

アスファルト

第15巻 第85号 昭和47年6月発行

ASPHALT

85

社団法人 日本アスファルト協会

ASPHALT

第 85 号

目 次

静止・加速・減速輪荷重 に対するアスファルト表層	間山 正一	2
アスファルト関係研究機器について	菅原 照雄	6
舗装構造のシステム解析法 ーその2ー		13
《統 計》世界のアスファルト需給		18
アスファルトの組成と経時変化について…	藤代 光雄	21
	岩井 誠次	

読者の皆様へ

“アスファルト” 第85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 葦哉
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. 85

JUNE 1972

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

静止・加速・減速輪荷重に対するアスファルト表層

間山正一

1. まえがき

車両が道路上を走行する場合に走行速度は一定ではなく、常に加速、減速を行なう。例えば、交差点では減速・静止・加速の状態はかならず生じるし、バス・ストップ、ペーキングエリア付近でも同様である。これらの種々の輪荷重状態に応じて、アスファルト舗装は良好なレスポンスを示さなければならない。有料道路の料金徴集所では、コンクリート舗装が多く見られるのも、これらの荷重状態によって生じる問題、例えばスペリや波立ち(Waving)あるいはワダチ掘れ(rutting)に対するアスファルト表層の抵抗性について、未知の部分が多いいためと、さらに排気等による油の問題があるためと思われる。アスファルトが粘弾性材料である以上、これらの速度変化に対するレスポンスは当然異なる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。諸外国のアスファルト舗装の設計法⁽⁴⁾⁽⁵⁾をみても、その方法は主として、一般の(高速)道路についてであり、スペリに対する表面性状(Surface Texture)のあり方、耐はく離防止対策等の別項あるいは参考資料をかかげている程度である。動態調査や研究の面ではその報告が多く、わが国でも種々報告されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

これら的事情を考えて、ここでは先に述べた特殊荷重

に対する舗装設計の工学的手法について述べてみたい。

2. 静止輪荷重に対する舗装

静止輪荷重をうける場所の合材に要求されるファクタとして、まず安定性が考えられる。これは長時間載荷によって合材に生じる塑性変形をできるだけ小さくするためである。普通の静止荷重に対しては、従来のマーシャルあるいはビームの安定試験や合材設計規準でも、適切に設計され静止された合材であれば十分であろう。また平板載荷試験やC B R試験などの強度試験と現場の条件とを適切に相関づけた他の合材設計手順によっても、変形に十分に抵抗できる合材を決定できよう。

ここで問題となるのは、特異な環境あるいは重い静止荷重に耐えなければならない場合のアスコン層を設計する場合である。トラック混入率の多いわが国では、このような場合が多いことは言うまでもない。

この種の条件に対する合材設計方法として、2つの手順が考えられる。

(1)合材の内部摩擦角 ϕ と粘着力Cを測定する設計手順

(2)合材のスチフェス係数を測定する設計手順

Barber⁽⁹⁾, Hewitt⁽¹⁰⁾, McLeod⁽¹¹⁾⁽¹²⁾, Nijboer⁽¹³⁾,

Smith⁽¹⁴⁾は摩擦角と粘着力を使った解析を提唱した。Saal⁽¹⁵⁾はスチフェス係数の使用について述べている。スチフェス係数は、アスファルトが時間(載荷速度、歪速度)と温度でその挙動を依存する点に注目して、レオロジー的取扱いをして一種の(時間と温度に依存する)弾性係数、と定義できよう。わが国でも、普通の舗装設計方法に導入されてはいないが、その学問的基礎は固められつつあり⁽¹⁶⁾、他のアスファルト構造物への適用に関する研究等も発表されているなど⁽¹⁷⁾、その合理的・工学的手法と相まって今後の発展が期待される。

さて、これらの研究者は静的荷重に対する合材設計手順を開発しようとしたのではなく、どのような載荷条

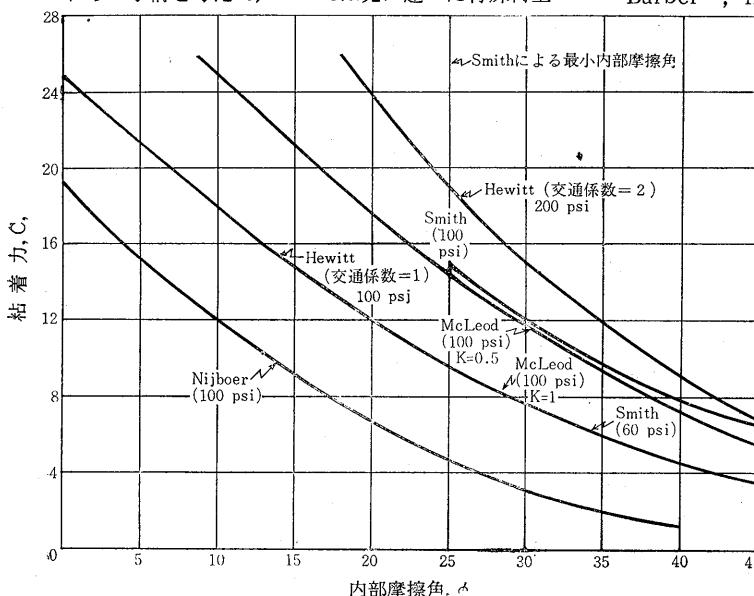


図-1 静止荷重に対するアスファルト合材の安定曲線

件に対しても、応用できるような合理的設計法を開発しようとしたのである。したがって、静止荷重の場合は、その特殊な場合と考えてさしつかえない。

3. ϕ と C を使う方法

McLeod⁽¹¹⁾⁽¹²⁾ は内部摩擦角と粘着力を使って、許容垂直圧力を定義しようと試み、この場合、水平方向は載荷面のすぐ側の舗装によって支持されるので横方向（水平方向）の動きは拘束されると考え、次式を導いた。

$$V = 2C \sqrt{\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \left[\frac{K(1+\sin\phi)+(1-\sin\phi)}{1-\sin\phi} \right]} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで V = 表面のタイヤ接地圧
 C = 支持材料の粘着力（あるいは初期抵抗）
 ϕ = 支持材料の内部摩擦角
 K = 水平支持に關係する定数

$K = 0$ と $K = 1/2$ の値は横方向の動きが支持されない末端あるいはその付近に載荷された場合に適用される。

従って、殆どのアスコン表層に対しては、1より大きい K 値を使うのが妥当であろう。この点について McLeod は、より豊富なデータが入手されるまでは、安全側をとって $K = 1$ の値をとることを奨めている。内部摩擦角 ϕ を横軸に、粘着力 C を縦軸にとって接地圧をパラメータとした計算結果を図-1 に示す（ ϕ と C を使う他の研究者の計算結果も含む）。McLeod はアスファルト合材の ϕ と C を三軸試験で決める場合、歪の割合は 0（平衡状態）から 0.4 in./min. の範囲であると報告している。

Hewitt⁽¹⁰⁾ は表面載荷重によって、舗装体に生じる水平応力は舗装構造の力学的コンポネントである粘着力 C と内部摩擦角 ϕ による水平抵抗を越えない、という仮定にもとづいて、アスファルト表層に次式を適用した。

$$P = \frac{4C}{1-\sin\phi} \sqrt{\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで P = 表面接地圧
 ϕ = 支持材料の内部摩擦角
 C = 支持材料の粘着力

ϕ の値は Hveem の安定度試験のデータから決定され C の値は Hveem (California) の粘着力試験から決定される。ビーム (Hveem) の安定度試験機は、マーシャル試験と同じ供試体を用いる特殊な型の密閉式三軸圧縮試験機（スタビロメータ）と考えてよい。載荷方法は供試体の水平な面に垂直荷重を加える方式をとっており、そのとき側面に生じる圧力を測定しようというものである（図-2）。垂直力、側圧および変位量からビーム安定度を計算式により求める。安定度試験が終った供試体は粘

図-2 ビーム安定度試験機

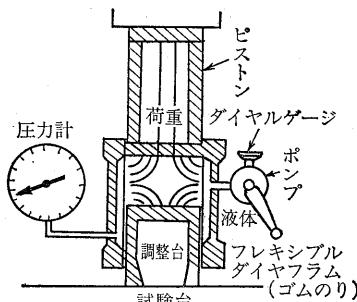


図-3 ビーム粘着力試験機

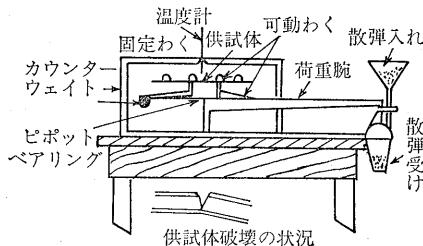
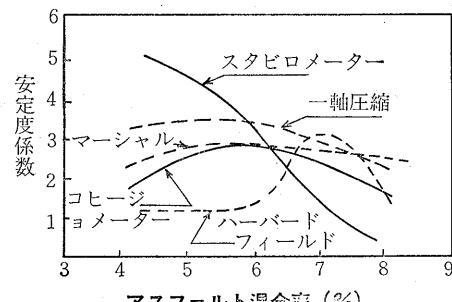


図-4 各試験方法による安定度試験の傾向



着力試験機（コヒージョメータ）によって曲げ、引張強さまたは粘着力を測定される（図-3）。

わが国ではアスファルト合材の安定度試験方法としてマーシャル試験が大半であるが、米国では種々の方法がとられており、その結果は同一の混合物（合材）でも値がかなり異っている。その一例を図-4 に示す。

さて、Hewitt による式-2 の計算結果（図-1）を McLeod の結果と比較してみると、McLeod の式（式-1）で $K = 1$ とおいた場合と同一の値を示している点は注目されよう。

Nijboer⁽¹³⁾ は Plandtle の方程式によって、サンドアスファルト合材の支持力を次のように表現した。

$$\sigma = \frac{\tau}{\tan\phi} \left[\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} e^{\tan\phi} - 1 \right] \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで σ = 支持力
 τ = 初期抵抗
 ϕ = 内部摩擦角

この方程式は無限厚の塑性材料に応用できる。よく知られているように、 $\phi = 0$ のとき支持力は以下のように推定される。

$$\delta = (2 + \pi)\tau = 5.14\tau \quad \dots\dots(4)$$

ϕ と C を決めるのに Nijboer は三軸圧縮試験機を用い、そのとき 0.005in./min. に等しい載荷速度を提唱している。Nijboer による ϕ と C の限界値を図-1 に示す。

Smith は種々の交通条件のもとにおかれる全てのタイプの瀝青合材に対して、弾性理論に基づく安定規準を開発した。Barber と Mershon による結果を用いて、 ϕ と C を使って瀝青表層の支持強さを計算し、現場観察に基づいて図-1 に示されるような規準を決めた。 $\phi = 25^\circ$ を最小内部摩擦角としたのは、 25° 以下の内部摩擦角を示す合材は交通荷重によって締め固められて、変形してしまうためである。このような状態ではブリージング等を生じることはよく知られているところである。

Smith によって示されるような下限は、交通条件によってコントロールされ、交通が減少されると共に満足な合材と不満足な合材の境界は、図-1 に示されるように下方に向ってくる。Smith はアスファルト表層の設計に用いる ϕ と C の値を決めるには、平衡状態で三軸試験を行なうことを提唱した。

ϕ と C を使う舗装合材の設計について要約してみると（図-1 参照）、McLeod, Hewitt, Smith の結果は、与えられた載荷条件に対して極めて一致している。Nijboer の解析は同じ載荷条件に対して ϕ と C に対応する値はかなり小さい。これは Prandtle の方程式によっては表現できない点であり、むしろ Nijboer によって表現されたような接地圧の差に注目したい。つまりタイヤの Inflation によって接地圧が約 50% 増加すると考えると、図-1 に示された 100psi の曲線は 65psi に減少されたものとみることができよう。このようにすると、 ϕ と C を使う舗装合材の設計データは全て同じような値をもつ。図-1 によって設計が可能であろう。

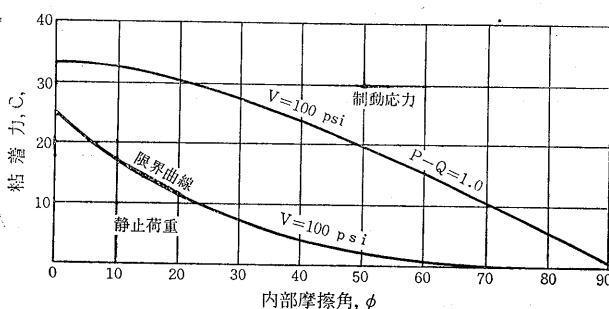


図-5 制動応力を受ける瀝青舗装合材の安定曲線

4. スチフネス係数を使う方法

Saal は温度 50°C、静止荷重でアス・コンとサンドアスファルトのせん断応力に対する最低規準を決めた。Saal によって報告された破壊時のせん断応力は、タイヤ圧 9 kg/cm² と 4 kg/cm² に対して、各々 3×10^6 dynes/cm² (0.31 kg/cm²) と 10^5 dynes/cm² (0.10 kg/cm²) である。換言するならば、アスファルト合材が満足な挙動をするためにはこれらの値に等しい強度を示さなければならない。

ここで問題となるのは歪の値である。いま必要なせん断強さに基づき 1% の歪を考えると、過大な変形を妨げるので必要な最小スチフネス係数は次式で推定される。

$$G = E/3 = \tau/\varepsilon \quad \dots\dots(5)$$

ここで G = せん断係数

E = 弹性係数

τ = せん断応力

ε = せん断歪

タイヤ圧 9 kg/cm² と 50°C の条件に対しては、 E min. = $(3 \times 0.31)/0.01 = 93$ kg/cm², 4 kg/cm² と 50°C の条件に対しては E min. = 30 kg/cm² したがって、舗装体が満足な挙動をするためには、50°C における長時間載荷に対しては、舗装体のスチフネス係数は、これらの値を越えることが必要である。スチフネス係数は時間と温度に依存することは先に述べたが、静止輪荷重に対しても、この両方のファクタを導入して合理的な設計がなされることの可能性について述べてみた。

5. 制動および加速応力

加速荷重および制動荷重に対しての合材設計に関する情報はきわめて少ない。

McLeod は、表層とタイヤの間の摩擦、表層とベースの間の摩擦を考慮に入れたいいくつかの関係を示した。タイヤの垂直圧力方向と制動応力の各々、あるいはその合力によって、舗装が破壊を生じないようにしなければならない。これらの応力と抵抗力に寄与するファクタとして、McLeod は、許容接地圧 V、支持材料の粘着力 C、支持材料の内部摩擦角 ϕ 、進行方向における横方向支持力係数 K、横断方向における横方向支持力係数 J、進行方向の接地面の長さ ℓ 、タイヤと表層との摩擦係数 f、表層とベースとの摩擦係数 g、タイヤと表層の境界面に生じる水平方向応力と、表層とベースの境界面に生じる水平方向応力との差 (p-q) を考えた。図-5 は接地面压 7.5 kg/cm² (100psi) に対する曲線を示したもので、(p-q) = 1.0 は最大値（安全側の値）を示すものである。図-5 の下方の曲線（限界曲線）で示されるような静止あるいは遅い移動荷重に較べて、制動あるいは加速荷重の場合は、かなり高い強度をもった材料あるいは舗装合材が必要であることが知られよう。ただし、アスファルト合材

の強度特性（例えばその工学的手法としてスチフェス係数）は、速度が大きくなる（載荷時間が短くなる）と共にその強度が大となるので、注意したい。

Barberは層理論 (Layered Systems) を使って水平応力の影響を解析した。垂直荷重の約10%までの接線方向力は縦断勾配あるいは片勾配によって生じ、また垂直荷重に対する接線方向力の比はタイヤと舗装表面の摩擦係数によって左右され、この比は最大約0.8に達する。

Barberの解析によると、支持力の減少は水平応力が生じるときに起り、垂直荷重だけの場合、 39kg/cm^2 (555 psi) の支持力をもつ瀝青材料でも（水平応力を生じさせる）スペリを伴う場合は、 9.3kg/cm^2 (132psi) の値に減少してしまう。Barberは深さの関数としての水平せん断応力についても報告している。これら的情報に基づいて考察するに、表層とベースの間の接着強さは載荷面と等しい半径の約1/2の深さで、最もきびしくなるようだ。たいていの道路では約10cmの深さになるであろう。

加減速交通を受ける舗装について述べたが、現在のところ問題となるのは応力と強度の評価についてである。

アスファルトおよびアスファルト合材の材料評価については、強度という点からは、スチフェス係数が有力な手法であることについては既に述べた。また、McLeod等による三軸試験も有力な武器であることは、論を待たないであろう。問題となるのは輪荷重によって生じる応力、あるいはたわみの問題である。既設舗装のたわみ測定機種として、ダイナフレクトが今後わが国でも多く使われることが予想される。ダイナフレクトの有用性についてはすでに筆者が報告してある⁽¹⁸⁾ので、ここでは省略する。せん断応力の合理的評価が確立するならば、加減速応力を伴う場合の舗装設計はさらに進むであろう。

6. あとがき

静止荷重を受ける舗装表層、加減速荷重を受ける舗装表層の設計について、三軸圧縮試験を使う手法と、スチフェス係数を使う手法について報告してみた。いずれの手法も材料評価についてすぐれた方法といえよう。これらの合理的方法を舗装設計手順にまで持っていくには、実際に舗装体に生じる応力あるいはたわみの合理的評価法を確立する必要がある。層理論の適用についても、アスファルト材料が粘弾性材料である以上、その適用範囲はきわめて限られる。層理論に温度条件による修正を加えるなどして、その適用範囲を拡大できよう。層理論については次の機会に報告したい。

参考文献

- (1) 森吉昭博、上島壯、菅原照雄『アスファルト舗装材料のレオロジイ』石油と石油化学 Vol. 13 No. 4 (1969)
- (2) "Relation of Asphalt Rheological Properties to Pavement Durability" N. C. H. R. P. Report 67
- (3) 間山正一『アスファルト舗装の破壊強度』道路建設 1972-3
- (4) 菅原照雄『アスファルト舗装の各種設計方法について』別冊アスファルト No. 11 (1967)
- (5) 南雲貞夫『アスファルト舗装設計の推移と現状』別冊アスファルト No. 15 (1971)
- (6) 高速道路調査会『舗装路面の供用性評価と交通荷重に関する調査』舗装 Vol. 5, 7~8月号 (1970)
- (7) 山之口浩『アスファルト舗装の破壊と供用性』舗装 Vol. 6 3月号 (1971)
- (8) 松井・小川・瀬戸・野田『高速道路におけるアスファルト舗装追跡調査』土木技資料 Vol. 13, No. 3 (1971)
- (9) Barber, E. S., "Shear Loads on Pavements." Proc. Internat. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements. Univ. of Michigan (1962) pp. 354-357.
- (10) Hewitt, W. L., "Analysis of Flexible Paving Mixtures by Theoretical Design Procedure Based on Shear Strength" Hwy. Res. Record No. 104 (1965) pp. 78-104.
- (11) McLeod, N. W., "A Rational Method of Design for Bituminous Paving Mixtures." Proc. Assn. Asphalt Paving Tech., Vol. 19 (1950) pp. 82-224.
- (12) McLeod, N. W., "Rational Design of Bituminous Paving Mixtures with Curved Mohr Envelopes," Proc. Assn. Asphalt Paving Tech., Vol. 21 (1952) pp. 349-437.
- (13) Nijboer, L. W., Plasticity as a Factor in the Design of Bituminous Road Carpets. Elsevier (1948).
- (14) Smith, V. R., "Triaxial Stability Method for Flexible Pavement Design," Proc. Assn. Asphalt Paving Tech., Vol. 18 (1949) pp. 63-94.
- (15) Saal, R. J., "Mechanics of Technical Applications of Asphalt." Paper presented at Div. of Petroleum Chemistry. Am. chem. Soc. (New York) (1960).
- (16) 菅原照雄ほか、土木学会第25回年次学術講演会概要集 V-77 P. 225 (昭和45年)
- (17) 工藤忠夫『アスファルトライニング設計法に対する一考察』土木学会論文報告集 第196号 P. 105 (1971)
- (18) 間山正一『季節によるたわみ性舗装の強度変化』アスファルト Vol. 13 No. 74

[筆者：セントラルコンサルタント(株)土木建設部]

アスファルト関係研究機器について

菅 原 照 雄

最近、あちこちから、北大に設備してあるアスファルト関係の研究機器の内容を紹介せよという要望が筆者の手許に寄せられている。これといってとりまとめたものもなく、いちいち詳細なご回事をさしあげるこ

ともできず、失礼していることも多く申訳けないのでアスファルトの誌上を借りて概略をご紹介しておきたい。なおご要望があればいつでも図面その他を公開する用意があるのでお知らせ戴ければ幸である。

1. 研究の内容

われわれの研究室の研究の主体をなすものとして、次に列記するようなものをあげることができる。

(1) アスファルトセメントのレオロジー

(2) アスファルト合材のレオロジー

a. 合材の破壊のモードと破壊強さ

b. 合材の変形係数

c. 合材の動的応答(動的性質)

d. 施工性に関連する力学性状

e. 合材の流動抵抗

(3) 層構造の理論解析ならびに舗装構造の動的応答

(4) その他興味ある短期間で終了する研究

(4)をのぞく他のほとんどが5~10年計画にもとづく、かなり基礎的な研究である。このように継続研究が多いと、新しいテーマにとりくむことはかなり困難であり、(4)でこの欠陥をカバーすることにしている。

(1)は目下進行中であり、粘度問題についての基礎的な部分は終了し、合材の粘弾性とあわせて、中島昭雄の学位論文としてとりまとめ中であり、実用性状との「橋かけ」は将来の課題である。

(2)のa.は5カ年をもって一応終了し、森吉昭博の学位論文としてとりまとめられた。b.は4年目を迎えるとして応力緩和の角度から研究が進められている。この分野については、上島壯が主力となっており、とりまとめも近い。c.は3年目を迎えるとして、実験設備が本格的に稼働を開始し、博士コース学生笠原篤の学位論文としてとりまとめ中である。d.は室蘭工大の新田登との共同研究として3年目を迎えており、かなり困難な多くの問題をかかえこんでいる。d.は10年近い年月をかけ多くの論文としてとりまとめてきたが、実用性状との関連など、まだまだ、研究の余地が残されている。

(3)は主として理論解析であり、そこから出た結果を、他の各種の研究の実験条件の設定のために利用し、さらに実験から得た結果を定数として、理論解析に導入するという方法をとっている。従って長く継続される性格の

研究である。動的応答は、理論値と動的荷重によって舗装体内に生ずる応力、歪をつきあわせるものでテスト・ピットなど、設備は目下建設中である。

(4)はスポット的なもので、全てが長期計画でガンジガラメの状態のなかで、多少お遊び的なテーマであってもいいだろうとの筆者の考えによるものである。ここ数年のテーマとして、

a. ロードヒーティングに関する一連の研究

b. 特殊アスファルト、とくにゴムアスファルトに関する研究

c. ダムフェーシング用合材に関する研究

d. ブリスタリング現象に関する研究

e. エポキシ系樹脂に関する研究

などがある。これらは主としてお役所側からの要望を出发点とし、筆者らの興味がそれと一致したものと御理解戴いてよいであろう。筆者の滑走路に関する一連の研究は(1)~(3)のうちに分散して入っている。

主な実験手法を表-1に示しておく。

2. 研究スタッフ

大学というわくの中の作業であり、スタッフは、少なくかつ流動的である。これは研究上不自由な面をもつてゐることは事実であるが、たえず頭のソフトなフレッシュな人間で構成され、マンネリを防止するという利点をもつてゐる。研究を通じての人材養成もまた筆者らに課せられた役目であろう。アスファルトに関するスタッフは教授、助教授、講師各1、助手1、技官1、補助員1が固定スタッフであり、学生として、博士コース学生1~2名、修士コース学生3~5名、研究生1~3名、卒論学生7~8名、総計20名近くで実験研究が行なわれている。

3. 研究設備選択の基本方針

かならずしも、うまくいっているとはいえないが、テーマ優先で設備される。基本的には、特定の一研究のために、特定の設備を購入する方法はとらない。すなわち

多分に流用の可能な方法がとられている。それは、

- 載荷装置——容量、変位速度ごとに、
- 荷重、変位測定装置
- 記録装置——記録する現象の速度に対応させて、
- 温度調節装置

の4つに分類し、適當なる組合せが可能なように基礎設備として用意される。一研究の終了とともにばらされ他の研究のため組み立てなおす方式である。従っておののにかならず何段階かのものが用意されている。まだ、十分とはいえない、いくつかの機器の導入計画をもっている。この基本方針は研究費の節減と研究領域の拡大のため、将来とももち続けようと考えている。

機器はかならずしも市販のものとはかぎらず、かなりのものについて自己設計が行なわれた。特長は土木関係の試験機メーカーからの購入が、きわめて少ないとある。これらから購入したものも大部分は私共の設計したものを作り戴いた程度に過ぎない。大規模なものは予算の都合上、一つのメーカーから購入されることもあるが、全く関係のない多くのメーカーから購入し、自分で機器を構成する例が多い。

20年来、研究室関係の機器の製作、維持にたゞさわっているところが2社（地元）あり、その担当者はわれわれ

表-1 実験手法

大項目	小項目	研究対象	使用機器
舗装のシステムに関する研究	アスファルトの粘度 (主として歪速度、温度依存性)	高温→施工 常温→パフォーマンス	Rheometer Sliding Plate Microvibrrometer
アスファルトおよびアスファルト合材のレオロジー	アスファルトの合材特性への影響	各種機器	"
アスファルト舗装のパフォーマンスに関する研究	感温性 Stiffness Mass Viscosity 脆性と延性 応力緩和、緩和弾性率 クリープ 強さ 温度応力 荷重変形のプログラミングによるシミュレーション (動的性状) 移動荷重に対する変形抵抗の解析	振動、Quick Bending Compression Test, TOM 各種機器 Quick Bending, TOM 各種機器とくにTOM " " " " " " " D.M. D.M. D.M. Kneading Action Rutting	振動、Quick Bending Compression Test, TOM 各種機器 Quick Bending, TOM 各種機器とくにTOM " " " " " " D.M. D.M. D.M. Wheel Tracking " "

* D.M.は動的試験機の意

表-2 変形、歪速度一覧

試験機	作用応力	主たる供試体断面 (cm)	スパン長 又は長さ(cm)	クロスヘッド 移動速度, mm/min	歪速度, cm/cm/sec	容量, kg	対象となる試験
Olsen	曲げ	2.5×2.5	20		$\sim 3.43 \times 10^{-3}$		
	曲げ	3.0×3.0	20		$\sim 4.13 \times 10^{-3}$		
	圧縮	5.0×5.0	15		$\sim 6.11 \times 10^{-2}$		
	圧縮	3.0×3.0	8		$\sim 1.14 \times 10^{-3}$	10,000	曲げ、圧縮、引張 応力緩和
	引張	5.0×5.0	15		$\sim 6.11 \times 10^{-3}$		
TOM	引張	3.0×3.0	8		$\sim 1.14 \times 10^{-2}$		
	曲げ	2.5×2.5	20		$3.12 \times 10^{-5} \sim 3.12 \times 10^{-2}$		
	曲げ	3.0×3.0	20	0.5~500	$3.75 \times 10^{-5} \sim 3.75 \times 10^{-2}$	500	曲げ、圧縮、引張 クリープ、応力緩和
	圧縮	2.5×2.5	8		$1.04 \times 10^{-4} \sim 1.04 \times 10^{-1}$		
	引張	2.5×2.5	8		$1.04 \times 10^{-4} \sim 1.04 \times 10^{-1}$		
Quick Bending	曲げ	2.5×2.5	20	600~7,800	$3.75 \times 10^{-2} \sim 4.88 \times 10^{-1}$	180	曲げ、応力緩和
Dynamic	曲げ	3.0×3.0	30	三角波のとき	$3.12 \times 10^{-5} \sim 6.24 \times 10^{-1}$	120	曲げ、応力緩和、クリープ
	曲げ	4.0×4.0	30	120~24,000	$4.00 \times 10^{-3} \sim 8.00 \times 10^{-1}$	静的(200)	動的截荷、緩速截荷
Vibration	曲げ	2.5×2.5	20~28	振動数(Hz)	載荷時間(sec)		共振による スピニネス
	曲げ	2.0×2.0		$2 \times 10^2 \sim 8 \times 10^3$	$9 \times 10^2 \sim 8 \times 10^4$		
Wheel Tracking	走行	30×30	厚さ(cm)	pass/min	載荷時間(sec)	輪荷重kg	動的な 流動抵抗
			5	11~55	$8 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-1}$	21.8~83	

れの研究スタッフの一員に近い。

この分野では適切なる研究機器を作ること自体が重要な研究の一部をなしていることを加えておく。

3-1 載荷装置

主力をなすものは、

- アムスラー式 100トン材料試験機
- オルゼン型 10トン "
- インストロン型 500kg "
- 高速載荷試験機(油圧スラスター型) 200kg

の4つである。他にいくつかの補助装置をもつ。a. を除き、いずれもクロスヘッド移動速度の設定ができる。この4台でわれわれの要求するほとんどの歪速度に対応させることができる。d. は1秒間13cmのクロスヘッドの移動が可能であり、衝撃をのぞいてはこれらとして最高速度に属するであろう。(スラスターはドイツA. E. G. 社から直接購入している)

全てのものにわれわれ独自に、ロードセル、変位計を装置し、荷重、変位はすべて自記記録される。これらの諸元一覧を表-2に示す。

3-2 変位測定装置

歪速度を考えずしてアスファルトの研究は成立しないという大前提のもとに、変形速度は載荷装置でセットさ

れる一方、たえず変位速度を実測、記録している。ストレーンメータータイプ1台、差動変圧器(LVDT)型4台のほか、各載荷装置に内蔵されたものが数台ある。これでもまだまだ不十分な状態にある。

3-3 記録計

これはごくありふれた市販のもので、

- a. 自動平衡記録計
- b. ペン書き電磁オシログラフ
- c. 無現像電磁オシログラフ
- d. X-Yレコーダー
- e. 直動式レコーダー
- f. ブラウン管オシログラフ

など6種についてかなりの台数を保有しているが、たえず不足状態にある。

実験データはすべて記録され、数年間は保存される。

3-4 温度制御関係

もっともお金がかかり、厄介なものであるが、このための設備として、以下のものを保有している。

- a. 恒温室：床面積 9.00m²
温度 25°～60°C ±0.2°C
鉄筋コンクリート造
- b. 低温室：前室 常温～-10°C, 7.0m²
本室 常温～-40°C, 4.8m²
鉄筋コンクリート造
- c. 低温2槽式水槽
- d. 低温循還水槽 -1 (ハーケタイプ)
温度 +100°C ～-30°C
ポンプ容量 25ℓ/min.
- e. " -2 (自己設計)
温度 +30°C ～-30°C
ポンプ容量 25ℓ/min.
- f. 低温小型風洞
温度 常温～-25°C
- g. その他高温用各種恒温水槽 数台

d. g. をのぞいてはすべて自己設計である。b. c. d. e. f. はいずれも各々冷凍機内蔵である。

恒温、低温両室は、全自動運転で、年中無休である。すべてが制御機構をもつことはいうまでもないが、すべてにモニター温度計が入っており、集中管理され、常時記録で、記録紙は数年にわたり保存され、現在、各機器の温度をモニターしているものを含め、18点の温度が記録されている。これらのためにかなり設備費を投じているが、精度向上、ミス防止に大きな効果があがっている。

アスファルトならびに合材の研究に常温以下の温度で行われるものが多い。筆者の研究室に低温関係の設備が多いのは、筆者が寒冷地に住んで、とくに興味をもっているのとは関係なく、世界各国のアスファルト研究機関が、その設備を充実させつつあるのと全く同じ理由にもとづくものである。しかし、筆者は 0°C 以下のものの設備をあまりおすすめしない。それは 0°Cあたりで示される傾向と、-10°Cあたりで示される傾向とはよく合致し、時間一温度の換算法則が適用されることを考えれば明らかである。われわれはこの換算法則が成立するか否か、それ自体を研究するのが目的で、このように幅広い温度領域について設備していることもご承知いただきたい。さらに 0°C 以下ともなれば、設備費は 1 千万円のオーダーとなってしまう。

4. 各試験機について

以上基本設備について述べたが、ここでは各研究テーマ毎に筆者の構成した機器について述べておこう。

4-1 ホイール・トラッキング試験機(写真-1)

原型は英國道路研究所にあるが、いま日本で販売されているものは、筆者が研究上の目的から改造したものを作成している。筆者の保有するものは、

走行回数：11～55回/分 無段变速

載荷時間： 8×10^{-3} ～ 3×10^{-1} 秒 無段变速

輪荷重：21.8～83kg

トラバース可能

変形の記録：LVDT、自動平衡記録計

試験温度：30°～60°C 恒温室利用

供試体寸法：30×30×5cm～10cm

本試験で精度のよいものは密粒アスファルトコンクリート以下のもので、粗粒合材は精度がよくない。再現性は予想外によく、各種の力学性状をよく把握できる。

供試体の製作にはローラーコンパクタが利用される。(写真-2)。筆者のものはR. R. L. の原型に近い。供

写真-1 ホイール・トラッキング試験機

試体の製作の良否が実験精度にかなり関係してくる。

(昭和34年製作、36年稼動)

4-2 高速曲げ試験機(写真-3)

原型はシエルのアムステルダム研究所にあり、筆者も留学中利用させてもらっていたため、帰国後製作したが原型とはかなりことなっている。スラスターは、ドイツA. E. G. 社から輸入(国産類似品は当時まったくなかった)したエルドロスラスターである。容量は200kgと小さいが、変形速度は最高13cm/secときわめてはやい。実験は $2.5 \times 2.5 \times 25\text{cm}$ 供試体で20cmスパンで行なっている。これらを用いた研究は、

- (a) 破壊のモード、破壊の強さ
- (b) 合材の脆性現象
- (c) 応力緩和特性

などである。

荷重はエルドロスラスター(油圧)によって与えられクロスヘッドの移動速度は、ストレーンメータータイプ、LVDT、コムミテータの3種の変位計によって、また荷重はロードセルによっておのの測定され、無現像オフログラフ上に記録される。

しかし現在研究の主力は、インストロン型試験機によるものに移行しつつあり、私どものところではすでに研究の主たる武器の地位は失っているが、私どもにとっては、レベル向上のためにもっとも活躍した機器の一つである。(昭和37年製作)

4-3 インストロン型引張圧縮試験機

TOM/500型万能試験機であり、オルゼン型と高速曲げ試験機の歪速度のギャップを埋める意味から昭和45年に購入した。容量は500kgと小さいが、これは予算上の問題と、TOMを利用する研究目的が限定されているなどの理由によるものであり、将来5~10トンのものをオルゼン型とリプレースする構想のもとに導入したものである。その諸元はおおよそ次の通りである。(写真-4)

容 量: 500kg

クロスヘッド移動速度

: 0.5~500mm/min. 13段階、各押ボタン設定

ストローク: 850mm

荷重測定: ロードセル(各段階)による電子的検出
変位測定: セルシンモータによる電子的検出

記 録: X-Y記録計による

クリープ試験: アダプターによる

温度調節: ハーケ循環水槽(KT33型)

100°C ~ -30°C ± 0.05°C による。

本機は現在主力機器の一つとなり、

写真-2 ローラ・コムパクタ

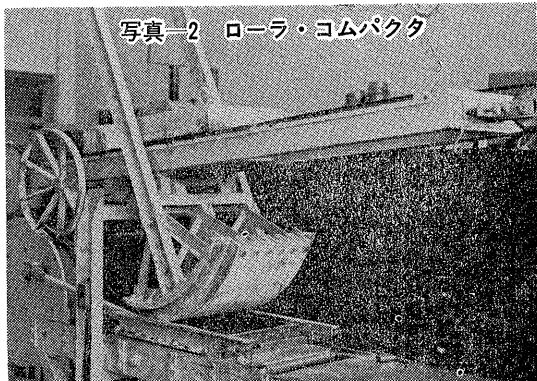


写真-3 高速曲げ試験機
(クイック・ヘンディング)

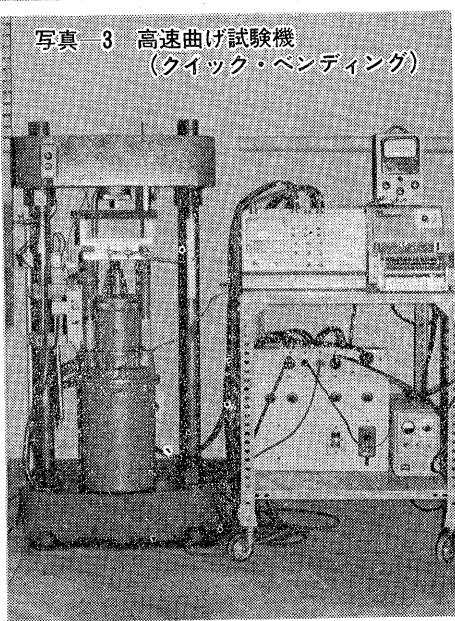
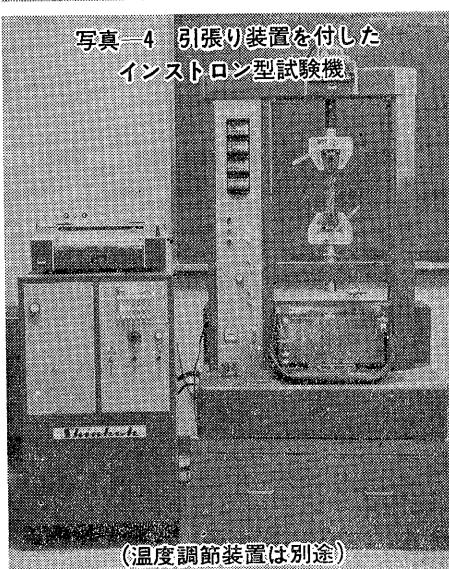


写真-4 引張り装置を付した
インストロン型試験機



(温度調節装置は別途)

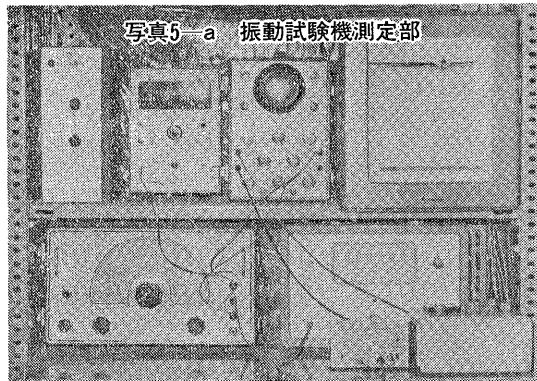


写真5-a 振動試験機測定部

a. 圧縮, 引張, 曲げの強さ, 破断歪

b. 同上の応力緩和, クリープ

などの研究に利用されている。

本機自体の価格は別として、これを使いこなすためにはかなりの付属部品を購入し、または自分が製作する必要がある。最終的には本体価格の50%近くの経費が必要ではないかと考えている。念のため書き添えておく。

4-4 共振法にもとづく振動試験機（写真5-5）

振動共振法によるアスファルトならびにアスファルト合材のスティフネス測定を行った。この方法は原理的にきわめて単純であり、きわめて短かい時間領域でのスティフネスを中心として諸種の性状を知るのに有効な手段である。本装置は、

低周波発振器、加振器、ピックアップ、真空管電圧計およびオシロスコープ、各種増幅器、温度調節装置などから構成される。アスファルトセメントについては、薄い鋼板（0.098cm）と種々の厚みのアスファルトの複合板として、またアスファルト合材については棒として加振し、自由振動を生ぜしめ、その共振周波数を測定する。供試体長さ、厚み、温度を変化させることにより、幅広い共振周波数、すなわち幅広い載荷時間を得ることができる。載荷時間などは表に示されている。

4-5 動的載荷装置（写真-6）

動的載荷装置は、筆者らのいう動的な載荷（Dynamic

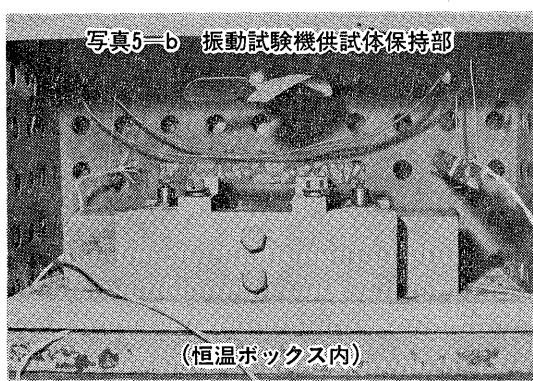


写真5-b 振動試験機供試体保持部

(恒温ボックス内)

Loading) と繰り返し載荷 (Repeated Loading), 応力緩和、クリープなどの諸種の荷重状態、歪状態などにおいて、荷重、変形の双方からフィードバック機構をもちサイン波など、一般的の波形からランダム波までの発振機構、ランプ入力機構をもつ電気油圧方式によるかなり高度な材料試験機である。R. R. L.: アメリカアスファルト協会、連邦道路局にあるものと並んで性能的にかなりのハイレベルにあるものを狙っている。これは単に材料試験機としてのみではなく、目下建設中のテストピットを利用して、実際規模に近い舗装構造にプログラムされた動的な応力ならびに歪を生ぜしめることができ、一連のものとしては、一応世界のレベルに達することができる。全部完成した段階で建物、ピットを含まず約2千万円を超えると予想される。本機の構成は次のとおりである。

a. 油圧ユニット

油圧 $\sim 140 \text{ kg/cm}^2$

流量 $15 \ell/\text{min}$

b. サーボ機構

サーボバルブ Moog 73-102, 1000psi.

c. 載荷機構

アクチュエーターを介し、両端自由2点載荷による繰返し曲げ（両振り）

容量

静的荷重: $\sim 200\text{kg}$

動的荷重: $\sim 120\text{kg}$

振幅: $\pm 5\text{mm}$

サイン波: $0.1\sim 20\%$

矩形波: $0.1\sim 2\%$

いずれも任意に設定可能

d. 制御機構

i) 低周波発振器、ピンホール、データレコーダーなどによる発振ならびにランプ入力

ii) 測定機構

動的変位: シリンダーならびに供試体につけ

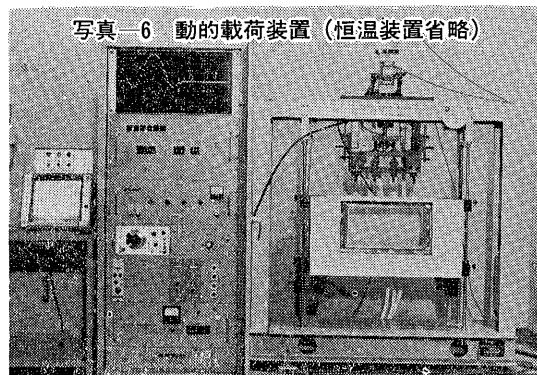


写真6 動的載荷装置 (恒温装置省略)

たLVDTによる

動的荷重：SR-4型ロードセルによる

iii) フィードバック機構

変形、荷重の双方から

iv) フィルター

ピンボードによる波形の修正

e. 記録部

i) 載荷回数の表示

ii) 直線書きオシログラフによる荷重ならびに
変形の記録

f. 温度調節

-20°～30°C 恒温水槽による

4-6 レオメータ（写真-7）

アスファルトの軟化点から250°Cまでの絶対粘度を測定するための機器である。原理は2重円筒外筒回転型でせん断速度可変、LVDT、自動平衡記録計によるトルクの測定ならびに自動記録が行われる。絶対粘度の測定法として、これだけの幅について、実測を行なう单一の機器としては、もっとも高度なもの1つであろう。この種機器による実測例は世界的にも例が少ない。主たる諸元は次の通りである。

粘度測定範囲： $3 \times 10^{-2} \sim 10^6$ ポアズ

せん断速度： $0.14 \sim 800 \text{ } 1/\text{sec}$

外筒回転数： $0.25 \sim 500 \text{ r.p.m.}$

温度：常温～250°C

内筒径：1.4, 1.2cm

外筒径：1.5cm

従って試料厚1および3mm

以上、この項で、主な单一機種について述べた。レオメータ以外は、すべて各部分毎に自分達で構成したものである。ここではメーカー名を述べることは遠慮させて戴く。ただし直接のおたずねにはお答えしたい。

5. 供試体製作

これもよく質問を受ける項目である。なにも特別な方法ではなく、ただ念入りに作っていることだけである。供試体の製作はすべて、研究者自身の製作による。ほとんどすべての供試体は大きなブロックから6面カットで切り出したものである。

材料はすべて電気炉中での間接加熱、加熱炉は温度制御が行なわれている。ミキサーは30kg練りである。ペグミルには解決困難な難点多いので利用しない。供試体は $30 \times 30 \times 5\text{cm}$ または $30 \times 40 \times 7 \sim 10\text{cm}$ 型枠に入れ、ローラーコンパクターで転圧される。各過程でかならずモニター温度計でチェックされる。ローラーコンパクターを

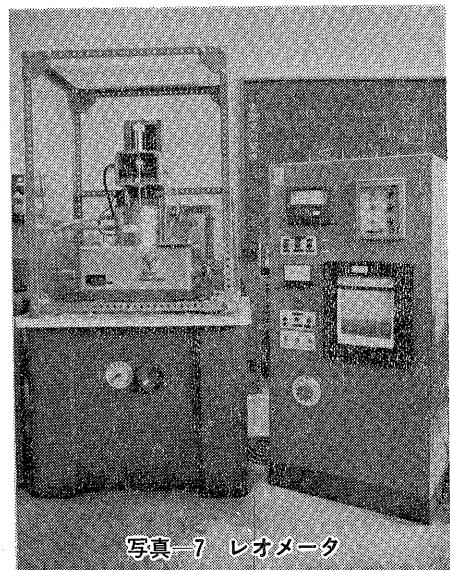


写真-7 レオメータ

かけた供試体のうち、精密実験にかけられるものは、ホイールトラッキング試験機でのトラバースを経て、最終圧密状態までもって行って、その後供試体を切り出している。

このように人手をかけても、

a. 供試体を小さくすることができます。

b. 供試体数をへらすことができます。

(バラツキを小さくすることができます)

c. 精度を高めることができます。

などから十分にひきあうことを経験的に知った。むしろ経済的であるとしてもよからう。供試体の標準寸法は表に示されている。今の段階で、ランマーでたたいたものそのままとか、静圧でプレスしたそのままの供試体による実験などは、ごくまれな例外を除いては行なっていない。

6. データ処理

なまの数値がプロットされていることはなく、多くの場合、複雑な計算を経た結果がプロットされ発表されている。荷重と変形量が図で示されるような例はまれである。

実験は曲げ、圧縮、せん断などのかたちで実測され解析される。計算はレオロジー的なものが多く、かなり複雑なので、研究シリーズ毎に電子計算機のプログラムが組まれ、大型計算機を利用して計算されるものが多い。一般的には特定の目的の研究でも測定可能な項目全部を測定、計算させておき、必要に応じ、データ用紙から所要のものを引き出して使うことにしている。

従って数年前の実験値から、まったく新しい手法で解析しなおすことも十分可能である。スタッフのだれが実験を行っても、データはこの意味で共同の財産をなしつつある。これと並行して実験量は年々少くなり、データ量は多くなる傾向がある。この点では計算機も日常利用の研究機器の一つとしてよかろう。

7. 合材研究全般について

本文をお読みの方々のうち、大部分の方は、アスファルト合材でそんなこまかいことが必要なのか、またはそんなこまかいことまでわかるかという疑問をお持ちになるであろう。筆者はそのような御質問に対し、卒直に、べつくすべき手段をつくすならば、アスファルト合材は十分に学問的に解析に耐え、かつおどろく程、合理的にそれを示すように、規則正しい性質をもっており、かつわれわれは、それを求めることができると申上げることにしている。もしそれが得られないなら、供試体がよくできていないか、または設備がいい加減で、それを求めることができないか、またはわれわれがその性質を理解できないためであって、合材の本質がそうなのではないとしてよいであろう。

われわれが知る限りでは、実際に舗装されたものからサンプリングした供試体から得られる方が、実験室で作ったものより、はるかによい精度をもっている場合が多い。この意味では試験レベルの向上が非常に重要な課題であると思われる。

世界的にみて、マーシャル試験機が研究用の機器の座からおりてから10年以上もたっている。試験機として有効な手段でも研究上はほとんど無視されているとしてもよいであろう。この点でも世界的な研究のレベルと日本のそれの間の大きなギャップを感じざるを得ない。人材養成と研究のレベルアップは、わが国の舗装界がかかえている課題でもあろう。

マーシャル試験機、ビーム・スタビロメーター、コヒージョメーター、ホイールトラッキングなどの国産第1号機は、現在いずれも筆者の手許で保管されている。研究の第一線からは退いても、私にとっては愛着の深い機器であり、計画中の展示室ができ出来上れば大事に保存して行こうと思っている。

8. 将来構想

実験研究をやってみたいと考えているテーマも少なくないが、現在進行中のもの多いためと、研究費問題か

ら手がつかないものが多い。大きなテーマとしては次のようなものがある。

a. パフォーマンス研究

パフォーマンス研究は米国を主として、あちこちで行なわれているが、あまり解析的ではないので、学問的な見地から研究を進めたいと考えている。

b. 施工性研究

アスファルト舗装の施工性研究は世界的に盲点になっている。これは主として100°C以上の合材の力学性状に帰せられようし、合材のせん断抵抗などからでもアプローチして面白いテーマになりそうである。

9. おわりに

以上、私共の研究室の設備の概要を紹介した。基本的な方針は、応力・歪という純粋なかたちでレオロジー的(時間、温度要素を含んだ解析)性状を徹底的に追うことにある。筆者はこれらの基礎研究が大学という立場にいる研究者の役割りのひとつと考えている。従って以下の段階では、中間的な試験、実用研究などには目をつぶって研究を進めている。これらの基礎データを御利用いただきて、中間研究なり、応用研究なりを、他の研究機関でおすすめいただくのがよいかと考えている。

これらの設備の大半は文部省関係の講座研究費、科学研究費、特別設備費などによるものであるが、直接、間接的に各方面から寄せられた御好意によるものも少なくない。ここに厚く感謝の意を表わすものである。

これらの機器の設計製作にあたっては、助教授中島昭雄、助手上島壮、その他森吉昭博、笠原篤などスタッフの努力によるところが大きい。また機器の製作に20年間努力をはらっていたいた、新明機工社(札幌)鈴木信夫、田尻機械工業株式会社(札幌)田尻茂雄の両氏に厚く感謝の意を表するものである。

なお、これらで行なった研究は順次とりまとめ、土木学会論文集または石油学会誌に投稿中である。これらの中には、基礎的な考え方を示したもの、試験値のバラツキ、各テーマごとの研究成果などが含まれている。

〔筆者：北海道大学工学部 教授〕

舗装構造のシステム解析法 —その2—

前号では舗装構造のシステム解析の考え方、作業手順を紹介したが、今回は具体的なプログラムの作製と計算例を紹介する。

コンピュータープログラム

システムの指針は研究者によって数学モデルを組立てることで確立され、それを念頭において F P S^(*) のプログラムが書かれる。これは合理的な設計を決定するに必要な他の関連情報を加味し、総コストの小さい順に並べられた一連の適切な舗装設計を決定者に提供するためには書かれたものである。入出力の一例は図-5, 6, に示されている。
注) (*) Flexible Pavement System.

図-5 例題の入力データ

PROB A SAMPLE PROBLEM
 THE CONSTRUCTION MATERIALS UNDER CONSIDERATION ARE
 MATERIAL COST/C.Y. ST.COEF. MIN.DEPTH MAX.DEPTH SALV.PCT.
 ASPHALTIC CONCRETE 10.00 .82 1.00 10.00 45.00
 CR. LIMESTONE-1 5.00 .55 6.00 16.00 75.00
 GRAVEL-1 3.00 .35 6.00 16.00 100.00
 SUBGRADE 0.00 .22 0.00 0.00 0.00
 NUMBER OF OUTPUT PAGES DESIRED(8 DESIGNS/PAGE)
 NUMBER OF INPUT MATERIAL TYPES
 MAX FUNDS AVAILABLE PER SQ. YD. FOR INITIAL DESIGN(DOLLARS)
 LENGTH OF THE ANALYSIS PERIOD(YEARS)
 INTEREST RATE OR TIME VALUE OF MONEY(PERCENT)
 ASPHALTIC CONCRETE PRODUCTION RATE(TONS/HOUR)
 ASPHALTIC CONCRETE COMPAKTED DENSITY(TONS/C.Y.)
 MAXIMUM ALLOWED THICKNESS OF INITIAL CONSTRUCTION(INCHES)
 DISTRICT TEMPERATURE CONSTANT
 SERVICEABILITY INDEX OF THE INITIAL STRUCTURE
 SERVICEABILITY INDEX PI AFTER AN OVERLAY
 MINIMUM SERVICEABILITY INDEX P2
 SWELLING CLAY PARAMETERS--P2 PRIME
 B1
 ONE-DIRECTION ADT AT BEGINNING OF ANALYSIS PERIOD(VEHICLES/DAY)
 ONE-DIRECTION ADT AT END OF ANALYSIS PERIOD(VEHICLES/DAY)
 ONE-DIRECTION 20-2YR ACCUMULATED NO. OF EQUIVALENT 18-KIP AXLES
 MINIMUM TIME TO FIRST OVERLAY(YEARS)
 MINDMUM TIME BETWEEN OVERLAYS(YEARS)
 MIN TIME TO FIRST SEAL COAT AFTER OVERLAY OR INITIAL CONST.(YEARS)
 MINIMUM TIME BETWEEN SEAL COATS(YEARS)
 NUMBER OF OPEN LANES IN RESTRICTED ZONE IN O.D.
 NUMBER OF OPEN LANES IN RESTRICTED ZONE IN N.O.D.
 C. L. DISTANCE OVER WHICH TRAFFIC IS SLOWED IN THE O.D.(MILES)
 C. L. DISTANCE OVER WHICH TRAFFIC IS SLOWED IN THE N. O. D. (MILES)
 PROPORTION OF ADT ARRIVING EACH HOUR OF CONSTRUCTION (PERCENT)
 OVERLAY CONSTRUCTION TIME (HOURS/DAY)
 THE ROAD IS IN A RURAL AREA.
 PROPORTION OF VEHICLES STOPPED BY ROAD EQUIPMENT IN O. D. (PERCENT)
 PROPORTION OF VEHICLES STOPPED BY ROAD EQUIPMENT IN N.O.D.(PERCENT)
 AVERAGE TIME STOPPED BY ROAD EQUIPMENT IN O. D. (HOURS)
 AVERAGE TIME STOPPED BY ROAD EQUIPMENT IN N. O. D. (HOURS)
 AVERAGE APPROACH SPEED TO THE OVERLAY ZONE (MPH)
 AVERAGE SPEED THROUGH OVERLAY ZONE IN O. D. (MPH)
 AVERAGE SPEED THROUGH OVERLAY ZONE IN N. O. D. (MPH)
 TRAFFIC MODEL USED IN THE ANALYSIS
 FIRST YEAR COST OF ROUTINE MAINTENANCE (DOLLARS/LANE MILE)
 INCREMENTAL INCREASE IN MAINT COST PER YEAR (DOLLARS/LANE MILE)
 COST OF A SEAL COAT (DOLLARS/LANE MILE)
 WIDTH OF EACH LANE (FEET)
 MINIMUM OVERLAY THICKNESS (INCHES)
 ACCUMULATED MAXIMUM DEPTH OF ALL OVERLAYS (INCHES)

F P Sの一般的解説——**F P S**を理解するためには、データがいかに処理されているかを一般的に知ることが要である。プログラムの機構を示す総括フローチャートは図-7に示される。

プログラムの入力は10のグループに分割される。その多くの表示は具体的であるが、他のいくつかはより詳細な説明を必要とする。入力は次の通りである。

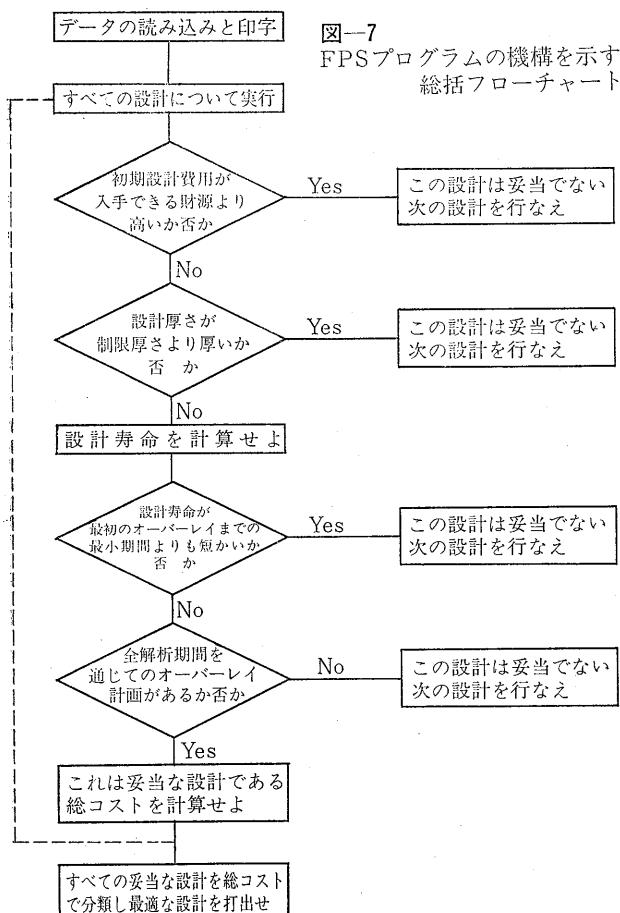
図-6 例題に対する上位 8 つの設計例

A SAMPLE PROBLEM

SUMMARY OF THE MOST OPTIMAL DESIGNS
IN ORDER OF INCREASING TOTAL COST

	1	2	3	4	5	6	7	8
DESIGN NUMBER	3	3	2	3	3	2	2	3
INIT. CONST. COST	2,000	2,278	1,944	2,306	2,347	2,222	2,292	2,375
OVERLAY CONST. COST	.882	.543	.882	.532	.517	.543	.517	.517
USER COST	.203	.125	.203	.123	.120	.125	.120	.121
SEAL COAT COST	.233	.384	.233	.380	.374	.384	.374	.374
ROUTINE MAINT. COST	.166	.190	.166	.190	.192	.190	.192	.192
SALVAGE VALUE	-.679	-.711	-.612	-.715	-.730	-.644	-.663	-.734
TOTAL COST	2,804	2,810	2,816	2,816	2,821	2,821	2,832	2,845
NUMBER OF LAYERS	3	3	2	3	3	2	2	3
LAYER DEPTH (INCHES)								
D (1)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
D (2)	8.5	10.5	12.0	11.0	11.0	14.0	14.5	11.5
D (3)	6.5	6.5	0.0	6.0	6.5	0.0	0.0	6.0
NO. OF PERIODS	4	3	4	3	3	3	3	3
PERF. TIME (YEARS)								
T (1)	4.906	6.250	4.969	6.406	6.531	6.281	6.563	6.656
T (2)	9.945	12.383	10.008	12.773	13.094	12.453	13.164	13.453
T (3)	16.195	20.039	16.336	20.703	21.336	20.148	21.445	21.969
T (4)	23.812	0.000	24.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OVERLAY POLICY (INCH)								
(EXCLUDING LEVEL-UP)								
O (1)	1.0	.5	1.0	.5	.5	.5	.5	.5
O (2)	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
O (3)	.5	0.0	.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NUMBER OF SEAL COATS	2	3	2	3	3	3	3	3
SEAL COAT SCHEDULE								
(YEARS)								
SC (1)	9.906	5.000	9.969	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
SC (2)	14.945	11.250	15.008	11.406	11.531	11.281	11.563	11.656
SC (3)	0.000	17.383	0.000	17.773	18.094	17.453	18.164	18.453

1. プログラムコントロールはプログラムの演算を制御するために要求される。
2. 単位コストは各舗装設計のコストを計算するための要求される入力である。
3. 材料特性は各材料の性状を規定する。
4. 環境要素は舗装が建設される地域の平均温度に基づく地域的な温度定数であり、各舗装設計の挙動予測に用いられる。
5. 初期建設後およびオーバーレイ舗装後の舗装の供用性レベルと解析期間中に許容される最小供用値の決定により、その供用性指数を用いて初期建設設計あるいは、オーバーレイの寿命を予測する。
6. シールコート計画は設計者によってシールコートに必要とされる制約に関するものであり、これは各舗装設計に対応するシールコート計画を決定するために使用される。
7. 制約はプログラムより計算され、生み出される設計およびマネジメント計画を制御するに重要であり、計算機の演算時間を左右するものである。



制約は設計問題の中では、明確に示されていないことがしばしばあるが、FPSの中では明確に述べるべき必要がある。

8. 交通需要入力は、舗装の供用期間中の予想交通量を述べるものである。
9. 交通コントロール入力は、オーバーレイ舗装の期間中、どの程度の交通が処理されるかを把握することで、ユーザーコストを計算する上に必要とする。

例題—FPSプログラムを明確にするために、1つの例を示す。設計に用いる詳細な入力は図-5に示されている。この例に取り上げた州際道路では設計期間が20年であり、この期間を通して高速輸送が可能であり、高水準の供用性指数、即ち3.0以上の値が維持されねばならないとされている。建設のむずかしさのため、オーバーレイを施工した後の供用性指数は、初期建設時の値よりも低いものとなるであろう。砂利や石灰砕石は建設現場の近くより適切なコストで入手可能である。ダイナフレクト試験による測定値はこれらの材料の平均強度を示すことになる。

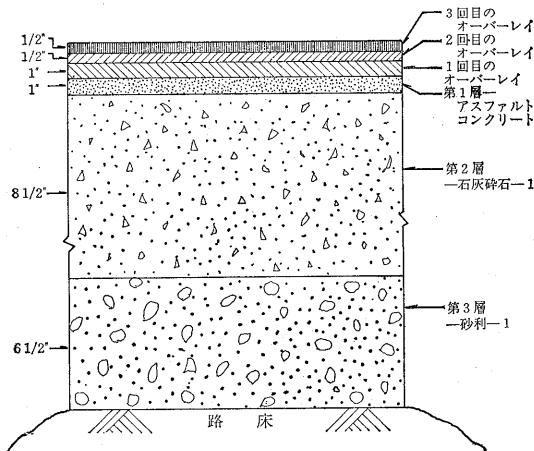
この例における地域は、60年代初期においては相当高い平均気温を示した。また道路は比較的良い地盤から極めて悪い膨張性粘土の路床まで含まれている。この膨張性粘土は過去において、この地の道路の破壊原因となってきた。この例の道路の場合、平均日交通量は年2.5%の増加率であり、トラックおよび重交通は少ないという条件で解析した。初期設計コストが利用し得る建設資金を上まわることはなく、従ってコンピューターの演算を進めることができる。

出力—この例題に対するコンピューターの結果の一部を、図-6に示し、これに続く16の設計出力を省略する。この例においては、24の設計すべてが、設計期間におけるオーバーレイが2回かあるいは3回かに対応して各々2層、あるいは3層の舗装構造として計算されている。一層構造でも設計可能であるが、いかなる場合においても2ないし3層構造で設計するよりも高価になる。出力の24の設計結果では、その総コストは $2.8\$/yd^2$ が最少であった。

設計技術者の選択範囲を示すために、いま設計順位1(最適)と設計順位7(7番目に良い設計)を取り上げてみる。順位1は3回オーバーレイをする3層構造であり、順位7は2回オーバーレイをする2層構造である。

図-8と図-9に、順位1と順位7の最後のオーバーレイを行った場合の断面を示す。この2つの供用性能における対比を示すため、各々の供用性指数の履歴を図-10、図-11に示す。第1回のオーバーレイまでの最少期間は各々

図-8 設計順位1の断面(含むオーバーレイ)



の設計における限定条件にはならないが、オーバーレイからオーバーレイまでの最少期間は順位1においては限定条件となる。図-6の順位1と順位7のコストの内訳を比較すれば、順位1は初期建設、シールコート、道路維持という点から、順位7より経済的設計であるといえる。しかし高級なオーバーレイが必要であり、またユーザーコストが大きくなる。この順位1と順位7との総コストの差はコンピューターの結果では $0.03 \$/yd^2$ である。

システムに関するその他の事項

サブシステム——これまで述べてきたコンピュータープログラムは、舗装設計システムのほんの一部にすぎない。他の重要な因子として、ハードウェア、組織化、情報、研究運営のサブシステムがある。

舗装設計システムを実施するのに必要とされるハード

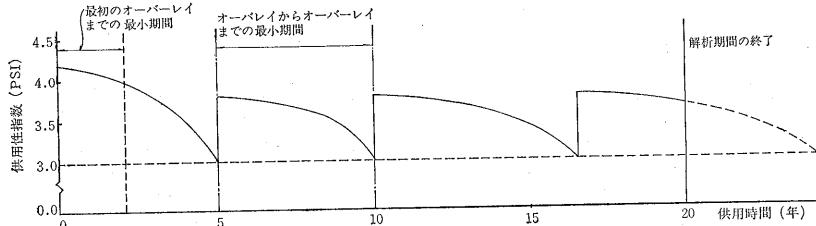


図-10 設計順位1の供用履歴

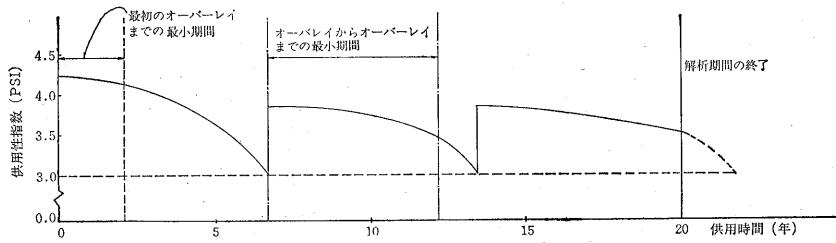
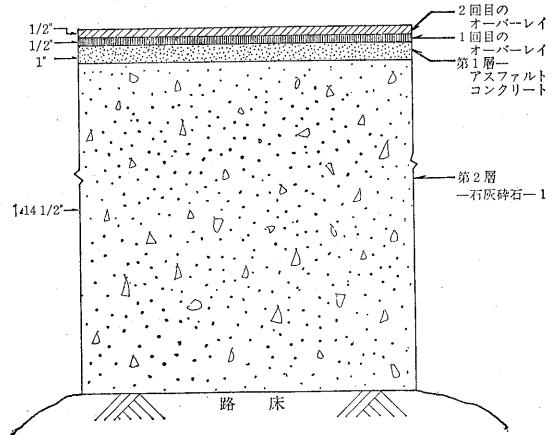


図-11 設計順位7の供用履歴

図-9 設計順位7の断面(含むオーバーレイ)



ウエアのサブシステムとは、材料特性を決定するための装置であり、ソフトウエアサブシステムを計算するためのコンピューターの操作である。最終結果を使用するためには、使用者はダイナフレクトの操作を知る必要があるが⁸⁾、少なくともこのサブシステムにおいては、適切な材料特性だけは知らねばならない。

現在、FPSプログラムは、CDC6600, IBM360, UNIVAC1108で計算されうる。その適用容量は、CDC6600, UNIVAC1108に対しては45,000ワードであり、IBM360に対しては75,000ビットである。

舗装設計システムを操作するのに必要な情報の流れは3つの因子から成り立つ。それらは研究情報、設計情報およびフィードバックデータである。研究情報には、あらゆる研究機関での研究結果から生み出された情報を収集し、この情報を使用しうる形にし、さらにそれをシステムの中に導入するという一連の過程が含まれている。

設計とフィードバックの情報は、システムを使って設計された舗装からの情報および実際の舗装供用中の観察から得られる情報から成り立つ。これらのデータは、システムのモデルの精度を検討するために、研究情報と対比しながら使われる。コンピューターは、この情報を処理することによってシステムの発展に重要な役割を果すのである。現場観察による長期間にわたるデータ収集についてやされた以

表一 平均レベルでの各変数のコストにおける影響度 前の努力は、不適当な情報サブシステムが使用されていたため、かなり無益なものであった。理解しうる情報の

変 数	グ ル ー プ				
	I	II	III	IV	V
yard ³ 当たりの材料費	×				
材料の強度係数	×		×		
材料の最小厚			×		
材料の最大厚			×		
材料の残存価値(%)		×			
出力のページ数			×	×	
入力材料数			×	×	
yard ³ 当たりの建設資金		×			
解析期間長		×			
利率			×		
アスファルトコンクリート生産能力		×			
アスファルト・コンクリートの締固め密度		×			
許容最大厚			×		
地域の温度定数		×			
供用性指數(初期)		×			
供用性指數(オーバーレイ後)		×			
最小供用性指數		×			
膨張性粘土のパラメーター		×			
一方向ADT(初期)		×			
一方向ADT(解析終了時)			×		
一方向18-Kip換算軸重累計		×			
最初のオーバーレイまでの最小期間		×			
オーバーレイからオーバーレイまでの最小期間			×		
最初のシールコートまでの最小期間			×		
シールコートからシールコートまでの最小期間			×		
車輌通行制限区間に於ける開放車線数 (オーバーレイの行なわれている走行方向)				×	
車輌通行制限区間に於ける開放車線数 (オーバーレイの行なわれていない走行方向)				×	
速度低下が生じている区間のセンターライン 距離(オーバーレイの行なわれている走行方向)			×		
速度低下が生じている区間のセンターライン 距離(オーバーレイの行なわれていない走行方向)			×		
ADTに対するオーバーレイ時に於ける1時間当たりの比率			×		
オーバーレイの施工に要する時間			×		
車輌通行止め台数の比率(オーバーレイの行なわれている走行方向)			×		
車輌通行止め台数の比率(オーバーレイの行なわれていない走行方向)			×		
平均停車時間(オーバーレイの行なわれている走行方向)			×		
平均停車時間(オーバーレイの行なわれていない走行方向)			×		
オーバーレイ区間への平均接近速度			×		
オーバーレイ区間を通過する平均速度(オーバーレイの行なわれている走行方向)			×		
オーバーレイ区間を通過する平均速度(オーバーレイの行なわれていない走行方向)			×		
交通モデル			×		
初年度における維持補修コスト		×			
維持補修コストの増分		×			
シールコートコスト		×			
車線幅			×		
オーバーレイの最小厚			×		
全オーバーレイの累積最大厚			×		

M360-50を用いて開発されている。

システムの使用——研究の究極の目的とするところはシステムの完成にある。事実今まで述べてきたシステムはそれを使い、また結果をフィードバックすることによって完成されるのである。フィードバックをする第1の目的は、広範囲にわたるすべての入力変数について重要度解析をすることによって、コンピュータープログラムの評価をすることにある。現在、種々の舗装がテキサス道路局により、F P S プログラムを使って設計され、施工されている。基礎的方法を改良した6つの形がすでに使用に供されている。

変数の重要度解析——F P S プログラムの合理性を研究し、システムにおける種々の変数の相互の影響を評価するために重要度解析が行なわれた。それを次に示す。

- (1) 広範囲にわたる変数の組み合せのもとにコンピュータープログラムを吟味する。
 - (2) プログラムの異常性、問題のある個所をみつける
 - (3) 種々の入力変数の相対的な重要性およびそれらのコストに及ぼす影響を確立すること。
- プログラムに使われるモデルの組み合せが複雑なために、入力の相互の影響と相互作用を評価しなければならないが、これは、広範囲にわたる問題を解くことができるプログラムを使用することによって、初めて可能である。試験的設計は Hudson と McCullough⁹⁾ によって行なわれた。これは各々をいわゆる実験単位 (Experimental Unit) として、多数の変数間の代表的な組み合せを解こうとするものである。

実験は技術者の判断に基づき、各々の変数について最低値、平均値、最高値を示すことにより行なわれた。3つの基本解が得られたが、その1つは低レベルでのあらゆる変数についてであり、もう1つは平均レベルでのそれらについてであり、また他の1つは高レベルのそれらについてである。各変数の影響は、各基本レベルから研究が行なわれる。それは他のすべてを基本レベルに固定しておき、1つの変数だけを2つのレベルに変化させようとするものである。この一連の操作が3つの基本レベルについて、すべての変数にわたってくり返される。この手順は、システムに対しすべてを網羅しようとするならば、400以上の問題を解かなければならない。

重要度解析によると、各変数は最適設計コストに与える影響により、グループ I がもっとも重要であるとした5つのグループに分類される(表-1)。この表は、設計に対しもっとも注意深く値を決めなければならない変数

および少くとも考慮を必要とする変数に関し、設計者に指針を与えていた。さらにこの表は、各変数の将来における研究の必要性に関する優先順位を示している。

すべてを網羅するのに必要な400以上の問題を解いていた間に、数多くの小さな問題点が修正された。現在のコンピュータープログラムは今後の使用により更に検討されるべきものである。システムをより発展させるためのより詳細な研究と修正が絶え間なく行なわれているが現在のFPSもそれなりに高く評価されるべきである。

計算結果と実際との差は統計的バラツキの範囲内である。従って、上に述べた詳細なテクニックにより統計的バラツキの影響について研究がなされねばならない。更に確率的入力を含ませるための修正が現在なされている。

総括

ここに述べたコンピューターによる舗装設計システムは合理的舗装設計システムの開発への第1歩である。不完全ではあるが、この方法は単なる概念的モデルよりもはるかに有用である。広範囲にわたる入力について、充分な検討を加えることにより、初めてその結果は合理的なものとなる。この方法の今後の発展に必要なことは、実際への供用とフィードバックを継続的に行い、検討、改良することである。

謝辞

本報告はテキサス道路局道路設計部研究課^{*9)}、テキサスA&M大学附属運輸研究所^{*10)}、テキサス大学附属オースチン道路研究センターと、合衆国運輸省連邦道路局^{*11)}間の協力道路研究計画^{*12)}の成果の概要である。道路研究センター^{*13)}のDavid Posey氏およびテキサス道路局^{*14)}のJames L. Brown氏の貢献に対し、また寄せられた御援助と御協力に深く感謝する。本報告におけるシステム解析法の基本的プログラムはGary Carey氏とF.H. Scrivner氏^{*4)}により書かれたものであり、それに続く研究はHudson氏ら^{*9)}によるものである。

注 *9) Texas Highway Department Highway Design Division Research Section.

*10) The Texas Transportation Institute of Texas A & M University.

*11) The University of Texas at Austin Center for Highway Research and the U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration Bureau of Public Roads

*12) Cooperative Highway Research Program

*13) The Center for Highway Research

*14) The Texas Highway Department

あとがき

システム解析の手順の中では、ユーザーコスト、舗装の残存価値といった数値的に表現しにくい要素の処理方法の詳細などは明らかにされていない。また我国の舗装への適用に当っては、因子の選定、条件の設定等に修正を加えていく必要がある。更にシステムモデルの精度を高めるため、適切な情報サブシステムの採用、有益なフィードバックデータの導入などシステムそのものが修正・変更の限りない繰り返しの後に、より実際に即したものへとれんしていく流動的性格を有することをも考え合わせれば、検討さるべき幾多の問題は残されている。

元来、舗装は構造物としての破壊の定義が不明確で、それが学問体系の一つの弱点となっているようにも思われるが、オーバーレイ、打換え時期判定の理論的根拠が稀薄であることは否めない。AASHO道路試験の供用性指数は、このような定義づけに極めて有効な手段であると考える。一方、舗装工事で実施される管理試験も、断片的な性状把握に相当な時間を必要としていることから広範囲にわたる地域の、短時間で確実な把握が可能とされているダイナフレクトの如き簡便試験機の開発、採用が是非とも必要となってくる。経験工学より脱皮するためには設計および維持補修等を、より理論的に行なうシステム体系への意欲がなくてはならず、定義しにくい要因を実情に合致する変数としてシステムに組み入れることに大胆であることも、時として必要ではなかろうか。

翻訳に当っては、各自の寸暇をさいてのミーティングのため、語句、表現等に不備の点が多いと思われるが、今後とも、類似の題材に果敢にトライしていきたいという意欲に免じて御容赦願い、あわせて各位の御指導、御教授をお願いする次第である。

引用文献

8. Brown, J. L., Buttler, L. J., and Orellana, H. E., "A Recommended Texas Highway Department Pavement Design System User's Manual" Preliminary Draft Report 123-2, Published jointly by Texas Highway Department; Texas Transportation Institute, Texas A & M University; and Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, March, 1970.
9. Hudson, W. R., et al., "A Systems Approach Applied to Pavement Design and Research" Research Report No. 123-1, published jointly by Texas Highway Department; Texas Transportation Institute, Texas A&M University; and Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, March, 1970.



世界のアスファルト需給

世界のアスファルト需給といつても、ここで紹介するものはOECDの石油需給統計資料によるので、ソ連、東欧諸国、東南アジア、アフリカ、中南米などの多数の国々は入っていない。ソ連は原油処理量において、アメリカにつぐ世界2位の国であるから、アスファルトについても、多分世界第2位の地位を占めているであろう。

OECD（経済開発協力機構）諸国は、現在の世界の先進国の集団であるから、そのアスファルト需給は世界の大勢を示しているものと解してよいであろう。今回の資料は、1971年版であって、1970歴年（昭和45年）の実績で、これが今のところ最新のデータである。

1. 1970年の国内需要

OECD22カ国のアスファルト消費は、1964年（昭和39年）が3,317万トン、1969年が4,387万トンであったので、5カ年間に32%増加している。

1970年の国内需要は4,858万トンが記録され、対前年10.7%と大幅に増加した。（第1表参照）。

年間100万トン以上の国は7カ国で、これらの諸国の合計は4,444万トンで、OECD全体の91%を占めた。そのトップはアメリカで2,692万トンを消費し、わが国の7.5倍である。7大消費国の順位は1970年と1969年とくらべ6位、7位のイタリーとイギリスが入替っただけで大勢に変化はなかった。2位が西ドイツ、3位日本、4位フランス、5位カナダ、6位イギリス、7位イタリーの順である。対前年伸び率は、OECD全体で10.7%であったが、7大消費国の伸び率は、それほど大きくはない。しかし日本は、この統計でみる限り32.9%の増加でその伸びは大きく、ここにも世界の中における日本の経済的地位がうかがわれる。

注 1970歴年の日本の消費は、通産省統計では、3,357千トンであるが、OECD統計では3,614千トンとなつてお、257千トン多い。

2. 1970年の需給

1970年のOECD全体の供給量は、生産4,745万トン

第1表 OECD諸国のアスファルトの生産と国内需要

単位：1,000t

生産（製油所出荷）						国内需給（除船用燃料）														
1969年			1970年			1969～1970年			1969年			1970年			1969～1970年					
順位	国名	数量	順位	数量	増加量	増加率	順位	国名	数量	順位	数量	増加量	増加率	順位	数量	増加量	増加率			
1	アメリカ	23,891	1	25,751	1,860	7.8%	1	アメリカ	25,090	1	26,917	1,827	7.3%	8	オランダ	681	8	793	112	16.4
2	西ドイツ	4,499	2	4,704	205	4.6	2	西ドイツ	4,397	2	4,730	333	7.6	9	オーストリア	510	11	559	49	9.3
3	フランス	2,873	4	3,207	334	11.6	3	日本	2,720	3	3,614	894	32.9	10	ベルギー	404	10	567	163	40.3
4	日本	2,829	3	3,452	623	22.0	4	フランス	2,414	4	2,756	342	14.2	11	スイス	364	12	428	64	17.6
5	カナダ	2,125	5	2,384	259	12.2	5	カナダ	2,193	5	2,335	142	6.5	12	デンマーク	318	13	370	52	16.4
6	イタリー	2,112	6	2,273	161	7.6	6	イタリー	1,850	7	2,020	170	9.2	13	フィンランド	253	14	276	23	9.1
7	イギリス	1,723	7	1,916	193	11.2	7	イギリス	1,841	6	2,069	228	12.4	14	トルコ	214	16	200	(-) 14	(-) 6.6
8	ベルギー	667	9	855	188	28.2	8	オランダ	681	8	793	112	16.4	15	スペイン	213	9	643	430	201.9
9	オランダ	652	10	795	143	21.9	9	オーストリア	510	11	559	49	9.3	16	ノルウェー	180	15	219	39	21.7
10	スペイン	392	8	990	598	152.5	10	ベルギー	404	10	567	163	40.3	17	ギリシャ	150	17	n.a.	—	—
11	オーストリア	255	12	267	12	4.7	11	スイス	364	12	428	64	17.6	18	ポルトガル	60	18	66	6	10.0
12	フィンランド	224	11	269	45	20.1	12	デンマーク	318	13	370	52	16.4	19	ルクセンブルグ	13	19	13	0	0
13	トルコ	214	13	196	(-) 18	(-) 8.4	13	フィンランド	253	14	276	23	9.1	20	アイスランド	4	20	6	2	50.0
14	ギリシャ	150	18	n.a.	—	—	14	トルコ	214	16	200	(-) 14	(-) 6.6	21	アイルランド	2	21	1	(-) 1	(-) 50.0
15	デンマーク	133	14	153	20	15.0	15	スペイン	213	9	643	430	201.9	22	—	—	—	—	—	
16	スイス	120	15	145	25	20.8	16	ノルウェー	180	15	219	39	21.7	23	—	—	—	—	—	
17	ノルウェー	71	16	73	2	2.8	17	ギリシャ	150	17	n.a.	—	—	24	—	—	—	—	—	
18	ポルトガル	18	17	18	0	0	18	ポルトガル	60	18	66	6	10.0	25	—	—	—	—	—	
19	ルクセンブルグ	0	19	0	0	0	19	ルクセンブルグ	13	19	13	0	0	26	—	—	—	—	—	
20	アイスランド	0	20	0	0	0	20	アイスランド	4	20	6	2	50.0	27	—	—	—	—	—	
21	アイルランド	0	21	0	0	0	21	アイルランド	2	21	1	(-) 1	(-) 50.0	28	—	—	—	—	—	
合計		42,948		47,448	4,500	10.5	合計		43,871		48,582	4,711	10.7							

第2表 OECD諸国のアスファルト需給 (1970年)

単位:1,000t

地 域 国 別	供 給				需 要				
	生 産	そ の 他	輸 入	供 給 計	国 内 需 要	輸 出	統 計 上 の 調 整	需 要 計	
ヨーロッパ									
オーストリア	267	—	292	559	559	1	—1	559	
ベルギー	855	—	27	882	567	323	—8	882	
デンマーク	153	—	260	413	370	43	—	413	
フィンランド	269	—	41	310	276	—	+34	310	
フランス	3,207	—	13	3,220	2,756(A)	426	+38	3,220	
西ドイツ	4,704	10	307	5,021	4,730	417	—126(B)	5,021	
ギリシャ(C)	—	—	—	—	—	—	—	—	
アイスランド	—	—	6	6	6	—	—	6	
アイルランド	—	—	3	3	1	—	+2	3	
イタリー	2,273	—	72	2,345	2,020	194	+131	2,345	
ルクセンブルグ	—	—	13	13	13	—	—	13	
オランダ	795	—	174	969	793	135	+41	969	
ノルウェー	73	—	146	219	219	—	—	219	
ポルトガル	18	—	54	72	66	—	+6	72	
スペイン	990	—	18	1,008	643	81	+284	1,008	
スイス	145	—	283	428	428	—	—	428	
トルコ	196	—	—	196	200	—	—4	196	
イギリス	1,916	45	119	2,080	2,069	25	—14	2,080	
小計	15,861	55	1,828	17,744	15,716	1,645	+383	17,744	
西半球									
カナダ	2,384	—	75	2,459	2,335	124	—	2,459	
アメリカ	25,751	—	1,023	26,774	26,917	68	—211	26,774	
小計	28,135	—	1,098	29,233	29,252	192	—211	29,233	
日本	3,452	130	1	3,583	3,614	146	—177	3,583	
O E C D 合計	47,448	185	2,927	50,560	48,582	1,983	—5	50,560	

A : 軍需を除く。
 B : ブレンド材、石油化学から戻り3を含む。
 C : その他に含むので0

第3表 OECD諸国の輸出先別輸出量 (1970年) 単位:1,000t

	輸 出 先					合 計
	西半球	ヨーロッパ	東欧・アフリカ・中東	極 東	その 他	
ヨーロッパ地域						
オーストリア						
ベルギー		322	1			1
デンマーク		43				323
フィンランド		0.2				43
フランス	1	344	79			0.2
西ドイツ		413	4			426
ギリシャ						417
アイスランド						
アイルランド						
イタリー		157	36.5			193.5
ルクセンブルグ						
オランダ	1	128	6			135
ノルウェー						
ポルトガル						
スペイン		39	30			81
スイス						
トルコ						
イギリス		24				25
計	2	1,470.2	156.5			1,644.7
西半球地域						
カナダ	124					124
アメリカ	51	12	2	2	1	68
計	175				2	192
極東地域						
日本				3	143	
計				3	143	146
O E C D 合計		177	1,482.2	161.5	145	17
						1,982.7

3. アスファルトの用途

OECD諸国のアスファルトの用途別需給を第4表に示してあるが、用途分類統計のない国が多い。分類のある国々の合計で計算すると道路・飛行場向けが78%，建築用が15%，その他が7%となる。世界を通じて、アスファルトは大部分が道路工事に利用されていることが分かる。日本は通産省統計にも用途分類はない。推定すると道路用は全体の80数%を占めよう。

注 1 第2表の日本の供給のうち、その他130とあり、合計3,583千トンであるが、通産省統計では1970歴年の精製業者の生産3,452、潤滑油専業者の生産129、輸入1であるから、その他130は潤滑油専業者分の表示違いであろう。

2 第2表の日本の輸出は、146とあるが、通産省統計は227である。

第4表 OECD諸国のアスファルトの用途(1970年)

地 域 国 別	用 途			
	道路・飛行場	建 築	そ の 他	合 計
ヨーロッパ オーストリア ベルギー デンマーク フィンランド フランス 西ドイツ ギリシャ アイスランド アイルランド イタリー ルクセンブルグ オランダ ノルウェー ポルトガル スペイン スイス トルコ イギリス	450 317 207 2,325 3,634 — 1,700 13 630 137 56 428 414 1,473 320 43 120 82 10 182 10,942	80 41 58 330 1,096 — — — — — — — — — — — 2,979	37 12 11 101 — — — — — — — — — — — — 386	559 567 370 276 2,756 4,730 — 2,020 13 793 219 66 643 428 200 2,069 15,716
小計				
西半球 アメリカ A	23,180	3,454	2,600	2,335 29,234
小計	23,180	3,454	2,600	31,569
日本				3,614
OECD 合計	34,122	6,433	2,986	50,899 43,541
割合	78.4%	14.8%	6.8%	100.0%

注 A: 2,317過大は乳化剤を加算したことによる。

第5表 OECD諸国の輸入先地域別輸入量 (1970年)

単位: 1,000t

地 域 国 別	輸 入 先 地 域								合 計
	OECD地域	西半球	OECD地域 外の西欧	東ヨーロッパ	アフリカ(除 エジプト)	中近東	極 東	そ の 他	
ヨーロッパ オーストリア ベルギー デンマーク フィンランド フランス 西ドイツ ギリシャ アイスランド アイルランド イタリー ルクセンブルグ オランダ ノルウェー ポルトガル スペイン スイス トルコ イギリス	256.9 27 152 41.4 13 266 5.5 3 3.2 12.9 174 74.8 70.8 17 6 277 73 46		0.4 108 41 66	34.3 — — — — — — — — — — — — — — — 147.3					291.6 27 260 41.4 13 307 5.5 3 72 12.9 174 145.6 54 18 283 119
小計	1,422.7	253.8	0.4					2.8	1,827.0
西半球 アメリカ A	24 155	51 868							75 1,023
小計	179	919							1,098
日本	1								1
OECD 合計	1,602.7	1,172.8	0.4	147.3	0	0	0	2.8	2,926

注 1. 西半球(南北アメリカ) : 輸入先内訳ペネズエラ、蘭領アンチル諸島、メキシコ、トリニダット、コロンビア、その他
2. OECD地域1,602.7の内訳: 西半球168.7、西ヨーロッパOECD諸国1,434

アスファルトの組成と経時変化について

藤代光雄 岩井誠次

著者らはわが国で使用されている石油アスファルトの代表的な3社を選んで、溶剤を用いて組成を分離し、化学組成を調べた。アスファルトの化学組成について、それぞれ単体にまで分離することは不可能であるが、いくつかの組成グループに分離することは可能である。アスファルトの分離法¹⁾として、物理的な分離法（例えば減圧蒸溜法、熱拡散法等²⁾）と化学的な分離法として、溶剤分離法³⁾⁴⁾⁵⁾などがあるが、それぞれ長短あり、分離の難易さもある。本実験では比較的容易とされているものの1つであるB.M.法⁶⁾（アメリカ鉱山局法）を用いてアスファルトを各々アスファルテン、レジン、オイルに分離し、組成を日立IR-S型の赤外分光機を用いて吸収スペクトルを測った。また経時変化により、これらの各組成がどのように変化するかを比較するため、屋外暴露したアスファルトについても実験を行い対比した。

実験方法

(A) 針入度、軟化点

試料アスファルトは国産3社のストレートアスファルト（A社、B社、C社）で、通常針入度180～200、130～150、80～100、のものについて実験を行った。なおJIS⁷⁾に記載されている方法により針入度(25°C, 100gr, 5秒)および軟化点の測定結果は第1表のとおりである。また屋外暴露試料は上記のアスファルトを金属円型の皿（直径12cm、深さ0.85cm）にアスファルトを均一に流し込み高さ85cmの台の上に6月～9月までの3カ月、6月～12月までの6カ月の2種類について測定した。所定の屋外暴露時間の終った試料は表面を蒸溜水で洗い清浄にしたものを測定に供し、それぞれ前と同様針入度、軟化点を測った結果は第1表のとおりである。

針入度については、屋外暴露時間の長いほど低い値を示している——即ち硬くなっている。軟化点についても同様の傾向を示している。このことはアスファルトが経時変化を受けて軽質油分が揮発したか、または低分子化合物が酸化重合（例えば空気中の酸素、紫外線、オゾン等）により高分子物質への移行、この2つが考えられるが、後述の組成分析の結果を参考すると後者の考え方が妥当のように考えられる。

(B) 溶剤抽出による組成分離

溶剤分離法も種々あるが比較的操作および時間等で容

第1表 針入度・軟化点の測定値

試験項目 期間 試料	針入度			軟化点		
	0カ月	3カ月	6カ月	0カ月	3カ月	6カ月
A	197	143	139	37.4	38.9	38.5
B	100	80	73	43.4	39.5	42.6
C	139	120	107	40.4	43.6	43.9

第2表 分離組成物の割合

試料	組成		アスファル テン分	レジン分	オイル分
A ₀			21.8	17.2	61.0
A ₃			22.8	44.5	32.7
A ₆			26.8	36.5	36.7
B ₀			24.0	33.5	42.5
B ₃			22.3	35.9	41.5
B ₆			24.3	44.5	31.1
C ₀			29.6	24.9	45.5
C ₃			33.5	34.7	31.8
C ₆			35.3	36.3	27.4

* A₀, B₀, C₀は屋外暴露なし、A₃, B₃, C₃は3カ月、A₆, B₆, C₆は6カ月の屋外暴露を示す。

易と思われるB.M.法により行った。この方法は試料アスファルトに溶剤としてn-ペンタンを加えて可溶性と不溶性に分離し、各々アスファルテン分、レジン分、オイル分の3つの組成に分離するものである。次に操作の概要をのべれば、試料を1.2～1.5grを100ml位の遠心管に精秤し、試料1grに対して40mlのn-ペンタンを加え15.6°Cの恒温水槽中に浸し、約10分間2,500～2,000rpmの速度で攪拌する。1夜放置してからやはり15.6°Cの恒温水槽に20分浸漬し、前と同じ条件で10分間攪拌する。

次に遠心分離器にかけ、5分間高速回転したのちペンタン可溶分を分離する。この操作を2回繰り返す。ペンタン不溶分はベンゼンに溶かし炉紙で炉過する。炉紙上のアスファルテンを少量のメタノールを用いて回収し、ベンゼン溶液は溶剤を回収し、真空乾燥器で溶剤を除去し恒量になってからアスファルテン分とする。

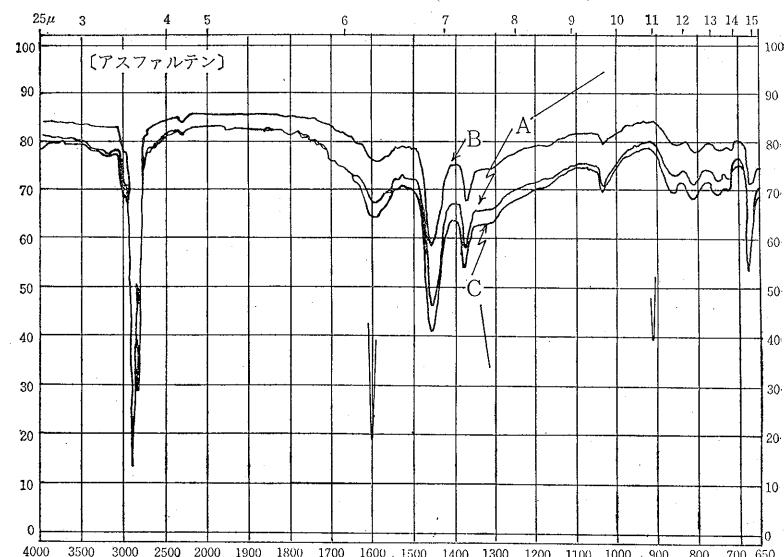
次にペンタン可溶分より大部分のペンタンを回収し、

残留分をさらに蒸発により 5 ml 位になるまで濃縮し、ソックスレー抽出器で 25gr 活性アルミナ上に均質に注ぎ、加熱し n-ペンタンで抽出する。抽出の最初の炉液は無色またはわずかに黄味を帯びる程度でなければならない。抽出が終ったら還流ラインを n-ペンタンで洗い、この溶液をフラスコに加え、全抽出液を 25 ml 位に濃縮したのち、これを炉過する。以下アスファルテンの場合と同様に操作し、秤量しオイル分とする。レジン分を含むアルミナを抽出器から取り出し、ブフナー炉斗にあけ、10~20 ml のメタノール: ベンゼン(1:9) の混合液を加えてかきまぜながら静かに吸引する。炉液はフラスコに集めてこれを濃縮したのち、アルミナの小さな粒子を除くため、遠心分離にかけ炉紙を用いて炉過し、炉液を再びフラスコに集め蒸溜により濃縮、真空乾燥器で溶剤を完全に除去してから秤量しレジン分とする。

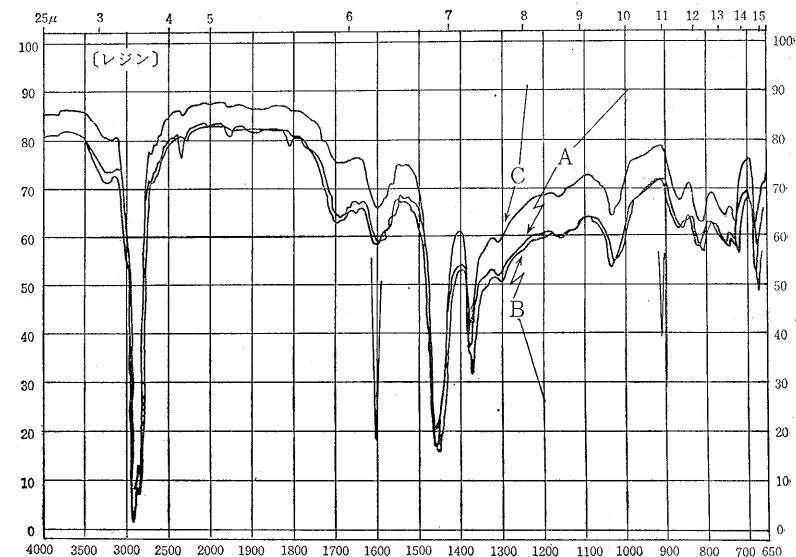
実験に使用した n-ペンタン、ベンゼンおよびアルコール等の溶剤は、試薬特級を用いた。活性アルミナは約 300 mesh の和光純薬 KK のものを 700°C で 2 時間乾燥したもの用いた。なおこれらの分離組成物の外観は、アスファルテン分は黒褐色の固体で、レジン分は褐色粘稠な樹脂状物で、オイル分はコハク色の油状液である。各々の組成分離の割合は第 2 表のとおりである。

第 2 表より針入度（第 1 表）はオイル分と関係があるようで針入度値の高いものはオイル分も多く出ている。他の組成については相関は困難のようである。経時変化についてはオイル分は次第に小さくなり、これに対しレジン分、アスファルテン等の高分子物質が増加している。このことよりアスファルトは経時変化を受けて軽質油分の揮発よりも、むしろ低分子物質より高分子物質へ移行してゆくものと推察する。参考までに冰点降下法を用いて分子量を測定した結果の 1 例として、屋外暴露し

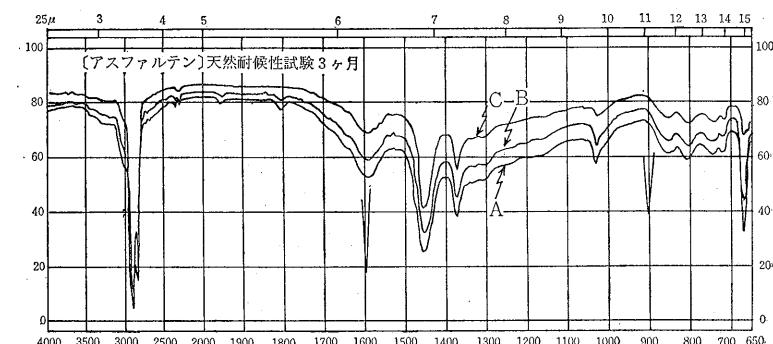
第 1 図 屋外暴露しない試料のアスファルテン分の赤外線吸収スペクトル



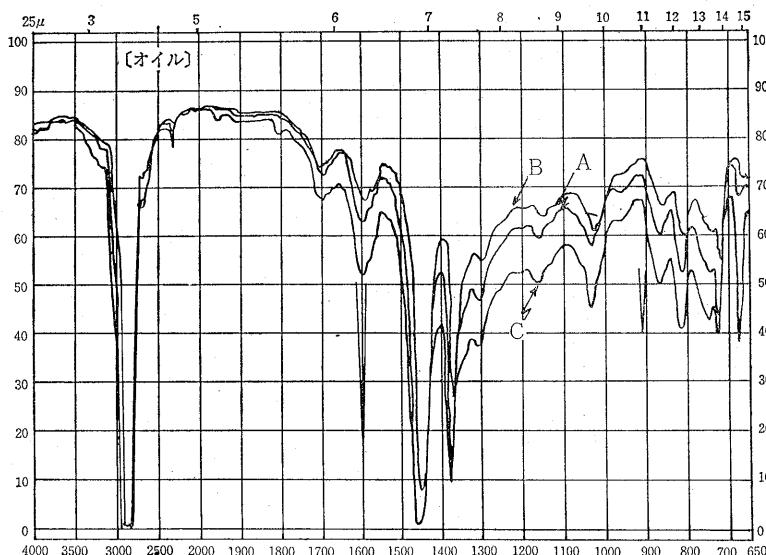
第 2 図 屋外暴露しない試料のレジン分の赤外線吸収スペクトル



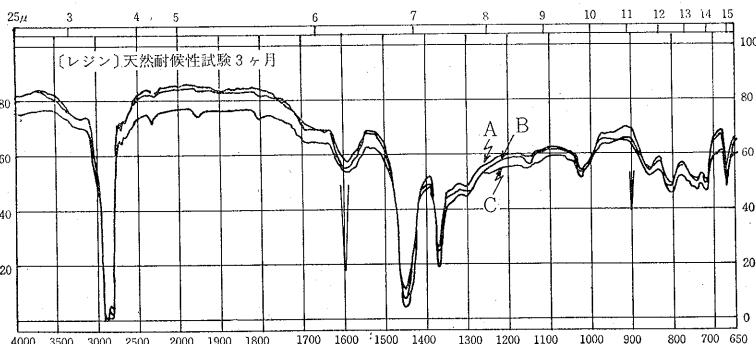
第 4 図 屋外暴露 3 カ月のアスファルテン分の赤外線吸収スペクトル



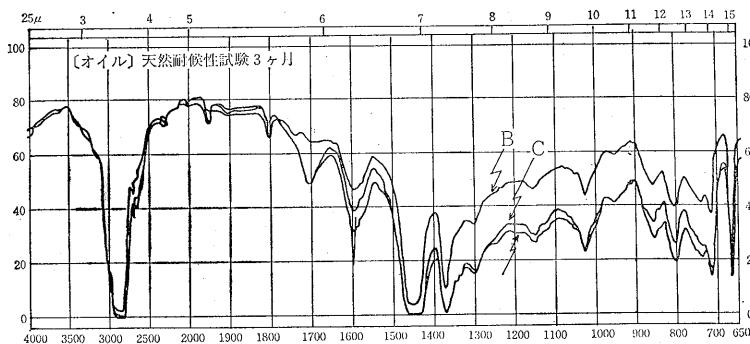
第3図 屋外暴露しない試料のオイル分の赤外線吸収スペクトル



第5図 屋外暴露3カ月のレジン分の赤外線吸収スペクトル



第6図 屋外暴露3カ月のオイル分の赤外線吸収スペクトル



ないもののアスファルテン分は 1,700 であったのに対し屋外暴露3カ月のものは 3,300、レジン分は 800 に対し 1,290、オイル分は 640 に対し 950～960 であった。

次に各々の分離組成物について赤外線吸収スペクトルの測定を行なった。試料は各々 2～3 ml の特級ベンゼンに溶解し、岩塩のセルにガラス棒で塗布し薄膜を作り、溶剤のベンゼンはドライヤーで揮発させてから分光器にかけ吸収スペクトルを得た。結果は第1図～第9図のとおりである。

第1図～第9図の如く、いずれも、 7.25μ , 6.80μ , 6.25μ , 3.38μ に各々強い吸収を示している。その他 9.71μ , 11.55μ , 12.33μ , 13.33μ , 13.89μ にもやや吸収がみられる。屋外暴露のものとの比較はほとんど差がないようであるが、この点さらに定量的な測定をする必要があると考える。

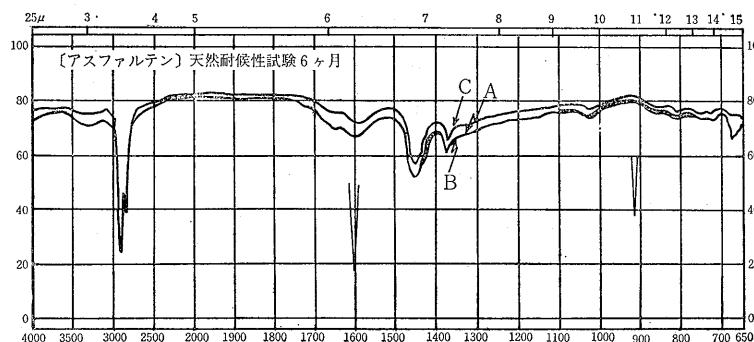
以上は定性的な試験結果で各組成の構成についての詳細な解析は困難であるが、特に 7.25μ , 6.80μ , 6.25μ , 3.38μ に強い吸収を示している。これらの吸収率および吸収スペクトルの結果より構造グループを推論すれば、第3表の如くである。

この結果は B. D. Beitzman^⑧ および J. E. Stewart^⑨ の結果とほぼ類似している。

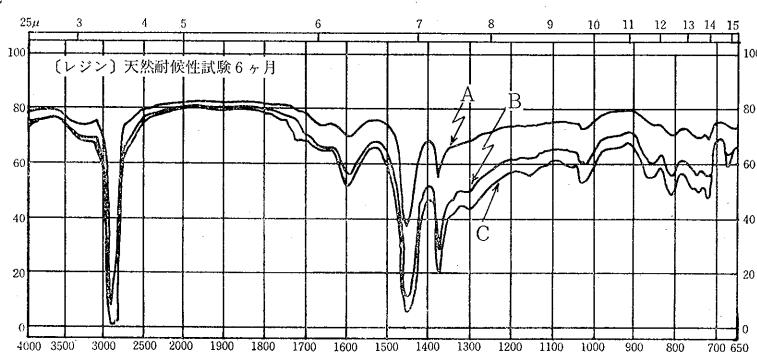
結果および考察

以上主としてアスファルトの組成と経時変化について実験を行ない、屋外暴露試験は気象条件が重要な因子となることは当然であり、これらを調整できず再現性にとぼしい欠点がある。このようなことで相関関係を出すことは困難であるが、実際面より見れば反面合理的にも考えられる。詳細は別としてアスファルトは経時変化により、組成面でも変化している傾向が出ていて。今回の実験は半年間の短い期間であったが、これが1年、2年とさらに長期にわたった場合どのようになるか

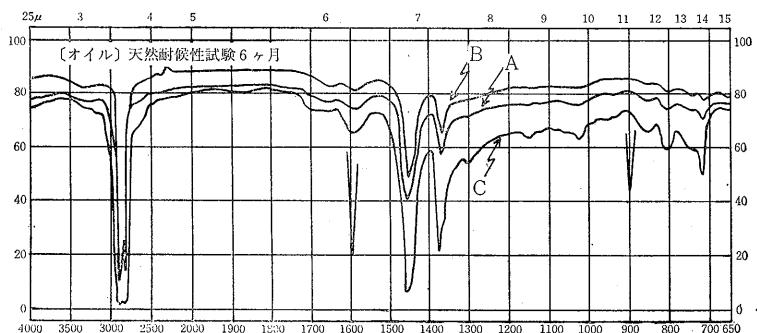
第7図 屋外暴露6カ月のアスファルテン分の赤外線吸収スペクトル



第8図 屋外暴露6カ月のレジン分の赤外線吸収スペクトル



第9図 屋外暴露6カ月のオイル分の赤外線吸収スペクトル



第3表

波長 μ	3.38	6.25	6.80	7.25	9.71	11.55	12.33	13.33	13.89
構 造 グループ	CH_2 $\text{C}-\text{CH}_3$	aroma tic	CH_2 $\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{C}-\text{O}$ $\text{S}=\text{O}$ or SiO	aromatic substitution		$-(\text{CH}_2)_4-$	

面白い問題である。アスファルトを耐候性の面より検討する場合等についてさらに検討したい。

また赤外吸収スペクトルにより特に顕著な吸収はみられなかったが、一応の傾向を見つけることができた。今後はさらにこれを定量的な段階にまで進めて行く考えである。なお溶媒分離により、それぞれの組成について個々の性質がアスファルトの全体の性質とどのような関連があるか非常に興味ある問題である。これらのことについては更に追究して行く考えである。

[注: 本稿の一部は、日本化学会(1967. 4. 30)において発表している。]

文 献

- 1) アスファルト 金崎健児, 岡田富男 日刊工業新聞
- 2) O'Donnell Anal chem 23 894 (1916)
- 3) Marcuson J. Angew chem 29 346 (1916)
- 4) R. N. Traxler & H. E. Schreyer Oil & Gas. J. Sep 14 158 (1953)
- 5) 村山健司 燃料協 42 434号 480 (1963)
- 6) R. L. Hubbard & K. E. Stanfield Anal chem 20 460 (1948)
- 7) JIS-K-2530. 2531 (1956)
- 8) B. D. Beitchman J. Research Nat. Bur. Standards 63A 189 (1959)
- 9) J. E. Stewart J. Research Nat. Bur. Standards 58 265 (1957)

〔藤代氏; 千葉大学工業短期大学部 教授
岩井氏; 文部技官〕

協会ニュース

社団法人 日本アスファルト協会役員名簿

○印……新任 昭和47年5月17日現在

☆本会理事の一部改選☆

右表の役員名簿のとおり、理事のうち、6名が都合により退任したので、総会（5月17日開催）において改選し、就任した。

任期は来年3月31日とする。

なお監事は昨年選出したとおり変動はない。

☆名誉会長、顧問、相談役委嘱☆

任期1年であるため、総会の席上満場の承認を得て、昨年度委嘱のとおり、それぞれ会長より委嘱することとした。

なお、評議員も右表のとおり、前年同様の方々にお願いすることとし総会の席上、了承された。

☆建設技術研究助金による研究事業について☆

「湿潤時作業可能な舗装補修材料の開発に関する研究」の概要については、本誌第81号に発表し、本年3月末日にその研究事業は、およその成果を得て、4月15日に建設省へ概況報告書を提出した。

詳細な報告書はB5版70ページにまとめて、6月10日発行、建設省本省、各地建等、ひろく関係筋へ配布する。なお、全員へは1部あて発送済である。

会員以外の方で、本報告書を希望される場合は、本会事務局までお申入れいただきたい。限定版であるためご注文通り、お分け出来ないと思われる所以、申入れ分については、よく整理した上で、配布方法を決めようと考えている。

名 誉 会 長	谷 石 渡 正 三	丸善石油専務取締役
会 長 (理事)	二 健 二	三菱石油取締役
副会長 (理事)	○ 武 信 光	中西瀝青社長 (日石)
副会長 (理事)	森 口 喜 三 郎	
理 事 (常任)	○ 愛 石 知 良 一	大協石油専務取締役
(常任)	井 俊 賢 一 郎	富士興産アスファルト常務取締役
○ 浅 長 俊 信 清 幸	ゼネラル石油直売部長	
○ 丸 井 谷 上 田 本 一 英 二	出光興産販売部次長	
岡 岡 田 村 本 二 美 弘	共同石油専務取締役	
(常任)	○ 吉 井 山 柿 沢 治 郎	日本石油常務取締役
(常任)	○ 早 清 市 田 煙 博 清	三共油化専務取締役
(常任)	木 加 沢 藤 田 兼 次 郎	シェル石油工業部門土木建設部長
(常任)	鶴 見 水 市 田 寿 衛	昭和石油常務取締役
(常任)	白 梅 朝 日 潤 郎	東亜燃料企画室長
(常任)	澤 井 清 市 田 豊 柱	朝日瀝青社長 (大協)
(常任)	加 重 木 田 勝 次 郎	アスファルト産業社長 (シェル)
(常任)	沢 井 清 市 田 典 典	木畑商會社長 (共石)
(常任)	武 藤 生 典 孝	瀝青販売社長 (出光)
専 務 理 事	佐 藤 武 男	沢田商行社長 (丸善)
監 事	佐 々 木 陽 信 正	新日本商事社長 (昭石)
顧 問	高 橋 国 一 郎	東京富士興産販売社長 (富士興アス)
	井 上 孝 三	東京菱油商事社長 (三石)
	板 倉 忠 三	東生商事社長 (三共油化)
	菅 原 照 雄	東洋アスファルト取締役 (エッソ)
	西 川 栄 三	
	市 川 正	
相 談 役	南 部 勇 閔	(以上 24名)
評 議 員	比 毛 閔	日本鉱業常務取締役
	高 安 克 雄	三菱商事潤滑油部長 (三石)
	加 藤 義 德	(以上 2名)
	菊 田 治	建設省道路局企画課長
	水 谷 清 久	北海道大学工学部名譽教授
	和 田 秀 麻 呂	北海道大学工学部教授
	宮 本 平 三 郎	芝浦工业大学教授
	川 淳 一	日本大学理工学部名譽教授
	川 朋 朗	
	比 越 友 之 助	

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3-12	03(213) 3111
鹿島石油株式会社	(105) 東京都港区芝平町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
シェル石油株式会社	(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〕

● 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) 8081 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

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
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	(100) 東京都千代田区神田美代町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) 東京都中央区八重洲5-7	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 三共油化
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	(103) 東京都中央区日本橋本町4-9	03 (270) 1811 大協・三和
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
ニニ石油株式会社	(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	(220) 横浜市西区高島2-12-12	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 名建商會	(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) 3151 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
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区宗是町1	06 (443) 2771 シエル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話	
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

●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) 5131	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
九州菱油株式会社	(770) 北九州市八幡区山王1-17-11	093(66) 4868	三石
烟畠石油株式会社	(804) 北九州市戸畠区明治町5丁目	093(87) 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

明和

バイプロ プレート

アスファルト舗装
表面転圧整形

振動ローラ

両輪・駆動・振動
ステヤリング軽快
サイド転圧
アスファルト舗装最適
登坂20~25°

明和

テニコン

のり面転圧機

入力の10倍働く
ウインチ操作可能
国鉄と特許共同出願中

バイプロ ランシャマ

路盤碎石締固め

水道・ガス管・道路
電設・盛土埋戻

株式会社 明和製作所

本社工場 川口市青木町1-448 TEL(0482)51-4525~9 5332
大阪営業所 大阪市城東区源訪西3-25 TEL(06)361-0747~8 5336
福岡営業所 福岡市上牟田町2-1 TEL(092)41-0878·4991 5816
名古屋営業所 名古屋市中川区八家町3-31 TEL(052)361-5285~6 5454

(カタログ送呈)
全国各地に
販売店あり