

# アスファルト

第26巻 第134号 昭和58年1月発行

## 134

### 特集・重交通道路用セミプローンアスファルトAC-100の試験施工結果

|                               |             |    |
|-------------------------------|-------------|----|
| 1. 総論・昭和56年度セミプローンアスファルトの試験施工 | 飯島 尚        | 1  |
| 2. 試験施工個所                     | 太田 健二       | 3  |
| 3. 使用アスファルトの性状                | 林 誠之・関根 幸生  | 6  |
| 4. 混合物の性状                     | 荒井 孝雄       | 8  |
| 5. 施工管理                       | 三浦 大介       | 14 |
| 6. 供用性状                       | 阿部 忠行・小島 逸平 | 17 |
| 7. 考察と結論                      |             | 20 |
| 8. セミプローンアスファルトの研究成果と今後の方向    | 阿部 賴政       | 22 |

〈用語の解説〉 耐摩耗性舗装・透水性舗装 小島 逸平 24

プローンアスファルト・セミプローンアスファルト 井町 弘光 25

### アスファルト舗装技術研究グループ・第12回研究報告

|                               |       |    |
|-------------------------------|-------|----|
| 舗装の支持力に関する海外の研究動向             | 阿部 賴政 | 26 |
| セッションI Bearing Capacityの概念    |       |    |
| セッションII Bearing Capacityの主な指標 | 柄木 博  | 27 |
| セッションIII 支持力に影響する因子           | 大坪 義治 | 32 |
| セッションIV 測定装置                  | 竹田 敏憲 | 36 |
| セッションV 支持力評価と設計システム           | 姫野 賢治 | 41 |
| セッションVI 既設舗装の履歴・道路            |       |    |
| セッションVII 既設舗装の履歴・空港舗装         | 野村 敏明 | 46 |

〈工事事務所長シリーズ・その16〉 紀南の道 古瀬 紀之 50

統計資料・石油アスファルト需給統計資料 53

## ASPHALT

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

## I. 総論

### 昭和56年度セミブローンアスファルトの試験施工

飯 島 尚\*

#### 1. まえがき

セミブローンアスファルトを用いた試験舗装は昭和52~53年にかけて全国90工区において実施され、かなりの成果をおさめた。しかし、数年間の観測結果からいくつかの改善点も明らかとなり、それらを解決し、新たな視点に立った開発を進めるために、昭和56年度には全国11箇所において試験施工が実施された。

この試験舗装に当っては、粘度規定の低めのセミブローンアスファルトを用いて、また試験舗装の手引きを作成して、極めて厳しい管理体制のもとに実施された。

本特集は昭和56年度舗装用セミブローンアスファルトの施工時の記録および1年後の供用性についてまとめたものである。

#### 2. 実施体制

今回の試験舗装では、セミブローンアスファルトの60°C粘度を10,000 poise、粘度比は5以下を目指とした。この理由は基本的に「わだち掘れ」および「ひびわれ」対策の両方を考慮したものである。

試験施工に当っては、それぞれの段階で品質を確認して次の段階に移るということから、まずアスファルトの搬入に当ってローリーからタンクへの段階において粘度の測定を実施した。

このために、試験施工に当って現場で測定できるように粘度計を用意して万全の体制をとった。

また、試験施工後の表面性状や、たわみ量の観測など関係各機関にその実施をお願いしており、製造、

運搬、配合設計、混合、舗設、観測とそれぞれの段階において必要なデータをもれなく確認できる体制としている。

#### 3. 56年度の試験施工結果

56年度の試験施工のその後の概要を、本特集の各章から順を追って、簡単に述べると次のようである。

まず、試験舗装個所は、交通量、線型、延長、地域等一定の条件を満たしている場所を選定したが、その理由は試験舗装を実施しても条件がバラバラであっては比較にならない訳であり、細部のデータもさることながら条件をそろえることは、試験舗装を大規模に実施する際にはまず第1に留意しなければならない点である。結果的にはそれぞれの個所は、この主旨にそう場所が選定できたと考えられる。

次に使用アスファルトの性状およびアスファルト混合物について記述している。アスファルトの粘度と供用性の関係から、わだち掘れとひびわれの双方を考慮して新たに10,000±2,000 poise、粘度比5以下という品質のセミブローンとしたのであるが、いずれの個所もこの規格内に入っていた。

また混合物では、アスファルト量が幅広く変化しても比較的安定した力学性状を示す密粒度アスコンを採用した。また56年度の施工では、各個所において曲げ供試体を作成し歪の検討を行なうこととした。通常不連続粒度の混合物は安定度が高く、わだち掘

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会長

建設省土木研究所舗装研究室長

れに対する抵抗性も大きいといわれている。しかし、不連続粒度の混合物は骨材のかみ合せによって安定度を保つものであり、表面のアスファルト膜厚の若干の相異によってかみ合せ力は異なったものとなる。

一方、連続粒度は大小の粒径の骨材がそれぞれの間隙を充填して最大密度となるものであり表面積も大きい。このことはアスファルト量の若干の変動に対しても比較的安定した性状を示すということであり、動的安定度の結果からわだち掘れに対して安定していることがうかがえる。

次に、密度や温度変化など施工時の管理データについて記述している。

今回の試験施工は材料の選択から施工管理に至るまで細心の注意を払って実施しており、混合物の粒度やアスファルト量などのデータから判断して、プラントにおける混合物の製造は満足すべきものであった。また現場における温度管理や締固め度のデータも充分なもので、通常の材料を用いた舗装工事と比較して温度管理に配慮すれば特別な施工方法、施工機械の組合せは必要なかった。

施工後、一年しか経過していないが、それぞれの個所は重交通区間であることから、累積大型車交通量は最大約300万台に達している。これまでのところひびわれの発生、およびわだち掘れの発生とも通常のアスファルトと比較して低いレベルにあり、初期の目的を充分に達しているといえる。わだち掘れの推移は、52年、53年に実施したAC-140に比較して若干の大きな値となっているが、今回用いたアスファルトの粘度が、 $10,000 \pm 2,000$  poise であったことから、いわば当然の推移ともいえよう。ひびわれの発生はAC-140に比較して少ないが、縦縫目の部分でひびわれが発生している例が何カ所か見られる。通常のアスファルトを用いた場合でも縦縫目の施工は特に注意が必要であり、今後に残された問題の一つといえよう。

#### 4. あとがき

56年度に実施したセミブローンアスファルトの試験施工の概要について述べた。結果はまづまずであったが、今後の方向等について気のついた点を若干述べてみたい。

まず第1に製造時の品質管理があり、 $10,000 \pm 2,000$  poise の範囲に管理することは量的にある程度まとまっていることが必要である。このためには舗装の規模を少なくとも数100m単位とし、アスファルトの製造ロットを大きくする必要がある。このことはプラントにおけるタンクの運用や施工管理上にも有用なことである。

今回の報文では路面のたわみ量とひびわれの発生など構造的な解析についてはふれていないが、これまでの調査結果から路盤のたわみの大きい地点ではひびわれの発生が大きくなるようである。従って高架部分などのようにたわみ量のごく小さい場合にはさらに粘度の高いセミブローンを使用することも考えられる。

つまり、路盤のたわみ量と交通量区分に応じて粘度を変えたアスファルトの使い方が可能であると思われる。

わだち掘れの評価にはホイールトラッキング試験による動的安定度が有効である。このことは交通量を説明変数として、動的安定度を被説明変数とする予測式が推定できるということであり、さらに説明変数としてアスファルトの粘度を加えることも可能であろう。すでにストレートアスファルトを用いた通常の舗装についての予測式の研究については発表されたものがあり、これらを総合化して種々なアスファルトを同一の尺度で比較することによって、より適切な材料の選択が可能になると思われる。

最後に、今回の試験舗装の実施に当って種々のご配慮を戴いた建設省各地方建設局、アスファルトメーカー、そして実際の施工を担当された多くの方々の労苦に深甚の謝意を表するものです。

## 2. 試験施工個所

太田 健二\*

昭和56年度の試験施工に当っては、追跡調査データの解析精度を上げるために、事前に試験施工個所の選定条件を定めた。選定条件としては、① 施工個所の条件ができるだけ同一にすること、② 施工後の調査データの解析に必要な資料が整っていること、などの点を考慮し、地域、交通量、道路線形、延長、施工厚等の項目を探り上げた。表-2・1は、試験施工個所選定条件を示したものである。56年度は、これらの条件を満たす11個所を選定し試験施工を実施した。

### 2-1 試験施工個所の選定

#### 1) 地域

セミブローンアスファルトの製造、タンクローリーによる運搬可能圏の制約から試験施工地域は、関東、中部、近畿、中国の各地方建設局管内等の大西洋沿岸部を対象とした。

#### 2) 交通量

セミブローンアスファルトの開発は、重交通道路にお

ける流動、わだち掘れ対策が目的であることから、交通量は、大型車交通量が1000台／日・一方向以上のC・D交通量区分とした。なかでも、特に流動、わだち掘れのはげしい路線、苛酷な条件下におかれる交差点流入部などを対象とした。

#### 3) 道路線形

施工個所の道路線形としては、複雑な交通荷重を受ける区間を除外する意図で、原則として直線区間で、かつ平坦部を対象とした。

#### 4) 延長

試験施工個所の延長は、セミブローンアスファルトの1バッチ製造容量、タンクローリー1台の運搬量および混合物アスファルト受タンクの容量などの面から一工事当たりの最低使用量を20tと定め、2車線道路で工事延長を400mまたはこの整数倍を施工単位とした。

#### 5) 施工厚

アスファルト舗装の塑性変形によるわだち掘れは、表層のみならず基層、安定処理層にまで及んでいる。また、

表-2・1 セミブローンアスファルト試験舗装選定個所条件

| 項目       | 条件   | 理由  |
|----------|--|---|
| 1. 地域    | 関東、中部、近畿および中国地建管内  | 製造場所、タンクローリーによる運搬可能圏内であること  |
| 2. 交通量   | C, D交通区分 交差点を含む  | 重交通道路における流動、わだち掘れ対策   |
| 3. 線形    | 1) 原則として直線区間 (ただし曲線 R = 300以上)<br>2) 原則として平坦部 (ただし縦断勾配6%以内)  |   |
| 4. 延長    | 400m／工事以上か、または、これの整数倍  | ローリー運搬 1台10t → 20t<br>アスファルトタンク 20t<br>巾7.0m、厚さ5cm、As量5.5%<br>と仮定すると ℓ = 421m |
| 5. 施工厚   | 1) 2層施工が望ましい<br>この場合は延長200mでよい<br>2) ただし切削オーバーレイで1層5cmの場合は在来路面のたわみ量0.5以下<br>3) 新設の場合は2層以上とする                                     |   |
| 6. 舗装データ | 1) 修繕工事<br>既設路面の性状、舗装構成、材料、オーバーレイ前のたわみ量、(路床CBR)、交通量のデータを明かにすること<br>2) 新設工事<br>CBR、T <sub>A</sub> 、構成、配合、施工後のたわみ量、交通量のデータを明かにすること | 構造解析を行う   |
| 7. その他   | 1) 混合物の試験を特記で追加する<br>例: ホイルトラッキング、曲げ試験<br>2) 高架部での舗装なども含める<br>3) ストレートアスファルトの工区を含める  | 下層支持力のよい個所に効果的であるとの実証<br>セミブローンとの比較   |

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会幹事 日瀬化学工業(株)技術課

舗装体の層内温度分布から判断しても、表面から10~15cm程度の深さまでは、流動対策を必要とすることがうかがえる。したがって、セミブローンアスファルトを使用した混合物の施工厚は、表層、基層の2層以上を原則とした。なお、隣接する構造物、既設舗装部の下層がコンクリート舗装版などの理由から、切削オーバーレイ厚をやむを得ず一層とする場合は、在来路面上でのたわみ量が0.5mm以下であることとした。

#### 6) 事前調査と各種データの収集

試験施工の実施に当って、施工、追跡調査から得られるデータの多角的な解析を行なうため、特に、施工個所の基礎資料の提出と併せて事前調査の実施をお願いした。

例えば、修繕工事の場合は、交通量、路床土のCBR、既設舗装の構成、使用材料およびその品質、性状に関する基礎資料の収集と既設路面の凹凸、ひびわれ、たわみ量の測定といった事前調査の実施を義務付けた。

また、新設工事では、路床土のCBR、TA、舗装構成、混合物配合、使用材料とその性状および交通量を明らかにすることなど詳細にわたるデータの整備をお願いした。

さらに、施工時には、各工程の所要時間（タイムスティ）、混合物のクーリングカーブ、施工機械の組合せなどのデータと併せて配合設計から試験練り、本施工に係わる一連のアンケート調査による諸データの採取を行なった。

#### 7) その他の事項

##### ① ホイールトラッキング試験および曲げ試験等の実施

通常の管理試験に加え2~3の混合物試験を行なうこととした。例えば、配合設計時および本施工時の混合物の動的安定度(DS)とわだち掘れ、ひびわれの関係を把握するためにホイールトラッキング試験を行なう。同様に限界歪または破断歪と路面のたわみ量との関連を見るために曲げ試験を行なうなどである。

##### ② 高架部への適用

試験施工個所の1つとして、下層の支持力が大きな個所に適用した時のセミブローンアスファルトの耐久性を見極める目的で、基盤が強固なコンクリート床版からなっている高架橋梁部を加えた。

##### ③ 比較対象区間の設置

比較対象区間としてセミブローンアスファルトを用いた試験施工区間に隣接して、ストレートアスファルト区間を設け、両者の耐久性を対比することとした。

## 2-2 試験舗装工事個所の概要

表-2-2(次ページ掲載)は、56年度に実施した試験舗装工事個所の概要を示したものである。表に示した試験舗装工事個所は、予め定めた選定条件にそって選定されたものであり、前述した試験舗装条件の統一の主旨にそった場所が選定できたものと考えられる。以下に試験舗装工事個所の概要を述べる。

### 1) 地域

試験舗装工事を実施した地域は、関東地建2個所(千葉)、中部地建3個所(名古屋、沼津、三重)、近畿地建3個所(大阪、兵庫、姫路)、中国地建1個所(岡山)の4地建9個所と首都高速道路公団ならびに埼玉県で各1個所の計11個所、すべて太平洋沿岸部に位置している。

### 2) 交通量

試験舗装工事個所の大型車交通量は、2,850~14,220台/日・方向であり1個所(沼津)のみC交通、他はD交通となっている。さらに、11個所の平均は、約7,300台/日・方向とD交通の中でも超重交通個所といえる。

### 3) 道路線形・延長

試験舗装工事区間の線形は、埼玉県(杉戸土木)、千葉国道(潮見)等では若干の勾配、曲線部はあるものの、ほとんどは直線区間でかつ平坦部であり、すべて表-2-1の選定条件に十分適合するものであった。

また、工事延長は、2層施工個所で165~1,014m、平均約390m、1層施工個所(首都高、岡山国道および大阪国道の一部)で160~400m、うち首都高を除く2個所は、315、400mとなっている。いずれも表-2-1の選定条件を満足している。

### 4) 施工厚

セミブローンアスファルトAC-100を用いた個所の施工厚は、橋面(大阪国道の一部)、下層にコンクリート舗装版(岡山国道の一部)を除き、すべて2層(10cm厚)であった。

### 5) 施工個所の諸データの収集

試験舗装工事個所の舗装に関係する諸資料は、追跡調査データの解析精度を上げるためにも各機関を通して極力収集に努めた。特に、舗装構成と構成材料、路床土の設計CBR、既設路面の性状、たわみ量などについては、調査、収集もれのないよう十分配慮した。

表-2-2には、収集データのうち舗装構成と各層の材料ならびに路床土設計CBRを示した。舗装構成に例をとれば土工部の殆どの個所は、アスファルト混合物層が3層以上あり、その総厚は、20~39cmにも達している。

表—2.2 試驗舖裝工事個所一覽表

### 3. 使用アスファルトの性状

林 誠 之\* 関 根 幸 生\*\*

表-3・1 AC-100 の試験舗装用規格および使用アスファルトの性状

| 項 目                    | AC-100 規格     | 製油所出荷性状<br>(n=17) |        |       |                            | 混合物製造時タンク内性状<br>(n=17) |        |       |       |
|------------------------|---------------|-------------------|--------|-------|----------------------------|------------------------|--------|-------|-------|
|                        |               | 平均値               | 最大値    | 最小値   | 標準偏差<br>( $\sigma_{n-1}$ ) | 平均値                    | 最大値    | 最小値   | 標準偏差  |
| 粘度 (60°C) poise        | 10,000±2,000* | 9,540             | 11,200 | 8,410 | 960                        | 10,800                 | 13,000 | 9,580 | 960   |
| 動粘度 (180°C) cst        | 200 以下        | 125               | 138    | 98    | 12.8                       | 132                    | 153    | 102   | 15.6  |
| 薄膜加熱重量変化 %             | 0.6 以下        | -0.03             | 0.10   | -0.16 | 0.08                       | -0.05                  | 0.09   | -0.18 | 0.08  |
| 針入度 (25°C, 100g, 5sec) | 40 以上         | 51                | 62     | 42    | 7.1                        | 50                     | 59     | 41    | 5.6   |
| 三塩化エタン可溶分 %            | 99.0 以上       | 99.84             | 99.99  | 99.65 | 0.10                       | 99.63                  | 99.99  | 99.1  | 0.28  |
| 引火点 °C                 | 260 以上        | 299<br>(n=13)     | 306    | 294   | 6<br>(n=13)                | 300                    | 312    | 286   | 7     |
| 比重 (25°C/25°C)         | 1.000 以上      | 1.024             | 1.034  | 1.012 | 0.006                      | 1.025                  | 1.031  | 1.015 | 0.005 |
| 粘度比 60°C(薄膜加熱後/加熱前)    | 5 以下          | 3.9               | 4.6    | 2.9   | 0.6                        | 3.7                    | 4.9    | 2.9   | 0.6   |

\* 製油所における現実的製造管理可能範囲を考慮し、上限を 13,000 ポアズまで許容した。

#### 3-1 原アスファルトの性状

AC-100 の試験舗装用規格を表-3・1 に示す。この規定値に適合したセミブローンアスファルトは 5 社から 17 種が出荷されたが、今回初めて AC-100 を使用することから、使用アスファルト性状の確認および今後の参考データを蓄積するためにアスファルトの品質チェックを 3 段階で行った。すなわち①製油所の出荷段階における全性状、②瀝青混合所に到着したアスファルトローリーの 60°C 粘度、③瀝青混合所アスファルトタンクに入れた後、混合物製造時のタンク内アスファルト全性状をそれぞれ測定した。

使用されたアスファルトの性状を表-3・1 に示す。表からわかるように、すべてのセミブローンアスファルトは製油所の出荷段階において完全に規定値を満足しており、厳しく品質管理されたものが出荷されたことを示している。また混合物製造時におけるアスファルトタンク内試料の性状値もすべての規定値を満足していることから、AC-100 の瀝青混合所アスファルトタンク内におけ

る性状変化は、実質的に許容できる範囲内におさまることがわかった。

個々の性状についてみると、60°C 粘度の出荷性状は変動係数が約 10% と小さく、比較的 60°C 粘度のそろった AC-100 が出荷されたことを示している。また 60°C 粘度の出荷性状とローリー受入れ時の比較を図-3・1 に示したが、両者の差はローリー受入れ時のほうが約 2.5% 高く（標準偏差は 4.0%），このことから出荷性状測定値の正確さが確認されたとともに、製油所から瀝青混合所までの輸送期間中の 60°C 粘度上昇は 2.5% 程度と小さいことがわかり、今年度試験舗装において実施したローリー受入れ時の 60°C 粘度の実測、確認は今後省略しうる見通しが得られた。

また製油所出荷時と混合物製造時の粘度値の比較を図-3・2 に示す。図より瀝青混合所タンクでの管理が、試験施工の手引にのっとって行なわれれば、製油所出荷時から混合物製造時までの 60°C 粘度の上昇は、約 13% にとどまることが明らかとなった。なお、同じ時期における

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会幹事

日本石油㈱中央技術研究所

\*\* 同 上

丸善石油㈱研究所

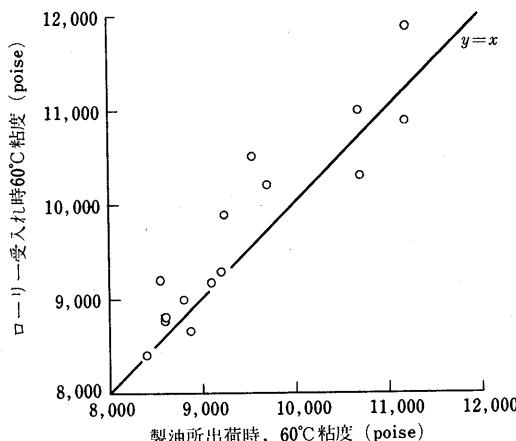


図-3・1 AC-100 60°C粘度の製油所出荷時  
およびローリー受入れ時の比較

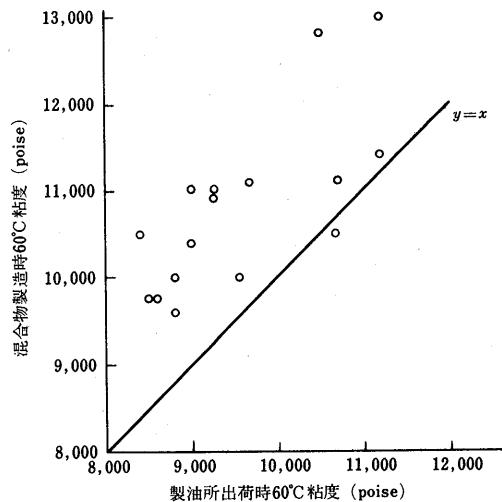


図-3・2 AC-100 60°C粘度の製油所出荷時  
および混合所製造時の比較

180 °C 粘度上昇は約 6 % であった。

薄膜加熱試験後 60°C 粘度比は今回の AC-100 では 5 以下と規定したが、すべてのアスファルトはこの値を満足したもの、4.5 ~ 4.6 のものが全体の約 1/3 をしめるとともに、瀝青混合所タンク内試料の最大値では 4.9 と規定限界値に近く、この規定値はアスファルト製造面においてかなり厳しい値であることを示している。

また、その他の性状の出荷時平均値は針入度 50, 引火点 300 °C, 比重 1.024, 薄膜加熱重量変化 -0.03 %, 三塩化エタン可溶分 99.8 % であった。

### 3-2 回収アスファルトの性状

施工完了後、各工区の切取り供試体からアスファルトを抽出し、回収アスファルトの 60°C 粘度、針入度、軟化点を測定した。結果を表-3・2 に示す。

この結果、回収アスファルトの 60°C 粘度は表層で 16,000

表-3・2 回収アスファルト (AC-100) の性状

| 項目                     | 回収アスファルト性状 (n=24) |        |        |                     |
|------------------------|-------------------|--------|--------|---------------------|
|                        | 平均値               | 最大値    | 最小値    | 標準偏差 $\sigma_{n-1}$ |
| 粘度 (60°C) poise        | 35,200            | 48,600 | 16,300 | 9,230               |
| 針入度 (25°C, 100g, 5sec) | 40                | 48     | 36     | 4.2                 |
| 軟化点 °C                 | 64.0              | 66.5   | 60.5   | 1.6                 |

~ 50,000 ポアズ、基層では 22,000 ~ 48,000 ポアズの範囲であったが、65% のものが 30,000 ~ 50,000 ポアズの範囲であり、このことから施工時の 60°C 粘度上昇は約 3 ~ 5 倍であるといえる。

また針入度に関しては 80% が 35 ~ 45 であり、軟化点に関しては 78% が 64 ± 2 °C の範囲と比較的性状が均一となっていた。

## 4. 混合物の性状

荒井孝雄\*

56年度試験舗装工事に使用されたAC-100による混合物は、表層用として密粒度アスコン(20)が延べ11工区、同(13)延べ4工区、密粒度ギャップアスコン1工区、粗粒度アスコン1工区の計4種類、また基層用としては全工区とも粗粒度アスコンが使用された。

ここでは、適用されたアスファルト混合物の特性として、アスファルト量、マーシャル試験における供試体特性と安定度、およびホイールトラッキング試験における動的安定度について、配合設計時と本施工に区分して記述し、また、本施工時の混合物について、建設省土木研究所舗装研究室が一括して実施した曲げ試験による諸特性に関して記述することとする。

### 4-1 アスファルト量とマーシャル特性値

表-4・1(次ページ掲載)は、アスファルト量とマーシャル特性について配合設計時および本施工時における施工管理データをもとに、全工区を総括して統計量として示したものである。ただし、延工区のうち、同じ混合物が使われている場合にはデータは1つとして取扱っている。

なお、同時に実施されたストアス混合物についても参考として示した。

#### (1) アスファルト量

適用されたアスファルト量に関し、まず配合設計時に

ついてはマーシャル試験に基づく共通アスファルト量範囲の下限、上限、中央値(これをOACと記した)および範囲の幅についての分布状態を示し、また、本施工については抽出アスファルト量とOACとの差による管理の状態を示した。アスファルト量のうち、OACの分布のヒストグラムを図-4・1に示す。これらについて述べれば以下のとおりである。

- ① 配合設計における共通アスファルト量範囲の幅は、密粒タイプ(表層)が0.9%、粗粒(基層)が1.0%で粗粒の方がやや広く、また範囲の下限および上限における標準偏差 $\sigma_{n-1}$ も粗粒の方が大きい傾向にある。
- ② アスファルト量(OAC)は、表層に使用された密粒(20)、同(13)および密粒ギャップで $\bar{x}_{13} = 5.30\%$ 、基層に使用された粗粒で $\bar{x}_{11} = 4.81\%$ となっており、ストアスの場合の表層(密粒) $\bar{x}_5 = 5.3\%$ 、基層(粗粒) $\bar{x}_5 = 4.68\%$ とほぼ同程度となっている。
- ③ 表層のOACのうち、密粒(20)は $\bar{x}_9 = 5.24\%$ 、密粒(13)は $\bar{x}_3 = 5.57\%$ で、その差は0.33%となっている。
- ④ 本施工における抽出アスファルト量とOACとの差違は表層が $\bar{x}_{13} = 0.04\%$ 、基層が $\bar{x}_9 = 0.05\%$ と小さく、またそのばらつきも表層、基層とも0.1%以下と小さく、よく管理されていることを示している。

#### (2) マーシャル特性値

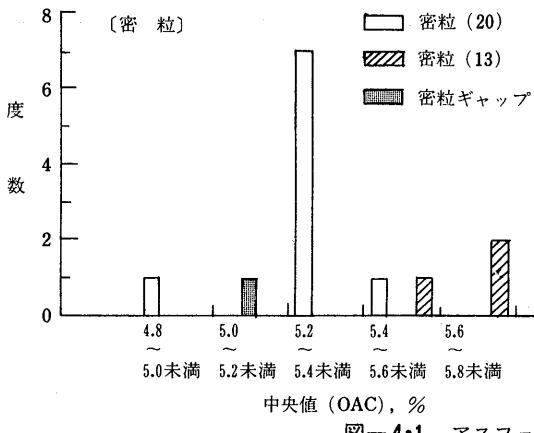
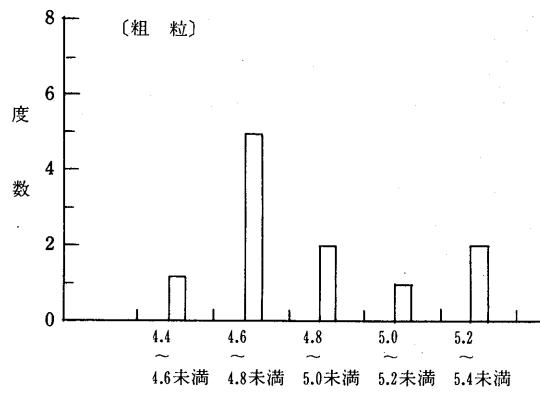


図-4・1 アスファルト量分布のヒストグラム



\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会幹事

日本舗道技術研究所

表—4・1 混合物のマーキュリル特性値一覧

マーシャル特性値に関し、配合設計時と本施工時について示せば以下のとおりである。

- ① 配合設計時の混合物の空隙率は表層・基層とも基準値範囲の下限側、飽和度は範囲中央値よりやや少なめとなっている。VMAについては当然ながら粒度別に差が認められる。すなわち、密粒(13)  $\bar{x}_3 = 17.1\%$ 、密粒(20)  $\bar{x}_9 = 16.1\%$ 、粗粒  $\bar{x}_{11} = 15.5\%$  と粗いほど小さくなっている。
- ② マーシャル安定度は密粒(20)が  $\bar{x}_9 = 1,400 \text{ kg}$ 、密粒(13)が  $\bar{x}_3 = 1,190 \text{ kg}$  であり、両者間に 200 kg 以上の差がある。
- ③ フロー値はいずれの粒度においても平均値が基準値範囲のはば中央値となっている。
- ④ 安定度／フローは一般的に 20~50 とされる範囲の上限近くに平均値があり、とくに密粒(20)は  $\bar{x}_9 = 49$  ( $100 \text{ kg/cm}$ ) と大きい傾向にあり、耐流動的であることを示している。しかし、中には 50 を大きく上回るも

のもあり、ひびわれ抵抗性において懸念される面もある。

- ⑤ 本施工における施工管理データを見ると、空隙率、安定度、フローとも平均値ではほぼ配合設計時データと一致しているが、標準偏差が多少相違している。すなわち、空隙率とフローは施工管理データの  $\sigma_{n-1}$  が大きく、安定度と安定度／フローは小さくなっているのが特徴といえる。
- ⑥ 図-4・2 は安定度の分布ヒストグラムである。これより、施工管理データの方が安定度がやや高い傾向にあることがわかる。

#### 4-2 動的安定度 (Dynamic Stability)

混合物の動的安定度（以下 DS と記す）分布のヒストグラムを配合設計時および本施工時に分けて図-4・3 に示した。

概略的に見て、表層混合物の配合設計時の DS は 3000

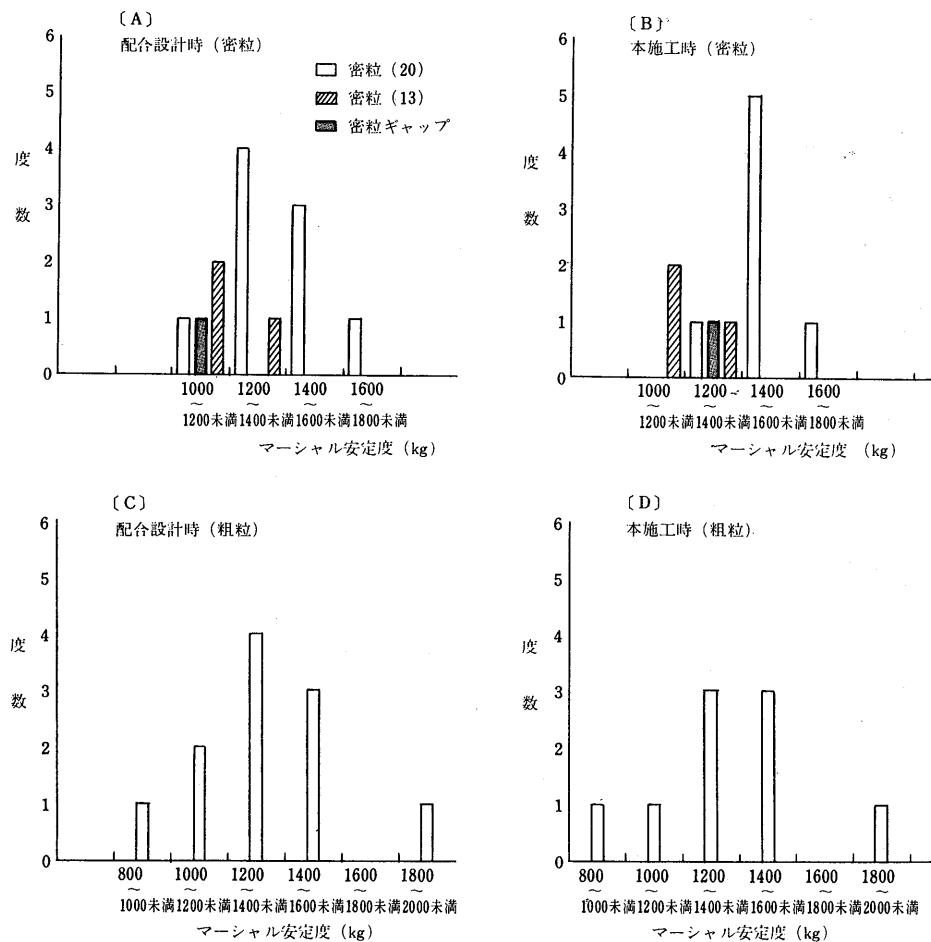


図-4・2 マーシャル安定度分布ヒストグラム

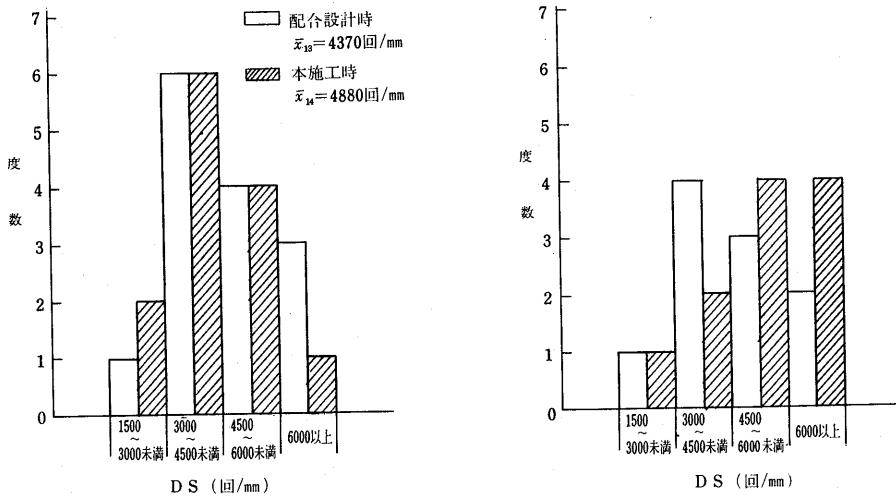


図-4・3 DS分布のヒストグラム

~6000回/mm, 本施工時で3000~8000回/mmであり, 一方, 基層混合物のDSは配合設計時, 本施工時とも3000~8000回/mmであった。

#### (1) 配合設計時のDS

ホールドトラッキング試験による密粒度アスコンの配合設計時のDSの範囲は2680~6300回/mm,  $\bar{x}_{13} = 4,370$ となっており, 平均値は今回の試験舗装で設けたDS目標値1500~4000回/mmの範囲の上限値を僅かに越えていた。なお, DSが4500回/mmを上廻るものが, 密粒アスコン工区13個所中5個所に及んでいる(図-4・3参照)。

粗粒アスコンのDSの範囲は2990~7870回/mm,  $\bar{x}_{11} = 5,320$ 回/mmであり, 密粒アスコンより約1000回/mm上廻っている。

一方, 同時に施工したストアス60~80による混合物のDSの範囲は, 密粒度アスコンで920~1550回/mm,  $\bar{x}_3 = 1,280$ 回/mmとなっている。

#### (2) 本施工時のDS

本施工時におけるAC-100による混合物のDSの範囲は密粒度アスコンで2900~7920回/mm,  $\bar{x}_{14} = 4880$ 回/mm, 同様に粗粒度アスコンで2800~7920回/mm,  $\bar{x}_{10} = 4950$ 回/mmであり, 本施工に用いた混合物のDSは, 密粒, 粗粒ともほぼ同程度の値のものであった。また, 配合設計時のDSに比較して, 密粒では約500回/mm増大し, 粗粒では, 約400回/mm低下していたが, この試験のばらつき等を考慮すれば, ほぼ配合設計時に近い混合物であったといえる。

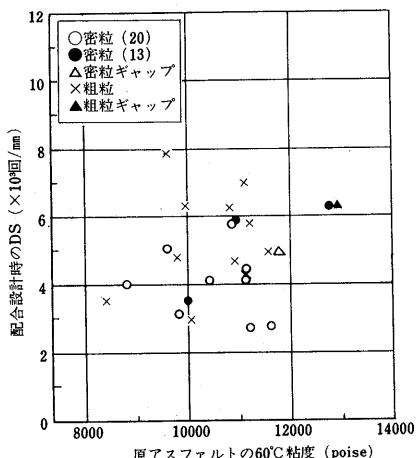


図-4・4 原アスファルトの60°C粘度と配合設計時のDSの関係

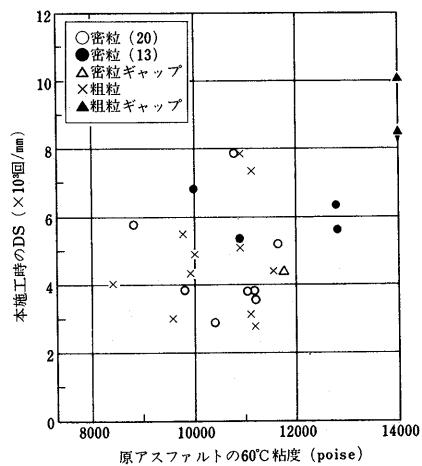


図-4・5 原アスファルトの60°C粘度と本施工時のDSの関係

### (3) アスファルトの60°C粘度とD S

図-4・4と図-4・5は原アスファルトの60°C粘度と混合物のD S, 図-4・6は本施工時の混合物についての回収アスファルト60°C粘度とD Sの関係を示したものである。いずれにおいても、粘度が大きい方がD Sも大きいという関係は明確には読みとれない。これは、各工区で材料種等が異なっていることにもよると考えられる。

図-4・7, 図-4・8は昭和52年, 53年の試験施工における60°C粘度と配合設計時D Sの関係を×印で示し、これに56年度の結果を△印で示したものである。これによると、56年度のD Sは、52, 53年に比べやや大きい側に属しているが、極端に大きなものではなく、D Sに関しては大きな違いはないといえる。

### 4-3 曲げ試験性状

曲げ試験は10工区の本施工時のプラント混合物（表層混合物のみ）について行ったものである。なお、曲げ試

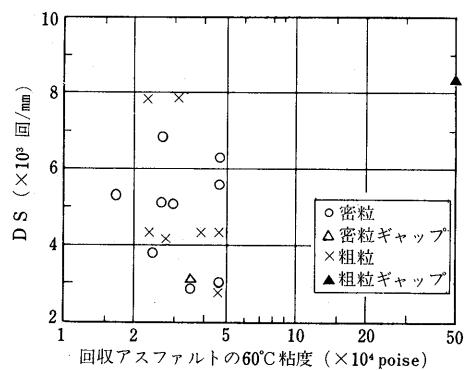


図-4・6 回収アスファルトの60°C粘度とD Sの関係

験は供試体寸法が5cm(厚) × 10cm(幅) × 30cm(長)のもので、試験条件はスパン20cm、歪速度 $6.25 \times 10^{-3}$  Sec $^{-1}$ 、温度が-10, -5, 0, 5, 10°Cの5点である。

#### (1) 曲げ強度と曲げ脆化点

図-4・9, 図-4・10は密粒(20)および同(13)の曲げ

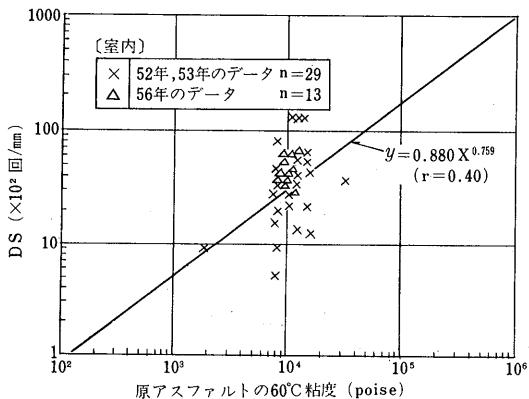


図-4・7 原アスファルトの60°C粘度(室内)とD S

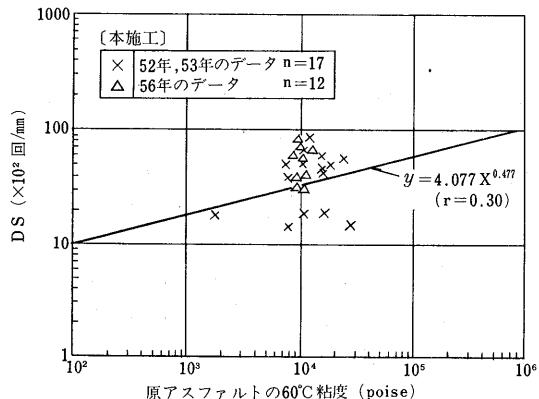


図-4・8 原アスファルトの60°C粘度(本施工)とD S

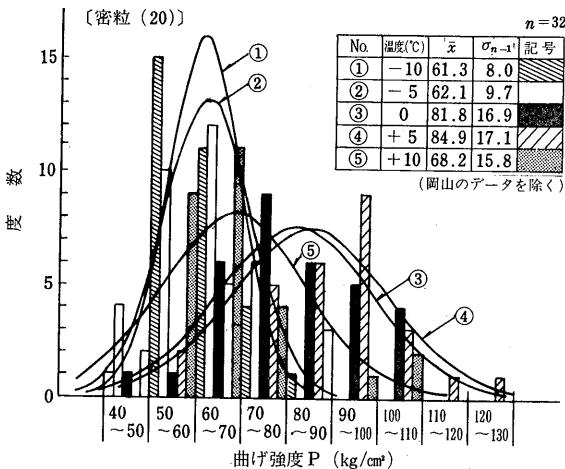


図-4・9 曲げ強度ヒストグラム〔密粒(20)〕

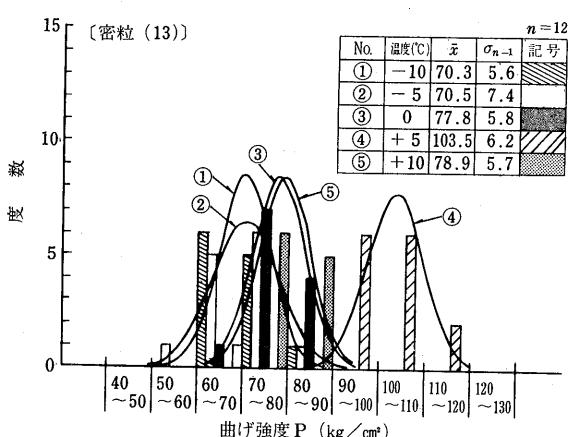


図-4・10 曲げ強度のヒストグラム〔密粒(13)〕

強度分布のヒストグラムを示したものである。0°Cを除き、どの温度においても密粒(13)の方が密粒(20)よりも曲げ強度が大きく、骨材の最大粒径の影響がうかがえる。

ストアス60~80を使用した密粒度アスコン(13)の測定例(本州四国連絡橋面舗装基準、昭和49年中間報告)では、-10, -3, +3, および+10°Cの曲げ強度が、それぞれ100, 101, 93, および107 kg/cm<sup>2</sup>であり、これと今回の値を比較すれば、AC-100グループはストアスの70~80%に相当し、強度が小さいことがわかる。

試験温度と曲げ強度から、混合物の曲げ脆化点を推定してみると、密粒(13)は+5°C程度、同(20)は+3°C程度であり、若干差が認められる。

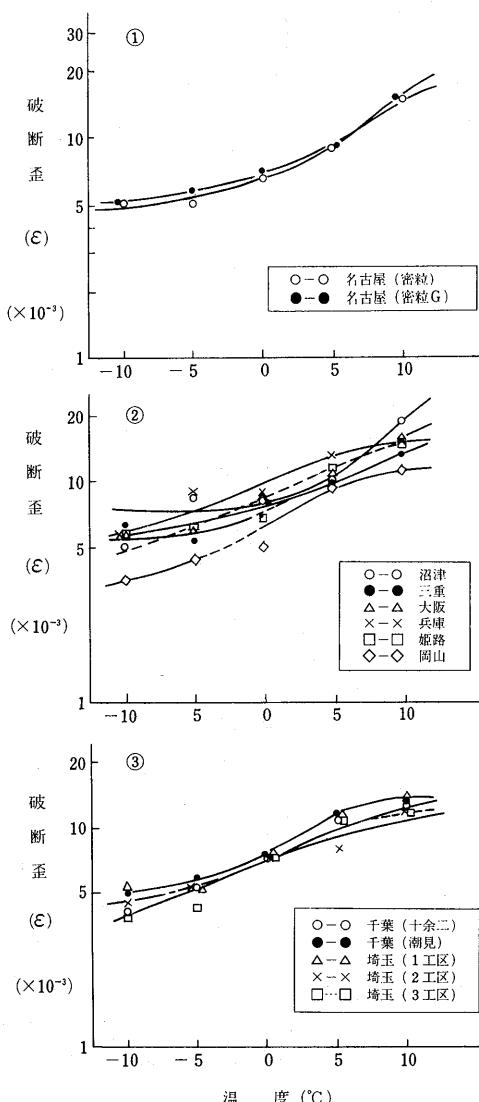


図-4・11 温度と破断歪(ε)の関係

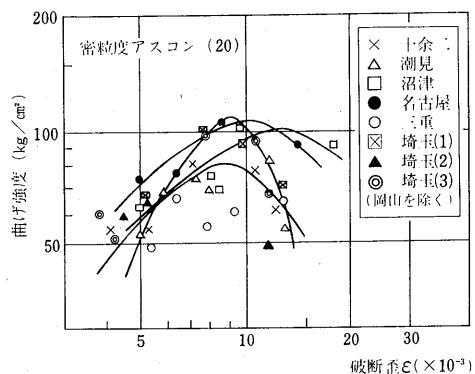


図-4・12 密粒度アスコン(20)の破断包絡線

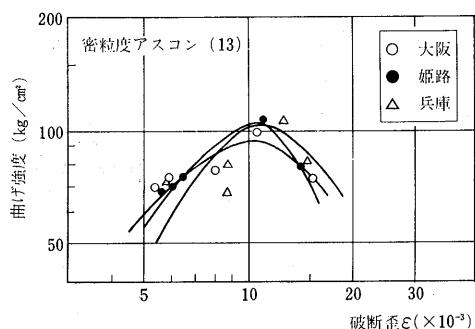


図-4・13 密粒度アスコン(13)の破断包絡線

なお、具体的データは示していないが、三重工区のデータ(-10, -5, 0, 5, 10°C)に対して、それぞれ65, 49, 55, 60, 64 kg/cm<sup>2</sup>)は、曲げ強度が他の工区より小さく、しかも変曲点が現われやすい特異な傾向を示した。

#### (2) 破断歪

破断歪 $\epsilon$ の温度による変化は、脆性領域で小さく粘性領域で大きくなるS字形の推移を示し(図-4・11参照)、その他は5000~15000 μの範囲にある。

この値を前述のストアス60~80のデータと比較すると、脆性領域では近似しているが、粘性領域のひずみはAC-100の方がストアスより大きい傾向が認められる。

#### (3) 破断時のスティフネス

破断時スティフネス(Sf)は低温側から高温側へ移るに従い、 $1.0 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^4$ から $0.3 \times 10^4 \sim 0.6 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>に変化している。とくに、+10°Cの値はストアスの1/2程度と小さい。

図-4・12、図-4・13に破断包絡線を示した。混合物の種類によって差はあるものの、曲げ強度が70~100 kg/cm<sup>2</sup>、破断歪が800~1300 μでピークをもっている。

## 5. 施工管理

三浦大介\*

今回のAC-100を使用した密粒アスコン、粗粒アスコンの施工管理として、混合物の骨材粒度とアスファルト量および混合物の温度管理の結果概要、さらに舗設時の施工機械の組合せ、施工性についてのアンケート調査

など、とりまとめると以下のとおりである。

### 5-1 混合物の骨材粒度とアスファルト量

密粒アスコン、粗粒アスコンの各々の混合物について

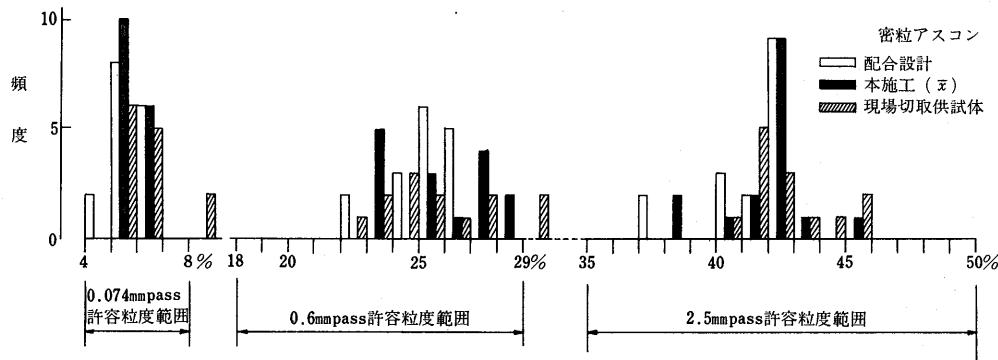


図-5・1 密粒度アスコン粒度分布

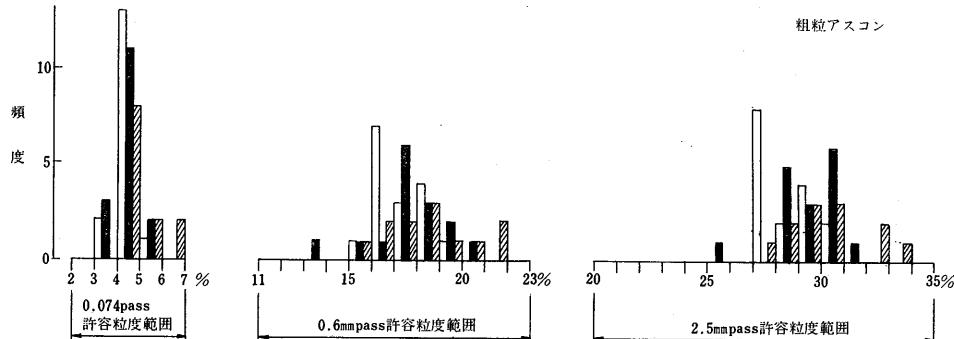


図-5・2 粗粒度アスコン粒度分布

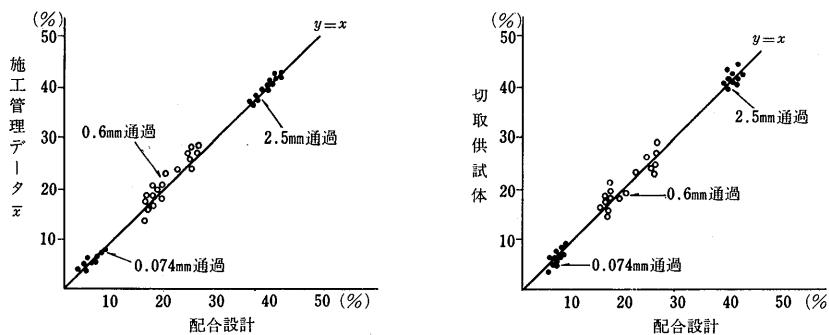


図-5・3 粒度分布相関図

施工管理データの粒度および現場切取供試体の粒度と配合設計時の粒度とをヒストグラム化し対比したのが図-5・1、図-5・2であり、その相関を示したのが図-5・3である。

これらの図から明らかなように配合設計は当然として施工管理データの粒度は全工事現場において密粒アスコン、

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会幹事

日本道路技術研究所

粗粒アスコンとも舗装要綱の許容範囲に入っており粒度面では全く問題のないことが分る。ただ密粒アスコンの現場切取供試体の 0.074 mm および 0.6 mm フルイ通過分については許容範囲外の粒度のものが各々 1 例見られるが、切取供試体サンプルにおけるバラツキを考慮すれば、全般的にはむしろ適性な粒度配合が行われたものと判断してよいようである。

また、図-5・4 は室内試験における最適アスファルト量に対する施工管理データのアスファルト量と現場切取供試体のアスファルト量の相関を示したものであるが、現場施工混合物のアスファルト量は配合設計時の設計アスファルト量と同じ量で施工されていたことが分る。

## 5-2 混合物の温度管理

加熱アスファルト混合物は転圧によって十分な締固め密度を与えることにより混合物を安定させる。この転圧は一般に初期転圧、2 次転圧、仕上げ転圧の 3 段階に分けて実施され、各段階とも施工条件に応じた最適転圧温度があり、転圧時の温度管理は非常に重要である。そこでここでは、使用アスファルトの性状から得られる混合温度、締固め温度および現場混合物の締固め度、現場での施工温度、交通開放温度、混合物のクーリングカーブ

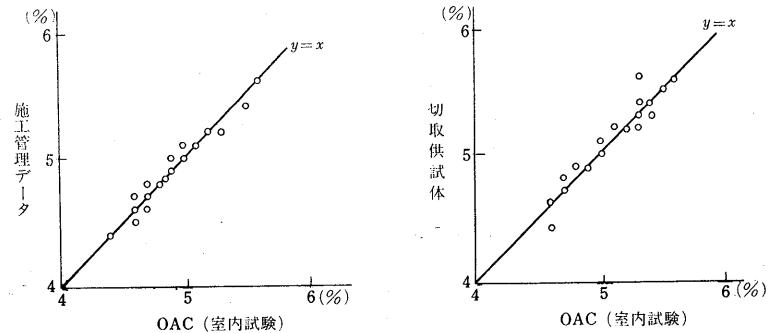


図-5・4 アスファルト量配合比相関図

などについて述べると以下のようである。

### (1) 混合物の混合温度とマーシャル締固め温度

アスファルトメーカーが提出したミルシートによれば配合設計時に使用した AC-100 の混合温度および締固め温度（セイボルトフロール秒 85, 140 に相当する量）は表-5・1 に示す通りで、それぞれ  $\bar{x}_{11} = 170^{\circ}\text{C}$ （最大値  $174^{\circ}\text{C}$ , 最小値  $163^{\circ}\text{C}$ ）および  $\bar{x}_{11} = 158^{\circ}\text{C}$ （最大値  $161^{\circ}\text{C}$ , 最小値  $152^{\circ}\text{C}$ ）であった。通常の針入度  $60/80$  のストレートアスファルトのそれらが  $156^{\circ}\text{C}$ ,  $144^{\circ}\text{C}$  であることからすれば、約  $15^{\circ}\text{C}$  高い温度でマーシャル供試体の混合、締固めが行われていたことになる。

一方、プラントでの混合温度は平均値で  $163 \sim 177^{\circ}\text{C}$  の範囲であり、52 および 53 年度の AC-140 の試験施工では  $165 \sim 186^{\circ}\text{C}$  であったことからすると、約  $5^{\circ}\text{C}$  程度低い温度で混合出荷されていることが分る。

表-5・1 配合設計時の混合温度、締固め温度と締固め度

| 工区<br>項目                           | A                | B                | C                  | D                | E                | F                | G                | H                | I                | J                | K                | n        | $\bar{x}$    | $\hat{\sigma}$ |
|------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|--------------|----------------|
| ① 混合温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ )   | 167~173<br>(170) | 170~176<br>(173) | 169~177<br>(173)   | 170~177<br>(174) | 170~177<br>(174) | 170~176<br>(173) | 169~175<br>(172) | 168~173<br>(171) | 165~170<br>(168) | 160~166<br>(163) | 165~170<br>(168) | 11       | 170.8        | 3.2            |
| ② 締固め温<br>度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 154~159<br>(157) | 158~162<br>(160) | 158~163<br>(161)   | 158~164<br>(161) | 158~163<br>(161) | 157~163<br>(160) | 158~163<br>(161) | 157~161<br>(159) | 154~159<br>(157) | 149~154<br>(152) | 154~159<br>(157) | 11       | 158.7        | 2.7            |
| ③ 締固め度<br>(%)                      | 97.6<br>97.6     | 98.7<br>97.4     | 99.1, 98.9<br>98.6 | 98.4<br>97.6     | 97.9, 98.9<br>—  | 98.3<br>97.9     | 98.8<br>99.6     | 98.7<br>98.6     | 99.8<br>99.0     | 98.0<br>98.5     | 99.2<br>99.8     | 13<br>10 | 98.6<br>98.5 | 0.6<br>0.8     |

①, ②は配合設計時のメーカーのミルシートによるアスファルト性状からの混合、締固め温度

③は上段が表層、下段は基層

表-5・2 転圧、開放温度

| 工区<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 初転圧     | 二次転圧    | 仕上げ<br>転圧 | 開放    |
|------------------------------------|---------|---------|-----------|-------|
| H                                  | 146~156 | 119~125 | 70~81     | 30~44 |
| I                                  | 152~153 | 118~123 | 70~86     | 32~40 |

### (2) 施工時の締固め温度と交通開放温度

表-5・2 は転圧、開放温度の例を示したものであるが、この例では、初期転圧温度は  $146 \sim 156^{\circ}\text{C}$  で行われており、舗装要綱に示されている一般的な初期転圧温度  $110 \sim 140^{\circ}\text{C}$  と比較すると約  $30^{\circ}\text{C}$  高い温度で締固めており、AC-140 の場合とほぼ同程度である。また二次転圧は

119～125°C、仕上げ転圧は70～86°Cの範囲で行われていた。交通開放時の路面温度は30～44°Cであり、“56年度セミブローンアスファルト舗装工事の手引”に規定している交通開放時の路面温度60°C以下で行われている。

#### (3) 混合物のクーリングカーブ

図-5・5はAC-100を使用した密粒アスコンのクーリングカーブの1例を示したものである。敷均し時から2次転圧終了時までの所要時間は約50分であり、この間の温度低下は約95°Cであった。これを温度低下率にすると平均外気温15°C時で、2°C/分である。セミブローンアスファルトのように高温で施工し、温度低下の割合が大きい混合物は、速やかに敷均し、転圧をする必要があることを示している。

#### (4) 締固め度

図-5・6はAC-100を使用した表層、基層の切取コアの密度から算出した締固め度の結果を示したものである。表層、基層の締固め度はそれぞれ97.6～99.8%，97.4～99.8%の範囲にあり、平均値はそれぞれ $\bar{x}_{14}=98.6\%$ 、 $\bar{x}_{10}=98.5\%$ である。したがってAC-140のときと同様に、舗装要綱の品質管理の合格判定値を十分満足している。

### 5-3 施工機械の編成と転圧回数

舗装現場での施工機械の組合せは、一般のアスファルト混合物の施工と同様で、マカダムローラ10t、タイヤローラ15tの組合せがほとんどであり、転圧回数もそれぞれ2～4回、6～8回で特に機械の組合せによる締固め不足等の支障はなかったようである。

### 5-4 施工性についてのアンケート調査

アンケート調査からは、ほとんどの現場において通常の一般混合物の施工と差異はなく、施工性にとくに大き

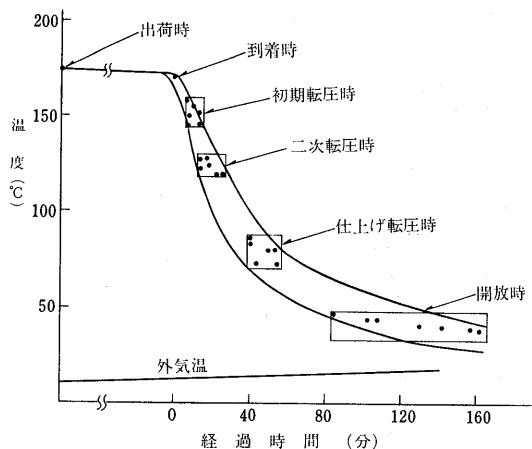


図-5・5 混合物のクーリングカーブの例

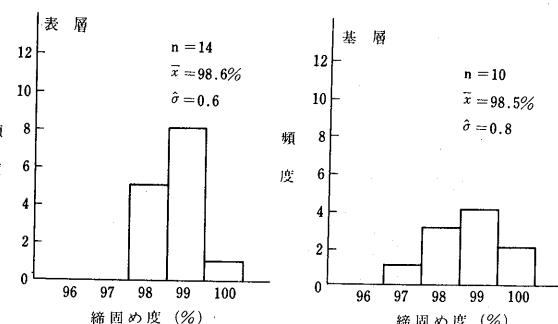


図-5・6 AC-100 使用の表・基層の締固め度

な問題はなかったようである。しかし高粘性による高温施工が前提となるので、各施工工程における温度管理が非常に重要であると報告している。

またセミブローンアスファルトそのものについては、AC-140の場合と同様に、通常のアスファルトと異なっている点として、混合物から白煙が出た例や刺激性の白煙が発生した例をあげているところもある。

## 6. 供用性状

阿部忠行\* 小島逸平\*\*

60°C粘度、粘度比、アスファルト量などのアスファルトの性状は、前述のようにすべて規格内に管理されているので、供用性状との相関性を検討する上では、ほぼ同一の品質のものと考えられる。そこで、本章では供用後のひびわれ、わだち掘れ、平坦性などの追跡調査結果について、累積大型車交通量との関係を中心に述べる。追跡調査は57年6月と9月に行った結果を解析の対象としているので、大部分が供用後一年以内という短期間の結果であり、最終的な結論とするのは時期早尚であろう。

累積大型車交通量は、最大で  $243 \times 10^4$  台であり大部分  $10^4 \sim 200 \times 10^4$  台の範囲であった。

累積大型車交通量（以下Nと記す）とひびわれ（CR）、わだち掘れ（RD）、平坦性（σ）および供用性（PSI）の関係はつぎのとおりである。

### 6-1 Nとひびわれ率

Nとひびわれ率の関係は図-6-1に示すとおりであった。図中の○印は単路部を△印は交差点部の結果である。また、図中の破線は52、53年度に実施したセミブローン

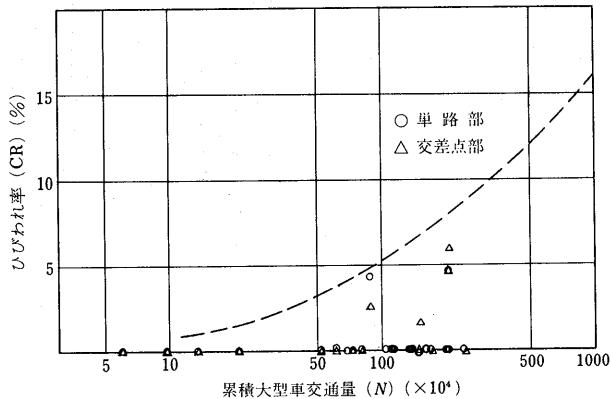


図-6-1 累積大型車交通量とひびわれ率

アスファルトの試験舗装における規格を外れたアスファルトを使用した個所を除いた80%包絡線である。図からも明らかなようにひびわれの発生は非常に少なく、60°C粘度や粘度比等のアスファルトの規格およびその管理を厳格に実行することによって、ひびわれに対する懸念も解消できることと思われる。また、交差点部と単路部の比較においても顕著な差異は認められないようである。

全体的にみればひびわれ発生は少ないが国道23号線（愛知・弥富地区）と246号線（静岡・御殿場駒門地区）では  $N = 250 \times 10^4$ ,  $N = 90 \times 10^4$  台付近でひびわれが発生している。

とくにひびわれ率が大きい弥富地区のひびわれ発生状



写真-6-1 網目状

クラック  
名古屋工事事務所  
昭和57年  
11月  
26日撮  
弥富現場

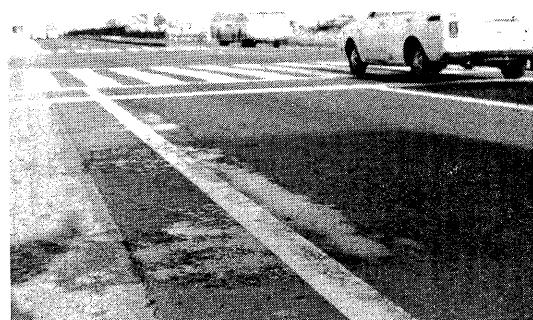


写真-6-2 網目状クラック 弥富現場 57.11.26 摄

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会幹事

\*\* 同 上

東京都第一街路整備事務所

建設省土木研究所舗装研究室

況を写真—6・1～6・4に示した。この地区でのひびわれは2つのタイプがあり、交差点停止線手前の走行車線外側の轍部に発生した網目状クラック（写真—6・1, 2）と車線中央部の施工継目の開き（写真—6・3, 4）である。ひびわれ発生の原因は舗装構造の支持力不足、材料の不適、想定を超える過酷な交通荷重など種々なことが考えられる。これらの原因の中で弥富地区は他の個所に比べ交通条件が過酷であることは広く知られているところである。同路線の愛知県海部郡飛島地区に設置されている車両重量計によると1日の全交通量



写真-6・3 (上)

写真-6・4 (右)

縦方向の施工継目の開き

弥富現場 57. 11. 26

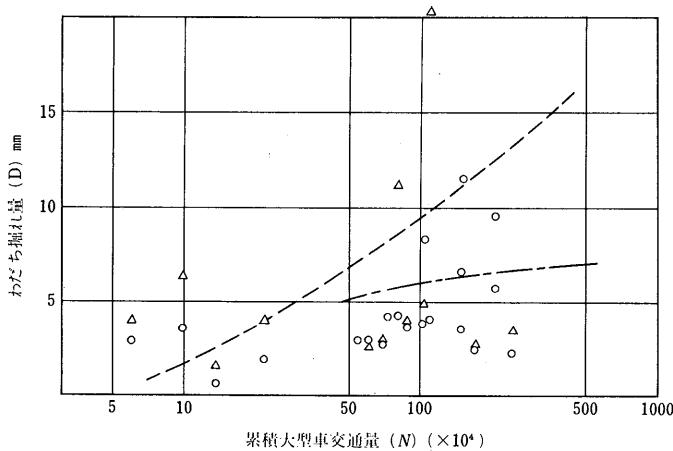


図-6・2 累積大型車交通量とわだち掘れ量・交差点部

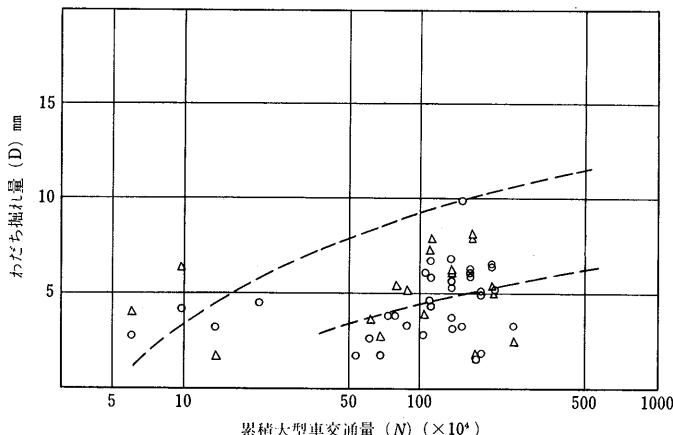


図-6・3 累積大型車交通量とわだち掘れ量・単路部

は  $2.2 \times 10^4$  台、大型車混入率は 54.4 %、全通過輪数は  $5.02 \times 10^4$  台となり、 $5\text{Ton}$  換算輪数は  $1.3 \times 10^4$  台となる。これらのデータをもとに供用後 9 カ月間の累積  $5\text{Ton}$  換算輪数を推定すると約  $N_{5\text{Ton}} = 360 \times 10^4$  台／方向となる。舗装厚の設計は  $5\text{Ton}$  輪荷重の累積載荷回数と路床土の支持力のバランスを計ることである。一般には  $5\text{Ton}$  輪荷重の累積回数と大型車の累積台数はほぼ同一と考えられており、弥富地区では約 2 倍のインパクトとなっている。すなわち実際には D 交通量区分以上の過酷な交通条件にさらされていることになる。

一方、縦継目の開きは打継目部の接続性が小さなところへ温度応力が作用したことによって生じたものと思われる。このようなジョイント部の開きは、過去の試験舗装でもみられ、「舗装工事の手引」では、「施工継目はホットジョイントを原則とし、コールドジョイントの場合はタックコートをほどこし、さらに加熱しながら十分締固め密着させるよう…」と規定したところである。セミブローンアスファルトは舗装用ストレートアスファルトに比べて硬い（厳密には正確な表現ではないが）ので、それだけ硬化後の付着性を発揮させるためには注意深い施工を行う必要性を示唆するものであろう。

## 6-2 N とわだち掘れ量

交差点部と単路部における N とわだち掘れ量

の関係は図一 6・2, 6・3に示したとおりである。図中には、ストレートアスファルトとの比較のために、建設省技術研究会（以下建技と記す）第29回の調査結果を点線で記入した。また、52, 53年度の試験舗装の結果を一点鎖線で示した。各試験舗装区間で比較のために実施したストレートアスファルトを使用した区間（10路線中6路線に設置）の結果は△印で示してある。

これらの結果から次のようなことがわかった。

単路部、交差点部とも建技に比べて同一Nに対するわだち掘れ量は小さい。すなわちセミブローンアスファルトの耐流动性が確認された。

しかし、60°C粘度の平均値（規格値）を14,000ボアズと定めた52, 53年度の結果に比較するとわずかではあるが、同一のNに対してわだち掘れ量が大きいようである。

このことは、それだけ60°C粘度が耐流动効果をはかる指標としての鋭敏性を語るものであろう。

### 6-3 Nと平坦性

Nと平坦性の関係は図一 6・4に示すとおりである。平坦性はNの増加とともにゆるやかに変化するようであるが、 $\sigma$ の値は施工直後の値に依存する傾向が強いようである。すなわち入念な施工で良好な平坦性を確保することによって、長期にわたる平坦性が保証されるわけである。なお本調査結果で施工直後の $\sigma$ は0.6 mm～1.8 mmであり、 $N = 200 \times 10^4$ 台経過時点においても、 $\sigma$ は2.0 mmを越えている個所はなかった。また、平坦性についてはストレートアスファルトとセミブローンアスファルトの比較でも顕著な差異はないようである。

### 6-4 NとPSI

Nと舗装のサービス指数(PSI)との関係は図一 6・5,

6・6に示すとおりである。ここで用いたPSIは道路維持修繕要綱に採用されている次式から計算した値である。

$$PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371 \sqrt{C} - 0.174 D^2$$

ここで、PSI：供用性指数

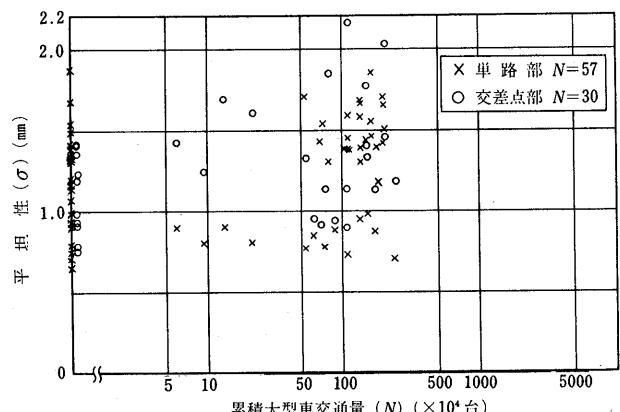
$\sigma$ ：縦断方向の凹凸の標準偏差(mm)

C：ひびわれ率(%)

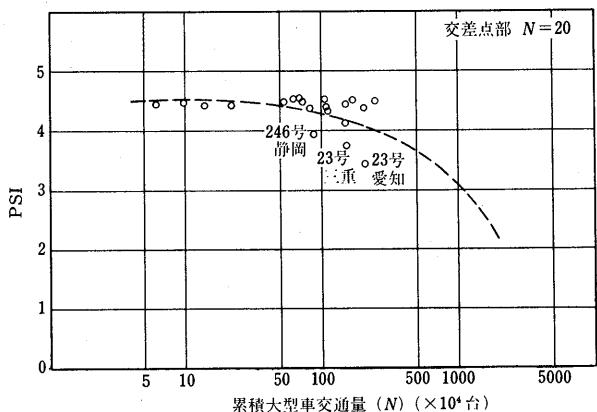
D：わだち掘れ深さの平均(cm)

両図中にはひびわれ率の時と同様に52, 53年度の試験舗装における回帰曲線を点線で示している。

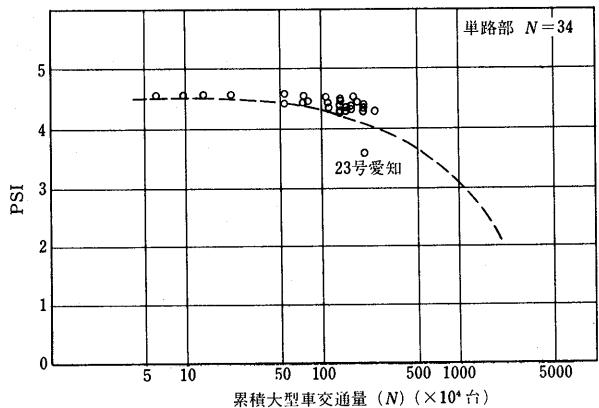
交差点部における比較では、点線を下回る箇所が見られるが、それぞれは図中に箇所名を記入してあるとおりである。このうち、国道23号線（愛知・弥富地区および三重四日市地区）は前述のように超重交通道路といえる交



図一 6・4 大型車交通量と平坦性



図一 6・5 大型車交通量と PSI・交差点部



図一 6・6 大型車交通量と PSI・単路部

普通条件の箇所である。このうち四日市地区は  $N = 150 \times 10^4$  でわだち掘れ量が 11.5 mm と大きな流動が見られる。

単路部において点線を明らかに下回るのは国道23号線（愛知・弥富地区）と国道246号線（静岡・御殿場駒門地区）である。両者とも早期にひびわれが発生している箇所で、とくに後者のひびわれは縦縫目の開きが主なものである。

### 特集・重交通道路用セミプローンアスファルトAC-100の試験施工結果

## 7. 考察と結論

わが国の舗装が置かれている環境の特殊性は、夏季における高温日の連続、車線幅員の狭隘、大型車類の比率の大きさなど、いずれもがわだち掘れを促進する要因となるものである。一方、アスファルト舗装要綱の変遷は社会情勢の変化とあいまってアスファルト層厚の増加をうながした。C、D交通量区分のいわゆる重交通道路においては、その傾向は一層強くアスファルト層厚が20～30 cm、あるいはそれを超えるものが一般的な舗装構造となっている。

そして、先に述べたわが国の環境条件とアスファルトが有している“高温では軟かく、静荷重に対しての変形は大きい”という粘性的な特性とによって、表層・基層部が塑性流動変形を生じ、わだち掘れが増加するという問題が顕在化した。これに対して、舗装構造の強化、アスファルトに添加材を混入して改質をはかるなどの対策がとられてきた。

そして、さらに本研究の主題である“アスファルト自体を改質し耐流動性を高める方法”が検討された。そして、既存のストレートアスファルトを適度にプローンする方法が採用され、アスファルト舗装要綱（昭和53年度版）に AC-140 として採り入れられた。AC-140 に対して多くの試験舗装を通して図-7・1、図-7・2のような結果が得られている。図-7・1 はアスファルトの60°C 粘度と供用性の関係であり、図-7・2 はコア回収アスファルトの60°C 粘度と供用性の関係を示したものである。これらからも二律背反の性質をもつひびわれとわだち掘れに対処するために粘度を AC-140 の下限とし、かつひびわれ発生を防ぐために粘度比を 5.0 以下にする方が有利なことがうかがえる。このようなことから AC-140 の規格を部分的に修正した AC-100 を検討したわけである。

AC-100 について試験舗装の結果から現時点で判断

以上のように、交差点部、単路部とも 52、53 年度の PSI を下回る箇所があるものの絶対的には  $N = 100 \times 10^4$  台以下では ほぼ同程度の成績と考えられる。しかし、 $N = 100 \times 10^4$  台を超えた場合には今回の成績が上回っている。これは、ひびわれ発生が少ないことが主な原因となっている。

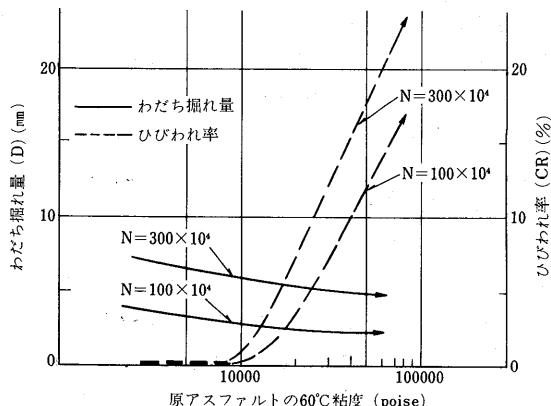


図-7・1 原アスファルトの60°C粘度と供用性の関係

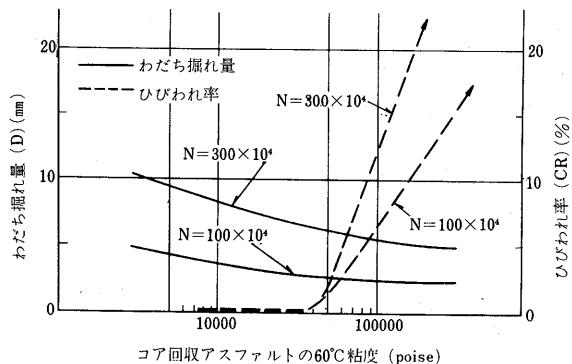


図-7・2 コア回収アスファルトの60°C粘度と供用性の関係

すれば耐流動性があり、同時にひびわれに対しても有利であることが認められる。したがって供用性の評価が  $N = 250 \times 10^4$  台以下と比較的初期の段階ではあるもののセミプローンアスファルトの品質規格および試験施工の手引で示した諸事項も大略適切であったものと判断される。以下に今後 AC-100 に対する取扱い等について特

記すべき事柄を述べると次のようなことが指適できる。

① セミブローンアスファルトの品質のうち最重要点である60°C粘度は $10,000 \pm 2,000$  ポアズ (AC-100) の品質のものが良好である。目標とする60°C粘度 10,000 ポアズに対する許容範囲として $\pm 2,000$  ポアズは、製油所における製造管理用としては、非常に厳しい規定であるが、舗装の供用性を確保するためには当面必要な規定といえる。

粘度比 5 以下の規定も初期の試験舗装の結果から、TFOT 後の粘度が 50,000 ポアズ以上のアスファルトを使用した地区でひびわれが発生し易い傾向にあったことを考慮すれば必要な規定といえる。

その他の規格項目である、動粘度 (180°C), 薄膜加熱質量変化率、三塩化エタン可溶分、および引火点に対する規定は十分満足できているので、適切な規定であるといえる。

② アスファルトの貯蔵は 1 週間以内と示しているが、このように製造管理が実施された結果、製油所出荷性状と混合物製造時タンク内性状が近似した値であったことから、今後も留意すべき条件といえる。

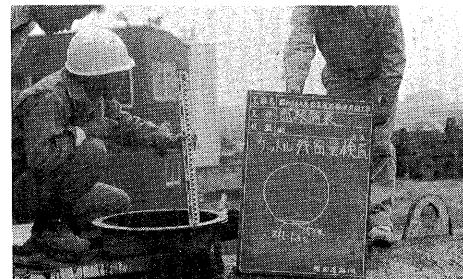
③ 製品を受け入れる場合に実施した60°C粘度の確認試験結果によれば、出荷性状とローリー受入れ時の品質の変化は、極めて小さいことが明らかとなった。このことは「手引」を厳格に守った結果である。すなわち、アスファルトタンクを清浄にして他の材料との混入をなくすことによって、受入れられた材料・性状が安定したわけである。したがってセミブローンアスファルト以外のアスファルトがコンタミする事がないような措置は、今後も必要な措置といえよう。(右欄写真参照)

④ 配合設計で検討されるDSの目標値1,500~4,000回/mmに対して、今回のデータはかなり大きな値のものも実施された。DSが極端に大きい混合物による舗装は、ひびわれに対する危惧があることから、今後の舗装の供用性の評価からセミブローンアスファルトに応じたDSの値の修正が必要となろう。

⑤ 継目にはホットジョイントとすることを原則としたが、現実にはコールドジョイントであった場合が多く、弥富の例でも示したように縦方向のジョイントの開きが顕著である。この理由として、アスファルトの付着性、アスコンの緩和性状、影響が多いと思われる。今後の施工では、ジョイントヒータを併用した措置は特記すべきことといえる。

#### 「手引」第4条 アスファルトの貯蔵

セミブローンアスファルトをアスファルトタンク内に貯蔵する場合、他のアスファルトが残存しないようにしなければならない。



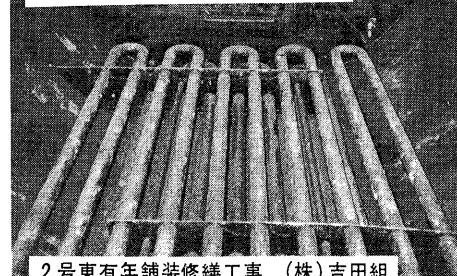
23号弥富道路舗装修繕工事 福田道路(株)

#### ドレンからの抜取り状況



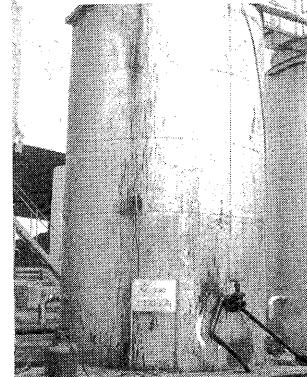
175号社試験舗装 世紀建設(株)

#### 貯蔵タンク内を完全に清浄にした



2号東有年舗装修繕工事 (株)吉田組

#### セミブローン専用タンク



125号舗装修繕工事 (株)星野組

# セミブローンアスファルトの 研究の成果と今後の方向

阿 部 順 政\*

## 1. はじめに

セミブローンアスファルトに関する研究は、着手以来8年を経過した。試験舗装の追跡調査は今後も継続されるが、当初の研究目的はこれまでにほぼ達成したと思われる所以、ここにあらためて研究の意義を簡単にまとめてみたい。

## 2. 研究の背景

わが国では、昭和40年代の後半から、重交通道路におけるわだち掘れが顕著になってきた。わだち掘れは、一般に、舗装を構成する各層と路床の圧密沈下に起因するものと、アスファルト混合物の流動に起因するものとに大別されるが、海外では前者のタイプ、わが国では後者のタイプが中心になっている。このように、流動によるわだち掘れが、わが国で特に著しい理由は、わが国の舗装が次のような環境に置かれているためと考えられる。

- (1) 夏季に高温が連続する
- (2) 道路幅員が狭く、車線規制が厳しい
- (3) 重量車が多い

流動対策としては、従来、アスファルト混合物の配合設計を中心に主に検討が加えられてきた。すなわち、骨材粒度を調整する、アスファルト量を少なくするなどの方法である。しかし、流動防止に効果のある配合は、他の破損、特にひびわれを助長する傾向となるため、必ずしも十分な対策をなし得なかつたきらいがある。

以上のような背景のもとに、本研究はアスファルトの質の改良に着目し、粘度を高めたセミブローンアスファルトを開発して、その重交通道路舗装への

適用性を検討したものである。

## 3. 60°C粘度の導入

本研究は、アスファルトの60°C粘度という新しい尺度を導入し、これを軸として研究を推進した点がまず大きな特徴としてあげられよう。従来、アスファルトのコンシスティンシーは、針入度、軟化点などによって示されてきたが、耐流動混合物を考える場合、60°C粘度には次のような利点がある。

- (1) わが国の路面最高温度が60°Cと言われていることから、この温度におけるアスファルトの硬さが重要であり、60°C粘度はこれを直接表示できる。
- (2) マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験は、いずれも60°Cで行なわれるため、60°C粘度はこれらの試験値と直接的な比較ができる。

さらに、粘度という単位は、針入度、軟化点などと異なり、工学全般に通ずる基本単位であるため、他の材料との比較が容易であることも何かと便利である。

アスファルトの硬さを調整して耐流動効果を期待しようとする本研究において、この60°C粘度を主たる指標に採用したことはきわめて合理的であり、かつ研究を成功に導く端緒になったと言えよう。

## 4. セミブローンアスファルトの開発

アスファルトを改質するには、ゴムや樹脂などを添加する方法が一般に用いられているが、本研究では、ブローイング法を採用している。この方法は、

\* 日本アスファルト協会試験舗装調査分科会委員 日本大学理工学部土木学科助教授

今から約20年ほど前、品質の劣ったストレートアスファルトの改質に使用されたことがある。しかし、目的から見ても、また成果品から言っても、本研究の手法は過去にあったものに比べて画期的であり、そのため、メーカーも最初は所定の60°C粘度を得るのにかなり苦労したようである。ちなみに、第1次試験舗装に使用したアスファルトで、60°C粘度規格 $14,000 \pm 4,000$  poise に合格したものは半数に満たなかった。

その後、第2次試験舗装では、粘度比6以下という条件を追加したにもかかわらず全試料が合格し、さらに第3次試験舗装では $10,000 \pm 2,000$  poise、粘度比5以下という厳しい条件でも全試料が規格内におさまった。メーカーの技術が著しく向上したと言えよう。

ブローイング法の利点としては、粘度調整が比較的容易なこと、一般性があり多くのメーカーが製造可能なことがあげられる。前者によって、研究がすすめ易くなり、後者は、広く実用化する場合に供給を容易にする。60°C粘度の導入に続いて、セミブローンアスファルトを開発したことが本研究の大きな基盤となっている。

## 5. 試験舗装による検討

第1次から第3次にわたる試験舗装の総面積は約10万m<sup>2</sup>にのぼる。わが国の舗装に関する研究で、これほど大規模の試験が行われたのは今回が初めてである。日本アスファルト協会アスファルト舗装技術委員長多田宏行氏を中心とする委員、幹事の熱意、さらには建設省をはじめ関係官公庁の協力の賜であろう。

試験舗装によって得られた重要な結果は次のよう  
に要約できる。

- (1) セミブローンアスファルトを使用した混合物は、通常のアスファルト混合物に比べ、わだち掘れを2分の1程度におさえることができる。
- (2) ひびわれを防ぎ、なおかつ耐流動効果を得るには、アスファルトの60°C粘度が $10,000 \pm 2,000$  poise、粘度比5.0以下が望ましい。
- (3) セミブローンアスファルトを使用した混合物

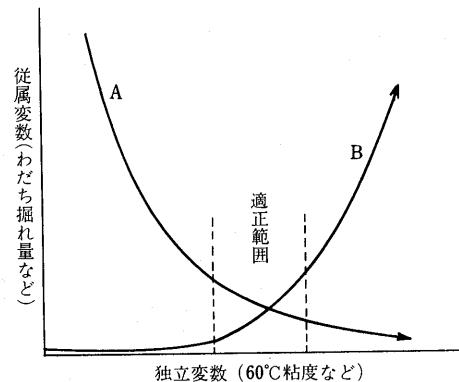


図-1 模式図

は、通常の場合とほとんど同様に施工できる。試験舗装の成果をもとに、セミブローンアスファルトの規格と施工基準がほぼ定められた。実用化の準備は整ったと言えよう。

## 6. 今後の方向

耐流動効果のある材料は一応開発されたが、わだち掘れがこれで解決されたわけではない。本研究の着手から8年経過したが、その間にも交通量は増加の一途をたどり、今後もますます激しくなるものと思われる。研究と現実の競争である。

わだち掘れの対策としては、舗装構造、骨材の質と粒度、アスファルトの質と量などの面から種々の研究がなされてきている。一般に、わだち掘れを防ごうとすると他の破損、特にひびわれを助長することになる場合が多いことは周知のとおりである。

図-1は、横軸に独立変数（アスファルトの硬さ、量など）、縦軸に従属変数（わだち掘れ量、ひびわれ率など）をとって、これを模式的に示したものである。本研究では独立変数を60°C粘度として、これを高くするわだち掘れが減少し（A曲線）、ひびわれ率が増加する（B曲線）という関係から両者のバランスをとて粘度の適正値が定められた。このような独立変数、すなわちわだち掘れに影響する因子は、60°C粘度の他にも数多くある。セミブローンアスファルトの研究もまだ完全とは言えないが、ほぼ一段落したので、今後は他の因子を整理し、セミブローンアスファルトとの併用を考慮しつつ、新たな研究を開始すべき時期にきていくと思われる。

## 耐摩耗性舗装

舗装は車両の走行によって路面の粗骨材が研磨されたり、舗装そのものがすりへりを生じる。特に積雪寒冷地域では冬期タイヤチェーンやスパイクタイヤを装着した車両の交通作用によって舗装がけずりとられることが著しい。このようなことから、舗装の耐摩耗性能を向上させることを目的として行う舗装のことを耐摩耗性舗装という。

土木研究所で実施した摩耗実態調査によれば次の傾向がある。

- (1) 冬期間（平均約120日間）に舗装が摩耗する量は平均2.5mm、最大20.0mmの範囲にある。
  - (2) 摩耗に関する要因のうち影響が大きいものは、冬期間の累積全交通、スパイク装着交通量等である。
  - (3) 積雪降雪日および路面露出日におけるスパイクタイヤ累積交通量を用いれば摩耗量の予測が可能である。
- 耐摩耗対策には、舗装がそうぐうする気象条件、交通条件等によって差はあるが、代表的な地域の耐摩耗性舗装としては次のものがある。

## (1) 北海道開発局

## 1) 細粒度アスファルト混合物(13F)

アスファルト混合物（以下アスコン）中のフィラーモード(F)とアスファルト量(A)の比であるF/Aを大きくとり、安定度が最大となる配合とする。实用上F/A = 1.7、アスファルト量(%) = 8.0~9.5  
骨材量(%) = 100 - アスファルト量 - 石粉量

## 2) 細粒度ギャップアスコン(13F)

F/A = 1.7、アスファルト量(%) = 6.5~7.5

骨材量(%) = 100 - アスファルト量 - 石粉量

## (2) 東北地方建設局

## 1) 細粒度ギャップアスコン(13F)

## 2) " (20F)

## (3) 北陸地方建設局

## 1) 細粒度ギャップアスコン(13F)

## 2) " (20F)

いずれもギャップ性を重視して2.5mmと0.6mm通過量の差が5%以内になるように配合している。

アスファルト舗装要綱では、アスコンの配合、改質アスファルト等の検討を行うことと、ラベリング試験によってすりへり減量が1.3cm以下の混合物を用いる方法を示している。

## 透水性舗装

雨水を舗装を通して路床に浸透できるようにした舗装のことである。路面の帶水を無くすることができます、同時に雨水を土中に還元あるいは一時貯留することができる。このため、水害の被害、植生の保全、地下水の涵養等の改善を計ることができる。

アスファルト舗装要綱（日本道路協会）では、歩道を対象とした透水性舗装の舗装構造として図-1の断面を示している。

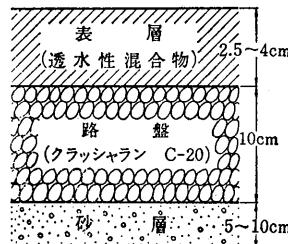


図-1

透水性歩道舗装の  
断面構造の1例

- (1) 透水性混合物とは開粒度アスファルト混合物の粒度をさらに開粒化（モルタル分を少くする）した混合物であり、一般には加熱アスファルト混合物を用いるが、カラー化と合わせて樹脂混合物を用いることもある。
- (2) 透水性路盤材には、クラッシャーランを用いる。
- (3) 砂層とはフィルター層のことであり、浸透水のフィルター、路床の噴泥防止等の機能をもたせるために施工する層であり、透水係数が $10^{-4}$ cm/sec以上以上の砂を用いる。

表層混合物の配合設計には、2.5mm通過量(12~15%)、マーシャル基準値(安定度400kg以上、空げき率12%以上等)を満足するものであって、さらに混合物の透水係数が $1 \times 10^{-3}$ cm/sec以上であるものを使用することにしている。

東京都建設局における透水性舗装の追跡調査では、透水性舗装の弱点である、アスコンの老化および目詰り現象の改善策として、改質アスファルトの使用、はく離対策の採用、ならびにジェット水を利用した清掃機によるクリーニング等が良いようである。車道を対象とした透水性舗装の設計に対しては「透水性舗装ハンドブック」（日本道路建設業協会）が参考になろう。

〔小島 逸平 建設省土木研究所舗装研究室〕

## ブローンアスファルト (blown Asphalt)

軟質のストレートアスファルト（例えば針入度200～500）を200～300℃に加熱して空気を吹込み、空気中の酸素により、アスファルト成分に酸化、脱水素、重縮合などの反応をおこして得られる硬質アスファルトをブローンアスファルトと呼ぶ。酸素は主に、アスファルト中の水素と結合する脱水素反応により水となり炭酸ガスとともに反応系外に取り出されるほか、一部は水酸基、カルボニル基、酸などの含酸素官能基を生成する。また重合反応により高分子化し、アスファルテン量が増加し、アスファルトのコロイド構造や粘弾性特性に変化を生じる。物理性状はストレートアスファルトと比較して、針入度および伸度が小さく、軟化点が高く感温性が小さい（一般に針入度指数1.0以上）。従って高温下での流動やべたつきが少ない反面、低温可とう性に優れているためコンクリート舗装の目地材、クラックの注入材、防水シートなどの建材、塗料、鋼管塗覆装、ターポリン紙、電気絶縁用など種々の用途に用いられている。

またブローイングの際、触媒を用いることもあるが、この方法で製造したアスファルトを特に触媒ブローンアスファルト (Catalytic blown Asphalt) と呼ぶこともある。触媒には一般に、塩化第二鉄 ( $FeCl_3$ )、五酸化リン ( $P_2O_5$ )、ポリリン酸などが用いられる。金属塩化物は軟化点の上昇を速め、ブローイング時間を短縮する効果があるが、製品の熱安定性に劣り、高温貯蔵中にも硬化が促進される傾向がある。リン化合物を用いたものは熱安定性も良く、耐久性や低温伸度に優れているため高品質の防水材料などに用いられる。

ブローンアスファルトの品種は、JIS K 2207（石油アスファルト）でブローンアスファルト（5種類）と防水工事用アスファルト（4種類）に区分されている。ブローン製品全体の需要量は、昭和56年度で約275,000トンである。品種別の比率はブローンアスファルト10～20、20～30の合計で約60%，防水工事用アスファルト約37%，その他の特殊品約3%（昭和54年度）となっているが、防水工事用材料の高品質化を反映して、防水工事用アスファルト（特に3種）の比率が年々増加している。

## セミブローンアスファルト (Semi-blown asphalt)

セミブローンアスファルトの製造方法および反応機構は、基本的にはブローンアスファルトと同様であるが、ブローンアスファルトの場合、ストレートアスファルトとは全く異なる用途に適用できる品質・性能を目的としているのに対して、セミブローンアスファルトは主としてストレートアスファルトの品質改良を目的としている。従ってセミブローイングの場合、反応の度合は比較的低く酸化生成物やアスファルテン量もブローンアスファルトより少い。アスファルトの製造工程にセミブローイング法を用いる場合、二通りのケースがある。一つは、比較的パラフィン分の多い原油からストレートアスファルトを製造する場合で、減圧蒸留により得られる軟質アスファルトを軽度のブローイング処理し軟化点を高め、かつ原油からのアスファルトの生産率を高める。このようストレートアスファルトを製造するためにセミブローイング方法を用いた場合には、一般にセミブローンアスファルトとは呼ばない。

もう一つは、ストレートアスファルトとブローンアスファルトの両者の利点（例えば、ストレートアスファルトの粘着性、混合性、ブローンアスファルトの耐流動性、耐候性など）を生かした品質・性能を得るためにセミブローイング法を用いるもので、これが一般にセミブローンアスファルトと呼ばれるものである。このセミブローンアスファルトの代表的なものとして、アスファルト舗装要綱に記載されているセミブローンアスファルトAC-140（日本道路協会規格）がある。

これは重交通道路の流動わだち掘れ対策用に当協会アスファルト舗装技術委員会が中心となり昭和50年より室内試験および主要幹線道路で試験施工を実施し開発したものである。舗装のわだち掘れを軽減するため、従来のストレートアスファルトと比較して60℃粘度を大幅に高め $14,000 \pm 4,000$ ポアズとしたものである。参考までに、ストレートアスファルト40～60の60℃粘度は約3,000～4,000ポアズ、60～80で約1,500～3,000ポアズ、80～100で約1,000～2,000ポアズである。このAC-140の施工性はストレートアスファルトと大差なく、わだち掘れに対しては大きな改善効果が認められている。（56年度以降のAC-100の研究は本号の特集を参照されたい）

〔井町 弘光 シエル興産（株）中央研究所〕

# 舗装の支持力に関する海外の研究の動向

阿 部 賴 政

今回の研究報告は、去る6月にノルウェーで開催された国際シンポジウム『The Bearing Capacity of Roads and Airfields』の発表論文115編の総括である。シンポジウムの目的、概要などについては、筆者が出席した感想も含めて「道路」11月号に紹介してあるので、同誌を参考されたい。

研究グループでは、当初、全論文の内容要約も掲載するつもりで、各論文1,000字程度のまとめを作成したが、紙面の都合でセッションごとの総括のみとなった。執筆は、竹田を中心とする柄木、野村、大坪、姫野の5人による。論文の内容そのものがピンからキリまであってまとめてくく、グループを組んでの執筆ということで日程の調整、書き方の統一などにかなり苦労したあげくの成果品である。読者の方々から見れば不備な点も多いと思うが、参考にしていただければ幸いである。

当研究グループは、この11月で発足以来6年目を迎えた。

現役のメンバーは30名を超え、勇退者、地方転勤者を含めると60名近くになる。何の報酬も未来も約束されていないのに、課題を分担しながら黙々と勉強する研究者の集団がここにある。メンバー各自の努力に敬意を表すると共に、このような勉強会を温かく支援して下さっている各界の先輩にあらためて感謝したい。

この原稿を書いている今日、12月14日、筆者の傍らに300頁を超えるレポートが置いてある。これは、「第5回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議」の論文61編を要約したものである。1カ月程度の短期間にこれだけの成果が得られることは、グループ活動の大きな利点であろう。今後、このレポートを中心に勉強していく、次号からアスファルト誌に紹介する予定である。今日は、勉強会の終了後、忘年会がある。酒もまた楽しからずやというところである。

(57年12月14日記)

## アスファルト舗装技術研究グループ（58年1月1日現在）

|           |                   |         |                     |
|-----------|-------------------|---------|---------------------|
| 阿 部 賴 政   | 日本大学理工学部土木工学科     | 田 井 文 夫 | 日本道路舗装技術研究所         |
| 秋 本 隆     | 日満化学工業㈱           | 竹 田 敏 憲 | 東京都第一建設事務所          |
| 阿 部 栄 三   | シェル石油㈱アスファルト部     | 田 中 輝 栄 | 東京都土木技術研究所          |
| 阿 部 忠 行   | 東京都第一街路整備事務所      | 谷 口 豊 明 | 大林道路舗装技術研究所         |
| 荒 井 孝 雄   | 日本舗道舗装技術研究所       | 丹 治 和 裕 | パシフィック航業㈱道路調査部      |
| 安 崎 裕     | 日本道路交通情報センター調査部   | 寺 本 哲   | 東京工業大学工学部土木教室       |
| 飯 田 章 夫   | 日本道路公団名古屋建設局企画調査課 | 柄 木 博   | 日本道路公団試験所土工試験室      |
| 池 田 拓 哉   | 建設省土木研究所舗装研究室     | 中 村 州 章 | 日本道路公団試験所舗装試験室      |
| 井 上 武 美   | 日本舗道舗装技術研究所       | 西 沢 典 夫 | 大成道路舗装技術研究所         |
| 大久保 高 秀   | 首都高速道路公団工務部設計技術課  | 野 村 健一郎 | 大成道路舗装技術研究所         |
| 太 田 健 二   | 日満化学工業㈱技術課        | 野 村 敏 明 | 日満化学工業㈱技術研究所        |
| 大 坪 義 治   | 日満化学工業㈱関東営業所      | 林 誠 之   | 日本石油㈱中央技術研究所        |
| 亀 田 昭 一   | 日本大学理工学部土木教室      | 八 谷 好 高 | 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室    |
| 古 財 武 久   | 大成道路舗装技術研究所       | 羽 山 高 義 | 日本舗道舗装工事開発部         |
| 佐 藤 喜 久   | 鹿島道路舗装東京支店技術部     | 姫 野 賢 治 | 東京工業大学工学部土木工学科      |
| 塙 尻 謙太郎   | 東亜道路工業㈱総合技術研究所    | 福 手 勤   | 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 |
| 東 海 林 更二郎 | 日本舗道舗装工事開発部       | 松 本 俊 雄 | 日本大学理工学部土木教室        |
| 鈴 木 秀 敏   | 日満化学工業㈱技術研究所      | 山 梨 安 弘 | 日満化学工業㈱             |

# セッション I Bearing Capacity の概念

## セッション II Bearing Capacity の主な指標

橋木 博  
日本道路公団試験所

### セッション I BEARING CAPACITY CONCEPTS (BEARING CAPACITY の概念)

| 論文番号 | 論文の名  | 著者名                         | 概要  |
|------|---|-----------------------------|---|
| ①    | THE USE OF THE CONCEPT OF PAVEMENT BEARING CAPACITY IN AUSTRALIA - A REVIEW OF RESEARCH AND PRACTICE. | Metcalf, J. B.<br>(オーストラリア) | オーストラリアにおける舗装のBEARING CAPACITYの概念(調査及び実施結果より) |
| ②    | THE BEARING CAPACITY. A CHRONIC PROBLEM IN PAVEMENT ENGINEERING?                                      | Nordal, R. S.<br>(ノルウェー)    | 長年問題となっているBEARING CAPACITYとは?                 |

### セッション II PRINCIPAL INDICATORS OF BEARING CAPACITY (BEARING CAPACITY の主な指標)

|   |  |                   |                          |   |
|---|--|-------------------|--------------------------|---|
| ③ | AN OVERVIEW OF DEFLECTION PARAMETERS FOR PERFORMANCE ANALYSIS. | 供用性解析のためのたわみ因子の研究 | Majidzadeh, K.<br>(アメリカ) | 供用性解析の方法として、ダイナフレクトによるたわみ量・曲率を用いる方法とその問題点について述べている。 |
|---|--|-------------------|--------------------------|---|

#### 1. DEFLECTION AND CURVATURE (たわみと曲率)

|   |  |                                      |  |   |
|---|--|--------------------------------------|--|---|
| ④ | THE USE OF NON-DESTRUCTIVE TESTING IN FLEXIBLE PAVEMENT REHABILITATION DESIGN.                                 | たわみ性舗装の修繕設計における非破壊試験法の利用             | Ertman Larsen, H.<br>J. Stubstad, R. N.<br>(デンマーク) | Falling Weight Deflectometer (F. W. D.) の測定値に基いて、多層弾性理論から修繕の設計を行う手法について述べている。   |
| ⑤ | ESTIMATION OF THE BEARING CAPACITY AND OF THE SERVICE LIFE OF PAVEMENTS - INVESTIGATION AT EXPERIMENTAL SITES. | 舗装のBEARING CAPACITYと供用寿命の評価に関する実験的研究 | Grancic, A.<br>Rikovsky, V.<br>(チェコスロバキア)          | 舗装を新設したり維持修繕する場合に必要な寿命の指標となる“BEARING CAPACITY”的概念を明確にすることを目的とした研究である。BEARING CAPACITY Uは $U = f(P, t, T, w)$ として表現されるとしている。 |
| ⑥ | THE RADIUS OF CURVATURE AND THE FATIGUE DESIGN OF BITUMINOUS PAVEMENT.   | 曲率半径とアスファルト舗装の疲労設計                   | Guozhong, Y.<br>(中国)                               | アスファルト舗装の疲労寿命を定量化することを目的として、舗装表面の曲率半径、アスファルト層下面の引張歪、疲労寿命の関係を明らかにした。   |
| ⑦ | FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) MEASUREMENTS ON GRAVEL ROADS.   | 砂利道におけるF. W. D.の適用                   | Jansson, H.<br>(スウェーデン)                            | 砂利道及び簡易舗装のオーバーレイ設計を行うためにF. W. D.によるたわみ量を検討することを目的にしたもので、いくつかの測定例を述べている。   |
| ⑧ | MEASURED PAVEMENT RESPONSE TO TRANSIENT AIRCRAFT LOADINGS.   | 空港における載荷応答の計測                        | White, T. D.<br>Harr, M. E.<br>(アメリカ)              | 空港舗装の載荷重に対する挙動を明らかにすることを目的として、航空機が通過するときのたわみ量を測定するとともにBISARから計算したたわみ量との比較を行ったものである。   |
| ⑨ | MEASUREMENTS OF THE BEARING CAPACITY OF TWO-LAYER SYSTEMS.   | 二層体におけるBEARING CAPACITYの測定           | Gschwendt, I.<br>Nebesky, J.<br>(チェコスロバキア)         | 軟弱路床のBEARING CAPACITYを上げるための新たな材料層による路床の改良効果について述べたもので、改良効果を弾性係数で比較している。  |
| ⑩ | BEARING CAPACITY AS A FUNCTION OF PAVEMENT DEFLECTION AND CURVATURE.   | 舗装のたわみや曲率の関数としてのBEARING CAPACITY     | Reinslett, E.<br>(ノルウェー)                           | ノルウェーの道路を現在の交通量に対応させるために舗装の強化が必要なことからN. R. R. L.の開発したたわみに基づいたBEARING CAPACITYの決定手法、オーバーレイ設計法について述べたものである。                   |
| ⑪ | DYNAMIC DEFLECTION AS PAVEMENT PERFORMANCE INDICATOR.  | 舗装の供用性指標としての動的たわみ                    | Majidzadeh, K.<br>(アメリカ)                           | 舗装の供用性の因子として応力、歪を考えることは現場で簡単に測定できない欠点があるため、動的たわみ(ダイナフレクト)による舗装の評価法について述べたものである。   |

#### 2. OTHER INDICATORS (その他の指標)

|   |  |                             |  |   |
|---|--|-----------------------------|--|---|
| ⑫ | BEARING CAPACITY OF PREFABRICATED AIRFIELD PAVEMENTS.                        | プレハブ空港舗装のBEARING CAPACITY   | Georgiadis, M.<br>(ベルギー)                     | 緊急時の仮の滑走路、或いは誘導路の建設に当り、粘性土路床上に置かれたインターロッキング型プレハブマットの挙動を平板載荷試験から求める手法について述べたものである。                   |
| ⑬ | THE USE OF WAVE PROPAGATION METHOD IN EVALUATION OF ROAD PAVEMENT STIFFNESS. | 道路舗装のスティフネス評価のための弾性波伝播の利用   | Martineck, G.<br>Kadlecik, T.<br>(チェコスロバキア)  | 道路舗装の動的スティフネスを弾性波伝播速度を測定することから求める手法について述べている。   |
| ⑭ | BEARING CAPACITY CONSIDERED AS A GEOTECHNICAL CONCEPT.                       | 土質工学的概念からみたBEARING CAPACITY | van Cauwelaert, F.<br>Cerisier, C.<br>(ベルギー) | 舗装設計で考えるREARING CAPACITY(路床土の疲労抵抗)と土質工学で考えるBEARING CAPACITY(c, めでセン断力に抵抗する能力)の関連づけを行うことを目的にする研究である。 |

|   |  |  |                          |  |
|---|--|--|--------------------------|--|
| ⑯ | A COMPARISON BETWEEN BENKELMAN BEAM, DCP AND CLEGG-HAMMER MEASUREMENTS FOR PAVEMENT STRENGTH EVALUATION. | 舗装強度評価のためのベンケルマンビーム、DCP、CLEGG-HAMMER法の比較 | Øverby, C.<br>(ノルウェー)    | 軽交通用の低規格道路における舗装強度を評価する方法として、ベンケルマンビーム、DCP(動的コーンペネトロメータ)、CLEGG-HAMMERを使用した3つの方法について比較検討を行っている。     |
| ⑰ | THE PREDICTION OF RESIDUAL ROAD PAVEMENT LIFE.   | 舗装の残存寿命の予測                               | Grant, M. P.<br>(シンガポール) | 舗装の寿命を簡単な調査で予測するために導いたPSI式について述べたものである。PSI=PSI <sub>0</sub> ·e <sup>-an<sup>b</sup></sup> を提案している。 |

### 3. OBSERVED RELATIONSHIP BETWEEN BEARING CAPACITY INDICATORS AND PAVEMENT PERFORMANCE (BEARING CAPACITY の指標と舗装の供用性の関係)

|   |  |                                  |   |  |
|---|--|----------------------------------|---|--|
| ⑯ | THE USE OF MAXIMUM DEFLECTION AND DEFLECTED SHAPE MEASUREMENTS FOR ASSESSING PAVEMENT PERFORMANCE.         | 舗装の供用性評価のための最大たわみとたわみ形状の利用       | Butler, I. C.<br>Kennedy, C. K.<br>(イギリス)         | デフレクトグラフの最大たわみ量とたわみ形状からアスファルト舗装厚の推定を行う方法について述べたものである。  |
| ⑰ | MULTIVARIATE ANALYSIS OF DAMAGED ASPHALT PAVEMENTS.  | 破損したアスファルト舗装の多変量解析               | Murai, S.<br>Fukuda, T.<br>(日本)                   | アスファルト舗装におけるわだち掘れの要因を多変量解析によって考察し、わだち掘れを推定する回帰式を求めている。   |
| ⑯ | THE PALOJARVI-OLKKALA TESTROAD.  | PALOJÄRVI-OLKKALA 試験道路           | Huhtala, M.<br>Kankare, E.<br>(フィンランド)            | フルデプス舗装、コンクリート舗装、セメント安定処理路盤を用いた舗装を試験道路として構築し、BEARING CAPACITY を測定した結果を用いて寿命を推定している。              |
| ㉑ | OBSERVED CONNECTIONS BETWEEN BEARING CAPACITY INDICATORS AND PAVEMENT PERFORMANCE.                         | BEARING CAPACITY の指標と舗装の供用性の関係   | Lengyel, E.<br>(ハンガリー)                            | 1965年からコンクリート舗装について実施してきた BEARING CAPACITY と供用性の関係について報告したものである。                                 |
| ㉒ | STRUCTURAL BEHAVIOR OF FLEXIBLE AIRFIELD PAVEMENTS.  | たわみ性空港舗装の構造的挙動                   | Chou, Y. T.<br>(アメリカ)                             | 12種類の舗装構造断面について、輪数と脚配置及び重量の異なる荷重車の促進走行試験を実施し、舗装材料の力学特性と舗装体の挙動の測定及び供用性を評価したものである。                 |
| ㉓ | STRENGTH OF FLEXIBLE ROAD PAVEMENTS IN KENYA.  | ケニアにおけるたわみ性道路舗装の強度               | Gichaga, F. J.<br>(ケニア)                           | ケニアで使用されている舗装材料の力学特性の把握と実際の舗装の供用性の評価を行っている。  |
| ㉔ | PAVEMENT PERFORMANCE WITH OFF-HIGHWAY HAULING UNITS ON THE JAMES BAY PROJECT.                              | JAMES BAY プロジェクトでの特殊運搬車走行用舗装の供用性 | McLeod, D. R.<br>Gingras, R.<br>Hurd, D.<br>(カナダ) | 一般道を走行できない120, 70トン特殊運搬車及び40トンタンデム軸トラックを4年間供用する舗装の設計法を供用結果より評価し、特殊車用舗装設計のガイドラインのための資料を収集したものである。 |
| ㉕ | CORRELATION STUDY OF PAVEMENT DEFLECTION AND DISTRESS FOR OVERLAY DESIGN PURPOSES.                         | オーバーレイ設計のための舗装のたわみと破損の研究         | Veverka, V.<br>(ベルギー)                             | 舗装のたわみに破損度を組み入れて、既設アスファルト舗装の将来予測、一定供用レベルを保証するオーバーレイの設計及びオーバーレイ後の将来予測ができるよう、たわみ、破損度、交通量の関係を求めている。 |
| ㉖ | THE APPLICATION OF THE PAVEMENT DCP TO DETERMINE THE BEARING PROPERTIES AND PERFORMANCE OF ROAD PAVEMENTS. | 道路舗装の支持特性と供用性を決定するためのDCPの適用について  | Kleyn, E. G.<br>Savaga, P. F.<br>(南アフリカ)          | DCP(動的コーンペネトロメータ)に基いた薄層表面をもつ砂利舗装の設計法を提案している。   |
| ㉗ | USE OF DEFLECTION TO MODEL PAVEMENT PERFORMANCE IN BRAZIL.   | ブラジルにおける舗装の供用性予測のためのたわみの利用       | Queiroz, C. A. V.<br>(ブラジル)                       | アスファルト舗装について、平坦性、ひびわれ、わだち掘れ等を調査し、たわみ量、交通量、供用年数を変数としてこれらを予測するモデルを検討している。                          |

### 4. LIMITATIONS OF THE USE OF BEARING CAPACITY INDICATORS (BEARING CAPACITY の指標の適用限界)

|   |   |                                |                             |  |
|---|---|--------------------------------|-----------------------------|--|
| ㉘ | REPETITIVE LABORATORY PLATE LOADINGS AND IMPLICATIONS ON PAVEMENT PERFORMANCE AND OVERLAY DESIGN. | 繰り返し平板載荷試験と、舗装の供用性とオーバーレイ設計の関係 | Mitchell, R. L.<br>(シンガポール) | 路床、粒状路盤材料について繰り返し平板載荷試験を実施するとともに、ベンケルマンビームによるオーバーレイ設計が粒状材料を用いた舗装に適用できるか検討している。 |
| ㉙ | LONGTIME PROGRESS OF STATICAL AND DYNAMICAL DEFLECTIONS AND OF SERVICEABILITY.                    | 長期にわたる静的、動的たわみとサービス指數の変化       | Schwaraderer, W.<br>(西ドイツ)  | 6種類の断面をもつ試験舗装において、5年間にわたってベンケルマンビームによるたわみ量、動的たわみ量横断プロファイル、サービス指數の経時変化を調べている。   |

### 5. BEFORE/AFTER MEASUREMENTS OF PAVEMENTS STRENGTHENING AS FEEDBACK TO THE DESIGN SYSTEM (設計システムへフィードバックするための舗装強化前後の測定)

|   |   |                |  |  |
|---|---|----------------|--|--|
| ㉚ | PAVEMENT TESTING-BEFORE AND AFTER AN OVERLAY. | オーバーレイ前後の舗装の試験 | Southgate, H. F.<br>Sharpe, G. W.<br>Deen, R. C.<br>(アメリカ) | ロードレイターによる動的たわみ量によってオーバーレイ前後の舗装厚を検討している。 |
|---|---|----------------|--|--|

## 1. はじめに

セッションI「Bearing Capacityの概念」、セッションII「Bearing Capacityの主な指標」には、総括表にみられるように各々2編、27編の論文が報告されている。本来この2つのテーマは性格が異なるものなので別々に取り扱うべきものと思われるが、論文にかなり重複した記述がみられるのでまとめて取り扱うこととした。

セッションIの2編は、総括報告者のMetcalfとNordalによって報告されたものである。前者はオーストラリアにおける舗装の Bearing Capacityに関する研究の歴史的経過を、また、後者は Bearing Capacityの概念に基いた舗装設計のあり方を述べている。

セッションIIの27編の論文は、以下のように5つのテーマに分類されている。

①たわみと曲率

②その他の指標

③Bearing Capacityの指標と舗装の供用性の関係

④Bearing Capacityの指標の適用限界

⑤設計システムへフィードバックするための舗装強化  
前後の測定

これらは、18カ国から報告されたものであり、北欧、アメリカ、開発途上国と道路事情、地理的条件等が異なっているためか、テーマと内容が一致していないものが多く見受けられた。

ここでは、Bearing Capacityの概念、Bearing Capacityの指標、Bearing Capacityの指標と供用性、Bearing Capacityの指標の適用限界について、論文集の区分にはこだわらず、筆者なりに分類して紹介することにする。

## 2. Bearing Capacityの概念

会議の主催者の定義が曖昧なこともあって、Bearing Capacityの解釈は著者によって若干の違いがあるようである。論文中では次のようなことが Bearing Capacityの概念として述べられている。

①舗装にわだち掘れ、ひびわれ、或いは変形による著しい破損を生じない最大荷重。<sup>①, ⑩</sup>

②舗装が供用性を低下しないで繰り返し荷重を走行させることのできる能力。<sup>①, ⑩</sup>

③路面に作用する荷重を路床や路盤に伝達する能力。<sup>⑤</sup>

④舗装の寿命や残存寿命を定量化する指標。<sup>⑤</sup>

⑤路床土の荷重に対する変形抵抗性。<sup>⑨</sup>

\*舗装の支持力、或いは、舗装が通すことのできる荷重繰り返し回数と解釈して大きな誤りはないものと考え

られる。このため、以下においては、"Bearing Capacity" のことを「支持力」として論を進めたい。

Metcalf<sup>①</sup>は、支持力が舗装構成、材料特性、施工基準、気象条件の影響を受けるとしている。また、Gran-cicらは、<sup>⑥</sup>支持力を、荷重P、温度T、湿度W、供用年数tの関数であるとしており、その評価に当っては舗装の置かれている状況を適確に把握する必要があると述べている。

Nordal<sup>②</sup>は、経験的な舗装設計法がこれら支持力に影響を与える因子を経験的に取り入れたものである点に特徴があるものの、広範囲の条件や使用されたことのない材料に対しては無力であることを指摘している。そして、経験的設計法と理論的設計法の長所を取り入れたシステム解析が必要であるとしている。また、これら因子は統計的に取り扱う必要があるとも述べている。

## 3. 支持力の指標

疲労クラックやわだち掘れ、或いは舗装体内に生ずる破損現象が舗装内部の応力や歪の大きさと関係づけられることは広く知られている。しかしながら、応力や歪は正確に測定することが困難なため、通常は舗装表面のたわみや曲率を測定して舗装の寿命（支持力）が評価されている。<sup>③</sup>

測定機械は、静的なものとしてベンケルマンビーム、デフレクトグラフ、平板載荷試験などが、また、動的なものとしてダイナフレクト、ロードレータ、フォーリングウェイトデフレクトメータ（F.W.D）などが用いられている（詳細はセッションIV、測定装置参照）。動的な測定装置には複数のセンサーが取り付けられているため、最大たわみ量と同時に曲率の測定も可能になっている。

報告された論文には、支持力の指標として以下の4つのが使用されている。

①たわみ量、曲率<sup>③, ⑦, ⑩, ⑪, ⑫, ㉔, ㉕</sup>

②アスファルト層下面および

路床上面の応力、歪<sup>③, ④, ⑪, ⑯, ㉒, ㉓</sup>

③層の弾性係数<sup>⑨, ⑬</sup>

④層の貫入抵抗<sup>⑯, ㉕</sup>

これらのうち、①、②は既に当研究グループで紹介したように<sup>⑮</sup>、現在一般に用いられているものである。また、④は簡易舗装や砂利道を対象としたものようである。

たわみ量、曲率を支持力の指標としているものは、Veverka<sup>㉔</sup>やQueiroz<sup>㉖</sup>のようにたわみ量だけを用いて供用性予測を行っているものと、Majidzadeh<sup>③, ⑪</sup>のようにたわみ量と曲率を用いて支持力の評価を行ってい

るものとがある。

Veverka は、たわみモデル（設計たわみ曲線）として下式を提案している。

$$N = \frac{2.46 \times 10^{12} f(z)}{d^3}$$

ここに、 $N = 8.2$  トン標準軸数

$d_c = \text{たわみの平均値} + 2\sigma$  (1/100 mm, 軸重13ton)

$\sigma = \text{たわみの標準偏差}$

$$f(z) = \left( \frac{3}{3+z} \right)^3$$

図-1に、車線巾員 3.5 m の場合の設計たわみ曲線を示す。Veverka や Queiroz の報告は、現在オーバーレイ設計に用いられている“たわみ法”的一種と考えられる。

たわみ量と曲率を用いるものとして、Majidzadeh はダイナフレクトによるたわみ量  $W_1 \sim W_5$  から次のような指標が得られるとしている。

- SCI ( $W_1 - W_2$ ) ; Surface Curvature Index  
舗装の荷重伝達と連続性を検討する。
- BCI ( $W_4 - W_5$ ) ; Base Curvature Index  
路床や路盤の問題を検討する。
- SP( $\frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{5 W_1} \times 100$ ) ; Spreadability  
舗装の版作用と荷重分散性を検討する。
- $W_5$  ; 路床の弾性係数を推定する。

アスファルト層下面および路床上面の応力や歪を支持力の指標としているものは、多層弹性論を利用してたわみ量と曲率から応力や歪を推定している。Ertman Larsen ら<sup>④</sup>は、得られた応力や歪を基準値と照合してオーバーレイ厚を決定する手法を示している(図-2参照)。また、Mcleod ら<sup>②</sup>は 120, 70 トンの特殊運搬車や40トンタンデム軸トラックのような重車輌に対する舗装設計に応力や歪を指標として用いることが有効であると述べている。

Gschwendt<sup>⑨</sup> らは、軟弱路床の支持力を上げるための路床改良として種々の材料を用いた場合の効果を、たわみから求まる弾性係数によって比較している。

この他、O'verby<sup>⑩</sup> は動的コーンペネトロメータや CLEGG-HAMMER を用いて低規格道路の強度の検討を行っている。

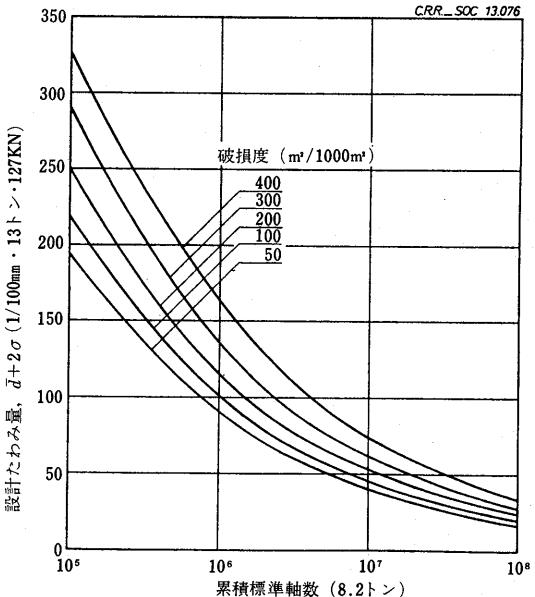


図-1 累積標準軸数と設計たわみ量の関係<sup>④</sup>

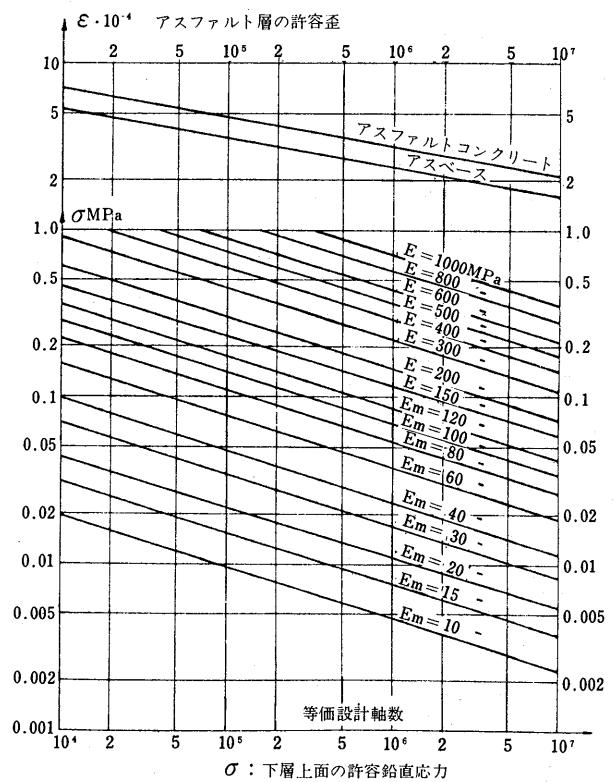


図-2 許容応力と許容歪<sup>④</sup>

#### 4. 支持力の指標と供用性

支持力の指標と供用性の関係は、Huhtala ら<sup>⑯</sup>, Chou<sup>⑰</sup>, Mcleod ら<sup>⑲</sup>, Veverka<sup>⑳</sup>, Queiroz ら<sup>㉑</sup>によって、試験道路や供用道路の試験区間について検討されて

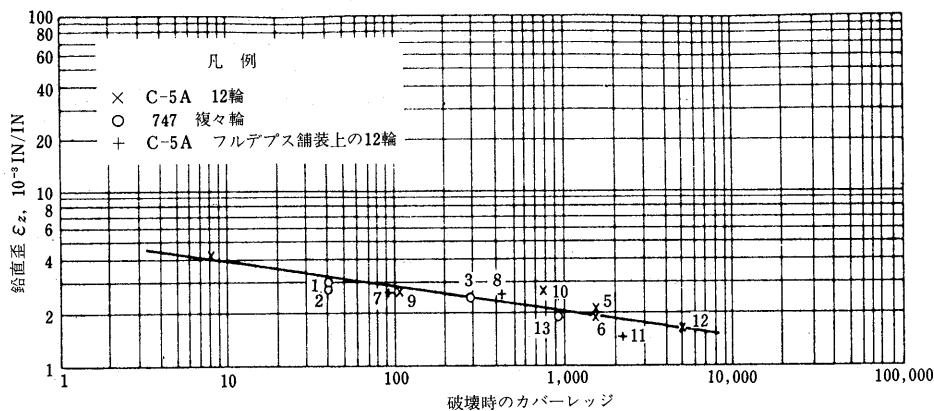


図-3 路床面上の鉛直歪と舗装の供用性の関係<sup>②1)</sup>

いる。

Chou<sup>②1)</sup>は、たわみ性空港舗装の構造解析結果と供用性の関係を把握する目的で、12種類の舗装断面について輪数と脚配置および重量の異なる荷重車による促進走行試験を実施している。この結果、彼は図-3にみられるように破壊時のカバーレッジと弾性解析から得られた路床上の鉛直歪に良い相関があるとしている。また、前述のように、Mcleod<sup>②2)</sup>らも重車輸用の舗装の設計に多層弾性論から求まる応力や歪が有効であると述べている。

これら多層弾性論を利用した解析手法としてはシェルの設計法が有名であるが、Chou<sup>②1)</sup>が指摘しているように、材料特性の評価や気象条件、材料条件に応じた適切な破壊基準の選定が重要なポイントであろう。

Veverka<sup>②3)</sup>やQueiroz<sup>②4)</sup>は、たわみ量に基いた寿命予測式、供用性予測式を報告している。この考えは、T.R. R.L や A.I などでオーバーレイ設計において使用されている設計たわみ曲線と同じものと思われる。適用に当っては、舗装構造、材料特性、気象条件など地域条件に応じた予測式が必要であろう。

## 5. 支持力の指標の適用限界

Mitchell<sup>②5)</sup>は、路床や粒状路盤材料について室内繰り返し平板載荷試験を実施し、復元たわみ量が一様に減少することを見出した。そして、表面処理をした粒状ベースをもつ道路で4年間調査を行っている。この結果、復元たわみ量は長期間にわたって減少しており、ベンケルマンビームによるオーバーレイ設計は粒状ベースをもつ低規格道路には適用できないと述べている。このような現象が粒状ベースを用いた舗装にみられることは Lister<sup>②6)</sup>も報告している。しかし、Listerはこの現象は供用開始後1年内に収斂し、その後たわみ量は増加の傾向

を示すと述べていることから、舗装構造の違い（特にアスファルト層の厚さ）によって、たわみによるオーバーレイ設計法の適用限界が示されるべきなのかも知れない。

この他、今回の論文では報告されていないが、測定機の測定精度、測定値の温度補正、季節補正等補正手法の精度、調査区間の代表値の選定法、解析手法の精度など支持力の指標を適用する際に検討しなければならない点は多くあると考えられる。

## 6. おわりに

支持力の概念、支持力の指標、支持力の指標と供用性、支持力の指標の適用限界について紹介した。論文全体にてマニアを意識したものが少なく、舗装の水準も異なる国の中ものが寄せ集められているため、不満を抱かれる読者も少なくないものと思われる。

舗装の支持力（寿命）を評価する指標は、以前当研究グループで紹介した<sup>1)</sup>ように、たわみ量、曲率を用いているものが大勢を占めているようである。また、その利用目的も、新設舗装の設計法よりはオーバーレイ設計法の方がが多いように感じられた。

## 参考文献

- 1) 井上、柄木、福手、「セメントコンクリート・アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ」アスファルト、No.130~132
- 2) N.W. Lister, C.K. Kennedy, "A System for the Prediction of Pavement Life and Design of Pavement Strengthening", 4th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1977

### セッションIII Factors Influencing The Bearing Capacity 支持力に影響する因子

大坪義治 日満化学工業㈱関東営業所

#### セッションIII FACTORS INFLUENCING THE BEARING CAPACITY (支持力に影響する因子)

| 論文番号 | 論文名                                       |            | 著者(国名)          | 概要  |
|------|---|------------|-----------------|---|
|      | 英文  | 和文         |                 |   |
| ⑩    | FACTORS INFLUENCING THE BEARING CAPACITY. | 支持力に影響する因子 | Abe, Y.<br>(日本) | 支持力に影響する各種の因子について、その概要を述べ、さらに、支持力の主要な指標であるたわみに影響する因子について解説している。 |

#### 1. TRAFFIC FACTORS (交通因子)

|   |   |                                     |   |  |
|---|---|-------------------------------------|---|--|
| ⑪ | EFFECT OF VARIOUS TRUCK AXLE-TIRE CONFIGURATION ON THE BEARING CAPACITY OF ROADS IN WASHINGTON. | ワシントンの道路の支持力に及ぼす種々のトラック軸形式・タイヤ形状の影響 | Sharma, J.<br>Hallin, J.<br>Mahoney, J.P.<br>(アメリカ)   | たわみ性舗装と剛性舗装の両者で、トラックの軸形式やタイヤ形状の相異による舗装の疲労程度をコンピュータ用プログラムで解析する。   |
| ⑫ | DYNAMIC DEFLECTION MEASUREMENTS UNDER MOVING WHEEL LOADS.                                       | 移動輪荷重下における動的たわみの測定                  | Burgstaller, J.<br>Jacot, A.<br>Scazziga, I.<br>(スイス) | モデル舗装で移動輪荷重下におけるたわみを三種の装置(① optical-electronical system ② Inductive deformation transducer ③ geophone)で測定し、各装置を比較検討している。 |

#### 2. MOISTURE, FREEZING/THAWING(水分、凍結、融解)

|   |  |                                   |  |   |
|---|--|-----------------------------------|--|---|
| ⑬ | DEFORMATION CHARACTERISTICS OF A SUBGRADE SOIL UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS.                           | 静的、動的荷重下における路床土の変形特性              | Mesdary, M.S.<br>Abdelkader, M.O.<br>Guirguis, H.R.<br>(クウェート) | ダイナフレクトと多層弾性理論で舗装を評価する際、重要なファクターとなる路床の変形特性について、実際の条件を考慮し、路床土の締固め度と載荷形態(静的・動的)による影響を実験的に検討する。  |
| ⑭ | PAVEMENT THICKNESS AND COMPACTION DEPTH FOR ARID ZONES.  | 乾燥地帯における舗装厚と締固め深さ                 | Livneh, M.<br>(イスラエル)  | U.S. Corps of Engineers の方法と Livneh Shklarsky の調査結果を基に、イスラエルの気象条件に合わせて CBR 法(4 日水浸法)による舗装厚を検討する。<br>→ 乾燥地帯(年間降雨量が 4 inch 以下)では舗装厚を 20% 緩和 |
| ⑮ | SWISS PHILOSOPHY AND DEVELOPMENTS CONCERNING THE LOSS OF BEARING CAPACITY DURING THAW.                   | 融解期における支持力の低下に関するスイスでの見解          | Dysli, M.<br>(スイス)   | 凍結融解期の支持力低下による舗装の破壊現象をテストピットにて調査し、その結果から、舗装設計における選定基準(材料・工法)の改良について検討する。  |
| ⑯ | THE INFLUENCE OF FROST ACTION ON THE BEARING CAPACITY OF FLEXIBLE PAVEMENTS.                             | たわみ性舗装の支持力に及ぼす凍結作用の影響             | Kubo, H.<br>Sugawara, T.<br>(日本)                               | 最近の交通条件や新しい材料に十分適用できる設計法を確立するために、凍結融解のくりかえしを受けた路床・路盤材の変形係数を平板載荷試験より求める。<br>→ 融解期の舗装を構造解析する資料を得る。  |
| ⑰ | PREDICTION OF ROADWAY STRENGTH FROM SOIL PROPERTIES.   | 土質からみた支持力の予測                      | Esch, D.C.<br>McHattie, R.<br>(アメリカ)                           | 融解期のベンケルたわみと路盤材の 200 番通過量・ひびわれ率・路盤の厚さなどの相関をみる。また現行の設計法を検討する。  |
| ⑱ | INFLUENCE OF CLIMATE CONDITIONS AND PAVEMENT STRUCTURE ON THE BEARING CAPACITY OF ROADS IN EXPLOITATION. | 道路の支持力に及ぼす気象条件と舗装構造の影響            | Srsen, M.<br>Keller, M.<br>Bosnjak, J.<br>(ユーゴスラビア)            | ユーゴスラビアの S. Lavonija 地方にて、舗装構造・交通条件・気象条件などを考慮して 4 カ所の道路を選定し、ベンケル・デフレクトグラフによるたわみを数年間測定する。<br>→ たわみに及ぼす気象の影響を検討する。                          |
| ⑲ | DETECTION AND PREDICTION OF SEASONAL CHANGES OF THE BEARING CAPACITY AT THE VORMSUND TEST ROAD.          | VORMSUND の試験舗装における支持力の季節的变化の調査と予測 | Nordal, R.S.<br>(ノルウェー)  | ノルウェーの OSLO に試験舗装(シルトと粘土の路床)を設け 6 年間、春と秋にベンケルたわみを測定する。<br>→ 凍上量・凍結指数・凍結深さとたわみとの相関を得る。   |

#### 3. PAVEMENT TEMPERATURE (舗装体の温度)

|   |  |                                  |  |  |
|---|--|----------------------------------|--|--|
| ⑩ | INFLUENCES OF STRUCTURE AND TEMPERATURE ON DEFLECTION OF ASPHALT PAVEMENT - AN APPROACH TO TEMPERATURE CORRECTION. | アスファルト舗装のたわみに及ぼす構造と温度の影響—温度補正の研究 | Miura, Y.<br>Kawashima, K.<br>Uchida, H.<br>(日本) | 静岡県伊東市内の道路で、2種類の路床上に3種類の構造による試験舗装区間を設け、たわみと曲率を測定する。<br>→ 各測定値と温度、舗装構造の関係を検討する。             |
| ⑪ | DYNAMIC DEFLECTION MEASUREMENTS OF ASPHALT PAVEMENTS AT HIGH SERVICE TEMPERATURES.                                 | 高温時におけるアスファルト舗装の動的たわみの測定         | Bissada, A.F.<br>Guirguis, H.R.<br>(クウェート)       | フルデプスの試験舗装(厚さ・10~30cm)を設け、2年間、舗装体の温度・ダイナフレクトによるたわみ、表面曲率指数を調査する。<br>→ 各測定値と温度・舗装構造の関係を検討する。 |

#### 4. ROAD GEOMETRY(ROAD WIDTH, SHOULDER) (道路形状(幅員、路肩))

|   |   |              |                          |  |
|---|---|--------------|--------------------------|--|
| ⑫ | BEARING CAPACITY OF ROAD SHOULDERS.             | 路肩の支持力       | Lehtipuu, E.<br>(フィンランド) | 路肩部の補強について土質力学的見地から考察する。<br>→ 路肩巾、法面勾配・材料の内部摩擦角・側溝の位置を変数として安定計算している。         |
| ⑬ | WHEEL PATH DISTRIBUTION OF VEHICLES ON HIGHWAY. | 道路における車両走行分布 | Kasahara, A.<br>(日本)     | 実際の道路で車輌の走行位置を測定し、道路幅員、車輌数、側帯の広さなどの道路の幾何形状と走行位置との関係をみる。<br>→ 走行分布との密接な関係を示す。 |

## 1. はじめに

セッションⅢでは、まず最初に、総括報告書として阿部が「舗装の支持力に影響する因子」について概要を述べ、以下、交通因子（2編）、水分・凍結融解（7編）、舗装体の温度（2編）、道路の幾何形状（2編）の各々に関する論文が報告されている。

各論文の全体的な傾向として次のことがいえる。

各国における舗装の支持力の評価は、たわみ測定や平板載荷試験に代表されるが、多くの影響的因子が複雑にからみ合って作用しているため、各々の影響因子を十分に把握するまでには至っていない。そのため、各国では試験舗装等の追跡調査を実施し、特にたわみや曲率を主体として、各因子の影響度合を検討している。その結果から、各国の交通・気象・土質などの諸条件に合ったより適切な設計法を確立しようと努力している。

以下、セッションⅢを紹介するにあたり、各論文を阿部が分類した因子にもとづいて図-1のように大別し、この流れにそって紹介する。

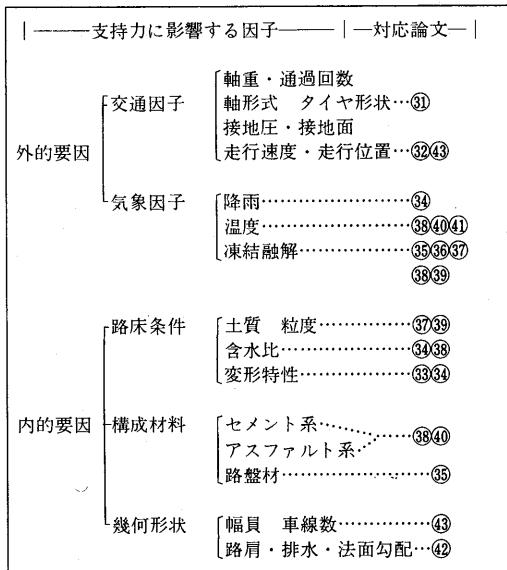


図-1 支持力に影響する因子と各論文の分類

## 2. 交通因子

交通因子としては軸重・通過回数・走行速度・接地圧などがあり、設計においては、特に、標準軸重と換算通過回数が主要な問題になる。

Jacot ら<sup>⑩</sup>は走行速度に注目してモデル的な移動輪荷重の下でたわみが測定できる装置を考案し、舗装の評価に供している。

笠原<sup>⑪</sup>は車輌の走行軌跡分布 (WPD) に注目し、走行

位置と舗装の破壊との密接な関係を報告している。さらに、寿命予測において、WPDを考慮した通過回数の重要性を指摘している。

## 3. 気象因子

気象因子による舗装への影響は主に路床・路盤（粒状材）とアスファルト処理層に大別される。前者は含水比の変化による強度の変化として、後者は温度の変化によるスチフネスの変化として解される。

### 3-1 路床・路盤との関連

#### (1) 降雨

降雨自体は支持力に直接影響しないが、雨水が路肩や表層のひびわれなどから路床内に入り込むと路床土の含水比が高くなり支持力は低下する。

一般に路床の強度はCBR試験で評価され、CBR用供試体は路床土の飽和状態を想定した4日水浸法となっている。これに対し、イスラエルでは現実にありえない苛酷な条件のためオーバーデザインになるという考え方から、一年間の降雨量が4inch以下の地域においては舗装厚（4日水浸法による）を20%縮小している<sup>⑫</sup>。

#### (2) 凍結融解

寒冷地における舗装設計では、冬期の凍上と春期の融解が極めて重要な問題である。そのため、一般には凍結深さ・土質の分類を主体とした経験的手法により経済的に許せる範囲内で凍上量を最小にする努力がなされてきた。しかし、オーバーデザインの問題や新材料の選択等に対してこれまでの経験的手法では不十分となっている。そのため、各国では試験舗装を実施し、凍上を支配する因子やそのメカニズムの究明から対策工法を検討し、融解期における支持力の評価を取り入れた合理的な設計法の確立に努力している。

##### i) 凍上を支配する因子

凍上を支配する因子としては次のものがあげられる。

- 土質……特に土粒子の大きさ
- 土中の水分…地下水との関連
- 温度とその勾配

これらの内、特に土粒子の大きさは極めて重要な因子であり、凍上対策や融解期における支持力低下を予測する上で重要な指標になっている。<sup>⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳</sup>

##### ii) 凍上・融解現象

凍上は上記の因子が満足されたときに起こる。<sup>⑯</sup>

融解によって支持力が最も低下する時期について、Dysli<sup>⑯</sup>はフルスケールの実験を行なった結果、融解が完全に終了した時期か、あるいは2~3時間後に最も支

持力が低下したと報告している。

また、Nordar<sup>(39)</sup>は、実測したたわみの結果から、粘土質の路床では融解の終了時か、あるいは2~3日後に急激にたわみが増加したが、シルト質の路床では、急激なたわみの増加はみられず、不規則に変化したと報告している。(図-2, 図-3 参照)

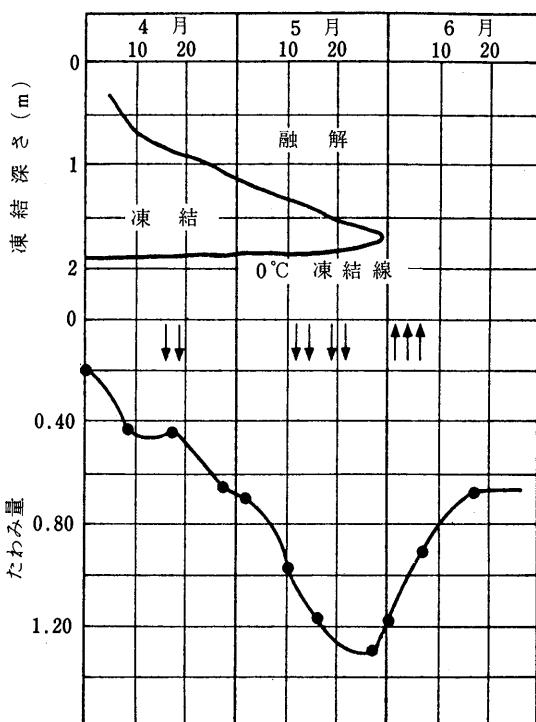


図-2 融解期におけるたわみの変化(粘土路床)

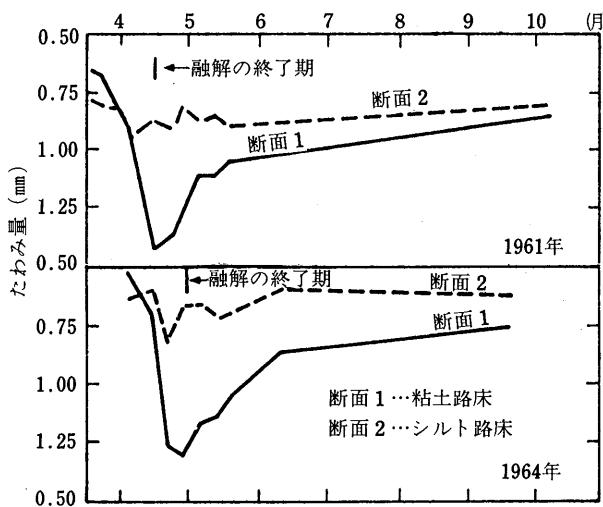


図-3 たわみの季節的变化

### III) 融解期における支持力の評価

舗装の設計に供すべき路床・路盤の強度特性は春の融解期に強度が最も低下したときに求める必要がある。そのため各國では各材料によって融解による強度の低下率を調査し、融解期における舗装の支持力を評価する方向にある。

a) たわみの予測を主体としたもの<sup>(37)(38)(39)</sup>

表-1は、数年に渡るたわみの調査と気象観測データ(凍結指数と凍結深さの算出データ)および路床と路盤材の土質調査をもとにして、融解期における舗装のたわみを予測する方法をあげたものである。

表-1 融解期の支持力を予測する手法

| 研究者<br>国名<br>論文番号        | 予測に使用される指標                          |
|--------------------------|-------------------------------------|
| David<br>(アメリカ)<br>③7    | 路盤材の200番通過量と春期のたわみ量(ベンケルマンビーム)      |
| Srsen<br>(ユーゴスラビア)<br>③8 | 秋期のたわみ量と春期のたわみ量(ベンケルマンビーム・デフレクトグラフ) |
| Nordal<br>(ノルウェー)<br>③9  | 凍結指数と春期のたわみ量(ベンケルマンビーム)             |

b) 融解期の舗装の挙動に注目したもの<sup>(36)</sup>

久保・菅原は試験舗装を実施し、一般の粒状路盤材と凍上抑制材料について凍結前と融解後の力学的特性を平板載荷試験より求めた変形係数で論じ、また、現場CBRと変形係数との相関性を報告している。

今後、これらを利用して舗装の挙動をより理論的に検討することができよう。

#### 3-2 アスファルト処理層との関連

表-2 たわみ・曲率の温度補正

| 研究者<br>国名<br>論文番号        | 代表温度のとり方   | 温度補正の方法  |
|--------------------------|--|--|
| 三浦<br>(日本)<br>④0         | 層内温度の予測式から表面温度と層内平均温度(AI法)との相関式をアスコン厚・時間の関数として提案する。これより、代表温度として表面温度が使用できる。 | 舗装を2層弹性体として、アスコン厚・アスコン層と支持層の弹性係数を変数としたベンケルマンビームのたわみ、偏差たわみの温度補正式を求める。 |
| Bissada<br>(クウェート)<br>④1 | 層内の温度勾配がなくなる時(およそ日の出の2.5時間後)の層内の温度(SPT)を代表温度とする。                           | SPTとダイナフレクトによるたわみ・S.C.I.の関係を、フルデプス舗装で調査→温度補正に利用できる相関を得る。             |

舗装の支持力を評価する代表的なものにたわみと曲率の測定がある。

ここに、たわみと曲率はアスファルト層内の温度の影響によって変化するため、支持力の評価にあたっては、これらを固定化する必要がある。そのため、各機関では、任意温度での測定値を代表温度（A I の層内平均温度など）で整理し、さらにある基準温度に補正する手法をとっている。

表-2は、三浦<sup>④</sup>、Bissada<sup>⑤</sup>が報告している手法をまとめたものである。

#### 4. 路床の変形特性

ベンケルマンビームやダイナフレクトなどによって測定したたわみと多層弾性理論によって舗装の支持力を評価する場合、路床の変形係数（E）のとり方によって結果は大きく異なってしまう。一般には、路床の変形係数は  $E = n \times CBR$  で推定されているが、研究者によって  $n$  のとり方はまちまちである。

この点に関して、Mesdary<sup>⑥</sup>は、路床の変形係数は締固め度と載荷方式（静的、動的）によって変化することを室内的に示し、解析においては、たわみ測定時の条件に合った変形係数を使用する必要性を指摘している。

#### 5. 構成材料

構成材料による舗装の支持力への影響は、AASHOの舗装厚指数やわが国の等値換算係数の概念から理解されよう。

構成材料の単的な違いとしてアスファルト系とセメント系があげられる。セメント系はアスファルト系に比べてたわみは小さく、温度<sup>⑦</sup>や載荷速度<sup>⑧</sup>の影響も小さい。また、路床強度の不均一性<sup>⑨</sup>によるたわみの変化も小さい。

しかし、たわみの大小によって両者の寿命を单一に分級できない面がある。つまり、材料自体の特性（限界歪・応力緩和・膨張収縮など）を含めて舗装の支持力を評価する必要がある。<sup>⑩</sup>

#### 6. 道路の幾何形状

道路の幾何形状としては、道路幅員・車線数と路肩の問題がある。前者は交通の分布や車輌の走行軌跡と主に関係し、後者は排水と路肩自体の支持力と主に関係する。

笠原<sup>⑪</sup>は道路の幾何形状と車輌の走行位置との関係を示し、さらに、車輌の走行軌跡分布と舗装の破壊とは密接な関係にあることを報告している。

Lehtipuu<sup>⑫</sup>は路肩の支持力を盛土の安定問題としてとらえ、路肩幅、法面勾配、側溝の位置、構築材料（内部摩擦角）について土質力学的見地から考察している。

#### 7. おわりに

舗装の支持力に影響する因子に関する論文をとりまとめて紹介したが、各国の諸条件の違いによって、影響因子を評価する方法が少し異なっている。しかし、国柄はあるけれども、その考え方や手法は参考になると思う。

### 原稿募集

本誌では皆様からの原稿を広く募集しております。

次の要領でご投稿ください。

- 研究論文、調査報告、資料、紀行文など。
- 原稿の採否については本誌編集委員会の審査のうえ決定します。
- 原稿用紙は、ご連絡下されば、当協会で用意しお送り致します。
- 市販の原稿用紙（300字詰）でも差しつかえありません。
- 掲載原稿には薄謝をお贈りします。

## セッションIV Measuring Equipment 測定装置

竹田敏憲  
東京都第一建設事務所

### セッションIV MEASURING EQUIPMENT (測定装置)

| 論文番号 | 論文名  |                      | 著者(国名)                   | 概要   |
|------|--|----------------------|--------------------------|--|
|      | 英 文  | 和 文                  |                          |  |
| ④    | EQUIPMENT FOR ASSESSING THE STRUCTURAL STRENGTH OF ROAD PAVEMENTS. | 道路舗装の構造的強度を評価するための装置 | Kennedy, C. K.<br>(イギリス) | 測定時の状態を車輌が走行している時の状態と比較して論じ、各種装置の長所と短所をあげ、測定装置を選定する際に考慮すべき要因について述べている。 |

#### 1. General Description of Equipment and Measuring Procedures (装置の一般的な説明と測定手順)

|   |   |                             |                                       |   |
|---|---|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| ⑤ | THE DEFLECTION BEAM.  | たわみビーム                      | Ferne, B. W.<br>(イギリス)                | イギリス及びその他の国で使用されているたわみビームの構造とその操作方法についての紹介である。測定にあたっては、測定条件を明確にし、適宜キャリブレーションを実施しておくことが必要であるとしている。                     |
| ⑥ | FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER KUAB 50.                           | F.W.D. KUAB 50              | Tholén, O.<br>(スエーデン)                 | スエーデンで使用されているFWD. KUAB 50の概要についての報告である。最大荷重50KN, 載荷板直径30cm, 測定時間35秒, 総重量などであり、コンピュータはHP 85を使用している。                    |
| ⑦ | THE LACROIX-LPC DEFLECTOGRAPH.                                  | ラクロア-LPCデフレクトグラフ            | Gressin, J.-C.<br>(スイス)               | フランスで開発されたラクロア-LPCデフレクトグラフの概要についての報告である。載荷軸荷重6~13t, 測定精度0.02mm, 測定範囲0~5mmなどで、測定速度は3km/h, 1日当たりの測定距離は25kmである。          |
| ⑧ | PHONIX FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER AND REGISTRATION EQUIPMENT. | PHONIX F.W.D と記録装置          | Thomsen, T.M.<br>(デンマーク)              | デンマークで開発されたPHONIX FWDの概要についての報告である。落下装置は150kgのブロックを緩衝層を有した円形載荷板上に落下させるもので、条件によって落下距離を5~40cm, 重さ30~150kgに変換することが可能である。 |
| ⑨ | THE DYNATEST 8000 FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER TEST SYSTEM.     | ダイナテスト 8000 F.W.D. デフレクトメータ | Sørensen, A.<br>Hayven, M.<br>(デンマーク) | ダイナテスト 8000 FWDの概要についての報告である。荷重7~105KN, 装置の長さ4.3m, 自重850kgで、運転席からのワンマンコントロールが可能である。在来舗装の各層弾性係数を現位置で得ることが出来る。          |
| ⑩ | DYNAFLECT DYNAMIC DEFLECTION DETERMINATION SYSTEM.              | ダイナフレクトによる、動的たわみシステム        | Newman, J. W.<br>(アメリカ)               | ダイナフレクトの構造と原理及びデータ処理法、経済性などについて述べている。被けん引式の動的たわみ測定装置で、運転席からのワンマンコントロールが可能である。   |

#### 2. New Equipment- Existing or Desired (新しい装置-既存のものと新しいもの)

|   |  |                      |   |   |
|---|--|----------------------|---|---|
| ⑪ | FRENCH EQUIPMENTS FOR AIRFIELD PAVEMENT LOAD EVALUATION.       | 空港舗装の荷重評価のためのフランスの装置 | Landauer, P. Y.<br>(フランス)                           | 重い航空機を外力とする空港舗装の構造評価のために、フランスで開発された静的試験用トレーラーと動的たわみトレーラーの2種類の装置の概要についての報告である。データ収集やデータ処理、解析方法についても簡単に述べている。 |
| ⑫ | USING A PRESSUREMETER FOR PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION.      | 圧力計を用いた舗装の設計と評価      | Briaud, J.L.<br>Lyton, R.L.<br>Hung, J.T.<br>(アメリカ) | 圧力計により、舗装各層や路床の力学性状を調べ、多層弹性理論を用いた舗装の設計や評価に反映させるための検討を行ったもの。   |
| ⑬ | A NEW DEVICE TO RECORD THE DEFLECTION BASIN ON ROAD PAVEMENTS. | 舗装たわみ量を記録する新しい装置     | Brancio, F.<br>Emilio, F.<br>(ポルトガル)                | ベンケルマンビームのような定置式測定装置に代わるより効果的な連続たわみ測定法を開発するための検討を行ったもの。たわみを計測する方法として、3種類のタイプを上げそれぞれの方法について述べている。            |
| ⑭ | CONTROL OF BEARING CAPACITY BY MEANS OF COMPACTION METER.      | 締固め計による支持力の管理        | Forssblad, L.<br>(スエーデン)                            | 転圧作業時の締固め状態のチェック、締固め管理、さらには路盤の支持力を連続的に把握するための締固め計の開発と、装置の特徴などについて述べている。大小2タイプのものが開発されている。                   |

#### 3. Users Experience With Measuring Equipment (測定装置の利用報告)

|   |   |                            |   |  |
|---|---|----------------------------|---|--|
| ⑮ | NORWEGIAN EXPERIENCE WITH THE OPERATION OF DYNAFLECT.                   | ダイナフレクトの操作に関するノルウェー技術者の一考察 | Konow Hansen, P.<br>(ノルウェー)                 | ベンケルマンビームをダイナフレクトに代えた経緯とダイナフレクトの改良点、測定能力、再現性などについての報告。   |
| ⑯ | THE BRITISH PAVEMENT DEFLECTION DATA LOGGING MACHINE AND ITS OPERATION. | イギリスにおけるPDDLとの操作           | Kennedy, C. K.<br>Gardiner, J. L.<br>(イギリス) | 迅速な支持力の測定、大量のデータ収集及び処理を目的として、イギリスのある企業が開発したPLLD (Pavement Deflection Data Logging Machine) の概要およびその改善点について述べている。 |

| 論文 | 論文名   |                            | 著者<br>(国名)   | 概要  |
|----|---|----------------------------|--|---|
|    | 英文  | 和文                         |  |   |
| ⑦  | USERS EXPERIENCE WITH THE SOUTH AFRICAN HEAVY VEHICLE SIMULATORS. | 南アフリカのHVSによる舗装の評価          | Freeme, C.R.<br>Maree, J.H.<br>Walker, R.N.<br>(南アフリカ) | 現場試験としてのHVS(Heavy Vehicul Simulators)の利点、及び舗装の評価法について述べている。                         |
| ⑧  | THE WAVE PROPAGATION METHOD-A RELIABILITY STUDY.                  | 振動波伝播法による舗装構成層および路床の弾性率の評価 | Djälf, L.<br>(スエーデン)                                   | 舗装表面で測定する振動波伝播速度が、路床と舗装各層の弾性率を正しく評価出来るか否かの検討。バイブルーターを用いて5箇所の試験区間で伝播速度を測定し、検討を行っている。 |

#### 4. Correlation of Measurements for Different Equipment (各種装置による測定値の相関)

|   |   |                                |   |  |
|---|---|--------------------------------|---|--|
| ⑨ | CORRELATING SPANISH FIELD MEASUREMENTS WITH THE FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER.                                 | スペインにおけるF.W.D.とベンケルマンビームたわみの相関 | Elvira, J.L.<br>Pastor, M.<br>(スペイン)                    | FWDとベンケルマンビームによって得られたたわみ量の相関を求めたもの。3種類の舗装構造をもつ道路でFWD及びベンケルマンビームたわみ量の測定を行い両者の関係を調べ、FWDをベンケルマンビームと同様の利用が出来るかどうかを検討している。          |
| ⑩ | CORRELATION OF ROAD RATER AND BENKELMAN BEAM DEFLECTIONS.   | ロードレータとベンケルマンビームたわみの関係         | Deen, R.C.<br>Sharpe, G.W.<br>Southgate, H.F.<br>(アメリカ) | ロードレータによる動的たわみと、ベンケルマンビームによるたわみの関係を、弾性理論による理論曲線で示し、両者の測定値の相関を求めている。3種のフルデップスと1種の一般的な舗装を対象とし理論計算にはシェブロンコンピュータプログラムを使用している。      |
| ⑪ | MEASURING SYSTEMS FOR BEARING CAPACITY, A COMPATITIVE NORDIC STUDY IN 1977.                                   | 支持力測定装置—1976年に実施した北欧における比較研究   | Andersson, O.<br>(スエーデン)                                | デンマーク、ノルウェー、スエーデンの北欧3国が協力して各種試験装置を持ち寄り、各装置の正確さ、能力を検討するとともに、各装置の関係を調べたもの。   |
| ⑫ | CONTINUOUS DEFLECTION DATA PROCESSING SYSTEM.   | 連続たわみデータ処理システム                 | du Mesnil-Adelee,<br>M. Peybernard, J.<br>(フランス)        | 連続測定記録されたたわみデータの処理方法と、その処理方法をたわみ性舗装の解析などに応用するかについて述べている。本システムの原理は、統計上の均一なゾーンに分割することを基本としている。                                   |
| ⑬ | A SYSTEM FOR THE RAPID PROCESSING OF DEFLECTION MEASUREMENTS.   | たわみ測定値の高速処理システム                | Gardiner, L.J.<br>Kennedy, C.K.<br>(イギリス)               | イギリスで開発されたPDDLを用いたデータ収集、処理分析の手法についての説明。データ収集はデフレクトグラフ、記憶はたわみデータロジングマシンにリンクされたフロッピーディスク、紙テープ又は磁気テープで行い、それが自動的に計数化されて測定結果が記録される。 |
| ⑭ | STATISTICAL CONSIDERATIONS CONCERNING THE SPACING BETWEEN MEASURING POINTS FOR BEARING CAPACITY MEASUREMENTS. | 支持力測定間隔に関する統計的考察               | Refsdal, G.<br>Warninghoff, C.<br>(ノルウェー)               | ノルウェーにおいて、1976年に実施した幹線道路の支持力調査の事前調査の結果で、適正な測定間隔を求めるための実験的調査である。統計理論と実測値により検討を行っている。  |

### 1. はじめに

本セッションでは、支持力を測定する各種装置の紹介、利用報告、および各装置によって得られたデータの関連性を検討した論文が取扱われている。提出された論文は21編でそれぞれ総括表のように分類し報告されている。

まず最初に本セッションの総括報告者である Kennedy<sup>④</sup>が、舗装構造の力学的評価の重要性を強調した上で、舗装の評価はたわみ量とたわみ形状によってすべきであるとし、舗装支持力を測定する装置全般について述べた。この論文で Kennedy は、測定装置を測定の方法や状態によって表-1のように分類し、各装置の機構や長所、短所について述べている。さらに測定装置を選定する際には、(1)調査区間の延長、(2)調査の目的、(3)舗装構造や舗装を構成する材料の種類、(4)測定装置を扱いデータを解析するスタッフの質と能力などを考慮して決定すべきであるとしている。

この他の論文は、総括表に示すように一応4項目に分類して報告されているが、実際には各分類に該当しないものもいくつか含まれている。ここでは(1)測定装置の紹

介に関するもの、(2)測定装置の利用報告に関するもの、(3)各装置の相関性についての3つに分類し、各論文の概要を紹介する。

### 2. 測定装置の紹介に関するもの

測定装置は各研究者達によって簡易なものから複雑なもの、また我が国においては、ほとんどなじみのないものまで数多く報告されているが、全体的な傾向として測定装置の自動化、高速化および大量のデータを迅速に処理するシステムの開発に関するものが多い。

支持力を測定する装置の中で、ベンケルマンビームは最も簡便であり古くから用いられているが、簡易な装置であるが故に精度面での限界、測定の非能率を指摘する論文もいくつかみられる<sup>⑮⑯⑰</sup>。その中にあって Ferne<sup>⑯</sup>は、低スピードで走行する輪荷重下の表面たわみが、構造的パフォーマンスを把握する指標になるとして、ベンケルマンビームを一部改良したたわみビームの構造と操作方法について紹介している。そして測定にあたっては荷重車の条件を明確にし、キャリブレーションを適宜実

表一1 測定装置の分類

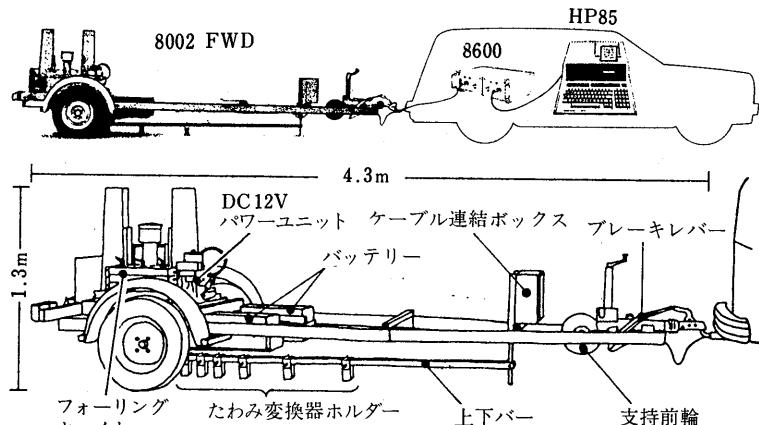
| 測定法 | 代表的装置名         | 測定数／日           | 主な特徴  |
|-----|----------------|-----------------|---|
| 移動式 | ベンケルマンビーム      | 250             | ・簡易な装置であるが、多くの人員を要し、非能率的。<br>・荷重の影響が支持脚まで及び真の値を得られない。                             |
|     | トラベリングデフレクトメータ | 2,000           | ・多くのデータが得られる。<br>・真の値より小さ目に測定される。<br>・測定間隔が固定している。                                |
|     | デフレクトグラフ       | 2,500<br>～4,000 | ・得られたデータを迅速処理、蓄積、表示するシステムの開発も必要。  |
| 定置式 | 静的<br>平板載荷試験   | 数点              | ・層の弾性係数を推定することによって舗装構造の強さに関する情報を得ることが出来る。<br>・測定が遅く、収集するデータが少ない。舗装の均一性を評価するのに不十分。 |
|     | ダイナフレクト        | 50～100          | ・運転席からのワンマンコントロール可能、測定時の危険が少ない。   |
|     | ロードレータ         | 300             | ・広範囲に測定出来る。   |
|     | F W D          | 200             | ・構造のレスポンスは軽い荷重では得られにくい。   |
|     | インパルス装置        | 数点              | ・絶対的なたわみの尺度とならない。<br>・データは安定している。   |
|     | 弾性波伝播法         | 数点              | ・測定がおそい。<br>・舗装の疲労を検討したり、セメントベース層のクラックを発見するのに便利。主に研究用の道具。                         |

施することが大切であると述べ、荷重条件の詳細を掲げるとともに、T R Rで設計した簡単な装置を用いたキャリブレーションの方法を示している。

測定装置の中では、FWDに関するものが数多く紹介されている。FWD KUAB 50<sup>④</sup>, PHONIX FWD<sup>⑤</sup>, ダイナテスト 8000 FWD<sup>⑥</sup>はその代表的なものである。

このうちダイナテスト 8000 FWD<sup>④</sup>は、道路や空港舗装の非破壊試験装置としてデンマークで開発されたもので、図一1のように(1)ダイナテスト 8002 FWD, (2)ダイナテスト 8600 システムプロセッサー, (3)ヒューレットパッカード HP-85コンピューターで構成される。この装置の大きな特色は、データ処理にELMOD(Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design)を内蔵することで層の弾性計算、残余寿命の予測、オーバーレイ設計に利用出来るとしている。

Gressin<sup>⑦</sup>によって紹介されたラクロアLPCデフレクトグラフは、フランス道路橋梁研究所のラクロア氏が開発したもので、軸荷重下における自動たわみ測定装置である。測定の原理はベンケルマンビームを自動化したもので、トラックに装着した測定ビームによって低速度で垂直変位量を測定する機構になっている。1日約12,000



図一1 ダイナテスト 8000FWDシステム

点測定することが可能で、現在32カ国で100台のデフレクトグラフが使用されているといわれる。

わが国でも比較的ないじみの深いダイナフレクト<sup>⑧</sup>は、運転席からワンマンコントロールが可能な被けん引式動的たわみ測定装置で、道路や空港の舗装を評価する手段としてメンテナンスはもちろん施工段階にも利用出来る。本論文で紹介された装置は、荷重909kg±454.5kg(8Hz)で、たわみはデジタル表示される。さらにオプションでプリンターやデータレコーダへの記録も可能である。

空港舗装では大きな航空機が外力の対象となるため、フランスでは2種類の試験方法を開発した<sup>⑨</sup>。いづれも

非破壊試験で、1つは静的試験用トレーラ、もう1つは動的たわみ装置である。前者は試験板上に50 tまで載荷出来るマイコン制御による高自動化された装置で、載荷中心と平板端部から30, 60, 90cm離れた点の垂直変位および水平変位を測定する。後者は飛行機のタイヤに25 tの荷重をかけ、3.6 km/hで走行しながらたわみを測定するもので、測定時には5秒毎にタイヤ前方4.5 mに変位測定用ビームが下りる仕組になっている。

以上の装置は、いずれも載荷時の表面たわみを非破壊で測定するものであるが、この他に特殊な試験法もいくつか紹介されている。

Briaud ら<sup>62</sup>は、多層弾性理論を用いた設計法への切替の可能性を検討し、舗装各層や路床の弾性係数を求めるために圧力計を利用した。圧力計は舗装から路床までφ35mmの孔をあけ、横方向K値と同様のプローブを挿入して圧力と変位(孔の広がり)とを測定するものである。この論文では他の装置との関連についても検討しており、平板載荷試験(直径75cm)から求めた変形係数と圧力計から求めた変形係数には良好な相関があった。またダイナフレクトの最大変位と圧力計で求めた各層の変形係数から計算された変位にも良い相関があったとしている。

Forssblad<sup>64</sup>が紹介した締固め計は、転圧作業時の締固め状態をチェックするほか、路盤の支持力および弾性係数の推定にまで応用する装置で、振動ローラに加速度計を装着し、振動ドラムの振動を連続的にとらえて、その高周波を分析表示する機構になっている。やわらかな弾性体あるいは締固め不十分な路盤上にあっては、振幅の小さな規則正しい正弦波を示し、締固めが進むに従って振幅が大で、かつゆがんだ曲線を表示するようになる。この時の振幅および曲線のゆがみが、路盤の支持力値あるいは土のスチフネスや締固め度を表わすことになる。

舗装のたわみを広く把握するために、測定の迅速化が測定装置の具備すべき1つの条件になっているが、一方では測定されたデータの処理法を紹介しているものもある。

イギリスで開発されたDDLM(Deflection Data Logging Machine)は、デフレクトグラフで収集したデータを高速処理、解析するシステムである。Kennedy らは、本装置の詳細を2編の論文<sup>66, 68</sup>で紹介している。

### 3. 測定装置の利用報告に関するもの

ノルウェーでは、支持力測定に現在ダイナフレクトを利用するのが一般的なようである。Konow<sup>65</sup>は、利用例

からダイナフレクトの改良すべき点、測定能力、再現性などについて検討したが、その結論として次のように述べている。構造的には制動装置の改良によって氷雪上でも十分な制動効果が得られた。またエアー式ショックアブソーバーを装着することによってサスペンションが強化された。測定作業時には振動や湿気に起因するコードの切断や絶縁不良のトラブルが生じやすく、定期的な点検修理が必要である。測定能力は通常10~15km/日程度であり、再現性は比較的良いが、キャリブレーションを適度に行うことが必要である。

Freeme<sup>67</sup>が報告したHVS(Heavy Vehicle Simulators)は、舗装に繰返し荷重を与える舗装表面のたわみ、曲率、舗装内の弾性および永久たわみなど舗装の挙動を測定する装置である。南アフリカでは4台のHVS装置が、1970年以来用いられているが、本論文はHVS装置を用いたユーザーの経験を述べたものである。結論として、HVS装置は(1)合理的な設計による舗装コストの減少、(2)新材料の利用、(3)早期の破壊防止、(4)基本データの蓄積、(5)残余寿命の予測などに反映できるとしている。

舗装構造の解析には路床や舗装各層の弾性係数を必要とするが、Djärf<sup>68</sup>はそれを知る上で弾性波伝播法(Wave Propagation Method)は有力な手法であるとして、バイオブレータを用いた実験例を紹介している。5箇所の試験区間を設定し、舗装表面および舗装を開削した路盤、路床面で伝播速度を測定した。その結果舗装表面と開削後の路盤、路床面での伝播速度はほぼ一致し、弾性係数評価法としての弾性波伝播法は適切であると結論づけている。

### 4. 各装置の相関性について検討したもの

舗装の支持力を測定する目的で、いろいろな装置が各国で開発されているが、一方では装置間の関連性を検討した論文も多い。とくにベンケルマンビームを基準において比較検討する例が多いようである。

Elvira<sup>69</sup>は、3種類の舗装構造を対象にFWD(ピーク荷重約5t、載荷時間0.6秒)とベンケルマンビーム(軸荷重13t)を用いて、それぞれたわみ量を測定し相関を調べた。図-2はベンケルマンビームたわみ量(BBD)とFWDによるたわみ量(DD)の関係である。両者には明確な相関があり、その結果ElviraらはFWDたわみをオーバーレイ厚設計、舗装の供用性評価に適用出来るとしている。なお本論文ではたわみ量を20°Cに補正したものを用いているが、FWDの温度補正もベンケルマンビームと同様図-3の補正係数を使用している。

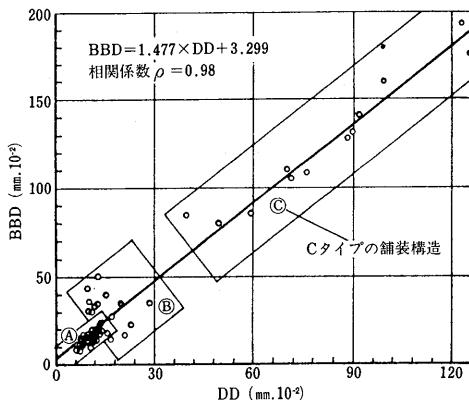


図-2 FWDによるたわみ(DD)と  
ベンケルマンビームたわみ(BBD)の関係

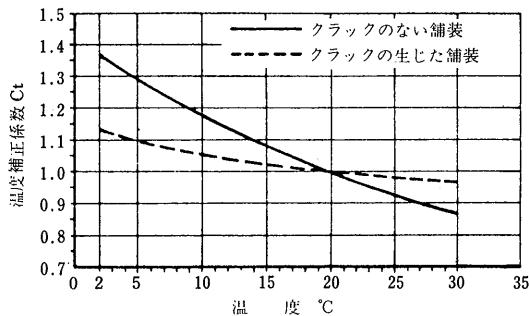


図-3 溫度補正係数

Deen<sup>⑥</sup>は、ロードレータとベンケルマンビームたわみ量の関係を、弾性理論による理論曲線で示し、両者の測定値を比較した。理論計算にはシェブロンコンピュータプログラムを用いている。実測は3種のフルデプス舗装と1種の一般的な舗装を対象に行われ、理論曲線にプロットした図を各舗装タイプごとに示している（ここでは省く）。

デンマーク、ノルウェー、スエーデンの北欧3国は、各種試験装置の関係を調べるために、大規模な比較調査を行った<sup>⑥</sup>。この調査は舗装構造や路床の異なる6つの試験区間を設け、12の測定装置を対象に実施したものである。各区間に測点を設け、実測を行ったところ、10装置の相互の関係が表-2のようになった。各装置間の相関は、ほぼ0.9以上あったが、平板載荷試験との間では、いずれも相関が良くない。

Refsdal<sup>⑦</sup>のものは、測定装置の関連性というよりも、舗装の支持力を測定する場合、何mピッチで実測するのが妥当であるかを検討したものである。これはノルウェーで1976年に実施した幹線道路の支持力調査の事前調査として行ったものである。検討には統計理論と実測値を

表-2 各測定装置により得られたたわみの  
相関と組合せの数

| METHOD | D E | L C  | F 2  | D Y  | F 1  | B F  | SPD | D D  | S P F | T V  |
|--------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|
| D E    |     | 0.89 | 0.85 | 0.89 | 0.78 | 0.96 |     |      |       | 0.66 |
| L C    | 55  |      | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.94 |     |      |       | 0.75 |
| F 2    | 55  | 77   |      | 0.96 | 0.95 | 0.88 |     | 0.91 | 0.67  | 0.95 |
| D Y    | 55  | 76   | 128  |      | 0.93 | 0.91 |     |      |       | 0.84 |
| F 1    | 41  | 58   | 109  | 111  |      | 0.92 |     | 0.86 | 0.73  | 0.37 |
| B F    | 42  | 59   | 99   | 100  | 99   |      |     |      | 0.85  | 0.76 |
| SPD    |     |      |      |      |      |      |     | 0.50 | 0.98  |      |
| D D    |     |      |      | 32   |      | 32   | 32  |      |       | 0.98 |
| S P F  |     |      |      | 33   |      | 33   | 33  |      | 31    | 0.49 |
| T V    | 42  | 58   | 64   | 65   | 64   | 65   |     | 31   | 32    |      |

凡例 (注) 右斜上: 相関係数、左斜下: 組合せの数

D E: デフレクトメータ (デンマーク)

L C: ラクロアデフレクトグラフ (ノルウェー)

F 2: FWD (スエーデン) … 2荷重

D Y: ダイナフレクト (ノルウェー)

F 1: FWD (スエーデン) …… 1荷重

B F: ベンケルマンビーム

SPD: 静的平板載荷試験 (デンマーク)

D D: 衝撃的平板載荷試験 (デンマーク)

S P F: 静的平板載荷試験 (フィンランド)

T V: ヘビーバイブレータ (スエーデン)

用いているが、実測にはダイナフレクト6台、ベンケルマンビーム11組、ラクロアデフレクトグラフ1台を用いている。そして試験区間はノルウェー国内の幹線道路に1区間1kmづつ、16区間選定した。

ラクロアデフレクトグラフは、たわみの実平均値を与えていると考え、測定点を4.42m間隔でとっている(226点/km)。すなわち、この測定数の代りに異なる測定数をとった場合、信頼度にどの程度の影響を及ぼすかを検討したものである。結果として支持力調査では20測点/km、(50m間隔)を採用した。これはサンプル平均値が90%の信頼度で、実平均値の15%以内(実際にはもう少し良い)であることになる。

## 5. おわりに

セッションIVは、タイトルのとおり大部分が測定装置の紹介で、機構や操作方法の説明に重点をおいている論文が目立った。そして道路網の拡大とともに要求されるのは、自動化された連続測定出来る装置の開発であるが、とくに北欧3国で推奨するFWD装置や、フランスのデフレクトグラフ、さらにダイナフレクトは世界各国に普及しつつある印象を受ける。わが国においてもこのような要請は同様であり、自動化された装置に関する情報は大いに参考になるものと思われる。

## セッション V Bearing Capacity Evaluation and Design Systems 支持力評価と設計システム

姫野賢治 東京工業大学工学部土木工学科

### セッション V BEARING CAPACITY EVALUATION AND DESIGN SYSTEMS (支持力評価と設計システム)

| 論文番号 | 論文名   |              | 著者(国名)                   | 概要  |
|------|---|--------------|--------------------------|---|
|      | 英文  | 和文           |                          |   |
| ⑥    | BEARING CAPACITY EVALUATION AND DESIGN SYSTEMS. | 支持力評価と設計システム | Schwaderer, W.<br>(西ドイツ) | 舗装のわだち掘れその他の破損の多くは、舗装系自身や荷重の不均一性に依存しているため、これらを積極的に取入れて支持力を評価する。 |

#### 1. SYSTEMS DESCRIBED IN PRINCIPLES ONLY (主に理論からみたシステム)

|   |  |                                   |  |   |
|---|--|-----------------------------------|--|---|
| ⑥ | THEORETICAL ANALYSIS OF BEARING CAPACITY AND MODIFICATION OF THE LCN METHOD FOR INVESTIGATION OF CONCRETE AIRPORT PAVEMENTS. | 支持力の理論的解析と空港コンクリート舗装調査のためのLCN法の改良 | Lederer, K.<br>(ハンガリー)                             | 空港コンクリート舗装では、版の塑性化直後にはクラックもなく支持力も十分余裕のある点に着目し、LCN法を塑性領域にも拡張して適用しようと試みる。 |
| ⑦ | CONDITION SURVEY OF ROAD NETWORK FOR PAVEMENT STRENGTH AND REHABILITATION EVALUATION.  | 舗装強化と補修判定のための道路網状況調査              | Larsen, T.J.<br>(アメリカ)                             | 米国では多くの州間道路網で急激に使用性能が低下しているため、道路網の評価、維持、補修の各手順につき種々の方法を紹介する。            |
| ⑧ | THE ASSESSMENT OF MAINTENANCE AND RECONSTRUCTION NEEDS FOR ROAD PAVEMENTS.   | 道路舗装の維持と打換え必要性の評価                 | Tapio, R.<br>(フィンランド)                              | 道路網における舗装の性状、補修時期、工法の選択などに関する判断材料を得るために、データバンクを新設し、これを処理する電算プログラムを開発する。 |
| ⑨ | EVALUATION OF STRUCTURAL ADEQUACY OF FLEXIBLE PAVEMENTS.   | たわみ性舗装の構造評価                       | Sharma, M.G.<br>Rafie, S.<br>Fernaro, G.<br>(アメリカ) | AASHO 道路舗装の一つの成果として知られる舗装材料の等値換算係数の概念を舗装材料、気象、載荷条件などが異なる場合について拡張する。     |

#### 2. EVALUATION OF SINGLE BEARING CAPACITY PARAMETERS (個々の支持力因子についての評価)

|   |   |                                    |   |   |
|---|---|------------------------------------|---|---|
| ⑩ | PERMANENT DEFORMATION IN PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION.  | 舗装の設計・評価における永久変形について               | Uzan, J.<br>(イスラエル)                                     | アスファルト舗装のわだち掘れ量予測モデルを、塑性の概念を導入した理論的な方法と、実測データをもとにした統計的方法とによってそれぞれ誘導し提案する。         |
| ⑪ | A COMPREHENSIVE EVALUATION OF UNBOUND GRANULAR MATERIAL RESPONSE FOR ITS USE IN PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION STUDIES. | 舗装の設計・評価に用いる粒状材料の挙動の評価             | Lees, G.<br>Bindra, S.<br>(イギリス)                        | 3種類の粒状材料に対し、繰り返し三軸試験、CBR試験、修正CBR試験、衝撃ハンマー試験等の各種試験を実施し、測定値間の関係を求める。                |
| ⑫ | PAVEMENT DEFLECTIONS TO ESTABLISH SOIL SUPPORT VALUES FOR OVERLAY DESIGN.   | オーバーレイ設計に用いる路床支持力値を求めるためのたわみ測定について | Godwin, H.F.<br>Miley, W.G.<br>(アメリカ)                   | AASHO 道路試験で得られた成果を利用し、ダイナフレクトによるアスファルト舗装の動的たわみ量から路床支持力値を推定し、オーバーレイ厚を求める方法について述べる。 |
| ⑬ | PAVEMENT STRENGTHENING USING UNBOUND MATERIALS.   | 粒状材料による舗装の強化                       | Orama, R.<br>Partanen, M.<br>(フィンランド)                   | 粒状材料を用いた層の変形係数を粒度分布曲線から得られるパラメータを利用して推定する方法について検討する。                              |
| ⑭ | TECHNIQUE FOR EVALUATION OF EARTHWORK CONSTRUCTION.   | 土木施工の評価方法について                      | Guirguis, H.R.<br>Mesdary, M.S.<br>Kumar, R.V.<br>(ケート) | Depth Probe という検知器を利用して、舗装内部各層のたわみを直接に測定し、強度の小さい層を見つけて出す方法を開発する。                  |
| ⑮ | FIELD STUDIES OF LONG TIME STRUCTURAL PERFORMANCE OF TWO-LAYER PAVEMENT CONSTRUCTIONS.                                  | 2層構造の長期的な供用性に関する現場研究               | Örbom, B.<br>(スウェーデン)                                   | FWDを用いて舗装各層の変形係数を求める手法を開発し、試験舗装によって変形係数の経年変化も調べる。                                 |
| ⑯ | ANALYSIS OF PAVEMENT STRUCTURES USING DYNAPLECT DEFLECTIONS.  | ダイナフレクトによる舗装構造の解析                  | Ruth, B.E.<br>Lybas, J.M.<br>(アメリカ)                     | ダイナフレクトによってコンクリート舗装のたわみ形状を測定し Wetergaard 理論や有限要素法による計算値と比較する。                     |
| ⑰ | THE SET-UP OF PLATE INDEX AND BEARING CAPACITY.   | K値と支持力の関係                          | Gradkowski, K.<br>Manko, Z.<br>(オランダ/ポーランド)             | 大がかりな室実験によって、粒状材上のコンクリート版の沈下や沈下速度を測定し、版の形状や面積などの要因の及ぼす影響を検討する。                    |

#### 3. OPERATIONAL SYSTEMS FOR ROAD NETWORK SURVEYS (道路網調査の運用システム)

|   |   |  |                                     |  |
|---|---|--|-------------------------------------|--|
| ⑯ | PURSUING THE STATE OF BEARING CAPACITY BY MEANS OF DEFLECTOGRAPH LACROIX ON THE NETWORK OF ROADS OF SOCIALIST REPUBLIC OF SLOVENIA. | スロバニア社会主義共和国の道路網におけるラクロワデフレクトグラフを用いた支持力調査法について | Mejak, D.<br>Leben, B.<br>(ユーゴスラビア) | ラクロワデフレクトグラフを用いて国内道路網の支持力を広範囲に調査し、統計的にたわみ量の分布や残存寿命等を調べる。 |
|---|---|--|-------------------------------------|--|

| 論文番号 | 論文名  |                             | 著者名<br>(国)                               | 概要  |
|------|--|-----------------------------|--|---|
|      | 英 文  | 和 文                         |  |   |
| ⑦    | STATE-OF-THE-ART ON EVALUATION OF PAVEMENTS IN FRANCE.                                       | フランスの舗装評価技術の水準              | Boulet, M.<br>Gramsmann, J. C.<br>(フランス) | 舗装支持力を調査するための各種の試験装置を列記し、フランス国内での実用状況を紹介する。   |
| ⑧    | THE USE OF A DATA BANK FOR AXLE LOAD POLICY PLANNING AND STRENGTHENING PURPOSE.              | 輪荷重制限と舗装強化のためのデータバンクの利用について | Refsdal, G.<br>Thomassen, S.<br>(ノルウェー)  | ノルウェーの全国の幹線道路の支持力、破損状況、排水条件等を一つのデータバンクに集計し、輪荷重制限や補修時期把握のために利用している例を紹介する。                  |
| ⑨    | USE OF PAVEMENT EVALUATION DATA FOR THE STUDY OF ROAD RECONSTRUCTION REQUIREMENTS IN FRANCE. | フランスにおける道路補修方法の研究           | Marchand, J. P.<br>(フランス)                | 舗装構造の支持力低下を説明する要因として、たわみ量、たわみの曲率半径、曲率半径とたわみの積などを取り上げ、ロードダイヤグラムを作成して補修の必要性を判断する方法について説明する。 |
| ⑩    | THE BEARING CAPACITY SURVEYS OF THE HUNGARIAN ROAD NETWORK.                                  | ハンガリーの道路網の支持力測定             | Boromisza, T.<br>(ハンガリー)                 | ベンケルマンビーム又はラクロアデフレクトグラフによって測定されたたわみ量と残余寿命の関係を定式化し、さらに寿命に影響を与える要因の検討を行う。                   |

#### 4. OPERATIONAL SYSTEMS FOR GENERAL BEARING CAPACITY EVALUATIONS (一般的な支持力評価のための運用システム)

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| ⑪ | A NEW METHOD FOR THE STRUCTURAL EVALUATION OF AIRFIELD PAVEMENTS.                                | 空港舗装構造の新評価法について                          | Molenaar, A. A. A.<br>von Deviere, M.<br>(オランダ)                      | 空港アスファルト舗装の構造評価を等値換算舗装厚を用いて行い、さらにオーバーレイ厚の設計法を提案する。  |
| ⑫ | STRUCTURAL EVALUATION AND OVERLAY THICKNESS DESIGN OF AIRPORT PAVEMENT BY DYNAFLECT DEFLECTIONS. | ダイナフレクトのたわみによる空港アスファルト舗装の構造評価とオーバーレイ厚の設計 | Sato, K.<br>Fukute, T.<br>(日本)                                       | ダイナフレクトのたわみ量を用いて既設アスファルト舗装の構造を評価し、さらに2層・3層弾性理論を利用して必要オーバーレイ厚を設計する方法を提案する。                   |
| ⑬ | AIRCRAFT PAVEMENTS: EVALUATION AND OVERLAY DESIGN.   | 空港舗装: 評価とオーバーレイの設計について                   | Koole, R. C.<br>Visser, W.<br>(オランダ)                                 | FWD と多層弾性理論を用いて空港舗装を力学的に評価し、その結果を利用してオーバーレイ厚の設計法を提案する。                                      |
| ⑭ | PAVEMENT LAYER MODULES EVALUATED FROM DEFLECTION BASIN.  | たわみ形状によって評価した舗装各層の弾性係数について               | Wang, M. C.<br>(アメリカ)  | ロードレータによって測定されたたわみ量、たわみ形状を用いて舗装各層の弾性係数を求め、平板載荷試験結果等から評価された弾性係数と比較する。                        |
| ⑮ | COMPUTER AIDED FLEXIBLE PAVEMENT ANALYSIS  | コンピュータを用いたたわみ舗装の解析                       | McMullen, D.<br>Snaith, M. S.<br>(イギリス)                              | コンピュータを用いて舗装のモデル化を行い、たわみ量と温度の関係、デフレクトグラフのたわみ量とベンケルマンビームのたわみとの関係、オーバーレイ施工前後のたわみ量の関係等に検討を加える。 |
| ⑯ | PAVEMENT PERFORMANCE STUDY FOR OVERLAY DECISION.   | オーバーレイのための舗装の供用性について                     | Suckarieh, G.<br>(アメリカ)  | ダイナフレクトによる実測たわみを用いて舗装の供用性を評価とともに、オーバーレイ後の残余寿命を予測する。   |
| ⑰ | REBOUNDS ON UNPAVED ROADS USING THE BENKELMAN BEAM.  | ベンケルマンビームの非舗装道路への適用                      | Dohaney, W. J.<br>(カナダ)  | ベンケルマンビームが粒状材料を表層にもつ道路にも適用し得ることを示し、オーバーレイ厚や残余寿命についても検討する。                                   |
| ⑱ | DYNAMIC DEFLECTIONS OF PAVEMENT: MEASUREMENTS, INTERPRETATIONS AND APPLICATIONS.                 | 舗装の動的たわみ: 測定・解釈及び応用                      | Bandopadhyay, S.<br>(アメリカ)   | ダイナフレクトを用いて舗装のたわみ形状を測定し5つのパラメータを抽出して既設舗装、オーバーレイ厚などを評価する。                                    |
| ⑲ | THE SPANISH STANDARD FOR STRENGTHENING OF ROAD PAVEMENTS.  | 道路舗装強化のためのスペインでの基準について                   | Achutegui, F.<br>Kraemer, C.<br>Paez, J.<br>Mora, C.<br>(スペイン)       | 1979年にスペインにおいて定められた舗装強化のための各基準の紹介を行う。   |
| ⑳ | ROAD RATER OVERLAY THICKNESS DESIGN FOR MODIFIED FLEXIBLE PAVEMENTS.                             | たわみ性舗装の補修のためのロードレータを使用したオーバーレイ設計法        | Kilareski, W. P.<br>(アメリカ)   | ロードレータを用いて約1kmに及ぶ試験舗装のたわみ量を測定し、データの集収、解析を行って新しいオーバーレイ設計法を提案する。                              |
| ㉑ | OVERLAY DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENTS USING DYNAFLECT.  | ダイナフレクトを用いたたわみ性舗装のオーバーレイ設計法              | Majidzadeh, K.<br>Ilves, G. J.<br>McComb, R. A.<br>(アメリカ)            | 舗装の評価とオーバーレイ設計のために電算プログラムを開発し、既存の各手法と比較・検討する。   |
| ㉒ | DEFLECTION BASIN SHAPE AS BEARING CAPACITY INDICATOR FOR PAVEMENT STRENGTHENING PURPOSES.        | 舗装強化のための支持力の指標としてのたわみ形状                  | Branco, F.<br>Pinelo, A.<br>Morais, A.<br>(ポルトガル)                    | ベンケルマンビーム及びコア彩取によって舗装のたわみ量と各層の厚さを測定し、多層弾性理論を利用してオーバーレイ厚を設計する方法について述べる。                      |
| ㉓ | OVERLAY DESIGN OF RIGID PAVEMENTS USING DYNAFLECT.   | ダイナフレクトによるコンクリート舗装のオーバーレイ厚設計法            | Majidzadeh, K.<br>Ilves, G. J.<br>McComb, R. A.<br>May, R.<br>(アメリカ) | コンクリート舗装上のオーバーレイの合理的な設計法を確立するために、現場データの集収及び理論的解析を行う。  |
| ㉔ | NORWEGIAN PRACTICES FOR AXLELOAD RESTRICTIONS IN SPRING THAW.                                    | ノルウェーでの融解期の車輌重軸の制限について                   | Thomassen, T. S.<br>Eirum, R.<br>(ノルウェー)                             | 舗装支持力が最も低下する春の融解期に車輌の軸量を制限し、また制限する期間を決定する方法について、ノルウェーの場合を紹介する。                              |
| ㉕ | RESIDUAL LIFE DETERMINATION OF FLEXIBLE AIRFIELD PAVEMENT SYSTEMS.                               | 空港たわみ性舗装の残余寿命について                        | Sandhwalia, P. S.<br>(インド)   | 動的載荷試験機を用いて空港たわみ性舗装各層の力学的特性を調査し、残余寿命を予測する方法について述べる。   |

## 1. はじめに

セッション V、「支持力評価と設計システム」には全部で33編の論文が収められており、(1)主に理論面から見たシステム、(2)個々の支持力因子についての評価、(3)道路網調査の運用システム、(4)一般的支持力評価のための運用システムという4つのテーマに分類されている。

各論文の目的、手法は様々であるが、全般的な傾向として、空港舗装を扱ったものが少ないと、コンクリート舗装よりもアスファルト舗装を対象にしたものが多いこと、また、供用中舗装の調査項目のうち、平坦性、ひびわれ、わだち掘れ、すべり抵抗などに触れているものはわずかで、ほとんどの論文がたわみ量またはたわみ形状を中心にして検討を行っていることなどを挙げることができる。

Schwaderer<sup>(6)</sup>は、セッションVの総括報告者として、ベンケルマンビームやダイナフレクトなどによって舗装のたわみ量を測定し、多層弹性理論などの解析法を用いて支持力を評価するという、非常にオーソドックスな手法に対する警告的な意見として、舗装に生ずる破損の多くは舗装自体の構造や加わる外力の不均一性に由来しており、支持力の評価にあたっては、このバラツキを積極的に取り入れていく必要があることを主張している。

## 2. 主に理論面から見たシステム

ここには4編の論文が挙げられているが、これらが他に比べて特に理論面を重視しているという印象は受けない。

Lederer<sup>(6)</sup>は空港コンクリート舗装にLCN法を適用し、コンクリート版内部のひずみが弾性限度内でたわみ量が2.5 mm以下であるという、従来の破壊規準に対して、版が塑性化しても初期の段階では支持力も十分で、表面には目に見えるひびわれは存在しない点に注目してLCN法を塑性領域に拡張して適用し、破壊時の荷重とたわみの関係をWestergaardの公式によって理論的に誘導している。

Larsen<sup>(6)</sup>は、PSIによってアメリカ国内の道路の供用性を評価し、その値に応じた維持、補修の方法を紹介しているが、調査から補修に至るまでの判断基準や方法を体系的に述べており、参考になる。

Tapio<sup>(6)</sup>は、道路網を維持、管理するために必要なデータ、すなわち、舗装の性状、補修時期、工法選択などに関する判断材料を提供するためのデータバンクの作製とコンピュータプログラムの開発に関し、これらが具備しなければならない条件として、使い易いこと、維持、

補修の時期が予測できること、投資額を適正に配分できること、破損の程度と補修工法が正確にわかるなどとを挙げている。

## 3. 個々の支持力因子についての評価

支持力に影響を及ぼす因子については、セッションIIIで詳細に述べられているが、ここに収められた8編の論文は、これらのうちの路床条件や構成材料などの内的要因が支持力に与える影響について触れている。

Uzan<sup>(7)</sup>はアスファルト舗装のわだち掘れ量を、静的載荷時のたわみ量と車輪通過回数を説明変数として予測する理論的方法と統計的方法を提案している。しかし、アスファルト混合物に塑性の概念を導入しており若干の疑問を感じる。

粒状材料の挙動を扱った論文には<sup>(7), (8), (9)</sup>がある。Leesら<sup>(7)</sup>は種々の粒状材料のレジリエントモジュラス( $M_R$ )をCBR値と平均垂直応力( $\theta$ )から推定する式として、それぞれ、

$$M_R = K \cdot CBR \quad (1)$$

$$M_R = K_1 \theta^{K_2} \quad (2)$$

(ここに、 $K$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ は材料により異なる定数)を提案している。また、Godwinら<sup>(7)</sup>は粒状材料の変形係数を粒度曲線に基づく種々の特性値から推定する方法を述べているが、含水比による検討はされていない。Gradkowskiら<sup>(7)</sup>は大がかりな室内実験装置を用いて種々の形状のコンクリート版が、外力の作用で粒状材料に沈下する現象について考察し、粒状材に接する面の形状は凹であるほど沈下が小さく、版の重量が大きいほど沈下が早く起り安定し易いという結果を報告している。

路床の支持力について扱った論文には<sup>(7), (8), (9)</sup>があるが、いずれもダイナフレクトやFWDを用いて測定された舗装表面のたわみ量やたわみ形状から、AASHTOの実験式やWestergaardの公式などによって路床の支持力を推定し、直接に測定した支持力と良い一致を見ている。これらの手法の特徴は、舗装を傷つけることなく路床支持力の経年変化を捉えられることであるが、このためには路盤以上の層のスティフネスや厚さもデータとして必要であり、これらも経年変化するため舗装全体を総合的に扱う手法が必要になってくると思われる。このような意味でGuirguisら<sup>(7)</sup>の提案するDepth Probeという検知器は迅速な処理は期待できないが、各層のたわみ量を直接に測ることができる点で精密な調査には有用であろう。

#### 4. 道路網調査の運用システム

ここでは、主にヨーロッパ諸国において、国内道路網の種々のデータを集めてロードダイヤグラムやコンピュータ処理用のデータバンクを作成して維持、補修の計画を集中的に行っている状況を紹介した論文が収められている。これらが備えるべき条件は前述のように Tapio<sup>⑥⁸</sup>が列記している。データは、種々の装置により測定された区間ごとのたわみ量が中心で、さらに施工条件や気温などを含めている例が多い。

Mejak ら<sup>⑦⁹</sup>と Refsdal ら<sup>⑩</sup>は雪国特有の考え方として春の融解期の支持力低下を非常に大きな問題として扱っており、対策として車輌の軸重制限を実施している例を紹介している。舗装の状態に合わせて通行する車輌を制限するというこの発想は、わが国のものとは異なるようである。

Majak らはデフレクトグラフによって国内道路網のたわみ量を測定し、これを春季のベンケルマンビームによるたわみに換算して、この分布がほぼ正規分布に従うこととを示した。さらに AASHO の実験式によって、PSI が 1.5 に低下するまでの残存寿命 (T) を計算して、この分布が、図-1 に示すように

$$f(T) = 0.1 e^{-0.1T} \quad (0 \leq T \leq 20) \quad (3)$$

で表わされることを確かめている。また、オーバーレイ後の舗装の残存寿命が極めて大きくなることを指摘しており、オーバーデザインの問題が絡んでいる可能性がある。

Boulet ら<sup>⑨</sup>は、フランスで使用されている各種の供用中舗装の測定装置を紹介しており、このうち、collograph は表面に達していない舗装内部のひびわれを検出する

能力を持っている。これは、初期疲労ひびわれの発見などに有望であろうと期待される。

以上の各論文では、道路網をどの程度の延長で分割してゾーンやセクションを作りデータを整理しているのか詳しくは説明されていない。しかし、対象となった道路網の総延長はいずれも 20,000 km 程度のようで、これはわが国的一般国道の延長の概ね半分に相当する。

#### 5. 一般的支持力評価のための運用システム

ここには、セッション V の約半分に当たる 15 編の論文が収められており、これらの多くは、オーバーレイの設計や舗装各層のスティフェネスの推定を目的としている。

空港アスファルト舗装を対象としたものに、<sup>⑩</sup>、<sup>⑪</sup>、<sup>⑫</sup>がある。Molenaar ら<sup>⑩</sup>は、FWD を用いて測定されたたわみ量から路床の弾性係数とこれを基準にした等値舗装厚 (he) を求め、必要オーバーレイ厚 (hovetrlay) を次式により算出している。

$$hovetrlay = 1.11 (he_{new} - he) / \sqrt[3]{E_{overlay}/E_3} \quad (4)$$

ここで、  $he_{new}$  : 必要等値舗装厚

$he$  : 既設舗装の等値厚

$E_{overlay}$  : オーバーレイ厚の弾性係数

$E_3$  : 路床の弾性係数

この計算式は、既設舗装の弾性係数を直接には使用しない点が従来の方法とは異なる。Koole<sup>⑮</sup>も同様に FWD を使用しているが、実測たわみ量と多層弾性理論とから舗装各層の弾性係数とひずみ度を求め、マイナー則を用いて残存寿命を推定している。この手法の骨子は第 4 回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議に紹介さ

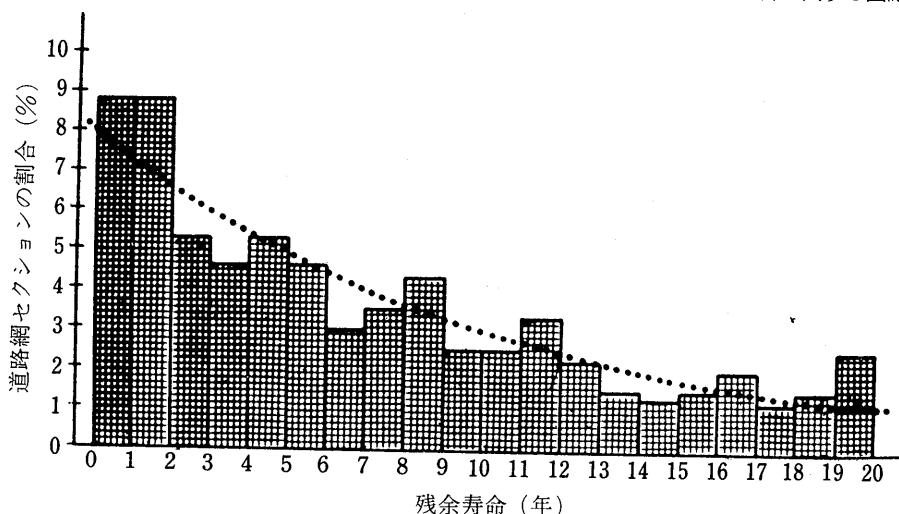


図-1 残存寿命の分布

れている Shell の方法に類似している。また、佐藤ら<sup>(84)</sup>は、ダイナフレクトによるたわみ量と多層弾性理論とを結びつけ、オーバーレイ後のたわみ量が、設計荷重に応じて設定された許容たわみ量を下まわるようにオーバーレイ厚の設計を行う方法を提案しており、従来の T<sub>A</sub> 法と同程度の値が得られることを確認している。

このセッションの他の論文は全て道路舗装に関するもので、セッション IV でも述べられているように、たわみ量の測定装置としてはベンケルマンビームからダイナフレクトへ移行する傾向がうかがえる。McMuller ら<sup>(87)</sup>や前述の Mejak<sup>(88)</sup>らは、従来からの実験式を適用するためにダイナフレクトの測定値をベンケルマンビームのたわみ量に変換する手法を考えている。これに対し、各センターの読取値からたわみ形状を求めて解析に用いようとするもの<sup>(88), (89), (90)</sup>、コンクリート舗装の目地の伝達機能を調査しようとするもの<sup>(91)</sup>、融解期の支持力低下に関連づけようとするもの<sup>(92)</sup>など、新たな手法の開発を試みるものもある。

Wang<sup>(86)</sup>は、ロードレータで測定されたたわみ量と多層弾性理論を用いて各層の弾性係数を推定する方法を提

案し、路床土の含水量、舗装体の温度、外気温などが弾性係数に及ぼす影響を検討している。しかし、ここで推定した弾性係数の値は他の試験によって求めたものとかなり異なっているようである。

Thomassen<sup>(96)</sup>は融解期の軸重制限を目的としているが、他の論文は何らかの形で舗装のオーバーレイの設計を目的としている。その手法の多くは、各種測定機による舗装のたわみ量と残余寿命との関係を予め求めておき、オーバーレイ前後のたわみ量からオーバーレイ厚さを求めるものである。

## 6. おわりに

以上、セッション V に収められた論文の概要を紹介してきたが、この会議では、論文にページ制限が課せられたためか、具体的な事例ぬきで大まかな概要を伝えたような形式のものもみられ、全てが直接に支持力評価に役立つとは言えないかも知れない。しかし、すぐれた技術や解析方法も多く、積極的に取り入れて発展させていく余地がかなりあるように思われる。

日本アスファルト協会・発行

## 『アスファルト・ポケットブック』

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文85ページ・実費領価 1部 500円(送料実費は申込者負担)  
ハガキにてお申込み下さい。

### 主な内容

- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- 石油アスファルトの価格
- 道路投資額と石油アスファルト需要

- 道路の現況
- 道路整備 5カ年計画
- 参考資料
- 石油供給計画
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 住所録
- 会員名簿
- 関連官庁・関連団体

## セッション VI Case Histories (Road) 既設舗装の履歴（道路）

## セッション VII Case Histories (Airfields) 既設舗装の履歴（空港）

野 村 敏 明 日 澄 化 学 工 業 技 術 研 究 所

### セッション VI CASE HISTORIES (ROADS) (既設舗装の履歴(道路))

| 論文番号 | 論 文 名   | 著 者名                               | 概 要   |
|------|---|------------------------------------|---|
| ⑧    | INTRODUCTORY PAPER.   | 緒 論                                | 舗装の支持力を十分に評価するためには、履歴調査を行うことが必要であることを提倡する。                                  |
| ⑨    | USE OF DEFLECTION MEASUREMENTS IN INVESTIGATION OF PREMATURELY FAILED ROAD.   | 早期破壊道路の研究におけるたわみ測定の利用              | 供用初期に大きなたわみが発生し破壊した道路についてベンケルマンビームたわみ試験を行って原因調査と維持対応策を検討する。                 |
| ⑩    | AN ANALYTICAL STRUCTURAL INVESTIGATION OF A FAILURE ON A NEW PAVEMENT.  | 新設舗装の破壊についての構造解析調査                 | ホットロードアスファルトの表層に発生するひびわれとそれの原因調査として、ベンケルマンビームたわみ測定と種々の調査データから舗装構造解析を行う。     |
| ⑪    | IMPLEMENTATION OF ROAD RATER DEFLECTION TESTING FOR PAVEMENT EVALUATION AND OVERLAY DESIGN.   | 舗装の評価とオーバーレイ設計へのロードレータたわみ試験の適用     | ロードレータたわみ試験、わだち掘れ測定、および路床のCBR測定により舗装の評価とオーバーレイ設計を行う。                        |
| ⑫    | EVALUATION OF THE AFGOIBAIDOA ROAD-SOMALIA.   | AFGOI-BAIDO A道路の評価                 | ベンケルマンビームおよびFWDを用いたたわみ測定により既設舗装の支持力を評価し、オーバーレイ設計を行う。                        |
| ⑬    | A CASE STUDY ON THE USE OF SURFACE DEFLECTION MEASUREMENTS IN THE DESIGN OF AN ASPHALTIC CONCRETE OVERLAY.  | 表面たわみ測定によるアスファルトコンクリートオーバーレイ設計の一研究 | 北アイルランドにおけるたわみを用いた有限要素多層構造解析法(DEFPVA)のオーバーレイ設計への利用について検討する。                 |
| ⑭    | OVERLAY STRATEGY BASED ON MECHANISTIC ANALYSIS AND DESIGN. A CASE HISTORY.  | 力学的解析と設計に基づくオーバーレイ戦略の一例            | デンマークで新たに開発されたダイナテスト舗装修繕管理システム(DMS)を用いたオーバーレイ設計法について検討する。                   |
| ⑮    | AN INVESTIGATION TO DETERMINE THE STRUCTURAL CAPACITY AND REHABILITATION UTILIZATION OF A ROAD PAVEMENT USING THE PAVEMENT DYNAMIC CONE PENETROMETER. | 動的コーン貫入試験による構造評価と補修に関する一考察         | 南アフリカにおける既設舗装の評価と統一した補修設計方法を確立するために動的コーン貫入試験による「舗装強度一バランス」の手法を用いて検討を行う。     |
| ⑯    | THE CALIBRATION OF AN EXISTING DESIGN METHOD FOR NEW CONDITIONS.  | 新しい条件下での既存設計法の利用                   | たわみ量に基づいたTRRL設計法を軽交通量区分(通過軸数20万回未満)まで拡大利用することができるかどうかを検討する。                 |
| ⑰    | THE EVALUATION OF A FREEWAY PAVEMENT USING A COMBINATION OF HEAVY VEHICLE SIMULATOR TESTING AND MECHANISTIC ANALYSIS METHODS.                         | 重交通シミュレート試験と力学的解析法による高速道路の評価       | 高速道路の補修に際し、重交通シミュレート試験(HVS)を実施して載荷繰返し回数と推定累積交通量との比較により残余寿命の評価を行う。           |
| ⑱    | DEFLECTION SURVEYS OF ROAD PAVEMENTS WITH CEMENTED ROADBASES.   | セメント安定処理路盤舗装におけるたわみ調査              | セメント安定処理路盤におけるひびわれ発生状況をフレクトグラフを用いたたわみ測定から推測して舗装の残余寿命を評価する。                  |
| ⑲    | DYNAMIC DEFLECTION MEASUREMENTS: A PRACTICAL TOOL FOR THE EVALUATION OF BEARING CAPACITY OF STABILIZED BASES AFTER CONSTRUCTION.                      | 動的たわみ測定機—安定処理路盤施工後の支持力評価のための実用的装置  | セメント安定処理路盤は粒状路盤より小さなたわみ量であるため従来の試験装置では問題があるのでこれに代わる支持力評価方法として動的たわみ測定機を開発する。 |
| ⑳    | THE USE OF BENKELMAN BEAM DEFLECTION READINGS IN EVALUATION OF EXTREMELY HEAVY VEHICLE MOVES.   | ベンケルマンビームたわみ試験による重交通道路の評価          | 原子炉圧力管輸送経路の舗装における超大荷重(全重量350万ポンド)に対する支持力の評価をシミュレート走行試験、およびベンケルマンビーム試験から行う。  |
| ㉑    | BEARING CAPACITY CLASSIFICATIONS OF STRENGTHENING OBJECTS BY FWD-MEASUREMENTS.  | FWD測定による補修のための支持力の分類               | FWD測定を行い砂利道路の支持力を6つのタイプに分類することによって経験に基づいたオーバーレイ設計を行う。                       |
| ㉒    | ASSESSMENT OF THE BEHAVIOUR OF A RECENTLY OVERLAID PAVEMENT IN KENYA: JUSTIFICATION OF THE DESIGN METHOD.   | ケニアにおける最近のオーバーレイ舗装の挙動評価——その設計法の確立  | オーバーレイ設計において二層弾性理論に基づいた等価係数の概念を用いて、たわみと曲率半径から必要なオーバーレイ厚を決定する手法の確立をめざす。      |

## セッションVII CASE HISTORIES (AIRFIELDS) (既設舗装の履歴 (空港))

| 論文番号  | 論文名   | 著者(国名)   | 概要  |
|-------|---|--|---|
| (113) | INVESTIGATION OF THE BEARING VALUES OF THE EXISTING CONCRETE PAVEMENT OF THE BANGKOK INTERNATIONAL AIRPORT.                 | Runenkrairergsa, T.<br>Samarng, S. N.<br>(タイ)              | 空港舗装の支持力特性の評価およびオーバーレイ設計のために様々な現場試験と室内試験を行い総合的に検討する。                |
| (114) | EVALUATION OF THE BEARING CAPACITY OF THE RUNWAYS AND TAXIWAYS AT AMSTERDAM AIRPORT SCHIPHOL.                               | van Dijk, F. J. V.<br>Weder, C. J.<br>Rol, A. H.<br>(オランダ) | 航空機の荷重を利用してたわみ測定・静的コーン貫入試験を行い, BISAR のコンピュータプログラムを用いて空港舗装の支持力を評価する。 |
| (115) | AN INVESTIGATION TO DETERMINE THE STRUCTURAL CAPACITY OF AN AIRFIELD PAVEMENT USING THE PAVEMENT DYNAMIC CONE PENETROMETER. | van Heerden, M. J. J.<br>Rossouw, A. J.<br>(南アフリカ)         | 空港舗装の構造評価に対する基礎的研究として、動的コーン貫入試験から現場CBRを算出し室内試験からの水浸CBRと比較検討を行う。     |

### 1.はじめに

セッションVIとVIIはCase Histories をテーマとしてまとめられているので一緒に紹介していく。セッションVIは道路に関して13編、セッションVIIは空港に関して5編、合計18編の論文で構成されている。しかしセッションVIIには道路に関するものが最後に2編収められていたので、それらはセッションVIに組み入れることにした。

ところで、Case Histories の解釈であるが、論文中では明確に定義されていない。総括報告者であるJeuffroy<sup>⑧</sup>の論文から判断すると、Case Histories とは「既設舗装の履歴」を意味するものと思われる。これは、既設舗装が施工後どのような過程を経て現在に至っているのかをいろいろな項目について調査することであって、支持力を評価する際に重要な因子となるものであろう。

### 2.履歴調査の必要性

総括報告者<sup>⑨</sup>は、既設舗装の支持力を評価するためには舗装の履歴調査が必要である、と述べているのでその要旨をまとめて紹介する。

舗装の支持力を評価するためには力学的モデルを用いた解析が望まれる。この力学的モデルを用いるためには構造に関する十分な情報が必要であり、その指標としてたわみがよく利用される。たわみ測定法は舗装を構成する各層の力学的挙動を調査するもので、他の測定法に比べて経済的であり操作的にも簡易で優れた方法である。しかし、舗装の種々の条件下においては同じたわみ量であってもその舗装のもつ寿命は様々である。従ってたわみによる単一の指標だけではなく、既設舗装の履歴についての情報も含めた上で舗装を評価すべきであり、それによってより適切な残余寿命の予測が可能となる。

結論として、舗装の支持力を最もよく評価するために次の3項目の組合せが重要である。

- (1) 力学的モデルによる構造解析
- (2) サウンディング
- (3) 既設舗装の履歴調査

ここで、サウンディングとは一般にロッドに付けた抵抗体を地中に圧入し、貫入・回転・引抜きなどの抵抗を測定し、土層の力学的特性を探査することであって、代表的なものとして、標準貫入試験・各種円すい貫入試験・スウェーデン式サウンディングなどがある。この論文ではたわみ試験も含めてサウンディングと呼んでいる。

このようにJeuffroyは、支持力の評価において既設舗装の履歴調査（環境特性、交通特性、施工特性、材料特性など）を含めた種々の現場試験により総合的に構造解析を行なうことを主張している。これはオーバーレイ設計において特に重要であろう。

他の17編の論文では、履歴に注目して報告したものはほとんど見うけられず、支持力評価のための構造解析方法を紹介することを目的としたような論文が多かった。履歴調査に関するものを強いてあげると、Youngerら<sup>⑩</sup>は乾期と雨期に分けてベンケルマンビームのたわみ測定を行なったたわみ量の変化を比較解析することによって設計・施工・自然環境の問題を考察している。またFreer-Hewish<sup>⑪</sup>は材料特性（針入度、軟化点、マーシャル安定度、密度）調査を行なってひびわれ発生原因解明の一助としている。Elsdale<sup>⑫</sup>は舗装構造材料の種類によってたわみ量は大きく異なるので注意する必要があると述べている。Ullidtzら<sup>⑬</sup>は、オーバーレイ設計における既設舗装の評価データとして交通量、設計構造、品質管理、および供用経験に関する調査を行なっている。さらに、Runenkrairergsaら<sup>⑭</sup>は、様々な材料試験（粒度分布、含水比、アッターベルク限界、一軸圧縮試験、曲げ試験、割裂試験）から支持力特性の評価を行なっている。

### 3. 主な構造解析方法の紹介

すでに述べたように各論文は構造解析方法を主体に報

告している。そこで参考になると思われる主な論文をピックアップし、それらの構造解析方法を一覧表(表-1)に示す。

表-1 主な構造解析方法

| 論文番号  | 国名    | 測定装置                            | 調査項目  | 解析モデル                            | 解析方法  | 備考   |
|-------|-------|---------------------------------|---|----------------------------------|---|--|
| (102) | イギリス  | ○ベンケルマンビーム<br>○FWD              | ○たわみ<br>○デフレクションボール<br>○構成材料<br>○交通量            | SURFACE-MODULUS-US-PLOTS法        | Ulliditzによって開発されたSURFACE-MODULUS-US-PLOTS法によりFWD測定結果を線図化して表わし交通量による舗装各層の弾性係数の変化を調べる。<br>→オーバーレイ設計の基礎資料とする。  | たわみは舗装に使用する材料の種類によって大きく異なるので材料特性を調査する必要がある。  |
| (103) | イギリス  | ○ベンケルマンビーム<br>○Lacroix デフレクトグラフ | ○たわみ<br>○密度(核密度, コア密度)                          | 多層有限要素プログラム(DEFPAV)              | 既設舗装のたわみ測定 →DEFPAV解析 →推定交通量におけるオーバーレイ層の許容引張りひずみの算出 →オーバーレイ設計の実施・施工 →コア採取(室内疲労試験), 現場たわみ測定 →設計法のチェック   | 歴青舗装におけるたわみは締固め度に影響されるので密度測定を行うことが大切である  |
| (104) | デンマーク | ○FWD                            | ○たわみ<br>○交通量<br>○設計構造<br>○出来形<br>○品質管理<br>○供用経験 | ダイナテスト舗装補修管理システム(DMS)            | 種々の情報収集 →既設舗装の評価(機能的-AASHOのPSI法, 構造的-FWDにより各層の変形係数を算出) →電算機を用いて実施可能なあらゆる補修方法を検討する →効果/コスト解析を行う →経済的オーバーレイ設計法の選定   | 舗装の構造的特性の一つとなる表層の状態を評価するためには履歴を含めた調査データが必要である。DMSによって15~20%コストダウンしたオーバーレイ設計が可能となる。 |
| (105) | 南アフリカ | ○DCP                            | ○動的コーン貫入量                                       | 「舗装強度バランス」の概念                    | DCP測定によりDCP曲線(深さ位置と打撃回数の関係)を作成 →曲線の傾きから深さ方向の強度分布を算出(実測層-強度ダイアグラム) →経験的に得られている設計層-強度ダイアグラム(強度-バランス曲線)と比較検討する →既設舗装の構造評価  | 「舗装強度-バランス」の概念を用いて深さ方向(各層)の強度分布状態を図から簡単に求めることができる。                                 |
| (106) | 南アフリカ | ○MDD<br>○DCP                    | ○たわみ<br>○動的コーン貫入量<br>○わだち掘れ                     | 重交通シミュレート試験(HVS)                 | 重交通シミュレート試験(10~14km/hr, 1000~1200回/hrの複輪繰返し載荷)により繰返し回数とたわみの関係を調べる →荷重換算係数(F)を用いて80KN軸重換算交通量を算出する。F = (P/40) <sup>n</sup> , P: 輪荷重(KN), n: 換算指数 →推定累積交通量と比較検討を行い残余寿命を評価する  | 荷重換算係数は環境条件、輪荷重、および道路の経歴によって決定される。   |
| (107) | アメリカ  | ○ベンケルマンビーム                      | ○たわみ<br>○ボーリング調査(舗装厚)                           | 必要舗装厚についてのCorps of Engineersの経験式 | 既設舗装厚・現場CBRを測定する →超大荷重トレーナー(全重量350万ポンド, 384輪)通過に必要な舗装厚をCorps of Engineersの経験式より算出し比較検討することによって既設舗装厚の評価を行う。<br>$t = (0.23 \log C + 0.15) \sqrt{P \left( \frac{1}{8.1(CBR)} - \frac{1}{P\pi} \right)}$<br>t: 必要舗装厚(inch), C: 設計荷重通過数<br>P: 換算単輪荷重(pound), P': タイヤ接地圧(psi) | _____  |
| (108) | ケニア   | —                               | ○たわみ<br>○曲率半径                                   | 二層弹性理論                           | たわみ・曲率半径を測定 →バーミスターの二層理論に基づくALIZE IIIチャートより弾性係数を算出 →等価係数(Eq.)の算出 →オーバーレイ層下面の応力とひずみを二層ノモグラフより算出し許容交通量を求める →オーバーレイチャート(パラメータEq.)より必要オーバーレイ厚を決定する。   | オーバーレイ前後の等価係数とたわみの間にはよい相関があり、等価係数の概念を用いることによって残余寿命を評価することができる。                     |

にまとめて紹介する。

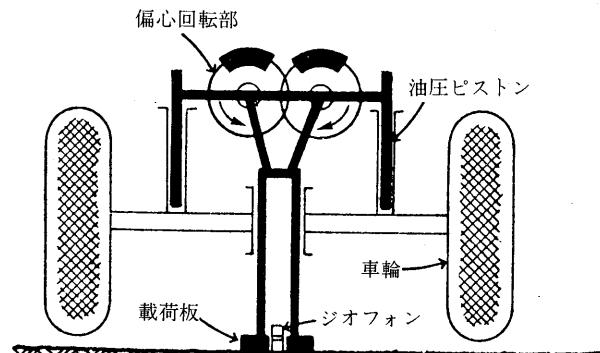
ここで、このセッションで採用している支持力の指標とその測定装置をあげると次のようである。

#### (1) 静的たわみ

- 1) ベンケルマンビーム——イギリス, タイ,  
アメリカ
- 2) Lacroix デフレクトグラフ——イギリス
- 3) MDD (Multi Depth Deflectometer) ——  
南アフリカ

#### (2) 動的たわみ

- 1) FWD —— デンマーク, オランダ,  
スウェーデン
- 2) ロードレーター——アメリカ
- 3) 動的たわみ測定機——スイス(図-1参照)



注) 載荷板により加振させジオフォンでたわみ応答を計測する。(論文番号 109)

図-1 動的たわみ測定機

### (3) コーンペネトレイション

#### 1) DCP (Dynamic Cone Penetrometer) —

南アフリカ

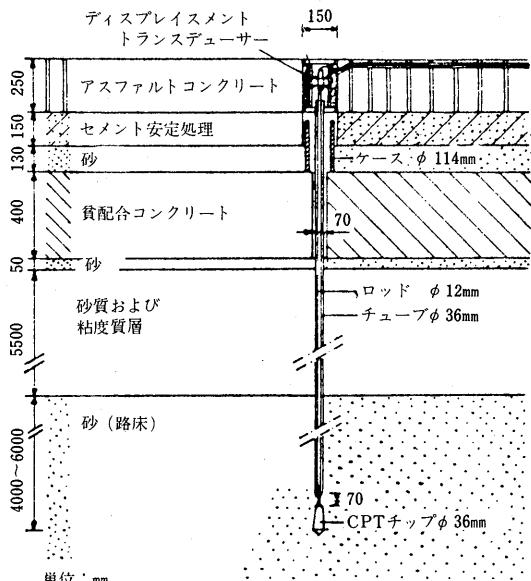
#### 2) CPT (Cone Penetration Test) — オランダ

(図-2 参照)

注目すべき点として、支持力の指標としてたわみを採用し構造評価を行っているものがほとんどであること、測定装置としてベンケルマンピームを用いたものが多いこと、さらに南アフリカでは DCP を用いた評価法が主流であること、があげられる。

#### 4. おわりに

セッションVI, VIIは既設舗装の履歴というつかみどころのない漠然としたテーマであった。18編の論文を抄訳しまとめていくうちにはっきりした解釈・意義が得られるだろうと思っていたが、それも十分に満足されなかつた。セッションIからVまでは、支持力に関する概念(I)・指標(II)・影響因子(III)・測定装置(IV)・評価と設計システム(V)が個々に述べられているが、それらを整理、総合して支持力を評価する際に調味料的な役割?を果すのが本テーマである既設舗装の履歴であると考える。すなわち、既設舗装の支持力<sup>(I)</sup>を評価するためには、ある条件下<sup>(III)</sup>においてたわみのような単一の指標<sup>(II)</sup>だけを測定<sup>(IV)</sup>して構造解析<sup>(V)</sup>を行うのでは不十分であり、舗装の環境特性・交通特性・施工特性・材料特性などの経時的変動因子についての調査結果も含めて、



注) ディスプレイスメント・トランステューサーを用いてたわみ測定を行うと同時にCPTチップによりコーン貫入試験ができる。(論文番号 114)

図-2 CPT 装置

システム化した解析を行うことが必要である。

その意味からも既設舗装の履歴をどのように調査・分析を行い、いかに支持力の評価に役立てていくのかをこのセッションに期待した。しかし、それが必ずしも十分認識することができなかつたのは筆者の力量不足のせいであろうか。

#### 昭和55年度流通経費

本協会調査委員会では、石油アスファルトの流通面における実態を明らかにするため、昭和55年度における輸送数量と経費について調査を行った。

この調査は、石油元売会社を対象としたため、海上輸送については、ほぼ全体をカバーしているが、陸上輸送は一部特約店扱い分が除かれている。

調査委員会では毎年この調査を行う予定である。

調査結果の概要是、下記の通りである。

|      | 輸送数量<br>(千トン) | 輸送経費<br>(千円) |
|------|---------------|--------------|
| 海上輸送 | 2,481         | 6,677,728    |
| 陸上輸送 | 2,402         | 8,088,975    |

## 紀 南 の 道

# 古瀨紀之

## ＜紀南というところ＞

紀南とは、紀伊半島の南西部あたりをいっています。南国和歌山は、はじめ木の国と言われ、山間部に雨が多く良い木材を産出していました。ですから、紀南は、山山山でいっぱいですが、同時に黒潮の洗うりヤス式海岸があり、山と海が美しい海岸美を構成し、また、白浜、勝浦、川湯等の多くの温泉がある観光資源に恵まれた地域です。

東京で、石油備蓄という、ちょっと変った仕事にたづさわった後、こちらに来たのですが、まずアサリのバター焼きで歓迎してもらいました。聞くと5時をすぎてから、白浜近くまで行くと、バケツ一杯位のアサリは、すぐとれるという話でびっくりしました。

海の幸、山の幸に恵まれて、気候温暖、風光明媚な紀南ですが、地域として多くの問題をかかえています。紀南は和歌山県の面積では約65%を占めていますが、人口は33万人で約30%となっています。人口は紀南全体では横バイですが、その中では地方部から都市部に流れ込んでいます。平坦な土地は、きわめて少なく、地価也非常に高く、また交通の便も悪いため、産業も観光以外あまりこれというものではなく、若い人たちも紀南から出ていく傾向にあります。若い人たちが、地域に残れるような活力ある紀南にするため、今、もっと京阪神と強く結びつくことは、すなわち道路整備をいかに早くするかが最大の課題となっています。

全国の高速道路網計画は、7600kmで、1県当たり平均160kmになりますが、和歌山県はわずか24km、紀南に至っては、0であり、さらに、一般の道路の整備もおくれているという事で、沢山の促進のための組織が作られ活発になりました。

運動が行われています。紀南では、「道路はもう出来た」なんて考える人は誰もいないと思いますし、そんな事をいったら袋だたきにあう位、紀南では道路が重要な課題となっています。

＜熊野古道＞

神のこもる国として信じられた熊野は、神話では、イザナギの命とイザナミの命が、その子と共に開かれたとされています。そこでイザナギの命を那智大社に、スサノオの命を本宮大社に、ハヤタマの命を速玉神社にそれぞれお祭りし、これを熊野三山と言っています。平安初期から江戸時代にかけての長い間、人々に「伊勢に七たび・熊野へ三たび」とうたわれるほど、念願の地であり、その参詣道は、「蟻の熊野詣」と言われる位にぎわったようです。この参詣道を現在、熊野古道と言っています。熊野詣は、「現世安隱、後世極楽」の功徳があるといわれ、院も、宇多上皇に始まり、白河、鳥羽、後白河、後鳥羽上皇の頃、ひんぱんに参詣され、とくに後白河、後鳥羽上皇は、30回にも及んだと言われています。

京都から熊野への道は、京都鳥羽から淀川を下って大阪で上陸し、その後現在の国道26号沿いに南下し、さらに国道42号に沿って、海南、湯浅、御坊を通って田辺に至る、ここから東へ山間部を通って、現在の国道311号沿いに滝尻、近露を通り本宮に至る中辺地が一般的であったとされています。

さらに本宮から舟で新宮に出て那智に至る大旅行で、京都からの往復に1ヶ月近くかかったと言われます。

あの有名な安珍、清姫の物語も、奥洲白河の僧安珍が熊野詣の途中、清姫にはれられたのですが、修業中の身

であると逃げ帰り、はては、清姫が蛇になって追いかけ、道成寺の大鐘の中で焼き殺されるのも熊野詣での出来事です。

また熊野古道沿いに、九十九王子と呼ばれる王子社があります。熊野参詣の人々が旅の途中で熊野権現を遙拝し、長旅の身心を清めながら休けいや歌会も催されたと言われています。

一昨年の秋、職場の同僚と熊野古道中辺地の近露王子から滝尻王子まで歩いてみました。峠を上ったり下ったり、尾根道だったり、巾は広いところで2m位ですが、石ごろごろの急坂も多く、上皇の参詣、どんな具合だったかなと気になりました。最近この熊野古道、観光資源として売出されてきましたが、紀南観光を単なる風景観光、温泉観光でなく、熊野三山を現代に活かし、心の安らぎを求める新しい形の観光開発をしようとの地域開発計画も打ち出されています。

＜熊野新道＞

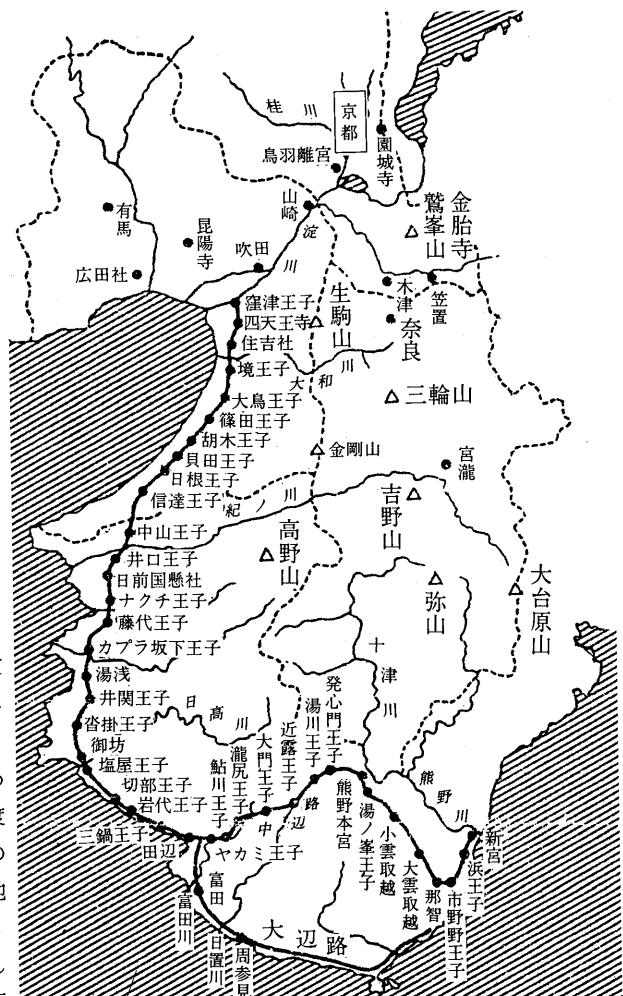
熊野新道という道路はありませんが、現代の熊野古道に相当するのが、国道42号であり、これを熊野新道として紹介してみたいと思います。

この道路、和歌山から紀伊半島の外周をグルッとまわって津に至る道路です。紀南では、清姫が蛇になって渡った日高川を渡り、弁慶の誕生の地田辺、白浜、民謡の串本、那智勝浦を通って新宮に至る、熊野古道の大辺地と同じルートになります。

この道、改良前は、山と海とが競いあっているけわしい所を走っていましたが、建設省によって改良工事が行われ、橋やトンネルによって、道路延長が、15%も短く、走行時間も半分に短縮され、人々は新しい紀南を開く道として熊野新道に目をみはり、盛大に祝賀が行われました。

この熊野新道、木の国の山々と太平洋の節点を走り、  
枯木灘県立公園、吉野熊野国立公園を通るすばらしい景  
観に恵まれ、特に夏の海水浴シーズンは、現代の蟻の熊  
野詣の感じがあります。古代の熊野詣は、京都から新宮  
の速玉神社まで、徒步と舟を利用して、2週間位かかっ  
たと思われますが、現在では、阪和自動車道、熊野新道

## 熊野古道と王子社 「山伏の歴史」による



を通って、7～8時間で行けるようになり、夏には京阪神ナンバーの車がいっぱいになります。このようにして車、あるいは紀勢線で、紀南に入って来る観光客は、年間1,300～1,400万人にのぼります。熊野新道は観光を支え、また南紀唯一の幹線道路として、33万人の生活を支えております。

しかし熊野新道は、京阪神からの時間距離が長く、地域発展のためにもっと整備を進めるよう強く求められて



います。また景観にすぐれている事は、異常気象時の交通規制区間が多くなる事にもつながり、管内延長の1/4にも及んでいます。

こんな問題をかかえて、がんばっている所ですが、熊野三山と南紀の景観、温泉を組みこんで、ぜひ熊野新道を走ってみていただきたいと思います。

#### <奥瀬道>

新宮川（熊野川ともいう）を遡っていくと北山川と十津川に分かれます。北山川をさらに1時間も進むと、ジェット船（昔はプロペラ船であった）で有名な瀬八丁です。この北山川の上流は、両岸が切り立った絶壁がせまり瀬八丁の景観をつくっており、昔は熊野の材木が筏に組まれて、この川を新宮まで流されました。

今は、上流にダムができ、材木はトラックによって運ばれていますが、この材木は紀州藩にとっても重要な資源であり、そのためか筏師のふる里、北山村や熊野川町の一部は、和歌山県の飛地として、奈良県にくいくんだのような形となっており、県境も複雑になっています。

このような位置にある、北山川右岸に国道169号が通っています。通っていると言っても、北山村から熊野川町飛地あたり、延長4～5kmは、巾50cmで人がなんとか歩ける位の道しかありません。ですから、この地域から県庁に行くのも、他県を通って大まわりしなければならない、陸の孤島に近い状況となっています。国道169号を早く車が通れるようにすること、これが北山川周辺の長い間の切なる願いでした。

この道ができれば、この地域の将来の発展にとって、また、大台ヶ原から、奥瀬、瀬八丁、勝浦、串本等への観光周遊ルートとなって、紀伊半島南部に大きな活力を

生むことになります。

地元の北山村では、3年前から昔の筏流しの技術を活かして、材木を筏に組み、手すりをつけて、北山川を下る観光筏流しをやっています。筏師のあざやかなカジさばきでスリルある川下りです。この筏から今度建設される国道169号が見上げられます。吉野熊野国立公園の区域にあり、すばらしい景観をこわさないよう細心の注意を払って計画を進めています。

この道路、地域からは1日も早く工事完成をと強い期待をかけられています。最近では特に都市部では、道路建設は仲々喜んでいただけない傾向ですが、奥瀬道は、地域から最大の応援をえながら工事が出来るという、土木屋として本当にうれしい環境です。

#### <おわりに>

昨年、8月1日に台風10号が被害を与えながらも通過して、ホッとした8月3日の朝、熊野新道の一部が40m程決かいし、2車線ともなくなってしまうという災害が発生しました。場所は、有間皇子の磐代の結び松の近くのことです。丁度観光シーズンで京阪神から沢山の車が出入りしている時もあり、すぐに、両側でそれぞれ5～6kmの停滞を生じてしまいました。2～3時間後に2.5～3m位の巾の迂廻路を確保しましたが、4t車以上は通れず、このため大型車にたよっている、プロパン、ガソリン等が入らなくなったり、鮮魚が出せない等、地域に大きな影響を与えてしました。大型車の通れる1車線の確保まで、3日と20時間位であったにもかかわらず、大変な混雑となりました。一本の道にぶらさがっている紀南にとって、改めて熊野新道の役割を肌で実感したところです。



<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績(総括表)

(単位:千t)

| 項目<br>年度 | 供給   |       |         |    |       | 需要    |         |    |       |      |       |
|----------|------|-------|---------|----|-------|-------|---------|----|-------|------|-------|
|          | 期初在庫 | 生産    | 対前年比    | 輸入 | 合計    | 内需    | 対前年比    | 輸出 | 小計    | 期末在庫 | 合計    |
| 50年度     | 182  | 4,086 | (89.4)  | 0  | 4,268 | 4,015 | (87.6)  | 13 | 4,029 | 236  | 4,265 |
| 51年度上期   | 236  | 2,104 | (97.2)  | 0  | 2,340 | 2,045 | (99.2)  | 18 | 2,060 | 266  | 2,326 |
| 51年度下期   | 266  | 2,050 | (106.7) | 0  | 2,316 | 2,058 | (105.2) | 4  | 2,062 | 256  | 2,318 |
| 51年度     | 236  | 4,154 | (101.7) | 0  | 4,390 | 4,103 | (102.1) | 22 | 4,122 | 256  | 4,378 |
| 52年度上期   | 256  | 2,284 | (108.6) | 0  | 2,540 | 2,320 | (113.6) | 0  | 2,320 | 227  | 2,547 |
| 52年度下期   | 227  | 2,506 | (122.1) | 0  | 2,733 | 2,445 | (118.8) | 0  | 2,445 | 287  | 2,732 |
| 52年度     | 256  | 4,790 | (115.3) | 0  | 5,046 | 4,765 | (116.2) | 0  | 4,765 | 287  | 5,052 |
| 53年度上期   | 287  | 2,661 | (116.5) | 0  | 2,948 | 2,636 | (113.6) | 0  | 2,636 | 312  | 2,948 |
| 53年度下期   | 312  | 2,568 | (102.6) | 0  | 2,880 | 2,582 | (105.6) | 0  | 2,582 | 297  | 2,879 |
| 53年度     | 287  | 5,229 | (109.2) | 0  | 5,516 | 5,218 | (109.5) | 0  | 5,218 | 297  | 5,515 |
| 54年度上期   | 297  | 2,624 | (98.6)  | 0  | 2,921 | 2,576 | (97.7)  | 0  | 2,576 | 348  | 2,924 |
| 54年度下期   | 348  | 2,440 | (95.0)  | 1  | 2,789 | 2,562 | (99.2)  | 2  | 2,564 | 236  | 2,800 |
| 54年度     | 297  | 5,064 | (96.8)  | 1  | 5,362 | 5,138 | (98.5)  | 2  | 5,140 | 236  | 5,376 |
| 55年度上期   | 236  | 2,374 | (90.5)  | 0  | 2,610 | 2,323 | (90.2)  | 12 | 2,335 | 278  | 2,613 |
| 56.3月    | 288  | 506   | (101.8) | 0  | 794   | 552   | (100.7) | 3  | 555   | 240  | 795   |
| 1~3月     | 273  | 1,064 | (95.0)  | 0  | 1,337 | 1,093 | (95.2)  | 6  | 1,099 | 240  | 1,339 |
| 55年度下期   | 278  | 2,346 | (96.1)  | 1  | 2,625 | 2,380 | (92.9)  | 9  | 2,389 | 240  | 2,629 |
| 55年度     | 236  | 4,720 | (93.2)  | 1  | 4,957 | 4,703 | (91.5)  | 21 | 4,724 | 240  | 4,964 |
| 7月       | 288  | 424   | (106.8) | 0  | 712   | 426   | (109.5) | 2  | 428   | 284  | 712   |
| 8月       | 284  | 361   | (95.0)  | 0  | 645   | 364   | (107.4) | 2  | 366   | 280  | 646   |
| 9月       | 280  | 401   | (98.0)  | 0  | 681   | 415   | (97.6)  | 1  | 416   | 266  | 682   |
| 7~9月     | 288  | 1,186 | (100.0) | 0  | 1,474 | 1,205 | (104.5) | 5  | 1,210 | 266  | 1,476 |
| 56年度上期   | 240  | 2,244 | (94.5)  | 0  | 2,484 | 2,215 | (95.4)  | 5  | 2,220 | 266  | 2,486 |
| 10月      | 266  | 404   | (93.1)  | 0  | 670   | 420   | (95.5)  | 0  | 420   | 251  | 671   |
| 11月      | 251  | 429   | (90.7)  | 0  | 680   | 406   | (89.8)  | 3  | 409   | 263  | 672   |
| 12月      | 263  | 417   | (111.2) | 0  | 680   | 432   | (109.4) | 2  | 434   | 240  | 662   |
| 10~12月   | 266  | 1,250 | (97.5)  | 0  | 1,516 | 1,258 | (97.7)  | 5  | 1,263 | 240  | 1,491 |
| 57.1月    | 240  | 294   | (123.5) | 0  | 534   | 228   | (94.2)  | 3  | 231   | 295  | 526   |
| 2月       | 295  | 308   | (96.3)  | 0  | 603   | 315   | (105.4) | 2  | 317   | 279  | 596   |
| 3月       | 279  | 502   | (99.2)  | 0  | 781   | 546   | (98.9)  | 4  | 550   | 226  | 776   |
| 1~3月     | 240  | 1,104 | (103.8) | 0  | 1,344 | 1,089 | (99.6)  | 9  | 1,098 | 226  | 1,324 |
| 56年度下期   | 266  | 2,354 | (100.3) | 0  | 2,620 | 2,347 | (98.6)  | 14 | 2,361 | 226  | 2,587 |
| 56年度     | 240  | 4,598 | (97.4)  | 0  | 4,838 | 4,562 | (97.0)  | 19 | 4,581 | 226  | 4,807 |
| 57.4月    | 228  | 404   | (89.8)  | 0  | 632   | 313   | (86.9)  | 4  | 317   | 316  | 633   |
| 5月       | 316  | 316   | (101.3) | 0  | 632   | 300   | (96.2)  | 1  | 301   | 331  | 632   |
| 6月       | 331  | 316   | (106.8) | 0  | 647   | 358   | (105.9) | 0  | 358   | 289  | 647   |
| 4~6月     | 228  | 1,036 | (97.9)  | 0  | 1,264 | 971   | (96.1)  | 5  | 976   | 289  | 1,265 |
| 7月       | 289  | 381   | (89.9)  | 0  | 670   | 394   | (92.5)  | 0  | 394   | 277  | 671   |
| 8月       | 277  | 356   | (98.6)  | 0  | 633   | 380   | (104.4) | 0  | 380   | 253  | 633   |

[注] (1)通産省エネルギー統計月報 57年8月確報

(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績(品種別明細)

(単位:千t)

| 項目<br>年月 | 内需量          |     |       | 構成比        |       |              |            |      |            | 対前年度比 |              |            |       |            |       |
|----------|--------------|-----|-------|------------|-------|--------------|------------|------|------------|-------|--------------|------------|-------|------------|-------|
|          | ストレート・アスファルト |     |       | ブローンアスファルト | 合計    | ストレート・アスファルト | ブローンアスファルト | 合計   | ブローンアスファルト | 合計    | ストレート・アスファルト | ブローンアスファルト | 合計    | ブローンアスファルト | 合計    |
|          | 一般用          | 工業用 | 計     |            |       | 一般用          |            |      |            |       | 一般用          |            |       |            |       |
| 50年度     | 3,574        | 190 | 3,764 | 251        | 4,015 | 89.0         | 4.7        | 93.7 | 6.3        | 100.0 | 84.8         | 143.9      | 86.6  | 104.1      | 87.5  |
| 51年度上期   | 1,828        | 93  | 1,921 | 124        | 2,045 | 89.4         | 4.6        | 93.9 | 6.1        | 100.0 | 97.6         | 120.8      | 98.5  | 110.7      | 99.2  |
| 51年度下期   | 1,802        | 116 | 1,918 | 140        | 2,058 | 87.6         | 5.6        | 93.2 | 6.8        | 100.0 | 105.6        | 103.6      | 105.5 | 100.7      | 105.2 |
| 52年度上期   | 2,076        | 113 | 2,189 | 131        | 2,320 | 89.5         | 4.9        | 94.4 | 5.6        | 100.0 | 113.6        | 121.5      | 114.0 | 105.6      | 113.4 |
| 52年度下期   | 2,166        | 122 | 2,288 | 157        | 2,445 | 88.6         | 5.0        | 93.6 | 6.4        | 100.0 | 120.2        | 105.2      | 119.3 | 112.1      | 118.8 |
| 52年度     | 4,242        | 235 | 4,477 | 288        | 4,765 | 89.0         | 4.9        | 93.9 | 6.1        | 100.0 | 116.9        | 112.4      | 116.6 | 109.1      | 116.1 |
| 53年度上期   | 2,355        | 136 | 2,491 | 145        | 2,636 | 89.3         | 5.2        | 94.5 | 5.5        | 100.0 | 113.4        | 120.3      | 113.8 | 110.7      | 113.6 |
| 53年度下期   | 2,283        | 131 | 2,414 | 168        | 2,582 | 88.4         | 5.1        | 93.5 | 6.5        | 100.0 | 105.2        | 107.4      | 105.3 | 109.6      | 105.6 |
| 53年度     | 4,638        | 267 | 4,905 | 313        | 5,218 | 88.9         | 5.1        | 94.0 | 6.0        | 100.0 | 109.3        | 113.6      | 109.6 | 108.7      | 109.5 |
| 54年度上期   | 2,309        | 100 | 2,409 | 167        | 2,576 | 89.6         | 3.9        | 93.5 | 6.5        | 100.0 | 98.0         | 74.3       | 96.7  | 115.2      | 97.8  |
| 54年度下期   | 2,311        | 75  | 2,386 | 176        | 2,562 | 90.2         | 2.9        | 93.1 | 6.9        | 100.0 | 101.2        | 57.3       | 98.8  | 104.8      | 99.2  |
| 54年度     | 4,620        | 175 | 4,795 | 343        | 5,138 | 89.9         | 3.4        | 93.3 | 6.7        | 100.0 | 99.6         | 65.5       | 97.8  | 109.6      | 98.5  |
| 55年度上期   | 2,099        | 87  | 2,186 | 137        | 2,323 | 90.4         | 3.7        | 94.1 | 5.9        | 100.0 | 90.9         | 87.0       | 90.7  | 82.0       | 90.2  |
| 56.3月    | 512          | 17  | 529   | 23         | 552   | 92.7         | 3.1        | 95.8 | 4.2        | 100.0 | 101.4        | 154.5      | 102.5 | 71.9       | 100.7 |
| 1~3月     | 967          | 51  | 1,018 | 75         | 1,093 | 88.5         | 4.6        | 93.1 | 6.9        | 100.0 | 95.0         | 134.2      | 96.4  | 81.5       | 95.2  |
| 55年度下期   | 2,134        | 96  | 2,230 | 150        | 2,380 | 89.7         | 4.0        | 93.7 | 6.3        | 100.0 | 92.3         | 128.0      | 93.5  | 85.2       | 92.9  |
| 55年度     | 4,233        | 183 | 4,416 | 287        | 4,703 | 90.0         | 3.9        | 93.9 | 6.1        | 100.0 | 91.6         | 104.6      | 92.1  | 91.5       | 91.5  |
| 7月       | 383          | 20  | 403   | 23         | 426   | 89.9         | 4.7        | 94.6 | 5.4        | 100.0 | 108.2        | 125.0      | 108.0 | 121.1      | 109.5 |
| 8月       | 326          | 13  | 339   | 25         | 364   | 89.5         | 3.6        | 93.1 | 6.9        | 100.0 | 105.2        | 118.2      | 105.2 | 138.9      | 107.4 |
| 9月       | 369          | 22  | 391   | 24         | 415   | 88.9         | 5.3        | 94.2 | 5.8        | 100.0 | 95.8         | 122.2      | 97.0  | 109.1      | 97.6  |
| 7~9月     | 1,078        | 55  | 1,133 | 72         | 1,205 | 89.5         | 4.5        | 94.0 | 6.0        | 100.0 | 102.8        | 122.2      | 103.6 | 122.0      | 104.5 |
| 56年度上期   | 1,977        | 103 | 2,080 | 135        | 2,215 | 89.3         | 4.7        | 93.9 | 6.1        | 100.0 | 94.2         | 118.4      | 95.2  | 98.5       | 95.4  |
| 10月      | 383          | 13  | 396   | 24         | 420   | 91.2         | 3.1        | 94.3 | 5.7        | 100.0 | 96.5         | 76.5       | 95.7  | 92.3       | 95.5  |
| 11月      | 371          | 12  | 383   | 23         | 406   | 91.4         | 2.9        | 94.3 | 5.7        | 100.0 | 89.6         | 92.3       | 89.7  | 92.0       | 89.8  |
| 12月      | 388          | 21  | 409   | 23         | 432   | 89.8         | 4.9        | 94.7 | 5.3        | 100.0 | 109.0        | 140.0      | 110.2 | 95.8       | 109.4 |
| 10~12月   | 1,142        | 46  | 1,188 | 70         | 1,258 | 90.8         | 3.6        | 94.4 | 5.6        | 100.0 | 97.7         | 102.2      | 98.0  | 93.3       | 97.7  |
| 57.1月    | 185          | 19  | 204   | 24         | 228   | 81.1         | 8.4        | 89.5 | 10.5       | 100.0 | 93.0         | 111.8      | 94.4  | 92.3       | 94.2  |
| 2月       | 276          | 16  | 292   | 23         | 315   | 87.6         | 5.1        | 92.7 | 7.3        | 100.0 | 107.8        | 94.1       | 107.0 | 88.5       | 105.4 |
| 3月       | 507          | 17  | 524   | 22         | 546   | 92.9         | 3.1        | 96.0 | 4.0        | 100.0 | 99.0         | 100.0      | 99.1  | 95.7       | 98.9  |
| 1~3月     | 968          | 52  | 1,020 | 69         | 1,089 | 88.9         | 4.8        | 93.7 | 6.3        | 100.0 | 100.1        | 102.0      | 100.2 | 92.0       | 99.6  |
| 56年度下期   | 2,110        | 98  | 2,208 | 139        | 2,347 | 89.9         | 4.2        | 94.1 | 5.9        | 100.0 | 98.9         | 102.1      | 99.0  | 92.7       | 98.6  |
| 56年度     | 4,087        | 201 | 4,288 | 274        | 4,562 | 89.6         | 4.4        | 94.0 | 6.0        | 100.0 | 96.6         | 109.8      | 97.1  | 95.5       | 97.0  |
| 57.4月    | 269          | 24  | 293   | 20         | 313   | 85.9         | 7.7        | 93.6 | 6.4        | 100.0 | 84.1         | 133.3      | 86.7  | 90.9       | 86.9  |
| 5月       | 256          | 25  | 281   | 19         | 300   | 85.4         | 8.3        | 93.7 | 6.3        | 100.0 | 91.8         | 192.3      | 96.2  | 95.0       | 96.2  |
| 6月       | 317          | 22  | 339   | 19         | 358   | 88.6         | 6.1        | 94.7 | 5.3        | 100.0 | 105.7        | 129.4      | 106.9 | 90.5       | 105.9 |
| 4~6月     | 842          | 71  | 913   | 58         | 971   | 86.7         | 7.3        | 94.0 | 6.0        | 100.0 | 93.7         | 147.9      | 96.4  | 92.1       | 96.1  |
| 7月       | 347          | 25  | 372   | 22         | 394   | 88.1         | 6.3        | 94.4 | 5.6        | 100.0 | 90.6         | 125.0      | 92.3  | 95.7       | 92.5  |
| 8月       | 338          | 22  | 360   | 20         | 380   | 88.9         | 5.8        | 94.7 | 5.3        | 100.0 | 103.7        | 169.2      | 106.2 | 80.0       | 104.4 |

[注] (1)通産省エネルギー統計月報 57年8月確報

(2)工業用ストレート・アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。

(3)一般用ストレート・アスファルト=内需量合計-(ブローンアスファルト+工業用ストレート・アスファルト)

(4)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社<br>名         | 住<br>所                    | 電<br>話           |
|----------------|---------------------------|------------------|
| <b>〔メーカー〕</b>  |                           |                  |
| 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) 東京都中央区八重洲2-4-1      | 03(274)5211      |
| エッソ石油株式会社      | (107) 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      |
| 富士石油株式会社       | (100) 東京都千代田区大手町1-2-3     | 03(211)6531      |
| 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       | (102) 東京都千代田区紀尾井町3-6      | 03(265)0411      |
| 興亜石油株式会社       | (100) 東京都千代田区大手町2-6-2     | 03(270)7651      |
| 共同石油株式会社       | (100) 東京都千代田区永田町2-11-2    | 03(593)6118      |
| 極東石油工業株式会社     | (100) 東京都千代田区大手町1-7-2     | 03(270)0841      |
| 丸善石油株式会社       | (107) 東京都港区赤坂6-1-20       | 03(588)9611      |
| 三菱石油株式会社       | (105) 東京都港区虎ノ門1-2-4       | 03(595)7412      |
| 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(244)4359      |
| 日本アスファルト株式会社   | (102) 東京都千代田区平河町2-7-6     | 03(234)5021      |
| 日本鉱業株式会社       | (105) 東京都港区虎ノ門2-10-1      | 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(502)1111      |
| 三共油化工業株式会社     | (100) 東京都千代田区丸の内1-4-2     | 03(284)1911      |
| 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      |
| 昭和石油株式会社       | (100) 東京都千代田区丸の内2-7-3     | 03(231)0311      |
| 昭和四日市石油株式会社    | (100) 東京都千代田区有楽町1-12-1    | 03(211)1411      |
| 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      |
| 東北石油株式会社       | (985) 宮城県仙台市港5-1-1        | 02236(5)8141     |
| <b>〔ディーラー〕</b> |                           |                  |
| <b>● 北海道</b>   |                           |                  |
| アサヒレキセイ(株)札幌支店 | (060) 札幌市中央区大通西10-4       | 011(281)3906 日アス |
| 中西瀝青(株)札幌出張所   | (060) 札幌市中央区北2条西2         | 011(231)2895 日石  |
| (株)南部商会札幌出張所   | (060) 札幌市中央区北2条西2-15      | 011(231)7587 日石  |
| レキセイ商事株式会社     | (060) 札幌市中央区北4条西12        | 011(231)5931 出光  |
| 株式会社ロード資材      | (060) 札幌市中央区北1条西10-1-11   | 011(281)3976 丸善  |
| (株)沢田商行 北海道出張所 | (060) 札幌市中央区北2条西3         | 011(221)5861 丸善  |
| 東光商事(株)札幌営業所   | (060) 札幌市中央区南大通り西7        | 011(261)7957 三石  |
| (株)トーアス札幌営業所   | (060) 札幌市中央区北2条西2         | 011(281)2361 共石  |
| 葛井石油株式会社       | (060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4 | 011(518)2771 丸善  |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社<br>名         | 住<br>所                      | 電<br>話              |
|----------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>● 東 北</b>   |                             |                     |
| アサヒレキセイ(株)仙台支店 | (980) 宮城県仙台市中央3-3-3         | 0222 (66) 1101 日 アス |
| (株)木畑商会仙台営業所   | (980) 宮城県仙台市中央2-1-17        | 0222 (22) 9203 共 石  |
| 株式会社 亀井商店      | (980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18    | 0222 (64) 6077 日 石  |
| 宮城石油販売株式会社     | (980) 宮城県仙台市東7番丁102         | 0222 (57) 1231 三 石  |
| 中西瀝青(株)仙台営業所   | (980) 宮城県仙台市中央2-1-30        | 0222 (23) 4866 日 石  |
| (株)南部商会仙台出張所   | (980) 宮城県仙台市中央2-1-17        | 0222 (23) 1011 日 石  |
| 有限会社 男鹿興業社     | (010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178 | 01852 (3) 3293 共 石  |
| 菱油販売(株)仙台支店    | (980) 宮城県仙台市国分町3-1-1        | 0222 (25) 1491 三 石  |
| 正興産業(株)仙台営業所   | (980) 宮城県仙台市国分町3-3-5        | 0222 (63) 5951 三 石  |
| 竹中産業(株)新潟営業所   | (950) 新潟市東大通1-4-2           | 0252 (46) 2770 シェル  |
| 常盤商事(株)仙台支店    | (980) 宮城県仙台市上杉1-8-19        | 0222 (24) 1151 三 石  |
| <b>● 関 東</b>   |                             |                     |
| 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 日 アス  |
| アスファルト産業株式会社   | (104) 東京都中央区八丁堀4-4-13       | 03 (553) 3001 シェル   |
| 富士興産アスファルト株式会社 | (107) 東京都港区赤坂1-5-11         | 03 (585) 7601 日 アス  |
| 富士鉱油株式会社       | (105) 東京都港区新橋4-26-5         | 03 (432) 2891 丸 善   |
| 富士石油販売株式会社     | (103) 東京都中央区日本橋2-13-12      | 03 (274) 2061 共 石   |
| 富士油業(株)東京支店    | (106) 東京都港区西麻布1-8-7         | 03 (478) 3501 日 アス  |
| 伊藤忠燃料株式会社      | (160) 東京都新宿区西新宿3-4-7        | 03 (347) 3961 共 石   |
| 関東アスファルト株式会社   | (336) 浦和市岸町4-26-19          | 0488 (22) 0161 シェル  |
| 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   |
| 極東資材株式会社       | (105) 東京都港区新橋2-3-5          | 03 (504) 1528 三 石   |
| 丸紅石油株式会社       | (102) 東京都千代田区九段北1-13-5      | 03 (230) 1131 モービル  |
| 三菱商事株式会社       | (100) 東京都千代田区丸の内2-6-3       | 03 (210) 6290 三 石   |
| 三井物産石油株式会社     | (101) 東京都千代田区神田駿河台4-3       | 03 (293) 7111 極 東石  |
| 中西瀝青株式会社       | (103) 東京都中央区八重洲1-2-1        | 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 (213) 5871 日 石   |
| 日東石油販売株式会社     | (104) 東京都中央区新川2-8-3         | 03 (551) 6101 シェル   |
| 日東商事株式会社       | (170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4        | 03 (915) 7151 昭 石   |
| 瀝青販売株式会社       | (103) 東京都中央区日本橋2-16-3       | 03 (271) 7691 出 光   |
| 菱東石油販売株式会社     | (104) 東京都中央区八重洲2-7-16       | 03 (281) 2030 三 石   |
| 菱洋通商株式会社       | (104) 東京都中央区銀座6-7-18        | 03 (571) 5921 三 石   |
| 菱油販売株式会社       | (160) 東京都新宿区西新宿1-20-2       | 03 (348) 6241 三 石   |
| 三徳商事(株)東京支店    | (101) 東京都千代田区神田紺屋町11        | 03 (254) 9291 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       | (160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1     | 03 (344) 6311 出 光   |
| 大洋商運株式会社       | (103) 東京都中央区日本橋本町3-7        | 03 (245) 1632 三 石   |
| 竹中産業株式会社       | (101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5       | 03 (251) 0185 シェル   |
| 東光商事株式会社       | (104) 東京都中央区京橋1-6           | 03 (274) 2751 三 石   |
| 株式会社 ト一アス      | (160) 東京都新宿区2-7-1           | 03 (342) 6391 共 石   |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社名              | 住所                       | 電話                  |
|-----------------|--------------------------|---------------------|
| 東京富士興産販売株式会社    | (105) 東京都港区虎ノ門1-13-4     | 03 (591) 3401 日アス   |
| 東京レキセイ株式会社      | (150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12   | 03 (496) 8691 日アス   |
| 東新瀬青株式会社        | (103) 東京都中央区日本橋2-13-5    | 03 (273) 3551 日石    |
| 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 日アス   |
| 東和産業株式会社        | (174) 東京都板橋区坂下3-29-11    | 03 (968) 3101 共石    |
| 梅本石油株式会社        | (162) 東京都新宿区揚場町9         | 03 (269) 7541 丸善    |
| ユニ石油株式会社        | (100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1    | 03 (503) 4021 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    |
| <b>● 中 部</b>    |                          |                     |
| 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 日アス  |
| 丸 福 石 油         | (933) 富山県高岡市美幸町2-1-28    | 0766 (22) 2860 シエル  |
| 松村物産株式会社        | (920) 石川県金沢市広岡町ト25       | 0762 (21) 6121 三石   |
| 三谷商事株式会社        | (910) 福井市中央3-1-5         | 0776 (20) 3111 モービル |
| 名古屋富士興産販売(株)    | (451) 名古屋市西区城西4-28-11    | 052 (521) 9391 日アス  |
| 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)名古屋支店    | (453) 名古屋市中村区則武1-10-6    | 052 (452) 2781 昭石   |
| 株式会社 三 油 商 会    | (460) 名古屋市中区丸の内2-1-5     | 52 (231) 7721 日アス   |
| 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   | (450) 名古屋市中村区名駅3-28-12   | 052 (561) 3514 三石   |
| 静岡鉱油株式会社        | (424) 静岡県清水市袖師町1575      | 0543 (66) 1195 モービル |
| 竹中産業(株)福井営業所    | (910) 福井市大手2-4-26        | 0776 (22) 1565 シエル  |
| 株式会社 田 中 石 油 店  | (910) 福井市毛矢2-9-1         | 0776 (35) 1721 昭石   |
| 富安産業株式会社        | (930-11) 富山市若竹町2-121     | 0764 (29) 2298 共石   |
| <b>● 近畿</b>     |                          |                     |
| 赤馬瀬青工業株式会社      | (531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304 | 06 (374) 2271 モービル  |
| アサヒレキセイ(株)大阪支店  | (550) 大阪市西区南堀江4-17-18    | 06 (538) 2731 日アス   |
| 千代田瀬青株式会社       | (530) 大阪市北区東天満2-8-8      | 06 (358) 5531 三石    |
| 飯野産業(株)神戸営業所    | (650) 神戸市中央区江戸町98        | 078 (391) 8965 共石   |
| 富士アスファルト販売株式会社  | (550) 大阪市西区京町堀2-3-19     | 06 (441) 5195 日アス   |
| 平井商事株式会社        | (542) 大阪市南区長堀橋筋1-43      | 06 (252) 5856 日アス   |
| 木曾通産(株)大阪支店     | (550) 大阪市西区九条南4-11-12    | 06 (581) 7216 日アス   |
| 北坂石油株式会社        | (590) 大阪府堺市戒島町5丁32       | 0722 (32) 6585 シエル  |
| 株式会社 松 宮 物 産    | (522) 滋賀県彦根市幸町32         | 07492 (3) 1608 シエル  |
| 丸和鉱油株式会社        | (532) 大阪市淀川区塚本2-14-17    | 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    |
| 株式会社 ナ カ ム ラ    | (670) 姫路市国府寺町甲14         | 0792 (85) 2551 共石   |
| 中西瀬青(株)大阪営業所    | (532) 大阪市淀川区西中島3-18-21   | 06 (303) 0201 日石    |
| 大阪アスファルト株式会社    | (531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2      | 06 (372) 0031 出光    |
| 株式会社 菱 芳 礦 産    | (671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140 | 0792 (39) 1344 共石   |
| 菱油販売(株)大阪支店     | (550) 大阪市西区新町1-4-26      | 06 (534) 0141 三石    |
| 三徳商事株式会社        | (532) 大阪市淀川区新高4-1-3      | 06 (394) 1551 昭石    |
| (株) 沢田商行大阪支店    | (542) 大阪市南区饒谷西之町50       | 06 (251) 1922 丸善    |
| 正興産業株式会社        | (662) 兵庫県西宮市久保町2-1       | 0793 (34) 3323 三石   |
| (株) シエル石油大阪発売所  | (552) 大阪市港区南市岡1-11-11    | 06 (584) 0681 シエル   |
| 梅本石油(株)大阪営業所    | (550) 大阪市西区新町1-12-23     | 06 (351) 9064 丸善    |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社<br>名         | 住<br>所                  | 電<br>話             |
|----------------|-------------------------|--------------------|
| 山文商事株式会社       | (550) 大阪市西区土佐堀          | 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 (33) 0555 共石  |
| アサヒレキセイ(株)広島支店 | (730) 広島市田中町5-9         | 0822 (44) 6262 日アス |
| 富士商株式会社        | (756) 山口県小野市稻荷町6539     | 08368 (3) 3210 シェル |
| 共和産業株式会社       | (700) 岡山県岡山市轟町3-10      | 0862 (33) 1500 共石  |
| 中国富士アスファルト株式会社 | (711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051 | 0864 (73) 0350 日アス |
| <b>● 四国・九州</b> |                         |                    |
| アサヒレキセイ(株)九州支店 | (810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52    | 092 (77) 7436 日アス  |
| 畑礦油株式会社        | (804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40   | 093 (871) 3625 丸善  |
| 平和石油(株)高松支店    | (760) 高松市番町5-6-26       | 0878 (31) 7255 シェル |
| 今別府産業株式会社      | (890) 鹿児島市新栄町15-7       | 0992 (56) 4111 共石  |
| 入交産業株式会社       | (780) 高知市大川筋1-1-1       | 0888 (22) 2141 三石  |
| 伊藤忠燃料(株)福岡支店   | (812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8   | 092 (444) 8353 共石  |
| 株式会社 カンダ       | (892) 鹿児島市住吉町1-3        | 0992 (24) 5111 シェル |
| 丸菱株式会社         | (812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22  | 092 (431) 7561 シェル |
| 中西瀝青(株)福岡出張所   | (810) 福岡市中央区天神4-1-18    | 092 (771) 6881 日石  |
| (株)南部商会福岡出張所   | (810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5     | 092 (721) 4838 日石  |
| 西岡商事株式会社       | (764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1   | 08773 (3) 1001 三石  |
| 菱油販売(株)九州支店    | (805) 北九州市八幡東区山王1-17-11 | 093 (661) 4868 三石  |
| 三協商事株式会社       | (770) 徳島市万代町5-8         | 0886 (53) 5131 日アス |
| 三陽アスファルト株式会社   | (815) 福岡市南区上盤瀬町55       | 092 (541) 7615 日アス |
| (株)シェル石油徳島発売所  | (770) 徳島市中州町3-5-1       | 0886 (22) 0201 シェル |

編集顧問

多田宏行  
萩原 浩  
松野三朗

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 阿部忠行  | 牛尾俊介 | 関根幸生 | 藤井治芳 |
| 荒井孝雄  | 太田健二 | 戸田透  | 真柴和昌 |
| 飯島尚   | 河野宏  | 中島守博 | 吉兼秀典 |
| 石動谷英二 | 小島逸平 | 南雲貞夫 |      |
| 井町弘光  | 真山治信 | 林誠之  |      |

編集委員

アスファルト 第134号

昭和58年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

■105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

■104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997代

**ASPHALT**

Vol. 26 No. 134 JANUARY 1983

Published by

**THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

# 石油アスファルト統計月報

B5 : 12ページ ¥400 (送料は実費) 毎月25日発行

## アスファルトに関する統計

資料を網羅し、毎月発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号  
和孝第10ビル  
日本アスファルト協会  
アスファルト統計月報係

## — 目 次 —

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

## 日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978.

## 石油アスファルト絶対粘度試験方法

## Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| 1. 適用範囲      | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要   | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味     | 6. 試料の準備              |
| 3-1. 絶対粘度    | 7. 操作                 |
| 3-2. ニュートン流体 | 8. 計算および報告            |
| 4. 装置        | 9. 精度                 |
| 4-1. 粘度計     | 9-1. くり返し精度           |
| 4-2. 温度計     | 9-2. 再現性              |
| 4-3. 恒温そう    | ◆ ◆                   |
| 4-4. 減圧装置    | 実費額 300円              |
| 4-5. 秒時計     |                       |
| 5. 校正        | 申込先 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号   |
| 5-1. 粘度計の校正  | 〒105 電話 (03)502-3956  |