

# アスファルト

第15巻 第88号 昭和47年12月発行

## ASPHALT

88

社団法人 日本アスファルト協会

# ASPHALT

第 88 号

目 次

首都高速道路の舗装補修工法	田中 幸夫	2
アスファルト表層のスティフネスと レオロジイ特性 —その2—	間山 正一 北郷 新平	10
☆アスファルトの話・シリーズ その5☆ 特殊アスファルトについて		22
フルテブスで救済処置		20
アスファルトゼミナール(仙台)開催のお知らせ		19
昭和47年度需給見通しの改訂		28
☆軽舗装分科会の設置☆ ☆☆書評☆☆		29

## 読者の皆様へ

“アスファルト” 第88号、只今お手許にお届け申し上げました。

本誌は当協会がアスファルトの品質改善を目指して需要家筋の皆様と生産者側との技術の交流を果し、より一層優れたアスファルトをもって、皆様方の御便宜を図ろうと考え、発行致しているものであります。

本誌が皆様の需要面における有力な参考資料となることを祈りつつ今後の御愛読をお願い致します。

社団法人 日本アスファルト協会

会長 石渡 健二

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12 和孝第10ビル  
TEL 03-502-3956

## ☆編集委員☆

(50音順)	多田 宏行
石動谷英二	南雲 貞夫
印田 俊彦	萩原 浩
牛尾 俊介	原 韶哉
加藤兼次郎	真柴 和昌
木畑 清	増永 緑
高見 博	松野 三朗

本誌広告一手取扱

株式会社 広業社

東京都中央区銀座 8 の 2 の 9

TEL 東京 (571) 0997(代)

# ASPHALT

Vol. 15 No. 88

DECEMBER 1972

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

# 首都高速道路の舗装補修工法 主として橋面舗装の剥ぎとり打替えについて

田中 幸夫

## 1. まえがき

首都高速道路は現在、供用延長約 100kmに達しておりその約80%が高架構造からなり、橋面舗装は、標準的には基層 5 cm, 表層 3 cm, 計 8 cm のアスファルトコンクリート舗装からなっている。

昭和37年に一部供用開始以来、すでに場所によっては9年を経過しており、年々激増する通行車輛と重量車の増加等、苛酷な交通条件に晒されている。

当公団では、通行車輛の安全と快適な走行性を保持し橋面舗装を良好に維持するため、いかにして管理し、ま

P.1318付近下り線

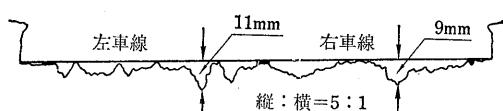


図-1 舗装のすべり状況

た補修するか、その手法について、ここ数年、建設省はじめ関係各方面のご指導ご協力のもとに、次のような調査・研究・実験を重ねてきた。

- (A) 高架橋面舗装の現況調査
- (B) 高架橋面舗装の維持補修基準の作成
- (C) 高架橋面舗装の補修工法の選定および工業用機械の研究開発

本稿は、これらの研究調査の概要と、これらをもとにして実際施工した補修工事の概要を施工面から記述したものであるが、特に(C)項にあげた補修用に新たに研究開発された施工機械と、その稼働の状況や仕様等について、実際の施工を通じてまとめてみた。

## 2. 高架橋面舗装の破損の状況

路面を維持管理するためには、その実態を確実に把握し、実状に合った適切な工法で処置することが必要であると考え、昭和44年から全線にわたって大規模な主観調査と客観調査を各方面の協力のもとに実施した。

その結果については別に発表しているが、その中の破損の状況を見ると、一般道路の破損に見られるようなたわみに起因する「ひびわれ」現象はほとんど見られず、重交通による表層混合物の摩耗、あるいは剥脱、飛散によるフレッティング (Fretting) 破損が多く、その他、部分的にブリージング等による変形破損が見られたが、そのほとんどは前者であった。

特に損傷を受けていたのは、勾配区間、曲線区間に施工した開粒型のアスファルト混合物で、これは冬期のタイヤチェーンによる被害が相当あったものと考えられる。

図-1は、路面のすりへり状態の横断方向の実測図の一例を示したもので、これは供用後6年目の1号羽田線

写真-1 Fretting破壊の状況

のものである。

次に混合物の剥脱飛散による Fretting 破損の典型的なものを写真-1 に示した。これも供用後 6 年目の 4 号新宿線のものである。

### 3. 補修に対する考え方

舗装のもっとも大切な機能は自動車交通に対する快適性を維持することである。建設時に良好な性状を示していた橋面舗装も、走行車輌の通過量の増大に伴い順次、損傷を受けて破壊し、次第に当初の平坦性は失われ、自動車交通に対する快適性も失われていく。

これが、ある限界に達した時、なんらかの補修を加えて平坦性を回復し、走行車輌の快適性を確保する必要が生じてくる。この補修の時期・方法については、道路を管理する立場からみた舗装の耐用性や、走行車輌に与える乗り心地の良し悪しから設定する必要がある。

現在 1 日平均 50 万台を越す交通量の首都高速道路で大規模な舗装補修を実施するには、工事中の交通規制が大きな制約となるが、これについては今まで深夜一車線制限による方法と、工事路線の一定区間を全面ストップして、大型施工機械を大量に投入し、短かい日時で施工する方法の 2 つを取ってきた。

一車線規制の方式は、作業帯のすぐそばを走行車輌が通過するため、利用者側も工事施工者側も危険性が高かったが、規制そのものが手軽に出来るため普通一般に採用されている。

全面規制による大規模補修工事は昭和 44 年秋と昭和 45 年夏の 2 回、1 号羽田線等で実施した。

これは短期間に大型機械を大量に投入し、1 日当たりの施工量を大きくし、施工性を高めたが、交通止に対する利用者への広報に多大の日時と費用を要したほか、有形無形の制約が非常に多かった。

次に補修工法についての基本的な考え方は、

① 経年変化によります最初に損傷が目立ち始めた段階で表面処理を実施する。② さらに損傷の度合が進むと、15 ~ 20mm 厚の薄層オーバーレイを実施する。

しかしこの薄層オーバーレイの寿命も約 1 年で、さらに再度のオーバーレイは高架構造上不可能であり、表層を 3 ~ 5cm 剥ぎ取ってオーバーレイを行うか、または全体の舗装を剥ぎ取って再度、基層と表層を施工する方式を考えている。これらの関係を図-2 に示す。(この図表そのものは一つの考え方を示したものである)

### 4. 表面処理工について

一般に表面処理という言葉は、1 インチ以下の厚さのものを指すようだが、当公団では、瀝青材料等を散布し

図-2 供用性基準と補修工法区分の関係

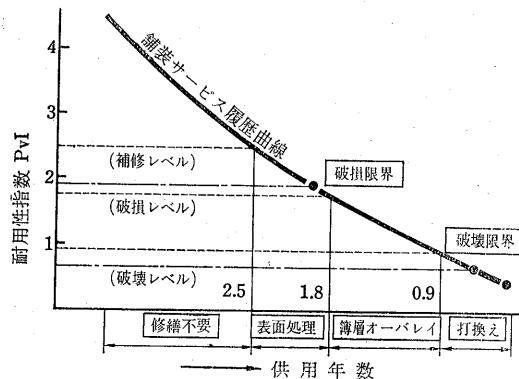
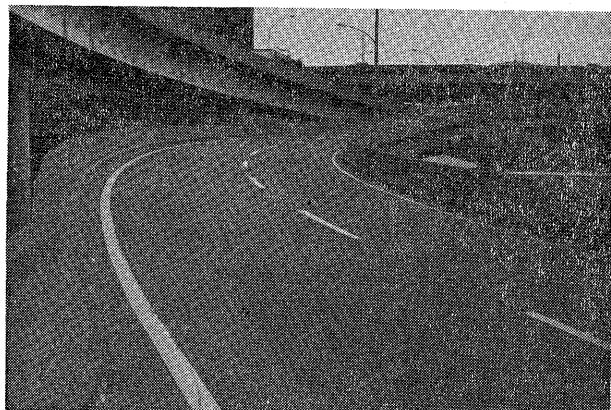


写真-2 ダカビットで補修した路面 (1 年経過)



細骨材で覆う程度のものを表面処理と称している。

首都高速では早期の補修の方法として、ダカビットによる表面処理を昭和 46 年度に約 60,000m<sup>2</sup> 実施した。これは主として空隙率の大きな粗粒、または開粒型のアスコングを表層に使用した部分に使って効果を上げている。

この方法では特に交通上の制約も少なく、使用材料の選択に注意し、入念に施工すれば工法も簡単で、且つ単価も安く、当初心配した路面のスリップについても被膜が薄いため特に問題は起らなかった。(写真-2)

このほか、路面のすべり摩擦の低下によるスリップ事故対策の一環として、昭和 47 年シェルグリップ、ジェミロード等の樹脂系材料による表面処理を 7,000m<sup>2</sup> 施工した。

これは時季的に 11 月末にかかり、外気温度も低下して施工条件が悪かった上、すぐ冬季に入りタイヤチェーンでたたかれたこともあり、写真-3 のように部分的に剥離してしまった。しかし、滑り止め工法としては、充分注意して施工すれば有効な方法と考え、昭和 47 年夏、約 20,000m<sup>2</sup> 実施した。これは目的が違うが工費的には非常に高くつく。

ダカビットによる表面処理は、初期の補修工法として

諸々の条件を配慮して実施すれば、価格が安く有効な方法と考えられる。

### 5. 薄層のオーバーレイについて

薄層のオーバーレイについては、すでに各社が材料、工法を開発研究し、各方面でその施工例も多く、当公団の施工の実態についてもすでに発表しているので、以下実績を記すと次のようである。

昭和44年度	4,200m <sup>3</sup>	デックシール
	37,500m <sup>3</sup>	シンカーペット
昭和45年度	35,500m <sup>3</sup>	シンカーペット
	48,800m <sup>3</sup>	デックシール
	78,700m <sup>3</sup>	タピサブル

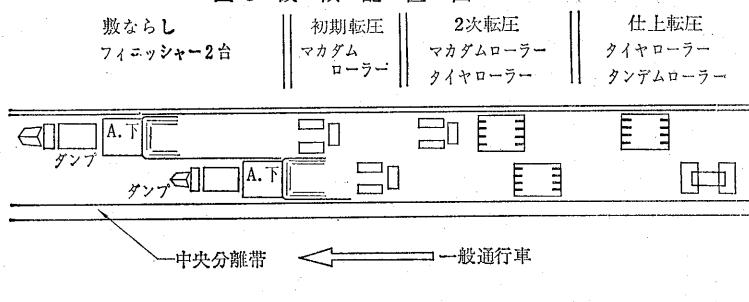
施工に当っては全面交通を止めて、短日時に実施したため、交通止をする時季、1日当たりの作業量と機械の配備は、関係者間で充分協議し実施にふみきった。

その機械配置は図-3のとおりで、1作業単位(1晩)のタイムスケジュールは図-4のとおりであった。

しかし前にも述べたように、1.5cm厚程度のオーバーレイの寿命は、せいぜい2年が限度であり、とくに路線の性質上、全面通行止めが困難な路線もあった。

この工法はあくまでも応急的なもので、最終的には、剥

図-3 機械配置図



ぎ取って打ち替えをする以外に根本的な解決策はない。

### 6. 補装の剥ぎ取りについて

表面処理や薄層オーバーレイで、ある程度舗装の寿命は伸ばすことが出来るが、構造上オーバーレイの積み重ねは不可能であり、破壊限界に達した舗装面は、いずれ剥ぎ取って新しく舗設替えする必要が生じる。

今まで部分的な手直し等に剥ぎ取った実績はあるが、大規模な剥ぎ取り・舗設替えを実施する方法・機械の開発を急がねばならなくなつた。

このため首都高速道路公団では、昭和46年6月、中央管理局の技術部門が中心となって関係者で委員会を組織し、舗装業者・機械メーカーの協力のもとに活動を開始した。

#### 6-1 委員会での検討事項とその経過

まず、委員会では、

##### A). 従来の補修方法の再点検

- a). 老化した舗装面の表面処理方法の検討
- b). 薄層オーバーレイの傷み始めた部分の補修方法の検討

##### B). 既設舗装の剥ぎ取り方法の検討

- a). 諸外国の剥ぎ取り方法についての工法、実態の資料の収集と調査
- b). 剥ぎ取り深さ、面積等、施工規模の検討
- c). b)とマッチした施工機械の開発研究
- d). 既存の施工機械を改良したものによる施工実験

##### C). 施工を実際に実行する舗装会社、機械を製作する機械会社から各々研究委員を選任し、これらのメンバーの協力のもとに、公団の目的に合った工法を早急に方向づける。

以上のような項目を軸として、直ちに作業にかかった。

本項では、以下C) 項について具体的に述べることとする。

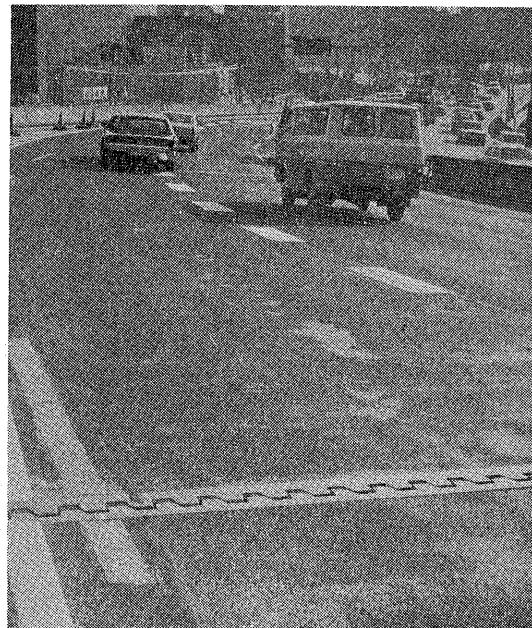
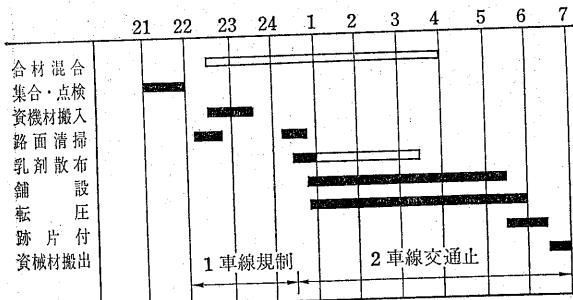


写真-3 ダカビット、ジェミロード等ですべり止め処理した路面がタイヤチェーン等で剥げた状態

図-4 タイムスケジュール



幸い、このB) 項の剥ぎ取り工法についても、各舗装会社とタイアップしている材料メーカーから、全面的な賛同が得られ、直ちに機械の研究開発が進められ製作に入っていたいただき、さらに専門的な立場か極めて適切な助言や、資料等の提供をうけることができた。

そして昭和46年7月からは、加熱方式の実験が開始され、同年9月には、新しく試作した常温方式の機械も、試運転するはこびとなった。

#### 6-2 舗装面の剥ぎ取り方式と機械について

従来、破壊限界に達した路面は、深夜、ブレーカーやリッパー等によって、既設舗装を床版面まで全面剥ぎ取ってきた。しかし、この方法では一晩当りの作業量も少く、加えて深夜にわたって騒音を発する工事は、当公団のような都市内道路では公害防止の点からも実施困難となつた。

従つて、これらの欠点を除いた工法として考えられるものは、次のようなものである。

- 在来舗装面を加熱して軟化、または溶解したところをグレーダー等で鋤き取り、整正の上、舗設する。
- 直接、在来舗装面を機械力で削り取り、整正の上、舗設する。
- その他、薬剤等で舗装面を化学的に処理して、整正の上、舗設する。

上記の3つのうち、公団ではA), B)の2方法について各社に検討を依頼した。

#### 6-3 加熱剥ぎ取り方法について

この方法は、すでに建設省でも不陸整正等に採用し実際稼働しており、今回の調査でもアメリカをはじめカナダ、イギリス等ではすでに路面の剥ば取り打替えを、この方式で実施していることがわかった。

従つて、今回も興国道路(株)と世紀建設工業(株)はこの方式を採用した。

#### 興国道路(株)の剥ぎ取り作業について

この会社の機械は、米国エトナイヤー社製のヒーター(Pave-R-shaver)を台車に装備し、これを連続低速運動の可能なドイツ・ベンツ社製のユニモク 406型(万能作業車)で牽引し、路面を連続加熱しながら毎分1m程度の速度で作業を行うものである。写真-4は、首都高速5号池袋線で実施した補修工事の状況である。

写真-5は、牽引に使ったユニモク 406型車で荷台にはヒーター用燃料タンク 7,500kg入りのL.P.Gボンベ2本を搭載している。この車種はメルセデス・ベンツOM 35Z、水冷直列6気筒4行程のディーゼルエンジンを装備し、出力 SAE 90 P S / 2,500 r.p.m. 20段の変速機を持ち、低速でも長時間運動が可能で、走行性もハンドルをロックすると極めて正確に直進走行が可能である。

写真-6は、ヒーターを搭載した台車のもので、ヒーターは左右に30cm、上下に35cm移動することができる。またこの台車は前輪はゴムタイヤだが、後輪は鉄輪になっており、耐熱性をもっている。また施工時の安定を保持するため手動ブレーキが装備されている。

写真-7はヒーター部分の大写しで、heater-foodは2.64m × 1.54m × 0.55mで5cm程度の耐火煉瓦で内装されている。バーナは1本当り500,000Kcal/時/本のもの

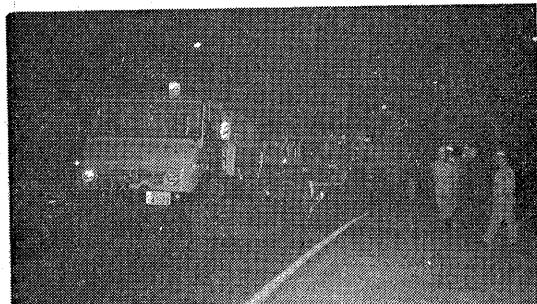


写真-4 ロードプレーニング機による補修工事



写真-5 ウニモク 406型車

写真-6 ヒーター塔積用台車



写真-7 ヒーター部分

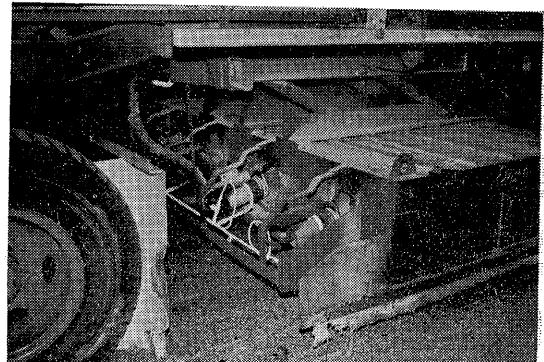
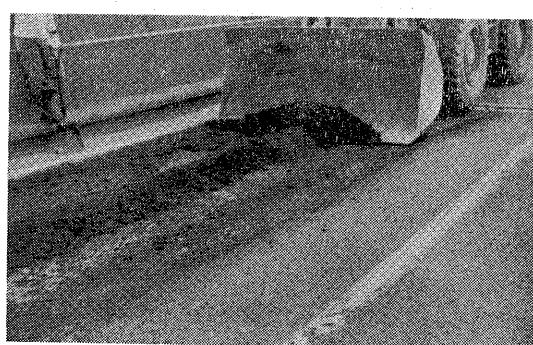


写真-8 LGZHモーターグレーダー改良型で軟らくなつた路面の剥ぎ取り作業



写真-9 切削されて中央に集った混合物をローダにより積み込み作業



が4本上向に噴射するようになっていて、これでフード内全体の温度を1,000°C内外に上げ、輻射熱と熱風で間接的に路面を100°C前後に上げながら毎分1m程度で進むようになっている。ヒーターで加熱しながら、切削低面(約3cm)が60°C程度になると写真-8にみるようなLGZH型モーターグレーダーに取り付けた開口角100°の特殊ブレードで削り取り、ウインドローを中心にして集める。廃材は今回5号線の補修工事では、写真-9のようローダーショベルでダンプに積み込んで搬出し切削作業を完了した。

#### 世紀建設(株)の剥ぎ取り作業について

同じ加熱方式であるが、路面を加熱するヒーターとしては、東洋内燃機工業(株)が舗装剥ぎ取り用に開発した大型赤外線バーナを装備したヒータープレーナーを使用し、これを川辺農研(株)製の小型トラクターで牽引しながら路面を連続加熱し、毎分1.0m程度の速度で作業を行なうものである。写真-10は、モーターブールで試運転中の作業機械群である。

牽引に使ったトラクターは、ヤンマー水冷ディーゼルエンジン9PS型を装備し、無段変速で0.25m~4.0m/分の低速度で連続走行が可能である。

ロードヒーターは、2.0m×2.5mの加熱体をもち台車に燃料タンクと一緒に積んでいる。

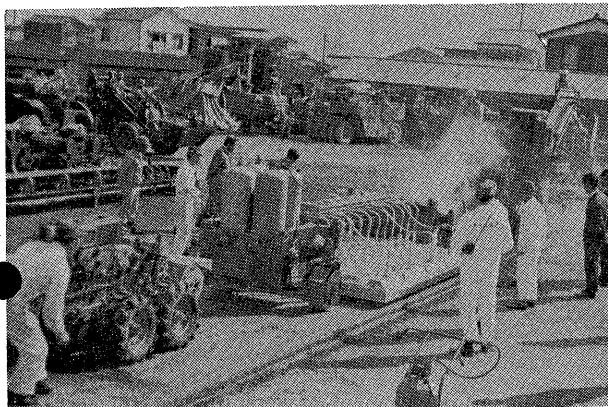
バーナーは、赤外線バーナーが14基取り付けられており、混合ガスを燃焼網より輻射燃焼させて、その炎で外側のスクリーンを加熱している。そして高温に加熱された外側のスクリーンと内側の燃焼網は赤熱して赤外線を発生し、お互いに熱干渉を生じ、効率よく輻射赤外線を出し、総熱量約500,000Kcalで路面を連続加熱する。

路面の加熱にもっとも有効な赤外線の波長は、実験の結果2.5~3.0μで、これをうるためには、燃焼体温度を700°C~890°Cの範囲に保ちながら、1.0m程度で進むと切削低面(約3cm)が60°C程度となる。

剥ぎ取り作業は、写真-11にみるような小型アスファルトフィニッシャーを造り替えたものである。前面に軟かくなつたアスファルト混合物を掘り起こすための廻転するScarifireと、そのすぐ後に整正用のブレードがつ

いている。鋤き取られた廃材はすぐ後に装備されたスクリューフィダーとバーフィダーで後方に送り出され、ベルトコンベヤーでダンプトラックに積み込まれる仕組みとなっている。↗

写真-10 機械工場で試運転中の剥ぎ取り機械群



#### 6—4 常温剥ぎ取り方法について

今回、この方法を採用したのは日本舗道（株）ならびに日本道路（株）で、いずれも大量路面剥ぎ取り用に機械を研究開発したものである。

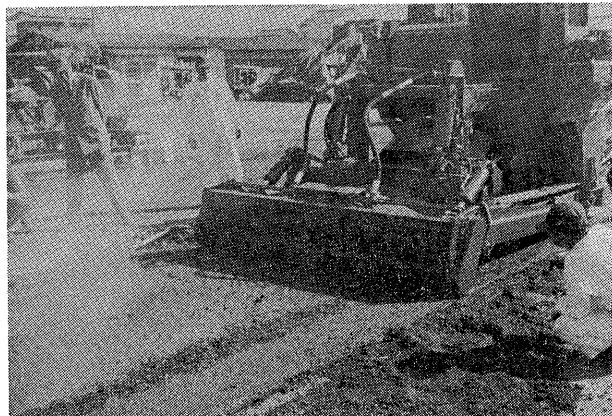
#### 日本舗道（株）の剥ぎ取り作業について

この会社の機械は、ロータリーカッターと名付けられ、モーターグレーダーに路面切削用の回転カッターを装備したものである。当初試作されたものは、小松製作所のGD37型に取り付けていたが、その後改良し大型化したものは、GD40型に取り付けている。

写真-12は、GD37型機の全景写真である。これは小松製作所製、水冷直列も6気筒4行程のディーゼルエンジンを装備し、定格出力102P S / 1,600r.p.mで、油圧駆動で走行するので、作業時は0~16.2m/分の低速連

／これら加熱型機械の作業能力は、特に気温に左右されるが、両社の機械とも11月頃の気温(10°C位)で100m<sup>3</sup>~150m<sup>3</sup>/時程度の施工が可能であった。

写真-11 路面剥ぎ取り機械



続運転が可能である。

路面切削装置は、写真-12のようにグレーダーの下部に装備され、油圧装置で上下、左右にシフトすることができる。ドラムカッターは本体後部に、別に油圧タンクと油圧ポンプを搭載し、油圧によってドラムカッターを駆動し、毎分80回程度回転しながら路面を削り取るようになっている。

ロータリーカッターは、径800mm、切削幅は1.0m、特殊鋼で出来た切削刃を66本取りつけてある。(写真-13)

D G 40型機(写真-14)は、さらに一まわり大型化しD G 37型機の不備な点を改良したもので、機械的な能力が大きくなつたほか、ドラムカッターの径は800mm、切削幅は1.5mになり、水タンクを搭載し、撒水装置を追加、防塵対策をそなえ切削刃も改良した。

切削深さは0~5cm程度まで自由に変えられるが、3cm程度が能率がよいようである。削り取られた廃材は、中央部に集め、写真-15にみるようなローダーでダンプトラックに連続的に積み込んで処理する。

スクリューローダーはアスファルトフィニッシャーを改良したもので、本来、路面を加熱軟化し剥ぎ取るために造ったものらしいが、今回はこれを積込機械として使っている。

その機構は、フィニッシャーの敷き均し作業を全く逆転したようなもので、これにベルトコンベヤーを2台連結し、左右各20°の旋回できる構造にしてあり、廃材は極めてスムースにスクリューで集められ、ベルコンで後方のダンプに一貫作業で、積み込まれるようになっていく。(写真-16)

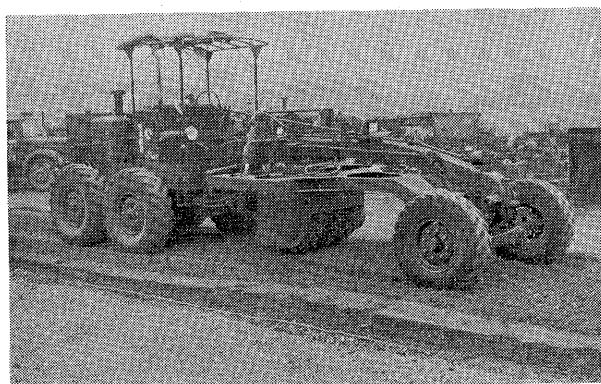


写真-12 GD37型ロータリーカッター

写真-13 GD 40型の切削刃

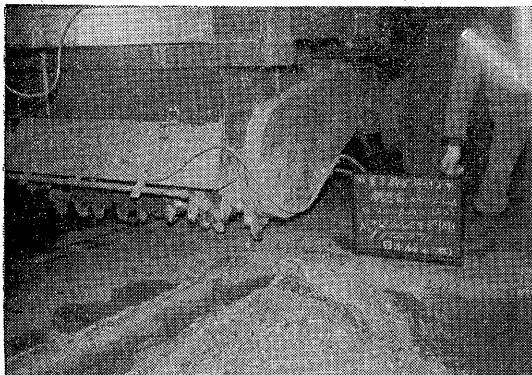


写真-14 作業中のGD 40型ロータリーカッター

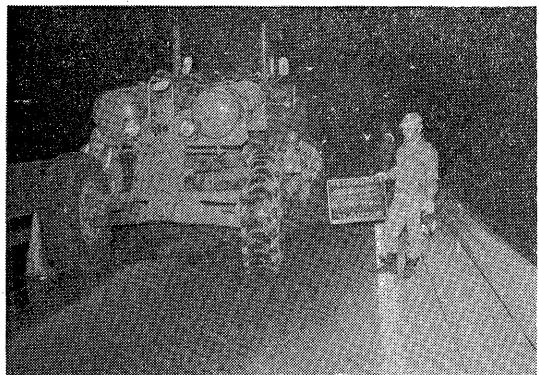


写真-15 廃材積み込み中のローダー

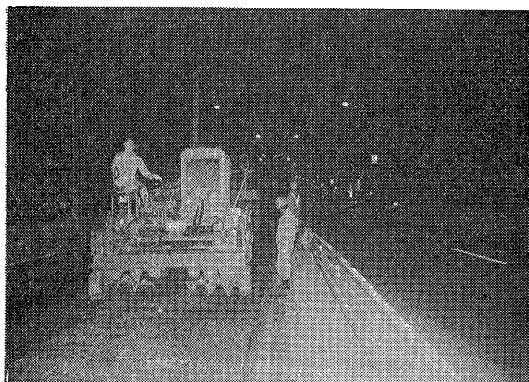
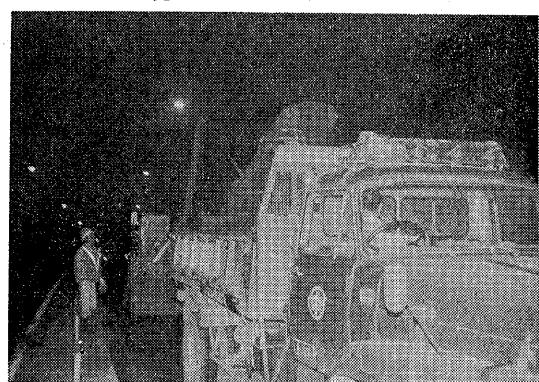


写真-16 廃材の積込み作業



本体には水冷6気筒4行程のディーゼルエンジンを搭載し、出力42PS/1,600r.p.m.走行は高速・低速切替えが可能である。積込能力は30ton/h程度である。

#### 日本道路（株）の剥ぎ取り作業について

この機械は、日本道路（株）と三井三池製作所が共同研究し開発したもので、ロードマスターと名づけられ、アスファルトフィニッシャーに路面切削用のドラムカッターを装備したものである。（写真-17）

エンジンは、いすゞ DA640TGA を搭載し、定格出力133PS/2,200r.p.m.、走行速度は0～10mと0～60mの2段になっており低速で連続運転が可能である。

路面切削装置は油圧で上下に調整できるドラムカッターをそなえ、油圧で駆動し、毎分100回程度回転しながら路面を削り取る仕組となっている。

ドラムカッターは、径610mm、切削幅は2.6m、切削の刃は特殊鋼で出来ており、その形状と配列は各種の研究結果にもとづき取りつけてある。写真-17に見えるタンクは撒水用のもので切削時水を吹きつけ防塵効果を上げている。

切削深さは0～5cm程度まで自由に変えられ、センサ

ー（ドラム自動制御用ショーウ）によって正確に切削が可能になっている。

廃材はドラムカッターで削られたものが、中央部分に自然と集まるようにビットが配列されており、これを写真-18のようにベルトコンベヤーでダンプに積み込んで処理したり、写真-19のようにショベルローダーで処理する。

これら常温型の機械は、気温や天候に左右されることが少なく、両社とも首都高速で施工した補修工事では、150～200m<sup>3</sup>/時の剥ぎ取りが可能であった。

しかし施工能率は路面温度が高いほど良いわけで、写真-20は今回施工した首都高速5号池袋線で、路面をロードパッチャーでプレヒートして施工しているものである。

#### 6-5 剥ぎ取りについてのまとめ

今まで各社の機械類を紹介したが、いずれも試作実験中の機械で、施工を通じ種々改良が重ねられている。

首都高速道の剥ぎ取りによる舗装の打替えは、本年度は約20,000m<sup>3</sup>程度を考えており、すでに14,000m<sup>3</sup>は前記の試作機械で施工完了している。

写真-17 ロードマスター

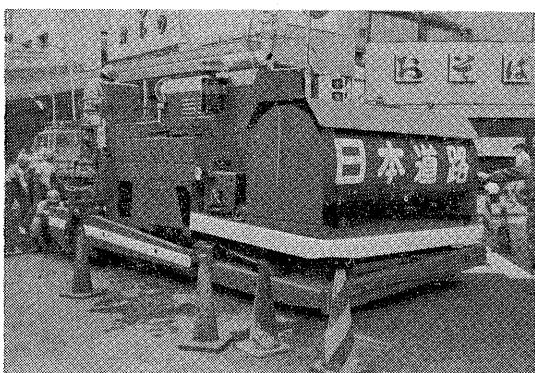


写真-18 ベルトコンベアによる廃材処分

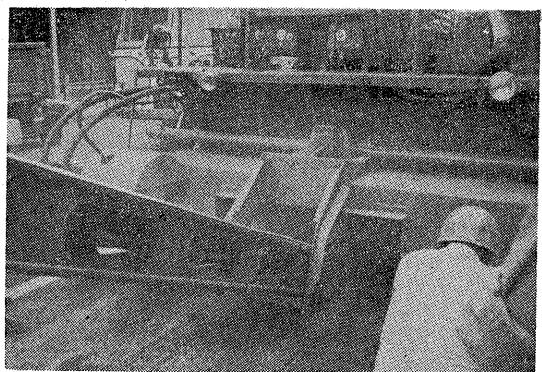


写真-19 ショベルローダーによる廃材処分

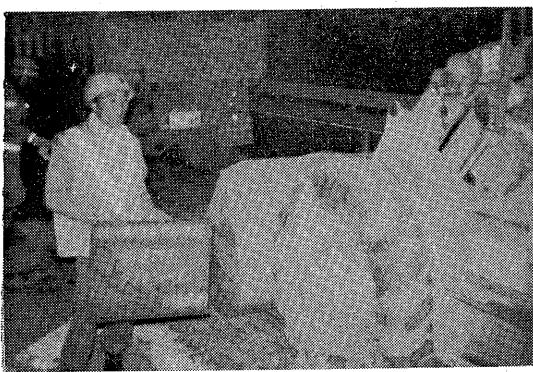
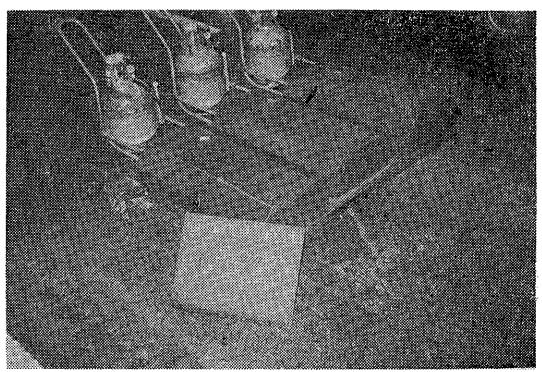


写真-20 ロードパッチャーの予熱作業



これらの補修工事を通じて各種のデータを取り、現在解析中であるが、各機種によって工事中の騒音・振動・剥ぎ取り面の精度等に差があり、また作業は一車線規制で夜間実施してきたが、今後、炎や煙、埃が走行中の一般車輌におよぼす影響、旧基準で築造され、薄くて配筋量の少い床版に与える機械的な振動の影響等、さらに研究を要する課題が残されている。

剥ぎ取った廃材についても諸外国では他に活用している例があると聞いており、この面についても作業量の増加にともない、各方面で検討に値すると考えている。

今までの補修工事を通じて、やはり一番問題になったのは、工事騒音による苦情である。一応調査して、その結果も出ているが、各社とも試作機であり、目下鋭意改良を検討している模様である。また加熱によって橋梁のジョイントや床版に対する障害が心配されたが、実施に先だち試験施工を行い、熱伝達の状況を把握し、石綿幅を重ねるという簡便な方法で防護して、損傷を与えることなく施工が出来たと報告されている。

## 7. むすび

以上、橋面舗装の剥ぎ取り打替えの実態を写真を中心にしてまとめてみた。

関係各社のご協力によって、われわれが当初期待していた機能をもった機械類が極めて短い期間で製造され、剥ぎ取り一打替え補修が出来たことは、一重に関係各位の努力の賜ものと深く感謝する次第である。

また本稿をまとめに当って、当初から剥ぎ取り打替え工法を研究指導された首都高速道路公団保全施設部図師調査役はじめ、東京保全部各位、機械開発、現場施工に当られた各社の職員の労苦に対し誌上を借りて厚くお礼申し上げる。

〔筆者：首都高速道路公団 板橋工事事務所〕

# アスファルト表層のスティフネスと レオロジイ特性 (その2)

間山正一\*  
北郷新平\*\*

## 1. まえがき

前回(その1), アスファルト舗装の合理的設計(rational design)を行なうために, アスファルト材料の合理的評価を基礎に, 力学体系として舗装体をとらえる必要性を強調した。この思想を押し進めるためにスティフネス概念の導入をはかり, ステフィネスの定義, その工学的意義, 実用的意義について詳述した。また, アスコンのレスポンスを測定する各種試験法について紹介し, さらには, 測定結果をレオロジイ的に解析することの妥当性(たとえば時間温度一重ね合せの原理)および重要性について述べた。

本稿では, 前回の基礎的情報のもとにアスコンのレオロジイ特性について述べ, 前回掲載分と併せて, その要約をしていきたい。なお, 参考文献, 図表等の順序は前回と連続しているので(図表の重複をさけるため), 両方を併せて読んでいただければ幸いである。

## 2. アスコンのレオロジイ特性

Secor と Monismith<sup>(23)(24)</sup>は, 曲げ, 圧縮, 引張によるクリープと応力緩和試験を行ない, アスコンが線形粘弾性体であり, 熱レオロジイ的に単純であると仮定してスティフネスを測定しても, 使用上問題がないと報告している(図-14~図-20)。図-14は図-8<sup>(25)</sup>に概略的に示したアスコンのクリープコンプライアンスのデータを示している。拡大された時間曲線を得るために, 換算変数法(時間-温度重ね合せの原理)を使って図-14のデータを水平移動したのが図-15のマスターカーブである。図-14と図-15から, この材料は低温および短い載荷時間では,  $2 \sim 3 \times 10^{-7} \text{ in}^2/\text{lbf}$  ( $2.9 \sim 4.3 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{kg}$ ) のクリープコンプライアンスをもち, これに対応する弾性率は  $4 \times 10^6 \text{ psi}$  ( $2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ) のオーダの弾性的挙動に近づくことがわかる。

図-16は, 同じ合材について圧縮試験から得られたクリープコンプライアンスを示す。数学的処理<sup>(23)</sup>によつてこのデータを緩和弾性率に変換し, 応力緩和試験から直接得られた緩和弾性率との比較を図-17に示す。先に

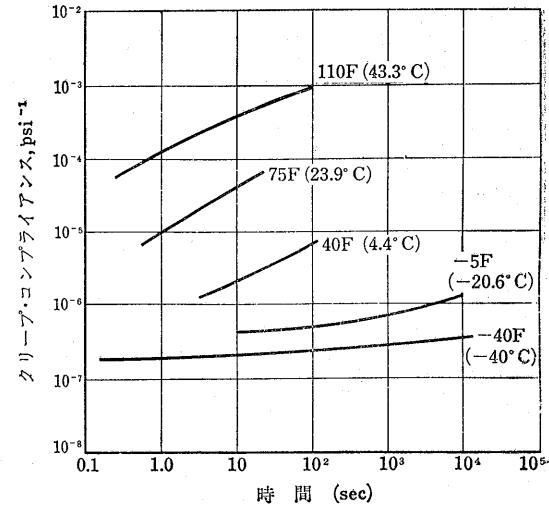


図-14 アスコンのクリープコンプライアンス<sup>(15)</sup>

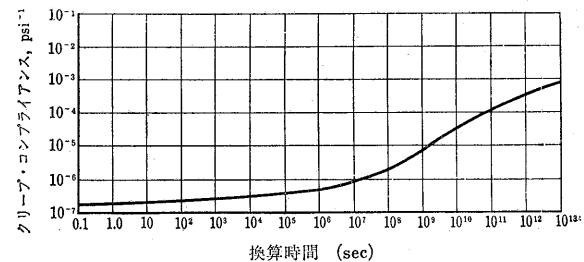


図-15 基準温度  $4.4^\circ\text{C}$ におけるクリープコンプライアンスのマスター曲線<sup>(23)</sup>

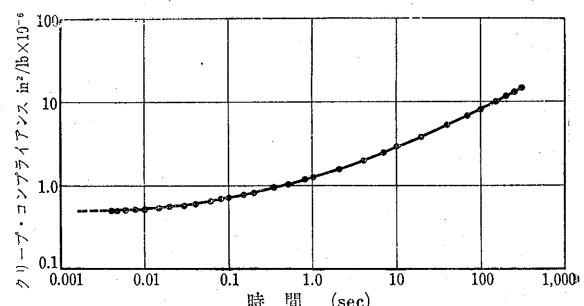


図-16  $4.4^\circ\text{C}$ における試験データから得られたクリープコンプライアンスの時間と関係<sup>(23)</sup>

\* セントラル・コンサルタント(株)道路部

\* 茨城県大宮土木事務所

述べたように、合材が線形粘弾性的挙動をするという仮定に基づいて数学的処理を行なっているが、若干の相違（短い載荷時間においては）見られても、実用上はほとんど問題がないであろう。

図-18は、同じ合材のビームについて行なった曲げクリープ試験による曲げスティフネスのデータである。弾性率は

$$E_r = \frac{1}{I} \cdot \frac{M}{\ell / R} \quad (13)$$

ここで

$I$  = ビームの慣性モーメント

$M$  = 載荷モーメント

$\ell / R$  = 曲率 =  $(\varepsilon_t + \varepsilon_c) / h$

$\varepsilon_t$  = 引張歪

$\varepsilon_c$  = 圧縮歪

$h$  = ビームの厚さ

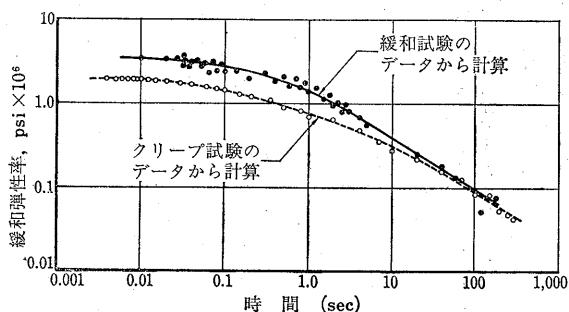


図-17 2つのリースから得られた緩和弾性率一時間関係の比較<sup>23)</sup>

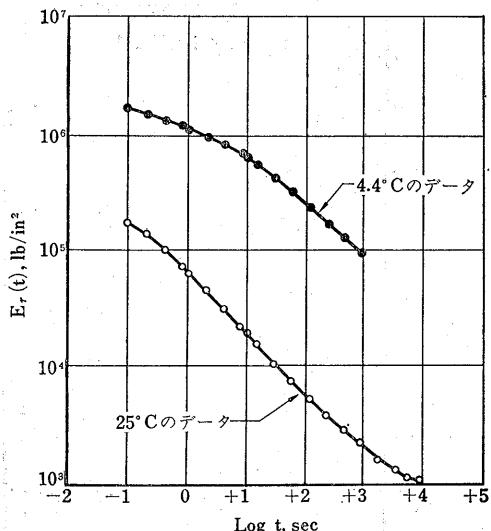


図-18 4.4°C と 25°C における換算弾性係数<sup>23)</sup>

図-19. 4.4°C と 25°C における引張曲げ歪と圧縮曲げ歪の比較<sup>24)</sup>

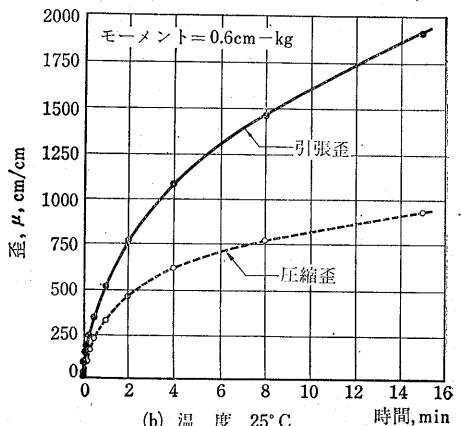
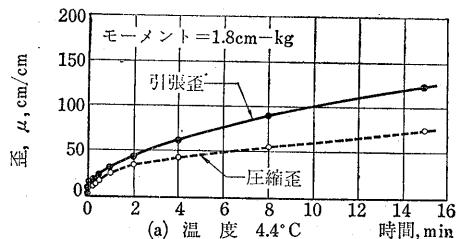


図-20 圧縮と曲げによって決められた弾性率の比較、4.4°C

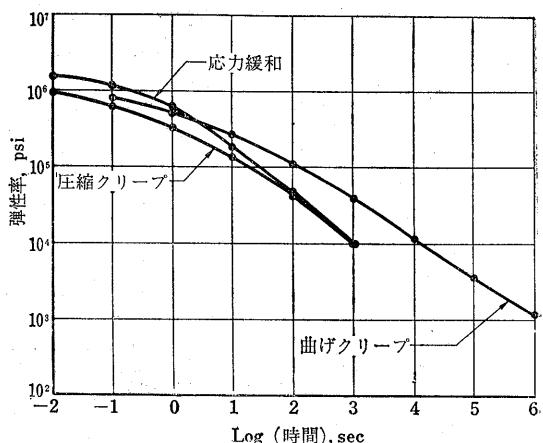


図-19に示す77°F(25°C)のデータは、図-20に示す40°F(4.4°C)の曲げスティフネスのマスター・カーブを得るために4.4°C曲線までシフトされている。比較のため、圧縮によるクリープと緩和試験(図-17)から計算された(時間の関数として)弾性率を図-20に掲げる。両データを比較してみると、特に100秒以下の載荷時間ではほぼ近似している事実が注目される。この事実は、これらの材料が線形粘弾性であり、熱レオロジ的に単純性であるという仮定を裏づけるように思える。

Deacon<sup>(22)</sup>は、非常に短い載荷時間(cm/sec)における

図-21 平均曲げスティフネスと曲げ応力との関係<sup>22)</sup>

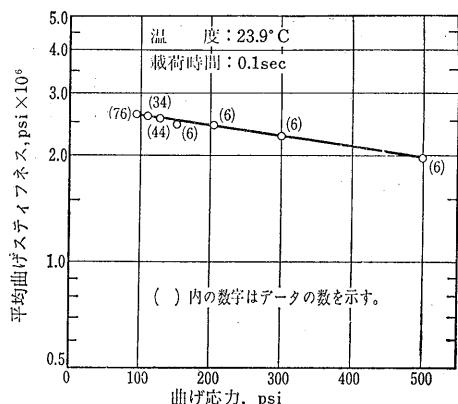


図-22 角周波数  $\omega$  と複合弾性率大きさ  $E^*$  および位相角  $\phi_\epsilon$  との関係<sup>27)</sup>

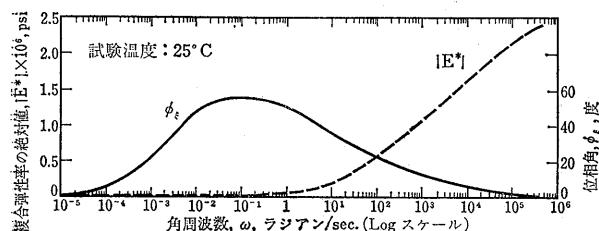


図-23 298°Kに換算されたクリープ弾性率<sup>28)</sup>  
(他の温度における値も含む)

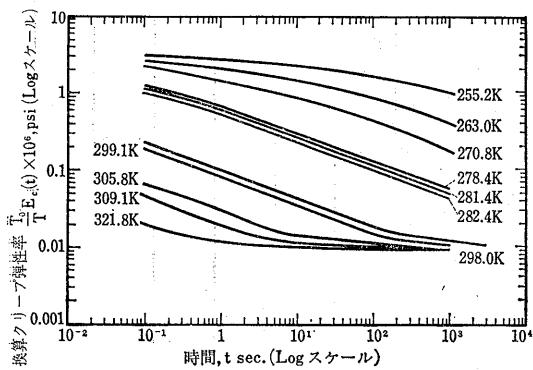


図-24 クリープ弾性率のマスターカーブ  
(基準温度: 298°K)<sup>28)</sup>

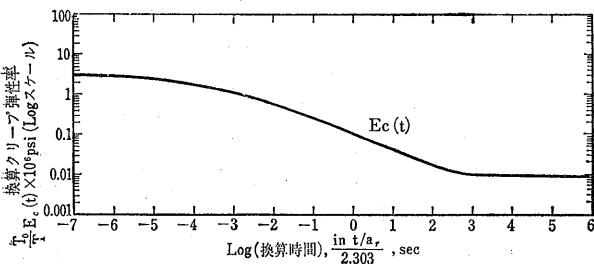


図-25 振動試験によるスティフネスのマスター曲線<sup>29)</sup>

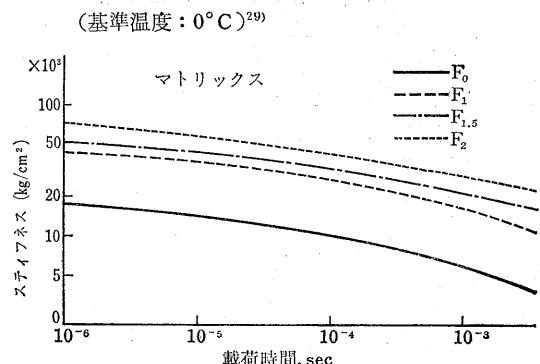


図-26 換算弾性率と横方向クリープ弾性率におけるシフトファクタの温度依存性<sup>28)</sup>

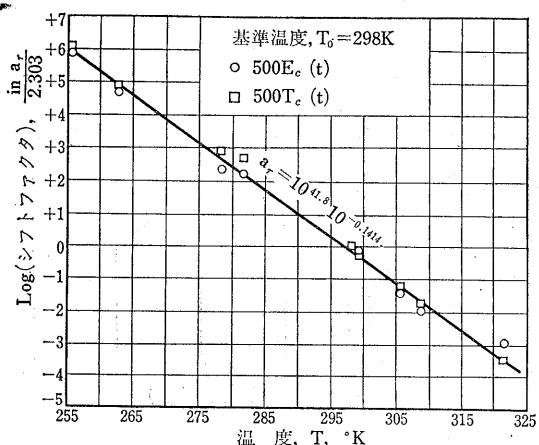
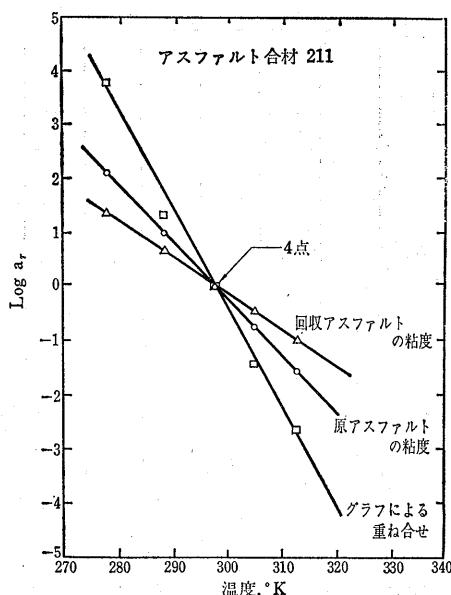


図-27 Log a\_r と温度との関係<sup>28)</sup>



る曲げスティフネスを決めるため、曲げ(式7)による荷重-タワミの関係を使った。彼は図-21に示す0.1秒載荷のデータから、ある載荷時間のスティフネス係数は測定される応力レベルに依存することを示し、粘弾性的レスポンスを解明するのに使う応力レベルは、極力小さくすることによって図-20に示すように直接的でない影響を最小限におさえられることを示した。

Papazian<sup>(26)</sup>とPagen<sup>(27)</sup>は、アスファルト合材の挙動を熱レオロジイあるいは、線形粘弾性の観点から研究した。

試験法としては、正弦的載荷およびクリープ試験を使った。図-22は、彼等が研究した舗装合材についての周波数と複素弾性率の関係、および周波数と位相シフト量の関係を示す。周波数(時間)の関数として表現される弾性率(図-22においてはE\*)は広範囲の時間帯にわたっていることが注目されよう。

アスファルト合材に対して、時間・温度重ね合せの原理を適用したPagen<sup>(27)</sup>は、図-23に示すクリープ弾性率のデータについて報告し、また先に論じたマスター・カーブを得るために図式解法<sup>(25)</sup>を使って、図-24に示す広範囲の時間に対する基準温度25°C(298K)のマスターカーブを得た。

ここでクリープ弾性率は以下のように定義される。すなわち、

$$E_c(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0} \quad (14)$$

ここで

$E_c(t)$ =時間の関数としてのクリープ弾性率

$\varepsilon(t)$ =時間の関数としての歪

$\sigma_0$ =一定応力

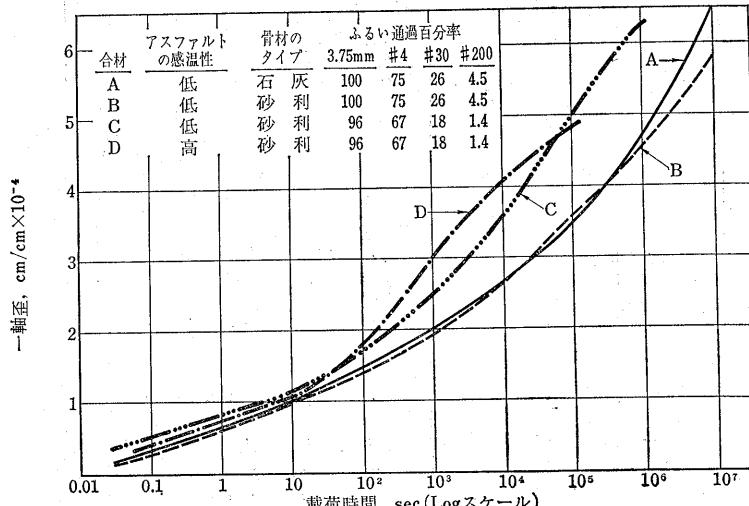


図-30 アスコンのクリープ挙動に影響する合材の変数<sup>(28)</sup>

図-28 くりかえし載荷によるクリープ歪<sup>(28)</sup>

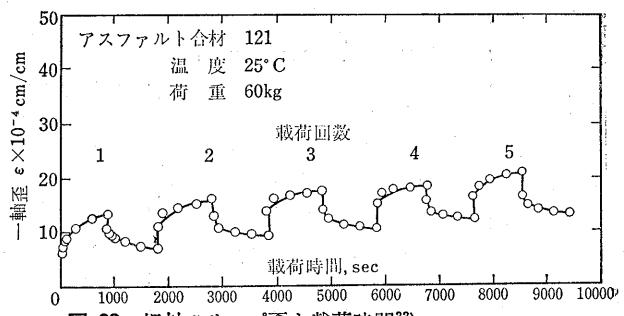
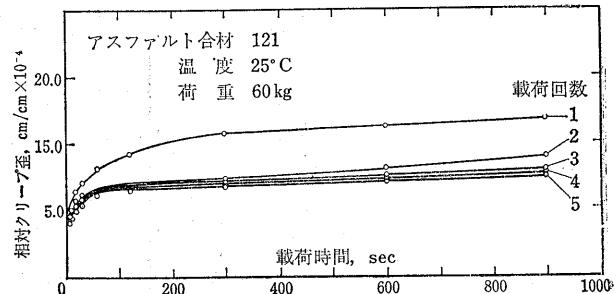


図-29 相対クリープ歪と載荷時間<sup>(28)</sup>



この図式解法におけるシフトファクタの値は、温度の関数として図-25に示されている。

笠原等<sup>(29)</sup>は、両端自由棒に自由曲げ振動を生ぜしめ、その共振曲線および共振周波数を測定してスティフネスを算出した。ストレートアスファルト、ゴム入りアスファルト、石粉入りアスファルト(マトリックス)の供試体について実験を行なっているが、図-26にその一例を示す。ここで、F<sub>0</sub>は石粉(F)が入らないストレートアスファルト、F<sub>1</sub>、F<sub>1.5</sub>、F<sub>2</sub>はそれぞれF/A(アスファルトに対する石粉の割合)が1.0、1.5、2.0のマトリックス合材を示す。図-26のマスター曲線から、F/Aの増加と共にスティフネスが増加することがわかる。また笠原等<sup>(29)</sup>はこの研究から、マトリックス合材が熱レオロジイ的に単純であることを証明している。

これらの結果は、軸方向のレスポンスを測定しているが、多くの研究者は同時に横方向のレスポンスを測定することによって、3次元の挙動把握が可能であることを考えている。そこで、軸方向応力を横方向歪で除した値を「横方向弾性率T<sub>ex</sub>」と名づけた。時間あるいは周波数の関数としての横方向弾性率の曲線の型は

図-31 クリープ試験における温度とシフトファクタの関係<sup>34)</sup>

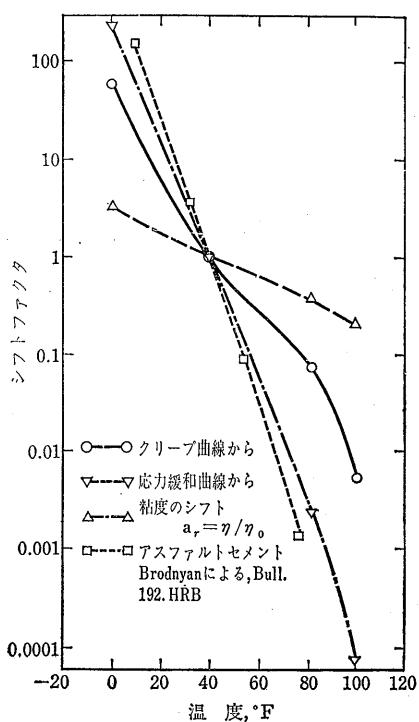


図-32 アスファルトの粘度と合材の動的安定度の関係<sup>36)</sup>

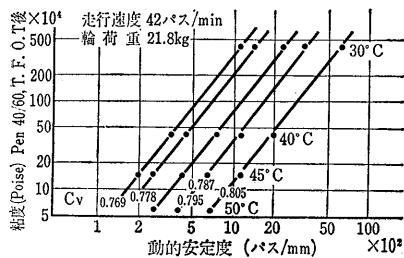


図-33 ストレートアスファルトの引張りの緩和弾性率  
(応力レベル 3 kg/cm<sup>2</sup>)<sup>37)</sup>

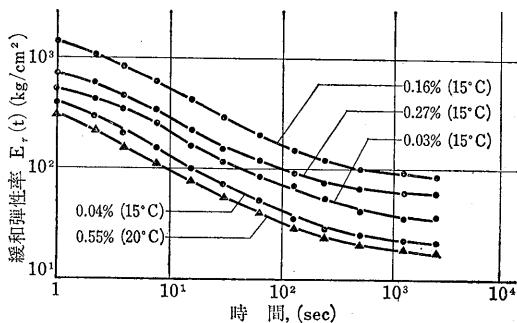


図-34 圧縮と引張りの緩和弾性率<sup>37)</sup>

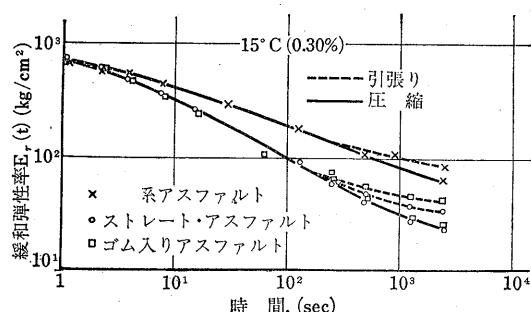


図-35 緩和弾性率の応力レベルによる相違<sup>37)</sup>  
(ストレートアスファルト)

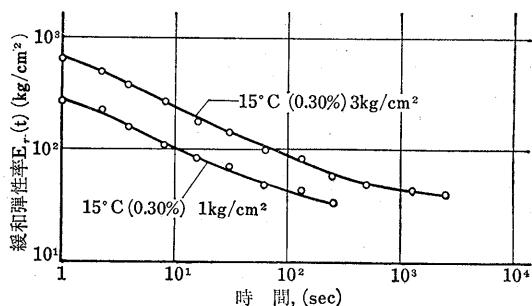


図-36 アスコン合材の引張り試験から得られた温度ーシヤフト関係に与える鉱物性石粉の影響<sup>38)</sup>

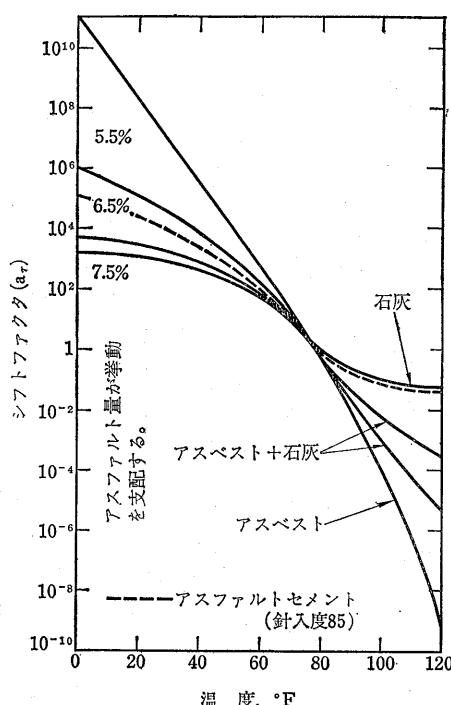


図-22および図-24に示す型と類似しており、軸方向載荷から求めた弾性率と同一の温度依存性をもっていることが、図-25からもわかる。図-25は、横方向弾性率曲線を基準温度 25°C に平行移動するのに必要なシフトファクタと温度の関数について示している。

合材の温度依存性は、合材中のアスファルトの感温性に関係するが、アスファルトの粘度の感温度と同一ではないことに注意する必要がある。これは、筆者等<sup>(30)(31)</sup>の報告による石粉の影響、先に示した笠原等<sup>(29)</sup>による振動試験結果、Pagen<sup>(28)</sup>による報告(図-27)、Tons と Krokosky<sup>(32)</sup>による研究から説明されよう。Pagen と Ku<sup>(33)</sup>は、くりかえし載荷後のレスポンスを測定することによって、アスファルト合材の挙動をより再現性のあるものとしてとらえた。図-28に示すような載荷方式による試験結果の一例として、クリープ載荷を36サイクル(くりかえし載荷回数)続けた後の相対クリープ歪について、図-29に示す。ここで、相対クリープ歪(relative creep strain)とは、全歪から載荷直前の残留歪を減じた歪として定義される。合材のクリープ挙動に与える種々の変数の影響については、図-30に示されている。つまり、すべての合材が同一のアスファルト量をもつとき、骨材粒度の方が骨材の種類よりも影響を与える、特に載荷時間が長い場合にこの傾向が強調される。また、アスファルトの感温性は、載荷時間が長くなるほど、アスファルト合材の挙動がより粘弾的挙動に近くなり、したがってアスファルトのレスポンスが重要になってくるというレオロジカルな考察を加えることによって容易に理解されよう。

Krokosky等<sup>(34)</sup>は、圧縮状態におけるアスコンの挙動は非線形挙動を示し、その割合は变形の大きさに依存すると述べている。特に骨材の動き(变形)に注目した結果、応力緩和では骨材の動きが最も小さく、これに対して歪速度一定では骨材の動きが最大であると報告している。つまり、応力緩和ではアスコンの挙動が線形挙動に近く(線形挙動からの偏差が小さく)、クリープではさらに線形挙動からの偏差が小さいのに反し、歪速度一定では偏差が最大となる。これらに対処するために、エラストマー(高弹性高分子)の研究において Smith<sup>(35)</sup>が提案した公式と類似の公式を導くことによって、非線形挙動を、少なくとも近似的に取扱うことができよう。

これらの研究者はまた、時間-温度重ね合せの原理をクリープと緩和の両試験結果に適用し、その妥当性を認めている。図-31は、これらの試験における合材の挙動に与える温度の影響を示す。クリープと緩和のデータを 40°F(4.4°C) のマスター・カーブに換算するに必要な  $\alpha_T$  の値がプロットしてあるが、試験方法によって異なる

図-37 高速曲げ試験によるスティフネス<sup>(39)</sup>

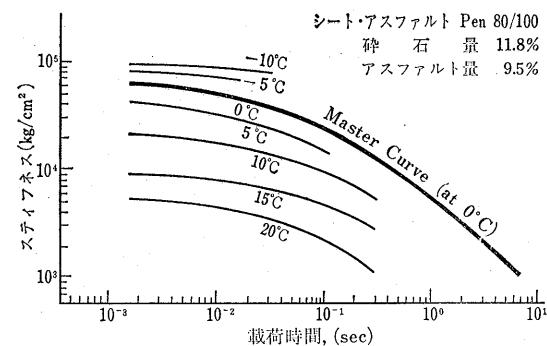
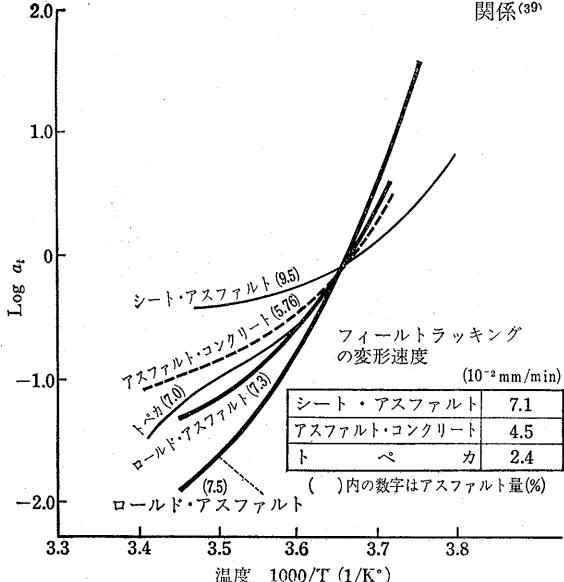


図-38 種々のアスファルト合材の  $\log \alpha_T$  と温度の関係<sup>(39)</sup>



る値を示していることに注意しなければならない。なお、図-31にプロットしたデータは、Brodnyan<sup>(16)</sup>が研究した合材に使用されたアスファルトと類似のアスファルトを使っている。さらに長い時間におけるクリープ曲線の勾配から決められた合材の粘性に基づく  $\alpha_T$  の値も示されている。これらのデータは、合材の挙動に対する温度の影響は、アスファルトに関係するが、あらゆる場合にアスファルトの粘度によって直接的には決められないことを示している。

長時間載荷における時間-変位曲線からアスファルト合材の粘度を決める試みは、松浦等<sup>(36)</sup>によるホイールトラッキング試験(Wheel tracking test)のデータ処理によって求められる。菅原等のいうマス・ビスコシティ(Mass viscosity)の1つであるが、松浦等は薄膜加熱試験(T. F. O. T.)後のアスファルトの粘度と合材の動的安定度との関係について、図-32に示すようなデータを得ている。ここで  $C_V$  は骨材体積率を示す

が、 $C_v$  の増加と共に直線が横軸（動的安定度）に沿って平行移動する挙動に注目されよう。

森吉等<sup>(37)</sup>は、ストレートアスファルト、ゴム入りアスファルト、樹脂系アスファルトを使って、アスファルト量 8.5%のファインシート合材についての応力緩和試験結果について報告している。図-33は、初期歪の大きさをパラメータとして表現した緩和弾性率と時間との関係を示す。0.16%～0.55%の範囲で初期歪量が変化しているが、森吉等は換算変数法を用いてアス初期歪量でのマスター・カーブを近似的に求めることができると述べている。

図-34は、圧縮と引張の応力緩和性状の違いを示している。森吉等は、測定機の性能に支配されるしながらも、長時間載荷における両試験法による緩和弾性率の相違は注目されよう。さらに長時間載荷になるにしたがってアスファルトの違いが影響しておる点は、先に述べた図-30と共に興味深い事実といえよう。

さらに森吉等は応力レベルによる緩和弾性率の相違に注目して、図-35に示すデータを報告している。応力レベルが小さければ、それだけ緩和時間が短くなることがわかる。なお、彼らは、アスファルト合材についての試験は精度の高い器械を必要とすることも強調している。

Davis等<sup>(38)</sup>は、種々の温度におけるアスファルト合材の挙動に与える石粉の影響について報告している（図-36）。石灰岩石粉を含む合材のシフトファクタは、アスファルトの粘性についてのデータで予想されるものと同じ温度依存性を与えるように思えるが、種々の温度におけるレスポンスはアスファルトの有無により、影響をうけている。この点については、先に述べた<sup>(29)(30)(31)</sup>。

森吉等<sup>(39)</sup>は、高速曲げ試験機（両端単純支持、中央集中荷重方式）を用いて、曲げ歪を約 0.5%におさえて行なった試験結果について報告している。図-37はその一例で、シートアスファルト合材について得られたデータと、0°Cを基準温度にして時間-温度重ね合せの原理（換算変数法）を適用して得られたマスターカーブを示している。図-38は種々の合材について重ね合せの原理を適用した結果得られる  $\log \alpha_T$  と温度の関係について示し、さらに同一合材についてホイールトラッキング試験を行った結果の変形速度（rate of deformation）を示している。これらの試験結果から森吉等<sup>(39)</sup>は、一般舗装用合材の曲げ試験についても、曲げ歪を 0.5%以内におさえれば、シフトファクタ、 $\alpha_T$  の概念を適用できるという興味ある結論を打ち出している。さらに注目すべきは、合材の温度依存度の順序とホイールトラッキング試験の変形速度の大きさの順序が一致する、という結

表-2 体積変化の測定結果から計算されたポアソン比  
(一定歪温度試験)<sup>a</sup>

温 度 °F (°C)	載荷速度 in/min (mm/min)	ポアソン比
40 (4.4)	0.01 (0.25)	0.371
40 (4.4)	0.10 (2.50)	0.358
40 (4.4)	1.00 (25.00)	0.305 <sup>b</sup>
77 (25)	0.01 (0.25)	0.492
77 (25)	0.10 (2.50)	0.482
77 (25)	1.00 (25.00)	— <sup>b</sup>
140 (60)	0.01 (0.25)	0.595
140 (60)	0.10 (2.50)	0.498
140 (60)	1.00 (25.00)	— <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Monismith と Secor による<sup>(34)</sup>

<sup>b</sup> この載荷速度では体積変化を記録することはむずかしい

<sup>c</sup> 近似値

論である。合材のこねかえし作用 (Kneading action)、ワダチ掘れ (rutting) 等を測定するホイールトラッキング試験を用いての研究について種々の報告<sup>(36)(40)(41)</sup>がなされているので、ここでは省略させていただくが、森吉等の結論は設計にあたって、留意すべき貴重な情報である。

### 3. 三次元レスポンスの定義

先に述べたように、供用中のアスファルト合材は三次元系の応力状態にあり、この状態におけるアスファルト合材の挙動を評価するためには、一軸載荷で得られる応力と歪の関係をさらに発展させて考察する必要がある。

等方性の粘弹性材料においては、三次元系の合材のレスポンスは以下のように定義される。

$$G^* = \frac{E^*}{2(1+\nu^*)} \quad (15)$$

ここで

$G^*$  = 複素剪断弾性率 (complex shear modulus)

$\nu^*$  = 複素ボアソン比 (complex Poisson's ratio)

さらに

$$K^* = \frac{E^*}{3(1-2\nu^*)} \quad (16)$$

ここで

$K^*$  = 複素体積弾性率 (complex bulk modulus)

体積弾性率 (bulk modulus) は、(静水圧)/(単位体積当たりの体積変化) で定義される。また、式(15)と式(16)の組合せにより、 $E^*$ ,  $\nu^*$ ,  $G^*$ ,  $K^*$  を決定することができる。すなわち

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1}{3G^*} = \frac{1}{9K^*} \quad (17)$$

式(16)からわかるように、三次元のレスポンスは 2 つの量（例えば  $E^*$  と  $\nu^*$ ）を決めるこによって知られる。

時間についても類似した関係が示されるが、きわめて複雑になることを指摘したい。

Papazian<sup>(42)</sup>は、時間に左右されるポアソン比を決定するには、一軸状態から得られる応力のデータを拡張して、三次元挙動として把えることによって可能になると述べている。例えば、一定軸方向歪クリープ試験における横方向歪は、軸方向歪と同じように測定することによって得られると提案している。

Papazian<sup>(42)</sup>とPagen<sup>(27)</sup>は、複素ポアソン比の決定は応力方向の弾性率と横方向の弾性率を測定することによって可能になることを示した。ただし、複素弾性率の意味からして、特定周波数におけるポアソン比である。

$$\nu^* = \frac{T^*}{E^*} \quad (18)$$

ここで

$T^*$ =複素横方向弾性率 (complex transverse modulus)

図-25は、横方向弾性率の温度依存性は、Papazian<sup>(28)</sup>が研究した合材から得られた複素弾性率 $E^*$ のそれと同じであることを示している。

MonismithとSecor<sup>(43)</sup>は、ポアソン比は温度に左右され、温度の上昇とともに増加することを示したデータについて報告している。できるだけ変形量を小さくして得られた三軸圧縮試験結果(表-2)によると、ある特定温度ではポアソン比は載荷速度に無関係であり、75°F (23.4°C)以上の温度になると0.5の値に近づくようである。この条件を加味すると、式(18)は

$$E^* \approx 3G^* \quad (15a)$$

となる。この近似を用いれば、三次元問題へのアプローチがきわめて容易になり、先に示した一軸圧縮試験、引張試験、曲げ試験から得られたデータを直接応用できることになる。ただし、注意しなければならないのは、変形量が小さい場合にこれらの結果を利用できるということである。変形量が大きい場合には、容積増加によってポアソン比が0.5を越える場合がある。MonismithとSecor<sup>(43)</sup>により報告されたデータも、0.5を越えるポアソン比を含むものがあった。

#### 4. 要約

アスファルト合材のレオロジ特性に関する調査研究

表-3 アスコンのレオロジ挙動の測定法

試験法	入力	測定される応答	レオロジ挙動測定	備考
クリープ	引張と圧縮:	時間の関数として表現される歪、 $\epsilon(t)$	(a) クリープコンプライアンス $D(t) = \frac{\epsilon(t)}{\sigma_0}$ (b) クリープ弾性率 $E_c(t) = \frac{\sigma_0}{\epsilon(t)}$ (c) 曲げによるクリープ弾性率 $E_R(t) = \frac{1}{I} M \left[ \frac{\epsilon(t) + \epsilon_0(t)}{h} \right]$	(a) $F_x(t)$ に対して $D(t)$ から重ね合せの原理を使う必要がある (b) $E_c(t) = E_x(t)$ ただし長時間載荷時間において (c) $E_R(t) = E_x(t)$ ただし短時間載荷のみ
緩和	引張と圧縮:	時間の関数として表現される応力、 $\sigma(t)$	緩和弾性率 $E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\epsilon_0}$	(a) Van der Poel のスティフェネスに類似 (b) アスコンについて正確な応力緩和試験を行なうことはむずかしい
一定歪速度	引張と圧縮:	応力、 $\sigma$ と歪、 $\epsilon$	緩和弾性率 $E_r(t) = d\sigma/d\epsilon$ (種々の $d\epsilon/dt$ において)	
動的載荷	引張りと圧縮: 正弦的変化の応力 $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$ または 正弦的変化のひずみ $\epsilon = \epsilon_0 \sin(\omega t - \phi)$ (種々の周波数において)	応力を入力すると: 正弦的変化のひずみは特定の周波数で $\epsilon = \epsilon_0 \sin(\omega t - \phi)$ ここで $\epsilon_0$ : 位相差 $\phi$ : 周波数	複素弾性率 $ E^*  = \sigma_0/\epsilon_0$ , と位相角 $\phi$ (種々の周波数において)	(a) $ E^*  = E_x(t)$ , ただし長時間載荷時間において、中間の時間では $E_x(t)$ を決定するのに別の重ね合せの方法を用いる必要がある (b) $ E^*  = 1/\omega$ でプロットすると $E_x(t)$ 曲線と似ている
繰返し載荷	圧縮: (a) 一軸載荷 (b) 曲げ (任意波形)	圧縮: (a) 載荷応力、 $\sigma_d$ (b) 曲げ: 荷重、 $P$	圧縮: ある回数の繰返し 載荷後に回復する歪、 $\epsilon_R$ 曲げ: ある回数の繰返し 載荷後に回復する歪、 $\Delta R$	圧縮: 回復弾性率: $M_R = \sigma_d/\epsilon_R$ 曲げのスティフェネス: $S = K \cdot P / \Delta R$ K: 載荷条件により決まる定数
スティフェネス (van der Poelによる)	回収アスファルトの 引張り度と軟化点: $C_v$	骨材の体積: $V$	スティフェネス: $S(T, T) = \sigma/\epsilon$	(a) 緩和弾性率に類似

について述べてきたが、表-3はこれらの特性を測定するのに用いた各種の方法について要約する。一般に、アスコンのスティフェネスは載荷時間と温度に左右されるが供用中に生じると予想される時間と温度の範囲では、約  $10^3$  の係数で変化すること、すなわち約  $4 \times 10^6 \sim 10^3$  psi ( $2.8 \times 10^6 \sim 7.0 \times 10^2$  kg/cm<sup>2</sup>) であることが示されている。Van der Poel, HeukelomおよびKlompは、骨材体積率と回収アスファルトのスティフェネスから、合材のスティフェネスをきめることのできるノモグラフを提出了した。この方法は密粒度骨材で空隙率が3%以下というよくしめ固められた合材に、その使用が限定される。

アスコンのレスポンスは線形粘弹性として把えることによって、また時間-温度重ね合せの原理を適用することによって、広範囲の時間にわたり近似的に把えることができ、温度の影響についても考察できる。しかし、Krocosky等は、圧縮による変形が十分大きいときは、この材料は非線形挙動を示し、さらにはレオロジ的取り扱いもかなりの誤差を含む、と指摘している。森吉等も、高速曲げ試験、応力緩和試験結果から、応力レベルもしくは歪量を小さく取る方法を奨めている。Alexander<sup>(44)</sup>は、変形が0.1%を越えないかぎり、線形粘弹性の適用は妥当であるという指摘をした。Garrison<sup>(45)</sup>による現場測定結果の報告と Dorman と Metcalf<sup>(46)</sup>による理論的計算値によれば、0.1%という値は舗装構造において実際的であるといえよう。

Secor と Monismith は、長い載荷時間と高温におけるアスファルト合材の挙動の差について述べ、圧縮や引張によるよりも、曲げによってレスポンスを測定すればこの差を小さくすることができると報告している。このことは、動的交通に耐えるアスファルト舗装のスティフネスに関心をもつならば、タワミ測定はレオロジイ特性を決めるのに有益な方法であることを意味する。

線形粘弾性理論は、変形量が小さいという限界のためワダチ掘れになるほどの変形の累積については、その評価が困難になることがありえよう。しかし、広範囲の温度と載荷時間にわたるスティフネス特性（すなわち、応力一歪特性）を評価でき、さらにはアスコンの荷重分散機能を評価できる有益な方法である。

多くの交通荷重のくりかえしをうける舗装中のアスコンのスティフネス特性を合理的に測定するには、Pagen と Ku のデータが示すように、一連の調節した荷重を載荷した後にその挙動を決めるべきである。ただし、振動およびくりかえし載荷試験においては、いわゆる「定常状態」になったときに歪と応力の測定ができるのでこのことは問題にならない。

三次元のレスポンスを予測するには、単純圧縮、引張り、曲げにより必定したスティフネスの他に、もう1つのパラメータを必要とする。Papazian と Pagen は、振動試験あるいはクリープ試験において、載荷軸に直角な方向で測定した横方向弾性率の使用を提案している。彼らは、温度と時間に関連するポアソン比は横方向弾性率と載荷方向のスティフネス（弾性率）との比から決定することを提案している。

Monismith と Secor は、小さな変形ではポアソン比は 0.3～0.5 になることを示しているが、より低温側ではこの比は載荷速度によって異なると思われる。40°F (4.4°C) 以下の低温では、載荷時間 0.1 秒で約 0.3 のポアソン比が妥当であろう。高温側、遅い載荷温度で 0.5 の値が妥当と思われる。

## 5. あとがき

2 回に分けて、アスファルト表層のレオロジイ特性を中心としてスティフネスに重点をおいて述べてきた。研究面においては、スティフネス概念は世界的に確立されており、今後は実際面への適用が問題であろう。舗装のパフォーマンスの予測あるいは評価は、個々の分岐テーマにこのような合理的表現を適用し、確実なデータを積み重ね、それらを一体としてシステムチックに把えていくことによって可能となろう。

なお、本稿のとりまとめにあたって、北大工学部の森吉昭博講師、大学院博士課程の笠原篤氏に多大のご助力

を願った。紙面を借りて深く感謝の意を表したい。

- (23) SECOR, K. E., and MONISMITH, C. L., "Analysis and Interrelation of Stress-Strain-Time Data for Asphalt Concrete," Trans. Soc. Rheology, Vol. 8 (1964)
- (24) SECOR, K. E., and MONISMITH, C. L., "Viscoelastic Response of Asphalt Paving Slabs Under Creep Loading" Hwy. Res. Record No. 67 (1965) pp. 84-97.
- (25) 間山・北郷 ミアスファルト表層のスティフネスとレオロジイ特性(その1): アスファルト第15巻第87号 (1972) pp. 23～30
- (26) PAPAZIAN, H. S., "The Response of Linear Viscoelastic Materials in the Frequency Domain with Emphasis on Asphaltic Concrete," Proc. Internat. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements, Univ. of Michigan (1962) pp. 454-463.
- (27) PAGEN, C. A., "Rheological Response of Bituminous Concrete," Hwy. Res. Record No. 67 (1965) pp. 1-26.
- (28) PAGEN, C. A., "A Study of the Temperature-Dependent Rheological Characteristics of Asphaltic Concrete," Hwy. Res. Record No. 158 (1967) pp. 116-143.
- (29) 笠原・岡田・上島 「動的測定法によるアスファルトのスティフネスに関する研究」、土木学会、第24回年次学術講演会概要集、N-126 (1969) pp. 297～298.
- (30) 間山・北郷 ミアスファルトの粘度に関する基礎的研究、道路、昭和46年10月号 (1971)
- (31) 間山・森吉 ミ石粉を入れたアスファルトの性状、道路建設 第277号 (1971) pp. 62～67
- (32) TONS, E., and KROKOSKY, E. M., "Tensile Properties of Dense Graded Bituminous Concrete," Proc. Assn. Asphalt Paving Tech., Vol. 32 (1963) pp. 497-529
- (33) PAGEN, C. A., and KU, B., "Effect of Asphalt Viscosity on Rheological Properties of Bituminous Concrete," Hwy. Res. Record No. 104 (1965) pp. 124-140.
- (34) KROKOSKY, E. M., TONS, E., and ANDREWS, R. D., "Rheological Properties of Asphalt-Aggregate Compositions," Proc. ASTM, Vol. 63 (1963) pp. 1263-1286.

(21ページへつづく)

# 第25回アスファルトゼミナール

主催・日本アスファルト協会

協賛・日本アスファルト乳剤協会

開催日時 昭和48年2月22日(木)午前9時~午後4時

開催場所 仙台市 電力ホール(仙台市 東2番丁70 0222-5-2251)

内 容	主催者挨拶 本会会長 石渡健二	9.00~9.10
	挨拶 本会名誉会長 谷藤正三	9.10~9.40

## 1. 第7次道路整備5ヵ年計画について

建設省道路局 (未定) 9.40~10.10

## 2. アスファルト舗装要綱——その後の問題点

建設省道路局有料道路課 藤井治芳 10.10~11.30

[昼食 11.30~12.10]

## 3. 濡潤時作業可能な舗装補修材料の開発研究

建設省中部地方建設局(元、本省)萩原浩 12.10~13.20

## 4. スライド 上記研究の室内・現場実験の解説

日本大学理工学部(本研究委員)阿部頼政 13.20~14.00

[休憩 10分間]

## 5. くらしの道路

日本アスファルト乳剤協会 鳥居敏彦 14.10~14.50

## 6. 積雪寒冷地のアスファルト舗装の問題点

建設省東北地方建設局企画部 西野徹一郎 14.50~16.00

### ◎受講料

1,000円(途中入退場の別なし)

当日「受付」までご持参下さい。

### ◎参加申込方法

ハガキにて下記のとおり記入し郵送のこと。

(1) 25セミナー参加申込

(2) 参加者の受付区分(別項A~Eのうち該当するものを記入)

(3) 参加者の勤務先と住所

(4) 参加者の氏名

(同じ所属にて3名以上申込みの場合は参加代表者氏名と合計数記入)

### ◎参加申込先

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12

和孝第10ビル

日本アスファルト協会 25セミナー係

(電話 03-502-3956)

### ◎参加申込期限

昭和48年2月15日まで到着のこと

(電話でも受け付けます)

### ◎注意事項

(1) 参加を申込まれた方へは特に通知を差し上げませんので、当日会場「受付」までご来車下さい。

(2) 当日の「受付」は下記の区分になっております。

(参加申込みのハガキには必ずA~Eのいずれかを記入のこと)

A=建設省、道路公団等の公団、北海道開発局

B=都道府県庁

C=市(町村)役所

D=民間会社

E=アスファルト業界(石油会社含む)

学校関係およびA~Dに該当しない方

## Full-depth asphalt to the rescue

... when surface treated stabilized bases  
ran into trouble from heavier truck loadings.  
By Arnold O. Chantland, Director of Public Works, Ames, Iowa

## フル・デプス・アスファルト で救済処置

表面処理された  
安定基層が  
重車輌により  
損傷したとき

ふち石や側溝で強化されたいわゆる安定基層（スタビライズド・ベース）は過去30年間エームズ市において、安価なかつ卓越した市街地舗装体であった。現在は退職しているが、その当時の市長であったジョン・エームズ（エームズ市の創始者とは無関係）が開発したものである。

しかし最近両軸トラックや、重量車輌の出現により、運送業者が合法的に積載量を増進しているために、このタイプの舗装体では、その荷重に耐えられなくなってきた。この種の安定基層道路は住宅地用の安価な舗装体であると常に考えられており、その基層は安定した粘土と砂利の混合物か、もしくは転圧された石（ロールドストン）である。

表層はカットバックアスファルトのプライムコートに、カットバックアスファルトと碎石をコートした二重構造である。最初の舗設から一年後にこれらのすべての道路は、ピーグラベル（えんどう豆の大の小石）タイプのシールドコートで表面処理され、その全厚は平均して約 3/4 in (約1.905cm) ほどであった。

しかし、1960年代の初期には、発展する都市にはどうしても欠かせない両軸コンクリートミキサー車、木材トラック、引越し用車両、大型ゴミトラックあるいはダン

プカー等の大型車の時代が到来した。同時に従来の安価な道路にますます負担がかかり、特に薄い表層に破損を来たし、また特に毎年春には基層までも破損するようになってしまった。

1964年に、アイオワ州立大学の技術援助を得て、市の技術スタッフはある研究を行なった。その結果、道路建設方式に変化が訪れた。この研究により、従来の安定基層舗設はやめて、次の二つの方法のうちどちらかを選択するのが適当であると提案された。

- 1) 5 1/2 in (約13.97cm) のアスファルト安定基層プラス 1 1/2 in (約3.81cm) のアスコン表層
- 2) 6 in (約15.24cm) のポルトランドセメントコンクリート道路

またこの研究により、下層中にかくれたどんな弱点をも明白にするために、段階的舗設方法を採用することになった。市としては、道路を最終的に証認する前に公共構の密集という欠点を特に修正したかったのである。

第一番目の方法に関し、最初の年にはアスファルト基層と側溝、ふち石の設置のみを施工させ、その翌年に下層の明らかに弱い点を修正した後に、表面処理を行なわせるようにした。

もしポルトランドセメントを施工者が選択した場合には（上記2のケース）、最初の年には弱点が自然に現われてくるように、砂利を表面に敷くことだけにさせた。アスファルト安定基層は、適切な設計として、提案されたのだが、すべての施工者は、アイオワ・ハイウェイ・コミッションの設計書に掲載の加熱混合アスコン基層を施工した。新設の道路でポルトランドセメントコンクリートを使った道路は全くなかった。

新らしい設計に変更した時点では、この新らしいフルデプスアスファルト舗装は、従来の石を転圧した基層方式よりも、約30%コストアップになるだろうと計算していた。

材料規格は次のとおりである。

アスファルトコンテンツが4~5%にセットされること以外は、アスコン基層材料は、アイオワ・ステートハイウェイ・コミッションの設計書に適合しなければ

ならない。

材料粒度は次の通りである。

ふるいパス %		
ふるいのサイズ	ミニマム	マキシマム
1 in (2.54cm)	100	—
3/4 " (1.905cm)	98	100
3/8 " (0.95cm)	67	100
#4	47	80
#8	37	65
#30	19	40
#200	3	12

表層用混合物は密粒で、過去15年間成功裡に使用されている。エームズ市が開発した高級タイプのアスコンである。

骨材の70%は碎石でなければならず、その粒度分布は右の表の通りである。

ふるいパス %			
フルイのサイズ	ミニマム	マキシマム	—
1/2 in (1.27cm)	100	—	—
3/8 " (0.95cm)	98	100	100
#4	90	98	98
#10	68	86	86
#80	8	20	20
#200	4	14	14

表層混合物中のアスファルトコンテントは7~8%にセッタされている。

この混合物中のアスファルトの量は、通常使用されるものより一寸多いが、それは、エームズ市周辺の骨材の吸収性のためである。基層および表層用混合材のアスファルトは針入度が85~100である。

この新らしい計画を始めて以来、すべての新らしい道路は、ポルトランドセメント製ふち石や側溝で強化されアスファルト基層および摩耗層を使った二段階システムによって舗設されている。安価な維持費と、大型トラックやその他の車両にも適したこの改良道路建設方式は、みんなに喜ばれたようである。

(18ページよりつづく)

- (35) SMITH, T. L., "Stress-Strain-Time-Temperature Relationships for Polymers." Spec Tech Publ. No. 325. ASTM (1962)
- (36) 松浦・神崎・上坂・菅原 ミアスファルト合材の Rutting に関する基礎的研究、(第2報), 土木学会 第26回年次学術講演会概要集 V-79 (1971) pp. 229~230
- (37) 森吉・細見・野坂 ミアスファルト, フィラー, 砂系 の応力緩和とバインダーの粘度について(第1報) 一長時間領域において—、土木学会 第25回年次学術講演会概要集 V-78 (1970) pp.227~228
- (38) DAVIS, E. F., KROKOSKY, E. M., and TONS, E., "Stress Relaxation of Bituminous Concrete in Tension," Hwy. Res. Record No. 67 (1965) pp. 38-58.
- (39) 森吉・上島・菅原 ミ曲げ試験から求めたアスファルト合材の強さ、およびスティフネスについて、土木学会 第23回年次学術講演会概要集 V-108 pp. 299~302
- (40) 菅原・阿部・清水 ミアスファルト舗装のニードイング作用に関する研究、土木学会 第22回年次学術講演会概要集 V-99 (1967) pp. 99-1~99-2
- (41) 神崎・松浦・田中・菅原 ミアスファルト舗装のRut-

- ingに関する基礎的研究、(第1報)土木学会 第24回年次講演会概要集 IV-134(1969)pp.315~316
- (42) PAPAZIAN, H. S., "The Response of Linear Viscoelastic Materials in the Frequency Domain with Emphasis on Asphaltic Concrete." Proc. Internat. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements, Univ. of Michigan (1962) pp. 454-463.
- (43) MONISMITH, C. L., and SECOR, K. E., "Viscoelastic Behavior of Asphalt Concrete Pavements." Proc. Internat. Conf. on Structure Design of Asphalt Pavements, Univ. of Michigan (1962) pp. 476-498.
- (44) ALEXANDER, R. L., "Limits of Linear Behavior of an Asphalt Concrete in Tension and Compression." Thesis, D. Eng. (Transportation Eng), Univ. of California (1964)
- (45) GARRISON, W. A., "Three-year Evaluation of Snell Avenue Test Road." Hwy. Res. Record No. 117 (1966) pp. 71-99.
- (46) DORMON, G. M., and METCALF, C. T., "Design Curves for Flexible Pavements Based on Layered System Theory." Hwy. Res. Record No. 71 (1965) pp. 69-84.

# 特殊アスファルトについて

## 1. はじめに

アスファルト需要の大半を占める舗装用にはストレートアスファルトおよび軽度のブローイングを行なったアスファルトが使用されているが、舗装道路について、南北に長いわが国は四季の変化が大きく、交通量の増加や質の変化とあいまって、道路におよぼす影響はますます過酷になりつつある。これに対処するため、よりよい舗装を目指して各分野において研究がなされている。

舗装材料の一つであるアスファルトについても、改良研究が行なわれており、1960年代初期において天然ゴム入りアスファルトが使われ、その後種々の特殊アスファルトが開発され現在に至っている。

しかしながら、今のところ年間の使用量は数万トンで試供の域を出ていないが、今後の需要に期待の持てる製品である。

## 2. 特殊アスファルトの種類

わが国で製造されている特殊アスファルトは

- ・ゴム入りアスファルト
- ・樹脂入りアスファルト
- ・触媒アスファルト

に大別できる。

### 2-1 ゴム入りアスファルト

アスファルトにゴムを3~5%混入して、その特性を改良したもので、製造法の違いによりプレミックス型、プラントミックス型に細分される。

使用されるゴムは天然ゴム、ステレン・ブタジエン・ゴム(SBR)、クロロプロレンゴム(CR)、ニトリルゴム(NBR)、ブチルゴム(IR)、再生ゴムなどであるが、これの中で一般的には天然ゴムとSBRが使用されている。

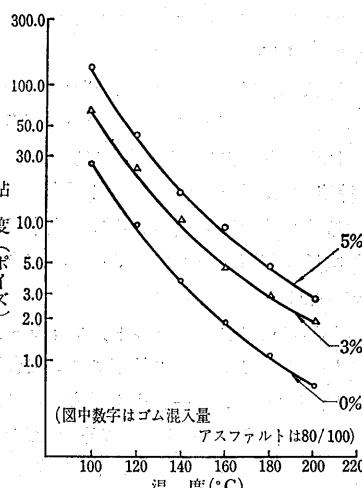
#### (a) ゴム入りアスファルトの特性

ゴム入りアスファルトの性質は、使用するゴムの種類、混入量および製造法によって若干の差はあるが、ゴムを混入することによりアスファルトの性質は次のように変化する。

表-1 ゴム入りアスファルトの性状<sup>1)</sup>

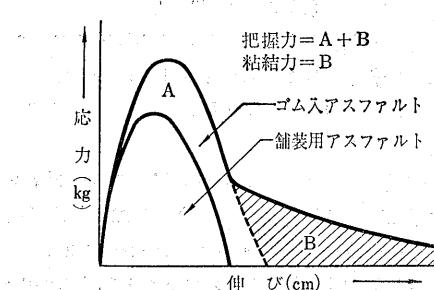
項目	品種 ゴム量 (%)	80/100			100/120		
		0	3	5	0	3	5
針入度 (25°C)	89	83	79	109	94	88	
軟化点 (°C)	46.8	54.2	58.4	44.8	51.1	54.2	
P. I.	-0.8	+1.1	+2.0	-0.6	+0.6	+1.2	
伸度 0°C	0.7	150 以上	150 以上	0.5	—	150 以上	
5°C	8.0	150 以上	150 以上	9.0	—	150 以上	

図-1 ゴム入りアスファルトの温度-粘度曲線<sup>1)</sup>



分類8-1

図-2 ゴム入りアスファルトの応力-伸び曲線



針入度：小さくなる  
軟化点：高くなる  
針入度指数：大きくなる  
伸度：大きくなる  
脆化点：低くなる  
粘度：増加する  
把握力：大きくなる  
粘結力：大きくなる

次にゴム入りアスファルトの性状一例を表-1、図-1、図-2に示す。

なおアスファルト中のゴムの働きについては、今のところ完全に解明されていないが、一般的にはゴムがアスファルトの成分であるマルテン成分を吸収し、膨潤した状態でマルテン相に浮んでいるといわれている。

#### (b) ゴム入りアスファルトの製造法

##### プレミックス型

特殊アスファルトの草分けであり、このタイプに使用されるゴムは天然ゴムまたは合成ゴムで、このゴムを工場で直接溶融アスファルトに投入し混合する方法と、まずゴムとアスファルトとを80:20にロール練りしてマスター・バッチを作り、このマスター・バッチをシート状に加工し、さらにこれを小さく切断して溶融アスファルトに投入し混合する方法がある。

前者は混合に長時間を要するため、ゴムおよびアスファルトが熱劣化を受けやすい。これに対し後者は溶

表-3 ホイール・トラッキング試験結果<sup>1)</sup>

アスファルト種別	ゴム混入量(%)	変形率(mm/分)	動的安定度(pas/mm)
80/100	0	$27.6 \times 10^{-2}$	$1.52 \times 10^2$
	3	$16.2 \times 10^{-2}$	$2.59 \times 10^2$
	5	$6.53 \times 10^{-2}$	$6.43 \times 10^2$
100/120	0	$29.1 \times 10^{-2}$	$1.44 \times 10^2$
	3	$17.8 \times 10^{-2}$	$2.36 \times 10^2$
	5	$8.53 \times 10^{-2}$	$4.92 \times 10^2$

備考 バインダー量は 7.2%

図-3 変形量一時間曲線（ホイール・トラッキング試験）

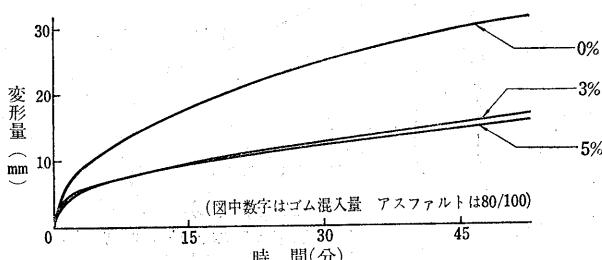


表-2 使用した合材の粒度分布<sup>1)</sup>

合材の種類	ロールドアスファルト	アスファルトモルタル
通過重量	20 mm	100
	15	89
	10	62
	7	46
	5	—
百分率	2.5	—
	1.2	—
	0.6	—
%	0.3	100
	0.15	74
	0.074	26
バインダー量 %	7.2	12.0

解性のよいマスター・バッチを用いるため、前者に比較して混合時間が短かくてよいので熱劣化も受け難く、最近はマスター・バッチ法がよく使用されている。

##### プラントミックス型

前述のプレミックス型は工場生産のため、製造場所が固定されるので、ローリーで出荷できる地域に限定されるなどの欠点がある。

これを改善するためにアスファルトプラントで合材を製造する時、合成ゴムラテックス（ゴム50%）をパグミルミキサー中に直接スプレーし、混合の上ゴム入りアスファルト合材を製造する方法があり、この方法がプラントミックス型とよばれている。

#### (c) 合材試験結果

表-2に示す骨材の粒度および配合で、ゴム入りアスファルト（プレミックス型）とストレートアスファルトを比較すると次のようになる。

##### (1) ホイール・トラッキング試験

この試験は英國道路研究所で開発されたものである。42ペス/分の割合で9 inの距離を往復運動するテーブル上に、表-2に示すロールドアスファルトの供試体（12×12×2 in）を固定する。供試体の中心線上にソリッドタイヤをのせ、このタイヤに55.1kgの全荷重をかける。

これらの試験は45°Cの恒温室の中で行なうが、通過回数の増加につれてワダチ深さの増加が直線的にになったところで、動的安定度（回/mm）と変形率（mm/分）を算出する。

結果は表-3、図-3に示すが、ゴムの混入により高温時の動的安定度は著しく向上する。

##### (2) グリックベンディング試験

この試験は、角棒状供試体（25×25×250mm）の

中央に一定速度(12cm/秒)の荷重を加えて、スパン20cmの棒に曲げ破壊を生ぜしめ、曲げ強さと破断時の歪を求める試験であるが、これにより求めた曲げ強さを図-4に示す。なおこれに用いた粒度および配合は表-2のアスファルトモルタルを使用。

#### (ii) ラベリング試験

表-2のアスファルトモルタルについて、次の試験条件で行なったラベリング試験結果を、ストレートアスファルトを1として表-4に示すが、ゴムを混入することによりすりへり量は大幅に減少する。

#### 2-2 樹脂入りアスファルト

プラスチック工業の発達により、数多くの合成樹脂が安価に製造されることになったことから、樹脂をアスファルトに混入しアスファルトの特性を改良したもので、プラスチックアスファルトともいわれる。

これに使用される樹脂は熱硬化性のものと熱可塑性のものとがあり、前者にはエポキシ樹脂、フェノール樹脂などが属し、後者にはエチレン・酢酸ビニール樹脂、ポリエチレン樹脂などがある。

#### (a) エポキシ樹脂入りアスファルト

エポキシ樹脂はタフミ性に欠ける欠点があるため、エポキシ樹脂に可塑剤を加えタフミ性も改良の上使用する場合があるが、いずれの場合もアスファルトとの相溶性は小さい。さらにエポキシーアスファルトは使用する際、硬化剤を用いるが一たん硬化すると軟化、溶解がしにくくなるので、作業温度および作業時間を厳密に選定する必要がある。硬化した舗装体は耐油性、耐熱性、耐荷重にすぐれるため飛行場などの舗装に使用される。

混合物の特性として圧縮強度と温度との関係を図-5に示し、マーシャル安定度と温度との関係を図-6に示す。これによるとEACの圧縮強さは常温では普通のACの約5倍、PCCの約2分の1であり、また60°CではACの約20倍、230°CでもACの60°Cにおける値の約4倍の大きさを示す。マーシャル安定度については、230°CにおいてもACの60°Cにおける値の約3倍の大きさを示す。

#### (b) エチレン・酢酸ビニール樹脂入りアスファルト

アスファルトとの相溶性は大きく、加熱溶解したアスファルトにエチレン・酢酸ビニール樹脂(EV樹脂)を投入し、攪拌することによってEV樹脂入りアスファルトを製造することができる。

EV樹脂入りアスファルトは把握力・粘結力・弾性耐衝撃性・温度特性の改良を目標としているが、EV樹脂入りアスファルトの性状を表-5に示す。

図-4 曲げ強さと温度の関係(クイックベンディング試験)<sup>1)</sup>

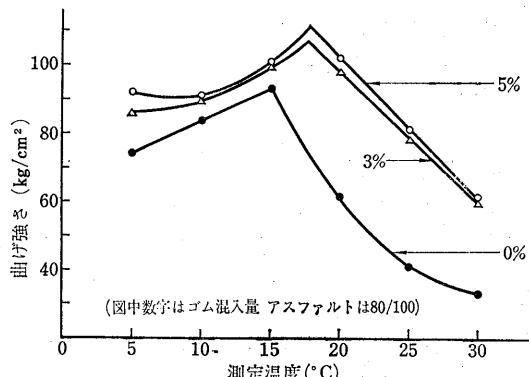
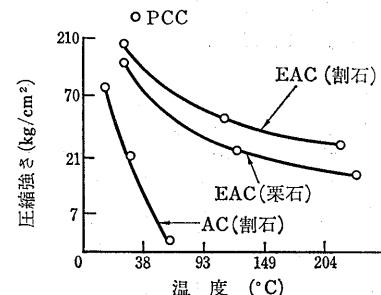


表-4 ラベリング試験結果<sup>1)</sup>

合材の種類	ゴム混入量 (%)	比 重	すりへり量
アスファルト	0	2,096	1.00
	3	2,140	0.63
	5	2,134	0.60
モルタル	0	2,247	1.00
	3	2,274	0.65
	5	2,304	0.50
トペカ	0	2,247	1.00
	3	2,274	0.65
	5	2,304	0.50

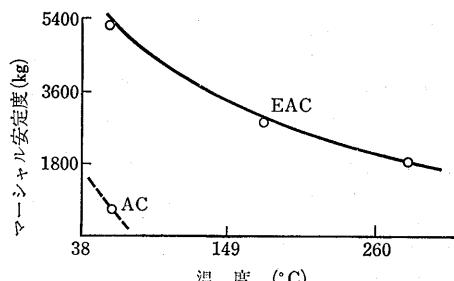
試験結果 -10°C 試験時間 5時間

図-5 温度-圧縮強度<sup>2)</sup>



EAC: エポキシ樹脂アスファルトコンクリート  
AC: アスファルトコンクリート  
PCC: ポルトランドセメントコンクリート

図-6 温度-マーシャル安定度<sup>2)</sup>



EAC: エポキシ樹脂アスファルトコンクリート  
AC: アスファルトコンクリート

表-5 樹脂入りアスファルトの性状<sup>3)</sup>

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
ストレートアスファルト M80/100 (pen90)	100	97	95
E 樹脂	0	3	5
比 重	1.0203	1.0177	1.0162
軟化点	45	47	48
針入度 (25°C)	90	101	91
(0°C)	12	14	18
(46°C)	406	406	344
P. I.	-1.1	0	-0.2
伸 度 (10°C) cm	100+	100+	74
(5°C)	7.5	40	39
蒸 発 量 %	0.007	0.001	0.003
蒸発後の針入度 %	90	80	90
フロ-39°C 70° 1時間 cm	2.21	1.32	0.71
屈 曲 (5°C) 1 mm, 1'' φ (0°C)	×	×	○
薄膜加熱後の針入度 %	64.5	62.5	72.5
粘 度 (180°C) cps	70	100	130
(B型回転粘度計)(160°C)	130	225	295
(140°C)	300	590	850
(120°C)	1,120	1,610	1,830

## 2-3 触媒アスファルト

厳選された原料油に表-6に示す触媒を少量添加して250°~300°C程度の温度で空気を吹き込み化学反応を起させて製造する。その反応機構は明らかではないが、添加した触媒が活性状となり、普通の条件では反応しない成分にまで作用し、複雑なコロイド性をもつ三次元的網状構造を作るといわれている。

## (a) 特 性

触媒アスファルトの特性は表-7に示す。

- 同一軟化点における針入度が大きい。
- 感温比が小さく、ゴムのような弾性を示す。
- 熱安定性、耐候性にすぐれる。
- 低温特性にすぐれる。
- 高温粘度が高く、高温での流動が少ない。

## (b) 合材試験結果

触媒アスファルトを用いた合材の曲げ強度、すりへり特性について図-7、表-9に示す。

## (1) 曲げ強度

表-8に示す骨材粒度および配合の合材を用い、40×40×160mmの供試体、120mmスパン、中央集中載荷法で50mm

表-6 触媒の種類、触媒アスファルトと一般ブローンアスファルトとの比較<sup>4)</sup>

No.	触媒種類	添加量 (%)	針入度增加率 % (a)	反応時間減少率 % (b)
1	CuO	2.0	52	31
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0	7.5	10.5
3	MoO <sub>3</sub>	2.0	25	29
4	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.0	13	22
5	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.0	147	-6
6	Zn powder	1.0	5.1	6.2
7	Cu powder	1.0	42	19
8	Fe powder	1.0	6	12
9	Mg powder	1.0	3	6
10	Sb powder	1.0	0	6
11	As powder	1.0	0	3
12	Al powder	1.0	0	0
13	P <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	2.0	107	34
14	P <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	2.0	185	25
15	P <sub>4</sub> S <sub>7</sub>	2.0	115	34
16	AlF <sub>3</sub>	0.5	1.6	3.8
17	ZnBr <sub>2</sub>	0.5	16	12
18	AlOl <sub>3</sub>	0.5	14	5
19	FeOl <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O	2.0	28	74
20	Sb Naphthenate	0.5	3.3	12
21	MgCl <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O	0.5	3	16
22	CuCl	0.5	51	41
23	BF <sub>3</sub>	d	18	20
24	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.5	0	5
25	ZnCO <sub>3</sub>	0.5	0	5
26	ZnCl <sub>2</sub> 3NH <sub>4</sub> Cl	0.5	0	23
27	AlCl <sub>3</sub> sludge	2.0	20	23
28	ZnCl <sub>2</sub> sludge	2.0	117	44
29	FeCl <sub>3</sub> sludge	2.0	156	78
30	SnCl <sub>4</sub> sludge	2.0	135	58
31	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sludge	1.0	3	-3

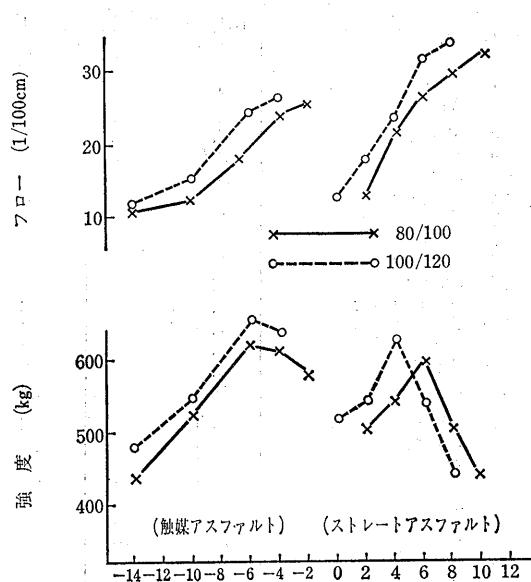
$$(a) \frac{(\text{触媒アスファルトの針入度} - \text{一般ブローンアスファルトの針入度})}{\text{一般ブローンアスファルトの針入度}} \times 100$$

$$(b) \frac{(\text{一般ブローンアスファルトの反応時間} - \text{触媒アスファルトの反応時間})}{\text{一般ブローンアスファルトの反応時間}} \times 100$$

表-7 触媒アスファルトの性状<sup>5)</sup>

品種	触媒アスファルト	ストレートアスファルト	
		80/100	100/120
針入度 (25°C)	92	111	91
軟化点 (°C)	58	54.5	46.5
伸 度 (10°C)	11	17	100以上
(15°C)	15	22	—
薄熱膜試験 重上変化 (%)	-0.00	-0.00	+0.05
針入度 (%)	69.1	64.9	59.2
引火点 (°C)	308	304	336
フラーク脆化点 (°C)	-28	-32	-15
	180°C	185	146
粘 度	140°C	970	700
(C. P.)	100°C	16,500	8,400
		1,800	1,200

図-7 温度一曲げ強度およびフロー<sup>5)</sup>



分の変位速度を与え、曲げ破壊が生じるまでの変位差とそのときの曲げ強度を測定する。

低温におけるアスファルト合材の脆化の目安となる曲げ強度の最大値を示す温度は、触媒アスファルトが低い値を示し、触媒アスファルトは低温においても十分タフミ性のあることを示す。

#### (b) すりへり性

前述の評価法により、ラベリング試験を行ない、その結果を表-9に示すが、ストレートアスファルトに比較して触媒アスファルトは耐摩耗性にすぐれている。

表-8 曲げ試験の骨材の粒度分布およびアスファルト量<sup>5)</sup>

通過重量百分率 (%)	5 mm	100
	2.5	96.2
	0.6	68.2
	0.3	48.2
	0.15	16.4
	0.074	9.6
アスファルト量 (%)		10

表-9 ラベリング試験結果<sup>5)</sup>

アスファルト種類	配合 (wt %)			すりへり量 (cm <sup>2</sup> )
	アスファルト	フィラー	砂	
触媒アスファルト 100/120	12.0	20.0	68.0	0.2
ストレートアスファルト 100/120	12.0	20.0	68.0	1.7

### 3. あとがき

以上、特殊アスファルトについて概説したが、いずれも特殊アスファルトはストレートアスファルトに

- ・耐クラック性
- ・耐摩耗性
- ・変形抵抗性
- ・すべり抵抗性
- ・耐荷重性

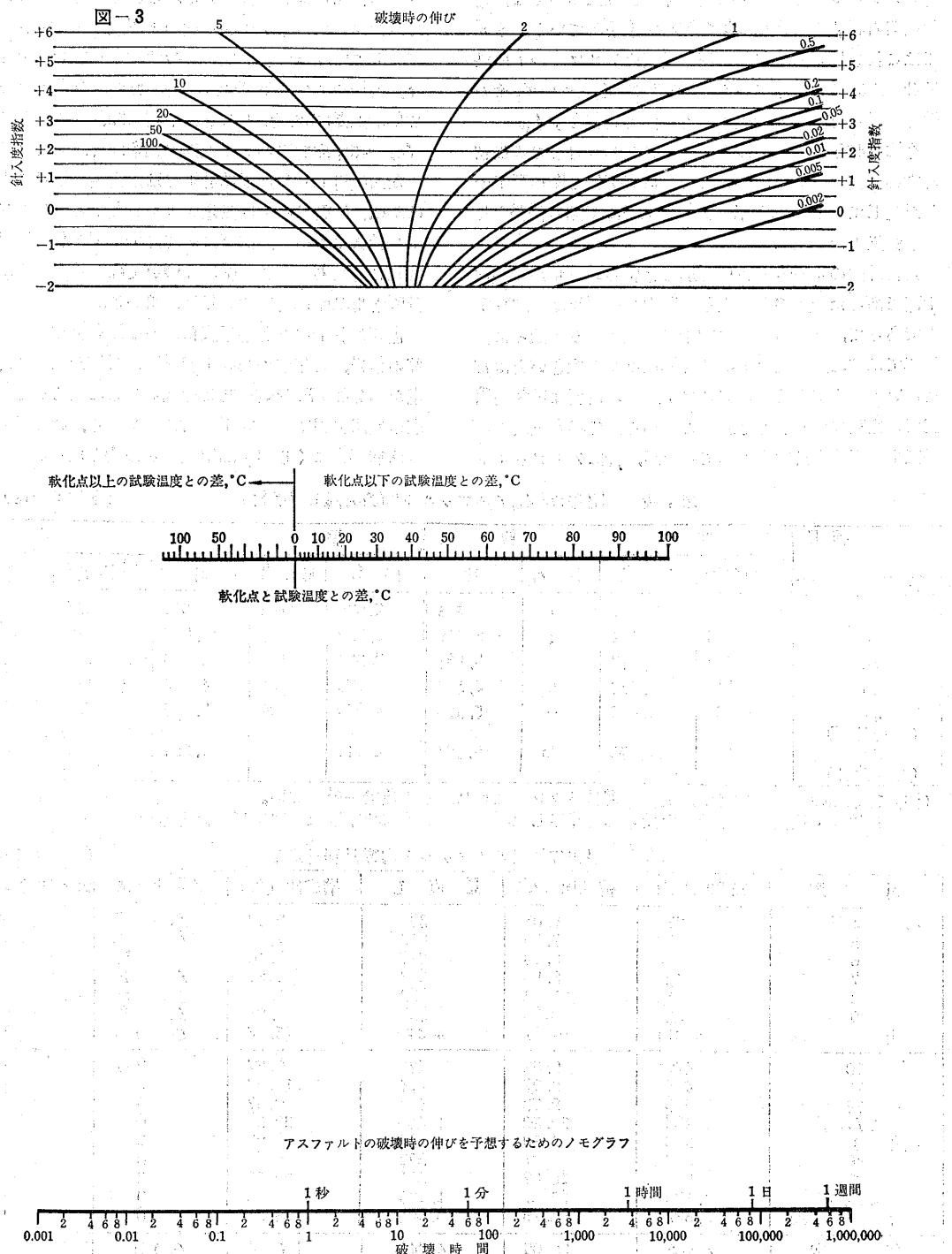
を付与し、よりよい舗装材の開発をねらっており、その成果は徐々にではあるが、着実に現われつつあり、今後の需要増を期待したい。

#### 引用文献

- (1)佐竹外, 「あすふあるとにゅうざい」 25, 21~27 (1970),
- (2)Evans, C. C., Lettier, J. A., Nelson, R. C., Proc. Asphalt Paving Tecnol., 29, 275 (1960)
- (3)帽田外, 「第8回日本道路会議論文集」 358~360(1965)
- (4)Hoiberg, A. J., Proc. Assoc. Asphalt Paving Technol., 19, 232 (1950).
- (5)丸善石油, 技術資料, スーパーアスファルト

訂正 第87号「アスファルトの性質とその規格について」のうち

4ページに掲載の図-3を以下のとおり訂正致します。



## 昭和47年度アスファルト需給見直しの改訂

アスファルトの5カ年に亘る需給計画については、通商産業省石油業務課が毎年度初めに策定している。業界ではこれを指針として、短期・長期のアスファルトの供給計画立案の資としているが、先般47年度について、その改訂見直しを策定したので、その内容を紹介する。

今回の47年度の需給改訂は、4月から9月までの当初計画の内需見込量と、9月までの販売実績の間に若干の差が生じているが、上期の実勢を基礎に下期の需要を見通す結果となっている。

当初計画の4~9月期(上期)の内需見込み量が2,374千屯であったのに対し、上期の国内販売実績は2,252千屯であって、6カ月間に122千屯見込量より下回った。比率では5.1%減となる。この誤差は余り大きいとは言えない程度ではあるが、アスファルトの需要は道路整備工事の盛衰に強く影響されることから、47年度上期の道路工事の実施動向を勘案してみたが、特にアスファルト

需要の減と結びつくような要因は見当らなかった。

よって47年度の10月以降48年3月までの下期の内需については、47年度当初の見込量を踏襲することとして、年度の需給が改訂されている。これは年度需要を上下期でみた場合に、過去の各年度の上下期比と大きな相違を来すものではない。すなわち47年度当初計画の上下期比は、上期47.8%・下期52.2%であったが、見通した結果の47年度上期は46.5%となり、下期は53.5%に変化する。(41~45年度を平均した上期の比率は47.1%である。)

なお改訂した年度需給計画では、内需見込量の改訂のほかに、当初計画では見込まれていなかったアスファルトの輸入について、改訂計画では60千屯が新たに計上されたことである。また輸出については、当初計画、改訂計画とも40千屯と同量を見込んでいる。

需要の若干の変化と年度初めの在庫を実績に置換える等の結果、47年度の必要生産量は、当初計画の5,066千屯から4,898千屯へと168千屯減ることになる。なお46年度の生産実績は4,218千屯であったから、改訂後の生産量は前年度にくらべ680千屯、16%増となる。

第1表 昭和47年度アスファルト需給見通し(改訂)

(単位:千屯)

項目 年度	供 給				需 要				
	期初在庫	生 産	輸 入	計	内 需	輸 出	計	期末在庫	計
43	117	2,497	1	2,615	2,373	143	2,516	105	2,621
44	105	3,104	1	3,210	2,926	171	3,097	133	3,230
45	133	3,697	1	3,831	3,510	193	3,703	140	3,843
46	140	4,218	6	4,364	4,170	55	4,225	146	4,371
47 (当初計画)	160	5,066	—	5,226	4,966	40	5,006	220	5,226
47 (今回改訂)	146	4,898	60	5,104	4,844	40	4,884	220	5,104

(注) 1. 昭和43~46年度までは実績。需給バランスはロス、その他で一致しない。

2. 輸入・輸出は各社計画を勘案して算出した。

3. 昭和47年度末在庫は16日分とした。

第2表 昭和47年度アスファルト内需月別見通し

(単位:千屯)

月別	当初計画	構成比 (%)	見直し	構成比 (%)	計画比増減	計画比伸び率 %
47年 4月	399	8.03	394	8.13	△ 5	98.2
5	352	7.09	350	7.23	△ 2	99.4
6	332	6.69	347	7.16	15	104.5
7	426	8.58	386	7.97	△ 40	90.6
8	430	8.66	392	8.09	△ 38	91.2
9	435	8.76	383	7.91	△ 52	88.0
上期	2,374	47.81	2,252	46.49	△ 132	94.9
10	478	9.62	478	9.87	0	0
11	495	9.97	495	10.22	0	0
12	483	9.73	483	9.97	0	0
3/4期	1,456	29.32	1,456	30.06	0	0
48年 1	288	5.79	288	5.95	0	0
2	333	6.71	333	6.87	0	0
3	515	10.37	515	10.63	0	0
4/4期	1,136	22.87	1,136	23.45	0	0
下期	2,592	52.19	2,592	53.51	0	0
年度	4,966	100.00	4,844	100.00	△ 122	97.5

(注) 1. 当初計画は、EPA法2次を参考にした。 2. 見直しの上期3月までは実績、9月速報。

3. 見直しの下期は当初計画と同じ。

# 協会ニュース

## アスファルト舗装技術委員会および 軽舗装分科会の新設について

アスファルト舗装にかかる技術的諸問題について、自由に討議、研究する委員会を本会内に設置し、10月より研究活動を開始した。

当委員会としては、研究課題別に分科会を設け、それぞれ専門の方々に参加していただくこととし、本年度下期は主として県市町村道を対象とする「軽舗装分科会」を中心に研究することとした。

「軽舗装分科会」の委員、幹事は右表の方々に委嘱し、来年3月末までに一応の研究成果をとりまとめる予定である。

県市町村道の舗装については、その整備が急がれている折から、時期を得た研究課題と思われる。読者各位のご意見をお寄せいただければ幸いである。

アスファルト舗装技術委員会 軽舗装分科会 (50音順)

分科会長	*多田 宏行	建設省道路局道路経済調査室
分科会委員	岩瀬 正洋	東京都土木技術研究所
	片野 正利	日新舗道建設(株)技術部
	金齊 多喜雄	神奈川県道路補修課
	高藤 博彦	千葉県道路補修課
	居見 敏夫	日本舗道(株)技術部
	雲田 源四郎	東亜道路工業(株)技術研究所
	福井 治芳	建設省土木研究所舗装研究室
	延野 正義郎	日進化成(株)技術部
	野村 一美	建設省道路局有料道路課
	吉村 博雄	建設省道路局地方道課
	渡辺 孝一	建設省道路局地方道課
	荒河 恒和	埼玉県道路維持課
	河野 一進	日本アスファルト協会理事
	永田 康三	日満化学工業(株)技術部
	成瀬 三吉	日本舗道(株)技術研究所
	島田 保	日満化学工業(株)業務部
	松島 進	建設省土木研究所舗装研究室
	松本 忠	建設省道路局地方道課
	利	日本アスファルト協会事務局
		日新舗道建設(株)技術部

\*印 本委員会委員

## 新版

## 道路工事ポケットブック

多田 宏行 著  
矢部 正宏

—山海堂 950円

昭和47年11月 初版 —

私たち道路建設に従事する者にとっては、道路技術の発展のいちじるしさと、事業量の拡大と共に追われて、目まぐるしいほどの毎日を送っている。

ときどき現場から街中へ出かけると、まるで本能のおもむくままに書店の土木コーナーへ足が向いている。何か新しい本が出ているのか、何か自分の欲求を満足させる参考書はないものか——腹の空いた野良犬みたいな恰好に——ふっと気がついて苦笑してしまう。

道路土木関係の本は、10年も前からみれば、驚くほどいっぱい並

んでいる。どれをとっても非常に立派な本ばかりである。悪口になるだろうが——立派すぎるのである。筆者の長年の研究と理論が、これでもか、これでもかというようにキラビヤカに部厚なページに並び盛られているのだ。

毎日、ヘルメットをかぶっている私たち現場の者には、ただマヅシイばかりである——大げさに言えば不安感がつのるだけだ。

高橋国一郎氏の「道路工事ポケットブック」を先輩から貰ったとき、何故か嬉しかった——そんな想い出がある。先輩が5年使って

私が5年この本をこねくりました。手あかに汚れて、赤鉛筆の字が裏のページに写って、ひどくクタビレタ本になってしまった。土とホコリのにおいがする貴重な本ではあるが——。

そのポケットブックの真新しい背文字が、何気なく覗いた書店の一隅に並んで、私の目をひきつけた。やっと出たか——いま私の小さな書棚に「道路工事ポケットブック」が2冊並んでいる。背文字が大分はげてしまつたと、金色に輝く同じ題名の本とが2冊並んでいる——常に現場技術者の作業衣のポケットの中にあって、道路の設計・施工のお手伝いができるよう——とこの本の第一ページには書かれてある。そのとおりだ。

**主要内容** 土工・排水・のり面・保護工・擁壁・アスファルト舗装・セメントコンクリート舗装・簡易舗装

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〕		
アジア石油株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03(506) 5649
大協石油株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-1	03(562) 2211
エッソスタンダード石油(株)	(105) 東京都港区赤坂5-3-3	03(584) 6211
富士興産株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580) 3571
富士興産アファルト(株)	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03(580) 0721
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03(211) 6531
ゼネラル石油株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-9-13	03(541) 2531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03(213) 3111
鹿島石油株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町38	03(503) 4371
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03(580) 3711
丸善石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-5-3	03(213) 6111
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町1	03(501) 3311
モービル石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03(270) 6411
日本鉱業株式会社	(105) 東京都港区赤坂葵町3	03(582) 2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03(503) 1111
三共油化工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-1	03(216) 2611
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-2-1	03(216) 6781
シエル石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03(580) 0111
新日本油化学工業株式会社	(676) 兵庫県高砂市伊保町梅井字新浜1-1	07944(7) 0781
昭和石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03(231) 0331
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-2-1	03(211) 1411
谷口石油精製株式会社	(512) 三重県三重郡川越町高砂	0593(65) 2175
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03(213) 2211
ユニオン石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03(211) 3611
〔ディーラー〕		
② 関東		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03(551) 8011 大協
アスファルト産業株式会社	(103) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03(553) 3001 シエル
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03(432) 2391 丸善
富士油業(株)東京支店	(106) 東京都港区西麻布2-8-6	03(402) 4574 富士興産アス
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488(22) 0161 シエル
株式会社木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03(552) 3191 共石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03(363) 8231 出光
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03(210) 0211 三石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-3-	03(272) 3471 日石
株式会社南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03(212) 3021 日石
日本輸出入石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03(211) 6711 共石

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-13-13	03 (543) 5331 シエル
日東商事株式会社	(162) 東京都新宿区矢来町111	03 (260) 7111 昭石
瀬青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋江戸橋2-9	03 (271) 7691 出光
菱東石油販売株式会社	(101) 東京都中央区外神田6-15-11	03 (833) 0611 三石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-2-14	03 (564) 1321 三石
三徳商事(株) 東京営業所	(101) 東京都千代田区岩本町1-3-7	03 (861) 5455 昭石
株式会社 沢田商行	(104) 東京都中央区入船町1-7-2	03 (551) 7131 丸善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3961 昭石
昭和石油アスファルト株式会社	(140) 東京都品川区南大井1-7-4	03 (761) 4271 昭石
住商石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田美士代町1	03 (292) 3911 出光
大洋商運株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-2	03 (503) 1921 三石
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751 三石
東京アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (501) 7081 共石
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町34	03 (503) 5048 富士興産アス
東京レキセイ株式会社	(141) 東京都品川区西五反田8-12-10	03 (493) 6198 富士興産アス
東京菱油商事株式会社	(162) 東京都新宿区新宿1-2	03 (352) 0715 三石
東生商事株式会社	(150) 東京都渋谷区渋谷町2-19-18	03 (409) 3801 三共・出光
東新瀬青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋江戸橋2-5	30 (273) 3551 日石
東洋アスファルト販売株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (584) 6211 エッソ
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 大協
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区新小川町2-10	03 (269) 7541 丸善
エニ石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-4-10	03 (503) 0467 シエル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭石
横浜米油株式会社	(221) 横浜市神奈川区金港町7-2	045 (441) 9331 エッソ
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 大協
ビチュメン産業(株)富山営業所	(930) 富山市奥井町19-21	0764 (32) 2161 シエル
千代田石油株式会社	(460) 名古屋市中区栄1-24-21	052 (201) 7701 丸善
富士フロー株式会社	(910) 福井市下北野町東坪3字18	0776 (24) 0725 富士興産アス
株式会社名建商会	(460) 名古屋市中央区栄4-21-5	052 (241) 2817 日石
中西瀬青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日石
三徳商事(株)名古屋営業所	(453) 名古屋市中村区西米野1-38-4	052 (481) 5551 昭石
株式会社三油商會	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 大協
株式会社 沢田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 丸善
新東亜交易(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区広井町3-88	052 (561) 3511 三石
● 近畿		
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区北堀江5-55	06 (538) 2731 大協
千代田瀬青株式会社	(530) 大阪市北区此花町2-28	06 (358) 5531 三石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀3-20	06 (441) 5159 富士興産アス

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区宗是町1	06 (443) 2771 シエル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1—43	06 (252) 5856 富士興産アス
関西舗材株式会社	(541) 大阪市東区横堀4—43	06 (271) 2561 シエル
川崎物産株式会社	(650) 神戸市生田区江戸町98	078 (391) 6511 昭石・大協
北坂石油株式会社	(590) 堺市戒島町5丁32	0722 (32) 6585 シエル
毎日石油株式会社	(540) 大阪市東区京橋3—11	06 (943) 0351 エッソ
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市東淀川区塚本町2—22—9	06 (301) 8073 丸善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜通1—15—1	06 (343) 1111 三石
中西瀝青(株)大阪営業所	(530) 大阪市北区老松町2—7	06 (364) 4305 日石
三徳商事株式会社	(531) 大阪市東淀川区新高南通2—22	06 (394) 1551 昭石
(株)沢田商行大阪支店	(542) 大阪市南区鰐谷西之町50	06 (251) 1922 丸善
正興産業株式会社	(662) 西宮市久保町2—1	0793 (34) 3323 三石
(株)シエル石油大阪発売所	(530) 大阪市北区堂島浜通1—25—1	06 (343) 0441 シエル
梅本石油(株)大阪営業所	(550) 大阪市西区新町北通1—17	06 (351) 9064 丸善
山文商事株式会社	(550) 大阪市西区土佐堀通1—13	06 (443) 1131 日石
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (35) 7511 共石
● 四国・九州		
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1—1—1	0888 (73) 4131 富士・シエル
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5—6—26	0878 (31) 7255 シエル
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5—8	0886 (53) 5151 富士興産アス
西岡商事株式会社	(764) 香川県多度津町新町125—2	08773 (2) 3435 三石
九州菱石油株式会社	(770) 北九州市八幡区山王1—17—11	093 (66) 4868 三石
畑礦油株式会社	(804) 北九州市戸畠区明治町5丁目	093 (871) 3625 丸善
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前1—9—3	092 (43) 7561 シエル

**新製品!!**  
**スロープ  
フンパック**  
路肩・のり面  
転圧機  
150kg  
(特許出願中)

**バイブロ  
プレート**  
アスファルト固め  
路面整形・修理  
VP-110kg  
VP-70kg  
VP-60kg

**O-LA**  
**両輪／駆動・振動**

アスファルト舗装  
サイド転圧可能  
ステアリング軽快  
MVR-3.0t  
MVR-2.3t  
MVR-1.1t  
MVH-0.5t

**明和**  
**バイブロ  
ランマ**

路盤碎石締固め  
水道・ガス管・道路  
電設・盛土埋戻  
VRA-120kg  
VRA-80kg  
VRA-60kg

(カタログ送呈)全国各地に販売店あり

**株式会社  
明和製作所**  
川口市青木町1-448

本社・工場 Tel (0482) 代表(51) 4525 ~ 9 〒332  
 大阪営業所 Tel (06) 961-0747 ~ 8 〒536  
 福岡営業所 Tel (092) 41-0878 ~ 4991 〒612  
 名古屋営業所 Tel (052) 361-5285 ~ 6 〒454  
 仙台営業所 Tel (0222) 56-4232-57-1466 〒982