局部的な維持修繕が必要なもの (おおむねひびわれ率が15~35%のもの)

水準3：オーバーレイあるいはそれ以上の大規模な維持修繕が必要であるもの (おおむねひびわれ率が35%以上)

査などを実施する旨の記述があるが、実際にどのように測定して、その測定結果をどのように評価するかまでの記述はなく、概念的なものにとどまっている。これらの調査項目のうち、コア抜きや開削調査は非常に手間がかかる。そこで、現在、最も検討が進んでいる舗装の非破壊調査方法としてFWDが挙げられる。**写真-1**にはFWDによる測定現場の例を示す。FWDによる舗装の構造評価の基本的な考え方は、たわみの形状により舗装のどの層がどの程度傷んでいるかを知ることができるものであり、多層弾性理論を用いた逆

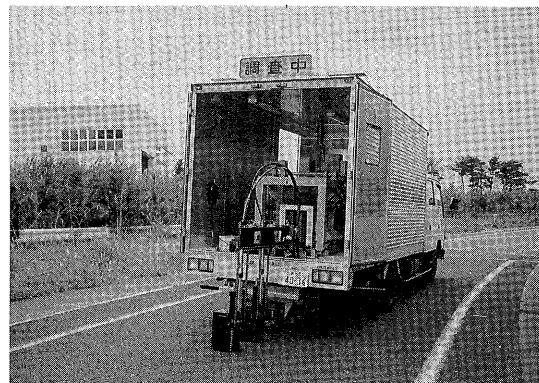


写真-1 FWDによる測定現場の例

解析により舗装各層の弾性係数を推定する方法が一般的である。

(3) その他

FWDによる舗装構造評価以外にも、走行快適性や騒音・振動といった機能性の評価が今後必要不可欠であり、その評価指標としてIRI(International Roughness Index, 国際ラフネス指数)や道路交通騒音の簡易測定法(タイヤ近傍音の測定)などの検討が実施されてきている。

また、世界銀行ではHDM(Highway Development and Management)システムと称して、PMSのようなシステム構築を図っており、その中では自転車交通や交通事故に関するサブシステムの導入も検討されている。

— 参考文献 —

- 1) 最新アスファルト舗装講座, 山海堂, 平成7年9月
- 2) 吉田, 安崎: 舗装の管理のためのマネージメントシステム, 土木技術資料34-8, pp.36-41, 平成4年8月

砂利道の歴青路面処理指針(59年版) 増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費額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 |

北海道の国道における舗装の維持修繕

島 多 昭 典*

はじめに

北海道内には、6,241.2kmの一般国道があり、この内、舗装済延長は6,216.1km(99.6%)である。この国道の維持管理は北海道開発局とその出先機関である10の開発建設部において行われている。各開発建設部においては道路事務所等が設置されており、それぞれの管理区間が設定されている。舗装の維持修繕についてはここで行われている。

| | | | |
|--------|---------|---------|--------|
| 北海道開発局 | 札幌開発建設部 | 札幌道路事務所 | 他5事務所等 |
| | 小樽開発建設部 | 小樽道路事務所 | 他3事務所 |
| | 函館開発建設部 | 函館道路事務所 | 他5事務所 |
| | 室蘭開発建設部 | 室蘭道路事務所 | 他5事務所等 |
| | 旭川開発建設部 | 旭川道路事務所 | 他4事務所 |
| | 留萌開発建設部 | 留萌道路事務所 | 他2事務所 |
| | 稚内開発事務所 | 稚内道路事務所 | 他2事務所 |
| | 網走開発建設部 | 網走道路事務所 | 他4事務所等 |
| | 帯広開発建設部 | 帯広道路事務所 | 他4事務所 |
| | 釧路開発建設部 | 釧路道路事務所 | 他5事務所 |

図-1 北海道開発局における道路管理体制

北海道開発局における平成7年度当初予算の一般道路事業費2,787億円の内、維持修繕費は24%の658億円、この内、路面の維持は116億円、車道修繕は130億円となっている(表-1)。

北海道では、平野部においてもおおよそ12月から翌年3月までが積雪期であるため、舗装の維持修繕工事はこの期間を避けて行われる。月別のプラントの出荷量も秋にピークを迎える場合が多く、冬期に最盛期になることが多い本州のプラントとは異なっている。

本文では、北海道の国道におけるアスファルト舗装の維持・修繕の概要および、この中でも北海道特有の問題である「低温クラック」の補修方法について紹介する。

1. 北海道の国道における舗装

北海道の国道の舗装はトンネル部などの限られた部

表-1 維持修繕事業工種別内訳(平成7年度)

(単位:百万円)

| 工種 | 事業費 |
|------------|--------|
| 維持工事 | |
| 路面の維持 | 11,619 |
| 構造物 | 3,014 |
| 交通安全施設 | 2,768 |
| 路肩法面等 | 2,584 |
| 清掃散水 | 1,055 |
| 災害応急処理及び防災 | 455 |
| 橋梁点検 | 129 |
| 巡回・その他 | 2,105 |
| 間接経費・工事諸費 | 16,003 |
| 維持工事小計 | 39,732 |
| 修繕工事 | |
| 路面被覆 | 13,044 |
| 歩道修繕 | 243 |
| 橋梁・トンネル等修繕 | 6,542 |
| 災害防除 | 5,885 |
| 側溝その他 | 356 |
| 修繕工事小計 | 26,070 |
| 合計 | 65,802 |

分を除き、約98%がアスファルト舗装となっている。また、積雪寒冷地である北海道においては、チェーンやスパイクタイヤによる摩耗、凍結融解作用による骨材の剥離、温度応力による低温クラックが大きな課題であり、これらに耐えることのできる舗装が求められている。

このため、舗装構成、層厚の設計は、舗装要綱に準じてCBR-TA法によっているが、凍結深の大きな地域では下層路盤の下に凍上抑制層を設けているほか、上層路盤にはたわみ性に優れたアスファルト安定処理を用いている箇所が多い(図-2)。アスファルトもアスファルト舗装要綱で一般地域用とされている針入度級60~80に対し、80~100を用いることで低温時でもたわみ性のある舗装としている。さらに表層混合物につい

*しまだ あきのり 開発土木研究所道路部維持管理研究室

てもアスファルト舗装要綱で積雪寒冷地域用とされ、粒度の細かい骨材配合である細粒度Gアスコンとし、設定アスファルト量の多いたわみ性状に優れた舗装体としている。また、表層用混合物のアスファルトモルタル分のすりへりについては、ラベリング試験による確認を行っている。

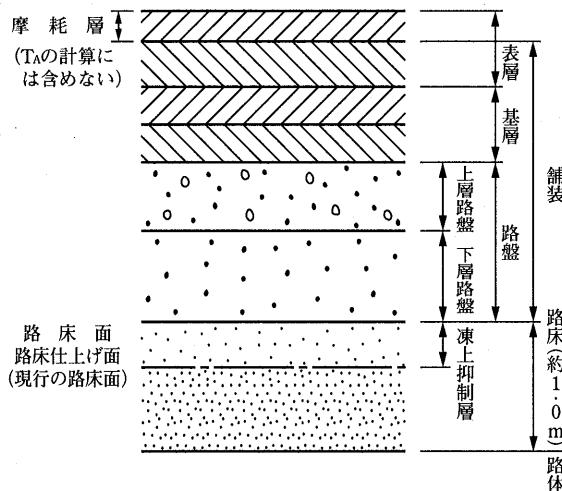
しかし、粉塵公害対策として平成3年以降3回にわたりスパイクタイヤ使用規制地域が拡大され、各メーカーがスタッドレスタイヤの開発に力を入れたことも相まって現在はスパイクタイヤの使用が大幅に減少した(図-3, 4)。来年3月には、小樽市など坂路が多いために規制から外れていた地域も含め、北海道内全域でスパイクタイヤの使用が規制される予定である。これによって舗装体の摩耗量も次第に減少しており、路面性状調査結果からMCIを算定する際のわだち掘れ予測式について、脱スパイク後の実態に合ったものへの変更を予定している。

また、これまで摩耗による維持補修サイクルが短かったために採用が困難であった各種機能性舗装がクローズアップされてきている。改質II型アスファルトを用いた耐流動舗装、高粘度改質アスファルトを用いた排水性舗装、天然着色骨材を用いたカラー舗装などが新設箇所、修繕箇所において試験施工されている。本州方面で実績のある舗装でも、北海道の気象条件における耐久性、機能の持続性等については不明なところが多いため、各舗装について継続調査を行っているところである。

2. 舗装の維持修繕

舗装の維持修繕については、現場の破損の程度に応じ、パッチングから打換えに至る様々な工法で施工している。

維持工事は、部分的な破損や比較的の損傷の度合いの低い区間に对して応急的な補修により隨時行われる。



| 名 称 | 材 料 规 格 |
|-----------|-------------|
| 表層（摩耗層含む） | 細粒度ギャップアスコン |
| 基 層 | 粗粒度アスコン |
| 上 層 路 盤 | アスファルト安定処理 |
| 下 层 路 盤 | 40mm級粗粒材 |
| 凍上 抑制層 | |

図-2 標準的な舗装構成

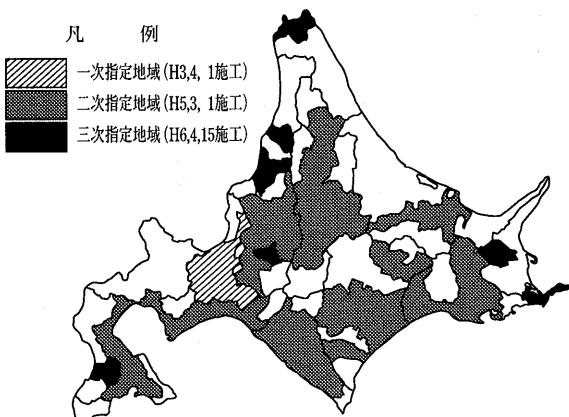


図-3 スパイクタイヤ使用規制・指定地域

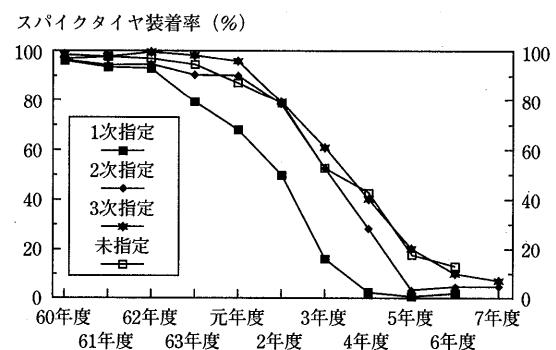


図-4 指定地域別のスパイクタイヤ装着率

以前はスパイクタイヤによる冬期間のわだち掘れが激しく、レール引きと呼ばれるわだち掘れ処理も行われていたが、最近は摩耗量の減少と施工後の走行性の低下を考慮して行われなくなっている。しかし、依然として供用性低下の主要原因はわだち掘れであるため、切削、表面処理等により対応している。また、寒冷期には多くのプラントが閉鎖されてしまうため、応急処置に常温合材が用いられることがある。

修繕工事は、3年周期の路面性状調査の結果や現地の状況を基に計画的に行われる。オーバーレイはレベリング層施工後に表層を設計厚分施工するものあり、新設時と同様、CBR-TA法による不足厚さ分を施工することとしている。

アスファルト安定処理、基層については再生合材を使用しているが、表層についてはバインダーの劣化によるひび割れ、剥離の恐れがあるため交通量の少ない区間、歩道等に限定している。しかし、現場より発生する骨材等も年々増えており、再生骨材としての積極的な利用が求められている。このため、配合率のアップや路盤材への利用などについて試験施工を行い、検討を進めている。

また、維持修繕をより効率的に行うための非破壊検査法として、FWDと地中レーダーが全国的に注目されている。FWDは既設舗装の支持力評価が目的であり、構造的に無駄の少ない維持修繕工法の選択が可能になる。地中レーダーは路面下空洞を探査し、路盤の欠陥等を見つけようとするものである。北海道開発局においてもこれらの機械を導入し、実用化に向け、試験運用しているところである。

3. 低温クラックの補修

寒冷地特有の舗装の損傷として低温クラックがある。これは、気温の急激な低下により舗装体温度が低下した際のバインダーの収縮によって生じるもので、北海道内でも特に温度が低下しやすい道北、道東地域に集中して発生している(図-5)。通常のクラックは、支持力不足や施工目地により車輪通過位置や目地部にて縦断方向に生じることが多いのに対し、低温クラックは横断方向にほぼ等間隔に生じるという特徴がある。

(写真-1)

低温クラックの発生はその場所の最低気温に関係している(図-6)。長期間にわたって使用され続ける舗装の場合、これに対する100%の対策は困難である。そこで、発生したクラックを適切な工法で補修すること

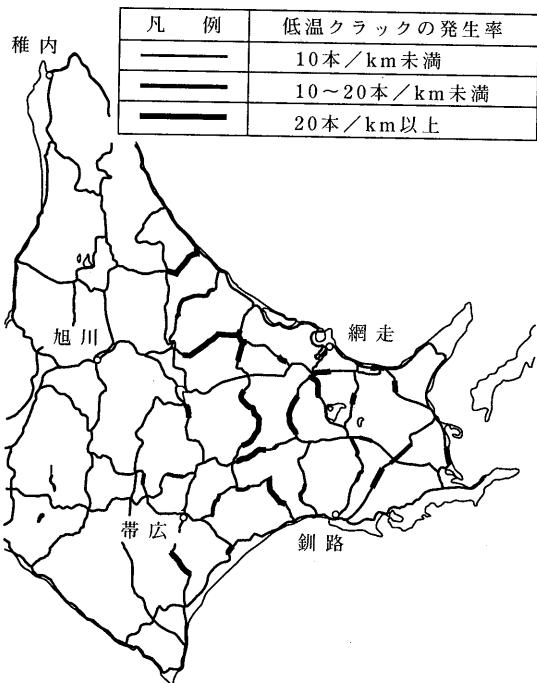


図-5 北海道における低温クラックの分布

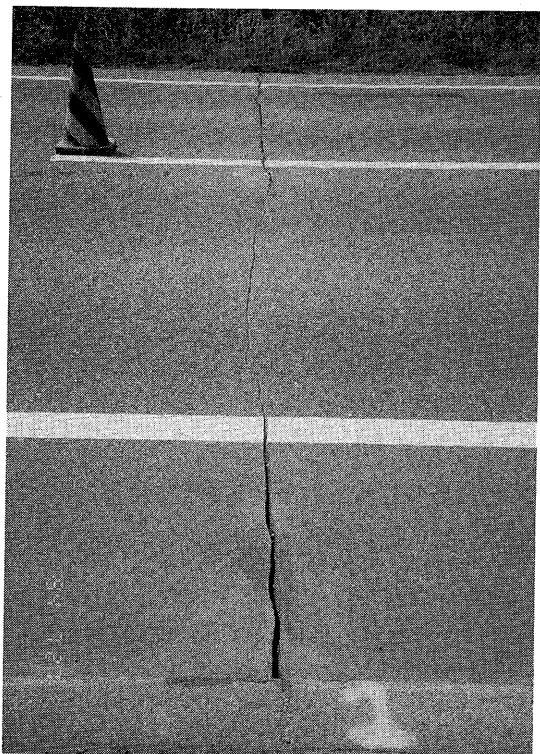


写真-1 低温クラックの例

が重要となる。

現在、低温クラックに対する補修方法としては、以

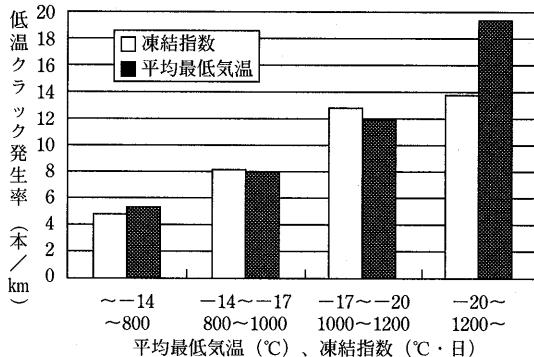


図-6 気象条件と低温クラック発生率

下のような工法が行われている。

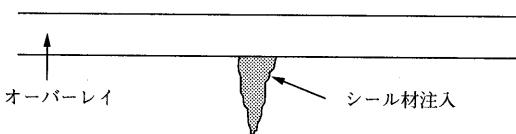
①シール材注入工法

クラック周辺のアスファルト舗装部および下層路盤があまり傷んでいないときの簡易な補修方法である。シール材を充填し、クラックの進行、路盤への雨水の侵入を防ぐ。(図7-1)

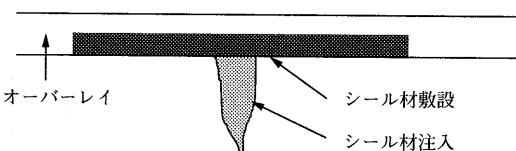
②シール材+シート材による工法

舗装の傷みがかなり進行している場合に、オーバーレイ後のリフレクションクラックの発生を防止するために有効な方法である。①の後にシート材を敷設し、基層のクラックが表層に影響しないようにする。(図7-2)

1) シール材注入工法



2) シール材+シート材による工法



3) 打換え工法

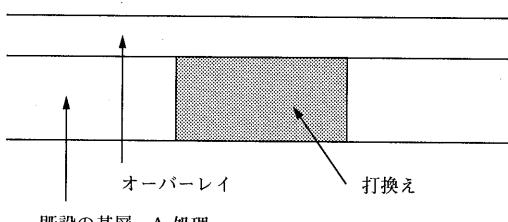


図-7 クラック対策工法

③打換え工法

クラックの周辺が著しく損傷している場合や、必要とする支持力が得られないと判断される場合に行われる工法である。損傷部分を施工し直すものである。(図7-3)

しかし、クラック部の損傷程度を、クラック率などの表面性状だけから的確に判断することは難しく、適切な補修工法の選定が難しい状況にある。そこで、クラックによる舗装体の損傷程度を表面性状から推測する方法として、縦断変形量による方法を検討している。

図-8に示すパターン1の場合は、クラック前後の狭い範囲で局部的に落ち込んでいるものであり、パターン2は前後1m以上にわたる広い範囲で落ち込んでいるものである。この2種類の舗装の落ち込み形状の違いは、アスファルト舗装以下の路盤の傷み具合の違いと考えられる。

パターン1のような場合には、この段階ではまだ路盤等は傷んでいないと判断されるため、補修の際には路盤に水が侵入しないようにシール材を注入する工法が経済的である。一方、パターン2のような場合には、路盤に水が入らないようにするとともに、舗装の損傷を補強する何らかの工法を探ることが必要となる。

この2つの境界を設定すべく、現在、試験施工箇所の継続調査を行っている。

パターン1 局部的な落ち込み



パターン2 広範囲的な落ち込み

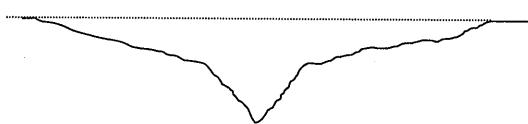


図-8 縦断変形量のパターン

4.まとめ

これまで北海道における国道の舗装は耐摩耗が最大のテーマであり、短い周期で修繕を繰り返してきた。しかし、スパイクタイヤの規制により、表層の摩耗は次第に減少しており、今後は摩耗以外の様々な要因が舗装の寿命、供用性に直接影響してくるものと考えられる。

積雪寒冷地におけるより効率的、経済的な舗装マネ

ジメントを行うためには、それらの要因を分析、克服して舗装の長寿命化を図る一方、FWD等による既設舗装の適切な評価システムと現場状況に応じた適切な補修工法選択システムを確立することが必要と考えられる。

— 参考文献 —

1) 北海道開発局：北海道の道路ポケットブック、1995

- 2) 北海道開発局：道路工事設計施工要領、平成6年4月
- 3) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱、平成4年
- 4) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱、昭和53年
- 5) 池田・中村・阿部：舗装修繕時における既設舗装のひびわれの評価と補修工法について、第39回(平成7年度) 北海道開発局技術研究発表会

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミプローンアスファルト」の開発

B5版・132ページ・実費頒価 3000円（送料実費）

当協会において、昭和50年の研究着手以来、鋭意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

目

次

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 研究の概要 | 4.4 高速曲げ試験 |
| 1.1 文献調査 | 4.5 水浸マーシャル安定度試験 |
| 1.2 室内試験 | 4.6 試験結果のまとめ |
| 1.3 試験舗装 | 4.7 品質規格の設定 |
| 1.4 研究成果 | 5. 試験舗装による検討 |
| 2. 舗装の破損の原因と対策 | 5.1 概 説 |
| 2.1 アスファルト舗装の破損の分類 | 5.2 実施要領 |
| 2.2 ひびわれ (Cracking) | 5.3 施工個所と舗装構成 |
| 2.3 わだち掘れ (Rutting) | 5.4 追跡調査の方法 |
| 3. セミプローンアスファルトの開発 | 5.5 使用アスファルトの性状 |
| 3.1 概 説 | 5.6 アスファルト混合物の性状 |
| 3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査 | 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状 |
| 3.3 製造方法の比較 | 5.8 第3次試験舗装の供用性 |
| 3.4 セミプローンアスファルトの試作 | 5.9 アンケート調査 |
| 3.5 試作アスファルトの特徴 | 5.10 試験舗装のまとめ |
| 3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係 | 6. む す び |
| 3.7 薄膜加熱による性状変化 | 資料 |
| 4. セミプローンアスファルトを用いた混合物の性状 | 1. セミプローンアスファルトの規格 (案) |
| 4.1 概 説 | 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法 |
| 4.2 マーシャル安定度試験 | 2.2 60℃粘度試験の共通試験 |
| 4.3 ホイールトラッキング試験 | 3. 舗装用セミプローンアスファルトの舗装施工基準 |

近畿地方建設局の舗装の維持修繕について

山下良男*

1. はじめに

近畿地方建設局管内の現状は、管理延長約1700km、面積23,600千m²等の維持修繕を年間約350億円で行っている。

最近の傾向は震災対策、防災対策等で構造物等のウエイトが大きくなり、その分路面のウエイトが減少してきている。(図-1, 2 参照)

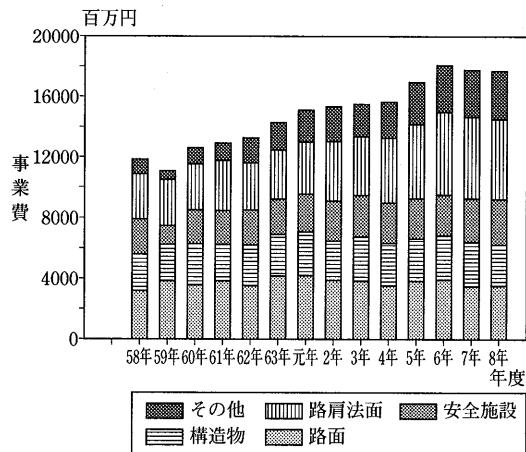


図-1 維持費工種別内訳

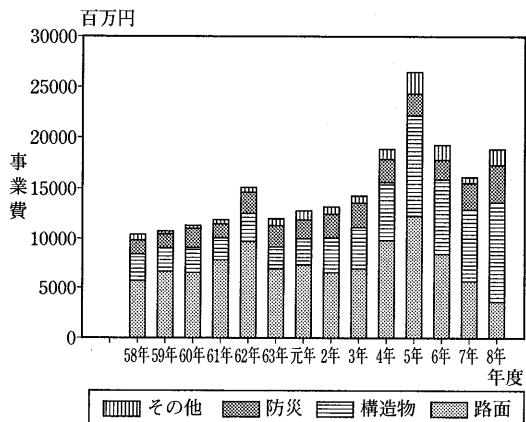


図-2 修繕費工種別内訳

また路面について見てみると、MCI(舗装の損傷度合いを、ひび割れ、わたち掘れ、平坦性の3要素で評価した指数)は5.9で、平均経年数が8.9年となっている。(図-3, 4 参照)

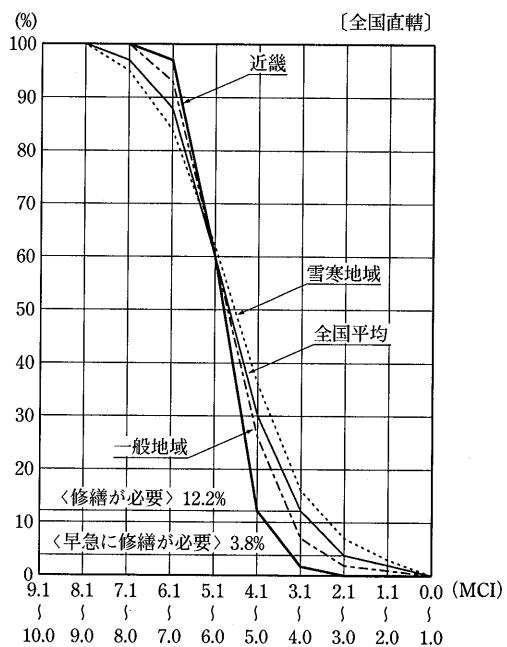
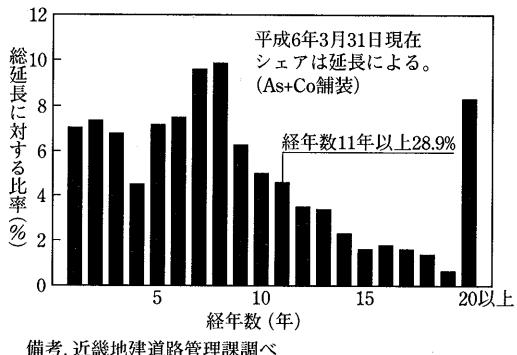


図-3 舗装のMCI加積曲線



備考. 近畿地建道路管理課調べ

図-4 路面の経年分布

*やました よしお 近畿地方建設局道路管理課長

長期的な維持修繕計画を立てるためには、現在の路面が将来どのような性状を呈していくかをあらかじめ把握しておく必要がある。また、毎年全線にわたって路面調査を行うためには、多大の労力と費用を必要とすることになる。そこで管理延長の1/3を測定し残り2/3を予想して、管内全体の翌年度のMCIを求めるために、近畿地建特有の路面性状予測式を用いて過去の現状調査値を予測している。

2. 近畿地建の取り組み

2.1 耐流動性を考慮したアスファルト混合物について

当地建とし、重交通道路では、アスファルト舗装が短期間で流動変形しやすい傾向にあるため、耐わだち流動性アスコンの改善を計るために、アスファルト舗装要綱のほか、下記事項に留意して配合設計の作成および工事監督に当たるよう指示している。

1. 適用

流動現象が予想される場合の表層及び基層用ストレートアスファルト混合物について適用する。

2. 骨材配合

- (1) 流動変形を生じている箇所の補修、修繕にあたっては、骨材等の材料について許容範囲内にあるものを選定するのが当然であるが、施工場所の諸条件（交通条件含む）を検討し、所定の修繕効果が満足されるものを厳選して用いる。
- (2) 使用する骨材（粗砂、細砂、スクリーニングス等）は水洗いによるふるい分け試験の粒度を用いて合成粒度の計算を行う。
- (3) 合成粒度は粒度範囲の中央値を目標とするが $75\mu\text{m}$ 通過量は、中央値以下（-1～-2%）に抑える。
- (4) 細骨材はダスト（ $75\mu\text{m}$ 通過）の少ないものを用いるよう務め、合成粒度の設定において $75\mu\text{m}$ 通過量のうち、石粉を除くダスト分の割合を30%以下にする。

3. 設計アスファルト量の設定

- (1) 設計アスファルト量はアスファルト量共通範囲の中央値以下を目標とする。
- (2) アスファルト量共通範囲の中央値が、標準アスファルト量の±0.3%以内を満足しない場合は配合設計の見直し等を行う。
- (3) 空隙率は基準値の中央値より上限側にすること

が望ましい。

- (4) 安定度／フロー値は30以上とする。

4. ホイールトラッキング試験

- (1) 配合設計で決定した設計アスファルト量の混合物について、ホイールトラッキング試験を行い、目標値に達しない場合は配合設計の見直し等を行う。
- (2) 表層用アスコンの動的安定度（DS値）の目標値は840回/mm以上とする。

5. 品質管理

- (1) 品質管理を厳重な注意のもとに行う。特にアスファルト量、骨材粒度、空隙等については、配合設計の値に近似させるよう努める。
- (2) 舗装された混合物の空隙率と流動現象は密接な関係にあるので施工個所の抜取コアについて混合物最大比重試験を行い、空隙率を照合しておくことが望ましい。
- (3) 近畿技術事務所に試験を依頼する対象工事については、流動が予想される間のアスファルト舗装工事に限定する。

2.2 DSの目標値について

昭和52年の指示よりホイールトラッキング試験の目標値はDS=840回/mmとして今まで実施してきた。当初の段階では、密粒アスコンの最大粒径は、13mmが大半を占めていた。

最近の調査による過去5年間の解剖結果では、最大粒径20mmの密粒アスコンが465件(91.5%)と圧倒的に多く、DSも近畿地建管内の平均DSは、1776回/mmと、平成4月12月に改訂されたアスファルト舗装要綱の基層および表層用加熱アスファルト混合物に対する特別な対策で示されている目標DS1500回/mm以上の領域にある。また、事務所別によるDSの大きい差も見受けられなく、一番小さい値でも1656回/mmと先の1500/mm以上の範囲にある。このような状況から、「DS840回/mm以上」の引上を検討中である。

2.3 既設舗装体の事前調査について

当地建として維持修繕工事に先だって既設舗装体の事前調査から、わだち掘れの要因を探ると共に、現状に見合った修繕工法を見出すとともに修繕後の事後調査によって路面性状の動向を把握するものである。

2.3.1 調査箇所の設定

調査区間ににおいて、「交差点部」と「一般部」両者の流動変形が著しい箇所1～2を設定する。なお、交差

点部とは、停止線の手前50m区間。一般部とは、渋滞の少ない100m区間をいう。

2.3.2 調査要領

(1) コア ($15\text{cm}\phi$) 採取と横断凹凸量測定

横断凹凸量及びコア採取位置を図-5に示す。

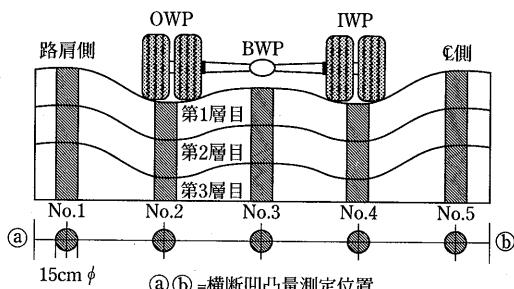


図-5 コア採取方法と横断凹凸量測定位置

(2) コア採取箇所の横断凹凸量測定

コア採取位置の凹凸量 (3m 直線定規が適当) を測定し、横断図を描く。横断図にはNo.1～5までの位置(間隔=cm)を明示する。(平面図も用意)

(3) コアの持込方法

図-5に示した各位置から、 $15\text{cm}\phi$ コアーを採取する。また、それぞれのコアには、「No.」と「車両進行方向」を明示し、近畿技術事務所に持ち込む。



(4) 室内試験内訳 (表-1)

室内において実施する試験項目を表-1に示す。

2.3.3 切削厚さ決定要領

(1) 切削厚さの判定値

本判定値は、管内の対流動混合物をみいだすための調査の中で、過去の蓄積したデータに基づいて作成したものである。切削厚さは、試験結果を判定基準値と比較して、判定する。(表-2)

(2) 切削厚さの判定について

表-3には、判定基準値に基づいて調査した箇所の流動を及ぼしている影響深さ(例)を示しているが、切削厚さの判定については、舗装体の影響深さを参考にしながらも、表-2に示す総合的要素(判定値主体)を基に切削厚さを決定し、依頼事務所に提案する。

2.3.4 修繕工法の提案

(1) 切削厚さ (2) 混合物種類(材質)

(3) 配合設計の手段

2.3.5 品質管理

試験練り時と舗設時の混合物の性状試験(配合設計

表-1 室内試験内訳

| 試験項目 | 適 用 | 試験に用いるコア | 試 験 法 |
|--|---------|-------------|---------------------------------------|
| コア性状 | 厚 さ | No.1～5 | 目 視 |
| | 観 察 | | " |
| | 密 度 | | 舗装試験法便覧 |
| 混合物性状 | A s 抽出 | No.2. 3. 4 | " |
| | 骨材ふるい分け | No.2. 3. 4 | " |
| | 最大比重 | No.1. 5 | " |
| 舗装体 | WT試験 | 耐流動混合物の評価 | No.1～5 近技法 ($15\text{cm}\phi$ コア) |
| 回収A sの性状 | 針入度 | 回収A s劣化・老化度 | 舗装試験法便覧 |
| | 軟化点 | | |
| | 伸 度 | | |
| 回収A sの性状試験とは、既設舗装体の骨材を被膜している“A sの性状”を変化させることなく、アブソン抽出装置によりA sを回収して、その「老化・劣化」度を測定するもので、舗装体の“損傷”等を把握するうえで欠かせないものである。 | | | |

表-2 切削厚さの判定基準値

| | 塑性流動に影響を及ぼす因子 | 判定基準値 | 適用 |
|-----|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|
| 混合物 | A s 量 (大) | 設置値 + 0.5%以上 | 設計値の 0.3%以上を超えると塑性流動に影響大。 |
| | 75 μm 通過量 (大) | 合成粒度、中央値～上限 | 75 μm (ダスト) 通過量が多いと塑性流動に大きく影響。 |
| | 空隙率 (大) | 3 %以下 | 3 %未満は塑性流動に影響大。0～1 %になると飽和状態。 |
| 舗装体 | 注：舗装体バインダーの針入度が25 (1/10mm) 以上に適用。 | | |
| | 動的安定度 (小) | 層別と低減率 | 単路部 ※交差点部 |
| | 表層 | = 1.00 | 840以上 3,000 |
| | 2 層目 (5 cm) | = 0.55 | 462 " 1,650 |
| | 3 層目 (10cm) | = 0.31 | 260 " 930 |
| | 4 層目 (15cm) | = 0.18 | 150 " 540 |
| その他 | コアの観察 | 厚さの変動・流動形状 | 目視による判定。 |
| | 道路環境 | 大型交通量・車線種別 | 道路交通センサス。 |

表-3 舗装体の影響深さ (例)

| 調査箇所 | 層別と種別 | 塑性流動に影響を及ぼす因子 | | | 影響深さ (層) |
|----------------|----------|---------------|---------------|---------|----------|
| | | A s 量 (大) | 75 μm 通過量 (大) | 空隙率 (小) | |
| No.55 (一般部) | 1 層 (密粒) | × | × | ○ | 3 |
| | 2 " (") | × | ○ | ○ | |
| | 3 " (粗粒) | × | ○ | × | |
| | - | - | - | - | |
| No.62 (一般部) | 1 層 (密粒) | × | × | ○ | 3 |
| | 2 " (") | ○ | × | × | |
| | 3 " (粗粒) | × | ○ | × | |
| | - | - | - | - | |
| No.67 (一般部) | 1 層 (密粒) | ○ | × | × | 3 |
| | 2 " (粗粒) | × | × | × | |
| | 3 " (") | × | ○ | × | |
| | - | - | - | - | |
| No.77 (一般部) | 1 層 (密粒) | × | × | ○ | 2 |
| | 2 " (粗粒) | × | ○ | × | |
| | 3 " (") | ○ | ○ | ○ | |
| | - | - | - | - | |

との照査) を、現行の持込要領に基づき技術事務所において実施する。また、事後調査の抜取コアの性状試験もあわせて実施する。

2.3.6 追跡調査の提案と要領

判定値の妥当性を探るために追跡調査を提案する。なお、実施にあたっては、依頼事務所と近畿技術事務所とが協議すること。

(1) 調査区間の横断凹凸量判定

交差点部は起点より10m間隔、単路部は起点より20m間隔で横断プロファイルメータにより凹凸量を測定する。なお、調査位置には測定ピンを設置する。

わだち掘れ量=最大わだち掘れ量の平均する。

(2) 横断凹凸量測定

上記の要領に基づき経年(5年間)測を実施する。

(3) コア採取 (15φcm)

採取位置と個数については、別途(指示)検討する。

(4) 混合物の性状試験(以下近畿技術において実施) 舗装体の動向を探るだけに、コアによる混合物試験を実施する。

3. 阪神・淡路大震災の路面復旧について

平成7年1月17日発生した「阪神・淡路大震災」は、震度七の激震を記録し六千人を超える多くの犠牲者と

過去に経験のない甚大な被害を兵庫県南部地域にもたらした。震災による被害は、ガス・水道・電気・通信等のライフラインや公共交通機関などのインフラ施設をはじめ、多方面に及び、道路構造物も大きな被害を受けた。

阪神間では国道等の幹線道路が高架橋の倒壊などによりその機能は寸断されるなど、今なお一部通行止を余儀なくされている。

これら幹線道路の機能回復は、被災地の復興と物流をはじめ我が国の産業活動にとって必要不可欠であり、一日も早い全線復旧に向けて全力で取り組んでいるところであるが直轄国道では8年5月2日の2号浜手バイパスの供用をもって、通行止は解消された。

直轄国道では、一般国道1号、2号、28号、43号、171号、175号、176号の7路線が被災し、これにより上下線全線通行止17箇所、一車線交互交通など一部交通規制11ヶ所の交通規制を実施した。このうち路面被災によるものは、175号で路面亀裂による通行止が1ヶ

所、2号、28号で路面段差、橋台背面沈下等による一部交通規制が9ヶ所であったが、18日には3ヶ所の規制となり19日には全て解消された。

路面の応急復旧については、通常であれば、維持作業業者にお願いするわけですが、当会社や社員、作業者宅が被災を受け作業員の確保が出来ない状況にあったことと、被害が広範囲なため協力できる業者へ電話で要請をおこなって、状況把握および車道部の早期解放のため、段差解消のためのすりつけと、大型看板倒壊等の撤去を行った。

その後緊急路面復旧工事として応急復旧を行った。

| | |
|---------|-----------------------|
| 協力舗装業社数 | 25社 |
| 常温合材 | 約310 t |
| 延合材数 | 12,596 t |
| 延舗設面積 | 127,030m ² |

路面復旧工事

一般国道2号、43号等の路面は、応急復旧により当面の交通を確保することが出来た。しかしながら、円

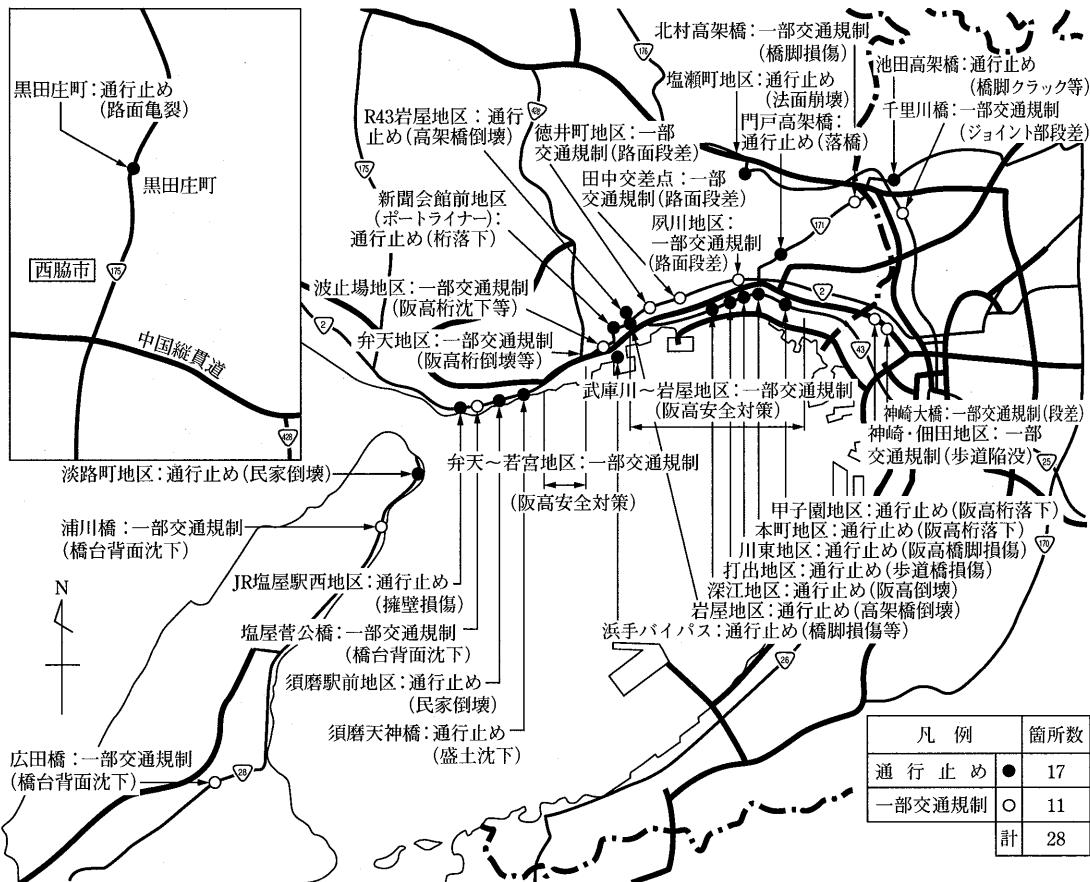
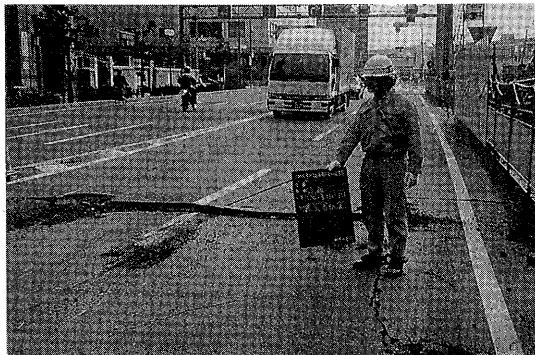
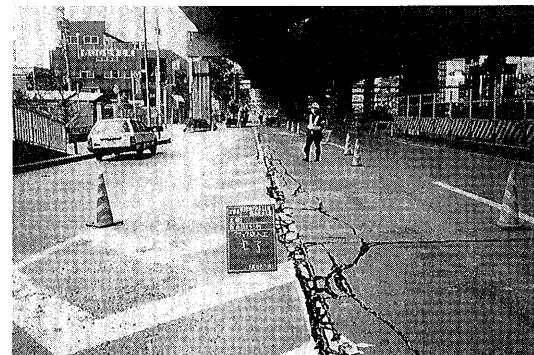
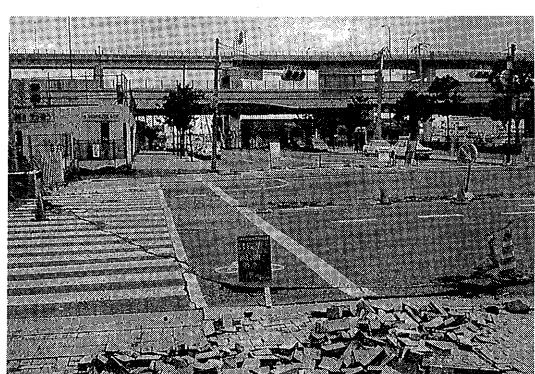
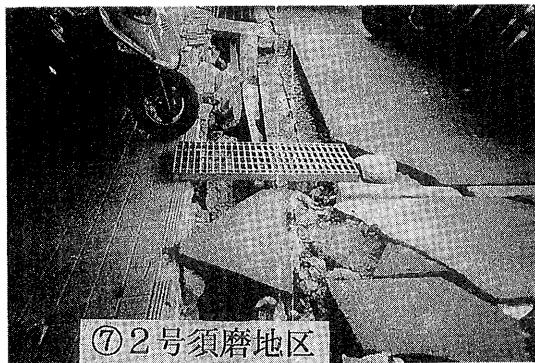


図-6 交通規制と被災状況について



滑り安全な走行や歩行を確保するためには、被災箇所の路盤の打ち換え等の復旧工事が必要であり、阪神高速道路神戸線の復旧や歩道部の占用物件の復旧等の関係機関との調整や沿道家屋との境界確定など沿道の方々の協力を得ながら路面工事に取り組んでいるところである。

発注件数 60件

舗設面積 2,089千m²

合材数 304,500 t

おわりに

交通量の増大、車輌の大型化、ニーズの高度化等に伴って、補修を必要とする路面が増加しつつあり、安全で快適な走行を確保するためには、簡便な補修工法での早めの対応と、耐久性の高い新材料・新工法を適宜組合せながら、適切かつ計画的な維持修繕が必要である。

高速道路における舗装修繕の現況について

明石達雄*
佐藤正和**

1. はじめに

JHで管理している高速道路の供用延長は5,900km(平成8年5月末現在)を超える。維持管理の重要性が益々大きくなっている。特に平成7年度での維持管理費に占める舗装修繕は、約200億円となり舗装改良に要する費用が多くなっている。

舗装改良工事の過去10年間の年度別施工延長(車線延長換算)を図-1に示す。平成5年度までは供用延長の増加に伴い舗装改良工事が伸びてきているが、平

成6年度からは減少しており、平成7年度での1車線換算改良延長は約1,800kmとなっている。特に補修工法でその大部分を占めている切削オーバーレイ工法の施工延長の減少が際立っている。この要因としては、後述するが、平成2年度頃からの流動わだち掘れ対策の効果が現れているためと想定される。図-2には改良要因別の比率を表している。これより舗装改良の主たる要因であるわだち掘れは、平成2年頃までは摩耗わだち掘れによる原因から補修している割合が40%程度

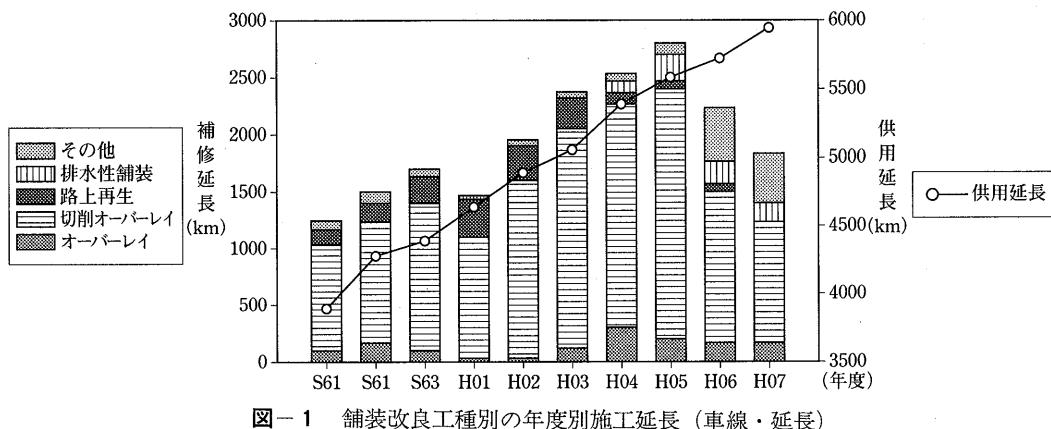


図-1 舗装改良工種別の年度別施工延長(車線・延長)

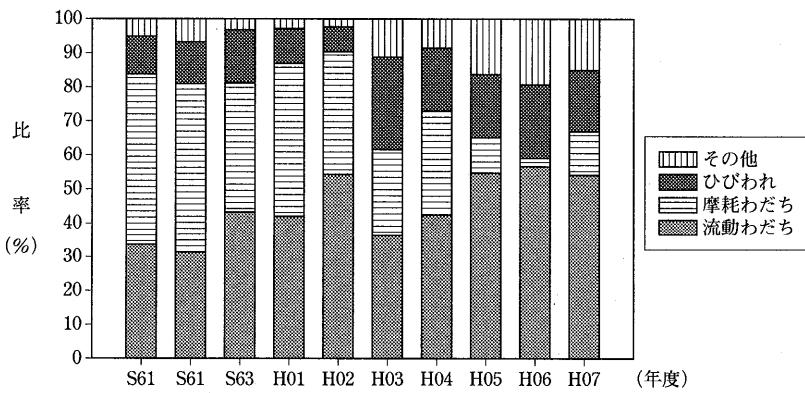


図-2 舗装改良原因毎の年度別相対比率

*あかし たつお 日本道路公団保全交通部保全第二課課長代理

**さとう まさかず 日本道路公団技術部道路技術課

で流動わだち掘れによる割合と同程度であったが、その後スパイクタイヤの使用禁止（平成3年4月）等の影響により、流動わだち掘れによる改良の割合が高くなっている。

2. 補修工法

主たる損傷要因のわだち掘れ（流動、摩耗）およびひびわれに対して、JHで行っている補修工法の選定フローを図-3に示す。

現在、わだち掘れに対する補修工法としては、前述しているように切削オーバーレイ工法（写真-1）を主体として実施している。また、摩耗によるわだち掘

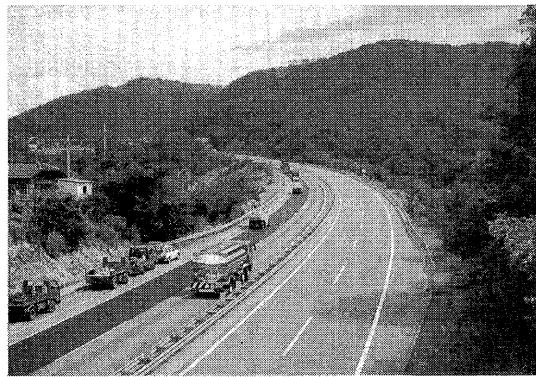


写真-1 切削オーバーレイの施工状況

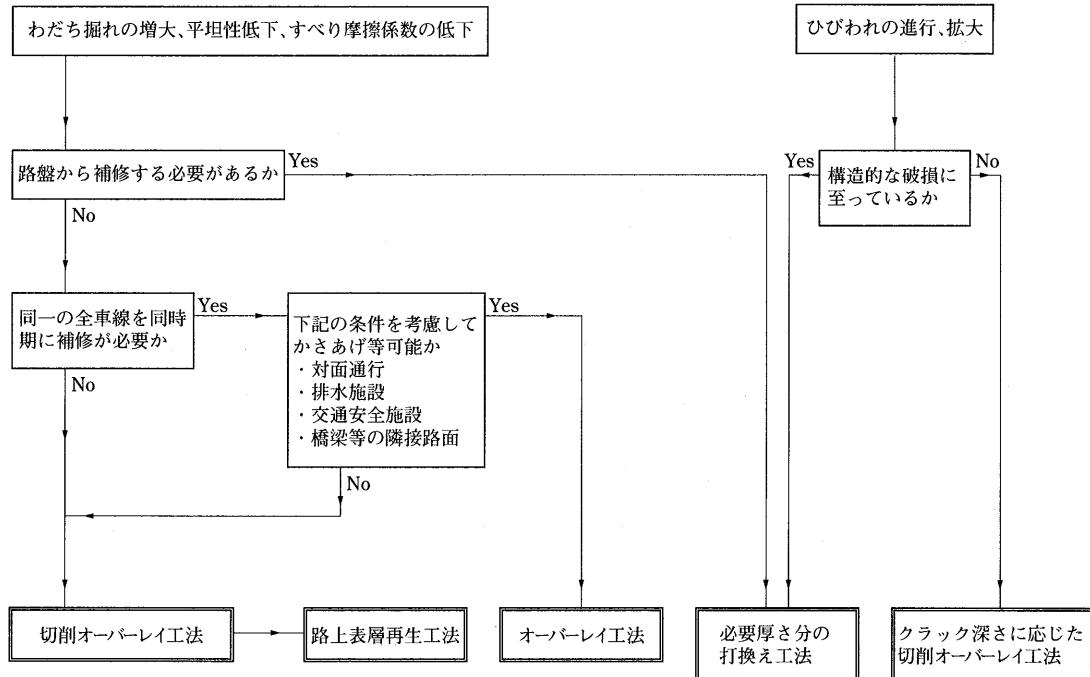


図-3 修繕工法の選定参考フロー

れには路上表層再生工法の適用を検討することとしているが、近年では、摩耗量が減少傾向にあり、新規合材の混入割合が少くなり適用箇所が減少傾向にある。

2.1 流動わだち掘れ対策

1) わだち掘れ量の推移

図-4は高速道路の平均わだち掘れ量の経年変化を表したものである。平成元年度まで約12mm程度で推移していたが、徐々に減少し平成5年度には約8mmに減少している。なお、平成6年に若干増加しているが、これは全国的な猛暑の影響によるものと推測する。

図-5は主要路線における走行車線土工部のわだち掘れ量を1年間あたりの進行量で表したものである。各路線によりばらつきはあるものの平成2年頃より徐々

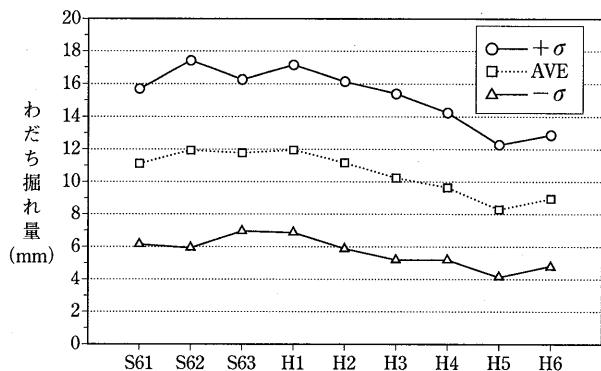


図-4 全路線・全車線 わだち掘れ量の経年変化

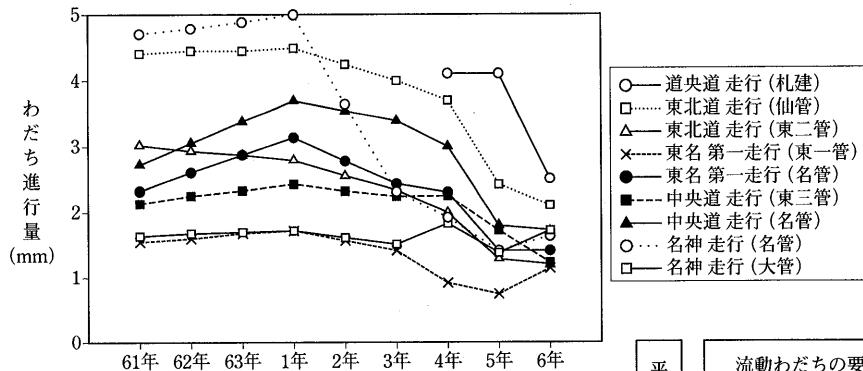


図-5 主要道路走行車線土工部わだち掘れ進行量

に減少傾向にあり、平成5年の進行量は2mm前後になっている。

2) 流動わだち掘れ対策の取組み状況

流動によるわだち掘れは、前述しているように最近では減少している傾向にある。この要因としては平成2年度頃より耐流動対策として、全社的な取り組みを行った成果によるものと思われる。以下にその概況を述べる。

流動わだち掘れ対策の取り組み状況を表したものを作成し、図-6に示す。昭和63年頃より全国的にわだち掘れが多くなりはじめ、特に写真-2に示すようなWわだちと呼ばれる現象が、これまで摩耗によるわだちが卓越していた地域でも見られるようになった。そのため暫定的に設計要領の見直しを行い、以下の対策を講じた。

- ①地域区分とアスファルト混合物の適用見直し
 - ②表層用混合物の追加
 - ③動的安定度の導入
 - ④使用アスファルト種別の追加

また、現場体制の強化を図るため、現地局に検討会を



写真-2 流動わだち掘れの状況

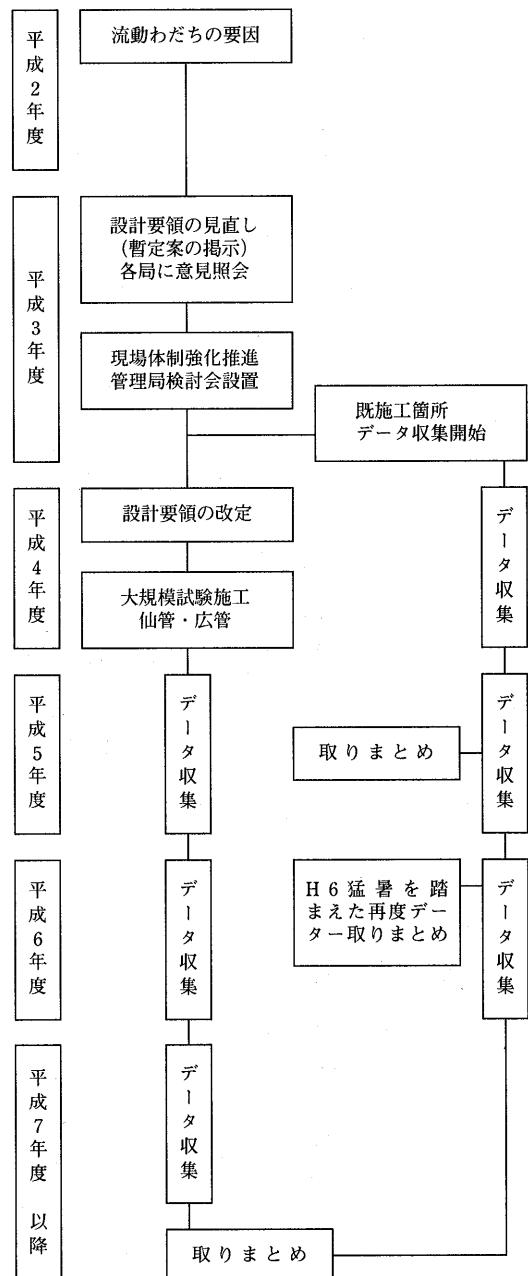


図-6 耐流動対策の取り組み状況

設置し耐流動対策を支援すると共に、試験工区を設定し、その効果を検証することとした。

現在は追跡継続中であるが、これまでの大規模試験施工の調査結果より、流動わだち掘れ対策の一手法として改質アスファルトの有効性が確認されつつあり、今後はライフサイクルを考慮したトータルコストの節減を目指し、現在実施している改質アスファルトの重交通路線以外にも適用範囲を拡大する必要があると考える。

2.2 ひびわれ対策

平成7年度のひびわれによる損傷の補修延長は、全補修延長の20%程度となっており、その補修方法はひびわれ状況により補修工法を決定している。

通常ひびわれに対する補修は、アスファルト混合物層の打換えにより施工しているが、本補修まで時間を見る場合には、写真-3および4に示しているようにアスファルト系の乳剤もしくはテープ等でクラックシールを行い、ひびわれの拡大を抑制している。

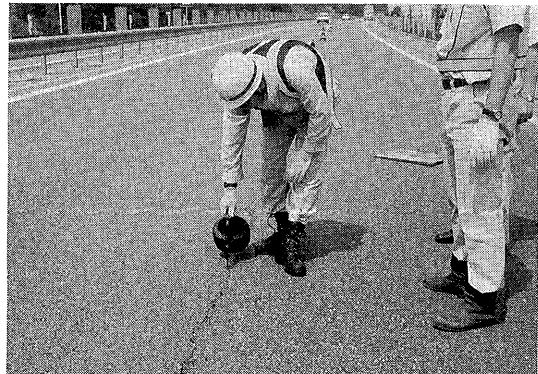


写真-3 アスファルト系乳剤注入状況

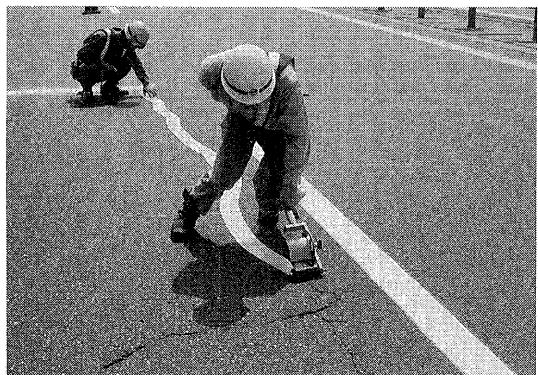


写真-4 アスファルト系テープ貼付状況

過去に中国自動車道でわだちわれと思われる線状ひびわれが大規模に発生した。その補修方法としては、走行軌道部の線状による打ち換え工をアスファルト混合物層全体にわたり施工した事例がある（写真-5）。しかし、数年後、写真-6に示すように打換えした部分からリフレクションクラックが2本になり再発したため、現在ではシート系もしくは塗布系材料などを下層に施工したりグースアスファルトなどによる試験施工を行い良好な結果を得ている。

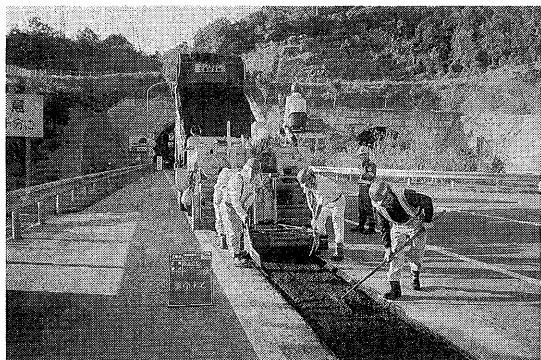


写真-5 打換え工の施工状況

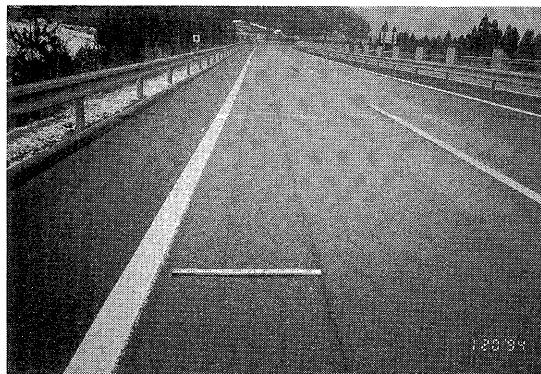


写真-6 リフレクションクラック発生状況

ひびわれによる補修で、その補修規模を決定する方策としては、損傷箇所の切り取りコアもしくは開削調査により行っている。

この方法で採取した切り取り試料のアスファルトおよび骨材の抽出を行い、舗装体としての分析・評価により補修範囲、深さ、使用する混合物および施工方法等補修規模の判断材料としている。しかし、この調査・分析には長時間を要し、その費用も膨大なものとなるため、簡易な調査技術の開発が必要である。

その調査手法の一つとして、最近FWDを用いた非破

壞調査の研究が進められている。この方法によると短時間で広範囲の舗装体の状況を推定することが可能となり、舗装の維持管理におけるメリットはかなり高いものがあるものと想定され、早急な試験方法の確立が望まれている。

3. 維持管理における今後の課題

3.1 排水性舗装の維持管理

JHでは平成元年度から交通安全対策として試験施工を開始し、これまで200万m²を越える施工実績がある。この間それまでの試験施工および室内試験結果を取りまとめ、平成6年3月に設計施工要領（案）として制定した。

この排水性舗装のさまざまな機能は、高い空隙を有することにより確保しているが、時間の経過とともに空隙部分に土砂等の粉塵などがつまったり、交通荷重を受け空隙がつぶれたりすることにより、機能が低下することが知られている。このうち、粉塵などにより空隙がつまつた場合は、洗浄などによりある程度回復させることができるもの、洗浄作業方法等は未解明である。

排水性舗装は、通常舗装と同様に配合設計や工事管理が容易になった事や、その優れた機能性から今後の施工面積もますます増加していくものと思われる。そのため、排水性舗装の管理手法の確立が急務の課題となっており、JHではこれらの解決に向け鋭意研究を進めているところである。

排水性舗装にはこのほか、次のような検討すべき課題がいくつか残されており、今後も研究開発を進めていく予定である。

- ①排水性舗装は優れた機能を有する舗装であるが、その施工費用は通常舗装と比較し高価であるためコストダウンを図る必要がある。
- ②これまで安全性の確保の観点から開発を進めてきたが、最近は良好な沿道環境の確保に向けた低騒音舗装のニーズが高まっており、効果が大きい材料・配合や構造について研究を進める必要がある。

③地域特性により排水機能など耐久性に差が見られていることから、地域条件に応じた使用材料や配合設計方法を検討する必要がある。

3.2 長期耐久性を有する舗装の開発

JHで建設・管理している高速道路の舗装は、アスファルト舗装とコンクリート舗装に区分されており、現在は施工の迅速性および維持修繕の容易さなどからアスファルト舗装の割合が9割を占めている。

最近では、前述のとおりアスファルト舗装の補修頻度を軽減するために、耐流動対策の取り組みを行っており、その成果が現れつつあり、平成7年度に実施した舗装改良工事の補修延長も前年に比較して減少傾向にある。しかし、アスファルト舗装の全体補修面積の約5割程度が流動わだち掘れに起因する補修工事であり、さらなる対策が課題となっている。

また、渋滞による道路利用者への影響を考えると、燃料等の直接的損失および拘束時間等の間接的損失が生じており、渋滞の及ぼす社会的影響ははかり知れないものがあり、舗装補修工事に伴う渋滞対策も課題となっている。

JHでは、舗装の耐久性をより向上させ補修頻度の低減を図る一つの方法として、コンポジット舗装の試験施工を行ない、設計・施工の確立に向け研究を行っている。

5. おわりに

維持管理における舗装に対するニーズは、管理延長の増大と共にますます多様化してきている。特に、わだち掘れ対策など舗装の耐久性向上はもとより、補修にともなう工事渋滞の抑制、走行安全性・快適性の確保、良好な安全環境の確保など課題が多くある。また、現在では事業の効率化が急務となっており、建設はもとより維持管理においても節減対策を推進していかなければならない。

従って、建設・管理を含めたライフサイクルコストを最小限とするための方策など種々の課題について検討する必要があると考える。

☆

☆

☆

☆

首都高速道路における舗装補修

首都高速道路公団
保全施設部 保全技術課

1. はじめに

首都高速道路は昭和37年12月の京橋～芝浦間4.5kmの供用以来順次その延長を延ばし、平成6年12月の湾岸線（3期、4期）の供用により総延長247.8kmとなっている。

構造面から見た内訳は、高架構造が全体の約80%，201.8kmを占め、そのうち164.2kmが鋼桁、37.6kmがコンクリート桁となっている。トンネル・半地下構造はそれぞれ14.3km、17.3kmであり、平面土工部は全体の5.8%，14.4kmである。（図-1）

首都高速道路の日平均通行台数は、供用当初（供用延長4.5km）11,000台程度であったが、平成6年においては112万台程度であり、中には130万台を超える日もある。また、断面交通量が10万台／日を超える路線があり、重量車両の増加等により、舗装、伸縮継手はもちろんのこと、構造物本体についても過酷な状況に置かれている。

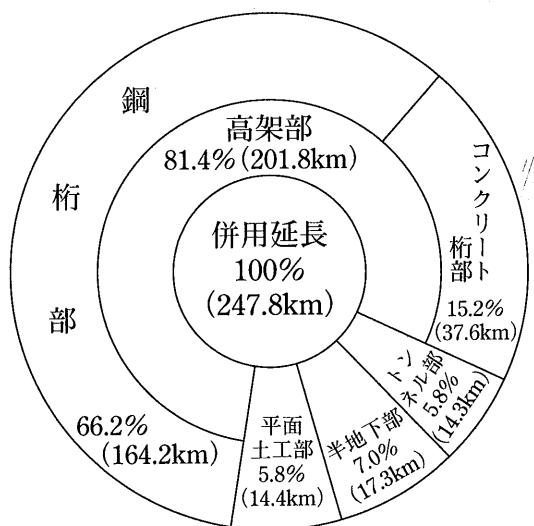


図-1 首都高速道路の構造種類

2. 舗装の現況

首都高速道路は、首都圏における自動車交通の大動

脈となっており、その重要性から、通常の維持修繕工事は、夜間の車線規制によって行う必要がある。したがって、料金所周辺に半たわみ性舗装を行っている他は、すべて短時間に補修が可能なアスファルト混合物を用いている。

首都高速道路の舗装構成は、設計年次の相違により使用合材、舗装厚が異なるが、コンクリート床版上の舗装厚は、50mm, 60mm, 80mmの3種類に分類される。これらの全層打ち換えにあたっては、50mmの場合には全層を粗粒度ギャップアスコン(20mmTOP), 60mmの場合には全層を粗粒度ギャップアスコン(13mmTOP), 80mmの場合には、基層を粗粒度アスコン、表層を粗粒度ギャップアスコンとしている。

また、鋼床版上の舗装厚は一部93mmの区間があるが、大半が80mmとなっており、全層打ち換えにおいては基層にグースアスファルト40mm、表層に粗粒度ギャップアスコン（ゴム入り）40mmを用いている。ただし、鋼床版の添接ボルト高が40mmを超える場合には基層をグースアスファルト50mm、表層を粗粒度ギャップアスコン（ゴム入り）30mmとしている。なお、首都高速道路では、当初、一般部において密粒度アスコン、曲線部等の滑り止めが必要な箇所については、開粒度アスコンを使用していたが、耐久性の観点からバインダー、混合物粒度等の検討を重ね、現在新設舗装においては、バインダーにセミプローンアスファルト（AC-100）を用いた粗粒度ギャップアスコンを使用している。これらの検討の詳細については、アスファルト187号を参照されたい。

新規路線の舗装においては、平成4年5月よりAC-100を使用しており、その路線延長は約28kmである。一方、舗装補修工事においては、通常の夜間施工における施工量が少ない等の面からAC-100の供給が難しく、現在においてもストレートアスファルトを使用している。ただし、平成3年から実施している全面通行止め工事においては、AC-100を使用している。

また、近年、剥離によると見られる損傷が見受けら

れることから、AC-100を使用する場合には、消石灰を混入するとともに、排水枠の側面に穴を開け、床版面の排水を行うこととし、耐剥離性の向上を図っている。

3. 首都高速道路における舗装補修

(1) 管理基準

首都高速道路の舗装補修は、わだち掘れ量およびひび割れ率により管理しており、路面性状点検車による測定の結果、平均わだち掘れ量が20mm以上、または平均ひび割れ率が20%以上の箇所については現場調査の上、補修を行うこととしている。

路面性状計測車による点検は、毎年秋季から冬季にかけて実施し、その結果を基に翌年度の補修計画を策定している。

現場調査においては、わだち掘れの場合3.6m直定規を用いてわだち掘れ量を測定し、その結果が20mm以上の場合には舗装打ち換えの対象となり、わだち掘れの凸部、凹部において頂部からコアーを採取し、表層のみの打ち換えか、全層打ち換えかを判断することを原則としている。また、ひび割れの場合には基層のひび割れ状況を調査するためコアー採取を行い、その結果により全層打ち換えかを判断することとしている。

また、毎日実施しているパトロールカーによる巡回点検等により交通安全対策上緊急に対策が必要なポットホール、コブ等の損傷が発見された場合には、応急

的処理を実施している。

(2) 舗装補修の種類

首都高速道路における舗装補修は舗装打換えと応急処理に大別される。舗装打換えは、路面性状点検結果によるわだち掘れ、ひび割れによるものである。応急処理には、ポットホール等の局部損傷部のパッチング、路面のコブ等の損傷部の表面切削工があり、その他段差や、鋼床版上などの線状クラックの補修を行うものである。

ただし、走行上特に危険な損傷については、ポットホールの場合には常温合材で穴埋めを行うなど、応急処理を行うまでの緊急的な対策を施すことがある。

(3) 伸縮継手周辺の補修

首都高速道路の伸縮継手は、遊間等の条件により主に鋼製ジョイント(フィンガー)、ゴムジョイントが用いられている。共に伸縮継手の周囲には、後打ちコンクリートが打設されている。

ジョイント周辺の舗装は、ジョイント通過時の上下動の影響等により損傷を受けやすいといえ、後打ちコンクリートの剛性が高いため境界部で段差を生じることが多い。これらの損傷は、巡回点検等により発見されしだい段差修正材により補修を行っている。

また、伸縮継手自体については、その損傷の程度によっては、取替えを実施している。

従来、伸縮継手は図-2に示すように、後打ちコン

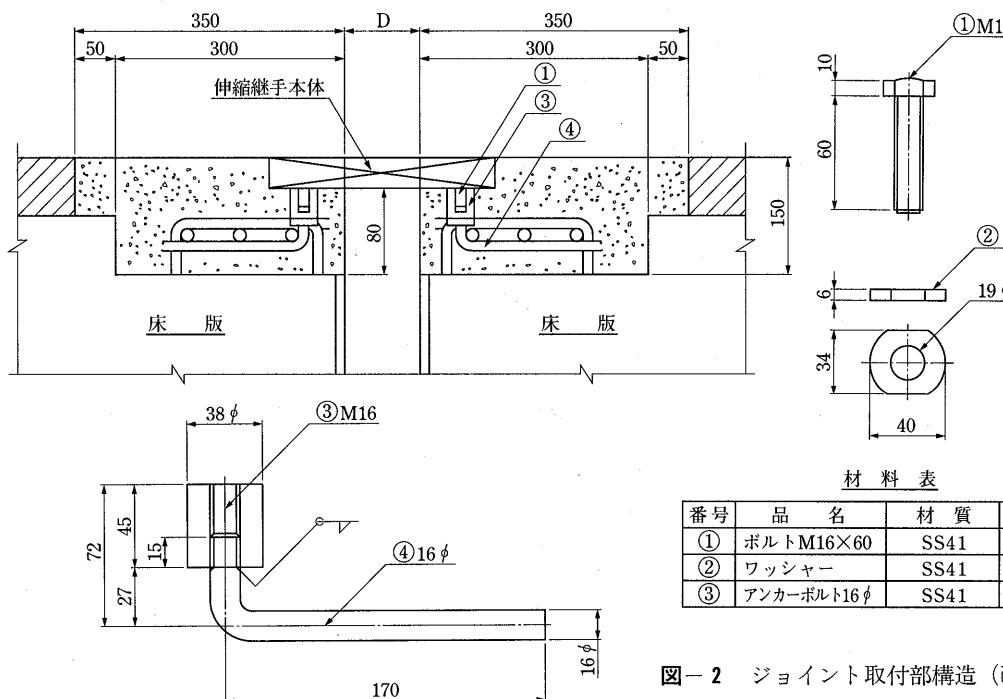


図-2 ジョイント取付部構造（改良型）

クリートに固定された雄ねじにジョイントをさし込み、ナットで固定する構造としていた。

しかし、この構造では、雄ねじ部が損傷した場合に健全な後打ちコンクリートを壊し、新たにボルトを設置しコンクリートを打設する必要がある。

したがって、ボルトのみが損傷した場合には、後打ちコンクリートを壊さずに施工することにより、コンクリートの壊しにより発生する騒音の抑制、作業時間の短縮が可能となる。このため、図-3に示す様に雌ねじを後打ちコンクリート内に埋め込み、伸縮継手をボルトで固定する構造に変更している。

4. 補修工事

(1) 舗装打換え工（夜間施工）

首都高速道路における舗装打換え工事は、通常、交通量の減少する夜間に車線規制にて実施している。車線規制時間は、工種、路線によって異なるが、舗装補修工事においては、すべての路線において21：00から翌朝の6：00までとしている。これは、舗装補修に要する時間が養生等を含めると長時間を要することもあるが、剥ぎ取り時に発生する騒音により、沿道住民の方々に与える影響を考慮し23時までに騒音の発生する作業を終了させることを目的としている。

(2) 全面通行止め工事

首都高速道路における全面通行止め工事は、平成3年に高速7号小松川線において初めてを行い、以降平成6年までの間に1年に1路線、高速6号向島線、高速1号羽田線、高速3号渋谷線の4路線において、1週間程度の期間を通行止めとして補修工事を行った。

全面通行止め工事は、従来の補修工事方法では

①交通量の増加および経年による構造物の補修内容の多様化

②補修工事に起因して発生する渋滞

③補修工事騒音による、沿道住民の生活環境の悪化などの問題点に対処することが限界になってきたために、警察をはじめ関係機関と協議・調整の結果実施されたものである。

全面通行止め工事で行う工種は、工事完了後、清掃、点検、緊急工事等を除き4～5年間補修を行わないこととしていることから、舗装補修、伸縮継手補修、標識柱取替え、塗装工事等の夜間補修で行っている工事と夜間工事では処理が難しいノージョイント化、床版打ち換え等、多岐に渡っている。

また、騒音の発生する工種は夜間補修工事では21：00～23：00としているのに対し、全面通行止め工事では8：00～22：00の間に舗装補修等騒音の発生する工事を行い、22：00～8：00の間にはフェンスの取替え、塗装等の騒音の発生しない工事を行った。

全面通行止め工事は数年分の夜間工事に相当する工事を1週間程度の期間に完了させるため、工事が輻輳することとなり、ランプ以外の箇所においては、車両の出入りが不可能なため、舗装補修、伸縮継手補修等の作業中車両が通行できない工種は、全体の作業工程を考慮し通行帯を確保しながらの施工となっている。

それぞれの路線における舗装打ち換え面積は、7号線112,900m²、6号線99,800m²、1号線117,000m²、3号線106,600m²となっている。

(3) 大規模補修工事

湾岸線土工部において、路盤材が地下水の影響を受け劣化し、支持力が低下したため、通常の切削オーバー

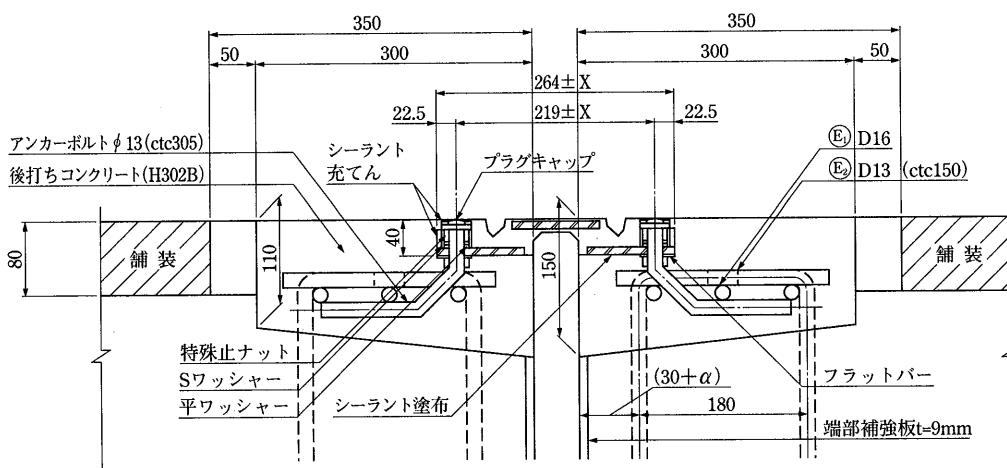


図-3 ジョイント取付部構造（従来型）〔参考〕

ーレイによる補修では、対応できないため、路盤材料を置換する抜本的な補修を行う必要性が生じた。

大規模補修工事は、この対策の施工方法であり、夜間施工による方法、昼間施工による方法、全面通行止めによる方法等との比較検討の結果、24時間連続車線規制による工法を採用した。

大規模補修工事は平成5年度～7年度の3カ年に実施している。

5. 今後の課題

現在、首都高速道路の舗装には、より耐久性の高い舗装（高耐久性舗装）や沿道環境等に配慮して騒音の低減効果のある舗装（低騒音舗装）等が求められている。

特に低騒音舗装については、遮音壁や裏面吸音板等による騒音低減対策と同様に首都高速道路における環

境対策の一部としての採用に向け検討を行っている。現段階では、騒音の低減効果が認められている排水性舗装を用いることを計画しているが、首都高速道路の大半が高架部であるため、床版防水工や排水工の処理、あるいは、一連の作業を供用下で行うことに対する処置等の検討を進めており、平成8年度中に低騒音舗装の試験施工を実施する計画としている。

6. おわりに

首都高速道路の舗装は、従来、高耐久性を目指し、主たる損傷の形態であるわだち掘れに着目し、耐流動性の混合物の開発に主眼を置いていたが、要求される性能は多様化する傾向にあり、現在では、耐水性や、騒音低減効果等の向上も主要な課題となっている。

今後とも耐流動性材料の開発とともに、これらの課題についても検討を重ねて参りたい。

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法 *Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt*

| | |
|---------------|---------------------------|
| 1. 適用範囲 | 5 - 1 - 1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要 | 5 - 1 - 2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味 | 6. 試料の準備 |
| 3 - 1 絶対粘度 | 7. 操作 |
| 3 - 2 ニュートン流体 | 8. 計算および報告 |
| 4. 装置 | 9. 精度 |
| 4 - 1 粘度計 | 9 - 1 くり返し精度 |
| 4 - 2 温度計 | 9 - 2 再現性 |
| 4 - 3 恒温そう | |
| 4 - 4 減圧装置 | |
| 4 - 5 秒時計 | |
| 5. 校正 | |
| 5 - 1 粘度計の校正 | |

★
実費領価 400円
★

申込先　社団法人 日本アスファルト協会
東京都港区虎ノ門1丁目21番8号
〒105 電話 (03) 3502-3956

東京都における道路舗装の維持補修の現状

竹田 敏憲*

1. まえがき

東京都の道路は、東京オリンピックを契機に本格的な整備にとりかかり、その後の高度成長期を中心に整備が促進されてきた。それに伴い道路ストックも増大し、維持補修に要する予算は今や道路新設予算（用地費を除く）を上回っている。とりわけ道路の維持補修費のうち舗装関連の予算は約6割を占めている。

維持補修の実施にあたっては、単に悪くなったところを手当てるだけではなく、治水対策、資源保護、景観整備、福祉対策など各種の施策も併せ実施している。しかしこれらの施策に加え、最近では、道路工事量の縮減、国道43号線の最高裁判決を踏まえた環境対策など、舗装への要請もますます多様化、高度化してきている。

ここではこのような難しい社会環境下で、東京都は、舗装の維持補修をどのように行い、また現在どのような施策に重点をおいて取り組んでいるか、その概要について述べる。

2. 舗装の維持補修の方法

都が管理している道路は、およそ2,200km、30.0km²に及び、舗装率はほぼ100%に達している。これを12の建設事務所がそれぞれの地域を受け持ち維持管理を行っている。

舗装の維持補修は、図-1に示す流れによって実施している。

舗装の維持補修を行うにあたっては、事務所間における管理水準のアンバランスを防ぎ、かつ適切な工法を選択するために、平成6年度から客観評価による方法を導入している^{1,2)}。

2.1 路面の点検と日常の維持

(1) 路面の点検

- 路面状況は、巡回車による日常の巡回と、路面性状測定車を用いて3年サイクルで実施する定期巡回とに

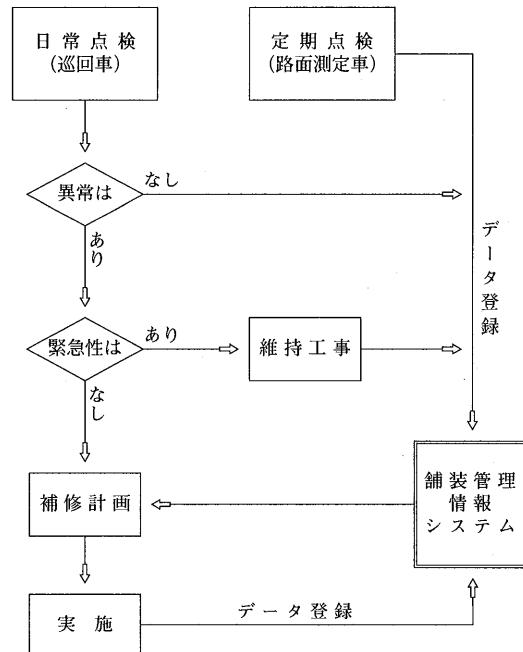


図-1 東京都における舗装の維持補修の流れ

より把握している。

日常巡回で発見された損傷箇所は、その規模、緊急度に応じて「維持工事」又は「補修工事」により措置する。定期巡回で掌握した客観データは、データベース化し、補修計画に反映している。

(2) 日常の維持

維持工事は、日常巡回で発見した小規模な破損箇所や、陳情苦情箇所等を迅速に修理するために行う。また、補修基準に達しないものの、振動等により沿道への影響が大きく、次年度以降の補修まで待てないような場合にも、規模によっては維持工事で対応する。

(3) データ登録

舗装の維持補修を科学的、効率的に行っていくために、各種の管理データを「舗装管理情報システム」に

*たけだ としのり 東京都建設局道路管理部保全課

登録している。データ項目を表-1に示す。これらのうち、沿道環境、振動・騒音及び交通量データは、他の部署で調査したものであり、その他のデータは、独自に収集したものである。これらのデータは、補修の長期計画はもちろん、日常の業務にも使用している。

表-1 補装管理情報システムで管理するデータ

| データ項目 | 主な内容 |
|----------|--|
| ① 道路構造 | 幅員構成、用途、地形、路床土C B R他 |
| ② 補装構造 | 現況の舗装構成及び工事履歴 |
| ③ 沿道環境 | 用途地域 |
| ④ 振動 | 都内100地点、毎年1回の測定データ（建設局） 都内400地点、毎年1回の測定データ（環境保全局） |
| ⑤ 騒音 | 都内500地点、毎年1回の測定データ（環境保全局） |
| ⑥ 路面性状 | 3年サイクルで実施 (ひびわれ、わだち掘れ、平坦性) |
| ⑦ FWD | 当該年度の補修工事実施箇所を対象 |
| ⑧ 交通量データ | [都内約550地点の交通センサスデータ] [都内約13地点の軸重データ] |
| ⑨ 陳情苦情 | 陳情苦情処理票記載事項 |
| ⑩ 大規模陥没 | 主に車道陥没データ |
| ⑪ 空洞探査 | 主要な都道を5年サイクルで実施、約50km／年 |

2.2 補修計画

補修工事は、舗装の現況を的確に把握し、今後の社会経済的な要請を考慮して、中長期的な展望のもとに計画を定めたうえで実施している。

補修計画は、中長期、短期、次年度の3段階について策定する。

(1) 中長期の補修計画

中長期の補修計画はおおむね10~15年を想定し、本庁で計画を立てる。都道全体をマクロ的に捉えて目標とする管理水準を設定し、必要な補修財源を推計するとともに、補修の経済性分析を行い、より経済的な補修方法を検討しながら策定する。

(2) 短期の補修計画

短期計画は、3か年の基本計画と、単年度の補修計画からなり、各建設事務所で策定する。

2.3 補修計画策定の流れ

中長期の補修計画は、まだ開発段階にあり、現在は短期の補修計画に基づき実施している。補修計画策定のフローを図-2に示す。

まず3年サイクルで都道全体を路面性状測定車により計測し、舗装の路面状況を把握する。時期の合わないものは予測を行い、要補修箇所を抽出する。リストは12の建設事務所に送付し、各事務所がこれをもとに

道路の重要性、陳情苦情なども加味して事務所毎の3年計画を作成する。

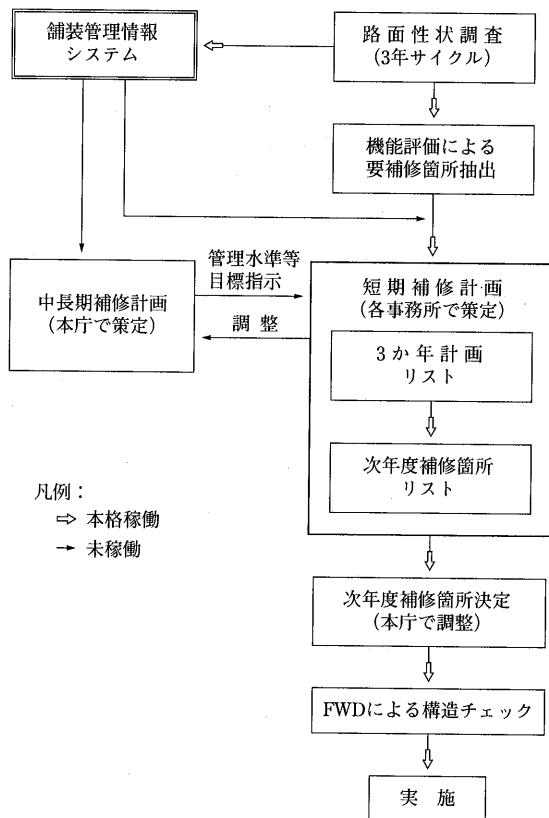


図-2 補修計画策定から実施までの流れ

2.4 次年度補修箇所、補修工法の決定

3か年計画を基本に、次年度の補修計画を立てる。3か年計画に対して、既に緊急対応した箇所及び新たに陳情苦情の要請があった箇所、占用企業者工事が加わった箇所等を考慮した再調整を行う。最終的に次年度要望箇所とその工法を決定し、予算要望調書を作成することになる。

この段階で設定した補修工法は、あくまでも路面性状値から判断したものであり、とくに打換え工法など単価の高い工法を適用した箇所や、工法の選定に疑問なところについては、当該年度の設計前に、FWD(Falling Weight Deflectometer)による構造調査を行い、工法の妥当性をチェックしている。

3. 補装の維持補修に関する最近の取り組み

社会の移りわりとともに、舗装に対するニーズも刻々と変化している。東京都特有のものとして要求されるもの、全国的な動きの中で必要とされるもの等様々

である。すなわち舗装の維持補修の施策は、社会の動きと密接に係わっている。ここではとくに最近クローズアップされている問題とその対策の現状について述べる。

3.1 環境問題

国道43号線における最高裁判決は、道路行政に係るものに対して大きな課題を与えた。これを契機に、今後もさらに同様の提起がなされてくることも予想されている。

図-3に示すように東京都においては、道路に対する陳情・苦情件数のうち、舗装に関するものが1/3を占めている。さらに騒音・振動に関するものは合わせて10%以上になる。とくに騒音については、平成3年度を境に2~3倍と増加しており、社会的な問題化している実態を反映している。

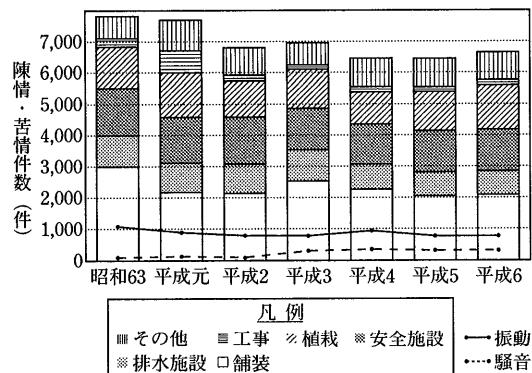


図-3 陳情・苦情件数の経年変化

(1) 振動対策

交通振動には路床が軟弱なことにより発生する地盤振動と、路面の段差に起因する振動がある。陳情の多くが後者によるものであることから、その対策としては、平坦性の維持に努めることを主眼として計画的な維持補修に心掛けている。D交通道路には表基層材料に変形の生じにくい改質アスファルト混合物を用い、長期にわたって平坦性を確保するよう努めている。またマンホール周囲等とに生じた段差は、常温硬化型の補修材料を用い、主に直営で応急的な措置を施している。恒久的には円形カッターで人孔を据えなおし、エポキシ系コンクリート材料で復旧する方法などを採用した例もある。

地盤振動については、過去の調査研究^{3,4)}から路床の強化、あるいは舗装の剛性を高めることによって、低減化することが可能であるとの結果を得ている。

(2) 騒音対策

図-3に示したように、平成3年頃までは舗装に対する環境改善の要望といえば、振動に関するものが主流であった。しかし、最近では、騒音に対する陳情も著しく増大している。

表-2は、沿道環境施策の全体像を示したものである。このうち既設道路の環境改善で道路管理者が成し得る対策は、道路構造の改善と道路の沿道対策である。具体的には、遮音壁、緩衝建築物、緑地帯等の設置、また高架部併設箇所では遮音壁のほか吸音板の設置等各種の方策が考えられるが、沿道条件、道路内スペース等の問題や技術開発の難しさなどがあり、いずれも実施に移すには時間要する。そのため現在は、比較的実施が容易な低騒音舗装に頼っているのが実情である。

表-2 沿道環境対策

| 対策の種類 | | 対策の具体的な内容 |
|-------|---------------|---|
| 交通対策 | 自動車構造の改善 | ・エンジン、タイヤ等の改良 ・低公害車の開発及び普及 |
| | 交通規制及び取締り強化 | ・速度規制、取り締まり ・大型車規制 ・交通信号の現示の適正化 |
| | 道路網整備 | ・道路機能の分化 ・環境影響評価の実施 |
| | 道路構造の改善 | ・道路構造の改良 ・高架裏面吸音板設置 ・環境空間の確保 ・舗装の維持水準等の向上 ・低騒音舗装の実施 |
| | 道路の沿道における環境改善 | ・沿道指向型の土地利用への転換 ・緩衝建築物の沿道への誘導 ・建築物の防音構造化 |
| | その他 | ・物流の合理化 ・規制適合車への代替促進 ・公共交通機関との結節点の整備 |

① 低騒音舗装

東京都では、従来から流動対策として使用してきた開粒度アスファルト混合物が騒音低減効果のあるところに着目して、これに工夫改良を加え、昭和63年以来何回かの試験舗装を経て、平成7年度から本格的な実施に入った。低騒音用表層材料の仕様を表-3に示す。

沿道法が適用され、夜間要請限度を超過する箇所については、路面補修時期に合わせ、環状7号線に限らず全面的に採用することになり、平成8年度改定される「道路工事設計基準」では、標準工法として取り入れることになった。これまでの施工実績は図-4の通りである。平成8年度には適用箇所をさらに拡大し、56箇所、延長約30kmを予定している。

表-3 低騒音舗装用アスファルト混合物の規格

粒 度

| | | |
|--------------------|---------|--------|
| 骨材のふるい通過質量百分率% | 20 (mm) | 100 |
| | 13 | 95~100 |
| | 5 | 11~35 |
| | 2.5 | 8~25 |
| | 0.6 | 5~17 |
| | 0.3 | 4~14 |
| | 0.15 | 3~10 |
| | % | 0.075 |
| | | 2~7 |
| アスファルト量(%) 4.0~5.5 | | |

高粘度アスファルトの品質

| | |
|---------------------------------|--------|
| 針入度 (25°C) ×10 ⁻² mm | 45~65 |
| 軟化点 °C | 75~90 |
| 伸 度 (15°C) cm | 90以上 |
| 薄膜加熱質量変化率 % | 0.05以下 |
| 同上針入度残留率 % | 80以上 |
| タフネス (25°C) kgf/cm | 240以上 |
| テナシティ (25°C) kgf/cm | 200以上 |
| 60°C粘度 ×10 ⁴ poise | 20以上 |

アスファルト混合物の物理性

| | |
|---------------------------|---------------------|
| 安定度 | 400以上 |
| フロー値 ×10 ⁻² mm | 20~40 |
| 密 度 g/cm ³ | 1.95以上 |
| 空隙率 (ノギス法) % | 18~23 |
| 動的安定度 回/mm | 1500以上 |
| 透水係数 (定水位) cm/秒 | 10 ⁻² 以上 |

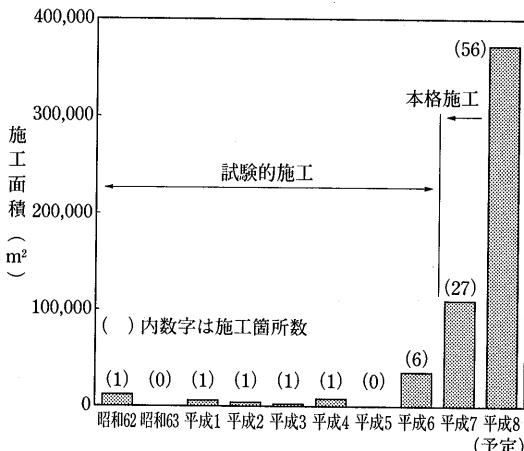


図-4 低騒音舗装の施工実績

低騒音舗装を施工する場合は、排水対策が重要であり、施工時に排水パイプを埋設する。排水パイプにはステンレス、あるいは樹脂製の透水・多孔質の管を用い、図-5のように横引きした水を街きよ樹に落とし込む構造としている。

断面図

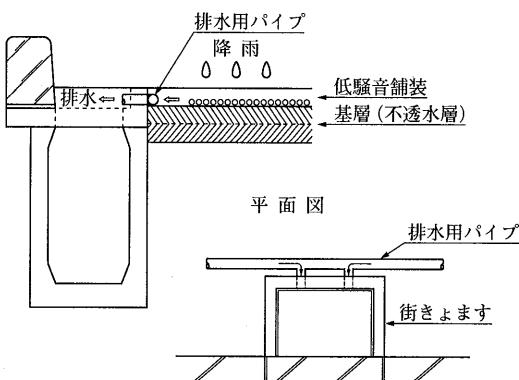


図-5 低騒音舗装箇所の排水構造

② 機能回復

低騒音舗装は、供用後経年とともに、目潰れ、目詰まりにより騒音の低減効果が低下してくる。目潰れについては、表層材料の改善等を進めることにより効果の持続性を図り、目詰まりについては機能回復のための定期的な維持が必要になる。機能回復には、高压水方式、高压空気方式、バキューム方式、振動方式、過酸化水素方式など各種方法が試みられているが、未だ実用化には至っていない。

しかし、騒音対策として低騒音舗装に大きく依存している現在、機能回復の効果的方法の開発は急務である。今後は、目詰まりの回復度と騒音レベルの低減率及び費用等の関係を明らかにしたうえで機能回復の計画的な実施を早急に策定する必要がある。

③ 環境因子の路面評価への反映

従来の補修基準では、路面評価因子（わだちはれ、ひびわれ、平坦性等）によって舗装を評価し、補修計画を策定していたが、今後は、環境のファクターについても舗装が有すべき機能の一つとして考慮することが必要になってくるものと思われる。

振動については、評価式の中に定量的には導入していないものの、次年度要望書作成の時点で、最終的に技術者が優先順位を決定する際の判断要素として考慮している。騒音についても、要請限度を一定値以上超える箇所については、現在の路面評価に基づいた優先順位の決定方法にとらわれず、低騒音舗装を実施することも検討することが必要になってきている。

3.3 長期供用舗装の研究開発

東京都では、毎年膨大な件数の維持・補修工事を実施している。しかし、近年の大型車両の増加、過積載車両の横行などによって、舗装へのダメージが大きく、寿命が短縮され、そのために工事件数も増える傾向に

ある。そして工事件数の増大に伴う様々な問題が浮き彫りにされている。

一方では、予算の効率的執行の観点から、より経済性に富んだ補修計画を策定することが求められている。このような問題に対応するために、従来の舗装設計の考え方を大きく転換した、長期供用舗装(Long Service Pavement)の開発を進めている。

(1) 長期供用舗装の定義

「都道のうち重幹線道路の補修サイクルの長期化を目指すもので、ライフサイクルコストを検討して、最適な設計期間を選択した長期供用が可能な舗装」をいう。概念図を図-6に示す。舗装構造は、現行の設計法にとらわれずに設定し、補修サイクルの目標として構造的破壊に対しては40年以上、機能的破壊に対しては15年を想定している。

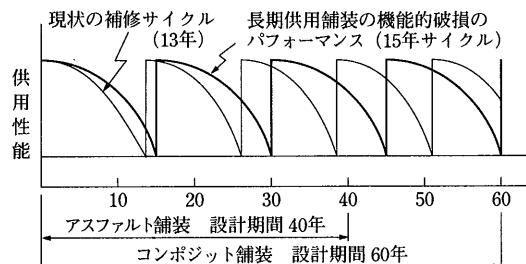


図-6 長期供用舗装の概念図

(2) 長期供用舗装の導入効果

長期供用舗装を適用し、補修サイクルを大きくする

ことによって、次のような効果が期待出来る。

- ① 建設費、維持管理費を合わせたトータルコストの低減。
- ② 占用工事をも含めた工事による道路利用者や沿道住民への迷惑の軽減。
- ③ 車両走行環境や沿道環境の改善。
- ④ 工事に伴う舗装発生材の削減。
- ⑤ 舗装材料等資源やエネルギー消費の軽減。

(3) 長期供用舗装の標準舗装構造

舗装構造は、平成6~7年度の検討結果から、図-7に示すアスファルト舗装系、コンポジット舗装系2種類の計3タイプを決定し、各々多層弹性理論により構造解析を行い、耐久性を検証した。

表層には、騒音の沿道地域指定路線及び夜間要請限度を超過する箇所については、低騒音舗装を適用することとした。

(4) 長期供用舗装の開発ステップ

長期供用性舗装の開発は、図-8のような手順で進められている。平成6年度に実質的な検討に着手してから、主に舗装構造等技術面の検討を行ってきた。平成8年度からは試験施工を開始し、また一方では、行政側の判断として効果が期待できる適用路線及び箇所の選定、交通管理者、占用企業者との調整等に取り組んでいく。技術的な見通しが立ち、導入のための準備が整った段階で本格実施に入っていく予定である。

3.2 路面下空洞対策

街路には多くの占用物件が埋設されており、これら

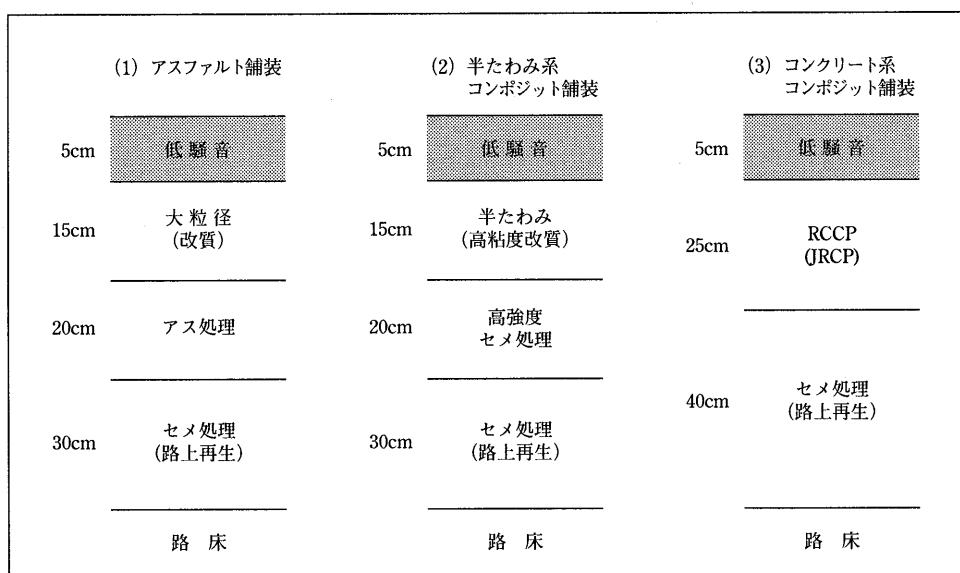


図-7 長期供用舗装構造

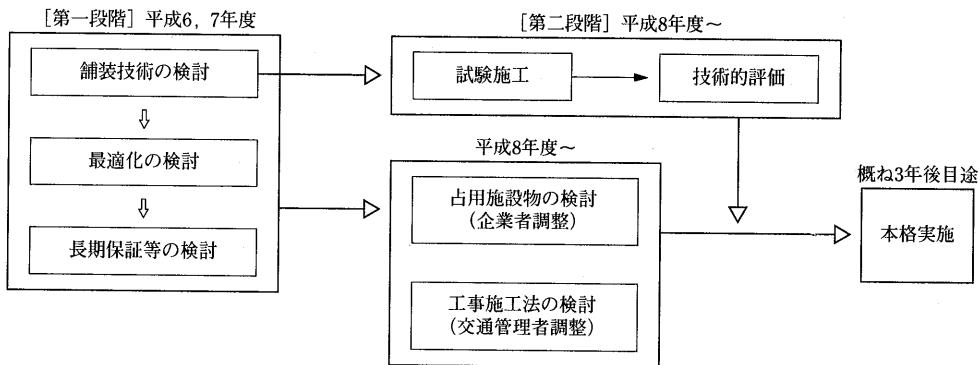


図-8 長期供用舗装の開発ステップ

の破損、埋め戻し不良、水の浸透等によって空洞が生じ、ひいては陥没事故にまで発展することがある。

こういった事故を未然に防止するために、計画的な空洞調査を実施している。調査対象路線は、大型地下構造物が設置されているところや、大型交通量の多い路線などを条件に250kmを選定し、これを5年サイクル(50km/年)で実施している。

調査の方法は、迅速かつ広範に行うために、空洞探査車を使用している。これを一次調査として、空洞の可能性ありと判定されると、さらに詳細な二次調査が行われる。

平成4年度よりこの方法で実施しているが、図-9に示すように空洞発見数が増えるにつれ、逆に陥没事故は激減し、調査の効果があらわれている⁵⁾。現在は速

やかな復旧のための技術開発や制度づくりを進めている。

4. あとがき

東京都における舗装の維持補修のうち、主に環境対策、長期供用舗装、路面下空洞対策への取り組みについて述べてきた。この他にも震災対策（舗装ではなく震後対策）、福祉の街づくりの条例化に伴う対応等課題が山積している。

一方東京都では、投資的経費への厳しい見直しが進められており、舗装ストックの活用、維持管理重視の傾向は益々顕著になることが予想される。今後財政的な制約が強まってくる中で、ここで述べた施策を進めていくためには、技術面での一層の創意工夫が必要になるとを考えている。

—参考文献—

- 1) 東京都建設局：道路工事設計基準（平成6年度）1995
- 2) 東京都建設局：舗装管理マニュアル，1995
- 3) 達下他：舗装構造と道路交通振動の低減効果に関する基礎的実験，昭53，都土研年報，1978
- 4) 達下他：道路交通振動の舗装構造による低減対策，昭54，都土研年報，1979
- 5) 竹田他：地下空洞の調査事例（路面下の空洞），基礎工，1995，vol.23，No.2

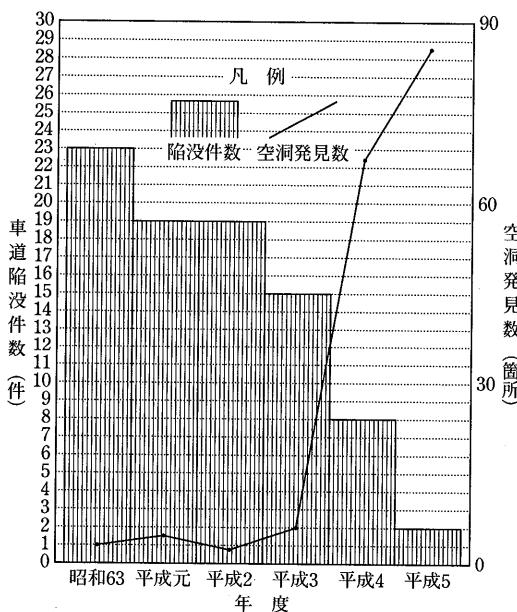


図-9 車道陥没の件数と空洞発見数の関係

インターネットと舗装工学（第1回）

姫野 賢治*

1. はじめに

最近、いろいろなところで「パソコン」が話題にのぼることが大変多くなった。パソコンに係わる環境の変化があまりにも激しいことが理由であろう。しかし、ALTAIR-8800という初のマイコンキットが世に現れたのが今から23年前のことであり、16ビットのデスクトップ型パソコンが誕生してからわずかに14年しか経っていないのである。

つい最近まで、オペレーティングシステムとプログラミング言語の区別もなされていないままに、パソコンを扱うということは、すなわち各行の頭に番号のついたインタープリター型のBASIC言語でプログラムを組むということとほぼ同義語であった。しかしながら、MS-DOSを経て、数年前にMS-Windowsというユーザーの利用環境を画期的に高めるソフトが世に現れ、パソコンのハードウェアの急速なパワーアップに伴って徐々にその能力を高めながら、昨年の11月にオペレーティングシステムと一体化して、いわゆる“Windows 95”が発売されたことは記憶に新しいであろう。

このような変化に伴い、パソコンは一部のマニアのためのものから誰もが簡単に使えるものへと変化し、あつたら便利なものという段階を飛び越えて、最早なくてはならないものと認識されるようになってきている。それと同時に、誰もが扱えなければならぬという気運が自然と芽生え、今までパソコンに接していないかった人にとっても、避けては通れない文房具の1つのような存在になったと言えるかも知れない。

Windows 95の出現によってパソコンを扱うことは大変簡単になったと言われるが、ほかに大きく変化したものにネットワーク環境の充実が挙げられる。特定のパソコンにだけ集中的に投資をしてその性能を高め、他のパソコンはこのパソコンに接続してその財産を使わせてもらうというような利用形態をとることが非常に簡単になった。

Windows 95と並んで話題にのぼることの多くなった

ことがらに、このようなネットワーク環境を利用して使いやすくなった「インターネット」を挙げることができるであろう。パソコンとともにビジネスの必需品と認識され、誰もがその言葉を聞いたことがあるのに、これほど理解をされていないものも珍しいであろう。インターネットの普及によって大きな影響を直接に受ける産業は、電気通信産業、活字メディア、一般サービス産業、ソフトウェア産業、家電産業と言わわれている¹⁾が、他の産業に係わる人にとっても、あるいは日常の生活の中でも、その価値はますます高まっていくことが予想されている。インターネットの利用者は、この原稿が世に出る頃に全世界で1億人を超えると推定されているが、いずれは電話やテレビのように各家庭になくてはならないものの一つになるものと思われる。

このような中で、筆者の回りでも、インターネットを始めたとか、インターネットのことを知りたいというような方が大変増えてきている。そして、それがどのようなものか、基本的な機能はなにか、舗装のどのような分野に役に立つか、会社で導入するにはどの程度の経費と人材を投入する必要があるのか、パソコン通信とどう違うのかというような基本的なことについて情報を求めている方が多いように思われる。そこで、このたび、この誌面をお借りして、3回の予定でインターネットと舗装工学の係わりについて簡単に述べさせて頂くことにした。

立花 隆が、「インターネットについては体験したことがある人とない人とでは認識が全く違いますね。全く何も知らない人に説明するのは非常に難しい。とにかく一度やってみろ、という感じです。」とその著書で述べているが²⁾、まさに同感である。テレビを見たことのない人にそれはどのようなものかを説明するようなものであろう。このようなときに多くの人は、テレビの内部のハードウェアや放送受信のメカニズムなどよりも、それがいかに楽しくて価値のあるものかを主観的に説明してもらう方がありがたいであろう。イン

*ひめの けんじ：北海道大学工学部土木工学科助教授 工博

e-mail : himeno@civil.hokudai.ac.jp, himeno@hucc.hokudai.ac.jp,

GCA01104@niftyserve.or.jp, BJE41134@pcvan.or.jp

一ネットについても同様であろうと思うので、あまり堅苦しくならないでくまで一人のユーザーの立場で、しかも（なるべく）舗装工学の雰囲気を盛り込みながら述べたい。

2. インターネットに必要なもの

とりあえずインターネットに関心はあるけれども、これをするためには何が必要で、いくらくらい投資する必要があるのか、また、何よりどうしていいのかわからないと悩んでいらっしゃる方が多いようである。しかし、必要なものは基本的にはパソコン通信ができる環境と大きな違いはない。すなわち、とりあえず

- ・パソコン
 - ・パソコンのデジタル情報と電話のアナログ情報を変換するモデム
 - ・インターネット接続用のソフト
 - ・パソコンにつなげられる電話回線（または専用線）
- の4つがあればよい。いわゆるWindows 95がインストール済みの一体型のパソコンを購入すれば、初めの3つには気を使う必要はない。もちろん、Macintoshのパソコンでも差し支えない。ただし、モデムは最低でも14,400bps、できれば28,800bpsという通信速度に対応したものが望ましく、それ以下の通信速度の場合、精神衛生上あまりよろしくないし、なによりも電話代が馬鹿にならぬのである。Windows 95がインストールされていれば、最低限のことは可能であり、Windows 95 Plus!というソフトを追加でインストールすると、だいたいのことは可能になる。しかも、ありがたいことに、インターネット自体の機能で、世界中のあらゆるところから通信ソフトそのものを入手することも可能である。

これだけの道具が揃ったら、プロバイダーと称するインターネットの接続業者に連絡をとればすべてやってもらえる。経費は、プロバイダーによっても異なるが、個人で負担しうる程度であり、商用のパソコン通信と比べてもそれほど高いわけではない。画面に強制的に広告が表示されはするが無料で接続させてもらえるプロバイダーさえある。少なくとも相当の経費がかかるのではとか、導入は面倒ではないのかというような心配はほとんどないと言っていい。プロバイダーは現在400社近くあり、契約形態や利用料金はまちまちであり「INTERNET magazine」1996年7月号の359～379ページに一覧表が掲載されている。

3. インターネットとは何か

よくインターネットとパソコン通信とはどう違うのかという質問を受ける。パソコン通信とは、NIFTY-Serve, PC-VAN, People, ASAHIネットなどの、大手の商用のネットワークから、個人や団体が趣味や実益で行っている小規模なものまで含めて、国内だけで1000近くのものが開設されているが、これらの特徴は、それぞれに管理者がいて、会員の利用者番号（ID）を管理し、パスワードのチェックを行っていることである。そして、もう一つの大きな特徴は、それぞれのネットワークが基本的に独立していて、かつ、商用であれば原則的に有料であることである。

これに対して、インターネットには正規の管理者がいるわけではなく、ボランティアが利用者名の管理を行い、利用料金は無料である。しかも全世界につながっている。日本からアメリカへe-mailを送ろうが、オーストラリアに存在するホームページにアクセスしようが、イギリスのデータベースから情報を入手しようが、お金は一切かからない。ただし、あるデータが商用に公開され、データと引き替えに料金を徴収される場合があるが、これは基本的にはインターネットの利用料金とは別物である。仮にある道路会社がインターネットを利用しようとすると、多くの場合前述のプロバイダーと称する接続業者に依頼して、会社が保有するパソコンとインターネットとを接続してもらうことにならうが、この際に支払う料金はあくまでこの業者に支払う手数料であって、インターネットの利用料金ではない。もちろん、利用時間に応じて同じ業者に支払う料金や、最寄りのアクセスポイントまでの電話料金もインターネットの利用料金ではない。

インターネットのイメージを分かりやすく説明すると、パソコン通信や、大学内部の独立した一つ一つのローカルなネットワークを建物と考えた場合、インターネットは、これらの建物を結ぶ道路のようなものと考えればわかりやすいであろう。有料道路を使わなければ、その通行料は外国まで行っても無料である。プロバイダーという業者は、一つ一つの建物の玄関とこのような道路の間の有料で私的な接続道路を建設する道路会社のようなものである。

一口に建物と言っても、大きなオフィスビルや大学などのように、その内部に廊下や道路などの小さなネットワークを持っているものと個々の一軒家とがあるように、インターネットに接続している主体にも、大学やパソコン通信のような大きなネットワークを持っている場合と、個人との場合がある。たとえば、大学

の研究室に内線電話があつて、学内の研究室同士では内線電話で自由に話しができるのに、他の大学へは内線電話では話しができない。NIFTY-Serveのようなパソコン通信の会員になっていてe-mailを送り合うといふのは、この内線電話で通話をするようなものである。しかし、このようなパソコン通信がひとたびインターネットに接続されると、外線電話で大学間や他機関と話しができるよう、他のパソコン通信の会員とe-mailをやりとりしたり、場合によっては外国のホームページにアクセスできたりするようになるのである。

4. インターネットで何ができるか

さて、インターネットが使える環境がとりあえず整つたとする。これで何ができるかに触れてみよう。先にインターネットには正規の管理者がいないと書いたが、全く秩序がなければ情報のやりとりができるわけがなく情報のやりとりを正確に行えるように、情報の型について厳密な取り決めがある。ただし、テレビの面倒な仕組みを知らなくても、スイッチの入れ方とチャンネルの変え方と、番組についての基本的な知識があれば子供でもテレビを見る能够ができるように、インターネットを使う利用者の立場では面倒なことは何も知らないてもよい。ここでもあくまでこのような利用者の立場で述べることにする。

インターネットで利用できる機能の詳細は他書に譲るとして、舗装工学に携わる立場で重要なものとしては、

- (1) e-mail (electronic mail)
- (2) WWW (World Wide Web)
- (3) FTP (File Transfer Protocol)
- (4) telnet
- (5) NetNews

などをあげることができるであろう。初めての方には何のことやら理解ができないと思うが、パソコン画面上のそれぞれのアイコンと称する小さな絵をマウスでクリックするだけなので、何も難しいことはない。

それぞれの概念を簡単に説明しよう。(1)のe-mailとは、電子メールのことであり、ワープロやエディタと呼ばれる簡易ワープロで作成した文書をほぼ瞬時に相手に送ったり、相手からもらったりすることができるものである。(2)のWWWとは、直訳すると「世界に広がったクモの巣」という意味で、世界中に設けられたホームページと称する情報源にアクセスして、そこからいろいろな情報を入手したり、そこから関連した他のホームページに飛んだりすることのできる機能であ

る。絵画、写真、音楽ソフトなどの情報のやりとりも可能である。モザイクとかネットスケープなどのソフトウェアの開発により、ここ1~2年の間に使いやすさが急激に改善し、インターネット利用者の急増の引き金になったものである。(3)のFTPとは、直訳すると「ファイル転送の取り決めごと」になるが、インターネットに接続された遠方のコンピュータのハードディスクがあたかも自分が今使っているパソコンに直結していて、ドライブが1つ増えたかのように身近に大量のデータの出し入れができるものである。(4)のtelnetとは、インターネットを通じて遠方のローカルなネットワークに入り込んでそのサービスを利用できる機能である。たとえば、前述のNIFTY-Serveにアクセスする場合も、わざわざ電話をかけなくても、この機能によりインターネットを通じて直接アクセスすることが可能である。(5)のNetNewsは、パソコン通信の電子掲示板に似た機能で、自分に関心のあるサイトに入り込んで、そこに書き込まれたメッセージを読んだり、自分で書き込んだりすることができる機能である。

これらのうちのいくつかまたは全部は、プロバイダーに頼まなくともインターネットに接続されたパソコン通信の会員になっていても利用することができる。本連載では、今回は(1)e-mailを、次回は(2)WWWを、そして最終回にそれ以外を取りあげることにしよう。

5. e-mail

e-mailはelectronic mail（電子メール）のことであり、これを使うと一定の情報をほぼ瞬時に相手に送ることができる。これに対して郵便による手紙はsnail mail（かたつむりメール）と呼ばれる。e-mailならではの特徴をいくつか思いつくままに列挙すると、

- (1) 大量のデータが瞬時に世界中に送れる
- (2) 同一文書を1度に複数の宛先に送れる
- (3) 大手の商用のパソコン通信と繋がっている
- (4) 送られたメールの再利用が容易である
- (5) メールの保管が容易である
- (6) メールの機密性が保証されている
- (7) ただし手書きのメールは送れない

などであろう。e-mailは文書の文字コードを相手に送信するものなので、ファックスのように文字を画像の情報として送るわけではない。仮に、全角文字で1,000文字(A4版1ページ程度)があった場合、28,800bpsのスピードでe-mailを送ると、約0.6秒で送信し終わる計算である。ただし、相手に到着するには条件によって数秒~数時間かかるのが普通である。

メールを受け取った方は、送った側とほぼ同じ形で自分のパソコン上に文書ができるのでその再利用が簡単にできる。たとえば、会社のある支店に本社からe-mailが届いたとき、そのメールをワープロに取り込んで紙に印刷して、支店内で回覧することなどは容易である。ファックスのようにもう一度キーボードから打ち直すなどという手間は全くかからない。また、現場で測定したマーシャル試験のデータがフロッピーディスクに入っていて、それをすぐ本社に送りたいというような場合、フロッピーディスクを速達で郵送したり、グラフにしてファックスで送ったというような経験をお持ちの方も多いと思う。しかし、生データをテキスト型式でe-mailで送ってしまえば簡単な上に、受け取った本社ではすぐそのデータが利用できる。MS-ExcelやLotus1-2-3などの特殊なデータファイルも少々の工夫で送受信が可能である。このことは日本語が特殊なコードになる外国へ日本語の文書を送る場合にも有用である。

このようにして届いたe-mailはハードディスクなどの外部記憶装置に体系的に保存をしておけば場所をとらずに整理ができるし、キーワードで検索したりすることも容易である。筆者の場合、ファックスを頂いたときでも、OCRという光学的読み取り装置でテキスト文字に変換し、e-mailと同じようにディスクに整理して保管する場合もある。普通はZIPやMOなどの、1枚で100MB以上の容量のメディアにこのようなメールを保管しているが、A4版1ページを漢字で1,000文字とした場合、1枚に50,000ページ以上が記憶できる計算である。

e-mailでは、1つの文書を同時に複数の相手先に送ることもできる。たとえば、会議の案内を50名に出さなければならぬような場合、ファックスなら宛名を書きかえて50回電話をかけなければならないし、郵便であれば50人分の宛名を書かなければならない。e-mailではあらかじめ特定のグループにこれらの人達を登録しておけば、1通のメールを送るだけで全員に送り届けることができる。このようなグループは、個人の責任でmailerと称する自分の通信ソフトに登録することもできるし、メーリングリストとして外部で管理してもらうことも可能である。ちなみに、舗装関係者全員のメーリングリストは東北大学の武山泰講師によってもらっていて、

hosu-ml@plan1.civil.tohoku.ac.jp

というアドレスであり、ここ宛にe-mailを送ると、そこに登録されている100をはるかに超えるアドレスに同

時にメールが届くことになっている。また、これに登録されているメンバーであれば、他のメンバーには簡単にe-mailを送ることができるので、また、他のメンバーからは、国際会議の開催の情報や、アメリカのSHRPのホームページのURL（接続先）を見つけたというような情報がどんどん届くという恩恵を被ることができるのである。

ちなみに、e-mailは原則として組織単位ではなく個人から個人に送るものであり、会社で必要とする場合にも、各社員に1つずつ割り当てるべきである。Windows 95の機能を使うと、1台のパソコンでもこのような割当ては容易である。

6. おわりに

欧米人と名刺交換をすると、もらった名刺には必ずe-mailアドレスが印刷されている。国際会議で配られる資料などもその場で紙で配らずに、後日e-mailで送られてきたりする場合がある。アメリカのSHRPの担当者に連絡を取りたい場合なども、WWWでSHRPのホームページにアクセスすると担当者のe-mailアドレスが名前とともに一覧表で出てくる。このように、欧米では、e-mailアドレスは、既に電話番号やファックス番号と同じくらいの意味あいを持ち合わせていると言っても過言ではない。わが国の土木学会発行の大学教員名簿にもe-mailアドレスは併記されている。

従来、物が世界の主要な構成要素であり、そのインフラストラクチャとして、道路などの土木構造物が建設されてきた。そして、情報というものが第2の構成要素として台頭してきたのに応じて、それを支えるインフラストラクチャーとしてインターネットの存在意義があると言ってよい³⁾。インターネットにはそれほどに価値があり、その重要性は産業革命並みであると言え言われているのである。

以上、第1回目としてe-mailを中心にインターネットの雰囲気を紹介してきた。既にe-mailアドレスをお持ちなのに舗装技術者のメーリングリストに登録されていない方は、筆者宛にe-mailでご連絡を頂ければ、情報のご提供を致します。

参考文献

- 1) ジム・クラーク：第二回マルチメディア国際フォーラム基調講演、読売新聞1996年5月21日朝刊、p.16-17
- 2) 立花 隆：インターネット探検、講談社、p.111, 1996年
- 3) 前掲2), p.4

第8回 日本アスファルト協会 論文賞 発表

(社)日本アスファルト協会の論文賞は隔年に実施しており、第8回は、審査の結果、以下の3編が選ばれた。

入選 第2席 賞状・賞金10万円

「アスファルト混合物用細骨材の粒形評価手法に関する研究」

日本道路公団試験研究所 七五三野 茂
神谷 恵三
竹田 豪文

〔講評〕

アスファルト混合物の耐流動を改善する方法として、フランスでの碎砂の活用例を参考に、スクリーニングスの外に碎砂を細骨材の一部に使用した場合の混合物の特性について検討を加え、混合物の耐流動性の改善に役立つことを検証したものである。

具体的には、細骨材の粒形判定方法についての比較検討を行い、フランスで実用化されているロート法が最も有効であることを確認するとともに日本の実情に合わせて改良したこと。また、細骨材として碎砂、スクリーニングス、粗砂をそれぞれ100%使用した混合物についてマーシャル、ホイールトラッキングなどの試験によってその効果を確認するとともに動的安定度とロート法による補正流下時間との関係から補正流下時間が大きい、即ち稜角に富んでかみ合わせのよい細骨材ほど耐流動性が高いことを確認している。

しかし、わが国では一般化されていない碎砂の入手や、スクリーニングスの使用量が増大することによる施工性や長期供用性についての検証がなされておらず、今後の研究が望まれる。

入選 第2席 賞状・賞金10万円

「改質アスファルトの再生」

東京都土木技術研究所 鈴木 熨
東京都建設局 峰岸 順一

〔講評〕

本論文は、アスファルト誌184号「特集・舗装再生の取り組みについて」を企画した際に依頼した原稿を、その後論文賞に応募する際に修正・加筆されたものである。

改質アスファルト混合物発生材中の回収アスファルトの性状および改質再生アスファルト、

改質再生混合物の性状を調査し、その再生にあたっての問題点、発生材の望ましい混入率についての提案を行っている。

具体的には、改質発生材からの回収アスファルトの性状、再生アスファルトの性状、改質再生混合物の性状等をきめ細かく検証し、特に再生アスファルトの性状は、品質基準から外れ、むしろ改質アスファルトの品質基準値に近似する傾向にあること、また、品質基準を確保するためには、改質発生材の混入率を20~30%に抑える必要があることを見出したこと。

しかし、アスファルト混合物の発生材は、一般や改質といった区別なく混在して貯蔵されている現状にあり、実用性の観点からただちに適用できない面もあるので、今後の研究が望まれる。

佳 作 賞状・賞金5万円

「防音材料におけるアスファルトの利用技術」

東亜道路工業(株)技術研究所 脇 阪 三 郎
多 田 悟 士

〔講評〕

アスファルトの防音性能に対する各種要因の効果を基礎的な測定によって比較検討し、防音材料分野についての利用を示唆したこと。

具体的には、防振性をFFT解析装置によるモーダル解析で各種のアスファルト系材料の振動損失係数を評価した。また、アスファルト含浸発泡ウレタンやアスファルト含浸不織布を防音性について管内法による吸音率で評価し、アスファルト系材料が防音材料とし利用できることを示唆した。

しかし、基礎的な実験のみで実用面における検討が行われておらず、今後の研究が望まれる。

〔選考委員〕

| | | |
|-----|---------|--------------------------|
| 委員長 | 多 田 宏 行 | 財道路保全技術センター 理事長 |
| 委 員 | 阿 部 順 政 | 日本大学理工学部土木工学科 教授 |
| | 飯 島 尚 | 積水樹脂(株) 常任顧問 |
| | 河 野 宏 | (財)土木学会 専務理事 |
| | 千 葉 博 敏 | グリーンコンサルタント(株) 代表取締役社長 |
| | 南 雲 貞 夫 | (株)ガイアートクマガイ 常務取締役技術研究所長 |
| | 長 谷 川 宏 | 日本石油(株)中央技術研究所 主管研究員 |
| | 真 柴 和 昌 | パシフィック石油商事(株) 取締役社長 |
| | 森 永 敦 夫 | 建設省河川局河川環境課都市河川室 室長 |

アスファルト混合物用細骨材の粒形評価手法に関する研究

七五三野 茂*
神谷 恵三**
竹田 豪文***

1. はじめに

日本道路公団（以下「JH」という）では、平成4年に実施した海外技術導入において、フランスの配合設計を知る機会を得た。その中で、フランスにおけるアスファルト混合物の骨材は、すべて碎石を使用しており、耐流動性を改善するのに役立っていることがわかった。

その理由としては、流動わだち掘れの発生要因の一つとして、粗骨材の間隙を埋めるアスファルトモルタル分が流動に対し影響を及ぼすことが挙げられ、稜角に富んだ細骨材（以下「稜角砂」という）を使用した場合には、骨材同士の噛合わせが良くなり、高い内部摩擦力をモルタルに与えると推定されるからである。

そこで、JHではフランスや国内における試験法¹⁾²⁾³⁾などを参考にしながら、我が国の細骨材に適した粒形の評価方法や、稜角砂がアスファルト混合物の耐流動性等の耐久性に与える影響について、平成5年度より試験研究を行ってきた。

以下に、粒形の評価試験方法や耐久性試験に関する検討結果を報告する。

2. 砂の実態調査

現在、国内のアスファルト混合物に使用されている砂は人工砂と天然砂に分けられる。人工砂は岩石や玉石を破碎して作ったものであり、スクリーニングスとセメントコンクリート用骨材として用いられている碎砂がある。天然砂は採取場所によって川砂、山砂、海砂などに分けられる。

各砂の粒度範囲は表-1のとおりであり、碎砂はJIS A 5005、スクリーニングスはJIS A 5001に、天然砂については、「JH設計要領第1集第2編舗装」⁴⁾に参考粒度として記載されている。

室内試験を実施するにあたって、砂の主な性状として粗粒率及び吸水率に着目し、JHの舗装工事で使用さ

表-1 細骨材の粒度範囲

| ふるい目 (mm) | 通過重量百分率(%) | | | |
|--------------|------------|-----------------|--------|--------|
| | 人工砂 砂碎 | 天然砂 スクリーニングス | 粗目 | 細目 |
| 10 | 100 | | | |
| 4.75 | 90~100 | 100 | 90~100 | 100 |
| 2.36 | 80~100 | 85~100 | 80~100 | 95~100 |
| 1.20 | 50~90 | — | — | — |
| 0.60 | 25~65 | 25~55 | 25~65 | 65~100 |
| 0.30 | 10~35 | 15~40 | 10~35 | 10~85 |
| 0.15 | 2~15 | 7~28 | 2~10 | 0~15 |
| 0.075 | | 0~20 | 0~5 | 0~5 |

れている砂の状況を把握した。表-2は、舗装マネジメントシステム（以下「PMS」という）データから検索した粗粒率と吸水率の平均値である。以後の試験では、これをもとに砂の選定及び収集を行った。

表-2 細骨材の粗粒率と吸水率の平均値

| 細骨材種類 | 粗粒率 [*] | 吸水率 (%) | ※粗粒率 $= \{600 - (a + b + c + d + e + f)\} / 100$ (式-1) |
|----------|------------------|------------|---|
| スクリーニングス | 3.10 | 1.69 | a : 4.75 mm ふるい通過率 (%) b : 2.36 mm ふるい通過率 (%) c : 0.60 mm ふるい通過率 (%) d : 0.30 mm ふるい通過率 (%) e : 0.15 mm ふるい通過率 (%) f : 0.075 mm ふるい通過率 (%) |
| 粗砂 | 山砂 | 3.37 | 2.24 |
| | 川砂 | 3.46 | 2.20 |
| | 海砂 | 3.41 | 2.12 |
| 細砂 | 山砂 | 2.52 | 2.39 |
| | 川砂 | 2.62 | 2.39 |
| | 海砂 | 2.68 | 2.22 |

3. 砂の粒形評価手法

3.1 粒形判定試験の調査

粒形を定量的に評価する研究は各機関で実施され、いくつか提案されてきた。国内でもこれを評価する手法として、0.6mm~0.3mmの分級材料を用いて、ロート内を通過する時間を測定する方法も試みられたが、分級に手間がかかるなどの理由から、実務試験として使

*しめの しげる, **かみや けいぞう, ***たけだ ひでふみ

日本道路公団試験研究所

用されるまでには至っていない。

このため、舗装用の材料として、どのような判定方法が実務的に最適であるか判断するため、いくつかの試験方法による比較試験を実施した。

今回の比較試験では、過去に実施された試験などを参考にして、質量法⁵⁾、スランプ法⁶⁾、並びにフランスで簡易なロートによって粒形判定を実施しているという事例を参考とした、ロート試験を採用することとした。

3.2 粒形判定予備試験

試験に使用した砂の比重・吸水率試験結果を表-3に、また、試験値の変動を小さくするため、粒度調整する必要があり、ふるい分け試験結果を表-4に示す。

3.2.1 質量法による粒形判定試験

この試験は、図-1に示す試験器を用いて測定を行った。試験方法は、16mmの口径を持つロート内に試料を入れ、容積522ccのシリンダー容器内に砂を流下させ、シリンダー上部の砂を取り除き、その質量を量り式-2から実績率を算出するものである。

$$G = (T/ds) \times (100 + Q) \quad (\text{式-2})$$

G : 骨材の実績率 (%)

T : 単位容積質量 (kg/l) = m/V

ds : 骨材の表乾比重

Q : 骨材の吸水率 (%)

m : シリンダー容器内の試料質量 (kg)

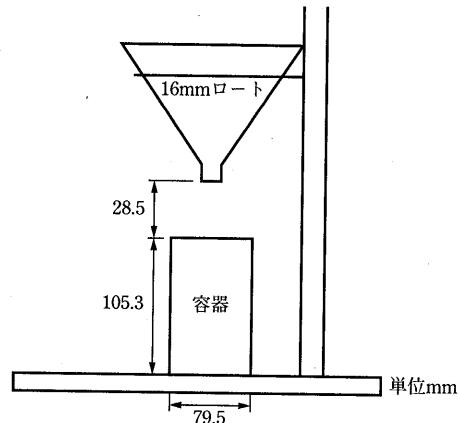


図-1 質量法試験概略図

$$V : \text{容器の容積 } (522 \times 10^{-3} l)$$

稜角砂ほどシリンダー容器内に堆積した時、空隙が多く実績率が低くなることを想定した粒形評価方法である。

3.2.2 スランプ法による粒形判定試験

この試験は、図-2に示す試験器を用いて測定を行った。試験方法は、コーンの中に2層に分けて試料を入れ、各層を10回突き棒で一様に突き、コーンを垂直に静かに引き上げた後、底板上面から試料の頂点までの高さ及び底板の半径を測定し、式-3から安息角を求めるものである。

表-3 細骨材の比重・吸水率試験結果

| 試験項目 | 細骨材種類 | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 碎砂 | | スクリーニングス | | | | 粗砂 | | | | |
| | 兵庫 | 東京 | 岡山 | 愛媛 | 千葉 | 東京 | 熊本 | 愛媛 | 山梨 | 岡山 | |
| 比重 | 表乾比重 | 2.656 | 2.649 | 2.803 | 2.558 | 2.635 | 2.622 | 2.586 | 2.524 | 2.609 | 2.557 |
| | かさ比重 | 2.602 | 2.647 | 2.791 | 2.528 | 2.580 | 2.602 | 2.557 | 2.465 | 2.553 | 2.519 |
| | 見掛け比重 | 2.750 | 2.652 | 2.826 | 2.605 | 2.731 | 2.653 | 2.636 | 2.619 | 2.706 | 2.619 |
| 吸水率 (%) | 2.07 | 0.10 | 0.45 | 1.18 | 2.16 | 0.74 | 1.17 | 2.39 | 2.22 | 1.52 | |

表-4 粒形判定試験に用いた細骨材の粒度

| ふるい目 (mm) | 通過重量百分率 (%) | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 碎砂 | | スクリーニングス | | | | 粗砂 | | | |
| | 兵庫 | 東京 | 岡山 | 愛媛 | 千葉 | 東京 | 熊本 | 愛媛 | 山梨 | 岡山 |
| 2.36 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1.18 | 67.1 | 65.5 | 67.6 | 67.4 | 60.8 | 67.3 | 78.5 | 71.1 | 68.6 | 97.9 |
| 0.6 | 31.9 | 40.5 | 38.0 | 40.2 | 34.9 | 42.8 | 51.4 | 40.8 | 42.3 | 93.2 |
| 0.3 | 14.7 | 22.0 | 19.9 | 21.1 | 19.7 | 25.0 | 27.3 | 19.8 | 21.3 | 53.6 |
| 0.15 | 4.5 | 5.7 | 7.6 | 7.3 | 8.2 | 9.3 | 7.1 | 2.7 | 5.3 | 1.9 |
| 0.075 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 岩種 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 砂岩 | 砂岩 | 石灰岩 | 硬質砂岩 | 山砂 | 海砂 | 山砂 | 海砂 |
| 粗粒率 | 3.49 | 3.32 | 3.35 | 3.31 | 3.37 | 3.23 | 3.14 | 3.37 | 3.31 | 2.51 |

*) 粗粒率はふるい目寸法1.18mmを除いて算出

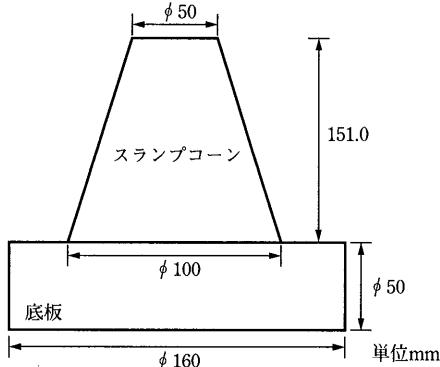


図-2 スランプ法試験概略図

$$\text{安息角 } (\circ) = \tan H / r \quad (\text{式-3})$$

H : 底板上面から試料の頂点までの高さ (cm)

r : 底板の半径 (cm)

稜角砂ほど内部摩擦力が高いため、崩れにくく、安息角が大きくなることを想定した粒形評価方法である。

3.2.3 ロート法による粒形判定試験

この試験は、フランスで既に実用化されており、所定容量の乾燥砂がロート内を流下する時間を測定するものであり、稜角砂ほど流下時間が長くなることを想定した粒形評価方法である。

フランスでは、流下時間の規定は設けておらず、各々の砂の比較によって使用する砂の決定を行っている。また、ロートの口径は12mmと16mmを使用しており、12 mmで試料が詰まる場合には、16mmで評価を行っている。しかし、フランスと我が国では骨材事情が違うことから、試験方法としてそのまま適用できるか確認する必要があると判断し、図-3に示すような形状のロートを使用して、口径とロート角を変えた試験を実施した。なお、ロート13mm (ロート角60°) は、エアモルタルのコンシスティンシーを測定する試験器である。

ロートごとに行った試験法評価の結果を表-5に示す。また、流下時間の測定にはフランスにおける判定試験を参考として砂1,000 gを使用した。

以上の予備試験から、ロート法では試料の詰まりがない、ロート角60°、口径13mm及び16mmを使用すること

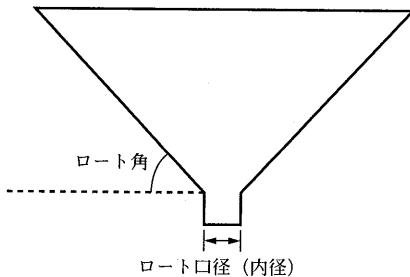


図-3 ロート法試験概略図

とした。表-6に同一砂を使用した、質量法、スランプ法及びロート法による試験結果を示す。

表-6 各試験法による試験結果

| 粒度範囲 (mm) | 細骨材種類 | 質量法 | | スランプ法 | ロート法 | |
|----------------|----------|------------|------------|-------|----------------------|----------|
| | | 実績率 (%) | 安息角 (°) | | 流下時間 (秒) ロート 13mm | ロート 16mm |
| 2.36~ 0.075 | 碎 砂 | 兵庫 | 51.1 | 31.52 | 26.25 | 15.23 |
| | | 東京 | 50.3 | 32.40 | 25.80 | 15.01 |
| | スクリーニングス | 岡山 | 50.5 | 31.36 | 23.83 | 13.75 |
| | | 愛媛 | 52.6 | 31.68 | 25.24 | 14.61 |
| | | 千葉 | 53.5 | 30.36 | 25.91 | 14.95 |
| | | 東京 | — | — | 27.32 | 15.58 |
| | 粗 砂 | 熊本 | 48.9 | 31.10 | 25.14 | 14.46 |
| | | 愛媛 | 49.1 | 30.73 | 28.11 | 16.23 |
| | | 山梨 | — | — | 26.37 | 15.03 |
| | 細 砂 | 岡山 | 47.2 | 30.52 | 22.67 | 13.06 |

3.2.4 粒形判定試験方法の選定

ここでは上記3種類の試験法から、次の判断基準をもとに実用性を評価することとした。

- ① 試験が簡便であること
- ② 試験結果の変動係数が小さいこと
- ③ 異種類の砂の評価がしやすいように、測定評価領域が広いこと

以上のことまとめると、表-7のとおりとなる。

この結果、スランプ法は測定評価領域が狭く、評価がしにくいことがわかった。質量法とロート法は変動係数が同程度であり、ともに試験法は簡便であるが、ロート法がより簡便である。また、測定評価領域は質

表-5 各ロートの試験法評価

| ロートの呼び名 | | ロート 5 mm | ロート 10 mm | ロート 13 mm | ロート 13' mm | ロート 16 mm |
|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 粒度範囲 (mm) | 試験質量 (g) | 口径 5 mm ロート 角60° | 口径10 mm ロート 角 8° | 口径13 mm ロート 角60° | 口径13 mm ロート 角30° | 口径16 mm ロート 角60° |
| 2.36~0.075 | 1000 | 口径が小さく、ほぼすべての試料が詰まった。 | 詰まりやすい材料が多かった。 | すべての試料が流下した。 | ロート内に試料が残留した。 | すべての試料が流下した。 |
| 評 値 | | × | × | ◎ | × | ○ |

表-7 各試験法の評価

| 評価対象項目 | 質量法 | スランプ法 | ロート法 |
|--------|--------|--------|-------------------------------|
| | 実績率(%) | 安息角(°) | 流下時間(秒) ロート13mm ロート16mm |
| 簡便性 | 簡便である | 簡便である | 簡便である |
| 変動係数 | 0.7%以内 | 3.0%以内 | 1.0%以内 |
| 測定評価領域 | 6.3 | 2.04 | 5.44 3.17 |

量法が多少広いが、この程度ではほぼ同程度と見なされる。そこで、試験方法や器具入手の容易さ等より、ロート法が評価試験として適していると判断した。なお、ロート法のうち口径16mmについては、測定評価領域が狭すぎるので除外することとした。

3.3 ロート法の実用性向上

粒形判定試験3種類の内、実用性が高いと思われるロート法について、実用的な粒形判定手法を確立するための検討を行った。

3.3.1 ロート法の特性

図-4は、スクリーニングス、粗砂、細砂の各々6種類づつ、ロート(13mm)にて流下時間を測定した結果について、流下時間と粗粒率の関係を整理したものである。

この結果から、本試験器は粒形だけではなく、粒度の影響も混在したかたちで現れることがわかった。

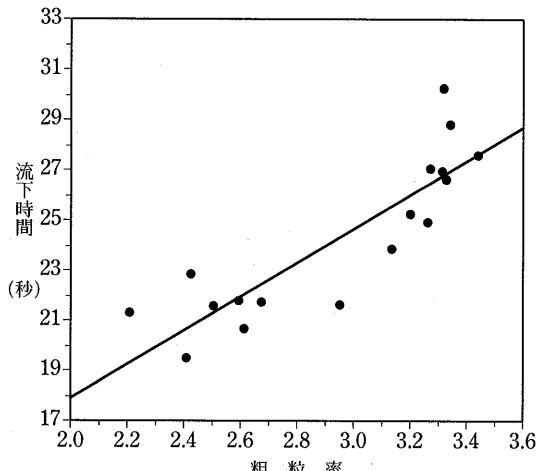


図-4 ロート13mm (流下時間) と粗粒率の関係

図-5は粒径の異なるビーズ玉3種を使用して、流下時間を測定したものである。粗粒率は砂粒の大きさ、即ち粒径を定量的に示すので、これが大きいほど流下時間も長くなる傾向にあることがわかる。

つまり、ロート試験は、同一粒形であれば粒度を評価することとなり、逆に同一粒度であれば粒形を評価

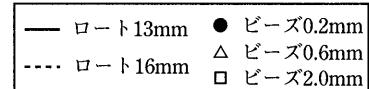


図-5 ガラスビーズの粒径と流下時間の関係

することが可能であると解釈できる。一般に、複数の砂の粒形を比較評価するとき粒度が異なっている場合が多い。ロート試験で粒形を評価するには、試料を同一粒度に分級調整すれば良いが、これは実用性に欠けるため粒度の補正が必要である。

3.3.2 試験質量

ロート法の試験では、試験質量は1,000gであった。しかし、より評価領域を広くして砂の粒形判定を容易とするため、質量を1,500gとすることとした。

3.3.3 比重の補正

ロート試験では、極力一定容量の砂を流下させる必要があることから、基準となる比重を設定し、各砂の質量を補正(式-4)して試験を行った。表-8は、PMSデータから検索した各砂の平均比重であるが、基準となる比重は全体平均の2.54を採用した。

比重補正後質量(g)

$$= 1,500 \times \text{砂の絶乾比重} / 2.54 \quad (\text{式-4})$$

表-8 細骨材の絶乾比重

| 細骨材種類 | | 絶乾比重の平均 | |
|----------|----|---------|------|
| スクリーニングス | | — | 2.58 |
| 粗砂 | 山砂 | 2.50 | 2.52 |
| | 川砂 | 2.52 | |
| | 海砂 | 2.50 | |
| 細砂 | 山砂 | 2.51 | 2.51 |
| | 川砂 | 2.52 | |
| | 海砂 | 2.50 | |
| 全 体 平 均 | | 2.54 | |

3.3.4 粒度の補正

同一砂において、粒度の影響による流下時間の違い

を把握するため、3.2節で使用した砂を、以下のように粒度調整した。

粒度調整は、FM2（購入状態で粒度調整を行わない試料）を中心に、PMSデータから検索した、砂の粗粒率の評価偏差（表-9）に基づき、式-5から、FM1（粒度を細目に調整した試料）、及びFM3（粒度を粗目に調整した試料）に調整を行った。碎砂に関しては、使用実績がないことから、生産過程の似ているスクリーニングスの標準偏差を適用した。

$$FM1 = FM2 - \text{標準偏差}$$

$$FM3 = FM2 + \text{標準偏差} \quad (\text{式-5})$$

試料の調整作業は、各砂の4.75~0.60mmと0.60~0.075mmに分級を行ない、分級された2つの試料の配合比を変化させることにより実施した。表-9の標準偏差を用いて、粒形判定試験を実施するため、各砂について2.36~0.075mmに調整した粒度を表-10に示す。

図-6は、FM1~FM3の試料を用いて、基準となる試験質量を1,500gとし、各砂において比重補正を行い、ロート（13mm）試験を実施した結果である。流下

表-9 細骨材の標準偏差

| 細骨材種類 | | 標準偏差 | 粒度調整に用いた標準偏差 |
|----------|----|------|--------------|
| スクリーニングス | | 0.26 | 0.26 |
| 粗砂 | 山砂 | 0.13 | 0.21 |
| | 川砂 | 0.21 | |
| | 海砂 | 0.24 | |
| 細砂 | 山砂 | 0.26 | 0.34 |
| | 川砂 | 0.36 | |
| | 海砂 | 0.35 | |

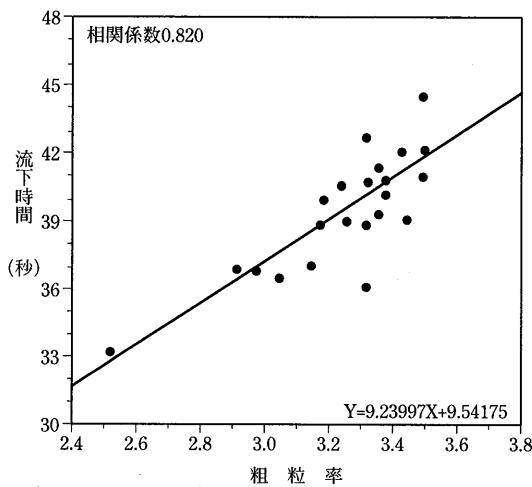


図-6 ロート13mm（流下時間）と粗粒率の関係

表-10 粒形判定試験に用いる細骨材の粒度

| ふるい目 (mm) | スクリーニングス | | | | | | | | | | | | 粗骨材 | | | | | |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 兵庫 | FM2 | FM1 | FM2 | FM3 | FM1 | FM2 | FM3 | FM1 | FM2 | FM3 | FM1 | 東京 | 葉山 | 熊本 | 愛媛 | 山梨 | 岡山 |
| 2.36 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | |
| 1.18 | 73.6 | 67.1 | 78.4 | 65.5 | 67.2 | 77.1 | 67.6 | 66.0 | 67.4 | 64.9 | 60.8 | 57.4 | 67.3 | 66.9 | 85.3 | 78.5 | 79.4 | 71.1 |
| 0.6 | 45.4 | 31.9 | 59.0 | 40.5 | 38.1 | 54.0 | 38.0 | 33.5 | 40.2 | 32.6 | 34.9 | 28.3 | 42.8 | 38.4 | 64.0 | 51.4 | 48.3 | 52.7 |
| 0.3 | 21.8 | 14.7 | 34.5 | 22.0 | 21.6 | 29.9 | 19.9 | 17.6 | 21.1 | 16.8 | 19.7 | 15.8 | 25.0 | 22.4 | 34.9 | 27.3 | 26.6 | 26.5 |
| 0.15 | 7.4 | 4.5 | 9.5 | 5.7 | 6.4 | 11.9 | 7.6 | 6.7 | 7.3 | 6.2 | 8.2 | 6.8 | 9.3 | 9.1 | 9.9 | 7.1 | 7.8 | 4.1 |
| 0.075 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 岩種 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 砂岩 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 | 硬質砂岩 |
| 粗粒率 | 3.25 | 3.49 | 2.97 | 3.32 | 3.34 | 3.04 | 3.35 | 3.42 | 3.31 | 3.44 | 3.37 | 3.49 | 3.23 | 3.30 | 2.91 | 3.14 | 3.17 | 3.48 |

*) 粗粒率はふるい目寸法1.18mmを除いて算出

時間と粗粒率の関係には、かなり高い相関があるため、流下時間で砂の粒形を評価する場合、この関係をもとに流下時間を補正することが可能であると考えられる。

そこで、今回試験を行った砂の平均粗粒率であるFM3.2を基準とし、図-6をもとに式-6を算出し、砂の粒度の影響を取り除くこととした。

$$\begin{aligned} \text{補正流下時間} &= (9.23997 \times \text{FMa} + 9.54175) \\ &- (9.23997 \times \text{FMb} + 9.54175) + \text{測定流下時間} \\ &= 9.23997 (\text{FMa} - \text{FMb}) + \text{測定流下時間} \quad (\text{式-6}) \end{aligned}$$

FMa : 3.2

FMb : 測定を実施した砂の粗粒率

4. 積角砂の有効性確認試験

砂の粒形がアスファルト混合物に与える影響を把握するために、砂の種類を変えマーシャル安定度試験及びホイールトラッキング試験を実施した。この試験では、砂の粒形に起因する影響を把握するため、評価を明確にする目的で、各混合物ごとにブレンドせずに100%同一の砂を使用した。他の材料である粗骨材（6号碎石、7号碎石）、石粉及びアスファルトは種類を統一し、合成粒度は密粒度混合物の中央値を目標として混合物を作製した。

本試験に使用したアスファルトは、ストレートアスファルト60~80であり、各砂のふるい分け試験結果を表-11に、骨材配合比を表-12に示す。

表-11 細骨材のふるい分け試験結果

| ふるい目 (mm) | 通過重量百分率(%) | | | | | | | |
|--------------|------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 碎砂 | | スクリーニングス | | | | 粗砂 | |
| | 兵庫 | 東京 | 岡山 | 愛媛 | 千葉 | 東京 | 熊本 | 愛媛 |
| 4.75 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 2.36 | 98.5 | 88.8 | 93.9 | 92.1 | 87.5 | 93.9 | 97.9 | 90.9 |
| 1.18 | 66.6 | 60.3 | 68.4 | 68.8 | 62.6 | — | 78.8 | 67.0 |
| 0.6 | 36.4 | 39.5 | 43.6 | 48.5 | 45.3 | 51.1 | 53.9 | 41.4 |
| 0.3 | 21.3 | 23.1 | 26.8 | 33.2 | 34.4 | 37.9 | 30.3 | 22.3 |
| 0.15 | 12.2 | 7.7 | 14.3 | 21.1 | 25.8 | 25.9 | 9.5 | 5.4 |
| 0.075 | 7.4 | 1.7 | 6.2 | 14.6 | 19.7 | 18.2 | 1.8 | 2.2 |

表-12 各細骨材の骨材配合比 (%)

| 細骨材種類 | 碎砂 | | | | スクリーニングス | | | 粗砂 | |
|-------|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|
| | 兵庫 | 東京 | 岡山 | 愛媛 | 千葉 | 東京 | 熊本 | 愛媛 | 愛媛 |
| 6号碎石 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 7号碎石 | 18 | 14 | 16 | 15 | 12 | 16 | 18 | 15 | 15 |
| 細骨材 | 36 | 39 | 38 | 43 | 48 | 44 | 35 | 38 | 38 |
| 石粉 | 6 | 7 | 6 | 2 | 0 | 0 | 7 | 7 | 7 |

4.1 マーシャル安定度試験結果

マーシャル安定度試験のうち、OAC及びOAC+0.3%の試験結果を表-13に示す。

マーシャル安定度試験については、どの混合物も基準値(600kgf)を満足しており問題はないが、スクリーニングスを使用した混合物において、マーシャル残留安定度(60°C, 48時間養生)の基準値(75%)を下回るものがあった。これは、砂のふるい分け試験結果(表-11)及び骨材配合比(表-12)からもわかるとお

表-13 マーシャル安定度試験結果

| 細骨材種類 | | アスファルト量(%) | | 密度(g/cm³) | 空隙率(%) | 安定度(kgf) | 残留安定度(%) |
|----------|----|------------|-----|-----------|--------|----------|----------|
| 碎砂 | 兵庫 | OAC | 5.7 | 2.383 | 3.7 | 1,375 | 80.9 |
| | | OAC+0.3% | 6.0 | 2.399 | 2.6 | 1,615 | 79.3 |
| | 東京 | OAC | 5.4 | 2.358 | 4.0 | 1,535 | 76.0 |
| | | OAC+0.3% | 5.7 | 2.374 | 3.0 | 1,458 | 87.7 |
| スクリーニングス | 岡山 | OAC | 5.3 | 2.418 | 3.8 | 1,422 | 89.4 |
| | | OAC+0.3% | 5.6 | 2.430 | 2.8 | 1,573 | 90.3 |
| | 愛媛 | OAC | 6.1 | 2.305 | 4.6 | 1,278 | 89.7 |
| | | OAC+0.3% | 6.4 | 2.313 | 3.8 | 1,301 | 90.2 |
| | 千葉 | OAC | 5.2 | 2.396 | 3.9 | 1,510 | 64.8 |
| | | OAC+0.3% | 5.5 | 2.399 | 3.3 | 1,503 | 76.2 |
| | 東京 | OAC | 5.3 | 2.351 | 4.4 | 1,457 | 70.9 |
| | | OAC+0.3% | 5.6 | 2.356 | 3.8 | 1,524 | — |
| 粗砂 | 熊本 | OAC | 5.6 | 2.354 | 3.8 | 1,514 | 83.5 |
| | | OAC+0.3% | 5.9 | 2.363 | 3.0 | 1,644 | 80.2 |
| | 愛媛 | OAC | 5.8 | 2.342 | 3.7 | 1,443 | 87.7 |
| | | OAC+0.3% | 6.1 | 2.351 | 3.0 | 1,476 | 88.1 |

り、今回の使用材料である千葉及び東京は細粒分が多く、石粉が入らなかつたためと推測される。今回の試験では、評価を明確にするため、細骨材には1種類の砂を使用しているが、複数の砂を用いることで残留安定度は改善できるものと思われる。また、同じ人工砂である碎砂が基準値を満足したのは、表-1からわかるとおり、スクリーニングスよりもダスト分が少量となる傾向にあるためと思われる。

4.2 粒形判定試験結果と動的安定度の関係

図-7は、3.3.4項で得られた流下時間の補正式を用いて、砂の粒度の影響を取り除いた補正流下時間と動的安定度（以下「Ds」という）との関係を求めたものである。その結果、流下時間の長い砂の方がDsが高いことがわかる。しかし、一般に稜角に富んでいると言われている人工砂のうちスクリーニングスについては、碎砂よりも流下時間の範囲がかなり大きいことが伺える。

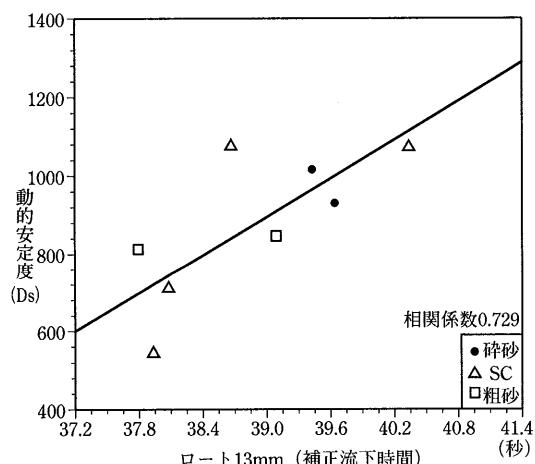


図-7 ロート13mm（補正流下時間）と動的安定度の関係

また一般的には、アスファルト量が増えれば骨材の被膜が確保され、これによってクラックなどの長期耐久性に対する抵抗力が増す反面、わだちに対する抵抗力は減少すると言われている。表-14はこれらの関係を整理するため、OACに対して0.3%アスファルト量を増加させたときのDsと補正流下時間を対比したものである。

この結果、OACに対し0.3%アスファルト量を増加させたことに伴うDsの低下率（式-7）について、補正流下時間の長い順に上位1~4番目までの平均値と、下位5~8番目までの平均値を比較すると、上位については3.8%，下位については10.4%であった。

表-14 動的安定度と補正流下時間の関係

| 細骨材種類 | 動的安定度 (回/mm) | | 補正流下時間 | |
|----------|--------------|----------|--------|--------|
| | OAC | OAC+0.3% | (秒) | 順位 |
| 碎砂 | 兵庫 | 1,008 | 1,170 | 39.5 ③ |
| 砂 | 東京 | 932 | 917 | 39.7 ② |
| スクリーニングス | 岡山 | 720 | 683 | 38.1 ⑥ |
| | 愛媛 | 547 | 460 | 38.0 ⑦ |
| | 千葉 | 1,077 | 961 | 38.7 ⑤ |
| | 東京 | 1,078 | 865 | 40.4 ① |
| 粗砂 | 熊本 | 820 | 730 | 37.8 ⑧ |
| | 愛媛 | 852 | 772 | 39.1 ④ |

$$\text{低下率 (\%)} = \{ 1 - (\text{OAC} + 0.3\%) \text{時のDs} / \text{OAC時のDs} \} \times 100 \quad (\text{式-7})$$

のことから、稜角砂を使用した混合物は、ある程度アスファルト量を増やしても、Dsの低下は小さく、クラック等の発生防止にも効果があると思われる。

5. 稜角砂使用実用化のための検討

5.1 稜角砂の混合割合の検討

これまでの試験では、評価を明確にする目的で、細骨材には1種類の砂を使用し混合物の作製を行ってきたが、ブレンドせずに100%同一の砂を使用する場合、4.1節に述べた様な、配合上の問題を生じる可能性がある。このため、実用的には細骨材として複数の砂を使用して、配合を行うことが必要であると判断される。

また、密粒度混合物の粒度は、2.36mmのふるい通過量を中央値の42.5%付近に合わせる場合が多く、0.075mmのふるい通過量は4~8%の範囲規定となっている。JHにおいては、『石粉の使用量は3%以上とし、0.075mmふるい通過量のうち半分以上を石粉で置き換える』⁴⁾よう規定している。これらの粒度範囲、規定を考慮した場合、細粒分の多い人工砂を主に使用するにあたっては、人工砂が細骨材にしめる割合は、7割程度までが実用的な範囲と判断される。よって本試験では、人工砂を実用性の範囲内である70%，現在の一般的な混合割合である30%，および人工砂の混合割合と耐流動性の関係を把握するため、50%の3種類において、マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験を行った。これに先立ち各種人工砂のロート（13mm）による粒形判定試験も行った。試験結果を表-15に示す。

この試験においても、砂の粒形に起因する影響を把握するため、粗骨材（6号碎石、7号碎石）、石粉及びアスファルトは種類を統一するとともに、合成粒度は密粒度混合物の中央値を目標として混合物を作製した。また、アスファルトはストレートアスファルト60~80

表-15 混合物性状試験結果

| 人工砂の割合 | 細骨材種類 | アスファルト量 O A C (%) | 密 度 (g/cm ³) | 空 隙 率 (%) | 安 定 度 (kgf) | 動的安定度 (回/mm) | 補正流下時間 (秒) | 備 考 |
|--------|--------------|----------------------|-----------------------------|--------------|----------------|-----------------|---------------|------|
| 70% | 碎 砂 栃木A | 5.8 | 2.360 | 3.8 | 1,205 | 1,154 | 38.9 | |
| | スクリーニングス 栃木B | 5.9 | 2.356 | 4.2 | 1,223 | 984 | 38.9 | |
| | 碎 砂 東京A | 5.8 | 2.370 | 3.4 | 1,328 | 773 | 37.8 | |
| 50% | 碎 砂 東京A | 6.0 | 2.358 | 3.9 | 1,226 | 869 | 37.8 | |
| | スクリーニングス 栃木C | 5.2 | 2.381 | 3.6 | 1,445 | 1,201 | 40.1 | 混合物A |
| | スクリーニングス 東京B | 5.8 | 2.369 | 3.4 | 1,294 | 723 | 38.6 | |
| 30% | スクリーニングス 東京B | 6.0 | 2.350 | 4.2 | 1,147 | 702 | 38.6 | |
| | スクリーニングス 栃木C | 5.8 | 2.355 | 3.9 | 1,414 | 702 | 40.1 | 混合物B |

を使用した。

図-8は、補正流下時間とDsの関係を、人工砂の混合割合ごとに分類し示したものである。

この結果、一般的な人工砂の混合割合である30%では、稜角砂を使用しても、ほとんどDsの変化はなかった。これが50%の混合割合になると、稜角砂を使用することによって、耐流動性の改善効果が現れてきており、70%混合することによって更にその効果は大きくなることがわかる。

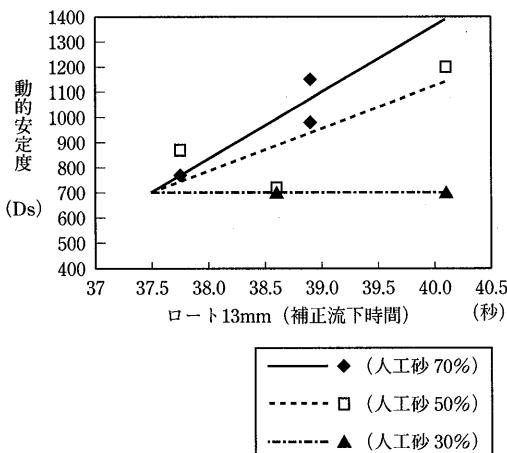


図-8 ロート13mm(補正流下時間)と動的安定度の関係

なお、同一の混合割合の場合は、流下時間が長いものほどDsが大きくなる傾向にあるが、流下時間37.5秒付近では各混合割合とともに、Dsは同程度の値になっている。一般的な自然砂の流下時間の範囲である37.5秒以下の砂を使用した場合、混合割合を変化させても流動抵抗性は変わらないことがわかる。

次に、人工砂の混合割合を多くした場合、ダストの増加により剝離等による耐久性の低下が懸念されるため、ダスト分の多い人工砂(0.075mmふるい通過量が15%)を用いて、カンタプロ試験及びラベリング試験を行った。

実施した。試験は、人工砂の混合割合を変えた2種類(混合割合30%と70%)で行った。カンタプロ試験は、供試体養生温度を20°Cとし、ロサンゼルス試験機の回転数を1,000回とし試験を行った。

この結果は、図-9及び図-10に示すとおりであり、耐久性は人工砂の混合割合の違いによる明確な差は無かった。また、100%人工砂の混合物を使用し水浸ホイルトラッキングによる確認試験も実施したが、剝離はまったく無かった。このことから、人工砂の混合割合を多くしても、剝離等の影響は無いと判断される。

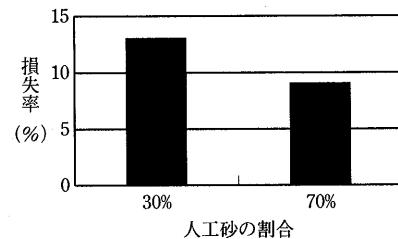


図-9 カンタプロ試験結果

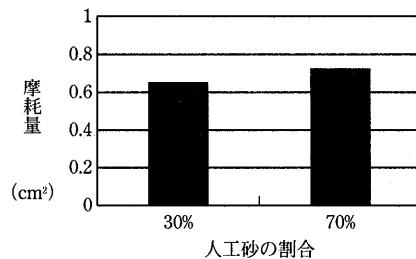


図-10 ラベリング試験結果

5.2 繰り返し曲げによる疲労試験結果

稜角砂の混合割合の違いによる疲労抵抗性を把握するため、繰り返し曲げによる疲労試験を実施した。試験は、稜角砂の混合割合を変えた2種類で、表-15の稜角砂を50%混合したもの(混合物A)と30%混合したもの(混合物B)で行った。

アスファルト量は、OAC及び2種類の混合物のアス

ファルトが同じになるよう（混合物AはOAC+0.3%，混合物BはOAC-0.3%）調整し比較試験を実施した。試験条件は、表-16のとおりである。また、載荷速度（周波数）は、走行速度（80km/h）を考慮して10Hzで試験を行った。

この結果、図-11のとおり、OAC同士の比較では、一般的な傾向どおりアスファルト量の多い方が、疲労抵抗性に優れていたが、同一アスファルト量での比較においては、稜角砂の割合の多い混合物が、約4割程度疲労抵抗性に優れていた。また、4.2節の試験結果に示すように、稜角砂を使用した混合物はアスファルト量を増やした場合でも、Dsはそれほど低下しないことから、ある程度の流動抵抗性は確保でき、長期的に耐久性のある舗装を期待できるものと判断される。

表-16 試験条件（疲労試験）

| 項目 | 条件 |
|-----------|--------------------|
| 供試体寸法 | 4 cm × 4 cm × 40cm |
| スパン | 30 cm |
| 試験温度 | 0 °C |
| 変位量（振幅） | ± 0.15 mm (400μ) |
| 載荷速度（周波数） | 10 Hz |

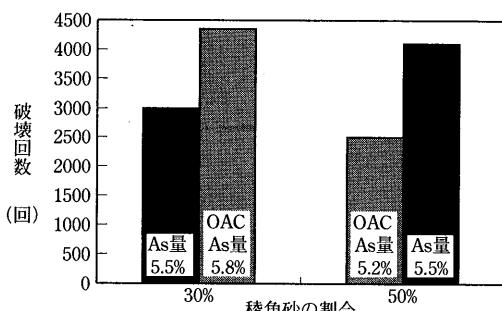


図-11 疲労試験結果

5.3 回転式舗装試験機による検証

回転式舗装試験機（写真-1）では、高速道路の交通・気象条件を再現し、舗装の材料や構造に関する促進試験を行うことにより、舗装の耐久性を短期間で評価することが可能である。

今回の試験において、回転式舗装試験機を用いて实用性の評価を行う混合物は、表-15に示すとおり、細骨材に稜角に富んだスクリーニングス（流下時間40.1秒）を50%混合したとき、Dsが1,201である混合物（混合物A）と、通常一般的な人工砂の混合割合で、混合物Aと同じスクリーニングスを30%混入したとき、Dsが702の混合物（混合物B）の2種類とした。これは、

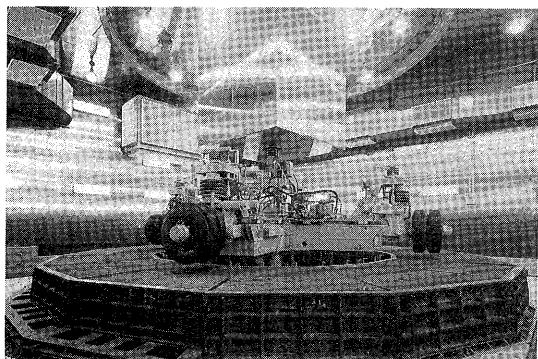


写真-1 回転式舗装試験機

最も稜角に富む砂を使用して、その耐流動性への影響を実路に近い条件で把握しようとしたものである。

試験条件は、表-17のとおりである。耐流動性を評価する試験では、温度条件が極めて重要である。ホールトラッキング試験の場合、60°Cの一定温度にて試験を行うが、現地の舗装表面の温度は、猛暑では60°C近くになることもあるが、一般的には、高速道路の測定実績から55°C前後の場合が多い。そこで、この回転式舗装試験機による試験では、試験日1日当たりの舗装体温度を図-12のとおり設定し、真夏の高速道路上

表-17 試験条件（回転式舗装試験機）

| 項目 | 条件 | |
|------|-------------|-------------|
| | 耐流動性試験 | 耐摩耗性試験 |
| 走行速度 | 80km/h | 40km/h |
| タイヤ | ノーマルシングルタイヤ | チェーンシングルタイヤ |
| 載荷荷重 | 2.5tf | 2.5tf |
| 温度 | 図12参照 | 0 °C |
| 路面状況 | 乾燥 | 湿潤 |

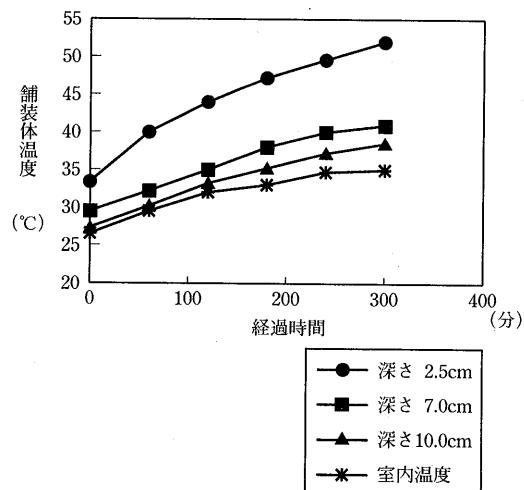


図-12 経過時間と供試体温度の関係

の舗装体の温度分布に近くなるよう調整を行った。より現実に近い温度条件を設定することにより、現地でのわだち掘れを再現できると判断した。

試験結果は、図-13のとおりであり、わだち掘れ量（ピーク法）は、走行回数28万回で、混合物Aが21.9mm、混合物Bが30.6mm、走行回数41万回では混合物Aが41.3mm、混合物Bが53.3mmと人工砂の割合を多くした混合物が2～3割程度わだち掘れ量が少なかった。

この様に、目標とするDsの大きさによって、図-8の関係から適切な流下時間及び稜角砂の比率を調整することにより、わだち掘れを改善できることが明らかとなった。

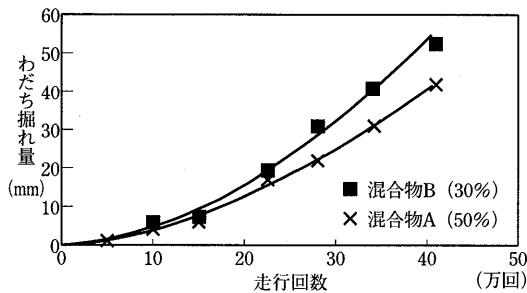


図-13 走行回数とわだち掘れ量の関係

また、同時期に路面に散水を行いながら、チェーン走行による耐摩耗性試験も実施したが、摩耗によるわだち掘れ量は、混合物A、Bとともに同程度で、骨材の飛散、ポットホールの発生は見られなかった。

6. まとめ

- 今回の試験結果をまとめると以下のとおりとなる。
- (1) 粒形判定試験器について、3タイプ（質量法、スランプ法、ロート法）の粒形判定試験器を用いて試験を実施したが、ロート（13mm）による方法が有効である。
 - (2) ロート法による粒形判定試験について、ある程度の精度を持って砂の粒形を判定するため、比重及び粒度による補正が必要である。また、試験質量は1,500gが望ましい。
 - (3) 補正された稜角砂の流下時間とDsの関係から、同じ流下時間では、使用する割合が高いほど、同じ混合割合では、流下時間が長いほどDsが大きくなることがわかった。ただし、混合割合が30%程度、または、流下時間が短い場合はDsに影響を及ぼさないことがわかった。

- (4) 稜角砂の割合を大きくすることで、剥離などの問題が生じることなく、2～3割程度、わだち掘れ量を小さくすることが可能であることがわかった。
- (5) 耐流動性を大きく損なわずに、ある程度アスファルト量を増やすことが可能である。また、同じアスファルト量の場合は、稜角砂を多く使用した方が疲労抵抗性が高くなるため、長期的な耐久性に有効であることがわかった。

7. あとがき

ここで述べた砂の粒形判定方法や、より稜角な砂の使用は、経済的な範囲でより耐久性のある配合を提案することである。回転式舗装試験機による耐久性試験でも、その効果が確認された。

今後は、粒形判定の精度を高めるため、数多くの試料についてロート試験を行うとともに、耐流動性試験を実施し、粒形と耐流動性の関係をより明確にする。また、ロート法で良好と判断される稜角砂について、実施工への積極的な適用を図って行く所存である。

参考文献

- 1) afnor, normalisation francaise, P18-564 (December-1990)
- 2) 日本道路公団試験所, 日本道路公団試験所報告, 昭和49年度
- 3) 建設省土木研究所, 飯島尚, 小島逸平, 吉村栄司, 第14回日本道路会議論文集, 昭和56年
- 4) 日本道路公団, 設計要領第一集(舗装編)
- 5) 河野清, 水口祐之, 中井将博, 細骨材の粒度・粒形が、フレッシュモルタルコンクリートの性質に及ぼす影響, セ技年報, 昭和57年
- 6) 飯岡豊, 豊福俊泰, コンクリートの強度および耐久性におよぼす骨材粒の特質, セ技年報, 昭和52年
- 7) 日本道路公団試験研究所, 日本道路公団試験研究所報告, 平成6年10月
- 8) (社)日本道路協会, アスファルト舗装要綱, 平成4年12月

～環境問題～

今回はシリーズ石油ミニ知識の最終回です。今回は、石油に係わる環境問題を取り上げます。

我が国において、高度経済成長の過程で公害の発生や自然環境の破壊が各地で進行しましたが、1970年以降の環境保全対策の進展を反映し、加えて、省資源・省エネルギーが進行したことによって、環境の問題は全般的に改善されてきています。

近年の環境汚染についてみると、人口の都市集中化等に伴い、工場などの他、自動車に起因する大気汚染や、生活排水、生活騒音等の都市・生活型環境汚染のウェイトが大きくなっています。

また最近は、従来の地域的な環境問題ばかりではなく、熱帯林の減少や砂漠化、オゾン層の破壊、地球の温暖化など、地球的規模の環境問題がクローズアップされています。

石油に関連した環境問題には、①原油の採掘、輸送、②石油製品の製造、貯蔵、受け入れおよび出荷など製油所段階で発生するもの、③石油製品が輸送および消費される段階で発生するものがあります。これらに係わる法的規制および具体的な問題について概説します。

〔公害対策基本法〕

1967年に制定され、1970年に改定されました。「公害」ということばは、その第2条に「事業活動その他の人の活動に伴って生ずる相当範囲にわたる大気の汚染、水質の汚染、土壤の汚染、騒音、振動、地盤の沈下、および悪臭によって、人の健康または生活環境に係る被害が生ずることをいう。」と定義されています。この「公害対策基本法」を基に、多くの公害関係法体系ができています¹⁾。その一部を図-1に示します。

また、環境行政を推進するため、環境庁が1971年に設置されました。環境破壊の未然防止を図るために措置として、各種の開発行為を行う場合には、環境影響評価（環境アセスメント）を行うという制度が多くの自治体で取り入れられ、製油所の建設は勿論のこと製油所内にあらたに装置を建設する場合にもこの環境アセスメントを行っています。

〔漏油事故と海洋汚染〕

1967年にイギリスの南西沖でリベリア籍大型タンカ

公害対策基本法（1967年）

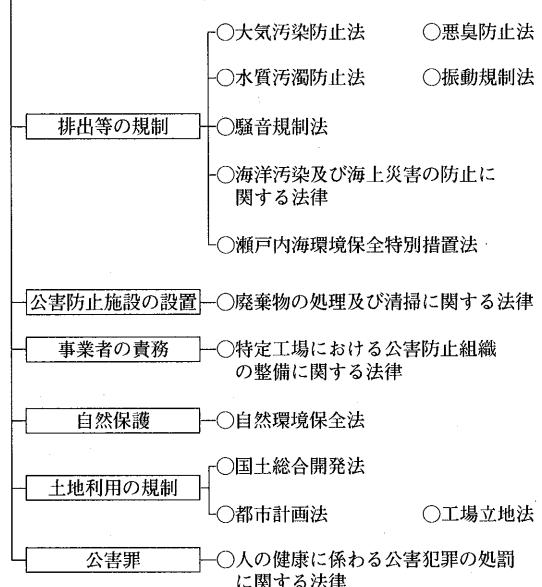


図-1 公害関係法律の体系（主な法律）

一、トリー・キャニオン号が座礁し約8万トンの原油を流出させるという事故が発生しました。その後も1989年エクソン・バルディーズ号がアラスカ沖で座礁し約4万トンの原油を流失し、漁業関係や野生動物に莫大な被害が発生しました。それ以来、残念ながら現在までに同様の事故が10件以上も発生しています¹⁾。

この事故以来、米国においては、1990年に米国油濁法(Oil Pollution Act)が制定され、IMO(International Maritime Organization)において新造の油タンカーは二重船殻構造とすることが決定されました。

タンカーによる事故の他、製油所や油槽所などでも漏油による油流出事故が起こることもあり、これに対する対策として、国や地方公共団体に非常対策組織があり、海上保安庁や運輸省（地方港湾建設局）では油濁防除資機材の備蓄や油回収船などを所有し備えています。また、石油を一定量以上扱う者は、オイルフェンス、油吸着材、油処理剤、油グル化剤などの資機材の備え付けが義務付けられています。

また、平成7年5月12日には、「海洋汚染及び海上災

害の防止に関する法律」の一部が改正され、平成8年1月17日から施行されました。この主な改正点は、

- ① 海洋施設等からの油の排出のおそれのある場合における通報。
- ② 500kl以上の油保管施設および150総トン以上のタンカーなどの船舶係留施設等の「油濁防止緊急措置手引き書」の作成・備置き。

と言うものです。

〔大気汚染と排気ガス〕

公害対策基本法の第9条には環境基準が規定されており、大気汚染については、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素、浮遊粒子状物質及びオキシダントの5つの物質について環境基準が設定されています。

これらのうち二酸化硫黄については、図-2に示すように昭和40年代前半から石油業界が重油脱硫装置の建設を進めた結果、昭和55年度にはほぼ全国的に環境基準を達成し、環境濃度は更に低下してきています²⁾。

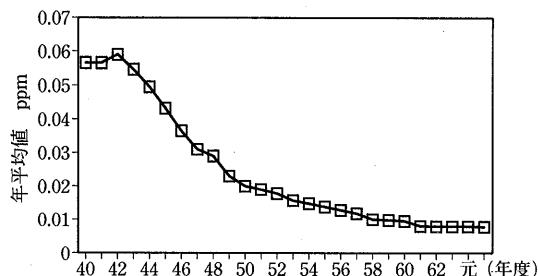


図-2 二酸化硫黄濃度年平均値

一方、浮遊粒子状物質は昭和49年度以降若干の改善が見られましたが、平成2年度以降は増加しています。浮遊粒子状物質の主な排出源はディーゼル車と言われており、エンジンの改良など車側の対策はもちろんのこと、燃料である軽油の低硫黄化が必須とされています。石油業界では、軽油中の硫黄分をそれまで0.5%であったものを1992年より0.2%以下にして出荷しています。さらに、1997年以降は、0.05%以下にするよう深度脱硫装置の建設を進めています。1968年から'94年度までに、石油業界が環境対策のために投資した累計額を図-3に示します³⁾。

このように、1兆円を超える設備投資を行っていますので消費者としてもその一部を負担して環境保全に協力したいものです。

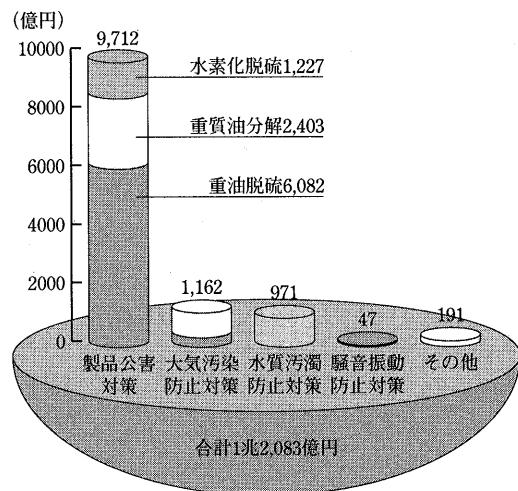


図-3 環境対策のための設備投資額 ('68~'94年度累計)

〔CO₂と地球温暖化〕

炭酸ガス、メタン、フロン等のいわゆる温室効果ガスの増加により地球の温暖化を招く可能性があることは、広く知られていることですが、その科学的な根拠と予測技術の実態については、いまだ確立していないようです⁴⁾。

国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)の共同作業部会であるIPCC(気候変動に関する政府間パネル)は、

- ① 温室効果により地球が温暖化し、未対策であれば21世紀末に気温は3℃程度上昇の可能性がある。
- ② 海面が上昇(21世紀末に45~65cm程度)し、深刻な被害を起こす可能性がある。
- ③ 炭酸ガス等濃度を現在の水準で安定させるには、人類が排出量の60%以上削減することが必要となる。

と報告しています。

世界的には、エネルギー源別の炭酸ガス排出量の実態と予測は、図-4となっており、今後石炭からの排

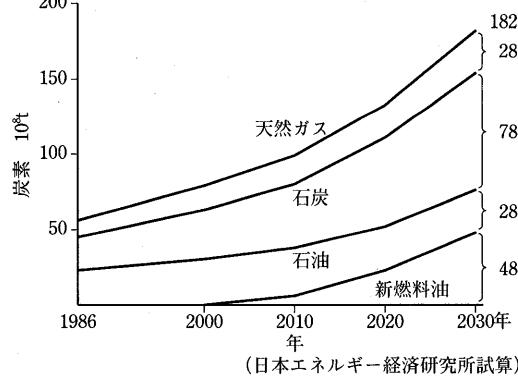


図-4 エネルギー源別CO₂排出量の推移

出量が増加(2.8%/Yの伸び)し、また天然ガスからの排出量が伸びる(2.7%/Y)のに対して、石油はほぼ一定となる(0.4%/Y)と予測されています。いずれにしても、約50億トン/Y以上の炭酸ガスが大気中に放出され、そのうち約20億トンが大気中に残存し、残りは海洋など自然サイクル中に取り込まれます⁴⁾。

また全世界の省エネ可能量は、約30%と推計され、電力分野では発電と利用分野を合わせて約50%以上の省エネが期待できると言われています。

CO₂対策技術として、固定技術(植物や海洋などによる吸収)や発生源抑制技術(省エネ、代替エネルギー、産業システムの転換など)がありますが、石油業界では、石油コーチェネレーションシステムの普及促進を

図っています。このシステムは、石油で発電し、その際に得られる廃熱を冷暖房や給湯などの熱源とするもので、従来のシステム、つまり電気と熱を別々に利用する場合のエネルギー効率が50%程度であるのに比べて、このシステムでは75%以上と非常に高く、CO₂の発生量も約30%程度低く抑えられるというものです⁵⁾。

——参考文献——

- 1) 日本石油(株)編：石油便覧、燃料油脂新聞社(1994)
- 2) 仁科恒彦：日石レビュー34、(4)、(1992)
- 3) 石油連盟パンフレット、規制緩和・変わる石油(1996)
- 4) 池松正樹：日石レビュー32、(5)、(1990)

(長谷川 宏 日本石油(株)中央技術研究所)

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 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

— 目 次 —

- 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

アスファルト舗装技術研究グループ・第25回報告

「第2回舗装のリフレクションクラック に関する国際会議（その2）」

今回は、4月号に引き続き第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（その2）の報告です。パート4のリフレクションクラック抑制対策の材料および工法とパート5の施工事例を取りまとめて報告します。世界各国でリフレクションクラック抑制対策についていろいろな材料や工法の検討が行われ試験舗装が実施されています。中間層を用いた抑制対策の効果が示されており、十分参考になると思われます。しかし、我が国に適用する場合には、温度条件、材料条件、交通条件、リフレクションクラックの状況などを考慮

して検討していく必要があるといえます。

さて、4月から研究グループのメンバーに若手が加わり、班長、副班長も若手への引き継ぎが行われました。徐々に若い世代へ研究グループの活動の中心を移行していくたいと考えています。また、現行の設計班、材料班、管理班の3班体制に加えて施工班を新設しました。施工機械、施工方法、プラントの設備などについて我が国と海外の比較を中心に勉強を進めていく予定です。

（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㈱技術研究所
伊藤達也 ニチレキ㈱道路エンジニアリング部
岩崎聖司 日本道路㈱技術本部技術研究所
遠藤 桂 日本道路㈱技術本部技術研究所
岡藤博国 世紀東急工業㈱技術部
小笠幸雄 ㈲道路保全技術センター技術検定室
小林正利 福田道路㈱技術部技術開発課
**金井利浩 鹿島道路㈱技術研究所
北澤弘明 ニチレキ㈱情報システム部
黒田 智 日本鋪道㈱技術研究所
小関裕二 大林道路㈱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㈱技術研究所
島崎 勝 大成ロテック㈱技術研究所
清水浩昭 世紀東急工業㈱技術研究所
菅野伸一 常盤工業㈱技術研究所
杉内正弘 ㈱協和コンサルタンツ
* 鈴木秀輔 大成ロテック㈱技術研究所
鈴木康豊 ㈱パスコ道路技術センター

**関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手
高田祥子 日本道路㈱技術本部技術研究所
田口克也 ニチレキ㈱技術研究所
田中正義 ニチレキ㈱技術研究所
谷口豊明 大林道路㈱技術研究所
立石大作 日本石油㈱中央技術研究所
塚越 徹 日本石油㈱中央技術研究所
遠西智次 昭和シェル石油㈱中央研究所
浜田幸二 日本道路㈱技術本部技術研究所
林 信也 鹿島道路㈱技術研究所
**深沢邦彦 大成ロテック㈱技術研究所
* 増山幸衛 世紀東急工業㈱技術部技術一課
水口浩明 前田道路㈱技術研究所
水野卓哉 福田道路㈱技術研究所
南沢輝雄 (㈱)パスコ道路技術センター
村田信之 日本鋪道㈱企画部
望月佐利 常盤工業㈱技術研究所
山脇宏成 (㈱)ガイアートクマガイ技術研究所
吉村啓之 前田道路㈱技術研究所

計39名

第2回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議

パート4：舗装のリフレクションクラックに関する抑制対策

(Retarding Measures for Reflective
Cracking in Pavements)

関口英輔*
村田信之**
山脇宏成***

| 論文 No. | 論文名 | 著者 (国名) | 概要 |
|-----------|---|---|---|
| 23 | The Precracking of Pavement Underlays Incorporating Hydraulic Binders 水硬性バインダー混合舗装下層のプレクラッキング処理 | G.Colombier J.P.Marchand (フランス) | 舗装の下層施工後クラックの発生が予想される箇所に、予め溝を設ける「プレクラッキング工法」について、その施工手順、有効性などが述べられている。 |
| 24 | Treatment of Cracks in Semirigid Pavement : Cold Microsurfacing with Modified Bitumen Emulsion and Fibers : Spanish Experience 半剛性舗装のクラックの補修：改質アスファルト乳剤と繊維を用いたマイクロサーフェイシング：スペインの事例 | R.Alberola J.Gordillo (スペイン) | 改質アスファルト乳剤と補強繊維を用いた「繊維補強マイクロサーフェイシング」層を敷設する工法について、使用材料の諸特性、層構成、適用事例、効果などが述べられている。 |
| 25 | Application of Geosynthetics to Overlays in Cracow Region of Poland ポーランドクラコー地方におけるジオテキスタイルのオーバーレイ工法への利用 | W.Grzybowska J.Wojtowicz L.Fonferko (ポーランド) | ポリエステル製の不織ジオテキスタイルを挟み込んだアスファルト混合物供試体についての室内試験結果、および同じジオテキスタイルを適用した試験施工区間の観察結果が示されている。 |
| 26 | Minimization of Reflection Cracking Through The Use of Geogrid and Better Compaction ジオグリッドと締固めの最適化によるリフレクションクラックの最小化 | A.O.Abd El Halim A.G.Razaqpur (カナダ) | 既設舗装とオーバーレイ層の中間層の効果について施工時に生じる転圧クラックの有無によってどのように変化するのかを有限要素法で解析している。また、その実証のための試験施工についても述べられている。 |
| 27 | New System for Preventing Reflective Cracking : Membrane Using Reinforcement Manufactured on Site (MURMOS) リフレクションクラック抑制のための新システム：現位置で施工する繊維補強膜 (MURMOS) | J.Samanos H.Tessonneau (フランス) | 現位置にポリエステル連続繊維と瀝青バインダーを同時に散布することによって施工する繊維補強膜 (MURMOS) の施工機械、リフレクションクラック抑制効果、試験施工結果などについて述べられている。 |
| 28 | The Use of A Polypropylene Bituminous Composite Overlay to Retard Reflective Cracking on The Surface of A Highway ハイウェイ表層のリフレクションクラック抑制対策としてのポリプロピレン瀝青複合オーバーレイ | A.R.Woodside B.Currie W.D.H.Woodward (北アイルランド) | 応力抑制のためのポリプロピレンマットをRalumacと呼ばれるマイクロサーフェイシングでサンドイッチした複合材料「Ralumat」についての室内試験および試験施工結果が示されている。 |

*せきぐち えいすけ 日本大学理工学部

***やまわき ひろなり 僕ガイアートクマガイ技術研究所

**むらた のぶゆき 日本舗道僕技術開発部

| 論文 No. | 論 文 名 | 著 者 (国名) | 概 要 |
|-----------|---|--|--|
| 29 | Fabric Reinforced Chip Seal Surfacing and Resurfacing ファブリックで補強したチップシール | C.J.Sprague D.M.Campbell (アメリカ) P.J.Kuck (ドイツ) | ファブリックで補強したチップシールの有効性、欧米での施工事例、経済性などについて述べられている。 |
| 30 | Jute Fibre for Production of Non-Woven Geotextiles to Prevent Reflective Cracking in Pavements 舗装のリフレクションクラックを抑制する不織ジオテキスタイルの製造に用いられるジュートファブリック材 | S.N.Pandey A.K.Majumdar (インド) | 天然繊維「ジュート」による不織ジオテキスタイルの各種性状を室内試験によって調べ、地盤工学への適用性を検討している。 |
| 31 | Bituminous Pre-Coated Geotextile Felts for Retarding Reflection Cracks リフレクションクラックを抑制する瀝青含浸ジオテキスタイルフェルト | M.Livneh I.Ishai O.Kief (イスラエル) | 瀝青含浸ジオテキスタイルフェルトの各種性状と、それを境界面として適用したサンドアスファルト供試体の疲労試験結果について述べられている。また、ここで利用した試験装置がリフレクションクラックの抑制効果を評価できるものであることにも言及している。 |

1. はじめに

本文はパート4「リフレクションクラックの抑制対策」について、材料（5編）および工法（4編）の面からとりまとめたものである。

リフレクションクラックの抑制材料については「ジオシンセティック」をキーワードに第2章で紹介する。各材料ごとにその概要、室内試験結果、有効性を述べる。また、工法については第3章で紹介する。ここでは、各工法ごとにその概要、施工方法、有効性を示す。

2. リフレクションクラックの抑制材料

リフレクションクラックの抑制材料として、種々のジオシンセティックが利用されている。ジオシンセティックとは、土構造物などへの使用を目的としたジオテキスタイル、ジオグリッド、ジオネット、ジオメンブレン等の高分子材料の繊維製品やプラスチック製品の総称で、国際的に容認され始めた比較的新しい呼称である¹⁾。今後制定予定のJIS（案）による分類を図-1に示す。

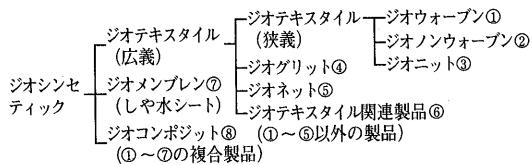


図-1 ジオシンセティックの分類¹⁾

以下に紹介する種々のジオシンセティックは海外で利用されているものなので、一概に上述の分類に当てはめられるものではない。したがって、ここで示した分類は、以下の材料を理解する上での参考としていただきたい。

2.1 ポーランド製不織ジオテキスタイル(論文No.25)

ポーランドでは、過大な軸荷重の大型車が増加していることから、道路舗装の寿命を長くするための新しい技術が生まれてきた。このような背景により開発されたポーランド製不織ジオテキスタイルは、オーバーレイ工法に適用されるもので、舗装構造体の中への水分の浸入防止、ブリージングの防止、下層から上層へのクラック進行の抑制といった効果があるとされている。このジオテキスタイルの主な性状は、以下のとおりである。

- ・材料の化学成分：ポリエステル
- ・材料構造：不織、スパンボンドジオテキスタイル
- ・単位面積当たりの質量：220 g / m²

2.1.1 室内試験結果

室内試験は、不織ジオテキスタイルの中間層としての効果を評価するために行うもので、以下のような結果が報告されている。

(1) 静的曲げ試験

図-2に示す供試体に、載荷速度12mm／分の単一荷重を与え曲げ強度を測定するもので、ジオテキスタイルを挿入しないものとの比較が行われた。その結果、

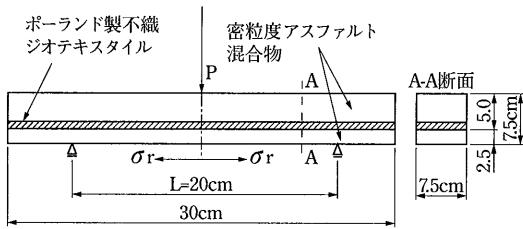


図-2 静的曲げ試験の供試体

ジオテキスタイルの有無による差は見られなかった。

(2) 繰り返し曲げ試験

(1) と同一の供試体を両端支持し、単一の繰り返し荷重(曲げ応力で1.33MPa)を周波数5Hzのハーバーサイン波で載荷するもので、結果は表-1に示すとおりである。ジオテキスタイルを挿入した供試体は、挿入しないものに比べ、明らかにクラック抵抗性が大きい。

表-1 繰り返し曲げ試験の結果

| ジオテキスタイル無し | | ジオテキスタイル有り | |
|------------|----------------|------------|----------------|
| サンプルNo. | クラックが入るまでの載荷回数 | サンプルNo. | クラックが入るまでの載荷回数 |
| 1. A | 890 | 1. B | 2100 |
| 2. A | 990 | 2. B | 2740 |
| 3. A | 1010 | 3. B | 1170 |
| 4. A | 920 | 4. B | 1230 |
| 平均 | 952.5 | 平均 | 1810.0 |

(3) せん断試験

せん断試験は、図-2の供試体を68~80mmの長さにカットし、図-3に示すようなせん断力を加える試験である。結果は表-2に示すとおりである。ジオテキスタイルの存在が、アスファルト混合物層間の付着力を半分以下に減少させている。すなわち、下層のクラ

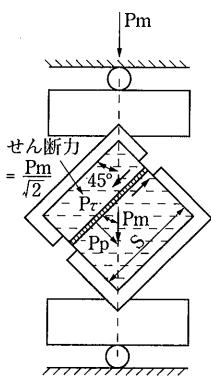


図-3 せん断試験

表-2 せん断試験の結果

| ジオテキスタイル無し | | | ジオテキスタイル有り | | |
|------------|---------|--------------------------|------------|---------|--------------------------|
| サンプルNo. | 最大せん断力N | 最大せん断応力MN/m ² | サンプルNo. | 最大せん断力N | 最大せん断応力MN/m ² |
| 1. C | 1237.4 | 0.21 | 1. D | 1173.8 | 0.20 |
| 2. C | 1202.1 | 0.21 | 2. D | 735.4 | 0.13 |
| 3. C | 1661.7 | 0.28 | 3. D | 827.3 | 0.15 |
| 4. C | 2262.7 | 0.37 | 4. D | 834.4 | 0.14 |
| 5. C | 2086.0 | 0.37 | 5. D | 586.9 | 0.11 |
| 6. C | 1909.2 | 0.33 | 6. D | 756.6 | 0.13 |
| 平均 | 1726.5 | 0.30 | 平均 | 819.1 | 0.14 |

ックが上層へと進行するのを抑制するのに有効である。しかし同時に、上層の曲げ応力や水平力に関する感応性を増大させるため、オーバーレイ構造と下層の付着に関する安定性は低下するとしている。

2.1.2 試験施工結果

1991年に実路において試験施工を行った。最近の調査では極めて良好な状態であったが、供用開始後まだ間もないため、明確な結論は出せないとしている。

2.2 Ralumat (論文No.28)

Ralumatとは、路面のクラックを抑制する補修材料で、ポリプロピレンマットをRalumacと呼ばれるマイクロサーフェイシング（薄いスラリー瀝青混合物）でサンドイッチした複合材料である。以下に本材料の試験結果を示す。

2.2.1 室内試験結果

(1) すべり抵抗試験

すべり抵抗性を振子式スキッドレジスタンステスターで測定するもので、結果は図-4に示すとおりである。Ralumacが最も高い抵抗性を示している。

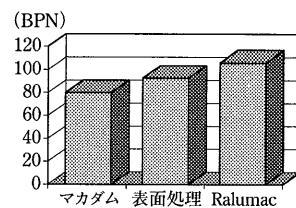


図-4 すべり抵抗試験結果

(2) 点荷重試験

この試験は、間隔200mmの支持台上に設置したスラブ供試体の中心に点載荷し、破壊時の荷重を測定するものである。結果は、マカダム混合物が28N、Ralumacが14N、Ralumatが70Nであった。

(3) 引張り試験

破壊までの平均荷重は、マットのみの場合が1720N, Ralumacが140N, Ralumacの底面をマットで補強したものが1950N, 中間と底面を補強したものが3850Nとなつた。

(4) シミュレーション

ポリプロピレンで補強したマイクロサーフェイシングと無補強のマイクロサーフェイシングについて、ホールトラッキング試験機を改良した装置でリフレクションクラックのシミュレーションを行つた。その結果は、補強したものの方がより高いリフレクションクラック抑制効果を示したとしている。

2.2.2 試験施工結果

軽交通の住宅道路において、小規模な試験施工を実施した。その結果、2年後に無補強の地域でリフレクションクラックが発生し、補強したオーバーレイの方が長寿命であることが明らかとなつた。

以上の室内・現場試験より表面処理やRalumacのようなサーフェイシングではリフレクションクラックに対する長期的な解決策とならないが、ポリプロピレン製の膜組織を挿入することで解決の足がかりとなることが示せたとされている。

2.3 フアブリックで補強したチップシール(論文No.29)

フアブリックで補強したチップシールとは、路面上に散布したタックコート上にフアブリックを敷設し、その上にアスファルトと骨材を散布、転圧するものである。

2.3.1 施工事例と有効性

カナダ、アメリカ、イギリス、フランス、オーストラリアにおける施工事例が紹介され、本材料の様々な有効性が報告されている。主なものとして、①水の浸透を防ぐ、②クラックを結合し舗装を安定させることで破壊を抑制する、③基層上の凹凸を均す効果があるため、路面の平坦性を確保できる、といった機能があるとされている。また、従来のチップシールでは短期的な解決策にしかならず、2~4年で再補修が必要となるが、フアブリックで補強することによって長期的な対策になるとされている。

2.3.2 経済性

フアブリックとタックコートを付加する本材料の費用は、従来のチップシールと比較して明らかに増加する。しかしながら、この費用増加は、長寿命化によるメンテナンスの削減によって、トータルコストで有利と報告されている。

2.4 ジュートファブリック (論文No.30)

ろう、糖、ミネラル、リグニン、セルロースを含有する天然繊維「ジュート」は、かつて梱包に利用されていたが、合成繊維の出現により需要が減少した。そこで新たなる利用方法としてジオテキスタイルへの応用を検討するために、室内試験が行われた。

2.4.1 室内試験結果

表-3に示す5タイプのジュートジオテキスタイルで様々な試験が行われた。表-4は、各ジオテキスタイルの性質を測定した結果である。水の浸透性と空気の透過性に類似した傾向が見られる。また、ジオテキスタイルの強さを表すボール破裂強度、コーン破裂強度、摩耗抵抗において、Eタイプが最も高いパフォーマンスを示している。図-5は、現場におけるクラックの進行速度をジオテキスタイルとコンクリート摩耗層から成る供試体でシミュレーションした結果である。Eタイプのクラック抑制効果が、強度と同様、最も高いことが分かる。

表-3 ジュートジオテキスタイルの種類

| タ イ プ | |
|-------|-------------------------------------|
| A | 不織ジュート |
| B | ポリプロピレンで挟まれたジュート織物 |
| C | 瀝青材を含浸させた不織ジュート |
| D | アクリルで化学的に接着した不織ジュート |
| E | 熱硬化性のファイバーであるポリプロピレンを利用して溶着した不織ジュート |

表-4 ジュートジオテキスタイルの性質

| タ イ プ | A | B | C | D | E |
|---|------|------|------|------|------|
| 単位面積当たりの質量 (g/m ²) | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 厚 さ (mm) | 10 | 12 | 8 | 7 | 6 |
| 水 の 浸 透 性 (l/m ² /sec) | 97 | 94 | 55 | 67 | 40 |
| 空 気 の 透 過 性 (m ² /m ² /hr) | 2150 | 1800 | 1200 | 1000 | 866 |
| ボール破裂強度 (kgf) | 120 | 146 | 227 | 190 | 249 |
| コーン (60°) 破裂強度 (kgf) | 32 | 49 | 51 | 35 | 60 |
| 間 隙 サ イ ズ (μ) | 115 | 100 | 79 | 75 | 63 |
| テ ナ シ テ ィ (g/tex) | 0.90 | 1.20 | 1.80 | 1.60 | 2.40 |
| 摩 耗 抵 抗 | 70 | 30 | 15 | 20 | 10 |

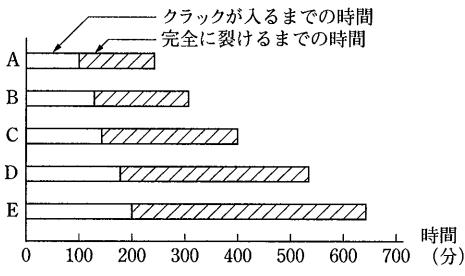


図-5 現場のシミュレーション試験結果

2.4.2 ジュートジオテキスタイルの有効性

上述の試験結果より、ジュートによるジオテキスタイルはリフレクションクラックを抑制するであろうと推察される。また、以下に示す機能も期待できるとされている。

- ①路盤と路床を分離することにより路床を保護する。
- ②軟弱路床から過剰水を取り去るための排水層として機能する。

③路床の地耐力を改善し、沈下を抑制する。

2.5 漆青プレコートジオテキスタイルフェルト（論文No.31）

本材料は、近年イスラエルにおいて、アスファルトオーバーレイのリフレクションクラックを抑制するために、中間層として利用されているものである。表-5に材料の主な性状を示す。

表-5 フェルトの主な性状

| フェルトのタイプ | 3/250 | 4/180 | 3M |
|--------------------------------|--------|--------|----------|
| 材質 | ポリエスチル | ポリエスチル | ファイバーグラス |
| 厚さ (mm) | 3 | 4 | 3 |
| 単位面積当たりの質量 (g/m ²) | 250 | 180 | 105 |

これらの材料の中間層としての能力を検討するため、図-6に示すようなホイールトラッキング装置で疲労試験が行われた。この試験は、図-7に示すサンドアスファルトビーム（供試体）上にポートトレーラー

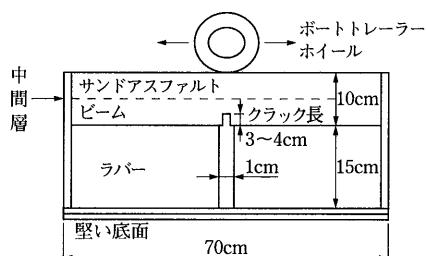


図-6 ホイールトラッキング装置

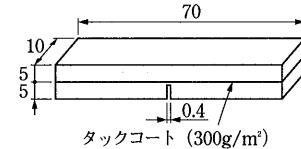
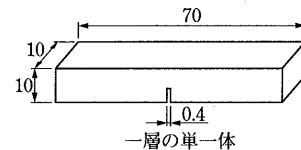
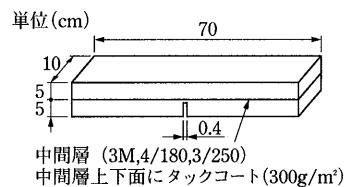


図-7 サンドアスファルトビーム

一ホイールと呼ばれる車輪を載荷するもので、クラックの総延長がビーム厚と一致した時の載荷回数をもって評価するものである。結果は図-8に示すとおりである。3/250タイプのフェルトが注目すべきパフォーマンスを示しており、リフレクションクラックの抑制に有効であると報告されている。

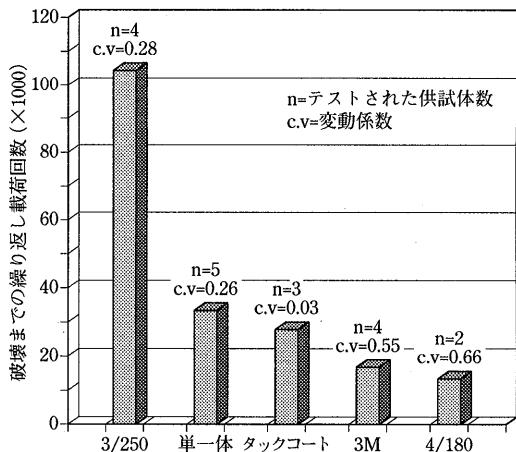


図-8 疲労試験結果

3. リフレクションクラックの抑制工法

ここでは4つのリフレクションクラック抑制工法について紹介する。

3.1 プレクラッキング工法（論文No.23）

水硬性バインダーを混合した舗装下層から表層へのクラックの進行を抑制するために、種々の技術が講じられている。プレクラッキング工法はその中の1つで、クラックが発生すると予想される箇所（下層）に、予

め溝を形成する技術である。この工法は、①クラック幅の変動を減少させる、②アスファルト混合物表層の下面に発生する引張応力を低減させる、③表層表面のクラック抑制のために用いる特殊なアスファルト混合物を不要にする、といった効果が期待できるとされている。

3.1.1 施工手順

CRAFT (Automatic Creation of Transverse Cracks)を意味するフランス語の頭文字)として知られているプレクラッキング工法の施工手順を以下に示す(図-9参照)。

①転圧前、横断方向全幅に標準的な間隔(2.5~3 m毎)で、層厚と同じ深さの溝をツールによって設ける。

②同時に溝へアスファルト乳剤(現在用いられているのは、カチオン系アスファルト乳剤)を注入する。

③転圧時に溝を閉合する。

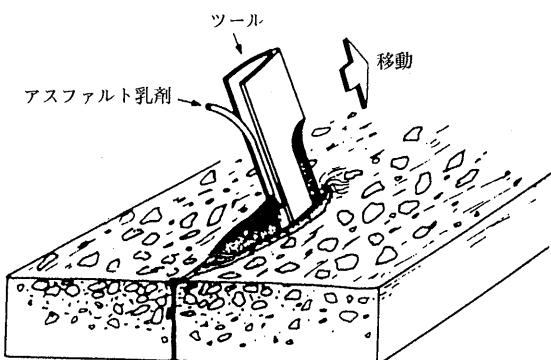


図-9 プレクラッキング工法の施工原理

装置の概略を図-10に示す。ツールは、屈折アームによって舗装下層に挿入、舗装横断方向に移動させられる。施工状況は図-11に示す。CRAFT装置によって

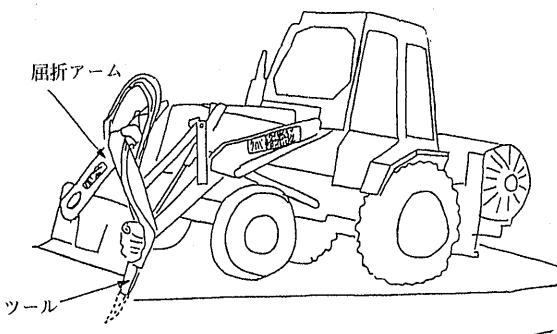


図-10 CRAFT装置

溝が横断方向に形成されている様子がうかがえる。



図-11 プレクラッキング工法の施工状況

3.1.2 プレクラッキングの有効性

1988~1992年の間にプレクラッキングの総延長は250kmに達した。舗装延長で表せば、およそ100kmに相当する。この中で4年を経過した舗装について、プレクラッキングの効果を評価した結果が次に示すとおり報告されている。

①クラック抑制効果としては、表層アスファルト混合物の5~6cm厚と同等である。

②通常のクラック幅が1.0mm以上であるのに対し、プレクラッキングを施したもののは0.5mm未満と細くなっている。このことは、表層の不透水性を維持する上で本工法が有効であることを示している。

なお、フランスにおいてこの工法は、水硬性バインダーを混合した舗装下層の構築に関する推奨工法となっている。

3.2 繊維補強マイクロサーフェイシング(論文No.24)

スペインでは、セメント安定処理下層路盤の収縮クラックに起因するリフレクションクラック抑制のための有効な手段として、繊維補強マイクロサーフェイシングを表層上に施す特殊なスラリーシール工法が利用されている。繊維補強マイクロサーフェイシングは通常2層で敷設され、その成分は、プラスチック繊維、SBR系エラストマーで改質されたカチオン系アスファルト乳剤、および骨材から構成されている。1層目の骨材は、細粒分の比率が高いことが要求され、2層目は直接タイヤが接触するため、硬質で摩耗抵抗性の高い粗骨材が用いられる。

3.2.1 施工機械

本工法に用いられる混合および敷き均し装置は、標準的なスラリーシール工法で用いられる装置と同様のものである。ただし、繊維を添加するための付属機構

は別途必要である。

最終工程では、必要に応じて余剰水分の排水のためにタイヤローラが使用される。これにより、混合物の養生が簡易となるばかりでなく、締固めの増進にもつながる。

3.2.2 繊維補強マイクロサーフェイシングの有効性

本工法がスペイン南部のナショナルハイウェイIVに適用された。第1層は11月に、第2層は翌年5月に施工された(図-12参照)。その効果については、施工後まだ間もないため、成功したという十分なデータが得られていない。

しかしながら1層目に注目してみると、クラック発生件数は極めて少なく、舗装の耐水性は回復し、良好な性能が得られたと報告されている。また、2層目の施工後は、2~3年間は維持修繕を要せず、良好な供用性を保つことができるであろうとの見解が示されている。

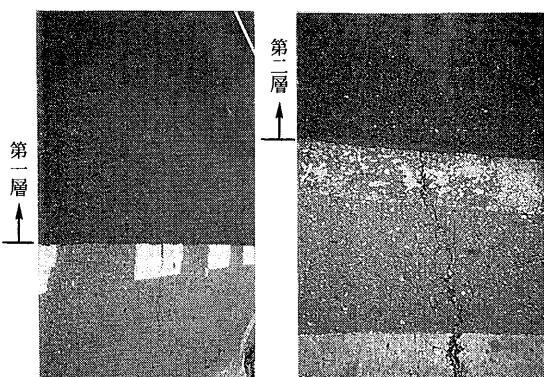


図-12 マイクロサーフェイシングの施工例

3.3 AMIRによるアスファルト混合物の締固め(論文No.26)

従来の締固め機械(鉄輪ローラ)は、アスファルト混合物層の転圧中にヘアクラックを引き起こすことが認められている²⁾。Halimらは、このような転圧クラックがリフレクションクラック最小化のための決定的な要因になることを指摘している。(転圧クラックの有無による舗装構造内の応力状態の違いについては、次項に有限要素法を用いた解析結果を示す。)そこで、転圧クラックの発生を抑制する新機構の締固め機械AMIR(Asphalt Multi-Integrated Roller)が開発された。この機械は前後輪をゴムベルトでつなぎ、一様な荷重を与えられるようにしたものである。

3.3.1 有限要素法による転圧クラックの解析

図-13に示す舗装構造モデルは既設のコンクリート層、オーバーレイ層、その間に中間層から成り、コンクリート層には鉛直方向のクラックが、オーバーレイ層には2本の転圧クラックが入れてある。図-14、15は、このモデルに水平または鉛直荷重を載荷した時に生じる引張応力を解析した結果である。転圧クラックおよび中間層の有無による引張応力の違いが明確に示されている。

この結果より、転圧クラックが生じている舗装では、中間層にリフレクションクラックを抑制する効果は期待できず、逆にクラック進行を助長するとの見方ができるとしている。

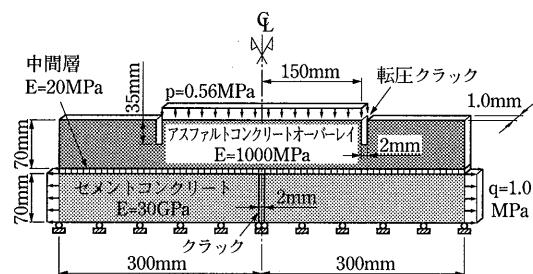
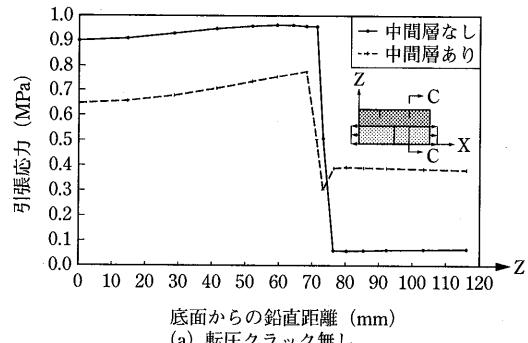
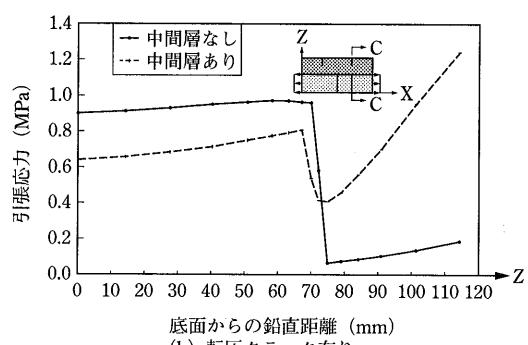


図-13 有限要素法による舗装構造のモデル化

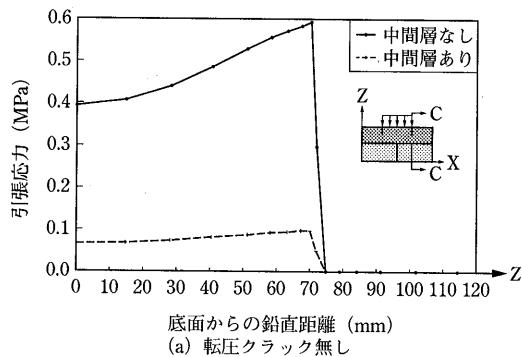


(a) 転圧クラック無し

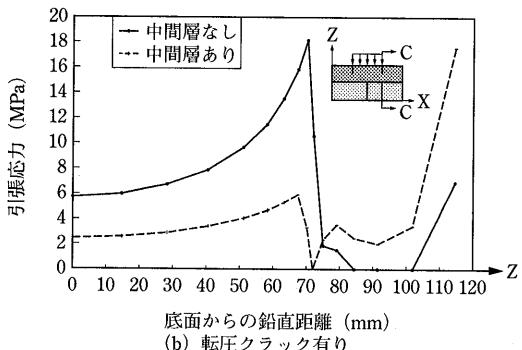


(b) 転圧クラック有り

図-14 水平荷重によるC-C断面の引張応力



(a) 転圧クラック無し



(b) 転圧クラック有り

図-15 鉛直荷重によるC-C断面の引張応力

3.3.2 AMIRによる締固めの効果

上述の見解を実証するために試験施工を実施した。中間層にはポリプロピレン、ポリエステル製の2種類のポリマーグリッドが用いられ、それぞれ振動ローラ、タイヤローラで転圧する工区と、AMIRで転圧する工区が設けられた。施工2週間後、各工区から供試体が採取され、研究所において試験された。結果は図-16に示すとおりである。従来のローラを用いて転圧したものは、表面に至るまでクラックが入っている。一方、AMIRで転圧したものは、層の境界にのみクラックが観察される。

以上より、次のような結論を得ている。

- ①試験施工結果は、有限要素法による解析結果（水平荷重を与えたケース）と関係づけられる。
- ②新設のアスファルト混合物層にクラックが無ければ、中間層をもつ舗装はリフレクションクラックに対する有効な解決策となり得る。

3.4 MURMOSを適用した新システム（論文No.27）

本システムは、現場で形成する繊維補強メンブレン（MURMOS : Membrane Using Reinforcement Manufactured On Site）を利用したリフレクションクラック抑制対策で、1988年フランスで研究開発を開始

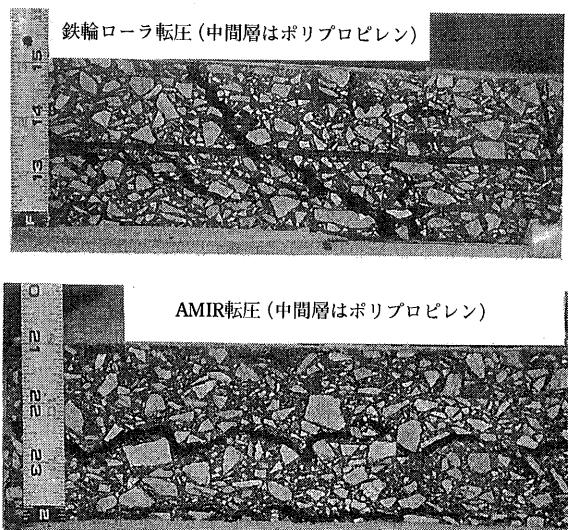


図-16 クラックの発生状況

して以来、2,500,000m²の施工実績がある。

3.4.1 施工手順

本システムの施工手順を図-17に示す。まず、クラックの入った支持層に図-18に示す機械を用いてMURMOSを形成する。この機械は、ドラムに巻かれたポリエステル連続繊維と瀝青バインダー（アスファルト乳剤）を車両後部のバーにより同時に散布するものである。次にMURMOS上にチッピングを施し、その上にオーバ

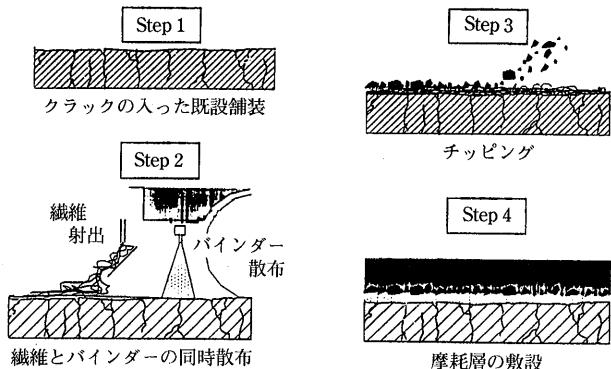


図-17 MURMOSを適用した新システムの施工手順

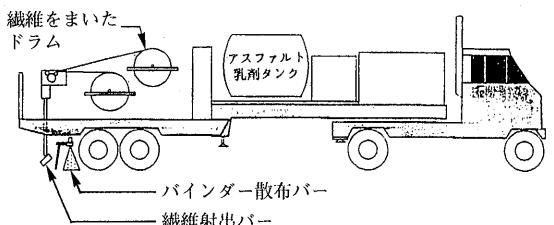


図-18 MURMOSの施工機械

一レイ層を舗設する。

3.4.2 MURMOSの有効性

図-19に示す引張りおよび曲げ試験装置によって、種々のリフレクションクラック抑制対策との比較を行った。供試体は各抑制対策を施したコンポジット舗装で、中央に切り込みを入れたスチール板の上に据え付ける。載荷応力は水平方向の連続的な引張応力、油圧シリンダーによる鉛直方向の繰り返し曲げ応力である。クラック進行の経時変化を図-20に示す。本システムのクラック抑制効果が最も大きいことがわかる。

また、本項の冒頭で触れた多くの施工実績から、本システムの優れた供用性が実証できたとされている。

4. おわりに

以上、リフレクションクラックの抑制対策について紹介してきた。各国各様の手法が開発されており、参考になるものと思われる。中でもジオテキスタイルを中心層として利用する手法が多くの中で効果を上げており、今後リフレクションクラック抑制対策の主流となるのではないかと推察される。

一方、ジオテキスタイル、瀝青材料等の用語につい

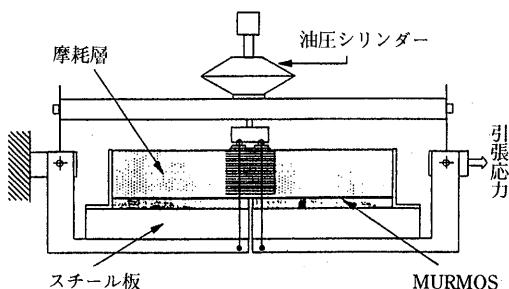


図-19 引張りおよび曲げ試験装置

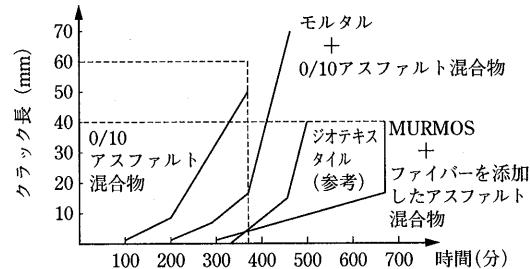


図-20 クラック抑制対策の比較

ては統一性が無く、各国まちまちである。それらの国際的な用語の統一とともにリフレクションクラック対策の体系化についての今後の研究に期待したい。

参考文献

- 1) 日本化学繊維協会(ジオテキスタイル工法研究会)：ジオシンセティックの道路舗装分野への利用可能性調査報告書，1994年3月
- 2) Abd El Halim,A.O. and O.J.Svec. : Influence of

Compaction Techniques on the Properties of Asphalt Pavements, Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association, Vol. 35, pp.18 to 33, 1990

パート5：事例紹介

(Case Histories)

北澤弘明*
鈴木康豊**
浜田幸二***

| 論文 No. | 論文名 | 著者 (国名) | 概要 |
|-----------|---|------------------------------------|--|
| 32 | Comparative sections of reflective crack-preventing systems : four years evaluation | G.Laurent J.P.Serfass (フランス) | アスファルト舗装の横断クラックの補修において、一般的なアスファルトオーバーレイと中間層（サンドアスファルト、ジオテキスタイル、繊維改質アスファルト）を設けたアスファルトオーバーレイを行い、4年間のモニタリングによるリフレクションクラック抑制効果の比較結果を述べている。 |
| | リフレクションクラック抑制システムの比較区間 ：4年間の評価 | | |

*きたざわ ひろあき ニチレキ(株)情報システム部
**すずき こうゆう (株)バスコ道路技術センター

***はまだ こうじ 日本道路(株)技術本部技術研究所

| 論文 No. | 論 文 名 | 著 者 (国 名) | 概 要 |
|-----------|--|--|--|
| 33 | Assessment of methods to prevent reflection cracking リフレクションクラック抑制手法の評価 | M.E.Nunn J.F.Potter (イギリス) | 初期のリフレクションクラック抑制に対し、オーバーレイ厚が大きく影響し補修の種類（中間層の設置、ジオグリッドの使用、改質バインダーの使用等）にはあまり影響しないとしている。 |
| 34 | Experience of Du Pont de Nemours in reflective cracking : site follow up リフレクションクラックに対するデュポン・ド・ヌムール社の取り組み：追跡調査 | G.Karam (ドイツ) | 既設舗装（コンクリート舗装、半剛性舗装、アスファルト舗装）に、熱溶着ポリプロピレン不織布を用いてアスファルトオーバーレイを行った試験施工結果より、熱溶着ポリプロピレン不織布がリフレクションクラックの抑制に効果があると報告している。 |
| 35 | Soft pavement wide interlayer in Japan 日本における全面中間層オーバーレイ舗装 | K.Inoue (日本) | ポリプロピレン繊維布、ニードルパンチ、熱処理不織布の適用性について日本での実績を報告している。 |
| 36 | The application of geotextile manufactured on site on the Belgian motorway Mons-Tournai ベルギー高速道路Mons-Tournaiにおける現場作製ジオテキスタイルの適用 | R.Dumont Y.Decoene (ベルギー) | 高速道路における連続鉄筋コンクリート舗装の補修工事でジオテキスタイルを用いた補修工法についてまとめたものである。この工法は、耐クラックを目的としたオーバーレイシステムを提案しており、補修2年後では、リフレクションクラックやその他の損傷が観察されなかったと報告している。 |
| 37 | Belgian applications of geotextiles to avoid reflective cracking in pavements ベルギーにおける舗装のリフレクションクラック抑制のためのジオテキスタイルの適用 | Y.Decoene (ベルギー) | 主にセメントコンクリートスラブ上の補修において、13種類のジオテキスタイル製品を中間層として適用し、表層にポーラスアスファルトをオーバーレイした試験施工を行っている。追跡調査でエラストマーピチューメンをジオテキスタイルにしみ込ませる方法がリフレクションクラック抑制対策として経済的な方法であると示されている。 |
| 38 | Prevention of cracking progress of asphalt overlay whit glass fabric グラスファブリックを用いたアスファルトオーバーレイのクラック進行の抑制 | Zhongyin Guo Quancai Zhang (中国) | 半剛性舗装のオーバーレイ補修において、アスファルトオーバーレイ層の底部に補強材（グラスファブリック）を使用することは、リフレクションクラックを抑制し舗装の寿命を延ばすことができるとしている。 |
| 39 | Long term performance of geotextile reinforced seals to control shrinkage on stabilized and unstabilized clay bases 安定処理及び非安定処理粘土路盤の収縮制御のためのジオテキスタイル補強シールの長期供用性 | P.phillips (オーストラリア) | 膨張性粘土路床上の舗装に、ジオテキスタイルで補強したシールと一般的なシールを試験施工で比較し、ジオテキスタイルで補強したシールの有効性を述べている。 |
| 40 | In site behaviour of cracking control devices クラック抑制策による現場での挙動 | M.Lefort D.Sicard (フランス) | アスファルト舗装の温度による収縮クラック抑制対策として、2層のアスファルトオーバーレイ、クラックシール後のオーバーレイ、ジオテキスタイルを用いたオーバーレイ、表面処理、一般的なオーバーレイを行い、10年間の追跡調査結果で2層オーバーレイが最も効果があると述べられている。 |
| 41 | Asphalt overlay on crack-sealed concrete pavements using stress distributing media 応力分散層を用いたクラックシールしたコンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイ | G.Herbst H.Kirchknopf J.Litzka (オーストリア) | コンクリート舗装のアスファルトオーバーレイ層厚の最適値を求めるためテストセクションを設け、一般的なオーバーレイと応力分散層をもつオーバーレイを比較し、供用4年後の結果を示すとともに、経済性についても評価を行っている。 |

| 論文 No. | 論 文 名 | 著 者 (国名) | 概 要 |
|-----------|---|---|---|
| 42 | Experimental project on reflection cracking in Madrid マドリッドにおけるリフレクションクラックの試験施工 | R.Alberola A.Ruiz (スペイン) | 転圧コンクリート上のアスファルトオーバーレイ層に発生するリフレクションクラックを最小限にするために、予め目地を設けた試験施工を行い、その効果について述べている。 |
| 43 | Tow kinds of mechanism of reflective cracking リフレクションクラックの2種類のメカニズム | Sha Qing-Lin (中国) | 半剛性舗装におけるリフレクションクラックの2種類のメカニズム（クラックが表層の底部から表面へ広がるものと、表層の表面から底部へ広がるもの）について述べている。 |
| 44 | Movements of a cracked semi-rigid pavement structure ひびわれた半剛性舗装構造の挙動 | A.H.de.Bondt L.E.B.Saathof (オランダ) | 半剛性舗装において、車両通過による横断クラックを挟んだ舗装の相対的な挙動は、路盤の温度に高く依存するとしており、リフレクションクラック抑制のためのオーバーレイ設計手法の改善案が述べられている。 |
| 45 | A crack-resistant surface dressing : the results of 8 years of application and future prospects 耐クラック表面処理：施工後8年の結果と将来予測 | J.P.Marchand (フランス) | ポリマービューメンやジオテキスタイルにポリマービューメンをしみ込ませた補強材料を使用した表面処理工法を開発し、実際の施工事例についての経過状況を報告している。この工法は耐クラック・耐わだち掘れに効果があるとしている。 |
| 46 | Thin overlay to concrete carriageway to minimise reflective cracking リフレクションクラックを最小にする車道コンクリートの薄層オーバーレイ | I.D.Walsh (イギリス) | コンクリート舗装の目地部とクラック部に改質・非改質ビューメンマカダム、改質・非改質ホットロールドアスファルトの4種をジオテキスタイルの有無で分けた8箇所の試験区間を設け、リフレクションクラック抑制についての3年後の比較結果について述べている。 |
| 47 | Design and first application of geotextiles against reflective cracking in Greece ギリシャにおけるリフレクションクラック対策としてのジオテキスタイルの設計と最初の適用 | A.Collios (ギリシャ) | アスファルト舗装の補修において、リフレクションクラックを抑制するためのジオテキスタイルの使用は有効な手段であり、補修コストの低減を可能としている。 |

1. はじめに

パート5では、リフレクションクラック抑制対策の様々な事例が、11ヶ国から合計16編紹介されている。全体的な内容としては、同一の工法・材料を用いたりリフレクションクラック抑制の施工事例（8編）と、異なる複数の工法・材料を比較評価した施工事例（5編）が大半を占めている。なお、リフレクションクラック抑制対策の設計に関する提案や、従来のオーバーレイと比較した場合の経済性からの評価に触れている論文も一部紹介されている。

パート5で報告されている論文の多くが施工事例の報告形式になっているため、ここでは既設舗装をコンクリート舗装、半剛性舗装（路盤にセメント安定処理を用いたもの）、アスファルト舗装の3つに分類し、それぞれのリフレクションクラック抑制対策について、

各論文の概要を以下に紹介する。

2. コンクリート舗装上のリフレクションクラック抑制対策

クラックが発生したコンクリート舗装の補修工法としてアスファルトオーバーレイを適用する場合、既存のクラックやジョイントに起因するリフレクションクラックが重要な問題となる。これを抑制するための、様々な材料と工法を用いた対策事例が報告されている。

2.1 中間層による対策

コンクリート舗装上のリフレクションクラック抑制対策として、中間層を用いた事例を5編紹介する。

（1）事例1（論文No.46）

本事例では、既設のコンクリート舗装上に8種類のアスファルトオーバーレイを行い、そのリフレクショ

ンクラック抑制効果の比較評価を行っている。試験区間は、厚さ250mmのコンクリート舗装で、表層材には密粒度マカダムとホットロールドアスファルトの2種類を使用している。リフレクションクラックの発生状況は、ジョイントによるものと既存のクラックによるものの2種類に分類して調査が行われている。試験区間の概要と約3年間の調査結果を表-1に、最終調査時におけるリフレクションクラックの発生割合を図-1に示す。調査結果として、以下の点が述べられている。

- ①表層材料にホットロールドアスファルトを使用することは、密粒度マカダムを使用することに比較して有効である。
- ②特にジョイント部では、中間層にジオテキスタイルを、表層材料にホットロールドアスファルトを使用する組み合わせがリフレクションクラックの抑制効果を期待できる。

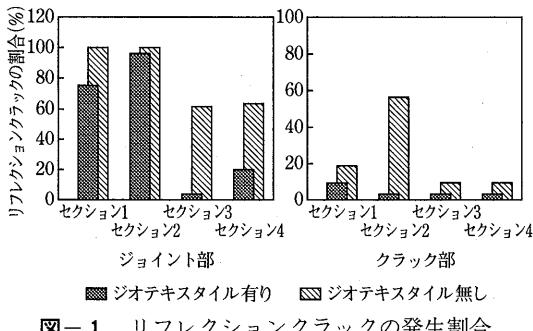


図-1 リフレクションクラックの発生割合

(2) 事例2 (論文No.33)

本事例では、コンクリート舗装上に様々な中間層を用いた試験区間を設け、リフレクションクラックの抑制効果を調査している。現在の試験結果からは、工法の種類よりもオーバーレイ層の厚さがリフレクションクラックの抑制に大きな影響をあたえ、オーバーレイ厚を厚くすることにより抑制効果が得られるとしている。オーバーレイ厚の違いとリフレクションクラックの発生割合に着目した、一部の試験区間の3年間の調査結果を表-2に示す。

なお、この試験施工では、施工を行ってからの経過年数が短い工区が多いため、最終的な結論に至るにはさらに調査が必要であると述べられている。

(3) 事例3 (論文No.41)

表-2 異なる厚さのオーバーレイによるクラックの発生状況

| オーバーレイの厚さ (mm) | クラックの発生割合 (%) | | |
|-------------------|---------------|-----|-----|
| | 1年後 | 2年後 | 3年後 |
| 40~49 | 0 | 34 | 41 |
| 50~59 | 0 | 12 | 25 |
| 60~69 | 0 | 0 | 12 |
| 70~79 | 0 | 0 | 6 |
| 80~99 | 0 | 0 | 0 |
| 100~119 | 0 | 0 | 6 |
| 120~139 | 0 | 0 | 0 |

表-1 試験区間の横断方向のクラックとジョイントの数

| 試験区間の概要 | | 密粒度マカダム | | | | ホットロールドアスファルト | | | |
|-------------|---|------------------|----|-----------------------|----|-----------------------|----|-----------------|----|
| | | 針入度100 セクション1 | | 針入度200+EV軟質 セクション2 | | 針入度200+EV軟質 セクション3 | | 針入度50 セクション4 | |
| | | GEO | NO | GEO | NO | GEO | NO | GEO | NO |
| オーバーレイ前 | J | 16 | 16 | 22 | 22 | 22 | 22 | 9 | 9 |
| | F | 5 | 15 | 19 | 21 | 19 | 22 | 6 | 6 |
| | P | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1989年12月19日 | J | 7 | 14 | 6 | 21 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| | F | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990年3月20日 | J | 11 | 16 | 14 | 22 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| | F | 0 | 4 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | P | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1992年4月23日 | J | 12 | 15 | 21 | 22 | 0 | 14 | 2 | 6 |
| | F | 1 | 4 | 0 | 14 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| | P | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

汎例: J=ジョイント F=全幅のクラック P=部分的なクラック

GEO =ジオテキスタイル有り

NO GEO =ジオテキスタイル無し

本事例では、コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイに中間層を用いることによるオーバーレイ厚の低減の可能性について、技術面と経済面からの調査が行われている。試験区間は、砂利路盤と300~400mmの無筋コンクリートの既設舗装にオーバーレイを行ったものである。このオーバーレイの種類と、リフレクションクラックの進行の調査結果を表-3に示す。表-3で示されている数値は、オーバーレイ前のコンクリート舗装のクラックとジョイントの長さの合計を100%としたときの、オーバーレイ後のリフレクションクラックの長さの合計の割合である。

供用後2~4年の途中経過としての結果は、以下のとおりである。

- ①最も良い結果が得られたのは、レベリング層にジオグリッドを用いた区間である。しかし、この試験区間は他の試験区間と異なるポリマー改質アスファルトが使用されており、経済的な見地からは最適ではない。
- ②リフレクションクラックが最も多く見られたのは、スチールグリッドを用いた試験区間である。これは、グリッドをスラリー層に埋めずにコンクリート層にボルトで完全に固定したことによって発生したと考えられる。
- ③中間層を持たない120mm厚の一般的なアスファルト

オーバーレイが比較的良い結果を示した原因是、オーバーレイ層が厚いため、リフレクションクラックが表面に現れるには長い期間を要するためである。したがって最終的な結論に至るには、さらに長期的な調査が必要であると考えられる。

なお、これらのオーバーレイをオーストリアの標準的な道路建設費と比較し、経済面からの評価が行われている。その結果を表-4に示す。この中では、60mmのアスファルト混合物を表層に使用し、さらにポリプロピレンジオテキスタイル (PGM14) および30mmのレベリング層を中間層として使用する組み合わせが最も経済的であると評価している。

(4) 事例4 (論文No.37)

本事例では、コンクリート舗装上のオーバーレイにおいて、表-5、表-6に示す13種類のジオテキスタイル製品の試験施工が行われ、その調査結果が報告されている。ここでは、軟弱な地盤に施工された工区 (Erquelinnes工区) と、施工上の問題が報告された工区 (Genappe工区) 以外は、1992年の調査において、クラ

表-5 1986年から1987年までの試験施工

| 場所 | 補修年次 | 面積 (m ²) | 1992年のクラック発生数 |
|-------------|------|----------------------|---------------|
| Erquelinnes | 1985 | 2,500 | 36 |
| Tourpes | 1987 | 19,200 | 0 |
| Wepion | 1987 | 20,600 | 0 |

表-3 リフレクションクラックの発生状況

| オーバーレイ構造のタイプ | | 横断リフレクションクラックの割合 (%) | | |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------|
| 表層の種類 | 中間層の種類 | 12ヶ月後 | 19ヶ月後 | 30ヶ月後 |
| 120mm, AC16 | なし | 0.5 | 0.9 | 1.8 |
| 50mm, AC16 | 100mm, アスファルト安定処理 | 0.9 | 1.7 | 4.9 |
| 60mm, AC16 | ジオテキスタイル (PGM14) +30mm ACレベリング層 | 2.5 | 3.9 | 7.2 |
| 60mm, AC16 | a)ジオグリッド (Tensar) レベリング層なし | 2.3 | 2.6 | 6.1 |
| | b)ジオグリッド (Tensar) +30mm ACレベリング層 | 0.0 | 0.0 | — |
| | c) b)と同一 ただし、クラックシートなし | 0.0 | 0.0 | — |
| 60mm, AC16 | a)スチールグリッド (Mesh Track) +クラックシート | 5.5 | 14.3 | 27.3 |
| | b)スチールグリッド (Mesh Track) (クラックシートなし) | 22.2 | 31.9 | 43.9 |

表-4 コストの比較

| オーバーレイ構造のタイプ | | 費用 (1990) AS/m ² | 新設に対する割合 (%) | オーバーレイ に対する割合 (%) |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 表層の種類 | 中間層の種類 | | | |
| Austrian Standard による新設 | | 665.00 | 100.0 | — |
| 120mm, AC16 | なし | 330.10 | 49.6 | 100.0 |
| 60mm, AC16 | 100mm, アスファルト安定処理 | 352.35 | 53.0 | 106.7 |
| 60mm, AC16 | ジオテキスタイル (PGM14) +30mm ACレベリング層 | 292.70 | 44.0 | 88.7 |
| 60mm, AC16 | a)ジオグリッド (Tensar) レベリング層なし | 316.15 | 47.5 | 95.8 |
| | b)ジオグリッド (Tensar) +30mm ACレベリング層 | 357.00 | 53.8 | 108.3 |
| 60mm, AC16 | a)スチールグリッド (Mesh Track) | 355.80 | 53.5 | 107.8 |

表-6 1989年以降の試験施工

| 場所 | 補修年次 | 面積 (m ²) | バインダー ¹⁾ | ジオテキスタイル ²⁾ | 表層 | 1992年のクラックの発生数 |
|-----------------|------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------|----------------|
| Hermée | 1989 | 1,300 | a | A | ポーラスアスファルト(4cm) | 0 |
| Genappe | 1990 | 1,060 | b | B | ポーラスアスファルト(4cm) | 2 |
| E42-South | 1990 | 75,190 | b | C | ポーラスアスファルト(4cm) | 0 |
| Woluwe-S-P | 1990 | 1,820 | b | D | ポーラスアスファルト(4cm) | 0 |
| N5-Bruxelles | 1990 | 1,110 | b | A | ポーラスアスファルト(4cm) | 0 |
| Quevaucamps | 1991 | 2,580 | a | A | 極薄層舗装(1.5cm) | 0 |
| E42-North | 1991 | 141,200 | b | C | ポーラスアスファルト(5cm) | 0 |
| R3-Châtelet | 1991 | 22,000 | b | C | ポーラスアスファルト(25cm) | 0 |
| N527-Irchonweiz | 1991 | 3,600 | a | D | マスチックアスファルト(3cm) | 0 |
| Lasne | 1992 | 13,500 | c | C | ポーラスアスファルト(3cm) | 0 |

1) a : 新規エラストマー

b : 再生エラストマー

c : 新規エラストマーによるアスファルト乳剤

2) A : ポリエステル不織布

B : ポリエステル織布

C : 現場作成ポリエステル

D : ポリプロピレン不織布

ックが発生していないと述べられている。

(5) 事例5 (論文No.36)

本事例では、高速道路の連続鉄筋コンクリートの修繕工事における、中間層の適用例が紹介されている。これは、供用後17年が経過し、クラックにより供用性が悪化した舗装の補修工事に使用されたものである。この工法は以下の手順で施工されている。

- ①破損した連続鉄筋コンクリート舗装上に、エラストマーの再生改質アスファルトを散布する。
- ②その上にポリエステル糸を使用したジオテキスタイルを敷き、プレコートされた骨材（骨材サイズ7/10mm）を敷きならす。
- ③さらにポーラスアスファルト混合物（SBS改質とセルロースファイバーの添加）によりオーバーレイする。

この補修後、2年が経過した時点では、リフレクションクラックやその他の損傷は観察されていないと報告されている。またこの工法は、連続鉄筋コンクリート舗装の寿命を延ばすばかりでなく、ポーラスアスファルト混合物を表層に使用することにより、騒音の低減や雨天時の水はねの改善も期待できると述べられている。

2.2 目地による対策

コンクリート舗装上のリフレクションクラック抑制対策として、目地による対策事例を1編紹介する。

(1) 事例1 (論文No.42)

本事例では、転圧コンクリート層の温度収縮によるリフレクションクラックが問題となったハイウェイにおいて、コンクリート層に収縮目地を設けた試験施工の調査結果が報告されている。この試験区間の舗装構成は、セメント安定処理路盤200mm、転圧コンクリート層250mm、アスファルト混合物表層120mmである。この試験施工の前に、次の2点の処理を施したが、枝分れしたリフレクションクラックが発生してしまったという経緯が報告されている。

①収縮クラックを抑制するために、10mあるいは15m間隔で収縮目地を設置する。

②重交通の一部の区間では、目地の上に中間層としてジオグリッドを設置する。

この結果を踏まえて、リフレクションクラックを最小限に抑えるために、収縮目地の間隔と目地の保護処理を変えた5種類の試験施工を新たに行い、その抑制効果が比較された。試験区間の概要と約2年後の調査結果は、表-7に示すとおりである。結論として、以下の点があげられている。

①6m以下の間隔でフレッシュコンクリートに予め

表-7 目視による調査結果

| No. | 目地間隔 (m) | 保護処理 | 目地数 | リフレクションクラック数 | 割合 (%) |
|-----|----------|--------------------|-------|--------------|--------|
| 1 | 6.0 | 目地シール | 152 | 3 | 1.2 |
| 2 | 2.5 | なし | 360 | 6 | 1.7 |
| 3 | 3.5 | なし | 254 | 6 | 2.3 |
| 4 | 6.0 | Supertelecolam ホイル | 150 | 4 | 2.7 |
| 5 | 6.0 | サンドアスファルト | 150 | 16 | 10.7 |
| 合計 | | | 1,069 | 35 | 3.2 |

※Supertelecolam ホイル：SBSに覆われたポリエステルフェルト等から成る特殊なアスファルトフィルム

目地を入れることは、10m～15m間隔で目地を入れた場合に比べるとクラックをかなり減らすことができる。

- ②目地が2.5m（あるいは3.5m）間隔でシールの処理無しに設置されたものと、目地が6m間隔でシールの処理有りで設置されたものとの差はあまり見られない。
- ③シールによる処理は、サンドアスファルト層を設けたものに比べ良い効果がある。

3. 半剛性舗装上のリフレクションクラック抑制対策

セメント安定処理路盤のクラックに起因するリフレクションクラックの抑制対策として、中間層による対策と設計法による対策を以下に紹介する。

3.1 中間層による対策

半剛性舗装上のリフレクションクラック抑制対策として、中間層を用いた事例を2編紹介する。

(1) 事例1（論文No.38）

本事例では、クラックが発生した中国の舗装道路のオーバーレイにおいて、中間層にグラスファブリックを使用した場合の、リフレクションクラックの抑制効果を評価した結果が報告されている。既設の舗装構成は、300mmのセメント安定処理路盤と60mmのアスファルト表層からなる。結果として、中間層にグラスファブリックを使用することは、クラックの進行を抑制し舗装の寿命を延ばすことができるとしている。

また、中間層にグラスファブリックを使用した場合、施工時にグラスファブリックを破壊する主な要因として、締固めローラの重さ・アスファルトオーバーレイの厚さ・材料の最大粒径を挙げている。特に施工時の注意として、初期の締固めでローラの重さが8t以下でなければならないと述べられている。

(2) 事例2（論文No.34）

本事例では、中間層にポリプロピレン製の熱溶着不織布を使用した試験施工が、5例報告されている。その中から、セメント安定処理路盤の収縮と温度応力に起因するリフレクションクラックの抑制に用いられた試験区間の舗装構成を図-2に示す。試験施工から4年後の路面の状況は、図-3に示すとおりである。この写真は、ポリプロピレン製の熱溶着不織布を使用していない区間で発生したクラックが、使用した区間の端部で止まっている状況を示している。なおこの不織布は、コンクリート舗装やアスファルト舗装などにも適用されており、いずれも良好なリフレクションクラ

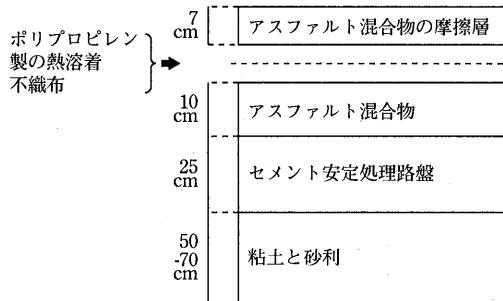


図-2 舗装構成

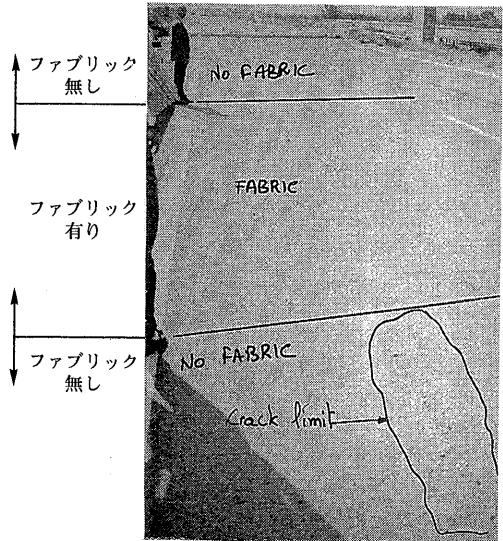


図-3 路面の状況

ック抑制効果が確認されたとしている。

さらに、中間層にポリプロピレン製の熱溶着不織布を用いる場合の施工上の注意点として、以下の点があげられている。

- ・適用する表面をできるだけきれいにする。
- ・ファブリックのしわや折れ目を防ぐ。
- ・オーバーラップを行う場合は、常にオーバーレイを行う方向に10～15cmオーバーラップさせる。
- ・オーバーレイ層を施工するときに、温度が200℃を越えず、120℃を下回らないよう注意する。

3.2 設計法による対策

セメント安定処理路盤のクラックに起因するリフレクションクラックの抑制対策を、主として設計面から述べた論文を2編紹介する。

(1) 事例1（論文No.43）

本事例では、表層の厚さと温度応力の関係に着目した、半剛性舗装上のリフレクションクラックの抑制対策について報告されている。ここでは、様々な試験区

間でのクラックの調査結果と、表層に発生する温度応力の計算結果より以下の2点が述べられている。

- ①表層が厚いときには、リフレクションクラックは表層の表面に発生し、下方に進行する。この場合には、改質アスファルト等の使用により表層のクラックに対する抵抗力を増すべきで、各種の中間層は効果がないと予想される。
- ②表層が薄いときには、リフレクションクラックは表層の底部に発生し、表面に進行する。この場合には、中間層を表層と安定処理路盤の間に設けるべきである。

(2) 事例2 (論文No.44)

本事例では、温度変化の測定、ならびにFWDと車輪荷重を用いた交通による舗装の挙動の測定から、半剛性舗装におけるリフレクションクラック抑制のためのオーバーレイの設計法について報告されている。ここではオーバーレイ前のセメント安定処理路盤上で、夏期(高温)と冬期(低温)のクラック付近の表面たわみが測定されている。その結果から、車両通過による横断クラックを挟んだ舗装の相対的な挙動は、路盤温度に高く依存することが述べられている。そして、温度変化と車両通過時のクラックに発生するメカニズム(路盤の水平方向と垂直方向の両方向の動き)を考慮して、有限要素システム(CAPA)などで舗装の解析を行うことが提案されている。

4. アスファルト舗装上のリフレクションクラック抑制対策

クラックの発生したアスファルト舗装における、リフレクションクラック抑制対策の事例を2編紹介する。

(1) 事例1 (論文No.32)

本事例では、リフレクションクラック抑制対策として6種類の試験施工が行われ、その調査結果が報告されている。既設の舗装は、200mmの高炉スラグ路盤と60mmのアスファルト表層の構成である。その試験区間の概要と4年間の調査結果は、表-8、図-4に示すとおりである。この中では、区間No.6の試験区間が、最もリフレクションクラックの抑制に効果があることが示されている。また、中間層を使用した場合、従来のオーバーレイに比べリフレクションクラックの抑制効果がみられるが、さらに表層に改質アスファルトを使用することで、より良い効果が期待できるとしている。

(2) 事例2 (論文No.40)

本事例では、既設のアスファルト舗装に6種類のア

表-8 試験区間の概要

| 区間No. | 試験区間の概要 | 厚さ(mm) |
|-------|--|--------|
| 1 | 最大粒径14mm、2~6mmギャップ粒度の一般的なアスファルト混合物(参照用の区間) | 40 |
| 2 | 同上、ただし予めクラックシールしたもの(参照用の区間) | 40 |
| 3 | サンドアスファルト中間層+アスファルト混合物 | 20+40 |
| 4 | 改質バインダーとジオテキスタイル中間層+アスファルト混合物 | 40 |
| 5 | サンドアスファルト(SBS改質)中間層+アスファルト混合物 | 15+30 |
| 6 | サンドアスファルト(SBS改質とファイバー添加)中間層+アスファルト混合物(ファイバー添加) | 20+35 |

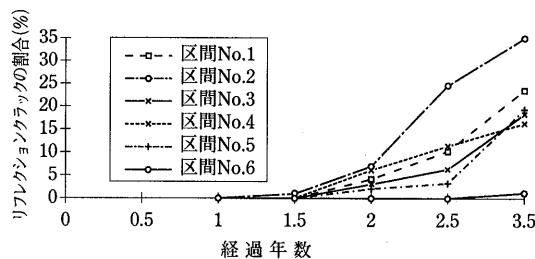


図-4 リフレクションクラックの割合

スファルトオーバーレイを行い、そのリフレクションクラックの発生状況を調査した結果が報告されている。試験区間の舗装構成は、250mmの斑岩粒状材による路盤と、60mmのアスファルト混合物による表層に、厚さ60mmの各種のオーバーレイを行ったものである。結果は図-5に示すとおりで、参照用の区間(針入度60/70の普通のバインダーを用いたアスファルト混合物による1層のオーバーレイ)と比較して、他の工法がリフレクションクラックの進行を遅らせていることがわかる。

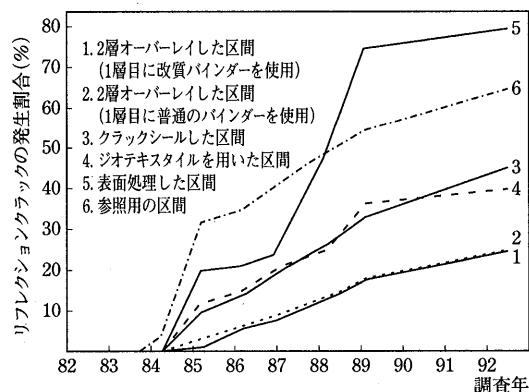


図-5 リフレクションクラックの発生割合

る。特にこの中では、2層オーバーレイをした区間(1層目は、厚さ10~20mmで針入度80/100のバインダーを用いた細粒度アスファルト混合物、2層目は針入度60/70のバインダーを用いたギャップアスファルト混合物)が最も効果があるとされている。

5. おわりに

本文では、パート5で報告されている施工事例と調査結果のいくつかを簡単に紹介してきた。これらのリフレクションクラック抑制対策は、従来の工法・材料に比べ良好であることが、多くの施工事例で確認されている。全体的に、中間層を用いてリフレクションクラックを抑制する場合、その中間層の能力だけではなく

く、オーバーレイ層の能力を向上させること(改質バインダーの使用、オーバーレイ厚の増加)がより有効であるという傾向が見られる。

しかし、どのリフレクションクラック抑制対策が技術的、経済的に最適であるのかは、以下の点を考えると、まだ明確に示されていないと思われる。

- ①現場の状態(温度条件、既設の舗装構成、交通量、リフレクションクラックの種類等)により様々な結果が報告されている。
- ②経年に更に追跡調査を必要としている報告が多い。
今後の更なる調査・研究結果に期待したい。

日本のアスファルト事情 1996年版

A5・52ページ・実費価格 ¥800(送料実費)

当面するアスファルト事情を
わかりやすく解説した資料です。
広くご利用いただけるよう編
纂到しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 社団法人 日本アスファルト協会

105 東京都港区虎ノ門1丁目21番8号
秀和第3虎ノ門ビル

目 次

★需 要

用 途

需要の推移

★供 給

生 産

流 通

施 策

★課 題

★参考資料

品質規格、試験法、品質管理

アスファルト舗装の特長

アスファルト関連統計

道路投資額の推移

年度別舗装延長

主要諸国の道路事情

世界の国別原油確認埋蔵量

道路財源の推移

原油・石油製品のCIF単価

OECD諸国のアスファルト生産量・内需量

OECD諸国のアスファルト輸入量・輸出量

地域国別原油輸入状況

平成8~12年度石油需給計画

編著 多田宏行

橋面舗装の設計と施工

日本大学理工学部土木工学科

鹿島出版会 A-5版 153頁 ¥3,193円

教授 阿部頼政

「舗装」と「橋梁」の接点は「橋面舗装」に代表されるが、両者の思惑は必ずしも一致していない。舗装の立場に立つ人達は、橋梁の最後の評価は舗装によって左右されると考える。一方、橋梁を造る立場の人達には、舗装は単なる化粧であるから、具合が悪くなるたびに取り替えればよいという程度に考えがちである。

この度、鹿島出版会から刊行された「橋面舗装の設計と施工」は、舗装と橋梁の架け橋をめざしている。著者は、序において「情報過多のこの時代、最も必要とするところに有用な情報が的確に伝達されていない、橋面舗装に関する技術情報もその一例である」と言う。さらに、「橋面舗装は、道路橋の床版を交通荷重による衝撃、雨水その他の気象作用などから保護するとともに、交通車両の快適な走行性を確保する重要な役割を担っている。このため道路橋の評価は、最終的には橋面舗装の良否によって定まる。しかも、橋面舗装の耐久性は、床版の構造とその仕上げ精度に大きく左右されることから、舗装は床版と一緒に一体的に設計するとともに、床版工事においては所定の施工管理水準が厳格に確保されなければならない。したがって橋面舗装を橋梁の構造と切り離して論ずることはできず、橋梁の技術は、いわば相互依存の関係にあると言えよう。」と両者の関係の重要性を述べている。

なお、本書は先に刊行した「鋼床版舗装の設計施工」(1990年3月、鹿島出版会)に関西国際空港の連絡橋橋面舗装の検討成果やコンクリート床版上の舗装も加えて次の5章から構成されている。

第1章 橋面舗装の変遷：橋面舗装の役割とコンクリート床版および鋼床版の歴史。

第2章 設計：橋梁および橋面舗装のライフサイクルの考え方。気象条件、荷重条件、材料条件、環境条件などの橋面舗装を設計する上で考慮すべき諸条件についての考え方。また、橋梁の構造条件としてコンクリート床版では床版排水の重要性を、鋼床版では舗装のひびわれを防ぐための床版の変形特性やリブ間隔について具体的な数値を示している。さらに、標準的な舗装構成を示している。

第3章 材料：防錆層、接着層、防水層、下層（基層）、上層（表層）及び目地など橋面舗装に使用する材料全体について具体的な基準値などについて解説している。

第4章 施工：コンクリート床版での表面処理から始め防水層、排水施設、下層及び上層工の施工のノウハウ。鋼床版舗装では床版の腐食状況調査、表面処理、ブリストリング対策など詳細に述べている。

第5章 維持管理と補修：橋梁は交通の要所を占めることから、橋面舗装の修繕工事は著しい交通障害を招き、とくに都市内自動車専用道路や長大橋ではその社会的影響が極めて大きい。したがって、橋面舗装の維持管理は、一般部の舗装の場合以上に計画的に実施する必要がある。そのために、橋面舗装の破損の特徴と補修工法の具体的な事例について紹介している。

橋面舗装に関係する方だけではなく、舗装と構造物との関連について興味のある方にも一読をお勧めする。

カンタプロ試験

この試験は排水性舗装用アスファルト混合物の骨材飛散抵抗性を評価するために行う試験であります。

試験方法を規定しているものとしては(社)日本道路協会舗装試験法便覧別冊(平成8年4月)と日本道路公団規格(JHS 232-1992)とがあります。

試験の概要は以下のとおりです。

1. 試験方法

①マーシャル試験、ダレ試験等を行って決まった所定粒度のアスファルト混合物に対応した骨材をマーシャル安定度試験用供試体重量に相当する量だけをパット計量する。

(ダレ試験のくり返し数は少なくとも3個が必要なので、アスファルト量範囲を3.0%~6.0%まで0.5%ずつ変化させると合計21(7×3)個の骨材計量となる)。

②計量した骨材は、混合温度より10~30°C(高粘度アスファルトを使用する場合などは一般に175±3°C程度)高い温度に加熱する(一般には恒温槽で加熱する)。

③アスファルトを加熱し、混合温度に調整する(一般には骨材を加熱する恒温槽を利用して加熱する)。

④1供試体分の骨材毎に所要のアスファルト量を計量添加し、骨材がアスファルトで十分被覆されるまで混合する。

⑤混合終了後、ただちにマーシャル試験用モールドに混合物を入れ、両面50回突き固めを行い成型する。

⑥供試体を押し抜き脱型し、室温にて12時間以上養生した後、ノギスを用いて高さと直径を計測する。

⑦供試体を20°Cの恒温槽で20時間養生する。

⑧供試体1個をロサンゼルス試験機のドラム内に移し、300回転させる。

⑨次式で損失率を計算し、報告する。

$$\text{損失率} (\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A : 試験前の供試体質量(g)

B : 試験後の供試体質量(g)

⑩図-1に示す要領で最小アスファルト量を求め、報告する。

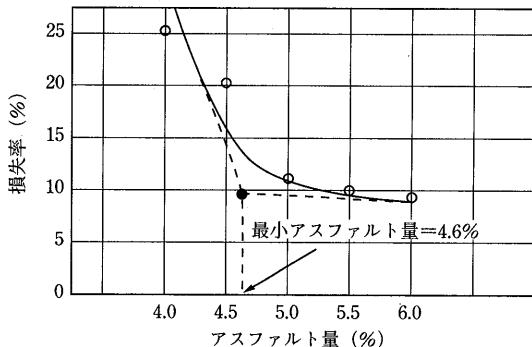


図-1 最小アスファルト量の求め方の例
(日本道路協会)

2. 結果の利用

①排水性舗装用混合物の配合試験では、イ)ダレ試験、ロ)カンタプロ試験、ニ)透水量試験、ハ)連続空隙率試験、等を行って粒度やアスファルト量の検討を行うことになっています。カンタプロ試験はダレ試験を合わせて実施し、図-2に示すような検討を行う場合があります。この例では、空隙率17%を目標とした関係上、アスファルト量4.8%の妥当性を評価するために利用しています。

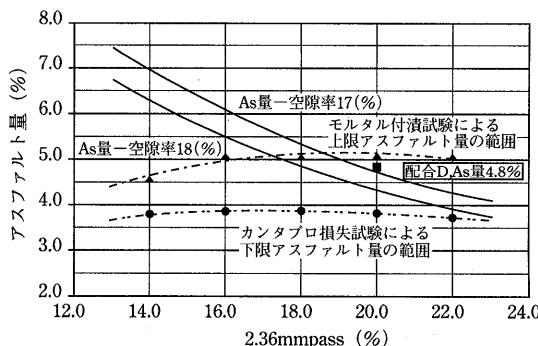


図-2 アスファルト量範囲の検討例

②カンタプロ試験の応用動作として、イ)水浸カンタプロ試験、ロ)低温カンタプロ試験があります。

前者は、カンタプロ試験用供試体を60°Cの水中に48時間養生し、水浸後の供試体を室温で24時間乾かした後カンタプロ試験を行い、水浸後の損失率の低減状態を評価するものです。

後者は、積雪寒冷地域で排水性舗装を実施する場合に、試験温度をその地域の最低気温付近に設定して試験を行うものです。日本道路公団では、-20°Cにお

ける評価を運用しています。この1例を図-3に示します。これによれば、水浸劣化より低温にさらされる方が供試体のダメージが大きく、低温カンタブロ試験の有効性を示しており、評価値として20%以下を適用しています。

〔小島逸平 倍ガイアートクマガイ技術研究所〕

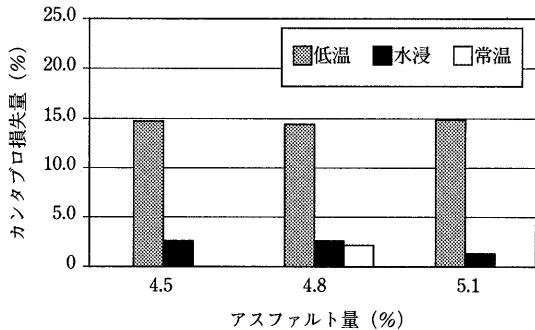


図-3 3種類のカンタブロ試験の関係例

フルデプス・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 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プス・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。

フルデプス舗装は、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、フルデプ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、フルデプ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

1-1 フルデプス・アスファルト舗装の定義

1-2 適用範囲

2. 構造の設計

2-1 舗装の構造

2-2 設計の方法

2-3 排 水

3. 材 料

3-1 概 説

3-2 澄青材料

3-3 骨 材

3-4 アスファルト混合物

4. 路床および路盤

4-1 概 説

4-2 路 床

4-3 路 盤

5. 表層および基層

6. 品質管理および検査

6-1 概 説

6-2 出来形および品質の管理

6-3 檢 查

7. 記 錄

コロイドとアスファルト乳剤

地球環境問題、省エネルギー工法用材料として最近アスファルト乳剤が新しい視点から注目されています。各種ニュータイプのアスファルト乳剤が開発されていますが、今回はコロイドとアスファルト乳剤について解説します。

アスファルト乳剤とは、アスファルトを、水中に小さな粒子として分散させたものです。

このように、ある物質（たとえばアスファルト）がある物質（たとえば水）中に、小さな粒子として分散させた状態を一般にコロイドと呼び、分散している小さな粒を分散相、その周囲を分散媒と呼びます。

コロイドは分散相、分散媒の種類（気、液、固体）により次の3つ、ゾル、エアロゾル、エマルジョンに分類されます。

ゾルとは液体中に固体が分散したものか、固体中に固体が分散したもの。（ベネチアン・グラスの赤い色の部分など。これはガラスの中に金の入ったゾル。）

エアロゾルは、気体中に液体が分散したもの（霧や多くのスプレーなど）、または気体中に固体が分散したもの（煙など）。

エマルジョンは液体中に液体が分散したもので、ミルクやドレッシングなどがその例です。また液体中に気体が分散したもの（ビールの泡など）や、固体中に気体が分散したもの（軽石）もエマルジョンと呼ぶことがあります。

これらをまとめ表-1に示します。

表-1 コロイドの種類

| 名 称 | 分 散 相 (粒子) | 分 散 媒 (周囲) | 例 |
|--------|---------------|---------------|-----------------------|
| ゾル | 固 体 | 液 体 | インク、塗料、コンクリート |
| | 固 体 | 固 体 | 着色ガラス、着色プラスチック |
| エアロゾル | 液 体 | 气 体 | 霧、スプレー |
| | 固 体 | 气 体 | 砂塵 |
| エマルジョン | 液 体 | 液 体 | 牛乳、バター、ドレッシング |
| | 液 体 | 液 体 | ビールの泡、ホップ・クリーム |
| | 气 体 | 固 体 | 軽石、ウレタン・フォーム、 スポンジ |

- 注1. 正確にコロイドと呼ぶには、分散されている粒子の直径が0.5ミクロンか、それ以下です。従ってコロイドは一般に光学顕微鏡では観測できません。
2. 界面活性剤が最もよく用いられる。その他、高分子物質やクレイ（ブントナイトなど）が用いられることがある。

コロイドを作ることは、一説に“くしゃみ”することと同じくらい簡単なことと言われています（くしゃみによってエアロゾルができます）が、商業的に安定なコロイドを大量に製造するには、困難が伴い種々の有用な方法が利用されています。

以下に液体中に液体が分散した、エマルジョンの製造について述べます。

安定したエマルジョンは、一般に

1. 搅拌等により分散し
2. その際、適当な乳化剤¹⁾を用い、
3. さらに均質化²⁾する。

ことによって製造されます。ミルクを例にとりますと、ミルクは水中に脂肪が分散しているエマルジョンですが、この場合の乳化剤はカゼインという蛋白質です。カゼインがミルクを安定化する上で絶対的に有効でないということは、表面にクリームが生成されることが明かです。分散していた脂肪が集まり油滴となり、表面に浮き上るのです。このクリーム化を防ぐには、ミルクの脂肪を非常に細かく確実に分散させればよく、超音波による激しいかきませによってこれが可能となります。この製品が我々が一般に目にする均質化ミルクです。

さてアスファルト乳剤は、一般に高温で液状のアスファルトを、水中にコロイドミルまたはホモナイザーを用い、連続的に搅拌、均質化を行い製造します。その際の乳化剤としては表-2に示すような、多種、多様な材料を用いています。

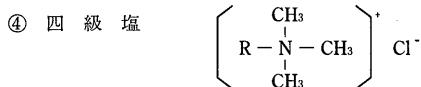
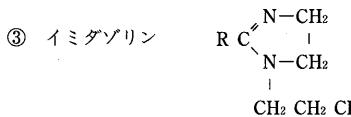
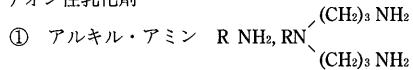
こうして製造されたアスファルト乳剤は、乳化剤の種類によってカチオン系乳剤、アニオン系乳剤、ノニオン系乳剤に分類されます。次にその特徴について述べることにします。

カチオン系アスファルト乳剤：

現在道路用に使用されているアスファルト乳剤は大部分がこの乳剤です。カチオン系乳剤では、図-1のようにアスファルト粒子の表面が(+)に帶電しており、水分がつることで(-)に帶電した骨材表面に、乳化剤の(+)が電気化学的に吸着します。そのため、乳剤中の水が蒸発しなくとも、骨材の周囲にアスファ

表-2 代表的なアスファルト乳剤用乳化剤

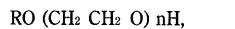
カチオン性乳化剤



アニオニ性乳化剤



ノニオン性乳化剤



両イオン性乳化剤

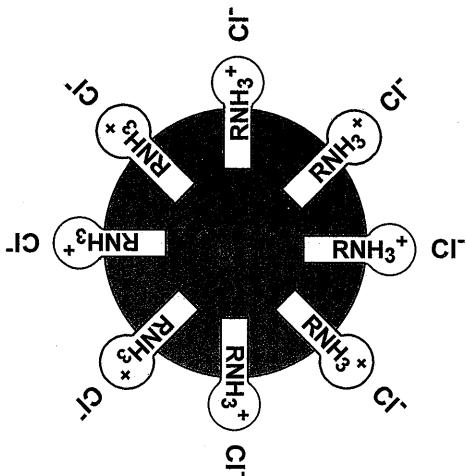
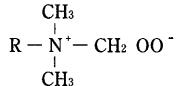


図-1 カチオン乳剤の概念図

ルトの皮膜が速やかに形成され(図-2), 迅速な施工が可能となります。

アニオニ系アスファルト乳剤:

現在アニオニ系乳剤は工業用の特殊乳剤に限られ, その生産量も少なくなっています。またアニオニ系乳剤は多価金属イオンによって分類し易いので, これをを利用して防水材用乳剤として使用されています。

ノニオン系アスファルト乳剤:

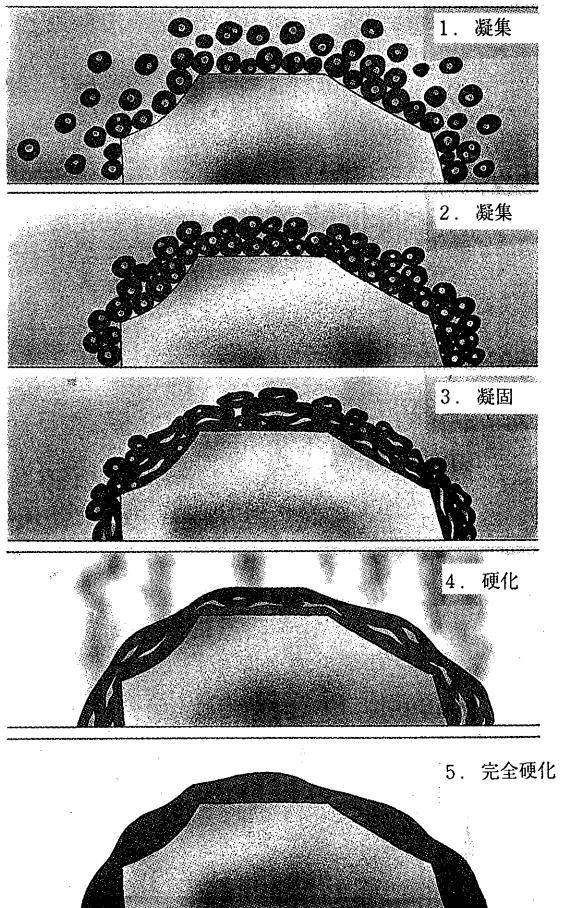


図-2 アスファルト乳剤の分解過程

ノニオン系乳剤は電気的に中性で, また化学的にも安定であるため, 他の物質の混入による影響をあまり受けません。このためセメント混合用の乳剤として使用されます。

最近では, 世界各国で舗装の常温工法化が注目され, ポリマー改質タイプのアスファルト乳剤や明色タイプの乳剤の開発も進められています。

アスファルト乳剤は, 今まさに新しい環境対応型材料として, 生まれ変わろうとする段階にあり, 今後の技術開発が大いに期待されています。

—参考文献—

P.W. Atkins, Physical Chemistry, 東京化学同人 (1982)

北原文雄, 渡辺 晶 “界面電気現象” 共立出版 (1978)

北原文雄, 古澤邦夫 “分散可溶化の技術” 工学図書 (1980)

[青木秀樹 昭和シェル懶中央研究所]

〈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 |
| 58 年 度 | 213 | 4,947 | (108.4) | 0 | 5,160 | 4,921 | (107.6) | 4 | 4,925 | 226 | 5,151 |
| 59 年 度 | 226 | 5,235 | (105.9) | 0 | 5,461 | 5,221 | (106.1) | 0 | 5,221 | 240 | 5,461 |
| 60 年 度 | 240 | 5,029 | (96.1) | 0 | 5,269 | 5,035 | (96.4) | 0 | 5,035 | 215 | 5,250 |
| 61 年 度 | 215 | 5,744 | (114.2) | 0 | 5,959 | 5,695 | (113.1) | 0 | 5,696 | 235 | 5,931 |
| 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 度上期 | 310 | 2,844 | (93.4) | 0 | 3,154 | 2,841 | (95.5) | 6 | 2,847 | 302 | 3,149 |
| 3 年 度下期 | 302 | 3,129 | (96.8) | 0 | 3,430 | 3,103 | (96.0) | 12 | 3,115 | 313 | 3,428 |
| 3 年 度 | 310 | 5,973 | (95.2) | 0 | 6,282 | 5,944 | (95.8) | 18 | 5,962 | 313 | 6,275 |
| 4 年 度上期 | 313 | 2,969 | (104.4) | 0 | 3,282 | 2,893 | (101.8) | 59 | 2,952 | 326 | 3,278 |
| 4 年 度下期 | 326 | 3,152 | (100.7) | 1 | 3,479 | 3,216 | (103.6) | 17 | 3,233 | 244 | 3,477 |
| 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 |
| 10月 | 377 | 473 | (83.0) | 0 | 850 | 520 | (92.4) | 14 | 534 | 321 | 855 |
| 11月 | 321 | 558 | (100.4) | 0 | 879 | 569 | (101.8) | 17 | 586 | 291 | 877 |
| 12月 | 291 | 557 | (101.8) | 0 | 848 | 536 | (94.2) | 25 | 561 | 289 | 850 |
| 10~12月 | 377 | 1,588 | (94.9) | 0 | 1,965 | 1,625 | (96.1) | 56 | 1,681 | 289 | 1,970 |
| 7. 1月 | 289 | 406 | (99.0) | 0 | 695 | 359 | (100.0) | 9 | 368 | 329 | 697 |
| 2月 | 329 | 415 | (89.2) | 0 | 744 | 420 | (95.2) | 11 | 431 | 314 | 745 |
| 3月 | 314 | 661 | (100.1) | 0 | 975 | 670 | (90.4) | 36 | 706 | 272 | 978 |
| 1~3月 | 289 | 1,482 | (96.5) | 0 | 1,771 | 1,449 | (94.0) | 56 | 1,505 | 272 | 1,777 |
| 6 年 度下期 | 377 | 3,070 | (95.7) | 0 | 3,447 | 3,074 | (95.1) | 112 | 3,186 | 272 | 3,458 |
| 6 年 度 | 238 | 6,024 | (98.4) | 1 | 6,263 | 5,835 | (96.7) | 172 | 6,007 | 272 | 6,279 |
| 7. 4月 | 272 | 576 | (96.5) | 0 | 848 | 481 | (94.3) | 28 | 509 | 341 | 850 |
| 5月 | 341 | 383 | (89.8) | 0 | 724 | 345 | (90.0) | 23 | 368 | 358 | 726 |
| 6月 | 358 | 357 | (90.4) | 0 | 715 | 420 | (93.3) | 21 | 441 | 275 | 716 |
| 4~6月 | 272 | 1,316 | (92.8) | 0 | 1,588 | 1,246 | (92.8) | 72 | 1,318 | 275 | 1,593 |
| 7月 | 275 | 520 | (95.9) | 0 | 795 | 435 | (81.8) | 34 | 469 | 328 | 797 |
| 8月 | 328 | 481 | (98.6) | 0 | 809 | 450 | (107.1) | 38 | 488 | 322 | 810 |
| 9月 | 322 | 496 | (97.8) | 0 | 818 | 489 | (104.9) | 31 | 520 | 300 | 820 |
| 7~9月 | 275 | 1,497 | (97.4) | 0 | 1,772 | 1,374 | (96.9) | 103 | 1,477 | 300 | 1,777 |
| 7 年 度上期 | 272 | 2,813 | (95.2) | 0 | 3,085 | 2,620 | (94.9) | 175 | 2,795 | 300 | 3,095 |
| 10月 | 300 | 534 | (112.9) | 0 | 834 | 513 | (98.7) | 28 | 541 | 293 | 834 |
| 11月 | 293 | 568 | (101.8) | 0 | 861 | 542 | (95.3) | 33 | 575 | 289 | 864 |
| 12月 | 289 | 566 | (101.6) | 0 | 855 | 558 | (104.1) | 32 | 590 | 263 | 853 |
| 10~12月 | 300 | 1,668 | (105.0) | 0 | 1,968 | 1,613 | (99.3) | 93 | 1,706 | 263 | 1,969 |
| 8. 1月 | 263 | 425 | (104.7) | 0 | 688 | 347 | (96.7) | 27 | 374 | 316 | 690 |
| 2月 | 316 | 465 | (112.0) | 0 | 781 | 436 | (103.8) | 23 | 459 | 323 | 782 |

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 8年2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 | | | | | |
|------------------|--------------|-----|-------|---------------|----------------|-------|--------------|-------|-------|---------------|----------------|-------|
| | ストレート・アスファルト | | | 燃焼用 アスファルト | ブローン アスファルト | 合 計 | ストレート・アスファルト | | | 燃焼用 アスファルト | ブローン アスファルト | 合 計 |
| | 道路用 | 工業用 | 計 | | | | 道路用 | 工業用 | 計 | | | |
| 58年 度 | 3,951 | 177 | 4,128 | 540 | 253 | 4,921 | 100.2 | 95.7 | 100.0 | 288.8 | 97.3 | 107.6 |
| 59年 度 | 4,000 | 162 | 4,162 | 805 | 254 | 5,221 | 101.2 | 91.5 | 100.8 | 149.1 | 100.4 | 106.1 |
| 60年 度 | 3,739 | 139 | 3,878 | 911 | 246 | 5,035 | 93.5 | 85.8 | 93.2 | 113.2 | 96.9 | 96.4 |
| 61年 度 | 3,979 | 241 | 4,220 | 1,238 | 237 | 5,695 | 106.4 | 173.4 | 108.8 | 135.9 | 96.3 | 113.1 |
| 62年 度 | 4,252 | 360 | 4,612 | 995 | 255 | 5,862 | 106.9 | 149.4 | 109.3 | 80.4 | 107.6 | 102.9 |
| 63年 度 | 4,307 | 421 | 4,728 | 967 | 258 | 5,953 | 101.3 | 117.3 | 102.5 | 97.2 | 101.2 | 101.6 |
| 元年 度 | 4,360 | 447 | 4,807 | 932 | 251 | 5,990 | 101.2 | 106.2 | 101.7 | 96.3 | 97.3 | 100.6 |
| 2年 度 | 4,416 | 606 | 5,022 | 929 | 254 | 6,205 | 101.3 | 135.6 | 104.5 | 99.7 | 101.2 | 103.6 |
| 3年度上期 | 2,090 | 268 | 2,358 | 372 | 111 | 2,841 | 97.3 | 99.6 | 97.5 | 86.1 | 89.5 | 95.5 |
| 3年度下期 | 2,226 | 323 | 2,549 | 424 | 130 | 3,103 | 98.2 | 95.8 | 97.9 | 85.3 | 100.0 | 96.0 |
| 3年 度 | 4,316 | 591 | 4,907 | 796 | 241 | 5,944 | 97.7 | 97.5 | 97.7 | 85.7 | 94.9 | 95.8 |
| 4年度上期 | 2,153 | 253 | 2,406 | 372 | 115 | 2,893 | 103.0 | 94.4 | 102.0 | 100.0 | 103.6 | 101.8 |
| 4年度下期 | 2,406 | 315 | 2,721 | 369 | 126 | 3,216 | 108.1 | 97.5 | 106.7 | 87.0 | 96.9 | 103.6 |
| 4年 度 | 4,559 | 568 | 5,127 | 741 | 241 | 6,109 | 105.6 | 96.1 | 104.5 | 93.1 | 100.0 | 102.8 |
| 5年度上期 | 2,022 | 265 | 2,287 | 404 | 112 | 2,803 | 93.9 | 104.7 | 95.1 | 108.6 | 97.4 | 96.9 |
| 5年度下期 | 2,315 | 336 | 2,651 | 456 | 126 | 3,233 | 96.2 | 106.7 | 97.4 | 123.6 | 100.0 | 100.5 |
| 5年 度 | 4,337 | 601 | 4,938 | 860 | 238 | 6,036 | 95.1 | 105.8 | 96.3 | 116.1 | 98.8 | 98.8 |
| 6年度上期 | 1,939 | 257 | 2,196 | 455 | 110 | 2,761 | 95.9 | 97.0 | 96.0 | 112.6 | 98.2 | 98.5 |
| 10月 | 370 | 57 | 427 | 72 | 21 | 520 | 91.4 | 79.2 | 89.5 | 112.5 | 95.5 | 92.4 |
| 11月 | 405 | 55 | 460 | 85 | 24 | 569 | 99.3 | 96.5 | 98.9 | 121.4 | 100.0 | 101.8 |
| 12月 | 390 | 33 | 423 | 94 | 19 | 536 | 94.7 | 60.0 | 90.6 | 114.6 | 95.0 | 94.2 |
| 10~12月 | 1,165 | 145 | 1,310 | 251 | 64 | 1,625 | 95.2 | 78.4 | 93.0 | 116.2 | 97.0 | 96.1 |
| 7. 1月 | 204 | 50 | 254 | 87 | 18 | 359 | 95.8 | 94.3 | 95.5 | 117.6 | 94.7 | 100.0 |
| 2月 | 297 | 15 | 312 | 89 | 19 | 420 | 104.6 | 27.3 | 92.0 | 107.2 | 100.0 | 95.2 |
| 3月 | 528 | 37 | 565 | 86 | 19 | 670 | 88.8 | 84.7 | 88.6 | 103.7 | 92.8 | 90.4 |
| 1~3月 | 1,029 | 102 | 1,131 | 262 | 56 | 1,449 | 94.3 | 67.1 | 91.0 | 109.2 | 94.9 | 94.0 |
| 6年度下期 | 2,194 | 247 | 2,441 | 513 | 120 | 3,074 | 94.8 | 73.5 | 92.1 | 112.5 | 95.2 | 95.1 |
| 6年 度 | 4,133 | 504 | 4,637 | 968 | 230 | 5,835 | 95.3 | 83.9 | 93.9 | 112.6 | 96.6 | 96.7 |
| 7. 4月 | 341 | 37 | 378 | 86 | 17 | 481 | 87.6 | 209.4 | 92.9 | 99.6 | 98.1 | 94.3 |
| 5月 | 251 | 7 | 258 | 72 | 15 | 345 | 92.7 | 20.6 | 84.9 | 118.0 | 86.9 | 90.0 |
| 6月 | 258 | 78 | 336 | 67 | 17 | 420 | 80.4 | 185.7 | 92.6 | 100.0 | 85.0 | 93.3 |
| 4~6月 | 850 | 122 | 972 | 225 | 49 | 1,246 | 86.8 | 128.4 | 90.5 | 105.1 | 89.1 | 92.8 |
| 7月 | 304 | 49 | 353 | 66 | 16 | 435 | 84.9 | 62.8 | 81.0 | 85.7 | 84.2 | 81.8 |
| 8月 | 304 | 47 | 351 | 82 | 17 | 450 | 99.7 | 335.7 | 110.0 | 98.8 | 94.4 | 107.1 |
| 9月 | 337 | 38 | 375 | 95 | 19 | 489 | 114.2 | 53.5 | 102.5 | 117.3 | 100.0 | 104.9 |
| 7~9月 | 945 | 134 | 1,079 | 243 | 52 | 1,374 | 98.6 | 82.2 | 96.3 | 100.8 | 92.9 | 96.9 |
| 7年度上期 | 1,795 | 256 | 2,051 | 468 | 101 | 2,620 | 92.6 | 99.6 | 93.4 | 102.9 | 91.8 | 94.9 |
| 10月 | 353 | 51 | 404 | 87 | 22 | 513 | 95.4 | 89.5 | 94.6 | 120.8 | 104.8 | 98.7 |
| 11月 | 385 | 44 | 429 | 89 | 24 | 542 | 95.1 | 80.0 | 93.3 | 104.7 | 100.0 | 95.3 |
| 12月 | 392 | 50 | 442 | 96 | 20 | 558 | 100.5 | 151.5 | 104.5 | 102.1 | 105.3 | 104.1 |
| 10~12月 | 1,130 | 145 | 1,275 | 272 | 66 | 1,613 | 97.0 | 100.0 | 97.3 | 108.4 | 103.1 | 99.3 |
| 8. 1月 | 202 | 51 | 253 | 75 | 19 | 347 | 99.0 | 102.0 | 99.6 | 86.2 | 105.6 | 96.7 |
| 2月 | 295 | 42 | 337 | 77 | 22 | 436 | 99.3 | 280.0 | 108.0 | 86.5 | 115.8 | 103.8 |

- [注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 8年2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、ブ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-(ブ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。

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況

(単位: 1,000kl, %)

| 原油名 | アラビアンヘビー | | イラニアンヘビー | | クウェート | | カフジ | | 小計 | | 総輸入量 | | |
|--------|----------|--------|----------|--------|-------|--------|-----|--------|-----|--------|------|---------|-------|
| 年度 | 項目 | 数量 | 構成比 | 数量 | 構成比 | 数量 | 構成比 | 数量 | 構成比 | 数量 | 構成比 | 数量 | 構成比 |
| 57年 | | 16,429 | 7.7 | 8,259 | 3.8 | 3,115 | 1.4 | 7,893 | 3.7 | 35,696 | 16.6 | 214,685 | 100.0 |
| 58年 | | 15,061 | 10.3 | 13,238 | 9.0 | 3,375 | 2.3 | 9,892 | 6.8 | 41,566 | 28.4 | 146,543 | 100.0 |
| 59年 | | 11,761 | 7.8 | 8,866 | 5.2 | 2,728 | 1.8 | 10,210 | 6.8 | 32,465 | 21.6 | 150,606 | 100.0 |
| 60年 | | 10,454 | 5.3 | 6,273 | 3.1 | 2,578 | 1.3 | 9,698 | 4.9 | 29,003 | 14.6 | 198,330 | 100.0 |
| 61年 | | 7,174 | 3.7 | 7,506 | 3.9 | 5,979 | 3.1 | 8,482 | 4.4 | 29,141 | 15.0 | 194,515 | 100.0 |
| 62年 | | 12,925 | 7.0 | 7,789 | 4.2 | 10,311 | 5.6 | 6,267 | 3.4 | 37,293 | 20.1 | 185,364 | 100.0 |
| 63年 | | 9,130 | 4.7 | 6,095 | 3.1 | 8,124 | 4.2 | 6,374 | 3.3 | 29,723 | 15.3 | 193,850 | 100.0 |
| 元年 | | 4,500 | 2.1 | 8,991 | 4.3 | 9,671 | 4.6 | 8,910 | 4.2 | 32,072 | 15.3 | 209,700 | 100.0 |
| 2年 | | 6,378 | 2.8 | 8,921 | 3.9 | 7,492 | 3.3 | 7,386 | 3.2 | 30,177 | 13.2 | 228,760 | 100.0 |
| 3年 | | 11,219 | 4.6 | 8,548 | 3.5 | 796 | 0.3 | 3,839 | 1.6 | 24,402 | 10.1 | 242,697 | 100.0 |
| 4年 | | 7,124 | 2.8 | 9,127 | 3.6 | 8,568 | 3.4 | 7,168 | 2.9 | 31,987 | 12.7 | 251,233 | 100.0 |
| 5年 | | 7,543 | 3.0 | 10,554 | 4.1 | 10,816 | 4.2 | 7,497 | 2.9 | 36,410 | 14.3 | 255,135 | 100.0 |
| 6年 | | 6,707 | 2.5 | 12,681 | 4.7 | 10,325 | 3.8 | 7,496 | 2.8 | 37,209 | 13.7 | 270,813 | 100.0 |
| 7年 | | 5,042 | 1.9 | 10,490 | 3.9 | 11,967 | 4.5 | 8,819 | 3.3 | 36,318 | 13.6 | 266,828 | 100.0 |
| 57年度 | | 14,888 | 7.2 | 8,849 | 4.3 | 1,865 | 0.9 | 8,126 | 3.9 | 33,728 | 16.3 | 207,395 | 100.0 |
| 58年度 | | 15,071 | 7.1 | 13,057 | 6.1 | 3,498 | 1.6 | 11,378 | 5.3 | 43,004 | 20.2 | 212,844 | 100.0 |
| 59年度 | | 13,447 | 6.3 | 6,422 | 3.0 | 5,130 | 2.4 | 10,385 | 4.9 | 35,384 | 16.6 | 212,911 | 100.0 |
| 60年度 | | 6,790 | 3.4 | 6,232 | 3.2 | 3,330 | 1.7 | 8,409 | 4.3 | 24,761 | 12.6 | 197,261 | 100.0 |
| 61年度 | | 6,422 | 3.4 | 7,636 | 4.1 | 5,990 | 3.2 | 8,952 | 4.8 | 29,000 | 15.5 | 187,516 | 100.0 |
| 62年度 | | 13,793 | 7.3 | 7,311 | 3.9 | 11,758 | 6.3 | 4,577 | 2.4 | 37,439 | 19.9 | 187,886 | 100.0 |
| 63年度 | | 7,619 | 3.8 | 6,406 | 3.2 | 7,126 | 3.6 | 8,259 | 4.1 | 29,410 | 14.7 | 199,756 | 100.0 |
| 元年度 | | 4,736 | 2.2 | 9,143 | 4.3 | 10,318 | 4.9 | 7,966 | 3.8 | 32,163 | 15.3 | 210,900 | 100.0 |
| 2年度 | | 8,209 | 3.4 | 9,787 | 4.1 | 4,522 | 1.9 | 6,417 | 2.7 | 28,935 | 12.1 | 238,480 | 100.0 |
| 3年度 | | 10,877 | 4.6 | 8,756 | 3.7 | 2,095 | 0.9 | 5,033 | 2.1 | 26,761 | 11.2 | 238,646 | 100.0 |
| 4年度 | | 6,534 | 2.6 | 8,411 | 3.3 | 10,004 | 3.9 | 7,551 | 3.0 | 32,500 | 12.7 | 255,667 | 100.0 |
| 5年度 | | 7,715 | 3.0 | 11,740 | 4.6 | 10,930 | 4.3 | 7,116 | 2.8 | 37,501 | 14.6 | 256,444 | 100.0 |
| 6年度 | | 6,015 | 2.2 | 12,773 | 4.7 | 10,218 | 3.7 | 7,645 | 2.8 | 36,660 | 13.4 | 273,651 | 100.0 |
| 7年度 | | 4,835 | 1.8 | 9,647 | 3.6 | 12,878 | 4.9 | 8,854 | 3.3 | 36,214 | 13.6 | 265,525 | 100.0 |
| 7年1月 | | 489 | 2.0 | 943 | 3.8 | 828 | 3.4 | 711 | 2.9 | 2,971 | 12.0 | 24,678 | 100.0 |
| 2月 | | 324 | 1.4 | 1,100 | 4.8 | 1,117 | 4.9 | 530 | 2.3 | 3,071 | 13.5 | 22,722 | 100.0 |
| 3月 | | 419 | 1.6 | 1,500 | 5.8 | 798 | 3.1 | 771 | 3.0 | 3,488 | 13.6 | 25,688 | 100.0 |
| 1~3月 | | 1,232 | 1.7 | 3,543 | 4.8 | 2,743 | 3.8 | 2,012 | 2.8 | 9,530 | 13.0 | 73,088 | 100.0 |
| 4月 | | 255 | 1.2 | 781 | 3.5 | 830 | 3.8 | 587 | 2.7 | 2,453 | 11.1 | 22,044 | 100.0 |
| 5月 | | 371 | 1.7 | 867 | 4.0 | 629 | 2.9 | 852 | 3.9 | 2,719 | 12.4 | 21,898 | 100.0 |
| 6月 | | 393 | 2.1 | 563 | 3.0 | 1,075 | 5.8 | 874 | 4.7 | 2,905 | 15.6 | 18,590 | 100.0 |
| 4~6月 | | 1,019 | 1.6 | 2,211 | 3.5 | 2,534 | 4.1 | 2,313 | 3.7 | 8,077 | 12.9 | 62,532 | 100.0 |
| 7月 | | 643 | 3.0 | 1,119 | 5.2 | 849 | 4.0 | 815 | 3.8 | 3,426 | 16.0 | 21,465 | 100.0 |
| 8月 | | 407 | 1.9 | 865 | 4.1 | 1,036 | 4.9 | 758 | 3.6 | 3,066 | 14.5 | 21,136 | 100.0 |
| 9月 | | 633 | 3.0 | 242 | 1.1 | 1,362 | 6.4 | 681 | 3.2 | 2,918 | 13.8 | 21,215 | 100.0 |
| 7~9月 | | 1,683 | 2.6 | 2,226 | 3.5 | 3,247 | 5.1 | 2,254 | 3.5 | 9,410 | 14.7 | 63,816 | 100.0 |
| 10月 | | 382 | 1.7 | 1,129 | 5.1 | 851 | 3.8 | 665 | 3.0 | 3,027 | 13.6 | 22,285 | 100.0 |
| 11月 | | 518 | 2.3 | 809 | 3.7 | 1,423 | 6.4 | 631 | 2.9 | 3,381 | 15.3 | 22,135 | 100.0 |
| 12月 | | 208 | 0.9 | 572 | 2.5 | 1,169 | 5.1 | 944 | 4.1 | 2,893 | 12.6 | 22,972 | 100.0 |
| 10~12月 | | 1,108 | 1.6 | 2,510 | 3.7 | 3,443 | 5.1 | 2,240 | 3.3 | 9,301 | 13.8 | 67,392 | 100.0 |
| 8年1月 | | 184 | 0.8 | 820 | 3.5 | 1,273 | 5.4 | 627 | 2.7 | 2,904 | 12.4 | 23,454 | 100.0 |
| 2月 | | 343 | 1.5 | 928 | 4.1 | 1,203 | 5.4 | 619 | 2.8 | 3,093 | 13.8 | 22,393 | 100.0 |
| 3月 | | 498 | 1.9 | 952 | 3.7 | 1,178 | 4.5 | 801 | 3.1 | 3,429 | 13.2 | 25,938 | 100.0 |
| 1~3月 | | 1,025 | 1.4 | 2,700 | 3.8 | 3,654 | 5.1 | 2,047 | 2.9 | 9,426 | 13.1 | 71,785 | 100.0 |

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 8年3月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社 名 | 住 所 | 電 話 |
|--------------|---------------------|----------------|
| [メーカー] | | |
| 出光興産株式会社 | (100) 千代田区丸の内3-1-1 | 03 (3213) 3134 |
| エッソ石油株式会社 | (107) 港区赤坂5-3-3 | 03 (3585) 9438 |
| 鹿島石油株式会社 | (102) 千代田区紀尾井町3-6 | 03 (5276) 9556 |
| キグナス石油株式会社 | (104) 中央区八重洲2-8-1 | 03 (3276) 5211 |
| キグナス石油精製株式会社 | (210) 川崎市川崎区浮島町3-1 | 044 (288) 8445 |
| 九州石油株式会社 | (100) 千代田区内幸町2-1-1 | 03 (5512) 8606 |
| 極東石油工業株式会社 | (100) 千代田区大手町1-7-2 | 03 (3270) 0841 |
| 興亜石油株式会社 | (100) 千代田区大手町2-6-2 | 03 (3241) 8631 |
| コスモ石油株式会社 | (105) 港区芝浦1-1-1 | 03 (3798) 3874 |
| 三共油化工業株式会社 | (105) 港区新橋1-7-11 | 03 (5568) 6411 |
| 株式会社ジャパンエナジー | (105) 港区虎ノ門2-10-1 | 03 (5573) 6000 |
| 昭和シェル石油株式会社 | (100) 千代田区霞が関3-2-5 | 03 (3503) 4076 |
| 昭和四日市石油株式会社 | (510) 四日市市塩浜町1 | 0593 (45) 2111 |
| 西部石油株式会社 | (100) 千代田区丸の内1-2-1 | 03 (3215) 3081 |
| ゼネラル石油株式会社 | (105) 港区海岸1-16-1 | 03 (5403) 3433 |
| 東燃株式会社 | (100) 千代田区一ツ橋1-1-1 | 03 (3286) 5111 |
| 東北石油株式会社 | (985) 仙台市宮城野区港5-1-1 | 022 (363) 1122 |
| 日本石油株式会社 | (105) 港区西新橋1-3-12 | 03 (3502) 1111 |
| 日本石油精製株式会社 | (105) 港区西新橋1-3-12 | 03 (3502) 1111 |
| 富士興産株式会社 | (100) 千代田区永田町2-4-3 | 03 (3580) 3571 |
| 富士石油株式会社 | (104) 中央区明石町8-1 | 03 (3547) 0011 |
| 三井石油株式会社 | (101) 千代田区霞が関3-3-2 | 03 (5512) 3605 |
| 三菱石油株式会社 | (108) 港区港南1-6-41 | 03 (3472) 7883 |
| モービル石油株式会社 | (100) 千代田区大手町1-7-2 | 03 (3244) 4691 |

[ディーラー]

● 北海道

| | | | |
|-------------------|-------------------------|----------------|-----|
| コスモアスファルト(株) 札幌支店 | (060) 札幌市中央区大通り西10-4 | 011 (281) 3906 | コスモ |
| 東光商事株式会社札幌営業所 | (060) 札幌市中央区南大通り西7-2 | 011 (241) 1561 | 三石 |
| 中西瀝青株式会社札幌営業所 | (060) 札幌市中央区北2条西2 | 011 (231) 2895 | 日石 |
| 株式会社南部商会札幌営業所 | (060) 札幌市中央区北2条西2-15 | 011 (231) 7587 | 日石 |
| 株式会社ロード資材 | (060) 札幌市中央区北1条西10-1-11 | 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 |
|-------------------|------------------------------|----------------|
| ● 東北 | | |
| 株式会社男鹿興業社 | (010-05) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2 | 0185 (23) 3293 |
| カメイ株式会社 | (980) 仙台市青葉区国分町3-1-18 | 022 (264) 6111 |
| コスマスアスファルト(株)仙台支店 | (980) 仙台市青葉区中央3-3-3 | 022 (266) 1101 |
| 正興産業株式会社仙台営業所 | (980) 仙台市青葉区国分町3-3-5 | 022 (263) 5951 |
| 竹中産業株式会社新潟営業所 | (950) 新潟市東大通1-4-2 | 025 (246) 2770 |
| 常盤商事株式会社仙台支店 | (980) 仙台市青葉区錦町1-10-11 | 022 (224) 1151 |
| 中西瀝青株式会社仙台営業所 | (980) 仙台市青葉区中央2-1-30 | 022 (223) 4866 |
| 株式会社南部商会仙台営業所 | (980) 仙台市青葉区一番町1-1-31 | 022 (223) 1011 |
| ミヤセキ株式会社 | (980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12 | 022 (257) 1231 |
| 菱油販売株式会社仙台支店 | (980) 仙台市青葉区国分町3-1-1 | 022 (225) 1491 |
| ● 関東 | | |
| 朝日産業株式会社 | (103) 中央区日本橋茅場町2-7-9 | 03 (3669) 7878 |
| アスファルト産業株式会社 | (104) 中央区八丁堀4-11-2 | 03 (3553) 3001 |
| 伊藤忠商事株式会社 | (107) 港区北青山2-5-1 | 03 (3497) 6548 |
| 伊藤忠燃料株式会社 | (153) 目黒区目黒1-24-12 | 03 (5436) 8211 |
| 梅本石油株式会社 | (162) 新宿区揚場町2-24 | 03 (3269) 7541 |
| エムシー・アスファルト株式会社 | (100) 千代田区内幸町1-3-3 | 03 (5251) 2060 |
| 株式会社木畠商会 | (104) 中央区八丁堀4-2-2 | 03 (3552) 3191 |
| 共立石油株式会社 | (107) 港区元赤坂1-7-8 | 03 (3796) 6640 |
| 株式会社ケイエム商運 | (103) 中央区八重洲1-8-5 | 03 (3245) 1631 |
| コスマスアスファルト株式会社 | (104) 中央区八丁堀3-3-5 | 03 (3551) 8011 |
| 国光商事株式会社 | (164) 中野区東中野1-7-1 | 03 (3363) 8231 |
| 株式会社澤田商行関東支店 | (104) 中央区入船町1-7-2 | 03 (3551) 7131 |
| 三徳商事株式会社東京支店 | (101) 千代田区神田紺屋町11 | 03 (3254) 9291 |
| 新日本商事株式会社 | (170) 豊島区南大塚3-32-10 | 03 (5391) 4870 |
| 住商石油アスファルト株式会社 | (105) 港区浜松町2-3-31 | 03 (3578) 9521 |
| 竹中産業株式会社 | (101) 千代田区鍛冶町1-5-5 | 03 (3251) 0185 |
| 中央石油株式会社 | (160) 新宿区新宿1-14-5 | 03 (3356) 8061 |
| 株式会社トーアス | (153) 目黒区目黒1-24-12 | 03 (5436) 8250 |
| 東京富士興産販売株式会社 | (100) 千代田区永田町2-4-2 | 03 (3591) 3401 |
| 東京レキセイ株式会社 | (150) 渋谷区恵比寿西1-9-12 | 03 (3496) 8691 |
| 東光商事株式会社 | (104) 中央区京橋2-1-4 | 03 (3274) 2751 |
| 東新エナジー株式会社 | (103) 中央区日本橋2-13-10 | 03 (3273) 3551 |
| 株式会社トーメン | (107) 港区赤坂2-14-27 | 03 (3588) 7955 |
| 東洋国際石油株式会社 | (104) 中央区八丁堀3-3-5 | 03 (3552) 8151 |
| 中西瀝青株式会社 | (103) 中央区八重洲1-2-1 | 03 (3272) 3471 |
| 株式会社南部商会 | (100) 千代田区丸の内3-4-2 | 03 (3213) 5871 |
| 日石丸紅株式会社 | (105) 港区西新橋2-4-2 | 03 (5251) 0777 |
| 日東商事株式会社 | (170) 豊島区巣鴨4-22-23 | 03 (3915) 7151 |
| 日東石油株式会社 | (104) 中央区八丁堀1-11-3 | 03 (3551) 6101 |
| パシフィック石油商事株式会社 | (103) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2 | 03 (3661) 4951 |
| 富士興産アスファルト株式会社 | (100) 千代田区永田町2-4-2 | 03 (3580) 5211 |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社名 | 住所 | 電話 | |
|-----------------------|-------------------------|---------------|-------|
| 富士鉱油株式会社 | (105) 港区新橋4-26-5 | 03(3432) 2891 | コスモ |
| 富士油業株式会社東京支店 | (106) 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) 千代田区神田駿河台2-2 | 03(3293) 4171 | モービル |
| ユニ石油株式会社 | (107) 港区元赤坂1-7-8 | 03(3796) 6616 | 昭和シェル |
| 菱東商事株式会社 | (105) 港区新橋2-19-10 | 03(3573) 3880 | 三石 |
| 菱油販売株式会社 | (160) 新宿区西新宿1-20-2 | 03(3345) 8205 | 三石 |
| 瀧青販売株式会社 | (103) 中央区日本橋2-16-3 | 03(3271) 7691 | 出光 |
| ● 中部 | | | |
| コスモアスファルト(株)名古屋支店 | (460) 名古屋市中区錦2-14-21 | 052(223) 0711 | コスモ |
| 株式会社澤田商行 | (454) 名古屋市中川区富川町1-1 | 052(353) 5111 | コスモ |
| 三徳商事株式会社静岡支店 | (420) 静岡市伝馬町5-3 | 054(255) 2588 | 昭和シェル |
| 三徳商事株式会社名古屋支店 | (453) 名古屋市中村区則武1-10-6 | 052(452) 2781 | 昭和シェル |
| 株式会社三油商会 | (460) 名古屋市中区丸の内2-1-5 | 052(231) 7721 | コスモ |
| 静岡鉱油株式会社 | (424) 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 | (910) 福井市大手2-4-26 | 0766(22) 1565 | 昭和シェル |
| 株式会社田中石油店 | (910) 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) 富山市若竹町3-74-4 | 0764(29) 2298 | 昭和シェル |
| 中西瀧青株式会社名古屋営業所 | (460) 名古屋市中区錦町1-20-6 | 052(211) 5011 | 日石 |
| 松村物産株式会社 | (920) 金沢市広岡2-1-27 | 0762(21) 6121 | 三石 |
| 丸福石油産業株式会社 | (933) 高岡市美幸町2-1-28 | 0766(22) 2860 | 昭和シェル |
| ● 近畿 | | | |
| 赤馬アスファルト工業株式会社 | (531) 大阪市北区中津3-10-4 | 06(374) 2271 | モービル |
| 飯野産業株式会社神戸営業所 | (650) 神戸市中央区海岸通り8 | 078(333) 2810 | JOMO |
| 大阪アスファルト株式会社 | (531) 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) 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) 岡山市富田町2-10-4 | 0862(33) 1500 | JOMO |
| コスモアスファルト(株)大阪支店 | (550) 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)広島支店 | (730) 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) 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) 姫路市北条口4-26 | 0792(26) 2611 | JOMO |
| 信和興業株式会社 | (700) 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) 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) 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 | (711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12 | 0864(73) 0350 | 富士興産 |
| 千代田瀧青株式会社 | (530) 大阪市北区東天満2-10-17 | 06(358) 5531 | 三石 |
| ドーロ商事株式会社 | (542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11 | 06(252) 5856 | 富士興産 |
| 中西瀧青株式会社大阪営業所 | (530) 大阪市北区西天満3-13-3 | 06(316) 0312 | 日石 |
| 株式会社ナカムラ | (670) 姫路市国府寺町72 | 0792(85) 2551 | JOMO |
| 富士アスファルト販売株式会社 | (550) 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) 小野田市稻荷町6539 | 0836(83) 3210 | 昭和シェル |
| 平和石油株式会社 | (530) 大阪市北区中之島3-6-32 | 06(443) 2771 | 昭和シェル |
| 株式会社松宮物産 | (522) 彦根市幸町32 | 0749(23) 1608 | 昭和シェル |
| 丸和鉱油株式会社 | (532) 大阪市淀川区塚本2-14-17 | 06(301) 8073 | 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 | |
|------------------|--------------------------|----------------|---------|
| 横田瀝青興業株式会社 | (672) 姫路市飾磨区南細江995 | 0792 (33) 0555 | J O M O |
| 株式会社菱芳礦産 | (672-11) 姫路市広畠区西夢前台7-140 | 0792 (39) 1344 | J O M O |
| ● 四国・九州 | | | |
| 伊藤忠燃料株式会社九州支社 | (812) 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) 鹿児島市新栄町15-7 | 0992 (56) 4111 | J O M O |
| 株式会社カンド | (892) 鹿児島市住吉町1-3 | 0992 (24) 5111 | 昭和シェル |
| 株式会社九菱 | (805) 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) 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) 徳島市万代町5-8 | 0886 (53) 5131 | 富士興産 |
| サンヨウ株式会社 | (815) 福岡市南区玉川町4-30 | 092 (541) 7615 | 富士興産 |
| 中西瀝青株式会社福岡営業所 | (810) 福岡市中央区天神4-1-18 | 092 (771) 6881 | 日石 |
| 株式会社南部商会福岡営業所 | (810) 福岡市中央区天神3-4-8 | 092 (721) 4838 | 日石 |
| 西岡商事株式会社 | (764) 仲多度郡多度津町家中3-1 | 0877 (33) 1001 | 三石 |
| 畑礦油株式会社 | (804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40 | 093 (871) 3625 | コスモ |
| 平和石油株式会社高松支店 | (760) 高松市番町5-6-26 | 0878 (31) 7255 | 昭和シェル |
| 丸菱株式会社 | (812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22 | 092 (431) 7561 | 昭和シェル |

[賛助会員]

岡谷鋼機株式会社東京本店 (163-10) 新宿区西新宿3-7-1 03 (5323) 3202

| 編集顧問 | | 編集委員 | |
|------|------------|------------|--|
| 多田宏行 | 委員長：河野 宏 | 副委員長：真柴 和昌 | |
| 藤井治芳 | 阿部忠行 板垣和芳 | 七五三野茂 半野久光 | |
| 松野三朗 | 荒井孝雄 菅野善朗 | 田井文夫 姫野賢治 | |
| | 安崎 裕 栗谷川裕造 | 野村敏明 室賀五郎 | |
| | 池田拓哉 小島逸平 | 折井進吾 森永教夫 | |

アスファルト 第188号

平成8年7月発行

社団法人 日本アスファルト協会

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

Vol.39 No.188 JULY 1996

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**