

アスファルト

第22巻 第119号 昭和54年3月発行

119

特集・第36回アスファルトゼミナール収録

パネルディスカッション「わだち掘れ・ひびわれ対策など」

第1部 現場からの報告 2

舗装要綱の主な改訂点 小島逸平 15

第2部 その対応策 17

第3部 パネルディスカッション 22

パネルディスカッションのまとめ 座長・藤井治芳 27

舗装材料今昔 谷藤正三 33

主催者よりの挨拶 米倉豊 29

発想の転換について 高野浩二 30

ゼミナールをよき思い出に 佐藤尚徳 31

空港アスファルト舗装の構造設計における

考え方と設計法の現状 福手勤 37

改質アスファルトの特性・その2・ 太田健二 50

★研究者のノートから★その8

弾性理論を中心とした各種設計法 古財武久・塩尻謙太郎 58

〈アスファルトの分析法・第2回〉

元素分析法,分子量測定法,平均構造解析法 林誠之 65

〈時事解説〉①OPEC原油価格引上げ 高野英二 84

②石油備蓄について(2) 鳥居功 78

石油アスファルト需給統計 87

社団法人 日本アスファルト協会

最近の舗装材料・施工 —アスファルト舗装要綱改訂を契機に—



パネルディスカッションをはじめるに当って

座長 藤井 治 芳

それでは、ただいまから約2時間半、時間を有効に使いながら、舗装の破壊原因などに関しまして、いろいろ議論させていただきます。

ご承知のとおり、アスファルト舗装要綱が改訂されて、とくに流動、ひびわれなどに対する新しい考え方が、一応最大公約数的にまとめてございます。

これについては、一部は昭和53年度から、大半は54年度から、皆様方においてご採用になられることになろうかと存じます。しかしながら、地域によりましては、それでは足らずに、さらにいろいろな工夫を加えて、地域性をカバーせざるを得ない面もあらうかと思えます。

以上のような状況をふまえて、これからパネルメンバーの方々によってディスカッションをしていただきます。

まず議論の進め方といたしましては、第1部では「現場からの報告」という形で、各地域の具体的なご報告をお願いし、これを総括的にまとめます。

ついで、土木研究所の小島さんから「アスファルト舗装要綱の主な改訂点」について、新しい舗装要綱の

中での考え方——とくに破壊に関する対策が、この要綱において、どのように検討、改訂をみたか——を説明していただきます。

第2部では、以上の「現場からの報告」、「要綱の改訂点」をふまえて、ご出席の各地域のメンバーから、舗装のわだち掘れ等に対して、54年度以降、どういうふうなことを考えながら、それぞれの地域ならびにそれぞれの道路で、「対応策」を講じようとしているかをご説明していただきます。

第3部として、今後の新しい対策の方向について、舗装要綱をふまえて、要綱の中でのあいまいな点、もしくは何故そうなったか、さらに要綱では不足の点、検討すべき点等々——メンバー同士でフランクに議論、または質疑応答をお願い致します。

全体が終わりましたら、これをまとめまして、今後どういうふうな問題点に対処していったらよいか——私どものほうで答えは出しませんが——ある方向づけを致しまして、パネルディスカッションを終わらせていただく、このような形式で進めていきたいと存じます。

パネルメンバー

◎ 第一部のメンバー

吉池 道夫 (近畿地方建設局近畿技術事務所)
村田 満治 (中国地方建設局中国技術事務所)
古池 正宏 (阪神高速道路公団保全技術課)
棕本 宏 (大阪府土木技術事務所)
成田 保三 (建設省)

◎ 第二部のメンバー

小島 逸平 (土木研究所舗装研究室)
神田 政和 (近畿地方建設局道路管理課)
小村 嘉延 (中国地方建設局道路管理課)
荒牧 克治 (阪神高速道路公団保全技術課)
畑 博昭 (大阪府土木技術事務所)
荒井 孝雄 (日本舗道技術研究所)

パネルディスカッション

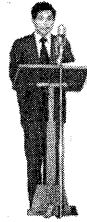
第 I 部 現場からの報告

1979年2月9日・京都

I の 1 ・ 近畿地建からの報告

吉 池 道 夫

近畿技術事務所



現場からの報告と致しまして、わだち掘れ・ひびわれの実態と現在まで行なってきた調査につき、報告します。

近年、重交通路線においてアスファルト舗装が流動わだち掘れをおこして舗装機能を失うという破壊が全国的な問題になっております。近畿技術事務所においても、この問題を重視し、現在、わだち掘れ・ひびわれを主体に供用中の道路路面上の諸状況を把握することを目的にした調査を行っております。この調査は、近い将来道路舗装の維持管理を計画的に行うことを前提としたものであり、昭和48年度より作業を進め、53年度には一応調査結果を総合評価する段階までになってきております。

調査の内容は、舗装構成を基本に、わだち掘れ量・ひびわれ率・縦断凹凸量等を行うものであり、この中で今回は、わだち掘れとひびわれについて調査内容の一部を報告致します。

わだち掘れについて

わだち掘れ調査は昭和51～52年の2ヵ年間行い、管内の延長 1,650kmについて調査致しました。調査の方法は走行車による路面撮影作業で、単路部では50m間隔、交差点は前後150mの計300mを10mピッチで測定しました。単路部の調査の結果は表1-1のような値が得られております。

交差点部については、単路部のようなランクに分けることが出来ませんでした。結果だけを言うと10～30mm程度の値でありました。この値を単路部と比較してみると、B、Cのランクに相当し比較的小さなわだち掘れ量となっております。

原因としては、交差点部で発生するわだち掘れ量がある一定量(30～40mm)以上に大きくなってくると、部分補修(掘削工事・オーバーレイ)等によって、早

表 1 - 1

S.51～52年度

ラ ン ク	範 囲 mm	パーセント	摘 要
A	0～10	22	単路部
B	11～20	57	"
C	21～30	16	"
D	31～40	4	"
E	41～	1	"

表 1 - 2

S.48～50年度

ラ ン ク	ひびわれ率	パーセント	摘 要
O	0	20	
A	0～5	53	
B	5～10	11	
C	10～15	7	
D	15～25	6	
E	25～	3	

めに処置がなされているのが現状です。交差点部のわだち掘れ量の実態を把握することは、非常に難しいことと思われます。単路部の値はDランク以上になったとき、なんらかの処置が必要であると思います。

ひびわれについて

ひびわれ調査は、昭和48～50年の3ヵ年間行い、管内延長 1,650kmの上り車線と下り車線について調査しました。調査の方法は、走行車による路面撮影作業で全線を連続撮影した結果をひびわれ率(パーセント)で表わし、表1-2のような結果となっております。このO～Eまでの6段階の中、Cランク以上になるとなんらかの処置を行うことが必要であると思います。

今後について

53年度は、以上報告したわだち・ひびわれに加えて

縦断凹凸量調査も行っています。昭和48～53年度まで調査した結果を、53年度時点での路面の総合評価としてまとめ、管内維持区間の将来予測を行っていくことを考えております。この考え方は、わだち・ひびわれ・縦断凹凸量の3点評価方式と呼んでおり、路面の状態について将来予測が出来ることになると、今後の舗装修繕の維持管理計画に利用して行きたいと考えております。

補足仕様書(案)について

近畿地建では、舗装修繕工事について、補足仕様書(案)なるもの即ち「耐わだち流動性を考慮した表層および基層用アスコンの施工について」を定めて、実情に応じた暫定的な対策として工事の監督に当たっております。これは、

1. 流動事前調査を行う。
 2. 耐流動を考慮した配合設計を行う。(例：アスファルト量はマーシャル試験の共通範囲内の下限値をとり、空隙率は基準値の中央値より上限制とする。)
 3. 品質管理を厳重な注意のもとに行うと共に、発注者自身において試験を行う。
 4. 動的安定度試験は、 $DS=840$ 回/mmを目標とする。
- という内容のもので現在も実施中であります。

わだち掘れの追跡調査の結果から

補足仕様書(案)にもとずいて施工された舗装修繕工事の中から代表的な7地区を選定して追跡調査を行っております。調査の内容としては、④わだち掘れの経時変化。⑤舗装体の経時変化(骨材料・粒度・アスファルトの老化度合等)の原因を把握する等——を目的として、施工前の事前調査から配合、設計、舗設後の経時変化と一連の追跡調査を行うことによって原因の究明が出来るのではないかと考えたからです。室内試験は別にして、現場にアスファルト混合物が舗設された直後の路面の測定と、一夏(52-9月)経過した時点で

のわだち量、アスファルト混合物の諸性状、二夏(53-9)経過した時点でのわだち掘れ量とアスファルト混合物の諸性状について、現在も調査継続中で、これらの調査を基にして、耐わだち流動対策法を見つけ出すとしているわけです。

調査は以上のような内容に加えて、単路部と交差点部に分けた調査を行っており、その概略は、

①単路部と交差点部ではアスファルト混合物を変える必要がある——まず単路部では、二夏経過後の平均わだち掘れ量が5mm(53年9月～52年6月)程度であるのに対して、交差点部では、同じ時点でのわだち掘れ量は平均12mm程度(最大20mm)であり、単路部と比較すると約2.5倍の値を示しています。また回収アスファルト試験の結果などから判断されることは、耐流動アスコンの望ましい性状とは——施工時に約5%以下の空隙率になるよう充分転圧し、骨材のかみ合わせを効かしたものが、施工後に交通荷重を受けたあとでも、最終空隙率約3%を確保出来るものが、耐流動アスコンといえるのではないかと思います。

②針入度、軟化点の性状を単路部と交差点部にあてはめてみると、単路部は補足仕様書(案)を考慮してアスファルト針入度60～80でなんとか対処出来ると思われるが、交差点部は特殊材料(改質アスファルト・ゴム入り・樹脂入り)の使用を考慮しなければならないと思われます。

その他、今回の調査で特に考えさせられたことは、施工時の締固め度の不足ということと、予想以上の走行荷重による締固めエネルギーが働くことです。これらは、わだち掘れに対して決して無関係ではないと考えられ、室内試験における配合試験時のマーシャル突き固めの増加などで走行荷重による締固め効果に対応させるとともに、土研等でも試みられている大型締固め機械等の導入によって、走行荷重による締固め効果に対応できる締固め度が、施工時に確保できるような配慮が今後必要になってくると考えられます。



I の 2 ・ 中国地建からの報告

村 田 満 治

中国技術事務所



現在、中国地建が直轄で管理している国道は、2号を含めて12路線、総延長で1,465.3kmです。このうち交通量、特に大型車交通量の多い一般国道2号の管理延長が399.2kmで——この現状について説明致します。

表2-1の交通量、これは走行車両重量計を設置した場所の車線別に実測した交通量です。一車線当りの大型車交通量は、福山の約2,000台から備前市三石の約7,000台に分布しており、大型車混入率は約30～70%です。

わだち掘れについて

次にわだち掘れ量は昭和53年9月に調査した測定値が**表2-2**のとおりです。調査方法は測定車による路面撮影で、下り車線の指定車線を20m間隔で測定し、100m毎に5個の平均わだち掘れ量で評価したもので

す。交差点部・単路部・交通渋滞部等別に調査はしてありませんが、視察調査等の観察結果では、交差点部、交通渋滞部等のわだち掘れ量は当然のことながら大きいと思われます。次に31mm以上の平均わだち掘れ量は、一般国道2号全体では道路占有率で15.7%、延長にすると約63kmです。舗装の構造——セメントコンクリート、アスファルトコンクリートとか、新設または修繕された年度の差異等、いわゆる経年変化、舗装構成等により、寄与する要因の資料が不足しておりますので、解析はなかなかできませんが、大型車の交通量、大型車の混入率が大きい岡山国道工事事務所管内では、そのために道路が酷使され、道路の占有率で約30%、延長約27kmと大きい値を示しているのではなかろうか？と思われます。

表2-1 交通量

(S.53.8 調査)

調 査 箇 所	車 線 別	全交通量(台/日)	大型車交通量(台/日)	大型車混入率(%)
岡山県備前市三石	下 り	9,441	6,913	73.2
広島県福山市大門	下り路肩側	8,592	3,709	43.2
	下り中央側	6,326	2,060	32.6
広島県東広島市西条	下 り	8,285	4,754	57.4
広島県安芸郡海田町	上り路肩側	8,745	3,079	35.2
	上り中央側	10,670	3,387	31.7
山口県徳山市戸田	下 り	14,588	5,005	34.3

表2-2 わだち掘れ量調査表

(S.53.9 調査)

事 務 所	わだち掘れ	0～10mm	11～20mm	21～30mm	31～40mm	41mm以上
岡 山 国 道	最 大	0.2%	23.7%	23.5%	21.9%	30.8%
	平 均	2.6	41.0	26.9	22.1	7.4
福 山	最 大	12.0	32.7	24.6	16.7	14.0
	平 均	27.3	40.8	21.2	7.8	2.9
広 島 国 道	最 大	10.9	38.4	21.7	17.0	12.1
	平 均	25.0	44.1	19.3	9.6	2.0
山 口	最 大	1.5	28.5	33.4	25.5	11.2
	平 均	10.1	44.1	34.0	10.1	1.7
全 体	最 大	4.8	30.2	27.2	21.4	16.4
	平 均	14.2	42.9	27.2	12.4	3.3

表 2-3 ひびわれ調査表 (S.53.10調査)

事 務 所	0%	0~5%	5~15%	15~25%	25%以上
岡山国道	39.2%	43.9%	9.0%	3.2%	4.6%
福 山	38.1	53.7	5.3	1.8	1.1
広島国道	31.1	51.6	13.0	2.7	1.6
山 口	30.9	45.0	14.9	4.5	4.6
全 体	34.0	47.5	11.6	3.5	3.4

ひびわれについて

昭和53年10月に調査した測定値が表2-3です。測定方法は、測定車による路面撮影作業で、下り車線の指定車線を測定したものです。25%以上のひびわれ率は2号全体では道路の占有率で3.4%、延長約13.6kmです。先程のわだち掘れ量と比較してみると、なんらかの対策が必要なのは約5分の1ではないかと思われます。ちなみに3年前の昭和50年10月に調査したデータと対比すると、25%以上のひびわれ率が6.8%であり、2分の1に減少したということは、修繕工事等で措置されたためではなかろうかと思われます。

配合設計および厚さの設計については、アスファルト舗装要綱に示された範囲内で実施しております。修繕工事の厚さの設計は、わだち掘れに起因する場合、5cm切削して5cmのオーバーレイ、ひびわれの場合、D交通で10cmのオーバーレイ、C交通では5cmのオーバーレイというように指導しております。ただし、既設の舗装がセメントコンクリートの場合のオーバーレイについては、リフレクショクラック防止のために10cmを基準としております。次に修繕の判定基準は、中国地建の修繕の目安としては、わだち掘れは平均わだち掘れ量で30mm以上、ひびわれ率(度)は25%以上になったときとしておりますが、沿道住民の苦情(騒音、振動、水はね等)も考慮して対処しております。

次に路面性状に対応した対策法はすべりおよび塑性流動対策として、昭和49年度、これは主として密粒度アスコンの改善を目的とし、25工事、53工種の試験舗装を実施しております。ついで昭和51年度には流動対

策混合物の室内試験によるホイールトラッキング試験——流動抵抗性を評価する目的で同一混合物——中国地建管内でよく使われている密粒度アスコン2工種(バインダーのみと、バインダーにゴムを添加したもの)と密粒度ギャップ2工種(密粒度アスコンと同じ)を交差点部と単路部に区分して試験舗装を行っております。

また、昭和53年11月には、建設省土木研究所ならびに日本アスファルト協会の協力により、今後のわだち掘れ対策混合物の評価を検証するための試験舗装としてバインダーにセミブローンアスファルトを使用し、前述の交通条件のシビアな岡山市一日市地内において、バインダー2種類、すなわちセミブローンアスファルトとストレートアスファルト(針入度60~80)、さらにこれまでに流動対策として試行的に使用してきたストレートアスファルトにゴムを添加したものを、前者は密粒度アスコンおよび密粒度ギャップ、後者は粗粒度アスコンを組み合わせで施工し、現在追跡調査中です。

以上の調査測定結果を踏まえ、アスファルトの質・量等の性状より流動対策混合物を検討し、土木工事共通仕様書の中国地建運用で、

1. 昭和49年度に使用アスファルト量を密粒度アスコンで5.7%、粗粒度アスコンで5.2%として、アスファルト量を少なくする。
2. 昭和50年度にはマーシャル試験の突固め回数を50回から75回にし、アスファルトの針入度を80~100から60~80に改訂。
3. 昭和51年度には、密粒度および粗粒度アスコンのアスファルト量はマーシャル試験の共通範囲の下限値に設定することを標準とする。
4. 昭和52年度には密粒度ギャップの使用アスファルト量を5.1%とする。

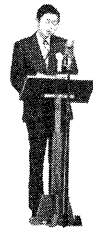
以上の対策を調査結果を反映させながらとり入れ、流動の解消に努力してきたのですが、現状は昭和53年夏季の異常気象等も起因して解決の道がなかったということでございます。



Iの3・阪神高速道路公団からの報告

古池 正 宏

保全技術課



私の報告の分担は、アスファルト舗装要綱の特殊個所の舗装——橋面舗装についてです。とくに都市内高速道路に限定し、阪神高速道路の舗装の紹介も含めて、路面性状の現況、設計や補修についてできるだけ橋面舗装の特色を示しながらご報告致します。

構造的にはいろいろと平面道路との相違がありますが、都市内高速では全線のほとんどが平面道路における単路部に当り、交差点部が料金所付近に相当するものと思われま

舗装路面の現況

わだち掘れとひびわれについて図3-1に示します。各路線ごと、走行車線別(イ、ロ、ハ、ニで示す)に平均値を図示しております。計8路線、92.1kmを供用管理しておりますが、白い棒のグラフのひびわれに対

して、黒い棒のグラフのわだち掘れが非常に目立っております。数値は経年数は各路線で異なっていますが、平均すると9mm、走行車線が9.9mm、追越車線が8.3mmです。ちなみに首都高速では全体が14mm、走行が15mm、追越車線14mmと報告されております*。

*「首都高速道路の点検・補修に関する調査研究報告書(昭和52年度)」(財)首都高速道路協会

一方、ひびわれ率は、阪神高速が全体で2.2%、走行車線2.6%、追越車線1.7%。首都高速では全体で1.8%、走行2.1%、追越車線1.6%という現況になっております。

わだち掘れについては交通条件——特に、大型車交通量が影響し、たとえば平均が10mm前後の路線についての交通量は、堺線は大型台数は最大7,500台/日、延べ1,260万台、西大阪線は最大5,100台/日、延べ384

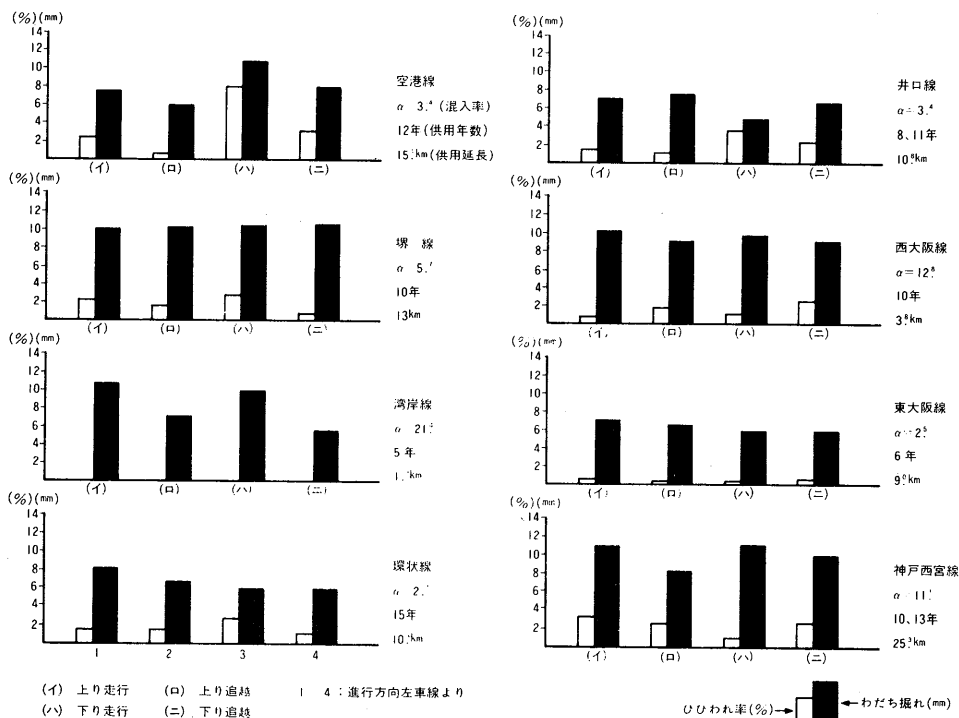


図3-1 わだち掘れ量とひびわれ率の供用状況

万台、神戸西宮線では最大8,900台/日、延べ3,300万台です。また湾岸線は供用5年ですが、大型車が最大2,000台/日、延べ220万台で、大型車混入率が21.4%にもおよんでおり、産業基盤に直結する湾岸線という路線特色が明らかにわだち掘れにあらわれているものと思われま

す。逆にわだち掘れが少ないのが環状線——大阪市内の中央にあり、東西南北の要をなしており、走行車両の車線移行が繁雑であって、供用後15年、延べ大型車台数も450万台にもかかわらずわだち掘れが少ないように思われます。

以上、わだち掘れ発生の特徴を要約すると、一般道路と同様に大型車交通量、混入率、車線主義の要因が大きいほか、都市内高速の特徴として、わだち掘れの多い箇所としてカーブ区間とその直前の区間、鋼床版部、長径間鋼げた部があげられます。なお、PCげた区間の舗装についてはわだち掘れ、ひびわれとも少ないようです。全般的な路面状況としては、かなり摩耗が進行しております。

わだち掘れ、ひびわれの発生パターン

わだち掘れの発生パターンをみると、舗装厚方向の変状は、鋼床版部では基層のグースが流動を示し、鉄筋コンクリート(RC)床版部では調査不足で不明ですが、今後、打替時の切削深さが重要であり、緊急な問題として受けとめております。

ひびわれの種類については横ひびわれが非常に多く、次いで老朽化によって亀甲状ひびわれに至るものと思っております。ひびわれは幅5mm以上のものがほぼ基層にまでおよんでおり、老朽路面では幅1mm程度でも基層におよぶものがあります。

わだち掘れとひびわれの発生は基本的に相反するものと思われておりますが、供用後10～13年の路面よりコアボーリングした材料からは、針入度・軟化点・伸度・空隙率・フロー値のいずれにおいてもはっきりした差が見られ、例えば、わだち掘れが15mm以上の箇所では、

針入度：45以上、軟化点：55以下、伸度：70以上
空隙率：2.5%以下、フロー値：30以上。

一方、ひびわれ率が10%以上の箇所では、

針入度：25以下、軟化点：60以上、伸度：10以下、
空隙率：2.5%以上、フロー値：30以下を得ている。

とくにひびわれの大きな路面では、たとえば15℃の伸度ではほとんど0に近く、相当老化が激しいことがわ

かります。

舗装・補修の設計について

次に舗装の配合設計は基本的にはマーシャル試験によっております。その舗装種類は表3-1のとおりで、舗装の種別、基準の制定、改定について示しており、その高架構造によっていくつもの舗装の種別があります。RC床版部では表層が35mm、基層が40mmという一律な舗装厚であり、また鋼床版部の舗装厚は添接の関係で表層・基層合計68から80mmという設計になっております。舗装設計は、種別で線形状縦横断勾配が4%を基準にして、標準舗装とすべり止め舗装の区別をしており、すべり止め舗装については密粒ギャップのゴム入り13mmを採用しております。また鋼床版上は基層にグースアスファルトを採用し、鋼床版の防錆を兼ねております。料金所付近については耐油性舗装として、サルビアシム舗装を採用しております。

次に補修設計は、表3-1の最下段に応急修繕というのがあります。応急修繕については、日常巡回点検と称して毎日パトロールを実施し損傷を発見、補修をすることになります。またすべり止め舗装、薄層舗装——これは補修設計独自のもので、すべり止め舗装のエメリーの散布量は6kgP/Hで、樹脂については1.4kgP/Hが平均的に施工されております。また薄層舗装は、ジョイントすりつけ部の段差補修——樹脂モルタルを平均3mm厚で施工しております。

補修設計の主体は標準舗装(建設時の標準舗装・すべり止め舗装をあわせて称す)で、これは定期点検による評価結果から補修することにしております。従来は目視点検でしたが、現在は走行写真測定をも併用しており、表3-2に走行写真判定による補修判断の試行例を示します。わだち掘れとひびわれを区分AからFというふうに分類し、調査結果が、比率というところにあるようにAが1.1%、以下、わだち掘れが15mm～25mm以上については15.1%というような比率を得ております。AとBのわだち掘れが15mm以上については30プラス398の420スパンあるわけですが、これを順に補修をしていき、51年度、52年度、53年度と144スパンというふうに計画補修するように考えたものです。この補修工法は打替工法が主体で、現在、表層のみの打替がほとんどですが、最も補修サイクルの長い補修工法を採用しております。

なお、阪神高速では工事に伴う渋滞が大きな問題となっております。舗装の補修時期は大阪では10月～12

表3-1 阪神高速道路の舗装種別

舗装箇所	種別	基準	基 層 (40mm)	表 層 (35mm)	接 着 工 (床版との)	防 水 工
鉄筋コンクリート (RC)床版	標準舗装	44・8	粗粒アスファルトA(Ⅲ)	修正トベカ(Ⅲ)	タックコート0.3ℓ/㎡	
		48・6	密粒アスファルト(Ⅲ)	密粒アスファルト(Ⅲ)	タックコート0.6ℓ/㎡	
		53・4	"	"	"	
	すべり止め舗装	44・8	粗粒アスファルトA(Ⅲ)	密粒ギャップ式(ゴム入)修正(Ⅲ)	タックコート0.3ℓ/㎡	
		48・6	密粒アスファルト(Ⅲ)	"	タックコート0.6ℓ/㎡	
		53・4	"	"	"	
鋼 床 版	標準舗装	44・8	グースアスファルト(Ⅲ)	修正トベカ又は密粒ギャップ式(ゴム入)	タールラバーラテックス0.8ℓ/㎡	グースアスファルトの採用
		48・6	"	密粒度又は密粒ギャップ式(ゴム入)	タールラバーラテックス0.5ℓ/㎡	
		53・4	"	"	"	
盛 土・切土部	標準舗装	44・8	粗粒アスファルトB(Ⅱ)	修正トベカ又は密粒ギャップ式(ゴム入)		
	すべり止め舗装	48・6, 53・4	"	密粒度又は密粒ギャップ式(ゴム入)		
料金徴収所附近	高架部	44・8	粗粒アスファルトA(Ⅲ)	開粒度(Ⅲ)+サルビアシムグラウト4ℓ/㎡	タックコート0.3ℓ/㎡	
		48・6, 53・4	密粒アスファルト(Ⅲ)	開粒度(Ⅲ)+サルビアシムグラウト6ℓ/㎡	タックコート0.6ℓ/㎡	
	土工部	44・8	(コンクリート舗装 25cm)			
		48・6, 53・4	(コンクリート舗装 30cm)			
非常駐車帯等		44・8～	コンクリート舗装	75mm		
補修設計	標準舗装	50・6	密粒アスファルト(Ⅲ)	密粒度又は密粒ギャップ式(ゴム入)	タックコート0.6ℓ/㎡	
	すべり止め舗装	"	表面層に硬質骨材(エメリー) 6 kg/㎡ 散布:エポキシ樹脂 1.4kg/㎡			
	薄層舗装	"	ジョイントすりつけ部において樹脂モルタルを平均3mm厚で施工			
	応急修繕	"	ポットホール	レミファルト		
			やや規模の大きいもの	加熱混合材料		

表3-2 点検結果と補修判定(試行例)

(単位:スパン)

区分	わだち	ひびわれ	調 査				補 修 ・ 未 補 修				
			51年度	52年度	合計	比率	51年度前	51年度補	52・53補	補修計	未補修
A	25mm以上		6	24	30	1.1	0	3	1	4*	26
B	15～25		153	245	398	14.0	0	67	73	140	258
C	15未満	10%未満	846	1,352	2,198	77.2	42	78	79	199	1,999
D		10～20	82	96	178	6.3	0	42	34	76	102
E		20～30	22	7	29	1.0	0	8	6	14	15
F		30以上	11	0	11	0.4	0	3	0	3	8
合 計			1,120	1,724	2,844	100.0	42	201	193	436	2,408

* 打替工法のみ。切削工法含まず。

表3-3 補修判断

路面性状	わだち掘れ量	ひびわれ率
未補修	10mm以下	5%以下
補修	20mm以上	15%以上

月上旬の土曜日、日曜日です。この時期にご利用の際には交通情報をよくお聞きになって、渋滞にかからないようにご注意ください。

補修実績からは表3-3のように補修判断ができるものと思っております。たとえばわだち掘れが20mmに到達すればすべて補修しているという実績を示すことができます。補修量は昭和50年頃から数万㎡の規模となり、現在、約25%程度補修されており補修サイクルとして、修正トベカについては結果的に10年をこえるものと想定されます。

阪神高速のこれまでの耐流動対策

まず設計基準面からは表3-1において、RC床版

部の標準舗装のところを見てももらいますと、表層について修正トベカを密粒アスコンに、基層で粗粒アスコンを密粒アスコンに改定したことが基本対応となります。図3-1の東大阪線と湾岸線が密粒アスコンで設計したのですが、湾岸線に示されるように重交通路線では抜本的対策とはいえないようです。現在、建設・補修ではマーシャル試験においてストレートアスファルトによる75回打固めによりアスファルト量を制限し、かつ、±0.5%の管理限界内で空隙率を確保できるようにアスファルト量を決定しているわけですが、とくに流動を問題とする場所にはストレートアスファルトによる配合の対応では困難であると考えられます。アスファルト舗装要綱に示されている改質アスファ

ルト等による材料面での対応や、また明色骨材による舗装体温度低下による感温性の低減対応を検討し、53年度は試験施工を実施したばかりです。

舗装要綱と阪神公団の基準の相違点

当公団のアスファルト舗装要綱に対する検討相違点について述べます。①従来、すべり止め舗装における密粒ギャップ配合をゴム入りに規定したこと、水浸マーシャル試験の義務づけがあり、単にすべり抵抗やはく離に留意するだけでなく、同時にアスファルトと骨材のグリップ性をよくし、耐流動の向上に役立てています。②今回の舗装要綱の改訂に伴い、基本的には要綱改訂の精神にのっとり53年4月に設計基準を改定し

ましたが、関西における市場性を考え、針入度40～60のストレートアスファルトは規定していないこと。③アスファルト量は補修における75回の実績より5.7%とその目標値を与えていること、また、ホイールトラッキング試験は規定していないことなど相違点がありますが、ホイールトラッキング試験については現在のところ、耐流動を考える場合には採用していくべきと思っております。最後に当公団舗装は、そのおかれましての条件のわりには良好であると判断でき、このため問題意識を高揚するほどに至っており、十分なご報告にならなかったと反省しております。有料道路であり、快適なサービス性を求めて、今回のゼミナールをよい機会として今後検討していきたいと思っております。

Iの4・大阪府からの報告

棕 本 宏

土木技術事務所



大阪中央環状線の現状

破損の現状は流動、老化およびその他に分類して、表4-1に示します。当調査区間の数値、概要は表をごらんいただければお判りのとおりでありますから、その補足説明を以下に申し上げます。

①わだち掘れ、コルゲーションは、この調査区間には15箇所の交差点があり、上り車線ではそのうち14箇

所、下り車線では9箇所の交差点が流動で破損しています。このように上り車線と下り車線で破損状況が違うのは、上り車線では積み荷の貨物車が多いのに対し、下り車線ではから荷の貨物車が多いためと考えております。

②ひびわれがいちばん多いのが、フィニッシャージョイントからの線状クラックです。この調査区間の道

表4-1 大阪中央環状線の現状（調査区間：大阪和泉々南線～丹南橋間5.68km、全面積159.040㎡）

	破 壊 ・ 種 別	破 損 分 類	破 損 状 況	現 状(㊤:上り車線,㊦:下り車線,㊨:交差点部分を示す)
流 動	塑 性 破 壊	変 形	わ だ ち 掘 れ	1 . ㊤11,692㎡, ㊦6,669㎡ 計18,365㎡で全面積に対し11.5%である。
			コルゲーション	2 . ㊨16,628㎡で18,365㎡に対して90.5%を占める。 3 . 交差点は15箇所あり, ㊤では14箇所, ㊦は 9 箇所が破損している。
			寄 り , く ぼ み	部分的に発生している。
老 化	ぜ い 性 破 壊	ひ び わ れ	フィニッシャー ジョイントからの 線状クラック	その延長は, ㊤1,088 m , ㊦2,161 mである。
			亀甲状ひびわれ	1,580㎡
		は く 離	ラ ベ リ ン グ	線状クラックの発生箇所では, その部分が程度の差はあれ, この状況にある。
			は が れ	426㎡
そ の 他		冠 水 ・ 段 差 等		1,200㎡

路は、中央分離帯をはさんで片側4車線、全幅では8車線です。アスファルト合材舗設時には型枠を用いますので、その部分は合材中の碎石が連続せず弱点となります。また道路築造事業で、まず4車線だけ完成し、約2年間交通開放した後、あとの4車線を完成しています。その際、アスファルト合材の舗設において、その打継目をコンクリート・カッターで切断しており、そこも弱点となっています。老化が進行すると最初にあらわれるのがフィニッシャージョイントからの線状クラックであり、上り車線では約1km、下り車線では約2kmであり、老化は下り車線の方が上り車線より進行していると考えられます。亀甲状のひびわれは、線状クラックより進行したものが多くいます。

③はく離は表4-1のとおりです。

④その他の流動および老化に分離できないものは、約1,200㎡あります。

流動と老化は、流動が塑性破壊であり、一方老化はぜい性破壊であるというように破壊種類の異なるものです。故にその対策は、たとえば流動箇所の補修にはアスファルト混合物のアスファルト成分を少なくしたものが望ましい、老化箇所の補修ではアスファルト成分を多くしたものが望ましいというように、全く反対の対策を実施してよいと考えております。

大阪中央環状線は、大阪における代表的な産業道路であり、重交通路線であり、流動多発路線です。大阪中央環状線においては——流動は大部分は交差点部に集中しております。更に他の市街地街路、山間部路線を含めて考えるならば、アスファルト舗装要綱にも示されているように、流動には特殊対策で、老化には一般対策で対処するのが正しいと思います。

大阪府における試験舗装

次にこれまで実施した試験舗装について初めに**流動対策**に関して表4-2にこれをまとめて報告します。

①アスファルト成分の減量については試験結果のとおりです。

②吸油性物質の混合、その結果はまだでておりませんが流動箇所の小修繕には、これを利用しております。

③ギャップ型粒度は、大阪府土木技術事務所では室内試験を繰り返して、耐流動ギャップ型粒度を設定しております。「試験結果」の欄に示したとおりです。

④粗粒度アスコン、⑤路面の明色化は、それぞれの「試験結果」に示すとおりです。

⑥その他の特殊アスコン、これはゴム入りおよび樹脂入りアスファルト混合物であり、最大2cm程度の流動が発生しております。流動箇所の試験舗装について考察、対応策等、後ほど大阪府の畑より報告致します。

次に**老化対策**について報告致します。大阪府が管理している道路は延長約1,500kmで、その多くが昭和45年の万国博を契機に整備されたものであり、その時より約10年を経過し、アスファルト舗装においても疲労の度を加えております。老化が進行し、ひびわれが発生すると一般に行われるのがオーバーレイです。ところがひびわれにシール工をしないでオーバーレイするため、リフレクション・クラックが生じやすく、表面が再びひびわれ状態となり最終的には打換えているのが現状であろうと思います。老化箇所を調査した結果、老化が初期の場合は路面支持力が高く、平坦性も悪くありません。老化箇所の試験舗装はアスファルト舗装の老化を防止し、良好な舗装面を保持する対策を検討するためのものです。試験舗装では、ひびわれに対するシール工および路面表面はく離に対する表面処理工

表4-2 流動対策 (37箇所：53年11月末現在)

No.	試験舗装種別	箇所数	延舗設面積	試験結果
1	アスファルト成分の減量	6	1,680㎡	1. アスファルト成分の減量により耐流動性は高くなる。 2. 冬期以外なら設計アスファルト量より0.9%減量できるが、冬期は0.3%しか減量できない。またクラック発生しやすい。
2	吸油性物質の混合	7	886㎡	1. 流動箇所の補修用合材に利用できる。
3	ギャップ型粒度	3	1,760㎡	1. 冬期に表面はく離が発生した。 2. 流動は現在のところ、見られない。
4	粗粒度アスコン	8	6,640㎡	1. 流動はみられない。 1. 表面が粗面となっている。
5	路面の明色化	5	801㎡	1. 路面温度を約10℃低下できる。
6	その他の特殊アスコン	8	4,380㎡	1. max 2cm程度の流動が発生している。

の2つについて実施しました。シール工の試験舗装は表4-3に示されるとおりです。結論だけ申しますと、シール工の後で表面処理工を実施することを前提とするならば、ストレートアスファルトで十分ではないかと考えます。表面処理工の試験舗装も表4-4のとおりです。その結論はシートアスコンがいちばん好ましいと考えております。これらの試験舗装はすべて大阪中央環状線、大阪臨海線等の交通量約60,000台、うち大型車12,000台という重交通路線で、大阪府の現業職員が直営で実施したものです。これらの試験舗装に基づき、ひびわれにはストレートアスファルトを注入し、その上に2cmのシートアスコンを舗設する工事を大阪府より発注し、業者施工により施工致しました。今月の初めに舗設を完了したばかりですが、今のところ成

績はよいようです。ここで皆様にお願いがございます。今後、ひびわれ箇所をオーバーレイされる場合は、ひびわれにシール工を行ってオーバーレイをしていただきたい。設計の際には、その辺の配慮が必要でありますし、また民間業者もひびわれにシール工をしないでオーバーレイするのは今後やめるべきだと思います。

これまでの試験舗装の結果、老化箇所は初期に適切な対策を講ずるならば老化を防止し、良好な舗装面が保持できるという確信を得ております。今後、調査、研究を進め、老化箇所の補修対策を確立すると共に、アスファルト舗装設計の面にもその成果を反映してまいりたいと考えております。そのため老化対策、とくに表面処理工につき、今後検討して参る予定です。調査方法は先進的にこの方面で研究を進めておられる民

表4-3 シール工 (32箇所)

No.	試験施工種別	箇所数	総延長	試験結果
1	加熱注入材 ストレートアスファルト	5	412m	1. 冬期に一部はく離した。 2. 夏期に軟化する。
2	加熱注入材 ブローンアスファルト	3	1,246	1. 冬期に点々とく離した。
3	加熱注入材 シール材A	2	127	1. 注入後硬化するのに30~60分を要する。
4	常温注入材 乳剤シール(乳剤及び砂)	11	1,368	1. 乳剤は水で倍に稀釈したものが、また砂は2.5mm以下の洗砂が適している。 2. 浮砂は飛散する。
5	常温注入材 シール材B(乳剤及び硬化剤)	4	25	1. 交通開放数日で完全にはく離した。
6	常温注入材 シール材C(乳剤及び硬化剤)	7	55	1. 硬化剤が人体に有害であり、混合及び注入が機械施工できるような、さらに研究を要する。

表4-4 表面処理工 (28箇所)

No.	試験舗装種別	箇所数	総面積	試験結果
1	フォッグシール	8	903㎡	1. 乳剤は水で3倍に稀釈したものが適している。 2. 施工後の養生に約90分を要する。
2	シールコート	10	456	1. 乳剤は水で倍に稀釈したものが、また砂は2.5mm以下の洗砂が適している。 2. 交通開放により浮砂は飛散する。
3	シートアスコン	4	801	1. 舗装厚が2cm以下の薄層舗装が望ましい。 2. すべり止め改善効果は期待できる。
4	オーバーレイ (M-13密粒度アスコン)	2	354	1. シール工を実施しない場合はリフレクション・クラックは防止できない。
5	7号碎石と乳剤	1	3	1. 碎石がはく離、飛散した。
6	マットはりつけ	3	0.5	1. 緊急補修用に利用できる。

間各社にアンケート調査を実施し、その内容を知りたいと考えており、近日中に大阪府土木技術事務所より民間各社の皆様にアンケートをお出しすることとなりますので、よろしくお願い致します。また、私達が知らないために、アンケート調査しなかった民間各社におかれましても、何かよい工法がございましたら私達の方までお知らせいただきたい。その調査に基づき、すぐれた工法については、もし各社のご協力が得られれば試験舗装を実施して参りたい、更に老化箇所

の補修基準設定のため、各種現場調査も実施したいと考えます。

大阪府に土木技術事務所が発足して、この4月で2年となります。アスファルト舗装の問題は事務所の大きな研究テーマの1つであり、大阪府舗装工管所以来のアスファルト舗装研究の実績をさらに発展させようと考えております。

今後共、よろしくご指導、ご鞭撻のほど、お願い致します。

Iの5・全国の状況について

成 田 保 三

建設省



註：成田氏からは詳細な説明発表が行われたが、本誌上では、以下の図や表に整理して、ご参考までにとりまとめました。

図 5 - 1 舗装種類別整備率

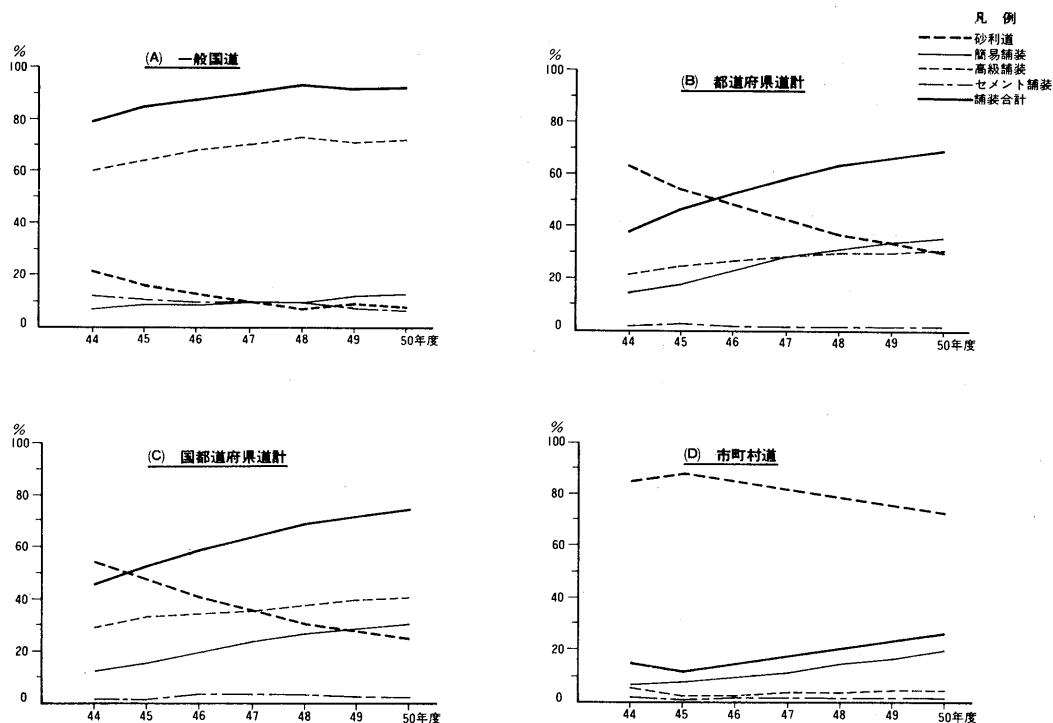


表5-1 舗装寿命の実態

項 目		地建別（データのあるもの）	全 国
累計大型車 交通量 ($\times 10^4$ 台)		北海道 45万～880万の範囲で平均285万 東 北 As 55万～320万の範囲で平均140万 Co 120万～850万で平均480万 北 陸 As 平均200万 Co 平均300万 九 州 C交通では300万～1000万 D交通では500万～1000万	As 200万～700万に集中 Co 1000万を少し超す程度
主 な 路 面 性 状	ひびわれ率 コンクリート 舗装では ひびわれ度	北海道 0～53%の範囲で平均21% 東 北 平均10～20%の範囲 九 州 5～95%で平均48%	As 10%以上の割合は約80% 同時にわだち掘れが20mm以上 が38%,以下が41% Co 累計大型車数100万で20～40 cm^2/m^2 にあるがバラツキは大きい
	わだち掘 れ 量	北海道 4.8～40.3mmの範囲で 平均 20.6mm 北 陸 平均 15.3mm 九 州 交差点付近の最大わだち掘れ量は5～ 60mmの範囲で10～20mmに集中	20mm以上の割合は50% このう ちひびわれ率10%以下のものは 約10%、残り40%はひびわれ率 10%以上
	たわみ量	北海道 0.3～1.5mmの範囲で平均0.9mm、ひび われがない箇所はほぼ0.6mm以下、ひび われ率15～20%の箇所では1.0mm程度である	0.5～2.8mmの範囲にある
設 計 法		A 大部分の地建では、オーバーレイ厚の決定に際しては以下の検討を行ってきめることを原則としている。 1. 供用性の調査 ひびわれ率、縦横断凹凸量、たわみ量の実測 2. 現在の交通量とCBRから必要なTAを計算し、実際のTA'との差を求める。 3. 路面の視察評価によるランク分け。 B CBR法とは別に在来路面のたわみ量を測定し、交通区分に応じたオーバーレイ厚を求める。	
オーバーレイの 実態		(1) A、B交通でひびわれ率が5%以下の場合4cmまたは7cm ひびわれ率が高いほどオーバーレイ厚は厚くなり20%以上では10cmが中心 (2) C交通では、ひびわれ5%以下は4cm 1層と8～10cm 2層のオーバーレイが同じ割合 ある。ひびわれ率5～20%では7～10cm、20%以上は2層10cmが多い (3) D交通ではひびわれ5%以下でも4cm以下1層オーバーレイはなく5～10cmが中心、20 %以上では10cmを中心としたオーバーレイが行われている。 (4) TA不足量10cm以下ではほぼ不足量に見合う厚さのオーバーレイを施工している。不足 量がこれ以上では不足量の60%程度のオーバーレイとなっている。 (5) おおむね1cm オーバーレイ厚を増せば約0.04mm たわみ量を減少させることができる。	
配 合 設 計 で 考 慮 さ れ る 要 因	耐 流 動	(イ) 砕石量を増やす(2.5mm 通過量の低い配合) (ロ) アスファルト量を減らす(中央値より減量、VMA, S/Fを参考にした配合) (ハ) 骨材の最大粒径を大きくする(施工厚とのかねあいで13より20mm) (ニ) 0.074mm 通過量を減らす。 (ホ) 硬いアスファルトの使用(Pen グレードの小さいもの、60℃の高いものの使用)	
	耐 き れ つ	(イ) 0.6mm 通過量の少ない配合 (ロ) アスファルト量を増やす	

図 5・2 すべり摩擦係数の測定例(土研資料による)

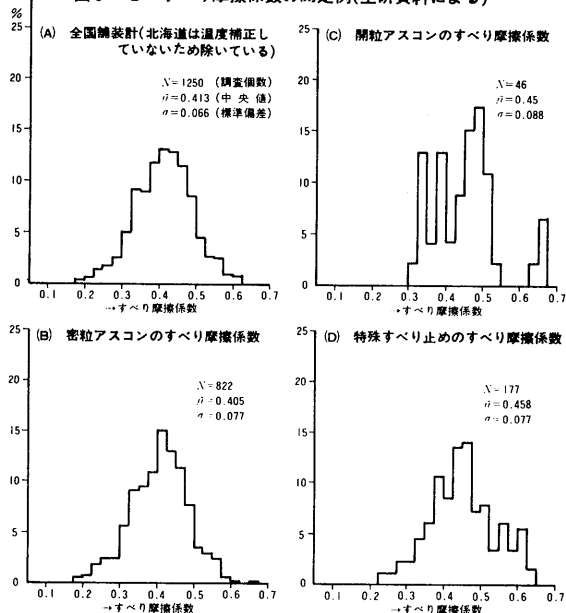


図 5・3 高速道路のわだち掘れ頻度分布件

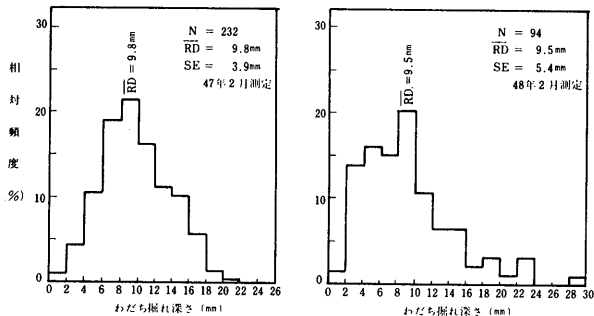


図 5・4 高速道路のわだち掘れ累積百分率

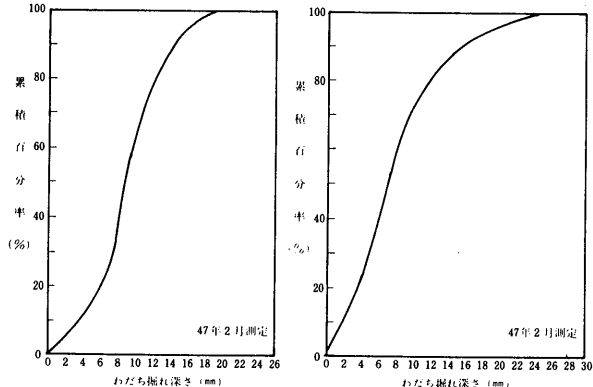


図 5・5 高速道路のわだち掘れ経年変化

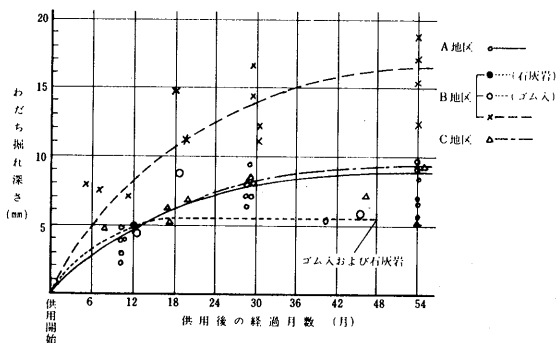


図 5・6 段差の分布(国道122号他)

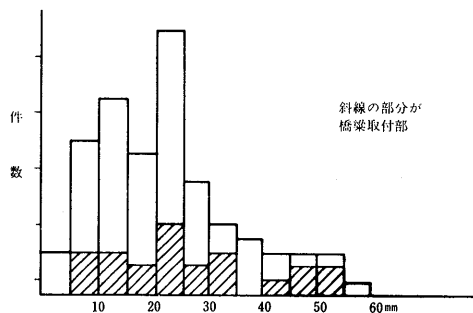


図 5・7 一般国道のわだち深ちの水準(交差点は除く)

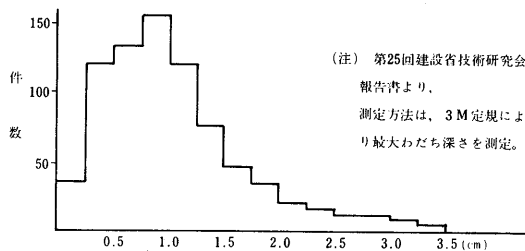


図 5・8 最大わだち深さ

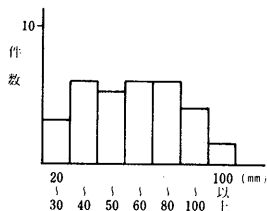
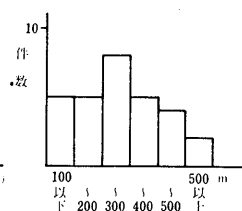


図 5・9 わだち深さが30MMを超える区間(一箇所当り)



アスファルト舗装要綱の主な改訂点

小 島 逸 平

1. 構造設計

- ①厚さの設計を設計輪荷重Pから、5t換算輪数Nを用いることにした。
- ②交通量の区分にL交通を設けた。
- ③改良路床の設計CBRの求め方を新たに定めた。
- ④設計CBR区分を集約した。
- ⑤等値換算係数の追加を行った。
- ⑥フルデプス工法の考え方を取り入れた。

2. 材 料

- ①アスファルトの規格に種類40～60を加えた。
- ②アスファルト規格の項目の統合を行った。
- ③碎石の材質規定を部分的に改めた。
- ④路盤用高炉スラグの材質の標準を新たに示した。

3. 路床路盤

- ①軟弱な路床の項を設け工法別に設計、施工について述べた。
- ②歴青安定処理工法にシックリフト工法を取り入れた。
- ③石灰安定処理工法を新たに規定した。
- ④浸透式工法、マカダム工法が削除された。

4. 表層、基層

- ①標準配合の種類を9種類にまとめた。
- ②混合物の標準配合の一部修正を行った。
- ③配合設計法のうち設計アスファルト量の決め方を一部修正した。

5. 品質管理および検査

- ①基準試験の規定を新たに設けた。
- ②検査の手法を抜取検査による場合と管理データを用いる場合の2種類を示した。

6. 特殊舗装および特殊材料

- ①内容を特殊個所の舗装、特殊対策、特殊工法、特殊な舗装、特殊材料に分類、整理した。
- ②耐流動対策、耐摩耗対策にそれぞれホイールトラッキング試験、ラベリング試験の目標値を設定した。
- ③改質アスファルトの規格を明らかにした。

昭和53年6月にアスファルト舗装要綱が改訂出版されております。これらの内容については地区講習会などで、すでにお聞きになっておられる方もあるかと思いますが、改めて概略を申し上げます。主な改訂点は左欄にまとめて掲示しておりますので、これに従って簡単に説明させていただきます。

構造設計について（要綱第2章）

舗装厚の設計が設計輪荷重Pの代わりに5t換算累積輪数Nを用いた式でHなり T_A を計算するように修正されております。これは直轄の舗装寿命とオーバーレイ厚に関する調査結果から、アスファルト舗装ではオーバーレイまでの供用年数が7～8年、コンクリート舗装では約13～15年であり、この間の大型車交通量はアスファルト舗装では $200 \times 10^4 \sim 700 \times 10^4$ 台、コンクリート舗装では 1000×10^4 台ということになります。アスファルト舗装の場合、平均的にC交通区分で1,500台／（日・1方向）の交通量とすれば、舗装の寿命は約10年となり現在の設計法がほぼ妥当である結果になっております。このようなことから舗装の寿命はオーバーレイを行うまでの5t換算累積輪数で評価する方法が、より合理的であるということでも今回改訂されたわけです。

交通量区分に新たにL交通という軽交通区分が設けられております。これは、昭和49年度の全国道路交通情勢調査の結果から昭和54年の交通量区分ごとの道路延長比を推定すると、A交通区分に属するものが約70%、B交通が約20%、C交通が7.6%、D交通が1.4%ということになり、A交通に属する舗装が非常に多いという実態が得られております。さらにA交通を今日のL交通区分の100台未満とA交通区分の100から250台というように分けると、やはりL交通に属するものが50%近くあり、L交通区分を設けた方が実態に合うことが明らかになっております。さらにこの区分を設けると舗装の設計は過大設計にならないので、10%近く経済的な設計になるということが認められたので、L交通が設けられたのです。

路床土の設計CBRの求め方が新しくなっております。即ち路床土を置換えとか安定処理を行う場合、下層の20cmについては20cm減らしたものを有効な改良路床層とするという設計になっております。ここで20cmとは、特に置換えの場合、良質な材料で置換えてでも締固めには限度がある、安定処理を行っても下層の20cm程度は混合の不均一性がある、といういわゆる道路公団の設計基準で示されている考え方を参考に決めた値であります。

設計CBRの区分が集約されております。これまで0.5%きざみにT_AとHが異なり、それに応じた舗装構成が示されていましたが、CBR試験の精度的なことを考慮すると、もう少し広い範囲で管理した方がよいということで2%きざみの範囲に整理されております。フルデプス工法が設計のところで紹介されております。

材料について（要綱第3章）

アスファルトの種類40～60が新たに規格化されております。これは土木研究所で実施した岡部や幕張の試験舗装の調査結果から関東地方のような温暖な地域では、舗装用アスファルトとして40～60を使用しても問題がないということ、および関東地建管内での使用実施を検討して決められたものです。しかし40～60アスファルトを使用すれば、わだち掘れを防止できるというような結論は得られていないので、耐流動対策用のアスファルトとは考えず、温暖な地域でしかも重交通であるような箇所を利用するというような位置づけになっております。

さらに路盤用高炉スラグの材質の標準が定められました。これは石灰とセメントの中間的な材料性状を示し、舗装の支持力を小さく保てる材料として新たに規格化されたものです。

路床・路盤について（要綱第4章）

敷弱な路床上の舗装として盛土とか置換え、あるいは安定処理工法などを工法別にとりあげ、それらの設計・施工について紹介しております。

さらに上層路盤の歴青安定処理工法ではシックリフト工法を取り入れ急速施工などに対処できるようにしております。また安定処理工法として石灰安定処理工法を下層路盤や上層路盤に適用する方法を示しております。

表層・基層について（要綱第5章）

混合物の標準配合の種類を整理統合して9種類にしております。これは一般地域用の混合物では耐流動対策として粗骨材の最大粒径を大きくすることが有効であるので、これを取り入れている、積雪地域の混合物の耐摩耗対策としてギャップ粒度の修正、2.5mm通過量や0.074mm通過量を修正して、もろくならない混合の配合にする、などの見直しが行われております。

配合設計方法の一部修正も行われております。これは耐流動対策あるいは耐摩耗対策を一般工法で考える場合に、アスファルト量をこれまでのように共通範囲の中央値以外で決めたい場合、混合物の骨材間隙率とS/Fを参考にして変化させる方法が示されております。さらにC交通以上の道路に採択するアスファルト混合物の配合設計は、一般地域では75回突きのマーシャル試験によることを原則として、重交通道路での耐流動対策用混合物の検討が効果的に行えるようにしました。

品質管理について（要綱第6章）

基準試験というようなことが明記され、品質試験に合格したものをを使用することを明記しています。さらに、管理データから $\bar{x}$ と $\sqrt{s}$ を計算して検査を行う方法をのべています。

特殊舗装・特殊材料について（要綱第7章）

耐流動対策や耐摩耗対策のように特殊対策を講ずる場合には、改質アスファルトの検討、ホイールトラック試験やラベリング試験による配合の検討を行う、などの方法が示されております。

改質アスファルトとしては、(イ) 60℃粘度を高めたセミブローンアスファルトや樹脂入りアスファルト、(ロ) タフネス・テナシテイの改善をはかったゴム入りアスファルト、などの紹介と品質規格の明示がおこなわれております。

さらに特殊工法としてはグースアスファルト舗装、ロードアスファルト舗装などの仕様を明示したり、特殊な舗装として透水性舗装の基準値を示したりしております。



パネルディスカッション

第II部 その対応策

1979年2月9日 京都

IIの1・近畿地建の対応策

神 田 政 和
道路管理課

近畿地建の現場からの報告にもありましたが、耐流動を考慮して、アスファルト舗装要綱のほかに具体的な留意事項と特記仕様を示した補足仕様書によって、舗装修繕工事を実施しております。

この仕様によって51年4月から施工したアスファルト混合物の現地での適応性について、また今後の対策を考えて行く上で結果を確認するため、2年間の追跡調査を実施しました。

その調査の結果によると、単路部についてはわだち掘れ深さは2年間で8mm未満であり、混合物の構造破壊もそれほど進行していません。したがってアスファルトバインダーの所要性状の面からみても、現在の補足仕様書によって単路部では十分対応できると考えており、ストレートアスファルトを使用して今後も引続き実施していきます。

一方、交差点部については、わだち掘れの深さは単路部の約1.5から3.5倍を示していて構造破壊もあらわれており、すでにストレートアスファルトの適応範囲でないことを確認しております。

アスファルト舗装要綱によれば、D交通または流動によるわだち掘れが予想される場合は、荷重条件 6.4 kg/cm²でDSが1,500回/mm程度が目標となっておりますが、アスファルト量、粒度等を考慮しても満足しないので、これに十分対応するためには、今後の対応策

は単路と交差点を完全に分けて検討したいと考えております。

2年間の調査で結論を出すことは非常にむづかしいことですが、1つの基本データを得たものとして、重交通路線、主要交差点流入部では停止線から50mの区間、そのほか特に問題のある箇所については改質アスファルトで対応したいと考えています。

またアスファルト舗装において、流動とひびわれという相反する問題を同時に解決することは不可能に近く、流動を心配するとひびわれの問題が起ってくることや、単路においても構造破壊が全く進行していないわけではないことから、今後も耐久性を含めた調査として、さらに2年間追跡調査を実施していきます。

最近では、流動変形を起しているだけの箇所の舗装修繕が多くなっていますが、流動を起している深さと原因を調査してから、切削厚さおよび工法を決めておりますが、わだち掘れが40mmを越えるような場合には、基層以下にも影響があると考え、横断方向に舗装を切取ったり、舗装体のコアを調べて変形が表層だけか、基層まで及んでいるかどうか調査し、さらに目安として、空隙率から切削施工厚さを決めております。しかしこの施工にあたっては、具体的な決め手が見いだせないで問題として残っており、現在、専門部会で検討中です。

IIの2・中国地建の対応策

小 村 嘉 延
道路管理課

中国地建でもわだち掘れ対策として、いままでかなり試験舗装をやってきましたが、そこで解明された点は、アスファルト舗装要綱の範囲内で粗骨材の混合率を大きくする、それからフィラーを少なくする、アスファルト量を減らす、空隙率を大きくする、というよ

うなことが現在解明されております。

耐流動対策としての試験舗装を実施してから、まだ2～3年と非常に日が浅いため、追跡調査がまだ十分に行われていません。そこで大型車の交通量に対処した—どんなアスファルト混合物を使用したらいか—

試行錯誤していたわけですが、幸いにして、先ほど土研の小島さんからお話がありましたように、アスファルト舗装要綱53年改訂版で、動的安定度の目標値が設定されましたし、それからホイールトラッキング試験の方法も統一されたということで—このホイールトラッキング試験は混合物の流動抵抗性を事前に評価するための室内の試験方法として非常に有用である—ということも言われていますので、中国地建でも今後は品質管理の中で、ホイールトラッキング試験を取り入れていきたいと考えております。

そこで動的安定度とわだち掘れについて別表のとおりまとめてみました。この表は昭和53年の建設省技術研究会の資料から作ったものです。平均わだち掘れ量が15mmのところ、2000、1500、1000とかいう数字がありますが、これは動的安定度の値です。この表で、たとえば交通量が7,000 台のところ、平均わだち掘れ量が15mmの場合、単路部で7,000台で、交差点では4,000台以上の場所では動的安定度が2,000以上あれば舗設後2年間程度であれば、平均わだち掘れ量を15mm以下に押えることができる、ということを表わしております。

そこでいままで中国地建で行った室内試験で、動的安定度の非常に高い混合物としては、粗粒度アスコンに改質アスファルトを添加剤として使用したものとか、昭和53年11月に施工した新しいバインダーとして、アスファルト協会でも共同研究を進めて開発された、セミブローンアスファルト（AC-140）を使用して舗設した

別表 動的安定度とわだち掘れ量および換算大型車通過台数より求めた動的安定度

大型車の1日		2年間の換算		平均わだち掘れ量			
1車線当り 交通量	大型車通過台数		15mm		10mm		
	単路部	交差点	単路部	交差点	単路部	交差点	
7,000	511×10 ⁴	852×10 ⁴				3,000以上	
6,000	438	730	1,500以上	2,000以上	2,500以上		
5,000	365	608					
4,000	292	487					
3,000	219	365			2,000以上		
2,000	146	243	1,000以上		1,500以上		
1,000	73	122	1,000以下		1,000以上		

密粒度ギャップおよび密粒度アスコンがあります。現在、土研、当地建技術事務所等により追跡調査中です。

また動的安定度を高めるためには、先ほど近畿地建からもお話がありましたが、中国地建でも改質アスファルトを導入していきたいと考えております。

中国地建の修繕区間は—工事の施工延長が大体1kmから1.5kmぐらいです。この施工単位のうちで、6種類から8種類の試験舗装をやってきております。混合物の種類の検討は、ほぼ終わりましたので、今後はいまままで試験舗装を行った結果から非常に有利であると考えられる混合物を一般施工の中へ取り入れていって、追跡調査を重点的にやっていきたいと考えております。

それから夏場に施工したのは、どうしてもわだち掘れが大きいということがあるようですので、発注者側としては、できるだけ夏場の施工はしない、ということと今後指導して行きたいと思っております。

IIの3・阪神高速道路公団の対応策



荒牧克治

荒牧 克治 保全技術課

現場から報告の表3-1を見ていただきますと、阪神公団の舗装種別と設計基準の変遷がおわかりいただけますと思います。当公団は今回のアスファルト舗装要綱改訂の趣旨にそって、すでに53年4月に設計基準を改訂しております。また供用路線の橋面舗装は、表層の修正トベカを密粒度アスコン、または密粒ギャップアスコンに替えて耐流動の補修配合設計を実施し、①仕様書ではマーシャル試験の突き固め回数50回のところを75回に引き上げることに、アスファルト量を低減して、かつ管理限界の下限の範囲で空隙率をある程度確保するようにしていること。②配合設計時に水

浸マーシャルによる残留安定度の測定を義務づけ、骨材とアスファルトとのなじみをよくし、はく離防止のみでなく耐流動にも効果がある—と考えております。

材料上の対応としては、基本的にストレートアスファルトを使用して針入度80~100、60~80を施工時期により使い分けていましたが、耐流動性を考慮して現在は60~80を使用しております。また、すべり止めを必要とする区間では密粒ギャップタイプにゴム入りアスファルトを使っております。これは、骨材との把握力を期待することにより交通荷重による舗装体の変形防止ができると考えたからです。また、わだち掘れ量の

大きい場所では、現在2～3ヵ所で改質アスファルト（熱化塑性樹脂入り、熱硬化性樹脂入りアスファルト、明色骨材）を使って試験施工をしております。長期的実績がないので今後追跡調査を行ない検討するようにしております。

特殊工法として、グースアスファルト舗装を採用した区間で比較的多く流動現象がみられるので、従来のストレートアスファルト20～40を使いながら、53年度から天然アスファルト、ブローンアスファルト等の特殊アスファルトの添加により耐流動対策を考えております。次に**配合設計上の問題**としては、わだち掘れ、ひびわれのみに着目しても互に相反する性質であり、特に耐流動についてはアスファルト量と空隙率との関係など、ストレートアスファルトの配合設計だけでは

解決しえないものと思われます。そこでアスファルトを硬くしていく方向として針入度40～60の検討や、改質アスファルトによる対策、または舗装体の温度の上昇を低減することによって、舗装体の剛性の低下を抑止することも今後の方向と考えられます。現在、公団ではホイールトラッキング試験については義務づけていないので、将来特に耐流動を考慮して、試験の義務づけとDSの位置づけを検討する必要があると思っております。最後に**補修**の問題として、阪神高速道路の特徴から、沿道住民対策と補修による交通渋滞対策のバランスを保持しながら施工する場合、切削、合材の搬出入時間、品質、施工管理面の精度等も耐流動対策に大きく影響されると考えられますので、今後は施工実態とも合わせて総合的に検討していくつもりでおります。

IIの4・大阪府の対応策



大田 昭博

畑 博 昭 土木技術事務所

わだち掘れは、程度の差はあるものの、交通量の区間に関係なく発生しております。わだち掘れは非常に複雑な要因の蓄積によって起るものですが、その主な原因を考えると、どうしても交通量の増大に伴う同一輪跡の走行と、その輪荷重の影響によるものと思うのです。また、舗装の構造からみると、現在、粒度調整工法をほとんどの箇所で行っている関係上、路盤の支持力はまず問題ないと考えております。したがって、わだち掘れ対策としては、どうしてもアスファルトコンクリートの物性について考えていかなければならないと思います。

その対策として現在5つのことを考えております。

①信号の手前などは特殊工法を採用したい。近年、交通停滞とわだち掘れのほとんどは信号を基点にして発生し、その延長は時間帯とその道路条件によって異なりますが、一応信号の手前100mについてその影響が非常に大きい。この箇所については特殊工法を採用していきたい。まず、アスファルトセメントについては、今回発行されたアスファルト舗装要綱によって、改質アスファルト—ゴムまたは樹脂入りアスファルト、セミブローンアスファルトなどが示され、また工法的には、ロードアスファルト舗装とか、半剛性舗装、あるいはシノパールなどの明色骨材によるチップング工法等を採用し路面の明色化をはかっていきたい。これ

らはいずれも路面温度の低下、いわゆるわだち掘れ対策につながる、という考え方です。

②アスファルト混合物に吸油材を混入して、わだち掘れに対処していきたい、この工法は、当所で初めて開発したものです。これは、アスファルト混合物を製造する際に、セメントまたは石膏系の粒状または顆粒状の吸油材を合材練り上がり後、5～6%混入して行なうものです。この吸油材は舗設後、粗骨材間隙のモルタル部分に介在するものです。そして夏期高温時、路面の温度が上昇したとき、アスファルトが軟化するわけですが、そのとき吸油材が働いて揮発軟化成分を吸収し、アスファルト舗装合材を安定させようとするものです。ちなみに、当所で行なったホイールトラッキング試験の結果を申し上げますと、舗装要綱で示されている密粒度アスコンですと、DSで600から700ぐらいでしたが、これに6%の吸油材を入れることによって、5,000以上のDSが期待できるものです。

③密粒度アスコンの施工厚さについて—現在、わだち掘れの発生は、そのほとんどが表層におよんでいることから考え、一般に行われている施工厚さの5cmは厚過ぎるのではないか、密粒度アスコンというのは、やはり摩耗層として、あるいは水密性層としての要因を高める粒度の検当が必要であろうと思います。そのようなことを考えると、現在の密粒度アスコンの施工厚

さは3 cmくらいが限度ではないだろうか、という極端な考え方も出てくるわけです。まず当面は舗装要綱に従って、一応密粒度アスコンのM-13については4 cmを限度とし、またM-20については5 cm程度を限度として使い分けをしたいと考えております。

④表層アスコンの粒度の検討として、耐流動対策には、一般にギャップ型粒度が良い、あるいは粗骨材がもう少し多いほうが良いというような傾向—当所でもこの問題についていろいろと検討してまいりました。これについては「舗装」の53年10月号に一部発表しておりますが、その粒度の傾向は一粗骨材は60から75%、細骨材は40から25%くらい、最適としては35%程度が良好であろう—という結論が出ております。これが25%以下になると逆に多孔性となり、その安定性を欠くということになります。粒度はこのような形で考えていきたい。

⑤アスファルト混合物中のアスファルトセメントの減

量について—要綱においても、このことについてふれていて、マーシャル試験の中央値から下限値の範囲内で減らすことができるとしています。当所でも-0.3~-1.2%まで減らして、いろいろと試験施工を行っております。これらは施工する時期によって使い分けなければならないようです。

まず夏季の暑いときでは、マイナス0.9%まで減量でき、冬季の寒いときは、マイナス0.3%まで減量できるという結論が出ていて、特に交差点附近では、このようなことを考えていきたい。以上が流動対策ですが一方、老化、ひびわれ対策についても真剣に取り組まなければならないと考えております。まずクラックの起っている箇所については、ブルフローリング、あるいはベンケルマンたわみ試験等を行って、たわみ量を測定し、クラックの箇所については、まず目地を充てんし、そしてできるだけ早い機会に上にオーバーレイをするというようなことを考えております。

IIの5・施工する側からの対応策



荒井 孝雄
日本舗道技術研究所

荒井 孝雄

私は施工する側の立場として、当パネルに参加させていただいたわけですが、施工側でどういうことをしていっていいかという点について申し述べたいと思います。今までいろいろな対策が発表されましたが、非常にいい材料を使ったり、あるいは非常にいい設計であっても、最終的な施工がまずければ結局は対策にならないと、私は考えております。

アスファルト舗装というのは以前から生きものであると言われております。舗装は交通荷重を受けて、だんだん締まっていく、だんだん密になっていくんだと言われており、われわれもそれを信じてきたわけですが、最近のようにわだち掘れが問題になってくると、これではいかんのではないかと、施工においても何か、ひと工夫必要ではないかというふうに感じているわけです。

一つの例で申し上げますと、現在は検査基準で96%以上の締固め密度があれば良いことになっていますが、たとえば設計で空隙率が4%程度のアスファルト混合物を施工して、96%ぐらいに締まっている場合、その時点では8%程度の空隙になっていることになります。ということは、もっと締まる余地があるといえますし、

そういう時点では、骨材のかみ合せが悪くて舗装体としては不安定な状態にあり、結局それがわだち掘れの一因ともなっているというふうに考えられるわけです。そこでわだち掘れ対策の一つの方法としては、施工時にできるだけ最終密度に近い状態まで締固めることが必要であると考えております。

ところで、耐流動対策という目的で、今度の新要綱に採用された—ゴム入りアスファルトとかセミプロンアスファルトなどの改質アスファルトは非常に粘性が高く、とくに混合温度が180℃を越すような、そういう材料もこれから使われるわけですし、施工がますます難しくなるというふうに感じられるわけです。しかしむずかしい、とばかり言っているわけにはいきませんので、われわれとしてもそれに対応する何かを考えていかなければならない。

その1つの方法としては、フィニッシャの改良にあると思います。すでにそういうものはありますが、振動とタンピングとを組み合わせた形式のもので、敷きならし時に大体92%から93%まで締めてしまうというような強力なフィニッシャを使い、初期的に高密度を得るということがまず第1点です。



第2点は、できる限り早い時期に急激に締めてしまうことが肝心だと最近考えられてきており、ヘアクラックが入らない範囲で、できるだけ温度の高い状態で、一時転圧を行なうことが要求されて来ております。それからできるだけ早い時間で締めてしまうということで、ローラーの大型化、ワイド化というような傾向になって来ております。要するに、施工時点で最終密度に近い状態まで締めてしまうということがねらいです。

次に考えられるのは、これはまだ日本ではほとんど行なわれていないのですが—外国ではすでに行なわれております—つまり表層への振動ローラーの導入です。将来的にはわが国でもその導入が考えられてくるので

はないかと思われます。振動ローラーを表層に使う—表層ということで問題はいろいろあると思います。たとえばヘアクラックの問題とか、平坦性がよくとれないのではないか、といったようなことが指摘されて来ると考えられます。これを導入するにあたっては、バイブレーションの回数とか、その速度とか、何度で締めたらいいかとか、いろいろな検討事項があると思います。

とにかくわれわれ施工側としては、よい材料をよい状態で供用できるように施工するのが、まず第一の義務じゃないかと考えております。

会場入口にて
受付手続きをする参加者
の皆さん



京都へ！全国各地から集まって来た人々



パネルディスカッションに
聴きいる参加者の皆さん

第III部 パネル・ディスカッション



最近の舗装材料～施工

わだち掘れ・ひびわれ等を中心に

☆耐流動性効果が期待される材料☆

畑 土木研究所の小島さんにお尋ねいたします。舗装要綱では特殊材料として粘度の高いアスファルトとか、あるいはまた針入度40～60のアスファルトなどが示されておりますが、60℃粘度を高めるといふことと、針入度等級の小さいアスファルトを選ぶことは同じような考えにもとずくものと思われまふ。なぜこのような区別が新たに示されたのか……。

小島 アスファルトの硬さはこれまでは主として針入度の大小で評価されてきたと思ひます。しかし今回の改訂要綱の特殊材料に紹介されたセミブローンアスファルトは、その評価を粘度——特に60℃の粘度によって行おうとする考えで示されたものです。これは、アスファルト舗装のわだち掘れは供用時の路面温度が最高になる時期に発生しやすいので、防止対策には供用時のアスファルトの粘性を高めることが効果的であること、わが国の気象条件から路面温度としては60℃を考えておけばよい、などの検討から規定されたものです。

針入度と60℃粘度の関連は日本アスファルト協会でも調査したデータもありますが、概略的に申しますと、針入度40～60、60～80および80～100は、それぞれ3,000～4,000 ポアズ、2,000～3,000 ポアズおよび1,000～2,000 ポアズ程度になります。したがってセミブローンアスファルトは60℃粘度が、かなり高いアスファルトなので耐流動性の効果が期待される材料といえます。針入度40～60のアスファルトは温暖な地域であって同時に重交通であるような所に一般的に使われるアスファルトであり、耐流動対策ではないように思ひます。このようなことから耐流動対策を材料、特にアスファルトで考える場合には針入度よりむしろ60℃粘度で評価した使い方が効果的であると思ひます。

さらにセミブローンアスファルトでもう一つお伝え

しておきたいことは、60℃の粘度を高めるあまり、逆にひびわれの対策がおろそかになってはいけないということです。過去のアメリカのザガ・ウィグモアの試験舗装などでは、限界針入度が30とか、25℃の粘度が20メガポアズであるというデータもあるので、ひびわれなどを考慮する意味合いで、針入度のしほりを設けることにして、その値としては市販の40～60なみの性状が必要であるといふことで、針入度は40以上と規定された背景があります。

☆40～60ストアスの取扱い☆

畑 もう1点ですが、針入度40～60のストレートアスファルトは今後品質のよいものが安定して供給できる体制になっているのかどうかをおたずねします。

小島 関東技術事務所が49年、50年、51年に管内の一般工事を対象にして、いろいろ試験施工をされたデータがあります。その中でアスファルトの品質の暫定規格に対する適合性といふことで、数多くのデータをとっておりますが、一応各項目について、変動係数が非常に小さく安定していることから材料的に安定して供給されているという報告がある——とくに問題はないのではないかと思っております。

畑 どうもありがとうございます。

そうなつてまいりますと、施工する側の荒井さんにもう1つお尋ねしたいのです。実は大阪府では従来アスファルトの使い分けをしておりました。それは、気温15℃を境にして15℃以上のときには60～80を、15℃以下の場合には80～100を使うようにしていたわけです。——だいたい以前に、冬場に針入度60のアスファルトを施工したが舗設後まもなく交通荷重によって合材が飛散してしまった苦い経験があるので、こういうことをきめたわけです。しかし今度の舗装要綱で40～60が一般的に使われることになると、われわれもまた

考え直さねばいけないと思っております。そこで、実際現場で施工する場合、どのような点に留意すればうまくいくのか、です。

荒井 気温によって分けていらっしゃる、いまでもそういうふにやっていたらいいのですか。

畑 はい、現在でもそうやっております。しかし改訂要綱が出たので、また考えていかなければいけないので……。

荒井 確かに40～60というのは、いまから10年以上前になると思いますが、当時は施工できないというふうに一般に言われていましたね。しかし、最近ではフィニッシャが改良されたことも一つの理由ですが、40～60は施工できるというふうになってきております。

もう一つの理由は粘度的に見てみて、10数年前の粒度の60～80と、いまの40～60がだいぶ似ているような傾向になっておりますので、十分施工ができるようになってきたのではないかと考えられます。そういうことで、私としてはとくに温度で規制しなくても、要綱に従ってやれば施工できると思います。混合温度が60～80よりそれほど高くはなりませんので、十分いけると思うのですが。

☆ギャップ型粒度～はく離☆

椋本 関連して、似たような問題ですが、先ほどギャップ型粒度が流動に強いとされている——実際大阪府で実施した試験舗装でも、確かに流動は生じておりませんが、その反面部分的に表面はく離が生じております。この状況は、アスファルトフィニッシャで敷きならし時に、碎石とモルタルが分離して、その後モルタル部分がブリージングを起こしてはく離する——このような状態が起こらないための何かよい施工法とか、あるいは注意点がございましたら……。

荒井 状況がはっきりわかりませんが、お聞きしたいのは、2.5mm通過量はどの程度になっているのでしょうか。

椋本 2.5mm通過量で、大体25か26%……。

荒井 そうすると、それが碎石ということで、しかも

ギャップ粒度であるということですから、要綱にはない粗粒ギャップ型ということになると思います。しかもこの粒度は開粒度アスコンに近いので、骨材の間げきに砂を入れていくというのは、一番砂が分離しやすい粒度付近だと思います。しかしそのために砂が浮き上がりブリージングして、そこがはがれるというのはちょっと理解できませんが、感じとしてはあまり石が多いので砂がもまれて浮き上がり、同時にその部分の転圧が不十分ということで、あとでくずれたのではないかと思います。分離性を防止するには多少は逆行してしまうかもしれないのですが、密粒ギャップに近づけることと、石粉をもう少し増したら良いと思います。いまどのくらい使われているかわかりませんが、石粉を多少増して行けば、砂をしっかりとアスファルトで固定できるようになりますので、分離性が防止できると思われます。

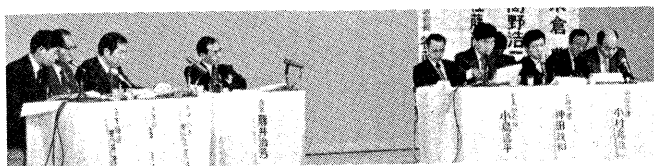
☆近畿地建のD.S.の使い分け☆

村田 近畿地建の吉池さんにお尋ねします。先ほど動的安定度の目標値ということで、840回/mmで現在運用されておられるそうですが、その目標値に達しない場合の措置とか、管理基準の取り扱いというものがあれば、お知らせ願いたい……。

また舗装要綱の改訂にともなって、耐流動性混合物の配合設計では動的安定度の目標値が1,500になるように検討することになっていますが、いままでの840を今後どのようにされるか……。

吉池 近畿地建としては、ホイールトラッキング試験は配合設計時に試験をしており、目標値840は補足仕様書案に示しているわけです。DS840回/mmというのは目標値であるので、その値に近づくように努力しております。具体的には材料と粒度の検討を行うことにしています。粗骨材については、安山岩、粘板岩等を硬質砂岩にするとか、細骨材では粗目、細目両方の砂を変えてみるなどの処置をしています。

また840という値は正直いって、近畿地建の場合、100%満足するわけではなく、満足しない場合もある。





あくまでも目標値ということで努力をしているのです。もう1つ、基準値的な扱い方に関しては補足仕様書案で示している段階なので厳密にはみておりません。

D.Sの今後の扱い方ですが、特殊対策のなかで、一応1,500という数字が明示されてきたわけですが、近畿地建の場合は、単路部での扱いを840でいきたいと考えております。それは追跡調査などの結果から何とかこの値でもいけると考えております。しかし交差点部などの特殊な場合は、特殊な対策を考えD.Sが1,500になるようにするという使い分けをしていこうと考えております。

☆D.Sの目標値は1,500☆

村田 どうもありがとうございました。

土研の小島さんにお尋ねします。動的安定度の精度について、試験機の相違とか、試験誤差等で、変動係数が20%以上だというように報告されております。そういう目標値を定めた場合の取り扱い方があれば、お教え下さい。たとえば1,500を目標値に定めた場合、変動係数が20%まで許されるのであれば下限の1,200を上回ればよいのか、どうか……。

小島 ホイールトラッキング試験は混合物の流動抵抗性をシュミレートできる試験法として今回紹介されたわけです。しかし試験機には統一的なものがないことから、供試体の載荷方法、試験輪の荷重などこれまでは様々な方法で実施されていたわけです。そこで試験方法を標準化するためにアンケート調査と、関連する室内試験を同時に実施してとりまとめました。変動係数の20%という値はデータを平均する時に許容される範囲としてまとめたもので、20%以上の差があるデータを平均化することは精度上問題があると思います。したがって目標値1,500の下限値として1,200あればよいということではなく、目標値はあくまでも1,500であり、これをまとめる段階で1,200と1,800の平均までは認めるということです。

座長 小島さん、いまのD.S.のバラつきなんかは何かものに書かれていますか、そういういまの考え方は。

小島 土木技術資料で出しております。

座長 何かの機会に明確にしておかないと混乱するかもしれませんね。

それと、1,500の考え方が、「…交通量の多い道路では云々…」という、この書き出しと、先ほどの近畿地建の単路部と交差点部というか、ここら辺の考え方も、一度また整理していただくと、いいのじゃないでしょうかね。

☆わだち掘れの修繕工事☆

荒井 近畿地建のほうで、2年か3年ぐらい前から、耐流動対策ということで、いろいろな改質アスファルトによる舗装が検討されていると聞いております。その結果が、いまだどんなふうな状態かということ。それからストレートアスファルトと比べて、どの程度の差が出ているかについて見解をお聞かせ下さい。

神田 わだち掘れ対策として近畿地建が改質アスファルトを使ったのは、43号で交差点舗装修繕工事に50年度から使ってきております。兵庫国道で実施したものは現在追跡調査をやってとりまとめ中ですが、大体わだち掘れが10mm以下におさまっており、よい結果になっております。それから今後改質アスファルトの取り扱いをどうするかは、主要交差点とか、重交通路線に使っていく方針です。

ストレートアスファルトとの差ですが、補足仕様書に従った配合によるストラス区間のわだち掘れは2年間で8mm程度となり、先の改質アスファルトより良い結果になっていますが有意差はないものと思います。

神田 小島さん、わだち掘れが起こっている場合の修繕工事をやるときの事前調査なのですが——いろいろ切削をやり、施工しているわけですが、切削厚さが不足のために、また基層から動き始めて、2年ぐらいでわだち掘れが20mmも25mmにもなるというふうな場合が起こっております。その他、別に何も基準になるものはありませんが、何かきめ手になるようなものがありますか？

小島 切削オーバーレイする場合に、どこまで切削したら、そのあとのオーバーレイが効果的であるか……

神田 そうということです。

小島 おっしゃるとおり、基層の影響というのは、かなり流動に影響しているような実態を、あちこちの例で、私たちは聞いております。とくに基層がやわらかいところに改質アスファルトによる層を薄く施工すると、下の影響で短期間にわだちが起きる、というようなことが言われております。ですからオーバーレイを行う場合には在来路面の性状、例えばたわみ量横断凹凸量を調べ、さらに舗装混合物の性状を調べるのが有効だと思います。混合物の性状では回収アスファルトの性状、混合物の空隙率を調べ、さらに可能であれば既設舗装の動的安定度などを評価して、その上にD.S.がいくらのものを施工するのだということを将来検討していかなくてはならないと思います。まだ具体的なデータを示せるまでにはいたっておりません。とにかく混合物の空隙率とか、できれば動的安定度などを考慮していただければよろしいのではないかと思いますのですが……。

神田 いま空隙率だけを目安にしています。今後の検討をお待ちしております。

☆ひびわれ対策——大阪府の吸油剤・その他☆

荒川 クラックということで——耐流動対策ばかりを見ていくと、アスファルトを固くすればするほど効果があるということはわかり切っているのですが、どこまで固くするかが問題です。しかしあまりにも固くすれば、逆にクラックが心配になる——ところで、大阪府では非常にユニークな対策を考えられ、「現場からの報告」で説明がございましたが、吸油剤というものをアスコンに入れて、耐流動に非常に役立ったということですので、ひびわれについて言及されておられませんので、お尋ね致します。

畑 私どもで用いている吸油剤というのは、セメント系、あるいはまた石膏系ですね。その2種類でやったわけです。この吸油剤ですが、吸油量というのは、岩石の給水量じゃなくして、実はJIS Kの5101に顔料の試験方法があって、それで吸油量テストを行ないます。その結果、吸油量が16%から22%を示す品物です。

これを小豆粒大、あるいは顆粒状程度にして、それで合材重量に対して6%まぜたわけです。舗設したら、普通のアスファルトだけだと、舗装したときに、フラッシュ気味の感じがありますが、この給油剤をまぜてやると、舗設の直後においても、安定したような感じがあります。ご指摘のように、それだとクラックにつながらないかということですが、われわれのほうでは5~6%の混合で、いまだにクラックという障害は出ておりません。特に冬場、そういう給油の影響がないということは、クラックにつながらないといえます。むしろ夏場、わだち掘れが出るような高温において、初めてその給油剤が働くというような観点で考えると、クラックに関しては、現在異状ないところから、まず安全じゃないか、と考えております。

荒井 中国地建にお尋ねしたいのですが、都市間道路では盛土区間もあり、そういうところに固いもの、たとえば最近出てきたセミブローンアスファルトのようなものを施工した場合には、クラックの問題があるのではないのでしょうか、その辺の考えをお聞かせ下さい。

小村 お尋ねのことは高盛土の圧密沈下の関係ではないかと思われませんが、先ほど現場からの報告がありましたように、わだち掘れの方が主体で、ひびわれを生じている区間は言程度ということで、少ないということもあって、とくに考慮しておりません。しかしながら軟弱地盤の個所では、とりあえず基層まで施工して、あとはレベリングで対処する。それで沈下が落ちついたところで表層を施工する、ということはやっております。

塚本 クラックの問題が出てきましたのでお聞きします。軽交通道路での舗装とか、簡易舗装というようなときのひびわれが発生した場合の対策について、荒井さんをお願いします。

荒井 ご質問のうち非常に交通量の少い道路に対するものとしては、歴青路面処理があります。歴青路面処理に関しましては、数年前から検討されており、路面処理指針というのが出されておりますが、クラックが出るというのは、やはり簡易な設計ですので、設計





以上の大型車が通ったためにきれつが予想以上に早く発生することが多い、というふうに聞いております。そのほかの原因としては、やはり排水設備があまり十分でないという面もあるのではないかと。このような場合水によってはく離を起こし、クラックの原因になることが考えられます。さらには、締まっていないことが多いので、バインダー自身の老化も問題になると思います。路面処理では乳剤系のものが扱われる例が多いので、付着が不十分で、はく離してクラックを起こしたとか、バインダーの絶対量が不足していて、クラックを起こすとか、はく脱を起こすなどの例があります。

☆橋面舗装の舗装厚☆

荒牧 当公団は橋面舗装ということで特殊なのですが、舗装厚の考え方について、舗装の力学的な見地、あるいは材料を含めて、どんなふうに考えていくことがよいのでしょうか。

小島 本四公団の橋面舗装で鋼床版関係の舗装について、50年ごろに実態調査を致しました。それによると、鋼床版舗装は7cmから8cmぐらいが平均的な厚さで、その厚さの若干の相違というのは床版の継ぎ手構造との対応とか、舗装構成で下層にグースがくるタイプなどとの対応で、1cmから2cmぐらい差があるという結果でありました。とにかく橋梁関係では、舗装と床版が付着があって同時に合成作用があるというような考え方で舗装厚がきめられているのではなく、等分布荷重として舗装はどの程度の重さがあるかということしか考慮されていないようです。本四舗装基準(案)のとりまとめにあたっては、この結果を参考に舗装はとにかく上層と下層に分けて施工することを原則として、上層と下層は、若干下層がレベリング的な役目もあるということで、5mmぐらい厚くしトータルで6cmから7.5cmぐらいの舗装厚とするという基準案にしているわけです。

☆特殊材料の扱い方☆

吉池 小島さん、今回改訂された要綱の中で、特殊材料というのが新しく出てきたわけですが、特殊材料の使用方法について、また今後の方向について——たとえばどんな材料でも特殊材料がオールマイティーではないと、こんなふうに思うのですが、その辺、いかがなものでしょうか。

小島 吉池さんのおっしゃるとおりで、舗装要綱の特殊材料の触れ方も、60℃粘度に特徴をもたせる意味合いで、セミブローンアスファルトや、樹脂入りアスファルトを位置づけております。これらは主としてプラス面での特徴づけをしていることになると思います。

さらにタフネスとか、テナシティーの改善で、ゴム入りアスファルトを示しているのも同じようなことになります。したがって、それぞれの材料のマイナスの要因というか、使用範囲を明記する必要があると思います。このような意味から、ある改質アスファルトを使えば、流動も、ひびわれも、同時に対応できるのだというようなことではないとは思っております。

吉池 ということは、両方、その辺をよく見きわめてというか、そういう使い方ということは十分考えておかなければいけない、ということですか。

小島 たとえば今度出たセミブローンアスファルトをゴム入りアスファルトで改質するとかというような考え方も、場合によっては必要になるのではないのでしょうか。とにかくそういうふうに材料の特徴というのがあるわけなので、それを配合設計方法とあわせて検討していただいたほうがよいと思うのですが。

☆リサイクルの現状☆

荒牧 成田さんをお願いします。リサイクルの問題ですが、リサイクル材の品質、その利用場所などいろいろ対応していかないといけないのですが、リサイクルする場合にどんな問題が起こるのか、そのあたりを教えてください。

成田 私どもの耳に入っているのでは、リサイクルの材料で、とくに表層に使うということは、小さな面積で、試験的にやったという事例は聞いたことはあります……。おおむねは下層の路盤材料とか、アスファ

ルト安定処理として、上層路盤に使うものが中心です。したがっていまご質問のリサイクリング材を使用した舗装の流動とか、ひびわれがどのようになるかということに関する直接のデータとして取りまとめられている事例はまだ耳にしておりません。

リサイクルについては、耳新しい方もあろうかと思えますので、若干申し上げますと、簡易舗装などのようなところでは現場方式で、いわゆるスーパースタビと称して、52年あたりから3～5cmの既存の表層（アスファルト層）と路盤を大体総厚で25cmか、30cm程度、セメントで安定処理をして、その上を3～5cm程度のアスファルト混合物で新しい表層を施工する方式があります。

または、既存の表層と路盤を、乳剤で安定処理を現場方式で行い、その上に新しいアスファルト混合物で表層を3～5cm舗設する、というようなことがあります。

これとは別にセンターミキシングといいたいでしょうか、工場方式で行うものがあります。橋面舗装などでは切り取ってきたものを破碎して、再生利用するのがこの方式です。それも路盤に骨材として使う方法と、混合物にして路盤・基層を中心に使う方法とあります。特殊な例ですが、常温混合で乳剤で加工して、それを販売する、というような方向もあります。リサイクリング材料は現場方式、工場方式ともに基層、路盤等を使う、という事例が多いようです。

☆材料を効果的に使う条件——今後の問題☆

村田 今後の問題ですが、流動対策の今後の選定については、中国地建は54年度より、たとえば大型車交通量を勘案して、信号交差点部とか、単路部などのように、施工場所ごとに適応した混合物を選定して、流動対策を考えておるということですが、コストの高いものを使った場合、若干問題もありますので、今後、舗装要綱の改訂時にでもこのような材料を取り上げてもらえると、たいへん助かるのですが、この辺の関係はいかがでしょうか。

座長 そちら辺、小島さん、いかがですか。現在の要綱をとりまとめる段階でいまおっしゃったようなことはなかったですか。

小島 個所を明記して、耐流動対策とか、すべり対策を適用する方法のことと思いますが、——たとえば、すべりでは縦断的にどの程度、それが延長何メートルとかというような話、あるいは流動でわだち掘れ量が何ミリでその延長が何メートルとか、という話は出ていたのですが、——それを明記すると、やはり舗装要綱が全般的な指針になるものですから、影響が大きいのではないかということで、途中から削除されたような経過があります。

しかしながら材料を効果的に使うというためにも今後は使用条件をきめ細かく整理していくことが必要だと思っております。

パネルディスカッションの「まとめ」

座長 藤 井 治 芳

ほぼ討議もつくされてきたと思われしますので、そろそろまとめに入らせていただきます。

舗装の技術基準の流れをみてみますと、昭和35年の舗装要綱では、アスファルト混合物の流動対策が重点に作成されました。

しかし42年のころになりますと、35年から42年の間、車に重量が非常にふえてまいりましたこともあり、舗装のクラックが顕著となりました。そこで42年の舗装要綱では、クラック対策が重点に改訂されました。

その後、道路構造令による車線主義の採用、過積載車両の増大もあり、流動があらちちで目立つようになり、53年度版の舗装要綱の改訂の引金になったもの

です。このように基準も流動とクラック、クラックと流動というものの対策の繰り返して、現在に至ったような気がします。

ただ重要なことは、あまり流動を重視致しますと、マイナス要因として、ひびわれの問題が出てくる。

ひびわればかりを重視すると、やはり流動の問題も出てくる、という事実です。

こういことで、いずれにしても、今後の設計態度としては、流動を中心にまず設計を行ない、これを極力ひびわれが出ないようにするという——C D交通の対策の進め方と、ひびわれを中心に考えて設計をしつつ、最後には流動でチェックをしていくというようなL交通

の設計の方法との選択を合理的に行うことです。

さらに、配合設計の面における工夫としては、アスファルト量を減らすために突固め回数を50回から75回にするとか、粒度においては粗骨材の最大寸法を大きくするとか、粗骨材の量をふやすとか、ギャップ的なものの発想を入れるとか、飽和度、ポイドの問題に注意をはらうとともに、とくにむずかしいところでは、動的安定度をもってチェックしていくというような、いろいろな努力を組合せていくことが、これからのわれわれの基本的な態度だろうと思います。

しかしそれでもどうにもならない場合に、どこに救いを求めるのか、こうなりますと、(われわれ道路を管理していく場合に、早く壊れては困るのです)——当面バインダーに救いを求めざるを得ない、これがやむを得ざる帰結として出てきているだろうと思います。

そのバインダーによる対策の1つがセミプローンアスファルトの導入であり、1つがゴム入りアスファルトの導入であり、さらには樹脂の導入ということだろうと思います。

しかしバインダーの改善、導入は慎重にしなければならないだろうと思います。われわれがまずしなければならないのは、ストレートアスファルトの限界をさぐるという意味で、40～60の導入が行われたものと思います。

しかし、それでもどうにもならないという問題意識から、普通のストレートアスファルトに若干の改善を加える考え方が生まれ、セミプローンアスファルトが提起されたものと思います。

このような過程をふんでいく考え方が基本的な対応のあり方であろうと考えられます。

まずはストレートを使い、その工夫の上に、どうにもならなければ、かたいアスファルト、もしくはセミプローンを使って、なるべく工夫してみよう——と。さらにどうにもならなくなれば、さらにものをまぜ改質して対処していく必要があらうかと思われま。

たとえば、本州・四国架橋のような例は最先端の例だろうと思いますが、本四架橋がしょっちゅう流動現象を起こしておれば、これによる交通その他への影響は

非常に大きいものがあり、このような場合には、出来るだけ耐久性の良いものを導入せざるを得ないでしょう。

いずれにしても、私どもが対策を考えていくときに、配合設計の改善であるとか、骨材の選定であるとか、いろいろな工夫の積み重ねを経て、さらに次の対策として、アスファルトを中心としたバインダーの工夫に、次の救いを求め、これでいよいよどうにもならなかったら、その次へと——これがやはり、われわれの基本的な設計態度であらうかと思っています。

いずれにしてもトータル・コスト論としてのものの考え方を、その前提にふまえながら検討していくことにならうかと思っています。

このような、いろいろな対策の効果をチェックするものとして、DSの採用なども必要でしょう。

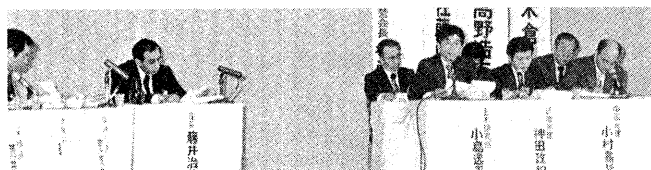
またこの問題は昔から叫ばれ、問題とされているもので、解決への道のりも遅々としてはおりますが、皆さま方の現場での地道で着実なご努力により、少しずつ前進していくものと確信致しております。

きょうの話題の中で、非常に重要な議論としては、修繕の段階で、基層まで全部新しいものにかえたほうがもちのいい表層が得られるのか、あるいは、切削は流動したところだけを切削して、表層だけをかえれば、それで済むのかといったような、管理面からの問題のとらえ方、——言ってみれば、流動を防ぐための最終厚さはどういうのがいいのか、これなどは今後、まだデータも十分尽くされてない、新しい議論だったと思います。

今後はこのようなことも加えて、さらに、実のある対策を考えていくべきものと思います。

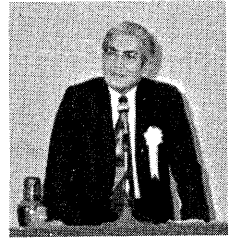
きょう、会場にお見えの皆さま方、パネルに参加された皆さま方も、これらの問題については同じような疑問と、いろいろな考えを持っておられると思いますので、それらのすべてを結集して、明日への対策の工夫がさらに前進できることを願い、きょうのパネルディスカッションを終わらせていただきたいと思います。

長い時間、ありがとうございました。(拍手)



主催者よりの挨拶

社団法人日本アスファルト協会会長 米 倉 豊



只今ご紹介にあずかりました日本アスファルト協会の会長を仰せついております米倉でございます。

今回ゼミナール開催のご案内をいたしましたところ皆様方それぞれ重要なお仕事をお持ちで、非常にお忙しいにもかかわらず、全国各地から600名に近い大勢の方々のご参会をいただき、主催者側を代表いたしまして厚く御礼申し上げます。

このアスファルト・ゼミナールは、昭和36年に第1回を開催いたしましたから、今回で36回目に当たりますが、おかげ様で、最初の会を持ちましてから回を重ねますごとに、内容的にもだんだん充実してまいり、大方の皆様方のご好評をいただくまでに至っております。これもひとえに、関係下さる皆様方の絶大なご支援とご協力の賜物と深く感謝申し上げる次第でございます。

さて、48年秋の石油危機以降、ご承知のように、日本経済も低迷をたどっておりましたが、ここ2、3年来政府は、国内景気の回復のために、内需の拡大による景気浮揚策として、公共事業を主体とした強力な財政運営を展開されております。私どもアスファルトの生産・販売に携わる者として、アスファルトの供給の安定という面で、及ばずながら国家の施策に役立たせていただいているものと確信いたしております。

昭和53年度のアスファルトの需要は、当初540万トンから550万トンという想定がなされておまして、急激な増加のために、当初は供給の安定に、いささか不安もありましたが、その後最近までの実績をみますと、当初の予想よりやや下廻っておりまして、そのために、53年度はあと約2カ月足らず残しておりますが、おかげ様で何とか供給に、不安のない状態で年度を終了することができるものと考えております。

54年度につきましては、これまたご承知のように、すでに決定しております政府の予算案からみまして、道路事業費は、53年度のような大巾な伸びは期待できないようでございますが、きびしい財政事情の中でも、比較的高い伸びになっております。従いまして、54年度も引き続き道路整備事業が、景気施策の大きな柱の

一つになるものと思われまので、私どもは新年度につきましても、アスファルト業界の立場でお一層政府の施策の一助になり得ますよう、努力いたす所存でございます。

ここで一言、石油業界の現状について触れてみますと、54年度は、われわれ石油業界にとりましても、非常にきびしい年になりそうでございます。

一つは、わが国は、原油の99.8%まで輸入に依存しておりますが、昨年暮、OPECにより、大方の予想に反しまして、原油価格の大巾値上げが決定されたことでございます。しかも今迄に例をみないような、本年1月1日積みから年内4回に分けての値上げでございまして、最終の時点では、従来に比べ14.5%もの引き上げということになっております。

次にひところのドルに対する円高のレートが、このところ安い方に動いております関係もございまして、原油のFOB値上がりのほかに、円安による輸入コストの増加という面が、また一つ加わってまいっているということでございます。

こういったコスト高のほかに、もう一つは、あるいはそれ以上に重大な問題ともいえるかと存じますが、昨今の新聞その他をにぎわしておりますイランの政情不安に基づく、輸入原油の減少ということでございます。

イランはご承知のように、OPEC諸国におきましては、サウジアラビアに次ぐ大きな産油国で、日本が輸入する原油のうち、イランの原油に対する依存度は、17%から18%に達しております。そのイランからの原油が昨年の12月の下旬ごろから、1滴も入ってこなくなったということでございます。

17~18%依存しております原油が1滴も入ってこないということになりますと、これは重大な問題でございます。もっとも、そのために、各石油メーカーといたしましても、イラン以外からの原油手当に奔走しておりますものの、需給関係によって、日に日にプレミアムがつき、しかも高いプレミアムをつけても、思うように好みの原油が手に入らない、という状態でござ

ざいます。

今後この状態がいつまで続くかは、私も予測がなかなかつきかねるところでございます。昨今の日日の情報では、ある程度長期化することは、避けられないのではないかと、というような様相を呈してまいりまして、相当に深刻になるということも、あるいは覚悟しなければならないのではないか、という状況でございます。

アスファルトも石油製品の一つとして、——このような影響をまぬがれるというわけには、——いかないのではないかとと思いますが、私もといたしましては、そういった困難な中でも、公共事業という点を最重点におきまして、今後ともアスファルトの適正価格による供給の安定に、最善の努力を傾注する所存でございますので、皆様方のより一層のご支援、ご協力を賜わりたいと存じます。

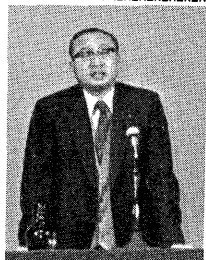
今回のゼミナールは、これら昨今の石油情勢も踏まえました上で、皆様方のご関心の深いテーマを取り上げたつもりでございます。講師にお願いしております方々は、それぞれ斯界の専門の方々でございますので、きっと皆様方のご期待にそえるものと、確信をいたしております。

幸にして、——今回のゼミナールの結果が、明日から皆様方がお仕事をお進めになる上で、何分のお役に立てば、主催者側としまして、これ以上の喜びはありません。

最後になりましたが、今回のゼミナール開催に当たり、関係の皆様方、そしてまた地元の方々から、格別のご配慮を賜わり、予定どおり開催する運びとなりましたことを、厚く御礼申し上げまして、私のご挨拶にかえたいと存じます。どうぞご清聴ありがとうございます。

『発想の転換』ということについて

建設省近畿地方建設局道路部長 高野 浩 二



本日、第36回のアスファルトゼミナールが、このように盛大に開催されましたことは、関係の仕事に携わっていらっしゃる皆様方の、アスファルト関係の技術というものに対する、なみなみならぬ熱意の表われであると存じ、深く敬意を表する次第でございます。

また本日ご参会の皆様方には、常日ごろから私も建設省で行なっております各種公共事業につきまして、何かと格段のご協力をたまわっておりますことを、本席を借りまして厚くお礼申し上げます。

さて皆様方、われわれの周囲をとり巻いております社会情勢というものを眺めてみますのに、昨今の言葉でございますけれども「高度化」ということが著しいわけでございます。これに伴う、いわゆる国民の価値感の多様化、価値感の変化というものも、また非常に厳しいものがあると考えております。われわれの周囲をとり巻く社会情勢というものは、われわれが行ないます各種の開発製品の事業というものを、なかなか執行困難な状態にさせておるといのが実情ではないか。こういった状態に対応するために、国民の欲求というものを先取りいたし、適切な開発・整備というものを行なうためには、よく言われる言葉でございますけれ

ども、われわれのほうも発想の転換というものをしなければならぬと考えられるわけでございます。

この「発想の転換」という言葉は、言いかえてみれば、できるだけ広い視野から一つの事象を的確につかみとって、適切な対応策を講ずるということではないか。この発想の転換というものは誰にでもできるわけでございますけれども、個人の知識の範囲とか、素養の範囲というものがあり、おのずから発想転換の限界というものに、大きな差があるというふうに私は考えております。

古い話で恐縮でございますが、当節のテレビなどでやっております「西遊記」という話がございます。この「西遊記」の中に非常にたくさんの仙術——仙人の術——を修得した孫悟空が、これが大へんな力を得たものですから天上界を騒がせましたので、これを鎮圧するためにお釈迦さんが天帝に頼まれて話合いに参りました。そのときに話合いの結論として、孫悟空がお釈迦さんの手の平から自分の力を総動員してとび出すことができたならば、これは孫悟空の勝ちである。この場合には天上界を孫悟空にやるよ、そのかわり、もしお釈迦さんの手の平からとび出すことができな

ったら、これは孫悟空の負けでお釈迦さんの命ずるまに長い苦行を積みねばならぬ、こういった賭けをしたわけでございます。

結果はご存じのとおり、孫悟空は自分の得意の技—筋斗雲という一飛びで10万8千里という自動車みたいなものを呼び込み、それで飛んで行って—この世のはてと思われるところまで飛んで行った、当時の自分の官職の齊天大聖という名前でここに至るということ、この世のはてに生えている5本の柱のまん中の柱に書き、飛んで帰って来た—「私は、お前の手の平どころか、この世のはてまで飛んで来たぞ」ということで、お釈迦さんに自分の勝利を告げたわけですが、お釈迦さんはニコリ笑い、手の平を開いて孫悟空に見せましたところ、その中指のまん中に「齊天大聖ここに至る」と書いてあって孫悟空の負けになるという話でございます。この話をよく考えてみますと、やはり孫悟空はお釈迦さんの手の平というものを、なんば大きくても物理的な手の平というふうに解釈しておったわけで、お釈迦さんのほうの広大無変な仏教哲学の場からは、ついに飛び出すことができなかったということではないかと思うわけです。

従いまして、われわれ開発・整備に携わる者も、こういった観点に立ってみますと、できるだけ広い知識なり素養というものを蓄えて、社会の欲求の変化というものを先取りしていくならば、むずかしい社会情勢のもとでも、正しい適切な開発・整備が進められるのではないかと。そうしますと発想の転換のもとになるのは、今申しましたように個人の知識とか、素養の範囲ということになるわけですが、こういったもの

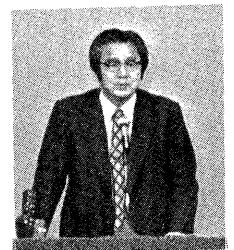
を拡大するには、どういう方法があるかということになるのでございます。単純に申しますと、読書により知識を修得する、この世の中をできるだけ積極的に研究的に生きることにより自分の知識を蓄えるということもあるわけです。何と申しましても、最も効率的に知識を蓄える方法とは、こういったゼミナールなどの場を通じて、それぞれの専門の部門の方で研究なされた成果の一番いいところだけをいただいて、みずから聴取消化して、自分の知識にする—これが最も能率がいいわけでございます。そういう意味で、本日のこのゼミナールは、その最も能率のいい機会でございますので、こういった機会を十分に生かしていただいて皆様方の知識の拡大、素養の拡大ということを図っていただきたいわけでございます。

また、本日は皆様方はご縁があって、ご出席いただいたわけですが、きょう出席できない方々のために、職場にお帰りになりましたときには、本日このゼミナールのエッセンスの部分をお教えいただいて、われわれ、この社会の開発・整備というものに関与しておりますグループの素養の範囲というものを、グループとして高めていただいて、今後より適切な社会の開発・整備に努めていきたい、というふうに考える次第でございます。

そういう意味で、本日のこのゼミナールが、より有意義であることを心から祈りますとともに、非常に有効なゼミナールを催していただきました日本アスファルト協会の、今後ますますのご発展をお祈りいたしまして、ごあいさつにかえさせていただきます。

ゼミナールを『よき思い出』に

京都府土木建築部長 佐藤 尚徳



第36回アスファルトゼミナールが京都市で催され、全国の皆様方がお集まりくださりまして心から歓迎を申し上げます。

初めに、京都府はどういうところであるか—技術的、道路的なことをご説明を申し上げますと、人口が約250万、そのうち半分は京都市の人口でございます。面積は4,600km²、非常に細長くご存じのとおり奈良から丹後の海までが、その府域になるわけで縦に約150

kmの距離がございます。

道路延長は全部で12,500km、舗装されておりますのは40%でございます。京都府が管理しております延長は2,360km、舗装率は85%となっておりますが、そのうちの約半分はまだ簡易舗装という状態でございます。府の道路につきまして質の高いもの、よりよくしていきますために年間約1,000kmの舗装強化、簡易舗装をよくしたり強化ということを進めております。—ア

スファルト舗装に関するいろいろな問題点、技術的な問題点については大へんに関心があり、私も自身努力をいたしておりますけれども、このようなゼミナールなどの機会に、新しい技術を修得いたしたいと、皆様方と同じように考えております。

京都というところは、ご存じのとおり伝統的な日本人の心であるとか、あるいは芸術・美術の発祥の地でございます。奈良と京都を含めて、たくさんの神社・仏閣とか名所古蹟がございます。私も若いときに、ゼミナールに出た思い出がありますが、どこそこで開かれるといいますと、ゼミナールと共に、その開催地の名所等を見ることも楽しみの一つでございました。スケジュールの合間をみまして、いろいろ見学していただきたいと存じます。私がゼミナールに参加したのは20才代でございまして、その頃は、アスファルトがやっと入ってくるか、入ってこないかという時代でした。コンクリート道路が主体でございましたが、思い出しますと、あの当時のコンクリートは——今はなくなっておりますけれども、A Eコンクリートというのがあり舗装にも使おうかという時期であったことを覚えております。

ただいま高野部長さんからのお話にもありましており、やはり得ました新しい知識は、職場に戻られ、同僚あるいは先輩の方に伝える機会をお持ちになっていただきたい、と私も考えております。と申しますのは、私が道路関係でゼミナールに出ましたのは、そのA Eコンクリートぐらいであり、本日の講義の中にあ

る新しい知識に関しては、私自身も知らないわけでございます。特にご年輩の方々は、このような機会に接することが少のうございますので、そういう得られました知識につきましては、ひろく関係筋に伝えられますようお願いをいたします。

これも道路に関係いたしますけれども——「ご馳走」という言葉がございます。これは京都の古いしきたりから出たという説がございます。先ほども南北に長いと申上げましたが、京都府は丹波には山の幸あり、若狭、日本海には海の幸ありで、京都・奈良でお客人をもてなしますのに、馬を馳せて走り回って、山の幸・海の幸を集めたということから——「馳走」という言葉ができた——京都の経験から、あの言葉ができたという説がございます。昔は馬で山道を走ったと思いますが、今でも山の幸・海の幸は運ばれてまいります。舗装道路を通して来るわけでございまして、今の季節は北のほうからブリであるとか、カニの新鮮なものが市内に出回っております。私も以前は東京にいましたが、京都に参りそういう海の幸・山の幸の味が非常に新鮮であることに気がつきました。今は馬で走りませんが、私どもの生活をうるおすためにも舗装道路の整備に、私どもは今後とも日夜努力していかなければならないと考えております。

本日のゼミナールには、いろいろ関係の方にご尽力をいただきまして、京都府におきまして盛大に開催されましたことを深く御礼を申上げる次第でございまして。

第36回 アスファルト・ゼミナール（京都）参加者数内訳

昭和54年2月9日

参加者 地区	A 建設省	B 公団 都道府	C 県庁 市役所 (町村)	D 民会 民間社	E 学 その他	F 会 社員	招待者	計
北海道	1	7	4					12
東北	2	14		1		3		20
関東	10	11	5	11	35	75	10	157
京都府	12	18	31	29	1		10	101
中部	19	9	15	8	11	11		73
近畿	22	6	2	45	5	18	20	118
北陸	3	4	3			3		13
中国	1	12	7		1	5		26
四国・九州		41	12		1	4		58
沖縄		2						2
計	70	124	79	94	54	119	40	580

舗装材料今昔

日本アスファルト協会名誉会長 谷 藤 正 三
日本道路協会舗装委員長



「舗装材料の今昔」という表題を与えられましたので、思いつくままにお話し申し上げます。このところ道路協会史や道路史、土木学会などからいろいろな歴史的資料がたくさん出ております。その中には材料がどういう時代に、どういうふうに変ったかというふうなことは、みんな書いてございます。ただ、その中で私が見て感ずることは、歴史的に工事がどういう形で変わって、どういう材料を使って変わったかということについては、非常に細かく書いてある。ところが、なぜ、そういうふうに変ったのかというふうなことは、ほとんど記録がない。ということは、都合の悪いことは、あまり書いてありませんし、雑誌なんかでも載せておりません。また、時代とともにどんどん人が変わって、ちょうど私たちと同じように、さんざん苦労しながら育った人たちは、第一線をしりぞかれたり、民間におられるというふうな時代になってしまっ、過去の苦心談といえますか、本当に知っておくべきこと、基礎的な知識などがほとんど目につかないような形になっている。——材料がどういうふうに変ったかということよりは、むしろ、なぜ、そういう時代にそういうことをやらざるを得なかったか、ということを中心にして、ひとつお話し上げて、何かの参考になれば、と思います。

ご承知のように道路舗装は、今でこそ90%アスファルト舗装といっており、戦後に手がけて伸びてきたような印象をおもちでしょうが、アスファルトの歴史は非常に古いのです。明治の末期から大正の初期にかけて全部で上がったものが、神戸にしても、東京にしてもアスファルト舗装だったのです。その当時、木塊舗装とか、いろいろなことをやっておりましたけれども、大正12年の大震災で木塊が全部燃え上がった、これはいかぬというので、それからビタリとやめてアスファルト舗装に変わった。そのもっとも古いものは、明治神宮外苑のアスファルト舗装——藤井真透先生が

おやりになった舗装は、実際には20年の寿命なんというものでなくて、戦後ずっと20年近く使っておりますから、戦後あわせて30何年、40年近くの寿命を持っておったわけです。そういうものが、全国あちらこちらにたくさん残っており歴史がある。

ただ残念ながら当時の日本の国政、経済状態が高級アスファルト舗装というものを使っていくには、もち切れなかった。そこで昭和2年、牧彦七という、われわれの大先輩が、東京市の局長時代に、アメリカで乳剤を始めているらしいから、乳剤という冷やしたままで使える舗装の方法があるらしいから、勉強せいということになって昭和3年に乳剤を日本でやろうじゃないかということで、当時の東京市の土木試験所におられた岸文雄さん（現在、日本道路協会名誉会員）——あの人の若い時代に何もないので、ごはん炊きの釜と、すり鉢の練すりこぎと——これで乳剤を、アスファルトと水と混ぜて分離しないようにならぬかという勉強を始めた——これが昭和2年です。それでその当時は、乳化剤というのは何だかさっぱりわからないので、澱粉と珪酸ソーダを使いながら、いろいろなものをどんな配合にしたらアスファルトと水と分離しないか、というふうな勉強をしておったわけです。そのあとで、ミルクを作るときのホモナイザーをやっと見つけて、手で練り混ぜていたものを機械的に練り混ぜるというやり方になった。折しも昭和3年にアメリカから初めて乳化剤が見本として日本に輸入されております。ですから乳剤時代といえるのは——これなら何とか使えるかと言った時代は昭和3年から昭和11年頃です。ただ、11年から12年頃までの乳剤は、毎日とにかく材料が変わる。温度の具合だとか、混ぜる時間のタイミングだとか、いろいろなことで乳化剤そのものが安定した形でなかったから、毎日ででき上がってくる乳剤そのものも違う。ちょうど東京市にも乳剤工場があり、東京府にも乳剤工場が2ヵ所あって、そういうところで乳

剤を作っているのだけれども、昨日の乳剤ときょうの乳剤は、乳剤が違う。現場のほうでは下手すると途中で分離してしまう、非常にうまくいくときもある。裏方の乳剤工場の主任は毎日怒られる話ばかりで、ほめられる話は一つも出てこない。今みたいにカチオンだ、アニオンだというふうな乳剤は、工場ですらにで上がるのは当りまえだという——そんな乳剤でなかったわけです。

そういう時代を経ている間に、一方、昭和6～7年の東北の大冷害によって失業者がたくさんできる、娘は全部東京に売らねばならぬという時代が出てきて、当時あった内務省が失業救済対策事業を始めた。そのあおりで仕方なしにセメントがあるからコンクリート舗装をやろうかと——内務省だけがコンクリート舗装を始めている。青森、盛岡付近、仙台の白河付近、それから碓氷峠、浦和、大宮のあたりで仕事を始めた。このコンクリート舗装を15cmの厚さで施工しながら、いろいろな引張実験をやって牽引抵抗が幾らだとか、温度に対する膨張係数が幾らだとかいうふうな、いろいろなことをやっていました。ところが、そういう実験データは記録として一部の雑誌か、第7回の道路舗装国際道路会議に発表されているだけで、一般にはなかなか手に入らず、多くの人の目にふれないで終わっています。

その後は戦争時代に入ったから、ほとんどもうアスファルト舗装もコンクリート舗装もやらない、それで終戦になった。——進駐してきたアメリカ軍は自分たちの走る所だけ舗装を始めた。敗戦直後の日本では材料がうまく調達できなくて、液体アスファルトをアメリカから持って来て、自分たちの通り道だけを舗装をして、われわれ日本人はほこりの中で暮らしている、という状態が続いたわけです。

ところが、あまりひどいので、そのうちに日本の道路を直せということで、昭和23年に建設院——建設省の前身が生まれ、道路の維持修繕の5ヵ年計画をたてて持って来いということになった。えたりかしこと道路

局は修繕計画をたてて舗装を始めることになったけれども、当時はアスファルトは手に入らない、仕方なしにコンクリート舗装でいこう、つまりセメントは国産だから石油は輸入しなければならぬので、コンクリート舗装を始めたわけです。コンクリート舗装を15cm、20cmという厚さで始めてやってみた。しかし車のほうがどんどん発達してトラックが大型になる、交通量がふえる——3年か4年たつとコンクリート舗装は全部われてくる、割れた跡始末を片づけて歩くのにものすごい金がかかる。何のためにコンクリート舗装をやったのかかわからない、という時代が続いている間に、先ほどの話の昭和6～7年に施工したコンクリート舗装は、ひびが入ってもなかなかでこぼこになってこない。一体なぜ昭和6～7年のコンクリート舗装が15cmの厚さでやっているのに、同じトラックが走りながらわれ目が入るけれどもでこぼこができないのか。片方は戦後に行政協定に基づいて施工したコンクリート舗装は、われてきたら雨が降る、雨が降ったら中に浸透して路盤がどんどんやられてしまう、でこぼこができてしまつてトラックが走れない、なまじっか舗装があるから車が走れないという状態が4～5年続いたわけです。それで、おかしいのじゃないかという訳で昔の舗装をこわして調べてみたら、その中には全部、いわゆる鉄網が入っておった。鉄網というものが入っているということは記録には一つも残っていないのです。内務省の初めてやった直轄工事の、その当時の道路主任技師が、どこで、どういうふうにして鉄網を入れるということに設計を考えたのか、記録もなければ、ほとんど実験も残っていないのです。調べようと思っても、その当時の主任技師はみんななくなっておった。ほんとうの姿は誰にも聞けないという状態だったわけです——なるほどこういうことをやらなければならないのか、鉄網を入れるコンクリート舗装というものに切りかえなければだめなのだ。——こわしてみても初めて判った。コンクリート舗装というのは、理屈どおり設計はやっておつても駄目なのだ。いろいろな条件に対応するためにはアンノン・ファクターをどう生かそうか、そのアンノン・ファクターに対応するための一つとして、鉄網を入れよう、単なる鉄網ではなく鉄筋の網を入れようという形に変わってきたわけです。

当初、同じ舗装の中に鉄網を入れるなどということに対しては、道路局の中でえらい議論になった。私は

その当時、土木試験場において——今の研究所です。その土木試験場の意見と道路局の意見とはまっ向から対立したまま動かない、そんなもったいないことをやる必要はない、自信があるかと言われると誰も自信がない、 m^2 当り何百円かふえる、そんなばかなことを全国に対してやらせることができるか、できない、という議論が続いておって、結局ふちから一番危ないところから順々に入れていこうじゃないか、まん中辺はやめておこうやというのが一つのスタートだったわけです。ところがスタートしていくと、やっぱり現場からみれば少しでも安全なほうがいい、何んとかかんとか言いながら全体に鉄網を入れるのが当りまえというふうに、いつの間には流れていった。

そのうちに昭和33年になって、ちょうど私が名古屋の中部地建の企画部長で来ておった当時、本省から呼び出しがきて、第2次道路5ヵ年計画をやるについて、今後の工事のやり方をどうするかということを考えようじゃないか、道路工事懇談会という名前で委員会を作ろう、私が舗装の責任者になって、道路局の中と各地建の方々にみんな出てもらって、各部門に分かれて、いろいろな調査を開始したわけです。

一方、昭和20年代後半から33年までコンクリート舗装と平行して、乏しい予算の中で他の材料による舗装に苦心しておった。松根油を使ってやってみたり、あるいはオイルサンド、新潟とか秋田のオイルサンドを試してみたり、あるいはまた新潟県の青海にある石灰、セルロイド工場の石灰を試してみたり、それから電力会社、ガス会社のタールを使ってみたい、いろんなことを繰り返しやりながら、それであるものは失敗し、あるものは成功した。タールのなかで一番成功したのは岐阜の市役所、これは徹頭徹尾タールの舗装で農道まで舗装を仕上げた。そのかわり維持修繕の係を4班か5班かつくって、毎日1回は回らせて穴ができたらずぐ埋めるということで非常に立派なタール舗装ができあがった。

いろいろ途中で道草がたくさんある、道草がたくさんあるんだけれども、そういうことはあんまり工事報告に載ってこないもんだから、載ってこないものはいまの道路史だとか、いろいろなところに書いている材料だとか、工事報告の中からはオミットされている。

ちょっとやそつとの経路で、現在の体系に入っているわけじゃないわけです。それらのものそれぞれが、その当時の人たちが全部いろんなことを苦勞しながら、それを全部集めて議論しながら、そしてやってきた歴史があるわけです。

それで昭和33年にスタートした工事懇談会では“これからの舗装をどうするか”設計・施工・材料までの検討に入った。ちょうど昭和25年に石油の再開、石油輸入をやって精油所がほとんど回転できるようになった。こうなってくるといや応なしにアスファルトがバイプロダクトとして当然出てくる。自動車の伸びに合わせて石油が入ってくる、そうするとバイプロダクトを持って余すだろうと。一つこのアスファルトを有効に道路に使ってやろう、改めて土木研究所で実験してみよう、とにかく材料を買う金もないような土木研究所の中で材料を集めてきては実験をやりながら、それで何とかこれはアスファルト舗装になるだろうと。——昭和24年に私はアメリカへ6ヵ月ばかり行きまして、あらゆる資料を集めてきて最初に作ったのが道路協会のアスファルト舗装要綱です。そんなことで、何とかアスファルトを使える時代になるだろう、それではアスファルト舗装にするのとコンクリート舗装にするのと、どういう利害得失があるのかという調査を始めた。ちょうどあのときにはコンクリート舗装がどうしても諸工費が非常に高くなって m^2 当り3,000円、アスファルト舗装はステージコンストラクションでいけるだろうと、そうすると m^2 当り2,000円、1,000円の差がつく、第2次道路5ヵ年計画の舗装延長を割算をやってみると、アスファルト舗装にすると全体として全国で4,000km延びるという計算になる、舗装の長さが。

そのときも非常に議論があつて、道路局はセメントは国産であるからコンクリート舗装でいくべきだ。現場のほうに言わせると、コンクリートであろうがアスファルトであろうが乏しい予算の中で舗装は延ばしていきたい——とくにあの当時の2号国道は往復でまともに走らないような時代、それで鈴鹿峠だってまだまともでない時代、そういう時代だから何とかして早く車が走れるようにしたい、1km行って300m戻ってすれ違いをやっているよりは、とにかく早く道路の改良をやつて、ほこりがたたんようにすることが先決じゃ

ないかという議論が最後に勝って、主体をアスファルト舗装に切りかえようという形に、昭和34年の春にきまったわけです。直轄の現場は全部コンクリート舗装でやってあったわけです。だからアスファルトのAの字も知らない。県の人たちだけがアスファルトを簡易舗装とかいろいろなことをやっている関係で知っておるというような状態。それで急遽アスファルトのトレーニングをやるのに大騒ぎになった。むしろ業界に伺いをたてて聞いているような形で、その間1~2年、一生懸命勉強した。直轄はむしろ監督、指導じゃなくて、いかにしてアスファルト舗装をまともにやれるようになるか、むしろこっちが教育を受けるような形で仕事が始まった。

ところがそういうふうにアスファルトを使い始めたから初めのうちは、昭和25年から33年までの間はアスファルトが余っちゃって、タンクに詰めておくのにもったいないから、ただでもいいから持って行ってくれと言った石油会社が、とたんに今度は話ががらっと変わり、缶に詰めるのに1,200円かかるとか、えらい高い話になって工場でドラムに詰めるまでの間に1,000円くらいになってしまった。どんどん値上がりするからやめようかと言ったらそれは困るというんです。そういうことならやめる、やめないを繰り返しながら、やっぱりアスファルト舗装にしていって舗装延長がどんどん延びるもんだから、時代がそのほうに波にのったままで、アスファルト舗装がずっと進んできたという形になってきているんです。

だから最近になってくると、またコンクリート舗装もアスファルト舗装も、値段は同じじゃないか、同じなら何もアスファルト舗装でなくてもいいじゃないかという議論がまた生まれてくるわけです。ホワイトかブラックかという議論よりは、路盤とかそのときの気象条件で、いろんな条件にからませていずれがもっとも合理的な設計であるかということに帰するんであって、アスファルトがいいんだからアスファルトでいかにやらんとか、コンクリートがいいからコンクリートでいかにやらんとかいうふうなことは、現場の条件によって非常に違うんじゃないかと思うんです。どうも誤解されちゃって、いろいろな意味において右か左か。日本人というのは右か左か割り切らないと、ど

うも落ちつかない人種なものだから、年中議論がこんがらかっているんだけど、ローカルのコンディションによって、その土地に合うものを使うと、これがほんとうの姿だと思うんです。

そういう点でいろんなことが、今後またおきると思うんです。アスファルト舗装要綱も先だって改訂をやりました。コンクリート舗装もいま改訂の準備をしておりますので、もう2~3年たてばまた新しく改訂版が出てくると思うんです。したがっていまの舗装要綱は、最初に出た舗装要綱みたいな翻訳版的舗装要綱ではなしに、完全にいままでのわれわれの経験というものを、戦後の30年の経験というものを積み上げた舗装要綱にかわってきているわけです。そういう点ではいろんな意味で非常に皆さんの参考になると思いますけれども、ただ「要綱適用上の注意」に書いているように、それは東京を中心とした理論的な体系で固めてあるんであって、沖縄から北海道までのあらゆる気象条件に対応できるような、そういう要綱というものはつくり得ない。それだけに皆さんのほうではその読み方を、どういうふうに読むかということは、その土地のローカルの条件に合わせてひとつやっていただきたい。そうしないと非常に事故をおこす原因になってくる。

その辺のところを今後とも、アスファルト舗装そのものといえども、要綱にも書いてありますとおり、いろんな新しい材料が、新しい種類のものが生まれてきている。コンクリート舗装でも昔と違った形で材料が変わりつつある。しかしながら基本的には2つの体系の中でほぼ動いているわけなので、あんまり1つのものにこだわらずに、われわれが乳剤をつくるときに自分自身で非常に苦労したように、たまには乳剤工場の現場で材料を作られるのを見ていただいて——また、プラントの生コン買うからいいやということじゃなしに、生コンのコンクリート工場の中へ入ってもらって、材料がどういう形にできるから、自分のところは何をどういうふうにするべきかということを、そういうひとつの勉強というものをベースからしていただきたい。これをつつ最後をお願いいたしまして、私の話を終らせていただきます。

空港アスファルト舗装の 構造設計における考え方と 設計法の現状

福 手 勤*

- 1.はじめに
- 2.空港舗装の特質
- 3.等価単車輪荷重(Equivalent Single Wheel Load)
- 4.航空機のカバレッジ(反復作用回数)
 - 4-1 舗装横断方向の交通分布
 - 4-2 等価輪荷重係数(Equivalent Wheel Load Factor)
- 5.経験的設計法
 - 5-1 CE法
 - 5-2 LCN法
- 6.理論的設計法
- 7.おわりに

1. はじめに

我々が自動車を利用する時には、出発地から目的地に着くまで絶えず道路の上を走っているため、乗り心地という面から道路舗装には一応の関心を持たざるを得ない。これに対し、飛行機による旅行では、そのほとんどの時間を雲の上で過ごし、しかも離陸時・着陸時には一抹の緊張感と安堵感から舗装を觀賞する余裕もないため、空港舗装に深い関心を持っている乗客はほとんどないと言ってよいであろう。

このような空港舗装も、それに携わる技術者の立場から見れば、総重量が350tonを越えるジェット機が時速300km以上の速度で安全に着陸できる舗装構造を要求されたり、操縦席のパイロットの計器読み取りが正確にできるように、きびしい平坦性が要求されたりするなど、道路舗装に優るとも劣らぬ重要な土木構造物と言わざるを得ない。

本小文では、道路舗装と比較しながら空港舗装の特

質を記述した後、空港舗装の設計に用いられている基本的な概念をいくつか説明する。最後に現在世界で採用されている空港舗装設計法のうちの代表的なものを簡単に紹介する。

2. 空港舗装の特質

道路も空港も舗装の持つ本質的な役割りに違いがあるわけではないが、荷重条件が異なるため両者の構造設計における考え方にも若干の差があるようである。ここでは荷重条件などの違いを見ることによって空港舗装の特質、特に構造設計という面から見た特質について考えてみよう。

まず荷重の大きさから見ると、航空機の全重量の90%以上が2ないし4本の主脚によって支えられており、現在就航中のジャンボ機やエアバスでは、1本の主脚あたりの荷重は表-1のように80~95tonにも達する。

表-1 大型航空機の諸元

機 種	B-747-200B	L-1011	DC-10-30	DC-8-63
総重量(ton)	353.2	196.0	253.1	162.4
脚荷重(ton)	82.5	92.6	95.5	78.1
タイヤ接地圧(kg/cm ²)	14.4	12.7	12.5	13.7
車輪間隔	SA(cm)	111.8	132.1	81.3
	ST(cm)	147.3	177.8	139.7

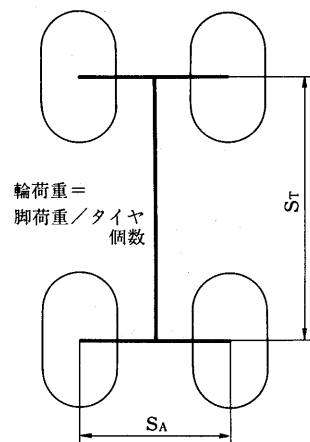


図-1 航空機の主脚の様子(複々車輪)

* 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室

これら大型航空機の主脚は図-1のようにタイヤを4個づつ持っているので、輪荷重としては20~24ton程度となり、自動車の輪荷重に比較してかなり大きい。しかも航空機の場合、各タイヤが接近して配置されているため、舗装の深い部分では4つの輪荷重のかんりの部分がオーバーラップして作用するようになり、設計に際しては輪荷重というよりも脚荷重に近い値を考えてゆく必要があることになる。これについては3.で詳しく説明する。

輪荷重の増加につれて、タイヤ接地圧も従来より大きくなってきている。現在のジャンボやエアバスクラスで12~15kg/cm²に達し、自動車の場合に比較して2倍前後の値を示している。接地圧が大きくなると強固な舗装構造が必要となることはもちろん、舗装表面は「押し抜き作用」を受けることになり、それに耐え得る舗装材料が要求されることになる。

次に交通量の面から見てみよう。成田空港が開港した現在、わが国で最も交通量の多い空港は大阪国際空港である。この大阪国際空港では国際線に就航する大型機からローカル線を飛ぶYS-11までをひっくるめると毎日330回程の離発着回数になる。ところがこのような、わが国で最大の交通量も幹線道路の交通量に比較すればかなり小さく、さらに4.で説明するカバレッジや等価輪荷重係数を利用すれば、設計に考慮すべき交通量はもっと小さくなることになる。空港における航空機の交通量は空港施設のもつ物理的制約、安全性から見ても今後大きく増加することはなく、交通量が少ないということは空港舗装の特質と考えることができる。

さらに空港舗装を平面的に見た場合、その用途に応じて、滑走路・誘導路・エプロンに大別される。これを舗装構造の面からながめると、誘導路やエプロンの一部、滑走路の端部などでは燃料や乗客を満載した荷重を想定して設計されるのに対し、翼に揚力が働く滑走路中間部や、燃料の積載量が少ない脱出誘導路などでは舗装厚を減少することができる。このように、同一の航空機でも積載量や速度によって舗装に及ぼす影響が異なり、それらは空港内の場所によって大体決まっているので、舗装構造を分けて考えることもできるのも空港舗装の特質である。

これらのことを簡単にまとめると、道路舗装と比較した場合の空港舗装の特殊性は、交通量は少ない反面、荷重は大きく、空港内の場所によって舗装が受ける荷重の大きさが異なるのに応じて舗装構造も変化させているということになろう。これ以外にも空港舗装のもつ特殊性として、

- ①. 高速走行時の制動力による水平荷重
- ②. 航空機がターンする時のねじり力
- ③. ジェットブラスト
- ④. 燃料のまき散らし

などが考えられるが、これらは現在のところ舗装材料の面から対処されているため、ここでは詳しくはふれないことにする。

3. 等価単車輪荷重(Equivalent Single Wheel Load)

等価単車輪荷重(以下 ESWL と略す)の考え方は道路舗装には使われていないが、空港舗装では航空機の輪荷重が相互に影響し合って舗装中に伝わってゆくため、このESWLの概念が必要となり現在も設計に使われている。

ESWLとは車輪群が舗装中のある点に及ぼす効果と同じ効果を生ぜしめる単車輪荷重のことであり、その接地面積は車輪群の個々の車輪の接地面積に等しくとるのが普通である。舗装の表面に近い部分では各車輪の影響は独立しているためESWLは小さいが、深くなるにつれて次第にその影響がオーバーラップしてきてESWLも大きくなってくる。また基準値として応力・ひずみ・たわみなどのいずれを採用するかによってもESWLは変ってくる。

ESWLの考え方はBoydとFoster¹⁾によって1950年

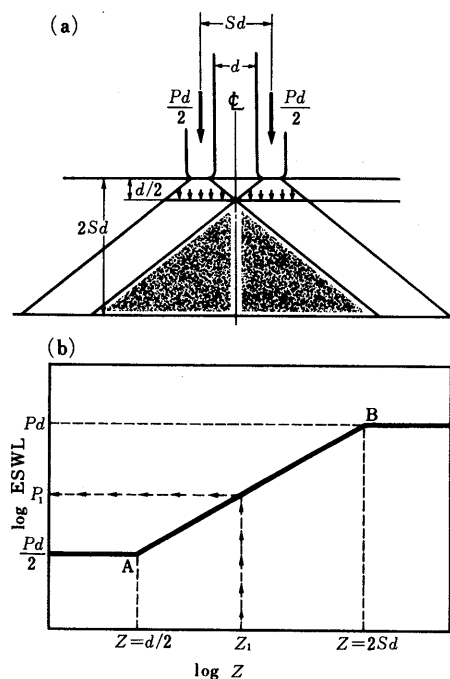


図-2¹⁾ BoydらによるESWLの考え方

に初めて舗装設計に利用されたが、彼らは応力を基準値と考え、路床上の垂直応力が等しくなるようなESWLを定義した。

Boydらは計算を簡単にするために図-2(a)のように応力は下方45°の角度で分散してゆくとみなし、 $d/2$ の深さまでは各車輪は独立して働くと仮定した。さらに2Sdの深さを越えとすべての荷重がオーバーラップすると考え、 $d/2$ と2Sdの間ではESWLは図-2(b)のように両対数紙上で直線変化するとみなした。またU.S.Navy(米国海軍)では、舗装中の応力は荷重からの距離の2乗に反比例すると仮定してESWLを求めている。これらの簡略法に対し、弾性厳密解を利用して応力に関するESWLを計算することもできる。図-3の実線と破線、1点鎖線はB-727に対して、これらの方法で計算されたものであるが、BoydらやU.S.Navyの簡略法の方が厳密解よりも大きなESWLを与えているため、舗装厚の設計に用いる場合には安全側であることがわかる。

1958年になると、FosterとAhlvin²⁾は路床面上のたわみを基準値としたESWLを発表した。これは弾性理論の厳密解を利用して計算されるものである。

半無限体弾性理論によれば、表面に半径 a 、荷重強度 p の荷重が載荷された時に、深さ z 、半径方向の距離 r の点におけるたわみ Δ は、ポアソン比を0.5とすれば、

$$\Delta = \frac{pa}{E} F(z/a, r/a) \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。ここに E は地盤の弾性係数、 F はたわみ係数と呼ばれ z/a と r/a の関数で図-4のような値を示す無次元量である。この式を互いに接近した各車輪に対して適用し、それらを加え合わせることによって車輪群によるある深さのたわみを計算し、さらにそれと等しい接地面積をもつ単車輪によるたわみも計算すれば、両者のたわみが等しくなるような単車輪の荷重強度が得られ、ESWLも求められることになる。B-727に対してこの方法で計算されたESWLが図-3の2点鎖線である。舗装の浅い部分では、応力を基準値としたものよりも大きなESWLを与えて、舗装厚の設計のことを考慮すれば安全側となっているが、深くなるにつれてU.S.Navy法とよく一致するようになる。現在わが国の設計法³⁾では、このたわみを基準値としたESWLが採用されている。

今まで説明した方法はいずれも舗装を半無限弾性体と仮定している。これらに対しHuang⁴⁾は2層弾性理論を利用してESWLを計算した。その基準値としては路床面の垂直応力とたわみ、および表面のたわみを考えているが、2層計算では路床のたわみを採用した時が

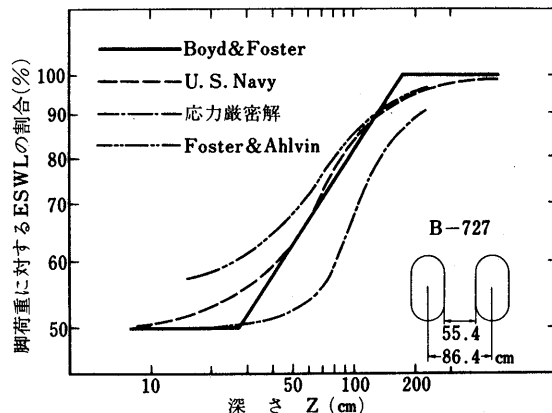


図-3 各種計算法によるESWLの比較

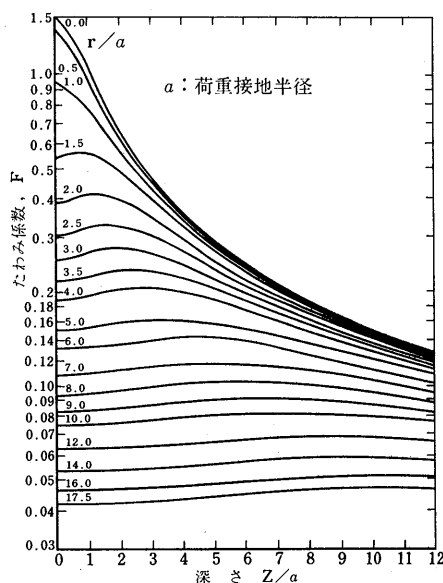


図-4 たわみ係数

表-2⁵⁾ 各機関で採用されているESWL計算法

基準	機関	仮定条件
路床垂直応力	カナダ	半無限弾性体
	FAA	半無限弾性体 代表的脚配置のみ
	U.S.Navy	半無限弾性体 $h=30\text{cm}$ のみ
路床たわみ	Corps of Engineers	半無限弾性体
	Asphalt Institute	2層弾性体 27ton以下の航空機のみ

最大のESWLになるようである。また上層と下層の弾性係数比が大きくなるほどESWLも大きくなり、現行の半無限弾性計算から得られるESWLは小さすぎると指摘している。

最後に、現在各機関で採用されているESWLの計算法を表-2にまとめておく。⁵⁾

4. 航空機のカバレッジ (反復作用回数)

空港舗装の設計にとって、もう1つの重要な概念はカバレッジの考え方である。カバレッジは「舗装のある点の上を車輪が通過する回数」と定義されている。道路舗装では車両の走行車線が決められていて、ほとんどの車両が同一個所を通ることから、カバレッジの考え方をとることがなかった。これに対し、空港の滑走路では巾が45mから60mもあり、航空機の走行は舗装のセンターラインを中心に横断方向にちらばるため、合理的な舗装設計のためにはカバレッジを考える必要がある。また混合交通のカバレッジを標準荷重のカバレッジに直すのは、道路舗装において混合交通量を5ton輪荷重の交通量に変換するのと同様に等価輪荷重係数を用いることになる。舗装のセンターラインからxの距離の点における、標準荷重として選んだ航空機のカバレッジyは次式で表わされる。

$$y = \sum_{j=1}^J p_j f_{xj} F_j \dots\dots\dots (2)$$

ここに添字jは航空機種を表わし、pは交通量、fxは主脚がセンターラインから距離xの点を通る確率、Fは等

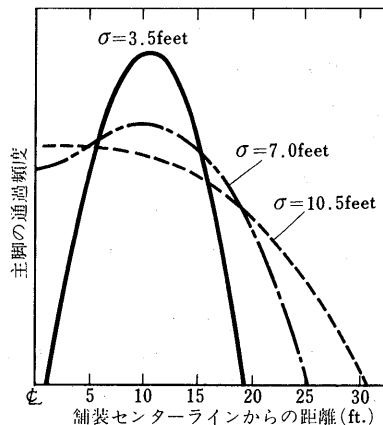


図-5⁶⁾ 交通分布形に及ぼす標準偏差の影響

価輪荷重係数、またJは設計に考慮する全機種数である。この式から舗装の構造設計に必要な標準荷重のカバレッジの計算には、交通量の予測、舗装横断方向の交通分布、ならびに航空機荷重の重み付けをする等価輪荷重係数が必要となることがわかる。以下に交通分布と等価輪荷重係数について説明しよう。

4-1. 舗装横断方向の交通分布

航空機の横断方向の交通分布は、舗装のセンターラインと航空機の胴体の中心線が一致した時の各主脚の位置を中心にして、ある標準偏差をもった正規分布と仮定されるのが一般的である。

図-5は標準偏差の違いによる交通分布形状の差で、

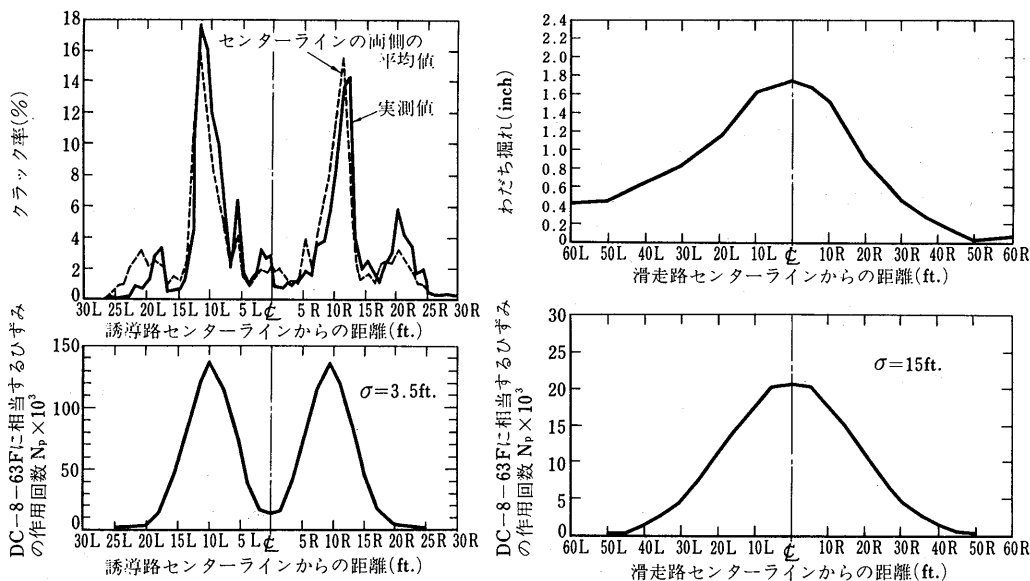


図-6⁷⁾ 実際の空港における交通分布の標準偏差

Deacon⁶⁾によって計算されたものである。この図から、標準偏差が小さいうちは各主脚の位置の近くにピークがあり、標準偏差の増加につれて両側の主脚の軌跡が重なってきてセンターライン上にピークが現われるようになることがわかる。また図-6はWitczak⁷⁾によって示されたもので、米国のある空港での舗装における交通量の横断分布をクラックやわだち掘れから読み取り、それを正規分布で近似したところ、誘導路、滑走路での標準偏差はそれぞれ3.5ft, 15ftとなったことを表わしている。このように航空機の横断方向の交通分布は誘導路と滑走路ではその様子が異なり、特に誘導路においては比較的交通量が集中し、道路における交通分布に似てくるようである。

さらにわが国での測定によれば、滑走路幅が広いほど横断方向交通分布の標準偏差も大きくなることが明らかになっており、実際の設計にも採り入れられている。³⁾ 図-7, 図-8はその様子を表わしたものである。設計に当たっては、車輪の接地幅を30cmと仮定し、舗装のセンターライン上の30cm幅の部分で車輪が通過する確率を正規分布の数表から読み取って作成した表-3を利用している。この表から、60m幅の滑走路で

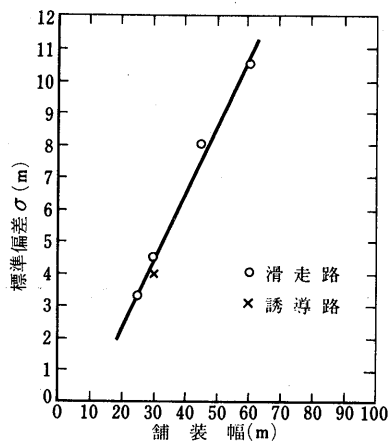


図-8³⁾ 舗装幅と横断方向交通分布の標準偏差の関係

表-3³⁾ 交通量からカバレッジへの変換係数

舗装の横断方向の幅 (m)	α
20	0.05
25	0.04
30	0.03
45	0.02
60	0.01

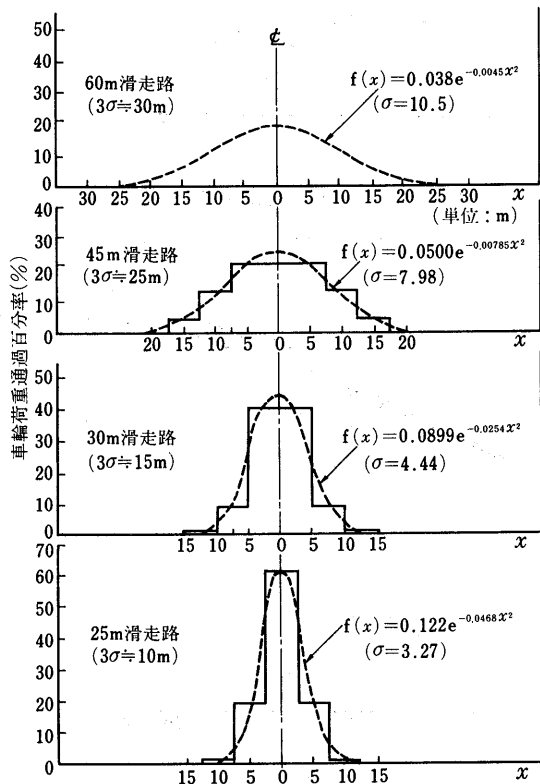


図-7³⁾ 滑走路横断方向航空機荷重分布

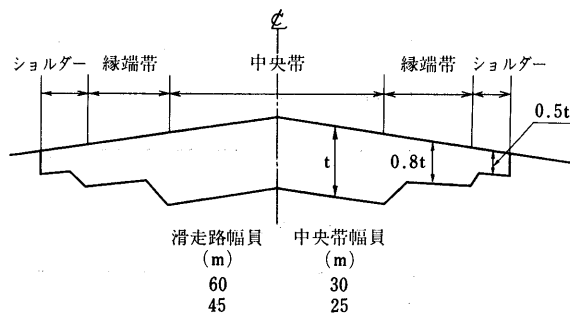


図-9 Keel Section

は100回の交通量が1カバレッジに相当することがわかる。

これらの考え方からすれば、滑走路や誘導路のショルダーに近い緑端帯では中央帯に比較してカバレッジがかなり少なくなるため、図-9のように舗装厚の減少が可能となってくる。このような断面は、船の竜骨の形に似ていることからKeel Sectionと呼ばれている。

4-2. 等価輪荷重係数(Equivalent Wheel Load Factor)

標準荷重のカバレッジを計算するのに必要な等価輪荷重係数は、舗装の設計に際していろいろな荷重を標準荷重に変換するための重み係数のことであり、道路舗装にも使われている。

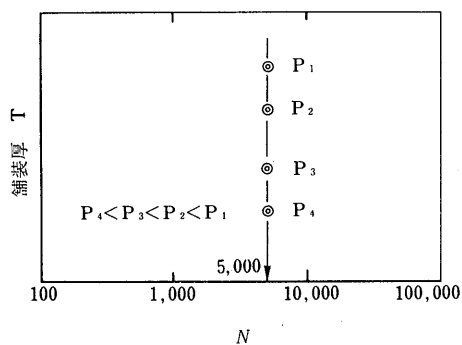


図-10 CBR法の基本式から得られる舗装厚T

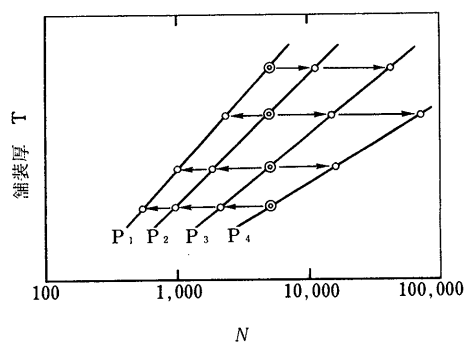


図-11 荷重が変わった時の寿命の変化

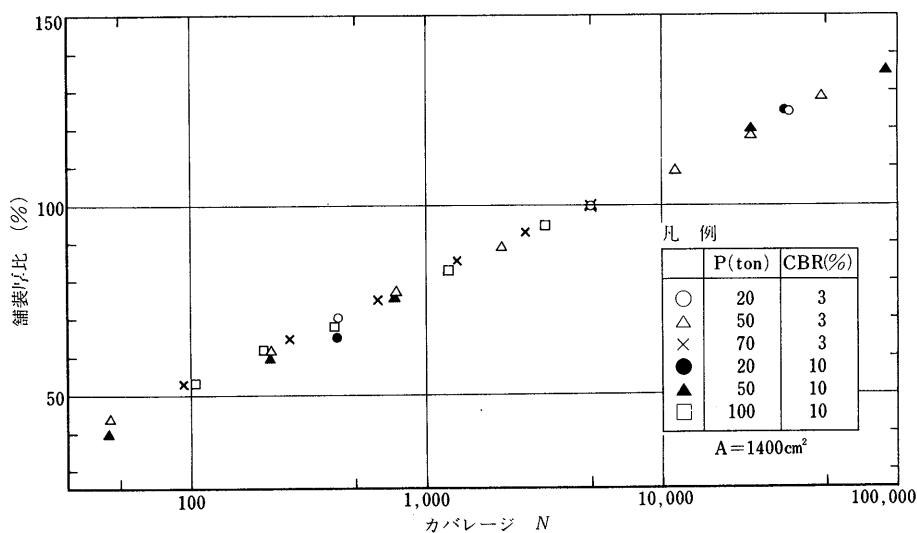


図-12 舗装厚比とカバレッジの関係 (空港アスファルト舗装構造設計要領)

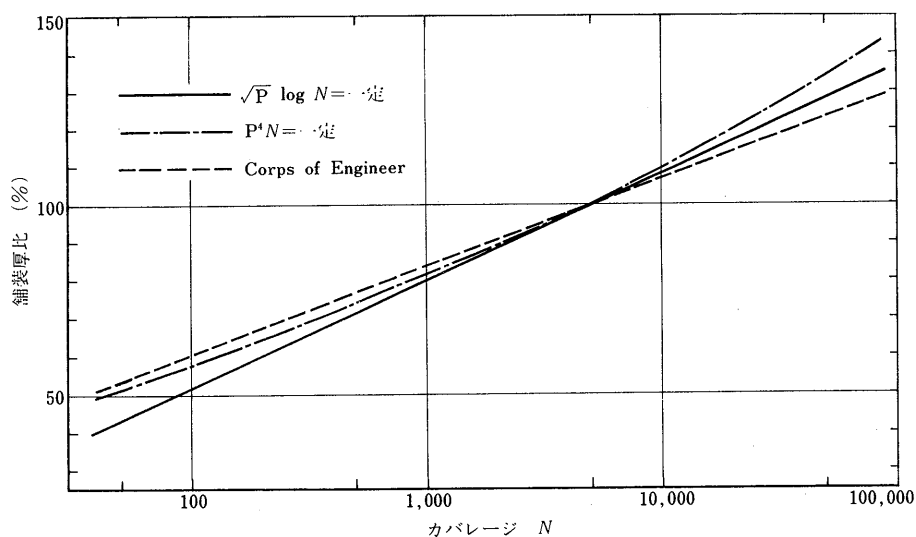


図-13 いくつかの方法による舗装厚比とカバレッジの関係

いま、設計に用いる標準航空機とその他の航空機による舗装の寿命をそれぞれ N_s 、 N_j とすれば、それらの航空機1カバレッジによるダメージは

$$ds = \frac{1}{N_s}, \quad dj = \frac{1}{N_j} \quad \dots\dots\dots(3)$$

で表わされ、航空機 j の等価輪荷重係数 F_j は

$$F_j = \frac{dj}{ds} = \frac{N_s}{N_j} \quad \dots\dots\dots(4)$$

で表わされることになる。ここで舗装の寿命は航空機の荷重によって変わるので、等価輪荷重係数も荷重の関数となるわけである。

このような等価輪荷重係数の一般的な表示方法に対し、わが国の空港舗装設計法における舗装寿命と荷重の関係は、米国のFAA⁸⁾(Federal Aviation Administration, 連邦航空局)でも使われている。

$$\sqrt{P} \log N = \text{一定} \quad \dots\dots\dots(5)$$

の関係が利用されている。ここで P は航空機のESWL、 N は P による舗装の寿命である。これはわが国の道路舗装で用いられている。

$$P^*N = \text{一定} \quad \dots\dots\dots(6)$$

と同じ意味をもつものである。

さて、式(5)と(6)によって表わされる輪荷重と舗装寿命との関係が、実際に得られる舗装厚にどのような影響を及ぼしているかを調べてみよう。まずわが国では空港舗装の舗装厚は式(5)とCBR法の基本式

$$H = \sqrt{\frac{P}{0.57CBR} - \frac{A}{\pi}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

を使って計算される。ここにCBRは路床の設計CBR、 A は荷重の接地面積、また P は設計荷重のESWLであるが、計算を簡単にするためにここでは最初から単輪について設計するものとしよう。CBRと A にある適当な値を与え、 P をいろいろ変えて式(7)に代入して得られるものは、それらの荷重の5,000カバレッジに対する必要舗装厚である。³⁾これを図-10のようにプロットした後に式(5)を利用すれば、舗装厚が一定で P が変わった時の N の変化を図-11のように表わすことができる。次にこれを各荷重に対し5,000カバレッジの舗装厚を基準にした舗装厚比で表わすと、図-12のように荷重に無関係な1本の直線となることがわかる。またこの直線では通常のCBRや A の値の範囲では、その大きさの影響は無視できることもわかった。

同様の手順で式(6)に対しても式(7)と組み合わせることによって、寿命と舗装厚比の関係が得られ、図-12の結果と比較することによって式(5)と(6)で与えられる

等価輪荷重係数の内容が間接的に比較できることになる。

このような方法で得られた結果と、米国のCE(Corps of Engineers, 陸軍工兵隊)で得られている同様の関係をまとめて図示すると図-13ようになる。この図から、空港舗装の設計に通常用いられる3,000から20,000カバレッジの範囲では、これら3つの結果はよく似た傾向を示していることがわかり、道路と空港の舗装設計に用いられている等価輪荷重係数はよく似通った内容をもっているものと推定される。

5. 経験的設計法

空港アスファルト舗装設計法は、今のところ経験的もしくは半経験的手法が主流を占めていて、世界の各機関でいろいろな方法が使われている。このうち主なものには次のようなものがある。

- ①. CE法：米国のCorps of Engineersで開発されたいわゆるCBR設計法で、現在世界的に最も広く普及している。わが国の設計法もこの方法を基本にしている。
- ②. LCN法：英国を中心に使われている方法で、航空機と舗装に対しLCN(Load Classification Numberの略)を与え、それによって舗装の設計や評価を行なうものである。
- ③. カナダ法：平板載荷試験をもとに設計する方法で、カナダで利用されている。
- ④. FAA法：米国のFAAで開発された方法で、路床土のタイプによって舗装厚を設計する方法である。しかしFAAではこのような方法を近いうちにCBR法に改訂するということを発表している。⁹⁾

ここではCE法とLCN法に対し、その考え方を説明してゆく。

5-1. CE法

Porter¹⁰⁾は1950年に図-14のような道路のCBR設計曲線を空港舗装にも適用しようと考え、これらの曲線のうち、 A は12,000Lb (5.4ton)、 B は7,000Lb (3.2ton)の航空機輪荷重に対するものと仮定した。

次に他の輪荷重に対する舗装厚を求めるために、次のような方法¹¹⁾がとられた。つまり舗装を半無限弾性体と仮定し、タイヤ接地圧を60psi (4.2kg/cm²)として、いろいろの輪荷重に対する深さとせん断応力の関係を図-15のように表わした。そして図-14の A 曲線からCBRが3,5,7,10%の時の必要舗装厚を読み取り、その値を図-15(d)の12,000Lb輪荷重の曲線上にプロットすれば、各々のCBRをもつ舗装の路床面にお

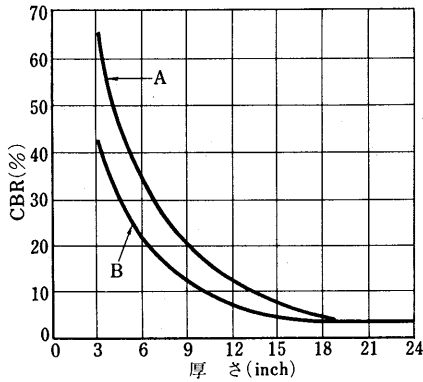


図-14 オリジナルCBR設計曲線

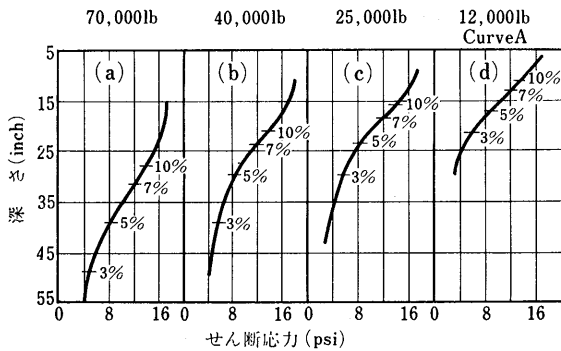


図-15 輪荷重によるせん断応力分布
(タイヤ接地圧=60psi)

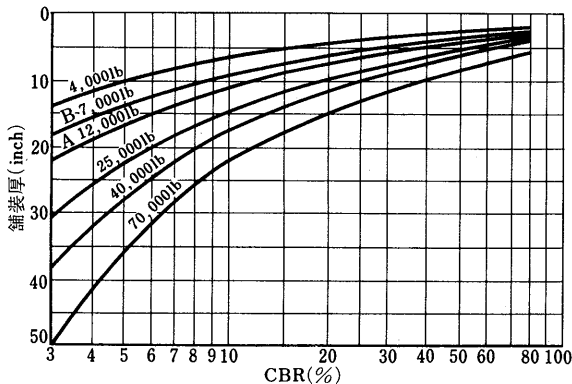


図-16¹¹⁾ 航空機用CBR設計曲線
(タイヤ接地圧=60psi)

るせん断応力がわかる。さらに他の輪荷重に対しては、(d) で得られた各 CBR ごとのせん断応力を (a), (b), (c) の曲線上にプロットすることによって必要舗装厚を読み取ればよい。図-16はこのようにして得られた60psiのタイヤ接地圧の航空機に対する設計曲線である。このような手順を踏んでいることから、CB

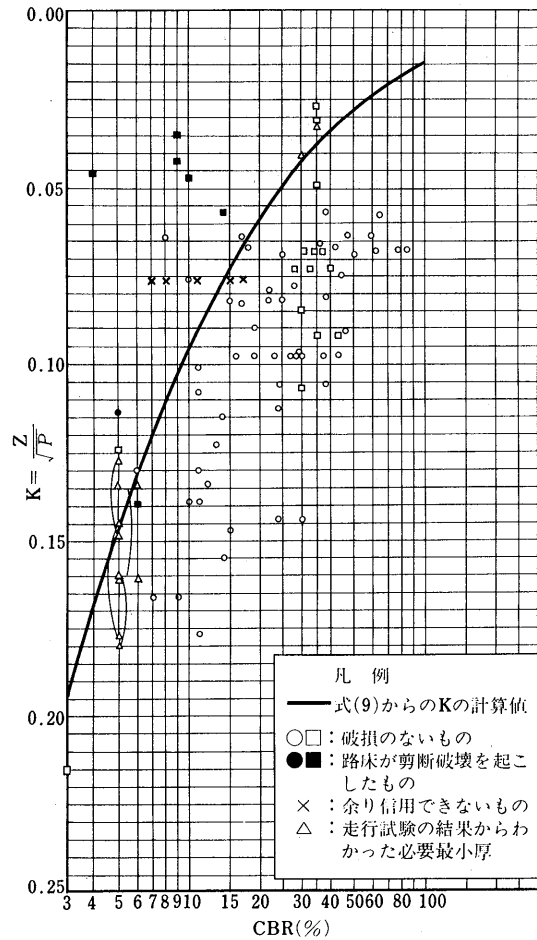


図-17¹²⁾ KとCBRの関係

R設計法は路床のCBRごとに、路床上のせん断応力が一定となるように舗装厚を決める方法であることがわかる。

次いでこれらの設計曲線の数式化が試みられた。¹²⁾ 弾性論によれば、ある一定の接地圧 P の下では、荷重の異なる円形等分布荷重によって生ずる半無限弾性体中の垂直応力が等しくなるような深さ z は相似である。つまり接地半径を a とすれば、

$$\frac{z_1}{a_1} = \frac{z_2}{a_2} = C \text{ (一定)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

で表わされる。この式における z は同じ垂直応力を表わす深さを示していて、輪荷重を P で表わせば、

$$z = ac = \frac{C}{\sqrt{\pi p}} \sqrt{P} = K \sqrt{P} \quad \dots\dots\dots(9)$$

と書き直すことができる。いくつかの輪荷重に対する設計曲線と式(9)から、各CBRに対する K の値を計算したところ、 K の値はCBRごとにほぼ一定で P の大

きさに左右されないことがわかった。このようにして計算されたKとCBRの関係を図示したものが図-17の実線である。図中には各地の舗装の供用結果も記入されており、健全な舗装と路床が破壊した舗装が実線によってほぼ分けられていることから、式(9)のような表わし方が妥当であると推定された。

さらにタイヤ接地圧が異なった場合にも利用できるような次のような手順で数式化が試みられた。¹³⁾ 半無限弾性体の荷重中心軸上のたわみ ω は、地盤の弾性係数をE、ポアソン比を0.5とした時、

$$\omega = \frac{1.5p}{E} \frac{a^2}{\sqrt{a^2+z^2}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

で表わされる。この式を変形すれば、

$$a^2+z^2 = \left(\frac{1.5P}{\pi\omega E} \right)^2$$

となる。またP、 ω 、Eを一定とおけば、

$$a^2+z^2 = C \text{ (一定)} \quad \dots\dots\dots(12)$$

となる。今、この式で $P_2=P_3$ 、 $p_2 \approx p_3$ に対しては、

$$z_3^2 = a_2^2 + z_2^2 - a_3^2 \quad \dots\dots\dots(13)$$

と表わされる。一方、式(9)から $p_1=p_2$ 、 $P_1 \approx P_2$ に対し

$$\frac{z_1}{z_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

が成立し、式(13)、(14)から z_2 を消去すれば、

$$z_3^2 = z_1^2 \frac{P_2}{P_1} + a_2^2 - a_3^2 = z_1^2 \frac{P_2}{P_1} + \frac{P_2}{\pi p_2} - \frac{P_3}{\pi p_3} \quad \dots\dots\dots(15)$$

となる。この式に誘導の仮定条件である $p_2=p_1$ 、 $P_2=P_3$ を代入すれば、

$$\frac{z_1^2}{P_1} + \frac{1}{\pi p_1} = \frac{z_3^2}{P_3} + \frac{1}{\pi p_3} \quad \dots\dots\dots(16)$$

となり、任意のPとpに対して、

$$\frac{z^2}{P} + \frac{1}{\pi p} = K^2 + \frac{1}{\pi p} = D \text{ (一定)} \quad \dots\dots\dots(17)$$

となることがわかる。この式で、 $p=100, 200 \text{ psi (7, 14 kg/cm}^2\text{)}$ に対し3%から20%のCBRの範囲で $D \times \text{CBR}$ を計算したところ、その値はCBRの大きさにかかわらず平均0.1236 ($=1/8.1$)でほぼ一定であることがわかった。これらのことから任意のP、p、CBRに対する必要舗装厚Tは、

$$T = K \sqrt{P} = \sqrt{\left(D - \frac{1}{\pi p} \right) P}$$

$$= \sqrt{P \left(\frac{1}{8.1 \text{ CBR}} - \frac{1}{\pi p} \right)} \quad \dots\dots\dots(18)$$

で表わされ、CBR曲線の完全数式化がなされたことになる。この式を変形し $T/\sqrt{A}$ と CBR/p の関係で表わしたものが図-18¹⁴⁾の実線であり、従来の設計曲線から得られるプロットとほぼ一致していることから式(18)の妥当性がうかがわれる。ただし CBR/p が0.2以上では若干の差が生じ、式(18)が適用できなくなっていくこともわかる。また式(18)はpound-inch系の式であり、これをkg-cm系に直すと式(7)のようになる。

今までの誘導の過程では交通量の概念が入っていない。CEではいろいろの舗装の供用性を調査することにより今までの設計曲線が5000カバレッジに対するものであることを示し、他のカバレッジに対しては図-13の破線で表わされるような比率で舗装厚を増減をすればよいとしている。さらに多車輪の荷重に対しては、Pの代わりに2. で説明したESWLが用いられることになる。

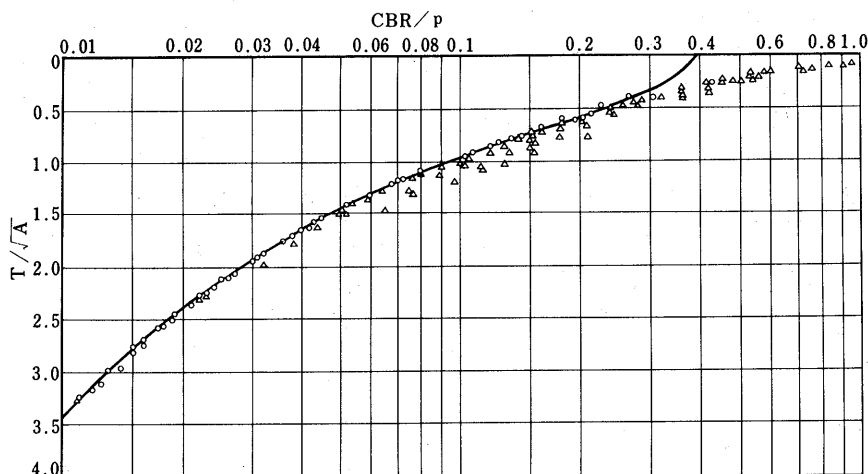


図-18 $T/\sqrt{A}$ と CBR/p の関係

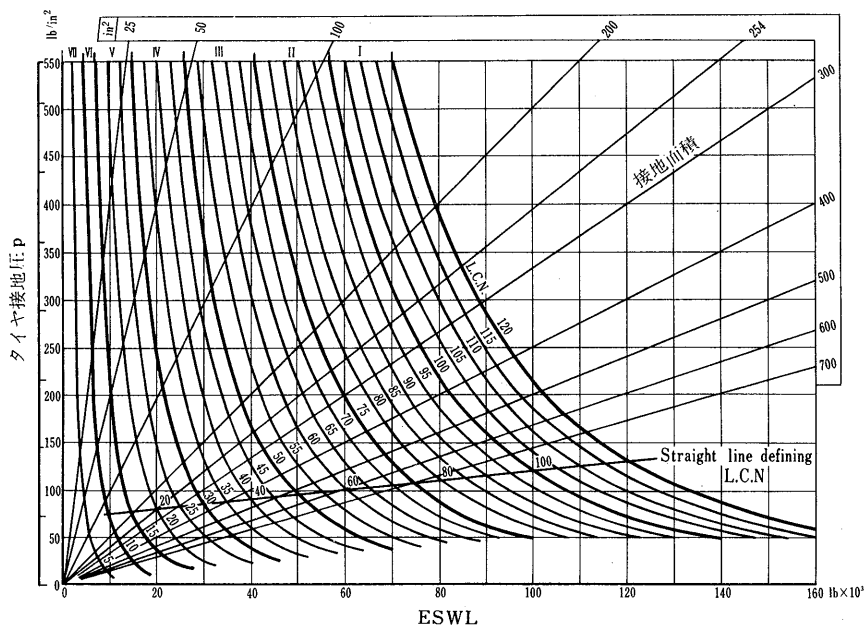


図-19 LCN算定曲線

5-2. LCN法

空港舗装の支持力と航空機荷重とを直接結びつける試みが第二次大戦後の英国においてなされた。

英国では空港舗装における平板載荷試験の結果、破壊荷重Pと載荷重接地面積Aとの間に

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^{0.27} \dots\dots\dots (19)$$

の関係があることがわかった。

またこれと併行して、航空機を支障なく通過させる舗装強度を数で表わすようなシステムを開発するために、LCNというものが表-4のように定められた。

式(19)と表-4を組み合わせ、PをESWLと置き換えて、ESWL, $p (=ESWL/A)$, A, LCNの関係として図示したものが図-19である。この図から舗装に

に対する航空機のESWLと、 p もしくはAがわかれば任意の航空機のLCNを読み取ることができる。

続いて5-1.で説明したCBR設計曲線のうち、タイヤ接地圧が100psi(7kg/cm²)に対する曲線を利用して、LCNをパラメーターとした設計曲線を作成した。つまり輪荷重とタイヤ接地圧がわかれば図-19からLCNが読み取れるので、CBR設計曲線のパラメーターである荷重をLCNに置き換えることができることになり、図-20のような設計曲線が得られる。これを使えば、

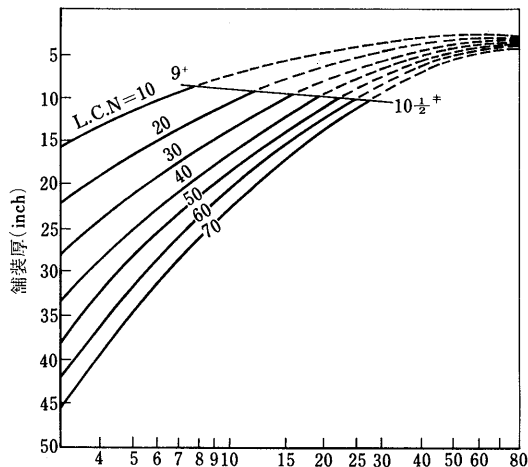


図-20 LCNによる舗装厚設計曲線

表-4 航空機の標準LCN

輪荷重 (lb)	輪荷重 (kg)	タイヤ接地圧 (psi)	タイヤ接地圧 (kg/cm ²)	LCN
100 000	45 400	120	8.44	100
90 000	40 800	115	8.09	90
80 000	36 300	110	7.74	80
70 000	31 800	105	7.38	70
60 000	27 200	100	7.03	60
50 000	22 700	95	6.68	50
40 000	18 100	90	6.33	40
30 000	13 600	85	5.98	30
20 000	9 100	80	5.62	20
10 000	4 500	75	5.27	10

あるLCNをもつ航空機に対する舗装厚を路床のCBRをもとに設計することができることになる。

またLCNは既設舗装の評価にも使われる。まず既設舗装に対し直径18inch (45cm)の載荷板により5回の繰返し平板載荷試験を行ない、10,000回の載荷で舗装に0.2inch(5mm)のたわみを生ぜしめる荷重を外挿して読み取り、それを舗装の支持力とみなす、さらにその結果を図-19に入れることにより得られるLCNを舗装のLCNと定義した。このようにして得られる舗装のLCNと先ほどの航空機のLCNとを比較することにより、その航空機に対する舗装の評価が可能となり、許容運行回数を判断する基準としてこのLCNが利用されている。

以上のように舗装設計法としてのLCN法は路床のCBRをもとに舗装を設計するCBR設計法を少し変形した方法であることがわかる。しかしながらLCN法を舗装評価法として見る時は、航空機と舗装をLCNという共通の尺度で結びつけて評価することになり、極めてユニークな方法であると言える。

6. 理論的設計法

アスファルトコンクリートや路床・路盤の疲労性状などの力学的性質が次第に明らかにされ、また電子計算機の発達に伴って多層弾性計算が比較的容易に行なわれるようになってきたため、それらを利用した合理的な理論的設計法が提案されてきている。この分類に入るものには次のようなものがある。

- ①. AI (The Asphalt Institute) の方法¹⁵⁾
- ②. Shellの方法¹⁶⁾

これらの設計法はいずれも多層弾性理論を利用して、航空機荷重によるアスファルト混合物層下面の引張りひずみ ϵ_t と路床上面の垂直圧縮ひずみ ϵ_c を計算し、それらが別に定めた許容ひずみを越えないように舗装厚を決定する手法であり、2つの設計法の考え方には共通する部分が多い。そこでここではより多くの設計要因が考慮されているAIの方法について説明してゆくことにする。

AI法は空港フルデプスアスファルト舗装を対象とした設計法であるため、弾性計算としては路床と舗装体(アスファルト混合物)の2層に分けて行なう2層弾性計算が利用されている。

まず第1の設計基準である ϵ_t の許容値としてはKingham¹⁷⁾によって提案された値が使われている。KinghamはAASHO道路試験の結果に多層弾性理論を適用し、アスファルト混合物の疲労曲線を導いた。この疲労曲線は混合物のスティフネスの関数であるが、 ϵ_t が

表-5 AI法に用いられている許容ひずみ

N	ϵ_t	ϵ_c
100	420 μ	2548 μ
1,000	260	1904
10,000	165	1646
100,000	105	1508
1,000,000	76	1422

舗装破壊の原因となるのは比較的低温時であることを考慮して、それに対応したアスファルト混合物のスティフネスとして1,450,000psi (101,500kg/cm²)が選ばれた。これをもとに設計条件として得られた許容引張りひずみは表-5に示す通りである。

第2の設計基準である ϵ_c の許容値についてはWitczak¹⁸⁾によって提案された値が利用されている。WitczakはCBR法によって設計された舗装の路床上に発生する垂直ひずみを弾性理論から計算したところ、それは設計荷重としての航空機タイプと路床のCBRには関係せず、舗装厚に影響を与える設計カバレッジと荷重分散効果に影響を与えるアスファルト混合物のスティフネスにのみ依存することを明らかにした。一方、気温が上昇

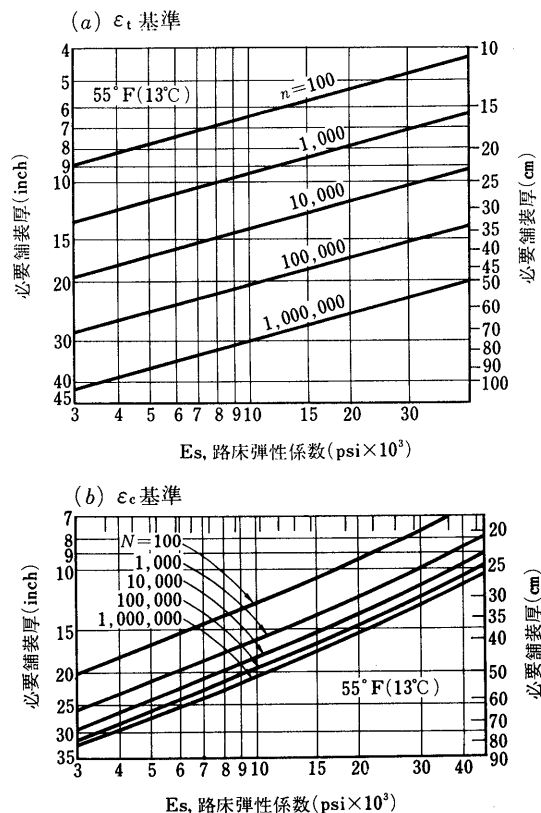


図-21 舗装厚設計曲線

し、アスファルト混合物のスティフネスが小さくなるほど路床上の垂直圧縮ひずみが大きくなり、路床にとっては厳しい状態となるので、そのスティフネスを100,000 psi (7,000kg/cm²)とした時に得られるひずみの値を許容値として選んだ。選ばれた値は表-5に示す通りである。

以上で ϵ_t と ϵ_c の許容値が載荷回数の関数で得られたので、設計荷重を定めることにより、路床弾性係数、設計カバレッジ、温度条件（アスファルト混合物のスティフネス）に対応する必要舗装厚が弾性計算から得られることになる。AI法では設計荷重としてDC-8-63Fが採用されていて、図-21(a),(b)はそれぞれ ϵ_t と ϵ_c を基準としたその設計曲線の1部である。

DC-8-63F以外の航空機に対しては4-2で説明した等価輪荷重係数を用いて、その交通量を補正してやらなければならない。ここでESWLが深さの関数であるのと同様に、多車輪荷重に対する等価輪荷重係数も厳密には深さの関数とみなされることになり、また ϵ_t と ϵ_c のどちらを基準としてとるかによってもその値は異なることになる。

さらに4-1で説明した舗装横断方向の交通分布も考慮しなければならない。これはWitezakの研究⁷⁾をもとに、各航空機と舗装のセンターラインが一致した時の脚の位置を中心として、標準偏差が3.5 ftの正規分布と仮定されている。この交通の横断分布も単に航空機が舗装のどこを通過するかということではなく、舗装に及ぼすダメージという面から見れば、 ϵ_t と ϵ_c の違いによってもその値は異なることになる。

以上の等価輪荷重係数と横断方向の交通分布を考慮して、DC-8-63F以外の航空機の交通量をDC-8-63Fのカバレッジに相当する値に変換することになる。AI法ではこの両者を組み合わせて、各航空機の予測交通量をそれと等価なDC-8-63Fのひずみ繰返し回数に変換するための図を作成し、対象航空機の交通量、深さ、横断方向の位置ごとに ϵ_t 、 ϵ_c に対してそれが読みとれるようになっている。図-22はその1例である。

これでAI法によるフルデプス舗装の設計に必要な資料が揃ったので、次に実際の舗装設計の手順を簡単に述べよう。

- (1). まず次のような設計条件を定める。
 - a). 路床弾性係数
 - b). 年平均気温
 - c). 航空機の交通予測
- (2). 路床弾性係数と年平均気温を考慮して、 N_a と必要舗装厚 T_A の関係を、 ϵ_t と ϵ_c に対して図-21から読みとる。ただしこの N_a は設計荷重であるDC-8-63Fに

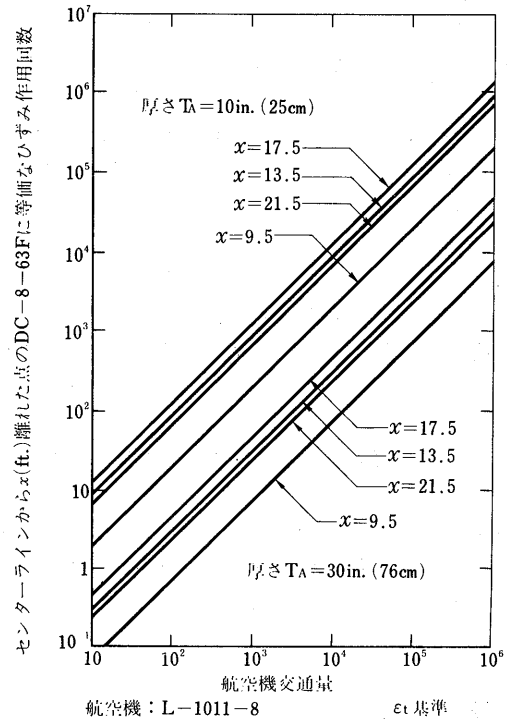


図-22 DC-8-63Fに等価なひずみ作用回数の算定曲線

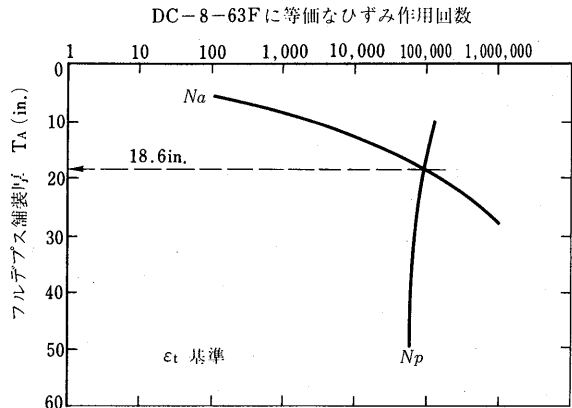


図-23 フルデプス舗装厚の決定

相当する大きさのひずみの作用回数である。

- (3). 予測された混合交通の各機種ごとの交通量に対し、図-22を利用して深さ方向、横断方向のいくつかの点に関するDC-8-63Fに相当する大きさのひずみの作用回数に変換し、それを各点ごとに全機種にわたって加え合わせる。これも ϵ_t と ϵ_c に関して行なわれ、各点で得られた等価ひずみ作用回数のうち、各深さ T_A でのひずみ作用回数の和の最大値をその深さにおける N_p とする。
- (4). (2), (3)で得られた $N_a \sim T_A$, $N_p \sim T_A$ の関係を図-

23のように片対数用紙にプロットし、両曲線の交点における T_A の値を読みとる。この操作を ε_1 と ε_2 に対して行なって得られる2つの T_A のうち、大きい方が予測交通量に対する必要舗装厚である。

AI法による舗装設計に関しては、以上のようにグラフから読み取りながら行う方法以外に、コンピュータプログラム¹⁹⁾も完備されていることを付記する。

7. おわりに

本小文では空港アスファルト舗装の構造設計における考え方を道路舗装と比較しながら説明したあと、いくつかの設計法を簡単に紹介した。なかでも5.においてはCBR設計法の発達過程についてやや詳しく述べておいた。これはわが国では道路も空港もアスファルト舗装を設計するのにCBR法が利用されているにもかかわらず、その背景を知らずに設計している場合がしばしばあると感じたからである。

なお、道路や空港の舗装構造の考え方や設計法についてはYoderとWitczakによるテキスト⁵⁾に要領よくまとめられている。関心を持たれる方はご一読されるとういと思われる。

最後に、本拙文が読者の皆様の何らかの参考になれば筆者のこの上ない喜びであるとともに、不備な点をご指摘いただければ幸いである。

参考文献

- 1) Boyd, W.K., C.R. Foster: Design curves for very heavy multiple wheel assemblies, ASCE, Transactions, Vol. 115, 1950, pp. 534~546.
- 2) Foster, C.R., R.G. Ahlvin: Development of multiple-wheel CBR design criteria, Proc. of ASCE, No. SM2, 1958, pp. 1647-1~1647-12.
- 3) 運輸省航空局: 空港アスファルト舗装構造設計要領, 1976, 90pp.
- 4) Huang, Y.H.: Computation of equivalent single-wheel loads using layered theory, Highway Research Record, No. 291, pp. 144~155.
- 5) Yoder, E.J., M.W. Witczak: Principles of pavement design, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1975, p. 134.
- 6) Deacon, J.A.: Equivalent passage of aircraft with respect to fatigue distress of flexible airfield pavements, Proc. of AAPT, vol. 40, 1971, pp. 194~226.
- 7) Witczak, M.W.: Prediction of equivalent damage repetitions from aircraft traffic mixtures for full depth airfield pavements, Proc. of AAPT, vol. 42, 1973, pp. 277~298.
- 8) Federal Aviation Administration: Airport pavement design and evaluation, Advisor Circular, AC 150/5320-6B, 1974, 124pp.
- 9) Leonard, E.M.: Airfield pavement evaluation - FAA viewpoint, Proc. of ASCE, vol. 104, No. TE 5, 1978, pp. 581~585.
- 10) Porter, O.J.: Development of original method for highway design, ASCE, Transactions, vol. 115, 1950, pp. 461~467.
- 11) Middlebrooks, T.A., G.E. Bertram: Adaptation to the design of airfield pavement, ASCE, Transactions, vol. 115, 1950, pp. 468~471.
- 12) Fergus, S.M.: Discussion for flexible pavement, ASCE, Transactions, vol. 115, 1950, pp. 563~567.
- 13) Turnbull, W.J., R.G. Ahlvin: Mathematical expression of the CBR relations, Proc. of 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1957, pp. 178~180.
- 14) Ahlvin, R.G.: Consolidated CBR criteria, Proc. of ASCE, vol. 84, No. SM4, 1958, Part 1, pp. 1825-1~1825-16.
- 15) The Asphalt Institute: Full depth asphalt pavements for air carrier pavements, MS-11, 1973, 168 pp.
- 16) Edwards, J.M., C.P. Valkering: Structural design of asphalt pavements for heavy aircraft, Shell International Petroleum Company Limited, 1970, 19pp.
- 17) Kingham, R.I.: Failure criteria developed from AASHO road test data, 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, 1972, pp. 656~669.
- 18) Witczak, M.W.: Design of full depth airfield pavements, 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, 1972, pp. 550~567.
- 19) The Asphalt Institute: Computer program supplement to full-depth asphalt pavements for air carrier airports, MS-11A, 1973, 49pp.

改質アスファルトの特性 (その2)

—改質材とその混合物の特徴—

太田 健二*

5. 熱可塑性樹脂系改質アスファルト

5-1. 熱可塑性樹脂系改質素材

アスファルトの改質素材としての熱可塑性樹脂（熱可塑性エラストマー）の代表的なものは、エチレン-酢酸ビニル共重合体（Ethylene Vinyl Acetate Copolymer 以下EVAと略記）、エチレン・エチルアクリレート共重合体（Ethylene Ethyl Acrylate Copolymer 以下EEAと略記）、エチレン-プロピレン共重合体（Ethylene Propylene Copolymer 以下EPRと略記）がある。これらは、いずれも新しいタイプの合成ゴムに属するものであり、いわゆるゴムとプラスチックの中間的な性質をもっている。

他に、ジエン系のブロック共重合体、例えばスチレンとブタジエンの共重合体（Styrene Butadiene Styrene Block Copolymer 以下SBSと略記）、スチレンとイソプレンの共重合体（Styrene Isoprene Styrene Block Copolymer 以下SISと略記）があり、これらは熱可塑性で加硫なしに良好なゴム弾性を示す熱可塑性ゴム（Thermo plastic Rubber）と呼ばれている。このタイプは前記したEVA、EEAに比べて、よりゴムの性質を有しており、プラスチック、ゴム等の改質材としても用いられている。

その他、ポリエチレン、無定形ポリプロピレン（A.P.P.）、ポリザテンおよび天然樹脂等が道路舗装用ならびに建築材料用の素材として使用されている。

1) 組成、構造の規則性とその特徴

高分子エラストマーは本質的に線状重合体であり、モノマーの種類、配列様式から、

- 単独重合体（立体規則性、立体不規則性）
- 二元共重合体（ランダム、交互、ブロック共重合体）
- 三元共重合体

に分類され、この他、枝分かれ重合体としてグラフトポリマーがある。さらに、同系統の共重合体であっても、そのモノマー比によってゴムの用途のものからプラスチック的用途のものまであり、かつア

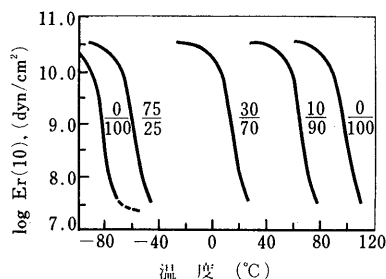
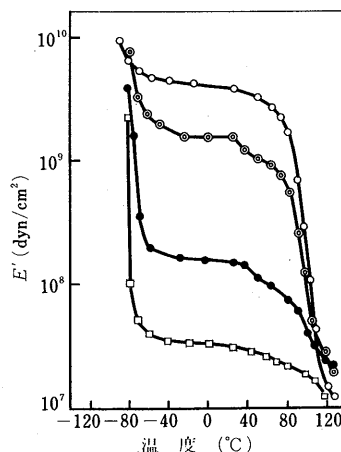


図-17 スチレン-ブタジエンランダム共重合体の緩和弾性率の温度依存性⁸⁾：図中の数字はブタジエン/スチレンの重量比



E'の温度依存性⁹⁾：スチレン/ブタジエン重量比は：
(○) 52/48； (○●) 34/66；
(●) 25/75； (□) 16/84；
成膜溶媒：トルエン

図-18 SBS型ブロック共重合体の動的弾性率

スファルトとの相溶性も大きく異なってくる。

たとえば、二元共重合体のうちランダム重合体であるSBRラテックス、ブロック共重合体であるSBSについて、そのモノマー比、モノマーの配列様式とその性状をみると図-17、図-18に示すとおりである。

モノマーの配列様式を模式図的に表わすと、
SBRラテックス（乳化重合）

……SBSSBBSBS ……ランダム共重合物

*日産化学工業株式会社技術課

SBS ……SSSSBBBB……ブロック共重合物
 のようになり、図-17、図-18に示すようにブタジ
 ン (B)/スチレン (S) の重量比が異なるランダ
 ムSBRの緩和弾性率の温度依存性が大きい。ちな
 みに、現在使用されている道路舗装用SBRラテッ
 クスのB/Sは、日本では $77 \pm 2/23 \pm 2$ 、アメリカの
 それは $70/30^{7)}$ となっている。同様にSBS型の
 ブロック共重合物は、スチレン (S) の含有量に
 したがって任意の弾性率のポリマーが比較的
 広い温度範囲にわたって安定なものが得られ
 る。このことは、硬質の樹脂ブロックを形成
 する無定形ポリマーすなわち熱可塑性である
 ポリスチレン (PS) と軟質のゴムブロックを
 形成する無定形ポリマーであるポリブタジ
 ン (PB) の組合せ (図-19参照) に起因するも
 のでPS/PBの比によって図-18に示すような
 挙動を示す。

すなわち、これらの共重合物で硬質ブロック
 が樹脂成分で、軟質ブロックがゴム成分とす
 ると、両者の重合度がある程度大きく、さら
 に樹脂成分の融点あるいは軟化点より低い温
 度では図-19のように固化する。このとき、
 シングルブロックではゴム成分の一端が拘束
 されるが他端は自由である。他方、テレブ
 ロック、マルチブロックの場合は、ゴム分子
 の両端が樹脂成分によって拘束される (加硫
 状態)。これを拘束架橋 (Tie-Down Crosslinking)
 と呼んでいる。このように、この種のブロッ
 ク共重合物は、温度によって樹脂的性質～
 ゴムの性質に性状が変化する性質をもってい
 る。

2) 特異性のあるプラスチックEVA, EPRの物性

ランダム共重合物でゴム状弾性体であるEVA,
 EPMには、次のような特徴がある。一般に樹
 脂原料となるモノマー2種をランダムに重合
 させると、

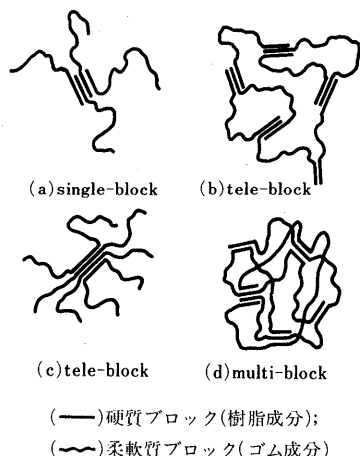


図-19 ブロックゴムの四形態 (モデル図)¹⁰⁾

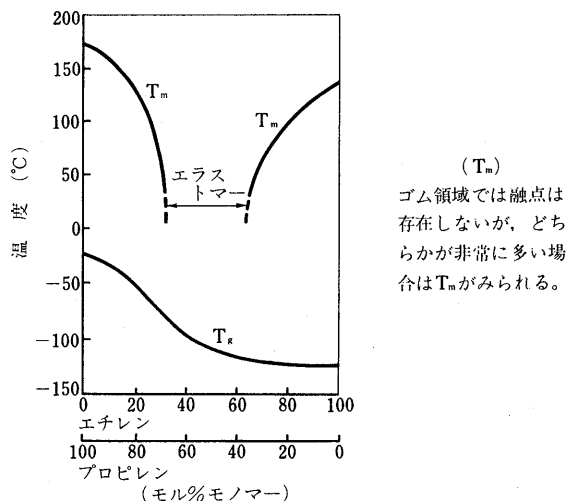


図-20 エチレン-プロピレン共重合物の融点 T_m とガラス化温度 $T_g^{11)}$

その構造は不規則となって無定形高分子となり、
 ゴムの用途に使用される。しかし、図-17にも示
 したように、いずれかの成分が非常に多くなると
 樹脂としての性質があらわれてくる。

図-20にEPMのエチレンとプロピレンのモノ
 マー比とその物性の一例を示す。

また、EVAの場合、現在市販されている代表
 的なEVAの酢酸ビニルの重量%は14~40%で
 あり、通常、19~28%程度のものがアスファ
 ルトの改質材として使用されている。その理
 由は図-21に示すように酢酸ビニルが約25%
 モル%含量になるとゴム状となるため、プラ
 スチック用途 (高温対策) には不向きとなる。
 参考のために、片方のモノマーが違った

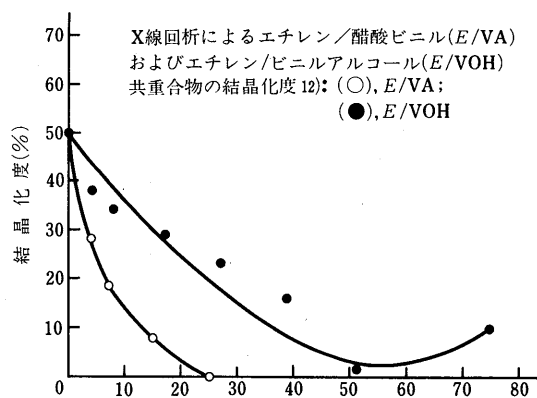


図-21 酢酸ビニルあるいはビニルアルコールの濃度 (モル%)

もの、エチレン-ビニルアルコール共重合物について併記した。すなわち、酢酸ビニルとビニルアルコールでは $-\text{OH}$ の方が $-\text{OC}(\text{O})\text{CH}_3$ よりも、かさが低いいため共重合による無定形化の効果が低いため、その含量モル%が50%程度になるものと思われる。

したがってEVA, EPM, EEAのように、主成分が弾性のあるエチレンポリマーであり、他のポリマーの量により、いわゆる樹脂的なものからゴム状弾性体まで物性が変化する。アスファルトの改質材としてはゴム状弾性体のものが主として使用されている。

5-2. 熱可塑性樹脂入りアスファルト

熱可塑性樹脂入りアスファルトのうち、ポリエチレン系樹脂(PE), エチレン-酢酸ビニル共重合物(EVA)を添加した改質アスファルトが古くから知られていた。

わが国では、前者は1960年大阪府茨木市、1962年京都市で、後者は1967年大阪府、1968年北海道開発局で試験的に使用された。しかし、最近では近代石油化学の発展により幅広い性状を具備した新種の熱可塑性エラストマーが開発され、前者に加えてEEA, EPM, SIS, SBSに代表されるブロック共重合物等が研究され、実施に移されているようである。

以下に熱可塑性樹脂入りアスファルトについて性状の概略を述べる。

1) ポリエチレン系

ポリエチレンは熱可塑性エラストマーの中では比較的安価であるため、アスファルトの改質材として試用されたこともある。しかし、アスファルトとの相溶性に欠け、分散状態は良好ではないがアスファルトの高温性状は改良される。他方、低温性状は劣

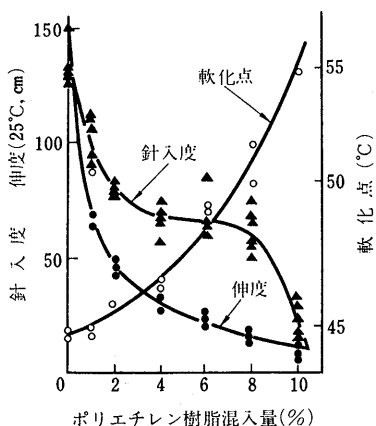


図-22 ポリエチレン混入量による針入度、伸度、軟化点の関係¹³⁾

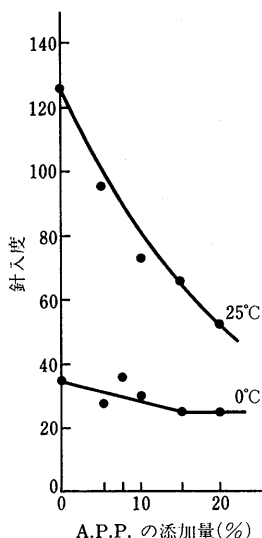


図-23 A.P.P.の添加量と針入度

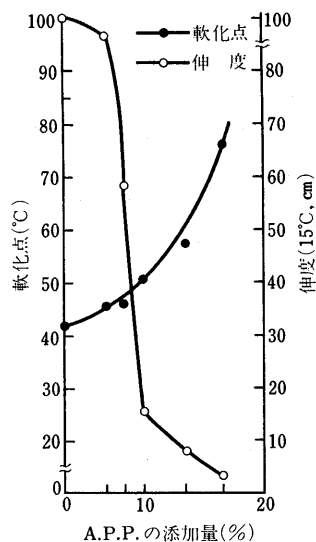


図-24 A.P.P.の添加量と軟化点、伸度

る傾向にある。したがって、ポリエチレンの単独使用は特別な場合を除き、実用的でないと思われる。参考までにストレートアスファルトに添加した時の一般的性状を図-22に示す。

2) 無定形ポリプロピレン系

夢のポリマー、夢の繊維として話題を呼んだポリプロピレンの副産物である無定形ポリプロピレン(APP)は、その立体特性からして塑性流動しやすく、機械的特性も劣り、本来の目的には使用できない。このため、当初産業廃棄物として扱われていたが、各種の用途開発が行なわれ、その一環としてアスファルトと混合し舗装用バインダーへの応用が試みられ、一部特許化されている。

しかし、アスファルトとの相溶性、接着性、疲労特性に欠けることから試験、研究の域を出ない状態にある。図-23、図-24にAPPを添加した改質アスファルトの一例を示す。

3) EVA, EEA系

前述したようにEVA, EEAは特異性のある熱可塑性エラストマーでアスファルトの改質材として幅広く研究されており数多くの特許がみられる。現在、熱可塑性樹脂入りアスファルトとして市販されているものの多くはEVA, EEA系が主に使用されている。また、これらとゴム等を併用して鋼床版舗装¹³⁾、耐流動・耐摩耗性舗装用バインダーとして幅広い改質効果を目的とした樹脂・ゴム入り改質アスファルトも市販されており、かなりの実績があり注目されている。

表-10 EVA, EEA入りアスファルトの性状

項目	ポリマーの種類 (添加量%)	ストレート アスファルト	EVA		EEA		SBR	CR
			2	5	2	5	5	5
針入度 (25℃)	78	—	61	69	51	86	113	
軟化点 ℃	46.5	—	64.0	49.5	58.0	55.5	48.5	
TFO後の針入度 %	—	—	75.4	—	—	69.8	68.1	
タフネス (25℃), kg・cm	29	—	112	49.8	92.5	54.7	88.6	
テナシティ (25℃), kg・cm	2.7	—	49.8	5.7	1.2	22.7	67.3	
セイボルトフロー (180℃), 秒	32	—	89	77	131	167	126	
PI	-1.05		2.33	-0.54	0.67	1.59	0.68	

表-11 改質アスファルトの規格値¹⁴⁾

項目	規格値		比較例 ストアス80~ 100の一例
	I型	II型	
針入度 (1/10mm)	60~100	60~100	88
軟化点 ℃	50~6	60~75	47.0
伸度 (10℃), cm	50以上	10以上	150+
フラス破壊点 ℃	-12以下	-12以下	-13
タフネス (25℃), kg・cm	120以上	30以上	34
テナシティ (25℃), kg・cm	100以上	10以上	9.5
粘 度	60℃ ポアズ	4,000以上	1,300
	160℃ SFS	500以下	64
	200℃ SFS	200以下	22
引火点 ℃	280以上	280以上	340
灰分 %	1.0以下	1.0以下	0.07
比重 (25℃/25℃)	1,000以上	1,000以上	1,030
薄膜加熱後 (180℃×2.5hr)	蒸発量 %	0.3以下	0.01
	残留針入度 %	65以上	65

ストレートアスファルトにEVA, EEAを単独で添加した樹脂入りアスファルトのデータの一部を合成ゴムSBR, CRのそれと対比して表-10に, また鋼床版舗装用に試作した改質アスファルトの物性を表-11に示す。

表-10に示されるようにEVA, EEAを添加することにより合成ゴムとは異なり針入度が小さくなり軟化点が上昇する。他方, 高温粘度は前者の方が低く, いわゆるゴム特有の餡状の糸引きは少ない。しかし合成ゴムに比べ硬い。特にEEAはEVAに比較して, その傾向が大きく, PIの変化からも, それがうかがわれる。このようなことから, 酢酸ビニル, アクリル酸の含量モル%を変えたり, ゴムとの併用が試みられている。その具体的な例として表-11のII型がある。

4) ジエン系ブロック共重合物系

ジエン系ブロック共重合物のうちアスファルトの改質材として各方面で研究されているものは主としてスチレンとブタジエン, スチレンとイソブレン,

表-12 SBS, SIS入りアスファルトの性状例(添加量5%)

項目	ポリマーの種類 ストレート アスファルト	SBS	SIS	SBR	CR	EEA
針入度 (25℃)	78	71	70	86	113	51
軟化点 ℃	46.5	56.0	61	55.5	48.5	58.0
伸度 (7℃), cm	100+	11	35	100+	48	0
タフネス (25℃), kg・cm	29	78.5	151	54.7	88.6	92.5
テナシティ (25℃), kg・cm	2.7	27.2	67	22.7	67.3	1.2
セイボルトフロー (180℃), 秒	32	85	101	167	126	131
PI	-1.05	1.12	25	1.59	0.68	0.67

表-13 SBS, SBSB入りアスファルトの性状¹⁵⁾

試験項目	バインダー S-B-S-B型 5%	S-B-S型 5%	S-B-S型 3%	ストレート アスファルト 80~100
針入度 (1/10mm)	76	51	69	97
軟化点 ℃	57	84	59	47.5
P.I.	+ 1.5	+ 5.2	+ 1.7	- 0.2
伸度 (7℃), cm	71	9	31	10

注) 伸度: JISK 230

プロピレンとブタジエン, エチレンとブタジエン等の共重合物がある。特に前2者SBS, SBSB, SISについては建築材用アスファルトコンパウンド, 粘着シート, 工業用コンパウンドとして数年前から使用されているようである。

前述したようにSBS, SBSB, SISに代表されるブロック共重合物は別名サーモプラスチックラバーと呼ばれているように交互ポリマーとは対照的なものであり, かつ, 従来のランダムポリマー (例えば, 道路用SBRラテックス) とも異なった性質を示す。すなわち, スチレン-ブタジエン系 (SBS) に例をとれば, ポリスチレン部分が硬質 (樹脂成分) ポリブタジエン部分が軟質 (ゴム成分) となり, 硬質部分の凝集力で網目構造となり, 加硫ゴムのような性質を示す (図-19参照)。

これらをストレートアスファルトに添加した改質アスファルトの一般性状の一例を示すと表-12のとおりである。なお比較のためにSBR, CR, EVAの性状も併記した。また, SBSとSBSBの例を表-13に示す。

表-12, 表-13に示すように樹脂的な性状が強いEEA等に比べSBS, SBSB, SISは低温伸度, テナシティも期待でき, “サーモプラスチックラバー” の特性がうかがわれる。しかし, ゴム業界においては, 他のゴム等と比較した場合, 加硫工程が不要な点は特長であるが使用温度条件等の制約から日用品分野に, もっぱら使用されている。

5) その他の熱可塑性樹脂

その他の熱可塑性樹脂としては各種のものがある

表-14 改質アスファルト関係の代表的な規格(抜粋)例

項 目	種 類 等	ア ス 要 綱 (ゴム入りアス)		東 京 都 (ゴム入 りアス)	メ ー カ ー 社 内 規 格				
					樹 脂 ・ ゴ ム 入 り A		樹 脂 入 り B		樹 脂 入 り C
針 入 度 (25℃)		60~80	80~100	60~80	50~70	70~90	40~60	60~80	50~70
軟 化 点,℃		48~56	46~54	50以上	52~60	50~58	53~63	46~54	50~62
伸 度 cm	5℃	—	—	30以上	—	—	—	—	—
	7℃	20以上	50以上	—	—	—	—	—	—
	10℃	—	—	100以上	—	—	—	—	—
	15℃	—	—	—	—	—	10以上	10以上	—
	25℃	—	—	—	40以上	40以上	—	—	40以上
薄膜加熱後のPEN, %		55以上	55以上	—	65以上	60以上	58以上	55以上	65以上
タフネス (25℃), kg・cm		60以上	50以上	55以上	100以上	80以上	110以上	50以上	80以上
テナシティ (25℃), kg・cm		30以上	25以上	30以上	50以上	40以上	50以上	30以上	50以上
P.I.*		-1.4~1.4	-1.2~1.0	-0.8~	-0.8~1.8	-0.6~2.2	-1.0~2.0	-1.9~1.0	-1.3~2.2

*: 規格項目にはないが、参考としてモノグラフより求めたものである。

が、今迄に検討され使用実績のあるものは、エチレン・プロピレンのターポリマー(EPDM)、天然樹脂等がある。

EPDMについては、プレミックスタイプの改質アスファルトとしてメーカーに関係する構内舗装等に試用されたケースがあるが、アスファルトとの相溶性に若干欠けるといわれている。また、天然樹脂は特殊な目的に使用されており、小野沢¹⁵⁾らの報告がある。

この他、今後期待されるものとしてアイオノマー、ポリフェニレンオキシド(PPPO)、フェノキシ樹脂等があり、今後の研究開発が期待されている。

6. 改質アスファルトの代表的な規格と特性値

ゴム入りアスファルトならびに熱可塑性樹脂入りアスファルトについてその改質素材と改質アスファルトの関係を述べてきたが、現在わが国で使用されているものの2~3について品質規格ならびに品質の標準の一例を表-11、表-14、図-25、図-26に示す。

表-11、表-14、図-25、図-26からして改質アスファルトの特性値は、ゴム入りアスファルトについては、道路協会アスファルト小委員会の報告(50.3)がある。それによれば顕著なものとして、

- 1) タフネス、テナシティの増大
- 2) 軟化点の上昇

の2項目であり、他にプレミックスについて針入度、プラントミックスについては低温伸度に有意差が認められた。他方、塑性流動対策を目的とした熱可塑性樹脂入りアスファルトについては、

- 1) 軟化点の上昇
- 2) タフネス、テナシティの増大
- 3) P.I.の改良

が主たるもので、低温の歯止めとして針入度、伸度の下限が定められている。

その他、両者に共通する点は粘性の改良である。特に、アメリカにおけるSBRラテックスにみられる増粘材(低粘度級アスファルト→高粘度級アスファルト<アスファルトセメント>)としての使用目的からしても、それがうかがえる。

7. 改質アスファルト混合物の特性

改質アスファルト混合物の性状はバインダー一面からみた場合、用いた改質材の性質によって特徴づけられることは当然のことである。

以下に、代表的な改質アスファルトを用いた混合物性状の一例を示す。

7-1. 改質材の相違による混合物性状

同一条件、同一添加量で製造した改質材の異なる改質アスファルトを用い、かつ同一条件での混合物についてホイールトラッキング試験ならびにラベリング試験を行なった結果を表-15、図-27、図-28に示す。

図-27、図-28は前述した、いわゆるゴムとプラスチックの改質材の性状の相違をよく現わしている。すなわち、樹脂系の改質材を用いたものは高温安定性にすぐれている。他方、ゴム系の改質材を用いたものは、高温安定性はストレートアスファルトよりは優るが樹脂系のほどではない。しかし、低温性状のうちラベリング試験についてみると、樹脂系とゴムを併用したものを除き、改質材の相違はほとんど認められない。なお、ここで用いられた樹脂系の改質材は、ゴムの性質の強い熱可塑性エラストマーである。

また、参考のために、さきに表-13に示したジェン系ブロック共重合体SBSBを用いた改質アスファルト

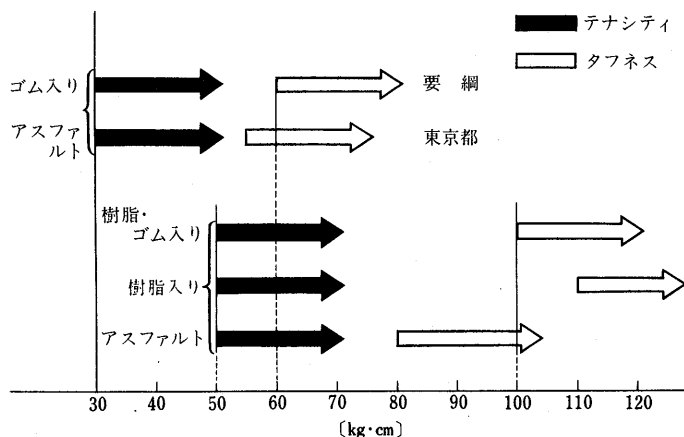


図-25 代表的な改質アスファルトのタフネス、テナシティ(規格)

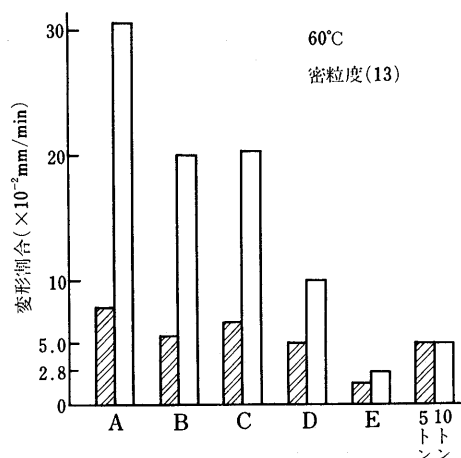


図-27 バインダー種と変形割合

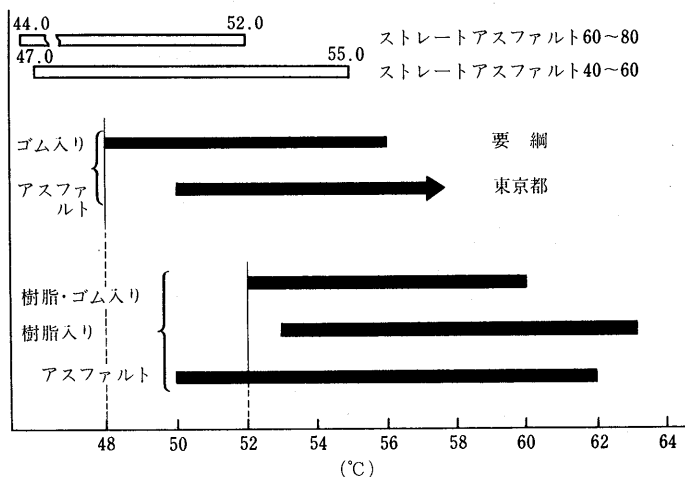


図-26 代表的な改質アスファルトの軟化点(規格)

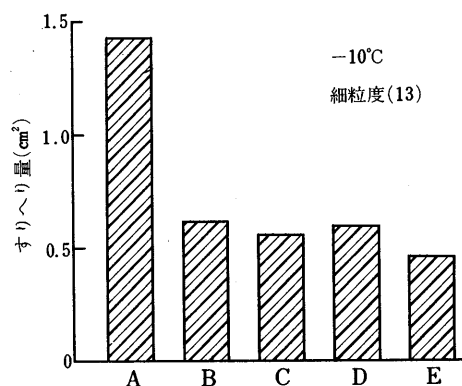


図-28 バインダー種とすりへり量

表-15 使用バインダーの性状¹⁷⁾ (添加量: 5%)

バインダーの種類	針入度	軟化点 (°C)	タフネス (kg·cm)	テナシティ (kg·cm)	フラックス破壊点 (°C)
A ストレート・アスファルト	68	49.0	52.0	0	-11
B スト・アス ^{60/80} ※	66	53.0	78	37	-12
C ゴム入りアスファルト※※	63	50.0	120.0	60.0	-14
D 樹脂入りアスファルト	65	53.0	96.0	41.0	-13
E 樹脂・ゴム入りアスファルト	58	56.5	156.0	88.0	-17

※プラントミックスタイプ(ラテックス10%)(固型分換算5%)
 ※※天然ゴム3%。但し加硫あり。

混合物の性状を市販道路用SBRラテックスのそれと対比して示すと表-16¹⁶⁾のとおりである。

7-2. 現場試験舗装にみる改質アスファルトの供用性
 各種の改質材を用いた改質アスファルト混合物を実際に現場に適用することは、室内試験では見落しがち

表-16 ジェン系ブロック共重合体入り改質アスファルト混合物の性状¹⁶⁾

試験項目	S-B-S-B型 5%	80/100 ストレートアスファルト	市販道路用SBRラテックス 5% (固型分)
マーシャル安定度試験			
安定度 (kg)	1,025	940	1,065
フロー (1/100cm)	51	43	53
ホイールトラッキング試験			
変形率 (mm/min)	2.90×10^{-2}	6.27×10^{-2}	2.67×10^{-2}
動的安定度 (回/mm)	14.5×10^2	6.70×10^2	15.7×10^2
ラベリング試験			
すりへり量 (cm ²)			
アスモル配合	6.55	10.43	6.65
トベカ配合	3.43	5.60	3.80

マーシャル安定度試験: ASTM D1559に規定されている方法によった。
 ホイールトラッキング試験: 雑誌「ラバーインダストリー」, 第4巻, 第6号, 14頁に規定されている方法によった。
 ラベリング試験: サーキュラー型トベカ試験機を用いて試験を行った。

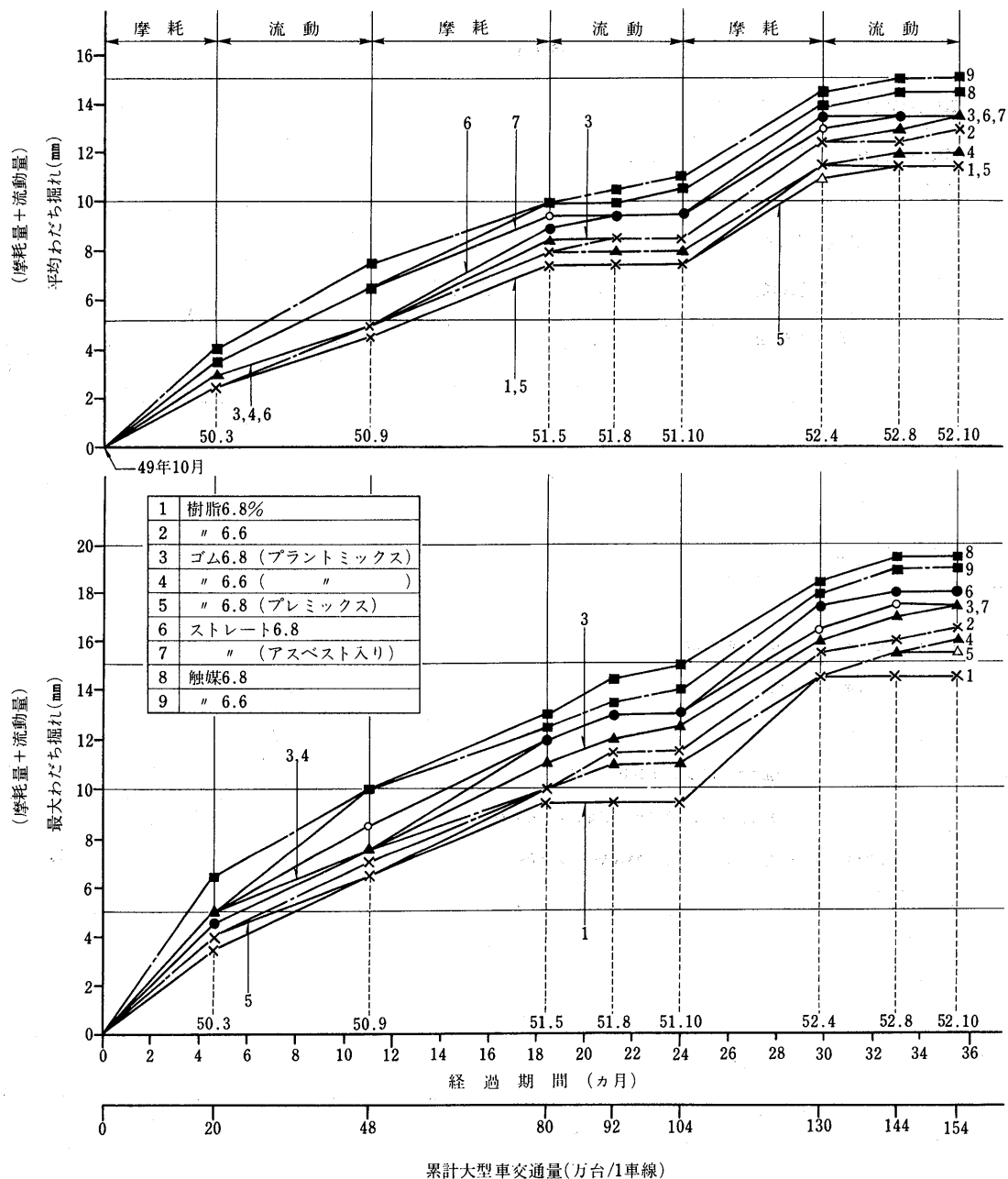


図-29 わだち掘れ量の経年変化(光珠内)¹⁸⁾

な現場における施工性、供用性、耐久性等を把握できるため有用であり、それが望まれる。

代表的な各種改質アスファルトを用いた現場試験舗装の一例として、北海道開発局土木試験所で実施している寒冷地舗装について示すと図-29のとおりである。

試験舗装箇所は典型的な寒冷地に位置し、北海道の豪雪地帯で冬期-20℃、夏期30℃を越す気象条件にあり、全区間とも交通条件が同様であるように配慮され

ている。

図-29からして、樹脂、ゴムを添加したものはストレートアスファルトよりすぐれている。図中、流動、摩耗が季節的に区別されており、舗装初期の圧密期間を除外して考えると、改質材の性状による差がよく理解できる。すなわち、各シーズン間ごとの変化率を試算してみれば、樹脂系は主として夏期の流動に、ゴム系は冬期の摩耗にその特性がうかがわれる。

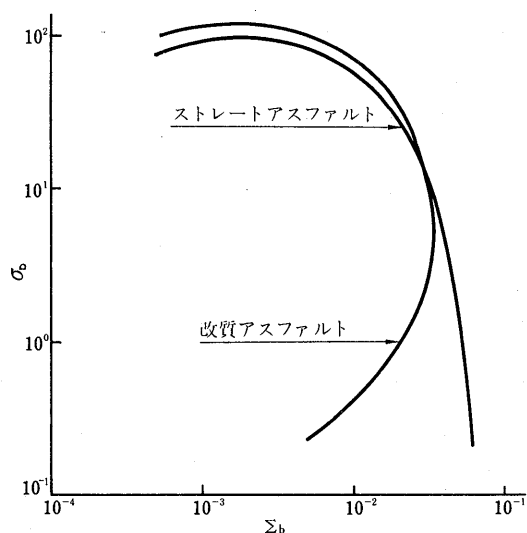


図-30 ストレートアスファルトと改質アスファルトの破壊包絡線図¹⁹⁾

7-3. 改質アスファルト混合物の適用性

改質アスファルト混合物は通常のアスファルト混合物に比べ、一般にスティフネスが大きく、その適用を誤ると荷重が集中する個所にヒビワレ等の発生が推察される。その一例として、ストレートアスファルトと樹脂系改質アスファルトの破壊包絡線を示すと図-30のとおりである。

図-30で注目すべきことは、破壊包絡線の形である。改質アスファルトは極限ひずみを持ち、ストレートアスファルトはそれを持たず σ_b が小さくなるとともに Σb が大きくなっている。すなわち、同一荷重に対する変形抵抗は、高温または長時間載荷になるにしたがって改質アスファルトは優れている。他方、極限ひずみからみると、ストレートアスファルト混合物と改質アスファルト混合物の組み合わせ、その適用上から十分に考慮する必要がある。換言すれば、改質アスファルト、特に高温対策を指向したものについては、既設舗装体との関連性を十分に配慮し、表層から基層、安定処理層までの適用を必要に応じて行なう必要があり、それが強く望まれる。

8. あとがき

2回にわたって改質アスファルトの特性を、改質材との関連から述べてきた。

改質アスファルトを考える場合、それがどのような目的のためにつくられているか、換言すれば、その主たる目的が耐流動なのか、耐摩耗なのか、また、鋼床版、コンクリート床版に代表される橋面に使用するの

か等を考慮して選定する必要がある。

併せて、それと関連して、その適用上からの配慮も必要であり、これらの基本的事項の検討を怠れば、改質アスファルト本来の性質を100%発現させることは困難である。いずれにしても、改質アスファルトの使命はアスファルト舗装の耐久性の向上にある。片面的な改質は、特殊な目的を除き、本来の姿ではない。

今後、化学工業の発展につれ新種ポリマーの開発も期待できる。メーカー、ユーザー共に従来のゴム、樹脂にとらわれず、明日への新しい素材への門を開いておく必要があり、それが望まれる。

おわりに、改質材からみた改質アスファルトについて記したが、資料の不足もあり諸兄の率直なご批判を賜われれば幸いである。

引用文献

- 1) 「新ゴム技術入門」日本ゴム協会編, p.25
- 2) 化学, 増刊58 「高分子物性と分子構造」, p.89
- 3) 長瀬ほか「スチレン・イソプレン共重合ゴム(SIR)を用いたゴム入りアスファルトについて」, 道路建設, No.365, p.55, (1978)
- 4) 建設省土木研究所資料, 第734
- 5) J.A.P.S Vol.21, 981~988(1977)
- 6) 日瀝化学, 技術研究所報 (1978)
- 7) 例えば Ohio's Supplemental Specifications 928 (1970)
- 8) A.V.Tokolsky; Properties & Structure of Polymers, John Wiley & Sons, Inc.,
- 9) 西岡ほか; 工化誌72, 2440(1969)
- 10) 山下普三; 化学, 26, 804(1971)
- 11) R.D.Deanin; Polymer Structure, Properties & Applications", Cahners Publ. Comp., (1972)
- 12) I.O.Salyer, A.S.Kenyon; J.Polymer Sci., pt A19, 3083(1971)
- 13) 松尾他; 第5回日本道路会議論文集, p.345~346 (1959)
- 14) 南雲; 特殊舗装材料と工法, 道路 9月号, p.73 (1978)
- 15) 小野沢ほか; 第11回日本道路会議一般論文集
- 16) 特許公報; 昭49-17007
- 17) 山内ほか; 第11回日本道路会議一般論文集
- 18) 北海道開発局技術研究発表会資料「寒冷地舗装の摩耗状況実態調査」p.10, (53.2)
- 19) 間山ほか「アスファルト混合物の曲げ破壊性状」道路建設, No.338, p.43(1976)

その他の主な引用文献

「ゴム工業便覧」日本ゴム協会

アスファルト舗装の構造設計における最近の動向(6)

弾性理論を中心とした各種設計法

古 財 武 久*

塩 尻 謙太郎**

1. はじめに

アスファルト舗装の構造設計法には、大きく分けて、経験を主とした CBR 法によるものと、弾性理論を適用したものがある。

CBR による設計法は、経験と数多くのデーターから、広く世界的に使用されており、我が国においても、1961年以来、画一的にアスファルト舗装要綱に取り入

れられている。一方、弾性理論を適用した設計法は、1943年 Burmister によって発表され、世界各国において種々研究が行なわれたが、設計条件や設計因子が多く、それらを定性的・定量的に把握することが困難であり、理論的な設計法を確立しにくい面があった。

その後、1963年 Shell が弾性理論を基本とした構造設計法をまとめた形で、発表してから¹⁾ 各国においてもそれを参考に、システム化した構造設計法の研究が行なわれている。

1977年、米国ミシガン州で行なわれた、第4回アスファルト舗装構造設計国際会議の Session IV においても、弾性理論を基本とした設計法の論文が、多く発表されている。本ノートは、これらの論文を中心に、弾性理論を適用した設計法について、基本的な考え方・環境条件・交通量・材料特性・設計基準・舗装の評価の6つのカテゴリーに分けてとりまとめたものである。

2. 設計法の基本的な考え方

弾性理論を適用したアスファルト舗装の構造設計において、舗装を線型弾性体多層構造としてとらえ、そこに使用されている材料は、弾性係数(またはヤング率)とポアソン比で特徴づけられている。^{2)~11)} その材料は、等方等質で各層は水平方向に無限であり、荷重は鉛直または水平に作用し、1つ以上の等分布円形荷重であると仮定している。以上のような舗装体内の各層における応力・歪・変形等の計算は、各種電算プログラムで行われており、S.F.Brown ら²⁾、J.Eisenmann ら³⁾、F.Giannini ら⁴⁾ は、BISTRO または BISAR を、R.A.Jimenez は、CHEVRON を利用して計算している。

設計法の概要と手順について、フローチャートで図-1に示すが、舗装構造は、3層構造(アスファルトコンクリート層、路盤、路床)として、前述の著者²⁾³⁾⁴⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ らはとらえている。なお T.E.Glynn ら⁵⁾ は、アスファルトコンクリート層を表層と基層の2層に分けて、4層構造としている。路盤は、使用材料によって、粒状

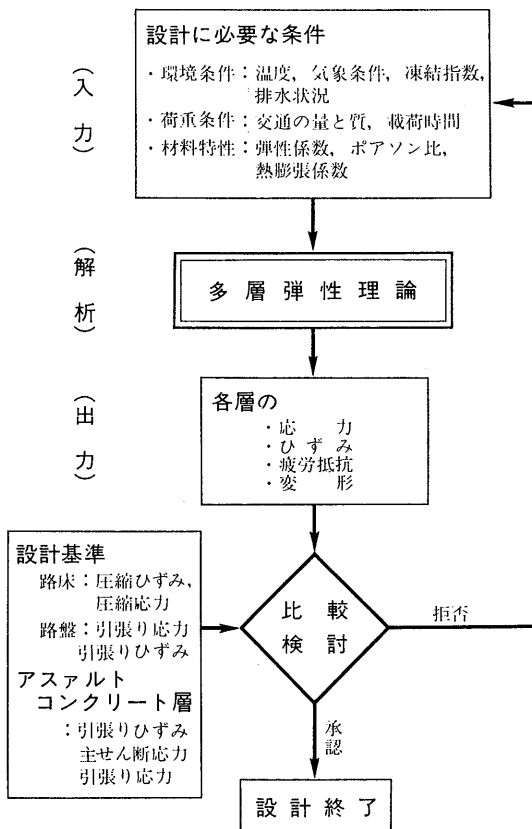


図-1 設計法の概要と手順

* 大成道路橋技術研究所

** 東亜道路工業園綜合技術研究所

材料²⁾³⁾や、安定処理（セメント系⁹⁾、乳剤系¹¹⁾）等として考慮されているが、アスファルト乳剤系の安定処理層は、アスファルトコンクリート層としてとらえ、2層構造で設計している例もある¹¹⁾。

以上のような弾性理論を適用した設計法で、考慮すべき主な要因は、①表層（アスファルトコンクリート層）の疲労抵抗性（表層にクラックが生じないように考える）と、②路床の永久変形に対する抵抗性（表層にわだち掘れが生じないように考える）である。①では、表層底面の引張り歪²⁾⁴⁾、表層の主剪断応力³⁾又は水平方向引張り応力⁶⁾、②では、路床の圧縮歪²⁾⁴⁾と圧縮応力³⁾⁶⁾それぞれの基準値をもとめ、それ以下になるように設計を行う。この場合、路盤は荷重分散効果という点から、中間層として所定の強度が要求される。設計基準として引張り応力²⁾³⁾や圧縮応力³⁾さらに、路床および表層との弾性係数比⁶⁾等が用いられている。

設計に必要な条件と設計因子については、次のようにまとめられる。

(1). 設計に必要な条件

- 1) 環境条件：温度²⁾³⁾⁴⁾、気象条件⁶⁾、凍結指数⁷⁾、排水状況⁷⁾。
- 2) 荷重条件：交通の量²⁾³⁾⁴⁾と質⁶⁾、載荷時間²⁾³⁾、接地圧^{2)~11)}、接地半径^{2)~11)}。
- 3) 材料特性：弾性係数^{2)~11)}、ポアソン比^{2)~11)}、熱膨張係数⁹⁾。

(2). 設計因子

- 1) 路 床：圧縮歪²⁾⁴⁾、圧縮応力³⁾⁶⁾。
- 2) 路 盤：引張り応力²⁾³⁾、圧縮応力³⁾。
- 3) アスファルトコンクリート層：引張り歪²⁾⁴⁾、主剪断応力³⁾、引張り応力⁶⁾。

3. 環境条件

環境条件は、温度²⁾³⁾⁴⁾、気象⁶⁾、凍結指数⁷⁾、排水状況⁷⁾等を考慮する必要がある。中でも温度の変化は、アスファルトコンクリートの弾性係数と、それに伴う許容歪の変化が、舗装寿命に大きく影響するので、設計時充分に考慮しなければならない。

Session IVの論文の中で、著者らの国によって、温度が種々考慮されているが、舗装の温度のとり上げ方が異なっており、それらを分類すると以下のようなになる。

(1). 気温から推定するもの

- 1) 月平均温度から¹¹⁾求める。(図-2参照)
- 2) 年平均温度から²⁾⁵⁾求める。
- 3) 季節と天候別（晴か曇）⁸⁾から求める。

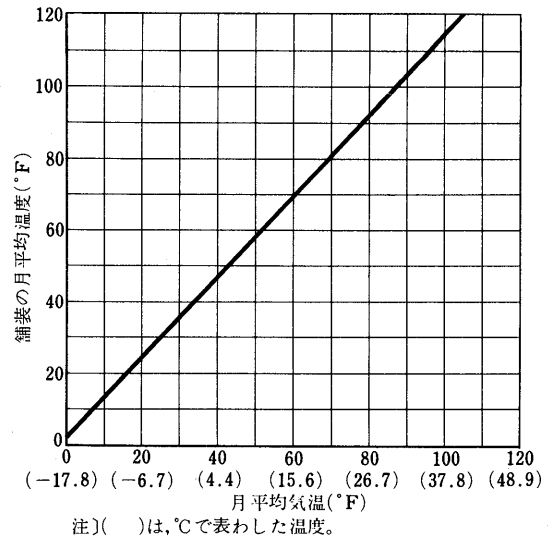
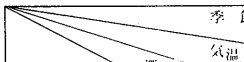


図-2 気温から舗装体温度を求める図

表-1 季節と各層の温度との関係⁴⁾

			冬	春・秋	夏
層の分類	深さ (cm)	気温 (°C)	0～15	15～25	30以上
表層	5		5	20	50
基層	10		8	20	40
路盤	25～30		12	20	30
路床	—		15	20	20

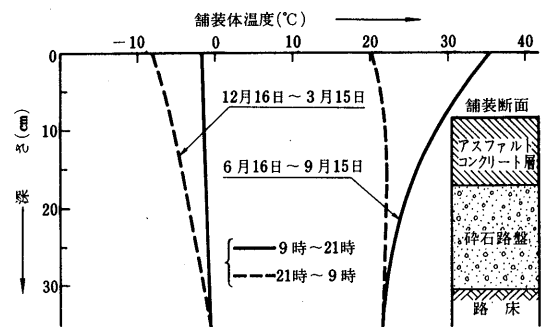


図-3 季節別の温度分布状況の1例³⁾

(2). 代表的な舗装箇所の測定結果から推定するもの

- 1) 季節と各層別⁴⁾に求める。(表-1参照)
- 2) 季節と各層および日別（日中と夜間）とから求める。³⁾(図-3参照)

以上のように、それぞれの国の気象状況によって、単純に年平均温度を舗装体の温度としている²⁾ものから、1年を6つの期間（12/16~3/15, 3/16~5

／15, 5／16～6／15, 6／16～9／15, 9／16～10／15, 10／16～12／15)に分け, 図-3に示すように, 各層と日中および夜間各々の温度変化を用いているもので, 温度のとらえ方が多様である。

一方, R.A.Jimenez⁶⁾は, 標高および雨量と地域要因 (Regional Factor) との関係から, 修正ファクター (C・F) を次式

$$C \cdot F = (R \cdot F)^{0.146} \dots\dots\dots(1)$$

で求めて設計に取り入れている。これは, 季節によって舗装の破壊状況が異なるというAASHOの道路試験結果を参考にしたものであり, 図-4に示すように, 標高および雨量と地域要因とは, 直線関係にある。

4. 交通量

交通量を考える場合, 舗装に与える影響として, 大きい軸重のものほど大きく, たとえその通過回数が少なくても, 小さい軸重が多く通過するものより, 遙かに大きい破壊作用を示す。したがって, 通過する全車輛をひとまとめにして交通量とみなすのは, 妥当性を欠いている。著者⁸⁾¹¹⁾らは, 全通過交通量を軸重別に分類し, 標準軸重に対して分類したそれぞれの換算係数を求め, 標準軸重による通過回数に対し, その総計を交通量としている。この様な考え方は, AASHO 道路試験結果に基づいたものであり, 次式によって標準軸重換算輪数 (n) を求めている。

$$n = 2.2 \times 10^{-8} \cdot L^4 \dots\dots\dots(2)$$

ここに, L: 分類によるそれぞれの軸重 (KN)
[KN≒1.02×10⁻¹ kg]

ここで標準軸重を, 著者らは, どのように定めているかまとめてみると, 表-2のようになる。メートル法, ヤード・ポンド法および国際単位系と国によって単位がまちまちであるが, メートル法で表わすと約8tonと10tonの2種類が, 標準軸重となっていることがわかる。

Session IVの論文の多くは²⁾³⁾⁴⁾⁸⁾¹¹⁾, (2)式を用いて, 年伸び率と設計年数とから, 設計交通量 (N) を求めているが, T.E.Glynn⁵⁾らは, N=10⁶と限定している。

一方, R.A.Jimenez⁶⁾は, 表-3のように, 全通過車輛を5クラスに分け, 次式

軸重別応力繰返し回数

$$= \text{軸数} \times \text{係数} \times \text{平均日交通量} \times \text{設計日交通量} \dots\dots(3)$$

によって, それぞれの車種別の応力繰返し回数をもとめて, それをインプットデータとしており, 興味ある考え方である。

5. 材料特性

弾性理論を適用する構造設計法においては, 舗装を

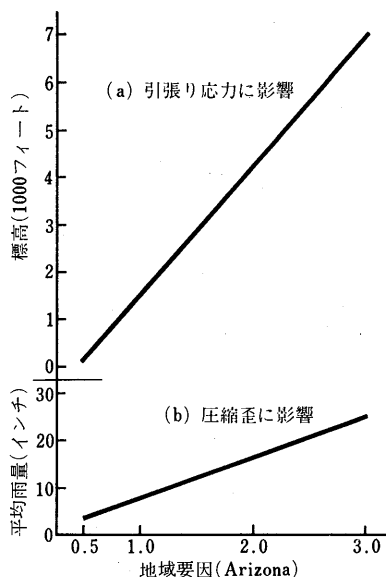


図-4 地域要因(R.F.)と標高および雨量と関係⁶⁾

表-2 標準軸重と接地圧, 接地半径

項目 著者名	標準軸重		接地圧 (KN/m ²)	接地半径 (mm)
		ton換算		
S.F.Brownら ²⁾ T.E.Glynnら ⁵⁾	80KN	8.2	500 (5.1kg/cm ²)	160
L.E.Santucci ¹¹⁾	18,000lb	"	—	—
K.Majidzadehら ⁸⁾	18Kips	"	—	—
J.Eisenmannら ³⁾	100KN	10.2	700 (7.1kg/cm ²)	170
F.Gianniniら ⁴⁾	10t	10.0	—	—

表-3 アリゾナ州の設計に用いる交通区分

車 種			軸 数	係 数
種 別	輪荷重 (lb)	接地圧 (×10 ³ N/m ²)		
Passenger	1,000 (454kg)	193 (2.0kg/cm ²)	2	0.70
2 P (ピックアップ)	1,600 (725kg)	220 (2.2kg/cm ²)	1	0.23
F A (前軸)	5,500 (2.5 t)	724 (7.4kg/cm ²)	1	0.10
S A (復輪)	4,000 (1.82t)	"	1	0.25
T A (三軸)	"	"	2	0.22

構成する各層の材料物性を求めなければならない。ここでは, 路床, 粒状路盤及びアスファルト・コンクリート層について各論文で使用されている関係式や値を示す。

現在, メートル法及びヤード・ポンド法から国際単位系への移行時期に当り, 論文の中では各種の単位系が広く使用されていることから異和感のないメートル法

表-4 路床の弾性係数とポアソン比

著 者 名	弾 性 係 数	ポアソン比
S.F.Brownら ²⁾	$E \text{ (MN/m}^2\text{)} = 10 \times \text{CBR}$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$	0.4~0.5
F.Gianniniら ⁴⁾	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$	0.3~0.75
T.E.Glynnら ⁵⁾	$E \text{ (MN/m}^2\text{)} = 30$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 300$	0.46
J.K.Mitchellら ⁹⁾	$E \text{ (psi)} = 1500 \times \text{CBR}$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$	0.5
L.E.Santucci ¹¹⁾	$E \text{ (psi)} = 1500 \times \text{CBR}$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 100 \times \text{CBR}$	0.45

表-5 粒状路盤の弾性係数とポアソン比

著 者 名	弾 性 係 数	ポアソン比
S.F.Brownら ²⁾	$E \text{ (MN/m}^2\text{)} = 2.5 \times \text{路床の弾性係数}$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 25 \times \text{路床の弾性係数}$	0.3~0.4
J.Eisenmannら ³⁾	$E \text{ (dyn)} = 1.2 \sim 2.5 \times E_{v2}$ E_{v2} : 平板载荷の支持力	—
F.Gianniniら ⁴⁾	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.206 \times (\text{路盤厚})^{0.45} \times \text{路床の弾性係数}$	—
T.E.Glynnら ⁵⁾	$E \text{ (MN/m}^2\text{)} = 150$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,500$	0.38
R.A.Jimenez ⁶⁾	$E \text{ (psi)} = 20,000$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,400$	0.45

表-6 アスファルト・コンクリート層の弾性係数とポアソン比

著 者 名	弾 性 係 数	ポアソン比
J.Eisenmannら ³⁾	$E \text{ (dyn)} = 2 \times \text{セン断強度} \times (1 + \text{ポアソン比})$	0.2~0.5
T.E.Glynnら ⁵⁾	$E \text{ (MN/m}^2\text{)} = 2,800$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 28,000$	0.45
R.A.Zimenez ⁶⁾	$E \text{ (psi)} = 200,000$ $E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 14,000$	0.35
L.E.Santucci ¹¹⁾	直径方向弾性係数測定試験で測定	0.40

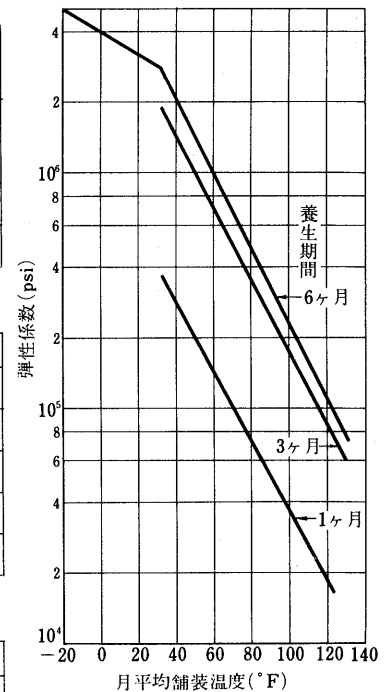


図-6 アスファルト乳剤混合物における弾性係数と舗装温度の関係¹¹⁾

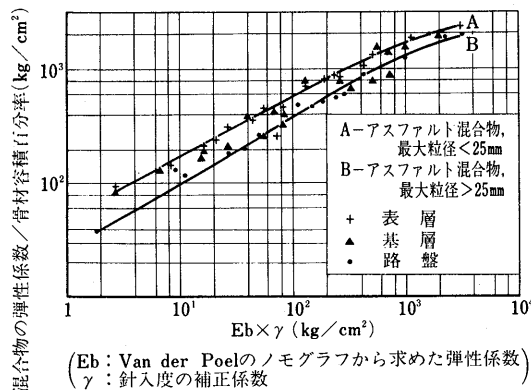


図-5 アスファルトの弾性係数と混合物の弾性係数の関係⁴⁾

についても同時に示すことにする。

(1). 路 床

路床の弾性係数は、在来の試験値や経験値から推定するもので、表-4に代表的な値を示す。しかし、その他の方法は、室内実験手法として繰返し三軸圧縮試験、現場手法としてダイナフレク等により求めている。

またポアソン比は、0.4~0.5の範囲の値が採用されている。

(2). 粒状路盤

粒状路盤の弾性係数は、表-5に示すような関係式や値によって求めている。又、ポアソン比は、0.3~0.45の範囲の値を使用した設計法が多い。

(3). アスファルト・コンクリート層

アスファルト・コンクリート層の弾性係数については、F.Gianniniら⁴⁾が図-5に示すアスファルトのスティフネスをVan der Poelのノモグラフを使用して求め、その値に針入度の補正係数を乗じたものとアスファルト混合物の弾性係数と骨材容積百分率との比から求めている。

L.E.Santucci¹¹⁾は、直径方向弾性係数測定試験により、図-6に示すように測定温度から予測した月平均舗装温度と弾性係数の関係図を使用している。又、Eisenmann³⁾らは、動的セン断試験値より求め、T.E.Glynnら⁵⁾、R.A.Jimenez⁶⁾は、表-6に示すようにアスファルト・コンクリート層を一定値として取り扱っている。

6. 設計基準

設計基準をどこにおくかということは、舗装寿命の予測の上から重要なことである。これは弾性理論による構造解析の結果から得られる応力および歪の特性と、舗装各層に使用する材料特性との関係から求められ、各層の限界応力、限界歪および疲労特性をどの程度にするかということである。そこで、路床・路盤・アスファルトコンクリート層の順で、設計基準について述べることにする。

(1). 路 床

著者ら²⁾⁴⁾は、交通荷重の繰返し作用に対して、路床の永久変形を、ある限度内におさえて表層の供用性を維持する目的で、繰返し回数(N)と許容歪(ϵ)との関係を次式で表わしている。

$$\epsilon = K_1 \times N^{-n_1} \dots \dots \dots (4)$$

ここに、 K_1 および n_1 は表-7を参照

(4)式の関係は、ShellがAASHOの道路試験結果から、PSI=2.5 という基準を設けて、コンピュータプログラムBISARを用いて求めたものが基本となっている。

一方、路床の許容値を、圧縮応力でとらえている著者²⁾⁴⁾らもおり、T.E.Glynn⁵⁾らは、表層の弾性たわみ0.5mm、永久変形6.3mmとした場合、路床の許容応力は、20KN/m² (0.2kg/cm²)としている。また、J.Eisenmann³⁾らは、許容圧縮応力(σ_z)を次式で表わしている。

$$\sigma_z = \frac{0.006 \times E \text{ dyn}}{1 + 0.7 \log n} \text{ (KP/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (5)$$

ここに、E dyn: 路床土の弾性係数

n: 繰返し作用回数

(2). 路 盤

路盤は、表層に受ける交通荷重を、路床へ均等に伝達する荷重分散効果としての重要な層であるが、路盤厚および弾性係数を、一定として設計している例が多い。²⁾⁴⁾⁵⁾ 設計基準としては、J.Eisenmann³⁾が、粒状路盤について、圧縮応力(σ_z)は、 $\sigma_z = 3 \text{ N/mm}^2$ (30.6kg/cm²)、引張り応力は0.5~0.7N/mm² (5.1~7.1kg/cm²)としている。またJ.K.Mitchell⁹⁾は、セメント安定処理路盤について、疲労破壊までの繰返し回数(N_r)と許容引張り歪(ϵ_t)との関係を次式で表わしている。

$$N_r = (142/\epsilon_t)^{20.3} \dots \dots \dots (6)$$

(3). アスファルトコンクリート層

アスファルトコンクリート層の疲労破壊の主な原因は、その層の底面に生ずる引張り歪によると考えられており¹¹⁾、疲労破壊までの繰返し回数(N)

表-7 $\epsilon = K_1 \times N^{-n_1}$ の K_1 と n_1

著者名	係 数	K_1	n_1
S.F.Brownら ²⁾		0.0216	0.28
F.Gianniniら ⁴⁾		0.011	0.202
R.A.Jimenez ⁶⁾		0.0105	0.200

表-8 $\epsilon = K_2 \times N^{-n_2}$ の K_2 と n_2

混合物の種類	係 数	K_2	n_2
Hot Rolled Asphalt		0.00348	0.204
Dense Bitumen Macadam (針入度 100)		0.00681	0.285
" (針入度 200)		0.01138	0.347

と許容引張り歪(ϵ)との関係は、一般に

$$\epsilon = K_2 \times N^{-n_2} \dots \dots \dots (7)$$

で表わされている。 K_2 および n_2 は材料特性による定数であるが、定量的に表わすには、阿部¹³⁾が指摘しているように種々の問題がある。しかし、S.F.Brownら²⁾は、混合物のアスファルト量とアスファルトの軟化点および疲労破壊までの繰返し回数から、許容引張り歪を求める式を提案している。そして、代表的な混合物については、(7)式から許容引張り歪を求めるように、定数 $K_2 \cdot n_2$ を表-8のように定めている。また、T.E.Glynn⁵⁾は、疲労破壊までの繰返し回数(N)が $N=10^6$ のとき、許容引張り歪(ϵ)を $\epsilon=150 \mu$ としている。

一方、R.A.Jimenez⁶⁾は、アスファルトコンクリート層の疲労破壊を考える場合、その層の底面に生ずる引張り歪より、引張り応力の方が適切であるとし、疲労破壊までの繰返し回数(N)と許容引張り応力(σ_T)との関係を次式で表わしている。

$$\sigma_T = a \times N^{-b} \dots \dots \dots (8)$$

a と b は、材料特性による定数で、 $a=1,800$ 、 $b=0.200$ としていたが、実際の舗装上からも検討を加えた結果、 a は1,000~10,000、 b は0.230~0.420にあるとしている。¹²⁾

7. 舗装の評価

構造設計法に基づいて舗装された路面は、設計交通量に対して、ひびわれや流動等を生じないように十分な耐久性を、備えたものでなければならない。また、路面は、凹凸が少なく、すべり抵抗が高く、車が快適にかつ安全に走行できるようでなければならない。これらの路面性状の諸要因を、定量的に表わしているものが、AASHOの道路試験から提案されている供用性指数P.S.Iである。¹⁴⁾ このP.S.I(P)による路面評価は、車輪通過位置の凹凸度分散の平均値(SV)、ひびわれ

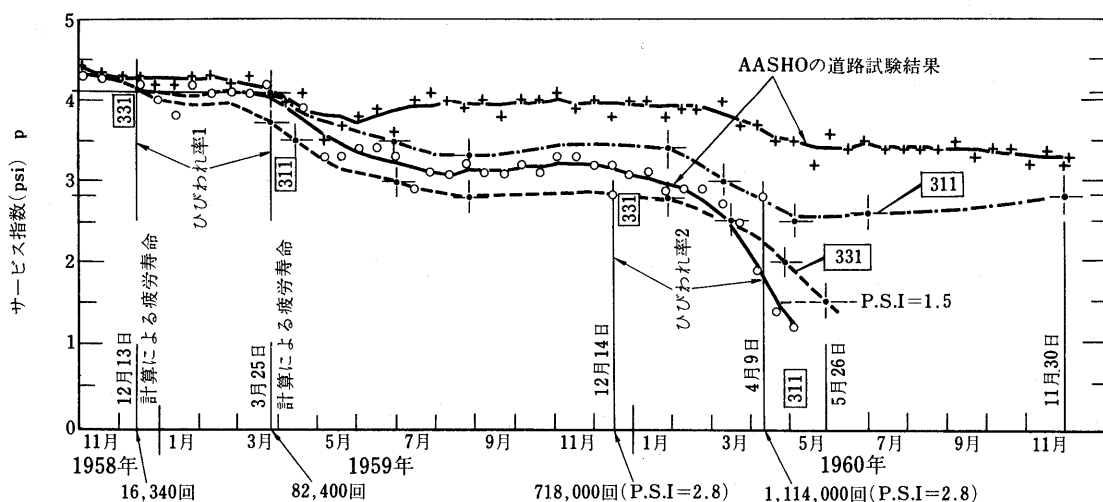


図-7 P.S.I.と供用年数の関係³⁾

とパッチング面積の平均 ($\text{ft}^2/1,000\text{ft}^2 \doteq \text{m}^2/1,000\text{m}^2$) ($C+P$), 車輪通過位置のわだち掘れ深さの平均 ($\text{in} \doteq 2.54\text{cm}$) (RD) で, 次式で表わされる。

$$P = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 \sqrt{C+P} - 1.38 \cdot RD^2 \dots\dots\dots(9)$$

このP.S.I.の考え方をもとに, 他の要因を取り入れた形で, 多くの式が提案されている¹⁵⁾¹⁶⁾が, 我が国においても修正した形で, 道路維持修繕要綱に路面評価法として, 取り入れている。

Session IVにおける論文の中で, J.Eisenmannら³⁾は, P.S.I.を用いてAASHO道路試験結果と比較検討したものを, 図-7に示す。図に計算結果より求めた疲労寿命と, P.S.I.との関係が示されており, P.S.I. $\doteq 4.1$ のとき, 計算による疲労寿命とほぼ一致している。これは, ひび割れ率1の初期クラック時と等しい。さらにP.S.I. $= 2.5 \sim 3.0$ (大略 2.8) のとき, 舗装は, ひび割れ率2の亀甲状クラックとなっていることがわかる。このように, P.S.I.は, 路面の供用性状を定量的に表わす手法として, 現時点で適切なものと考えられる。

一方, 供用性からの比較ではなく, R.A.Jimenez⁶⁾は, ダイナフレクトにより, 各層の弾性係数をもとめ, それらの弾性係数化によって評価し, 次式のような関係式が成り立つことを示している。

$$K1 = 14.7 - 4.81 \times K2 \dots\dots\dots(10)$$

$$K1 = 27.0 + 34.9 \times C \cdot F \dots\dots\dots(11)$$

ここに, $K1 = E1/E2$

$$K2 = E2/E3$$

$$C \cdot F = (R \cdot F)^{0.146}$$

E1: 表層弾性係数

E2: 路盤弾性係数

E3: 路床弾性係数

また, T.E.Glynnら⁵⁾は, 舗装の耐久性〔たわみ量 (δ_r), わだち掘れ深さ (δ_p), 疲労寿命 (L_f)〕と経済性〔一層のコスト (C_s), 全層のコスト (C_m)〕とから, 客観的函数 (W) を, 次式

$$W = 50 \cdot C_s / C_m + 15 \cdot \delta_r / 0.5 + 25 \cdot \delta_p / 12.5 + 10 \cdot L_f / 20 \dots\dots\dots(12)$$

で求め, 舗装構造の検討をおこなっている。

いずれにしても, 舗装の評価は, 舗装体の耐久性と路面の走行性に加え, 道路が環境に及ぼす影響, 特に道路周辺に対しての自動車の騒音や振動をも考慮した形で行なう必要があろう。

8. あとがき

以上の通り, 今回の研究ノートは, 第4回アスファルト舗装構造設計国際会議論文Session IVの中から, 弾性理論を中心にまとめたものである。当初, 世界各国の設計法を紹介する予定であったが, 我々の力不足から一部の舗装構造設計法に触れるのみとなった。しかし, 弾性理論を適用した設計法についての, 最近の動向をうかがい知ることができるものと考えている。

我が国でも, 弾性理論を基本にした設計法は, 既にいくつかの論文が発表されているが, 今後更に, 各研究機関において取り上げ, 我が国の諸条件に適した設計法の検討を試みてはどうであろうか。

最後に, 本稿をまとめるにあたり, 御指導をいただいた日本大学阿部頼政助教授に紙面をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) "Shell Design Charts for Flexible Pavements"
Shell International Petroleum Company Limited.
ed. 1963
- 2) S.F.Brown, P.S.Pell, and A.F.Stock, "The Application of Simplified Fundamental Design Procedures for Flexible Pavements" *4th I.C.S.D.A.P. p.327~341, 1977
- 3) J.Eisenmann, U.Lampe and G.Leykauf, "Method for the Structural Design of Asphalt Pavement" *4th I.C.S.D.A.P. p.342~352, 1977
- 4) F.Giannini and G.Camomilla, "Procedure for the Structural Design of Pavement Used on Italian Motorways" *4th I.C.S.D.A.P. p.353 ~ 369, 1977
- 5) T.E.Glynn, J.G.Byrne, R.W.Kirwan and M.S. Snaith, "An Optimal Design Procedure for Multilayer Pavements" *4th I.C.S.D.A.P. p.370 ~382, 1977
- 6) R.A.Jimenez, "Asphalt Design for Arizona," *4th I.C.S.D.A.P. p.383~388, 1977
- 7) M.B.Korsunsky and P.I.Jelyaev, "New Method for Asphalt Pavement Design Adopted in the USSR" *4th I.C.S.D.A.P. p.389~401, 1977
- 8) K.Majidzadeh, L.U.Talbert and M.Karakouzian, "Development and Field Verification of Mechanistic Structural Design System in Ohio" *4th I.C.S.D.A.P. p.402~408, 1977
- 9) J.K.Mitchell and C.L.Monismith, "A Thickness Design Procedure for Pavement with Cement Stabilized Bases and Tin Asphalt Surfacing" *4th I.C.S.D.A.P. p.409~416, 1977
- 10) E.Nemesdy, I.Keleti, T.Boromisza and L.Gáspár, "Trends in the Development on Flexible Pavement Design in Hungary" *4th I.C.S.D.A.P. p.417~423, 1977
- 11) L.E.Santucci, "Thickness Design Procedure for Asphalt and Emulsified Asphalt Mixes" *4th I.C.S.D.A.P. p.424~458, 1977
- 12) R.A.Jimenez, "Structural Design of Asphalt Pavements (Arizona)-Phase II" H.P.R.-1-12, (142)May, 1975
- 13) 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(2)」アスファルト, vol 21, No115, p.38, 1978
- 14) 社団法人セメント協会編「AASHO道路試験(再版)」
- 15) 日本道路協会編「路面性状の基準に関する調査報告書」昭和49年3月
- 16) 高速道路調査会編「高速道路の舗装補修に関する調査報告書」昭和48年2月および昭和49年2月

注) *はProceeding of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement の略である。

再生合材を利用して\$500,000節約

ワイオミング州道路局では、州間道路80号線のウォルコット交差部からララミーに至る15km間に再生合材を利用し、今夏50万ドル(約1億円)節約できたと予測している。

このプロジェクトの再舗装工事を従来工法により実施した場合、その予算額は250万ドルとなるが、再生合材用の加熱混合プラントを使用したことにより、20%少い200万ドルで完成することができた。

ワイオミングは、その面積に比較して人口が非常に少ないが(332,416人,1970年調査)一方、州内を走る州間道路延長は900マイル以上に達する。また、国の補助金は人口に応じて設定されるため、州政府としては道路予算の拡大には細心の注意を払っている。このような事情に加えて、プロジェクト施工地区附近で良質の骨材が得られないなどの理由により、再生材の利用が決定した。州間道路80号線は州の東西を横断する主要ルートであるが、ワイオミング州内はトラック交通の割合が特に高い。再舗装工事の計画区間は、延長40kmにわたるが、そのうち8kmの小区間については昨年再生材を使用して舗装され、残りの区間は1979年に実施の予定である。

本年度のプロジェクト工事は7月から8月にかけて実施された。この工事には、105,300トンの再生加熱混合物と1,180トンの新しいアスファルトが使用された。4車線のうち、まず2車線を完成し、両面交通を維持しながら工事は進められた。従来の表層は9cm厚の加熱混合物と、その上に1.75cm厚のブランド混合材によるシール層から構成されていた。既設の舗装を一工程で剥ぎ取るため、CMI社のCold milling machine が使用された。剥ぎ取り合材は、粒径5cm以下に破碎し、工事現場近くの2箇所に貯蔵された。約70%の新しい混合物は再生材によるものであるが、残り30%には、未使用骨材、石灰スラリー(はく離対策として)および1%の新しいアスファルトが加えられた。消石灰1部、水3部からなる石灰スラリー混合物は、ドライヤードラムミキサに入れる直前の破碎合材に添加された。混合物温度は、プラント出荷で138℃以下、舗設時では93℃以上とした。10cm厚の再生合材を舗設する前に、路盤に乳剤タックコートを散布した。当初、チップシールを施工する予定であったが、気候条件が悪かったため、次の舗装シーズンまで延期された。

元素分析法, 分子量測定法 平均構造解析法(密度法)

林 誠 之*

1. まえがき

本稿ではアスファルトの元素分析法, 分子量測定法ならびにこれらから得られる炭素, 水素, 分子量の情報をもとにアスファルトの平均的構造を求める平均構造解析法(密度法)について述べるとともに, 実際の測定例を示した。

2. アスファルトの元素分析法

2.1 概 論

アスファルトに含まれる元素は大別して非金属元素と金属元素に分けられる。非金属元素としては炭素, 水素(以下, C, Hと略す)が主なものであり, この他に窒素, 硫黄, 酸素(以下, N, S, Oと略す)が含まれている。金属元素としては, バナジウム, ニッケル(以下, V, Niと略す)などが主な含有元素といえる。

これら各元素の含有量を一つの方法で測定する分析方法はなく, 大部分の元素はそれぞれ個別の分析法で測定しなければならないのが現状である。

アスファルトに含まれるこれら各元素の分析法として適当と考えられる測定法について表-1にまとめるとともに, 以下各分析法の概要について述べる。

2.2 C, H分析法

2.2.1 C, H分析の目的

C, Hはアスファルトの主要元素であり骨格をなす元素といえる。元素分析で得られる情報は当然ながらアスファルト中の全C, 全H量である。このC, H量の

みからはアスファルトの化学構造を知ることはいないが, この値に分子量や高分解能核磁気共鳴吸収スペクトル(NMR)を中心とするC-H結合状態のタイプ分析結果などを結びつけることにより, アスファルトの平均化学構造が推定できるようになってきている(この点に関してはNMRの所で詳述される予定である)。

C, Hのみの値から得られる大雑把な情報としては, C/H(原子数)比によってそのアスファルトの炭化水素の芳香族性などがある程度予測することができる。すなわち, 以下に示すように多環芳香族となるほど, C/H比の値が高まる傾向にあるためである。なお, アスファルトは単一物質ではなく多成分の混合物であるので, たとえC/H比が下記の数値に合致してもその物に固定できるわけではない。

縮合多環芳香族(3環以上)	C/H $\geq$ 1.40
縮合芳香族(ナフタレン )	=1.25
単環芳香族(ベンゼン )	=1.0
普通の脂肪族炭化水素	$\approx$ 0.5
パラフィン	$\approx$ 0.48

また, C, H, 分子量のデータをもとに簡便的にアスファルトの平均構造解析を行う, いわゆる密度法があり, この方法については第4章で述べる。

2.2.2 C, H分析法

C, H分析に関してはPregl法^{1,2)}によるものが多い。しかし, 最近ではこの方法にDumas法によるN分析を組み合わせたPregl-Dumas法を自動分析化したCHN同時定量分析^{1,3)}が行われるようになってきているので, 本項ではこの方法の一例について述べる。測定原理を図-1に示す。すなわち,

- (1). 1 mg程度の超微量試料を電気式微量化学秤などで秤量後, ボート①にのせ, 燃焼系②に挿入する。
- (2). 試料燃焼のためのO₂は燃焼系にO₂ガス③で供給する場合のほか, O₂発生剤(WO₃-MnO₂など)を試料にあらかじめ散布する方法などがある。
- (3). 石英燃焼管④でできた燃焼系②に入れられた試料は, (2)のO₂存在下で酸化剤(CuO⑤が一般的)の助けを受け完全燃焼される。C, H, N各成分は

表-1 アスファルトの主な元素分析法

元 素	主 な 分 析 法
C, H	Pregl法
N	Dumas法, Kjeldahl(ケルダール)法, 微量電量滴定法
S	燃焼法, けい光X線法
O	Oita法
金属(V, Niなど)	原子吸光法

* 日本石油株式会社技術研究所第1研究室

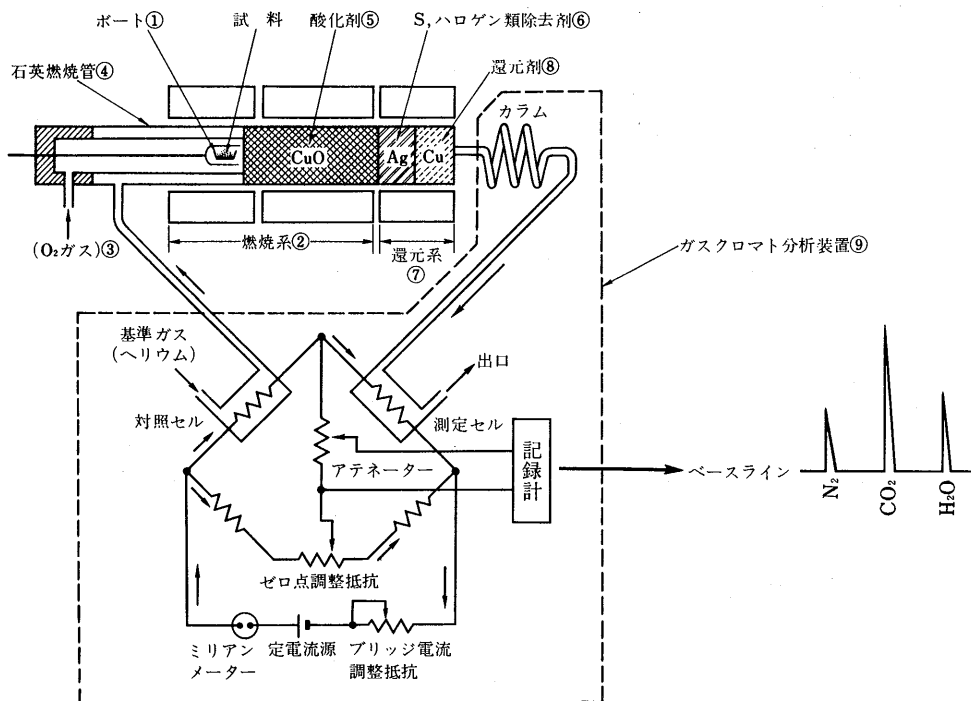


図-1 CHN同時定量分析計の原理図 (Pregl-Dumas法, GC方式)

酸化され、

C成分→CO₂

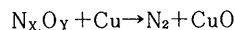
H成分→H₂O

N成分→N_xO_y

の形の酸化物を生成する。

- (4). 試料がCHNのみの化合物であれば問題ないが、アスファルトのように定量障害となる元素 (S, ハロゲン, P, B, 有機金属類など) が含まれる場合には、これら障害元素については各種の方法¹⁾で吸除除去される。たとえばS, ハロゲン物質に関しては酸化剤⑤の後に銀(Ag)の充てん部⑥を置く。

- (5). (3)で酸化させた複雑な組成の窒素酸化物(N_xO_y)は次に還元系⑦で金属Cuを還元剤⑧としてすべてN₂に還元する。



なお、CO₂, H₂O は還元系を通っても変化しない。

- (6). この結果、還元系⑦から出てくる試料成分のガスはCO₂, H₂O, N₂のみとなり、次にこのガスを通常と全く同じガスクロマト法⑨により分離し、それぞれのガス量を測定することによりC, H, N量が求まる。なお、この他に還元系から出てくるガスの定量法として自己積分法(2.5.2で述べる)

などが一般的である。

2.3 N分析法

2.3.1 N分析の目的

道路用アスファルトの供用性とアスファルト中のN分を直接結びつけた報告は少ない。しかし、アスファルト分を含む重油などを燃焼すると、排出ガス中に窒素酸化物(NO_x)が存在し、これは光化学スモッグの発生機構に関与する物質の一つと言われている。NO_xの生成原因としては、燃焼時に空気中のN₂から入るものとともに、燃料中に含まれるN化合物によるものがあり、このような場合にはN分析が必要となる。

2.3.2 N分析法

アスファルト中の全N分析には2.2.2で述べたCHN同時定量分析以外に、重油中のN分定量分析照合試験結果⁴⁾をふまえて1975年に制定されたJIS K2609石油製品窒素分試験法⁵⁾がある。この中には化学分析法としてマクロケルダール法とミクロケルダール法、機器分析法として微量電量滴定法と自動デュマ法が規定されているが、それぞれに一長一短がある⁶⁾。

前述したCHN同時定量法で、かなりの情報を得ることができ、特に厳密な精度を要求する分析を行う場合にはマクロケルダール法が最良である。

各試験法の概要は以下のとおりである。

(1). マクロケルダール法

デュマ法が試料中のN分を N_2 として測定するのに
対して、いわゆるケルダール法はアンモニアの形で
測定する方法である。

分析操作、試験所要時間など負担の大きい分析法ではあるが、精度的には最も高く標準値決定にはこの分析法が用いられる。なお、N-O結合およびN-N結合をもつN分は定量できないが、通常の石油類には試験結果に影響するほど存在していない。

分析装置の一例を図-2、図-3に示す。

試験法は、試料を触媒（酸化第2水銀または水銀と規定されているが、最近の報告⁷⁾によれば触媒比を選べば硫酸銅でも同等の効果がある）および硫酸カリウムを加えた濃硫酸中で加熱分解し、試料中の窒素を硫酸アンモニウムに変え、これに強アルカリを加えて水蒸気蒸留する。発生したアンモニアをほう酸溶液に吸収し、メチルパープル、メチルレッド-メチレンブルー混合液などを指示薬として硫酸標準液で滴定する。

(2). ミクロケルダール法

マクロ法(1)の分析規模を小さくしたものである。

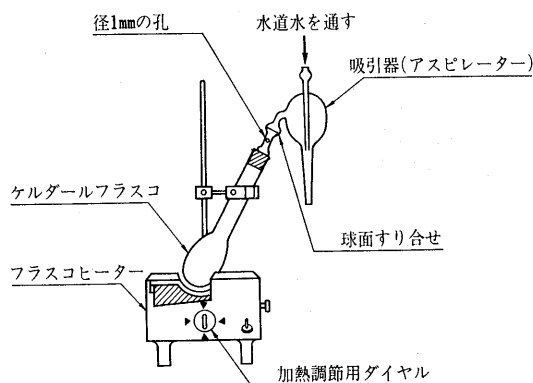


図-2 マクロケルダール法分解炉の一例

使用する試薬類は一部異なっているが、試料中の N 分をアンモニアの形で分析する原理は同じである。

(3). 微量電量滴定法^{8,9)}

分析装置の一例を図-4に示す。

試験法は、水素ガスを通じ 700℃位に保ったNi触媒を充てんした熱分解管の中央部に、溶媒に溶かした試料を導入し、生成物中のN化合物を水素で還元しアンモニアに変換する。この際生成する酸性ガスはスクラパー管で除き、アンモニアを H_2 とともに滴定セル内の電解液に吸収させる。アンモニアにより消費された電解液の水素イオン相当量が電解により補充され、このとき消費した電気量からファラデーの法則によって水素イオン相当量、すなわち試料中のN分を求める。

(4). 自動デュマ法¹⁰⁾

分析装置の一例を図-5に示す。

試験法は、試料を炭酸ガスふん囲気中で酸化銅を

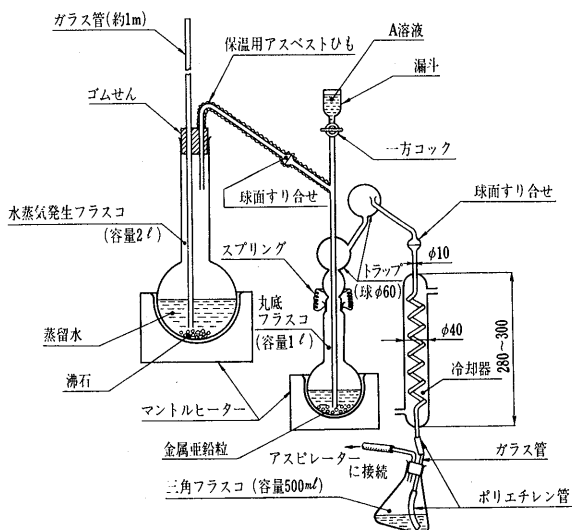


図-3 マクロケルダール法水蒸気蒸留装置の一例

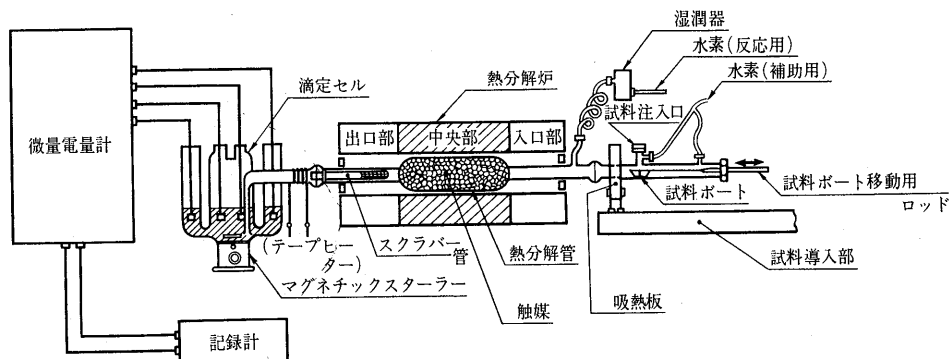


図-4 微量電量滴定装置の一例

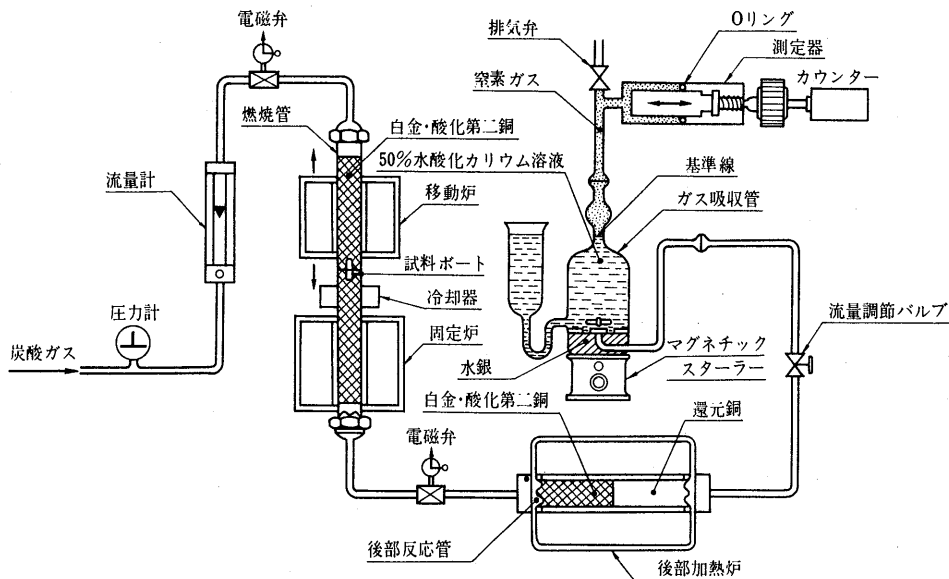


図-5 自動デュマ窒素分析装置の一例（系統図）

用いて熱分解・酸化させた後、生成したN化合物を還元銅により N_2 に還元する。次いで、同時に生成した酸性ガスと炭酸ガスを水酸化カリウム溶液で吸収・除去した後、 N_2 ガスの体積を測定する。

2.4 S分析法

2.4.1 S分析の目的

石油中のS分は燃焼に際し SO_2 ガスなど不快な臭気を発生したり、内燃機関の燃焼性をそこねたり、腐食させたりする問題があるため、古くから石油各留分中のS分を除く努力がなされている。そして、重質油になるほどS分除去は難しくなる。また、重油価格に対するS含有量の影響は大きいので、S分析は商取引上からも重要な試験となっている。

アスファルト中のS分はほとんど環状化合物といわれているが、道路用アスファルトの供用性とS分の関係についてはほとんど報告がないことから、それほど直接的な影響はないものと思われる。

2.4.2 S分析法

アスファルト中のS分析法としては大別して燃焼法と放射線法の2種類がある。燃焼法としては、ボンベ式¹¹⁾、燃焼管式空気法¹²⁾、酸水素炎燃焼式¹³⁾、高温燃焼法¹⁴⁾、放射線法としては、非分散形けい光X線を用いた専用器による方法^{15,16)}などが適当と考えられる。

この中で広く基準とされている分析法はボンベ式であるが、この方法は試験時間が長いことと高度の分析技術を要するため実際にはあまり行われていない。ボ

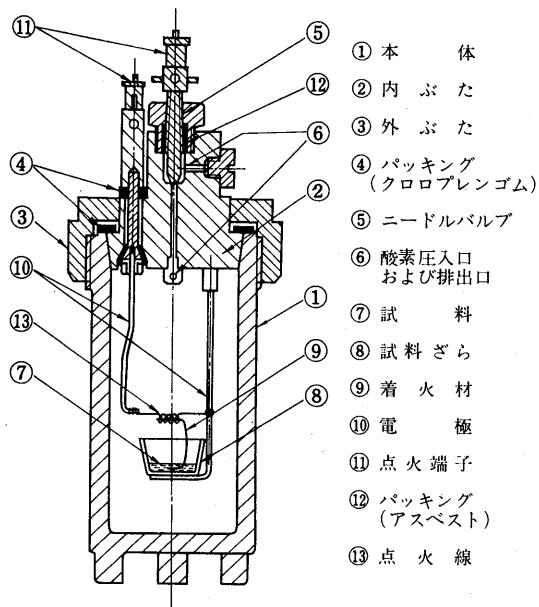


図-6 ボンベの一例

ンベ式に代って現在石油会社で最も多く用いられている標準試験方法は燃焼管式空気法である。

非分散形けい光X線法はいわゆる機器分析法で試験時間の短いことが特徴である。この他の機器分析法としては分散形けい光X線法¹⁷⁾、放射線透過法¹⁸⁻²⁰⁾、電量滴定法²¹⁾などがあるが、実用的には非分散形けい光X線法が最適と考えられる。

(1). ポンベ式 (JIS K2363 石油製品ポンベ式硫黄分試験方法<空気式>¹¹⁾)

O₂ガスを圧入したポンベ (一例を図-6に示す) 中で試料を燃焼させたのち、ポンベを洗浄し洗液中の硫酸塩を硫酸バリウムとして重量法で定量しS分を求める。

(2). 燃焼管式空気法 (JIS K2541 石油製品燃焼管式硫黄分試験方法<空気式>¹²⁾)

試験装置の一例を図-7に示した。

燃焼管中に空気を送って試料を燃焼させ、生成した硫黄酸化物を過酸化水素水に吸収させて硫酸とし、

この硫酸を水酸化ナトリウム標準液で滴定してS分を求める。

(3). 酸水素炎燃焼式 (JIS K2264 石油製品硫黄分酸水素炎燃焼式試験方法<ジメチルスルホナゾIII滴定法>¹³⁾)

1977年にJISは制定されたもので系統図を図-8に示す。JISの適用範囲ではガソリン、灯油クラスとなっているが、アスファルトもS分を含まない溶剤で希釈することによって本法による測定が可能である。

試験法は試料を酸水素炎で燃焼させ、生じた硫黄

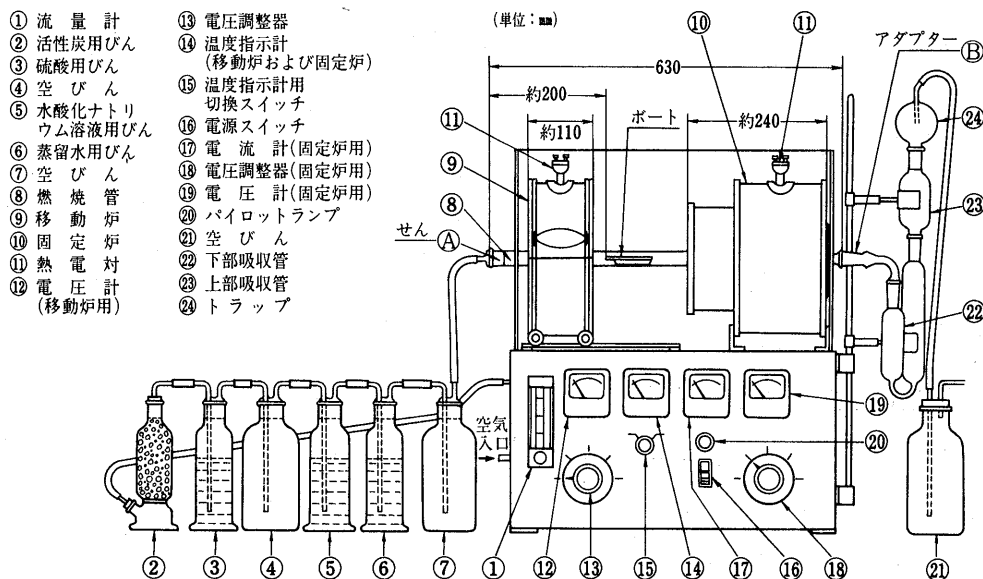


図-7 燃焼管式いおう分試験装置 (空気法) の一例

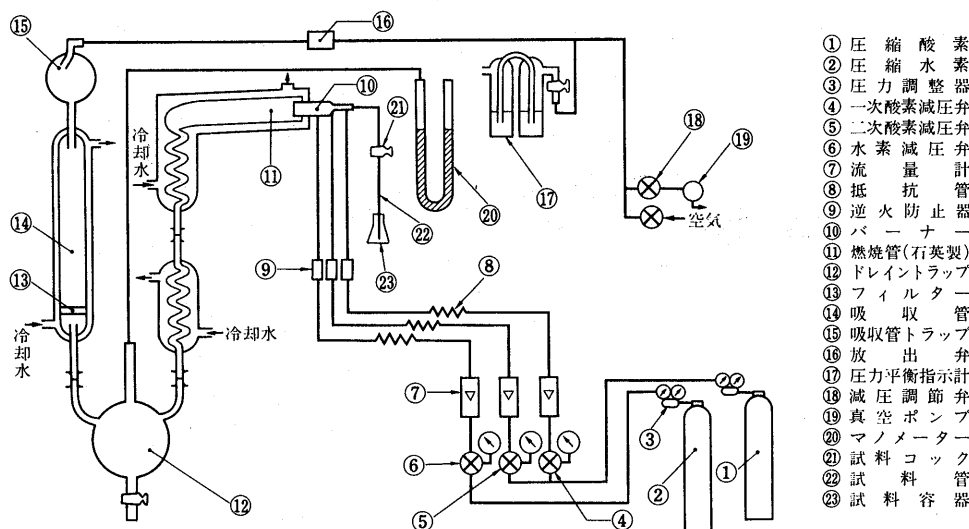


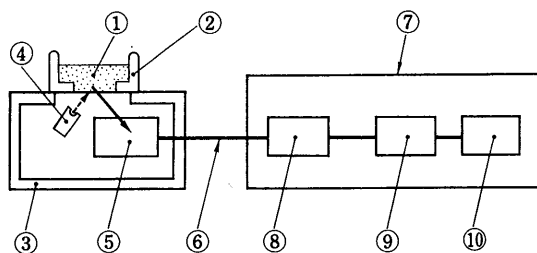
図-8 酸水素炎燃焼装置系統図の一例

酸化物を過酸化水素水に吸収させて硫酸にする。吸収液を濃縮または分取し、これに緩衝液とアセトンとを加え、ジメチルスルホナゾIIIを指示薬として溶液中の硫酸イオンを過塩素酸バリウム標準液で滴定し、試料中のS分を求める。

(4). 高温燃焼法 (ASTMD1552 Sulfur in Petroleum Products <High -Temperature Method>¹⁴⁾)

この方法には燃焼法として、高周波電気炉法(1,482℃以上)とシリコンカーバイト抵抗エレメントを使った抵抗炉法(1,316℃以上)とが規定されており、O₂を使う高温燃焼方式である。

試料の燃焼ガス中S分は1,315℃以上では、97%以上がSO₂として存在するので、これを滴定溶液部へ導き、逐次ヨード酸カリ標準液により滴定し、燃焼中に消費した標準液の量からS分を求める。この方法は迅速な高温燃焼と平行して滴定も行うので、他の燃焼法と比べ測定時間が短い。



- | | | |
|--------|------------|-------|
| ① 試料 | ⑤ けい光X線検出器 | ⑨ 演算器 |
| ② 試料セル | ⑥ 信号ケーブル | ⑩ 表示器 |
| ③ セル台 | ⑦ 演算表示部 | |
| ④ X線源 | ⑧ 波高弁別器 | |

図-9 けい光X線法の構成例

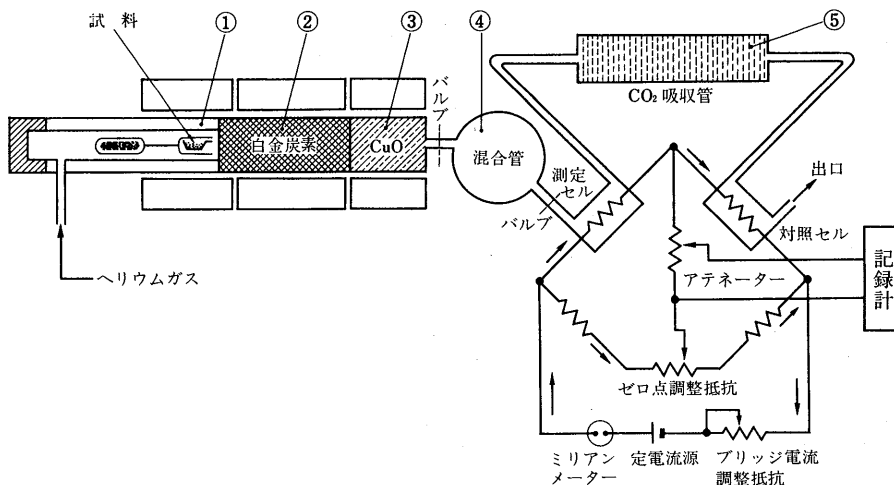


図-10 O分析原理の一例

(5). 非分散形けい光X線法 (JIS K2286 石油製品放射線励起式硫黄分試験法¹⁵⁾)

1978年12月にJISに制定されたもので原理図を図-9に示す。

試験法は試料を入れた試料セルにX線を照射すると、試料中に含まれるSおよびその他の原子から各原子特有のエネルギーで含有量に対応した強度のけい光X線が放射される。こうして発生したSのけい光X線を他のけい光X線と分離(図-9の⑧)して測定し試料中のS分を求める。

試験操作としては、あらかじめS分が既知で、しかも測定しようとする試料とC/H比の近い標準試料で検量線を作成し、次に未知試料を計測し検量線から試料のS分を求める。なお、検量線を作る際、従来はS分(y)とけい光X線強度(x)の関係を $y=ax+b$ のように一次式で求めていたが、最近の研究^{22,23)}によれば $y=a'x^2+b'x+c$ のように二次式とし、散乱X線を内部標準的に用いてC/Hの影響を補正することによりSの測定精度を向上させる方法が可能となっている。

2.5 O分析法

2.5.1 O分析の目的

原油に含まれているOの量は一般に少なく、通常カルボン酸またはフェノールの形で存在する。O化合物はS、Nと比べると石油製品の品質に対してそれほど問題がないことなどからあまり注目されていない。

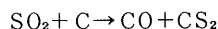
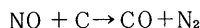
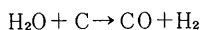
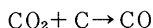
アスファルトをブローイングするとアスファルトが一部酸化されて、ケトン、エステル、カルボン酸、アルデヒドなどのO化合物が生成し、赤外吸収スペクトル(IR)によるO化合物のタイプ分析も行われている。

全O量については別途O分析で求めておいた方が安全である。

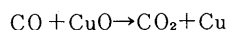
2.5.2 O分析法

Oita²⁴⁾らの見出した白金炭素を接触剤として使用する方法²⁵⁻²⁷⁾の一例を述べる。原理図を図-10に示す。

- (1). 試料はHeふん囲気下熱分解管①中で熱分解される。
- (2). 分解ガスは900℃位の白金炭素②と接触すると、分解ガス中の含O成分は、のようにすべてCOに定量的に変換される。



- (3). 生成したCOは次にCuO③と接触して全てCO₂となる。



- (4). 混合管④を出たガスはCO₂吸収管⑤前後の熱伝導度差を測定することにより（この方式を自己積分方式という）ガス中のCO₂量を測定し、その結果から試料中に含まれる全O量を求める。

含有量の少ないO分析は非常に難かしいため、普通アスファルトの場合は100%から(C+H+N+S)%を差し引いた値をもってO%として報告している例が多い。ここで述べた方法による超微量分析でも、O濃度が1wt%以下の場合には一般に精度が良くない（普通のアスファルトはほとんど1wt%以下である）。

2.6 金属元素分析

原油中に含まれる主な金属としてはV, Ni, Fe, Na, Ca, Cuなどであり、これら金属は油溶性の金属ポルフィリン(図-11)、その他N化合物とのコンプレックス、

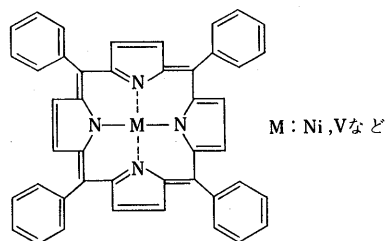


図-11 ポルフィリン

アルキル金属といった形で存在する。この他Al, Siもほとんどの原油に含まれ、Mg, Mn, Crはある種の原油に含まれている。Co, Mo, Pt, K, Ag, Sr, Tiなどもたまたま検出されるが含有量はこん跡程度である。

2.6.1 金属分析の目的

アスファルト中に含まれる主な金属としてはV, Niなどである。アスファルト分を含む重油を燃焼すると、これら金属は灰分となるため燃焼系から除去しなければならない。また重油を固体触媒によって水素化反応などを行わせる場合にはV, Niなどが触媒毒となる例もあり、このような場合には測定が必要となる。

2.6.2 金属元素分析法（原子吸光法）

現在、一般的に行われている原子吸光法²⁸⁻³⁰⁾について述べる。原子吸光法には、フレイム法とフレイムレス法の2種があり、その原理を図-12, 13に示す。

- (1). 試料中金属元素の原子化方法の違いにより、フレイム法とフレイムレス法とに分けられる。

①. フレイム法：試料アスファルトを灰化（通常湿式または乾式燃焼）した後、灰分を酸溶解し（塩酸、硝酸など）、それを水で希釈後、霧状にして高温の炎（フレイム）中に噴霧すると、金属元素は炎中で熱解離して原子状になる。

②. フレイムレス法：高温の炎の代りに炭素炉などの高温炉を使用し、その中で金属元素を原子状にする。

このようにしてできた原子は最も安定な電子配列をもつ構造すなわち基底状態にある。

- (2). 目的元素固有の波長の光を出す光源（ホローカソードランプ〈中空陰極ランプ〉）から光を原子化部に当てると光量子が吸収される。

- (3). 原子化部を通った光を測定することにより吸収エネルギーが測定される。吸収強度は存在する原子数に比例するので金属元素の定量ができる。

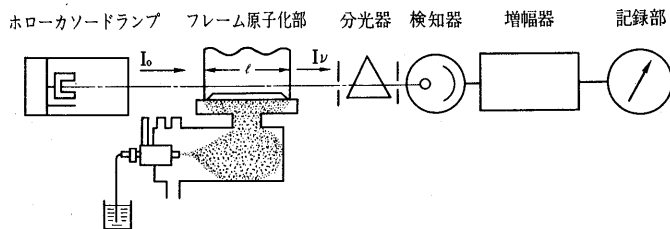


図-12 フレイム法原子吸光分析の原理図



図-13 フレイムレス法原子吸光分析の原理図

この方法は検出限界が低く微量分析が可能なこと、精度・再現性のよいこと、共存元素による妨害効果が少ないこと、操作が簡単などの特徴がある。

現在、関連する試験法としてはJIS K0121（原子吸光分析方法通則³¹⁾）、石油学会規格JPI-5S-10-79（重油中のニッケル分試験方法〈吸光光度法および原子吸光光度法〉³²⁾）、同JPI-5T-3-68T（重油中のナトリウム分試験方法〈炎光光度法、原子吸光光度法〉³³⁾）がある。なお、その他金属についても原子吸光法で測定ができる。

3. 分子量測定法

3.1 分子量測定の方法

アスファルトの分子量と道路供用性の間には一義的な関係はないが、アスファルト中の油分が減少したり、加熱あるいは紫外線劣化などにより硬くなると平均分子量は上昇する傾向にある。

また、各種構造解析法によってアスファルトの平均的構造モデルを決定する場合には、得られる構造パラメーターの情報とともに別途平均分子量の値が必要となる。

3.2 分子量測定法

最も一般的に行われているのが、蒸気圧浸透法(Vapor Pressure Osmometry)なのでこの方法について述べる。

図-14に原理図を示す。溶媒①（ベンゼンなど）の蒸気②で飽和され、かつ一定温度（ T_1 、ベンゼンでは普通37°C）に保たれた密閉容器③内にある2本のサーミスター④のビード上に、溶媒（例えばベンゼン）液滴⑤と溶液（例えばアスファルトのベンゼン溶液）液滴⑥をそれぞれおく。すると、溶媒の液滴は飽和溶媒蒸気と熱的平衡を保つのでその温度（ T_1 ）は変化しないが、溶液の方の液滴には（アスファルトが含まれるため）溶液の蒸気圧が溶媒のそれよりも低いため、飽和溶媒蒸気が凝縮してこの蒸気圧降下を補おうとし、このとき放出される溶媒の潜熱（凝縮熱）によって溶液の液滴の温度が上昇する。この温度上昇の現象は溶液、溶媒の両蒸気圧がほぼ等しくなったときに止まり、それ以後短時間内では図-15に示すように温度（ T_2 ）の定常状態が持続する。

この温度上昇度（ $T_2 - T_1 = \Delta T$ ）は溶質（アスファルト）による溶媒の蒸気圧降下度と比例関係にあり、さらに溶質の分子濃度に比例する。この関係式は、

$$\Delta T = \frac{RT^2}{1000L} m \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 ΔT ：温度上昇度（°C）

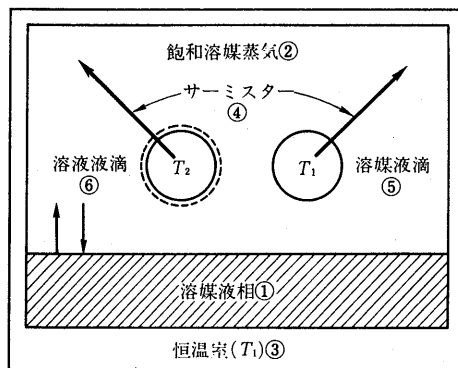


図-14 蒸気圧浸透法の原理図

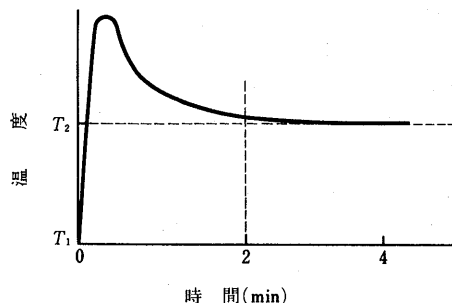


図-15 溶液液滴の温度変化

R ：気体定数（1.987cal/deg·mol）

T ：溶媒蒸気の温度（°K）

L ：溶媒の凝縮熱（cal/g）

m ：溶質の重量モル濃度（mol/1,000g）

で表わすことができるので、この式を解いて分子量を求めることができる。

なお、実際にはサーミスターのリード線あるいは測定装置各部からの熱損失があるため、(1)式は成立しないので標準物質による測定をあらかじめ行い、検量線法あるいは装置定数法などにより補正を行う。

アスファルトの分子量測定で特に注意しなければならないことは、アスファルテンの分子量を測定する場合である。アスファルテンはそれ自身寄り集まってミセルを形成しており、このため分子量測定時に希釈される溶媒の比誘電率、濃度あるいは測定温度などによってアスファルテンの解こう状態が変わってくるため、これら測定条件の違いによって見かけのアスファルテン分子量値は変わってくる。したがって、アスファルテンの分子量測定値に関しては、その測定条件下での見かけの値であり、真のアスファルテン分子の分子量ではない場合があるので注意を要する。

一例として、カナダのアルバータ原油のアスファルテンについて、37°Cで溶媒の種類を変えた場合の分子

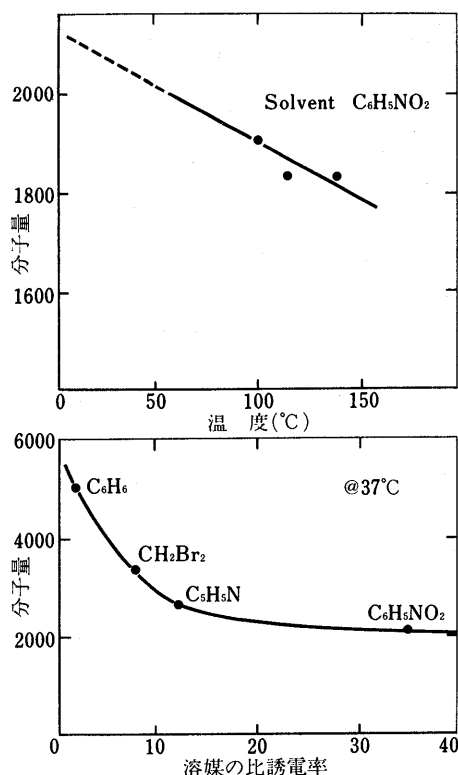


図-16 Athabasca アスファルテンの分子量測定値

量測定値³⁴⁾を図-16に示す。

4. 平均構造解析法 (密度法<Corbett法>)

アスファルトの化学構造を決定するには、まず個々の成分に分別しなければならない。しかし、アスファルトを構成している成分はあまりにも多いためそれは不可能である。そこで、一般的にはアスファルトをクロマトなどによりいくつかの留分に分け、各留分ごとの平均化学構造を求める方法がとられている。

平均構造解析法としては、現在NMR法がよく用いられているが、簡便な方法として密度法 (Densimetric Method) がある。密度法は初めVan Krevelen³⁵⁻³⁷⁾によって開発され、その後Williams,³⁸⁾ Corbett³⁹⁾らによって改良されたものである。

解析方法を表-2に示した。

この方法は、1978年版ASTM⁴⁰⁾に Proposed Methodとして載ったアスファルトの組成分析法の中に採用されている。

この方法はアスファルトからアスファルテンを除去した、いわゆるペトロレンを対象としており、それをさらに分子のタイプ、大きさなどによって分別した留分に適用すればいいそう良いといわれている。

インプットデータは、各留分のCwt%, Hwt%および

表-2 密度法によるアスファルトの平均構造解析法および計算例

I. 測定データ	
MW (分子量)	976
%C=炭素wt%	86.0
%H=水素wt%	10.8
II. 計算	
$d_{20/4}$ =比重=1.4673-0.0431(%H)	1.001
H/C=水素/炭素モル比=11.92(%H/%C)	1.50
M_c/b =炭素原子当りの分子容=1,201/($d_{20/4} \times \%C$)	13.9
$(M_c/d)_c = M_c/d$ のヘテロ原子補正= $M_c/d - 6.0 \left(\frac{100 - \%C - \%H}{\%C} \right)$	13.7
f_a =芳香環炭素数と全炭素数の比(fraction aromatic) = $0.09(M_c/d)_c - 1.15(H/C) + 0.77$	0.28
C.I.*=縮合度(condensation index)= $2 - H/C - f_a$	0.22
#C=平均炭素数=($\%C \times MW$)/1,200	70
$R=1$ 分子当りの全環数=($\#C(C.I.)/2$)+1	8.7
#C _a =芳香環炭素数= $f_a \times \#C$	19.8
$R_a=1$ 分子当りの芳香環数=($\#C_a - 2$)/4	4.4
$R_n=1$ 分子当りのナフテン環数= $R - R_a$	4.3

* 環構造と環炭素%の組合せによる結合度(C.I.)の値は次のとおり。

縮合環構造	環炭素の割合(%)		
	100	50	25
Poly型	0.33	0.17	0.08
Cata型	0.50	0.25	0.13
Peri型	1.00	0.50	0.25

表-3 各種原油によるアスファルトの元素分析, 分子量測定例

性 状	原 油 名	イラニアン・ヘビー	イラニアン・ライト	アラビアン・ヘビー
対原油収率 (vol%)		17.4	13.5	26.5
針入度		20	56	176
軟化点 (°C)		56	47.5	39.5
比重 15/4°C		1.035	1.026	1.039
粘度 @120°C (cst)		—	—	483.8
" @140°C (cst)		495.0	258.7	190.4
" @160°C (cst)		209.6	116.4	—
C (wt%)		85.4	85.4	83.8
H (")		10.7	10.5	10.4
N (")		0.8	0.59	0.4
S (")		3.6	3.47	5.03
O (")		1以下	1以下	1以下
V (ppm)		380	250	172
Ni (")		145	92	62
Fe (")		5	4	17
Na (")		3	5	6
Ca (")		1	0	1
Zn (")		0	0	3
Cu (")		0	0	1
分子量 (アスファルト ≡ 2 wt%時)		991	949	837
" (" ≡ 4 wt%時)		1,000	940	848
" (" ≡ 6 wt%時)		1,052	940	861

備考: CHNは同時分析, Sは燃焼管空気法, 金属分はフレイム法原子吸光法, 分子量は37°Cにて測定, それ以外は本稿の方法による。

表-4 ストレートアスファルトのクロマト分別留分の測定例

項 目	測定留分	アスファルト*5	P+N (飽和分+ ナフテン分)	AO ₁ (芳香族分)	AO ₂ (芳香族分)	AO ₃ (芳香族分)	アスファルテン
展開溶媒		—	n-C ₇	nC ₇ +C ₈ H ₆	C ₈ H ₆	C ₈ H ₅ N	(nC ₇)
収 率 (wt%)		100	17.7	18.7	26.3	26.2	10.9
C*1 (wt%)		86.2	85.8	85.1	85.1	84.3	84.2
H*1 (")		10.6	13.5	12.0	9.2	9.0	7.6
N*1 (")		0.8	0.8	0.7	3.2	2.6	3.1
S*2 (")		0.3	0.5	1.9	1.8	1.2	3.5
Total (")		97.6	100.6	99.7	99.3	97.1	98.4
C/H (モル比)		0.68	0.53	0.59	0.78	0.79	0.93
分子量*3		900	680	730	730	1,200	1,350(GPCから算出)
密 度		1.010	0.885	0.910	1.071	1.079	1.140
f _a *4		0.3	0.04	0.21	0.44	0.45	0.51
C.I.*4		0.23	0.09	0.11	0.27	0.28	0.42
R _a *4		4.3	0	2.3	5.2	9.0	12.6
R _n *4		4.3	3.4	1.5	2.9	3.6	8.2

備考 *1: CHN同時分析

*2: O₂フラスコ燃焼法

*3: 蒸気圧浸透法, トルエン, 65°C, ただしアスファルテン分についての分子量はGPCからの外挿値

*4: 表-2の定義どおり (Corbett密度解析法)

*5: Tia Juana 原油ストレートアスファルト, 針入度=200

表-5 ブローン系アスファルトの測定例

測定留分 項目					
	Asファルト ^{*3}	プロパン ^{*4}	プロパン脱アスファルト (C ₃ 不溶分)	ヘプタン ^{*5}	硬アスファルト (C ₇ 不溶分)
収率 (wt%)	100	29.6	70.4	48.2	22.2
C (wt%)	84.12	84.46	82.97	84.05	82.57
H (")	10.59	12.09	9.82	10.71	8.16
S (")	5.17	3.27	6.58	4.87	7.90
N (")	0.33	0.15	0.20	0.36	0.74
O (")	0.70	0.29	0.81	0.60	1.57
C/H (モル比)	0.67	0.56	0.70	0.65	0.84
分子量 ^{*1} M _n	835	670	—	910	4,645
M _w	1,555	680	—	1,280	3,500
f _a ^{*2}	0.28	0.02	—	0.27	0.53
C.I. ^{*2}	0.22	0.27	—	0.21	0.30
R _a ^{*2}	7.2	0	—	5.5	31.2
R _n ^{*2}	5.8	7.5	—	5.1	5.3

備考 *1: M_nは数平均分子量, M_wは重量平均分子量

*2: 表-2の定義どおり。

*3: 中東系原油からのブローン系アスファルト, 針入度=98, 軟化点=45.7°C, 比重(15/4°C)=1.025

*4: C₃/アスファルト=10/1, 65°C*5: C₇/脱アスファルト=40/1

表-6 各種溶媒によるアスファルテンの測定例

項目	アスファルテン分別溶媒	C ₃	nC ₅	nC ₆	nC ₇	nC ₈	nC ₁₀	nC ₁₂
アスファルテン収率 (対アスファルト ^{*1} wt%)	C _a	80	15.3	6.6	5.7	4.8	4.2	3.5
C (wt%)		83.15	82.40	81.53	81.95	81.35	81.60	81.42
H (")		9.6	7.87	7.58	7.32	7.44	7.45	7.52
S (")		6.18	7.40	7.81	7.83	8.26	7.76	8.01
N (")		0.45	0.92	1.24	1.02	1.24	0.99	1.21
C/H (モル比)		0.73	0.88	0.90	0.94	0.92	0.92	0.91
V ^{*2} (ppm)		135	467	501	485	497	534	494
Ni ^{*2} (")		57	171	170	173	194	211	178
分子量 ^{*3} (見かけ)		1,190	4,700	9,100	11,300	11,900	—	11,800

備考 *1: アスファルトはクエート原油からの針入度120のもの。

*2: 発光分光分析法

*3: 蒸気圧浸透法, ベンゼン

表-7 各種80~100ストレートアスファルトの密度法による平均構造解析例

原油名	産油国	針入度 25℃	針入度比 4/25℃	粘 度 135℃ SFS	軟化点 ℃	比 重 15.6℃	アスファ ルテン (%)	ベ ト ロ ー レ ン 分						
								分子量	比 重	f _a	C.I.	R _a	R _n	C/H
Boscan	Venezuela	89	36	275	46.5	1.041	19.9	858	1.010	0.24	0.21	3.2	3.9	7.7
De Mares	Columbia	89	31	182	46.0	1.002	12.0	651	0.992	0.24	0.21	2.3	3.6	7.8
Oregon Basin	Wyoming	87	25	177	44.5	1.029	14.4	680	1.007	0.26	0.22	2.5	3.6	7.8
Redwater	Alberta	80	31	111	45.5	0.990	10.5	976	1.001	0.27	0.23	4.3	4.6	7.9
Tia Juana Med.	Venezuela	100	32	175	46.5	1.013	14.8	835	0.992	0.24	0.21	3.1	4.2	7.7
Lagunillas	Venezuela	85	34	183	45.5	1.022	15.7	616	1.004	0.27	0.23	2.3	3.3	7.3
Bachaquero	Venezuela	85	28	166	46.0	1.027	14.0	600	0.997	0.23	0.21	1.9	3.4	7.6
Hawkins	Texas	91	32	220	45.0	1.029	15.6	755	0.999	0.25	0.22	2.8	3.9	7.8
Panuco	Mexico	86	38	305	47.0	1.042	22.8	651	1.008	0.25	0.22	2.4	3.5	7.8
Lama	Venezuela	92	33	199	44.5	1.015	13.2	1,219	0.991	0.23	0.21	4.5	5.0	7.6
Santa Maria	Venezuela	92	22	170	44.0	1.011	9.5	1,210	0.997	0.26	0.21	5.0	5.0	7.8
Eucutta	Mississippi	95	—	250	48.0	1.040	8.2	805	1.002	0.26	0.20	3.2	3.4	7.7
Kuwait	Kuwait	95	31	170	43.5	1.032	9.5	902	1.025	0.30	0.23	4.2	4.1	8.1
Aramco	Saudi Arabia	93	27	145	43.5	1.044	9.7	667	1.038	0.34	0.25	3.6	3.4	8.5
Baxterville	Alabama	91	59	240	—	1.026	23.5	694	0.997	0.25	0.21	2.5	3.7	7.7
15 種 平 均		—	—	—	—	—	14.2	808	1.004	0.26	0.22	3.2	3.9	7.8
範 囲		—	—	—	—	—	8.2~ 23.5	600~ 1,219	0.991~ 1.038	0.23 0.34	0.20 0.25	1.9~ 5.0	3.3~ 5.0	7.3~ 8.5

分子量の3つであり、その分析法は前述したとおりである。この3つのデータを表-2の式に入れ計算することにより、その留分の平均的な構造における各種構造パラメーターが求まる。この方法は単純でかつ迅速性に富んでいるところが特徴であり、結果の絶対値を云々するのではなく相対比較に利用することが適切と考える。

5. アスファルトの元素分析、分子量測定、密度法による平均構造解析例

5.1 ストレートアスファルトの元素含有量および分子量測定例

表-3にイラニアン・ヘビー、イラニアン・ライト、アラビアン・ヘビー原油によるストレートアスファルトのC, H, N, S, Oおよび分子量の測定例を示す。

5.2 ストレートアスファルトのクロマト分別留分の測定例

ベネゼラ産Tia Juana原油から針入度200のストレートアスファルトについてヘプタンでアスファルテンを除去したマルテン分についてアルミナクロマト分別した各留分の測定例⁴¹⁾を表-4にまとめて示す。

5.3 ブローン系アスファルトの測定例

中東原油からの針入度98をもつブローン系アスファルトの各留分に関する測定例⁴²⁾を表-5にまとめて示す。

5.4 各種溶媒によるアスファルテンの測定例

クエート原油の針入度120をもつアスファルトについて、各種溶媒を用いて分離したアスファルテンに関する測定例⁴³⁾を表-6に示す。

5.5 各種80~100ストレートアスファルトの密度法による平均構造解析例

15種の80~100 ストレートアスファルトのペトロレン分（アスファルトからアスファルテンを除いたもの）の密度法による平均構造解析例³⁹⁾を表-7に示した。

6. あとがき

以上、アスファルトの含有元素分析法、分子量測定法、平均構造解析法（密度法）について述べたが、内容が多岐にわたるため、かなり絞って紹介した。したがって、さらに詳しくは引用文献などを参照していただきたい。

7. 引用文献

- 1) 有機微量分析研究懇談会, “有機微量定量分析”, 南江堂 (1969) p.189, 292
- 2) 梶川, 甘利, 福島; 分析化学, 18, 1245 (1969)
- 3) C.E.Childs, E.B.Henner; Microchemical Journal, 15, 590~597 (1970)
- 4) 石油学会石油中の窒素分分析専門委員会; 石油学会誌, 18, No.9, 787 (1975)
- 5) JIS K 2609-1975
- 6) 小谷野, 松阪; 日石レビュー, 18, No.4, 181, (1976)
- 7) 森田, 小暮, 野村; 石油学会誌, 21, No.6, 387, (1978)
- 8) 梶川, 川口, 甘利, 渡部; 石油学会誌, 15, No.9, 770 (1972)
- 9) 服部, 平島, 飯塚, 氷室; 分析機器, 14, No.7, 385 (1976)
- 10) 藤田, 熊本; 分析機器, 7, No.4, 243 (1969)
- 11) JIS K 2363-1971
- 12) JIS K 2541-1971
- 13) JIS K 2264-1977
- 14) ASTM D 1552-64
- 15) JIS K 2286-1978
- 16) G.Frechette, Y.A.Miron, et al.; Hydrocarbon Processing, 54, 109 (1975)
- 17) ASTM D 2622
- 18) JIS K 2285-1978
- 19) 日本アイソトープ協会イオウ分析計専門委員会; Radioisotopes, 24, No.11, 821, 24, No.12, 910 (1975)
- 20) ibid; 25, No.2, 122 (1976)
- 21) ASTM D 3120
- 22) 増子; 石油学会誌, 20, No.10, 909 (1977)
- 23) A.Masuko, F.Imai, T.Yamano; ACS/CSJ, 1979 Hawaii Meeting (発表予定)
- 24) I.J.Oita, H.S.Conway; Anal. Chem., 26, 600 (1954)
- 25) 平田; 分析機器, 5, No.2, 18 (1967)
- 26) 辻, 大森; ibid., 8, No.3, 20 (1970)
- 27) A.J.Smith, G.Myers Jr., W.C.Shaner Jr., Microchimica Acta [Wien], 1972, 217~222 (1977)
- 28) 舟阪編, “石油機器分析の実際”, 南江堂 (1972) p.191
- 29) 日本化学会編, “新実験化学講座”, 丸善 (1977) No.9 (II), p.256
- 30) 保田, 広川, “高感度原子吸光・発光分析”, 講談社 (1976)
- 31) JIS K 0121
- 32) 石油学会規格 JPI-5S-10-79
- 33) 同 JPI-5T-3-68T
- 34) S.E.Moschopedis, J.F.Fryer, J.G.Speight; Fuel, 55, No.7, 227 (1976)
- 35) Van Krevelen, D.W.; Brennstoff Chemie, 34, 167 (1953)
- 36) Van Krevelen, D.W., Chermin, H.A.G.; Fuel, 33, 338 (1954)
- 37) Van Krevelen, D.W., Schuyler, J., “Coal Science”, Elsevier, New York (1959)
- 38) Williams, R.B., Chamberlain, N.F., Proc. 6th World Pet. Congr., Germany, Section V, Paper 17, 217 (1963)
- 39) L.W.Corbett; Anal. Chem., 36, No.10, 1967 (1964)
- 40) ASTM Part 15 (1978) p.1157
- 41) M.H.B.Hayes, M.Stacey, J.Standley; Fuel, 51, 27 (1972)
- 42) J.Marvillet; P.A.A.P.T., 44, 416 (1975)
- 43) R.B.Girdler; ibid., 34, 45 (1964)

☆

☆

☆

☆

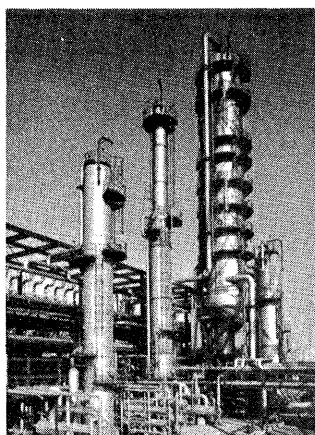
☆

☆

石油備蓄について

● その 2 ●

前回は、石油備蓄法制定の背景及び、法の内容等について説明いたしました。今回は、新たに発足した国家備蓄の内容等の他、民間企業の貯油能力の状況並びに民間企業が推進している各種プロジェクトの内容を、共同備蓄会社構想を中心に説明したいと思えます。



鳥 居 功

昭和石油(株)基地室主査

1. 国家備蓄の発足

ヨーロッパ諸国に於ては、早くから備蓄の体制整備が出来上っていたことは既に前回話した通りであります。ヨーロッパ主要国は、すでに90日を大中に上廻って石油備蓄を行っている国が数多くあり、次のターゲットに向けて増強を進めており、ECでは120日体制を計画しています。これら欧米諸国は、民間ベースでの計画助成の他に、国が直接備蓄を分担するなど政府の果す役割が多くなっているのが特徴となっています。

わが国は、昭和50年度から民間企業による90日備蓄計画を目指して石油備蓄法を制定しましたが、わが国エネルギーの供給構造の特殊性および欧米諸国の備蓄状況から90日を超える備蓄体制の整備が必要であることに鑑み政府は、石油開発公団を石油公団に改称し、国による整備が取り扱えるよう法改正しました。

石油公団は、自身で恒久的タンクを建設するための検討を開始しましたが、これらが出来上るまでのつなぎの措置として、早急にタンカーによる備蓄を実施しました。この目的は、わが国の黒字基調による貿易収支対策と、海運不況対策をからめたもので、将に一石二鳥をねらったものであります。このタンカー備蓄は、25万トン級のVLCC20隻を使用し、錨泊乃至遊よく等の方式で2年間備蓄する目的で、昭和53年9月から10月にかけて積込が完了し、合計500万klのタンカー備蓄業務が正式に開始されました。この内250万kl(10隻分)が現在、長崎県の橋湾に錨泊しており、残り250万klは錨泊場所が決定されるまでの間、硫黄島海域周辺を遊よく中であります。

また、昭和54年度予算で、更に250万klの追加予算が計上されましたので、合計750万klのタンカー備蓄が実現する予定であります。なお、昭和53年度末でのタンカー備蓄在庫500万klは備蓄日数にして、約7日分の在庫に相当いたします。

2. 国家備蓄のタンク建設計画

石油公団は、2年ごとの船舶の定期修理もあるので、これらのタンカー備蓄原油を移し替えるべく、恒久的貯油施設の建設が急務とされています。

昭和53年度予算では、1,000万klの国家備蓄原油を貯油するに要するタンク容量として1,250万klの施設建設計画の予算が計上され、更に54年度には、2,000万kl貯油施設の実現を目指して予算を計上しています。

2,000万kl貯油施設建設のプロジェクトとしては、現在、4プロジェクトが計画されており、大別してタンク船貯油方式による洋上備蓄基地方式のものと、本邦の陸上備蓄タンク方式によるものとがあり、前者は

表-7 タンカー備蓄明細表

第1次(9月積) 備蓄用船状況

船主	船名	積載重量トン	原油供給者	油種
ジャパンライン	大 祥 丸	228,752	三 菱 石 油	バスラ・ライト ザクム
日 本 郵 船	高 山 丸	229,711	日 本 鉱 業	バスラ・ライト クウェート
太 平 洋 海 運	洋 和 丸	206,558	富 士 石 油 鹿 島 石 油	カフジ バスラ・ライト
太 洋 商 船	慶 洋 丸	207,286	丸 善 石 油 関 西 石 油	バスラ・ライト イラニアン・ヘビー
飯 野 海 運	東 邦 丸	228,247	東 亜 石 油 ア ジ ア 石 油	クウェート アラビアン・ライト
大阪商船三井船舶	鹿 島 山 丸	233,900	出 光 興 産	カフジ
川 崎 汽 船	ち ば り	228,136	大 協 石 油	カフジ カタールマリン
三 光 汽 船	瑞 光 丸	234,916	シ ェ ル 石 油	オーマン
山 下 新 日 本	光 珠 丸	218,631	出 光 興 産	クウェート アラビアン・ヘビー
三 光 汽 船	あ る ぶ す 丸	271,363	沖 縄 石 油 精 製	クウェート カフジ

第2次(10月積) 備蓄用船状況

船主	船名	積載重量トン	原油供給者	油種
ジャパンライン	永 祥 丸	228,973	三 菱 石 油	バスラ・ライト オーマン
ジャパンライン	ジャバン・バイオレット	229,553	東 亜 燃 料 工 業	カフジ ウムシャイフ
大阪商船三井船舶	豪 竜 山 丸	224,010	日 本 共 同 石 油 鹿 島 石 油	マーバン イラニアン・ヘビー
ジャパンライン	ジャバン・カンナ	212,320	大 協 石 油 ア ジ ア 石 油	バスラ・ライト
三 光 汽 船	旭 光 丸	233,458	昭 和 石 油 西 部 石 油	イラニアン・ヘビー
ジャパンライン	ジャバン・ガランサス	205,603	丸 善 石 油 関 西 石 油	カフジ イラニアン・ライト
照 国 海 運	熱 田 丸	214,019	出 光 興 産	カフジ
川 崎 汽 船	信 濃 川 丸	238,115	出 光 興 産	カフジ バスラ・ライト
三 光 汽 船	あ ん で す 丸	268,836	興 亜 石 油 日 本 石 油	ベリー アラビアン・ヘビー
日 本 郵 船	時 津 丸	257,460	日 本 石 油 精 製	ベリー

長崎県上五島町に83.5万klのタンク船7基を連ねて造る計584.5万kl容量のものと、北九州市若松区沖合16kmの無人島、白島に防波堤を築き、65万klタンク船8基を設置して造る計520万kl容量のものとがあります。後者は、青森県むつ小川原の大規模工業地帯に設置を

計画するもので、総容量500万klのものと、福井県の臨海工業地帯に設置を計画する総容量300万klの各プロジェクトが挙げられます。

以上4プロジェクトは、昭和53年度中にフィージビリティスタディを終了し、立地の正式決定をする筈ですが、これらプロジェクトの内、実現可能性の点から見ると、既に三菱重工が開発し、準備会社として昭和52年に設立されている上五島洋上石油備蓄(株)からノウハウの提供をうけて立地を検討している上五島プロジェクトと、既に前面海域の漁業補償が終わっている福井プロジェクトに一日の長がありそうですが、上五島計画は、その建設コストが割高になるのが懸念されています。

表-7と表-8にタンカー備蓄の対象になっている船舶リストと国家備蓄タンク建設計画の内容を示しておきました。

表-8 国家備蓄タンク建設計画

(単位:千kl)

プロジェクト名	最終規模	57年度迄	60年度迄
(タンク船貯油方式)			
上 五 島	5,800	5,000	800
白 島	5,200	4,500	700
(陸上タンク貯油方式)			
む つ 小 川 原	5,000	3,000	2,000
福 井 臨 海	3,000	—	3,000
そ の 他	6,000	—	6,000
合 計	25,000	12,500	12,500

3. 石油業界の貯油能力

わが国民間企業には、昭和54年度末までに90日備蓄の達成が義務づけられているのは、すでに述べた通りですが、この辺で備蓄義務達成に必要とされるタンク能力の状況と貯油可能量についてみてみましょう。

昭和53年におけるわが国のタンク容量を、油種別、ストック形態別に調べてみますと、原油タンクは製油所に3,996万kl、石油基地に939万kl、油槽所に25万klで、原油タンク合計4,960万klでありましたが、54年3月末までに完成予定のタンクが製油所に185万kl、石油基地に113万klありますので54年4月時点では原油タンク合計で5,258万klになるはずですが、半製品および製品タンクは、同時期に製油所で3,815万kl、油槽所で1,079万klの合計4,894万klですので、わが国の総タンク容量は、54年4月に1億klを突破して1億152万klということになります。

これらのタンクにストックされる石油の貯蔵能力は、原油、半製品、製品の受入、処理、払出の状況に応じて刻々変化しているため、その平均的数値の把握は至極困難であり、特に灯油等製品は季節変動によって在庫が大きく変動しますし、個々の石油企業のタンク状況によっても在庫のあり方が異なりますので一概に言えませんが、いま仮りに製油所および油槽所タンクの貯油率を55パーセント、石油基地の貯油率を80パーセント、さらに53年度中に建設される製油所および石油基地（共同備蓄基地）の貯油率は、いずれも備蓄タンクとして寄与するものとして90パーセントとして計算し、平均的貯油可能量をマクロで推定しますと、製品換算ベースで約5,760万klとなります。

また今後のタンク建設計画は、55年度までの完成分として、製油所、石油基地で約578万kl、56年度以降、大型石油備蓄基地、共同備蓄基地を含めて約2,100～2,300万klが建設される予定ですので、これらすべてが建設された場合には貯油量総計は、おおむね日本全国で8,000～8,200万klとなるでしょう。これらの関係は表-9に示しておきました。

4. 備蓄施設の建設方式とその長短

石油企業が備蓄推進のため行うタンクの建設方式は、大別して各企業が個別で建設する場合と、複数企業が共同して建設する場合が考えられます。後者の場合は、さらに民間企業だけが共同してタンク建設をするケース＝例えば日石喜入基地、沖縄石油基地等＝と、政府資金を取り込んで石油公団と複数の民間企業が共同でタンク建設するケース＝共同備蓄会社制度＝があります。共同備蓄会社の例としては、新潟石油共同備蓄(株)、

表-9(a) タンク容量明細表

(単位：千kl)

		製油所	基 地	油槽所	計
原油 タンク	53 年 4 月	39,960	9,389	253	49,602
	54年3月迄完成分	1,853	1,132	—	2,985
	54 年 4 月 時 点	41,813	10,521	253	52,587
半製品、製品タンク		38,149	—	10,792	48,941
合 計		79,962	10,521	11,045	101,528

表-9(b) 貯油可能量明細表

(但し製品換算ベース、単位：千kl)

昭和54年度初貯油量（推定）	57,590
昭和56年度初貯油量（推定）	62,520
昭和57年度以降に建設されるタンクが完成した時の貯油量（推定）	80,520 ～82,220

西海石油共同備蓄(株)、北海道石油共同備蓄(株)が挙げられます。

共同備蓄会社の事業目的は一般に、(1)石油貯蔵施設の建設と貸与、(2)石油の貯蔵および受払い、(3)その他附帯関連する事業と定義され、倉庫業とは区別されるべく規定されております。また会社の運営は貯油施設の使用料によって賄われますが、出資者が施設利用者となりますので、その性格上ノンプロフィットを原則とする使用料が設定されるはずで、コストミニマムを目的とした思想で、会社と利用者間の利用協定が締結されることになりましょう。

これら建設方式の長短は一概には申せませんが、共同備蓄会社の場合は、官民合同の企業であるため一般的には、会社運営上の拘束が懸念されがちですが、基本協定等によってある程度、会社の自主的運営が保証され、石油公団を除く民間企業内の出資比率に応じて、建設されるタンクの利用権を有し、各社個有の原油が貯蔵されることになりますので、実態上は、民間企業のみで建設し運営する場合とそう大差はないとみてよいでしょう。

また経済的には、建設資金融資として上物建設費の80パーセントが石油公団から低利融資され、またほぼ土地代見合いの $\frac{2}{3}$ が、公団より資本金として出資されますので、^(注)民間企業のみでタンク建設する場合の助成策＝上物建設費の70パーセントが開銀を通して低利融資される＝と比較して、相対的に資金負担の軽減が図れます。したがって共同備蓄方式の採否は、タンクを建設しようとする企業が、運営上の全くの自由にポイントを置くか、資金メリットにポイントを置くかによって左右されることになりましょう。

(注) 石油公団の出資限度額は昭和53年度まで、ほぼ土地代相当額の $\frac{2}{3}$ となっていました。54年度より $\frac{1}{2}$ に変更されます。

5. 共同備蓄プロジェクトの概要

では次に、現在進行中の共備プロジェクトの内容について御紹介いたします。

(1). 新潟石油共同備蓄㈱

わが国初の共同備蓄会社として計画され、昭和52年2月17日発起人総会、同24日創立総会、同28日設立登記を完了し、会社を設立しました。

会社、用地、設備等の概要は、おおむね次の通りであります。

①. 会社の概要

本社所在地 東京都千代田区丸ノ内2-7-3(東京ビルディング)

資本金 設立時払込10億円、現在50億円

株主構成と施設利用権

昭和石油㈱	25%, 約57万kl
東亜石油㈱	5%, 約11万kl
日網石油精製㈱	5%, 約11万kl
ゼネラル石油精製㈱	5%, 約11万kl
東邦石油㈱	5%, 約11万kl
伊藤忠商事㈱	3%, 約7万kl
丸善石油㈱	2%, 約5万kl
石油公団	50%, —

施設容量 113万kl (地上タンク)

概算建設費 約330億円

②. 用地等の概要

新潟東港臨海工業地帯を分断している中央水路をはさむ東・西両地区に所在する昭和石油と伊藤忠商事の用地、合計約51万㎡(15万坪)を活用して、東西両地区を連絡配管で結び、有機的に一体化して使用できるよう計画されている。

原油の受入れは主に東3号棧橋で行い、西地区へは連絡配管によって送り込まれることになっている。

なお用地および棧橋の内容は次の通りである。

	東地区	西地区
用地の所在	新潟県北蒲原郡聖籠村大字亀塚浜および網代浜地先公有水面埋立地	新潟県新潟市太朗代字浜辺2881
用地の面積	約267,000㎡ (約81,000坪)	約244,000㎡ (約74,000坪)
用地の種類	埋立工業用地	同左
利用棧橋	東3号棧橋	西3号棧橋
棧橋の水深	現在-13.0m 将来-17.0m	-7.5m
棧橋の着棧能力	現在 50,000DWT 将来100,000DWT	6,000DWT

③. 設備の概要

原油の受入れ、貯蔵および出荷のために必要な設備は、次の8種類に大別される。

- 1) 操油設備……原油タンク、ポンプ、ローディングアーム、送油配管等
- 2) 用役設備……ボイラーおよび蒸気系統、空気および水系統
- 3) 消火設備……消火水および泡消火系統、水幕施設、消防自動車
- 4) 排水設備……原油タンクスロップ、パラスト、構内排水、衛生排水等の排水系統と排水処理設備
- 5) 電気設備……受電、変電系統、照明、非常電源等
- 6) 計装設備……タンク液面、出荷流量、緊急遮断の計装、ならびに用役、消火、排水設備の計装
- 7) 管理設備……管理室、消防ポンプ室、ボイラー室、操油ポンプ室等
- 8) 東西連絡配管設備……東西両地区を結ぶ配管等の連絡設備

東西両地区の原油貯蔵量が各々約60万klであるから基本的には東西の各設備は、ほぼ同規模で計画されているが、次の点については東西の個有の条件により、若干ではあるが設備の内容が相違している。即ち、

- 用地の形状……配置図で明らかなように用地の形状が異なり、消防法の保安距離、空地等の制限から、設置可能なタンク容量と基数が異なる。
- 棧橋の大きさ……大型タンカーは東3号棧橋のみに着棧可能であるため、原油の受入れのための配管サイズは、東地区の方が大きくなっている。
- 東西連絡配管……中央水路横断部の既設海底配管20Bを利用して原油を移送するため、西地区の配管サイズは、それに見合うものとしてある。
- 貯水池……貯水池の規模は東地区が小さい。これは消火用水のバックアップに海水が利用できるためである。

なお原油タンクの詳細は次の通りである。

● 東地区	95,700kl, 5基	478,500kl
	88,800kl, 1基	88,800kl
	(小計) 6基	567,300kl
● 西地区	90,000kl, 4基	360,000kl

80,000kl, 1基	80,000kl
65,000kl, 1基	65,000kl
60,000kl, 1基	60,000kl
(小計) 7基	565,000kl
合計 13基	1,132,300kl

また操油設備は、カフジ原油を一般的設計条件としており、送油配管は油種別の専用ラインを設けないので、タンク、配管内のコンタミネーションはさけられない。設備計画としては、西3号棧橋からの受入、出荷も含め可能な限り多目的の原油の操油管理方式がとれるものとし、各方式の選択は、配船、入出荷計画およびタンクの在槽管理にしたがって決められるが、操油方式の基本は次の通りである。

1) 原油受入方式

- a) 東3号棧橋～東地区タンク 7,000kl/H
- b) 東3号棧橋～連絡配管～西地区タンク 2,000kl/H
- c) 東3号棧橋～東地区タンク～連絡配管～西地区タンク 2,000kl/H
- d) 西3号棧橋～西地区タンク 1,500kl/H

2) 原油出荷方式

- a) 東地区タンク～東3号棧橋 2,000kl/H
- b) 西地区タンク～連絡配管～東3号棧橋 2,000kl/H
- c) 西地区タンク～連絡配管～東地区タンク～東3号棧橋 2,000kl/H
- d) 西地区タンク～西3号棧橋 1,500kl/H

3) 受入、出荷の方法

- a) 両地区とも、専用の受入、出荷ラインにより行なう。
- b) 出荷ポンプは、専用のプスタポンプとメインポンプにより行なう。

	東地区	西地区
受入ライン	28B × 1	20B × 1
出荷ライン	28B × 2	24B × 2
プスタポンプ		
	2,000kl/H × 22m × 1台	2,000kl/H × 22m × 1台

4) タンクのシフト方法

タンク間の原油のシフトは、次の目的・方法で行われる。

タンカーの滞船ロスを最小とする。

- a) 原油の受入、出荷の管理を効率的に行ない、
- b) 異種原油の受入に対応する。
- c) 火災等の緊急時の残油の拔出しに用いる。
- d) タンクの定期開放検査、過大な地盤沈下時の開放のための滞油払いを行なう。

e) 両地区ともシフト専用ラインを設ける。

f) シフトは専用のポンプで行なう。

	東地区	西地区
シフトライン	24B, 14B 各1本	24B, 20B 各1本
シフトポンプ	1,000kl/H	1,500kl/H

なお、西地区のシフトポンプは、西3号棧橋からの出荷にも使用する。

以上が新潟石油共同備蓄㈱の概要ですが、同社は附帯関連業務として、隣接して建っている昭和石油のタンク7基についても管理運営を委託されて業務を開始しています。また同社東地区は、昭和53年12月に完工し、西地区も54年3月にはオイルインの予定で、我国共同備蓄会社第1号は、ここに名実ともにスタートされたこととなります。

(2). 北海道石油共同備蓄㈱

苫小牧東部大規模工業地区に大型基地を建設する計画で、昭和53年4月以降、共備委員会を推進母体としてフィージビリティスタディを進めてきましたが、同10月初旬に事業計画書を北海道庁に提出し、地元審議の結果、同意が得られましたので54年3月には新会社の設立が予定されています。

会社、用地、設備等の概要は、おおむね次の通りになる予定です。

①. 会社の概要

本社所在地 東京都港区

資本金 設立時払込10億円、最終約300億円

株主構成と施設利用権

出光興産㈱	25%, 約250万kl
昭和石油㈱	10%, 約100万kl
丸善石油㈱	5%, 約50万kl
ゼネラル石油精製㈱	4%, 約40万kl
東邦石油㈱	4%, 約40万kl
日網石油精製㈱	2%, 約20万kl
石油公団	50% —

施設容量 約500万kl (地上タンク)

概算建設費 約1,300億円

②. 用地等の概要

苫小牧東部大規模工業開発基地のB地区の一部、約200万㎡を利用して地上タンクを建設する。

棧橋は、設計能力として10万DWT級タンカーの着棧が可能なドルフィンタイプとする。但し水深は当面-13.5m迄の浚渫とする。

③. 設備の概要

原油タンクは、地震、風圧、積雪、寒冷、火山灰などについて安全性をもつ設計とし、標準的な基礎

工法としては、サンドコンパクションパイル工法と杭基礎工法を考えており安全な支持力とする。

タンク容量は一基当り11.3万klとし、合計45基の建設を計画する。第一期工事としては15基、引続いて第二期工事として30基を予定する。

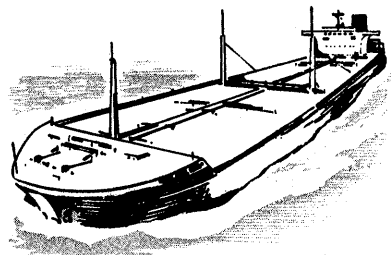
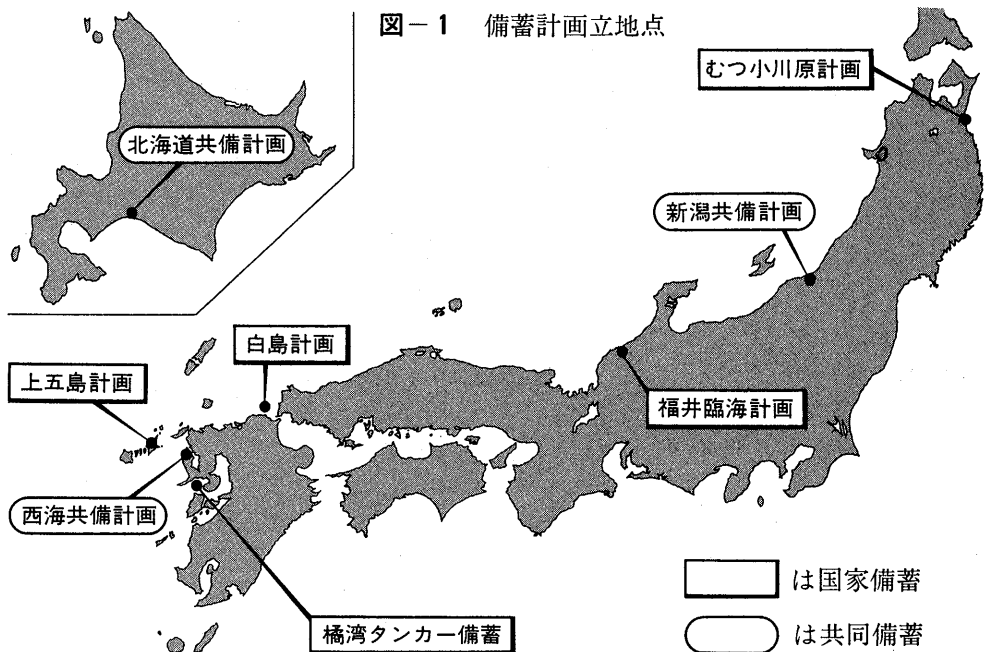
操油設備は構内主配管36B 2本、延長18,500m、原油ポンプ4,000kl/H、2台により原油の入出荷およびタンク間移送を行う。原油輸送導管は30B 2本、それぞれ 9,300mにより基地および棧橋間を陸上部はカルバート方式で埋設し、海上部は十分な深さに埋設する。

なお、オイルインの時期は昭和57年になりました。

(3). 西海石油共同備蓄株

昭和52年6月に長崎県西彼杵郡西海町に共同備蓄基地を建設すべく、大協石油、ゼネラル石油精製、西海石油埠頭、出光興産、九州石油、日網石油精製、シェル石油で準備会社を設立し、立地検討を続けてまいりましたが、米軍基地の返還、後背地の取得、関連漁組との漁業補償等の交渉が長引き、現在、最終施設規模並びにメンバー再編で調整段階にありますので、他のプロジェクトに比しオイルインは遅れそうです。このプロジェクトの施設容量は200~300万klが考えられており、半地下式タンクの計画となります。

なお、国家備蓄計画と共同備蓄計画の立地点を図-1にまとめておきました。(つづく)



OPEC原油価格引上げについて

去る12月16、17日に、アブ・ダビで開催された第52回定期総会で、OPECは、1977年7月以降、凍結してきた標準原油価格を、今年の各四半期初めに数%ずつ引き上げることを決めました。

以下、この新しい値上げ方式を中心に、アブ・ダビ総会後のOPEC原油価格について説明します。

高野 英二
東亜燃料工業(株) 企画室

1. 四半期毎に実施される段階的値上げ

第52回総会で決められた事項の中で最も大きな意味を持つのは、1979年の原油価格を四半期毎に段階的に引き上げることです。

この点について、総会後発表されたコミュニケでは、次のように述べています。

「総会は……過去2年間のインフレとドル減価、およびこれによってもたらされた加盟諸国の原油収入の大幅な目減り……に憂慮の念をもって留意した。

しかし、……総会は、原油価格を1979年に、平均10%で、部分的にのみ修正することを決議した。さらに、善意の表れとして、……この修正を次の四半期毎の調整に分割することを決議した：1979年1月1日5%、4月1日3.809%、7月1日2.294%、10月1日2.691%。

2. 標準原油価格

OPECコミュニケは、さらに続けて、

「たとえば、この調整を標準原油に適用すると以下の通りの価格となる。1979年1月1日より13.335\$、4月1日より13.843\$、7月1日より14.161\$、10月1日より14.542\$。としています。

従来、OPECは、1973年末に2度(10月16日と12月22、23日)開かれた、ペルシャ湾岸6か国閣僚会議で確立した、アラビアン・ライト＝標準原油(marker crude)という考え方に立って、価格調整を行なってきた。

ました。たとえば「……アラビアン・ライト標準原油の現行価格を10%引き上げ11.51\$/Bにする……。」

(1975年9月24～27日ウィーンで開かれた第45回総会コミュニケより)という具合にです。

表-1は、このアラビアン・ライトと標準原油の過去4年間の価格推移を示したものです。アラビアン・ライトは1977年1月1日から小数点以下4桁まで表示されていますが、これは、1978年初になってサウジ政府が、同日に遡及して、実施することを明らかにしたものです。この新しい表示方式採用の結果、1977年1～6月のいわゆる二本立て価格が解消された同年7月1日以降のアラビアン・ライトの価格と標準原油価格との間に、厳密な意味では、差異が生じました。しかし、これは、表示桁数の問題だけで、標準原油＝アラビアン・ライトという等式がくずれたのではないというのが一般の認識でした。

ところが、今回明らかにされたアラビアン・ライトの1979年1月1日付価格は、(当然のことながら)12.7038\$を5%引き上げた13.339\$となっています。そして、表-1からも明らかな如く、このアラビアン・ライトの価格はコミュニケ中の標準原油価格とは、別個のものとなりつつあるかの感があります。

この点について、OPECとしては、単なる表示桁数の問題であり、標準原油＝アラビアン・ライトという関係は存続していると見做しているのかもしれませんが。

表-1 アラビアン・ライトと標準原油の価格

	1975年		1977年		1979年			
	1/1	10/1	1/ ⁽¹⁾ 1	7/1	1/1	4/1	7/1	10/1
アラビアン・ライト	10.463	11.51	12.0900	12.7038	13.3390	13.8471 ⁽²⁾	14.1647 ⁽²⁾	14.5459 ⁽²⁾
標準原油	10.463	11.51	12.70	12.70	13.335	13.843	14.161	14.542
差 異		—	▲.61	▲.0038	▲.004	▲.0041	▲.0037	▲.0039

(1)サウジ・アラビアとUAEを除く11か国が、標準原油を12.70\$/Bに引き上げたのに

対し、両国は約5%の値上げに止めた、いわゆる二本立て価格の時期。

(2)サウジ・アラビア発表の1/1付価格をベースに、標準原油と同率で計算した予測。

しかし、あるいはサウジ・アラビアがこれを好ましく思わず、敢えて、この関係を断とうとしているという可能性もあります。

本年からサウジ・アラビアがアラビアン・ライトの輸出量を総輸出量比で、最大65%に規制する方針を打ち出し、将来、さらにこの比率を引き下げる計画であることや、OPECの値上げ前後に生ずる原油生産の極端な増減(その大部分がサウジ・アラビア原油、特にアラビアン・ライトにしわ寄せされる)を押えたいとするヤマニ石油相の発言などを考え合わせると、このような推測も成り立たない訳ではありません。

3. 油種間価格差調整問題

アブ・ダビ総会のもうひとつの焦点は、各種OPEC原油の相対価格関係がどうなるかという、いわゆる油種間価格差(differential)調整の問題でした。

上述のサウジ・アラビアのアラビアン・ライトに関する輸出規制や世界的に重質燃料油の需要が低迷していることなどから、重質原油と軽質原油の価格差が大きくなるだろうというのが総会前の一般的予想でした。

しかし、どの程度の価格差がつくかということについては、各原油毎に輸出先が異なり、消費地毎に製品需要パターンも異なるので明確な予想を立てるのは、容易なことではありません。実際、OPECの側でも、この問題をどう処理するかについては、従来から、統一方式を設定しようと、あれこれ試みていますが、いまだに成功していません。

そして、今回も、リビア、アルジェリア、ナイジェリアのアフリカ3ヵ国、あるいは、ベルシャ湾岸の重質油産出国(サウジ・アラビア、イラン、クウェート、イラク)は総会后、個別に会議を行ない、特にこの問題を話し合わねばなりませんでした。

そして、総会后、早速、1979年中の油種別価格を発表したUAEを除けば、いずれも、新価格発表は遅れ、主要油種全部が出揃ったのは、1月なかば近くたってからでした。

4. 各種原油の新価格と決定方式

上述のような経緯を経て決められた主要OPEC原油の価格をまとめてみると、表-2のようになります。

表中に掲げた各種原油の価格を決めるのに採用された方法は、概ね、下記の3通りに区分されます。

A、旧価格 $\times$ (1+標準原油値上げ率)

B、(旧価格 $\pm\alpha$) $\times$ (1+標準原油値上げ率)

C、旧価格 $+\alpha$ +標準原油値上げ額

各油種毎に、どの方式が用いられ、 $\pm\alpha$ がいくらで

あったかについては、表-2の右端に示してあります。

尚、大半の油種が、第1四半期の価格しか発表されておらず、いずれの方式を用いたか明らかでないものもあります。また、ナイジェリアのように、公式価格と実質価格のいずれを旧価格と考えるかによって、異なった判断ができるものや、インドネシアのように、上記3方式のいずれにも該当しないものもあります。

(詳細は表-2の注参照)

5. 年内再調整の可能性

いわば四半期毎の、値上げ計画という形で決まった、今回のOPEC原油値上げですが、果たして、これが計画通りに実施されるか、ということが、もうひとつの大きな問題です。

この点について、総会コミュニケは「インフレと通貨不安が継続(すれば)……価格調整を再考慮せざるをえなくなるだろう。」と、状況次第では、さらに追加値上げを行なうかもしれないことを明示しています。

一方、今回新しくOPEC事務局長に選ばれたエクアドルのオルティス氏は、12月21日にクウェートで、上記コミュニケの内容を確認すると同時に、「もし世界経済が急速に後退すれば(6月の定期総会前に)臨時総会を招集することもある」と、逆に下方修正もありうることを示唆しています。

したがって、今回の新しい値上げ方式は、強硬派と穏健派が妥協できる幅——年初5%、年平均10%、最終的に14.5%——を達成するためのものであったと同時に、OPECとしては、これを一種のテスト・ケースとして捉えていると考えられます。つまり、標準原油価格の値上げスケジュールを、それほど硬直的には考えておらず、このような計画的値上げに対し、市場がどのような反応を示し、世界経済や国際通貨にどのような影響を及ぼすかを観察することも意図しているようです。

この意味で、今年の原油価格が第4四半期まで明確にされているのは、標準原油とUAEの原油についてだけであることは注目に値します。

以上のような状況から、今年中のOPEC原油値上げが、総会の決定通りのスケジュールで実施されるか否かは、世界の原油需給と経済情勢の動向次第であると結論せざるをえません。そして、この前者の鍵となるのは昨年以來ほとんど停止状態になっているイランの生産がいつ、また、どこまで回復するかということでしょう。一方、後者については、インフレやドル問題など様々な局面がありますが、いわゆるLDCが、今回の値上げで被る影響も無視できない要素でしょう。

表-2 OPEC主要原油の新旧価格

産油国名		旧価格	新価格	値上げ幅		対AL格差(\$／B)		方 式	±α
原油名	Api°	'78.4Q	'79.1Q	\$／B	%	旧	新		
サウジ・アラビア									
Arabian Light	34	12.7038	13.3390	.6352	5.00	—	—	A	
Arabian Berri	39	13.2246	14.0600	.8354	6.32	+0.52	+0.72	C	+0.20
Arabian Medium	31	12.3225	12.8861	.5636	4.57	−0.38	−0.45	B	−0.05
Arabian Heavy	27	12.0156	12.5114	.4958	4.13	−0.69	−0.83	B	−0.10
イ ラ ン									
Iranian Light	34	12.81	13.45	.64	5.00	+0.11	+0.11	A	
Iranian Heavy	31	12.49	13.06	.57	4.56	−0.21	−0.28	B	−0.05
ク ウ ェ ー ト									
Kuwait	31	12.22	12.83	.61	4.99	−0.48	−0.51	A	
中 立 地 帯									
Khafji	28	12.03	12.527	.497	4.13	−0.67	−0.812	B	−0.10
Hout	35	12.694	13.329	.639	5.00	−0.01	−0.01	A	
イ ラ ク									
KirKuK	36	12.880	13.524	.644	5.00	+0.18	+0.18	A	
Basrah Light	34	12.660	13.293	.633	5.00	−0.04	−0.05	A	
U A E									
Murban	39	13.26	14.10	.840	6.33	+0.56	+0.76	C	+0.20
ZaKum	40	13.17	14.01	.840	6.38	+0.47	+0.67	C	+0.20
Umm Shaif	37	13.04	13.78	.740	5.67	+0.34	+0.44	C	+0.10
リ ビ ア									
Zueitina	40	13.90	14.74	.84	6.04	+1.20	+1.40	C	+0.20
Es Sider	37	13.68	14.52	.84	6.14	+0.98	+1.18	C	+0.20
ナイジェリア(注1)									
Brass River	41.5	14.13(13.98)	14.84	.71(.86)	5.02(6.15)	+1.43(1.28)	+1.50	A _B	+0.15
Bonny Light	37	14.10(13.95)	14.80	.70(.85)	4.96(6.09)	+1.40(1.25)	+1.46	A _B	+0.15
アルジェリア									
Saharan Blend	44	14.10	14.80	.70	4.96	+1.40	+1.46	A	
Zarzaitine	42	14.05	14.75	.70	4.98	+1.35	+1.41	A	
インドネシア(注2)									
Minas	35	13.55	13.90	.35	2.58	+0.85	+0.56		
Arjuna	37	13.70	14.40	.70	5.10	+1.00	+1.06		
Attaka	40	14.10	14.95	.85	6.00	+1.40	+1.61		
Walio	36	13.00	13.65	.65	5.00	+0.30	+0.31		

〔注〕(1)ナイジェリアは、1979.4Qについて、公式販売価格から10～15\$ / B 割引いた () 内の価格で販売していたので、どちらを旧価格と考えるかによってAかBに判断がわかれる。

(2)インドネシアは、A～Cいずれの方式もとらず、単に売れ行き等を考慮して、35～85¢ / B の絶対額で価格調整を行なった模様、但し、基本的には、以下の3つに区分される。

①標準原油並み +65¢ / B (Walio) ②標準原油以下 +35～45¢ / B (Minas) ③標準原油以上 +70～85¢ / B (Arjuna Attaka)

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

項目 年度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	（対前年 度 比）	輸 入	合 計	内 需	（対前年 度 比）	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
48 年 度	198	5,167	(108.4)	27	5,392	5,146	(109.2)	11	5,157	226	5,383
49 年 度	226	4,571	(88.5)	16	4,813	4,586	(89.1)	29	4,615	182	4,797
50 年 度	182	4,086	(89.4)	0	4,268	4,016	(87.6)	13	4,029	236	4,265
51年度上期	236	2,104	(97.2)	0	2,340	2,042	(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	4,100	(102.1)	22	4,122	256	4,378
52.4～6月	256	1,100	(105.5)	0	1,356	1,114	(114.3)	0	1,114	245	1,359
52. 7月	245	434	(125.1)	0	679	415	(108.4)	0	415	265	680
8月	265	360	(98.1)	0	625	370	(113.8)	0	370	257	627
9月	257	390	(112.4)	0	647	421	(117.3)	0	421	227	648
7～9月	245	1,184	(111.6)	0	1,429	1,206	(113.0)	0	1,206	227	1,433
52年度上期	256	2,284	(108.6)	0	2,540	2,320	(113.6)	0	2,320	227	2,547
52. 10月	227	438	(119.0)	0	665	451	(119.3)	0	451	214	665
11月	214	455	(119.4)	0	669	451	(113.3)	0	451	218	669
12月	218	440	(135.4)	0	658	454	(123.0)	0	454	204	658
10～12月	227	1,333	(124.1)	0	1,560	1,356	(118.4)	0	1,356	204	1,560
53. 1月	204	318	(124.2)	0	522	241	(109.0)	0	241	281	522
2月	281	342	(115.5)	0	623	306	(116.8)	0	306	317	623
3月	317	511	(120.5)	0	828	542	(126.0)	0	542	287	829
1～3月	204	1,171	(119.9)	0	1,375	1,089	(119.3)	0	1,089	287	1,376
52年度下期	227	2,504	(122.1)	0	2,731	2,445	(118.8)	0	2,445	287	2,732
52 年 度	256	4,788	(115.3)	0	5,044	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53. 4月	287	508	(117.3)	0	795	483	(111.0)	0	483	312	795
5月	312	469	(129.2)	0	781	415	(121.7)	0	415	365	780
6月	365	333	(109.5)	0	698	395	(116.9)	0	395	304	699
4～6月	287	1,310	(119.1)	0	1,597	1,293	(116.1)	0	1,293	304	1,597
53. 7月	304	477	(109.9)	0	781	489	(117.8)	0	489	292	781
8月	292	439	(121.9)	0	731	427	(115.4)	0	427	304	731
9月	304	435	(111.5)	0	739	427	(101.4)	0	427	312	739
7～9月	304	1,351	(114.1)	0	1,655	1,343	(111.4)	0	1,343	312	1,655
53年度上期	287	2,661	(116.5)	0	2,948	2,636	(113.6)	0	2,636	312	2,948
10月	312	496	(113.2)	0	808	459	(101.8)	0	459	348	807
11月	348	475	(104.4)	0	823	501	(111.1)	0	501	322	823
12月	322	409	(93.1)	0	731	471	(103.7)	0	471	261	732
10～12月	312	1,380	(103.5)	0	1,692	1,431	(105.5)	0	1,431	261	1,692

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 12月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千t）

項目 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブローンアスファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
48 年 度	4,648	148	4,796	350	5,146	90.3	2.9	93.2	6.8	100.0	106.9	308.3	109.1	111.1	109.2
49 年 度	4,209	136	4,345	241	4,586	91.8	3.0	94.8	5.2	100.0	90.6	91.9	90.6	68.9	89.1
50 年 度	3,576	189	3,765	251	4,016	89.0	4.7	93.7	6.3	100.0	85.0	139.0	86.7	104.1	87.6
51年度上期	1,825	93	1,918	124	2,042	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	3,627	209	3,836	264	4,100	88.5	5.1	93.6	6.4	100.0	101.4	110.6	101.9	105.2	102.1
52.4～6 月	1,001	49	1,050	64	1,114	89.9	4.4	94.3	5.7	100.0	114.3	125.6	114.8	106.7	114.3
52. 7 月	368	25	393	22	415	88.7	6.0	94.7	5.3	100.0	107.6	131.6	108.9	100.0	108.4
8 月	330	19	349	21	370	89.2	5.1	94.3	5.7	100.0	115.0	105.6	114.4	105.0	113.8
9 月	377	20	397	24	421	89.5	4.8	94.3	5.7	100.0	117.8	117.6	117.8	109.1	117.3
7～9 月	1,075	64	1,139	67	1,206	89.1	5.3	94.4	5.6	100.0	113.3	118.5	113.6	104.7	113.0
52年度上期	2,076	113	2,189	131	2,320	89.5	4.9	94.4	5.6	100.0	113.8	121.5	114.1	105.6	113.6
52. 10 月	406	19	425	26	451	90.0	4.2	94.2	5.8	100.0	122.7	76.0	119.4	118.2	119.3
11 月	405	20	425	26	451	89.8	4.4	94.2	5.8	100.0	113.4	117.6	113.6	108.3	113.3
12 月	407	22	429	25	454	89.7	4.8	94.5	5.5	100.0	126.0	95.7	124.0	108.7	123.0
10～12 月	1,218	61	1,279	77	1,356	89.8	4.5	94.3	5.7	100.0	120.5	93.8	118.9	111.6	118.4
53. 1 月	197	20	217	24	241	81.7	8.3	90.0	10.0	100.0	108.2	117.6	109.0	109.1	109.0
2 月	259	19	278	28	306	84.6	6.2	90.8	9.2	100.0	115.6	118.8	115.8	127.3	116.8
3 月	492	22	514	28	542	90.8	4.1	94.8	5.2	100.0	127.8	122.2	127.5	103.7	126.0
1～3 月	948	61	1,009	80	1,089	87.1	5.6	92.7	7.3	100.0	119.8	119.6	119.8	112.7	119.3
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	117.0	112.4	116.7	109.1	116.2
53. 4 月	431	28	459	24	483	89.1	5.9	95.0	5.0	100.0	109.4	140.0	110.9	114.3	111.0
5 月	377	13	390	25	415	90.8	3.2	94.0	6.0	100.0	123.2	92.9	121.9	119.0	121.7
6 月	349	22	371	24	395	88.3	5.5	93.8	6.2	100.0	115.9	146.7	117.4	109.1	116.9
4～6 月	1,157	63	1,220	73	1,293	89.4	4.9	94.3	5.7	100.0	115.6	128.6	116.2	114.1	116.1
53. 7 月	440	25	465	24	489	90.1	5.0	95.1	4.9	100.0	119.6	100.0	118.3	109.1	117.8
8 月	382	22	404	23	427	89.4	5.2	94.6	5.4	100.0	115.8	115.8	115.8	109.5	115.4
9 月	380	22	402	25	427	89.0	5.1	94.1	5.9	100.0	100.8	110.0	101.3	104.2	101.4
7～9 月	1,202	69	1,271	72	1,343	89.5	5.1	94.6	5.4	100.0	111.8	107.8	111.6	107.5	111.4
53年度上期	2,359	132	2,491	145	2,636	89.5	5.0	94.5	5.5	100.0	113.6	116.8	113.8	110.7	113.6
10 月	409	22	431	28	459	89.1	4.8	93.9	6.1	100.0	100.7	115.8	101.4	103.8	101.8
11 月	449	22	471	30	501	89.6	4.4	94.0	6.0	100.0	110.9	110.0	110.8	115.4	111.1
12 月	420	24	444	27	471	89.2	5.1	94.3	5.7	100.0	103.2	109.1	103.5	108.0	103.7
11～12 月	1,278	68	1,346	85	1,431	89.3	4.8	94.1	5.9	100.0	104.9	111.5	105.2	110.4	105.5

〔注〕(1)通産省エネルギー統計月報 12月確報

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

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

(4)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 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) 5 6 4 9
大 協 石 油 株 式 会 社	(104) 東京都中央区八重州5-1-1	03 (274) 5 2 1 1
エッソスタンダード石油株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (584) 6 2 1 1
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
富士興産アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 0 7 2 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区紀尾井町3	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町2-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (580) 3 7 1 1
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) 0 8 4 1
丸 善 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町1-5-3	03 (213) 6 1 1 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門1-2-4	03 (595) 7 4 1 2
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) 4 3 5 9
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(107) 東京都港区虎ノ門2-10-1	03 (582) 2 1 1 1
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
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) 1 9 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内1-2-1	03 (216) 6 7 8 1
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) 0 1 1 1
昭 和 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03 (231) 0 3 1 1
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-11	03 (211) 1 4 1 1
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区有楽町1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(983) 宮城県仙台市中野字高松238	02236 (5) 8 1 4 1

〔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) 3 9 0 6	大 協
中 西 瀝 青 (株) 札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5	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) 7 5 8 7	日 石
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	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) 5 8 6 1	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) 7 9 5 7	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) 2 3 6 1	共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
葛井石油株式会社	(060) 札幌市中央区北5条西21-411	011 (643) 6 1 1 1 丸 善
● 東 北		
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) 1 1 0 1 大 協
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6 0 7 7 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) 1 2 3 1 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) 4 8 6 6 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) 1 0 1 1 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) 1 4 9 1 三 石
正興産業(株)仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-3	0222 (63) 0 6 7 9 三 石
竹中産業(株)新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2 7 7 0 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) 1 1 5 1 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8 0 1 1 大 協
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) 3 0 0 1 シェル
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2 8 9 1 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) 2 0 6 1 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) 3 5 0 1 富士アス
伊藤忠燃料株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿3-4-7	03 (347) 3 9 6 1 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) 0 1 6 1 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) 3 1 9 1 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) 8 2 3 1 出 光
極東資材株式会社	(105) 東京都港区新橋2-3-5	03 (504) 1 5 2 8 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) 1 1 5 2 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) 6 2 9 0 三 石
三井物産石油販売株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (504) 2 2 7 1 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) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南部商会	(107) 東京都港区南青山1-1-1	03 (475) 1 5 3 1 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) 6 1 0 1 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) 7 1 5 1 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) 7 6 9 1 出 光
菱東石油販売株式会社	(101) 東京都千代田区外神田6-15-11	03 (833) 0 6 1 1 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-2-14	03 (564) 1 3 2 1 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) 6 2 4 1 三 石
三徳商事(株)東京営業所	(101) 東京都千代田区岩本町1-3-7	03 (861) 5 4 5 5 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) 7 1 3 1 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) 3 9 6 1 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) 4 2 7 1 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) 6 3 1 1 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) 1 6 3 2 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) 0 1 8 5 シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2 7 5 1 三 石
株式会社 トーアス	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (501) 7 0 8 1 共 石
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) 3 4 0 1 富士アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿南2-3-15	03 (719) 0 3 4 5 富士アス

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東 生 商 事 株 式 会 社	(150) 東京都渋谷区渋谷町 2-19-18	03 (409) 3 8 0 1 三共・出光
東 新 瀝 青 株 式 会 社	(103) 東京都中央区日本橋 2-13-5	03 (273) 3 5 5 1 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) 8 1 5 1 大 協
東 和 産 業 株 式 会 社	(170) 東京都豊島区巢鴨 1-19-14	03 (944) 4 1 7 1 共 石
梅 本 石 油 株 式 会 社	(162) 東京都新宿区新小川町 2-10	03 (269) 7 5 4 1 丸 善
宇 野 建 材 株 式 会 社	(241) 横浜市旭区笹野台 168-4	045 (391) 6 1 8 1 三 石
ユ ニ 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関 1-4-1	03 (503) 4 0 2 1 シェル
渡 辺 油 化 興 業 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂 3-21-21	03 (582) 6 4 1 1 昭 石
横 米 ア ス フ ァ ル ト 販 売 株 式 会 社	(220) 横浜市西区高島 2-12-12	045 (441) 9 3 3 1 エッソ
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通 4-9	052 (851) 1 1 1 1 大 協
千 代 田 石 油 株 式 会 社	(460) 名古屋市中区栄 1-24-21	052 (201) 7 7 0 1 丸 善
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町 2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 シェル
松 村 物 産 株 式 会 社	(920) 石川県金沢市広岡町 1-25	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
名 古 屋 富 士 興 産 販 売 (株)	(451) 名古屋市西区庭町 2-38	052 (521) 9 3 9 1 富士アス
中 西 瀝 青 (株) 名 古 屋 営 業 所	(460) 名古屋市中区錦町 1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
三 德 商 事 (株) 名 古 屋 営 業 所	(453) 名古屋市中村区則武 1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭 石
株 式 会 社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内 2-1-5	52 (231) 7 7 2 1 大 協
株 式 会 社 沢 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町 1-1	052 (361) 7 1 5 1 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) 3 5 1 4 三 石
静 岡 鉱 油 株 式 会 社	(424) 静岡県清水市袖師町 1575	0543 (66) 1 1 9 5 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) 1 5 6 5 シェル
株 式 会 社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢 2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭 石
● 近 畿		
赤 馬 瀝 青 工 業 株 式 会 社	(531) 大阪市淀川区中津 3-10-4-304	06 (374) 2 2 7 1 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) 2 7 3 1 大 協
千 代 田 瀝 青 株 式 会 社	(530) 大阪市北区東天満 2-8-8	06 (358) 5 5 3 1 三 石
富 士 ア ス フ ァ ル ト 販 売 株 式 会 社	(550) 大阪市西区京町堀 3-20	06 (441) 5 1 5 9 富士アス
平 井 商 事 株 式 会 社	(542) 大阪市南区長堀橋筋 1-43	06 (252) 5 8 5 6 富士アス
関 西 舗 材 株 式 会 社	(541) 大阪市東区横堀 4-43	06 (271) 2 5 6 1 シェル
木 曾 通 産 (株) 大 阪 支 店	(550) 大阪市西区九条南 4-11-12	06 (581) 7 2 1 6 大 協
北 坂 石 油 株 式 会 社	(590) 大阪府堺市戒島町 5丁32	0722 (32) 6 5 8 5 シェル
株 式 会 社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町 32	07492 (3) 1 6 0 8 シェル
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区塚本 2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 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) 1 1 1 1 三 石
中 西 瀝 青 (株) 大 阪 営 業 所	(532) 大阪市淀川区西中島 3-18-21	06 (303) 0 2 0 1 日 石
大 阪 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(531) 大阪市淀川区豊崎 5-8-2	06 (372) 0 0 3 1 富士アス
株 式 会 社 菱 芳 砒 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台 7-140	0792 (39) 1 3 4 4 共 石
菱 油 販 売 (株) 大 阪 支 店	(550) 大阪市西区新町 1-4-26	06 (534) 0 1 4 6 三 石
三 德 商 事 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区新高 4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭 石
(株) 沢 田 商 行 大 阪 支 店	(542) 大阪市南区鰻谷西之町 50	06 (251) 1 9 2 2 丸 善
正 興 産 業 株 式 会 社	(662) 兵庫県西宮市久保町 2-1	0793 (34) 3 3 2 3 三 石
(株) シェル 石 油 大 阪 発 売 所	(530) 大阪市北区堂島浜通 1-25-1	06 (343) 0 4 4 1 シェル
梅 本 石 油 (株) 大 阪 営 業 所	(550) 大阪市西区新町 1-12-23	06 (351) 9 0 6 4 丸 善
山 文 商 事 株 式 会 社	(550) 大阪市西区土佐堀通 1-13	06 (443) 1 1 3 1 日 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0 5 5 5 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) 6 2 6 2 大 協
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3 2 1 0 シェル
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) 0 3 5 0 富士アス
● 四 国・九 州		
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) 7 4 3 6 大 協
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町 1-40	093 (871) 3 6 2 5 丸 善
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町 5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 共 石
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋 1-1-1	0888 (22) 2 1 4 1 シェル
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) 8 3 5 3 共 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町 1-3	0992 (24) 5 1 1 1 シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前 1-9-3	092 (43) 7 5 6 1 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) 6 8 8 1 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) 4 8 3 8 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県多度津町新町125-2	08773 (2) 3 4 3 5 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) 4 8 6 8 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町 5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富士アス
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) 7 6 1 5 富士アス
(株)シェル石油徳島発売所	(770) 徳島市中州町 1-10	0886 (22) 0 2 0 1 シェル

☆編集委員☆

阿部頼政	南雲貞夫	真柴和昌
石動谷英二	萩原 浩	武藤喜一郎
加藤兼次郎	藤井治芳	
多田宏行	松野三朗	

☆編集幹事☆

阿部忠行	岡村 真	戸田 透
荒井孝雄	酒井敏雄	野末俊男
安崎 裕	真山治信	林 誠之
太田健二	関根幸生	

アスファルト 第119号

昭和54年3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. 22 No. 119 MARCH 1979

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION