

# アスファルト

第25巻 第132号 昭和57年8月発行

## 132

### 特集・高速道路舗装の歩み

高速国道建設の歩みと今後の展望

野村和正 1

高速道路舗装の歩み

金谷重亮 3

報文 供用中道路舗装の調査法

竹田敏憲・阿部忠行 23

★工事事務所長シリーズ・その13★

自然と芭蕉と庄内

辻 靖三 38

★アスファルト舗装技術研究グループ・第11回研究報告★

オーバーレイの設計法(3)

第3報 アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ

福手 勤・井上武美・柄木 博 42

時事解説・「改定」長期エネルギー需給見通し、他について

真山治信 53

統計資料・石油アスファルト需給統計資料

58

## ASPHALT

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

## 高速国道建設の歩みと今後の展望

野 村 和 正

建設省道路局高速国道課建設専門官

昭和32年4月、国土開発縦貫自動車道建設法（その後、相次いで成立した他の5本の建設法を含め、昭和41年に国土開発幹線自動車道建設法となる。）及び高速自動車国道法が公布され、10月には名神の小牧～西宮間の工事施行命令が日本道路公団に対して出されてからまもなく満25年を迎えるとしている。

この間の建設の経緯をふりかえり、今後を展望してみると、その段階はおよそ3期に分けられると思われる。

第1期は、「東名・名神」時代である。38年7月に名神の尼崎～栗東間71.1kmが供用され、44年5月には東名の御殿場～大月松田間が完成して東海道メガロポリスが高速国道によって直結された。43年度末までの供用延長は623kmで、年平均100km程度の供用である。

第2期は、「縦貫5道」時代である。東北縦貫、中央、北陸、中国縦貫、九州縦貫（及び関門）という日本の背骨となるべき各道の

建設が全国一斉に進められ、供用延長は48年9月に1,000km、51年12月には2,000km、57年3月には3,000kmに達した。56年度末の供用延長は3,010kmであり、年平均の供用は44年度からの13年間は184km、この10年間では210kmである。この結果、57年度末には縦貫5道2,587kmのうち1,938km（75%）、青森～鹿児島間で見れば、2,110kmのうち1,928km（91%）が供用となり、縦貫道は概成したこととなる。

第3期は「その他縦貫道」及び「横断道等」時代であり、現在この段階に入りつつある。東名・名神、縦貫5道以外の予定路線延長は4,328kmであるが、整備計画済は2,651km、56年度末の供用延長は461kmであり、供用率は11%に止まっている。このうち、ここ当分は関越、常磐、近畿、山陽などの縦貫道に重点がおかれるものの、建設の重心は国土の肋骨となり、地方の生活と産業を支える横断道等に順次移ってゆくこととなる。

これら横断道等は国土の有効利用や地域開発を促進し、国土の均衡ある発展を図るために全国的ネットワークの形成に不可欠な路線である。

しかしながら、これらの路線の多くは地形上、山地部を通過することとなるため、多額の建設費を要し、また、当面あまり大きな利用交通量は期待できない。

ところで、高速国道の料金制度は47年3月の道路審議会からの「高速自動車国道の料金制度についての答申」を受けて、47年10月からプール制を採用している（料金徴収総額を費用の合算額に見合う額となるように定める）。

プール制採用により、その後の建設費の高騰にもかかわらず、高速国道の建設は比較的順調に、また、少ない国費で効率的に進められてきた。しかしながら一方では、東名・名神等の先発路線利用者から後発路線への内部補助が過度に行なわれていることに対する批判の声が大きくなってきた。

56年7月道路審議会から「高速自動車国道の整備と採算性の確保についての中間答申」が出された。その答申の骨子は現行プール制を維持しつつ新規路線のプールへの編入時期の改変、先発路線のサービス水準の維持向上、一般道路との調整、建設費・維持管理費の節

減、適当な幅と間隔での必要な料金改定の実施及び横断道等への国の財政上の措置の強化である。

答申を受けてのち、可能な限りの施策を実施したが、現在なお未措置のものが、「横断道等への国の財政上の措置」である。57年度に引き続き58年度予算においても横断道等への国の財政措置の強化を要求する予定である。

なお、他事業においてもすでに採算性等に応じた適切な国費投入が行なわれている例が多く見られる。

横断道等に関連し高速国道の料金制度あるいは採算性の話が少々長くなってしまったが、過去4半世紀において、プール性導入等により順調に推移してきた高速国道の建設を、今後経済社会情勢が益々厳しくなるなかで着実に推進するためには、なお検討すべき課題が多い。

建設省としては来たるべき活力ある福祉社会におけるモビリティの基盤として21世紀初頭までには予定路線7,600kmの完成を図ることとしているが、その時点で国土面積1,000km<sup>2</sup>あたりの供用延長は20kmであり、これは現在のイタリア並み、西ドイツの2/3にすぎない。

今後とも関係各位の高速国道建設事業に対する御理解と御支援を是非ともお願ひする次第である。

# 高速道路舗装の歩み

金 谷 重 亮\*

## まえがき

昭和31年、名古屋一神戸間の高速道路、即ち、名神高速道路を、世界銀行の借款を前提にして、建設設計画の技術的妥当性と経済的可能性の調査のため招かれたワトキンス調査団のかの有名な指摘、「日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にしてこれほど完全にその道路網を無視してきた国は、日本のほかにない。産業および経済の発展のためにも道路費を急激に増加させなければならない。最終的に東京まで建設を予定される高速道路の一部として、名神高速道路は加速度的な道路整備計画の重要な欠くべからざる一部である。等」がなされ、昭和35年

8月、高速道路の最初の舗装工事として山科試験舗装工事（P-4）に着工し、昭和38年7月、名神栗東～尼崎間71.1kmが始めて供用されて以来、20年間を経過し、本年3月には遂に高速道路の供用延長が3,000kmに達した。

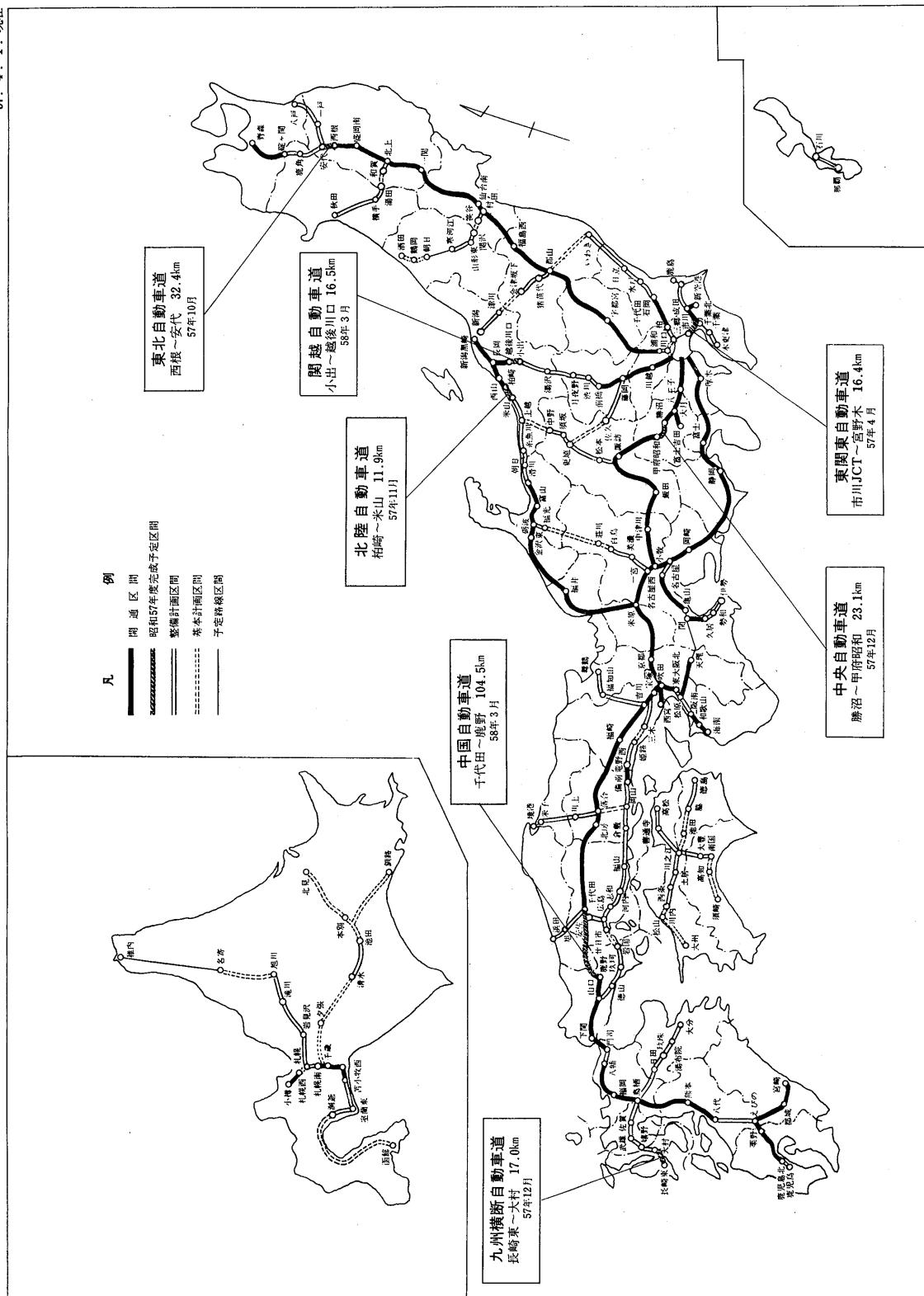
この20年間の高速道路舗装技術の歩みをふりかえってみようと思う。その覚え書きとして表-1に示す年表を作成した。この表には代表的区間の開通時期及び技術的な項目が示してあり、この表にもとづいて技術の歩みをふりかえってみようと思う。

表-1 高速道路舗装技術の歩み

|         |  |
|---------|--|
| 35年8月   | 名神 山科試験舗装工事（P-4）着工<br>● プルーフローリング、プロヒルメータを含む品質管理   |
| 38年7月   | 名神 栗東～尼崎間 71.1 km 開通   |
| 40年7月   | 名神 全区間 181.4 km 全通   |
| 41年～42年 | ● ひびわれを中心とした名神舗装供用性調査<br>調査項目：ひびわれ、平坦性、たわみ、アスファルトの老化等<br>● 名神舗装調査及び AASHO 道路試験結果の舗装設計への反映・活用 |
| 42年12月  | 中央道 調布～八王子間 18.1 km 開通   |
| 43年4月   | 東名 東京～厚木、富士～静岡、岡崎～小牧間 128.5 km 開通  |
| 43年     | ● 大型路面すべり摩擦測定車試作   |
| 44年     | ● 舗装設計要領制定   |
| 45年     | ● 北海道の寒冷地舗装の凍上・凍結融解、耐摩耗表層の研究開始<br>● 昭和41年から実施した舗装追跡調査まとまる<br>● 試験所に回転式舗装試験機の設置               |
| 46年12月  | 道央道 千歳～北広島間 23.3 km 開通   |
| 47年10月  | 北陸道 金沢西～小松間 22.7 km "  |
| 47年11月  | 九州道 南関～植木間 22.3 km "   |
| 48年     | 東北道 岩槻～宇都宮間 92.5 km "  |
| 49年12月  | ● セメント・コンクリート舗装の設計要領制定<br>東北道 矢板～白河間 49.5 km 開通<br>(最初のセメントコンクリート舗装区間)                       |
| 51年12月  | 高速道路供用延長 2,000 キロメートル達成 記念区間 中央道 垂崎～小淵沢間 23.9 km 開通 (第二回目のセメントコンクリート舗装区間)                    |
| 53年     | ● 舗装廃材リサイクル研究開始  |
| 55年     | ● セメントコンクリート舗装の高速のすべり対策研究開始<br>● 笹谷トンネルのセメントコンクリート舗装区間でスチール・タイン・グルビングの試験施工実施                 |
| 56年     | ● 東北道、中央道、九州道で路上リサイクル試験施工  |
| 57年3月   | 高速道路供用延長 3,000 km 達成<br>(第三回目コンクリート舗装区間 山陽道 赤穂～備前間 10 km を含む)                                |

\* 日本道路公団技術部道路技術課長

図-1 国土開発幹線自動車道図



## 1. 名神高速道路の舗装

名神高速道路は、その建設資金の一部を世界銀行の借款に仰ぐことがほぼ決まり、昭和33年には公団の技術内容の調査のため、世界銀行コンサルタントの来日が予想されたので、その時期までには、設計要領を一応まとめが必要があった。昭和32年当初から原案作成に着手した設計要領は、世銀コンサルタントのソンデレーガー氏や舗装委員会にはかった結果、部分的には変更をみたが昭和35年にまとまった。

この設計要領の概要は下記の通りである。

### イ) 舗装標準横断

世界銀行コンサルタント来日以前の標準横断は、コンクリートとアスファルト両舗装タイプについて考えていたが、主体はコンクリート舗装のほうにあり、ドイツのアウトバーンと同様、両側に側帯を持つものであったが、経済性その他の理由と、世界側の勧告もあってアスファルト舗装を原則とすることになった。同時に、コンクリート側帯をやめ、車道と同じアスファルト舗装の側帯とした。

表面排水の処理については、盛土区間ではU字コウを、切土区間では、ロールドガッターを当初考えていたが、世銀側から、より経済的な提案があった。こ

れらを検討した結果、図-2に示す標準横断図が決定され、以後の高速道路では、一部を除きすべてこれに従って施工が続けられている。この案の特色は、路肩の部分はバインダーコースだけで、サーフェースは節約してある。故障車の駐車だからこれで十分であり、路面の排水に関しては外側のアスファルト縁石によって側溝の役目をするようになっている。さらに分離帯側のコンクリートカーブアンドガッタおよび路肩側のアスファルト縁石は現場打ち機械施工で急速施工が可能である。

### ロ) 舗装厚

当初世銀側は、日本は交通量が少ないから発展段階的に考え、アスファルト表層5cmを提案してきたが、交通量の増加等を考慮してサーフェースコース4cm、バインダーコース6cmの計10cmをソンデレーガー氏らと協議して決定した。この表層厚10cmは、標準とし、工区によって

これを変更しないことにした。そのため、ベースコースおよびサブベースコースの厚さと強度が、主として舗装厚の設けとなった。

設計法を決めるため、各国の方法を検討したがわが国の実情に十分適応するものは少なかった。路床上のCBRから舗装全厚と、各層の厚さを算定できるCBR設計法はアメリカでもかなりの州が採用している設計法で、たまたま、わが国でもCBR設計曲線の設定をみる時期であったため、これによることにした。この設計曲線を図-3に示す。

以上が名神高速道路の舗装設計の概略であるが、実施設計は経済性を重視し、その区間の路床条件や入手材料を考慮して断面層厚を変えた。実施されたアスファルト舗装の断面構成と適用した区間をそれぞれ図-4及び図-5に示す。

アスファルト混合物の配合設計法としては、わが国で

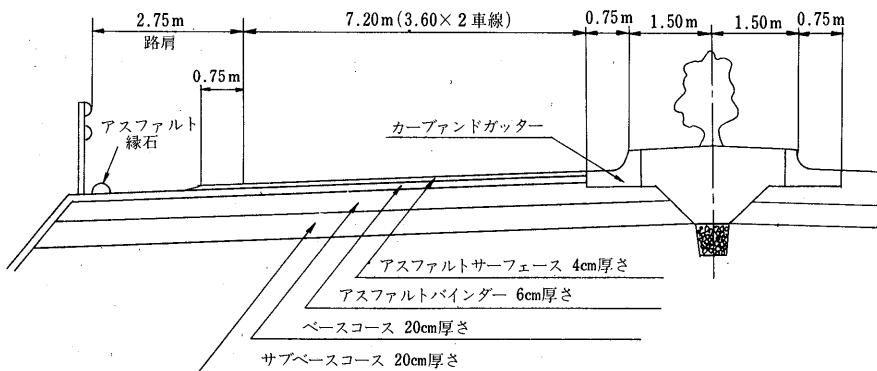


図-2 アスファルト舗装標準横断図

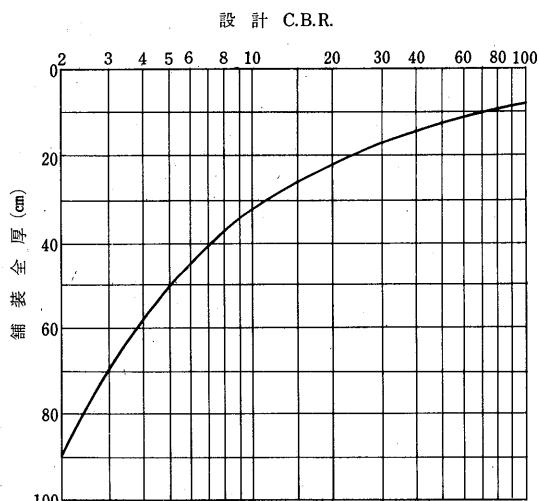


図-3 舗装厚設計曲線

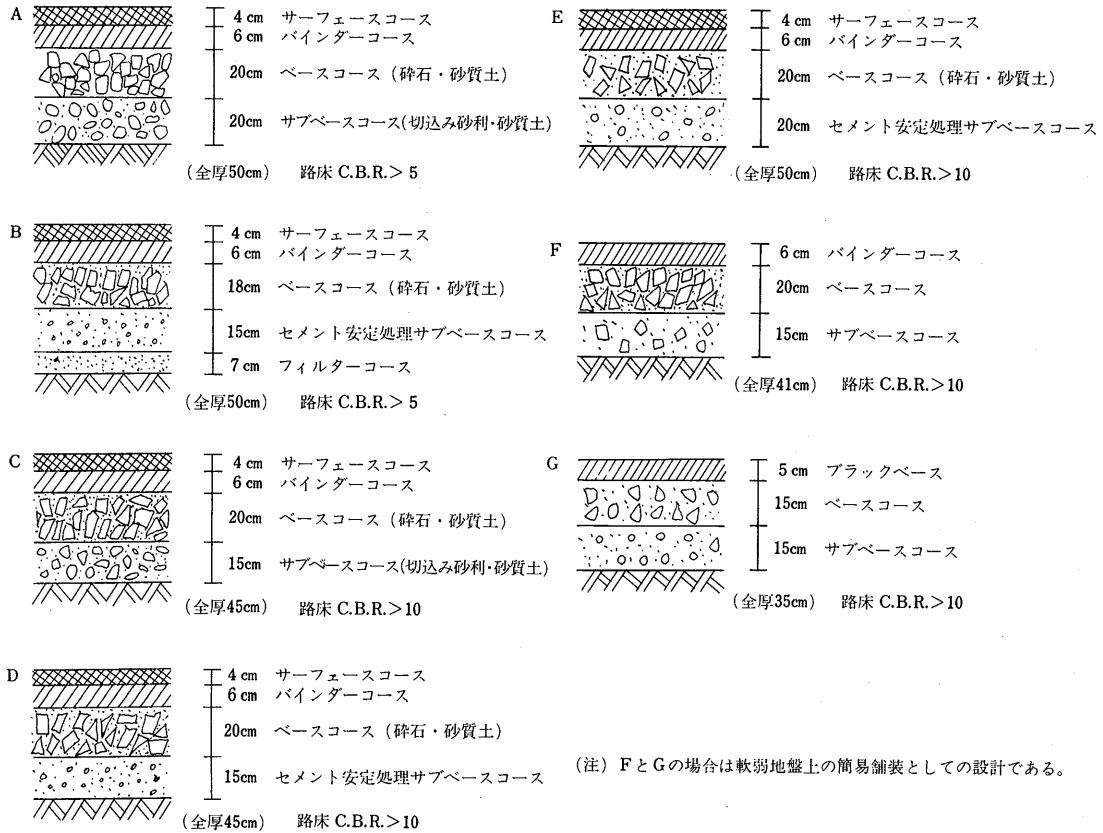


図-4 アスファルト舗装標準断面構成

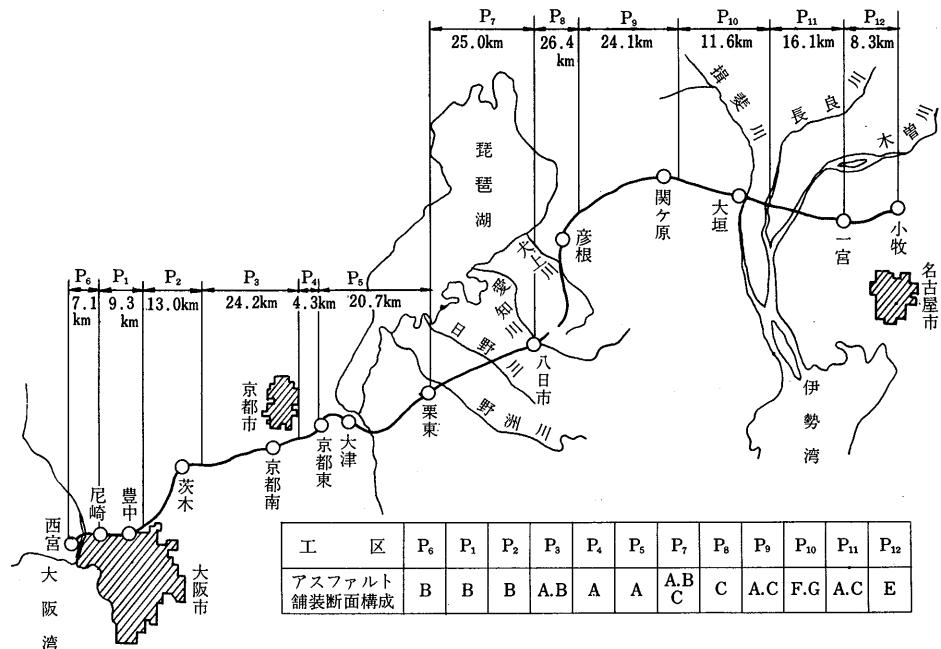


図-5 名神工区別舗装断面

初めてマーシャル試験法が採用された。表-2にこの当時のマーシャル基準値を示す。また材料を選定し、施工管理するための品質管理要領、監督要領、設計要領、工事仕様書が作成された。これと並行して山科試験舗装工事が実施され、その成果が機械化施工による大規模舗装工事に活用された。

表-2 名神のマーシャル基準値

| 基準項目           | サーフェイス  | バインダー   | 本線がコンクリート舗装の場合の側帯および路肩部 |
|----------------|---------|---------|-------------------------|
| 安定度(lb)        | 1,200以上 | 1,000以上 | 500以上                   |
| フロー値(1/100ゲージ) | 8~16    | 6~16    | 10~20                   |
| 空ゲキ率(%)        | 3~5     | 3~6     | 2~4                     |
| 歴青空ゲキ充てん率(%)   | 75~85   | 65~75   | 80~90                   |

新しい検査管理手法として、路床路盤のプルーフローリングおよび舗装の平坦性測定のため8mプロヒルメータが初めて導入された。公団職員が現場で施工者と一緒に施工管理に熱心に直接みずから取り組んだため、工事のできばえは、開通順序に従って飛躍的に向上した。その一例として8mプロヒルメータによるプロファイル・インデックス(PrI; cm/km)を図-6、表-3に示す。これによると平坦性施工能力を示すPrIは、第

表-3 名神開通区間別 PrI(cm/km)

|      | 第1次開通区間<br>尼ヶ崎—栗東 | 第2次開通区間<br>栗東—関ケ原 | 第3次開通区間<br>関ケ原—一宮 |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 全体平均 | 9.9               | 4.2               | 4.6               |
| 土工区間 | 6.2               | 3.2               | 1.7               |

い舗装工事が施工された。またPrIと乗心地の関係も研究され、PrIが10以下であれば、当時の国民車として考えられた1,000cc程度の乗用車で時速100kmで長時間走行しても振動による疲労限界に達しないことが確認された。

AASHO 道路試験におけるサービス指数の評価に最も大きな要因となる平坦性について、名神では別途すでに研究が行なわれていたとも云える。名神では将来の舗装技術の基本となるものが、アスファルト配合設計でもその他の面でもすべて実施されたと考えてよいようである。

次に施工面での名神の最大の成果は大規模な機械化による舗装の急速施工であろう。当時わが国には、60トンプラントが2,3あるにすぎなかったが、舗装工事規模を延長20~30km、工期1年数カ月と大型化した結果、100トン、200トンプラントおよび大型のフィニッシャーが導入された。これ以後、わが国は一挙に黒舗装優勢の時代を迎えたのであった。

名神高速道路は、昭和40年7月の小牧~一宮間の開通によって全線供用となった。この時期は丁度わが国の経済成長期に当り、トラック輸送が全盛となりつつあった。開通当初は乗用車が多く、トラックの通行が少なく、パークウェイの感さえあったが、開通数年を経ずして重交通区間となった。特に栗東以西の区間は、昭和42年末すでにトラック通行回数100万台をこえて、舗装面にひび割れが認められるようになってきた。そこで昭和41年から名神の舗装調査を行なった。その結果、下記のことが判明した。イ) 路面凹凸については、施工直後のすばらしい平坦性は確保されており、現在供用性は高い水準に維持されている。ロ) すべり抵抗については、舗装面にブリージングおよびフラッシュ現象は認められず、建設省土木研究所の大型バス試験車によって、0.45~0.91で良好な状態にある。ハ) ベンケルマンビームによるたわみ測定によると、クラックのない区間の限界たわみ量は、5t輪荷重でトラック通過回数100万回の区間では0.50mm、200万回の区間では0.45mmであった。また表層混合物の老化の大きいところ、即ち、回収アスファルトの残留針入度が小さいところでは限界たわみ量は小さい。5t

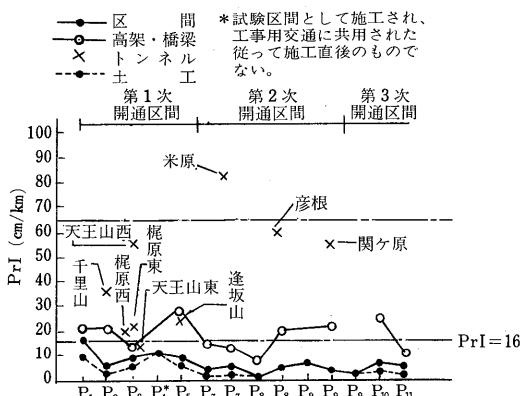


図-6 区間、高架橋梁、トンネルのPrI平均値

2次および第3次開通区間では、第1次開通区間に比較してそれぞれ $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 程度になり、平坦性はそれぞれの区間で2倍、3倍と向上した。サービスレベルの極めて高

輪重の限界たわみ量は、回収アスファルト針入度(25°C)が50のとき0.6mm, 40のとき0.4mmであった。二)ひびわれと、抜取供試体の空隙率および回収アスファルトの針入度の関係は、表-4の通りであった。二)ひびわれについては、一部区間では1,000mm<sup>3</sup>当たり100mm<sup>3</sup>であるが、他は20mm<sup>3</sup>以下であり小さい。しかし2年間にわたる調査結果では、急激なトラック通行回数の増大により、年間クラックの増加は3倍から30倍となっており、早急にオーバレ等の補修が必要である。

表-4 ひびわれと抜取供試体の性状

|           | 空げき率(%) | 回収アスファルト<br>針入度(25°C) |
|-----------|---------|-----------------------|
| 亀甲状クラック個所 | 4.0以上   | 30以下                  |
| ヘアークラック個所 | 3.5~4.0 | 30~45                 |
| 正常個所      | 3.5以下   | 45以上                  |
| ブリージ個所    | 1.5     | 60以上                  |

AASHTOの舗装厚指数を適用すると10t軸重約100万回に耐えることになるが、天王山トンネル附近に設置した軸重計の測定結果によると、この限界をすでにこえ、栗東以西は300万回を超過しているにもかかわらず平坦性、即ち、乗心地良好で、舗装のパフォーマンスはす

ばらしかった。

交通量に対して明らかにアンダーデザインであるにもかかわらず、最初の高速道路がこのようにすばらしい成果をおさめた原因是、官民一体となった熱心な研究・管理が第一にあげられよう。第二には、交通量が急激でなく、ゆるやかに増加してきたことも考えられる。いずれにしてもこれらの成果は、東名・中央道の設計施工に反映されて行った。

## 2. 東名高速道路の舗装

東名・中央道の舗装は、名神と同様に経済性、施工の迅速性、高い盛土区間が多い等の理由からアスファルト舗装とした。

名神の舗装設計方法は、CBR設計曲線を用いたが、10年の年月と約100億円の巨費を投じたAASHTO道路試験結果を日本道路公団でも種々検討した結果これを取り入れることにした。最大の特色はアスファルトベースコースを採用し、アスコン全厚が30cmになったことである。

舗装各部の強度、安定度、締固め度に関する諸規定は、表-5、表-6に示す。それぞれの粒度規定は表-7に示してあるが、ベースコースおよびサブベースの粒度およびアスファルト安定処理ベースコースの粒度は代表例である。表-8は、材料の品質規定である。

表-5 舗装各部に対する規定

| 舗装各部          | 所要締固め度       | 強度       |            | 度                    |
|---------------|--------------|----------|------------|----------------------|
| サーフェース        | $r_M$ の96%以上 | マーシャル安定度 | 1,200 lb以上 | 48時間水浸後標準マーシャルの75%以上 |
| バインダー         | $r_M$ の96%以上 | マーシャル安定度 | 1,000 lb以上 | 48時間水浸後標準マーシャルの75%以上 |
| アスファルト安定處理ベース | $r_M$ の96%以上 | マーシャル安定度 | 800 lb以上   | 24時間水浸後標準マーシャルの75%以上 |
| タイプB          | $r_M$ の96%以上 | マーシャル安定度 | 600 lb以上   | 24時間水浸後標準マーシャルの75%以上 |
| タイプC          | $r_M$ の96%以上 |          |            |                      |
| ベース           | $r_D$ の97%以上 | CBR      | 80以上       |                      |
| サブベース         | $r_D$ の95%以上 | CBR      | 30以上       |                      |
| セメント安定處理サブベース | $r_D$ の95%以上 | CBR      | 60~100     |                      |

(注)  $r_M$ はマーシャル試験供試体の密度(両面50回)

$r_D$ はKODAN A1211による最大乾燥密度

CBR値は設計CBR値

表-6 アスファルト混合物のマーシャル規定

| マーシャル規定         | サーフェース  | バインダー   | アスファルト安定處理ベース |       |
|-----------------|---------|---------|---------------|-------|
|                 |         |         | タイプB          | タイプC  |
| 安定度(1b)         | 1,200以上 | 1,000以上 | 800以上         | 600以上 |
| フローアーチ(1/100in) | 8~16    | 6~16    | 6~8           | 6~20  |
| 空げき率(%)         | 3~6     | 3~6     | 3~10          | 3~12  |
| 歴青空げき充てん率(%)    | 75~85   | 65~75   | —             | —     |

表-7 補装各部の粒度規定

|               |                 | 通過重量百分率(%) |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |        |        |
|---------------|-----------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| ふるい名称         | U.S.            | 2in        | 1½in   | 1in    | ¾in    | ½in    | ⅓in    | No.4   | No.8  | No.10 | No.30 | No.40 | No.50 | No.100 | No.200 |
|               | JIS             | 50.8mm     | 38.1mm | 25.4mm | 19.1mm | 12.7mm | 9.52mm | 4760μ  | 2380μ | 2000μ | 580μ  | 420μ  | 297μ  | 149μ   | 74μ    |
| サーフェース        | —               | —          | —      | —      | 100    | 75~95  | 55~75  | 38~58  | —     | 21~36 | —     | 13~25 | 6~15  | 2~8    |        |
| バインダー         | —               | —          | 100    | 90~100 | 70~90  | 60~83  | 42~67  | 30~53  | —     | 15~32 | —     | 9~22  | 4~14  | 2~7    |        |
| アスファルト安定処理ベース | —               | 100        | 70~100 | 55~90  | —      | 30~70  | 17~55  | 10~42  | —     | 5~28  | —     | 3~22  | 1~16  | 0~10   |        |
| ベース           | —               | 100        | 70~100 | 55~100 | —      | 30~100 | 17~100 | 10~100 | —     | 5~40  | —     | 3~25  | —     | 0~10   |        |
| ペース           | —               | 100        | —      | 55~90  | —      | 40~70  | 28~55  | —      | 17~40 | —     | 5~23  | —     | —     | 1~7    |        |
| サブベース         | 100             | 70~100     | —      | 50~90  | —      | —      | 30~65  | —      | 20~50 | —     | 5~25  | —     | —     | 2~10   |        |
| セメント安定処理サブベース | 最大粒径2in(50.8mm) |            |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |        |        |

表-8 補装各部の材料の品質規定

|  | アスファルトコンクリート | アスファルト安定処理ベース |       | ベース   | サブベース | セメント安定処理サブベース |
|--|--------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|
|  |              | タイプB          | タイプC  |       |       |               |
| 1 比重   | 2.50以上       | —             | —     | —     | —     | —             |
| 2 吸水量  | 2.5%以下       | 3%以下          | —     | —     | —     | —             |
| 3 すりへり減量   | 25%以下        | 4%以下          | 40%以下 | 40%以下 | 50%以下 | —             |
| 4 安定性試験減量(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5サイクル) | 12%以下        | 15%以下         | —     | 15%以下 | —     | —             |
| 5 塑性指数(Na 10ふるい以下の材料)                            | N.P.         | 6以下           | 8以下   | 4以下   | 6以下   | 8以下           |
| 6 頁岩および軟かい石片の含有量                                 | 5%以下         | —             | —     | —     | —     | —             |
| 7 細長いまたはうすべらな石片含有量                               | 25以下         | —             | —     | —     | —     | —             |
| 8 頁岩含有量(Na 10ふるい以上の材料)                           | —            | —             | —     | —     | —     | —             |

(注) 以上の定量的品質規定に加えて、各材料は、軟かい石片、または風化した石片、ごみ、どろその他の異物を含まず、かつ堅硬で耐久的でなければならないとの定性的な規定がある。

舗装厚の設計は、AASHTO道路試験のSNにもとづいて行なった。即ち、 $SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$  である。これに用いた換算係数については表-9に示す。

この設計法によると、舗装部をすべてアスファルトコンクリートで施工することも可能であるが、アスファルト舗装構造としては、漸次、強度が変化する多層系とした方が耐久性がすぐれ全般的に経済的になる。また通行車輛の動荷重は、舗装表面下1mにおよぶので、あまり薄くすると、動荷重の影響が路床部分に達するおそれがあり構造上望ましくないので、将来広く用いられて来たCBR設計曲線と上部路床に使用する材料の品質および強度などの規定、交通量を考慮して、舗装全厚の最小値を40cmとした。

表-9 補装各部の換算係数

| D              | 材種   | a <sub>1</sub>                | a <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | a <sub>4</sub> |
|----------------|--|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| D <sub>1</sub> | アスファルトコンクリートバインダ及びサーフェース                                   | 0.44*                         |                |                |                |
| D <sub>2</sub> | 加熱混合中央ブランド式<br>アスファルト安定処理ベースコース<br>碎石ベースコース・セメント安定処理ベースコース | 0.40<br>0.35<br>0.30<br>0.14* |                |                |                |
| D <sub>3</sub> | セメント安定処理サブベースコース<br>切込砂利サブベースコース                           |                               |                | 0.12<br>0.11*  |                |
| D <sub>4</sub> | 上部路床(砂質土)  |                               |                |                | 0.08           |

舗装厚指數SNは次式から求める。

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad \dots \quad (1)$$

ただし、SN:舗装厚指數・舗装体の構造上の強さ、耐久性などを総合的に表わす指數

$a_1$ ,  $a_2$  及び  $a_3$ :舗装各部の材種による換算係数

D<sub>1</sub>:アスファルトコンクリート表層厚(in)

D<sub>2</sub>:ベースコース厚(in)

D<sub>3</sub>:サブベースコース厚(in)

(注) 1. 表中\*印を付した数値は、AASHTOの試験道路の結果から求めた方程式から導いたもので、十分の信頼性がある。

その他の数値は場合によっては調整の必要がある。(解説を参照のこと。)

2. セメント安定処理サブベースコースは、セメント量2~3%, 一軸圧縮強度15~20kg/cm<sup>2</sup>(7日養生), CBR 70~100(7日養生、うち4日水浸)程度のものを対象として推定した。

S Nによる設計では、交通量と軸重分布が必要である。一車線の日交通量を6,000台とし、車種構成は表-10のように仮定した結果、10t軸重で10年間約670万回に耐える舗装となるよう設計するとS Nは5.92となる。

表-10 仮定車種構成

| 車種   | 車種構成(%) | 軸重分布(t)           | 構成(%)                |
|------|---------|-------------------|----------------------|
| 乗用車  | 30      | 1                 | —                    |
| バス   | 5       | 6                 | —                    |
| トラック | 65      | 10<br>8<br>6<br>3 | 30<br>30<br>30<br>10 |

東名の路床部と、A A S H O試験道路の路床部を比較すると、品質においては、PI(塑性指数)の規定を除いて東名の方がすぐれている。したがって、舗装設計をA A S H Oと対比させるため、上部路床を加味してS Nを算出した。上部路床を加味するものとしてその値、

$$a_4 \cdot D_4 = 0.08 \times 12 = 0.96 \text{ を引いた } S N = 5.92 - 0.96 \\ \approx 5.0 \text{ を必要な舗装厚指数 } S N \text{ とした。}$$

以上のようにして求めたS N  $\geq 5.0$ を基準として舗装各部の設計を行なったが、その際、以下の事項を考慮し、最も経済的かつ合理的な各部構成を決めることにした。

- イ) サーフェース、バインダーは4cm、6cmとし、これは変更しない。
- ロ) 施工および構造上望ましい各部厚は表-11の通りとする。

表-11 舗装各部厚および施工厚

| 舗装各部             | 各部厚(cm) | 施工一層厚(cm) |
|------------------|---------|-----------|
| サーフェースコース        | 4       | 4         |
| 上層バインダーコース       | 5 ~ 7   | 5 ~ 7     |
| 下層バインダーコース       | 5 ~ 7   | 5 ~ 7     |
| アスファルト安定処理ベースコース | 10 ~ 20 | 5 ~ 10    |
| 碎石ベースコース         | 15 ~ 20 | 10 ~ 15   |
| 切込砂利サブベースコース     | 15 ~ 30 | 10 ~ 20   |
| セメント安定処理サブベースコース | 12 ~ 15 | 12 ~ 15   |

ハ) セメント安定処理サブベースを施工する場合、リフレクションクラックのおそれがあるときは、その上層のアスコン厚を合計25cm以上にする。

施工においては、地方産の材料を自家生産を行なって極力活用した。この際、アスファルトベースコースA、B、Cの3分類はきわめて有効であった。図-7に土工区間の標準横断を示す。

また工事規模は、名神の場合よりもいっそう大型化し、A A S H O道路試験により高く評価された加熱混合アスファルト安定処理ベースの採用により、1工区当りのアスファルト混合物の所要量は、約30万tにも達した。これを比較的短期間、約1年間で施工し、かつ高度のできばえとするため、あらたな規定としてプロヒルメータによる路面の平坦性規定を設け、Pr Iの規定値を下記のようにした。

|                |            |
|----------------|------------|
| 土工区間           | 5 cm/km以下  |
| 伸縮継手前後5mを除く高架  | 8 cm/km以下  |
| ・橋梁区間          |            |
| 伸縮継手を含む高架・橋梁区間 | 15 cm/km以下 |

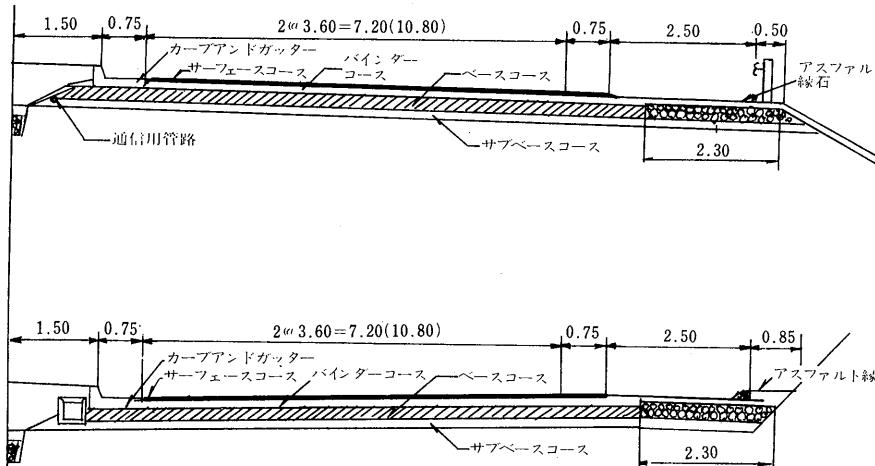


図-7 土工区間標準横断構成およびアスファルト緑石

トンネル内の舗装は、名神の場合と同様にセメントコンクリート舗装を考えたが、コンクリート舗装では施工上の制約により高度の平坦性が確保しがたいという理由により、一部トンネルを除きすべてアスファルト舗装又は半たわみ性舗装とした。図-7に示した路肩部2.50mは、本来の機能上本線部のような重構造を必要としないので構造上の品質を落した。サービスエリアおよびパーキングエリアなどの駐車場も同様の理由により、S/Nの目標値を2.5~2.7とした。

以上のように東名の設計の基本点は、

- 1) アスファルト安定処理路盤を採用し、表層を含めてアスコン厚が30cmになったこと。
- 2) 現地産の材料を活用できるよう規定を柔軟にしたこと。その結果、各区間の舗装断面は、図-8に示すようにかなり変化したものとなっている。
- 3) 乗心地のサービスレベルを向上させるためプロヒルメータによる平坦性の規定をもうけたこと。

である。

昭和44年5月、東名全線が開通し、西宮~東京間約540kmが結びつき、高速道路時代全盛期を迎えた。戦前から、日本全土、特に東京~神戸間に高速道路を建設しようとした道路関係の諸先輩の夢が、実に、30年をえて実現したのである。

東名の舗装設計のパフォーマンスとして、東名でも特に重交通区間である東京~三ヶ日間約250km区間の供用後の状況を維持補修の面から検討してみよう。

東名開通以来すでに13年間経過している。10t軸重に

換算した通過軸数の実績を、図-9に示してあるが、設計に用いた760万回に達した時期は、予想よりも早く4.2年から7.5年であった。これはわが国経済発展に伴なう自動車交通の急激の増大によるものである。従って舗装の補修時期が、予定よりかなり早まることとなった。延長は極めて小さいが、ある区間ではすでにオーバレイ補修が3回も施工されている。第一回目のオーバレイが行なわれた原因を表-12に示す。原因として、重荷重によるわだち堀れが圧倒的に多く、半分以上を占めている。アスファルト安定処理ベースを導入した結果、ひび割れによるものは少ない。東名においては、名神のように舗装体の構造不足による亀甲状クラックは発生せず、アスファルトの硬化によると思われるヘアクラックがわずか見られた。

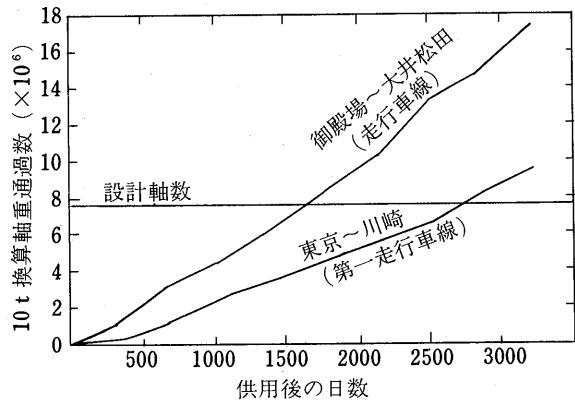


図-9 東名の10t換算軸重通過数

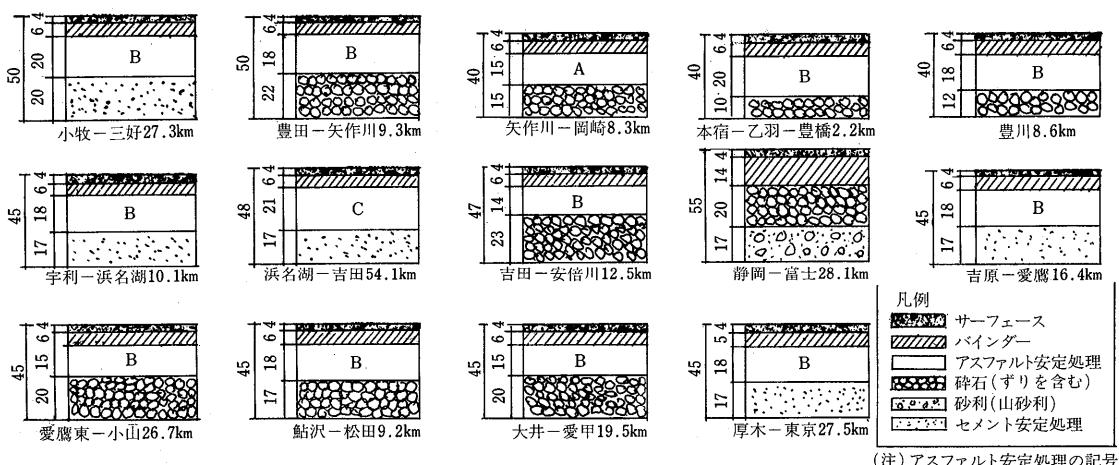


図-8 東名高速道路舗装断面

表-12 オーバーレイの原因

| 原 因   | パーセント |
|-------|-------|
| わだちぼれ | 51 %  |
| ひびわれ  | 17 %  |
| すべり   | 31 %  |
| その他の  | 1 %   |
| 合 計   | 100 % |

なり異なっている。一方、わだちぼれおよびすべりは、重交通荷重の急激な集中によって表層に生じ、構造破壊ではなく、表層の配合設計による対処が必要である。

名神の舗装調査の結果では、10t軸重が100万回以上通過区間では空隙率が4%を超えるとひび割れが発生していた。東名では、ひび割れ破壊を最小限におさえるため、これを参考にした。従って表-13に示すように、東名は、名神よりも0.2%~0.3%多めのアスファルト量が用いられている。

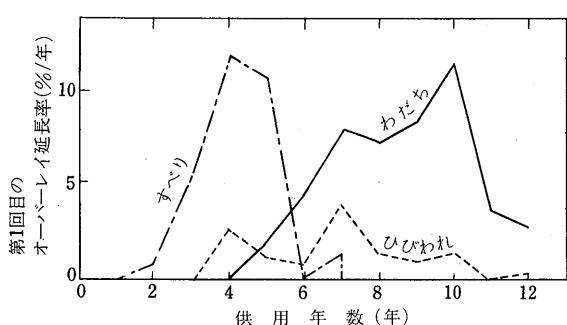


図-10 原因別の各年度毎のオーバーレイ

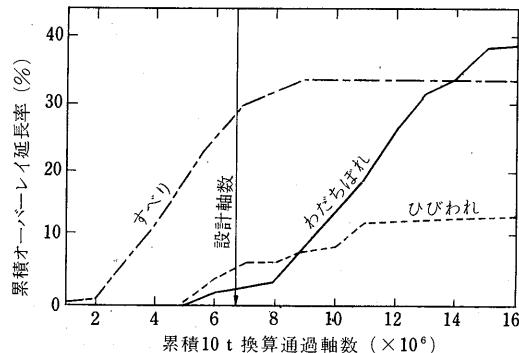


図-11 原因別のオーバーレイと通過軸数

表-13 舗装設計要領と路面性状の推移

図-10および図-11に開通後の年度別、または10t軸重累積通過回数に対する1回目のオーバーレイの延長を100分率で示す。これによると重交通によって最初すべり易くなり、その後わだちぼれが発生している。これは、アスファルト量および骨材に関連するものと考えられる。この場合でも、すべりが問題になるのは、制限速度100kmを超えた場合である。図-8によれば、ひびわれの構造破壊は、設計10t軸重通過数760万回に達した場合であっても2%程度に過ぎない。これは名神とはか

| 路線名称                   | 舗装設計法 | 年月    | アスファルト混合物配合設計   | 設計アスファルト量(%) | 路面性状の概要                                |
|------------------------|-------|-------|---|--------------|--|
| 名神高速路                  | CBR法  | 36.8  | ASTM D 1559-58T<br>(片面50回突き)  | 5.7~6.5      | 主にひびわれ発生<br>オーバーレイ後わだちぼれ               |
| 東名高速路<br>中央高速路<br>(1期) | SN法   | 43.   | ASTM D 1559-62T<br>(片面50回突き)<br>KODAN 202 水浸M   | 6.0~6.9      | 使用初期にすべり問題<br>主にわだちぼれ発生<br>部分的にひびわれも発生 |
| 新規高速路                  | TA法   | 45.1  | "   | 5.8~6.5      | 調査中                                    |
|                        |       | 45.10 | ASTM D 1559-62T<br>(片面一律75回突き)<br>KODAN 202 水浸M   | 5.6~6.4      |  |
|                        |       | 48.3  | "<br>軸重換算係数(トラック0.685)<br>0.243<br>を1.1とした  |              |  |
|                        | 現行TA法 | 50.5  | KODAN 202<br>/気温14°C以上でストアス60~80<br>"以下で" 80~100<br>交通量1500台/<br>日片側で50回突<br>75回突<br>の使い分け<br>設計CBRに低減層導入 | 現在適用中        | 調査対象外                                  |

今後益々重交通になることを予想し、この表に示すように東名以後の新規高速道路では、マーシャル試験の75回突固め等の試験、昭和45年道路公団試験に設置された大型回転式舗装試験機による図-12の成果により、温暖・一般地域0.3%、寒冷地では0.1~0.2%程度少ないアスファルト量となっている。

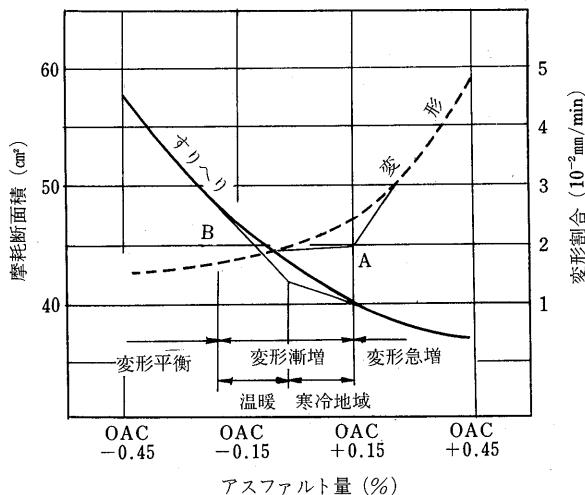


図-12 アスファルト量と摩耗、変形<sup>10</sup>

また名神時代は、国産車は性能が悪く、名神をテストコースとして性能向上につとめていたが、東名時代には時速100以上で長時間連続走行ができる国産車が普及し、高速走行時のすべりが問題となってきた。昭和43年に大型路面すべり測定車が試作され、高速時のすべりが測定可能となった。表層の配合についてもすべり面から検討が加えられた。その結果、路面のすべり摩擦係数の測定が標準化され、実測データの解析研究を基にして、現在の舗装路のすべり摩擦の施工管理基準が作成された。

また、アスファルト長期追跡調査が行なわれた。これは舗装材料および路面性状の経時変化、舗装体の力学的挙動等を東名・中央道を用いて追跡するもので、昭和41年に調査計画がまとめられた。建設時の基礎データとして使用された材料、混合物、舗装構造の力学特性などのデータが収集され、使用開始からその追跡が続けられ、昭和50年にその成果がまとめられ、新規高速道路の設計施工に反映された。

### 3.道央自動車道の舗装

高速道路が本格的に積雪寒冷地に足を踏み入れたのは、

札幌冬季オリンピック関連の道央自動車道・札幌~千歳間（昭和46年12月供用）が建設されたときである。それまでは比較的温暖な地域での舗装が多く、北海道のような純粋な寒冷地での舗装の経験が少なかった。

寒冷地における舗装構造選定上の問題点は、凍結深度の推定、凍上量の検討および春先の融解期の路床・路盤の支持力低下である。また、表層配合設計上のそれは、

チーンおよびスパイクタイヤによる表層摩耗である。さらに標準横断選定のさいは、スノープラウによる除雪が効率よく高速でできるようにすること、および路肩と分離帯の滞雪からの融水が車線に出ないよう考慮することであった。

当時は、凍結深度の80%を非凍上性の材料で置換する工法が一般的な考え方であった。それ以前は最大60%程度置換したにすぎなかった。60%以下の場合は凍上量が100~200 mmにおよび、春先の融解前に凍上により破壊する例が大半占め、研究は主として凍上対策に重点が置かれていた。80%以上になってからは、路床路盤の支持力低下および表層摩耗対策に重が移りつあった。

当時、北海道では、アスファルト舗装の施工が大勢を占めており、その理由は下記の通りであった。

コンクリート舗装は、

- ・凍上に対し許容量が小さい。
- ・目地又は亀裂から日水侵入した水分が夜間凍結し、膨張し、あるいは水晶累積して破壊を助長する。
- ・除雪用塩類により塩害を受ける。

アスファルト舗装は、

- ・2 cmまでの表層凍上について一般的に安全、3.5 cmまで安全であった例がある。
- ・表層混合物の夏季安定低下およびすべり摩擦低下対策研究がすすみつつある。このような理由からアスファルト舗装とした。

#### イ) 凍結深度

凍結深度の推定には、Stefan の方法(1890年)を用いた。昭和44年12月~45年3月間の日本道路公団および北海道開発局の行なった36号線における実測値を用いて、Stefan による理論値とを比較し、整合性が確認されたためである。即ち、志賀草津と開発局36号線清田における凍結深度の Stefan による理論計算値と実測値の差は、それぞれ、-6.3%~20%および-2.7%であった。一般に理論計算値の方が実測値より大き目にでることから、安全側と考えられた。

図-13に示す道央自動車道の舗装断面に、このStetanの式および図-14に示す北海道における凍結深さ比と凍上影響比を用いた結果は、表-14の通りであった。この表によると、選定断面の凍結深度は91cm、置換率88%で、凍上影響比は-1%で、路盤を非凍上性材料で施工すれば、凍上について安全であることを確認することができた。

#### ロ) 路床支持力

道央自動車道（千歳～札幌）の表層地質は、沖積地を除きほとんど支笏（S層）、恵庭（E層）、樽前（T層）の各火山による噴出物により構成されている。これらについて凍上試験を行なった結果は、表-15である。これによると、非凍上性材料はS層およびT層である。土工仕上り面のままで舗装設置前に越冬すること

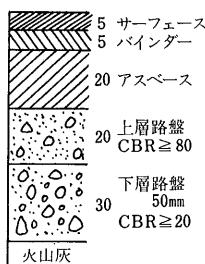


図-13 選定舗装断面

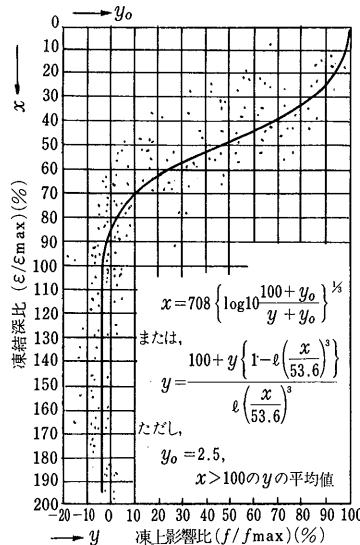


図-14 北海道全道の凍結深さ比と凍上影響比

が予想されたので、盛土路床部1mおよび切土置換え路床部最小30cmは非凍上性材料、主としてS層、部分的にT層で施工した。このS層およびT層の自然含水比におけるCBRは、大略2～6%であった。火山灰路床の支持力は、春先の融解期にかなり低下する。そこで凍結融解3サイクル後の4日水浸CBRの保存率とシルト分の含有率を試験した結果が図-15である。これによると路床部に用いたS層およびT層の修正CBR値は、10～15

表-14 道央自動車道の凍結深さ計算結果

#### ・気象条件（札幌 1901～1950）

$$\text{平均積算寒度 } F = 491.4 \text{ °C} \cdot \text{日}$$

$$\text{凍結期間 } t = 118$$

$$\text{年平均気温 } C_2 = 7.1 \text{ °C}$$

$$\text{熱比 } Z = \frac{C_2 \cdot t}{F} = 1.71$$

#### ・材料

| 舗装部                 | 材 料   | 含水比<br>wi(%) | 密 度<br>rd(g/cm³) | 熱伝導率<br>(cal/hr·cm·°C) | 融解潜熱<br>Li(cal/hr·cm³) | 熱容量<br>Q(cal/cm³·°C) |
|---------------------|-------|--------------|------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 表層・基層<br>アスコングラウド処理 | アスコン  | 0            | 2.33             | 12.60                  | 0                      | 0.45                 |
| 上層路盤<br>40mm 碎石     | 碎石    | 4.00         | 2.00             | 7.92                   | 7.2                    | 0.40                 |
| 下層<br>80mm 切込       | 切込    | 5.97         | 2.00             | 7.92                   | 7.2                    | 0.43                 |
| フィルター<br>砂          | 砂     | 5.00         | 1.50             | 7.92                   | 7.2                    | 0.81                 |
| 路床<br>支笏火山灰         | 支笏火山灰 | 40.00        | 1.00             | 13.68                  | 32.0                   | 0.47                 |

#### ・凍結深さ計算結果

置換厚さ

$$d_1(\text{アイロン}) 30 \text{ cm}$$

$$d_2(\text{上層路盤}) 20 \text{ cm}$$

$$d_3(\text{下層}) 30 \text{ cm}$$

$$\text{計 } d_1 \sim d_3 80 \text{ cm}$$

平均積算寒度の凍結深さ

$$91 \text{ cm}$$

路床への凍結侵入深さ

$$11 \text{ cm}$$

$\epsilon_0 - (d_1 \sim d_3)$

置換境界線における凍結深さ比

$$88$$

$(d_1 \sim d_3) / \epsilon_0 (\%)$

置換境界線における凍上影響比(%)

$$-1$$

表-15 火山灰路床路体材料の凍上試験結果

| 番号  | 土層 | 凍上性試験(%)            |        | 適合性* |     |
|-----|----|---------------------|--------|------|-----|
|     |    | 洗い試験<br>(-#200/-#4) | 強熱減量試験 | 凍上試験 | 路体  |
| (1) | T層 | 83.9                | 18.2   | 96   | ○ × |
| (2) | T層 | 20.0                | 17.4   | 10   | ○ ○ |
| (3) | E層 | 83.0                | 10.4   | 150  | ○ × |
| (4) | S層 | 30.0                | 4.7    | 10   | ○ △ |
| (5) | S層 | 30.0                | 3.6    | 10   | ○ ○ |
| (6) | S層 | 38.5                | 6.9    | 10   | ○ △ |

注) \*適合性：○使用してよい

△使用には注意

×使用できない

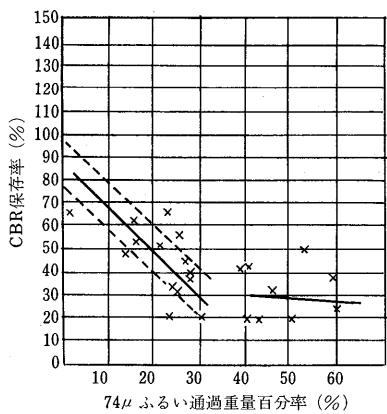


図-15 CBR保存率と74 μふるい通過百分率

%であった。これらの材料には、シルト分が20%程度含まれているので、CBR保存率は、35~55%である。即ち、凍結・融解のくり返しで3~8%になるものと考えられる。これらにより、火山灰路床部のCBRを3%として設計することにした。

#### ハ) 補装構造の選定

道央自動車道の10年間の10t軸重通過回数は、300万回であり、CBR = 3とすれば、TAは32cmとなる。北海道における設計ではタイヤチェーンおよびスパイクタイヤによる摩耗を考え、表層上部2cmはTAの計算に入れていた。当時の諸外国の文献によれば、

- ・フィンランド、ノルウェーにおける最大摩耗は、2cm/100万台。
- ・ドイツでは2.8~3.5cm/100万台。

であり、国道、12号線における摩耗量は、年間2~5mmであった。これらによれば、上記2cmは過小であるがこの方針をとった。

以上の考え方で、数種類の補装構造について比較検討し、前記図-13の断面を選定した。下層路盤30cmの材料は、凍土抑制層として海砂を単体で用いるのが北海道で

は一般的であったが、砂単体ではセッティングが悪く、締固め安定性に欠けるので、比較的入手しやすい50mm切込砂利を用いることにした。

#### ニ) 標準横断図

札幌地方の積雪深は年間約80cmで、降雪期間は、11月下旬~3月下旬である。降雪期間初期と終期の12月上旬までと2月下旬にかけて、日中の気温はプラスとなり、とけた水が路面で凍結する。この路面凍結は、路面が黒くなっているので、ドライバーの確認が困難であり、最も危険な時期である。路肩または分離帯の滞雪から水分が車線へ流出しないようにしなければならない。以上のような考え方により選定した標準横断が図-16であり、その方針は、下記の通りである。

- ・路肩へ排除した滞雪の水が車線へ流出しないよう、路肩は名神のように表層を施工せず基層のみとし、外側へ2%下り勾配とする。切土の滞雪余裕は、運搬除雪のため舗装する。
- ・分離帯の滞雪から、車線へ流出しないよう分離帯は凹状にする。
- ・プラウ除雪が高速で行なえるよう、側帯の外側へ50cm程度プラウまたはサイドウイングの位置がずれても除雪できるようにする。
- ・1972年の冬季オリンピックには、片側二車線のみ供用するので、分離帯へ能率よく除雪できるようにする。

#### ホ) 表層の耐摩耗対策

高速道路の耐摩耗混合物の研究において、一般道路と大きく異なる点は、高速時のすべり抵抗性もあわせて確保しなければならないことである。道路公団試験所の回転式舗装試験機によるすりへり抵抗に対する主要因は骨材の最大粒径と骨材の硬さにあること、および経済性を考慮し、名神東名型の密粒アスコンを対象として研究した。この回転式舗装試験機によって、耐摩耗性の主要因は、それまでのフィラー・ビチューメン中心の考え

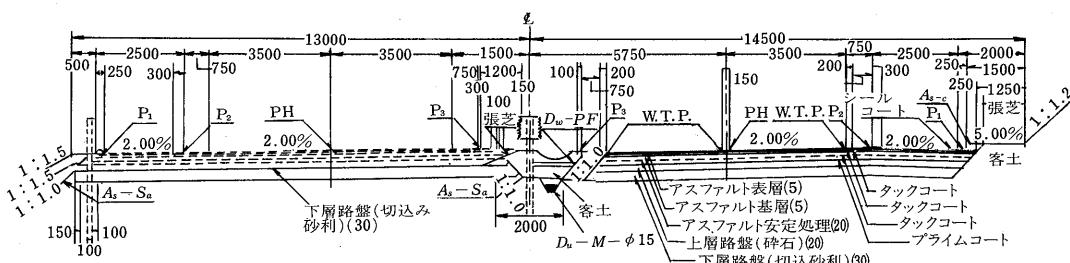


図-16 断面図（左曲線部）

方から、骨材の大小および硬さにあることが確認されたことは最大の成果であった。

これによる耐摩耗性混合物の研究成果の一例を図-17および図-18に示す。図-17はチェーン付タイヤ、図-18はスパイクタイヤの結果であるが、摩耗抵抗性は両図とも最大粒径20mmの混合物が最も大きく、次にグースアスファルト、最大粒径13mmとなっており、硬質な骨材を使用する場合粗骨材の最大粒径を20mmにすることによって密粒度アスファルトコンクリートはグースアスファルトよりすぐれた摩耗抵抗性がえられることが確認された。

道央自動車道では、ロサンゼルスすりへり量20%以下の最大粒径20mm、プレミックスゴム入り密粒度を主として施工したが、試験舗装としては、最大粒径40mmおよび13mmをあわせて施工した。ゴム入りにした理由は、事前にラベリング試験を行なった結果では、ゴム入りの方が摩耗抵抗性が大きかったためであり、プレミックスにした理由は、プラントミックス方式より、ゴム分が均一に混合されること、

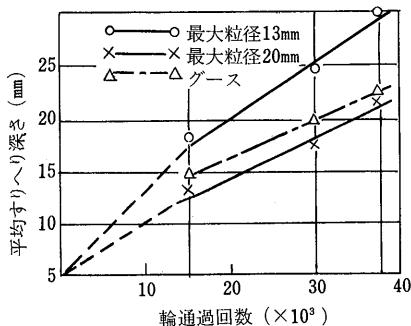


図-17 粗骨材の最大粒径とすりへり量の関係（チェン付きタイヤ）

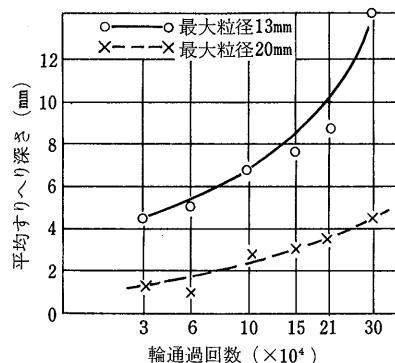


図-18 最大粒径とすりへり深さの関係（スパイクタイヤ）

プラント能力が通常の混合と変わること、およびラベリング試験機による試験結果では摩耗量がプラントミックスゴム入りアスコンの1/3に過ぎなかったからである。

これらの交通供用後の結果を図-19および図-20に示す。これによると、

- 最大粒径20mmの混合物は13mmのものより摩耗抵抗性は大きい。しかし40mmになると施工性が悪く、混合物の耐久性が劣ってくる。
- ゴムの有無によって摩耗抵抗性に有意差は生じない。

以後、最大粒径20mmの混合物は、東北道の白河以北で本格的に使用され始め、当初は13mmフルイ通過量が75%

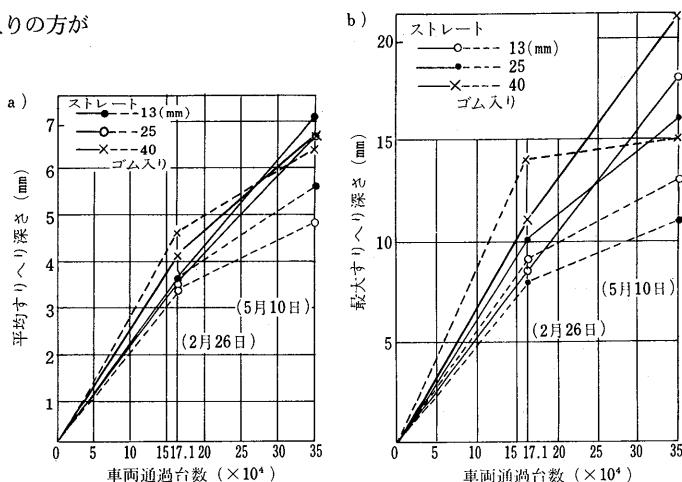


図-19 車両通過台数とすりへり量の関係（上、下線の平均）  
(道央自動車道)

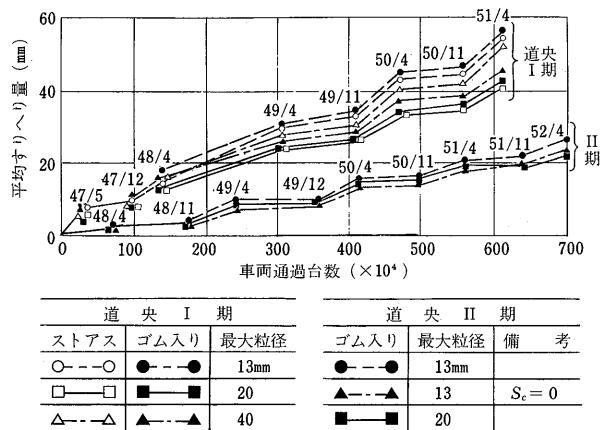


図-20 追跡調査結果（道央自動車道）

程度の粒度が使用されていたが、施工性が悪く、材料分離やひきずり現象が生じて耐久性に問題があったため、徐々に修正され現在では13mmフルイ通過量85%程度のものが用いられている。表-16に示されているように、耐摩耗混合物は硬質で最大粒径の大きい粗骨材を富配合のアスファルトモルタルで結合することによって得られる。積雪寒冷地で現在採用されている耐摩耗混合物よりもさらに抵抗性のある混合物は、硬質の粗骨材を多目に使用したマスチック系のものに進む傾向があると考えられる。

表-16 流動抵抗性、摩耗抵抗性に寄与する要因

| 要因                    | 耐流動混合物           | 耐摩耗混合物          |
|-----------------------|------------------|-----------------|
| 粗骨材の最大粒径              | 大きい程 良           | 大きい程 良          |
| 細骨材量<br>(No.8 フルイ通過量) | 少ない程 良<br>(図-12) | 多い程 良<br>(図-12) |
| アスファルトの針入度<br>(粘度)    | 硬質アスファルト<br>程 良  | 軟質アスファルト<br>程 良 |
| アスファルト量               | 少ない程 良<br>(図-15) | 多い程 良<br>(図-15) |
| 粗骨材の石質                | —                | 硬質な程            |

#### 4. 高速道路のコンクリート舗装

昭和35年名神山科試験舗装工事に着手してから、昭和48年東北道矢板～白河間でコンクリート舗装を着工するまでの13年間高速道路の舗装は、トンネル、バストップ、料金所を除き、すべてアスファルト舗装であった。

本年3月に供用延長3,000kmを達成したが、このうちコンクリート舗装は、昭和49年供用の東北道、矢板～白河間(49.5km)、昭和51年の中央道、韮崎～富士見間(35km)，記念すべき3,000km達成区間の一部となった山陽道、赤穂～備前間(10km)の計94.5kmで、3,000kmに占める割合が3%以下にすぎない。高速道路の舗装がアスファルトに偏重したことは否めない。ここでコンクリート舗装工事到るまでの経緯およびその技術的側面を簡単に記述することとする。

名神・東名開通以後わが国のモータリゼーションは一段と進展し、通行車輌の大型化、重量化が顕著となり、1年間に10t軸重換算軸数が100万台～200万台に達する重交通区間が多くなってきた。この重交通により温暖地では5年に1回、他の路線では7～10年に1回、オーバレイ補修を繰り返すようになり、また寒冷地ではスペイクタイヤ、タイヤチェーンによるすりへりがほぼ5～8mm/年に達し、同様に5年に1回補修するようになってきた。

舗装構造では、東名・中央道以来アスファルト安定処

理層を設けるようになり、アスコン全厚が25～30cmとなり、コンクリート舗装版のそれと同等になってきた。

維持管理費を含め、前記のアスファルト舗装のオーバーレイ等の補修を考慮するとコンクリート舗装は経済的にも有利であることが確認されたので、最初に東北道の白河～矢板間で試験施工することとした。白河～矢板区間、48kmをコンクリート舗装にしたのは、この区間は那須管理事務所の全管理区域である、経済比較のための重要項目である維持管理費等を、コンクリート舗装に専念して研究するためであり、最初の工事としては大規模なものとなつた。

ここで簡単にコンクリート舗装とアスファルト舗装を比較すると、

- ・アスファルト舗装は、高温安定性が問題となりわだち掘れが生ずる。コンクリート舗装は全くそれがない。
- ・スペイクタイヤ等のすりへりに対してはコンクリート舗装はアスファルト舗装の2～3倍の耐久性がある。
- ・粗骨材については、コンクリート舗装ではアスファルト舗装で使用できない花崗岩が使用でき、骨材の使用範囲が拡大できる。

である。

##### イ) 舗装構造

舗装構成、標準横断は、図-21に示すように、鉄網入りコンクリート舗装版30cm、セメント安定処理路盤15cmとした。一部の区間では路盤にアスファルト中間層(5cm)や連続鉄筋コンクリート版を試験施工した。舗装版の幅員は車道および両側帯を含めて8.5m(中央道8.0m)とし、これを同時打設した。路肩部およびインターチェンジのランプはアスファルト舗装とした。

##### ロ) 目地等

膨張目地は、構造物付近のみに設置した。

横方向収縮目地は10mピッチで配置し、コンクリート

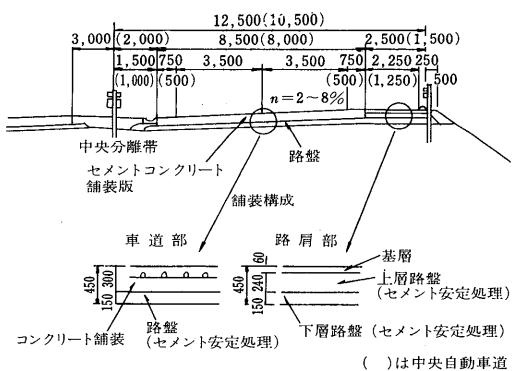


図-21 舗装構成、標準横断図

の初期収縮に対応するため、3本に1本は打込み目地構造とした。

縦目地は中央レーンマークの追越車線側に設けることとし、また登坂車線部では、その境界部分に突合せ目地を施工した。

注入目地材は歴青系の加熱注入目地材を基本とし、一部区間では成型品型や常温型のものを採用した。

#### ハ) コンクリートの配合材料

東北道・中央道のコンクリートは、配合目標強度は28日曲げ強度、 $\sigma_{28} = 52 \text{ kg/cm}^2$ として決定した。スランプは締固めコンパクターフィニッシャということもあり、硬練りコンクリート、スランプゼロを目標として単位水量を極力減らした。使用骨材は東北道が安山岩、中央道が花崗岩、粘板岩を主体とした河川産の砂利である。曲げ試験における供試体破断面を見ると粗骨材が破断されており、良質な粗骨材が得にくくなっている、モルタルの強度に依存せざるを得ず、所要セメント量は東北道で、 $340 \text{ kg/m}^3$ 、中央道で  $350 \text{ kg/m}^3$  となった。これらは、いずれも名神、東名当時に比べてセメント量が  $50 \sim 60 \text{ kg}$  程度増加している。

中庸熱系の特注舗装用セメントを使用し、乾燥収縮・水和熱の発生をおさえた。コンクリートの長期強度を図-22に示すが、強度の伸びは著しく、5年後には  $65 \sim 75 \text{ kg/cm}^2$  にもおよんでいる。

#### 二) 施工

現場プラントは  $1.75 \text{ m}^3$  強制練りミキサー2台を用いた。フィニッシャーへのコンクリートの供給は、中央分離帯を越えて反対車線からの横取りとした。敷均し、締固めは二層施工とし、コンパクターフィニッシャーで締固めた。仕上げは平坦性を確保するため、斜仕上げ機および縦仕上げ機を併用した。

一連の舗設機械の配置を図-23に示す。施工速度は1日当たり最大  $260 \text{ m} \sim 360 \text{ m}$  に達し、構造物による中断がない場合は、 $500 \text{ m}$  におよび、 $30 \text{ cm}$  厚仕上げであるので、アスファルト舗装よりも大きい結果となった。

平坦性については、PRI  $10 \text{ cm/km}$  以下と規定したが、これを十分満足し、すばらしい平坦性が得られた。

表面処理は、粗面仕上げ機により、ホーキ仕上げとした。

材質は東北道では、シロ、シナチクであったが、中央道ではホーキ目をより深くするため、硬く腰の強いロードスイーパーブラシ、ステンレスブラシ、硬質塩化ビニール等種々の径、長さのものを組合せて粗面に仕上げた。

また中央道では横断方向フレッシュグルーピングを試験施工した。これにはスキー型とドラム型の2種類があり、前者は鋼板に突起を取りつけたものであり、後者はドラムに突起を取りつけて、振動作用を与えるながら回転させる方法である。これらは、すべりに対して有効な工法であった。

#### 二) 舗装版ひびわれ発生状況

コンクリート舗装のパフォーマンスは、コンクリー

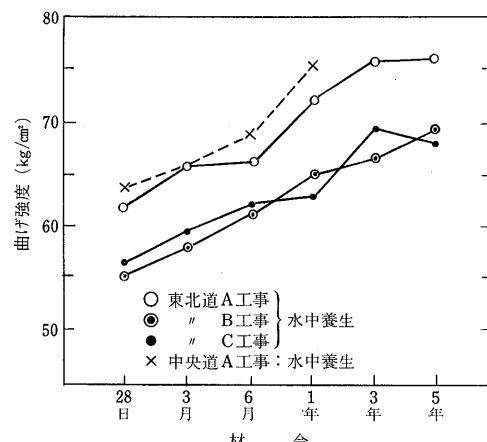


図-22 コンクリートの長期強度

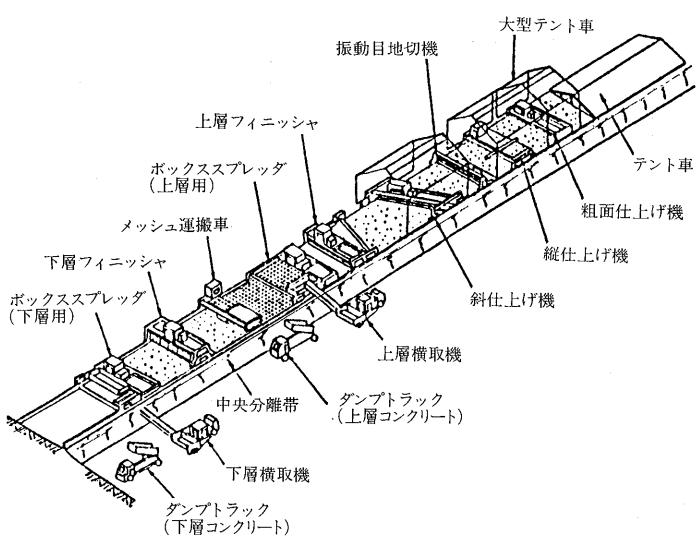


図-23 舗装機械の配置

ト版のひびわれによって通常評価される。

横方向収縮目地は、10m間隔としたが、3本に1本は打込み目地にした結果、施工による版われは皆無であった。

東北道について、交通供用4年5ヶ月後のひびわれを路面撮影車を用いて測定した結果が表-17である。ひびわれ発生版率は、1.7%で極めて小さく、下部にカルバートボックスがある構造物個所に集中している。

注入目地材についても、供出5年後、シール材の補修は全く行なわれておらず、はみ出し、脱落等が見当たらず良好であった。

以上示したように、東北道および中央道のコンクリート舗装は、ひびわれも少なく構造設計は妥当であったと考えられる。

表-17 コンクリート舗装版のひび割れ発生状況  
(東北道)

| 下部<br>部の<br>構造有<br>無 | 舗装構成<br>(TYPE)                 | 昭和54年7月       |              |                     | 摘要                                  |
|----------------------|--------------------------------|---------------|--------------|---------------------|-------------------------------------|
|                      |                                | コンクリ<br>ート版数  | ひび割れ<br>発生版数 | ひび割れ<br>発生版率<br>(%) |                                     |
| 無し                   | A                              | 13,019        | 102          | 0.8                 | 一般土工部                               |
|                      | B                              | 3,068         | 65           | 2.1                 | "でAs<br>中間層施工区間                     |
|                      | A+B<br>(A+B)                   | 16,087<br>200 | 167<br>8     | 1.0<br>4.0          | 一般土工部の切盛境                           |
|                      | 小計                             | 16,287        | 175          | 1.1                 |                                     |
| 有り                   | A                              | 594           | 114          | 19.2                | 下部にC-BXがあり、最少土被り45cm以上で、版補強のないもの    |
|                      | B <sub>1</sub> ~B <sub>3</sub> | 274           | 5            | 1.8                 | 下部にC-BXがあり、最少土被り30~45cmで、版補強のあるもの   |
|                      | C <sub>1</sub> ~C <sub>3</sub> | 700           | 16           | 2.3                 | 下部にC-BXがあり、最少土被り12.5~30cmで、版補強のあるもの |
|                      | 小計                             | 1,568         | 135          | 8.6                 |                                     |
|                      | 計                              | 17,855        | 310          | 1.7                 |                                     |

#### ホ) すりへりおよびすべり

東北道のすりへりは、冬期スパイクタイヤ着装台数が片方向約15万台/年であるにもかかわらず、供用5年間で、3~5mmと極めて小さく、すりへり抵抗性大である。

コンクリートの舗装表面は、従来から粗面ブラシによるホーキ目を施工している。しかしこのホーキ目は、最近の車交通やスパイクによって数箇月で消滅する例が多い。

東北道では、供用後数ヶ月でホーキ目がなくなり、次に表面モルタルがなくなり、粗骨材露出後に、粗骨材とモルタルに相対的強度差がないため、同じようにすりへ

り平滑状態になった。高速走行時における路面排水性能が問題となった。中央道では、これらの点を考慮し、前記各種のフレッシュグルーピング等を試験的に施工した結果、現在まですべりの問題は発生していない。

#### ヘ) 山陽道のコンクリート舗装

コンクリート舗装は、高速走行時の路面排水性能の低下に問題があることが判明したので、道路公団内部のワーキンググループおよび高速道路調査会舗装委員会における検討、東北道および表面処理を強化した中央道の追跡調査、諸外国でのすべり対策工法の調査を実施した。

さらに道路公団試験所における配合試験および大型舗装シミュレーターによる試験および仙台建設局による一般有料道路笹谷トンネルにおけるスチールタイングルーピングの試験施工は、前記調査結果を反映して行なわれ、これらの考え方の有効性を検証し、将来役立つ多大の成果をあげた。以上の成果を要約すると次の通りである。

コンクリート路面の高速時におけるすべり対策としては、

- ・グルーピングによる溝等により排水性能のよい粗な路面性状をモルタル分消滅まで確保する。
- ・モルタル分、グルーピング消滅後は、粗骨材とモルタル分の硬度差により粗骨材が表面にてマクロ的に粗な路面により安定した排水性能を確保する。

であり、その模式図は図-24に示す。

グルーピングとしては、施工性および経済性から、米連邦道路局が標準仕様としている「スチールタイングルーピング」を採用した。このグルーピングを笹谷トンネルで実施した。ホーキ仕上げ後、各種アタッチメントを取り換えて各種施工を行なったが、ピアノ線(Φ3mm、長さ25cm程度)、路面とタインの設置角度45°、間隔2~4cmが溝間隔、深さともにランダム性をおび、溝の深さが2~4mm程度におよび、骨材面まで達していることが確認されたので今回の山陽道では全面採用した。

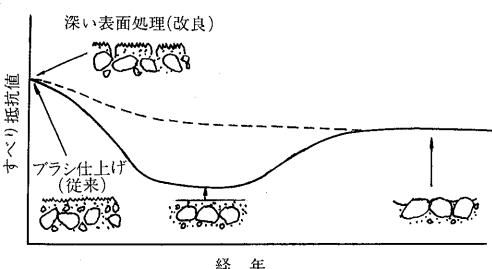


図-24 すべり抵抗の経年変化

コンクリートの配合については、セメント量が多いと多量のモルタル分が表面に浮き出る傾向がある。そこで東北道、中央道のコンクリート舗装の曲げ強度の伸びを調査した結果、28日強度に対し6ヶ月後1.13倍の62kg/cm<sup>2</sup>、5年後は1.3倍の70kg/cm<sup>2</sup>に達していることがわかった。舗装用セメントは、強度の伸びが大いに期待できるので、曲げ強度試験の材令28日から91日とするための配合試験を行なった。その結果セメント量は280kg/m<sup>3</sup>となつた。東北道、中央道に比較して60kg/m<sup>3</sup>減少させることができた。なお日常管理は割増し係数を用いて28日で行なつた。さらにモルタルと粗骨材の硬度を比較するため、モルタルを4cm立方体に作成し、ロサンゼルスすりへり試験を行なつた結果、今回のモルタルはセメント量、強度の増加とともにすりへり量が減少し、最終的に21%に収束した。一方、粗骨材のすりへり量は12.5%であるから、モルタルは粗骨材に比較して約1.7倍すりへり易いことになる。これを舗装用大型試験機によってタイヤ通過回数100万回で、スパイクで摩耗させ、さらに50万回通過させた後スパイクで再度摩耗させ、後に50万回まで通過させる試験を行なつたが、グルービングおよびモルタル消滅後も粗な路面が確保されることが確認された。

山陽道のコンクリート舗装では、セメント量60kg/m<sup>3</sup>の減少により、10km<sup>2</sup>当り約5千万円の節約ができる、さらに鉄網を試験的に施工しない区間等設置している。これらにより、現在2割程度工費の高いコンクリート舗装が、徐々にアスファルト舗装のそれと等しくなりつつあることは確実である。

## 5. 舗装廃材リサイクル

舗装の補修は、昭和43年名神で行なわれて以来、大垣～養老間でシールコートおよび茨木地区でクラックのシリング行なわれた以外は、オーバレイ工事が主体であった。その後、47年舗装切削材が登場し切削オーバレイ工法が開始された。

切削機の改良や廃材の積込み機の開発などにより、大規模機械化施工としての切削オーバレイ工法が現在は主体となっている。これらは施工技術の面からは、一応完成したものとなつたが、切削したアスファルト混合物を廃棄処分しているため、廃棄場所の確保、廃棄処置そのもの自体に経費がかかり、さらに品質的には均一で使用可能な貴重な骨材、アスファルト等を省資源・省エネルギー的観点から見直しが必要となってきた。

また高速道路の重交通・延伸に伴い維持管理に要する

費用は、年間約660億円（昭和57年度）であり、そのうち舗装補修に要する費用は約70億円であり、積雪寒冷地への延伸に伴い今後、大幅な増加が予想され、工費節減の必要性が生じてきた。

わが国では、まず、リサイクルについてはプラント方式が実用化された。高速道路では、プラント再生方式は運搬距離が大きく経済的でない。補修場所である本線上で再生する（路上再生方式）ことが必要である。また舗装厚が大きくなりひびわれが発生が少なくなり、すべりおよびわだちばれに対する表層補修が主体であり、この方式方が有効である。このような背景のもとに日本道路公団試験所は昭和53年以来研究を開始した。民間における施工機械の開発研究の結果、東北道、九州道、および中央道において、リペーブ方式を主体としたリサイクリングを昭和56年度に実施した。

試験所における基礎的研究の結果、再生混合物の選定基準として提案されたものは次の通りである。

- 100%再生混合物を使用する場合は、既設混合物のアスファルトの針入度50以上、軟化点54°C以下。
- 50%新規混合物を添加する場合は、アスファルトの針入度30以上、軟化点60°C以下。
- 現場空隙率は6%以下。

この基準は、いわゆるアスファルト軟化剤を使用しないことを原則にしており、特殊の場合には、軟化剤の使用が考えられるが、今後研究するが、なるべくアスファルトに近いもの、即ち、針入度200～300のアスファルトまたはMC等のアスファルト材料系統の開発が路上混合において混合性が十分でないので要求されるものと思われる。

ここでは仙台管理局で実施したリサイクリング試験施工を報告する。

- 試験区間は、東北道紫波～盛岡間の走行車線2kmで7月に実施した。積雪寒冷地で、冬期のスパイクタイヤによりすりへりが供用4年間で40mmに達していた。舗装面をかき起し、平坦にし、その上に補足材を敷ならし同時転圧するリペーブ工法を行なつた。施工面積は3.25m×2,000m=6,500m<sup>2</sup>、新規混合物は370tonであった。
- 施工前の路面状況と施工順序を図-25に示す。すりへった路面のアスファルトの針入度40、軟化点53.4°Cで前記基準に適合していた。
- 施工順序と機械の組合せを図-26に示す。路面ヒータとリペーブは施工会社が自主開発したものである。
- リペーブ通過後の温度は、新規混合物が平均140°C、

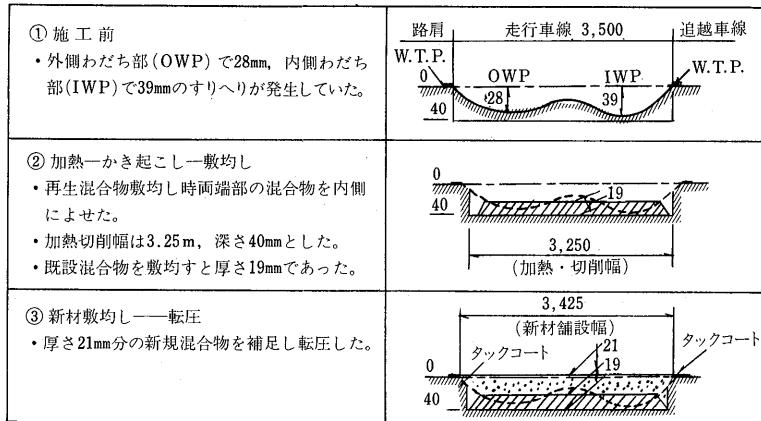


図-25 施工前の路面状況と施工順序

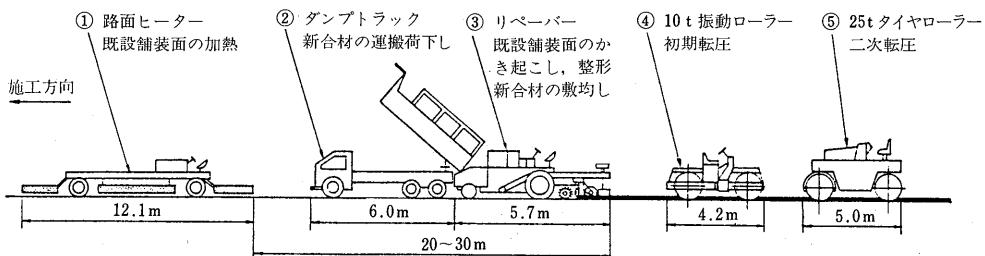


図-26 施工機械の組み合わせと施工時の状況

再生混合物が平均110℃であった。敷均し直後、新旧混合物間30℃の温度差があり、ヒーターの加熱温度にかなりバラツキがあることが判明した。

初めてのリサイクリングの試験施工であったが、できれば満足できるものであった。施工時における最大の問題点は加熱温度の管理であり、現場条件や気象条件の変動に対応し、一定許容値におさめるよう、改善が必要である。

これら試験施工の供用後のパフォーマンスを観測し、工法の改良および経済比較を行ないたいと考えている。

#### あとがき

高速道路舗装技術、の30年近い歩みを私なりにまとめたが、別の見方があるのかも知れない。しかしアスファルト舗装にても、コンクリート舗装にても、近年の重交通化による構造破壊は、アスコン厚およびコンクリート厚を30cm程度になったためまた北海道においても凍上・凍結融解対策によって、皆無になっている。昭和40年以降は、アスファルト舗装については、すべり、わだちばれ、摩耗等表層の問題が重視され研究されてき

たといえる。すべりとわだちについては、図-10および図-11に示すように、供用経過年数および設計荷重からみると想像したより大きくななく、思ったよりパフォーマンスが良好であった。これらについて配合設計において対処できるようになるまでには、大型すべり測定車、回転式舗装シミュレータ、および現場試験等により10年以上要している。特にすべりは、交通安全の最も重視され研究されてきている。結局は、良質の骨材・アスファルトの適正な配合によって達成されている。コンクリート舗装については、すべりの問題が発生したことは意外であったが、これも今回の山陽道のコンクリート舗装でメドがついたといえる。名神の舗装時の「白か黒か」の時代にもどったような気がする。両者とも同じ土俵にのったといえるのかも知れない。コンクリート舗装は、わだちばれ等の高温安定性の問題がなく、橋梁床版コンクリート上のアスファルト舗装に問題が少ないとから、補修を行なってもオーバレイよって耐久性は増すし、今後これらの長所を生かしもっと活用されるだろう。効率化を進めるには、まず鉄網なしで施工すべきである。鉄網なしの方がリサイクルで処理しやすいからである。

セメント安定処理路盤によりかなり安定しており、ひびわれも発生していない。次にセットフォーム方式で一層施工にすとか、アスファルトフィニッシャーによる施工を含めスリップフォームペーパ方式、転圧コンクリートによるホワイトベース等まだ効率化の余地はありそうである。

アスファルト舗装は、重交通区間では、わだちぼれによって、寒冷地ではすりへりによって、これまで平均4～5年に1回オーバレイが行なわれてきた。これまではオーバレイ補修が行なわれてきたが、前記リペーブ方式は当分の間有効であろう。しかしこの方式は、混合が十分でなく、合材として品質を改良するリサイクルはできな

いし、ましてや軟化剤の使用はできない。いずれは、プラント方式に移行せざるを得ないだろう。リサイクルとしては、アスファルト系の針入度200～300のアスファルト、MC等のもとのアスファルトとなじみやすいものが研究開発される必要がある。シールコート、シーリングはもう一度見直されべきだろう。ひびわれについては、すべり、乗心地が安定している路面は、できるだけオーバレイしないで、クラックのシーリングで対処すべきである。シーリング用乳剤等の開発も必要である。

いずれにしても、補修を含めて高度成長期の技術をもう一度見直し、より効率化を推進する必要がある。

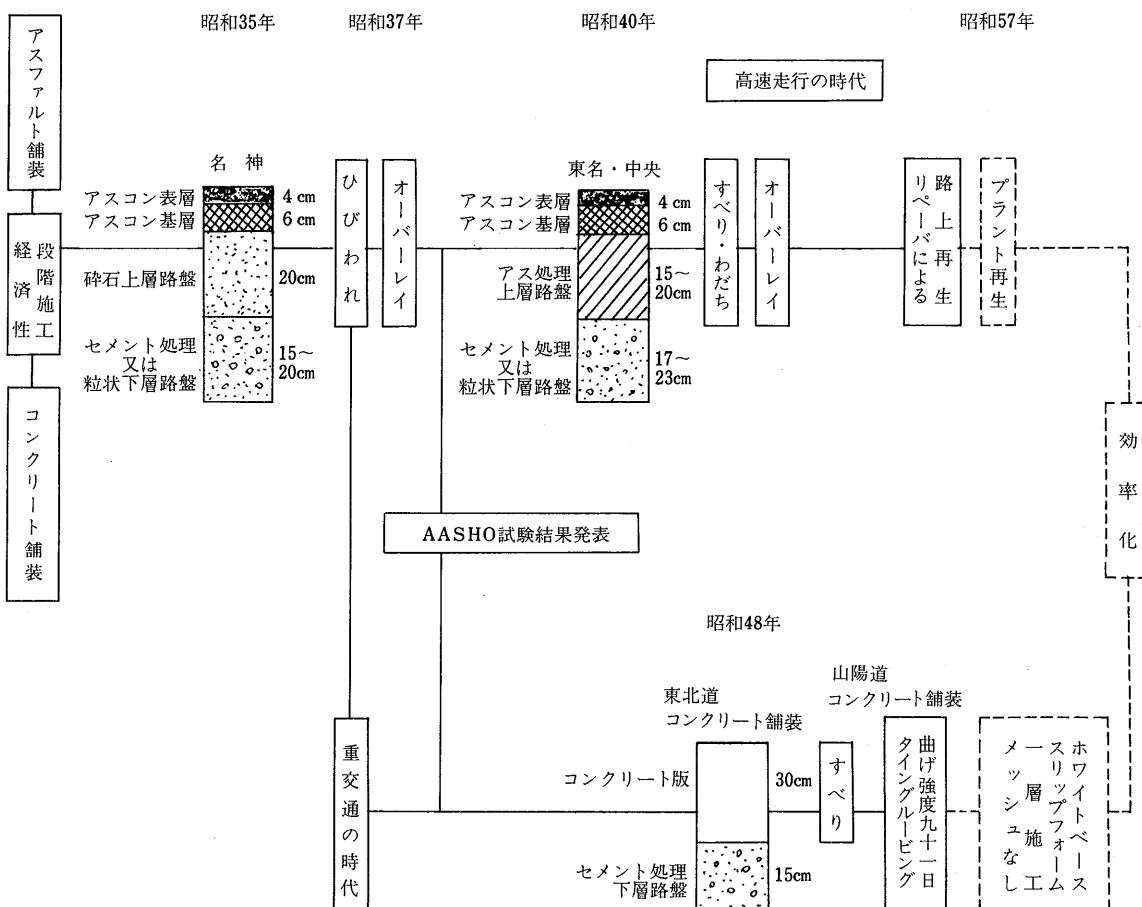


図-27 高速道路舗装の歩み

# 供用中道路舗装の調査法

竹田敏憲\* 阿部忠行\*\*

## 1. はじめに

道路舗装において、設計→施工→供用→維持修繕→供用→再設計というサイクルの中で、各種の試験、調査が行なわれている。設計段階ではCBR試験や各種材料試験、施工中には施工管理や検査に必要な試験、また供用後は定期的に路面の状態を把握するための試験、調査を実施している。そして維持修繕の必要な時期には、適切な修繕工法を決定するために既設舗装を力学的に評価するための調査など、様々な試験、調査が行なわれている。

このうち設計や施工段階での試験、調査であるCBR試験や施工管理試験などは、舗装要綱にその方法などが基準化されており、現場技術者にとって比較的なじみ深いように思われる。一方供用後に行なわれている試験、調査は、維持管理の基準そのものが未だ完全には統一化されていないこともあって、あまり一般的になっていないようである。

現在の道路行政そのものが、「新設の時代」から「維持管理の時代」へと移行していることは否めない事実であり、供用中道路舗装の現状把握は、維持管理を効率的に行なっていくうえで重要である。

本報文では、とくに供用中に実施されている試験、調査を中心とした目的と種類、時期などについて述べ、さらにそれらの調査で現在わが国において用いられている試験、調査機器のうち、代表的なもののいくつかを紹介する。

## 2. 調査の目的と種類

道路舗装は常に快適な乗心地と安全性をドライバーに提供するとともに、沿道住民に対しても車の走行に伴う被害を与えることのないように、良好な路面状態を維持していかなければならぬ

い。そしてその路面状態の良否をサービス性という概念で定量化し、サービス性の経時的な履歴を舗装の供用性と定義している。

サービス性の良否は未だに現場技術者の経験と判断に委ねられているケースが多く、補修工法の選択についても目視などによって破損の形態を分類し、それに対応した工法を選択するといった例が多い。

しかし、AASHO道路試験で開発されたPSIを参考にした客観評価式の導入が各機関で検討されているよう、舗装状態を総合的にかつ定量的に評価しようという方向をめざす傾向にもある。わが国においても表-1に示すように、維持修繕要綱のPSI、建設省のMCI<sup>1)</sup>などいくつかの評価式がつくられている。

評価式は道路利用者の主観的評価と、路面のひびわれやわだち掘れなどの状態を実測した客観的測定値とを統

表-1 わが国における代表的なサービス評価式

| 機関             | 評価式  | 基準値  |                |               |         |        |         |        |       |     |
|----------------|--|--|----------------|---------------|---------|--------|---------|--------|-------|-----|
| 道路維持修繕要綱       | $PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371 \sqrt{C}$<br>$- 0.174 D^2$<br>PSI：供用性指数<br>$\sigma$ ：縦断方向の凹凸の標準偏差 (mm)<br>C：ひびわれ率<br>D：わだち掘れ深さの平均  | 供用性指数とおおよその対応工法<br><table border="1"><tr><td>供用性指数<br/>(PSI)</td><td>おおよその<br/>対応工法</td></tr><tr><td>3 ~ 2.1</td><td>表面処理</td></tr><tr><td>2 ~ 1.1</td><td>オーバーレイ</td></tr><tr><td>1 ~ 0</td><td>打換え</td></tr></table> | 供用性指数<br>(PSI) | おおよその<br>対応工法 | 3 ~ 2.1 | 表面処理   | 2 ~ 1.1 | オーバーレイ | 1 ~ 0 | 打換え |
| 供用性指数<br>(PSI) | おおよその<br>対応工法  |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 3 ~ 2.1        | 表面処理   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 2 ~ 1.1        | オーバーレイ   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 1 ~ 0          | 打換え  |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 東北地方建設局        | $S = 4.42 - 0.71 \log (1 + V) - 0.21 D^2$<br>$- 0.12 \sqrt{C + P + W}$<br>V：路面凹凸度の分散 (mm)<br>D：わだち掘れ深さ (cm)<br>W：表層はくり度 ( $m^2 / 1000 m^2$ )   | 補修基準<br><table border="1"><tr><td>(S)</td><td>対応工法</td></tr><tr><td>2.0</td><td>表面処理</td></tr><tr><td>1.5</td><td>オーバーレイ</td></tr><tr><td>1.0</td><td>打換え</td></tr></table>  | (S)            | 対応工法          | 2.0     | 表面処理   | 1.5     | オーバーレイ | 1.0   | 打換え |
| (S)            | 対応工法   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 2.0            | 表面処理   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 1.5            | オーバーレイ   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 1.0            | 打換え  |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 参考 AASHO       | $PSI = 5.03 - 1.9 \log (1 + SV) - 0.01 \sqrt{C + P}$<br>$- 1.38 \bar{R} D^2$ .....アスファルト舗装<br>$PSI = 541 - 1.8 \log (1 + SV) - 0.09 \sqrt{C + P}$ .....コンクリート舗装<br>SV=Slope Variance<br>C=クラック ( $1000 \text{ フィート}^2$ )<br>P=バッティング ("")  | 補修基準<br><table border="1"><tr><td>PSI</td><td>対応工法</td></tr><tr><td>2.5</td><td>オーバーレイ</td></tr><tr><td>1.5</td><td>打換え</td></tr></table>  | PSI            | 対応工法          | 2.5     | オーバーレイ | 1.5     | 打換え    |       |     |
| PSI            | 対応工法   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 2.5            | オーバーレイ   |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 1.5            | 打換え  |  |                |               |         |        |         |        |       |     |
| 建設省            | $MCI = 10 - 1.48 C^{0.3} - 0.29 D^{0.7} - 0.476 \sigma^2$<br>$MC_0 = 10 - 1.51 C^{0.3} - 0.3 D^{0.7}$<br>$MC_1 = 10 - 2.23 C^{0.3}$<br>$MC_2 = 10 - 0.54 D^{0.7}$<br>MCI：維持管理指数<br>$MCI_0$ : 2特性による維持管理指数<br>$MCI_1$ : ひびわれ率より求めた維持管理指数<br>$MCI_2$ : わだち掘れ率<br>C: ひびわれ率 (%), D: わだち掘れ量 (mm)<br>$\sigma$ : 縦断凹凸量 (mm) |  |                |               |         |        |         |        |       |     |

\*たけだ としのり 東京都第一建設事務所

\*\*あべ ただゆき 東京都第一街路整備事務所

計的に処理し、両者の関係を定量的に表示したものである。したがって評価式によって舗装状態を総合的に評価する場合には、実際に個々の評価因子を実測することが必要である。

AASHO 道路試験で開発された PSI では、<sup>2)</sup> 主観評価(PSR と呼ぶ)を採点委員会のメンバーが舗装上を車で走行することによって行なっており、いわばドライバーの立場を中心とした評価式である。そのために米国では、平坦性や乗心地を測定する機器が数多く開発されている。

しかし、わが国では沿道住民に対する環境上の問題がクローズアップされており、今後評価式の作成にあたっては、騒音や振動など環境因子の導入が必要不可欠なものとなってこよう。

路面性状調査は、現状の路面状態を把握するだけのものであって、構造的にどのような状態にあるのかは直接的にチェックすることは出来ない。舗装構造の力学的な強さを知るために、実際に掘削して材料の力学性状を試験する方法と、舗装表面に荷重を与えそのたわみから推定する方法がある。すなわち前者は破壊試験、後者は非破壊試験になる。

供用中道路舗装では短時間に多くのデータを得るために、非破壊試験が一般的に用いられる。測定値は舗装を力学的に検討したうえで、維持修繕工法を決定するためを利用され、さらに近年では多層構造解析プログラムとの併用により、層の解析や材料特性を把握する手段として用いることもある。

このように、供用中道路舗装において行なわれる調査は、路面性状調査、力学性調査、環境調査の 3 つのカテゴリに分けられ、それぞれの調査で考慮すべき因子には表-2 に示すようなものがある。合理的な維持計画を策定するためには、各調査とも欠かせぬものであり、しかも各調査によって得られた因子は密接なかかわりをもつものである。

表-2 舗装調査の種類

| 調査区分   | 評価因子                             |
|--------|----------------------------------|
| 路面性状調査 | 平坦性、ひびわれ、わだち掘れ、すべり               |
| 力学性調査  | たわみ、応力、ひずみ、CBR、K <sub>30</sub> 値 |
| 環境調査   | 騒音、振動                            |

### 3. 調査の時期

供用後に行なわれる調査は、維持修繕の時期、工法の決定など維持修繕計画を立案するための基礎資料を得よう

とするものである。調査は定期的に密に行なうことが望ましいが、費用や学力の面から無制限に行なえるものではない。最小の費用で最大の効果を上げるように調査時期を設定することが必要である。そのためには各評価因子ごとに一般的な傾向を事前に知っておくと便利である。

図-1 は既報文<sup>3)4)</sup>を参考に各因子ごとの経年変化をモデル化したものである。この図から各因子の最適な調査時期をまとめれば次のとおりである。

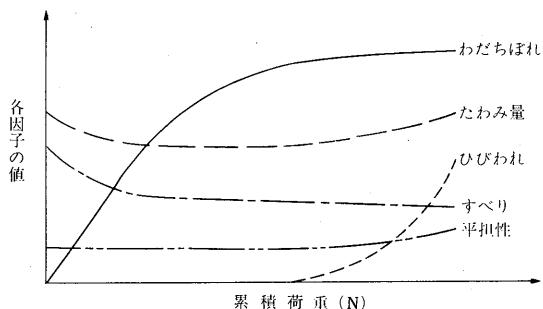


図-1 各因子の経時変化

#### 3.1 ひびわれ

ひびわれは供用後ある年数が経過した後発生し、発生し初めると増加の度合が著しくなる。ひびわれの少ない供用初期は目視観察で十分であるが、ひびわれ率が大きくなるとより機動性のある方法を採用することが必要である。

調査を開始する時期は、ひびわれが発生した時点から定期的に行なえば十分であろう。

#### 3.2 わだちぼれ

アスファルト舗装のわだち掘れは、大型車両による同一軌跡上の繰返し走行と、舗装温度の上昇によるアスファルト層の強度低下との複合作用によることはすでに知られており、路面温度の上昇する夏季に最も大きな変化を示す。経年的には供用初期に最も大きな変化があり、その後は漸次ふえつづけるといったパターンをとる。

わだちぼれの測定は初期にはその傾向を把握するために回数を多くし、その後は 1~2 年に 1 回程度定期的に測定すれば良いものと思われる。

#### 3.3 平坦性

平坦性（縦断方向の凹凸）は、施工時の技術管理の良否によって大きく影響される。すなわち、竣工時の初期値がその後の平坦性を決定することになる。供用後の経年変化は他の因子に比較して少ない。したがって平坦性的調査も舗装表面にひびわれやわだち掘れの現象が顕著

になった時点から開始すれば十分である。

### 3.4 すべり

すべり抵抗値は、路面の骨材配列やアスファルトの被膜状態などのミクロ的形状と関係が大きく<sup>3)</sup>、経年変化はアスファルト舗装材の材質の変化ともいえる。経年的には供用直後には大きな値を示すが、初期に大きく低下し、その後は漸次低下する。

### 3.5 たわみ

たわみは、供用初期に大きな値を示すが、これは舗装体そのものがまだ安定していないためで、その後はほとんど変化しない。しかし、含水比、温度など自然環境の変化に伴う年変動が大きく、とくに舗装構造がアスコン層の厚い場合には、路面温度の年変化と類似したパターンを示す<sup>4)</sup>。また、たわみ量は路床の強さ(路床CBR)と相関が高い。図-2は路床CBRが異なる個所に同一の舗装構造を舗設した例である。

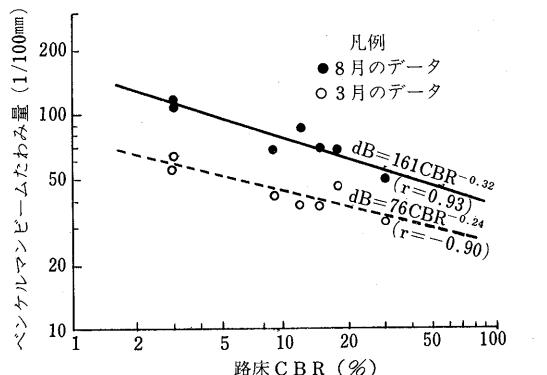


図-2 ベンケルマンビームたわみ量と路床CBRの関係

このようにたわみは、自然環境の影響の方が破壊の進行に伴うたわみ量の増大よりも大きくなる場合もあることから、たわみの基本的な性質を調べておき、補正手段を講ずるなど特別な配慮をしなければならない。

「簡易舗装要綱<sup>5)</sup>」や「道路維持修繕要綱<sup>6)</sup>」では、測定時期、測定条件を一定にした試験方法を掲げている。

以上、評価因子の一般的な傾向を示したが、これらは過去の事例を参考に描いたものである。また交通荷重や舗装構造の違いによって変化の表れる時期には、違いが生ずるのがふつうである。

効率的に舗装調査を行なっていくためには、評価因子の推移の傾向をあらかじめ把握することが必要である。そして、さらにデータ集積、解析を通して、修正を繰り返しながら正確な傾向をつかまなければならない。

## 4. 調査の方法

供用性調査は供用中の道路を対象とするため、測定機械にも課せられるべき要件がある。まず、短時間に多くのデータを得る迅速性、正確性、測定にあたっての安全性、簡便性などである。そして得られたデータがサービス性評価のために活用しやすいものであることである。

AASHO の PSI に代表されるように、サービス性の評価法が各機関で開発されているにもかかわらず、なかなか実用化されなかったのは、現状の路面を調査する測定機械の開発が遅れていた点にあるといつても過言ではあるまい。従前まではほとんどが人力に頼った測定法が主であった。

しかし、各機関で評価式が開発され、測定機械の自動化、高速化が進むにつれ、長期的な維持修繕計画の策定を計画的かつ合理的に施行することが可能となってきている。ここではこれらの調査機器を表-3に示すように路面性状調査、力学性調査、環境調査に分類し、その中でも我が国で実用に供されている機器の概要を紹介する。

### 4.1 路面性状調査

維持修繕の時期の決定や補修工法の選択は、各種の機器を利用して客観的な指標に基づいて実施すべきであるが、わが国では現場技術者の主觀的判断により決定しているのが現実である。さらに最近では現場技術者の判断要素に、沿道住民の声が加えられられる度合が高くなっている。

舗装の良否のとらえ方も時代とともに変遷しており、従来は構造破壊(ひびわれ破壊)をおこした時点を補装の限界とする考えが主流であったが、現在は、ひびわれとわだちぼれの2要素を考慮し、対策工法も両者のバランスを考えることに注意がはらわれている。

そして、今後は平坦性、ひびわれ、わだち掘れ、すべり、振動、騒音など多くの因子を取り入れて総合的な判断基準を作成しようという状況にある。しかし、いずれにしてもわが国においては、ひびわれ、わだち掘れが評価式の中においても大きなウェイトづけをされることには異論がなく、ひびわれ、わだち掘れ測定機器の自動化、高速化に力を注いでいる機関が多い。

#### 4.1.1 平坦性

平坦性は車の走行性、安全性に影響を及ぼすファクターであり、冒頭で述べたようにドライバーの乗り心地を中心採点(PSR)をもとにした AASHO の PSI では重要因子の1つになっている。そのためアメリカでは特に平坦性や乗心地を測定する機械が数多く開発されている。たとえば、

表一3 補装調査機器一覧

| 区分     | 評価因子   | 測定機器  | データの表示   | 測定法            | 所有機関  |
|--------|--------|---|--|----------------|---|
| 路面性状調査 | 平坦性    | 3m直定規<br>3mプロフィルメータ<br>8mプロフィルメータ<br>高速プロフィルメータ<br>レーザー式路面凹凸測定器 | 最大凹凸量<br>標準偏差( $\sigma$ )<br>PrI, TCR<br>変位, TCR | アスファルト舗装要綱     | 多数<br>" " 日本道路公団<br>" 建設省                   |
|        | ひびわれ   | スケッチ法<br>写真連続撮影車<br>路面撮影車                                       | (アスファルト舗装)<br>ひびわれ率<br>(コンクリート舗装)<br>ひびわれ度       | 維持修繕要綱<br>" "  | パシフィック航業㈱<br>日歴化学工業㈱                        |
|        | わだちぼれ  | 水糸とスケール<br>3m直定規<br>3mプロフィルグラフ<br>わだち掘れ測定車<br>レーザー式わだち掘れ撮影車     | 最大わだち掘れ深さ<br>" "<br>わだち掘れ形状<br>" "<br>" "        | 維持修繕要綱<br>" "  | 多数<br>" " パシフィック航業㈱<br>東京都                  |
|        | すべり    | ボーダブルテスター<br>ミューメータ<br>すべり抵抗測定車                                 | BPN<br>$\mu$                                     |                | 多数<br>運輸省<br>建設省, 日本道路公団                    |
| 力学性調査  | 開削調査   | CBR, 平板載荷, 各種物理試験, わだち掘れ形状                                      |  | JIS            | 多数  |
|        | 各層の挙動  | 土圧計, 沈下計, ひずみゲージ $\sigma$ , $d$ , $\epsilon$                    |  |                | "   |
|        | 各層のたわみ | 二連ベンケルマンビーム<br>ベンケルマンビーム<br>曲率計                                 | d<br>d (たわみ量)<br>R (曲率半径)                        | 維持修繕要綱, 簡易舗装要綱 | 東京都<br>多数                                   |
|        | 表面たわみ  | ダイナフレクト<br>デフレクトグラフ<br>ロードレータ                                   | d 及びたわみ形状<br>d<br>d 及びたわみ形状                      |                | 東京都, 日大, 名大など<br>空港公団, 建設省, 運輸省, 東京都<br>建設省 |
| 環境調査   | 騒音     | 振動レベル計  | dB (デシベル)  | JIS            | 多数  |
|        | 振動     | 騒音計   | dB 又はホン  | JIS            | 多数  |

- (1) U.S. Bureau of public Roads type of roughometer (RRL)
- (2) CHLOE type of profilometer (CHLOE)
- (3) Rolling straightedge (RSE)
- (4) British Road Research Laboratory type of profilometer (RRL)
- (5) Surface dynamics profilometer (SDP)
- (6) Car road meter, i.e., PCA of Mays type (CRM)
- (7) Precise leveling method for profile determination (Level)

などは代表的なものであり、これらの中には平坦性の状態をそのまま表現するものと乗心地の観点から開発されたものの2種類がある。上記の装置の他にも1960年までの測定器械が Hveem<sup>7)</sup> によって紹介されており、また、1968年には HRB がまとめた state-of-the-art<sup>8)</sup> に、広く普及している平坦性測定装置について述べているが、この中には BPR, CHLOE, RSE も含まれている。

Phillips 及び Swift<sup>9)</sup> の論文では CRM, CHLOE 及び BPR が比較されており、その中には各装置の特徴が表になって示されているので参考されたい。

平坦性や乗心地測定装置の大まかな情報は、Yoder の「Principles of pavement Design<sup>10)</sup>」や Hass and

Hudson の「Pavement management System<sup>11)</sup>」にわかりやすくまとめられているので参考すると良いであろう。

最近わが国では平坦性の悪さは車へ振動を与える、その振動は地盤を媒体として沿道家屋へと伝播することから、むしろ環境上の問題としてとらえている。このことは建設省における調査結果<sup>12)</sup> や東京都において、環状7号線をモデルに行なった平坦性と交通振動の関係でも明らかにされている<sup>13)</sup>。そして測定機械は平坦性を測定するのが主であり、乗心地を測定する機械はあまり用いられていない。以下わが国で利用されている測定機械のいくつかを紹介する。

#### ①直読式 3m 直定規

平坦性測定装置の中では最も単純なもので、足無式直定規と足付き直読式直定規の2種類がある。前者は施工管理に用いられており、3m区間内の最高点と最低点との差で表示する。

路面上の平坦性評価には通常後者が用いられており、1.5m間隔に基準面からの高さを読みとり、標準偏差( $\sigma$ )によって表示する。

#### ②3m プロフィルメータ

足付き定規の足の部分に多数の車輪をつけたけん引式プロフィルメーターである。各基準輪の高さは、算術平

均されてビームの中心（測定輪の位置）における基準高さとなり、この基準輪に対する測定輪の上下変動を自記記録する。自記々録されたデータは、1.5 m間隔に任意に設定した基準線からの波高を読みとり、測線毎に標準偏差（ $\sigma$ ）を求める。標準偏差の計算は、一般に範囲による方法（簡易法）が用いられており、通常は精度的にもこの方法で十分であるが、距離が短い場合（100m以下）や凹凸の波長が短い場合にはバラツキが大きくなることがあるので注意を要する。

しかし、手軽な測定機械であることから、施工管理から供用性調査まで広く用いられており、アスファルト舗装要綱にも測定法やデータの整理法が記されている<sup>13)</sup>。

写真-1は測定中の様子であり、写真でもわかるように、供用中の道路では、けん引者、記録員のほかに交通整理要員が必要である。

写真-1 3 mプロフィルメータ



### ③8 mプロフィルメータ

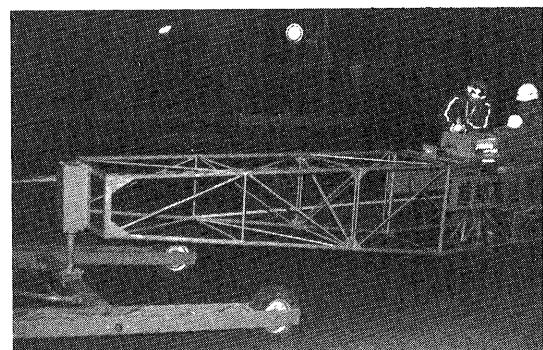
3 mプロフィルメータと原理は同じものであるが、測定精度を上げるために、測定機軸を8 mと長くし、基準輪の数を多くしたものである。測定風景を写真-2に示すように車両でけん引するので、10km/hの速度で測定できるため高速道路のような長距離区間を測定するところで用いられている。しかしながら機器が大型なために一般道路ではほとんど用いられないようである。

この測定器で得られたデータの解析には、Pr I (profile Index) と TCR (Total Cumulative Roughness) の2通りの方法が用いられる。Pr I は記録紙の中心付近に6mmバンドをあて、バンドの外側にはみでた頂部、底部の最大距離を加算し、これを区間距離で除して求める (cm/km)。TCR は測定輪の下方向積算偏位量

(cm) を2倍した値を区間距離で除したものである (cm/km)。

道路公団では Pr I, TCR を求める場合の区間距離を原則として 200 mごととしており、Pr I の読み取り区分線を記録紙に記入し、その区分ごとに Pr I を記入する。

写真-2 8 mプロフィルメータ



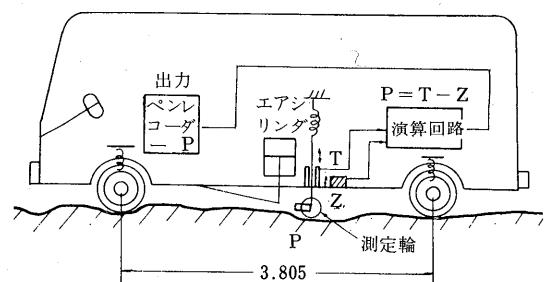
### ④高速プロフィルメータ

車両の第5輪に測定輪を設け、走行と同時に路面の縦断凹凸を測定する。そして測定にあたっては、車体と測定輪の振動の影響を除去しなければならない。

図-3に示す車体の変位（Z）をサーボ加速計の加速度を2回積分して車体の変位量を検出し、これを全変位量から差引くことによって車体の振動の影響を除去するとともに、測定輪の方は路面への圧力を加えることによって跳上がりを防ぐ。したがって路面の凹凸による変位（P）は

$$P = \text{測定車と路面の変位 (T)} - \text{車体の変位 (Z)}$$

検出されるデータは、凹凸波形、距離マーク、TCR、車速などである。



P;路面の変位（凹凸）  
T;測定輪と路面の変位（P+Z）  
Z;測定車の変位

図-3 高速プロフィルメータの機構<sup>3)</sup>

##### ⑤レーザー式路面凹凸測定機

本装置はレーザー光線を利用して路面の凹凸を測定するもので、写真一3に示すように測定機器をライトバンに搭載して走行しながら測定する。測定機の機構や測定例については飯島ら<sup>14)</sup>によって紹介されているが、原理的には先に述べた高速プロフィルメータに似ている。

すなわち、縦断凹凸は、測定車の床面と路面の距離をレーザーによって測定する。この際、測定車の走行に伴って床面に上下動を生ずるが、この上下動を加速度計によって測定し、得られた加速度を二重積分器を用いて変位に換算する。そして、レーザーによって測定した波形からこの上下動の波形を除去することによって路面の凹凸が得られるわけである。

写真一3 レーザー式路面凹凸計



#### 4.1.2 わだち掘れ

わだち掘れは車両走行の安全性、快適性を損ない、また水跳ねによる沿道への迷惑など、サービス性の面からはむしろひびわれより重要視される問題であるといえる。とくにわが国のような車線巾員が狭い状況で、交通荷重が大きくかつ走行速度が遅いという荷重条件と、夏季の高温などの条件から重交通道路においては、その解決に緊急を要する課題となっている。

測定方法は、調査ヶ所の規模と状況により定規や水系を使った簡易な方法と計測、解析まで一連作業で行なうわだち掘れ測定車による方法を使い分けている。

##### ①3.6m直定規又は水系による方法

簡便な方法であり、両方法ともレーンマークの中心から中心の間にセットし、20cmピッチで路面までの高さをスケールで読み取ってわだちの形状を描く。写真一4は供用中道路において水糸を使ってわだち掘れを測定している状況である。

写真一4 水糸によるわだち掘れの測定



各測定のわだち掘れ深さは、外側車輪通過位置(OWP)および内側車輪通過位置(IWP)の両方をmm単位で求め、大きい方の値（最大わだち掘れ深さ）をとる。

調査対象区間または代表区間のわだち掘れ深さは、各測点の最大わだち掘れ深さの平均値で表わす。

##### ②3mプロフィルグラフ

3.6m直定規や水糸による方法をさらに能率を高めるように改良した方法で、写真一5に示すような装置である。基準台の上を測定車輪が移動し、記録装置と連動してわだち掘れの形状を記録出来るような原理になっている。基準台を水平にセットすれば、道路のキャンバーをも同時に得ることができる。

写真一5 3mプロフィルグラフ



また、写真の装置のように両端支持脚に車輪をつけて、容易に移動出来るようになっているものと、固定式のものとがある。

各点のわだち掘れ深さの算出法は3.6m直定規や水糸による方法と同じであるが、これらが現地で直接数値を読み取るのに対し、3mプロフィルグラフは記録紙に描かれたわだちの形状から読み取ることになる。

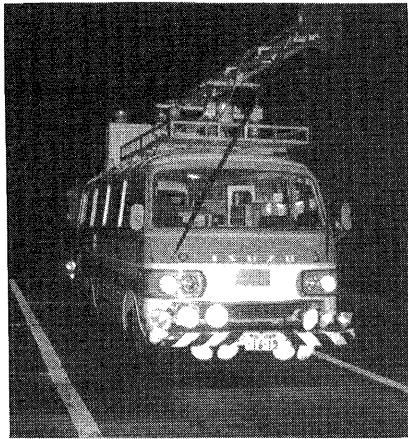
縦断凹凸量を測定する3mプロフィルメータに匹敵するポピュラーな測定法である。

##### ③わだち掘れ撮影車

調査区間の長い場合や交通量が多く測定者が直接道路上で測定するのが危険な場合に特に有効である。走行速

度が50~60km/hと高速測定出来るため、短時間に多量のデータを収集する機動性がある。

写真一6 わだち掘れ撮影車



わだち掘れ撮影車は、写真一6に示すような装置で照明部（条線投影器部）とカメラ部および撮影間隔を決定するパルス発信部で構成されている。照明部は路面の横断方向に直線状の明暗部をもった映像を投影する条線投影器から成っている。またカメラ部はレンズ中心を条線投影器から投影された明暗線と一致させるように、路面の垂直方向に固定した計測用パルスカメラから成っている。さらにはパルス発信部は車両の走行距離を検出するトリップメータとこれに連動して、一定間隔でシャッターを開閉すると同時に、条線投影器のストロボを点灯するのに必要な信号を送る電子回路より構成されている。

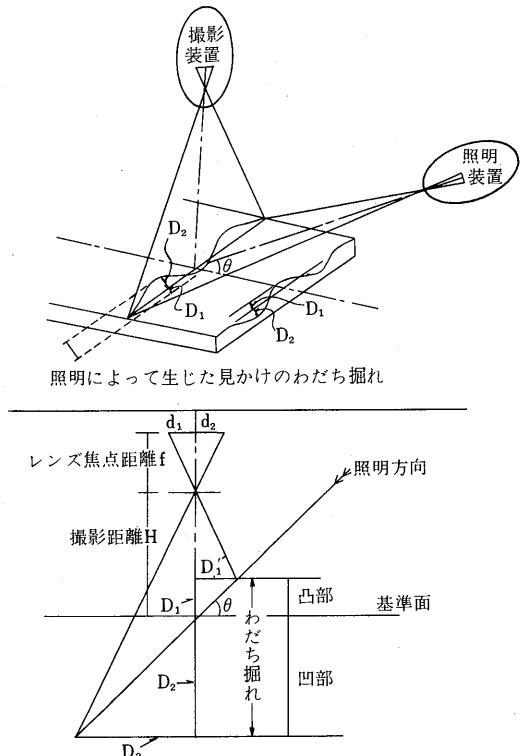
写真計測法による模式図と写真計測器の原理を図一4に示す。得られた写真からわだち掘れ深さを座標測定装置およびコンピューターで解析処理する。

#### ④レーザー式わだち掘れ測定器

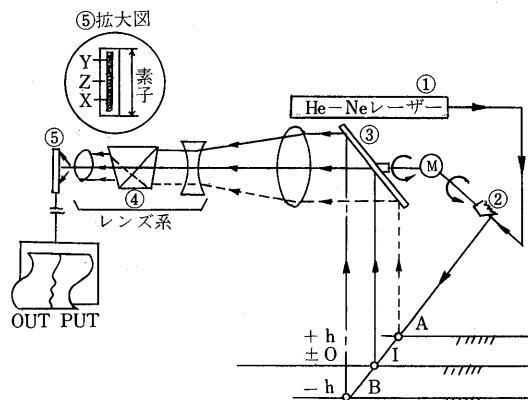
本装置もわだち掘れ撮影車と同様、供用中の道路で安全に迅速に測定することを目的として開発されたものである。測定器の原理とその機構は図一5に示すとおりである。

レーザー管①から発射されたレーザー光線は反射投光ミラー③によってレンズ系④へ送る。これをイメージセンサー⑤で感受し、その相対的位置を電気回路を通して路面の凹凸としてアウトプットする。

東京都土木技術研究所では、本器を土質試験車に取付けており試験車走行速度を20km/hとした。同一測線上において従来の3mプロフィルグラフと比較測定を行なった結果では、良好な結果が得られたが<sup>16)</sup>、しかし解決



図一4 写真計測法による模式図と原理<sup>3)</sup>



図一5 レーザー式わだち掘れ測定器の原理<sup>16)</sup>

しなければならない問題点もいくつかある。①レーザーの光量不足のため走行測定幅が4m以下と狭い。②太陽光の光度の影響がある。③試験車両の走行時の車体振動の影響がある。実用化のためには、早急に改善しなければならない課題である。

#### 4.1.3 ひびわれ

ひびわれは現在でも舗装管理者が最も頭を痛めている

問題である。すなわち、機能的な破損としてのみならず、構造的な破損にも直結するからであろう。

平坦性はある測定区間において必要測線数（通常1車線につき1～2測線）だけ測定を行ない、またわだち掘れについては何mピッチかで行なうといった方法をとっている。すなわち、点あるいは線の測定であるのに対し、ひびわれは測定区間の全面積が測定の対象となり、面としてとらえることになる。

以前建設省によって、ひびわれと平坦性による補修工法の選択基準が報告されたが<sup>7)</sup>、とくにひびわれ測定に難しさがあったようである。各機関で開発されている総合評価式の中でもわだち掘れとともにひびわれは重要因子の1つになっている。

維持修繕要綱にはスケッチ法と路面撮影車の2通りの方法が示されている。ひびわれの少ない時期と顕著に発生し出した時期とでこれらの方法を適宜使い分けることが必要であろう。

#### ①スケッチ法

スケッチ法は巻尺とチョークを使って実測したひびわれ状況を図面に表示し、ひびわれ率を算定するものである。維持修繕要綱では、ひびわれ面積、パッチング面積を、測定位置図にメッシュ（1枚0.5×0.5m）を置いて算定する方法をとっている。ひびわれ率は次式によつて求める。

$$\text{ひびわれ率} = \frac{\text{ひびわれ面積の和(m)} + \text{パッチング面積の和(m)}}{\text{調査対象区間面積(m)}} \times 100\%$$

……アスファルト舗装

$$\text{ひびわれ度} = \frac{\text{調査区間の全ひびわれ長さ(m)}}{\text{調査対象区間面積(m)}} \dots \dots \text{セメント舗装}$$

#### ②路面連続撮影車

路面を連続的に撮影する装置で、撮影装置、電源制御盤および照明装置から成っている。装置は写真-7に示すようなもので、車両の走行速度と撮影装置のフィルム送り速度および照明装置の照度を連動させることによつて

写真-7 路面連続撮影車



路面を連続的に撮影する機構になっている。

撮影時には路面に適度な散水をすれば、初期段階におけるヘーアクラックのようなかなり微細なクラックをも撮影することも可能である。

撮影した写真からはプロジェクターを用いて、メッシュ内のクラックの有無を確認し、メッシュ法<sup>6)</sup>によりひびわれ率を求める。この測定車はパシフィック航業㈱で開発されたものであるが、同様の機能を有する装置が日歴化工業㈱によっても開発されている。

両者の大きな違いは、前者が照明装置を搭載し、夜間測定するのに対し、後者は照明装置がなく昼間測定である。測定スピードは前者が30～40km/h（一般道）、50～60km/h（高速道路）と比較的高速で測定するのに対し、後者は8～10km/hと低速撮影である。しかし、試験舗装のように区間が限定され、なおかつ精度が要求される場合には後者が有利なようである。

#### 4.1.4 すべり

現在のところ、サービス評価式の中にすべり抵抗因子として加えている例はほとんどない。しかし、諸外国では安全走行の面からすべりを重視している機関が多く、また我が国でも日本道路公団では、道路のもつ性格上評価因子の1つに加えている。しかし一般道路では、交差点手前やカーブ、坂路などで特別にすべり対策を行なつた場合の追跡データとして測定することはあっても、単路部では、ほとんどとりあげていないのが現状である。

そのため、すべりを測定する装置についても、建設省や日本道路公団などでは独自に大型バスタイプのものを開発しているものの、比較的一般的に用いられている簡単な機械は諸外国から導入されたものが多い。

すべり抵抗を測定する機械を原理的に分類すると、横すべり抵抗力法、トレーラー法（縦すべり）、減速度法制動停止距離法、ポータブルテスタ法に大別される<sup>18)</sup>。

諸外国では測定する機械を定め、国としての基準値や推奨値を掲げて常にそれ以上の値を確保出来るように舗装の維持につとめている。

わが国でも維持修繕要綱にすべり抵抗の目標値が定められているが、地方自治体レベルでは、測定装置そのものを保有しているところが少なく、要綱を準用するまでには至っていない。各機関が必要に応じて独自に測定を行なっているのが現状である。

#### ①ポータブルテスター（Portable Skid Resistans Tester）

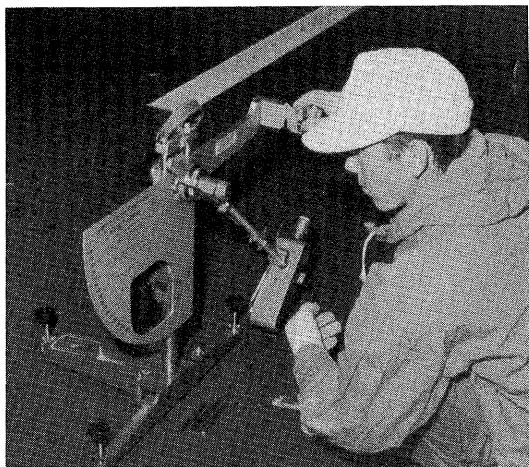
この装置は英国道路研究所で開発されたもので、最も簡単な装置であるため、わが国でも広く普及している。

装置は写真一8のようなもので、原理としてはゴムのスライダーをもつ振子を所定の高さから振りおろし、スライダーが路面を一定長(12.7cm)こすった後振り上がる高さを読みとるものである。読みとった値はBPNで示される。この試験機による測定値は約30mph(48km/h)のときのタイヤのすべり特性と一致するといわれている。

試験方法はASTM E303-69に規定されており、ここでは詳細は省くが、試験に際しては、スライダー、水平、ゼロ点、試験面、接地長さなどの各調整を入念に行なうことが大切である。

また測定初期の値はバラツクことが多いので数値が安定してから読みとることが必要である。測定値は5~10

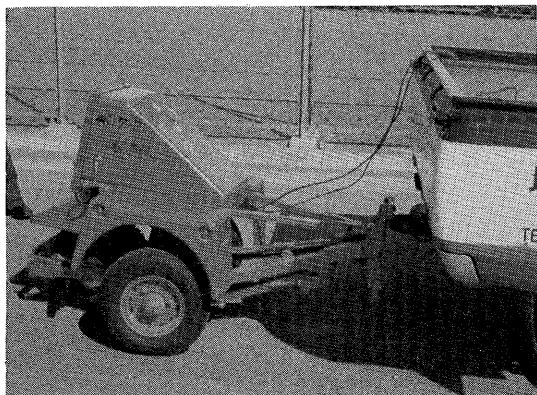
写真一8 ポータブルテスター



回の平均値で表わし、同時にぬれた路面上の温度を測定し記入しておく。

#### ②ミューメータ

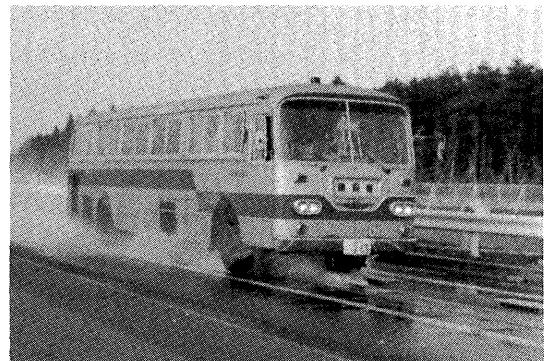
写真一9 ミューメータ



ミューメータ(写真一9)は小型乗用車あるいはジープでけん引し、連続的にすべり抵抗値を測定する装置である。測定輪2輪が外側に開かれ( $7^{\circ}30'$ )た形でセットされているため、けん引すると横方向のすべり摩擦抵抗が発生し、装置に内蔵されているデジタルカウンタと記録紙に記録される。小型装置であるため、比較的手軽に使用出来るが、交通量の多いときは測定が困難である。東京都内の供用中の道路(環状8号線)で使用した例<sup>19)</sup>では、湿潤時の値が大きくバラツいた。これは、散水(散水車を先行して走らす)から走行試験までの時間が一般交通の影響によってずれたためで、水膜の厚さが一定とならなかったためである。試験時には、試験車を一定スピードで走らせなければならず、交通規制の関係から交通量の多い道路では測定が難しいようである。

#### ③すべり測定車(建設省型)

写真一10 すべり測定車(建設省)



マイクロバスの中央下部に縦すべり測定輪をけん引したもので、写真一10に示すようなものである。

原理としてはトレーラー法に属し、制動をかけた試験車輪を一定速度でけん引するのに要する力を測定し、この力と輪荷重との比を縦すべり摩擦係数とするものである。試験は湿潤状態でも行なえるように散水装置が設けられている。測定時の条件には試験タイヤ(タイヤ空気圧、輪荷重、タイヤの種類)、試験速度(原則として20, 40, 60km/hの3段階)、測定回数(各試験速度で3個以上)、測定位置(道路中心線またはレーンマークより外側へ約1mの箇所)などがある。

試験結果の報告事項には、①すべり抵抗係数測定値と平均値、②試験速度、③路面温度、外気温などがある。

#### 4.2 力学性調査

舗装構造は路床のCBRと交通荷重の各条件に対してバランスがとれるように決定される。設計された舗装を

実際に供用し、耐荷能力が減少していないかどうかのチェックは、残余寿命を予測したり、補修工法を決定するのに重要な意義をもつ。

力学性調査は、舗装を開削して構成材料を調査する方法と舗装表面のたわみを測定することによって耐荷力や層の弾性係数を推定する方法などがある。前者は破壊試験、後者は非破壊試験になる。供用中の道路では、非破壊試験が望ましく、測定装置の開発も非破壊試験の分野で著しいものがある。

#### 4.2.1 開削調査

現状の舗装の内部の状態や、各層を構成する材料の物理性や力学性を調べる目的で、実際に舗装の一部を開削して調査することがある。

路床や路盤については、CBR試験、平板載荷試験、材料の物理試験などを行なうことにより供用後の変化を把握することが可能である。写真-11は調査中の状況である。アスファルトコンクリート層のわだち掘れを観測する場合に、道路横断方向にカットすればわだち掘れの

写真-11 開削調査（平板載荷試験中）



影響範囲などを知ることができ、対策方法を検討する際の貴重な資料となりうる。

供用中の道路で行なった例では、舗装構造の解析資料として有効なデータが得られたものの、作業が困難であり一般的な調査とはいえないようである。

#### 4.2.2 埋設計器による調査

電子計算器の発達に伴ない、舗装構造を力学的に解析する手法として多層弹性理論を用いた解析プログラムが開発されている。このプログラムによって理論計算された値を実舗装でチェックするための手段として埋設計器が用いられる。埋設計器には応力計、沈下計、歪ゲージ、温度計などがある。

試験舗装やテストピットなどで実験的に試みることはあるが、計器の埋設の仕方で値がバラツキやすく、また広い面として考える舗装には、点で測定する埋設計器は本質的に不向きのようである。

しかし、このうち温度計については比較的扱い易く、アスファルト層の温度特性についてまとめた成果がいくつか報告されている。

#### 4.2.3 たわみ

舗装構造の力学性は、内部からチェックするのが難しことから、非破壊試験すなわち舗装表面に生ずるたわみによって行なうのが一般的である。

従来たわみによる評価はベンケルマンビームのみによるのが主であったが、第3回構造設計に関する国際会議において、たわみ量と曲率半径を用いた評価法やオーバーレイ厚設計法<sup>20) 21)</sup> が各研究者から提案されて以来、曲率計の開発も各方面で進められている。

そして最近では、供用中道路における測定上の危険性と非能率性を解消するために、自動ベンケルマンたわみ測定車や各種動的たわみ測定装置が開発されている。

なお、本年8月にノルウェーで開催された国際会議 (International Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields. 1982) の報告の中で、たわみ測定器の種類や測定結果の利用方法について、詳細に述べられているので参考されたい。

##### ①ベンケルマンビーム

1953年にアメリカのA.C.Benkelmanによって考案されたもので、測定の手軽さから我が国でも広く用いられている。装置は写真-12に示すようなもので、測定時の日射による温度の影響を防ぐため銀色の塗装をしたものやアルミ製のものが用いられる。またビームにはダイヤルゲージの針の動きを滑らかにするためにブザーが取付けである。

測定法にはいくつかあるが<sup>22)</sup>、大別すると復元たわみ

写真-12 ベンケルマンビームと自記々録装置



法と最大たわみ法に分類される。両測定法の違いは、次のとおりである。最大たわみ法は荷重車後輪にビームを1.35～1.50m差込んだ時点の読みを基準面として最大たわみ量を測定する方法である。一方、復元たわみ法は、輪荷重の中心で初期値を計測し、輪荷重の除去に伴って、復元する量をたわみ量とするものである。現実の舗装道路では、ビームを差込んだ時点ですでに支持脚も変位しているのがふつうである。したがって「簡易舗装要綱」や「維持修繕要綱」には、荷重の影響を受けにくい復元たわみ法を規定している。

たわみ測定の結果は、修繕工法の選定、オーバーレイ厚設計、簡易舗装における舗装厚の設計などに利用されている。

#### ②曲率計

たわみ量のみならず、たわみの形状をも考慮した方がより現実的であるとして、たわみ量と曲率半径を用いた舗装評価法が各研究者達によって提案されている。同時に曲率計の開発も進められ、わが国でもいくつかの機関で保有している<sup>23) 24) 25)</sup>。

図一6は東京都土木技術研究所で所有する路面たわみ曲率計の機構である。この装置の原理は一定弦長( $\ell = 28.28\text{ cm}$ )に対する相対変位量を求めるもので、変位量は電気的に検出され、自動記録できるしくみになっている。

この装置は曲率計本体を差動トランジストに切換え、自記式ベンケルマンビームとして用いることも出来る。むしろ最近では、都内幹線道路のようなアスファルト層の厚

い舗装を対象とする測定では曲率計の限界( $R = 2,000\text{ m}$ 以上は検出出来ない)から自記式ベンケルマンビームによりたわみ形状を求め、舗装の解析に利用することの方が多い。

#### ③二連ベンケルマンビーム

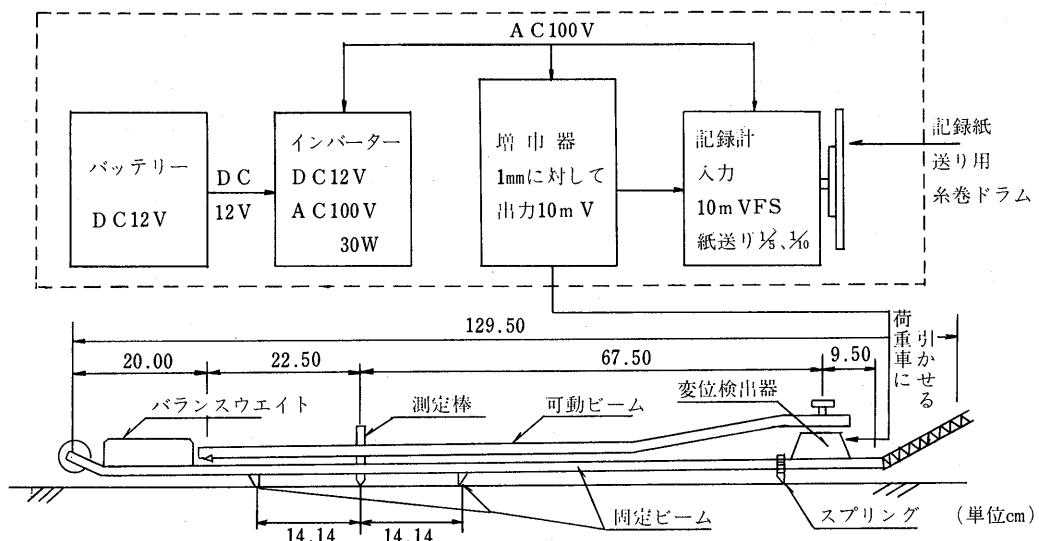
ベンケルマンビームを応用した測定器であり測定地点でコアを抜き表面と下層のたわみを同時に測定するもので、実質的には破壊試験の範囲に入るものである。

舗装各層の変位を実測し、Odemark の近似計算を用いて各層の弾性係数を求める方法が植下により紹介されている<sup>26)</sup>。植下らは通常のベンケルマンビームによって載荷計測を繰返す方法をとっているが、測定の精度を高めるために、東京都では舗装表面と下層の変位を同時に測定できる装置として、二連ベンケルマンビームを開発したものである。

しかし、この方法について、植下らは、測定するたわみのオーダーが非常に小さいこと、測定に時間がかかること、また舗装の剛性が高まると支持脚の影響を受けるなどの問題点を指摘している。このうち支持脚への影響については補正手段を講じ、さらには差動トランジストを用いて各層のたわみ形状を求める多層構造解析プログラムによる計算結果と対応させることによりかなりの好結果の得られた例もある<sup>27)</sup>。

#### ④ダイナフレクト

ダイナフレクトは米国において、1966年以来テキサス州、バージニア州、ユタ州等でベンケルマンビームに代わり舗装構造の評価に用いている。わが国では1971年に



図一6 路面たわみ曲率計ブロックダイヤグラム<sup>23)</sup>

新東京国際空港公団が、1976年には運輸省港湾技術研究所が空港における舗装構造の評価法の確立をめざして各地の空港でダイナフレクトによってたわみ測定を実施している。また建設省土木研究所において1974年に一部改良した機種を導入し、東京都でも環状7号線や環状8号線の都内幹線道路で実測解析するなど、供用中の道路への適用性を検討している<sup>28)</sup>。

ダイナフレクトの外観を写真-13～15に、機構を図-

写真-13 ダイナフレクトの外観（東京都）



写真-14 載荷用鉄輪とセンサー

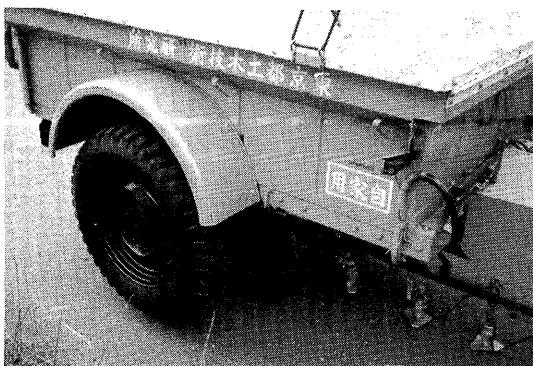


写真-15 ダイナフレクトの外観（建設省）



7に示す。ダイナフレクト装置は動荷重発生装置、センサ（たわみ検出装置）とけん引車の中の制御ならびに測定装置より構成されている。すべての測定操作はけん引車の運転席において行なうことができる。動荷重はけん引車の自重（725 kg）が上下に振動することによって生じる。すなわち自重を中心として振幅約 225 kg、振動数 8 Hz の正弦波の荷重であり、剛性の 2 つの車輪を通じて舗装表面に伝達される。動荷重によって生ずる振動速度は 30 cm 間隔に配置された 5 つのセンサーによって検出する。各センサーによって検出された舗装上の 5 つの振動速度は、けん引車に置かれた制御、ならびに測定装置に電気信号で送られ、そこでアナログ積分されることによってたわみ量に変換される。このたわみ量は動荷重の 2 倍、つまり約 450 kg の荷重に対応されるたわみ量として記録計に表示される。

ダイナフレクトの測定結果は、5 つのセンサーのたわみ量とたわみ曲線で表される。これらの結果から種々の指標によって舗装評価を行なう解析方法が Peterson<sup>29)</sup>、Vaswani<sup>30)</sup>、Swift<sup>31)</sup> 等によって提案されている。わが国ではダイナフレクトに対する独自の基準がまだ開発されておらず解析手法や基準の設定が急がれている。

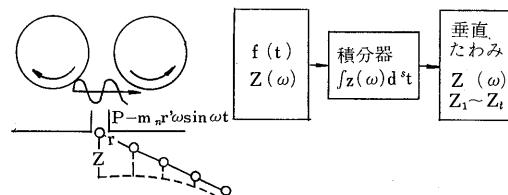


図-7 ダイナフレクトの機構<sup>28)</sup>

##### ⑤ロードレーティング

ロードレーティングは、載荷装置、検出装置、操作装置、記録装置から成っており、けん引車からの遠隔操作でいっ

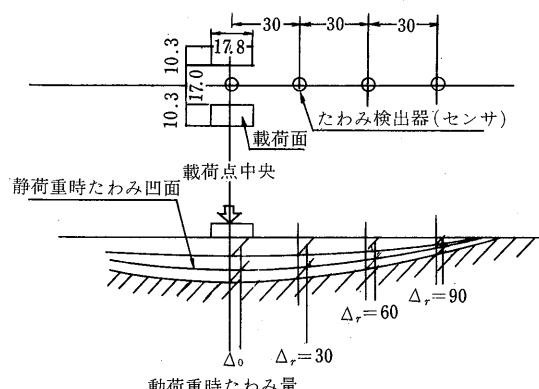


図-8 ロードレーティングのたわみセンサと載荷点<sup>32)</sup>

さいの作業ができるなど、ダイナフレクトと類似した機構をもつ。たわみ量は図一8に示すように4個のセンサにより検出され、これらのたわみ量及びたわみ曲線によって評価される。

装置の詳細および評価法については、三井<sup>32)</sup>によって報告されている。

#### ⑥ デフレクトグラフ

デフレクトグラフ (Lacroix deflectograph) は、1963年にフランスのパリ道路橋梁ナショナル研究所で開発された自動ベンケルマン測定装置で、わが国においても青盛<sup>33)</sup>によって早くから紹介されている。

写真-16 デフレクトグラフ (建設省)



写真-16は、建設省九州地建が導入した装置で、測定用フレーム装置（本体）、測定用けん引ロープワインチ装置、荷台（カウンタウエイト用）、制御記録装置などから成っている。

本装置は、車体下部に組込んだ測定用ビームが後軸のダブルタイヤの間に入り、この2本のビームの先端が路面に接触して変位を検出する。そして、検出された変位は、計器ボックスで電気信号に変えて記録計にたわみ曲線として記録する機構になっている。

載荷荷重は通常のベンケルマンビームと同様軸重10t (13tも可能)で、後輪下左右2箇所の変位を同時に測定することになる。測定スピードは2.5km/hで、平均2.8km/h程度である。

#### 4.3 環境調査

舗装のサービス性はドライバーサイドのみから問われるものではなく、沿道住民に対しても十分な配慮が必要なことはすでに述べたところである。道路と交通の関係から派生する環境の問題には騒音、振動、排ガスがある。このうち舗装に直接かかわってくるのは騒音、振動

であろう。

騒音については現状ではまだ維持管理に反映させるまでには至っていないが、振動についてはサービス性評価の因子としてとりあげている例もあり、また、舗装との関係についての報告もいくつか出されている<sup>34)</sup>。東京都の例をとると年間を通じて寄せられる陳情、苦情は10,000件にも達し、そのうち振動によるものが3,000件と全体の30%にも及んでいる<sup>35)</sup>(昭和56年度)。

そのため東京都では出先の各事務所に振動計を配置し、次年度の補修要望ヶ所を選定する際の資料にするよう

写真-17 振動レベル計



心掛けている。振動の測定法については「道路交通振動の測定要綱」<sup>36)</sup>に基づいており、ここではその要綱に従って測定法の概要を述べる。

#### ① 振動レベル計

交通振動は、写真-17に示す振動レベル計で測定し、高速度レベルコードによって記録する。なお振動レベル計の規格はJIS C 1510に示されている。

振動レベルとは  $20 \log_{10} (a/a_0)$  で定義した補正加速度レベルの値をいい、デシベル (dB) で表わす。

ここで  $a_0$  は基準の加速度であり、 $10^{-5} \text{ m/S}^2$  とする。 $a$  は、振動感覚補正を行なった振動加速度実効値であり、沿道及び水平振動についてそれぞれ JIS に示す表および図を用いて算出する。

測定時間：簡易測定においては1日のうちで最も振動が大きいと思われる時間帯に測定し、一般測定では苦情のある時間帯を含めて昼夜間それぞれ1時間当たり1日以上の測定を4回以上行なう。

1回の測定時間は10分間とする。

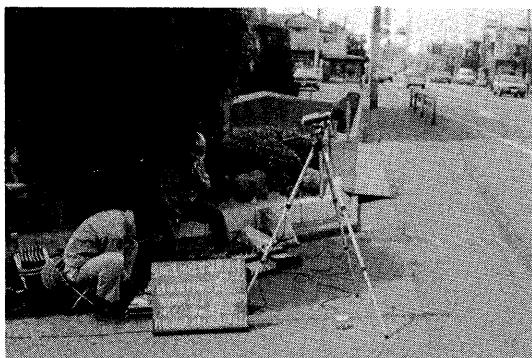
ピックアップの設置場所： 簡易測定においては道路の境界ブロックをさけた道路敷地側の1ヶ所とし、一般測定においては必要に応じて家屋内でも測定すること。

振動の測定方法： 一般的には沿直方向（Z方向）を測定する。

以上のような要領で測定した結果は、他の調査結果、すなわち、交通量及び速度の測定結果、道路状況調査、道路構造調査、地形および地質調査、沿道状況調査、家屋調査などの結果とともに「道路交通振動測定整理表」に記入し、道路の維持管理に反映されることになる。

このように交通振動は、補修箇所の優先順位を決める際に参考にするといった段階で、現実に総合評価式の中に取入れるところまでには至っていない。しかし、現実に市街地の道路ではすでに舗装を評価する上で大きなファクターとして位置づけられており、交通振動の特性把握そして定量化は重要なテーマである。

写真-18 騒音計



## ②普通騒音計

東京都において道路を維持管理する出先の事務所では、振動レベル計と同様、簡易な騒音計を保有し必要に応じて現場において測定している。

写真-18に示す普通騒音計で、小型軽量なため現場で手軽に測定出来る。普通騒音計（指針式）の規格はJIS C 1502で示されており、さらに騒音レベル測定方法については、JIS Z 8731に規定されている。

## 5. あとがき

供用中道路舗装において、わが国で利用されている調査機器を紹介した。紙面の都合もあってすべてを網羅するには至らなかったが、主要な機器はほぼ報告したつもりである。

舗装の現状調査は、維持補修を計画的に行なっていくうえで貴重な資料となるものである。もちろん補修時期や工法の最終的な決定は、経済性、地域の要請などあらゆる観点から総合的に判断してなされるものである。その意味では主觀の要素を加味した総合評価式の導入は、まさに理にかなったものといえよう。

舗装調査法の進歩は、舗装管理システム確立の実現に向けて大きなカギを握るものであろう。

今後ますます新しい舗装調査機器が開発され、また改良していくことを望むものである。

なお、資料を提供していただいた、建設省土木研究所、東京都土木技術研究所、パシフィック航業KK、日瀬化学工業KKに深謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 飯島 尚ほか、MCIによる舗装供用性の評価、土木技術資料 23-11
- 2) AASHO, "AASHO Interim Guide for Design of Pavement Structures" 1972.
- 3) 高速道路調査会、高速道路のアスファルト舗装補修基準に関する調査報告書 昭和50年2月
- 4) 内田喜太郎ほか、特例都道447号線の舗装追跡調査について、昭52都土木技研年報
- 5) 日本道路協会、簡易舗装要綱
- 6) 日本道路協会、道路維持修繕要綱
- 7) Hveem, F.N.: "Devices for Recording and Evaluating Pavement Roughness", HRB Bull. 264 1960.
- 8) Hudson, W.R., W.E. Teske, Karl H. Dunn, and E.B. Spangler : "State of the Art of Pavement Condition Evaluation", Subcommittee Report to Pavement Condition Evaluation Committee of HRB, HRB Special Report 95, 1968.
- 9) Phillips, M.B., and G Swift : "A Comparison of four Roughness Measuring Systems", HRB Res. Record No.291, 1969.
- 10) R. Hass and W.R. Hudson "Pavement Management Systems Mac Grow-Hill. 1978.
- 11) Yoder, E.J., M.W. Witczok : "Principles of Pavement design"
- 12) 道路交通振動防止対策委員会、道路交通振動防止対策についての報告 1977.

- 13) 桂木正隆ほか, 路面平坦性が交通振動レベルに及ぼす影響, 第33回土木学会年次学術講演会
- 14) 日本道路協会, アスファルト舗装要綱
- 15) 飯島 尚ほか, レーザー光線を利用した路面凹凸測定機の適用性について, 第14回日本道路会議
- 16) 達下文一ほか, 環状7号線の道路環境と舗装に関する研究(その6)
- 17) 建設省技術研究会, 第21回及び第22回建設省技術研究会報告
- 18) 市原 薫ほか, 路面のすべり, 技術書院
- 19) 達下文一ほか, ゴム入りアスファルトを用いた試験舗装, 昭50都土木技研年報
- 20) Ph. Leger and P. Autret : "The use of Deflection Measurements of 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements 1972.
- 21) Mc. Grant and R. N. Walker : "The Development of Overlay Design Procedures based on the Application of Elastic Theory" Proceedings of 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1972.
- 22) 山之口浩, 舗装技術の質疑応答, (第2巻)建設図書
- 23) 内田喜太郎ほか, 路面たわみ曲率計について, 昭49都土木技研年報
- 24) 植下 協ほか, 連続曲率計による舗装の評価 舗装, 1975年2月
- 25) 三浦裕二ほか, たわみ量とたわみ形状に基づく半剛性舗装の構造評価, 第14回日本道路会議
- 26) 植下 協ほか, 穴あけベンケルマンビーム試験による舗装構造の解析, 土木学会論文報告集第214号
- 27) 内田喜太郎ほか, :環状8号線における部分断面打換工法に関する考察, 昭54都土木技研年報
- 28) 達下文一ほか, 供用中の道路におけるたわみ測定, 昭53都土木技研年報
- 29) Peterson, G. L. W. Shepherd : "Deflection analysis of flexible Pavements", Final Report, Utah State Highway Department,
- 30) Vaswani, N. K., : "Determining moduli of materials from deflections" proc of ASCE, No. TEI 1977.
- 31) Swift, G : "A graphical technique for determining the elastic moduli of a two-layered structure from measured surface deflection" Texas Transportation Institute 1972.
- 32) 三井 晃, 舗装の無破壊調査方法の一例, 舗装
- 33) 青盛直喜, フランスの連続ベンケルマンビーム沈下量測定装置(デフレクトグラフ)とその応用, 道路, 1967年6月
- 34) 達下文一ほか, 舗装構造と道路交通振動の低減効果に関する基礎的実験, 昭53都土木技研年報
- 35) 和田利男ほか, 東京都における道路維持の現況と問題点, 第14回日本道路会議
- 36) 東京都建設局道路管理部, 道路交通振動の測定要綱 1977.

☆

☆

☆

☆

☆

☆

# 自然と芭蕉と庄内

辻 靖 三\*

## <奥の細道の行程>

俳人松尾芭蕉が奥の細道の長い旅路に出発したのが、元禄2年（1689）3月27日（陽暦5月16日）であった。

「月日は百代の過客にして、行かふ年も又旅人也、…」で始まる紀行文「奥の細道」は、陸奥から北陸路を紹介する文学として、その中の数々の有名な俳句とともに東北地方の詩情を後世に伝えている。

### 草の戸も住替る代ぞひなの家

と詠んで草庵を出て、春日部、間々田、鹿沼、日光を経て、陸奥へ歩を進める。4月20日に白河から東北地方に入り、白石、一関を過ぎて平泉に5月13日に着くまで、おおむね国道4号沿いに現在の国道の距離で約500kmを46日間で歩いたことになる。

### 夏草や兵どもが夢の跡

の句の平泉を発って南下し、国道47号沿いに尿前の関を越えて山形県に5月15日（陽暦7月1日）に入り、県内では図のような所を巡っている。その間、二日間秋田県の象潟に出向いて、

### 象潟や雨に西施がねぶの花

等の句を残し、国道7号沿いに南下し、6月27日（陽暦8月12日）に新潟県境を越えて山形県を去っている。

その後、国道7号、8号沿いに北陸路を進み、敦賀から滋賀県を経て大垣に着き、9月6日（陽暦10月18日）に伊勢へ向けて発ったので芭蕉の奥の細道の全行程が終る。全日程はなんと156日に及ぶのであるが、どの県内に長く滞在したかを宿泊日数として調べてみると、最も多く宿泊した県はなんと山形県であり40泊である。以下石川県20数泊、栃木県20泊の順となるように山形県が特別に長く、芭蕉としても興味が多い県であったと思われる。

私の勤める酒田工事事務所は、山形県の中でも庄内地方と言われる出羽丘陵の西側の日本海に面する地方を管内としている。地形的に、国道13号沿いの山形市米沢市等のある内陸地方と隔てられており、歴史的にも圏域を

分けてきた地方である。

芭蕉の山形県内の40泊のうち、この庄内地方では半分以上の22泊をしており、元禄2年の当時で言えば、庄内の酒井藩の領地に最も長く滞在したこととなる。それだけの長逗留する何かの魅力が庄内にあったのであろう。

## <庄内までの道>

平泉を発って鳴子の湯の対岸を経て尿前の関を通過して、出羽の国（山形県）に入った芭蕉と門人の曾良が宿としたのは、現在の最上町堺田にある封人（庄家）の家である。その家は293年経た今も、国道47号に面して建っており車を止めて一休みする間に昔のままの姿を見ることができる。土間と客間も同じ屋根の下であり、雪深い地方では牛馬は母屋の中で飼育していたという。そこでの芭蕉の句。

### 蚤虱、馬の尿する枕もと

堺田を出た芭蕉は、国道47号沿いと離れ、尾花沢に続く山刀伐峠へ向う。山刀伐峠は現在は主要地方道尾花沢最上線として改築され、急峻な峠は延長538mのトンネルが完成し労せずに越えることができるが、急勾配とカーブの連続する一車線の旧道を登ると、昼なお暗い密林を鳥の声も聞えずに冷や汗を流して越えた芭蕉の頃を想像することができる。

尾花沢でゆったりと十日間過し、その間の句の中から山形県の花に指定されている紅花にちなんだもの。

### まゆはきを悌にして紅粉の花

尾花沢から人のすすめで山形市山寺の立石寺に足を延ばした芭蕉は、岩に巣を重ねて山とした様な岩上の院で、有名な句を残している。

### 閑さや岩にしみ入る蟬の声

立石寺からとて返した芭蕉一行は国道13号沿いに北上し、大石田町の最上川畔で句会を開き、その初めの句

### 五月雨をあつめて涼し最上川

を、後で推考して「奥の細道」には

### 五月雨をあつめて早し最上川

と書き残している。この句が後世に最上川が急流である

\*建設省東北地方建設局 酒田工事事務所長

ことをイメージづけてしまったといえよう。最初の句は川のほとりで流れを見て詠んだものが、後で最上川を舟で下った体験を通じて、ダイナミックな後の句に変えたものであろう。しかし、最上川中流部での計画高水位の縦断勾配は1/1500程度であって、特に急という程ではないのに日本三急流の一つとなっているのは芭蕉の句のイメージが強いのではなかろうか。

大石田から新庄に寄って庄内に向ったのは6月3日(陽曆7月19日)である。内陸側と庄内地方の間には出羽丘陵がそびえていて、その間の交通路は陸路は山また山を越す困難なものであるが、最上川が高い山をえぐって流れているため、古来、水路が交通の動脈となっていた。芭蕉達も新庄市本合海から舟に乗り、梅雨の雨を集めた水流に従って最上峡谷を庄内へと舟下った。

内陸の海岸部を連結する交通の大動脈である最上川が海にそそぎ、海路との交通の結接点となるところの街、それが、わが工事事務所の存する酒田市である。酒田が中世から早く開けて栄えたのは、昔の行政の中心である幾内と奥州をつなぐ交通幹線である日本海上の海路が、陸上とを結ぶ中継点であったことによるもので、それは奥州の一時の中心であった平泉や、山形県内陸部への交通幹線であった最上川の河口に酒田が位置していた地形上の好条件が備っていたためである。

明治になって鉄道の開通に伴って繁栄していた水路は陸路へと移り変り、現在では国道47号が最上川に代って交通の大動脈となっている。山形県内陸部と庄内地方を結ぶ道路は、昭和56年7月までは最上川沿いの国道47号唯一が幹線道路であったが、昨年7月に長年の大工事であった国道112号の月山道路の一次改築が完成し、ようやく幹線道路が二本となった。しかし、月山道路は冬季の厳しい気象下では常時幹線道路としての機能を果すには、除雪体制も含めた道路の整備がまだ必要である現状であり、もう一つの国道344号はまだ一次改築が進んでおらず、国道47号の重要性は今後も大きいものとなる。現代のように整備された国道を走りすぎると、芭蕉のような実感は感じ難いので、最上川舟下りも運行しており、シーズンになると、観光客をのせた舟が何艘も連なって下っているのが国道から見られる。

舟下りばかり注目されているが、下った舟は上流に戻さねばならないのであって、現代は動力によって溯上っているが、昔の舟引き人夫達の人知れぬ労苦は大変なものであった。明治の歌人正岡子規の句に背を低くして綱を引く舟引きの姿がある。

### 舟引きの背丈短し女郎花

#### <羽黒山から酒田まで>

最上川を下って庄内に入った芭蕉は、庄内平野の入口の清川で舟を下り山麓沿いに羽黒山に向う。現在の県道立川羽黒線がそのルートにあたる。羽黒山の門前町的な手向部落から羽黒山中に入り、中腹の南谷において、庄内最初の宿としたのは6月3日(陽曆7月19日)で真夏であった。翌日本坊で俳諧を行い、

#### 有難や雪をかほらす南谷

の句を残し、谷から吹き上る風に山の雪の香が感じられて心地よくありがたいものだと詠んでいる。

この南谷は、現在の手向から羽黒山頂(標高419m)に登る道のうっ蒼たる杉並木(特別天然記念物)の途中から分岐した山腹のやや広い所に、南谷跡があり、往時の建物は礎石のみ散在し、庭園跡と共におもかげはない。ただ深い森の中で、夏でも涼しくひやっとするのは昔と変わらないのであろう。

6月6日になって芭蕉は出羽三山の主峰標高1980mの月山に登る。強力に導れて、雲霧山氣の中、氷雪を踏みしめてのぼること八里、息絶え身こごえて山頂にいるとあり、同日は山頂に笹を敷き篠を枕に寝ている。翌日は三山の奥の院へ湯殿山(神社の標高1080m)に急峻な道を下り、またとて返して南谷へ帰っている。羽黒山の別当代の求め応じ三山順礼の句を残している。

#### 涼しさやはの三日月の羽黒山

#### 雲の峰幾つ崩て月の山

#### 語られぬ湯殿にぬらす袂かな

現在、羽黒山から月山に登るには、八合目の標高1390mまで県道月山公園線が通じており、比較的楽に月山山頂に立つことができるが、交通手段のなかった当時の苦労は大変なものであつただろう。また、そのため月山に詣でた有難みは大きかったと思う。月山は芭蕉の生涯で足跡を記した最も高い地点であり、長途の旅行の中頃にもあたり最も苦しい山登りを敢行したのは、そうさせる何ものかが出羽三山にあったものと思う。

月山から湯殿山に至る道は現在でも何本ものはしごを使って上り下りする程急な径であり、また夏スキーで有名な様に、夏休み中でも大きな雪渓が何カ所もあり、登山道から色とりどりの高山植物が身近に見られるという登山する人々に豊富な自然を十分に満喫させてくれる。この自然は、芭蕉の頃と同じように大きな魅力をもっていると思う。

羽黒山を発った芭蕉は、酒井家の城下町鶴岡に向い、藩主宅に泊って俳諧を行っている。そこで句として、「奥の細道」本文には記されていないが、

めづらしや山をいで羽の初茄子  
と、鶴岡市の名産である、一口茄子のような小さい民田茄子の句が残っている。

鶴岡に三泊して酒田に向うが、その経路は当然最上川の一支流で鶴岡を流れる赤川であった。大きな最上川には当然橋がなく、庄内地方の両眼の街、行政の中心である城下町鶴岡と商業の町酒田を結ぶ大動脈は河川による水路であった。赤川は長上川に合流する前に庄内砂丘を開削して昭和11年に完成した延長約2.7kmの放水路によって直接日本海に注いでおり、別の水系となった現在は、両都市を結ぶ動脈は国道7号となっている。赤川は交通路としての機能はなくなったが、庄内平野を潤す川として当工事事務所管轄の一級河川である。

#### <酒田にて>

芭蕉が酒田に着いたのは6月13日（陽暦7月29日）であり、真夏の最も暑い頃である。翌日、豪商の一人寺島亭で過し、日本海に沈む入り陽を見ながら

暑き日を海にいれたり最上川  
と詠んでいる。

現在の最上川の河口は、背割堤によって酒田港と分離され、河巾約700mの川が河口の砂洲で水面巾としては約250mになって海に注いでいる。港と最上川とが一体となっていた往時の絵では、白帆を浮べた最上川がゆうゆうと海に注いでおり、真夏の暑い夕べに河口近くの日和山公園に立つとこの句の感じが伝わってくる。

酒田滞在中に三泊かけて秋田県の象潟に出かけ、酒田に戻って7泊している。この間に、医師の不玉亭で、

あつみ山や吹浦かけて夕すみ  
と、北の鳥海山麓の遊佐町吹浦から、南・越後へ続く温海町の山々までの広大な眺めを句にしている。

庄内平野は庄内サニシキで知られる米作の田圃が広がっており、この平野は北の鳥海山、南の月山という二つの雪を抱く高山からの水によって収穫を得ている。高くそびえたつ鳥海山と、なだらかでゆるく広がる月山は男性と女性、生と死という言葉で対比される山であるが、庄内平野のどこからも人々が見ることができ親しまれている。特に素晴らしいのは、春から初夏にかけての天候がよく、稻が青々とのび始めた頃、残雪を見せる二つの山の眺めであり、国道を走りながらも満喫できる。芭蕉が

訪れた夏では、霞んでいる日が多く、両方がくっきりと見えることが少ない。もう少し早い時期に芭蕉が庄内に来てその景色を見たらどのように句にしただろうか。

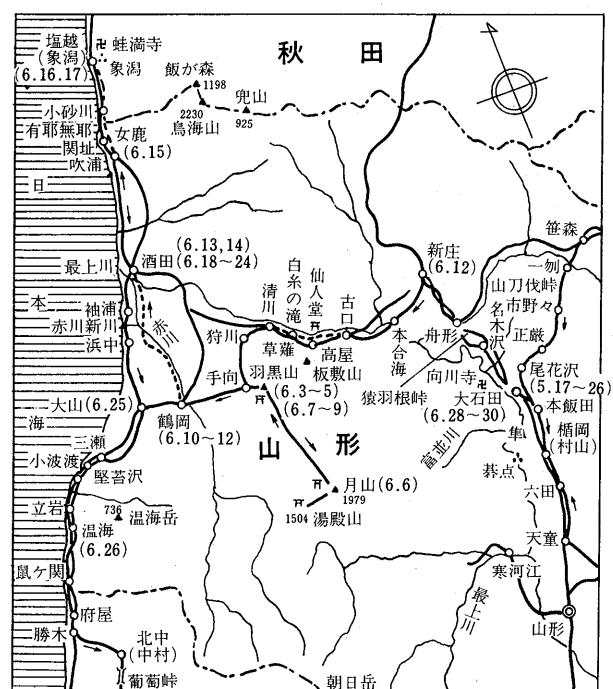
また、「奥の細道」には記されていないが、酒田の豪商邸で出た真桑瓜を食べる座興として、

#### 初真桑瓜にや断ん輪に切ン

という句を残している。酒田を中心とした海岸部の砂丘では、今ではメロンの産地となっており、プリンスメロン、アンデスマロンなどの味覚が楽しめるが、往時でも真桑瓜を産していたのであろうか、初めて口にする地元の味覚に興じている姿が何となくほほえましく思われる。先の鶴岡での茄子の句と同様、「奥の細道」にはないが、地元の味覚も道中の楽しさであったの想像される。今でも旅行の楽しみの一つは土地独自の味覚であるのは、古今変わらないであろう。

庄内地方は芭蕉も長逗留した程自然が豊かであるが、冬の庄内地方は一変して厳しい自然にさらされる。昭和56年に完成した国道112号月山道路は今年度から当事務所の管轄下となり、世界一厳しいだろといわれる条件で冬期交通を確保していく仕事で、冬も自然と十二分にまみえ、思い切り取り組んでみたいと考えている。

芭蕉の庄内での足跡



# アスファルト舗装技術研究グループ・第11回研究報告

## オーバーレイの設計法(3)

阿 部 賴 政

オーバーレイの設計法・第3報をお届けする。セメントコンクリート舗装上のオーバーレイ(第1報、アスファルト誌No.130)、アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ——経験に基づいた設計法——(第2報、アスファルト誌、No.131)の続編で、今回は主として弾性理論に基づいたオーバーレイの設計法をまとめてある。執筆者は前2報と同様に福手、井上、栃木であり全体の構成は3人の討論をふまえているが、文章にまとめあげたのが第1著者(今回は福手)であることもこれまでと同様である。

研究グループの発足は昭和52年11月、すでに5年を経過しようとしている。このような勉強会が企画されたのは、筆者が50年~51年にかけてのイギリス滞在から帰国した直後であったが、幸いに日本アスファルト協会はじめ、諸先輩、仲間の協力のもとにここまで伸びてきた。若手の研究者あるいはその卵と称していた発足当時のメンバーは、筆者を含めてほとんど全員が40才を超え、ロートルと言われながら勇退勧告を受けそうな今日この頃である。

このたび、6月23日~25日にノルウェーで Bearing Capacity of Roads and Airfieldsに関する国際会議が開催され、筆者もこれに参加し、今帰国したばかりである。この会議の詳細については「道路」あるいは本誌を通じていずれ紹介する予定であるが、感想を一言で述べると「やはり参加してよかった」ということである。そして、日本におけるこのような研究グループの存在が、きわめてたのもしく感じられた。研究グループの活動は、これまで勉強を中心としてきており、今後もその基本的方針は守っていくことで意見の一 致を得ているが、これと併行しながら何年か後の国際会議を目指して、各自の研究にみがきをかける機会を設けることも一つの方法であろう。今回の参加者は30カ国から340人と聞いているが、日本からはわずか4人であった。2年後にアメリカ、4年後にイギリスでそれぞれ第2回、第3回が開催される予定である。費用も大変であるが、なるべく多くの仲間で参加できるような企画を考えていきたいと思う。

9月3日~4日は恒例になってきた夏期合宿である。また、徹夜に近い議論となろう。

### アスファルト舗装技術研究グループ(57年8月現在)

阿部 賴政 日本大学理工学部土木工学科助教授  
秋本 隆 日灘化学工業㈱技術研究所  
阿部 栄三 シェル石油㈱アスファルト部  
阿部 忠行 東京都第一街路整備事務所  
荒井 孝雄 日本舗道㈱技術研究所  
安崎 裕 日本道路交通情報センター  
飯田 章夫 日本道路公団技術部道路技術課  
井上 武美 日本舗道㈱技術研究所  
大久保高秀 首都高速道路公団工務部  
太田 健二 日灘化学工業㈱技術課  
大坪 義治 日灘化学工業㈱技術研究所  
古財 武久 大成道路㈱技術研究所  
佐藤 喜久 鹿島道路㈱技術研究所

塙尻謙太郎 東亜道路工業㈱総合技術研究所  
東海林更二郎 日本舗道㈱工事部  
鈴木 秀敏 日灘化学工業㈱技術研究所  
田井 文夫 日本道路㈱技術研究所  
竹田 敏憲 東京都第一建設事務所  
谷口 豊明 大林道路㈱技術研究所  
栃木 博 日本道路公団試験所土工試験室  
野村 敏明 日本大学理工学部土木工学科  
林 誠之 日本石油㈱中央技術研究所  
羽山 高義 日本舗道㈱工事開発部  
姫野 賢治 東京工業大学工学部土木教室  
福手 勤 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室  
八谷 好高 運輸省港湾技術研究所滑走路研究室

# 第3報 アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ

## —弾性理論に基づいた設計法—

福手 勤\*・井上武美\*\*・柄木 博\*\*\*

第1報ではコンクリート舗装上のアスファルトコンクリートによるオーバーレイの設計法について、また第2報ではアスファルト舗装上のオーバーレイの設計法のうち経験的、半経験的な手法について、その現状と問題点を述べてきた。本第3報では、第2報を補う形で弾性理論に基づいたオーバーレイの設計法を紹介する。まず1.で理論に基づいた設計法の位置づけを行ない、2.で既設舗装の評価法について述べる。続いて3.で舗装評価やオーバーレイの設計のための指標となるたわみやひずみなどの許容値について述べ、4.で必要オーバーレイ厚さの決定法を紹介する。そして最後に、今後の課題について簡単な考察を加える。

### 1. 弾性理論に基づいたオーバーレイ設計法の位置づけ

前報では、オーバーレイ設計法のうち、経験的手法の代表としてTa法、また半経験的手法としてはたわみに注目するTRRL, California, CGRAの方法などを紹介した。半経験的手法では、オーバーレイ厚の決定は経験に加えてたわみという客観的に測定可能な指標を用いているために、Ta法に比較して個人差の入る余地はかなり小さくなつた。しかしながら、半経験的手法もある限られた範囲での経験から帰納的に導かれたものであるため、それらを総合的に説明可能な理論で体系化しなければ、舗装のおかれる環境や荷重条件、舗装構造などによって、その適用範囲も限られたものとなる可能性がある。

このようなことから、半経験的手法のもつこれらの欠点を補うために、舗装の評価やオーバーレイの設計に弾性理論を援用してゆこうという試みが最近数多くなされている。

ところで弾性理論を利用したオーバーレイの設計に際しては、次のようなステップを踏むのが普通である。

①既設舗装の力学的挙動の評価を行なう。これには既設舗装を弾性体とみなした場合の弾性係数の推定なども含まれる。

②所定の寿命や供用性を満足するための、たわみやひずみなどの指標の許容値を設定する。

③④で設定した許容値を舗装が満足するのに必要なオーバーレイ厚を決定する。

このなかで、②については多くの実験や経験に依存せ

ざるを得ないが、①と③に関しては弾性理論を利用していくことが可能である。また多層弾性理論を有効に活用することによって、従来の半経験的手法では困難であった舗装の内部の評価が可能となり、また舗装の挙動に密接な関係があるとされるアスファルト層や路床のひずみ量に基づくオーバーレイの設計も可能となってくる。

しかしながら、前報で述べたようなたわみをもとにした半経験的オーバーレイ設計法のもつ制約、つまり舗装構造に起因する破損に関してのみ適用可能という制約はこの弾性理論に基づく設計法にもそのままあてはまる。換言すれば弾性理論を用いた方法は、舗装のたわみや曲率などの舗装の弾性的挙動を媒介として既設舗装を評価するため、アスファルトコンクリート（以下アスコンと略す）層の流動、はく離、または平坦性の劣化など、舗装の弾性的挙動とは直接結びつかない項目の評価には適さないということになる。

これらのことと総合すれば、弾性理論を利用したオーバーレイ厚の設計法は、従来の方法と同様いくつかの制約があり万能ではないものの、これまでの経験的、半経験的手法から得られている知見を適切に取り込んでゆくことによって、従来の設計法に比較してきめ細かい合理的なオーバーレイ厚の設計ができる可能性をもった手法といえよう。

これまでに提案されている弾性理論に基づくオーバーレイ設計法の概要を表-1に示しておく。

\* ふくて・つとむ  
\* 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室

いのうえ・たけみ  
\*\* 日本舗道側技術研究所

とちぎ・ひろし  
\*\*\* 日本道路公団試験所土工試験室

表一1 弹性理論に基づいたオーバーレイ設計法の一覧表

| 発表機関または研究者           | 測定装置                    | 舗装評価のパラメーター                 | オーバーレイ後の舗装構造層分割数 | 備考                                       | 出典 |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|--|----|
| AI (米国)              | ベンケルマンビーム               | たわみ                         | 2                |  | 8  |
| Bonnot etal (フランス)   | デフレクトグラフ                | $\epsilon_t$                | 4                |  | 33 |
| Grant etal (南ア)      | ベンケルマンビーム               | たわみまたは $\epsilon_t$         | 3, 5             | 穴あけベンケルマンビーム併用<br>路床材料の非線形性              | 14 |
| Irwin (米国)           | 加速度計*<br>ダイナフレクト        | たわみ                         | 任意               | Eは繰返し計算より算出<br>舗装構造の非線形性                 | 16 |
| Kiewit etal (オランダ)   | ダイナフレクト                 | $\epsilon_t$ とわだち**         | 5                | Eは繰返し計算より算出                              | 23 |
| 港湾技術研究所 (日本)         | ダイナフレクト                 | たわみ                         | 3                |  | 31 |
| 三浦 (日本)              | ベンケルマンビーム               | $\epsilon_t$ またはTa          | 2                | たわみと曲率を媒介                                | 3  |
| Miura etal (日本)      | ベンケルマンビーム               | $\epsilon_t$ と $\epsilon_c$ | 3                | たわみと曲率を媒介                                | 26 |
| Rufford<br>(オーストラリア) | ベンケルマンビーム               | たわみ                         | 2                | スプレーディティーを媒介                             | 21 |
| Shell 石油 (オランダ)      | FWD ***                 | $\epsilon_t$                | 3                | 新設の設計法と一貫性がある                            | 11 |
| Treybig etal (米国)    | ダイナフレクトまたは<br>ベンケルマンビーム | $\epsilon_t$ とわだち**         | 5                | 弾性係数はサンプリング供試体から算出<br>たわみ測定は舗装区域の区分のみに使用 | 13 |
| Ullidtz (デンマーク)      | FWD ***                 | $\epsilon_t$ と $\epsilon_c$ | 4                |  | 15 |
| Van Til etal (米国)    | ベンケルマンビーム               | $\epsilon_t$                | 任意               | 弾性係数はサンプリング供試体から算出                       | 12 |

\* 舗装表面に加速度計をセットし、荷重走行時の垂直加速度を2回積分してたわみ量に変換する。

\*\* わだちはれに関する許容交通量を舗装各層の応力の多項式として表わしている。

\*\*\* Falling Weight Deflectometer

## 2. 既設舗装の力学的評価

オーバーレイの設計に先立ち、既設舗装の評価が必要である。評価の考え方や評価のために用いられる装置および湿度補正の方法については、第1報および第2報にふれられているので、ここではそれらを利用して、舗装表面のたわみや曲率を媒介として既設舗装を評価する手法を中心に紹介する。

### 2-1 舗装表面のたわみと曲率

舗装表面のたわみ量がその舗装の力学的性質に大きく左右されることを説明を要しないであろう。第2報で紹介した半経験的設計法に用いられていた指標もこのたわみ量である。

しかしながら、図-1に示すように、一定の載荷重のもとで等しいたわみ量をもつ2つの舗装も、そのたわみ形状が異なる場合がある。これは舗装体と路床から構成される層構造の力学的性質が違うためである。たとえば

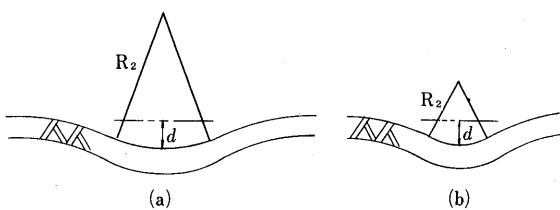


図-1 たわみ形状の比較

図-1を例にとってみると、等しいたわみ量をもつ舗装でも舗装の下部や路床が弱い場合には、たわみは荷重から離れた部分にもおよび、その結果(a)のようなフラットなたわみ分布を示すのに対し、アスコン層にクラックが発生したように舗装の上部が弱い場合には、(b)のようなたわみ形状を示すのが一般的である。このようなことから、舗装の平均的な健全度を表現するたわみ量のほかに、たわみの形状を表わす曲率を用いて舗装を評価することが多い。なお Huang<sup>1)</sup>は、3層弹性理論を利用して、舗装構造がその表面のたわみや曲率におよぼす影響を調べている。

さて舗装の曲率は一般に曲率半径Rで定義される。図-2を参照すれば、2点の距離 $\ell$ とそれらの相対たわみ $\delta$ がわかれば、たわみ曲線を円弧の一部と仮定することによって曲率半径は

$$R = \frac{\ell^2}{2\delta} \quad (1)$$

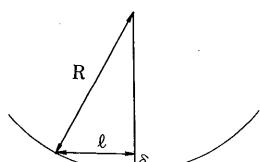


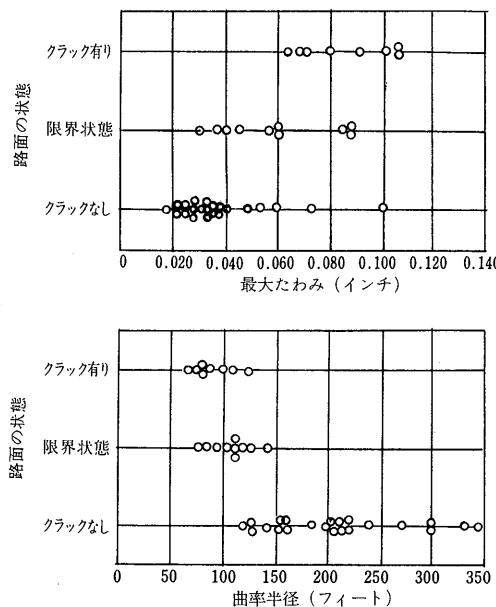
図-2 舗装表面の曲率

で近似される。この式は曲率計による曲率半径の測定の基本式となるとともに、後で述べる弹性理論を利用する際にも用いられる式である。

このような曲率半径をたわみ量と併用することによって舗装を評価することは Dehlen<sup>2)</sup> によって始められ、その後広く用いられるようになってきている。我国においても、三浦<sup>3)</sup>や植下ら<sup>4)</sup>によって曲率計が作られ舗装の評価に利用された。

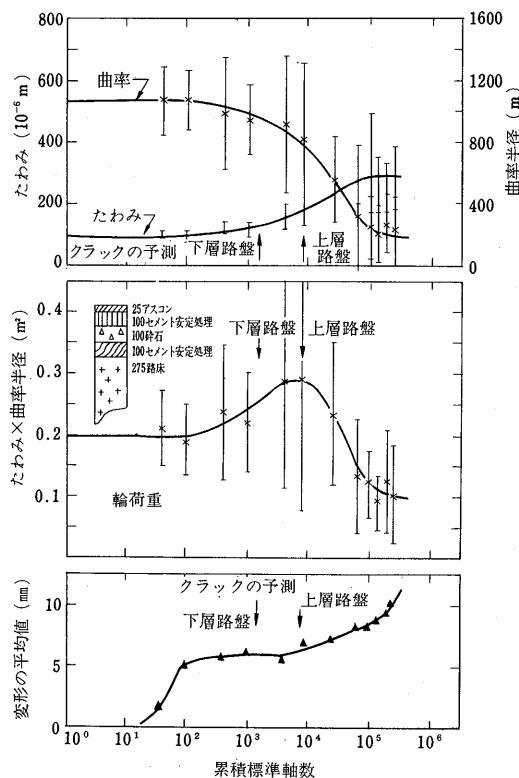
図一3はDehlen<sup>5)</sup>によって示されたもので、クラックの発生とともにたわみが増大し、逆に曲率半径は減少していることがよくわかる。また図一4<sup>6)</sup>はたわみと曲率半径の積を載荷回数に対してプロットしたもので、この曲線のピークをクラックの発生と結びつけようとしたものである。

なお、式(1)からも明らかなように、曲率半径は互いに近い2点の相対たわみから得られるため、曲率半径を用

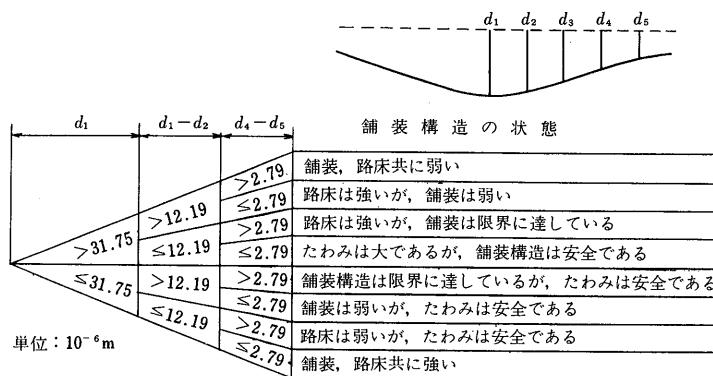


図一3 路面の状態とたわみ、曲率の関係

いて舗装を評価することは2点のたわみ量を利用して評価することと等価である。このようなことから、舗装の評価のために、一度に複数点のたわみ測定が可能な計測機が利用されることも多い。ダイナフレクト、ロードライター、プロファイラーなどがそれである。ちなみに図一5はダイナフレクトに関して、米国ユタ州<sup>7)</sup>で定められた許容値であるが、複数点のたわみ量を用いて舗装内部の性状を判断しようとする試みがうかがえる。



図一4 (たわみ × 曲率) の変化



図一5 ダイナフレクトのたわみによる舗装構造の評価

## 2-2 弹性係数の推定

### (1) 非破壊評価法によるもの

前節でたわみと曲率、または複数のたわみの値を用いて舗装の評価を行なうことを述べたが、それらの評価をもとにさらに弹性理論を利用して、オーバーレイ厚を設計するためには、たわみや曲率を用いて舗装や路床などの弹性係数を推定しておくことが必要になる。さらに既設舗装の評価に関してもこれらの弹性係数をもとにすれば、既設舗装上に大きさや車輪配置の異なる荷重が載荷された時の舗装の挙動をより精度よく推定できることになり、単にたわみや曲率を比較する場合にくらべて合理的な舗装評価が可能となる。なおポアソン比も未知数であるが、弹性係数と比較してたわみやひずみにおよぼす影響が小さいため、適当な値を仮定しているのが一般的である。

まず、最も簡単な場合として、舗装、路床、地盤がすべて等しい弹性係数をもつ、つまり半無限均一弹性地盤と仮定した場合を例にとる(図-6(a))。この時の荷重直下のたわみは、ポアソン比を0.5と仮定すると

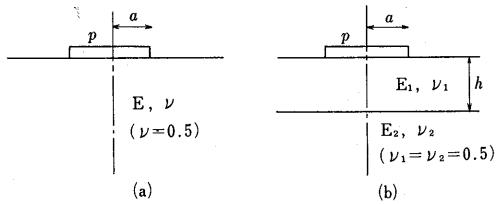


図-6 舗装のモデル化

$$d = \frac{1.5 ap}{E} \quad (2)$$

で表わされる。ここに、 $a$ は荷重の接地半径、 $p$ は接地圧、 $E$ は弹性係数である。荷重条件が既知の場合には、式(2)を用いてたわみ量から弹性係数を推定することは容易である。このようにして既設舗装の弹性係数を推定する手法は前報にも紹介したAI(Asphalt Institute、米国アスファルト協会)の方法<sup>8)</sup>に利用されている。

これに対し、既設舗装構造を2層弹性体とみなして、各層の弹性係数を求ることは少し複雑になる。いま上層の厚さを $h$ 、上下層の弹性係数をそれぞれ $E_1$ 、 $E_2$ とおくと(図-6(b))、荷重直下のたわみは

$$d = \frac{1.5 ap}{E_2} F_1(E_1/E_2, h/a) \quad (3)$$

で表わされる。また式(1)の右辺分母の相対たわみ量は

$$\delta = \frac{1.5 ap}{E_2} F_2(E_1/E_2, h/a, \ell/a) \quad (4)$$

で表わされる。 $E_1$ と $E_2$ を計算するためにはたわみと

曲率、または2点のたわみを表わすこれらの式を連立して解く必要がある。またいずれの式も右辺の関数 $F_1$ 、 $F_2$ はベッセル関数を含む複雑な形をしているため、解析的には直接に解くことはできず、繰返し計算<sup>9), 10)</sup>もしくはグラフ解法<sup>3), 10)</sup>を必要とする。図-7<sup>10)</sup>はたわみと曲率から2層の弹性係数を計算するためのノモグラフのひとつである。

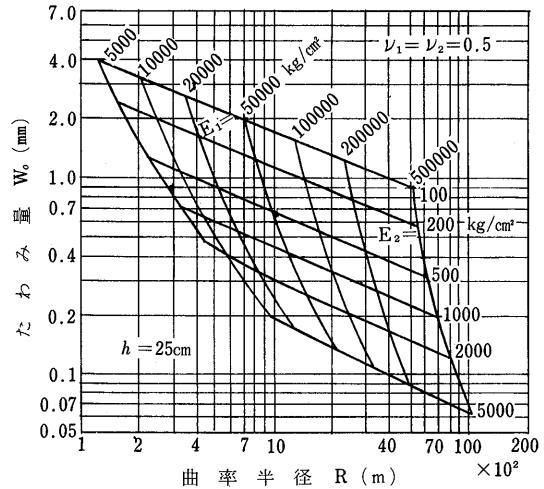


図-7 2層弹性理論によるたわみと曲率の関係

さらに2層弹性論の利用に関して上層の弹性係数の低下は層厚の減少と等価と考えれば、 $E_1$ つまり上層の弹性係数は不变で、舗装の劣化に伴って見かけ上の厚さ $h$ が減少するとみなし、その厚さを用いて舗装を評価することもできる。三浦<sup>3)</sup>は $E_1$ としてはアスコンの変形係数を用い、 $E_2$ に路床の弹性係数を代入することによって舗装表面の曲率から $h$ を推定しようとした。この場合の $h$ は残存アスコン等値厚とみなされることになる。

シェル石油のオーバーレイ厚設計法<sup>11)</sup>にも同様の考え方方が用いられている。シェルの方法では既設舗装を図-8のように3層弹性体と考え、 $E_1$ と $h_2$ を既知として、2点のたわみから $h_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ を求めている。なお2層目が粒状材料から成る場合には、 $E_2$ と $E_3$ の間に

|                  |              |       |  |
|------------------|--------------|-------|--|
| アスファルト層          | $E_1, \nu_1$ | $h_1$ | $E_2 = 0.206 h_2^{0.45} \cdot E_3 \quad (5)$                                 |
| 粒状材層<br>または安定処理層 | $E_2, \nu_2$ | $h_2$ |  |
| 路床               | $E_3, \nu_3$ |       | (ただし $156\text{mm} < h_2 < 730\text{mm}$ )<br>の関係を仮定している。<br>(2) サンプリングによるもの |

図-8 3層弹性構造 舗装表面のたわみや曲率を用い

いて舗装各層の弾性係数を間接的に推定するほかに、現地から試料を採取し室内試験から直接求めようとする方法もある。

Van Til<sup>12)</sup> は採取した試料に対し応力条件を変化させながら三軸試験を行なって舗装各層の弾性係数を求め、さらにそれらの値を使って計算されるたわみ量が実測たわみと一致するように先の弾性係数を修正する手法を提案している。

また、Treybig<sup>13)</sup> らも室内試験から弾性係数を求めている。なかでも路床材料に対しては応力による非線形効果を考慮するために

$$M_R = a \sigma_d^b \quad (6)$$

の形で整理している。ここに  $M_R$  は弾性係数の一種であるレジアント係数、 $\sigma_d$  は偏差応力、 $a$ 、 $b$  は実験定数である。なおオーバーレイの設計に際して、このような路床材料の非線形性の考慮が重要だということは Grant ら<sup>14)</sup>、Ullidtz<sup>15)</sup>、Irwan<sup>16)</sup> によっても指摘されている。

このようなサンプリング試料をもとに弾性係数を求め非線形性も考慮してゆく考え方は、合理的ではある反面非破壊評価法の大きな特長である迅速性、経済性がそこなわれるようになることは否定できない。

このほかに、既設舗装にコアボーリングを実施し、その中にロッドを捲入して舗装各層でのたわみ測定を行なういわゆる「穴あけベンケルマンビーム試験」<sup>17)</sup>を利用して各層の弾性係数を求めることがある。<sup>14)</sup>

### 2-3 Frequency Sweep と Load Sweep

舗装を力学的に評価する方法として、以上は弾性理論を通常の手順で利用したものであるが、これの他に Frequency Sweep および Load Sweep と呼ばれる方法がある。<sup>18)</sup>

Frequency Sweep は Yang<sup>19)</sup> によって提唱されているもので、舗装構造が固有振動数をもつため同じ大きさの荷重でもその振動数によって舗装の応答が変わること(図-9)を考慮した手法である。これは静的荷重は異なる周期をもつ多くの振動荷重を合成することによって得ることができることに注目し、静的載荷試験による舗装のたわみを、舗装の固有振動数の整数倍の振動数でのたわみの和に関する多項式に変換することによって、静的荷重に対応する舗装の弾性係数を推定しようとするものである。この手法を用いれば、本来なら動的荷重の振動数によって異なって評価される舗装の弾性係数を静的載荷試験によるものに精度よく変換できる。Yang は、

舗装の弾性係数の推定には、静的載荷試験よりも、動的載荷試験の結果にこの Frequency Sweep を適用していくことを推奨している。

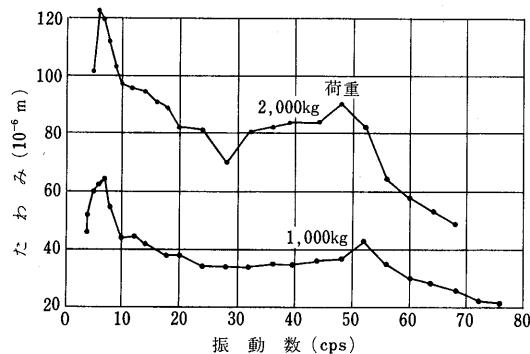


図-9 振動数によるたわみの変化

次に振動数を変化させる代わりに、一定振動数のもとで荷重の大きさを変化させてゆく Load Sweep と呼ばれる考え方がある<sup>20)</sup>。これは米国の WES (Waterways Experimental Station)で用いられているもので、舗装の挙動が荷重の大きさによって変化する非線形性を考慮しようとするものである。つまり図-10に示すように、振動数は一定 (15 Hz) で振動荷重の大きさを少しづつ変化させ、荷重～たわみ曲線の直線部分のこう配を DSM (Dynamic Stiffness Modulus) と定義し、その値からその舗装の許容荷重を定めようとするものである。

Frequency Sweep, Load Sweep とも、現在までのところ、舗装評価に使われているのみでオーバーレイ厚の設計とは直接結びつけられてはいない。しかしながら、今後データの集収を図ることによって、後述するオーバーレイ厚の設計法にまで発展させることができる。

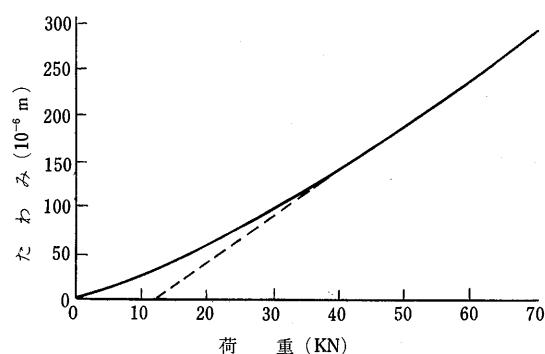


図-10 荷重の大きさによるたわみの非線形性

### 3. たわみ、ひずみなどの許容値

2. で評価した舗装がオーバーレイを必要としているかどうかを判断するためには、たわみやひずみなどの指標の許容値を定めておく必要がある。弾性理論にもとづくオーバーレイ厚設計法といえども、指標の許容値の設定に際しては、数多くの舗装の追跡調査や室内実験の結果がもとになっているのは 1. で述べた通りである。そのため、それらの許容値は各国、各機関で独自のものが用いられているのが実情である。これまで提案されている指標にはたわみ、ひずみ、アスコン等値厚があるが、ここでは広く一般的に採用されているたわみとひずみについて紹介する。

#### (1) たわみ基準

たわみの許容値としては、第 2 報で紹介した経験的、半經驗的設計法に用いられてきた値が、理論的設計法にもよく利用されている。

AI の方法<sup>8)</sup>の中で提案されているたわみの許容値(前報の図-11)は、南アフリカ共和国の Grant ら<sup>14)</sup>によるオーバーレイ厚設計法のたわみ基準として利用されている。またオーストラリアの Rufford<sup>21)</sup>は、英国の TRRL (Transport and Road Research Laboratory)で提案された図-11のようなたわみの許容値を利用している。つまり、既設舗装でのたわみ測定の結果がこれらの許容値を上回った場合には、オーバーレイを実施してたわみ量をその許容値にまで減少させることが必要と判断される。

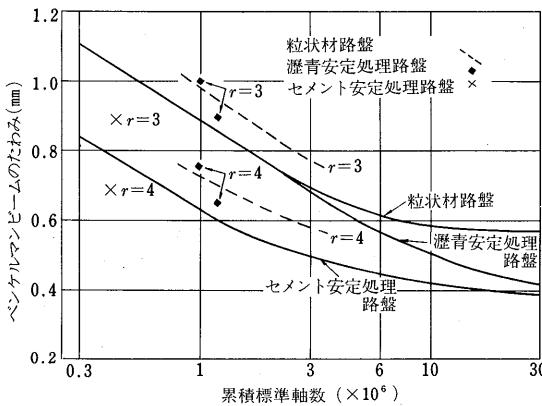


図-11 TRRL によるたわみの許容値

#### (2) ひずみ基準

オーバーレイ厚設計のためのひずみの許容値は、アスファルト混合物層下面の引張りひずみに対して定められるのが普通であるが、なかには路床上面の圧縮ひずみに

対して設定されているものもある。いずれにしろ、たわみ量と異なり、既設舗装での実測が困難なため、現在では弾性理論を利用してオーバーレイ厚の設計法に限って利用されている指標である。またひずみはたわみよりも舗装の破壊に直接的に関係する指標と考えられているため、多くの研究者によって室内試験や試験舗装の解析を通じて、オーバーレイのみならず新設舗装の設計のために許容ひずみ量に関する数多くの研究が行なわれている<sup>22)</sup>。

テキサス大学の Treybig ら<sup>13)</sup>は残余寿命の推定やオーバーレイ厚の設計のために、AASHO 道路試験の結果を弾性理論で解析することによって得た

$$N_{18} = 9.73 \times 10^{-15} \epsilon^{-5.16} \quad (8)$$

なる関係を許容ひずみ量として利用している。ここに  $\epsilon$  はアスファルト混合物層下面の横断方法の引張りひずみ、 $N_{18}$  は Class 2 のクラックが発生するまでの 18 Kips (8.2 ton) 換算軸数である。なお Class 2 のクラックとはクラックが格子状につながるようになるまで進行した状態を指す。また、この式はオランダの Kiewit ら<sup>23)</sup>によってもやはりオーバーレイ厚設計時の許容値として利用されている。

一方、シェル石油の設計法では新設舗装とオーバーレイ厚の設計のための許容ひずみとして、主に室内試験から求めた。

$$\epsilon = (0.856 V_D + 1.08) S_{mix}^{-0.36} N^{-0.2} \quad (9)$$

を採用している。<sup>24)</sup> ここに  $\epsilon$  はひずみ、 $V_D$  は混合物中のアスファルトの容積率 (%)、 $S_{mix}$  は混合物のスティフェネス ( $N/m^2$ )、 $N$  は疲労寿命である。

参考までに、式(8)と(9)、および Kingham<sup>25)</sup>によって得られている許容ひずみを図-12に併記しておく。

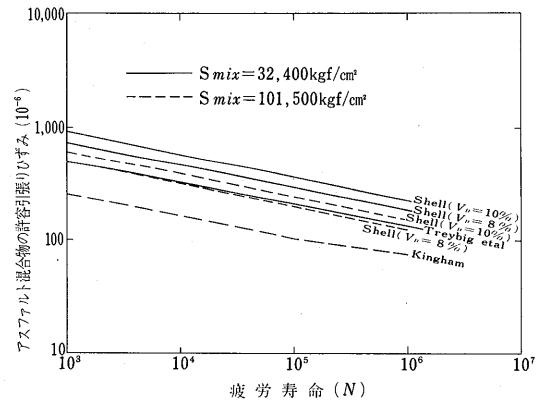


図-12 アスファルト混合物の許容引張りひずみ

式(9)には  $S_{mix}$  が変数として考慮されているが、式(8)と Kingham の許容値では  $S_{mix}$  をそれぞれ 32,400 kgf/cm<sup>2</sup> および 101,500 kgf/cm<sup>2</sup> と仮定して得られたものであるため、式(9)に関しては  $S_{mix}$  の値としてこれらの値を代入したものを示してある。

これに対し、路床上の垂直ひずみの許容値のいくつかを示したものが図-13である。これらのうちオーバーレイの設計には Miura ら<sup>26)</sup>が Dorman ら<sup>27)</sup>の値を利用し、ほかにシェル石油<sup>28), 29)</sup>や Ulliditz<sup>15)</sup>がそれぞれの値を利用していいる程度である。その他の値はいずれも新設舗装の設計に用いられているもので、オーバーレイの設計に利用されているものではないが、比較のためにここに併記したものである。

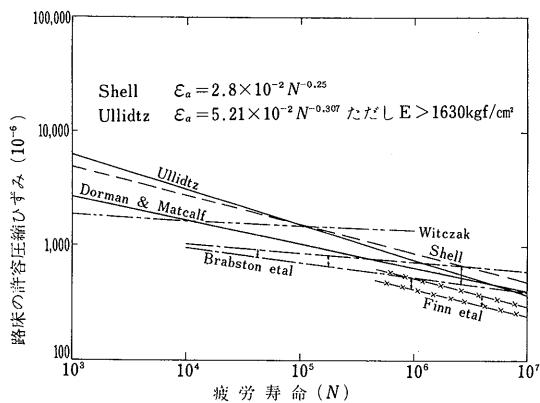


図-13 路床の許容圧縮ひずみ

#### 4. 必要オーバーレイ厚の設計

2. で行なった舗装評価の結果、既設舗装のたわみ、ひずみなどの指標の値が 3. に示した許容値を上回った場合にはオーバーレイなどの対応策が必要になる。オーバーレイの場合には、既設舗装の残存寿命と将来交通量を考慮し、たわみやひずみの許容値を満足するのに必要なオーバーレイ厚を弾性計算から求めることになる。

##### 4-1 残存寿命の推定

舗装のたわみやひずみは、温度や含水比の影響を補正すれば舗装構造に何らかの欠陥が発生しない限り、その供用期間中はほぼ一定であると言われている。つまり、たわみやひずみなどの基準はその舗装に構造的な破損があるかないかの評価には十分利用できるものの、健全な舗装の残存寿命の推定にそのまま用いるのには適していない。そこで、残存寿命の合理的な推定のためには既往の交通量データが必要となってくる。寿命の推定法としてはシェル石油のオーバーレイ設計法に利用されてい

る方法<sup>11)</sup>が優れていると思われる所以、ここにその考え方を簡単に紹介する。

まず評価すべき舗装区間を選定した後、車輪通過部と車線の中央部のたわみ量とを比較する。車線中央部は交通荷重があまり作用しない部分とみなされるため、両者のたわみ量に有意な差がない場合には、その舗装区間は構造的には健全であると判断される。そして、2-2に示した方法で  $E_3$  と  $h_1$  を求めれば、荷重条件を代入することによって、3層弾性理論からアスファルト層下面の引張りひずみが計算されることになる。さらにこの値と、3(2)で紹介した限界ひずみ曲線（式(9)）から、既設舗装の設計寿命  $N_{D1}$  が求められる。そしてこの設計寿命と既往の交通量  $N_{A1}$  の差が残存寿命とみなされることになる。この時、 $E_3$  と  $h_1$  は舗装の新設時点から不变であると仮定されているわけである。

さらに、オーバーレイ後の残存寿命は次のように推定されている。まず既設アスファルト層の寿命に対するその消費率を、 $N_{A1}/N_{D1}$  と仮定する。オーバーレイ後も最大引張りひずみは既設アスファルト層大面に生ずるのでオーバーレイ後の寿命もやはり既設アスファルト層によって規定されることになる。それゆえ、疲労抵抗に関するマイナー則を仮定すれば、オーバーレイ後の舗装に残されている寿命残存率は、

$$\frac{N_{A2}}{N_{D2}} = 1 - \frac{N_{A1}}{N_{D1}} \quad (11)$$

で表わされることになる。ここに  $N_{D2}$  は、オーバーレイ後に既設アスファルト層下面に生ずるひずみが、新設舗装のアスファルト層に作用した場合の寿命で、やはり式(9)から得ることができる。そして、 $N_{A2}$  がオーバーレイ後の残存寿命である。

実際の設計では、 $N_{A1}$ 、 $N_{D1}$ 、 $N_{A2}$  を式(11)に代入することによって  $N_{D2}$  を求め、それを満足するひずみ量を得るために必要なオーバーレイ厚を設計することになる。具体的な手順については、本誌 117 号阿部<sup>30)</sup> が詳述しているので、ここでは省略する。なお Treybig ら<sup>13)</sup>もこれとほぼ同様の考え方で残存寿命を推定している。

##### 4-2 オーバーレイ厚の設計

既設舗装の弾性係数もしくはアスコン等値厚が 2-2 で説明したような方法で適切に評価され、またオーバーレイに用いるアスコンの適切な弾性係数を与えることができれば、多層弾性理論を利用してオーバーレイ後のたわみやひずみを推定することはそれほど困難なことではない。つまりたわみやひずみを所定量だけ減少せしめるのに必要なオーバーレイ厚を合理的に求めることができ

る。

オーバーレイ後の舗装構造のとらえ方に応じて、以下のように分けて説明してゆく。

### (1) 2層構造とみなすもの

既設舗装を無限深さの下層とみなし、オーバーレイ層を上層とみなしたもののがAIの方法<sup>8)</sup>である。その時のオーバーレイに用いるアスコン層の弾性係数は、21°Cの温度条件下で4.8~8km/hの走行速度に対応して、35,000 kgf/cm<sup>2</sup>で仮定している。

### (2) 3層構造とみなすもの

この範ちゅうに入るものにはMiuraら<sup>26)</sup>、港湾技術研究所<sup>31)</sup>、シェル石油の方法<sup>11)</sup>などがある。

Miuraらの方法は、アスファルト層下面の引張りひずみ $\epsilon_t$ を指標に取る時は、オーバーレイ層+既設アスファルト層+それ以下の部分から成る3層構造とみなし、路床上の垂直ひずみ $\epsilon_c$ に注目する時は、オーバーレイ層+既設舗装体+路床の3層構造とみなしている。既設舗装構造に関する2つの弾性係数は路面のたわみと曲率から推定し、オーバーレイ層のアスコンに対してはシェルのノモグラムを利用している。そして $\epsilon_t$ と $\epsilon_c$ を基準にして得られたオーバーレイ厚のうち、大きい方の値を採用することになる。

港湾技術研究所の方法は、ダイナフレクトのたわみを基準にするもので、オーバーレイ層+既設アスファルト層+それ以下の3層に分けている。既設舗装各層に関する弾性係数はダイナフレクトのたわみから推定し、オーバーレイ用アスファルトコンクリートの弾性係数 $E_a$  (kgf/cm<sup>2</sup>)

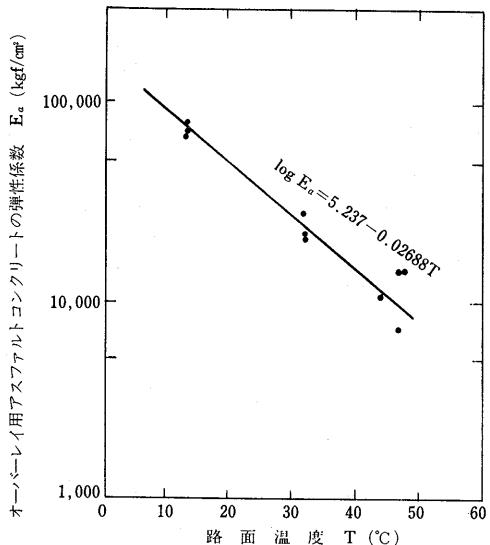


図-14 アスファルトコンクリートの変形係数の路面温度による変化

バーレイ層に対しては試験舗装での実測値から得られた図-14の関係を利用している。

シェル石油の方法では既設舗装を3層弹性構造と仮定して評価していることは2-2で述べた。その時に舗装が劣化してもアスファルト層の弾性係数は変化せず、その厚さが減少するとみなしているため、もし既設のアスコンと同じ材料をオーバーレイにも用いれば、オーバーレイ後の構造にも3層弹性理論が利用できることになる。一方、新旧のアスコンの材質が異なる場合には4層弹性体とみなされるのが一般的であろうが、シェルの方法では異なった材質のアスコンの等価層厚を導入することによって、このような場合のオーバーレイ後も3層体とみなして解析している。

なお図-15は、既設舗装を2層弹性体とみなし、その上でのダイナフレクトのたわみをもとにオーバーレイ後のたわみを3層弹性理論で予測したものと、オーバーレイ後のたわみの実測値の関係<sup>31)</sup>である。両者はよく一致しており、2層弹性論で既設舗装を評価した後に3層弹性論でオーバーレイ厚の設計することの妥当性がうかがえる。

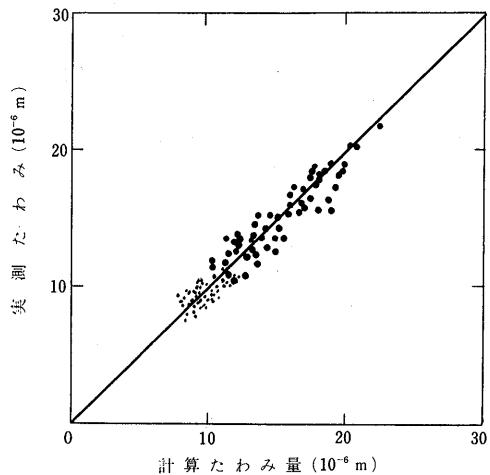


図-15 オーバーレイ後のたわみの実測値と計算値

### (3) その他

既設舗装をn層弹性体とみなして評価すれば、オーバーレイ後は一般に(n+1)層弹性体とみなせるごとになる。2-2(2)で紹介したように、サンプリングによる弾性係数の推定がなされれば、nはいくつでも可能である。つまり現在では、多層弹性計算のためのプログラムは完備しているため、技術者の判断に応じて、また舗装構造の特殊性に応じてnは適宜に選ぶことができる。

Treybig ら<sup>13)</sup> サンプリング試料から得られた弾性係数をもとに 5 層弾性解析を行ない、アスコン層の疲労破壊とわだちぼれを考慮することによって最適なオーバーレイ厚を求めている。オーバーレイに用いるアスコンの弾性係数は室内ダイナミックテストから推定することになっている。

また Kiewit ら<sup>23)</sup> は既設舗装のたわみ分布をうまく再現可能な舗装各層の弾性係数を繰返し計算から求め、オーバーレイ後の構造をやはり 5 層弾性体として解析する手法を用いている。なおオーバーレイに用いるアスコンの弾性係数は 60,000 kgf/cm<sup>2</sup> と仮定している。なおこの 60,000 kgf/cm<sup>2</sup> という値は、我国のアスファルト舗装要綱に基づく舗装構造を弾性解析する際の表層、基層に関して最も合理的な弾性係数といわれる値、63,000 kgf/cm<sup>2</sup><sup>32)</sup>、とよく似通っている。

最後に、オーバーレイに使用するアスコンに与えられている弾性係数を一覧表にして表-2 に示しておく。

表-2 各設計法で仮定されているオーバーレイのためのアスファルトコンクリートの弾性係数

| 設計法            | 弾性係数                               |
|----------------|------------------------------------|
| AI             | 35,000 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| Bonnot et al   | 60,000 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| Grant, et al   | 3,500 ~ 70,000 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Kiewit, et al  | 60,000 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| 港湾技術研究所        | 本文中 図-14                           |
| 三浦             | 10,000 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| Miura et al    | シェルのノモグラム                          |
| Rufford        | 10,500 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| Shell石油        | シェルのノモグラム                          |
| Treybig, et al | 室内試験より決定                           |
| Ulliditz       | 34,000 kgf/cm <sup>2</sup>         |
| Van Til et al  | 室内試験より決定                           |

## 5. 今後の課題

本報のこれまでの説明で、弾性理論を利用することによって、従来の経験的、半経験的なものにくらべてオーバーレイの設計が多少なりとも合理的にできることが御理解いただけたであろう。

今後さらに合理的で信頼性に富むオーバーレイの設計法をめざしていくためには、以下のような点に留意していく必要があると考えられる。

### (1) 許容たわみについて

許容たわみは、その舗装の置かれる環境条件によって

変わるべき可能性がある。一般的に許容たわみは標準軸重に換算された交通量と基準温度に対して定められる。ところが基準温度よりも高い温度の期間が長い環境と低い温度の長い環境では、同一の交通荷重に関しても、供用中のたわみの履歴が異なることになる。このことは同一の荷重でも、環境の違いによって路床上のひずみ、つまり舗装への破壊作用が異なることを示唆しており、環境条件によって許容たわみを修正するのが妥当である可能性がある。

### (2) 粒状材料の非線形性について

舗装の弾性係数を評価する際に粒状材料の非線形性を考慮することが重要との指摘があることは 2. で述べた。この非線形性は、軽重量の測定機を用いて舗装を評価し、それを外挿することによって実際の交通荷重による舗装の挙動（たとえばアスコンのひずみ）などを予測しようとする時に重要である。これは、アスコンの許容ひずみは室内試験などからかなり厳密に論議されているため、それらをマイナー則などを媒介として舗装での疲労と結びつけようとするためには、全体のバランスを図る意味からも、舗装に発生するひずみの大きさをできるだけ精度よく予測することが望ましいからである。

このように粒状材料の非線形性はオーバーレイの設計に限らず、舗装の構造解析には重要な概念であることがわかる。このため、アスコンの許容ひずみの精度や材料のばらつきなどをよく把握した上で、粒状材料の非線形効果が必要オーバーレイ厚にどの程度の差を与えるか検討し、もし有意な差があればオーバーレイの設計にこの非線形性を考慮していくことが合理的となるであろう。

### (3) 新設舗装の設計との関連について

現在の多くのアスファルト舗装設計法のもとになっている CBR 法は、路床上のせん断応力を許容值以下にするように舗装厚を定めるものであり、さらにその後の経験から、現行設計法では安定処理路盤を使用すればその厚さを減少できるようにしているのが一般的である。一方弾性理論に基づいたオーバーレイの設計法ではたわみ、または路床やアスコンのひずみが指標となることが多い。

ところが、セメント安定処理とアスファルト安定処理の路盤を比較すれば、等値換算係数は後者が大きいのに対し弾性係数は前者の方が大きいという評価からもわかるように、安定処理路盤の等値換算係数と弾性係数の間には弾性理論だけでは説明し得ない関係がある。そのため、これまでの実績からその妥当性がほぼ認められている現行の設計法に、今回紹介してきたような弾性理論に基づくオーバーレイの設計法をいかに合理的に、矛盾す

ることなく結びつけていくかが、今後に残された大きな課題といえよう。

#### 参考文献

- 1) Huang, Y. H.: Deflection and curvature as criteria for flexible pavement design and evaluation, HRR, No. 345, 1971, pp. 1~11.
- 2) Dehlen, G. L.: Flexure of a Road Surfacing, Its Relation to Fatigue Cracking, and Factors Determining its Severity, HRB Bul. 321, 1962, pp. 26~39.
- 3) 三浦裕二：たわみ曲線によるアスファルト舗装のオーバーレイ厚さ設計法に関する一提案、土木学会論文報告集, №213, 1973, pp. 65~70.
- 4) 植下 協 他：連続曲率計による舗装の評価、舗装, Vol. 10, №2, 1975, pp. 15~20.
- 5) Dehlen, G. L.: An Investigation of Flexure Cracking on a Major Highway, Proc. of 1st International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements (以下 ICSDAP と略す), 1962, pp. 812~820.
- 6) Walker, R. N. et al.: The South African Mechanistic Pavement Design Procedure, Proc. of 4th ICSDAP, Vol. 2, 1977, pp. 363~415.
- 7) Peterson, G., L. W. Shepherd : Deflection Analysis of Flexible Pavements, Final Report, Materials and Tests Division, Utah State Department of Highways, 1972, 128 p.
- 8) Kigham, R. I.: Development of the Asphalt Institute's Deflection Method for Designing Asphalt Concrete Overlays for Asphalt Pavements, The Asphalt Institute, Research Report 69-3, 1969, 23 p.
- 9) たとえば Scrivner, F. H. et al.: Calculation of the Elastic Moduli of a Two-Layer pavement system from measured surface deflections, HRR, №431, 1973, pp. 12~24.
- 10) 今泉繁良, 植下 協 : 等価2層モデルによるアスファルト舗装の解析、土木学会論文報告集, №256, 1976, pp. 69~77.
- 11) Claessen, A. I. M., R. Ditmarsch : Pavement Evaluation and Overlay Design—The Shell Method, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 649~662.
- 12) Van Til, C. J., B. A. Vallerga: Applications of a Theoretical Procedure to Airfield Pavement Evaluation and Overlay Design, Proc. of 3rd ICSDAP, 1972, pp. 1236~1243.
- 13) Treybig, H. J. et al. : Design of Asphalt Concrete Overlays using Layer Theory, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 589~628.
- 14) Grant, M. C., R. N. Walker. : The Development of Overlay design procedures based on the Application of Elastic Theory, Proc. of 3rd ICSDAP, 1972, pp. 1155~1166.
- 15) Ullidtz, F. : Overlay and Stage by Stage Design, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 722~735.
- 16) Irwin, L. H.: Determination of Pavement Layer Moduli from Surface Deflection Data for Pavement Performance Evaluation, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 831~840.
- 17) 植下 協 他：穴あけベンケルマンビーム試験による舗装構造の解析、土木学会論文報告集, №214, 1973, pp. 17~25.
- 18) Barenberg, E. J.: Comparison and Evaluation of Nondestructive Testing Methods of Airport Pavement Evaluation, TRB Special Report, №175, 1977, pp. 105~112.
- 19) Yang, N. C. : Design of Functional Pavements, McGraw-Hill, 1972, pp. 69~83.
- 20) Green, J. L., J. W. Hall : Nondestructive Vibratory Testing of Airport Pavements, Vol. 1, Experimental Test Results and Development of Evaluation Methodology and Procedure, WES Technical Reports S-75-14, 1975, 205 p.
- 21) Rufford, P. G. : A Pavement Analysis and Structural Design Procedure based on Deflection, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 710~721.
- 22) 田井文夫：アスファルト舗装の疲労クラック、アスファルト, №117, 1978, pp. 24~36.
- 23) de Kiewit, P. et al : Evaluation and Overlay Design for Flexible Pavements on Low Volume Roads, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 674~696.

- 24) Shell International Petroleum Company Limited : Shell Pavement Design Manual, 1978, pp. A-4~A-6.
- 25) Kingham, R.I. : Failure Criteria Developed from AASHO Road Test Data, Proc. of 3rd ICSDAP, 1972, pp. 656~669.
- 26) Miura, Y., T. Tobe : Evaluation of Existing Pavement Based on Deflection and Radius of Curvature and Overlay Design, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 862~875.
- 27) Dorman, G.M., C.T. Metcalf : Design Curves for Flexible Pavements Based on Layered System Theory, HRR, No. 71, 1965, pp. 1~12.
- 28) Claessen, A.I.M. et al : Asphalt Pavement Design - The Shell Method, Proc. of 4th ICSDAP, pp. 39~74.
- 29) Koole, R.C. : Overlay Design Based on Falling Weight Deflectometer Measurement, TRR, No. 700, 1979, pp. 59~72.
- 30) 阿部頼政 : アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(4), アスファルト, No. 117, 1978, pp. 60~65.
- 31) 佐藤勝久, 福手 勤 : ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計, 土木学会論文報告集, No. 303, 1980, pp. 109~118.
- 32) 阿部頼政 : アスファルト舗装構造の合理的設計法に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 247, 1976, pp. 109~122.
- 33) Bonnet, J. et al : Design of Asphalt Overlays for Pavements, Proc. of 4th ICSDAP, 1977, pp. 557~588.

### オーバーレイ設計法（第1報から第3報）のまとめ

3回にわたって、アスファルトコンクリートによるオーバーレイの設計法を報告してきた。各報告とも、現在までに各国で提案されてきたオーバーレイの設計法の代表的なものを示すことによって、その考え方の経緯を紹介した。その際これらを実際に利用する場合の問題点や留意点を指摘し、さらにそれらの解消に参考となる事項を説明するよう心がけた。

また、舗装の新設設計法と修繕設計法とは、別途の基準で取扱われている点もあるので、これらを少しでも整合性のある方向で紹介できればと考え、舗装の評価法にも触れてみた。

報告したものの中には、我国の設計法に参考となるも

のもあると見受けられたし、またその適用に限界があるのではないかと思われるものもあった。いずれにしても、どの設計法をどう適用していくかは技術者の判断に任されるべきことと思われるが、設計法の適合性とその発展には、実際の舗装の挙動に対するフィードバックできるシステムを十分に確立する必要が感じられた。

取りまとめにあたっては、その目的に沿うより、できるだけ多くの資料に目を通すよう心掛けたつもりであるが、まだ不備な点あるいは筆者等の理解に誤りがあるかも思える。諸先輩の御教示を戴ければ幸である。また、3回にわたった報告の一部でも読者諸兄の参考となれば幸甚である。

### 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。

# 「改定」長期エネルギー需給見通し、他について

真山治信\*

本年4～5月にかけて、通産省より今後の石油需給に関する行政指針として二つの長期計画が策定、公表された。即ちその一つは5月25日石油審議会決定の昭和57～61年度石油供給計画であり、他の一つは4月21日産業構造審議会（総合エネルギー調査会）決定の長期エネルギー需給見通しの改定である。いずれもすでに新聞等でも報道されたが、今後の石油需給あるいはエネルギー全体需給の国家的展望でもあるので、特徴的な幾つかの点について図表を中心に照介したい。なお6月に通産省より昭和57年度アスファルト需給見通しが発表されたが、想定方法等については前号で照介すみであるのでここでは数表のみを添えた。

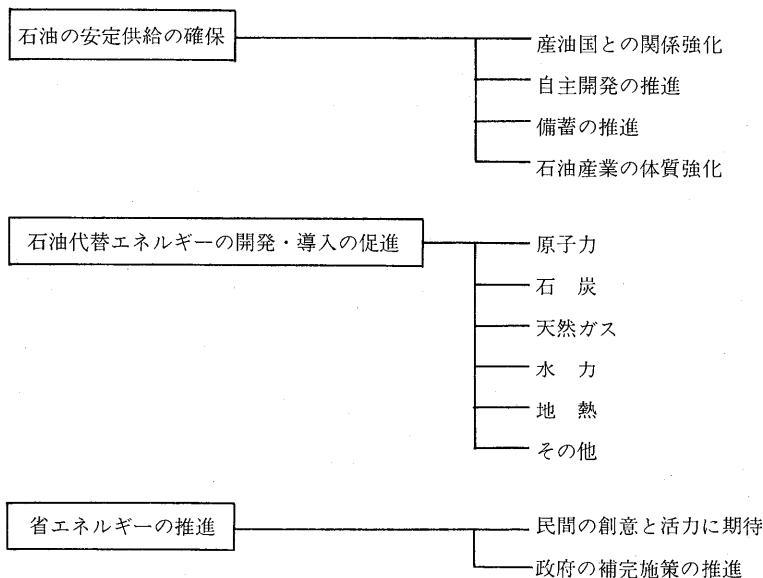
## 1. 改定「長期エネルギー需給見通し」

図-1 3本柱の総合エネルギー政策

まず第1点は、今後も引き続き石油がエネルギー供給の主役であることに変わりないと基本認識に立って、石油の安定供給の確保を図ることが必要だとしていることです。特に国内資源に乏しい我が国にとって、産油国の政策や国際的な需給動向など重大な関心をもって適切な対応が必要だとされていることはいうまでもありません。

つぎに、石油依存度が高いがゆえに起因するエネルギー供給構造の脆弱性を改善するため、石油代替エネルギーの開発および導入の促進を進めていくことが必要だとされています。原子力・石炭・天然ガス等代替エネルギーの実現化には、経済性や安定性は勿論のこと技術開発など多くの課題を克服していかねばならないことも、また当然のことです。

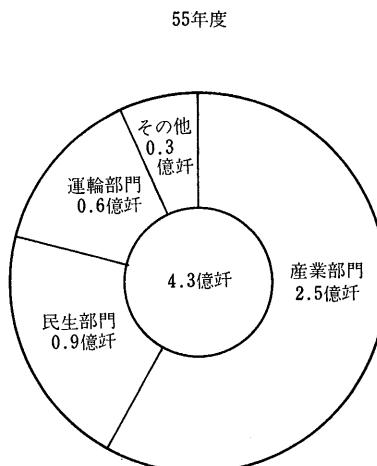
最後に、いづれにしろ省エネルギーを積極的に推進していくことが重要だとしていることです。単にエネルギーの量的縮少のみを意味しているのではなく、エネルギー効率の向上を通じて経済全体の活性化に寄与するからだとしています。



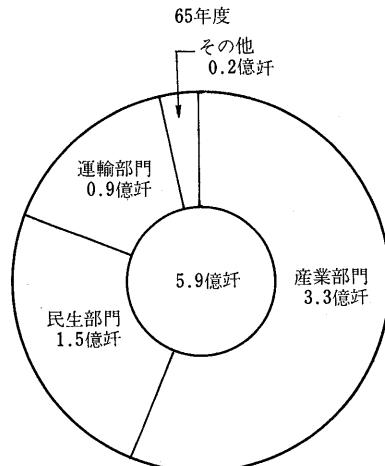
\* 東亜燃料工業(株)企画部

図-2 昭和65年度の総需要量は5.9億㌧

経済成長率を昭和55年度以降平均5%程度、省エネルギー効率15.5%（65年度/55年度）を見込んだ前提で昭和65年度のエネルギー総需要は原油換算ベースで5億9千萬㌧程度の見通しとしています。これは昭和65年度/55年度平均伸び率で3.2%に相当します。

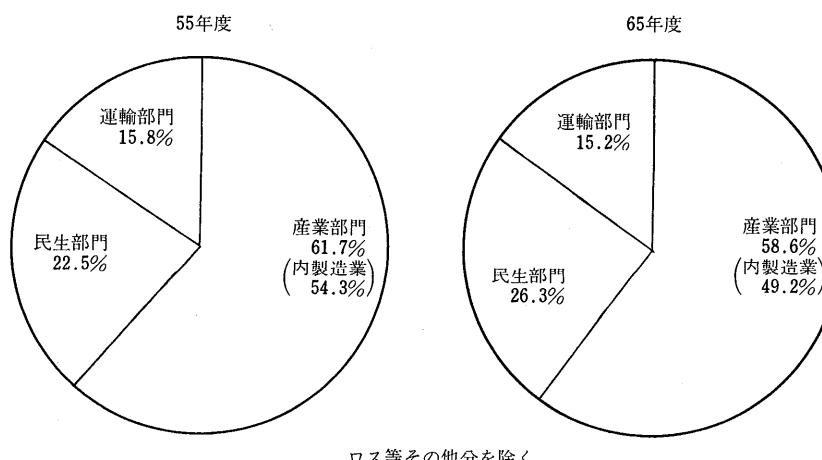


国民総生産当りの  
エネルギー需要原単位 226㌧/億円



191㌧/億円 (低減率△15.5%)

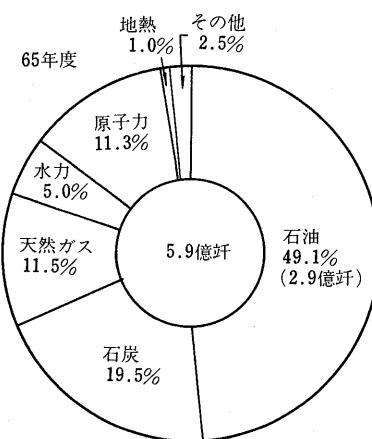
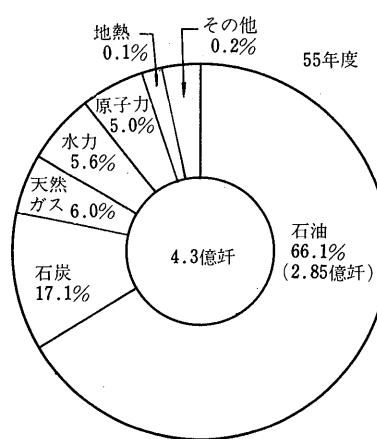
図-3 産業用は低迷、民生用が増加



需要分野別では、構成比でみればエネルギー多消費型産業を中心に省エネルギーの浸透や産業構造の変化などで産業部門がシェア低下となり、家庭での生活水準向上による電力需要の増加を中心に民生部門が逆に増加し、運輸部門では燃費改善・乗車効率の向上等で若干低下すると、見込まれています。

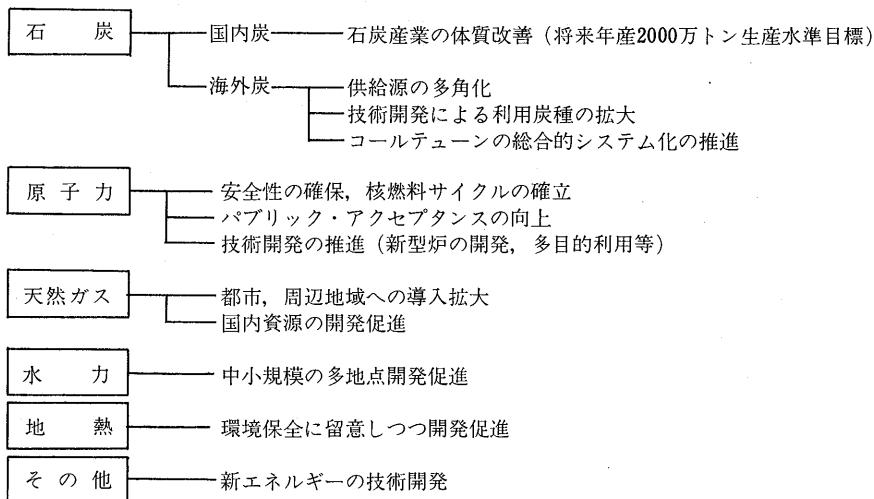
図-4 昭和65年度の石油依存度49.1%

エネルギー供給については前掲基本政策に沿って石油依存度の低減を図るため、各エネルギーの適切な供給構造の実現を見込んでいます。またこの見通しは「石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律」に基づく石油代替エネルギーの供給目標として制定されるものです。



### 図-5 克服すべき各エネルギーごとの課題

本見通しの実現を図るために各エネルギーごとに幾つかの重要課題が盛り込まれています。例えば、石炭でみれば石炭産業の体質改善を図るために合理化施策、原子力では地元住民の理解と協力を得るための安全性確保、地熱では環境保全、その他新エネルギーでは技術開発等々などです。政府の努力は勿論のこと、民間の理解と協力が求められています。

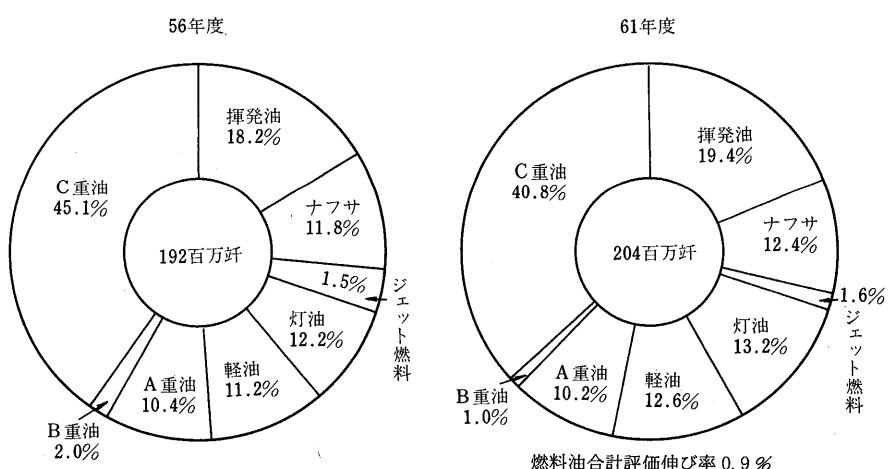


### 2. 昭和56~61年度石油供給計画

#### 図-6 軽質化が進む石油製品の需要構造

まず、燃料油合計の需要量でみると昭和57年度はおよそ10年前の昭和46年度並みのレベルに相当し、今後5カ年の年平均伸び率は0.9%という低水準の見通しとされています。勿論この背景には、経済低成長下を主因に省エネルギーの浸透、代替エネルギーへの転換、エネルギー多消費型産業から加工組立型産業への構造変化など、によるものとされています。製品別の需要構成ではいわゆる中間3品（灯油・軽油・A重油）を中心とした軽質油のウェイトが高まり、B重油・C重油の重質油が減退していくとされています。灯油は生活水準向上による民生部門が堅調に伸び、軽油は価格差によるガソリン車からのシフト並びに素材型産業の回復期待による伸びを見込み、重質油は前述の理由で減退が進むものとされています。なお本計画は前項の改定長期エネルギー需給見通しと整合性がとれているものです。

またこの供給計画に基  
づき、現有の石油常圧蒸  
留設備の処理能力を100  
万バーレル/日程度減少  
することが必要であると  
され、またこのため石油  
精製業者は昭和58年上期  
末を目途に当該設備につ  
いて廃棄若しくは処理能  
力の減少又は休止のため  
の所要の措置を講ずるもの  
と、決定づけられてい  
ます。



### 3. 昭和57年度アスファルト需給見通し

昭和57年度石油アスファルト需給見通し・総括表

(単位:千トン)

| 項目<br>年度 | 供<br>給 |       |       |       | 需<br>要        |              |       |       | 期末在庫  | 合計    |
|----------|--------|-------|-------|-------|---------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|          | 期初在庫   | 生産    | 輸入    | 合計    | 内需(前年度比)      | 輸出           | 小計    | 期末在庫  |       |       |
| 52       | 256    | 4,788 | 0     | 5,044 | 4,765 (116.2) | 0            | 4,765 | 287   | 5,052 |       |
| 53       | 287    | 5,229 | 0     | 5,516 | 5,217 (109.5) | 0            | 5,217 | 297   | 5,514 |       |
| 54       | 297    | 5,065 | 1     | 5,363 | 5,138 (98.5)  | 2            | 5,140 | 236   | 5,376 |       |
| 55       | 上期     | 236   | 2,375 | 0     | 2,611         | 2,323 (90.2) | 10    | 2,333 | 278   | 2,611 |
|          | 下期     | 278   | 2,346 | 1     | 2,625         | 2,380 (92.9) | 8     | 2,388 | 240   | 2,628 |
|          | 計      | 236   | 4,721 | 1     | 4,958         | 4,703 (91.6) | 18    | 4,721 | 240   | 4,961 |
| 56       | 上期     | 240   | 2,245 | 0     | 2,485         | 2,215 (95.4) | 6     | 2,221 | 266   | 2,487 |
|          | 下期     | 266   | 2,251 | 0     | 2,517         | 2,271 (95.4) | 8     | 2,279 | 238   | 2,517 |
|          | 計      | 240   | 4,496 | 0     | 4,736         | 4,486 (95.4) | 14    | 4,500 | 238   | 4,738 |
| 57       | 上期     | 238   | 2,157 | 0     | 2,395         | 2,157 (97.4) | 0     | 2,157 | 239   | 2,396 |
|          | 下期     | 239   | 2,187 | 0     | 2,426         | 2,188 (96.3) | 0     | 2,188 | 238   | 2,426 |
|          | 計      | 238   | 4,344 | 0     | 4,582         | 4,345 (96.9) | 0     | 4,345 | 238   | 4,583 |

- (注) 1. 56年度上期まで実績、下期は実勢。  
 2. 4捨5入により実績値と一致しない場合がある。  
 3. ロスその他バランスしない。  
 4. 57年度上期の見通し  
 (1) 内需=道路事業費等を用い想定。  
 (2) 期末在庫=在庫バターンから算定。

昭和57年度石油アスファルト内需見通し・品種別明細

(単位:千トン)

| 項目<br>年度 | 内需量          |       |       |       | 構成比(%) |       |      |      | 対前年度比(%)     |       |       |       |       |       |       |      |
|----------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|          | ストレート・アスファルト |       |       | 合計    | ブローン   |       |      | 合計   | ストレート・アスファルト |       |       | 合計    |       |       |       |      |
|          | 一般用          | 工業用   | 計     |       | 一般用    | 工業用   | 計    |      | 一般用          | 工業用   | 計     |       |       |       |       |      |
| 52       | 4,242        | 235   | 4,477 | 288   | 4,765  | 89.0  | 4.9  | 93.9 | 6.1          | 100.0 | 116.8 | 112.4 | 116.6 | 109.1 | 116.1 |      |
| 53       | 4,639        | 264   | 4,903 | 314   | 5,217  | 88.9  | 5.1  | 94.0 | 6.0          | 100.0 | 109.4 | 112.3 | 109.5 | 109.0 | 109.5 |      |
| 54       | 4,617        | 177   | 4,794 | 343   | 5,137  | 89.9  | 3.4  | 93.3 | 6.7          | 100.0 | 99.5  | 67.0  | 97.8  | 109.2 | 98.5  |      |
| 55       | 上期           | 2,097 | 88    | 2,185 | 138    | 2,323 | 90.3 | 3.8  | 94.1         | 5.9   | 100.0 | 90.9  | 86.3  | 90.7  | 82.6  | 90.2 |
|          | 下期           | 2,135 | 96    | 2,231 | 149    | 2,380 | 89.7 | 4.0  | 93.7         | 6.3   | 100.0 | 92.4  | 129.7 | 93.5  | 84.7  | 92.9 |
|          | 計            | 4,232 | 184   | 4,416 | 287    | 4,703 | 90.0 | 3.9  | 93.9         | 6.1   | 100.0 | 91.7  | 104.0 | 92.1  | 83.7  | 91.6 |
| 56       | 上期           | 1,977 | 103   | 2,080 | 135    | 2,215 | 89.2 | 4.7  | 93.9         | 6.1   | 100.0 | 94.3  | 117.0 | 95.2  | 97.8  | 95.4 |
|          | 下期           | 2,026 | 101   | 2,127 | 144    | 2,271 | 89.3 | 4.4  | 93.7         | 6.3   | 100.0 | 94.9  | 105.2 | 95.3  | 96.6  | 95.4 |
|          | 計            | 4,003 | 204   | 4,207 | 279    | 4,486 | 89.2 | 4.6  | 93.8         | 6.2   | 100.0 | 94.6  | 110.9 | 95.3  | 97.2  | 95.4 |
| 57       | 上期           | 1,904 | 122   | 131   | 131    | 2,157 | 88.3 | 5.6  | 93.9         | 6.1   | 100.0 | 96.3  | 118.4 | 97.4  | 97.0  | 97.4 |
|          | 下期           | 1,935 | 113   | 140   | 140    | 2,188 | 88.4 | 5.2  | 93.6         | 6.4   | 100.0 | 95.5  | 111.9 | 96.2  | 97.2  | 96.3 |
|          | 計            | 3,839 | 235   | 271   | 271    | 4,345 | 88.4 | 5.4  | 93.8         | 6.2   | 100.0 | 95.9  | 115.2 | 96.8  | 97.1  | 96.9 |

- (注) 1. 56年度上期まで実績、下期は実勢。  
 2. 4捨5入により実績値と一致しない場合がある。

☆1982年改訂版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、  
毎年改訂発行しておりますが、本年度は8月に  
発行の予定です。ただいま予約受付中です。

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』1982年版

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
- 昭和55年度の道路予算
- 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

最近のアスファルト事情 1982年版

B5・48ページ・¥500(送料は実費)

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

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

目 次

|       |             |                   |
|-------|-------------|-------------------|
| ★需 要  | ★課 題        | 臨時石油アスファルト需給等対策会議 |
| 用 途   | ★参考資料       | 道路予算              |
| 需要の推移 | 品質規格        | 世界の原油確認埋蔵量        |
| ★供 給  | 試 験 法       | 原油輸入量の推移          |
| 生 産   | 品質管理        | 原油価格              |
| 流 通   | アスファルト舗装の特長 | 石油需給計画            |
| 施 策   |             |                   |

<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. 1月   | 273  | 238   | ( 84.1) | 0   | 511   | 242   | ( 96.8) | 0   | 242   | 269  | 511   |
| 2月       | 269  | 320   | ( 94.1) | 0   | 589   | 299   | ( 85.4) | 3   | 302   | 288  | 590   |
| 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 |
| 56. 4月   | 240  | 450   | ( 96.6) | 0   | 690   | 360   | ( 78.3) | 0   | 360   | 330  | 690   |
| 5 月      | 330  | 312   | ( 78.8) | 0   | 642   | 312   | ( 90.2) | 0   | 312   | 330  | 642   |
| 6 月      | 330  | 296   | ( 90.5) | 0   | 626   | 338   | ( 92.9) | 0   | 338   | 288  | 626   |
| 4～6月     | 240  | 1,058 | ( 89.0) | 0   | 1,298 | 1,010 | (186.3) | 1   | 1,010 | 288  | 1,298 |
| 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 |
| 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 |

[注] (1)通産省エネルギー統計月報 57年3月確報  
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<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 |     |       | ブローニングアスファルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |     |      | ブローニングアスファルト | 合 計       | ストレート・アスファルト |       |       | ブローニングアスファルト | 合 計   |
|          | 一般用          | 工業用 | 計     |              |       | 一般用          | 工業用 | 計    |              |           | 一般用          | 工業用   | 計     |              |       |
| 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 |
| 51年 度    | 3,630        | 209 | 3,839 | 264          | 4,103 | 88.5         | 5.1 | 93.6 | 6.4          | 100.0     | 101.6        | 110.0 | 102.0 | 105.2        | 102.2 |
| 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. 1月   | 199          | 17  | 216   | 26           | 242   | 82.3         | 7.0 | 89.3 | 10.7         | 100.0     | 94.3         | 141.7 | 96.9  | 103.8        | 96.8  |
| 2月       | 256          | 17  | 273   | 26           | 299   | 85.6         | 5.7 | 91.3 | 8.7          | 100.0     | 84.8         | 113.3 | 86.1  | 78.8         | 85.4  |
| 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  |
| 56. 4月   | 320          | 18  | 338   | 22           | 360   | 88.9         | 5.0 | 93.9 | 6.1          | 100.0     | 76.6         | 138.5 | 78.4  | 75.9         | 78.3  |
| 5 月      | 279          | 13  | 292   | 20           | 312   | 89.4         | 4.2 | 93.6 | 6.4          | 100.0     | 91.1         | 92.9  | 91.2  | 76.9         | 90.2  |
| 6月       | 300          | 17  | 317   | 21           | 338   | 88.8         | 5.0 | 93.8 | 6.2          | 100.0     | 92.0         | 113.3 | 93.3  | 91.3         | 92.9  |
| 4～6月     | 899          | 48  | 947   | 63           | 1,010 | 89.0         | 4.8 | 93.8 | 6.2          | 100.0     | 85.6         | 114.3 | 86.3  | 80.8         | 86.3  |
| 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  |
| 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  |

(注) (1)通産省エネルギー統計月報 57年3月確報

(2)工業用ストレート・アスファルト、ブローニング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-(ブローニングアスファルト+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

| 社名           | 住所                     | 電話             |
|--------------|------------------------|----------------|
| 〔メーカー〕       |                        |                |
| アジア石油株式会社    | (100) 東京都千代田区内幸町2-1-1  | 03 (506) 5649  |
| 大協石油株式会社     | (104) 東京都中央区八重洲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 |

〔ディーラー〕

● 北海道

|                 |                           |                |   |    |
|-----------------|---------------------------|----------------|---|----|
| 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  |
| 鳴井石油株式会社        | (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<br>名          | 住<br>所                   | 電<br>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 三油商會       | (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 菱芳砾産       | (671-11) 姫路市広畠区西夢前台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) 大阪市南区鰐谷西之町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) 山口県小野田市稻荷町6539    | 08368 (3) 3210 シェル  |
| 共和産業株式会社       | (700) 岡山県岡山市番山町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 太田健二 関根幸生 藤井治芳  
荒井孝雄 河野 宏 戸田 透 真柴和昌  
飯島 尚 小島逸平 中島守博  
石動谷英二 酒井敏雄 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132号

昭和57年8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 広業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 25 No.132 AUGUST 1982

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION